ПОЛЬ ТАННЕРИ

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В ЕВРОПЕ

(1300-1900)

ГТТИ
1934

Поль Таннери

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В ЕВРОПЕ

(с 1300 по 1900 г.г.)

Перевод с французского
под редакцией и с предисловием
С. Ф. Васильева

с приложением статьи
К. А. Тимирязева
„ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИИ В XIX СТОЛЕТИИ"

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1934 ЛЕНИНГРАД

ТИТУЛ И ПЕРЕПЛЕТ РАБОТЫ
ХУДОЖНИКА А. П. РАДИЩЕВА

1-я тип. ОНТИ им. Евгении Соколовой. Ленинград, пр. Красных Командиров 29.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие редактора 1

СОСТОЯНИЕ НАУЧНЫХ ПОЗНАНИЙ К КОНЦУ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

Арифметика и вычисления (18). Геометрия (19). Астрономия (21). Физика (23). Материя и форма (25). Химия (27). Заключение (31).

II

РАЗВИТИЕ НАУК В ЕВРОПЕ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XVI СТОЛЕТИЯ

Арифметика и алгебра (33). Геометрия (38). Астрономия (38). Физика и химия (40). Философия природы (44). Естественные науки (46). Медицина и хирургия (48).

III

ЭВОЛЮЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVI И НАЧАЛЕ XVII СТОЛЕТИЙ

Общий обзор (50). Роль различных европейских наций (51). Физика и химия. Априорный метод (54). Опытный метод. Бекон (56). Естественная история (58). Физиология и медицина (60). Математические науки. Теория чисел (63). Алгебра нового времени. Виет (64). Геометрия (66). Проблема квадратур (68). Проблема касательных (71). Астрономия (72). Последний астролог. Кеплер (73). Система мира. Галилей (75). Перемена системы преподавания. Декарт (78).

IV

НАУЧНОЕ РАЗВИТИЕ В XVII СТОЛЕТИИ

Академии (84). Научные журналы (89). Обсерватории (90). Астрономические наблюдения (93). Научный прогресс (95). Лейбниц. Дифференциальное исчисление (96). Ньютон. Всеобщее тяготение (98). Гюйгенс. Рациональная механика (100). Оптика (103). Математические науки (104). Физика (105). Химия (107). Физиология (108). Медицина и хирургия (109). Ботаника (110). Итоги (113).

V

НАУКИ В ЕВРОПЕ В XVIII СТОЛЕТИИ

Наследники Лейбница. Бернулли. Эйлер. Лагранж (114). Школа Ньютона. Тейлор. Маклорен (118). Французские математики. Клеро. Даламбер (118). Научные экспедиции (121). Дальнейшие успехи астрономии. Брадлей. Гершель (122). Физика. Учение о невесомых жидкостях (124). Шталь и теория флогистона (129). Новейшая химия. Лавуазье (131). Естественная история. Бюффон. Линней. Жюссье (133). Физиология (136). Медицина и хирургия (137). Общие черты научного движения в XVIII веке (138). Опыт энциклопедического обобщения наук (141).

VI

СОСТОЯНИЕ НАУК В ЕВРОПЕ В КОНЦЕ XVIII И НАЧАЛЕ XIX СТОЛЕТИЙ

Реформа научного образования. Политехническая школа. Нормальная школа (143). Чистая математика. Лагранж. Карно. Гаусс (145). Система мира. Лаплас (147). Новые открытия в области астрономии (149). Физика. Гальвани. Вольта (150). Французские физики (152). Английские физики и химики. Дальтон и Дэви (155). Школа французских химиков (159). Естественная история. Кювье (160). Физиология, медицина и хирургия (164). Общий взгляд на научное движение эпохи (166).

VII

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX СТОЛЕТИЯ

Общий взгляд на эволюцию математических наук (168). Современная геометрия. Понселе. Шаль. Мебиус. Штейнер (169). Неевклидовы системы. Лобачевский. Больяи (171). Аналитическая геометрия. Плюкер. Гессе (172). Алгебра. Гамильтон. Грассман. Галуа (173). Анализ. Фурье. Коши (175). Теория функций. Абель. Якоби (176). Теория чисел. Лежен-Дирихле (177). Механика. Пуансо. Пуассон. Ламэ (177). Астрономия. Леверрье. Бессель. Ганзен (178). Значение прогресса физики (179). Новая теория оптики. Френель (180). Электромагнетизм. Эрстед. Ампер. Фарадей (181). Термодинамика. Сади Карно. Роберт Майер. Джоуль (183). Неорганическая химия. Берцелиус (185). Органическая химия. Шеврель. Либих. Велер. Дюма (187). Целлюлярная теория (188). Зоология. Жоффруа Сент-Илер (190). Ботаника. Дютроше. Броньяр (191). Геология. Дюфренуа. Элн де-Бомон. Чарльз Лайель (192). Физиология, медицина и хирургия (192). Общий характер научного движения (193).

VIII

РАЗВИТИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК В СЕРЕДИНЕ XIX СТОЛЕТИЯ

Проблема научного образования (195). Математические науки (197). Геометрия (197). Алгебра и анализ (199). Механика и астрономия (201). Физико-химические науки (201). Принцип сохранения энергии. Гельмгольц. Клаузиус (202). Электричество. Подводный

телеграф. Вильям Томсон. Максвелл (205). Спектральный анализ. Кирхгоф и Бунзен. Скорость света. Физо и Фуко (206). Химия. Дюма. Сент-Клер Девилль. Вюрц. Бертло. Пастер (209). Периодический закон. Менделеев (213). Естественные науки. Учение об эволюции (214). Физиология. Клод Бернар (216). Заключение (217).

IX

ИТОГИ НАУЧНОГО РАЗВИТИЯ В XIX СТОЛЕТИИ

Преподавание наук (219). Математические науки (219). Геометрия (220). Алгебра (221). Анализ и теория функций (222). Механика и астрономия (223). Физические науки (225). Электричество (226). Главнейшие успехи физики (228). Химия (231). Естественные науки. Пастер (233). Биология (235). Итоги (236).

К. А. ТИМИРЯЗЕВ

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИИ В XIX СТОЛЕТИИ 237

Библиография . . . . . .
Указатель . . . . . .

ПРЕДИСЛОВИЕ

Хотя имя Поля Таннери — автора настоящей книги — не пользуется особенно широкой популярностью, но все же оно настолько известно, что его не нужно специально рекомендовать читателю. Глубокие исследования французского ученого о первом этапе развития античной науки, тщательные и многочисленные его изыскания по истории греческой математики и астрономии, ряд интереснейших мемуаров и статей, посвященных эволюции научных представлений средневековья, XVI и XVII веков, прекрасно подготовленное им совместно с Адамом собрание сочинений Декарта, наконец, ряд статей по вопросам истории математической мысли XVIII и XIX веков — все эти работы совершенно заслуженно и справедливо поставили Таннери в первые ряды историков научного знания [1]. В настоящее время большинство его исследований стали уже классическими и ни один современный историк науки не сможет пройти мимо его работ. Необычайная тщательность и высокая научная добросовестность трудов Таннери могут считаться образцовыми.

Однако, если самое имя Таннери не нуждается в рекомендациях, то о предлагаемой книге все же придется сказать несколько слов. Дело в том, что книга эта была написана не в той форме, в какой мы даем ее нашим читателям. Она составлена нами из ряда статей, которые были написаны французским исследователем для многотомной серии «Histoire Générale», выходившей под редакцией Lavisse и Rambaud в конце XIX и начале XX столетий. Мы собрали эти статьи в одну книгу, объединили их общим заглавием и, таким образом, получили весьма сжатый и весьма насыщенный обзор судеб европейской науки с XIV по XX век.

Конечно, такое происхождение настоящей книги обусловливает ряд ее недостатков. Статьи, написанные для многотомной серии, дающей общий обзор всей истории Европы, будучи выделены в отдельную книгу, лишаются того фона, который существенно оттеняет те или иные элементы их содержания. Готовя статьи для подобного многотомного издания, автор должен делить свой материал, зачастую руководствуясь не его внутренним логическим расчленением, но соображениями, вытекающими из общей архитектоники всего

[1] На русском языке имеется перевод только одной из важных работ Таннери. Мы имеем в виду «Первые шаги древнегреческой науки» (Спб. 1902).

издания, предполагать известным ряд фактов, знание которых читатель должен почерпнуть из других статей этого же издания, и т. д. Если все подобного рода моменты будут казаться мотивированными в окружении других статей, то при отдельном издании все это исчезает, и ряд черт, составляющих достоинство работы, фигурирующей в серии, превратится в недостаток, когда она будет напечатана отдельно.

Несмотря на это, мы все же решили подвергнуть статьи Таннери хирургической операции и вырезать их из пухлых томов серии Лависса и Рамбо. И к этому нас побудили достаточно веские соображения.

Литература по истории естествознания на русском языке крайне скудна, и в частности в ней нет достаточно удовлетворительного общего сжатого обзора судеб научной мысли в новое время. Книжка Беклей [1], изданная в 1907 г., не блещет никакими достоинствами и представляет собою поверхностную компиляцию. Что же касается работы Даннеманна [2], которой сейчас довольно широко пользуются, то она, будучи все же на много лучше произведения английской составительницы, тоже в значительной степени представляет собой продукт компилятивного усердия, лишенный к тому же сколько-нибудь определенных методологических установок. Ко всему вдобавок обе книги, и английского и немецкого автора, совершенно исчезли с рынка. Переиздавать же их сейчас в прежнем виде вряд ли имело бы смысл [3].

Статьи Таннери выгодно отличаются от указанных книг уже одним тем, что они написаны не компилятором, а глубоким знатоком вопроса, много лет посвятившим изучению первоисточников и не мало творчески потрудившимся в науке. Огромная фактическая насыщенность при крайней сжатости изложения представляет собою крупнейшие достоинства этих статей. Поэтому, даже будучи подвергнутой той хирургической операции, о которой читатель уже предупрежден, они все же смогут служить весьма недурным пособием для общего ознакомления с историей естествознания и хотя бы частично заполнить существующий в литературе пробел.

Конечно, мы не хотим сказать, что статьи Таннери лишены каких бы то ни было недостатков и что в них автору удалось избежать ошибок, встречающихся в других книгах этого рода. Напротив, недостатков и ошибок в работе Таннери более чем достаточно. Но написать удовлетворительный во всех отношениях очерк исторических метаморфоз естественно-научной мысли, хотя бы даже только за

---

[1] *А. Беклей*, Краткая история естественных наук, перевод Львовича. Изд. М. и С. Сабашниковых. Москва.

[2] *Ф. Даннеманн*. История естествознания (изд. «Матезис», Одесса 1913).

[3] Следует отметить также, что недавно вышел перевод I тома 4-томной «Истории естествознания» Даннеманна, представляющей дополненную переработку однотомной книги, перевод которой был выпущен издательством «Матезис».

Представляя собою значительный прогресс по сравнению с первым изданием, работа эта однако сильно разрослась и превратилась скорее в справочник, чем в обзор истории естествознания.

последнее полутысячелетие, — это задача, которая вообще не может быть отнесена к числу легких. Ошибки тут прямо-таки неизбежны.

Главным и наиболее остро дающим себя чувствовать недостатком работы Таннери является методологическая беспечность ее автора как историка. Если у Таннери имеется известная более или менее стройная и разработанная концепция задач, целей и методов естествознания (с которой, кстати сказать, не всегда можно согласиться), то его взгляды на общественное развитие и на социальную обусловленность последовательной смены научных теорий поражают своей беспомощностью и наивностью.

Трудно было бы, конечно, требовать от французского ученого, выросшего в атмосфере буржуазных академических традиций, чтобы он руководствовался в своих исследованиях философско-социологическими концепциями марксизма [1]. Особенно же трудно это требовать от специалиста-математика, склонного к своеобразным методам мышления, культивирующим известный формализм. Однако каким-либо социологическим «исповеданием веры» он все же должен руководствоваться. К сожалению, то, что мы имеем в этом отношении у Таннери, — из рук вон плохо. И если французский исследователь не так часто грешит обыденными обывательскими суждениями, филистерской жвачкой и «моралином», то только потому, что огромная ориентированность в фактах стихийно толкает его на более правильный путь объективного исторического анализа.

Если бегло пробежать статьи, составляющие содержание настоящей книги, то в них можно отметить довольно много методологических ляпсусов подобного рода. Не собираясь давать их полного перечня, мы отметим все же некоторые из них, кажущиеся нам наиболее существенными и ярче других бросающимися в глаза.

Пожалуй, самым главным недостатком, проходящим к тому же не только через эту, но и все другие работы Таннери, является совершенно неправильное, да к тому же и сбивчивое решение им кардинального вопроса методологии истории, именно: вопроса об определяющих моментах процесса развития идей.

Высказывания Таннери по этому вопросу весьма туманны, но реальные методы, применяемые им, определенно приводят его в лоно исторического идеализма. Это не означает, конечно, что Таннери сознательно защищает, например, точку зрения «саморазвития идей» и взялся бы теоретически ее доказывать. Он, вероятно, даже и не подозревает, что по этому вопросу есть уже разработанные концепции. Но фактически значительная доля его исторических конструкций упирается в это пресловутое саморазвитие. «Возвышенная» фразеология о прогрессе, о неизбежности начавшегося развития,

[1] Надо заметить, что вообще по вопросу о возможности социологического подхода к проблемам эволюции естественно-научной теории в литературе нагромождена масса неверных представлений. В частности требование «определить границы социологического метода в естествознании» зачастую приводит пишущих по этому вопросу к полному отказу от каких бы то ни было социологических критериев в истории научных теорий. В этом отношении весьма характерна, например, статья Кунова «Philosophie und Wirtschaft» в Neue Zeit за 1900 г., № 14 и 15.

о том, что, раз вступив на новые пути, человечество не могло уже остановиться, не исчерпав их до конца, и т. д., встречается в его статьях довольно часто. Фразеология эта нужна в конце концов просто для того, чтобы прикрыть недостатки реального метода, которому следует французский ученый, именно — метода прослеживания имманентного развития научных идей независимо от социальных условий, их породивших. Этот метод и приводит Таннери в лагерь идеализма и ставит его вплотную перед теорией «саморазвития». Научная же несостоятельность последней должна скрываться пышными декламациями о прогрессе, новых путях и т. д.

Приведем несколько примеров.

Если полное отсутствие какого бы то ни было объяснения причин появления гуманизма, превращающее это широкое умственное течение в deus ex machina античной комедии, может быть отнесено за счет той хирургической операции, о которой упомянуто выше, то далеко не так дело обстоит уже хотя бы с освещением судеб аристотелева учения о форме и материи в XIII и XIV веках. Как правильно указывает Таннери, эволюция учения о формах от Альберта Великого до Орезма заключалась в том, что из актуально существующих неизменных субстанций формы превратились в изменяющиеся по степеням физические качества. Это открыло возможность применить к описаниям явлений природы в категориях Аристотеля математические понятия, что не представлялось бы возможным при сохранении ортодоксального перипатетического учения. Но чем же была вызвана такая эволюция? Таннери оставляет этот вопрос открытым и ограничивается простым констатированием, что исторический процесс шел именно так, а не иначе. Между тем отсюда, собственно говоря, только и начинается историческая проблема. Нужно было бы показать, как после крестовых походов, имевших своим результатом переход средиземноморской торговли из рук арабов в руки европейских народов, изменился тонус всей общественной жизни, как с быстрым развитием торговли начали развиваться счетные навыки и расцветать математическая мысль и как в результате этого сложного процесса должна была постепенно модифицироваться схоластическая натурфилософия.

Совершенно аналогично обстоит дело у Таннери и с описанием развития алхимии. Изложив сжато основные факты, касающиеся истории алхимических проблем и теорий, Таннери ставит точку как раз на том месте, откуда должно было начаться историческое объяснение. Почему алхимия влачила в Европе жалкое существование вплоть до XII века и лишь с XII века начался ее бурный расцвет? Почему наиболее пышный период развития алхимической теории относится к XIV и XV векам? И действительно, без широкого анализа общественных отношений, без учета гигантского роста власти денег в результате развития денежных отношений, растущего значения алхимии не понять. К этому надо добавить, что вплоть до конца XVI века, а может быть даже XVII века, нормальная экономическая деятельность вообще не считалась путем, на котором можно обогатиться. У писателя XVII века Таннара есть, например, любопытный

перечень средств обогащения. Алхимия занимает в этом перечне одно из почетных мест, а торговля совсем отсутствует[1].

Наши примеры взяты наудачу с первых страниц предлагаемой книги. При желании их можно было бы умножить. Но это вряд ли нужно, так как основной порок методологии французского исследователя уже ясен. Дав описание фактов (в большинстве случаев весьма добросовестное), Таннери этим и ограничивается. Что же касается объяснений, то они отсутствуют, либо заменяются туманной фразеологией о прогрессе.

Иногда впрочем французский математик пытается подняться до роли обличителя и моралиста и «извлечь урок из истории». Хотя Гегель справедливо сказал когда-то, что история учит только одному — что никто, нигде и никогда ничему не учился из истории, моралисты не прекратили своих попыток. Грешит этим и Таннери. Особенно курьезна та мораль, которую он извлекает из событий франко-прусской войны. «Бедствия 1870 г., — пишет он, — показали Франции, каким упадком духовного уровня грозит нации ее полная недостатков образовательная система». Мораль, как видит читатель, совершенно неожиданная. В позорном провале французских операций против Пруссии виновата образовательная система, а не поистине фантастическое экономическое и политическое разложение правящих кругов Второй империи, так блестяще описанное Марксом в «18 брюмера» и особенно в «Гражданской войне во Франции».

Надо впрочем сказать, что подобные перлы в книге все же единичны. Французский автор более или менее последовательно держится своей описательной методологии и не позволяет себе слишком больших отступлений от нее. Недостатки, связанные с подобной установкой, мы уже отметили.

Помимо них, в книге изобилуют ошибки другого рода, вытекающие из неправильного понимания автором отношения между теоретическим знанием и практикой, которое берет начало из того же метода прослеживания имманентного развития идей.

Таннери почти совершенно не освещает процесса развития производительных сил, дающего мощные толчки развитию теоретического знания. Если он иногда и касается вопроса о взаимоотношениях между наукой и промышленностью, то только попутно и по преимуществу в той связи, что вот, дескать, наука движется вперед и толкает вперед развитие техники. Иными словами, зависимость развития естествознания от процессов развития производительных сил общества трактуется французским автором как раз в извращенном, перевернутом виде. Только иногда мощная логика фактов заставляет его указывать правильное соотношение. Большею же частью он ставит вопрос совсем не так, как это отвечало бы реальной закономерности исторического процесса.

Приведем опять-таки несколько примеров.

---

[1] Ср. *В. Зомбарт*, Буржуа, стр. 23. Перечень этот настолько любопытен, что мы приведем его целиком. «Для обогащения, — пишет Таннара, — предпочтительно выбирают следующий из 3 путей: 1) придворную службу, 2) военную службу и 3) алхимию». (Vinc Tannara, L'economia del cittadino in Villa, 1643).

Известно, что для развития научной механики у европейских народов весьма характерна одна черта. За очень редкими исключениями (Леонардо да-Винчи, Тарталья и др.) все трактаты по механике догалилеевского периода занимаются почти исключительно вопросами статики. Первые кинематические, а затем и динамические исследования появились лишь после изобретения огнестрельного оружия. Оба эти факта (т. е. появление кинематических и динамических трактатов — с одной и распространение огнестрельного оружия с другой стороны) несомненно стоят в теснейшей связи. Даже поверхностное ознакомление, например, с «Nuova Scienza» Тартальи, механическими исследованиями Леонардо да-Винчи, Гвидобальдо дель-Монте и даже «Беседами» Галилея, показывает, что именно баллистические проблемы впервые поставили перед теоретической мыслью вопрос о движении. Результаты решения баллистических проблем впоследствии и были обобщены в научную кинематику и динамику. Баллистика, таким образом, должна быть признана родной сестрой теоретической астрономии. Таннери, конечно, видит это обстоятельство, но благодаря своему методу не учитывает всей важности его и вместо детального анализа соответствующих фактов ограничивается простым замечанием, что с XVI века очень много усилий было затрачено на изучение явлений бросания тел в связи с усовершенствованием артиллерийских орудий.

Другой пример. С конца XVI столетия математики стали усиленно заниматься разборкой проблемы квадратур различных кривых. Правильно описывая важнейшие факты из истории этой разработки, Таннери совершенно не указывает, почему математики занялись именно квадратурами. Согласно изложению получается, что дело тут просто в том, что математики, кроме конических сечений, стали изучать и другие кривые, придуманные античными геометрами. Между тем достаточно перелистать «Стереометрию бочек» Кеплера, работы Стевина и даже «Геометрию неделимых» Кавальери, чтобы убедиться, что в основе всех этих исследований лежат совершенно определенные практические потребности вычисления объемов, нахождения центров тяжести и т. д., выдвигавшиеся стремительно развивающейся промышленностью. Опять-таки Таннери видит это обстоятельство, упоминает о нем, но не придает ему значения.

Совершенно аналогично обстоит дело с описанием развития астрономии с конца XVI века до Гюйгенса. Таннери только мельком упоминает о том, что многие морские торговые государства очень интересовались тогда проблемой точного определения долготы. Между тем этот факт имел огромное значение, так как побуждал многих крупнейших ученых (начиная с Галилея и кончая Гюйгенсом) производить специальные исследования, результаты которых были в высшей степени плодотворны для науки. Достаточно в этом отношении указать хотя бы на «Horologium oscillatorium» Гюйгенса, изложению которого Таннери посвящает сравнительно не мало места.

И таких примеров также можно привести массу (если взять XIX век, то Таннери не указывает, например, на связь исследований

Либиха с потребностями сельского хозяйства, работ Дарвина — с практикой английских скотоводов и т. д.). Все подобные случаи свидетельствуют только о том, насколько далеко ложная методологическая предпосылка может отвести от верного освещения фактов даже такого основательного исследователя, как Таннери.

Как видит читатель, основные методологические ошибки Таннери идут по линии игнорирования им материалистического понимания истории. Поэтому мы с полной уверенностью можем ожидать, что кардинальное положение, выдвигаемое марксовой теорией исторического процесса, именно учение о классовой борьбе, — тоже ни в какой мере не коснулось сознания Таннери.

И действительно, слепота французского исследователя к классовым конфликтам, развертывающимся в сфере естественно-научной теории, поистине поразительна. Даже там, где как будто факты прямо вопиют о классовом характере теоретических столкновений, даже там, где эта борьба из сферы чистой идеологии переходит в область юридической репрессии (например процесс Галилея), Таннери не находит в себе все же достаточной интеллектуальной смелости, чтобы осмыслить это и сделать отсюда все теоретические и практические выводы.

Если бы мы захотели приводить примеры игнорирования со стороны Таннери процесса классовой борьбы в сфере идеологии, нам пришлось бы подвергнуть критике освещение почти всех кардинальных вопросов, почти всех переломных эпох, даваемое им. К фактам, которые он сообщает, нам пришлось бы приписывать целые страницы дополнений и поправок. Вряд ли такая «двухэтажная» книга была бы удобна для чтения. Читатель уже знает, что Таннери — не марксист и что поэтому в его книгу должно быть внесено множество коррективов. К сожалению, марксистской истории естествознания еще не написано. Поэтому нам и приходится выбирать из существующей литературы работы, хотя и не могущие нас удовлетворить в методологическом отношении, но дающие все же какое-то, хотя бы и неполное изложение основных фактов. Как мы уже подчеркнули, книга Таннери является в этом смысле отнюдь неплохой.

Хотя мы и сказали, что если бы мы пожелали дать классовую оценку фактам, приводимым Таннери, мы должны были бы написать вторую книгу, хотя мы, поэтому, отказались от приведения примеров, показывающих недостатки метода французского исследователя в этом отношении, все же на некоторых моментах его изложения для иллюстрации нам придется остановиться. Мы выберем наудачу несколько типичных мест, где отсутствие классового критерия приводит нашего автора к утверждениям, находящимся в прямом противоречии с фактами.

В начале книги (глава I) Таннери говорит, например, о том, что интеллектуальное иго схоластики было по существу не особенно тяжелым. Это утверждение совершенно не соответствует действительности. Французский исследователь имеет в виду, по всей вероятности, ту относительную возможность обсуждения научных вопросов, которую открывала ученому миру теория двойственной истины.

Что теория двойственной истины действительно некоторое время являлась интеллектуальной отдушиной, через которую в готическую постройку средневековья впервые ворвался свежий воздух, это, конечно, верно. Однако не нужно переоценивать возможностей, которые открывала эта теория, особенно если речь идет (как имеет место в данном случае) о XVI столетии. Нельзя забывать, что ведь самое учение о двойственной истине должно было пробивать себе путь с боями и встречало на своем пути чрезвычайно острые нападки некоторых кругов церковников. Но кроме того следует учесть, что по мере обострения конфликта между тенденциями буржуазного развития и церковной организацией, являвшейся идеологическим щитом феодализма, возможности объективной постановки научных вопросов суживались с неимоверной быстротой. Согласно Таннери получается, что, например, процесс Галилея явился простым следствием того, что гениальный итальянец написал свои «Диалоги» не на латинском, а на итальянском языке. Конечно, это обстоятельство играло известную роль. Апелляция к массе на понятном ей языке могла напугать церковь. Но видеть причину процесса только в этом, это значит не замечать самого главного. Ведь и до появления «Диалогов» у Галилея были неоднократные конфликты с церковными кругами. Напомним хотя бы о полемике Галилея с иезуитом Орацио Граси по поводу природы комет, или шум, который произвело опубликование Nuntius sidereus (кстати сказать, вышедшего только на латинском языке). Эти факты показывают, что причины процесса лежат гораздо глубже. Трещавшие стены церковной организации не могли выдержать новых ударов, наносимых религиозной доктрине со стороны естествознания. Отсюда сожжение Джордано Бруно (о котором, кстати сказать, Таннери упоминает лишь вскользь), ряд процессов и инквизиторских преследований, запрещение задним числом сочинений Коперника, включение в папский «Индекс запрещенных книг» важнейших произведений Декарта и т. д. Процесс Галилея явился лишь одним из звеньев в длинной цепи реакционных мероприятий церкви, направленных на борьбу с «порождением сатаны», выступившим в лице материалистического буржуазного естествознания.

Естественно, что с точки зрения, усвоенной Таннери, весь этот грандиозный конфликт, как он сам говорит в начале III главы, является лишь проявлением тех «неблагоразумных крайностей», в которые впадали обе борющиеся стороны. По поводу этих «неблагоразумных крайностей» Таннери и произносит несколько мелкобуржуазных ламентаций. Глубокая социальная основа всего этого «неблагоразумия» остается от него скрытой. Он не видит в этих теоретических конфликтах идеологического отражения политической борьбы буржуазии и феодального дворянства.

В этой связи становятся совершенно естественными те недоумения, которые высказывает Таннери по поводу причины отставания французской науки во второй половине XVII и первой половине XVIII веков. Строя предположения, что виною этому могла быть реакционная политика, осуществлявшаяся французским правитель-

ством, выступившим в роли передового борца за дело католической церкви и дворянства, и строжайшие требования ортодоксии, предъявляемые со стороны правительства к ученым, Таннери не решается все же определенно и категорически ответить на этот им же самим поставленный вопрос.

На этом мы можем окончить оценку социальной методологии Таннери. Детальное перечисление всех ляпсусов, допущенных им, слишком перегрузило бы наше предисловие. Перейдем теперь к указанию ошибок французского автора, вытекающих из его общеметодологических позиций, отметив предварительно, что в вопросах общей методологии он несколько крепче, чем в вопросах методологии истории.

Конечно, и в общеметодологических позициях Таннери не может быть назван сколько-нибудь последовательным материалистом. Он — эклектик, в миросозерцании которого прихотливо сочетаются как элементы материализма, так и элементы идеализма. Однако здесь он все же отнюдь не так беспомощен, как в вопросах методологии истории.

Таннери признает в известной мере руководящее значение философии для научного исследования и дает в большинстве случаев более или менее правильную оценку тех великих мыслителей, которые заложили основы современного естественно-научного метода. Но и в этой области у него имеются промахи и неверные положения. Наиболее существенным из них является слишком акцентированное различие между позитивной наукой и философской теорией, доходящее даже до некоторого их противопоставления. Подобные мотивы проходят через ряд рассуждений и оценок французского историка; с ними связано, по всей вероятности, и несколько неверное освещение ряда отдельных исторических фактов.

Так, Таннери довольно сдержанно и сухо характеризует французский материализм (глава V). Последний является для него простым теоретическим выражением того факта, что научная мысль, упоенная своими победами, пришла к убеждению о полной подвластности для нее всех сфер действительности. Глубокая социальная подпочва, вызвавшая материалистическое движение XVIII века, остается для него скрытой. Не видит он и прогрессивного научного значения всего этого движения.

Следует впрочем отметить самый факт, что на страницах своей истории естествознания Таннери счел необходимым отвести довольно много места для характеристики материализма XVIII века. Хотя эта характеристика и соединяется с рядом комплиментов, адресованных Канту, она все же в известной мере показательна для научной добросовестности автора. Значительная часть других историков естествознания просто-напросто опускает этот исторический эпизод из своего изложения, как не имеющий никакого отношения к «чистому знанию».

В противоположность сдержанной оценке французского материализма Таннери находит теплые слова для своей характеристики Конта и позитивизма (глава VII). Не солидаризируясь с Контом по

всей линии, Таннери все же считает необходимым сказать, что ряд кардинальных идей, формулированных Контом, постепенно вошел в инвентарь современной науки (главы VII и VIII).

Мы не склонны, конечно, отрицать факт влияния, оказанного Контом на развитие научного знания (в частности во Франции), но весь вопрос — в оценке характера этого влияния. Строгое воздержание от пользования какими бы то ни было объясняющими гипотезами, с утомительной настойчивостью проповедывавшееся основоположником французского позитивизма, не могло быть плодотворным для естествознания. В руках многих последующих теоретиков оно быстро стало средством построить мост примирения между наукой и религией[1]. О том, была ли благотворна эта тенденция для развития научного знания, распространяться, как нам кажется, совершенно излишне.

Нельзя согласиться с Таннери также в оценке немецкой натурфилософии. Непосредственно о натурфилософии он высказывается только между прочим, не считая, повидимому, нужным останавливаться на ее специальной характеристике. Натурфилософия для него только совокупность туманных умозрений. О том же, что вместе с «туманными умозрениями» немецкие философы впервые в общем виде формулировали идею единства всех многообразных сил природы, что именно они разработали наиболее глубоко идею развития и набросали общий абрис новейшего научного метода — диалектики, об этом он не говорит ни слова. Между тем об этом следовало бы сказать хотя бы по одному тому, что открытия Эрстеда, давшие толчок работам сначала Ампера, а затем Фарадея, исходили как раз из «туманных умозрений» Шеллинга, или потому, что Роберт Майер находился под идеологическим влиянием натурфилософии.

Опуская ряд других с методологической точки зрения совершенно неверных оценок, даваемых Таннери (в частности совершенно необоснованную высоко положительную оценку работ Босковича), мы перейдем к исправлению и уточнению отдельных фактических моментов, при описании которых нельзя согласиться с французским исследователем. Опять-таки мы остановимся лишь на главнейшем, оставляя без внимания все второстепенное.

Говоря об отношении христианского мира к астрологии, Таннери характеризует положение так, что создается впечатление, будто христианство должно было занять позиции, враждебные астрологам. Вряд ли эта мысль, формулированная с такой резкостью, верна. Дело в том, что у христианства и астрологии была известная общая почва, заключавшаяся в мистическом характере исходных предпосылок. Эта общая почва, несмотря на характерные отличия, размежевывающие астрологию как магию и христианство как религию, должна была открыть известную возможность для примирения астрологических представлений с христианским мировоззрением. Особенно сильно эти возможности открывались, если в качестве тео-

[1] Эту функцию оно впрочем частично выполняло уже у самого Конта, правда, будучи облечено в витиеватую фразеологию «религии позитивизма». См. об этом *Э. Бутру:* «Наука и религия в современной философии».

ретической базы примирения брался новоплатонизм. Этим и объясняется то обстоятельство, что ряд крупных теоретиков христианства верил в астрологию. Поэтому противопоставление, сделанное Таннери, не может быть признано верным.

Не может быть признано верным также категорическое утверждение французского исследователя об астрологических увлечениях Кеплера. Конечно, нам определенно известно, что Кеплер занимал должность астролога и составлял гороскопы, но это все же не решает вопроса о его субъективной вере в астрологические теории, так как дух научных работ гениального немецкого ученого (несмотря на наличие в них элементов пифагорейской мистики) противоречит этому. Если не ошибаемся, именно Кеплеру принадлежит известное изречение, гласящее, что если астрология является матерью астрономии, то, как всякая хорошая мать, она должна заботиться о пропитании своего детища. Кеплеру нужно было на что-то жить, так как астрономические занятия не давали ему средств для существования. Что же касается астрологии, то последняя была еще в почете. А так как астрологические занятия не слишком сильно отрывали от астрономических, то Кеплер и пошел в астрологи.

Из других фактических погрешностей Таннери отметим его отульное отрицательное отношение к теории флогистона. В главе V его книги прямо говорится, что теория эта только тормозила развитие науки. Между тем факты, приводимые в той же главе, именно анализ работ Блэка, Пристлея, Брандта, Бергмана и Шееле, свидетельствуют как раз об обратном. Конечно, теория флогистона была неверна, и мы отнюдь не собираемся умалять заслуг Лавуазье. Но флогистика являлась все же первой более или менее рациональной попыткой объяснения явлений горения и окисления, связывающей эти процессы с восстановительными. Именно проверка фактов, собранных с ее помощью, и позволила Лавуазье установить более правильное представление о природе окислительных процессов.

Опуская ряд мелочей, отметим недостатки, имеющиеся в книге благодаря пропуску ряда фактов.

Французский автор не говорит ни слова о борьбе различных школ в биологии XVII и XVIII веков (механизм и витализм, преформизм и эпигенезис и т. д.), борьбе, представляющей большой теоретический интерес. Крайне глухо упоминает Таннери также о борьбе кинетистов и динамистов, начавшейся в XV веке и после ряда модификаций принявшей форму борьбы феноменологов и механистов в XIX веке. Совершенно не останавливается он на процессе проникновения исторического метода в естествознание. Те немногие страницы, которые посвящены у него описанию создания эволюционной доктрины, касаются только биологии и ни в коем случае не могут быть признаны достаточными. Они не исчерпывают даже материала, относящегося специально к биологии; а ведь эволюционная доктрина не является специфической принадлежностью одних только наук о жизни. Следовало бы уделить специальные страницы истории космогоний, геологическим теориям, историческому методу в физике и т. д. Не освещены совершенно методоло-

гические споры в области естествознания, начавшиеся к концу XIX века и знаменовавшие начало его кризиса. Махизм, энергетика, неовитализм и другие течения, бывшие некогда модными, совершенно не нашли отражения в работе Таннери.

Следует отметить также то обстоятельство, что Таннери очень слабо коснулся роли русских ученых в развитии естествознания. Он не сказал ни слова о гениальном русском исследователе, явившемся одновременно предшественником и Лавуазье и Роберта Майера, — Ломоносове, он не упомянул имен и других исследователей.

Надо сказать, что вообще при чтении статей Таннери никогда не ошибешься в определении национальности их автора. Все статьи написаны несколько со специфически «французской» точки зрения, хотя автор и старался быть объективным.

Трудно ошибиться также и в определении научной специальности автора. Факты истории математики и физики освещены куда лучше, чем факты истории биологии. Впрочем это удел почти всякой общей истории естествознания, ибо при современной дифференциации знания почти невозможно встретить человека, могущего одинаково свободно оперировать теориями и понятиями изо всех областей познания природы.

На этом, собственно говоря, мы можем и закончить наш «обвинительный акт» против произведения французского историка естествознания. Читатель не должен однако получить от него ошибочного впечатления. Повторяем, несмотря на все недостатки (а их, как видит читатель, не мало), книга Таннери представляет значительный интерес и должна оказаться полезной. Написанная буржуазным ученым, она, конечно, несет на себе явственную печать ограниченности буржуазного мышления. Но какая из книг по истории естествознания свободна от этого недостатка? В статьях же Таннери, кроме недостатков, имеются и несомненные достоинства. Огромная насыщенность при крайней сжатости изложения делают их прямотаки единственным в своем роде пособием для общего ознакомления с историей естествознания.

Время — наилучший судья книг. Если через 35 лет после ее написания работа Таннери (за исключением двух последних глав) почти не устарела — это значит, что она выполнена основательно. Этим в полной мере объясняется, почему мы сочли возможным предложить ее вниманию современного советского читателя.

Конечно, представляя собою сводный обзор, работа Таннери благодаря своей краткости не сможет удовлетворить специалистов. Историк математики не найдет в ней чего-либо нового для себя, так же, как не найдет в ней нового и специалист по истории физики. Но такова уже судьба всякого сводного обзора. Он всегда рискует остаться банальным для специалистов и непонятным для неспециалистов. Таннери же в общем довольно удачно прошел между Сциллой и Харибдой специализации и общепонятности. Его обзор дает более или менее цельную картину, хотя и сбивается время от времени с правильного пути, приближаясь к простому каталогообразному перечню книг, имен и фактов.

* * *

Ввиду того, что, не будучи специалистом-биологом, Таннери очень слабо осветил столь важный в истории биологии период, как XIX век, мы сочли необходимым прибавить к очеркам французского автора статью К. А. Тимирязева «Основные черты истории развития биологии в XIX столетии». Эта блестящая работа была написана К. А. Тимирязевым в 1906—1907 гг. для русского издания тех томов серии Лависса и Рамбо, которые посвящены XIX веку. Впервые она была напечатана в VII томе «Истории XIX века» Лависса и Рамбо, изданной бр. Гранат, издавалась затем в виде брошюры и в настоящее время совершенно исчезла с рынка.

Чтобы оценить эту статью, читатель должен припомнить ту общественную и политическую обстановку, в которой она писалась; тогда некоторые моменты ее, кажущиеся в настоящее время анахронизмом, получат надлежащую историческую перспективу. Само собою разумеется, что мы не сочли себя в праве вносить какие-либо изменения или делать купюры в этой статье, являющейся важнейшим документом, характеризующим блестящую деятельность ученого, нашедшего в себе достаточно силы духа, чтобы в решительный момент безоговорочно стать в ряды борющегося пролетариата. Мы выправили только несколько искажающих смысл опечаток, вкравшихся в текст, изданный бр. Гранат, оставив все остальное без перемен.

В заключение несколько слов о переводе. В основу нами положен текст старых переводов, сделанных для русского издания серии Лависса и Рамбо. Текст статей, охватывающих весь период до XIX века, взят из «Всеобщей истории с IV столетия до нашего времени», изданной Солдатенковым (Москва, 1897—1901), а текст статей, относящихся к XIX веку, взят из «Истории XIX века», вышедшей в издании бр. Гранат (1906—1907 гг.). Переводы эти (особенно изданный Солдатенковым) были совершенно неудовлетворительны, поэтому нам пришлось довольно радикально их переработать, заново сличив с французским оригиналом.

Весь текст, за исключением двух последних глав, издается без каких-либо купюр и поправок, как он был напечатан во французском издании Лависса и Рамбо. К сожалению, мы были лишены возможности воспользоваться изданием текста статей Таннери, сличенных с его рукописями, которое выходит сейчас во Франции в общей серии собрания работ и научных мемуаров Таннери, так как соответствующий том еще не вышел. Но вряд ли этот текст сколько-нибудь значительно будет отличаться от опубликованного в серии Лависса и Рамбо.

Несколько мест нам пришлось снабдить небольшими пояснительными примечаниями под текстом. Все они оговорены. Заголовок всей книги, а равно и заголовки отдельных глав, принадлежат нам.

Что касается двух последних глав, то они довольно сильно дополнены. Таннери писал свои статьи в конце 90-х годов, и смерть не позволила ему переработать их для последующих изданий.

Поэтому, естественно, что многие явления, имевшие место в науке конца XIX века, не могли войти в его поле зрения, так как не обнаружили еще всех своих сторон. Поэтому вообще конец его книги с нашей современной точки зрения весьма слаб. Нам, имеющим возможность проследить линии научного развития на три десятка лет далее Таннери, выводы французского ученого должны были бы показаться слишком анемичными и общими.

Поэтому мы сочли возможным дополнить текст французского исследователя рядом добавлений. Наиболее существенные из них касаются теории Максвелла и ее истории, формулировки периодического закона, истории кинетической теории, открытия рентгеновых лучей, возникновения физической химии и др.

Делая добавления, мы старались сохранить общий стиль книги и не нарушать ее единства. Поэтому все наши вставки носят строго фактический характер и представляют собою именно добавления, укладывающиеся в общие рамки, с самого начала очерченные французским автором. Добавления наши к двум последним главам не оговорены.

Таннери приложил к каждой из своих статей довольно обширную библиографию. Она в настоящее время устарела. Мы сделали к ней кое-какие дополнения и поправки. Они отнюдь не претендуют на то, чтобы быть исчерпывающими, однако, как нам кажется, все же будут небесполезны. Для облегчения справок к книге приложен именной указатель. Кроме того мы снабдили наше издание некоторыми иллюстрациями. (Французское издание, а равно издание Солдатенкова не иллюстрированы).

С. Васильев.

ПОЛЬ ТАННЕРИ

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В ЕВРОПЕ

I

СОСТОЯНИЕ НАУЧНЫХ ПОЗНАНИЙ К КОНЦУ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

Узкая сфера, внутри которой была замкнута умственная деятельность в течение средних веков, в XV столетии значительно расширилась под влиянием гуманизма. Однако не все науки достигли одновременно одинаковой степени развития.

Древняя Греция создала те теоретические принципы научного мышления, которыми мы руководствуемся и по настоящее время. Она оставила нам превосходные образцы научных произведений, по крайней мере в области математики. Эти образцовые произведения были сохранены византийцами и служили предметом подражания для арабов. Однако для латинского Запада капитальные создания античной науки вплоть до XVI столетия оставались мертвой буквой. Западные мыслители не руководствовались никаким другим научным методом, кроме телеологического, не знали никаких иных способов искания истины и никаких других аргументов, кроме тех, которые основывались на авторитете текстов священного писания и на их традиционном объяснении.

Схоластическая система преподавания, к которой впрочем не следует относиться с безусловным пренебрежением, имела целью сообщить учащимся умение вести диспуты, но не давала навыков к самостоятельному исследованию и построению научных теорий. Хотя привычка защищать или оспаривать различные мнения и развивала умы, расширяя их кругозор, но не вырабатывала в них уменья подчиняться требованиям математической точности и строгости. В физике это приводило к тому, что схоластическая наука более или менее откровенно довольствовалась лишь правдоподобием, а не истиной.

Практические научные познания были развиты довольно высоко и в общем удовлетворяли требованиям весьма многосторонней культуры. Однако даже в университетах они преподавались не иначе, как под названием «свободных искусств», и действительно не заслуживали другого наименования. Таким образом, в средние века науки в собственном смысле этого слова еще не существовало. Это яснее всего будет видно из краткого обзора главнейших отраслей научных знаний, которые стали быстро развиваться с начала XVI столетия.

АРИФМЕТИКА И ВЫЧИСЛЕНИЯ. Арабские цифры вошли во всеобщее употребление в XV веке. Хотя существовало множество руководств для производства вычислений с помощью этих цифр, однако считали тогда не так, как это делают теперь, — с пером в руках. Для вычислений тогда употреблялись специальные жетоны, которые раскладывались по краям стола. Этим способом очень быстро производились довольно сложные вычисления [1].

Античные писатели не оставили нам никаких законченных образцовых произведений по арифметике, за исключением арифметических сочинений Эвклида, остававшихся в эпоху средневековья в пренебрежении. Классическим сочинением считалось арифметическое произведение Боэция, которое было вольно переведено с греческого текста Никомаха и в котором нет никаких доказательств. Отсутствовали доказательства и в алгорифмических трактатах [2], переделанных с арабских оригиналов. Точные способы разрешения уравнений первой и второй степени, т. е. основные алгебраические правила, в них тоже не указаны [3].

Таким образом теория арифметики в средние века не походила на науку дедуктивного характера. Она заключала в себе ряд правил, которые можно было проверить a posteriori, причем большинство из них было основано на совершенно недостаточной индукции. В изучении этих правил память играла гораздо бо́льшую роль, чем рассуждение. То же самое можно сказать и о способах решения задач (всегда излагавшихся не в общем виде, а на примерах с определенными числами): для каждого их разряда существовали особые правила. Необходимости нахождения общих методов в то время никто еще не сознавал.

---

[1] Употребление жетонов для вычислений, в настоящее время окончательно вытесненное письменными выкладками, было еще в XVIII столетии очень распространено во Франции, как об этом свидетельствует Бюффон. Теперь нам трудно понять первую сцену комедии Мольера «Мнимый больной», когда Аргав исправляет с жетонами в руках счет своего аптекаря. Производство вычислений с помощью шариков и до сих пор очень распространено в низших классах начальных школ и в коммерческих кругах некоторых народов. В этом отношении показательно распространение так называемых «конторских счетов» в России.

[2] Т. е. медицинская химия, или, как ее называли, натрохимия. *(Прим. ред.)*. *(Прим. ред.)*

[3] Словами al-djebr ou al-moukabala на арабском языке обозначалась совокупность трех операций, которые необходимо произвести над каждым уравнением, чтобы найти его решение. Эти операции были указаны Магометом аль-Ховаризми, который в свою очередь следовал сочинениям Диофанта. Когда какая-либо математическая задача сводилась к уравнению, то для решения последнего сначала переносились из одной части уравнения в другую все члены с минусами так, что в обеих частях оставались только положительные члены. Эта операция называлась djebr. Затем в обеих частях уничтожались одинаковые члены. Это называлось moukabala. Если уравнение было первой степени, то этим способом получалось его немедленное решение. Для решения уравнений второй степени у арабов имелись три способа, по отношению к каждому из которых были установлены особые правила. Следует отметить, что алгебраические знаки не были введены в употребление. В этом отношении арабы по сравнению с Диофантом сделали шаг назад.

В средние века было немало вычислителей, способных разрешать даже сложные проблемы. Решения эти достигались с помощью таких искусственных приемов, к которым уже никто не прибегает в наше время. Вычислители обыкновенно демонстрировали свои силы в арифметических состязаниях, которые иногда возбуждали большой интерес публики (особенно в Италии). Но для того, чтобы стать на более высокую точку зрения и достигнуть действительно серьезных научных результатов, нужна была редкая гениальность. Ею был одарен Леонардо Пизанский, живший в начале XIII столетия. Он стоял настолько выше своих современников, что даже не смог сделаться основателем новой математической школы. Его произведения начали оказывать серьезное влияние только после того, как Лука Пачиоли собрал их и переработал в своей «Системе» («Summa»), напечатанной в Венеции в 1494 г. Кроме произведений Леонардо, следует отметить недавно ставшие доступными «Алгорифм пропорций» («Algorithmus proportionum») нормандского уроженца Николая Оремза (1323—1382), и «Науку о числе» («La science de nombre») парижанина Николая Шюке (сочинение последнего вышло в Лионе в 1484 г.). Оба эти произведения представляют большой интерес и свидетельствуют о выдающихся дарованиях своих авторов. Однако они не смогли заложить в изучении математики сколько-нибудь значительных новых научных направлений.

С начала XIII столетия начинает проявляться некоторый сдвиг, вызванный двумя различными течениями, впоследствии слившимися в одно. Первое из этих течений обнаружилось в университетском преподавании, подчинявшемся традиционным правилам, установленным Иорданом Неморарием (по всей вероятности так назывался Иордан Саксонский, второй начальник ордена доминиканцев). Другое, менее известное нам течение обнаруживалось в устном преподавании математики среди итальянских купцов; оно совпало с методом Леонардо Пизанского. Короче сказать, математику изучали исключительно с какой-нибудь практической целью: либо для пользования ею в обыденной жизни, либо для нужд какой-нибудь профессии.

ГЕОМЕТРИЯ. То же самое можно сказать и о геометрии, которая стояла на еще более низком уровне. Хотя сочинения Эвклида и были переведены с арабского языка (в XII столетии перевод Эвклида был сделан Ателярдом Батским, а в конце XIII — Кампаном Наваррским), но странное заблуждение, возникшее в связи с этими переводами, показывает нам, до какой еще степени превратны были тогда общие понятия о науке.

Еще во времена Римской империи, как можно предполагать, существовали более или менее полные переводы Эвклида с греческого языка на латинский. Не подлежит сомнению во всяком случае, что Боэций сделал один из таких переводов[1]. В эпоху упадка, сильно

[1] Приписываемая Боэцию «Геометрия» состоит главным образом из предложений, изложенных в первых четырех книгах Эвклида. За этими предложениями идет приписываемый Пифагору «абак» и в конце трактуются «апексы», из кото-

отразившегося на научных занятиях, в целях популярности установилось обыкновение излагать в процессе преподавания одни только теоремы Эвклида, устраняя совершенно доказательства. В результате, когда в позднейших изложениях теоремы появились с доказательствами, последние были приняты за посторонние дополнения к настоящему тексту Эвклида, сделанные либо Теоном Александрийским, либо арабскими комментаторами.

Таким образом, геометрия считалась совокупностью правил, изложенных когда-то очень остроумным философом[1], правил, которые нужно было выучивать наизусть; доказательства же принимались за дополнения, без которых можно легко обойтись. Поэтому нет ничего удивительного в том, что на протяжении всех средних веков едва ли можно найти хоть сколько-нибудь ясно изложенные математические доказательства. Даже самые образованные люди, энергично распространявшие новые идеи, как например Николай Кузский (или Кузанский, 1401—1464), впадали в грубейшие паралогизмы, говоря о квадратуре круга. Впоследствии даже Леонардо да-Винчи не был в состоянии отличать приблизительное построение правильных многоугольников, которое он находил у людей, изучавших геометрию только с прикладной целью, от точного.

Итак, теоретическая геометрия в средние века по сути дела еще не существовала, как не существовала она у египтян и вавилонян до появления работ греческих ученых. Напротив, прикладная геометрия обогащалась многочисленными практическими приемами, к которым прибегали архитекторы при сооружении своих великолепных зданий. Кроме того, благодаря все шире и шире распространявшемуся знакомству с произведениями Эвклида, геометрия отбросила неточные формулы землемерия, перемешанные в уцелевших отрывках из сочинений римских землемеров с правильными формулами. Эти отрывки, собранные в «Кодекс» («Corpus gromatici veteres») и интересные столь же со стороны юридической, сколь с технической, сыграли в то время, когда средневековые ученые стали знакомиться с геометрическими познаниями древних писателей, весьма немаловажную роль. Хотя в университетах и знакомили с сочинениями Эвклида (по меньшей мере в отрывках), однако старые геометри-

---

рых произошли употребляемые в наше время цифры. В настоящее время почти окончательно доказано, что эту «Геометрию» составил в XI столетии какой-то фабрикант фальшивок, живший позднее Герберта. Таким образом, именно Герберт и не кто-либо иной ввел «апексы» в употребление на латинском Западе. «Апексы» обозначались на жетонах и колоннами раскладывались на «абаке» (доска), так что употребление пуда оказывалось ненужным. Этим производство вычислений с помощью жетонов несколько упрощалось. Не подлежит сомнению, что Герберт заимствовал этот прием во время своего пребывания в Испании от барселонских евреев и в частности от Иосифа Сапиенса или Испанского, о котором он упоминает в своей корреспонденции. Стало быть, «апексы» произошли косвенным путем от тех цифр, которые были заимствованы арабами из Индии и употребление которых стало быстро распространяться в арабских странах с конца VIII столетия.

[1] Геометра Эвклида принимали за главу философской школы в Мегаре, бывшего современником Сократа и Платона.

ческие познания сохранились до той эпохи, когда были переведены сочинения Архимеда и Аполлония (т. е. до XVI столетия), именно благодаря издавна вошедшим в употребление практическим приемам землемерия и архитектуры.

АСТРОНОМИЯ. В то время как геометрия находилась в полном пренебрежении, ибо имела меньшее практическое значение, чем арифметика, да и сама по себе не была так тщательно обработана,— астрономия привлекала значительное внимание и служила предметом серьезных научных исследований. Разработка ее бесспорно достигла больших успехов, особенно в XV столетии. Этот факт, могущий на первый взгляд показаться достаточно странным, объясняется на самом деле очень просто: мнимая наука спасала настоящую; иными словами — вера в астрологию обусловливала прогресс в изучении астрономии.

Основная проблема астрологии по сути дела должна быть отнесена к разряду научных проблем. Она заключается в определении относительного положения небесных светил, звезд и планет для какого-нибудь прошлого момента времени, например для момента рождения того человека, будущность которого нужно предсказать. В целях разрешения специальной задачи составления гороскопа придумывались различные фантастические комбинации, составлявшие существенную принадлежность астрологии, однако достоверность добытых путем таких комбинаций предсказаний зависела, по мнению астрологов, прежде всего от точного решения первой и основной проблемы — определения положения светил. Конечно, мы смотрим на изучение астрономии иными глазами. Для нас она — средство предвидения будущих небесных явлений и только. Но для разрешения этой задачи нам необходимы точно такие же астрономические познания, какие нужны были и астрологам.

Астрологические предрассудки в странах, подпавших под греческое влияние, распространились вскоре же после завоеваний Александра Македонского. Они довольно быстро проникли в самые знаменитые философские школы и моментально были усвоены преподавателями астрономии. Птолемей настолько увлекся ими, что посвятил астрологическим проблемам несколько специальных сочинений, которые приобрели впоследствии не меньше авторитета, чем «Альмагест» [1]. Христианство оказалось не в состоянии противостоять этим ошибочным верованиям. Последние укоренились у византийцев и создали стимулы для изучения математики, ибо астрология нуждалась в астрономии, а эта последняя не могла обходиться без геометрии и арифметики. У арабов ученые пользовались покровительством халифов и вельмож только потому, что от них ожидали предсказаний будущего, основанных на изучении движения небесных светил. После того варварского периода, когда главную цель астро-

[1] Название, укоренившееся за главной работой Птолемея «Великое построение» («Μεγάλη σύνταξις»). В знак уважения арабы назвали эту работу великой — al majetti, а средневековые христианские ученые сохранили это название, латинизировав его в almagestum. (*Прим. ред.*)

номии составляло определение времени пасхи, на латинском Западе стало обнаруживаться аналогичное влияние астрологических предрассудков. Однако там это влияние распространялось не так быстро и явно, потому что находило менее благоприятную для себя почву. Западным ученым приходилось тщательно оберегать себя от ужасного обвинения в еретических заблуждениях, от которого не избавился после своей смерти даже такой человек, как Герберт [1].

Не подлежит никакому сомнению, что европейские народы заимствовали свои астрономические сведения от арабов. Астролябия, изобретенная греками главным образом с целью точного определения времени, была заимствована от арабов в XI столетии. В XII столетии, одновременно с произведениями Эвклида, были переведены с арабского несколько астрономических трактатов и «Альмагест». В XIII столетии в Толедо обществом европейских и мавританских ученых, трудами которых руководил король Кастильский, были составлены «Альфонсовы таблицы» (1252) [2]. С этого времени западные астрологи получили для своих вычислений такие же подробные руководства, как и их восточные коллеги. Приблизительно тогда же англичанин Сакробоско (Джон Голливуд, умерший в 1256 г.) обнародовал свой «Трактат о планетном круге», в котором были собраны все необходимые для изучения астрономии геометрические сведения и который сделался классическим руководством в университетском преподавании.

Ученая деятельность этого рода несколько приостановилась в XIV столетии. Фридрих II и последние Гогенштауфены окружили себя астрологами, но папы отнеслись к этим последним очень враждебно. В Италии подвергались преследованиям астрологи Пьетро д'Апоно (1316) и Чекко д'Асколи (1327). В это же время было издано несколько сочинений против астрологии и между прочим сочинение Орезма.

Астрономические исследования возобновились в Германии. Два гениальных преждевременно умерших человека, Георгий Пейрбах (родился подле Линца, 1423—1461) и его ученик Региомонтан (Иоганн Мюллер из Кенигсберга, в герц. Кобург, 1436—1476), попытались внести ряд поправок в астрономические сведения и методы. Они уточнили фактический материал астрономии с помощью новых наблюдений, реформировали способы вычислений посредством новых методов и выправили переводы произведений Птолемея на основании греческих подлинников. Пейрбах сначала исполнял обязанности астронома при венгерском короле Владиславе, а потом состоял профессором в Венском университете. Им написана «Теория планет», которая была принята в качестве руководства для преподавания астрономии; кроме того он положил начало закладке фундамента новой тригонометрии. Эту последнюю работу завер-

---

[1] В конце своей жизни Герберт был избран папой под именем Сильвестра II. *(Прим. ред.)*

[2] Планетные таблицы, заменившие сильно устаревшие птолемеевы, отклонившиеся от данных, получаемых из наблюдений. *(Прим. ред.)*

нил Региомонтан, самостоятельно отыскавший те методы, которые были придуманы арабами, но еще не были известны на Западе. Подготовляя новое издание произведений Птолемея, Пейрбах вошел в сношение с кардиналом Виссарианом. Этот последний явился драгоценным покровителем для Региомонтана, который благодаря ему смог приехать в Италию, изучить греческий язык, близко познакомиться с содержанием собранных кардиналом рукописей и перевести многочисленные отрывки из математических сочинений древних авторов. Региомонтан состоял некоторое время на службе у Матвея Ковина, но с 1471 г. переселился в Нюрнберг, где один богатый горожанин, некто Бернгард Вальтер, дал ему денежные средства для организации астрономических наблюдений и для издания сочинений Пейрбаха и самого Региомонтана. Немедленно же по окончании этих работ Региомонтан был вызван папой Сикстом IV в Рим для участия в реформе юлианского календаря. Там он и умер. Как гласит легенда, он был отравлен сыновьями Георга Трапезундского за то, что порицал перевод «Альмагеста», сделанный последним. Гораздо более правдоподобен рассказ о его смерти от какой-то эпидемической болезни. Рукописи Региомонтана, сохранившиеся у Вальтера, были в начале XVI столетия частично напечатаны Шонером. В Германии и Италии в эпоху Региомонтана работало еще несколько крупных астрономов. Что же касается Франции и Англии, то ни одной сколько-нибудь заметной фигуры в области астрономии тут не было.

Важное значение научных трудов Пейрбаха и Региомонтана заставляет квалифицировать их как действительно гениальных ученых, достойных предшественников Тихо Браге и Кеплера. Во всяком случае в XV столетии никто не мог подняться до их уровня. Быстрое распространение их сочинений и влияние, которое они оказали, можно объяснить только сильным интересом, который возбуждала в то время астрология. Надо заметить, что вплоть до XVIII века астрономы могли добывать себе средства существования, находить для себя покровителей и обеспечивать продажу своих сочинений только потому, что приобретение сведений о небесных явлениях считалось в то время необходимым, чтобы предугадывать будущую судьбу людей. Если бы эта иллюзия не была повсеместной, то Пейрбах и Региомонтан именно в силу своего умственного превосходства остались бы одинокими и не оказали бы сколько-нибудь значительного влияния на своих современников.

ФИЗИКА. Сведения о законах природы, которыми располагало средневековье, имели еще меньше сходства с положительными научными знаниями, чем математические сведения. Все, что в то время знали или чему верили, брало начало из двух источников.

Одним из этих источников были представления античных ученых о материи и ее модификациях. Сочинения Аристотеля служили школьными руководствами. В теориях греческого философа, изложенных в той форме, которую придали им греческие и арабские комментаторы, искали в то время объяснения всех вопросов естество-

знания. О непосредственном изучении законов, по которым совершаются явления природы, в этот период никто и не помышлял.

Другим источником служили факты, которые были ранее собраны древними учеными и пополнены многочисленными практическими сведениями, перешедшими в книги из устной традиции без всякой критики и проверки. Все эти материалы внушали к себе слепое доверие. Бесплодные споры в связи с «Проблемами» Аристотеля касались в то время многочисленных фактов, совершенно не подвергавшихся проверке и, стало быть, безусловно сомнительных; еще чаще споры эти велись по поводу совершенно грубых и чисто фантастических суеверий.

Так, например, производя в начале XVII столетия свои первые исследования над падением тел, Галилей, по примеру арабских ученых, принимал за общее правило, что легкие тела сначала падают быстрее тяжелых, и старался объяснить причину этого явления. Или великий арабский алхимик Гебер, бывший решительным перипатетиком, задавал в своем сочинении о «Равновесии» до пятидесяти вопросов, вроде следующего: «Почему, как всем известно, облако не дает дождя, когда женщина выходит из дому голой и обращается лицом к этому облаку?»

Итак, сведения, которые считались научными, извлекались только из книг, и никто не имел ясного понимания того, как следует производить опыты и проверять основательность выводов. Энциклопедия Винцента Бовэского (умершего в 1265 г.) «Четверное зеркало», могущая служить доказательством обширной учености ее автора и свидетельством его основательного скептицизма в ряде вопросов, и то обнаруживает полное непонимание внутренней связи между теоретическими принципами и фактами. Чтобы устранить этот недостаток, ученые наделяли предметы природы всевозможными тайными свойствами и допускали, что свойства эти могут быть широко использованы магией.

Однако не следует думать, что главным недостатком того времени было нелепое легковерие, проявления которого можно констатировать даже у самых выдающихся мыслителей. При тогдашнем уровне интеллектуального развития люди безусловно верили только в то, что относилось к области религии; во все же остальное они верили плохо. Так как ничто не мешало им подвергать сомнению любую из общепринятых истин, то отсюда возникали колебания относительно достоверности самых бесспорных фактов. Интеллектуальное иго схоластики было в сущности таким легким, что допускало очень большую свободу мышления обо всем, кроме догматов. Поэтому, привыкшие к полемике умы, отстаивая тот или иной тезис или антитезис, могли, ничем не стесняясь, ссылаться на произведения Аристотеля. Воспрещалось отстаивать только такие представления о природе и ее законах, которые не нравились хранителям истины, поведанной путем откровения свыше. Вот почему кардинал Николай Кузанский мог свободно обсуждать гипотезу о движении Земли еще гораздо раньше Коперника, а Галилей, будучи студентом, мог слушать, как его пизанские преподаватели обсуждали эту гипотезу без всякого

опасения подвергнуться обвинению в ереси. Напротив, по той же причине Галилей подвергся преследованиям лишь только тогда, когда начал отстаивать эту гипотезу на общепонятном языке и со ссылками на рациональную очевидность ее истины.

МАТЕРИЯ И ФОРМА. Таким образом, догматизм Аристотеля господствовал только с виду и служил лишь прикрытием более или менее правдоподобных догадок, вроде тех, какие первым стал излагать при изучении природы Эпикур. Подобный пробабилизм противоречил самой идее научного развития. С другой стороны, практические изобретения не внесли в потребности обыденной жизни значительных отличий от потребностей старого времени и потому не вызывали исследований таких вопросов, которые кажутся нам важными, но которые тогда еще не были выяснены, так как не представляли большого интереса с точки зрения своего практического применения [1].

Главная проблема, которой были заняты умы, относилась к общим представлениям о составе различных тел природы.

Аристотель установил понятие о *материи* как об однородном субстрате всех тел, получающем различия только вследствие изменений своей *формы*. Эти формы противоположны одна другой (холодное и теплое, сухое и влажное). Тела происходят из сочетания элементов, в свою очередь образованных из сочетания форм (элемент земли — из холодного и сухого, элемент воды — из холодного и влажного, элемент воздуха — из теплого и влажного, элемент огня — из теплого и сухого). Элементы не следует считать неизменными, потому что хотя материя их и нетленна, но формы их могут меняться (например огонь, утрачивая форму сухого и приобретая форму влажного, становится воздухом).

Но как следует понимать сочетания элементов, из которого возникают тела природы? Существуют ли субстанциальные формы *актуально* или же их существование следует считать только *возможным?* Например, можно ли утверждать, что при такой-то температуре [2] существуют одновременно и холод и теплота?

Положительный ответ на этот последний вопрос, за исключением некоторых мелких подробностей, был сначала господствующим. Такого рода воззрениями руководствовались в своих исследованиях изменения формы тел и Альберт Великий и арабские алхимики. Напротив, Фома Аквинский отверг неизменность субстанциальных форм и, таким образом, низвел их на степень простых модусов, или качеств. С нашей современной точки зрения это был большой прогресс. К сожалению, теория Фомы Аквинского отличается больше глубиной мысли, чем ясностью изложения; кроме того автором не сделаны из нее все логические выводы.

---

[1] Так, например, успехи в пользовании огнестрельным оружием обратили общее внимание на вопрос, как летят и падают снаряды, только в XVI столетии.

[2] Слово «температура» выражает понятие о смешении различных элементов, подобно употребляемому в медицине слову «темперамент»; этим термином обозначается равновесие между некоторыми неизменными противоположностями.

Были и другие точки зрения. Например Роджер Бэкон даже счел бессмысленным спорный вопрос. По его мнению существуют лишь соединения материи с формой. Он не только не признает тождественности материи, но более того — утверждает, что она различна в различных элементах и не одинакова в предмете и его элементах. Форма является для него только логическим термином. Хотя его новое понятие о материи и недостаточно ясно, оно гораздо ближе к нашему пониманию, чем к пониманию Аристотеля.

В XIV столетии спорный вопрос был поставлен более ясно, и учение Фомы Аквината получило очень важное дальнейшее развитие. По первоначальным понятиям, формы были чем-то вроде неизменных субстанций, смешивающихся между собою в определенных количествах: в таком-то сером цвете имеется столько-то белого и столько-то черного цвета. Теперь же под формой стали понимать лишь *физическое качество, изменяющееся по различным степеням какой-то шкалы:* такой-то серый цвет имеет такую-то степень густоты на таком-то расстоянии от исходной точки (т. е. от совершенно белого или от совершенно черного цвета).

Интенсивность формы получила название «ширины» (latitudo); ее изменения попытались определять математически. Например, если изобразить время посредством отрезка прямой, проведенной от исходной точки вправо, то «ширина» формы в данный момент может быть выражена перпендикуляром, восставленным из окончания этого отрезка. Этот способ был тождественен с нашим способом изображать ход какого-либо явления посредством текущей ординаты кривой. Подобные воззрения с середины XIV и до начала XVII столетий обычно преподавались в университетах, и относительно «ширины» форм было написано немало трактатов и комментариев. Первыми авторами подобных сочинений были английский монах цистерцианского ордена Ричард Суисет (или Суинсет), живший около 1350 г., и француз Николай Оремм. До сих пор еще не решен окончательно вопрос, кому из них следует приписать первенство. Не выяснено также, какие идеи привели их к этой новой теории, которую ни один из них как будто не приписывал лично себе.

Самым оригинальным мыслителем XV столетия бесспорно был Николай Кузанский. Его книга «Об ученом невежестве» («De docta ignorantia») противопоставила господствовавшим в его время физическим понятиям совершенно новую систему. По его мнению все научные познания в области физики должны выражаться в некоторых числах и все наблюдения, имеющие целью изучение природы, должны производиться с весами в руках. Правда, собственные измерения Николая Кузанского оказывались чисто фантастическими и автор их не замечал причин их ошибочности. Но важно было уже то, что он формулировал общий принцип. Главная трудность, которую он хотел преодолеть, заключалась в том, чтобы отыскать то абсолютно единое начало, которое проходит через все построение вселенной. Для разрешения этой проблемы он придумал следую-

щую смелую формулу, из которой делал подчас самые странные применения: противоположности и в бесконечно большом и в бесконечно малом совпадают. Николай Кузанский воскресил также понятие о протяженных, неделимых ни актуально, ни в возможности атомах. Однако он не рискнул утверждать, что существует пустое пространство, — доводы Аристотеля против возможности пустоты казались убедительными в течение всех средних веков. Он полагал, что атомам, а следовательно и всем телам, свойственно движение. Это привело его к отрицанию неподвижности земного шара. Наконец он считал невозможным разложение тел на совершенно простые элементы.

Итак, не подлежит сомнению, что хотя в течение всего этого длинного периода в позитивных, чисто научных исследованиях и не было движения вперед, человеческий разум претерпевал все же очень заметную эволюцию. Научные представления не замкнулись в сфере старых понятий. Наследство, которое латинский Запад получил от прошлого и которым он очень дорожил, во многих отношениях стесняло его, подобно слишком тяжелой палке, с помощью которой ребенок хочет подняться на крутую гору. Однако шаги ребенка делаются постепенно все более и более твердыми, он достигает юношеского возраста, и палка перестает тяготить его.

ХИМИЯ. Практические попытки изменения свойств тел представляют собою до известной степени противоположность теоретическим спекуляциям об их составе.

Античные ремесленники очень рано познакомились со способами изготовления имитаций золота, серебра и драгоценных камней. Эти способы незадолго до начала христианской эры были изложены в специальных сборниках под чужими именами (например Демокрита) и передавались из рук в руки в тайне, так как их практическое применение могло вызвать подлоги и подвергнуться репрессиям со стороны государственной власти. Характер этих рецептов ясно показывал, что с их помощью была невозможна фабрикация настоящих драгоценных металлов. Однако a priori изменение металлов не считалось невозможным, а таинственность, с которой передавались рецепты от одного к другому, заставляла подозревать о возможности действительного превращения одного металла в другой. Эту мысль о превращении металлов впервые развил в III столетии египтянин Зосим. Он был знаком с эллинской наукой и принадлежал к христианской секте гностиков. Его и нужно считать настоящим творцом алхимии. Перу Зосима принадлежало много сочинений, написанных неясным и полуварварским языком. Большая часть их до нас не дошла. То, что сохранилось до нашего времени, представляет собою смесь старых суеверий египтян с новыми идеями и верованиями. Сочинения эти нашли себе многочисленных подражателей.

«Священное искусство», — как называлась подделка металлов теми, кто ею занимался, — получило особенно сильное распространение у христианских народов. Большинство писателей, работавших

над этими проблемами, придерживаясь старого обычая, предпочитало издавать свои сочинения под легендарными или вымышленными именами. Это обыкновение, не нарушавшееся все время, пока существовала алхимия, очень затрудняет изучение ее истории.

Несколько иное направление алхимической теории, нежели у Зосима, обнаруживается в IV столетии у Олимпиодора. Последний изменил безусловно мистический характер воззрений Зосима и попытался согласовать алхимические взгляды с классическими представлениями натурфилософов о составе тел. В результате фантастические вымыслы Зосима получили себе нечто вроде опоры в массе доводов, казавшихся с виду довольно рациональными.

Традиции «священного искусства», сохранившись у византийцев, перешли к сирийцам, а от них — к арабам. У этих последних они в большинстве случаев получали более или менее рациональную форму. Впрочем, великий арабский алхимик X столетия Абу-Муса-Джабар-бен-Хайян-эк-Куффи (Гебер) был, повидимому, просто шарлатаном. Он написал одно за другим множество сочинений, заявляя в каждом из них, что на этот раз им будет изложено совершенно ясно все то, что прежде он излагал в прикрытой форме. Чтобы продемонстрировать свою ученость, он часто делал отступления от темы, которая впрочем обычно не отличалась серьезным содержанием, а когда дело доходило до разрешения поставленного вопроса, — ограничивался несколькими загадочными фразами или прибегал к какой-нибудь аллегории, из которой совершенно нельзя было сделать ни одного положительного вывода.

На латинском Западе, еще до того, как завязались его сношения с арабами, существовали сборники технических правил к изучению живописи (например «Compositiones ad tingendi» — рукопись VIII столетия — или «Mappae clavicula» — X столетия). В этих сборниках были изложены сведения, добытые ко времени последнего периода существования Римской империи. Частично переведенные на греческий язык, сборники эти имели некоторое сходство с теми собраниями рецептов, которые послужили исходным материалом для первых алхимиков. Надо сказать, что вообще внутренняя преемственная связь между техническими традициями ювелиров, живописцев, гончаров и писцов всегда была очень сильна. Особенно ясно эта непрерывность традиций заметна на примере Италии. (Аналогичную непрерывность можно констатировать и в эволюции терапевтических рецептов врачей или в последовательной смене правил военного искусства.)

Собственно алхимические теории начали распространяться на латинском Западе только в конце XII века. Источником их послужили переводы арабских писателей. Сочинения греческих алхимиков оставались неизвестными для Запада вплоть до XIV столетия. Любопытно отметить, что византийцы включили в XIV столетии в сборник произведений греческих алхимиков перевод одного латинского сочинения, приписываемого Альберту Великому.

В числе сочинений, несомненно принадлежащих Альберту Великому, имеется трактат «О минералах» («De mineralibus»), в котором

подробно анализируются мнения алхимиков. Основательность алхимических теорий Альберт Великий решительно отвергает, причем ссылается на результаты своих собственных исследований. Аналогичное сомнение высказывает Винцент Бовэский. Роджер Бэкон также относится ко всему, что касается алхимии, весьма скептически. Таким образом, хотя наиболее даровитые писатели XIII столетия и допускали теоретическую возможность превращения одних тел в другие, они все же сомневались в том, что такие превращения осуществлялись на деле.

Химические вещества, употреблявшиеся в конце XIII столетия, были почти таковы же, как те, которыми пользовались греческие алхимики. Были, конечно, улучшены некоторые технические приемы химических исследований, усовершенствованы кое-какие приборы, однако нельзя сказать, что арабы значительно обогатили химические знания и передали это богатство Западу. Всего точнее были выяснены различия между поваренной солью, щелочами, серно-кислыми солями и селитрой. Последнюю древние не умели изготовлять. У византийцев же она служила главным материалом для приготовления изобретенного ими «греческого огня». Общее употребление получили также нашатырь и хлористая ртуть. Что же касается кислот, то тут господствовал полный хаос. К кислотам причислялись сульфиты, уксус, растворы щелочей, квасцов, купороса и пр.

Винный спирт, до XV века отнюдь не называвшийся алкоголем [1], был известен под названием «огненной воды». Арнольд де-Вильнев предложил назвать его «жизненной водой» (aqua vitae). Он преследовал цель выдать спирт за тот элексир, употребление которого, по мнению древних египтян, делало человеческую жизнь очень продолжительной и изобретение которого Диодор Сицилийский приписывал Изиде. Поиски этого элексира соединялись у арабов с поисками философского камня, т. е. средства производить превращение одних металлов в другие.

В XIV и XV столетиях появилось несколько ученых исследований, хронологический порядок которых выяснить нелегко, так как все они были изданы под псевдонимами Гебера, Альберта Великого, Раймонда Луллия и др. Самым важным реальным результатом этих исследований было установление точных сведений о серной, соляной и азотной кислотах и их металлических солях. Первые сведения по этим вопросам, изложенные в произведениях Арнольда де-Вильнева (1238—1314), были неясны и неточны.

В теоретической области следует отметить развитие учения (игравшего затем господствующую роль вплоть до XVIII столетия), которое было приписано Геберу, несмотря на то, что оно находи-

[1] Это слово арабского происхождения. Оно употреблялось вплоть до конца XVIII столетия для обозначения всех веществ, полученных путем возгонки. Чаще всего алкоголем называли порошок сурьмяной кислоты, которым обычно чернили ресницы. Мнение о том, что дестиллирование было изобретено арабами, совершенно неосновательно. Арабы в этом вопросе неизменно придерживались традиций, завещанных греческими учеными.

лось в явном противоречии с содержанием сочинений, бесспорно принадлежавших этому ученому. Учение это несомненно возникло на латинском Западе и вело свое начало с XIII столетия, хотя некоторые неясные его зародыши встречаются и в более ранних сочинениях арабских ученых. Изложено оно было в книге «Summa», причем автор укрылся за именем Гебера. Автор этот обладал глубоким и ясным умом. Несмотря на то, что в изложении своих идей он придерживался схоластичного метода, построение его сочинения очень четко и ясно. Факты и идеи находятся в нем в тесной логической связи. Ясно выраженная основная идея этого сочинения базируется на положительных данных, значительно превосходящих то, что было известно арабам.

Основное положение, выдвинутое в книге, заключается в следующем. Если превращение каких-нибудь веществ в металлы возможно, то осуществить его удастся не иначе, как подражая деятельности самой природы. Вернее, мы как служители природы (это выражение впоследствии усвоил Френсис Бэкон) должны заставить действовать саму природу, подготовив для этого все необходимые материальные условия. Таким образом, здесь решительно устранялись и апелляция к сверхъестественным причинам и всевозможные мистические мечтания, составлявшие до этого времени органическую принадлежность алхимии.

В результате вопрос свелся к тому, чтобы выяснить, как действовала природа, создавая металлы. Ученые прошлого (в частности Авиценна в XI столетии, так как излагаемая теория ведет свое начало с этого времени) считали, что для создания шести металлов (золота, серебра, меди, железа, свинца и олова) необходимы две составных части — сера и ртуть. В зависимости от своих относительных количеств, степени чистоты и цвета сера и ртуть способны порождать металлы, обладающие различными свойствами. Ученый, писавший под именем Гебера, полагал, что здесь серу и ртуть нужно предполагать не в их естественном виде, а в виде соответствующих земель. Из этих земель под воздействием нагревания должны выходить испарения, из которых и образуются металлы[1]. Он полагал также, что к двум составным частям, указанным Авиценной, следует прибавить третью, подобную сере, именно мышьяк. Наконец, по его мнению, все эти три вещества следует считать смесью четырех элементов Аристотеля, и притом такой, в которой они перемешаны непрерывно, так что один элемент нельзя отделить от другого.

Таким образом, было ясно формулировано положение о существовании некоторых определенных тел, имеющих характер элементов, тел, которые можно извлекать из различных веществ с помощью умело подготовленных средств. Эта истина считается в новейшей химии совершенно бесспорной. Однако ранее она не была известна. Однородность четырех элементов никогда не была установлена

[1] Эти идеи бесспорно берут начало из произведенных в рудниках наблюдений над залеганием металлов.

научно, гипотезы же, которые высказывались по этому вопросу, не приводили ни к каким практическим результатам.

Новое понимание того, что представляет собою элемент, конечно, нуждалось в методе, который сделал бы возможным практическое разрешение принципиальной задачи. Но и без такого метода новая теория была для того времени значительным шагом вперед. Несмотря на то, что формулировку этих представлений об элементах приписывали пользовавшемуся огромной известностью Геберу, можно совершенно определенно утверждать, что дана она была какой-то школой средневековых алхимиков, о которой мы имеем очень мало сведений.

Эта школа образовалась по всей вероятности в XII столетии в Италии (неподалеку от Кремоны), в одном из тех монастырей, монахи которых занимались переводом арабских писателей. Она окружала свою деятельность тайной, так как опасалась, что своими практическими опытами она навлечет на себя обвинение в колдовстве. Однако теории ее распространились свободно, потому что совершенно не расшатывали господствовавших в то время догматов.

Положительных успехов химия достигла, конечно, главным образом в тех странах, где были развиты рудничные предприятия. Здесь первое место принадлежит Германии, алхимики которой в течение XVI столетия выступали чаще всего. Второе место занимает Каталония, в которой было много учеников Раймонда Луллия. Кроме металлургии, побудительным мотивом химических исследований, но уже на другой почве, служило изготовление лекарства. Впрочем исследователи, занимавшиеся специально медицинской химией (впоследствии присвоившие себе название «спагириков»), в то время только начинали приобретать известность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Мы не станем говорить о положении, в котором находилось в течение XIV и XV столетий науки о живой природе и медицина. Что касается последней, то ее постоянно изучали в школах, которые уже получили известность своим преподаванием. Новые центры ее преподавания образовались в университетах, взявших на себя распространение таких знаний, польза которых была бесспорна. В преподавании важную роль играли сочинения арабских ученых и арабские переводы греческих писателей. Изменения, внесенные в эти источники с целью согласовать их с направлением средневекового мышления, не представляют ничего достопримечательного, что заслуживало бы подробного исследования. При изучении растений и животных в этот период также довольствовались старыми традициями, к которым примешивались вымыслы и предрассудки, получившие себе права гражданства в «Бестиариях»[1] и других аналогичных произведениях.

---

[1] Так назывались написанные на народном языке средневековые поэмы, в которых под видом описания четвероногих верующим напоминались некоторые моральные и религиозные истины. Прообразом этих поэм послужили морализирующие рассказы о животных младшего современника Галена Элиана. *(Прим. ред.)*

Только после открытия Нового света и морского пути в Индию были добыты новые сведения и пробудилась необходимая для научных исследований любознательность.

Все приведенное выше может быть резюмировано в заключении, что главный недостаток средневековой науки, будь то математика, будь то естествознание, заключался в том, что она была только «книжной», т. е. пользовалась сведениями, полученными только из книг. Никаких методов для отличения истины от вымысла не существовало, как не было и методов для производства новых открытий и критики традиционных заблуждений. В новых идеях недостатка не чувствовалось, но только очень немногие из них были способны побудить к плодотворным исследованиям. Все сознавали несовершенство научных познаний и необходимость подыскать для них твердую основу; все сознавали и важность той роли, которую играл бы опыт, если бы ученые умели пользоваться им. Но именно таким уменьем как раз никто не обладал.

II

РАЗВИТИЕ НАУК В ЕВРОПЕ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XVI СТОЛЕТИЯ

Первая половина XVI столетия ознаменовалась решительными успехами научной деятельности. Умы нового времени, еще не успевшие вполне освоиться с математическими познаниями, содержащимися в тех сочинениях греческих авторов, которые сохранились благодаря византийцам, заявили о себе открытиями, уже выходившими за пределы той интеллектуальной сферы, в которой вращалась мысль античных ученых. Новые пути научных исследований были открыты и в естествознании. Особенная активность в области естествознания и, главным образом, медицины обнаружилась во Франции. Что же касается математических наук, то здесь первое место бесспорно принадлежит Италии, а второе — Германии.

АРИФМЕТИКА И АЛГЕБРА. В 1494 г. францисканец Лука Пачиоли (fra Luca di Borgo Sancti Sepulchri, 1445?—1514?) опубликовал в Венеции написанную на итальянском языке «Систему арифметики, геометрии и учения о пропорциях и пропорциональности» («Summa de Arithmetica Geometria Proportioni et Proportionalita»), которая оказала значительное влияние, так как правильно передавала всю совокупность знаний, приобретенных к концу XV столетия. В Германии протестантский пастор Михаил Штифель (1486?—1567) издал в 1544 г. свою «Систему арифметики» («Arithmetica integra»), заключавшую в себе оригинальные исследования (в особенности о магических квадратах). Благодаря этой книге впервые были введены в общее употребление знаки плюса (+) и минуса (—). Во Франции в 1520 г. была издана «Новая арифметика» («Arithmetique nouvellement composée») Этьена де-ла-Рош, прозванного лионским Вилефранше. Это была плохо составленная компиляция из произведения Пачиоли «Система» и рукописей Николая Шюке. Кроме того профессор Collège de France Оронс Фин (1494—1555) издал в 1532 г. «Основы математики» («Protomathesis»). Оронс Фин пользовался громкою известностью как преподаватель, однако в произведениях его интересны только ошибки[1]. В Англии

[1] Более подробно о нем пойдет речь дальше, когда мы будем говорить о геометрии.

в 1522 г. были изданы четыре книги «Об искусстве счисления» («De arte supputandi»). Автором их был Кутберт Тонстелль (1474—1559). Книги эти имели большой успех не только в Англии, но и на континенте, однако содержание их не выходило за пределы того круга идей, который был очерчен Пачиоли.

Горизонт внезапно расширился, когда в 1545 г. вышло напечатанное в Нюрнберге сочинение Джеронимо Кардано «Великое искусство или о правилах алгебры» («Artis magnae sive de regulis algebraicis liber unus»), в котором был изложен алгебраический способ решения уравнений третьей и четвертой степеней. История этого капитального открытия полна любопытных подробностей.

Ломбардец Кардано (1501—1576) был одной из оригинальнейших личностей между учеными своей эпохи[1]. После его смерти остался большой рукописный материал, заполнивший десять огромных фолиантов, изданных в 1663 г. в Лионе. Кардано брался за всякие вопросы, и притом с одинаковым талантом. Несмотря на совершенно некритическое усвоение самых нелепых предрассудков своего времени, он накопил массу знаний и произвел множество глубоких исследований. Жизнь его характеризуется противоречием между почетом, приобретаемым им благодаря научным заслугам всюду, где он жил, и презрением, вызываемым им из-за своего безалаберного образа жизни. Когда ему было 22 года, он получил профессуру по математике в Павии. Через три года им было приобретено звание доктора медицины в Падуе. С 1535 г. он занимался медициной сначала в Милане, а затем в Дании и Шотландии, куда был приглашен. Из Шотландии он переехал во Францию, а оттуда в Италию, где получил профессорскую кафедру в Болонье. В 1570 г. за долги он попал в тюрьму и умер в Риме в 1576 г.

Около 1539 г. Кардано задумал написать большое сочинение по математике и начал уже набрасывать отдельные его части. Узнав, что один из венецианских профессоров, Николо Тарталья[2] (1500—1557), во время научного состязания в 1535 г. разрешал уравнения третьей степени и утверждал, что нашел для этого общее правило, Кардано обратился к нему с просьбой сообщить это правило. Получив отказ, Кардано попытался прибегнуть для достижения своей цели к различным дипломатическим средствам. Тарталья хотел сохранить за собой славу первой публикации нового открытия и выжидал для этого удобного момента. Однако когда Кардано дал ему клятву, что будет хранить сообщенное втайне, Тарталья открыл секрет. Сначала Кардано не нарушал своего обещания. В 1542 г. во время поездки в Болонью он узнал, что такое же открытие было

[1] Впоследствии Кардано были приписаны два открытия (алгебраическая формула для решения уравнений третьей степени и способ исключения из уравнения неизвестных), которые, как он сам утверждает, в действительности принадлежат не ему. Однако его собственные сочинения так богаты содержанием, что ему не было никакой нужды приписывать себе чужие работы.

[2] Родился в Брешии. В 1512 г., во время разграбления этого города французами, получил тяжелую рану, изуродовавшую его и превратившую его в заику. Это и обусловило данное ему прозвище — Тарталья. Настоящая фамилия его неизвестна.

M. VITRVVII POLLIONIS DE ARCHITECTVRA LIBRI DECEM

AD CAESAREM AVGVSTVM.

*

omnibus omnium editionibus longè emendatiores, collatis veteribus exemplis.

ACCESSERVNT,

Gulielmi Philandri Castilionii, ciuis Romani annotationes castigatiores, & plus tertia parte locupletiores.

ADIECTA EST

Epitome in omnes Georgij Agricolæ de mensuris & ponderibus libros, EODEM AVTORE,

Cum Græco pariter & Latino indice locupletissimo.

LVGDVNI,
APVD IOAN. TORNAESIVM.

M. D. LII.

Cum Priuilegio ad Sexennium.

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ЛАТИНСКОГО ИЗДАНИЯ XVI ВЕКА
КНИГИ ВИТРУВИЯ «ОБ АРХИТЕКТУРЕ».

сделано раньше — около 1505 г. — профессором болоньского университета Сципионе дель Ферро, умершим в 1526 г. Познакомившись с бумагами этого профессора, хранившимися у его зятя и преемника Аннибале делла-Наве (умершего в 1550 г.), он узнал, что Ферро сообщил о своем открытии венецианцу Антонио Марна Фиор, занимавшемуся проблемами, решенными в 1535 г. Тартальей. Поэтому он счел себя свободным от своей клятвы и решил издать свое «Великое искусство». Отдавая должное заслугам других ученых, он изложил в книге все, что узнал. К числу самостоятельных достижений Кардано, изложенных в «Великом искусстве», следует отнести замеченный им факт существования трех корней кубического уравнения. Кроме решения кубических уравнений, в книге Кардано указывался способ решать уравнения четвертой степени. Способ этот был открыт 23-летним учеником Кардано Луиджи Феррари[1].

Тарталья заслуживает высокого уважения. Не имея никаких средств и получив очень плохое образование, он сумел, однако, достигнуть профессорского звания и сделать ряд открытий. По своей умственной одаренности он стоит гораздо ниже Кардано и способ решения кубических уравнений нашел, повидимому, лишь благодаря счастливой случайности. Свое открытие он не смог усовершенствовать и развить и даже нигде не дал сам его полного объяснения. После издания своей «Новой науки» («Nuova scienzia», 1537), в которой он попытался построить теорию полета снарядов, исходя из неосновательной гипотезы, что траектория их слагается из начальной прямой подъема и конечной прямой падения, соединяющихся между собою дугою окружности, — он занялся переводами. В 1543 г. он перевел на латинский язык произведения Архимеда (в сущности это была копия оставшегося в неизвестности перевода, сделанного в XIII столетии Вильгельмом фон-Мербеке) и на итальянский — сочинения Эвклида. В 1546 г. им были напечатаны восемь книг «Различных исследований и изобретений» («Quesiti et invenzioni diverse»), в которых трактовались различные прикладные науки (механика, балистика, землемерие, фортификация и т. д.). Несколько позже появилась девятая книга этого сочинения, которая была посвящена изложению истории проблемы кубических уравнений, причем Тарталья резко обвинял Кардано в нарушении клятвы[2].

Кардано оставил эти обвинения без возражений, но за него вступился его ученик, Луиджи Феррари, обменявшийся с Тартальей двенадцатью вызовами на поединок. Было решено окончить всю эту

---

[1] Родился в Болонье в 1522 г. Прожил такую же беспорядочную жизнь, как и его учитель, и умер в 1565 г.

[2] Кроме перечисленных произведений, Тарталья издал еще «Ragionamenti sopra la travagliata invenzione» (1551), в котором предлагал новый способ снимать суда с мелей. Способ этот раньше указан был в сочинении Кардано «De subtilitate». Таким образом, это был контрплагиат. И наконец перу Тартальи принадлежит шеститомный «General trattato di numeri et misure» — обширная компиляция арифметических и геометрических знаний. Трактат этот имел большой успех, хотя и не содержал ничего, кроме элементарных сведений. Два первых тома «Трактата» были напечатаны в 1555 г., а четыре последних — только в 1560, уже после смерти их автора.

расшю ученым состязанием, которое было назначено в Милане на 10 августа 1548 г. Однако состязание это не состоялось, так как Тарталья отказался принять в нем участие, ссылаясь на пристрастность судей. Он впрочем сознавал свою неспособность бороться со своими противниками на такой почве.

Конечно, Кардано, нарушивший клятву, достоин порицания, однако нельзя не учитывать смягчающих его вину обстоятельств. Тем более нельзя умалять тех важных услуг, которые он оказал науке. Решение кубических уравнений непосредственно вело к чрезвычайно важному для алгебры нового времени понятию мнимой величины. Хотя самый термин «мнимая величина» был предложен Декартом, но понятие, им обозначаемое, берет начало от Кардано. Последний, дав в «Великом искусстве» лишь предварительные указания, развил их подробно в своих более поздних математических сочинениях, вышедших в свет в 1570 г. Дальнейшего уяснения этого понятия попытался в 1572 г. достичь Бомбелли, занявшись специальным исследованием «неразрешимых случаев» [1].

Что же касается Тартальи, то он, повидимому, оказался не в состоянии усвоить эти новые идеи.

ГЕОМЕТРИЯ. Все остальные отрасли математики, за исключением алгебры, в описываемый нами период находились в застое. Античные ученые оставили несколько проблем, неразрешимых при помощи одних только линейки и циркуля (удвоение куба, разделение дуги круга на несколько равных частей и т. д.). По мере распространения знакомства с геометрическими произведениями греков эти проблемы получали все большую и большую известность, и многие люди начали придумывать самые различные и, разумеется, всегда ошибочные способы их решения. Упомянутый нами выше Оронс Фин, воображал, например, что он достиг их решения в своем сочинении «О математических вопросах» («De rebus mathematicis hactenus desideratis», 1556). Такая неудачная попытка одного из известнейших ученых свидетельствовала только о том, как отстала в своем развитии геометрия.

АСТРОНОМИЯ. Наоборот, в астрономических знаниях происходило полное обновление. В 1543 г. в Нюрнберге вышло в свет знаменитое сочинение Николая Коперника «Об обращении небесных кругов» («De revolutionibus orbium coelestium»).

Коперник родился 19 февраля 1473 г. в Торне. Воспитывался он сначала в Кракове, а потом в Италии, где прожил около девяти

---

[1] «Неразрешимые случаи», бывшие предметом исследований Бомбелли, заключаются в следующем. При пользовании формулой Кардано, состоящей из суммы двух кубических корней, в каждом из которых в подкоренное выражение входит корень квадратный, часто получается, что выражение, фигурирующее под квадратным корнем, оказывается отрицательным. Однако это не мешает вещественности корней кубического уравнения. Бомбелли правильно указал, что разгадка здесь заключается в том, что когда один из кубических корней формулы Кардано дает число вида $a - \sqrt{-b}$, то другой имеет вид $a + \sqrt{-b}$ и при сложении мнимости пропадают. *(Прим. ред.)*

лет, изучая, кроме математики, юриспруденцию и медицину. Возвратившись в свое отечество, он получил должность каноника в Фрауенбурге, где и прожил до самой смерти, постигшей его 24 мая 1543 г.

Занятый самыми разнообразными делами, он не прекращал давно задуманной им переработки системы Птолемея. Свое сочинение, начатое еще в 1506 г., он закончил только около 1530 г. Через три года после этого было объявлено о предстоящем выходе книги. Однако печатание задержалось и было начато только в 1541 г. Первый экземпляр отпечатанной книги, как гласит предание, был принесен автору, когда он лежал на смертном одре.

Основная идея Коперника — объяснить небесные явления тем, что Земля вращается вокруг своей оси и вместе с пятью планетами обращается вокруг Солнца, стоящего неподвижно, — вовсе не принадлежит ему самому. Она была довольно подробно развита уже Аристархом Самосским, т. е. восемнадцатью столетиями раньше Коперника. Это было известно и реформатору нового времени. Однако взгляды Аристарха не были признаны и поэтому излагались в виде гипотезы, которая в некоторых отношениях была довольно удобной, но которую нельзя было доказать[1]. Такою же гипотезой гелиоцентрическая система оставалась и в дальнейшем, пока не были установлены принципы небесной механики. Это же последнее было сделано только Ньютоном. Если бы Коперник ограничился только подысканием аргументов в пользу правдоподобия своей системы, то старания его несомненно остались бы такими же бесплодными, как бесплодны были попытки его греческого предшественника. Однако сочинение его имело гораздо более важное значение.

Древние астрономы руководились мыслью, что движения небесных тел должны объясняться комбинациями равномерных круговых движений. Как бы ни было ошибочно это априорное мнение, но с практической, вычислительной точки зрения оно все-таки ставило вопрос на ту же почву, на которой тот стоит и в астрономии нового времени. Главнейший недостаток астрономии Птолемея заключался в том, что гипотезы этого астронома относительно движения Луны и планет были не только запутаны и произвольны, но оказывались несовместимыми друг с другом и не совпадали с данными наблюдения (в особенности с данными, касающимися изменения видимого диаметра Луны[2]). Поэтому возникла необходимость исправить все гипотезы Птолемея с помощью добытых в то время данных наблюдения и установить новые правила для вычисления астрономических таблиц. В этом-то по существу и заключалась самая важная часть работы Коперника. Он сумел выполнить ее с таким успехом, что правила его были тотчас же приняты астрономами[3]. Хотя его

[1] Гипотеза Коперника была во всяком случае не более удобна, чем гипотеза Тихо-Браге, заключавшаяся в утверждении, что пять планет обращаются вокруг Солнца, а Солнце вместе с ними обращается вокруг Земли. Можно предполагать, что в древности подобную систему считал по меньшей мере возможной Аполлоний из Перги. До нее должен был логически дойти также и Птолемей.

[2] Первыми таблицами, вычисленными по принципам Коперника, были «Tabulae Prutenicae» (1551), посвященные Эразмом Рейнгольдом (1511—1553) маркграфу Альбрехту Бранденбургскому.

система находилась с этими правилами только в косвенной связи, но она также привлекла внимание. Сначала взгляды Коперника завоевали себе лишь немногих решительных последователей. Тем не менее изучение его системы сделалось обязательным, и поэтому она могла с достоверностью рассчитывать на успех, несмотря на все нападки и возражения.

Необходимо заметить, что с системой Коперника почти неразрывно связано представление о бесконечности мирового пространства, в то время как, согласно геоцентрической гипотезе Птолемея, неподвижные звезды находятся на одном небесном круге, радиус которого не может считаться бесконечным. Сам Коперник придерживался в вопросе о бесконечности вселенной взглядов Птолемея. Джордано Бруно (1550—1600) был первым ученым нового времени, положительно утверждавшим, что мир бесконечен.

ФИЗИКА И ХИМИЯ. Результаты научных исследований Коперника имели капитальное значение уже в том отношении, что, распространяя новые воззрения, они отвергали традиционные авторитеты. Такое же стремление к свободе научного исследования и такая же реакция против «книжной» науки ясно обнаружились и в других областях изучения природы, хотя они и не дали сразу столь же решительных результатов.

Умственное движение эпохи обладало совершенно своеобразным характером, резко отличаясь от того движения идей, в результате которого в следующем столетии аристотелево учение было окончательно отвергнуто. Этим позднейшим движением руководили по преимуществу мыслители и ученые, которые не имели ничего общего с университетами, все более и более закоченевавшими в своей идейной неподвижности. Только Галилей был в этом отношении исключением — в отличие от Бэкона и Декарта он был профессором, но он дорого поплатился за то, что осмелился нарушить установленные традиции преподавания. Прогрессивные мыслители XVI столетия также не принадлежали к цеху университетских профессоров, а были по преимуществу членами корпорации медиков. Всем новаторским движением в науке в описываемую нами эпоху (т. е. в отрезок времени от Кардано до Рабле) руководила именно эта корпорация, отодвинувшаяся в XVII столетии на задний план. Впрочем, как это видно и на примере Коперника, без знания медицины тогдашнее образование вообще не считалось полным.

Физики описываемой эпохи вербовались почти исключительно из медиков. Они охотно усваивали идеи новоплатоников, которые усиленно распространялись Платоном Виссарионом Марсилием Фичино и доводились до кабалистики Пико делла-Мирандола и Рейхлином. Они считали, что вселенная одушевлена, что каждое существо живет своею собственной жизнью и что, стало быть, каждое из них, кроме своих простейших явных свойств, обладает и свойствами тайными. Таковы были общепринятые исходные принципы, представлявшие странную противоположность чисто механическим системам XVII столетия.

Наиболее яркими фигурами эпохи были Агриппа и Парацельс. Особенный интерес представляет последний.

Генрих Корнелий Агриппа[1] из Неттесгейма (родился в 1486 г. в Кельне и после весьма бурной жизни, часть которой он провел во Франции, умер в 1535 г. в Гренобле) верил в существование некоего всеобщего деятельного духа, который отождествлялся им с тою пятой стихией (essentia quinta), в зависимости от коей находится все. Этот дух — материальная и протяженная субстанция. Агриппа утверждал, что он сумел извлечь этот дух из золота, и добавлял, что если ему не удалось получить с помощью этого духа, могущего превращать металлы, значительного количества золота, то только потому, что всякая протяженная сущность не может действовать вне той сферы, которая соответствует ее объему. Он верил в натуральную магию, пользующуюся теми тайными силами природы, с которыми нас знакомит опыт. Если можно, — полагал он, — притягивать соломинки кусочком янтаря, то можно вызвать и грозу, сжигая печень хамелеона. Числам он приписывал кабалистические свойства, а магическим квадратам — роль талисманов. Напротив, основательность астрологии вызывала в нем сильные сомнения, и в этом вопросе он во всяком случае не разделял предрассудков своих современников.

ПАРАЦЕЛЬС
1473—1547

Парацельс (Филипп Теофраст Бомбаст Гогенгеймский) родился в 1473 г. в Эйнзиделыне, в Швейцарии, провел еще более бродячую жизнь, чем Кардано и Агриппа, и умер в 1547 г. в Зальцбурге. Репутацию свою он запятнал различными сумасбродствами, притязаниями на роль кудесника и т. п. Однако научные заслуги его весьма велики. Он обновил состав лекарств, показал медицинское значение ряда химических веществ, и в частности сурьмы, и достиг больших успехов в лечении некоторых болезней. Хотя спагирическая химия[2] и приписывала свое основание монаху Василию Валентину, на самом деле ее настоящим отцом был именно Парацельс. Теперь можно считать уже доказанным, что алхимические сочинения, приписываемые этому воображаемому писателю XV столетия, в действительности были написаны в начале XVII века каким-то фальсификатором, делавшим большие извлечения из сочинений Парацельса.

Парацельс был решительным противником всех традиционных авторитетов и мнений. Прежде всего он отверг догмат о неразложимости четырех аристотелевских элементов. Он заменил эти эле-

---

[1] Главные сочинения: «De incertitudine et vanitate scientiarum» (1530) и «De occulta philosophia» (1531).

[2] Т. е. медицинская химия, или, как ее называли, натрохимия. *(Прим. ред.)*

менты тремя началами, представления о которых были взяты им от алхимиков: ртуть — дух, соль [1] — тело и сера — душа, посредничающая между духом и телом. Начала эти не имеют с одноименными веществами ничего общего, кроме названий. Все они присутствуют в телах, причем различие физических и химических свойств тел объясняется различной пропорцией образующих тела начал. Таким образом, всякий предмет состоит из тех же составных частей, что и человек; микрокосм (человек) подобен макрокосму (вселенной). Элементы — земля, вода, воздух и небо (огонь Парацельс не считает элементом) — одушевлены единым жизненным духом — «археем». Этот архей, будучи активным, действует однако только по приказанию божьему. Что же касается духов, то они не обладают ни сознанием, ни личностью: это просто — силы природы. Причина движения заключена в материальной форме и, таким образом, соединена с телом, которое и приводится ею в движение.

Существование мировой души как причины всякого зарождения и уничтожения допускал также и Кардано. Душа эта, будучи божественной по своей природе, обнаруживается, согласно Кардано, в форме теплоты, сущность которой — движение. Кардано тоже не считал огонь за элемент, но, в отличие от Парацельса, придерживался аристотелева учения об остальных трех элементах и отвергал начала алхимиков. По его мнению, разложение тел всегда дает в результате воду, масло и землю, и нет никаких оснований вслед за алхимиками называть эти элементы ртутью, серой и солью. Масло следует считать соответствующим воздуху, образующемуся при посредстве небесной теплоты из двух первоначальных земных элементов: сухого и влажного, земли и воды. Во всех телах соединившиеся элементы существуют «актуально» (т. е. в действительности), но принимают форму только того из них, который господствует; остальные обнаруживаются только некоторыми своими свойствами. Кроме изложения этих идей, в произведениях Кардано можно найти попытки систематической классификации различных тел и явлений природы. Хотя отдельные моменты этой классификации не всегда удачны, вся она далеко не лишена научного значения.

Сочинения Парацельса были написаны по-немецки, в то время как сочинения Кардано — по-латински. Поэтому последние пользовались в среде цеховых ученых гораздо большим влиянием. Значительное влияние они оказали, например, на физику Бэкона. Придерживаясь схоластической теории субстанциальных форм, Кардано должен был этим только усиливать успех своих сочинений. Бэкон же старался не столько опровергнуть схоластическую теорию, сколько преобразовать ее.

Гениальные идеи Парацельса, освобождаясь постепенно от груза мистицизма, распространялись в более широкой среде всех занимавшихся химией людей, даже не принадлежавших к официальному ученому миру. Они господствовали вплоть до XVIII столетия.

---

[1] Понятие о соли сложилось, повидимому, за последние годы XV столетия. Первые сочинения, в которых оно встречается, приписываются Исааку Голландцу.

Еще Шталь в своих первых сочинениях поддавался их воздействию. В течение почти двух столетий ученые придерживались того воззрения Парацельса, что химические начала не следует смешивать с физическими элементами. Разложение тел на составные части дает сухие земляные остатки, которые называются солью, воспламеняющееся летучее вещество, которое называется серой, или маслом, и невоспламеняющееся летучее жидкое вещество, которое называется ртутью, или газом [1]. Цель науки заключается в определении тех солей, сер, или масел, ртутей или газов, которое можно извлекать из различных тел, ибо это действительно единственные первичные составные части тел. Однако человек не располагает средствами, позволяющими ему выделить эти первичные части во вполне чистой и первоначальной форме.

В подобной теории, которая кажется в настоящее время странной и причудливой, по существу находило себе выражение серьезное стремление методически классифицировать первичные элементы, причем вопрос о составе самих элементов откладывался на некоторое время в сторону; каждый мог руководствоваться здесь либо монизмом, либо дуализмом, либо плюрализмом. Главная ошибка этой точки зрения заключалась в том, что первичный состав тел в то время считали возможным определить, основываясь главным образом на свойствах тел, а не на результатах опытных анализов. Химики полагали, что свойства элементов должны более или менее ясно обнаруживаться в телах, образованных этими элементами. Отсюда, например, и брало начало априорное предположение, что металлы заключают в себе, во-первых, элемент соли, придающий им твердость, а во-вторых, элементы серы и газа, так как они более или менее сгораемы и летучи. Химики старались изолировать эти элементы, извлекая их из тел, практически неразложимых на составные части. На этом пути они вовлекались в такие же химеры, какими были вызваны все попытки поисков философского камня. В результате, хотя о превращаемости металлов друг в друга составились совершенно иные понятия, чем в средние века, оно все еще считалось практически осуществимым.

Прикладная химия достигла в это время весьма значительных успехов. Именно с XVI столетия берут свое начало первые прибавления новых металлов к тем семи, которые были известны древним ученым. Мы упоминали уже о сурьмяных препаратах Парацельса [2]. Ему была известна та металлическая форма сурьмы, которую

---

[1] Термин *газ* (в латинском, немецком, французском и многих других языках созвучный со слову «дух») был предложен ван-Гельмонтом, придерживавшимся воззрений Парацельса.

[2] Древним под названием στίμμι — по-гречески и stibium — по-латыни — был известен сурьмяный блеск, который алхимики называли «антимонием» и который они не умели разлагать на составные части. Мышьяк древности тоже не был чистым мышьяком, а представлял собою его сернистое соединение. Алхимики, разложив это соединение, приняли мышьяк за особый вид ртути. В XIII веке мышьяком стали называть белый мышьяк, или мышьяковистую кислоту, так как чистые металлические формы считались производными по отношению к формам окислов.

алхимики называли «корольком»[1]. То же можно сказать и о мышьяке. Парацельс не первый упоминает о цинке. Висмут был впервые описан Агриколой[2].

Подводя итоги, можно сказать, что в области теории в то время одно заблуждение заменялось другим. Субстанциальные формы, которые господствовали в физике еще почти целое столетие, химией были окончательно отброшены. Для последователей новых идей задача заключалась уже не в том, чтобы, подобно арабским алхимикам, пытаться отнять у первичной материи одно свойство и вместо этого сообщить ей другое. Задача заключалась в извлечении из природы ее субстанциальных составных частей. Хотя эти субстанциальные части были чистейшими продуктами фантазии, научные исследования все же получили совершенно определенную цель. Решающее значение имело здесь то, что эти части считались именно субстанциями. Вопрос во всяком случае был поставлен совершенно ясно, и в силу этого опыт мог дать какие-то вполне определенные результаты.

ФИЛОСОФИЯ ПРИРОДЫ. Ученые, о которых мы говорили до сих пор, действительно должны быть названы учеными. В своих сочинениях они разрабатывали не общие вопросы мировоззрения, а специальные проблемы науки, давая им различные более или менее удачные объяснения. Но наряду с ними значительную роль играли другие мыслители, пытавшиеся выработать новое общее воззрение на природу, которое можно было бы противопоставить воззрениям господствовавшей школы. К этим людям отнюдь нельзя относиться с пренебрежением, хотя бы уже потому, что они оказали значительное влияние на Бэкона.

Сильная реакция против схоластической философии оказала свое влияние как на оценку прошлого, так и на выработку перспектив будущего. Вновь выступавшие мыслители, формулируя свои идеи для потомков, как мы уже сказали, питались антисхоластическими настроениями. Но антисхоластические настроения заставляли заглядывать и в прошлое. Пробудился большой интерес к старым доктринам греческих философов, и нашлось не мало людей, занявшихся их пропагандой. Мы уже указывали на влиятельную роль неоплатонизма. Многие заходили однако еще дальше и обращались к произведениям Эмпедокла и Парменида. Часто впрочем имена эти служили простым прикрытием в действительности новых идей, часть коих заслуживает упоминания.

Так, например, веронский медик Джироламо Фракасторо (1483—1553)[3] попытался набросать в своем сочинении «О симпатии

---

[1] Термином «королек» алхимики обозначали чистые формы металлов, в отличие от металлических соединений. *(Прим. ред.)*

[2] Настоящим создателем минералогии был Георгий Ландман (1494—1555), сначала занимавшийся медициной. Поселившись в Хемнице на постоянное жительство, он много занимался изучением содержания тамошних копей.

[3] Фракасторо был изящным латинистом, приобретшим большую известность как крупный дидактический поэт эпохи Возрождения. Терапия обязана ему рецептом приготовления особой лекарственной кашки, называющейся diascoridium.

и антипатии» («De simpathia et antipathia») учение о всемирном тяготении и доказать, что оно может быть достаточным для объяснения движения светил. Он допускал и существование отталкивательных сил. Согласно воззрениям Фракасторо, все тела влияют друг на друга. При этом Фракасторо не допускал возможности действия на расстоянии и не признавал существования пустого пространства. По его мнению причина притяжения и отталкивания заключается в том, что каждое тело испускает из себя и поглощает в себя мельчайшие частицы других тел. Это учение выдавалось Фракасторо за учение Эмпедокла, тогда как на самом деле оно отличается от учения Демокрита только отрицанием существования пустого пространства.

Бернардино Телезио (1509—1588), живший в Калабрии, напечатал свое главное философское сочинение «О природе вещей» («De rerum natura») в Риме в 1565 г. Все явления во вселенной Телезио пытался объяснить действием двух сил — тепла и холода, из которых центром первой служит Солнце, а второй — Земля. Материя, согласно его взглядам, пассивна и заполняет все пространство, уплотняясь от холода и расширяясь от теплоты. Явления расширения и уплотнения он не относил однако к разряду механических и считал, что они необъяснимы без допущения восприимчивости материи. Поэтому все в мире восприимчиво и полно жизни.

Подобные философские построения культивировались в течение всей второй половины XVI столетия. Особенно большое влияние они приобрели в Италии. Однако в конце концов церковные власти принялись за решительную борьбу с ними. Новаторы философии были лишены свободы, которой пользовались раньше, их признали опасными людьми, и на них посыпались репрессии. Жестокие мероприятия церкви, вроде, например, сожжения Джордано Бруно, поставили философов перед необходимостью подчиняться требованиям католической ортодоксии. Расшатанному авторитету Аристотеля как будто не грозило теперь никаких опасностей, и он снова начал господствовать в школах.

Следует отметить, что репрессивные мероприятия католической церкви не вызвали никаких протестов в тех странах, которые избавились от религиозного гнета римского престола. Наоборот, протестантизм оказался не менее горячим приверженцем схоластики, чем католицизм.

Не нужно однако думать, что это первое научное движение эпохи Возрождения, которому можно присвоить название *витализма*, хотя между его доктринами и не было внутренней связи, заглохло только под воздействием внешних репрессий. К несчастью, оно сопровождалось развитием всех старинных суеверий: астрологии, магии и кабалистики. Этими суевериями в той или иной мере увлекались все, и взгляды даже выдающихся людей описываемой эпохи нередко казались еще более грубыми и наивными, чем это было в средние века. Мышление людей, сбрасывавшее с себя традиционное иго, не успело еще отыскать себе новых принципов, а странные заблуждения, в которые оно вовлекалось, только затрудняли работу последующих реформаторов науки.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ. Гораздо больше положительных результатов дала естественная история. Начав создавать для себя свой специальный метод, наука эта приступила к распутыванию того хаоса сведений, который достался ей от древности и был пополнен материалом народных наблюдений и рассказами путешественников. Во всех странах работой этой занимались медики. Самым выдающимся из них бесспорно был цюрихский профессор Конрад Гесснер (1516—1565).

Этот ученый был замечательным библиографом и эллинистом. Он издал произведения многих греческих писателей и в том числе Элиана. Обширная «История животных» Гесснера, написанная по-латыни, начала выходить в 1551 г. За это свое сочинение Гесснер получил прозвище «немецкого Плиния», что показывает только, как плохи были произведения прежних писателей[1]. Кроме зоологии Гесснер много занимался ботаникой и первый придумал систему методической классификации растений, основанную на различии органов оплодотворения. Самые интересные сочинения его по этому вопросу были опубликованы значительно позже его смерти, причиной которой была какая-то эпидемическая болезнь.

Создателем ихтиологии можно считать Гильома Ронделе (1507—1566), работавшего в Монпелье исключительно над изучением рыб. Его «Всеобщая история рыб» («Universa piscium historia») была издана в Лионе в 1554 г.

Поддерживавший Ронделе в его занятиях кардинал Турнон оказывал помощь и другому исследователю — Мансо Пьеру Белону (1518—1564). Последнего он снабдил средствами для поездок не только в крупнейшие европейские государства, но также в Грецию, Египет и в Азию. Кроме интересного в научном отношении отчета о своих путешествиях (1553), Белон издал на латинском языке несколько работ о птицах, рыбах и лиственных деревьях (1551—1555). Гравюры, приложенные к этим сочинениям, отличаются замечательной точностью. Идеи Белона тоже были свежи и новы, в особенности во всем, что относится к сравнительной анатомии.

Большие сочинения по вопросам ботаники начали появляться более или менее систематически только во второй половине XVI столетия. Однако и в первой половине, кроме комментариев к древним писателям (Теофрасту, Плинию и Диоскориду), было издано несколько хороших описаний местной флоры с вполне удовлетворительными гравюрами. Лучшими авторами подобных описаний были Иероним Бокк (Трагус, 1498—1554), Леонард Фукс (1501—1566) и Валерий Корд (Эбервейн, 1515—1544).

Сочинение Бокка «Новая книга о травах», изданное первоначально на немецком языке («Neues Kräuterbuch», 1539), заключало в себе описание 165 растений. Оно выдержало десять изданий. Фукс, бывший профессором в Тюбингене, описал в 1542 г. 400

---

[1] Глубокие зоологические познания, изложенные в произведениях Аристотеля, в то время были еще мало доступны. Перевод этих произведений был сделан Теодором Газа только в конце XV столетия и изобиловал неточностями.

видов растений и приложил к описаниям замечательные рисунки. Корд, путешествовавший в качестве ботаника по всей Европе, более всего прославился своими комментариями к сочинениям Диоскорида и открытием воспроизводительных органов папоротника.

К описываемому нами времени относится основание первых ботанических садов в Италии. Ботанический сад в Падуе был основан в 1525 г., а в Пизе в 1544 г.

Основы минералогии были заложены в эту же эпоху. Честь их создания следует приписать Агриколе, имя которого мы уже упоминали выше.

Анатомией человека раньше всех стал заниматься Андрей Везалий (1514—1564), происходивший из Брюсселя, но живший главным образом в Италии. Распространенное мнение, что именно этот автор сочинения «О работе человеческого тела» («De corporis humanis fabrica» Базель, 1543) первым стал рассекать трупы казненных преступников и даже производить над ними опыты, совершенно не доказано [1]. К несчастью, бесспорно доказано другое, именно, что Везалию пришлось бороться не только с предрассудками своего времени, но и со злобной завистью, которую навлекло на него покровительство Карла V и Филиппа II. Как известно, его обвинили во вскрытии тела живого человека. В результате обвинений он был вынужден отправиться в Палестину на богомолье. На обратном пути он был заброшен бурей на берега Занте и умер там от голода.

Другая трагическая история была связана с важным анатомическим открытием, сделанным в ту же эпоху, именно: открытием малого круга кровообращения [2]. Первое упоминание об этом открытии было сделано в «Восстановлении христианства» («Christianismi restitutio», 1553) арагонского уроженца, доктора медицины Парижского университета Михаила Сервета (1509—1555), которого Кальвин приказал сжечь в Женеве как еретика, предварительно сделав на него донос его покровителю архиепископу Вьенскому. Распространявшиеся тайно богословские сочинения Михаила Сервета вряд ли были известны кремонскому уроженцу Матео Реальдо Коломбо, который был учеником Везалия и преемником последнего по профессорской кафедре в Падуе, откуда он переехал в Пизу, а потом по приглашению папы Павла IV в Рим. Коломбо первый стал производить вивисекции над собаками (до этого вивисекции производились только над свиньями). Малое кровообращение вместе со многими другими открытиями описано им в 15-томном сочинении «О вопросах анатомии» («De re anatomica»), вышедшем в Риме в год его смерти (1559). Даже в этой книге встречаются, к сожалению, горячие нападки на Везалия.

---

[1] Известно, что такими опытами занимался Рабле в 1534 г., когда исполнял обязанности врача большого госпиталя в Лионе. Везалий сначала занимался медицинской практикой в Италии, затем совершенствовал свои медицинские знания во Франции — в Париже и Монпелье — и наконец поступил на службу к Карлу V.

[2] Малым кровообращением называют цикл, совершаемый движением крови между сердцем и легкими.

МЕДИЦИНА И ХИРУРГИЯ. Можно сказать, что история науки в первой половине XVI столетия была в сущности только историей медицины. Медики того времени стремились овладеть чуть ли не всеми научными знаниями. Они изучали математику, чтобы овладеть астрономией, так как им нужно было учитывать влияния небесных светил на здоровье. Они изучали древние языки, включая сюда арабский и еврейский, так как им нужно было уметь читать произведения медицинских писателей в подлинниках. Для знания этиологии им необходимо было владеть физикой и даже метафизикой. Зоология входила в круг их непосредственной специальности, так как связана была с анатомией и физиологией. Ботаника тоже входила в этот круг, так как уже со времени Диоскорида растительные лекарства начали играть в медицине очень большую роль. Химия, доставившая медицине новые средства для излечения болезней в добавление к старым медикаментам, добывавшимся из растений и животных, тоже должна была войти в поле зрения врачей. Спагирическое искусство, призванное изготовлять новые лекарства из металлических солей и отбрасывать из старых лекарств ненужные составные части, сохраняя нужные, развивалось именно врачами. Хотя химерические мечтания о панацее — универсальном лекарстве из золота — еще не заглохли, успехи медицины были чрезвычайно велики. Терапия научилась употреблению в качестве лекарств ядовитых веществ. Например, Парацельс вместе с антимонием ввел в употребление опиум и ртуть.

Этот общий обзор мы закончим несколькими словами о двух ученых, которые были в описываемую нами эпоху самыми достойными представителями французского ума. Эти ученые — Жан Фернель и Амбруаз Паре.

Жан Фернель (1497—1558) был родом из Клермона в Бове. В юности он чувствовал сильное влечение к астрономии и без сомнения положил бы во Франции начало серьезному изучению этой науки, если бы отец его, недовольный большими тратами своего сына на изготовление астрономических инструментов, не уговорил его отказаться от любимого занятия и посвятить себя исключительно медицине. Вскоре Фернель приобрел громкую известность как прекрасный врач. Еще до своего вступления на престол Генрих II хотел привлечь его к себе, но Фернель долго уклонялся от этой чести. Только в 1557 г. он принял должность при короле. Главное произведение Фернеля «Медицина» (1554), выдержавшее больше 30 изданий, охватывает собою всю совокупность сведений по физиологии, патологии и терапии, которую можно было извлечь из греческих, латинских и арабских сочинений. Это произведение, в настоящее время представляющее только исторический интерес, имело огромное значение. Будучи не столько нововводителем, сколько реставратором, Фернель отличался однако на редкость ясным, смелым и логичным умом.

Знаменитый хирург Амбруаз Паре (1517—1590), родившийся подле Лаваля, пользовался еще большей популярностью, чем Фернель. Популярность эту он завоевал не только теми услугами, кото-

рые оказал медицине, но и удивительно простым и безыскусственным стилем своих сочинений. Последние издавались на французском языке, так как автор их не знал латинского. Будучи почти ребенком, он поступил помощником цырульника в богадельню Hotel Dieu. Затем он перешел на службу в армию и, благодаря многочисленным практическим наблюдениям, нашел способ лечения огнестрельных ран, которые древней традицией и научными предрассудками (обязанными много некоему Жану де-Виго) считались ядовитыми. В 1545 г. в Париже было издано сочинение Паре «Способ лечения ранений от аркебузов» («Manière de traiter des plaïs par arquebuses»), где автор доказывал, что необходимо отказаться от варварских методов лечения посредством прижигания каленым железом и кипящим маслом и защищал употребление повязок с целью останавливать кровотечение. Он уже был знаменит и два года состоял на службе при королевском дворе, когда в 1554 г. Сен-Комская коллегия [1] предложила ему защитить на французском языке диссертацию и признала его хирургом высшего разряда. Медицинский факультет заявил против этого протест, причем Паре оказался бессильным обезоружить этого врага. Сочинения Паре, изданные в 1561 и в 1585 гг., очень велики по объему и представляют собою настоящую энциклопедию, в состав которой входят, кроме военной хирургии, родовспомогательное искусство, лечение эпидемических болезней, медицинские операции, анатомия, эмбриология и т. д.

[1] Корпорация хирургов была объединена с коллегией цырюльников, которые в принципе должны были заниматься только несложными операциями, вроде кровопускания. Однако вельможи и военные, принимавшие к себе на службу врачей, мало обращали внимания на ученые титулы. Кроме того собственно хирурги в конце XV столетия почти во всех городах составляли утвержденные правительством общины, охранявшие свои привилегии как от подвластных им цырюльников, так и от конкурирующих с ними медиков. Сен-Комская коллегия в Париже пользовалась большой самостоятельностью. Ее положение изменилось в следующем столетии. После длительной борьбы и громкого процесса, закончившегося в 1660 г., хирурги были подчинены медицинскому факультету. С тех пор у них не было особых тем для диспутов при защите диссертаций и они не носили особых титулов.

III

ЭВОЛЮЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVI И НАЧАЛЕ XVII СТОЛЕТИЯ

Общий обзор. С точки зрения развития научных исследований XVI столетие можно разделить на две почти равные части. Первая половина его не отличается никакими особо из ряда вон выходящими событиями. Умственное движение, начавшееся в конце XV столетия, развивалось не без некоторых результатов, но и без особого блеска. Обострение политической обстановки как в протестантских, так и в католических странах вызвало ряд репрессий против новаторов. Наука приобрела своих мучеников. Сильно расшатавшийся авторитет традиционной системы преподавания к средине XVI столетия так усилился, что университеты не только не стали поощрять стремлений к реформам, но даже создали против них серьезнейшие препятствия, доходя в своей оппозиции новому до самых нелепых крайностей.

Напротив, в начале XVII столетия мы видим решительное стремление вперед. Новое умственное движение было уже далеко не таким бесплодным, как движение, имевшее место в начале Возрождения, положительные достижения которого затонули в потоке незрело продуманных теорий, основанных на неоплатонизме и на натурфилософских спекуляциях досократиков. Новое умственное движение явилось действительным выражением настроений нового времени, и характерные черты его были чертами специфическими именно для новой эпохи. Человечество переживало тогда один из важнейших переворотов в своем историческом укладе, и передовые мыслители начинали ясно сознавать, что история вступала на новый путь. Реакция оказала лишь то влияние, что положила решительный конец всем попыткам вовлечения человеческого ума на путь мечтаний. Отжившей свое время схоластической системе пришлось теперь вести борьбу только со здравым смыслом и терпеливым изучением фактов.

Университеты уже не могли служить средоточием для нового научного направления. Во Франции, например, новые идеи нашли для себя опорный пункт в парламентах. Специальные познания, необходимые для научной деятельности, были в то время весьма

невелики. Классическое образование, доставлявшее возможность читать произведения древних писателей и обычно писавшиеся по-латыни сочинения новых, было достаточно для всякого, кто желал заниматься научными исследованиями. Поэтому вне университетской сферы было много любителей, занимавшихся изучением математики, анатомии, физики и т. д. Часто, особенно в больших городах, люди эти объединялись в более или менее правильно организованные корпорации. Некоторые из таких любителей отличались гениальной даровитостью. Таким образом возникала новая наука. Она была светской и по личному составу своих представителей и по своему направлению. Господствовавшими традициями стали уже не традиции медиков, как это было в XVI столетии, а скорее — традиции юристов. Последние относились пренебрежительно к Аристотелю, основывали свои убеждения на доводах разума или точных фактических данных и предпочитали non liquet (еще не выяснено) скоропалительным решениям медиков, которые обязаны были принимать те или иные меры на основании традиций или наспех сделанных наблюдений. Так, в противоположность знаменитому афоризму Гиппократа[1] вырабатывался постепенно настоящий научный метод, противостоящий методу Аристотеля.

РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ ЕВРОПЕЙСКИХ НАЦИЙ. Каков был личный состав круга тогдашних ученых, видно из того факта, что предметы, излагавшиеся до того времени на латинском языке, стали излагаться на живых национальных языках. Первый трактат Бэкона «О достоинстве и расширении наук» («De dignitate et augmentis scientiarum», 1605) был издан сначала на английском языке, «Рассуждения о методе» («Discours de la methode», 1637) Декарта было написано на французском языке, а главные произведения Галилея — на итальянском. Это делалось несомненно с сознательной целью, потому что писатели лишали себя возможности продавать свои произведения в чужих странах, между тем все они владели латинским языком так же легко и хорошо, как своим родным[2].

Если к именам трех только что названных нами знаменитых ученых прибавить имя Кеплера, то будет видно, что каждая из четырех главных европейских наций выдвинула писателя, могущего представлять научные стремления XVII столетия и как бы возглавляющего последние. Права этих писателей на уважение потомства не одинаковы, но каждый из них оказал свое специфическое влияние на развитие научных познаний, так что ни один из них не может быть поставлен выше остальных. Италия, Франция, Англия и Германия могут в эту эпоху гордиться одинаково активным участием в продвижении науки вперед. Однако следует отметить, что весь научный прогресс ограничивался главным образом областью математики, астрономии и физики.

---

[1] «Искусство долговечно, жизнь коротка, опыт опасен, рассуждения ненадежны».

[2] Это ясно видно хотя бы на примере Декарта, которому приходилось специально приспособлять французский язык к выражению научных понятий.

Чтобы точнее охарактеризовать роль каждой нации в этой научной деятельности и подвести общий итог достигнутым положительным результатам, необходимо более подробно осветить весь процесс эволюции научных исследований в XVII столетии.

Италия опередила другие нации в области математики. Итальянские ученые чаще других обсуждали вопросы, относящиеся ко всей системе мироздания. Механика и гидравлика тоже развивались преимущественно в Италии. Когда изобретение зрительной трубы дало астрономам возможность заняться более точным изучением движения небесных тел, чистой математике стали придавать второстепенное значение. Но и в этой области благодаря Кавальери Италия сыграла роль руководительницы, так как Кавальери впервые установил те правила, которые подготовили открытие интегрального исчисления.

Наиболее крупными достижениями европейской научной мысли этой эпохи в области изучения живой природы были только важные открытия по анатомии. Главное из них — открытие законов кровообращения — принадлежит англичанину Гарвею. Однако самую выдающуюся роль в сфере анатомии играли не англичане, а школа, основанная в Италии брюссельским уроженцем Везалием.

Руководящее положение в области астрономии в середине XVI столетия занимали немецкие ученые. Своего апогея немецкая астрономия достигла в открытиях Кеплера, окончательно преобразовавшего систему Птоломея. Но после Кеплера Германию охватило полное научное затмение, явившееся неизбежным следствием бедствий, причиненных Тридцатилетней войной. Это затишье продолжалось во всех отраслях знаний вплоть до выступления на сцену Лейбница.

Франция, в которой проявлялось очень сильное влечение к естественным наукам и медицине, принимала участие в открытиях по анатомии в лице Пекке. У упоминавшегося Амбруаза Паре не было преемников, а преподаватели медицины все более и более начинали склоняться к тому, чтобы руководствоваться старыми теориями Галена. Особенно сильно это давало себя знать в Парижском университете. Вместо анатомов и врачей во Франции выступила целая плеяда гениальных математиков, которые не имели почти никаких предшественников и которым не посчастливилось и в отношении даровитых преемников. После первого из них — Виета, на сцену с блеском выступили Декарт, Ферма, Роберваль, Дезарг и Паскаль. Что же касается астрономических исследований, то Франция значительно отстала в них даже от Англии.

Англия в первой половине XVI столетия почти не принимала участия в научном возрождении. Однако блестящее развитие литературы в царствование Елизаветы вызвало такую напряженную научную и философскую деятельность, что последняя уже не могла прекратиться. Практический английский ум проявился в этой деятельности очень рано. Хотя врач Вильям Гильберт (1540—1603) и попытался по примеру итальянских ученых построить новую систему универсальной физики, однако все свои гипотезы он во всяком случае

основывал на тщательном изучении специальных явлений магнетизма и электричества[1]. Вскоре после этого Вильям Гарвей (1587—1657) открыл законы кровообращения (1619). Около этого же времени шотландский барон Джон Непер (1550—1617) изобрел логарифмы[2], употребление которых почти немедленно изменило методы астрономических вычислений.

Блестяще продемонстрировав свою самостоятельность, несмотря на свое более позднее, чем в других европейских государствах, возникновение, английская медицинская школа после открытий Гарвея не роняла своего достоинства. Зато в других областях науки успехи английских ученых были довольно медленны. Аналитик Томас Гарриот (1568—1621) шел по стопам Виета, а другие наиболее выдающиеся английские математики и естествоиспытатели стали приобретать известность только после 1648 г.

Испания не занимала в XVI столетии сколько-нибудь выдающегося положения в области науки, несмотря на то, что играла очень важную политическую роль. Можно отметить только нескольких испанских врачей, занимавшихся исследованием сугубо специальных вопросов. Из них Гомец Перейра в 1554 г. (т. е. ранее Декарта) начал отстаивать идею автоматизма животных. Следует упомянуть также Хуана де-Диоз Гуарте, сочинения которого были переведены на французский язык, хотя и не оказали сколько-нибудь заметного влияния.

Португалия также не проявила особой научной деятельности. Напротив, Нидерланды, несмотря на все трудности той борьбы, которую они вели[3], выдвинули после своего освобождения ряд первоклассных ученых и сделались очень ярким очагом научной деятельности. Благодаря поддержке правительства там сложилась блестящая школа инженеров, во главе которой стал Симон Стэвин (1548—1620), происходивший родом из Брюгге. Стэвин должен быть признан подлинным творцом статики и гидростатики.

Наряду со Стэвином следует назвать лейденского уроженца Виллеброрда Снелля (1551—1626), открывшего математический закон преломления лучей. После него остался ряд важных работ, о которых мы будем иметь случай говорить ниже. Науки о живой природе и медицина составляли в Нидерландах предмет не менее интенсивных исследований, чем математика.

Напряженная умственная деятельность Нидерландов возбуждала, повидимому, соревнование и в Бельгии. Для последней начало XVII столетия было самым блестящим периодом научного творчества.

---

[1] Гильберту мы обязаны введением понятия об электрической силе — vis electrica.

[2] Мы не можем излагать здесь подробно историю этого изобретения. Заметим только, что логарифмы, вычисленные Непером (или Непиром), весьма отличны от тех, которые обыкновенно называются неперовскими, или натуральными. Десятичные логарифмы были задуманы Непером совместно с Бриггом, однако вычисление их было осуществлено одним Бриггом, так как Непер умер, не успев приступить к этой работе.

[3] Автор имеет в виду нидерландскую революцию, результатом которой было освобождение Нидерландов от испанского владычества. *(Прим. ред.)*

ФИЗИКА И ХИМИЯ. АПРИОРНЫЙ МЕТОД. Из только что сделанного краткого очерка видно, что за исключением геометрической оптики и вопросов, связанных с механикой, физика в собственном смысле этого слова достигла весьма незначительных успехов. То же самое можно сказать и о химии. Последняя представляла собою хаос, в котором фантастические представления буквально затопляли собою незначительное число правильных взглядов. Кроме искателей философского камня, ею занимались только врачи, принадлежавшие к спагирической школе. Самым выдающимся из них был бельгиец ван-Гельмонт (1577—1644), следовавший взглядам Парацельса. Ему принадлежит заслуга первой формулировки понятия «газ», который он стал отличать от пара[1].

Умение обращаться с химическими приборами стало распространяться весьма широко благодаря употреблению химически приготовленных лекарств. Одновременно обогащалась и химическая техника. В 1630 г. живший в Париже аптекарь Жан Рей обратил внимание на то, что после обжига металлы становятся значительно тяжелее, нежели до обжига, и сделал из этого заключение, что металлы сгущают часть воздуха. Однако наблюдение Рея не обратило на себя должного внимания. Вообще весы сделались необходимым орудием химических исследований, и химия заинтересовалась количественной стороной изучаемых ею явлений только полтора столетия спустя. В описываемый же период она не выходила из рамок чисто наблюдательной науки. А так как вдобавок в ней господствовали совершенно ошибочные априорные представления, то положительные успехи ее были незначительны и носили на себе печать случайности.

Если химией интересовался все же сравнительно узкий круг лиц, то физика, наоборот, возбуждала всеобщий интерес. Даже математики интересовались опытными исследованиями, и если не производили их сами, то во всяком случае побуждали к ним других. Физиков в собственном смысле слова, т. е. людей, методически занимающихся экспериментальным исследованием природы, в ту пору еще не существовало. Экспериментальными исследованиями, вообще говоря, должны руководить какие-то общие воззрения, на основе которых можно было бы строить гипотезы и проверять или исправлять последние в зависимости от результатов эксперимента. Однако после отказа от принципов натурфилософии Аристотеля никакой сколько-нибудь методически построенной общей системой воззрений физика не обладала.

Физики поступали так. Выдвигался какой-нибудь априорный постулат, из него делались выводы, а затем эти выводы и проверялись на опыте. Галилей по существу следовал именно этому пути. Совершенно аналогичное мы видим и у Декарта, система которого была построена вполне априорной. На априорных соображениях основан Декартом, например, закон преломления и отражения, которым

[1] Критерием, отличающим газ от пара, служила для ван-Гельмонта более трудная сжимаемость первого по сравнению со вторым. *(Прим. ред.)*

он воспользовался для создания математической теории радуги. Полемика между Декартом и Ферма относительно этого закона, имевшая место в 1638 г., особенно поучительна для оценки тогдашних взглядов. В ней речь шла не о верности закона, а о том, какую цену следует придавать априорно придуманным гипотезам. Подобно Декарту, Ферма отнюдь не сомневался в возможности нахождения законов природы этим способом и оспаривал только правомерность гипотез своего противника. Когда после смерти Декарта он возобновил дискуссию с Клерселье, — ему удалось доказать правильность своей точки зрения. Он аргументировал с помощью своего метода максимальных и минимальных значений. Признав правильность самого закона Декарта, а также утверждая, что скорость света в более плотной среде меньшая, чем в разреженной [1], он доказал, что луч света должен пробегать от точки своего начала до точки отражения в минимальное время. Это был первый случай применения того принципа наименьшего действия, содержание которого было вполне уяснено только в наше время.

Недостаток общих принципов чувствовался еще сильнее благодаря тому, что математике придавалось исключительно важное значение. После того как учение Аристотеля о субстанциальных качествах было отвергнуто, новаторы науки могли принять только атомистическую физику, т. е. попытаться объяснить все явления природы непосредственным механическим действием мельчайших частиц материи. Полный крах фантазий платоников заставил ученых отказаться от допущения возможности непосредственного действия одного тела на другое на расстоянии, без промежуточной материи. Но разве не может существовать различных видов материи? Разве кроме материи, которую мы можем осязать, не существует еще материи, обусловливающей световые, электрические и магнитные явления? С другой стороны, как движутся атомы: соприкасаются ли они между собою постоянно или отделены друг от друга пустотой и сталкиваются только время от времени? Физики старались разрешить все эти вопросы и сильно расходились в своих мнениях.

Декарт, сначала допускавший существование пустого пространства, впоследствии отверг эту гипотезу и предположил существование трех различных элементарных веществ, сплошь заполняющих пространство. Напротив, Пьер Гассенди [2] (1592—1655) предпочел держаться старых теорий Демокрита и Эпикура. Его сочинения, отличавшиеся большой трезвостью и обнаруживающие глубокие знания, пользовались значительным влиянием у современников.

Дискуссии о пустоте приняли совершенно иной характер, когда в орбиту внимания физиков вошел вопрос о барометрической

---

[1] Эта гипотеза, находящаяся в противоречии с гипотезой Декарта, в настоящее время считается совершенно правильной.

[2] Настоящее имя его было Гассенд; так он и подписывался, когда писал по-французски. Однако уже многие из его корреспондентов стали называть его в своих письмах именем Гассенди. Эта последняя форма есть в сущности родительный падеж латинской транскрипции его имени. Сочинения Гассенди изданы были в 1658 г. в шести толстых фолиантах (P. Gassendi, Opera Omnia).

пустоте. Ученик Галилея Торичелли указал, что воздух обладает весом и оказывает давление. Декарт согласился с этим мнением. Паскаль попытался в своих «Новых опытах относительно пустоты» («Nouvelles experiences touchant le vide», 1647) доказать, что верхняя часть барометрической трубки, не заключающая в себе никакого вещества, должна считаться за пустоту. Уже в следующем году он мог сослаться на опыты, произведенные на горе Пюи-де-Дом, которые доказывали, что колебания уровня ртути в барометре находились в зависимости от давления воздуха [1].

Различие воззрений, изложенных в двух названных сочинениях Паскаля, обнаружило различие между отжившим уже свое время способом делать научные заключения и тем систематическим изучением природы, которое вскоре после того одержало решительную победу. Опытные исследования на Пюи-де-Дом имели в этом отношении кардинальное значение. Доказательство тяжести воздуха в связи с открытием способа измерения атмосферного давления и изучения колебаний последнего, с одной стороны, и установленный знаменитым Торичелли основной закон гидродинамики — с другой, существенно дополнили открытые Галилеем принципы механики и предвещали возникновение настоящей опытной физики. Учением Декарта исследователи были уже подготовлены к ней. Новые исследования могли производиться теперь уже не наудачу, как это делалось прежде, но в соответствии с некоторым определенным планом.

ОПЫТНЫЙ МЕТОД. БЭКОН. Новый путь опытного исследования был уже давно указан Френсисом Бэконом [2] (1561—1626). Произведения этого английского лорд-канцлера очень быстро доставили ему известность как в Англии, так и за ее пределами. Они оказали большое влияние на научную мысль. Хотя поклонники Бэкона и не преувеличили этого влияния, но характер последнего они часто понимали неверно. Недостатки богатого ума Бэкона сильно мешали достижению им реальных позитивных результатов. Он, например, далеко недостаточно сознавал значение математики для физики, отвергал систему Коперника, игнорировал открытия Кеплера и т. д. Несмотря на горячую вражду к Аристотелю, он поддавался влиянию схоластического мировоззрения, и его собственный научный идеал не пошел дальше попыток преобразования учения о формах, которому он придал недостаточно ясное значение. У него не было дарования к совершению новых открытий. Попытки при-

[1] Сочинения Паскаля о равновесии жидкостей (где изложены принципы гидравлики) и давлении воздуха были напечатаны только в 1663 г., т. е. после смерти их автора. Объяснение гидростатического парадокса, которое иногда приписывают Паскалю, на самом деле было дано уже Стевином в 1585 г.

[2] «Новый орган» («Novum Organum») Бэкона вышел в свет в 1620 г. Латинское издание его трактата «Об усовершенствовании и расширении наук» появилось в 1623 г. Другие сочинения Бэкона: «Historia vitae et mortis» и «Historia Ventorum» (1622) носили незаконченный характер. Последнее его произведение «Silva silvarum», заключающее в себе сводный обзор всех исследований философа, было издано на английском языке через год после смерти своего автора. Остальные отрывки опубликованы значительно позже.

БЭКОН ВЕРУЛАМСКИЙ

1561—1626

Гравюра Маршалл

менения им своего метода не облегчали понимания последнего. Однако, как это ясно сознавал Декарт, никакой метод не может рассчитывать на признание ученых, если основательность его не доказана на деле.

Поэтому, несмотря на все свои старания, Бэкон не сделался для ученых ни руководителем, ни передовым человеком. Он дал себе совершенно правильное название: buccinator (трубач, герольд). Он только призывал к открытию истины, вызывая повсюду отголоски. Но и этим успехом он был обязан главным образом тому, что представлял собою не скромного университетского преподавателя, а блестящего политического деятеля, лорд-канцлера. Отныне всякий, не роняя своего достоинства, мог отдаваться научным исследованиям.

Энциклопедисты, которым пришлось бороться с рутиной картезианства, чрезмерно превозносили Бэкона. Другие столь же чрезмерно порицали его. В частности его обвиняли в пренебрежении к Аристотелю. Это не основательно. Конечно, в пылу борьбы, — а эпоха Бэкона была эпохой борьбы,—было бы неуместно требовать беспристрастного отношения к противнику, но во всяком случае слова, с которыми обращался Бэкон к «felix praedo» («счастливому разбойнику», как он называл Аристотеля), были благородны и чисты. Некоторые утверждали, что метод, предложенный Бэконом в «Новом органе», оказался иллюзорным и бесплодным. Мы уже указывали на причины, по каким этот метод, несмотря на остроумие и глубину своих основ, не дал непосредственных результатов. Бэкон стал авторитетом лишь для физиков второй половины XVII столетия. Умы ученых стали преодолевать тогда неясность слишком образной терминологии лорд-канцлера и оценили его старания выяснить необходимые условия для правильности выводов из опытных наблюдений.

Несмотря на всю свою внешнюю смелость, Бэкон был по существу очень осторожен. Его отношение к религиозным догматам чрезвычайно в этом отношении характерно. Такая осторожность представляла резкую противоположность той решительности, которая отличала ученых предшествовавшего столетия; она послужила предметом подражания со стороны всех ученых XVII века. Бэкон относился к религиозным догматам отнюдь не враждебно и ставил теологию в разряд главнейших наук. Вместе с тем он заявил, что сам он теологией не занимается и не собирается заниматься. Придавая ей важное значение, он все же указывал, что исследование конечных причин «подобно деве, посвятившей себя господу, бесплодно и не может ничего родить». Этот пункт воззрений Бэкона был едва ли не самым важным в смысле оказанного им влияния.

Даже после Бэкона, вплоть до половины XVII столетия, опытный метод существовал только в теории. Ученые делали свои заключения большею частью априорно и с помощью математики. Это обусловило разрыв между сведениями, добытыми исключительно путем наблюдений (в биологии и медицине) и полученными в результате умозаключений (в астрономии и механике). Наука как бы распалась на две совершенно независимые сферы, и успехи, достигнутые

в одной из них, нисколько не воздействовали на открытия, совершаемые в другой. Вся промежуточная область была не заполнена, и разум человеческий не мог здесь притти ни к каким сколько-нибудь окончательным результатам. Конечно, физики (или, как они сами себя называли, философы) льстили себе мыслью, что они объединили изучение всех явлений в одну единственную науку, но это оказывалось иллюзорным. С большей или меньшей ясностью все сознавали необходимость построения какой-либо общей системы для такой единой науки. Идея о ней как бы носилась в воздухе. И вот Декарт предложил наконец подобную систему.

Прежде чем приступить к характеристике этой системы, мы считаем необходимым изложить историю каждой из указанных нами групп наук по отдельности. Начнем мы наше изложение с описания тех наук, которые были основаны исключительно на наблюдениях.

ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ. Низкий уровень химии делал невозможным в эту эпоху успешное развитие минералогии. Однако ученые уже начали интересоваться кристаллами (Альдрованде) и ископаемыми (Фабио Колонна). В 1580 г. французом Бернаром Палиси были изданы тщательные наблюдения над составом почвы, камнями и металлами. Старое мнение, что окаменелости — не что иное, как «игра природы», было в эту эпоху еще господствующим.

Ботаника, начало развития которой было положено в первой половине XVI столетия, составляла предмет тщательной разработки и во второй его половине. В период с 1570 по 1605 г. появилось много сочинений по ботанике, из которых следует упомянуть изданные в Антверпене исследования Матье Лобеля (1538—1616), происходившего родом из Лилля. Шарля де-л'Еклюза (1525—1609), уроженца Арраса, и Ламбера Додоенса (1508—1586), который был родом из Малина. Додоенс первый предложил более или менее рациональную систему классификации растений и снабдил свои описания 1 000 рисунками. В 1587 г. в Лионе были изданы два толстых тома Жака Далешампа (1513—1588) из Каены, снабженных 2 751 гравюрой (все они выполнены довольно посредственно). Начало описаний индийских растений было положено португальцами и нидерландцами. Но самым интересным из всех подобных произведений было сочинение венецианца Проспера Альпина, вышедшее в 1590 г. и содержавшее описание растений Египта.

Ботаником, заложившим основы будущей классификации растений, был Андрей Цезальпин (1519—1603). Капитальное сочинение его «О растениях» («De plantis») было издано во Флоренции в 1588 г.

Установление принципов рациональной классификации сделалось главной целью ученых лишь с начала XVII столетия. Самыми выдающимися произведениями в этой области следует признать книги двух французов, братьев Боген. В 1594 г. была издана «Картина растительного царства» («Pinax theatri botanici») Гаспара Богена (1560—1624), где все растения были распределены на разряды по довольно естественному методу. Это сочинение имело

большой успех: для приобретения точных сведений о растениях, упоминаемых древними авторами, к нему полезно обращаться и в настоящее время. Брат Гаспара Богена, Жан (1541—1616), в своей «Всеобщей истории растений» («Histoire universelle des plantes»), состоящей из трех фолиантов, описал 5000 растительных форм, однако без их методического распределения по разрядам. Эта монументальная работа была издана только в 1660—1661 гг. Классификацией, основанной только на свойствах листьев растений, ограничился в Англии Джон Перкинсон (1567—1645). Взгляды его изложены были в книге «Растительное царство» («Theatrum botanicum»), вышедшей в 1640 г.

Первое описание характеристических особенностей цветков было дано Иоахимом Юнгом (1587—1647), работавшим в качестве профессора сначала в Ростоке, а потом в Гамбурге. Эти описания были изложены им в форме небольших сочинений, собранных и изданных только в 1747 г. в Гамбурге. Юнгу принадлежит введение в ботанику множества технических терминов (petiole — черешок, perianthe — околоцветник и т. д.). Интересные комментарии к произведениям Теофраста, Диоскорида и Плиния были даны в Италии Фабио Колонна (1567—1650), входившим в число членов Академии «Зорких». Ему же принадлежало описание ряда редких и иноземных растений, преимущественно американских. Растения Канады были изучены французами Филиппом Корню (1606—1651) и Полем Ренольмом (1560—1624). Наиболее интересные сведения об этих растениях были изложены в книге Ренольма «Опыт истории растений» («Specimen historiae plantarum», 1611).

Кроме этих ботаников, бывших по своему специальному образованию медиками, заслуживает упоминания француз Оливье де-Серр (1539—1619). Книга последнего «Очерк агрикультуры» («Theatre d'agriculture», 1604) имела большой успех. Она доказывала, что, помимо теоретических научных познаний, ботаники располагали и познаниями практическими.

Большое распространение сочинений по ботанике, изданных в течение этого периода, достаточно ясно доказывает, что они писались для многочисленных читателей. И действительно, наука эта с успехом преподавалась во всех медицинских школах.

К этому же времени относится создание ботанических садов с растениями, привезенными из Индии, Америки и т. д. Началось изучение способов разведения таких растений в новых климатических условиях. Италия служила в этом отношении примером для других стран (ботанический сад в Падуе был основан в 1545 г., в Пизе — в 1549 и в Болонье — в 1568). Ботанический сад в Лейдене был открыт в 1577 г. Генрих IV основал во Франции два сада: в 1598 г. в Монпелье под руководством профессора Ришье де-Белльваля и в 1597 в Париже (подле Лувра) под руководством Жана Робена. Этот последний сад (названный Королевским садом) был специально предназначен для культивирования иноземных растений, первый каталог которых был издан в 1601 г. Сын и преемник Жана Робена, Веспасиан Робен (1579—1662), положил начало раз-

ведению в Европе акации. Собственно «Ботанический сад» («Jardin des Plantes») был создан первоначально только для разведения медицинских растений. Его основание относится к 1626 г. Первым его руководителем был главный врач Людовика XIII Гюи де-ла-Бросс (умер в 1641 г.). Приобревший впоследствии громкую известность ботанический сад в Блуа был основан Гастоном Орлеанским. К этому саду вскоре были присоединены важные естественно-исторические коллекции.

Зоология в описываемый период далеко не пользовалась таким вниманием, как ботаника. Серьезно занимались ею, повидимому, только в Италии, где Альдрованде (1522—1605) начал составлять свою монументальную «Естественную историю». Издать из этой работы Альдрованде удалось только четыре первых тома (начиная с 1599 г.). Однако университетские преемники Альдрованде продолжили работу своего учителя, и в 1668 г. был издан тринадцатый и последний ее том. В значительной части работа эта представляла, к сожалению, мало интересную компиляцию.

Первые систематические занятия анатомией животных относятся к этому же времени. В 1616 г. Фабио Колонна рассек труп гиппопотама, а в 1618 г. венецианец Руини набросал анатомию лошади. Впрочем успехи в этой области были весьма незначительны, и даже самые лучшие прозекторы не могли составить себе сколько-нибудь серьезных представлений о породах ископаемых.

ФИЗИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА. Важнейшие открытия описываемой нами эпохи относятся к области анатомии человеческого тела. Фаллоп (1523—1562) занялся сначала в Пизе, а потом в Падуе тщательным изучением органов слуха, мышц, лица, пищеварительных органов, внутреннего строения органов воспроизведения, процесса образования зародыша и т. д. Его преемник Фабриций д'Аквапенденте (1537—1619) продолжил эти исследования. Ему принадлежит открытие клапанов вен. Ингрессий (1510—1580) из Палермо занялся по преимуществу изучением костей. Профессор римской школы Сапиенции Евстахий (1510—1574) сделал открытия, относящиеся к строению костей, мускулов и жил. Ему же принадлежит открытие сообщения между внутренним ухом и глоткой (евстахиева труба). Заменивший Евстахия в школе Цезальпин доказал, что кровь из вен движется к сердцу. Законы кровообращения изучал также Руини.

Открытие этих законов принадлежит англичанину Вильяму Гарвею, знаменитое сочинение которого «Анатомические исследования движения сердца и крови у животных» («Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus») [1] появилось в 1608 г. Превосходство Гарвея над всеми предшественниками, включая и тех, которые говорили о малом кровообращении, было превосходством науки нового времени над взглядами древних. Гарвей не удовлетворялся простыми догадками и не считался ни с традициями, ни с априористическими теориями, построенными на схоластической

[1] Имеется русский перевод, Гиз. 1927. (*Прим. ред.*)

основе. Он ссылался только на данные опыта. Даже теперь можно утверждать (как это делал Флуранс), что сочинение Гарвея является наилучшим из сочинений по физиологии. Однако и на славе Гарвея есть пятно: потратив много труда, чтобы доказать всю важность своего открытия, в старости он стал упорно утверждать, что, идя по его следам, уже нельзя будет найти ничего нового.

Открытие Гарвея осталось бы не доведенным до конца, если бы не было установлено, каким образом пищевой сок смешивается с кровью. Первый шаг к этому открытию был сделан профессором Павийского университета Гаспаром Азелли (1580—1620), который случайно заметил млечные сосуды, производя секцию собаки, убитой вскоре после того, как она поела. Это последнее обстоятельство позволило ему точно распознать млечные сосуды и определить условия, при которых они могут быть видимы невооруженным глазом. Сочинение Азелли «Исследование о млечных венах» («Dissertatio de venis lacteis») вышло в свет в 1607 г., т. е. годом ранее сочинения Гарвея.

ГАРВЕЙ
1578 — 1658

Вместилище млечного сока и грудной канал, соединяющий млечные сосуды, были открыты французом Жаком Пекке (1622—1674), сочинения которого были изданы в одном томе в 1654 г. Дальнейшее пополнение сведений о лимфатической системе было произведено исследованиями профессора Упсальского университета Олафа Рудбекка (1630—1702), приобревшего себе известность и в качестве ботаника. В распространении всех этих открытий принимал большое участие датчанин Томас Бартолин (1616—1680), собственные исследования которого, повидимому, не имели особо важного значения. Во всяком случае активное участие, которое к началу XVII столетия принимали в развитии анатомии северные нации, достойно того, чтобы его отметить. Деятельность итальянской школы также была еще весьма оживленной. Вскоре она проявилась в трудах Мальпиги (1628—1694).

Собственно медицина не достигла еще сколько-нибудь прочных успехов. Она искала еще путей своего развития и часто вступала на ложную почву. Некоторые медики все еще предпочитали придерживаться традиций, не замечая, что авторитет Гиппократа и Галена совершенно расшатан новыми открытиями. Такое направление господствовало, например, во Франции и в особенности на медицинском факультете Парижского университета. Олицетворением этих консервативных взглядов был противник сурьмы и хины Гюи Патен (1601—1672). Коллега Патена по университету Жан Риолан (1577—1657) восставал также против учений Гарвея и Пекке и, чтобы сохранить авторитет древних, утверждал, что человеческая

природа со времени Галена изменилась. Что же касается новаторов, то, утратив доверие к старинной гуморальной теории [1], они разбились на две основные школы — иатрохимиков и иатрофизиков, — школы одинаково односторонние и неполные. Иатрохимики усматривали в физиологических процессах только химические явления, а иатрофизики (или иатромеханики) только механические.

Учение иатрохимиков, отвергавшееся медицинским факультетом вплоть до конца XVII столетия, решительно пропагандировал во Франции ученик ван-Гельмонта Лазарь Ривьер (1589—1655), работавший в Монпелье. Своего даровитого теоретика спагирическая система нашла в лице Сильвия де-ла-Боэ (1588—1658), который занимался медицинской практикой преимущественно в Голландии и приобрел там громадную известность. Отказавшись от мистических мечтаний Парацельса и ван-Гельмонта, ла-Боэ заменил их неопределенным синкретизмом, в котором отвел достаточно места для новых физиологических открытий и который был во всяком случае значительно выше галенизма медиков, придерживавшихся старых традиций. Хотя ближайшим учеником ла-Боэ был англичанин Валлис (1624—1689), теории его распространялись преимущественно в Германии. Италия, повидимому, не была склонна итти в этом направлении. Там вызревали иные идеи, выразившиеся в конце концов в учении иатромеханизма.

Создателем иатромеханизма был неаполитанец Борелли (1608—1679). Само это учение представляет собой лишь непосредственное следствие из механистической физики. Декарт, серьезно занимавшийся медициной, очевидно не мог придать этому учению никакой иной формы, а многочисленные медики различных стран, горячо защищавшие декартову систему, естественно пошли тем же скользким путем. Впрочем тенденции, которым Борелли придал определенность и которые вызвали горячее сочувствие в Италии, проявлялись там еще задолго до Декарта. Их изложил впервые, правда в довольно своеобразной форме, профессор Падуанского университета Санторий (1561—1626). Книга последнего «Статическая медицина» («Medicina statica») вышла в 1614 г. Он пытался изучить колебания веса человеческого тела, периодически измеряя вес своего собственного. Ему принадлежит создание нескольких искусных аппаратов (например механической постели). Наиболее полезной стороной деятельности Сантория (как впрочем и всех иатромехаников) являлось постоянное стремление придать медицинским наблюдениям математическую точность. Так, например, кроме употребления весов, он рекомендовал употребление термометра [2] и придумал

[1] Гуморальной теорией называлось учение, созданное Гиппократом и заключавшееся в том, что нормальное функционирование организма зависит от гармонического и пропорционального соотношения различных жидкостей, образующих существенную составную часть живого существа. В гуморальной теории можно видеть некоторую наивную форму современного учения о внутренней секреции, построенную однако на совершенно спекулятивной, фантастической базе. *(Прим. ред.)*

[2] Лишь по прошествии почти целого столетия был найден способ градуирования термометров, дающий сравнимые для разных термометров результаты.

несколько особых аппаратов для наблюдения за пульсом с помощью маятника. Таким образом, именно Санторий ввел в практический обиход два важных открытия своего сотоварища по университету Галилея.

Хирургия в описываемый период достигла, повидимому, еще менее значительных успехов, чем медицина. Хотя она и имела нескольких хороших практиков, но в конце концов ни один из них не стоял выше посредственного уровня. Наиболее выдающиеся сочинения по этой части имели характер простых монографий. Авторами последних были итальянцы Чезаре Магатти (1579—1647) и Марко Аврелио Северино (1580—1656). Наиболее значительными из монографий были «Центурии» («Centuries») немца Фабриция Гильденского (1560—1634). Однако этот ученый до такой степени разбрасывался между различными отраслями знаний, что не смог достаточно внимательно изучить ни одной из них.

Итак, опытные науки начали создавать себе специфический самостоятельный метод и в изучении механизма человеческого тела достигли важных успехов. Однако вне этой специальной области плодотворные идеи, послужившие впоследствии руководством для ученых, только-только начали пробиваться. Как мы увидим далее, в области математики успехи были гораздо более быстрыми и прочными.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ. Относящееся к середине XVI столетия открытие алгебраического способа решения уравнений третьей и четвертой степени уже означало, что европейские ученые превзошли все когда-либо известное древним по этим вопросам. Однако даже в области алгебры от античных ученых приходилось все еще многое заимствовать. Античная алгебра существенно отличалась от нашей потому, что специальные знаки употреблялись в ней только для обозначения последовательных степеней одного и того же неизвестного, а коэфициенты в уравнениях всегда обозначались цифрами, а не буквами. При этих условиях общие правила нельзя было выражать символически в общей форме, как это делается в настоящее время; их приходилось излагать посредством длиннейших перифраз.

Сочинения Диофанта не были переведены до очень позднего времени. Только в 1575 г. гейдельбергский профессор Ксиландер (Гольцманн) издал первый их перевод. К сожалению, в распоряжении Ксиландера были очень неудовлетворительные рукописи, и многое поэтому осталось для переводчика непонятным. Содержание непонятных мест отчасти разъяснили Виет и Стэвин. Однако вполне понятными сочинения Диофанта сделались только после того, как Баше де-Мезириак (1587—1638) в 1621 г. заново перевел их и издал вместе с греческим текстом и комментариями. Тот же Баше издал в 1612 г. сборник «Интересных проблем, составляемых с помощью чисел». В 1670 г. Самуэль Ферма переиздал перевод Баше, прибавив к нему

Этот факт служит ярким доказательством крайнего несовершенства опытных методов описываемой нами эпохи.

примечания своего отца, знаменитого Пьера Ферма (1601—1665). В этих примечаниях были указаны способы решения тех задач, которыми Ферма приводил в отчаяние своих корреспондентов; однако решение одной из этих задач до сих пор еще не отыскано.

Проблемы неопределенного анализа у Диофанта заключались в нахождении рациональных (но не обязательно целых) решений таких уравнений второй (или высшей) степени, число которых меньше числа неизвестных. Ферма значительно расширил прежние методы и открыл совершенно новую область, сведя эти вопросы к нахождению целых решений и определив условия возможности и невозможности последних. Он сделался настоящим создателем «теории чисел», которую затем значительно развили Эйлер, Лежандр и Гаусс. В связи с обсуждением вопросов, относящихся к игре в кости, которые возникли в процессе переписки с Паскалем, Ферма заложил также основы «теории вероятностей».

ФЕРМА
1601 — 1665

АЛГЕБРА НОВОГО ВРЕМЕНИ. ВИЕТ.

Однако еще до выступления на сцену этого великого математика, сочинений которого мы далеко не перечислили, во Франции действовал другой математик, историческая роль которого не менее велика. Мы имеем в виду Франсуа Виета (1540—1603). Исследования Виета дали совершенно новое направление работе французских математиков, а алгебраические идеи его оказали сильнейшее влияние на всю европейскую науку. До Виета во Франции имелись только переводчики и комментаторы чужих сочинений; самостоятельные же исследования были чрезвычайно слабы. Самой выдающейся личностью в начале научного движения был Пьер де-ла-Раме (Рамус, 1515—1572), завоевавший себе особенно большую известность своей борьбой с последователями Аристотеля[1]. Раме не только поставил на более высокий уровень изучение математики, учредив в 1568 г. специальную кафедру математики в Collège de France, но и сам активно работал в области математических наук. В 1569 г. он издал свои «Курсы математики» («Scholae mathematicae»), распадающиеся на 31 книгу. В этой работе Раме охватил все отрасли математики и сделал одну из первых попыток изложить ее историю. Однако, несмотря на свои глубокие научные знания и несмотря на обнаруживаемую им независимость воззрений даже по отношению к Эвклиду и войну с учением Аристотеля, он был не столько создателем нового, сколько общепонятным истолкователем добытых ранее математических познаний.

По своей профессии Виет был юристом. Сначала он был адвока-

[1] Умер он трагически. На следующий день после Варфоломеевской ночи он был убит агентами одного из своих личных врагов, математика Шарпантье, которого Раме хотел исключить из числа профессоров Collège de France.

том в Пуатье, затем (в 1567) — членом парламента в Ренне и наконец членом тайного совета; на эту последнюю должность он был назначен Генрихом IV. В 1571 г. Виет начал публиковать на свой счет небольшие научные сочинения, которые тотчас же рассылались им математикам всех стран. Только часть из этих небольших работ вошла в состав собрания сочинений Виета, изданного в 1646 г. Эльзевирами. Остальные — либо исчезли, либо сохранились только в неизданных рукописях.

Виет писал по-латыни, вычурным стилем, часто употребляя собственные технические выражения, заимствованные им из греческого языка. Только одно или два из этих выражений остались впоследствии в употреблении [1]. Повидимому, он хотел так же преобразовать математический язык, как это сделал Ронсар в отношении языка поэтического. Хотя содержание сочинений Виета понять не легко, а перевести на другие языки невозможно, они все же пользовались чрезвычайно значительным влиянием в течение целого 50-летия.

Главным нововведением, осуществленным в сочинениях Виета, было то, что в них впервые стали систематически употребляться буквы для обозначения как различных коэфициентов, так и неизвестных. Эта система символов впервые открыла возможность для построения общей теории уравнений и разработки общих методов решения задач [2].

Развитие этой основной идеи и обеспечило Виету право считаться как бы создателем новой алгебры. Впрочем сам Виет не пользовался этим варварским термином «алгебра», который первоначально имел совершенно другой смысл, и более правильно называл разрабатываемую им науку «аналитическим искусством» (ars analytica).

Работы Виета по геометрии не имеют такого теоретического значения, как алгебраические трактаты, но все же блещут и оригинальностью и изяществом. Очень плодотворны были также исследования Виета в области тригонометрии и в частности его попытки установления связи между этой отраслью математики и теорией уравнений.

Виет не был профессором, и у него имелся только один непосредственный ученик — шотландец Александр Андерсон. Последний преподавал математику в Париже и издал часть рукописей своего учителя, снабдив их комментариями. Несмотря на это, еще при жизни Виет приобрел весьма громкую известность. Только после выступления на сцену Декарта имя Виета начало несколько терять свой блеск. Произведения Декарта, пользовавшегося более удобными способами обозначений математических соотношений, отличавшиеся гораздо более ясным языком, довольно скоро вытеснили сочинения Виета из употребления.

[1] Впрочем сами по себе придуманные Виетом новые термины не заслуживают с филологической точки зрения никакого порицания. Виет был большим знатоком греческого языка и пользовался им очень умело.

[2] Неизвестные величины Виет обозначал гласными, а коэфициенты — согласными буквами. Декарт изменил это обыкновение, начав обозначать неизвестные последними буквами алфавита. Кроме того Декарту же принадлежит введение современного способа обозначения степеней, а то время как Виет пользовался для этого сокращением слов: Q означало у него квадрат, C — куб и т. д.

Что касается Ферма, то как теоретик алгебры он, подобно Робервалю, придерживался традиций Виета[1]. Наоборот, Декарт был совершенно свободен от этих традиций. Скорее всего он был последователем Альбера Жирара, лотарингского протестанта (уроженца Сен-Мишеля), укрывшегося от преследований в Голландии и умершего в 1632 г. Ученик и преемник Стэвина, Жирар в своей работе «Новое открытие в алгебре» («Invention nouvelle en l'algèbre», 1629) впервые ясно изложил вопрос об образовании коэфициентов алгебраического уравнения в виде функции корней. Ему кроме того принадлежит первенство в нахождении способа измерения поверхностей сферических треугольников посредством измерения их углов. Учитель Жирара Стэвин — не менее замечательный аналитик и геометр, чем теоретик механики и инженер, — имеет особые права на уважение потомства. Он первый указал в своей «Арифметике», вышедшей в 1595 г., способы вычислений при помощи десятичных дробей. Эти способы не были еще вполне удобными, но принципы, установленные Стэвином, все же целиком сохранились. Употребление запятой (введение которой Кеплер приписывал в 1626 г. Бюрги)[2] естественно совершилось благодаря тригонометрическим и логарифмическим таблицам.

ГЕОМЕТРИЯ. Возбудив открытиями Тартальи, Кардана, Феррари и Бомбелли научное движение в области алгебры, Италия не приняла в нем дальнейшего участия. Зато в области геометрии в описываемый период благодаря работам итальянских ученых были открыты совершенно новые пути.

Развитие геометрии совершалось со значительным отставанием. Произведения греческих писателей, за исключением Эвклида, к середине XVI столетия находились еще в рукописях или опубликовывались в совершенно неудовлетворительных переводах. В первый раз сочинения Архимеда, Аполлония и Паппа были правильно изложены на латинском языке Федериго Коммандино (1509—1575). Это дало некоторый толчок геометрическим исследованиям. Особенно важное значение имел перевод Паппа, потому что этот писатель дал такие указания на содержание утраченных произведений Аполлония, что можно было попытаться реконструировать последнее. Эту работу начал Виет; его примеру последовали голландец Вилеброрд Снелль, уроженец Рагузы, а затем Александр Андерсон и даже сам Ферма. Таким образом, сведения о древней геометрии были мало-по-малу восстановлены. Поэтому Декарт, вводя свои новые методы, прежде всего применил их к одной из самых знаменитых проблем Паппа, относящейся к геометрическим местам, связанным с несколькими прямыми.

---

[1] К числу других важных открытий Ферма в области алгебры принадлежит формулировка закона образования коэфициентов для разложения бинома.

[2] Швейцарец Ост Бюрги, бывший по профессии часовым мастером, отличался необыкновенно изобретательным умом. Он между прочим изобрел специальную систему логарифмов. К сожалению, его сочинения остались большею частью неизданными и поэтому не оказали сколько-нибудь заметного влияния.

Из этого видно, насколько быстро распространились по Европе издававшиеся в Италии сочинения. Однако в самой Италии они не вызывали новых оригинальных исследований. Самый выдающийся итальянский ученый начала XVII столетия ограничился в области геометрии только изданием произведений Эвклида, которое впрочем долго пользовалось громкой известностью. Это был иезуит Клавий (1537—1612), родившийся в Бамберге и бывший профессором в Риме. Он получил известность также в качестве астронома. Известностью этой он обязан в частности тому, что принимал деятельное участие в реформе грегорианского календаря.

Геометр XVII столетия, идеи которого получили впоследствии наиболее плодотворное развитие, при жизни своей не пользовался почти никакой известностью. Это был архитектор Жирар Дезарг (1593—1662), родившийся в Лионе, но дольше всего живший в Париже. Свои сочинения он издавал небольшими выпусками, значительная часть которых для нас утрачена[1]. Стиль их был прост и ясен, но не нравился современникам, так как Дезарг избегал употребления классических терминов[2] и, создавая новую теорию, был вынужден придумывать специальную терминологию[3].

Значение Дезарга заключается в том, что им были созданы новые методы для геометрии, благодаря которым она сохранила свою самостоятельность[4]. Паскаль, автор знаменитого «Исследования о конических сечениях» («Essai sur les coniques») считал себя учеником Дезарга[5]. Самые важные результаты исследований Дезарга были изложены в классической форме одним из лучших геометров конца XVII столетия — Лагиром.

Аналитическая геометрия ведет свое начало со времени появления «Геометрии» Декарта. Это образцовое произведение, занимающее всего сотню страниц, рекомендовалось Декартом как опыт практического применения изобретенного им общего метода. Издано оно было в 1637 г. вместе со знаменитым «Рассуждением о методе» («Discours de la méthode») того же автора и, излагая оригинальные новые теории, отличалось образцовой ясностью и краткостью.

Изобретение так называемых декартовых координат и вообще применение алгебры к геометрии, не являлось ни главной, ни наиболее оригинальной идеей Декарта. Это применение было простым результатом сочетания анализа Виета с приемами древних геометров, которыми они пользовались при изучении кривых. Достаточно

---

[1] То, что сохранилось, было издано в двух томах Пудра (Париж. 1864).

[2] Так, например, слово «эллипс» он заменял словом «овал», слово «цилиндр» — словом «колонна» и т. д.

[3] Из этой терминологии осталось в употреблении только слово «инволюция».

[4] Некоторые из этих методов, по всей вероятности, были известны античным ученым. Однако догадаться об этом можно было только после открытий, сделанных Дезаргом.

[5] Этот очерк Паскаль написал, когда ему было только 16 лет. В нем изложена знаменитая теорема, известная под названием «мистического гексаграмма». 18-ти лет Паскаль изобрел первую счетную машину. Трактаты Паскаля об «арифметическом треугольнике» и др. были изданы только после его смерти в 1665 г.

указать, что одновременно с Декартом и совершенно независимо от него такое же применение отыскал и Ферма, и притом в форме, может быть, еще более близкой к современным приемам. Самостоятельное значение «Геометрии» Декарта заключается в том, что в ней изложена совершенно новая теория уравнений и указан имеющий капитальное теоретическое значение способ разрешения проблемы касательных для алгебраических кривых.

Практические применения геометрии развивались в описываемый период преимущественно в Нидерландах. Космограф Гергард Меркатор (1512—1594) предложил новый способ черчения морских карт. Вилеброрд Снелль изобрел метод триангуляции и разработал довольно точный способ определения длины меридиана. Тригонометрия служила главным предметом исследований Адриана Римского (Ван-Роомен, 1561—1615) из Лувена, приобревшего особенную известность благодаря тому, что он предложил задачу, изящное разрешение которой составляет одну из главных заслуг Виета. Лудольф Ван-Цейлен (1539—1612) дошел в своем вычислении отношения длины окружности к диаметру до тридцатого десятичного знака, а Адриан Меций (1571—1635) выразил это отношение в следующем замечательном приближении: 355/113.

ПРОБЛЕМА КВАДРАТУР. Около начала XVII столетия ученые начали заниматься более трудными геометрическими проблемами и в частности такими, для разрешения которых известные методы оказывались уже недостаточными. Проблемы эти распадаются на два разряда: задачу квадратур и задачи о касательных.

В тесной связи с проблемой квадратур[1] находились изучение кубатур и определение центров тяжести. Свои исследования ученые начали с этих последних, потому что утрата некоторых сочинений Архимеда поставила ученых перед необходимостью снова отыскать доказательства тех теорем, на которые ссылался сиракузский геометр. За эту работу первым взялся Коммандино, его примеру последовали Лука Валерио, Стевин и др.[2].

Из сочинений Архимеда можно было извлечь образцы доказательств подобных теорем, построенных главным образом по способу reductio ad absurdum[3]. Однако этот способ годился лишь для подтверждения уже известного результата, а не для открытия нового. Нужно было разыскать способы решения таких вопросов, которые в наше время составляют предмет интегрального исчисления[4]. Число этих вопросов, по мере того как математики стали изучать,

---

[1] То-есть с проблемой определения площади, ограниченной какой-либо кривой.

[2] Свое первое математическое сочинение, доставившее ему известность, Галилей посвятил этому же вопросу.

[3] То-есть приведения к нелепости.

[4] Открытое в 1907 г. Гейбергом неизвестное сочинение Архимеда показывает, что сиракузский геометр для нахождения решения тех проблем, которые его занимали, пользовался методом, весьма близким к методам нашего интегрирования. Однако эти методы он не предавал гласности, предпочитая доказывать установленные с помощью их результаты традиционными синтетическими способами, образец которых можно найти у Эвклида. *(Прим. ред.)*

кроме круга и конических сечений, другие кривые античных геометров или сами стали придумывать новые, росло необычайно быстро.

В конце концов каждый из наиболее крупных математиков описываемой эпохи начал изобретать самостоятельные методы исследования подобных вопросов. Неизвестно, к каким методам прибегал Декарт, но все были уверены, что он начал пользоваться ими очень рано. Ферма в конце своей жизни сообщил, в чем заключались его методы, бывшие очень разнообразными и оригинальными. Первые теоретические принципы этих новых методов попытался изложить профессор Болонского университета Бонавентура Кавальери (1591—1647). Его книга, посвященная этому вопросу, — «Геометрия неделимых» — вышла в 1635 г. [1].

Под неудачным названием «неделимых» Кавальери имел в виду бесконечно малые, к сложению которых и сводится интегрирование. В настоящее время мы рассматриваем операции интегрального исчисления как противоположные операциям дифференциального исчисления (т. е. метода решения проблемы касательных), но в то время ни один математик, повидимому, не догадывался о внутренней связи между этими двумя группами проблем. Последнюю усмотрели только Ньютон и Лейбниц [2], когда изобрели свои алгорифмы. Поэтому для суммирования «неделимых» всякий раз приходилось отыскивать особые средства. Кавальери бесспорно принадлежит та заслуга, что он первый попытался установить теоретические правила этого нового метода. Однако в практических применениях этих правил французские геометры очень скоро зашли значительно дальше его. Кавальери обратился за сведениями о результатах, достигнутых этими геометрами, и, получив их, прекратил публикацию своих работ на эту тему. Последующие его сочинения ограничиваются только защитой «неделимых» от нападок, которым они подвергались со стороны некоторых математиков и в частности иезуита Гульдина.

Точно такой же метод и почти одновременно с Кавальери нашел Жилль Персонье де-Роберваль (1602—1675). С 1627 г. Роберваль был профессором математики в школе Сен-Жерве и в 1634 г. занял должность профессора в Collège de France, утвержденную Рамусом. Этот последний пост он сохранил до 1649 г., когда заменил Гассенди в звании ординарного профессора математики. Благодаря своему талантливому преподаванию и благодаря уменью решать трудные задачи, которые обычно задавались друг другу геометрами того времени в целях взаимного испытания своих сил, он быстро приобрел большую известность. К несчастью, он очень неохотно излагал результаты своих собственных исследований, так как находил нужным, в целях сохранения за собою профессорской должности, учрежденной Рамусом, держать их в секрете. По этой причине в глазах потомства он утратил свои права на бо́льшую часть сделанных им открытий.

---

[1] Учителем Кавальери был бенедиктинец Кастелли, являвшийся в свою очередь учеником Галилея. Книга Кастелли «Об измерении текущих вод» (1628) заложила фундамент научной гидравлики.

[2] Предшественником их в этом отношении можно считать И. Барроу. *(Прим. ред.)*

Когда, после его смерти, были опубликованы его сочинения[1], они уже представляли только исторический интерес. При жизни он напечатал только несколько страниц о механике, написанных на французском языке[2], и книгу «Аристарх Самосский» («Aristarchus Samius»), где был изложен очерк системы мира, соответствующий гелиоцентрическим взглядам Коперника (книга эта была издана без указания имени ее автора). Усвоив терминологию Кавальери, он пропагандировал во Франции свой метод и делал из него всевозможные практические применения. Паскаль в этой области знаний был его учеником.

ТОРИЧЕЛЛИ
1608—1647

Евангелиста Торичелли (1608—1647), работавший в Италии, несмотря на свою очень непродолжительную жизнь, сумел достигнуть блестящих успехов и как математик и как физик. Он был учеником Кастелли. Свою научную деятельность он начал в 1641 г., издав на итальянском языке «Трактат о движении», представлявший собою дальнейшее развитие принципов Галилея. Благодаря этому трактату Торичелли заменил Галилея в звании математика, состоявшего при великом герцоге Тосканском. Геометрические сочинения Торичелли («Opera geometrica»), изданные в 1644 г., кроме законов истечения жидкостей, заключают в себе многочисленные и интересные квадратуры, которые значительно превосходят по трудности проблемы, решавшиеся Бонавентурой Кавальери. Торичелли не подражал скрытности Роберваля. Ему были известны результаты, достигнутые Робервалем, и в своих собственных исследованиях он не зашел дальше этого последнего. Однако свои сочинения по этим вопросам он издал ранее французского ученого и в частности раньше него изложил способ квадрирования циклоиды (кривой, описываемой точкой круга, когда тот без скольжения катится по прямой). Появление этого сочинения вызвало переписку между Торичелли и Робервалем, тон которой постепенно становится все более едким. Следует, однако, заметить, что французский ученый никогда не доходил до обвинения своего соперника в литературном воровстве[3].

Подобные обвинения впервые начал высказывать лишь Паскаль. В 1658 г. он предложил для разрешения несколько очень трудных задач на вычисление кубатур различных тел, производимых

---

[1] Они были опубликованы в VI томе старых «Мемуаров Академии наук».

[2] Роберваль ввел преподавание механики во Франции. Главная его заслуга в области теории механики заключалась в объяснении законов сложения сил, скоростей и движений.

[3] Длинное латинское письмо Роберваля, напечатанное в «Мемуарах Академии» после его смерти, вряд ли может считаться подлинным, потому что Торичелли умер прежде, чем было написано это письмо.

с помощью циклоиды, и в связи с этим рассказал историю открытий, относящихся к этой кривой. Утверждения Паскаля вызвали горячие протесты и решительные опровержения, хотя они и были основаны на фактах, касающихся роли французского математика Бочрана, выдававшего в Италии сочинения Ферма и Роберваля за свои собственные.

Соревнование по решению задач, относящихся к циклоиде, предложенное Паскалем, приобрело громадную известность. Ферма, вероятно тайком предупрежденный обо всем, подобно Роберналю, отказался от участия в состязании, хотя и не подлежит сомнению, что он был в состоянии решить все предложенные проблемы. Поэтому никто не получил назначенной награды. «Письма Деттонвилля» («Lettres de Dettonville», 1659), в которых Паскаль изложил свои результаты и в которых обсудил несколько других, не менее трудных вопросов, знаменовали кульминационный пункт, которого достигли непосредственные методы интегрирования. Именно из этого сочинения Лейбниц, по его собственному признанию, почерпнул те идеи, которые привели его к его открытию [1].

ПАСКАЛЬ
1623—1662

Кроме этих геометров, следует упомянуть еще о бельгийском иезуите Григории Сен-Винценте (1584—1667), который, тщетно отыскивая квадратуру круга, сделал несколько попыток, полезных в другом отношении. Так, например, ему удалось доказать, что для отыскания квадратуры гиперболы следует прибегать к логарифмам.

ПРОБЛЕМА КАСАТЕЛЬНЫХ. Для отыскания общего метода построения касательных к различным кривым геометры XVII столетия находили в сочинениях древних еще меньше указаний, чем для отыскания квадратур. Тем более интереса вызывала у них эта проблема. Декарт заявлял даже, что это была единственная проблема, которую он действительно хотел решить.

В своей «Геометрии» Декарт предложил такой метод, который принципиально был применим ко всем алгебраическим проблемам этого ряда. Уже рассылая ученым свое сочинение, он получил от Ферма через посредство Мерсенна краткое указание на способ сведения проблемы касательных к проблеме максимумов и на способ решения этой последней простыми методами, основанными на непосредственном рассмотрении предела отношения бесконечно малых приращений переменной к ее функции, т. е. на принципах, тождественных с принципами дифференциального исчисления. Одновре-

[1] Ньютон признавал себя скорее учеником Декарта.

менно Декарт узнал от Мерсенна, что Ферма подверг критике его априорное доказательство закона преломления лучей света. Хотя Ферма дал свою критику исключительно по просьбе Мерсенна и хотя сам Декарт предлагал своему корреспонденту высказать возражения против этой теории, у него возникло подозрение, что существует предвзятое намерение критиковать статьи, приложенные к «Рассуждению о методе». Тогда Декарт перешел в нападение и, пользуясь некоторыми неясностями в изложении Ферма, объявил, что метод решения задач о касательных последнего неверен и обманчив. Мерсенн сообщил об этом Роберваль. Этот последний горячо вступился за Ферма. Начался знаменитый спор, в котором Ферма не принял личного участия. Спор этот закончился примирением, как только Декарт ближе познакомился с достижениями своего противника. Однако и в последующее время во взаимных отношениях между двумя великими геометрами была заметна большая холодность.

Во время этого спора Роберваль поставил задачу о проведении касательной к циклоиде (трансцендентной кривой) и признался, что ему неизвестно ее решение. Ферма достиг этого решения с помощью своего метода. Декарт же должен был прибегнуть к специальному искусственному приему (рассмотрение мгновенного центра вращения в случае качения). Построения Декарта помогли Робервалю найти самостоятельное геометрическое решение этой же проблемы и формулировать общий принцип, что на кривые следует смотреть как на результат двух одновременных движений. Проблема касательных сводится в этом случае к определению скоростей этих одновременных движений. Вскоре после этого Торичелли стал придерживаться такого же метода и раньше Роберваля опубликовал результаты, к которым он пришел. Историческое значение этого метода заключается в том, что характерные принципы своего исчисления флюксий Ньютон извлек именно из него, в то время как диференциалы Лейбница берут свое начало непосредственно от Ферма.

АСТРОНОМИЯ. Одновременно с описанным процессом развития математики, завершим много далее результатов, достигнутых древними учеными, и прокладывающим путь к важным открытиям конца XVII века, существенным преобразованиям подверглась и астрономия.

Самым влиятельным из астрономов начала описываемого периода был датский дворянин Тихо де-Браге (1546—1601). С 14-летнего возраста он посвятил себя научным занятиям и к 1576 г. приобрел уже такую известность, что король Фридрих II предоставил в его распоряжение маленький остров Гвен, построив там для него замок Ураниенборг. Тихо де-Браге прожил в этом замке 20 лет. После вступления на престол Христиана IV он лишился королевской поддержки и в 1597 г. уехал из Дании. Прожив два года у графа Ранцау подле Гамбурга, он принял предложенную ему императором Рудольфом II в Праге должность астронома, в которой впоследствии его заменил Кеплер.

Главные заслуги Тихо де-Браге заключались в усовершенствовании инструментов для астрономических наблюдений и разработке

более точных способов измерения расстояний. Кроме большого запаса материалов наблюдений, который он оставил Кеплеру и благодаря которому этот последний достиг своих бессмертных открытий, Тихо де-Браге установил явление атмосферической рефракции, измерил последнюю, открыл третью вариацию Луны, т. е. изменения, испытываемые кривизной эклиптики и наклонением лунной орбиты, точно определил предварение равноденствий и т. д.

Замечательной точностью, наряду с наблюдениями Тихо де-Браге, отличались наблюдения, опубликованные в 1618 г. Снеллем. Этими последними руководил ландграф Гессен-Кассельский Вильгельм IV [1].

Наблюдательная астрономия не могла достигнуть больших успехов, не пользуясь увеличительными приборами, которые не были еще изобретены. Что же касается реформы теории, начатой Коперником, то последняя была доведена до конца без всяких новых усовершенствований в способах наблюдения.

Предлагая гелиоцентрическую систему, Коперник, как мы указали уже выше, снова обратился к древней гипотезе. Старая система Птолемея была этой гипотезой значительно упрощена. Однако, придерживаясь классического постулата, что все движения небесных тел совершаются по круговым путям, Коперник не смог отбросить теории эпициклов [2]. Необходимость отказа от этого постулата становилась все более и более очевидной. Нужно было найти какой-то другой геометрический закон, на основании которого можно было бы гораздо точнее определять положение планет. Это понял Иоганн Кеплер (1571—1630).

ПОСЛЕДНИЙ АСТРОЛОГ. КЕПЛЕР. Кеплер родился в маленькой вюртембергской деревне и воспитывался в тюбингенской школе за счет вюртембергского герцога. Учителем его был Местлин. 23 лет он получил профессорскую кафедру в Граце (Штирия). В 1599 г. он отказался от этой должности и переехал в Прагу для того, чтобы стать помощником Тихо де-Браге. В 1601 г., после смерти Тихо, он заменил его в звании астронома, состоящего при императорском дворе. Хотя Кеплер никогда не мог добиться того, чтобы ему акку-

---

[1] Во Франции во второй половине XVI столетия руководствами для изучения астрономии служили только произведения астролога Бассатиана или Нострадамуса. Так же, как и в Англии, там долгое время не было ни одной школы для научного изучения астрономии. Первые важные наблюдения прохождения Меркурия через диск Солнца были произведены Гассенди в 1631 г. Профессор Collège de France Морен (1583—1656) безуспешно предлагал свой новый способ определения градусов долготы, желчно нападая на последователей Коперника. Первым астрономом-профессионалом во Франции был Исмаил Буллио (1605—1684). Его «Astronomia philolaica» (1645), несмотря на заключающиеся в ней теретические ошибки, свидетельствует о глубокой учености своего автора.

[2] Теория эпициклов заключалась в утверждении, что планеты движутся по кругам, центры которых в свою очередь движутся по каким-то другим кругам. Несогласие данных наблюдения с вычисленными положениями планет приводило к постулированию все новых и новых эпициклов, т. е. к допущениям, что вторые круги в свою очередь движутся так, что центры их описывают круги, и т. д. *(Прим. ред.)*

ратно выплачивали его жалованье, он все же не бросал работы, так как его новая должность давала ему возможность пользоваться тем огромным материалом наблюдений Тихо де-Браге, который остался в рукописях последнего.

Во многих отношениях Кеплер не принадлежал к числу ученых нового времени. Он, повидимому, еще верил в астролотию, доставлявшую ему средства существования. Ему казалось, что система мира должна основываться на математических отношениях, полных таинственной гармонии и еще никем не отысканных. Чтобы отыскать эти гармонии, он прибегал к самым разнообразным комбинациям чисел и фигур, казавшихся ему способными приблизить его к намеченной цели. В этом заключалось содержание его первого большого сочинения «Космографическая мистерия» («Mysterium cosmographicum», 1590). Здесь им были высказаны те мечтания, которыми он увлекался в течение 20 лет и которые привели его к открытию третьего закона планетных движений, определяющего отношение между временем обращения планет вокруг Солнца и расстояниями их от него. Открытие третьего закона произошло 15 мая 1618 г. и изложено впервые оно было в книге «Гармонии мира» («Harmonices mundi»), вышедшей в 1619 г.

Что касается двух первых законов Кеплера, то они были изложены в «Записках о движении планеты Марса» («Commentarii de motibus stellae Martis»), изданных десятью годами раньше «Гармоний мира»: 1) планеты обращаются вокруг Солнца по эллипсам, в одном из фокусов которого находится Солнце; 2) площади, описываемые в равные времена движением линии, соединяющей Солнце и планету, равны между собою.

Кеплер писал: «Мне все равно, кто будет меня читать; люди нынешнего или люди будущего поколения. Разве господь-бог не дожидался шесть тысяч лет, чтобы кто-нибудь занялся созерцанием его творений?»

И вся важность законов Кеплера была понята только по прошествии 60 лет, когда Ньютон сделал из них выводы, приведшие его к установлению законов тяготения.

Открытия Кеплера по своему значению могли быть оценены только астрономами. Для понимания их требовались обширные математические познания, а мистические соображения, рассыпанные в них, возбуждали недоверие и требовали проверки, к которой способны были только знатоки дела. С другой стороны, они базировались на системе Коперника и подтверждали правильность последней[1]. Поэтому их косвенно касались и нападки, которым подвергался Коперник. По этой причине они вызывали безмолвное одобрение

[1] Тихо де-Браге, как известно, предложил компромисс. Допустив, что Земля находится в центре мира и что все другие планеты вращаются вокруг Солнца, тогда как последнее вращается вокруг Земли, астрономы могли, с одной стороны, сохранить постулаты древних астрономов, а с другой — не войти в противоречие с системой Коперника. Законы Кеплера, и в особенности третий из них, очевидно несовместимы с подобной гипотезой. Сам Кеплер решительно высказывался в пользу теории Коперника.

КЕПЛЕР

1551—1630

Гравюра Гейдена

только со стороны ученых, специально занимавшихся астрономическими наблюдениями. Все ученые, способные понимать научное значение открытий Кеплера, высоко ценили труды немецкого астронома уже при его жизни.

Из всех открытий XVII столетия открытия Кеплера были самыми важными, как по огромности потраченного на них труда, так и по значению тех выводов, которые можно было из них сделать. Именно открытия Кеплера окончательно уронили авторитет древних астрономов, занимавшихся геометрической проблемой, вместо того чтобы приступить к решению проблемы механической. Для выполнения этой последней задачи необходимо было окончательно отбросить учение Аристотеля о законах движения и заменить его новым. Хотя Кеплер и предчувствовал необходимость подобной реформы, осуществлена она была не им, а Галилеем.

СИСТЕМА МИРА. ГАЛИЛЕЙ. В 1610 г., т. е. год спустя после появления сочинения Кеплера о движениях Марса, профессору математики Падуанского университета Галилею (1564—1642) было уже 46 лет. Он приобрел к этому времени некоторую известность, но не в особенно широкой области [1]. Известностью своей он был обязан некоторым остроумным практическим изобретениям, — гидростатическим весам и пропорциональному циркулю. В 1610 г. из сочинения Галилея «Звездный вестник» («Nuntius sidereus»), представлявшего по объему всего несколько страниц, ученые неожиданно узнали, что, пользуясь какими-то отрывочными сведениями об изобретенной в Голландии зрительной трубе из двойных стекол, он построил прибор, увеличивающий все предметы в 30 с лишним раз. С помощью этого прибора он установил неслыханные факты, что на Луне, вероятно, имеются моря и атмосфера, что на ней, во всяком случае, имеются горы, высоту которых можно определить и которые превосходят по высоте земные горы, что Млечный Путь — не что иное, как масса звезд, что то же самое можно сказать и о туманных пятнах, что число неподвижных звезд намного превышает то, которое видно невооруженным глазам, что Юпитер имеет четырех спутников, обращающихся вокруг него, и т. д. [2]. Это сочинение сразу же сделало Галилея знаменитостью. Он предпринял поездку со своим инструментом по главным городам Италии, чтобы показать всем то, что

---

[1] Наиболее выдающимися итальянскими астрономами того времени были два ученых: Клавдий, живший в Риме, и Мадзини (1536—1617), работавший в Болонье.

[2] Вслед затем был описан внешний вид Сатурна, объяснением которого впоследствии занялся Гюйгенс; установлено существование фаз Венеры и пятен на Солнце. Заслугу этого последнего открытия у Галилея оспаривали, потому что он долго не опубликовывал результатов своих наблюдений. Однако она, повидимому, принадлежит ему бесспорно.

В течение почти тридцати лет астрономические наблюдения можно было делать только с помощью тех телескопов, которые изготовлялись в Италии Галилеем или учившимися у него оптиками. Даже в Голландии, где были изготовлены первые телескопы (миддельбургским уроженцем Янсеном), эти инструменты не могли равняться с теми, которые делались в Венеции и Флоренции

видел он сам. Великий герцог Тосканский Козимо II назначил ему пенсию как своему математику и философу, и он переехал из Падуи во Флоренцию, откуда был родом [1].

Освободившись от университетских уз и заручившись покровительством своего государя, Галилей начал, ничем не стесняясь, борьбу с аристотелевской традицией. Еще в молодости, в бытность свою в Пизе, он высказал новые идеи относительно падения тел и прибег к публичному опыту (на башне пизанского собора), чтобы доказать неосновательность школьного учения о пропорциональности скорости падения тел их весу. Однако ничего по этому вопросу он не напечатал и не рисковал касаться этого опасного новшества, читая в Падуе свои лекции по механике [2]. Позже он вернулся к обсуждению этих вопросов, но уже с большей осторожностью, в сочинении «Рассуждение о плавающих телах» («Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono»), вышедшем в 1612 г. [3].

Нередко высказывалось мнение, что исходным моментом в преобразовании механики послужил для Галилея опыт. Однако с тех пор как были изданы юношеские работы Галилея, неосновательность этого мнения сделалась очевидной. Только путем размышлений о принципе Архимеда Галилей убедился в несовместимости учения Аристотеля с понятием о давлении, испытываемом телами от всех жидкостей, в которых они пребывают. Именно эти соображения и развиваются в «Рассуждении», изданном в 1612 г. Галилей пытался построить свою новую теорию падения тел именно на априорных соображениях, а опыт служил для него лишь средством проверки или доказательства правильности гипотез.

Во время пребывания в Пизе взгляды его на этот вопрос были еще во многих отношениях неполными и ошибочными. В частности ему нехватало еще принципа, утверждающего, что тела сохраняют приобретенное ими ранее движение [4]. Галилей извлек этот принцип из теорий Демокрита. Усвоил он его главным образом потому, что видел в нем прекрасное оружие для опровержения аргументов, доказывавших неподвижность Земли. Приняв же его, он приобрел воз-

---

[1] Галилей родился в Генуе и возвратился туда для научных занятий, когда ему было 17 лет. В 1589 г. он был назначен там профессором математики, а в 1592 г. переехал оттуда на ту же должность в Падую.

[2] В этих лекциях, говоря о различных простейших машинах, Галилей развивал принцип своего учителя Гвидобальдо дель-Монте: то, что приобретается в силе движения, утрачивается в его скорости. Эти лекции ходили долго по рукам в виде рукописей и были напечатаны только в 1649 г. Впрочем Мерсенн издал их еще в 1634 г. во французском переводе под заглавием «Mecanique le Galilée».

[3] Имеется русский перевод в сборнике «Начала гидростатики», ГТТИ, 1932. *(Прим. ред.)*

[4] Этот принцип известен в настоящее время под именем принципа инерции. Согласно Аристотелю, инерцию следует понимать иначе: движение прекращается само собою, если оно не поддерживается каким-нибудь физическим или механическим способом. В 1583 г. Галилей заметил изохронность колебаний маятника, наблюдая качание люстры в пизанском соборе, это, по всей вероятности, и внушило ему недоверие к учению Аристотеля. Однако окончательно отверг он это учение, как это видно из бесспорных исторических документов, совсем не по этой причине.

можность развить математическую теорию тяжести, установить закон ускорения и падения тел, вычислить параболическую траекторию пушечных ядер и т. д. Эти бессмертные открытия, сделанные им по всей вероятности около 1604 г., были изложены гораздо позже, именно в «Рассуждениях и математических доказательствах относительно двух новых наук» («Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuovi scienze attenenti alla mecanica ed ai movimenti locali»), изданных в Лейдене в 1638 г. Здесь также фигурирует изохронность колебаний маятника и изложен ряд соображений относительно природы сил, соединяющих частицы твердого тела друг с другом. Это сочинение вышло в свет уже тогда, когда Галилей испытал всю горечь преследований за истину.

Астрономические открытия Галилея неожиданно дали много доказательств истинности гипотезы Коперника. Хотя сам Галилей все же избегал категорического одобрения этой гипотезы в своих печатных произведениях, его сочувствие по отношению к ней не подлежало никакому сомнению. Выводы, сделанные из открытий Галилея, более смело излагались другими учеными, и в конце концов гипотеза Коперника превратилась в теорию. Перипатетики, раньше не мешавшие обсуждению мнений Коперника, как принадлежащих к разряду гипотез, сочли необходимым прибегнуть к церковному авторитету. Католическое духовенство нашло, что учение Коперника стоит в противоречии со священным писанием, в то время как Галилей и его последователи стали утверждать, что это противоречие призрачно [1].

Соответствующее решение, осуждающее взгляды Коперника, Конгрегация Индекса вынесла 5 марта 1616 г.[2]. Галилей, на которого был сделан доминиканцем Каччини формальный донос в инквизицию, был вызван к кардиналу Беллармину. Последний запретил ученому отстаивать мнение Коперника в публичных речах и в сочинениях. Этот запрет состоялся 25 февраля 1616 г.; Галилей обещал исполнить полученный приказ. Он понимал, что решение было вынесено таким трибуналом, который формально не мог считаться непогрешимым, и полагал, что церковь самое большее могла признать учение о движении Земли смелым, но ни в коем случае не могла бы воспретить его обсуждение в качестве гипотезы. Поэтому он решил выждать для изложения своих взглядов более благоприятный момент.

В 1623 г. один из флорентинских Барберини, с которым Галилей находился в дружеских отношениях, сделался папой под именем Урбана VIII. В том же году Галилеем было получено разрешение напечатать свое сочинение «Весы» («Saggiatore»). В этом последнем, ведя полемику с иезуитом Орацио Грасси по поводу появившихся в 1617 г. трех комет, он напал на систему Птолемея. Зная однако, что доктрина Коперника осуждена католической церковью, он не высказывался в ее защиту, но не без некоторой иронии предложил

---

[1] Галилей высказал эту точку зрения с особой ясностью в письме к герцогине Христине. Письмо его было напечатано в Вормсе в 1636 г.

[2] Вместе с сочинением Коперника Конгрегация осудила также сочинения Диданкуса Астуникси и кармелитского монаха Фоскарини.

отыскать третью космологическую систему. В 1630 г. им был представлен на рассмотрение папы рукописный «Диалог о двух великих системах мира, коперниковой и птолемеевой», в котором три собеседника обсуждали мнения Птолемея и Коперника, не приходя в конце концов ни к какому решительному заключению. Урбан VIII, повидимому, одобрил содержание диалога. Так как Галилею создавали разные затруднения, то он решил не дожидаться присылки из Рима разрешения на печатание. Диалог был издан во Франции в 1632 г. Это возбудило в Риме большой скандал. Папу стали уверять, что под именем перипатетика Симпличио, упорно отвергавшего всякие мнения, несогласные со схоластической традицией, Галилей выставил в смешном виде именно его. Расположение папы было утрачено. Галилей был вызван на суд инквизиции и содержался под арестом 20 дней. В результате его вынудили, став на колени, публично отречься от своих мнимых заблуждений. Вынесенный над ним 22 июня 1633 г. приговор обрекал его на заключение в тюрьму и возлагал на него обязанность ежедневно вслух произносить в течение трех лет молитвы о покаянии. Однако от тюремного заключения его все же избавили. Остальную часть 1633 г. он провел в доме архиепископа Сиеннского, а потом получил разрешение поселиться в Арчетри, подле Флоренции. В 1636 г., когда он уже ослеп, ему были предоставлены некоторые льготы, благодаря которым его преданные ученики (Торичелли, Вивиани и др.) могли пользоваться последними наставлениями своего учителя.

Для всех были понятны мотивы обвинительного приговора над знаменитым астрономом. Его преследовали за то, что он осмелился на общепонятном языке обсуждать вопросы, до сих пор обсуждавшиеся только на латинском языке и в школах. Дело шло не о сущности его мнений, а о форме, в которой он отстаивал их основательность.

Так закончилась эта борьба. Не желая допускать необходимых реформ, университетские консервативные круги привлекли на свою сторону богословие. Но светская наука сделалась уже настолько сильной, что оказалась в состоянии преобразовать даже богословие. Важнейшим актом этой светской науки был выход сочинения Декарта «Рассуждение о методе» («Discours de la methode») [1].

ПЕРЕМЕНА СИСТЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ. ДЕКАРТ. Происходящий родом из французской дворянской семьи Декарт (1596—1650) жил главным образом в Голландии, занимаясь научными исследованиями. Если первое время его обширному учению не была чужда ни одна тема, то вскоре его целиком захватил один специальный вопрос. Под впечатлением открытий Галилея он стал усиленно заниматься усовершенствованием телескопа. С этой целью, отказавшись от чисто эмпирических поисков наилучшей конструкции, он решил поставить все дело на научную почву и принялся за изучение математических законов преломления лучей и за поиски наилучшей геометрической формы, которую следует давать увеличительным стеклам.

[1] Имеется русский перевод, изд. «Новая Москва», 1925. *(Прим. ред.)*

RENATI
DES-CARTES
PRINCIPIA
PHILOSOPHIÆ.

Nunc demum hac Editione diligenter recognita, & mendis expurgata.

AMSTELODAMI,
Apud Ludovicum & Danielem Elzevirios,
Anno cIↃ IↃc LVI.
Cum Privilegiis.

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ЛАТИНСКОГО ИЗДАНИЯ «НАЧАЛ ФИЛОСОФИИ» ДЕКАРТА (1656 г.)

Все это привело его к постановке общей проблемы построения касательных к алгебраическим кривым. Изучив этот вопрос теоретически, он сразу же попытался применить теоретические результаты на практике[1].

Когда один из друзей Декарта попросил его объяснить явление ложного солнца (которое наблюдал во Фраскати иезуит Шейнер), мыслитель воспользовался этим случаем, чтобы изложить свои воззрения на природу солнечного света, радуги и других подобных явлений. Затем его программа постепенно расширилась. Он стал заниматься физикой в самом широком смысле этого слова и попытался построить общую систему научного миропонимания взамен той, которая господствовала в университетах. Иными словами, он попытался заменить физику Аристотеля своею собственной.

В течение четырех лет Декарт работал над сочинением, набросок которого уже приближался к концу, когда обвинительный приговор над Галилеем заставил его прекратить работу, так как учение Коперника играло в его системе важную роль. Он решил отложить на некоторое время полное изложение своей физической системы и вместо этого занялся созданием новой метафизики.

Физика Аристотеля представляла собою в некотором смысле доказательство существования бога, так как исходила из необходимости допущения первичной движущей силы. Это же допущение было несовместимо ни с идеями Декарта, ни с учением Галилея. В этом крылась опасность для новых идей, грозившая со стороны теологии. Стало быть, нужно было отыскать новое доказательство бога, чтобы оградить себя от обвинений в атеизме. Это и составило главную цель сочинения Декарта «Рассуждение о методе».

Но кроме этого знаменитое произведение Декарта заключало в себе два других отдела, которые, по мнению самого автора, имели не менее важное значение. Во-первых, там излагались основные правила нового метода, правила, носящие чисто математический характер. Эти правила должны были заменить как аристотелев «Органон», так и все старые принципы школьной логики. Во-вторых, там излагалась система механической физики, отвергавшая существование пустого пространства. В заключении были изящно обрисованы практические результаты, которые может извлечь человек из методического изучения природы. Этот тезис Бэкона был изложен у Декарта весьма кратко, но с замечательной выразительностью.

К «Рассуждению о методе» были прибавлены три очерка, которые должны были служить иллюстрациями практического применения новых принципов. О первом из этих очерков — «Геометрии» — мы уже говорили выше. Второй очерк — «Диоптрика» — был посвящен

---

[1] Старания Декарта усовершенствовать телескоп были чрезвычайно полезны. Если мыслителю не удалось достигнуть вполне удовлетворительных практических результатов, то исключительно потому, что наличие неоднородности в стеклах и связанное с этим явление рассеяния света сводило на-нет все преимущества, полученные благодаря усовершенствованию формы стекол.

изложению теории света и ее применений к изготовлению телескопов. В третьем очерке — «Метеорах» — Декарт применял свою физическую теорию к объяснению колец вокруг Солнца.

В этом первом своем сочинении Декарт коснулся метафизики только мимоходом. Он только кратко изложил в логической связи те идеи, которыми довольствовался в молодости. Поэтому, чтобы ответить на нападки критиков, ему пришлось изложить свои теории более подробно. Это было сделано в книге «Метафизические размышления» («Meditations metaphysiques»), которая была опубликована первоначально на латинском языке в 1641 г.[1].

Успех этого сочинения был громаден и обеспечил за картезианизмом полное торжество. Конечно, ничто не могло ни протестантскому, ни католическому духовенству помешать высказывать свои неодобрения новой философии[2], однако ни один богослов, включая сюда и Боссюэ и Фенелона, не мог уже обойтись без ее изучения. И действительно, разве можно было оспаривать превосходство простой и ясной аргументации Декарта над схоластикой и силлогизмами Фомы Аквината и Аристотеля. Все стали мало-по-малу поддаваться влиянию Декарта. Последние защитники философии Аристотеля были уже лишены возможности рассчитывать на богословские факультеты как на опору в своей борьбе против защитников новых идей.

Декарту оставалось только изложить свою систему природы в ее полном объеме. Это и было сделано им в «Началах философии» («Principes de philosophie», 1644). Дополнением к этой книге служит «Трактат о человеке» («Traité de l'homme»), излагающий специальные исследования Декарта по биологии. Это последнее произведение вышло в свет только после смерти своего автора, в 1664 г. Таким образом, учение Аристотеля было заменено полностью. Даже основы новой теории морали были разработаны Декартом. Их изложению посвящен «Трактат о страстях» («Traité des passions», 1649)[3].

Умственное развитие человечества еще никогда не переживало столь глубокого переворота. К сожалению, теория Декарта не могла сохраниться полностью. Физические воззрения картезианизма были построены, подобно системе Аристотеля, совершенно априорно. Несмотря на свои большие достоинства как в трактовке специальных вопросов, так и в освещении общих проблем, они заключали серьезные ошибки. Эти ошибки относились к постулатам, лежащим в основе новой механики. Усвоив принципы Галилея, Декарт впал в заблуждение, стараясь их дополнить. Окончательная формулировка основных законов движения принадлежит только Гюйгенсу и Ньютону.

Но эти недостатки системы Декарта не помешали ее распространению. Хитрые уловки, к которым прибег мыслитель, чтобы отклонить от себя обвинения в сочувствии идеям Коперника, делали ее

---

[1] Имеется русский перевод, изд. С.-Петербургского философского общества 1901. *(Прим. ред.)*.

[2] На «Метафизические размышления» было даже наложено в 1663 г. Конгрегацией Индекса запрещение.

[3] «Начала философии» и «Трактат о страстях» имеются на русском языке в однотомном собрании сочинений Декарта, изданном в Казани в 1912 г. *(Прим. ред.)*.

так сказать, вполне легальной. После того как Декарт умер (он был вызван в Швецию королевой Христиной и там заболел), его университетские последователи стали усиленно распространять теории своего учителя. В результате, несмотря на многочисленные препятствия, идеи картезианизма стали быстро приобретать все большее и большее число сторонников.

Умственное движение, зародившееся в Бельгии и Голландии, вскоре стало вызывать отклики и в других странах, а препятствия, которые оно встречало, привели только к тому, что картезианизм завоевал себе господство в научном преподавании лишь тогда, когда вне университетов стали уже делаться указания на его научные недостатки. Поэтому, хотя картезианская реформа достигла наибольшего успеха, какого только мог пожелать ее автор, она оказалась не в состоянии настолько обновить застарелый организм университетов, чтобы он снова мог сделаться орудием прогресса. Светская наука должна была создать для себя новую организацию. Эта организация явилась в лице академий, принявших на себя руководство умственным движением на целых полтораста лет. Но история академий относится уже к следующему периоду.

IV

НАУЧНОЕ РАЗВИТИЕ В XVII СТОЛЕТИИ

Академии. С половины XVII столетия научное движение приобрело такой размах, что государственная власть уже не могла оставаться к нему безучастной. Правительства скоро проявили свою деятельность основанием в Англии (1662), во Франции (1666) и в Германии (в Пруссии, 1700) трех знаменитых обществ, сыгравших впоследствии руководящую роль в истории науки.

Университеты, долго стоявшие во главе умственной жизни, окончательно перестали руководить ею. Даже в тех случаях, когда своей слепой привязанностью к устарелым схоластическим традициям они не создавали препятствий для движения науки вперед, они все же оказывались неспособными к преобразованию, чтобы отвечать требованиям нового времени. Тем сильнее сознавалась необходимость создания таких организаций, которые были бы способны объединять в своих руках производство научных исследований и покрывать связанные с этим расходы.

Пример создания подобных организаций уже давно был показан Италией. С тех пор, как Козимо Медичи назвал академией работавшее под его покровительством собрание последователей философии Платона, то же название, нередко со странными прибавлениями, стали присваивать себе бесчисленные ассоциации, задававшиеся самыми разнообразными целями. Подобные ассоциации получали обычно денежные поддержки не от правительств, а от каких-либо частных покровителей. Поэтому существовали они обычно недолго[1]. Только две из них, занимавшиеся экспериментальными исследованиями, приобрели довольно громкую известность.

Академия «Зорких» (dei Lincei), основанная в Риме в 1603 г. принцем Чези[2] и насчитывавшая в составе своих членов Галилея,

---

[1] Первое итальянское ученое общество — Academia secretorum naturae — было основано в 1560 г. в Неаполе Ж. Б. Портой. Цель его заключалась в изучении медицины и натурфилософии. Оно однако скоро закрылось, так как президента его стали обвинять в занятиях магией.

[2] Принц Чези намеревался соединить в единое общество всех наиболее крупных ученых различных национальностей, а не ограничиваться пределами одного только Рима.

распалась в 1630 г., после смерти своего основателя. К ее заслугам следует отнести участие в издании ряда важных сочинений. «Опытная» академия (del Cimento), основанная во Флоренции в 1657 г. Леопольдом Медичи, ставшим впоследствии кардиналом, существовала только около 10 лет. Она оставила после себя один том работ (1667), заключавший в себе описание многочисленных физических опытов, очень интересных для той эпохи. Другие академии ученых в Италии вплоть до XVIII столетия не играли сколько-нибудь выдающейся роли. Их существование сделалось более прочным с начала XVIII столетия, и они стали тогда подражать большим парижским и лондонским ученым обществам.

Прежде всех других стран примеру Италии последовала Германия. В 1652 г. доктор Бауш основал «Академию натуралистов» (Academia naturae curiosorum или Cesarea Leopoldina), занимавшуюся специально медициной и переносившую центр своей деятельности туда, где постоянно жил президент. С 1705 г. она стала издавать свои мемуары. Организация Бауша долгое время оставалась в одиночестве, потому что в немецких университетах XVII столетия было больше жизненных сил, чем в университетах французских и английских.

Лондонское королевское общество возникло из собраний, занимавшихся главным образом экспериментальными исследованиями. Эти собрания начались в 1645 г. во время гражданской войны. Заседания происходили в Оксфорде. Характер общества несколько изменился благодаря вмешательству в его деятельность со стороны короля Карла II. Денежные средства общества долгое время были весьма скудны. Несмотря на это, оно начало с 1665 г. издавать специальный журнал «Philosophical Transactions». Постоянной тенденцией общества было производство экспериментальных исследований в духе Бэкона, исследований, не руководимых никакой предвзятой системой. Самым выдающимся из его членов в описываемый период был физик и химик Бойль. Бессмертные открытия Ньютона скоро придали деятельности общества огромную известность и выдвинули в нем на первый план занятия математикой.

Основанию Парижской академии наук также предшествовали постоянные собрания, которым ошибочно давали название академических, потому что, повидимому, они никогда не имели ни статутов, ни денежных средств, необходимых для регулярной деятельности. В 1636 г. усилиями Роберваля и Этьена Паскаля было создано общество, собиравшееся по четвергам поочередно у каждого из своих членов. В состав этого общества был включен и Блэз Паскаль, бывший в то время почти ребенком. Это общество, состоявшее, повидимому, большею частью из любителей, принадлежавших к числу членов парламента, закрылось во время Фронды. Несколько последующих попыток заново организовать его остались бесплодными. Одновременно с деятельностью этого общества бывший друг Гассенди, Габер, начал собирать у себя общество картезианцев, находившееся некоторое время в цветущем состоянии. В Академии, основанной Кольбером и состоявшей первоначально из 21 члена, снова

появился Роберваль с некоторыми из своих личных друзей. Картезианцам однако доступ туда был закрыт, так как, повидимому, их связи с янсенистами роняли их в глазах правительства. Зато во Францию были приглашены иностранцы: сначала Гюйгенс, прославивший академию своими работами, а затем Кассини (1669) и Ремер (1672), затмившие своими произведениями труды их французских коллег. Это общество начало публиковать мемуары только с 1693 г. До этого же времени оно не пользовалось большим влиянием.

Берлинскую академию, исполняя желание своей жены Софии-Шарлотты, основал по предложенному Лейбницем плану прусский король Фридрих I. Это было простое подражание Лондонской и Парижской академиям. Внук Фридриха I говорил Вольтеру, что его деда уверили в необходимости содержать Академию, подобно тому, как человека, возведенного в дворянское звание, уверяют в необходимости содержать стаю гончих собак. Фридрих II был первым из прусских королей, серьезно занявшихся своей академией, которая до той поры влачила довольно жалкое существование, хотя и начала с 1710 г. издавать свой «Литературный сборник». Ее роль сделалась действительно блестящей с середины XVIII столетия. К числу ее особенностей относилось то, что в ее составе имелся раздел филологии и истории и что поэтому она вела переписку одновременно и с Парижской академией наук и с Парижской академией надписей и изящной литературы.

Следует отметить, что правительства основывали академии наук первоначально с совершенно другими целями, чем те, которые преследуют академии нового времени. В настоящее время — это совершенно независимые учреждения, принимающие новых членов только в ознаменование их важных научных заслуг и даже в своих отчетах упоминающие только имена таких людей, которые сделали сколько-нибудь интересное открытие. Главная сила старых академий заключалась в том, что они могли доставить ученым известность. Это прежде всего поняло Лондонское королевское общество. Однако, хотя оно пользовалось гораздо большей свободой, чем однородное парижское общество, история этого последнего дает нам гораздо более ясное представление о тенденциях правительств, основывавших академии. Правительства имели в виду создание чего-то вроде музея Птолемеев, но никак не свободной афинской академии. Они основывали учреждения, члены которых должны были заниматься необходимыми для государства работами по директивам министров. Чтобы набрать достаточное число членов, для самых выдающихся из них назначалось жалованье, и они назывались пенсионерами. В состав учащихся брались совершенно молодые люди, обратившие на себя внимание не столько своими работами, сколько желанием отличиться. Среднюю группу между учащимися и членами академии составляли ассистенты, которые имели право участвовать в заседаниях и часто получали различные награды. На подобное учреждение можно было возлагать определенные задания; можно было, например, потребовать от него нивелировки страны (выполнение этого задания составило важную работу астронома Пикара) или составление

LES DOVZE CLEFS DE PHILOSOPHIE DE FRERE BASILE VALENTIN,

RELIGIEVX DE L'ORDRE Sainct Benoiſt.

Traictant de la vraye Medecine Metalique.

Plus l'Azoth, ou le moyen de faire l'Or caché des Philoſophes.

TRADVCTION FRANCOISE.

A PARIS,

Chez PIERRE MOËT, Libraire Iuré, proche le Pont S. Michel, à l'Image S. Alexis.

M. DC. LIX.

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ФРАНЦУЗСКОГО ИЗДАНИЯ КНИГИ ВАСИЛИЯ ВАЛЕНТИНА «ДВЕНАДЦАТЬ КЛЮЧЕЙ ФИЛОСОФИИ».

ее карты и т. д. Изучение математики и астрономии служило именно такой практической цели. Физикам, химикам и натуралистам точно также давались лишь такие проблемы, разрешение которых могло содействовать развитию промышленности и искусств. Эти практические установки правительств и объясняют, почему за первый период существования академий в них сравнительно мало занимались теоретическими исследованиями.

Эти же причины имели и другие следствия. Для того чтобы получить возможность возлагать на академиков все работы, какие оно найдет нужным, правительство выбирало в состав членов академии, за очень редким исключением, лишь людей, не имеющих отношения к преподавательской работе. В этом смысле очень характерен список первых членов Парижской академии [1].

Несмотря на то, что иезуиты имели в своей среде нескольких даровитых профессоров, по странному недостатку предусмотрительности они не сумели добиться для этих профессоров звания членов академии. Таким образом, как бы с единодушного согласия, между новой организацией ученых и схоластической традицией установился радикальный разрыв. Что же касается первоначального решения о невключении в академию картезианцев (особенно естественным казалось бы избрание в члены академии Рого), то оно не продержалось долго. Избрание представителей школы Декарта, хотя и с некоторым запозданием, все же состоялось. В 1697 г. в академию был избран Фонтенелль, а в 1699 г. — Мальбранш. Физическая система Декарта стала господствующей в академии, в иезуитских школах и в университетах именно в то время, когда открытия Ньютона обнаружили ее недостатки.

НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ. Для постоянного развития научных исследований, кроме академий, необходим был и другой орган. Серьезные научные работы не находили большого числа читателей и поэтому не могли покрывать расходов, связанных с их печатанием. Однако их все же нужно было издавать, и притом так, чтобы с ними могли знакомиться небогатые ученые. Было необходимо также своевременно опубликовывать все научные новости, результаты всевозможных наблюдений и мелкие заметки.

Первый периодический орган, предназначенный для удовлетворения потребностей этого рода — «Journal de Sçavans», — был основан советником Парижского парламента Дени де-Салло (1626—1669), который, получив от Кольбера привилегию, выпустил в свет 5 января 1665 г. первый номер своего ежемесячника (в 1½ листа in-4). Отчеты о вновь вышедших сочинениях сопровождались у него оценками, зачастую сильно раздражавшими самолюбие авторов. Скоро Дени де-Салло пришлось вступить в борьбу с иезуитами; его стали обвинять в сочувствии янсенизму, а папский нунций даже стал жаловаться на то, что «Journal de Sçavans» дурно отзывается

[1] Каркави, Гюйгенс, Роберваль, Фрэникль, Озу, Пикар, Бу, Дюмьель, Ла-Шамбр, Клод Перро, Дюкло, Бурдерен, Пекке, Гайан, Никкель, Маршан, Кенле, Рише, Пиве и Мариотт.

об инквизиции. Кольбер был вынужден запретить де-Салло руководить изданием журнала, но вознаградил его за это назначением на выгодную должность по финансовому ведомству. Изданием журнала стал руководить с 1666 по 1675 г. один из сотрудников де-Салло, аббат Галлуа. Впоследствии Галлуа был заменен аббатом де-ла-Рок, а с 1686 г. руководство журналом перешло к президенту Кузену. В 1701 г. при канцлере Поншартрене правительство приняло на себя расходы по изданию и поручило редактирование журнала специальному комитету ученых. Этот способ оставался неизменным вплоть до нашего времени, за исключением перерыва с 1792 по 1816 г.

Успех французского журнала вызвал подражание в других странах. В 1682 г. Отто Менке (1644—1707) основал в Лейпциге журнал «Acta eruditorum». Благодаря статьям Лейбница журнал этот скоро приобрел огромное значение для математики. Его издание продолжалось вплоть до 1774 г.

В Голландии стали издаваться в формате in-12 несколько журналов: «Nouvelles de la republique de lettres» (с 1684 по 1718 г.), «La bibliothèque universelle et historique» (с 1686 по 1693 г.) и «Histoire des ouvrages de savants» (с 1687 по 1709 г.). Все эти журналы занимались столько же литературой, сколько и науками. Ученый мир не подвергся еще достаточной диференциации, необходимо вызываемой самим развитием науки. Когда Гюйгенс открыл существование спутника Сатурна, французской академии эту важную новость сообщил не имевший никакого отношения к астрономии Шапелен. Разумеется, его сообщение возбудило в академиках сильнейший энтузиазм.

Французские названия журналов, издававшихся в Голландии, достаточно ясно показывают, что деспотизм Людовика XIV заставил его подданных (протестантов, янсенистов и др.) искать страну, где печатание книг не подвергалось бы таким затруднениям и опасностям, как во Франции. Отмена Нантского эдикта сильно содействовала распространению в Европе французского языка и поставила его почти на целое столетие в разряд всеобщего языка науки, наряду с латинским. В то же время в результате этой отмены Франция лишилась многих гениальных людей, могущих ее прославить, так как ряд крупных ученых должен был покинуть отечество.

ОБСЕРВАТОРИИ. Создание обсерваторий было не менее необходимо для дальнейшего научного движения, чем основание академий и издание научных журналов, хотя оно и касалось одной только науки — астрономии. Эта наука продвинулась вперед уже так далеко, что не могла развиваться дальше без государственной помощи.

Долгое время астрономия существовала за счет своей незаконнорожденной сестры — астрологии. Вера в возможность предсказания будущего по гороскопам побуждала владетельных особ содержать при себе астрономов и тратить деньги на устройство обсерваторий. Распространение научных представлений отняло у астрономии этот

ресурс именно в тот момент, когда она стала нуждаться в особо дорогих инструментах и в постоянных систематических наблюдениях, которые были возможны только в учреждениях, содержащихся на государственный счет.

Последней большой обсерваторией, принадлежавшей частному лицу, была обсерватория Гевелиуса (Гевелке, 1611—1687) в Данциге. Будучи сыном богатого пивовара, Гевелиус посвящал все свое свободное время изучению астрономии и в 1641 г. построил себе обсерваторию, в которой сразу же предпринял важные работы. В 1647 г. он издал книгу «Селенография» («Selenographia»), представлявшую собой очень подробное и точное описание Луны. Описание это не могло впрочем сравниться с описанием, которое дал болонский иезуит Гримальди (1619—1663) и которое было помещено в «Новом альмагесте» («Almagestum novum», 1651) иезуита Риччиоли (1598—1671). После «Селенографии» Гевелиус издал «Описание комет» («Cometographia», 1668), посвященное Людовику XIV, и наконец «Небесный механизм» («Machina coelestis», 1673), с каталогом, заключавшим в себе точное определение положения 1 564 звезд (у Тихо де-Браге было описано только 1 000 звезд). В старости Гевелиуса постигло большое несчастие. В 1679 г. пожар уничтожил основанное им великолепное учреждение, библиотеку и большую часть его рукописей.

Другой любитель, знаменитый Христиан Гюйгенс (1629—1695), почти одновременно сделал два важных открытия, благодаря которым открылась возможность создания новых астрономических приборов. Глубокий математик, наделенный к тому же умом, направленным к практическим приложениям теории, он осуществил в 1657 г. мысль, которою в конце своей жизни был занят Галилей, именно: построил часы с маятником. С тех пор астрономия получила средство измерять время с такою точностью, которая была совершенно немыслима раньше. Это был огромный шаг вперед, не меньший, чем изобретение астрономической зрительной трубы.

Этот последний инструмент, состоящий из двух двояковыпуклых линз, изготовлялся в те времена на основе чисто эмпирических способов, большей частью хранившихся в тайне. Гевелиусу удалось сконструировать себе достаточно точные инструменты, чтобы получить возможность первым наблюдать фазы Меркурия. Однако некоторые из итальянских мастеров все еще оставались вне конкуренции, хотя и достигали значительных увеличений лишь посредством очень громоздких и неудобных аппаратов. Отец Гюйгенса, находившийся в дружбе с Декартом, очень интересовался попытками последнего усовершенствовать линзы. Христиан Гюйгенс тоже очень рано начал опыты самостоятельной фабрикации объективов. Отказавшись от мысли Декарта шлифовать стекла так, чтобы они имели не сферическую, а какую-нибудь иную поверхность, он нашел новую, более рациональную конструкцию и достиг весьма значительных результатов с инструментами, гораздо менее крупных размеров, нежели прежние. Преимущества своих приборов он доказал двумя открытиями, доставившими ему громкую известность. В 1656 г

он открыл одного из спутников Сатурна, а затем, на основе наблюдения фаз кольца Сатурна, объяснил, какова природа последнего.

Серьезная заинтересованность правительств в развитии астрономии имела свои корни. С тех пор, как стали предприниматься длинные морские путешествия, проблема точного определения долготы стала одной из важнейших для мореплавания проблем. Разрешения этой проблемы можно было ожидать только от усиленного развития астрономии и часового мастерства. Сначала Испания с Голландией, а затем Франция, назначили крупные денежные награды тому, кто предложит наилучший практический способ определять долготу. Однако во Франции не было ни хороших инструментов, ни опыта в производстве наблюдений. Для того чтобы поднять практическую астрономию на один уровень с математикой, необходимы были значительные усилия. Одной из важных заслуг Кольбера было то, что он ясно осознал это и сумел сделать из этого все практические выводы.

Кольбер не ограничился тем, что пригласил в Париж Гюйгенса. Этот великий ученый все равно не смог бы сузить применение своих гениальных способностей рамками одной только наблюдательной астрономии. Кольбер обратился также к лучшему из итальянских астрономов того времени, Джованни Доминико Кассини (1625—1712). Последний составил сначала проект Парижской обсерватории (начатая постройкой в 1667 г., она была открыта в 1671 г.), а потом и сам приехал во Францию (в 1669 г.), где сделался родоначальником блестящей династии ученых, пресекшейся лишь в конце XIX столетия. Неоценимого сотрудника Кассини нашел себе в лице Пикара, который вместе с Озу изобрел в 1666 г. микрометр, после незначительных усовершенствований в деталях оставшийся в употреблении и до наших дней. Посланный в Данию, чтобы точнее установить положение старой обсерватории Тихо де-Браге, Пикар привез с собой в 1672 г. Олафа Ремера (1644—1719), оставшегося с тех пор работать во Франции.

Вскоре примеру Франции последовала Англия. Постройки в Гринвиче были окончены в 1676 г. Однако для того, чтобы создать астрономические традиции, английское правительство не нуждалось, подобно французскому, в помощи иностранцев. Первый директор английской обсерватории Фламстед (1646—1719) оказался отличным наблюдателем. Заменивший его впоследствии Галлей (1655—1742) не уступал ему в искусстве делать наблюдения.

До середины XVIII столетия инструменты для наблюдений не подвергались никаким существенным изменениям, кроме указанных нами выше. Наличие радужных каемок в даваемых изображениях не было устранено, и мнение Ньютона, что такое устранение вообще невозможно, считалось основательным довольно долго. Хотя изобретение зеркальных телескопов относится к описываемой эпохе (Грегори в 1655 г. и Ньютон в 1672 г. — в Англии, Кассегрен в 1672 г. — во Франции), но прошло больше столетия, прежде чем был найден способ изготовления инструментов этого рода, пригодных для точных астрономических наблюдений.

Основанные правительствами обсерватории сделались центрами всех астрономических работ, не имеющих чисто теоретического характера. Только немногие работы, которые необходимо должны выполняться вне обсерватории, составляют в этом отношении исключение. Поэтому перечисление важнейших достижений астрономии должно находиться в непосредственной связи с историей обсерваторий.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ. Постройка Парижской обсерватории еще не была закончена, когда Академия наук выполнила важную задачу, которую с надлежащей точностью не могли бы выполнить отдельные частные лица. Академия поручила Пикару (1620—1682) произвести измерение градуса земного меридиана. Результат этого измерения, опубликованный в 1671 г., вскоре помог Ньютону установить закон всемирного тяготения.

С 1681 г. тот же Пикар начал редактировать журнал «Connaissance du temps», издание которого, преследующее интересы мореплавания, перешло потом в специальное «Бюро долгот».

Астроном Доминико Кассини, назначенный Кольбером на должность директора Парижской обсерватории, вполне оправдал возлагавшиеся на него надежды.

Первые исследования, произведенные им в Париже, относились к вращательному движению Солнца, которое было измерено посредством наблюдения над солнечными пятнами. Кассини значительно уменьшил вычисленный Галилеем и прежними наблюдателями период этого вращения. Еще живя в Италии, он вычислил времена вращения Юпитера, Марса и Венеры. Не достигнув никакого определенного результата в отношении Сатурна, он открыл однако в 1671, 1672 и 1684 гг. четырех спутников этой планеты, сверх того, который был открыт Гюйгенсом. Руководясь мнением Галилея, что наблюдение затмений спутников Юпитера может помочь определению долготы, он предпринял издание «Эфемерид», которые были посвящены описанию движения этих спутников.

Изучение затмений спутников Юпитера доставило одному из сотрудников Кассини, Ремеру, возможность сделать важнейшее для оптической теории открытие, именно: определить скорость распространения света. Если кроме того принять во внимание геодезические работы, которыми руководил Кассини[1], то можно определенно сказать, что с самого начала своей деятельности парижская обсерватория смогла удовлетворить и требованиям науки и желаниям своего основателя. Гринвичская обсерватория, не располагавшая достаточными денежными средствами, приобрела известность своими достижениями и открытиями значительно позже. Фламстед терпеливо осуществлял работу, обессмертившую его имя: составление каталога 3 000 звезд. Издание этой работы сопровождалось довольно стран-

[1] В 1700 г. вместе со своим сыном Жаком он измерил французский меридиан (южное продолжение парижского меридиана). Измерение северного продолжения было поручено его сыну. К числу работ Доминико Кассини принадлежит кроме того открытие зодиакального света и теория лунной либрации (периодических колебаний лунной оси).

ными обстоятельствами. В 1704 г. принц Георг Датский изъявил готовность взять на себя расходы издания. Королевское общество поручило надзор за последним особому комитету, в состав которого входил между прочим и Ньютон. Рукописи, приготовленные Фламстедом, были уже рассмотрены, как вдруг Фламстед приказал их опечатать и ожидать окончания работы. Однако печать была сорвана и втайне подготовленное под руководством Галлея издание вышло в 1712 г. Фламстед горячо запротестовал; между ним и Ньютоном происходили бурные сцены, и наконец начался процесс. В 1715 г., после смерти королевы Анны и перехода правительственной власти в руки вигов, Фламстед выиграл это дело. Рукописи вместе с непроданными экземплярами издания 1712 г. были возвращены ему. Он уничтожил большую часть напечатанных листов, чтобы приступить к их новому изданию. Это издание было доведено до конца только после смерти Фламстеда. Работа называлась «Британская история неба» («Historia coelestis Britannica», 1723).

Галлей приобрел себе известность целым рядом важных работ. Еще 20-летним юношей он получил от Индийской компании денежные средства для наблюдения над небом южного полушария. К несчастию, выбор острова Святой Елены в качестве центрального пункта наблюдений оказался неудачным, и Галлей смог определить положение только 360 звезд, список которых был издан им в 1679 г. Составить подробное описание неба южного полушария удалось только Франциску Лакайлю.

С именем Галлея связана также комета, которую он наблюдал в 1682 г. и новое появление которой он предсказал через 76 лет. Основательность этого предсказания вызвала в 1759 г. всеобщее удивление. Кроме того Галлею принадлежит другое открытие, долго не внушавшее к себе доверия: он установил увеличение средней скорости движения Луны. Последней его работой был набросок теории земного магнетизма.

Галлей отличался любознательным и смелым умом и занимался всеми отраслями научных знаний. Это не помешало ему однако довести до конца свои очень подробные и интересные астрономические работы. Он должен был занять место Фламстеда, но был уже слишком стар, чтобы развить на этом посту достаточную активность. Единственное, что он предпринял,—это издание новых лунных таблиц. Последнее было закончено в 1749 г., уже после смерти Галлея. Почти немедленно вслед за ними вышли однако еще более интересные таблицы Тобиа Мейера, работавшего в Геттингенской обсерватории.

Самые важные астрономические открытия первой половины XVIII столетия, принадлежавшие Брадлею, были сделаны вне Гринвичской обсерватории. Брадлей был профессором астрономии в Оксфорде. Этот факт еще раз свидетельствует о наличии жизненной силы университетов в протестантских странах. Во Франции, например, цех университетских преподавателей не был в состоянии избавиться от рутины и достигнуть уровня, на который поднялось развитие знаний, вплоть до Великой революции и падения старого режима.

НАУЧНЫЙ ПРОГРЕСС. Развитие наук достигло в течение второй половины XVII столетия таких необыкновенных успехов, каких не имела ни одна предшествовавшая эпоха. Ученые этого времени не только осуществили все мечтания Декарта, но даже превзошли их. Картезианская физика, заменившая в школах учение Аристотеля, сделалась в глазах ученых почти такой же устарелой, как схоластические воззрения. Четыре научных теории были созданы в этот период, причем основы их сохранились непоколебленными и до наших дней.

Первая из этих теорий относится к разряду чисто отвлеченных, — это дифференциальное и интегральное исчисления, благодаря которым математики получили возможность решать вопросы, ранее считавшиеся неразрешимыми. Остальные три теории представляли блестящий пример облечения физических знаний в математическую форму и послужили образцом для будущих научных теорий. Мы имеем в виду рациональную механику, теорию тяготения и физическую оптику. Принципы рациональной механики были окончательно установлены именно в описываемый период. То же самое относится и к объяснению движения небесных тел путем сведения их к одному общему закону тяготения. Наконец математические основы оптики были заложены тоже почти одновременно с открытием закона тяготения.

Все эти открытия дали науке нового времени совершенно ясное направление, и она пошла вперед уверенными шагами. История ее возникновения закончилась, и начался период зрелого развития.

С началом этого нового периода развития науки неразрывно связаны имена трех бессмертных ученых — немца Лейбница, англичанина Ньютона и голландца Гюйгенса. Хотя этот последний жил и печатал свои важнейшие работы во Франции, однако задумал он их еще в Голландии до приглашения Кольбера. Франция, таким образом, не приняла деятельного участия в великом научном движении этого времени, хотя блестящая плеяда математиков эпохи кардинала Ришелье это ей и обещала. У Ферма и Паскаля не оказалось преемников. Деятельность Роберваля прекратилась. Во Франции работали в эту пору только второстепенные ученые. Этот упадок научной деятельности продолжался почти до середины XVIII столетия, хотя Франция Людовика XIV и задавала тон в области политики и литературы. Трудно решить, в какой мере этот бесспорный факт находился в связи с тогдашним общественным устройством и с последствиями деспотической системы управления. Не следует ли предположить, что солидным поощрениям, которые оказывало правительство ученым, противоречили как желания его руководить занятиями этих ученых, так и его старания устранить от научной деятельности политических и религиозных диссидентов.

Для первых шагов на пути развития науки было вполне достаточно элементарного преподавания математики. Но чтобы развитие могло продолжаться, необходимо было вводить в это преподавание все новейшие открытия. К сожалению, ни университеты, ни иезуит-

ские школы во Франции об этом не заботились. Да и науки сделались столь трудно понятными, что не привлекали к себе людей богатых и не сулили особенно хорошей карьеры небогатым.

Наоборот, вне Франции, а особенно в протестантских странах, университеты стали проявлять усиленную деятельность. Иезуиты там не были в состоянии оказать на них своего мертвящего влияния. Можно определенно утверждать, что в Италии Галилей не смог бы в одно и то же время быть ученым исследователем и профессором. Между тем в Англии Ньютон и производил исследования и профессорствовал в Кембридже, а Валлис делал и то и другое в Оксфорде. Крупнейшие математики Нидерландов и Швейцарии были профессорами университетов. Яков Бернулли (1664—1705) был профессором в Базеле; сменил его по смерти его брат Иоганн (1667—1748), бывший ранее профессором в Гронингене. Значение их преподавательской деятельности, в процессе которой они пропагандировали и распространяли новое исчисление, изобретенное Лейбницем, было чрезвычайно велико.

ЛЕЙБНИЦ. ДИФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ. И как математик и как мыслитель Лейбниц (1646—1716) был почти одинок в своем отечестве. Его необыкновенная даровитость проявилась уже в том, что, несмотря на крайне позднее начало своих занятий математикой (до 26-летнего возраста, т. е. до своего пребывания в Париже, относящегося к 1672—1676 гг., по его собственному признанию, он был совершенно незнаком с математическими науками), он сразу же сделал в ней капитальное открытие. Мыслитель уже давно искал способ, при помощи которого можно было бы изображать логические операции отвлеченными символами. Эти идеи «всеобщей характеристики» или «универсальной письменности» он и попытался применить к математическим рассуждениям. Своеобразный характер его открытия и заключался именно в таком применении. По существу Лейбниц не создал никакого нового метода. Изучая и анализируя придуманные ранее способы решения проблемы квадратур и касательных, он извлек из них наиболее существенные элементы и нашел средства для их символического выражения, т. е. заменил более или менее сложные искусственные приемы решения вычислениями по единообразным и точно установленным правилам. Благодаря этому ему удалось увидеть то, чего не могли усмотреть ни Ферма, ни Паскаль, именно, что проблема квадрирования обратна проблеме проведения касательной. Этот факт имел капитальное значение. Но прогресс не ограничился упрощением того, что было открыто уже раньше. Нахождение Лейбницем нового алгорифма вызвало постановку целого ряда новых еще более важных проблем, разрешение которых должно было потребовать и новых методов[1]. Лейбниц все время стоял на высоте в той новой сфере, которая открылась для умственной деятельности. Важность его открытия

[1] Так, например, в 1696 г. Иоганн Бернулли предложил проблему так называемой брахистохроны, т. е. проблему отыскания такой кривой, катясь по которой тяжелая материальная точка может в кратчайшее время пройти путь между

ЛЕЙБНИЦ

1646—1716

Гравюра Фике

ясно видна уже из того факта, что математики нашли настоящую основу дифференциального и интегрального исчислений лишь столетие спустя после смерти его изобретателя. Тогда только они и осознали необходимость искать для математики новые пути.

Так как Лейбниц имел обыкновение датировать свои заметки и так как бумаги его сохранились до наших дней, то нам точно известно, что открытие свое он сделал в Париже в конце 1675 г. Он очень зрело обдумал его и начал доводить до всеобщего сведения только в 1684 г. в лейпцигских «Acta eruditorum». В Англии новую теорию стал излагать впервые шотландец Крег в 1685 г. Во Франции первое изложение «Анализа бесконечно малых» было дано маркизом Лопиталем. Сведения о новом исчислении стали часто появляться в журналах. Начали ставиться и решаться новые задачи, причем многие из них служили поводом для споров и недоразумений [1].

Естественно, что старые приемы некоторое время фигурировали наряду с новым исчислением, и притом даже пытались с ним конкурировать. Гюйгенс, много содействовавший математическому образованию Лейбница, но уже состарившийся для роли ученика последнего, блестяще показал, что может сделать великий ум даже без помощи специального алгорифма. Но когда в 1695 г. он сошел со сцены, уже ни один крупный геометр не мог обойтись без нового открытия [2].

Славу сделанного Лейбницем открытия стали у него скоро оспаривать. Базельский уроженец Фацио де-Дюиллье (1664—1753), переселившийся в Англию, приписал в 1699 г. заслугу открытия дифференциального исчисления Ньютону. Когда в 1704 г. Ньютон в приложении к своему трактату по оптике напечатал работу «О квадратурах», Кейль на страницах «Philosophical Transactions» формально обвинил Лейбница в литературном воровстве. Конечно, Лейбниц уже в 1676 г. знал, что Ньютон не позже, чем в 1671 г., сделал открытие, сходное с его собственным, но у него не было никаких более подробных и точных сведений об этом. Кроме того он предоставил английскому математику достаточный срок для опубликования его метода. Сам Ньютон в одной из схолий к своим «Началам» (1686) признал, что Лейбниц сделал свое открытие совершенно самостоятельно, хотя и несколько позже, чем это удалось ему самому, причем не указал точно времени. Относительно своего метода он не печатал ничего вплоть до 1704 г. и только разрешил Валлису в 1693 г. включить в новое издание алгебры последнего некоторые сведения об этом новом методе. Поэтому Лейбниц счел возможным обратиться к Лондонскому королевскому обществу с просьбой взять на себя

двумя заданными точками, не находящимися на одной вертикали. Полученное решение этого и подобных вопросов было впоследствии преобразовано Лагранжем в особый метод (вариационное исчисление).

[1] Между двумя Бернулли произошла даже настоящая ссора. Из проблем, привлекших внимание геометров, упомянем задачу о кривой, описываемой веревкой, за которую тянут (трактриссе), поставленную учеником Галилея Вивиани (1622—1703), задачу цепной линии, изопериметрические задачи и т. д.

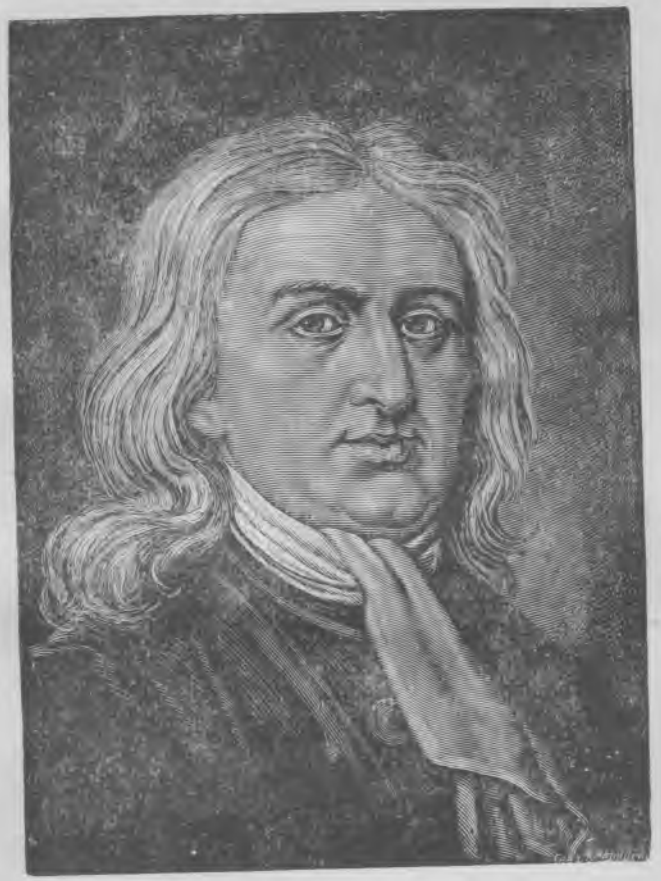
[2] Некоторые исследователи утверждали, что Гюйгенс не отдавал должной чести алгорифму Лейбница. Однако письмо Гюйгенса к Фонтенеллю, написанное в 1693 г., доказывает совершенно обратное.

роль третейского судьи и положить конец тем несправедливым нападкам, которые начались против него. Однако совершенно неожиданно для себя он встретил возмутительно пристрастное отношение. Сам Ньютон держался в стороне, но выбранные Королевским обществом члены комиссии решили сыграть на самолюбии своего соотечественника. В 1712 г. они издали сборник писем, известный под названием «Переписки с Коллинсом» («Commercium epistolicum»), причем в целях возбуждения подозрения, что Лейбниц втайне получал от Коллинса сведения о работах Ньютона и в частности о его рукописи, посвященной методу флюксий, произвели в этих письмах выборки, сокращения и даже прямые искажения.

В 1856 г. Био и Лефор переиздали подлинники упомянутых писем, а Гергард опубликовал бумаги Лейбница. Из этих документов выяснилось, что все подозрения против Лейбница были совершенно неосновательны. Поэтому, если на личностях обоих знаменитых соперников и остается, к сожалению, некоторая тень, то несомненно более темная из них падает на Ньютона. Во всяком случае метод Ньютона имеет в настоящее время только исторический интерес, потому что его способ исчисления гораздо менее удобен, чем метод Лейбница, и в силу этого никогда не имел у математиков практического применения. Кроме того внимательное рассмотрение сочинения Ньютона «Метод флюксий» («Methodus fluxionum»), изданного только после его смерти, в 1736 г., доказывает, что для того, чтобы получить право стоять на одной высоте с работами Лейбница, его открытие нуждалось в важных поправках и дополнениях. Тем не менее вопрос о сходстве и различии между лейбницевскими и ньютоновскими методами всегда будет служить интересной темой для научных исследований. Повидимому, исходной точкой для Ньютона служило конкретное изучение двух одновременных движений или изменений. За ним во всяком случае следует признать ту заслугу, что он первый применил новое исчисление к вопросам механики и выразил скорость и силу как флюксии. Его открытие закона всемирного тяготения основано в сущности именно на применении этого метода. Хотя, во избежание всяких возражений, Ньютон и предпочитал в «Началах» употреблять при доказательстве теорем геометрическую форму, тем не менее несомненно, что свое открытие он сделал с помощью своего нового метода. Следует также заметить, что после опубликования этих теорем применить к ним алгорифм Лейбница уже не трудно [1].

НЬЮТОН. ВСЕОБЩЕЕ ТЯГОТЕНИЕ. В великом открытии Ньютона (1642—1727) следует ясно различать два момента. Самая важная часть этого открытия состоит бесспорно в разрешении следующей проблемы: если планеты движутся по законам Кеплера, то какой движущей силе следует это приписать? Ответ заключается в утверждении, что сила эта для каждой планеты направлена к Соли-

[1] Этим и объясняется включение в «Начала» той схолии, о которой было упомянуто выше.



НЬЮТОН

1643—1727

Гравюра А. Троицкого

цу, пропорциональна массе этой планеты и изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния планеты от Солнца. Вторая часть открытия Ньютона представляется более блестящим продуктом гениальной мысли, но по существу требует гораздо меньше умственных усилий. Она состоит в утверждении, что тяготение свойственно не одному только Солнцу, но и всем остальным телам: сила тяготения заставляет Луну обращаться вокруг Земли, тяжелые тела падать на поверхность Земли и все мельчайшие частицы материи притягиваться друг к другу. Если такая гипотеза уже зародилась, доказать ее основательность не трудно.

Стремление объяснить законы Кеплера внушил Ньютону в 1679 г. Гук, находившийся с ним в переписке от имени Королевского общества. Решение было найдено в 1680 г. Однако Ньютон согласился на его публикацию только через четыре года. Большую роль в этом согласии на опубликование играли настояния Галлея, взявшего расходы по изданию на себя (Королевское общество не было в состоянии их оплатить).

Трудность решения поставленной Гуком проблемы видна уже из того, что в целях его достижения Ньютон был вынужден доказать длинный ряд теорем, легших впоследствии в основу рациональной механики. Кроме того Ньютон расширил первоначальный план, включив в свою работу объяснение и таких движений небесных тел, на которые законы Кеплера не распространялись. Сообщив в феврале 1685 г. о своем открытии Королевскому обществу, Ньютон приступил к чрезвычайно усердной работе. Однако «Начала» вышли только в июле 1686 г. Еще не было ни одного научного сочинения, которое заключало бы в одном томе так много новых и глубоких истин.

В популярном анекдоте о яблоке, которое вызвало своим падением размышления Ньютона (анекдоте, как будто, не вымышленном), речь идет о предшествовавшей открытию эпохе. Уже в 1666 г. английский ученый задавался вопросом, не распространяется ли сила тяготения до Луны. Чтобы проверить эту гипотезу, он и сделал свое сравнительно элементарное предположение, что сила тяготения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Не располагая нужными книгами[1], он воспользовался неверным измерением градуса земного шара. Поэтому выводы его оказались неправильны. По возвращении в Кембридж он не попытался проверить свои выкладки на основе более точных данных. Из этого видно, что гипотезе своей он отнюдь не придавал такого важного значения, какое ей приписали впоследствии.

Мысль, что движения небесных тел происходят благодаря центростремительной силе, и даже гипотеза о всеобщем тяготении возникла не только раньше Ньютона, но даже раньше Кеплера и Коперника. Это простое предположение должно было постоянно возникать хотя бы только потому, что ученые стремились опровергнуть

[1] Ньютон жил тогда в деревне, куда уехал, чтобы избежать опасности заражения эпидемической болезнью, свирепствовавшей в городе.

Декарта, объяснявшего те же явления другими причинами. С тех пор, как убеждение в невозможности математического обоснования теории вихревых движений окончательно укрепилось, опровержения ее стали весьма настойчивыми [1]. Ньютон констатировал в своих «Началах», что цель эта уже достигнута. Что же касается изменения силы обратно пропорционально квадрату расстояния и проверки математических выкладок 1666 г., то они явились непосредственным результатом исследований Гюйгенса о центробежной силе. Если даже допустить, что свои исследования Ньютон производил самостоятельно, то он все же знал, что аналогичные работы производились уже раньше. Тем же самым путем до гипотезы об изменении движущей силы обратно пропорционально квадрату расстояния дошли Гук и Галлей. Именно заявления Галлея по этому вопросу и побудили Ньютона опубликовать результаты своих работ. Его личная заслуга заключается, стало быть, в том, что он доказал необходимость этой гипотезы для объяснения эллиптической траектории движения планет.

ГЮЙГЕНС. РАЦИОНАЛЬНАЯ МЕХАНИКА. В открытии всеобщего тяготения Гюйгенс (1629—1695) не опередил английского ученого, вероятно, только потому, что у него нехватило решимости взяться за столь капитальную проблему, хотя он и разрешил ряд других, не менее трудных вопросов. Поэтому имя его не стало столь знаменитым, как имя Ньютона. Тем не менее он оказал науке не менее значительные услуги, чем последний.

В своих «Началах» Ньютон установил ту форму, в которой должны были быть изложены основные принципы рациональной механики. Гюйгенсу принадлежит та заслуга, что он закончил эту работу. Необходимые элементы динамики точки были установлены уже во времена Галилея. Для открытия всеобщего тяготения их было достаточно. Однако основные принципы динамики твердого тела и в частности принципы, которым подчиняется вращение этого тела, еще не были найдены. Этой проблемой, или проблемой маятника, занимались уже Декарт и Роберваль. Им удалось найти ее точное решение только для некоторых частных случаев. Гюйгенсу же, в процессе изучения им работы часов, удалось найти общие принципы решения всех подобных задач.

Не менее важное значение имели исследования Гюйгенса об ударе тел. Декарт априорно построил по этому вопросу неверную теорию, опровергнуть которую поставил себе задачей Гюйгенс. После внимательного анализа Гюйгенс отбросил ошибочно предположенный Декартом принцип постоянства количества движения и заменил

---

[1] Декарт, предложивший теорию вихрей, попытался применить ее и для объяснения явлений тяготения. Однако его теория не отвечала действительности. Примеру Декарта последовали Лейбниц, Гюйгенс и др. Эти последующие попытки были не более удачны, чем попытка Декарта. При всем том они имели большое значение, так как исходили из совершенно правильной предпосылки о невозможности непосредственного действия на расстоянии одного тела на другое. *(Прим. ред.)*

CHRISTIANI

HVGENII

ZVLICHEMII, CONST. F.

HOROLOGIVM OSCILLATORIVM

SIVE

DE MOTV PENDVLORVM AD HOROLOGIA APTATO

DEMONSTRATIONES

GEOMETRICÆ.

PARISIIS,
Apud F. Muguet, Regis & Illuſtriſſimi Archiepiſcopi Typographum,
viâ Citharæ, ad inſigne trium Regum.

MDCLXX.III.

CVM PRIVILEGIO REGIS.

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ПЕРВОГО ИЗДАНИЯ ТРАКТАТА ГЮЙГЕНСА «ЧАСЫ С МАЯТНИКОМ»

этот принцип принципом постоянства суммы произведений массы на квадрат скорости. Таким образом им был формулирован фундаментальный закон сохранения живых сил, один из самых важных принципов для применения математики к изучению природы.

С этого момента рациональная механика получила прочную основу. Впредь можно было придумывать лишь различные способы ее изложения и различным образом распределять ее части. Индуктивный период развития механики закончился.

Капитальное сочинение Гюйгенса «Часы с маятником» («Horologium oscillatorium») было издано лишь в 1673 г. Открытия, изложенные в нем, были сделаны однако гораздо раньше. Они были большею частью доложены либо Академии наук, либо Королевскому обществу. Кроме воззрений на механику, Гюйгенс изложил в названном сочинении свою теорию спрямления кривых, созданную им без помощи дифференциального исчисления, что в наше время кажется почти невероятным.

ОПТИКА. В 1685 г. вследствие отмены Нантского эдикта Гюйгенс уехал из Франции. По возвращении в Гаагу он дополнил свое сочинение «Диоптрику» вышедшим в 1690 г. «Трактатом о свете». Предметом последнего было объяснение оптических явлений, исходя из математической обработки волновой гипотезы. Эта работа Гюйгенса не только послужила фундаментом исследований Френеля, т. е. оптических теорий XIX столетия, но и содержала в себе важное открытие закона двойного преломления.

В области оптики Ньютон уже давно зашел дальше Гюйгенса. С 1669 г. он читал в Кембриджском университете лекции по математической теории света. В этих лекциях им было изложено капитальное открытие разложения света призмою и различной преломляемости лучей различных цветов. Опубликование содержания лекций в «Philosophical Transactions» вызвало горячие возражения, так как учение Ньютона находилось в полном противоречии с учением Декарта и данное последним объяснение цветов еще не перестало внушать доверие. Чувствовавший непреодолимое отвращение к полемике, Ньютон прекратил публикацию своих открытий, но не забросил занятий оптикой. Разработкой оптической теории он занимался вплоть до тех пор, пока не увлекся проблемой всеобщего тяготения. В 1688 г. он был вовлечен в политическую жизнь и прекратил научные исследования. Поэтому в 1704 г. он ограничился только изданием трактата «Оптика»[1] и публикацией некоторых из своих старых математических работ, относящихся к поре его молодости. Часть этих работ была уже известна по извлечениям. Одним из важных сочинений этого последнего периода была «Всеобщая арифметика» («Arithmetica universalis», 1707). В самый разгар споров с Лейбницем о приоритете, т. е. в 1711 г., он издал наконец свою работу «Анализ с помощью рядов, флюксий и разностей величин»

[1] Имеется русский перевод, Гиз. 1926. *(Прим. ред.)*.

(«Analysis per quantitatem series, fluxiones et differentias») вместе с трактатами «Метод дифференциалов» («Methodus differentialis»), «Перечисление кривых третьего порядка» и «О квадратуре кривых».

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. После описания великих открытий конца XVII столетия нам остается сделать только общий обзор различных отраслей науки, чтобы указать другие работы, хотя и относящиеся к разряду второстепенных, но все же имевших большое влияние на дальнейшее развитие.

Самым выдающимся из математических исследований описываемого периода, после дифференциального исчисления, было исследование бесконечных рядов. Оно было начато Валлисом в книге «Арифметика бесконечных величин» («Arithmetica infinitorum», 1685) и явилось естественным следствием постановки проблемы квадратур. Уже Архимед подходил к проблемам этого рода. Но теперь дело шло уже о рядах, не могущих быть выраженными алгебраически в конечной форме. Первые сочинения по этому вопросу появились в Англии почти одновременно (в 1668 г.). Их авторами были Николай Меркатор (выходец из Голштинии, Кауфман), лорд Броункер и Грегори. В следующем году опубликовал свою формулу бинома [1] и метод разложения некоторых круговых функций Ньютон.

Начатые в Англии исследования скоро привлекли внимание математиков континента. Вскоре Лейбниц, Гюйгенс, а затем и Яков Бернулли приняли в них активное участие.

Основные правила алгебры в Англии были систематически установлены Валлисом (1616—1703), сочинения которого пользовались большим влиянием. К своим работам Валлис прибавил ряд исторических исследований. Эти последние были хороши, когда речь шла о давних временах, но оказывались чрезвычайно пристрастными, когда дело заходило о XVII столетии. Именно Валлис пустил в употребление много предрассудков, часть которых не исчезла и до наших дней.

Хотя Валлис и старался преуменьшить и исказить значение исследований Декарта, влияние последних все же не исчезло, и идеи французского мыслителя получили дальнейшее развитие. Во Франции ими руководствовалась целая школа математиков, главный представитель которой Ролль (1652—1719) дополнил правила своего учителя важной теоремой, относящейся к отделению корней алгебраических уравнений.

Декартова геометрия, сделавшаяся общим достоянием, вследствие введения трансцендентных (круговых, логарифмических и показательных) функций получила гораздо более широкое содержание, что привело к несколько пренебрежительному отношению к алгебраическим кривым, которыми ограничивался создатель ана-

[1] Разложению $(a+b)^m$ для случая m целого и положительного дают название бинома Ньютона совершенно неосновательно. Это разложение уже давно стало классическим, и закон образования коэфициентов путем умножения для этого случая был известен уже Ферма и Паскалю. Последним он и был опубликован.

литической геометрии. Кроме того в эту геометрию было введено третье измерение, о чем как будто подумывал уже Ферма и что было осуществлено Параном (1700).

Геометрические идеи Дезарга, связанные с его исследованиями конических сечений, развил самый замечательный из французских математиков этой эпохи, Филипп Лагир (1640—1718), которому мы обязаны также чрезвычайно изящными исследованиями кривых, получающихся в результате качения. Наконец следует упомянуть и о важных работах Якова Бернулли по теории вероятностей, заложивших основу этой отрасли математики.

ГЕРИКЕ
1602 — 1686

ФИЗИКА. Сколь ни были важны перечисленные нами работы по математике и производившиеся в обсерваториях астрономические исследования, все они кажутся незначительными в сравнении с трудами Лейбница, Ньютона и Гюйгенса. Результатов, могущих сравниться с результатами оптических и механических исследований Ньютона и Гюйгенса, не было достигнуто и в области физики. Зато два сделанных в описанный период практических изобретения получили по своим последствиям почти такое же большое значение.

В 1650 г. магдебургский бургомистр Отто Герике (1602—1686) изобрел воздушный насос. Остроумный немецкий исследователь, которому наука обязана также устройством первой электрической машины, нашел способ создавать в сосудах различной величины и формы почти такое же безвоздушное пространство, как в барометре. Этим им было создано орудие исследования, которое стало употребляться для самых разнообразных целей и сделалось необходимой принадлежностью всякой физической лаборатории. Основную проблему аэростатики, возникшую после устройства этого аппарата, скоро разрешили в Англии Бойль (1626—1691), а во Франции — Мариотт (1620—1684). Независимо друг от друга они установили, что объем газа при одной и той же температуре изменяется обратно пропорционально внешнему давлению, которому газ подвергается. С этой поры законы равновесия газов были установлены, и открылась возможность изучения законов их движения.

Второе из упомянутых изобретений берет начало от Папена. Гугенот Дени Папен (1647—1714) сначала изучал медицину в Париже. Религиозные гонения вынудили его удалиться из своего отечества в Англию, где он вошел в дружеские отношения с Бойлем. Затем он занял профессорскую кафедру по математике в Марбургском университете. Им было издано несколько специальных мемуаров и наконец выпущена книга «Новый способ поднимать воду при помощи пара» (Кассель, 1707). Этот «новый способ» заключался

в применении паровой машины, будущую роль которой Папен уже предвидел, потому что попытался построить на Фульде лодку, приводимую в движение изобретенным им двигателем. Паровая машина, сконструированная около 1707 г. в Англии Ньюкоменом и Севери для извлечения воды из шахт, не представляла никаких усовершенствований сравнительно с изобретением Папена. Эта единственная, бывшая до Уатта (до 1769 г.) в употреблении машина значительно отличалась от машин нового времени тем, что на подвижный поршень в цилиндре, открытом с одной стороны, в тот момент, когда в самом цилиндре пары сгущались посредством вспрыскивания холодной воды, действовало только атмосферное давление. Папен уже задумал машину двойного действия, однако последняя стала пригодной для практического употребления только после того, как Уатт открыл, что для сгущения паров достаточно вспрыскивать воду не в самый цилиндр, а в сообщающийся с ним сосуд. Что же касается прежних попыток применения пара, то они еще не содержали существенных деталей машины: действия на подвижный шпунт цилиндра, сообщающегося с генератором пара. Имя Папена осталось связанным с котлом, введенным им в 1682 г. в употребление в Париже, наиболее существенной частью которого является искусный способ плотного закрытия, необходимый для всякого котла высокого давления (автоклав).

БОЙЛЬ
1626 — 1691

Постепенное усовершенствование паровой машины осуществляли практики, но ее первоначальное устройство было задумано ученым-теоретиком, ибо Папен действительно был теоретиком. Его изобретение, находившееся в очевидной связи с изобретением воздушного насоса, было существенным следствием развития знаний в области аэростатики. Стало быть, введение в практику паровой машины есть непосредственое воздействие науки на промышленность.

Что касается других отраслей физики, то здесь достаточно указать на акустические работы картезианца Совера (1653—1716), бывшего учеником Рого и сделавшегося в 1686 г. профессором математики в Collège de France. Совер открыл узлы вибрации звучащих струн и объяснил явления биения звуков.

Путешествия в далекие страны способствовали развитию познаний о земном магнетизме. Эти последние начал приводить в систему Галлей.

Электрическая машина, построенная Отто Герике, первоначально не имела существенного значения. Она представляла собою скорее игрушку, чем аппарат, с помощью которого можно было бы достигнуть серьезных результатов.

Тем не менее можно сказать, что в физике совершился настоящий переворот. Установление принципов механики и изучение действия давления на газы позволили подвергнуть математической обработке значительную часть старой физики. То же самое можно сказать и относительно оптики. Теперь на очередь стал вопрос об изучении других великих сил природы: теплоты, электричества, магнетизма и связанных с ними явлений. Ученые начали направлять свои учения в эту сторону, и здесь именно намечались дальнейшие перспективы научного прогресса.

ХИМИЯ. Химия почти совершенно отбросила мечтания о философском камне и о превращении одних металлов в другие. Хотя она и не установила еще основных принципов, но все же стала на положительную почву. Практические применения химических познаний к металлургии и в особенности к изготовлению фармацевтических препаратов сделались уже настолько многочисленными, что стали содержанием преподавания, которое было учреждено во Франции в Королевском саду. Первым преподавателем был Николай Лефевр (умерший в 1674 г.), выпустивший в 1660 г. большой «Трактат о химии». Карл II пригласил его в Англию для основания там лаборатории. Преемник Лефевра, базельский уроженец Глаубер (именем которого был назван сернокислый натр), издал в 1663 г. сочинение, замечательное чрезвычайно ясным описанием различных экспериментальных приемов. Заменивший его в 1672 г. Лемери (1645—1715) приобрел себе известность как изданными в 1675 г. лекциями, так и несколькими открытиями, в частности «философской лампой» (водородной). Приглашенный Кольбером в 1682 г. во Францию ученик Отто Герике—Вильгельм Гомберг (немец, родившийся в Батавии, 1652—1715) исследовал фосфор, который был открыт около 1669 г. в Гамбурге Брандтом (родившийся в Шлезвиге в 1630 г. и умерший в Стокгольме в 1702 г. химик Кункель нашел в 1675 г. хранившийся в тайне способ добывания фосфора из мочи). Англия дала великого химика Бойля (1626—1691), оказавшего решительное влияние в направлении прекращения верований во всяческие потаенные силы.

Характерной чертой химии этой эпохи было сосредоточение внимания на изготовлении составов, имеющих лечебные свойства. Многие из них остались в употреблении и до настоящего времени, но многие еще не получили точного и определенного состава. Средства анализа оставались неудовлетворительными до тех пор, пока не было найдено способов отделения одного газа от другого и не были установлены различия между газами. Короче, химия еще ограничивалась наблюдениями над взаимодействием газов, а не занималась экспериментами, сознательно направленными к определенной цели. Она представляла собою скорее описательную науку и не давала никаких объяснений. Хотя основная проблема, требующая разрешения, и была уже поставлена, однако формулировка ее была так неясна, что нельзя было ожидать скорого решения.

ФИЗИОЛОГИЯ. Переходя к наукам, основанным только на наблюдениях, мы должны отметить, что в первой половине XVII столетия окончательно сложилась анатомия человека. Во второй его половине возникла сравнительная анатомия, опорой для которой послужили микроскопические наблюдения. Главные заслуги в этом отношении принадлежат итальянцу Мальпиги (1628—1694) и голландцу Левенгуку (1632—1725) и Сваммердаму (1637—1680).

И до них, конечно, были ученые, занимавшиеся секциями животных. Но все подобные исследования подчинялись цели содействовать развитию анатомии и физиологии человека в интересах медицины. Такова, например, была явная цель первого сочинения, посвященного исключительно этой теме — «Демокритовская зоотомия» (Zootomia democritaea, 1645), — автором которого был Марко Аврелио Северино. Мальпиги, в противовес этому, стал исходить из положения, что исследование организма животных должно составить предмет особой, самостоятельной науки. В своих исследованиях он старался доказать, что организация самых разнообразных животных одинакова. Хотя так же, как и Левенгук, он устанавливал свои обобщения нередко весьма поспешно и последние свидетельствовали о недостаточности наблюдений, тем не менее его исследования насекомых сохранили свое значение. В своих латинских мемуарах он преследовал задачу описания отдельных органов различных животных. Мемуары эти выходили один за другим с 1661 до 1675 г. Впоследствии они были соединены в один фолиант (Лондон, 1686), к которому в 1697 г. были добавлены посмертные произведения.

Левенгук доставил себе особенную славу превосходными инструментами для микроскопических наблюдений, которые он изготовлял для себя сам. Эти инструменты дали ему возможность открыть существование инфузорий, кровяных шариков, сперматозоидов и т. д. Подобно Мальпиги, он много занимался изучением насекомых и пытался изучить строение тканей. Его многочисленные мемуары первоначально печатались в «Philosophical Transactions», а затем были изданы в четырех томах под заглавием «Раскрытые тайны природы» («Arcana naturae detecta», 1695—1699).

Сваммердам сосредоточил свое внимание главным образом на изучении процесса воспроизведения и метаморфоз насекомых и пришел к убеждению, что для всех живых существ этот процесс тождественен. Его главное сочинение было издано в 1669 г.

Смерть этих ученых не прекратила исследований, но направила последние в несколько иную сторону. Изучение низших животных было оставлено и внимание сосредоточилось на исследованиях позвоночных. Капитальное значение для физиологии того времени имело сочинение англичанина Валлиса (1672), заключавшее в себе важные наблюдения над мозгом позвоночных. Сочинения Жерара Блеза (Блазиуса) «Анатомия животных» (Anatomia animalium», 1681) и Валентини «Анатомический амфитеатр» («Amphitheatrum anatomicum», 1720) воспроизводят бо́льшую часть прежних исследований и этим дают представление о положении науки в то время.

К числу интересных монографий принадлежат сочинение о шимпанзе (Тизона, 1699) и другие исследования, которыми занимались во Франции Клод Перро, Жан Мери и Дюверье. Они производили секции трупов животных, умерших в зверинце Королевского сада, основанного Людовиком XIV. Последний из названных натуралистов, Дюверье (1648—1730), красноречивый профессор, которого приходили слушать даже артисты, занимался специально изучением костей. Вместе с Мери он открыл кровообращение у зародышей и установил его сходство с кровообращением пресмыкающихся.

Наиболее важное значение для изучения анатомии человека имели сочинения датчанина Стенона (1638—1686), который после путешествий по Голландии, Франции и Италии поселился на постоянное жительство во Флоренции и отрекся там от протестантизма. В 1676 г. он принял сан католического священника и с тех пор занимался только религиозными спорами. Его главным сочинением были «Элементы миологии» («Elementa myologiae», 1667) и «Рассуждение об анатомии мозга» («Discours sur l'anatomie du cerveau», 1669). Его именем называется канал околоушной железы.

Техника анатомических исследований тоже шагала вперед. Наиболее прославился совершенством, до которого он довел искусство впрыскивать окрашенный воск частью для сохранения тела, частью для обнаружения сосудов в тканях, голландец Рюиш (1638—1731). Его анатомический кабинет был куплен в 1717 г. Петром Великим. Много содействовал развитию анатомии знаменитый медик Бергаав (1668—1738), исследовавший состав органических жидкостей. Бельгиец Пальфин (1649—1730), занимавшийся преимущественно хирургией, написал очень хорошую остеологию («Osteologie», 1702) и замечательную «Анатомию человеческого тела» («Anatomie de corps humain», 1718). Виссан (1641—1720) изучал во Франции преимущественно нервную систему. Результаты своих исследований он изложил в сочинении «Всеобщая нейрография» («Neurographia universalis», 1685). Кроме Валлиса, англичане давали преимущественно физиологов, из которых следует отметить Вартона и Глиссона, изучавших питание и состав крови.

МЕДИЦИНА И ХИРУРГИЯ. Хирургия не обнаружила того движения вперед, какой наблюдался в анатомии. Конечно, недостатка в искусных практиках не было, как не было недостатка и в мелких технических усовершенствованиях. Однако практики пользовались только местной известностью, и их сочинения были довольно посредственны. В 1660 г. Сен-Комская коллегия во Франции проиграла процесс против медицинского факультета и лишилась права выдавать специальные университетские дипломы. От этого удара, нанесенного ее преподавательской деятельности, она долго не могла оправиться. Все высшие учебные заведения, опасаясь соперничества своих соседей, действовали отдельно друг от друга, взаимно конкурируя между собою. Система преподавания была реорганизована только в царствование Людовика XV, когда была основана Королевская хирургическая академия (1731). Для меди-

ков аналогичное учреждение (Королевское общество) было основано только в 1778 г. Несмотря на пользу подобных институтов для развития науки, медицинский факультет относился к ним враждебно.

Положение французской медицины в век Людовика XIV довольно хорошо известно по сатирическим портретам, нарисованным Мольером. Хотя Фагон и некоторые из его собратьев и принадлежали к числу выдающихся врачей-практиков, но с научной точки зрения нельзя утверждать, что в то время уже существовала французская медицинская школа. Теоретические познания французских врачей были до крайности отсталыми, а преподаватели, руководствуясь сочинениями Гиппократа и Галена, придерживались старой рутины. Напротив, вне Франции слагались школы, пытавшиеся прокладывать новые пути. Хотя эти пути и оказывались иногда опасными, потому что намечались под углом зрения какой-нибудь слишком исключительной и односторонней точки зрения, но только они могли привести к медицинским открытиям. В Италии господствовал иатромеханизм, представитель которого Борелли (1608—1679) пытался применить к изучению жизненных явлений математику и механику. Хотя, вообще говоря, эти попытки и терпели неудачу, но все же Борелли удалось достигнуть успеха в том, что относится к движению мускульной системы и костей. В северных странах более распространены были взгляды иатрохимиков и принципы спагирического искусства, очищенные от мечтаний Парацельса и Ван-Гельмонта и соединенные с картезианскими воззрениями. В Германии пользовался известностью Гофманн (1660—1742), бывший профессор университета в Галле (последний был основан в 1694 г.). Его именем до сих пор называются капли, успокаивающие нервное раздражение. В Голландии большим влиянием пользовались сочинения Бергаава (1668—1738), работавшего в Лейденском университете в качестве профессора сначала теоретической, а потом практической медицины, и наконец ботаники и химии. В Англии Сиденгэм (1624—1689), именем которого до сих пор называется лаундаум, стал обращать внимание на роль природных и климатических условий для лечения болезней и начал изучение условий распространения эпидемических заболеваний. Бергаав и Сиденгэм могут считаться настоящими предтечами медицины нового времени.

Содержание медицинской науки мало-по-малу менялось. В практику вводились и входили в употребление методически составленные лекарства, вытесняя собой старинные причудливые рецепты. В сущности процесс обновления касался главным образом фармации, и в этом сильнее всего сказывалось влияние на медицину химии.

БОТАНИКА. Совершенно почти пренебрегая зоологией и ограничиваясь физиологическими исследованиями и изучением насекомых, ученые с успехом занимались ботаникой. В процессе изучения растений был достигнут практически удобный метод классификации, который вошел во всеобщее употребление и сохранялся вплоть до Линнея. Этот метод был предложен Жозефом Питтоном Турнефором (1656—1708), который издал в 1694 г. свои «Элементы

ботаники» («Elements de botanique»). В 1700 г. эта книга была переиздана по-латыни под заглавием «Institutiones rei herbariae». Турнефор учился в медицинской школе в Монпелье, а затем преподавал ботанику в Королевском саду, собирал в различных частях Европы гербарии и сделал за счет правительства Людовика XIV большое путешествие на Восток, отчет о котором был издан в 1707 г., после смерти его автора. В своей системе он придерживался нерационального различия между деревьями и травами и придавал слишком большое значение венчикам цветов. Тем не менее установленные им принципы различения родов и видов растений считаются основательными и до наших дней.

Хотя метод Турнефора и господствовал в течение почти 50 лет, уже при жизни своего автора он начал подвергаться горячим нападкам со стороны Джона Рэ и Пьера Магноля (1638—1715) [1]. Этот последний был профессором школы Монпелье и учителем Турнефора. Известностью своей он обязан сочинению «Введение» («Prodromus»), вышедшему в 1689 г. В своем посмертном произведении «Новая систематика растений» («Novus character plantarum») он не следовал однако принципам, изложенным во «Введении». Эти принципы стали снова применять практически только Адансон и Жюссье [2]. Англичанин Джон Рэ (Райус, 1628—1704), издавший несколько сочинений по зоологии, в первой своей книге «Метод растений» («Methodus plantarum», 1632) первый установил различие между растениями односемянодольными и двусемянодольными. Его «Всеобщая история растений» («Historia plantarum generalis», 1686—1688) обладает большими научными достоинствами.

В течение описываемого периода в Англии действовало несколько других замечательных ботаников. К их числу принадлежал шотландец Роберт Морисон (1620—1683), который в течение 10 лет заведывал в Блуа садом Гастона Орлеанского, а потом читал лекции в Оксфордском университете. В 1680 г. он издал свою «Универсальную историю растений» («Plantarum historia universalis»), в которой осуществил ряд удачных нововведений.

В Германии в эту эпоху было тоже довольно много даровитых натуралистов. Одним из редких ботаников, отвергавших разделение растений на деревья и травы, был Август Бахман (Ривинус, 1652—1723). Он опередил Турнефора в том, что предложил классификацию, основанную на форме венчика, и ввел обыкновение, которым впоследствии систематически воспользовался Линней, различать растения путем двойной номенклатуры («Introductio generalis in rem herbarium, 1680).

В Голландии особую известность приобрели два Коммелина, дядя и племянник. — Иван (1629—1692) и Гаспар (1667—1731).

---

[1] Чтобы увековечить память этого ученого, Линней ввел название «магнолия».

[2] Говоря о французских ученых, следует упомянуть также о доминиканце Баррелье (1606—1673), который собрал большой материал для изучения растений южной Европы. Этим материалом воспользовался позже Антуан Жюссье.

Оба они последовательно были директорами Амстердамского ботанического сада и описали, кроме голландских растений, растения ост-индские.

Экзотические растения сделались известными преимущественно благодаря трудам путешественников и дипломатических агентов, собиравших большие коллекции и издававших подробные описания. Такими работами занимались: в Виргинии — Джон Банистер; на Ямайке — исландец Слон, работы которого составляют важную часть коллекции Британского музея; на Антильских островах и на берегах Мексики — французский монах Шарль Плюмье; в Перу и Чили — Людовик Фелье, интересовавшийся специально медицинскими растениями; в Индостане — Николай Гримм и губернатор голландских владений, в Индии Андриан Ван-Рид, издавший замечательное сочинение в 12 томах «Малабарская растительность» («Hortus Malabaricus»); на Молуккских островах — Эдуард Румпф (Румфиус), который, подражая Риду, начал составлять семитомный «Herbarium Amboineuse», доведенный до конца после его смерти Бурманном; на Филиппинских островах — Жозеф Камель, именем которого были названы камелии; в Китае и Японии — польский миссионер Михаил Бойн, выпустивший сочинение «Китайская флора» («Flora sinensis», 1656), и Кемпфер, гербарий которого находится в Британском музее; на Мадагаскаре — Этьенн Флакур, автор интересной монографии «Отчет о большом острове» («Relation de la grande île», 1658).

Италия, повидимому, осталась вне этого движения, увлекшего другие нации Европы. Зато она приняла деятельное участие в создании физиологии растений. Мальпиги в своей «Анатомии растений» («Anatomia plantarum»), изданной в 1675 г. в Лондоне, описал развитие листка, зарождающейся почки и структуру растительных тканей, состоящую из мешечков, перепонок и трубочек. Одновременно англичанин Неемия Грью применил к изучению растений микроскоп и в книгах «Идея философской истории растений» («Idea on philosophical history of Plant», 1673) и «Анатомия растений» («The Anatomey of Plants», 1682) изложил результаты своих замечательных исследований относительно различных растительных органов и в особенности яичка и семечка. Эти важные работы послужили отправной точкой дальнейших исследований, развивавшихся довольно медленно, почему физиология растений долго не могла подняться до той высоты, которой достигла физиология животных. Первое ясное различие половых признаков растений было формулировано только в 1694 г. в небольшом сочинении Рудольфа Якова Камерариуса. Сочинение это вызвало протесты. В то время еще никто не имел понятия о механизме оплодотворения. Первые исследования этого вопроса были осуществлены Самуилом Морлэндом (1705) и Жоффруа. Но удовлетворительные результаты были достигнуты только в 1717 г. Вальяном во Франции. Исследования Клода, Перро, Мариотта и Добара (1634—1707) касались преимущественно вопроса об обращении растительного сока и физиологии стебля.

ИТОГИ. Самая замечательная черта научного развития во второй половине XVII века заключалась в том, что за этот период было почти совершенно уничтожено то резкое различие между собственно так называемыми естественными науками, с одной стороны, и науками математическими — с другой, какое было характерно для начала столетия. Хотя научный прогресс и требовал все более и более дробной специализации научных исследований, но все были уже глубоко убеждены в единстве науки и неразрывной взаимной связи ее составных частей. В этом ясно обнаружилось влияние Декарта. Конечно, и ботаника, и зоология, и физиология растений и животных составляли еще специальную область ведения медиков; иными словами, этим отраслям научных знаний посвящали себя люди, предварительно изучившие медицину. Но натуралисты уже не руководствовались профессиональной точкой зрения. С другой стороны, интерес, который возбуждали ранее простые описания, стал уменьшаться. Ученые начали понимать, что классификация должна вести к изучению физиологии органов, а для подобного изучения необходимо прибегать не только к инструментам, но и к понятиям физики. Физика же находилась в зависимости от механики, которая окончательно стала одной из математических дисциплин. Хотя натуралистам и не было надобности изучать чистую математику, им нельзя было все же обойтись без изучения физики. При таких условиях было очень трудно избежать преувеличения значения механической стороны явлений, тем более, что тепловые, электрические и механические действия еще не были достаточно известны. Корпускулярные, механические представления оставались господствующими. Хотя открытие Ньютона и оживило динамистические идеи, но оно не давало никаких положительных результатов, как и туманные философские представления Лейбница о монадах. Впрочем, теории Гассенди и Декарта подвергались существенным преобразованиям. Кроме тяжелой и осязаемой материи, были придуманы невесомые жидкости. Но так как этим способом нельзя было достигнуть объяснения всех явлений природы, то ученые стали увеличивать число невесомых жидкостей и приписывать им самые различные свойства. Подобно свету, жидкостями начали считать теплоту, электричество, магнетизм. Существование особых жидкостей стали предполагать даже в химии и физиологии. Подобные воззрения господствовали в XVIII столетии, пока злоупотребление ими не вызвало соответствующей реакции. Тогда возникло убеждение, что хотя гипотезы этого рода и могут отчасти объяснить явления, но они не в состоянии раскрыть нам подлинной сущности вещей, скрытой от нас.

V

НАУКИ В ЕВРОПЕ В XVIII СТОЛЕТИИ

Наследники Лейбница. Бернулли, Эйлер, Лагранж. Одним из самых странных фактов в истории науки является то, что после Лейбница Германия в течение целого столетия не выдвинула ни одного собственного видного математика. Хотя Христиан Вольф (1679—1754), бывший профессором в Галле, считал себя преемником изобретателя дифференциального исчисления как в области математики, так и в области философии, и действительно добился большой известности, однако самый успех его бесплодного педантизма показывал, что его родина должна была пройти еще продолжительную школу, чтобы возвыситься до уровня Франции и Англии.

Правда, Германия все же не терпела недостатка в математиках, и Берлинская академия, ранее прозябавшая, сделалась при Фридрихе II важным научным центром, не уступавшим Лондонской и Парижской академиям. Но все ученые, стяжавшие ей славу, были иностранцами; таковы Эйлер (1747—1766) из Базеля, Ламберт (1764—1777) из Мюльгаузена, Лагранж (1766—1787) из Турина и ряд других второстепенных имен. Новое северное королевство, по-видимому, было не в состоянии набрать для себя высший преподавательский персонал внутри страны. В этом отношении оно разделяло еще участь России, где в 1724 г. также была основана Академия наук, старавшаяся переманить из Берлина к себе в Петербург выдающихся математиков.

Бо́льшая часть крупных математиков XVIII столетия вышла из Базельской школы [1]. Мы уже видели, что братья Яков и Иоганн Бернулли быстро усвоили лейбницевский метод. После смерти старшего брата в 1705 г. на кафедре математики Базельского университета его сменил младший. Последний прожил до 1748 г. и в течение пер-

---

[1] Хотя в Базеле господствовал немецкий язык, но выходившие отсюда ученые писали если не на латинском, то на французском языке, и притом чрезвычайно правильно (например, Эйлер). Таким образом, они содействовали преобладанию французского языка в Германии и России, имевшему место на протяжении всего XVIII столетия.

вой половины XVIII века был самым знаменитым ученым континента. Его старший и наиболее им любимый сын Николай II Бернулли [1] (1695—1726), к несчастью, умер во цвете лет в Петербурге, куда был приглашен преподавать математику. Своему отцу наследовал в Базеле третий сын, Иоганн II (1710—1790), занявший кафедру в 1743 г. Не меньшей известности достиг и второй сын Даниил (1700—1782). Сначала он помогал в Петербурге старшему брату, но в 1732 г. вернулся в Базель и здесь последовательно преподавал анатомию, ботанику и физику, издал знаменитый трактат по гидродинамике, получил десять премий от Парижской академии наук и в самых разнообразных направлениях разрабатывал прикладную математику. Сын Иоганна II Иоганн III (1744—1807), 19-летним юношей приглашенный в Берлин в качестве астронома, с 1779 г. получил руководство математическим отделом Берлинской академии. Его брат Яков II (1759—1789), состоявший с 1777 г. помощником своего дяди Даниила, был приглашен Петербургской академией и, подобно Николаю II, умер здесь, не успев осуществить возлагавшихся на него надежд.

ЭЙЛЕР
1707 — 1783

Наиболее характерным математическим гением века был Леонард Эйлер (1707—1783) из Базеля. Ученик Иоганна I Бернулли, он был приглашен в Россию по рекомендации своего товарища Даниила и в 1733 г. занял место последнего. 14 лет спустя он переехал по приглашению Фридриха II в Берлин, но в 1766 г. вернулся в Россию, где, почти ослепнув, продолжал работать до смерти.

Что касается Лагранжа (1736—1813), то последний приобрел образование почти самоучкой. С 17 лет он преподавал в Турине математику и основал здесь ученое общество (позднейшая Королевская академия). В журнале «Miscellanea taurinensia», который издавало это общество, он напечатал ряд замечательных мемуаров, скоро обеспечивших ему место в ряду первоклассных математиков. В 1766 г. Эйлер указал на него, как на наиболее желательного своего преемника в Берлине. Лагранж провел здесь 20 лет и после смерти Фридриха II, недовольный холодностью его наследника, принял приглашение Людовика XVI в Париж. В 1788 г. он издал в Париже свою «Аналитическую механику», над которой работал 25 лет.

Мы не можем здесь изложить подробно результаты, достигнутые этими математиками. Достаточно сказать, что они вообще развили все следствия из открытия Лейбница и вскрыли все многосто-

[1] Николаем I назывался сын другого Николая Бернулли, третьего брата Якова и Иоганна I. Николай I (1687—1759) преподавал математику в Падуе (1716), а затем логику и право в Базеле (1722).

роннее значение исчисления бесконечно малых. Одним из самых своеобразных доказательств формализма, в который они при этом впали, является то, что Лагранж, как раз ко времени своего переезда во Францию, почувствовал полное отвращение к математике. Он хотел посвятить себя какому-нибудь другому делу и в частности заняться у Лавуазье химией. Грандиозный революционный переворот, давший ему возможность применить свои преподавательские способности при совершенно новых условиях, вновь пробудил его гений и дал стимул для новых работ, которые окончательно поставили его выше Эйлера.

ЛАГРАНЖ
1736 — 1813

Если математика стала с тех пор слишком отвлеченной, если она достигла настолько высокого уровня, что детальная история ее должна явиться предметом специальных исследований, то нам все же надо отметить здесь хотя бы некоторые внешние черты ее развития.

Академии в этот период способствовали развитию науки не только тем, что облегчали печатание научных исследований, но и тем, что вызывали своими конкурсами большое соревнование среди ученых. Результаты этих конкурсов, благодаря многочисленности и выдающемуся научному значению их участников, являлись настоящими событиями в научном мире. При этом следует подчеркнуть, что темы академических конкурсов относились не к области чистой теории, как это имеет место большею частью теперь, а носили либо прикладной характер, либо, по крайней мере, касались вопросов астрономии и физики. В них речь шла об оснастке кораблей, о форме парусов, о приливах и отливах, об угле наклонения планетных орбит и т. д. Разработкою именно таких вопросов Бернулли, Эйлер и Лагранж продвинули вперед исчисление бесконечно малых.

Как бы ни было удивительно вновь приобретенное орудие, как бы ни были неожиданны результаты, которые оно дает возможность достигнуть, оно легко может привести к злоупотреблениям. Слишком велик соблазн взять за исходный пункт какую-либо априорную гипотезу, не проверив тщательно, является ли она действительно единственно возможной и в какой мере она оправдывается опытом. С другой стороны, ученый начинает легкомысленно пренебрегать чистой математикой как таковой и выяснением тех средств, которые дает ее специфический метод. Поэтому в эту эпоху можно часто встретить длинные вычисления, которые интересны сами по себе, так как сделаны рукою первоклассного мастера, но которые отнюдь не приводят ни к каким новым истинам в области физики, или которые могли бы быть обойдены конкретным исследованием. Оба этих подводных камня грозили математикам XVIII столетия. Зато навык

к абстракциям дал им возможность завоевать для науки новую область—теорию чисел, основание которой положил своими знаменитыми теоремами, еще ожидавшими доказательства и проверки, Ферма [1].

Другая опасность заключалась в недостаточной выясненности вопроса о применении бесконечных рядов. Принципы, на которых базировалось исчисление бесконечно малых, не были еще подвергнуты строгой критике и еще не было известно, к каким ошибкам могут привести аналитические символы, если пользоваться ими без известных предосторожностей.

Таковы были недостатки, устранение которых являлось задачей будущего. Но главное различие между сочинениями современных математиков и, например, сочинениями Эйлера было иного рода.

Плодовитость Эйлера была поистине изумительной. Полное собрание его сочинений содержит 16 000 страниц in quarto [2]. В каждом своем исследовании он сосредоточивал свою энергию на решении какого-либо частного случая проблемы, а затем, с изумительной виртуозностью варьируя методы, порознь разрешал все вопросы, вытекающие из основной проблемы. Поэтому работы его весьма специальны и загромождены подробностями, тогда как после Лагранжа, следуя примеру последнего, математики стали стремиться главным образом к отысканию общих отвлеченных методов, дающих возможность подвести бесконечное разнообразие частных случаев под общие методы. Ясно, что с точки зрения как преподавания, так и облегчения дальнейшей исследовательской работы приемы Эйлера должны были постепенно замениться иными.

«Аналитическая механика» Лагранжа представляет собою в высшей степени типическое произведение. Здесь, исходя из одного отвлеченного принципа (принципа возможных перемещений), строится целая физическая наука, причем нет не только ни одной ссылки на опыт, но даже ни одного чертежа, который мог бы иллюстрировать реальный смысл теорем, развивающихся с удивительной последовательностью, «как стихи научной поэмы». Это фундаментальное сочинение значительно не только в качестве высокого образца силы анализа: оно является одним из лучших плодов общего научного движения, которое проявилось в конце столетия. Ученый мир, долго разбрасывавший свои силы по всевозможным направлениям, попытался сосредоточить их для обобщения достигнутых результатов. И Лагранж, осуществляя эту задачу, свел всю механику к одному основному принципу и вывел из него все теоремы, открытые до него Даламбером, Эйлером и другими учеными, возведшими математическое здание на фундаменте, заложенном в предшествовавшем столетии Галилеем, Ньютоном и Гюйгенсом.

---

[1] Эйлер доказал неправильность одной из этих теорем. Среди теорем Ферма имеется одна, всеобщность которой не удалось доказать до сих пор, хотя ни одного исключения для нее тоже не было найдено.

[2] При этом следует заметить, что это «полное собрание сочинений» на самом деле отнюдь не является полным. В рукописном отделе библиотеки Академии наук СССР имеется еще много неопубликованных рукописей Эйлера, представляющих научный интерес. *(Прим. ред.)*

ШКОЛА НЬЮТОНА. ТАЙЛОР, МАКЛОРЕН. В то время как ученые Швейцарии и Германии разрабатывали метод, открытый Лейбницем, Англия обособилась от материка, и ученые ее пошли по пути, предначертанному Ньютоном. Последний образовал блестящую школу. Вслед за Роджером Котсом (1682—1712), о котором Ньютон говорил: «Если бы Котс остался жив, мы знали бы кое-что», выступили Брук Тайлор (1685—1731) и шотландец Маклорен, которым математика обязана важными формулами, относящимися к разложению функций в ряды по степеням переменной или ее приращений [1]. Теоретическая и практическая важность этих формул оставалась невыясненной вплоть до Лагранжа. Кроме того следует отметить, что авторы их не остановились на капитальном вопросе о сходимости рядов.

Тайлор является также одним из создателей исчисления конечных разностей [2], а Маклорен — одним из изящнейших геометров, когда-либо существовавших. Рядом с Маклореном следует назвать Авраама Муавра (1667—1754), французского протестанта, переселившегося после отмены Нантского эдикта в Лондон и занявшего там кафедру математики. Глубокий аналитик, он произвел переворот в высшей тригонометрии открытием теоремы, известной под его именем. Работа Муавра, посвященная теории вероятностей, — «Учение о случайностях» («Doctrine of the chances», 1716) — вплоть до появления работ Лапласа оставалась наиболее полным исследованием в этой области.

Но в общем, исключительно придерживаясь направления Ньютона и игнорируя труды континентальных математиков, английские ученые причинили вред своей стране, отставшей в развитии математики благодаря своей нетерпимости и обособленности. Эта отсталость очень чувствительным образом сказалась в конце XVIII и начале XIX столетий. Правда, англичане разрабатывали главным образом чистую математику, почти заброшенную континентальными учеными, но тем более замечательно, что, несмотря на всю важность работ Роберта Симсона (1687—1768) и особенно Метью Стюарта (1717—1785), самого замечательного английского математика описываемого периода после Маклорена, они не сумели создать в этой области школу, и обновление математики было осуществлено позднее французскими и немецкими учеными.

ФРАНЦУЗСКИЕ МАТЕМАТИКИ. КЛЭРО, ДАЛАМБЕР. Франция, отставшая несколько в научном отношении от других стран за вторую половину царствования Людовика XIV, в XVIII столетии блестяще их догнала. Впрочем Париж никогда не переставал быть центром для научных работников, и французская академия благо-

[1] Формула Маклорена, представляющая собою лишь частный случай формулы Тайлора, должна во всяком случае носить имя Джемса Стирлинга, который опубликовал ее в 1730 г., т. е. за 20 лет до выхода в свет трактата Маклорена «О флюксиях». Что касается «Метода» Тайлора, то последний был издан в 1715 г.

[2] Наряду с Тайлором следует назвать также француза Николя (1583—1753), развившего довольно ясно выраженные идеи Тайлора.

даря этому постепенно завоевала себе перевес над Лондонским королевским обществом. С другой стороны, благодаря Вольтеру и предпринятой последним борьбе против картезианизма, Франция сделалась посредницей и распространительницей учения Ньютона о небесной механике. Вследствие этого, не пренебрегая вполне исследованиями по чистой теории, французские математики посвятили свои силы преимущественно приложению лейбницевского исчисления к астрономии. Здание небесной механики, столь блестяще увенчанное в начале следующего столетия Лапласом, в основном было воздвигнуто именно ими.

Чтобы окончательно устранить все возражения, которые могли быть выставлены против учения о всемирном тяготении, как оно было изложено Ньютоном, необходимо было разрешить два капитальных вопроса. Первым из них был вопрос о форме Земли и вторым — вопрос о теории движения Луны (проблема трех тел).

Согласно теории Ньютона Земля должна быть выпукла у экватора и сплющена у полюсов. Между тем геодезические измерения, произведенные во Франции,—единственные, которые по своей важности могли быть приняты в расчет,— давали, повидимому, противоположный результат. Жак Кассини (1677—1756), сын великого Доминика, в 1720 г. подвел итог этим изысканиям и вывел заключение, прямо противоположное тому, которое следовало из гипотезы Ньютона. Это вызвало долгую дискуссию на тему о степени точности как старых, так и еще продолжающихся изысканий. В конце концов было признано, что разность градусов во Франции недостаточно велика, чтобы на основании одного только этого материала можно было сделать бесспорное заключение. Для суждения о форме Земли необходимо измерить какой-нибудь градус по соседству с полюсом и другой — вблизи экватора. С этой целью было предпринято две экспедиции: в 1735 г. Годэн, Бугэ и ла-Кондамин отправились в Перу, и в 1736 г. Мопертюи, де Монье и Клэро — в Лапландию. В результате было окончательно установлено, что Земля сплющена у полюсов.

Но простого констатирования этого факта было недостаточно. Необходимо было еще определить, в какой мере найденная длина градусов совпадала с данными теории[1]. Клэро (1713—1765) в своей «Теории формы Земли» («Théorie de la figure de la terre», 1743) решил эту трудную задачу, взяв за исходную точку изыскания Маклорена о притяжении однородных эллипсоидов. Впоследствии Лаплас несколько видоизменил вычисления Клэро, но в конце концов принципиально не зашел дальше его.

Ньютон вполне разрешил проблему движения двух изолированных тел, взаимно притягивающих друг друга. Его гипотеза до ме-

---

[1] Вычисленная степень сплющенности была несколько преувеличена, и поэтому относительно длины меридиана существовало некоторое сомнение, не позволявшее с точностью установить величину метра. В силу этого во время революции во Франции снова были предприняты большие геодезические работы.

лочей подтверждалась обращением планет вокруг Солнца. Но если предположить наличие трех движущихся тел, подобных Солнцу, Луне и Земле, то задача становится несравненно более сложной, и разрешить ее можно только с большим или меньшим приближением. Решение самого Ньютона оставляло желать многого; в частности оно не давало объяснения движению линии абсид лунной орбиты. Клэро, представивший в 1741 г. академии в один день с Даламбером свое решение проблемы трех тел, дал в 1752 г. требуемое объяснение.

ДАЛАМБЕР
1717 — 1783

Другая работа Клэро—вычисление времени возвращения кометы Галлея, — законченная 13 апреля 1759 г. и менее чем через месяц оправдавшаяся наблюдениями, доставила ему огромную популярность. Клэро, если можно так выразиться, показал всем, с какою уверенностью могут быть предсказаны на основе теорий Ньютона такие явления, предсказания которых вообще считались немыслимыми.

Чудо-ребенок, 10 лет читавший «Анализ бесконечно малых» Лопиталя, 16 лет написавший необыкновенно изящное «Исследование кривых двоякой кривизны» и позднее — светский человек, столь же преданный наслаждениям, сколько работе, Клэро умер во цвете лет. Его соперник Даламбер (1717—1783) затмил его в памяти потомства благодаря своему участию в «Энциклопедии».

Как известно, Даламбер — незаконный сын Тансэн и Детуш-Канона — был тотчас после своего рождения брошен [1], и воспитание его взяла на себя бедная работница, к которой ученый всегда относился, как к матери. Блестяще окончив школу, он обратился затем к изучению права, но скоро бросил юриспруденцию и занялся математикой. 24 лет он вступил в академию. Спустя два года он опубликовал свой «Трактат о динамике» («Traité de la dynamique»), в котором вся механика обосновывалась им на принципе, носящем его имя. Трактат этот дал ему право называться создателем аналитической механики. Затем Даламбер применил свой метод к статике и динамике жидкостей и газов и создал теорию колебания струн. Все это привело его к изучению уравнений с частными производными, и в этой области он достиг результатов, представляющих громадное теоретическое значение. В области небесной механики главной заслугой Даламбера является создание полной теории предварения равноденствий [2].

---

[1] Спустя несколько дней ему была назначена пенсия в 1 200 ливров; на эти деньги он и был воспитан.

[2] Из остальных европейских стран одна только Италия выставила несколько замечательных математиков. Среди последних можно назвать Риккатти (1707—1775), Фаньяно (1682—1766) и Марию Аньези (1718—1799).

НАУЧНЫЕ ЭКСПЕДИЦИИ. Итак, развитие математики было тесно связано с разработкой механики и ее применений к различным отраслям физики и особенно к объяснению движений светил. Наблюдательная астрономия тоже не только не была забыта, но даже сделала значительные успехи. Правительства попрежнему поддерживали астрономические наблюдения денежными субсидиями. Особенно следует отметить организацию предложенных академиями экспедиций. Экспедиции эти приняли такие размеры, о каких раньше даже и не помышляли. Инициативу и руководство всем этим делом взяла на себя Франция.

Выше уже было упомянуто об экспедициях в Перу и Лапландию, организованных для измерения градусов меридиана. Едва ли следует останавливаться на том, что хотя главной целью этих экспедиций были астрономические наблюдения, участники их должны были собирать материалы и для решения других вопросов науки. К экспедициям прикомандировывались натуралисты и художники. Таким образом, экспедиции, предпринимавшиеся часто в мало известные страны, обогащали своим материалом все отрасли науки и принимали характер настоящих научных обследований.

Вторая выдающаяся экспедиция, память о которой заслуживает сохранения, по своим размерам уступала первой. Задача ее заключалась в том, чтобы путем одновременных наблюдений с очень отдаленных друг от друга пунктов, находящихся по возможности на одном меридиане, определить расстояние между Луной и Землей. Лаланд был послан в Берлин, а Лакайль — на мыс Доброй Надежды[1] (1751). Лакайль (1713—1762) — столь же скромный, сколько и заслуженный ученый — провел в устроенной им на мысе Доброй Надежды обсерватории четыре года и с изумительной точностью определил положение более 10 000 звезд южного неба, с которым таким образом и познакомил ученых. Его экспедиция, включая сюда и расходы по изготовлению инструментов, обошлась в 9 144 ливра и 5 су. Когда он отдавал чиновникам казначейства отчет о своих расходах, они первые начали насмехаться над его наивной честностью.

Результат, достигнутый Лаландом и Лакайлем относительно расстояния между Землею и Луною, является почти совершенно точным. Этого нельзя сказать о результатах третьей крупной экспедиции, о которой нам остается сказать. Экспедиция эта должна была определить расстояние между Солнцем и Землей на основании прохождения Венеры через Солнце по методу, предложенному Галлеем. Эти наблюдения, отличающиеся большою трудностью, в XIX столетии пришлось повторять заново.

Прохождения Венеры повторяются приблизительно через 120 лет. Их бывает два, причем отделяются они друг от друга промежутком

[1] Это был дебют Лаланда (1732—1807), которому уступил свое место его учитель, хотя Лаланду было тогда всего 18 лет. Замечательный наблюдатель, прекрасный вычислитель и плодовитый писатель, отличавшийся большим популяризаторским талантом, Лаланд приобрел себе широкую известность, которую под конец своей жизни он еще старался увеличить всевозможными эксцентрическими выходками.

через 8 лет. В XVIII столетии они приходились на 1761 и 1769 гг. Европейские правительства условились подвергнуть изучению главным образом второе из них[1]. Англичане производили наблюдение с Таити (Грин с капитаном Куком), из Гудсонова залива и из Мадраса, датчане—близ мыса Норд, шведы—из Финляндии, русские—из Лапландии и Сибири[2], французы—из Калифорнии (где умер Шапп). Лежантиль, уехавший в 1761 г., не мог высадиться в Пондишери вследствие войны. Он решил ждать в Индии до 1769 г. Но и тут постигла неудача: в урочный час Солнце было закрыто облаками.

Результат, выведенный из всех этих наблюдений, сильно расходился с итогом вычислений, основанных на пертурбациях Луны и звезд. Возможная ошибка определялась к концу века еще почти в одну пятидесятую расстояния.

Наряду с этими чрезвычайными экспедициями следует упомянуть об обширных геодезических работах, которые французское правительство продолжало производить под руководством членов Академии. Измерение меридиана, произведенное при Людовике XIV, и измерение дуги параллели от Бреста до Страсбурга, которым руководил Жак Кассини (1733—1734), после экспедиции Мопертюи и Буге пришлось признать крайне ошибочными. Проверку с замечательной быстротой и точностью произвели три человека: Кассини де-Тюри (1714—1784), сын Жака Кассини, его двоюродный брат Доминик Маральди (1709—1788) и Лакайль. Последний открыл (1740) источник главной ошибки: разность между туазом, которым пользовался Пикар для измерения базиса, и тем, который был принят Академией позднее (так называемым перуанским туазом). Вслед затем Кассини де-Тюри добился поддержки правительства в деле составления им совместно с Маральди генеральной карты Франции. В 1756 г. правительство перестало субсидировать это предприятие, однако благодаря поддержке некоторых лиц, которых сумели заинтересовать в этом деле, Кассини де-Тюри смог продолжить свою работу. Он умер, не успев вполне закончить составление карты. Последнюю издал его сын, Жан-Доминик. Эта знаменитая карта (так называемая карта Кассини), сделанная в масштабе одной линии на сто туазов (2/86400), произвела настоящий переворот в картографии и послужила образцом для всех последующих карт аналогичных масштабов.

ДАЛЬНЕЙШИЕ УСПЕХИ АСТРОНОМИИ. БРАДЛЕЙ, ГЕРШЕЛЬ. Как ни важны были астрономические работы французских ученых, все же следует признать, что пальма первенства в развитии этой науки принадлежала Англии.

Профессор астрономии в Оксфорде Брадлей (1692—1762) в 1727 г. установил, что положение неподвижных звезд подвержено

[1] Первое совпало с разгаром Семилетней войны. Его наблюдали из Капштата, Лапландии и Тобольска (в последнем пункте наблюдения производил француз Шапп). Общий результат этих наблюдений был признан преувеличенным.

[2] Снаряженная Екатериной II экспедиция знаменитого естествоиспытателя Палласа относится именно к этому случаю.

небольшим периодическим изменениям, и определил как закономерность, так и причины этих изменений. Одно из этих изменений представляет собою периодическое годовое движение, называемое аберрацией света; оно обусловлено перемещением Земли, т. е. наблюдательного пункта, и тем обстоятельством, что свет распространяется не мгновенно [1]. Благодаря определению скорости света, сделанному Ремером, Брадлей мог дать недоставшие до тех пор решающие доказательства движения Земли вокруг Солнца. Это было несомненно важнейшим по своему теоретическому значению астрономическим открытием XVIII столетия.

Второе изменение положения неподвижных звезд Брадлей объяснил как нутацию земной оси в течение периода, равного времени перемещения узла лунной орбиты. Таким образом, оно представляло собою усложнение процесса предварения равноденствий, известного уже со времени Гиппарха. Механическая теория этого усложнения, как мы упоминали выше, была несколько лет спустя создана Даламбером.

Происходившему из Франции английскому оптику Доллонду (1706—1761) около 1758 г. удалось сконструировать ахроматические линзы. Этим он реализовал давнишнюю мечту астрономов, на основании гипотезы Ньютона считавшуюся неосуществимой. Отправным пунктом для Доллонда послужил один опыт шведского физика Клингенстьерна, опубликованный в 1754 г. На основе этого опыта Доллонд сделал открытие, имевшее решающее значение для развития наблюдательной астрономии и создавшее новую отрасль промышленности, до начала XIX столетия остававшуюся монополией Англии.

В марте 1871 г. органист в Бате Вильям Гершель (1738—1822) с помощью самодельного рефлектора открыл новую планету Уран [2], находящуюся за Сатурном и долго считавшуюся кометой, пока вычисление ее элементов не обнаружило ошибки. Успех, достигнутый астрономом-любителем, был щедро вознагражден английским правительством. С тех пор Гершель мог целиком посвятить себя наблюдению неба и постройке больших телескопов. Зеркальный телескоп, применявшийся отчасти уже в прошлом столетии, благодаря усовершенствованиям Гершеля начал теперь успешно конкурировать с рефрактором. Однако никто не умел так пользоваться рефлектором, как Гершель. Гершель обнаружил, что кольцо Сатурна делится на две концентрические части, ограниченные друг от друга темной полосой, открыл двух новых спутников Сатурна и шесть спутников Урана, составил первые каталоги двойных звезд, распространил на двойные звезды закон тяготения и наконец создал теорию туманностей. Будучи не только искусным наблюдателем, но и ориги-

---

[1] Брадлей установил и вычислил явление аберрации, определяя параллаксы неподвижных звезд. *(Прим. ред.)*

[2] Это название было придумано немецким астрономом Боде (1747—1826), 50 лет управлявшего Берлинской обсерваторией и известного в качестве автора эмпирической формулы, определяющей расстояние планет от Солнца.

нальным мыслителем, Вильям Гершель расширил область астрономии постановкой новых вопросов гораздо значительнее, чем увеличил солнечную систему открытием новой планеты.

Следует отметить, что перечисленные успехи были достигнуты в Англии помимо Гринвичской обсерватории, которая долгое время лишена была хорошего руководства. Ее деятельность оживил лишь Маскелайн (1733—1811), один из наиболее выдающихся наблюдателей конца XVIII столетия, более всего известный своими опытами измерения силы притяжения гор и плотности Земли. Он возглавил обсерваторию в 1765 г.

Англии принадлежала главная роль также в усовершенствовании часов. С целью устройства хронометров, пригодных для определения долготы в открытом море, над этой задачей со времени Гюйгенса работал целый ряд умов. Задача была разрешена около 1741 г. Гаррисоном. Несколько позднее к аналогичному решению пришли независимо друг от друга два француза — Берту и Леруа. К концу столетия точность хронометров не оставляла уже желать лучшего.

Если Германия не выдвигала великих математиков, то давала по крайней мере хороших наблюдателей и выдающихся вычислителей. Рядом с Боде следует упомянуть Тобию Майера (1723—1762), работавшего в Геттингене. В 1753 г. он издал «Лунные таблицы», вытеснившие вскоре таблицы Галлея и остававшиеся в употреблении (с небольшими поправками) более полувека.

Несмотря на блестящие открытия английских ученых, наилучше организованной и наиболее живой астрономической школой XVIII столетия была французская. Достаточно было явиться Лапласу, чтобы привести в систему ее открытия и дать в бессмертных произведениях их блестящий синтез. Что касается Италии, давшей Франции в предшествовавшем столетии Кассини, то она значительно отстала и не участвовала в научном движении. Его правительства не смогли даже удержать у себя Лагранжа.

ФИЗИКА. УЧЕНИЕ О НЕВЕСОМЫХ ЖИДКОСТЯХ. Если от науки о небе мы перейдем к науке о земле, то в первых рядах мы и тут встретим тех же самых людей. Особенно это имеет место для всей области разработки теоретических вопросов. Астрономов, занимавшихся исключительно астрономией, не было, ибо иначе они были бы осуждены делать работы хотя и полезные, но не создающие имени. Астрономы вообще склоняются либо в сторону физики, либо в сторону математики. Но математика XVIII столетия, получив в свои руки новое орудие — исчисление бесконечно малых, — в свою очередь стремилась расширить сферу его применения за пределами своей науки и закладывала основание математической физики. Это объяснялось не только тем, что, как мы уже указывали, правительства поддерживали научные исследования, имея в виду их практические результаты. Ученые сами склонялись к постановке различных конкретных практических вопросов и часто производили работы или выпускали произведения, которые казались несколько неожиданными

ГЕРШЕЛЬ

1738—1822

Гравюра Мюллера

для них. Достаточно упомянуть о знаменитых «Письмах к немецкой принцессе» (1763) Эйлера или многочисленных экскурсах Даламбера в области, имеющие чрезвычайно мало общего с математикой.

Одним из ученых, или, как они себя тогда называли, философов, с наибольшим блеском воплотивших в себе такое почти всеобъемлющее всеведение, является безусловно Иоганн Генрих Ламберт (1728—1777), протестант, родом из Мюльгаузена. Ламберт был самоучкой. По приглашению Фридриха II он жил в Берлине. Работая в самых разнообразных областях науки, он выбросил колоссальное количество новых и плодотворных идей, сыгравших впоследствии огромную роль. Если слава его далеко ниже его таланта, то это объясняется именно тем, что эти идеи были восприняты и развиты другими, тогда как сам он слишком разбрасывался, чтобы подробно их разрабатывать. Так, например, в области чистой математики он первый доказал несоизмеримость длины окружности с диаметром и, таким образом, открыл путь к такому способу исследования, который до тех пор считался невозможным[1]. В области астрономии ему принадлежит остроумная теорема, которой и теперь еще пользуются для вычисления кометных орбит и на основе которой Гершель построил свою гипотезу о форме звездной системы, включающей наше Солнце. В области физики он положил начало фотометрии и гигрометрии. В области же философии им была произведена попытка произвести целый переворот, связь которого с переворотом, совершенным Кантом, еще слишком мало изучена.

Мы сможем указать здесь лишь некоторые общие черты того необычайно сложного движения идей, которое явилось результатом деятельности столь оригинальных и столь несхожих по своему образованию мыслителей. Поэтому наше изложение по необходимости будет неполно и ни в коем случае не даст сколько-нибудь детальной картины.

Самым ярким из проявлений нового духа явилось окончательное устранение атомистических теорий Гассенди, Декарта и Бойля. Последние пытались объяснить физические явления исключительно формой и движением частиц материи. Математики же XVIII столетия начали в своих гипотезах считать твердые и жидкие тела за непрерывные с физической точки зрения образования. Хотя частицы весомой материи и признавались еще изолированными друг от друга, но об их сцеплениях или столкновениях уже перестали говорить. Вопрос о форме частиц был совершенно снят с обсуждения. Боскович[2] (1711—1787) попытался даже свести их к геометрическим точкам, являющимся центрами притягательных и отталкивательных сил. Вопрос о среде, в которой находятся частицы, вызывал острейшие разногласия, причем ни одно мнение не получало окончательного перевеса.

---

[1] Статья Ламберта, посвященная этому вопросу, имеется на русском языке в сборнике «О квадратуре круга», изд. Матезис, 1911. *(Прим. ред.)*

[2] Иезуит, родившийся в Рагузе и воспитанный в Риме. После упразднения своего ордена он переселился во Францию и здесь управлял обсерваторией морского министерства.

Эта своеобразная картина имеет свою внутреннюю логику. Вопросы, связанные с действием тяжести, в XVIII столетии были почти решены. Физики начали изучать порознь прочие физические явления. Звук, свет, теплота, магнетизм и электричество превратились в пять совершенно самостоятельных групп явлений. Переходя от изучения одной из них к изучению другой, ученые не стеснялись принимать противоречащие друг другу гипотезы. Из перечисленных групп явлений только первая считалась связанной с колебаниями частиц весомой материи, потому что звук не распространяется в безвоздушном пространстве. Что же касается остальных четырех, то тут воззрения менялись. В учении о свете преобладание получила теория Ньютона (так называемая теория истечений), потому что она давала наиболее простые и, как казалось, наиболее правильные объяснения. Однако в противниках этой точки зрения недостатка не было. Последние указывали на то, что непрерывные токи невесомых частиц, испускаемые светящимися телами в межпланетные пространства, уже давно должны были бы заполнить последние. Поэтому восторжествовавшая позднее гипотеза Гюйгенса о волнообразных колебаниях невесомой среды тоже имела своих приверженцев. Сам Ньютон в свое время высказывал по этому вопросу сомнения, как сомневался он и в возможности передачи на расстояние действия тяготения. Но в XVIII веке явление света в большинстве случаев объясняли действием специального невесомого агента.

Что касается теплоты, то после Ньютона физики начали все более и более склоняться к мысли, что она обусловливается наличием некоей специфической жидкости в промежутках между весомыми молекулами. Эту жидкость — теплород — не только считали невесомой, но даже старались доказать, что она делает тела более легкими,— вывод, к которому приводила ученых теория флогистона. С падением этой последней теории был оставлен и вывод, однако вера в теплород не была поколеблена.

Физики, изучавшие магнетизм, точно также предполагали существование магнитной, а физики, изучавшие электричество, — одной или двух электрических жидкостей. Повидимому, ни у кого не возникло вопроса о том, каким образом эти предполагаемые материи могут действовать в пространстве независимо друг от друга.

Таким образом, дифференциация усилий физиков, раздробление их по специальностям повлекли за собою ухудшение общих теоретических концепций физики. Зато в каждой из перечисленных специальных областей были достигнуты значительные успехи.

Наука о теплоте нуждалась прежде всего в каком-нибудь способе измерения, который открыл бы возможность формулировки количественных законов. Устройство термометров, которые можно было бы сравнивать друг с другом, представляло серьезные затруднения. Было произведено множество более или менее неудачных попыток, пока в Англии не появляется термометр Фаренгейта (около 1724 г.), во Франции — термометр Реомюра (1730) и в Швеции — стоградусный термометр Цельсия (около 1742 г.), в конце концов вытеснивший оба первых.

Известно, что деление термометра на градусы основано на неизменности точек кипения и таяния при данном давлении. Теория теплорода объясняла эту неизменность предположением, что при каждом из указанных явлений некоторое количество тепловой жидкости вступает с весовыми молекулами в новую комбинацию и, наоборот, освобождается при противоположном. Эта теория *«скрытой теплоты»*, выдвинутая шотландцем Блэком (1762), ввела в измерение свойств каждого тела новый элемент. Скоро пришлось принять во внимание также удельную теплоемкость, т. е. по тогдашней терминологии количество теплорода, способное поднять температуру тела на один градус (Вильке — в Швеции, Крауфорд — в Англии). Наиболее важные опыты в этой области были произведены около 1780 г. Лавуазье и Лапласом. Калориметр последнего послужил образцом для всех последующих аналогичных приборов и подвергся только сравнительно небольшим усовершенствованиям.

Колебание точки кипения воды в связи с изменением величины атмосферного давления было исследовано главным образом женевцем де-Люком (1727—1817). Расширение твердых и жидких тел под воздействием теплоты также послужило предметом многочисленных работ, из числа которых особенно следует отметить работы Лавуазье и Лапласа.

Термин *«лучистая теплота»* принадлежит Шееле («О воздухе и огне» — «De Aere et Igne», 177), который показал, что тепловые лучи отражаются точно так же, как и световые. «Светящийся теплород» от темного впервые был отличен Ламбертом в посмертном сочинении, опубликованном в 1779 г.

Теплопроводности тел были посвящены работы Франклина, Ингенгоуса и Румфорда.

Теория света, казавшаяся после работ Гюйгенса и Ньютона более или менее окончательно установленной, совершенно не разрабатывалась, если исключить упомянутое уже нами открытие ахроматизма и попытки устройства фотометрических приборов.

Земной магнетизм, начало изучения которого было положено Галлеем, сделался теперь предметом регулярных и методических наблюдений. Были изучены колебания магнитного наклонения и отклонения и сделаны первые шаги к измерению интенсивности магнетизма. Однако до окончательных результатов было еще далеко. Зато общий закон действия магнетизма — изменение его силы обратно пропорционально квадрату расстояния — был установлен французом Кулоном (1736—1806), ранее доказавшим справедливость подобного же отношения для действия электричества. С этого времени начинаются попытки отыскать связь между электричеством и магнетизмом, попытки, против которых были направлены «Исследования об электричестве» знаменитого революционера Марата.

Главным завоеванием XVIII столетия в области физики было начало изучения действий электричества.

Электрические машины, представлявшие собою простой шар из серы или стекла, который вращали, потирая сукном или просто рукой, как это делал, например, аббат Нолле, были простой игрушкой.

Однако уже в 1729 г. англичане Грей и Уилер открыли электропроводность и изолирующее свойство некоторых тел. Француз Дюфей (1698—1739), повторивший и умноживший опыты Грея, предложил для объяснения их результатов гипотезу о двух жидкостях, обладающих противоположными свойствами. Благодаря изобретению проводников и подушек, а затем замене стеклянных шаров кругами, электрическая машина была постепенно усовершенствована. Около 1746 г. голландцем Мушенбреком была изобретена лейденская банка. Вскоре после этого, соединив несколько лейденских банок в батарею, Франклин (1706—1790) добился весьма сильного эффекта, натолкнувшего его на мысль о тождестве искры с молнией. Доказательство этого тождества, достигнутое им посредством знаменитого опыта с бумажным змеем (июнь 1752 г.), было главным научным событием столетия. Изобретение громоотвода, являвшегося первым практическим применением работ, начатых открытием Грея, довело до апогея славу американского ученого. Уже в это время возникают предположения о возможности применения электричества для передачи сигналов на расстояние. Однако разработка этого вопроса не пошла дальше лабораторных опытов.

Промышленность пользовалась пока только теплотою. Научные идеи Папена, как мы уже указывали, были осуществлены в Англии Севери (1693), а затем — Ньюкоменом, построившим в 1705 г. первую паровую машину для выкачивания воды из шахт. В этой так называемой машине простого действия пар действовал лишь на одну сторону поршня. Его действие должно было уравновешивать атмосферное давление. Путем впрыскивания в цилиндр холодной воды пар сгущали, и настоящим двигателем являлось атмосферное давление, благодаря которому поршень опускался назад.

Теоретически не трудно было убедиться в том, что если для того, чтобы уравновесить давление пара в котле и цилиндре, достаточно привести цилиндр в сообщение с котлом, то совершенно такое же равновесие можно получить, если привести цилиндр в сообщение с сосудом, наполненным холодной водой (конденсатором). Это важное соображение, дававшее возможность избежать напрасного охлаждения оболочки цилиндра и построить машину двойного действия [1], долго заставляло себя ждать. Оно было формулировано в 1765 г. строителем-механиком Уаттом. Дополнив сделанное открытие изобретением регулятора и параллелограма, он создал тип паровой машины, просуществовавший более века и послуживший исходным материалом для всех позднейших усовершенствований. Машина Уатта, быстро распространившаяся по всей Англии, подняла промышленность этой страны на такую высоту, какой прочие нации смогли достичь лишь гораздо позднее. Предпринимавшиеся несколько раз во Франции попытки приспособить двигатель для целей навигации (и в частности попытки маркиза Жуффруа) не имели успеха.

Франции принадлежит слава другого изобретения, практическое применение которого однако гораздо более ограничено. 5 июня

[1] Т. е. такую, где пар действовал бы поочередно на обе стороны поршня.

№ 1948

1783 г. братья Монгольфьер, бумажные фабриканты в Анноне, пустили первый аэростат, наполненный нагретым воздухом. Этот опыт произвел большой шум и вскоре был повторен в Париже физиком Шарлем, употребившим в дело водород. 21 ноября того же года Пилатр де-Розье совершил первый подъем на воздушном шаре.

ШТАЛЬ И ТЕОРИЯ ФЛОГИСТОНА. Сколь ни были важны успехи физики XVIII столетия, особенно в области электричества, химия все же достигла еще более значительных успехов. Из беспорядочной груды эмпирических рецептов развилась вполне систематическая наука. Однако ей пришлось сначала освободиться от ложной теории, связанной с учением о невесомых жидкостях.

Самое яркое из химических явлений — горение — кажется как бы выделением некоторого летучего вещества, так как в большинстве случаев здесь под влиянием теплоты происходит распад воспламененных веществ. Пока не была известна роль в процессе горения воздуха, одна из составных частей которого, соединяясь с горящими веществами, вызывает явление пламени, все заставляло предполагать, что выделяемое вещество и есть собственно огонь, до тех пор скрытый внутри горячего тела.

Постепенно эту идею и возвел в теорию знаменитый Шталь (1660—1734), бывший сначала профессором университета в Галле, а затем лейб-медиком прусского короля Фридриха-Вильгельма I. Из теории Шталя следовало, что тела, которые при прокаливании не теряют летучего вещества (например, металлы), должны рассматриваться как соединения своих известей (или окисей) с флогистоном, т. е. с предполагаемой субстанцией огня. То обстоятельство, что металлы после прокаливания становятся тяжелее (благодаря поглощаемому ими кислороду), объяснялось тем, что, как уже было упомянуто, флогистону приписывался отрицательный вес, т. е. свойство делать тела, в которых он в скрытом состоянии находится, более легкими.

Эта теория имела такой успех, что еще Кант в предисловии ко второму изданию «Критики чистого разума» (1787) ставил ее на одну доску с законом падения тел, открытым Галилеем. Между тем все время своего господства она только тормозила развитие химической теории и вела лишь к нагромождению новых фактов, причем объяснения последних вызывали столь же страстные, сколько и бесполезные споры.

Под руководством Шталя воспиталось множество учеников, и в области химии Германия создала настоящую научную школу. Самым крупным представителем последней был берлинец Маркграф (1709—1790), главной заслугой которого являлось открытие сахара и указание способов его извлечения из свекловицы. Эта школа упорно отвергала идеи Лавуазье и поэтому в конце концов угасло после долгого прозябания. Англия оказала химии более существенные услуги. Гельс (1677—1761) первый в своей книге «Статика растений» (1727) указал практический способ собирать все газы, выделяющиеся при перегонке или горении. Сам он считал различные газы лишь воздухом, пропитанным различными частицами.

Шотландец Блэк (1728—1799), работы которого о скрытой теплоте уже упоминались выше, первый ясно отличил углекислоту, которую он назвал *фиксированным воздухом*, и доказал, что она входит в состав щелочных солей и известняков и выделяется при дыхании, брожении и горении угля (1757).

Дальше изучение газов, или, как он говорил, пневматическую химию, продвинул Пристлей (1733—1804). Он изучил свойства *горючего воздуха* (водорода), известного уже со времени Бойля, открыл азотистый ангидрид (двуокись азота), первый (1774) изолировал кислород и азот, которые он назвал *дефлогистированным и флогистированным воздухом*, и при помощи ртутной ванны открыл некоторые растворимые в воде газы — аммиак и хлористый водород. Следуя теории Шталя, он видел в этих газах лишь воздух, различным образом видоизмененный флогистоном. Однако эти ошибочные взгляды не помешали ему быть одним из первоклассней ших химиков XVIII столетия и осветить впервые множество новых фактов. После него английская школа продолжала блестяще соперничать со школой Лавуазье.

Крупные работы выходили также из Швеции. Упсальская академия, основанная в 1728 г., и Стокгольмская, основанная в 1739 г., сделались блестящими научными центрами как в области химии, так и в области естественной истории.

Брандт (1694—1768) первый показал в 1733 г., что белый мышьяк есть окись металла. В 1747 г. ему удалось добыть кобальт из руды, которая издавна употреблялась для приготовления голубой эмали, но относительно которой предполагалось, что она содержит медь. Из подобной же руды вскоре Кронштедтом был извлечен никель.

Настоящим предтечей Лавуазье в области химической теории был Бергман (1735—1784). Он первый стал рассматривать воздух как смесь трех упругих жидкостей — *испорченного воздуха*[1] (азот), *чистого воздуха* (кислород) и *воздушной кислоты* (углекислого газа). Опытами с лакмусом он доказал, что углекислый газ есть действительно кислота. Бергману принадлежит честь установления принципов алкалиметрии, защиты принципа постоянства состава химических соединений, увеличения набора реактивов качественного анализа и закладки основ количественного анализа. Он первый выделил *сахарную* (щавелевую) *кислоту* и разложил ее на равные объемы углекислоты и окиси углерода.

Влияние Бергмана на развитие науки было тем более значительно, что его произведения написаны замечательно точным и ясным языком. Однако его затмил его ученик Шееле (1742—1786), который за короткий период своей научной деятельности открыл *дефлогистированную соляную кислоту* (хлор), *плавиковую* (фтороводородную) *кислоту*, красящее вещество берлинской лазури (синильную кислоту), изолировал лимонную, щавелевую, дубильную, молочную и мочевую кислоты и глицерин, выделил окись бария и наконец

[1] С этим термином, который сам он считал лишь временным, он не связывал никаких предвзятых идей. Бергман первый приготовил искусственную сельтерскую воду.

содействовал открытию марганца, вольфрама и молибдена [1]. Хотя он оставался приверженцем теории флогистона даже после работ Лавуазье, ему первому удалось в 1778 г. произвести точный анализ воздуха [2]. Он же предложил практически наиболее простой способ добывания кислорода (действием серной кислоты на перекись марганца).

НОВЕЙШАЯ ХИМИЯ. ЛАВУАЗЬЕ. Французская химическая школа долгое время пользовалась меньшей известностью, чем английская и шведская. Однако она была достаточно оригинальна, чтобы не затонуть в господствующих воззрениях. Наиболее ярким представителем ее до Лавуазье был Руэль (1703—1770), увлекательный педагог и тщательный экспериментатор.

Когда творец современной химии Лавуазье (родившийся в 1743 г. в Париже и в 1794 г. сложивший голову на эшафоте) около 1770 г. начал свои исследования над составом атмосферного воздуха, он исходил из трех положений: 1) что теория флогистона не может быть доказана, 2) что металлы при прокаливании поглощают часть воздуха и, наконец, 3) что воздух должен представлять собою смесь. Если бы он в это время обладал познаниями Пристлея, Бергмана и Шееле, которые близко подошли к его открытию и даже до него изолировали составные части воздуха, то при большой отчетливости своих идей он без сомнения сразу решил бы вопрос и сразу показал бы истинное значение фактов, установленных химиками других школ, но неверно ими оцененных. Начальная ошибка вовлекла его в целый лабиринт опытов, из которого он вышел только через пять лет.

Превращая действием угля сурик в свинец, Лавуазье заметил, что освобождавшийся при этом газ (углекислота) обладал как раз тем же объемом, что и воздух (кислород), поглощенный свинцом при переходе в сурик. Сначала он, по его собственному рассказу, вообразил, что элемент, поглощенный при накаливании, есть фиксированный воздух Блэка (углекислота). Но затем, путем точного взвешивания, он убедился, что этот фиксированный воздух, освобожденный при восстановлении, в действительности должен представлять собою соединение угля и какого-то другого элемента, выделяемого суриком. Первоначально Лавуазье попытался вступить в бесплодный компромисс с теорией флогистона, но вскоре уяснил себе, что вещество огня, проходя через стекло реторты, нисколько не изменяет веса веществ, подвергаемых реакции в закрытом сосуде. Этим путем он был приведен к тем же заключениям насчет состава воздуха, к каким уже пришел Бергман. Заключения эти были у Лавуазье подтверждены точными опытами и совершенно свободны от гипотезы невесомой жидкости.

Как ни важны были эти результаты, полученные Лавуазье, их все-таки было недостаточно для обоснования достоверной теории.

---

[1] Подобно Бергману, он изучил специальные свойства руд трех последних тел. Металлы этих руд на основе его указаний были тотчас же открыты другими шведскими химиками.

[2] Свой анализ он производил, поглощая кислород воздуха посредством влажной смеси железных опилок с серным цветом.

Напротив, они вызывали многочисленные и горячие возражения. Необходимо было не только изолировать непригодную для дыхания часть воздуха (азот), путем связывания вдыхаемой части (кислород), что было сделано уже раньше, но снова выделить кислород из образовавшегося соединения, путем восстановления тела, употребленного для связывания. Известно, что Лавуазье прибег к помощи ртути, красная окись которой, образующаяся при нагревании, снова разлагается на жидкую ртуть и кислород при более высокой температуре. Гипотеза была окончательно доказана.

После этого Лавуазье принялся за изучение различных форм горения, т. е. процесса соединения тел с кислородом. Он легко определил состав угольной кислоты, получив ее путем сжигания алмаза в чистом кислороде. Он установил сущность процесса дыхания как процесса сжигания угля, поддерживающего животную теплоту; в связи с опытами над скрытой и удельной теплотой он произвел вместе с Лапласом свои знаменитые изыскания по животной теплоте. Путем опытов над различными кислотами он доказал, что последние содержат кислород сравнительно в гораздо бо́льших пропорциях, чем окиси и основания, и ввиду этого дал открытому им газу название кислород (oxigenium — производитель кислот).

Сравнительно более сложной работой оказалось исследование состава воды. Водород, под названием *горючего воздуха*, был известен уже давно. Но мысль о том, что он один из элементов воды (а не какого-либо другого из участвующих в реакции тел) и что, кроме него, в воде имеется только один газообразный элемент, именно кислород, была настолько чужда сознанию химиков, что первое сообщение о возможности получения воды путем сжигания водорода в свободном воздухе (Макке, 1776) сначала вызвало недоверие и породило целый ряд ошибочных толкований.

24 июня 1783 г., приняв все меры предосторожности, Лавуазье произвел наконец синтез воды — результат, шедший вразрез его мнению, потому что он, повидимому, рассчитывал получить какую-нибудь кислоту. Тот же самый результат почти одновременно был достигнут в Англии Кавендишем (1731—1810). Вслед затем Лавуазье подверг воду анализу, разложив водяной пар раскаленным докрасна железом.

Для полного обоснования химии оставалось еще найти соединения азота. В 1785 г. Бертолле (1748—1822) доказал, что аммиак представляет собою соединение азота с водородом. В том же году Кавендиш доказал, что азотная кислота есть соединение азота с кислородом.

Эти значительные успехи, достигнутые химией, привели к необходимости установления систематической номенклатуры. Набросок ее был составлен Гитон-Морво в 1782 г., и принципы, предложенные Морво, в 1786 г. были приняты Лавуазье, Бертолле и Фуркруа.

Коллеги Лавуазье долгое время пытались оспаривать его идеи. Однако в конце концов они должны были отступить перед очевидностью. Установление номенклатуры подвело итог совершенной революции. Основы современной химии были заложены

ЛАВУАЗЬЕ

1743—1794

С портрета неизвестного художника

окончательно. Получив простую и плодотворную теорию и точные методы анализа, химия стала быстро развиваться как в направлении теоретических открытий, так и в направлении практических приложений к нуждам промышленности.

ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ. БЮФФОН, ЛИННЕЙ, ЖЮССЬЕ. Естественная история, как бы ожидая, пока зарождающаяся химия добудет новые средства, которые откроют естествоиспытателям новое поле исследования, пошла иным путем. Наиболее яркие ее представители занялись согласованием и систематизацией научного материала, собранного со времен Возрождения.

БЮФФОН
1707 — 7188

Правда, немало естествоиспытателей, особенно зоологов, посвятило себя специальным монографическим исследованиям. Следует упомянуть работы Реомюра о насекомых (1734—1742), знаменитую «Анатомию ивовой гусеницы» («Anatomie de la chenille du saule», 1760) Лионнэ, — плод его 20-летнего труда, наблюдения Антуана Пейсоннеля над кораллами (1756) и исследования Трамблэ о «Пресноводных полипах» (1744), содержавшие первые точные сведения о зоофитах. Но все эти имена бледнеют перед именем Бюффона (1707—1788).

Бюффон был сыном советника дижонского парламента. Любовь к естествознанию пробудилась в нем под влиянием бесед с одним английским ботаником, когда он путешествовал по Италии. С этого времени он стал деятельно заниматься естественными науками. 26 лет он был избран в Академию наук и издал множество разнообразных мемуаров и переводов. Будучи избранным Дюфеем в его преемники по управлению Королевским садом, он составил грандиозное сочинение, обессмертившее его имя.

Первые три тома «Естественной истории» («Histoire générale») — теория Земли, общие сведения о животных и описание человека — вышли в 1749 г.; следующие двенадцать, посвященные четвероногим — в 1753—1767 гг. За ними последовало десять томов о птицах и минералах (1771—1786) и семь томов дополнений (1774—1789), из которых пятый посвящен «Эпохам природы» (1779). На основании набросков Бюффона Ласепед окончил «Историю змей» (1789) и позднее по тому же плану составил «Историю рыб» и «Историю китообразных» (1799—1804). Описание беспозвоночных несомненно входило в первоначальный план Бюффона, но смерть помешала ему обработать этот отдел. Надо впрочем сказать, что сведения, которыми располагала тогда наука по этому отделу, были слишком недостаточны, чтобы на их основании можно было создать плодотворный синтез.

Громадный труд, предпринятый великим французским натуралистом, был исполнен с помощью целого ряда сотрудников. В обработке отдела четвероногих Бюффону помогал Добантон, в обработке отдела птиц — Гэно де-Монбельяр, аббат Бексон, Соннини и др. Изучение рукописей Бюффона, хранившихся в Ботаническом саду, позволило точно определить степень участия этих сотрудников и рассеять легенды, сложившиеся насчет способов работы Бюффона. Оказалось, что множество страниц, наиболее славившихся великолепием стиля, принадлежат вовсе не ему. С другой стороны, можно установить, что он по нескольку раз переделывал свое произведение, и притом отнюдь не ради улучшения его формы, а либо для того, чтобы исправить текст согласно указаниям своих сотрудников, либо для того, чтобы поставить вопрос глубже.

Учение Бюффона по широте и блеску не уступает стилю его произведений. Как мыслитель — он ярко выраженная индивидуальность. Бюффон настаивал на единстве и непрерывности существ природы и принципиально противился всякой классификации, потому что она нарушает эту непрерывность. Он высказывался даже против учения о постоянстве видов, хотя и не мог убедительно доказать их изменчивости. Носителями жизни он считал органические молекулы, которые не возникают и не исчезают. Гениальной интуицией он сближает процесс размножения с процессом питания и во многих пунктах предвосхищает гипотезы Борде и особенно Биша. Он первый попытался точно определить естественное местонахождение каждого вида и таким образом заложил начало географии животных. Его же работы о человеческих расах положили начало антропологии и этнографии. Наконец геологическая система, изложенная им в «Эпохах природы», содержала все наиболее существенные черты воззрений Кювье. У Бюффона же последний заимствовал принцип корреляции органов, на котором основана палеонтологическая реставрация.

Другой француз, Адансон (1727—1806), автор «Естественной истории Сенегала» («Histoire naturelle du Sénégal», 1757) и «Растительных семейств» («Familles des plantes», 1763), мечтал написать такое же сочинение, как «Естественная история» Бюффона, именно — «Энциклопедию природы», с классификацией существ, основанной на общем сходстве их типов. Если этот метод практически неосуществим и если различные признаки важны далеко не одинаково, то Адансону во всяком случае принадлежит та заслуга, что он точно определил ботанические семейства и во многих случаях превосходно описал их сходство и различие. Сама по себе эта идея была не нова. Уже Турнефор определил некоторые выдающиеся семейства, а Бернар Жюссье (1697—1777) в 759 г. расположил в систематическом порядке все растения Королевского сада. Идеи Бернара Жюссье были развиты его племянником Антуаном Роланом в целом ряде мемуаров, представленных Академии наук в период с 1773 по 1777 г. и в окончательной форме — в трактате «Роды растений» («Genera plantarum», 1789).

В ботанике этой эпохи полностью господствовала классификация Линнея, которую как искусственную часто противопоставляли так

называемой естественной системе Жюссье. В действительности однако вполне естественная классификационная система вообще невозможна, и в этом отношении Бюффон был совершенно прав. Вопрос только в степени приближения. Линней впрочем отнюдь не выдавал тот порядок, который он установил, основываясь исключительно на свойствах цветка, за окончательный. Большое удобство этой классификации, представляющей собою по существу не что иное, как аналитический ключ, заключается в том, что она очень облегчает наименование растений. Помимо создания системы классификации Линней, руководясь необыкновенным чутьем к явлениям природы, произвел важные улучшения во всех отделах ботаники. Его двойная номенклатура утвердилась в науке навсегда. Описания видов, сделанные им в коротких и точных фразах, концентрирующих неизвестные или находившиеся в пренебрежении факты, навсегда останутся образцовыми.

ЛИННЕЙ
1707 — 1778

Линней (1707—1778) учился в Упсале у Рудбека и Цельсия. По возвращении из путешествия в Лапландию он должен был из-за различных неприятностей покинуть отечество и переселиться в Голландию. Там один богатый любитель, Ж. Клуффорд, поручил ему свой сад в Гартекампе и снабдил его средствами для издания книг: «Система природы» («Systema Naturae», 1735), обнимающей все три царства природы, «Основы ботаники» («Fundamenta botanica», 1737), «Лапландская флора» («Flora Lapponica») и «Роды растений» («Genera plantarum», 1737). В Швецию он вернулся уже знаменитостью и был назначен лейб-медиком короля и профессором Упсальского университета. Здесь он дополнил свои исследования изданием книг «Философия ботаники» («Philosophia botanica», 1751) и «Виды растений» («Species plantarum», 1753). У него было немало противников, но критика последних не повредила успехам его идей. Наибольшей страстностью отличались возражения знаменитого швейцарского физиолога Галлеля. Часто рассказывают, что Линней отомстил Бюффону за критические нападки против его идей тем, что назвал одно болотное растение именем bufonia. Это вряд ли верно, и мы имеем здесь дело просто со случайным совпадением имени Бюффона с латинским названием жабы (bufo).

К концу века долгое время находившаяся в состоянии младенчества минералогия сделала решительный шаг вперед. Главную роль сыграло здесь создание основ кристаллографии, за которое наука обязана аббату Аюи (1743—1822), брату Валентина Аюи, известного воспитателя слепых. Скромный ректор Наваррской школы Аюи представил свои мемуары Академии в 1781 г. В 1783 г. Академия открыла для него свои двери.

ФИЗИОЛОГИЯ. Альберт Галлер (1708—1777), имя которого известно теперь только специалистам, при своей жизни пользовался в области истории животных и растений таким же авторитетом, как Линней и Бюффон. Он был учеником Бергаава, врачом в Берне и профессором в Геттингене (1735—1752). Из Геттингена он вернулся на родину и уже до смерти не покидал ее. Им написано громадное количество научных работ, не считая поэмы и трех политических романов.

Сочинения Галлера «Элементы физиологии» («Elementa physiologiae», 1757—1766) оказало огромное влияние. И до сих пор ученые справляются в трудах Галлера по библиографии медицины, хирургии, анатомии и ботаники, так как начитанность швейцарского ученого была изумительна. Главным его открытием является установление различия между раздражимостью тканей и восприимчивостью.

Кроме Галлера, в физиологии животных можно назвать лишь несколько второстепенных имен, вроде, например, француза Вик д'Азир. Единственное исключение составляет итальянский ученый Спалланцани (1729—1799). Последнему принадлежал ряд не столько оригинальных, сколько полезных исследований о кровообращении, дыхании и пищеварении. Наиболее известное его сочинение посвящено «Маленьким инфузорным животным» («Animalcules infusories», 1767), открытым около 1747 г. англичанином Нидгэмом, католическим священником, защищавшим идею самопроизвольного зарождения инфузорий. Спалланцани в противовес этому выдвигал гипотезу о предварительном существовании инфузорных зародышей.

Наиболее выдающийся результат, достигнутый в физиологии животных, был связан с весьма неполной еще теорией дыхания, предложенной Лавуазье. С этих пор важность химических исследований для физиологии была признана бесспорной.

В ботанике соответствующее открытие (т. е. установление факта разложения листьями углекислоты и выделения кислорода), которое предчувствовал еще Пристлей, было сделано в 1783 г. женевцем Сенебье (1742—1809). Этим на некоторое время были закончены исследования о циркуляции растительных соков. Важнейшими из этих исследований являются работы англичанина Гэльса, опубликованные в книге «Растительная статика» («Vegetable statics», 1737) и посвященные изучению сил давления, испарения и поглощения. Наряду с ними стоят исследования француза Дюамеля де-Монсо «Физика деревьев» («Physique des arbres», 1758). Последний, вопреки теории женевца Бонне, впервые доказал различие между ролью восходящего и нисходящего соков.

Первые правильные мысли относительно оплодотворения растений были высказаны Себастьяном Вайаном в 1717 г. при чтении им курса лекций в Ботаническом саду. Однако мысль о раздельнополости растений оспаривалась приблизительно до середины XVIII столетия. Одной из главных заслуг Линнея является то, что благодаря его трудам она окончательно восторжествовала.

МЕДИЦИНА И ХИРУРГИЯ. После Бергаава и Гофмана в медицине сложились новые системы, разделившие теоретиков на различные лагери и постепенно занявшие место старых иатрохимических и иатромеханических теорий. Создатель флогистики Шталь положил основание *витализму*, или *анимизму*, т. е. объяснению явлений, совершающихся в живом организме, вмешательством нематериальных, психических сил. Во Франции эти идеи были частично восприняты Борде (1722—1776). Последний защищал главным образом ту идею, что законов механики и химии недостаточно для объяснения жизненных функций и допускал для каждого органа наличие особой силы, которую обозначил общим именем чувствительности. В Монпелье аналогичную теорию энергично защищал Бартез (1734—1802), строго отделявший законы жизненных явлений от законов неорганических процессов. В отличие от Шталя он допускал, что жизненное начало не тождественно с душой. В Англии шотландец Джон Броун (1736—1788) также основал школу, существовавшую не так долго, как витализм, но пользовавшуюся некоторое время успехом и во всяком случае значительно ускорившую развитие терапии. Броунисты определили жизненную силу как возбудимость и попытались свести задачи медицины к задаче увеличения или уменьшения этой силы, сообразно тому, вызвана ли болезнь ее избытком (стенизм) или недостатком (астенизм). Глава школы считал, что большинство болезней вызывается именно второй причиной. Поэтому он рекомендовал главным образом применение возбуждающих средств. Наоборот, итальянец Разори (1766—1837) рекомендовал успокаивающие. Наряду с этими теориями едва ли стоит упоминать систему Месмера (1733—1815), основанную на небольшом количестве подмеченных им странных явлений с примесью фантастических гипотез и немалой доли шарлатанства. Вместо лекарств Месмер употреблял наружные средства, действовавшие по его словам на жидкость, специально присущую одушевленным существам и похожую на ту, которой объяснялись явления магнетизма.

Главным завоеванием медицины XVIII столетия было открытие Дженнером (1749—1823) предохранительных прививок оспы. Он начал применять свою прививку в 1796 г. В течение же XVIII столетия для предохранения от оспы пытались применять прививку оспенного яда — восточное средство, вывезенное в 1721 г. из Константинополя леди Монтак в Англию и оттуда медленно распространявшееся по континенту. Во Франции медицинскому факультету пришлось иметь суждение по поводу действительности этого средства лишь в 1764 г. (он высказался в пользу его). Людовик XV, которому суждено было умереть от оспы, отказался сделать себе прививку.

В области хирургии мы не можем назвать ни одного крупного имени. Французская школа, пришедшая в расстройство вследствие тяжбы медицинского факультета с Сен-Комской корпорацией, окончившейся победой первого, после учреждения Королевской хирургической академии (1731) блистательно возродилась. Открытие Королевской хирургической академии было исходатайствовано состоявшим при особе короля Мареша[illegible] II—

представляли собою превосходное описание инструментов и наблюдений. Силами одного человека такие результаты не могли бы быть достигнуты. Читавшиеся в Академии курсы начали привлекать иностранцев, и парижские методы стали быстро распространяться в остальных европейских странах. Италия и Англия соперничали с Францией, тогда как Германия несколько отстала. Два английских ученых Уильям Гентер (1718—1783) и Джон (1728—1793), особенно второй, мастерски разработавший все отрасли хирургии, оставили после себя значительные произведения. Из французских хирургов наиболее выдающимися были Луи (1723—1794), секретарь Академии, и Дезо (1744—1795), новатор, учитель Биша.

В общем медицина окончательно освободилась от рутины и по примеру естественных наук стала проявлять склонность к выработке рациональной системы. Хотя борющиеся в ней в это время и позже теории основываются еще на недостаточном опыте, она во всяком случае минула стадию наивного эмпиризма. С другой стороны, благодаря новым открытиям в химии, прямо применимым к фармации, значительно изменилась и улучшилась фармакопея. Наконец, хирургия стала развиваться рука об руку с физиологией.

ОБЩИЕ ЧЕРТЫ НАУЧНОГО ДВИЖЕНИЯ В XVIII ВЕКЕ.

В обрисованной нами картине научного движения недостает еще одной существенной черты. Естествознание этой эпохи неизменно называлось философией, и все, кто занимался изучением законов природы, называли себя философами. Таким образом, это имя применялось, можно сказать, ко всем ученым. Не было даже ни одного математика, который ограничивался бы одной своей специальной наукой. Что же касается прочих специальностей, то хотя они и были уже достаточно дифференцированы и хотя этот процесс дифференциации продолжался, — они с самого начала предполагали принятие некоторых общих концепций.

Резкая грань, образовавшаяся в конце XVI столетия между математикой и физикой, с одной стороны, и естествознанием — с другой, сглаживалась все сильнее и сильнее. Успехи химии, даже при господстве ошибочной системы Шталя, постепенно заполнили пробел. Лаплас принял участие в опытах Лавуазье над животной теплотой и дыханием, т. е. в важнейшем физиологическом открытии, которое было сделано после открытия кровообращения. Ученый XVIII столетия не мог быть всеведущим, но, признав себя наследником древних философов, он считал подвластными себе все философские вопросы. В своих «Письмах к немецкой принцессе» Эйлер с совершенно одинаковым правом считал для себя возможным как обсуждение теории силлогизма, так и физических гипотез об истечении и волнообразных колебаниях.

Однако, наряду с учеными в собственном смысле этого слова, в XVIII столетии действовала группа мыслителей и писателей, которых мы теперь называем именно философами, потому что они специально занимались как общими вопросами, так и вопросами, касающимися социальной и моральной жизни человека. Между ними и учеными, конечно, нельзя провести резкого различия. Получив литера-

турное образование, подобно Вольтеру или Дидро, они увлекались естественными науками и пытались их популяризировать. Либо, получив естественно-научное образование, подобно медику Ламеттри или Гольбаху, они переносили в общую картину мира и в сферу социальных отношений механические теории, воцарившиеся в физике.

Тенденции, которые проводились различными учеными или философами, разумеется, не были тождественными. Одни оставались религиозными, другие ограничивались простым деизмом, третьи же доходили до атеизма. Но у всех их была некоторая точка соприкосновения, все равно, провозглашали ли они ее вслух или же признавали молча. Все они стояли за свободу мысли и пера, все стояли за общественный прогресс и все признавали, что для этого достаточно одной науки.

В этом отношении XVIII столетие стоит в резком противоречии с XVII, когда даже наиболее смелые мыслители, за весьма редкими исключениями, преклонялись перед религиозными догмами, когда философ, наиболее глубоко изучивший социальные вопросы, — Гоббс — практически отстаивал деспотизм. После крайностей этой правительственной системы реакция во Франции была неизбежной. Но следует признать, что первоначальный толчок был дан из Англии, где прекращение революционного движения, наряду с гораздо большей свободой, чем та, которою пользовались континентальные народы, породило общий скептицизм, под прикрытием которого нападки на религию могли возобновиться совершенно беспрепятственно.

Как известно, Вольтер был одним из главных деятелей передачи на материк тех идей, с которыми он познакомился в Англии и которые настойчиво пропагандировал всю жизнь. Его «Письма об Англии» являются прежде всего изложением философии Ньютона, т. е. ньютоновой космологической системы. Вольтер старался обеспечить этой системе торжество над картезианским учением, которое приобрело во Франции множество горячих защитников и в конце концов проникло в учебные заведения.

Дидро в качестве одной из основных задач своей «Энциклопедии» выставил программу детального систематического описания всех приемов и средств, употребляемых в искусствах и ремеслах. Эта задача и была им осуществлена. Имя Дидро также не должно быть забыто в истории науки, как и имя Вольтера.

Нам нет надобности останавливаться на возникновении чисто материалистических учений, представлявших собою крайнее крыло всего этого умственного движения. По существу эти учения знаменовали собою то убеждение ученых XVIII столетия, что для науки не существует недоступных областей. Полное знание природы должно вести к такому же знанию человеческого общества. К этому нужно прибавить, что уже существовала целая группа социальных вопросов, относительно которых единодушно признавалось, что они полностью доступны научному исследованию. Разработке этих вопросов посвятила себя школа физиократов, заложившая первые основы политической экономии.

Движение, перешедшее из Англии во Францию, скоро распространилось и по значительной части остальной Европы. Только Италия, Испания и Австрия не были им захвачены. Однако они остались также в стороне и от научного движения, которое, как мы это пытались доказать, было связано с охарактеризованными идеями.

Только два человека в Европе пошли против течения. Своим могучим влиянием они заставили его несколько уклониться в сторону и сохранить одну область, которая отныне стала считаться достоянием философии, вполне отделившейся от науки.

Когда Руссо со своей анафемой на цивилизацию, которой все гордились, и со своим презрением к тому, что ценилось наиболее высоко, появился среди французских философов, он произвел такое же впечатление, какое в древней Греции произвел Сократ, выступивший среди софистов. Сначала он забавлял, потом наскучил и в конце концов возбудил неприязнь. Но его пламенное слово гремело далеко, и последователи, которых оно вдохновляло, должны были скоро доказать, что день, когда наука станет управлять миром, еще далек.

Еще до этого грозного опыта Кант, пробудившись от «долгого догматического сна», в который была погружена Германия, подверг критике принципы познания и человеческий разум, т. е. созданную последним науку. Он теоретически очертил ей те рамки, преступая за которые она не сможет создавать ничего, кроме иллюзий [1].

Такова была в основных своих чертах эволюция человеческой мысли в XVIII столетии. Если мы пожелаем теперь охарактеризовать пройденный путь более детально, то легко сможем заметить, что развитие науки следовало некоторому общеисторическому закону.

За всякой творческой эпохой, подобной XVII столетию, всегда следует период, когда нормально раскрываются следствия принципов, выдвинутых гением новаторов. В подобные периоды индивидуальные усилия скорее расходятся, чем сосредоточиваются в стремлении к одной цели, ибо главная задача заключается в идущем по всем направлениям исследовании, до какого пункта может вести применение нового метода. Конечным этапом развития являются попытки привести добытые результаты в единую систему, — работа, для которой нужны не меньшие таланты, чем для открытия новых путей, но таланты иного рода. Удовлетворяя потребностям исследования, подобная систематизация в свою очередь может привести либо к временной приостановке научного развития, как это случилось в античном мире, либо к изменению общего направления, когда, как это имело место в конце XVIII и в начале XIX столетий, с моментом ее совпадает благодетельный новаторский толчок.

В области чистой математики и теоретической механики открытия Лейбница были резюмированы Лагранжем; в области астрономии

---

[1] Следует впрочем заметить, что ни Руссо, ни Кант не восставали против изучения природы и что не они положили начало тому прискорбному расколу между наукой и философией, который особенно резко обнаружился во Франции. Руссо длительно изучал ботанику, а Кант бесспорно является крупной величиной, как ученый в узком смысле этого слова.

итогом успехов, достигнутых со времени Ньютона, явилась «Небесная механика» Лапласа. Наконец, обширная «История математики» Монтюкла (1725—1799), которая по своему значению, разумеется, не может быть поставлена в один ряд с только что упомянутыми работами, также представляла собою плод того стремления к систематизации, о котором мы говорим.

Аналогичное стремление в естественных науках обнаружилось еще несколько ранее — с середины XVIII столетия. Гений Бюффона, Линнея, Галлера и др. в этот период стремился охватить всю совокупность знаний о живой природе.

Но особенное значение имела эта эпоха для физики и химии. Это был период их самого плодотворного развития. Открытия в области электричества положили в физике начало движению, которое получило в дальнейшем огромное развитие. Динамическое электричество еще не было известно, и ему предстояло совершить целую революцию. Должно было пройти еще почти полстолетия, пока сделалась возможной постановка вопроса о единстве физических сил. Неудачная попытка Шталя являлась для химии прелюдией творческой эпохи Лавуазье. Все умственное развитие было направлено к совершенно определенной цели. Науки следовали естественному пути и развивались так быстро и правильно, что мысль ученых начала ясно различать этот порядок и замечать связь между различными научными дисциплинами.

ОПЫТ ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОГО ОБОБЩЕНИЯ НАУК. Одной из наиболее своеобразных и любопытных попыток научной систематизации являлась без сомнения «Энциклопедия» Дидро и Даламбера. Необыкновенный успех этого произведения свидетельствовал о назревшей потребности в подобной работе. Способ же, которым эта работа была выполнена, определял истинный характер научного движения описываемой эпохи.

Цель издания, как она была формулирована в знаменитом «Введении» [1], безусловно не была достигнута. Грандиозный, но стройный памятник, которого ждали, на деле оказался громадной Вавилонской башней, куда каждый нес свой камень. Даже различные статьи одного и того же автора далеко не отличались необходимым единством и гармонией. Попытка была предпринята слишком рано, и хаотичность идей, хотя бы и прикрытая единым философским паролем, обнаруживалась все же достаточно ясно.

Несмотря на это, «Энциклопедия» глубоко повлияла на умственную жизнь XVIII века как благодаря широкому распространению, полученному ею, так и благодаря одушевлявшему ее духу и большой ценности и оригинальности значительной части ее статей. История «Энциклопедии» любопытна в том отношении, что показывает, до какой степени была еще стеснена в эту эпоху свобода исследова-

[1] Имеется русский перевод в сборнике «Родоначальники позитивизма», вып. I, изд. Брокгауз-Эфрон, СПБ. 1910 *(Прим. ред.)*

ния, и позволяет догадываться, к каким предосторожностям должен был прибегать, например, Бюффон, чтобы без тяжелых затруднений довести до конца предпринятый им труд. Перед выходом в свет I тома «Энциклопедии» (1751) Дидро три месяца просидел в Венсенской тюрьме. У него был сделан обыск будто бы в связи с другими его сочинениями, а в действительности без сомнения для того, чтобы воспрепятствовать выходу «Энциклопедии», потому что одно только объявление о ее предстоящем издании уже возбудило подозрение клерикальных кругов.

В 1751 г. начало выходить и швейцарское переиздание «Энциклопедии», за которым последовало несколько других. В 1770 г. Панкук выпустил во Франции новое дополненное издание «Энциклопедии», но по жалобе духовенства издание это было арестовано, и арест был снят только в 1777 г. В 1781 г. тот же Панкук издал переработанное издание «Энциклопедии», где статьи были расположены уже не в алфавитном, а в систематическом порядке». Эта «Систематическая энциклопедия» («Encyclopédie méthodique»), состоящая из 166 томов, была закончена изданием только в 1832 г.

VI

СОСТОЯНИЕ НАУК В ЕВРОПЕ В КОНЦЕ XVIII И НАЧАЛЕ XIX СТОЛЕТИЯ

Реформа научного образования. Политехническая школа. Нормальная школа. Наряду с общей политической и социальной перестройкой Великая французская революция поставила и вопрос о перестройке народного просвещения. Обветшалые учреждения старого режима надо было заменить школами, построенными на демократических началах и более соответствующими потребностям момента. Теоретическая разработка этой проблемы поручена была Национальным собранием и Конвентом особым комитетам народного образования, а позже, по предложению Робеспьера, специальной Комиссии по народному образованию. Из разработанных комиссиями и отдельными лицами планов осуществление получил план, предложенный Кондорсэ. По идее последнего Конвент учредил Политехническую школу для подготовки гражданских и военных инженеров, Нормальную школу — для подготовки квалифицированных преподавателей высшей школы (получавших вместе с теоретическими сведениями политическое воспитание в республиканском духе) и наконец Институт, состоявший из трех секций: физико-математической, социально-политической и литературно-художественной. Институт должен был заменить собою аристократическую Академию и представлял собою нечто вроде «парламента литературной республики», существующего в целях постоянного общения между науками и искусствами.

Реформа преподавания общественных наук, ранее преобладавших во французских университетах, началась лишь в 1808 г. Преподавание же точных наук было совершенно реорганизовано на новых началах уже в 1795 г. Таким образом, точные науки не только заняли во Франции подобающее развитию знаний и их практическому значению место в ряду изучаемых предметов, но и самый метод их преподавания потерпел существенные изменения. Привлечь перспективой видного положения отборную молодежь, не намечая заранее предстоящей карьеры, сообщить ей устами крупнейших ученых новейшие теоретические знания и сделать все это в кратчайший срок — такова

была задача новых учреждений, с успехом ими выполненная. Хотя другие нации и не переняли целиком этого принципа коренной централизации наук, они все же заимствовали создавшиеся во Франции новые, более быстрые и действительные методы преподавания. Равным образом и само преподавание по французскому примеру было поручено лицам, наиболее способным двигать науку вперед.

До этих пор ученые в собственном смысле этого слова занимались преподаванием наук лишь тогда, когда оно отвечало их личным вкусам и потребностям. Учреждавшиеся отдельно от университетов академии отводили профессорам мало мест. Пенсии, которыми пользовались члены академий, по размерам своим были вполне достаточны, чтобы удовлетворить лиц, не имевших личного состояния, но прославивших родину своими научными трудами. Все это теперь переменилось. Преподавательский персонал получил свою организацию, и всякая знаменитость, появлявшаяся вне его сферы, в конце концов вступала в состав профессоров. Вскоре ученый не профессор сделался исключением.

Невыгодная сторона подобной системы теоретически очевидна. Однако на практике она обнаружилась только очень поздно. Реформа прежних методов преподавания, сильно устаревших к концу XVIII столетия, была совершенно необходима. Революция в этом смысле дала сразу же прекрасные результаты. Она кроме того сильно способствовала популяризации наук в среде, которая умела их переварить. Число научных профессий значительно возросло. Таким образом, с точки зрения интересов общества, время, отнятое у крупных ученых обязанностью вести преподавание и производить экзамены, было использовано вполне эффективно.

Система централизации, созданная в Политехнической школе и вслед за тем принятая во всех высших учебных заведениях Франции, в известной мере соответствовала исторически сложившейся национальной французской традиции. Опасность этой системы заключалась не в самой идее централизации, которая безусловно дала прекрасные результаты. Ее коренной недостаток, обнаружившийся лишь впоследствии, состоял в том, что она должна была породить увлечение специальными подготовительными знаниями среди лиц такого возраста, когда для обеспечения свободного развития еще не определившихся способностей представляется совершенно необходимым общее образование. Нужно отметить, что в отношении Политехнической школы уровень этой специальной подготовки повышался медленно и что в течение долгого времени экзаменаторы судили о лицах, являвшихся на вступительные испытания, не по их действительным знаниям, а по надеждам, которые они подавали.

Отличительная черта Политехнической школы заключалась в том, что цикл преподавания ограничивался в ней математикой, физикой и химией. Результатом громадного влияния Политехнической школы явилось резкое разграничение между перечисленными науками и так называемыми «естественными науками» в узком смысле слова, т. е. науками о живой природе. Это разграничение шло вразрез с тенденциями, господствовавшими в XVIII столетии, но почти

совпадало с положением, создавшимся к концу XVI столетия. Программа Нормальной школы 1795 г., охватывавшая весь цикл наук, сыграла роль блестящего опыта, не давшего однако никаких результатов. От реформы 1808 г., основанной на узких принципах, плодов следовало ожидать только со временем. Преподавание естественных наук сосредоточилось главным образом в Музее и в медицинских школах.

ЧИСТАЯ МАТЕМАТИКА. ЛАГРАНЖ. МОНЖ. КАРНО. ГАУСС.

Первоначально в связи с революционными событиями Лагранж намеревался вернуться в Берлин, но, к счастью, остался все же в Париже читать лекции в Нормальной школе. Затем в течение двух лет он занимал кафедру анализа в Политехнической школе, которую вынужден был оставить по преклонному возрасту. Своими двумя известными сочинениями «Теория аналитических функций» («Théorie des fonctions analytiques», 1797) и «Решение численных уравнений» («Resolution des équations numeriques», 1798) он в широких размерах содействовал успеху реформы. «Теория аналитических функций», в которой Лагранж впервые попытался дать строгое обоснование исчислению бесконечно малых и высказался против применения рядов, сходимость которых не доказана, отметила наступление новой эры математических исследований. Если принципы Лагранжа и были впоследствии заменены другими, то это явилось естественным результатом дальнейшего развития понятия о функциях, трактовку которого он поставил на большую теоретическую высоту.

Л. КАРНО
1753—1823

Монж (1746—1814), бывший до революции профессором Мезьерской школы военных инженеров, создал начертательную геометрию, графическими построениями заменившую сложные выкладки, применявшиеся до него в фортификации. Конкуренция между военными школами старого режима воспрепятствовала опубликованию его метода. Последний был обнародован только в 1795 г. в «Журнале Нормальных школ» («Journal des Écoles Normales»). Монж принимал самое деятельное участие в организации Политехнической школы, из которой выпустил блестящую плеяду геометров, вскоре приобретших себе большую известность. Он сумел также заново приложить к геометрии алгебру и анализ. Общая теория поверхностей обязана своими успехами его исследованиям о кривизне и открытиям в области интегрирования уравнений с частными дифференциалами.

«Организатор побед» Лазарь Карно (1753—1823), несмотря на большое количество времени, отданное им политике, оставил все же значительный след в истории математики. «Размышления о метафизике исчисления бесконечно малых» («Réflexions sur la métaphysique

du calcul infinitésimal», 1797[1]) Карно обнаруживают в нем глубокого мыслителя, которого не смогли увлечь даже идеи Лагранжа. «Геометрия положения» («Géometrie de position», 1803) и «Этюд о трансверсалях» («Essai sur les transversales», 1806), принадлежащие его перу, признаются исходным пунктом современной геометрии и дают право причислить его к мыслителям, сумевшим указать науке новые пути.

Если к этим великим именам прибавить еще имя Лапласа, к которому мы скоро вернемся, и присовокупить плеяду менее оригинальных ученых, труды которых все же долгое время оставались классическими — например Лежандра (1752—1833) и Лакруа (1765—1843) — и если принять во внимание, что уже первые выпуски Политехнической школы дали ученых, которые еще до 1815 г., т. е. далеко не достигнув своего апогея, выпустили труды, подобные «Трактату по механике» («Traité de mécanique», 1803) Пуассона или «Элементам статики» («Elements de la statique») Пуансо, то станет ясным, что первенство Франции в области математики в этот период также несомненно, как и ее военные успехи. И если Франция заняла в области чистого знания первое место, то только благодаря тому подъему, который революция сообщила научной мысли.

Другие нации не принимали в этом движении никакого участия и сильно отстали. Англия может привести лишь одно имя — шотландца Айвори (1765—1842) — довольно неудачного критика Лапласа, доказавшего однако важную теорему о притяжении эллипсоидов. Только основание в Кембридже Пикоком, Джоном Гершелем и Бэбиджем «Аналитического общества» («Analytical Society»), состоявшееся в 1813 г., содействовало введению в Великобритании новых методов, господствовавших на континенте. Замена обозначений Ньютона символикой Лейбница способствовала возрождению и развитию в Англии математических исследований.

В Германии господствовала так называемая комбинаторная школа, развившая до предела направление исследований Эйлера. Она занялась разработкой новых исчислений, обращая свое главное внимание на форму, а не на содержание выражаемых в символах понятий, и поэтому нередко приходила к совершенно неосновательным выводам. Однако среди своих математиков немцы имели перворазрядного гения, влияние которого в то время было еще слабым, но в котором уже следующее поколение с полным уважением признало главу блестящей немецкой математической школы.

Карл Фридрих Гаусс (1777—1855), родившийся в Брауншвейге, сам о себе сказал, что раньше он научился считать, а затем уже говорить. Свое образование он получил в Геттингене под руководством довольно посредственного учителя, историка математики Кестнера. Уже в период своего учения он сделал несколько важных открытий и в 1801 г. опубликовал первое исследование «Вопросы арифметики» («Disquisitiones arithmeticae»). Задача вычисления элементов орбиты открытой в том же году планеты Цереры заставила его обратиться

[1] Имеется русское издание ГТТИ. *(Прим. ред.)*

к изучению теоретической астрономии, и в 1809 г. он издал сочинение «Теория движения небесных тел» («Theoria motus corporum coelestium»). Спустя два года он стал во главе вновь созданной Геттингенской обсерватории, где и оставался до конца своей долгой жизни. Его упорный отказ от профессуры, мало общительный и резкий характер долгое время парализовали его влияние. Однако сочинения его все же распространяли его идеи, хотя и не так быстро, как это возможно при помощи непосредственной педагогической пропаганды.

Итак, для чистой математики 25-летие, с 1789 по 1815 г., явилось периодом величайшего исторического значения. В течение XVIII столетия были аналитически развиты следствия идей Декарта, Ньютона и Лейбница. Попытка свести их в единую, пригодную для преподавания систему открыла широкий простор новым направлениям и создала неожиданный расцвет.

Понятия и методы, характерные для XIX столетия, в это время уже сложились либо в зачаточной форме, либо в уже вполне развитом состоянии. Теория функций, теория чисел, новая геометрия и новая механика начали развиваться. Сооруженное в своем фундаменте здание математики начало увеличиваться.

ГАУСС
1777—1855

СИСТЕМА МИРА. ЛАПЛАС. Теоретическая астрономия не участвовала в этом движении к новым идеям. Однако то, что было в ней сделано, кажется тем более грандиозным.

В астрономии была проделана методическая сводка и систематическая обработка всех изысканий, произведенных после Ньютона, причем вся совокупность явлений движения небесных тел была выведена из одного единственного закона тяготения. Синтез был столь всеобъемлющ, что господствовал над всей наукой XIX столетия. Да и в конце столетия наука еще не ушла настолько вперед, чтобы оценить истинное значение пристроек, прибавленных к зданию, воздвигнутому Лапласом.

Лаплас (1749—1827) был сыном мелкого фермера и учился в военной школе в Бомон на Анже (своем родном городе). В Париж он прибыл 18-летним юношей. Там благодаря Даламберу он вскоре был назначен профессором военной школы. Ряд мемуаров, представленных им Академии наук, послужил как бы прелюдией к труду, обессмертившему его гений. В это же время он произвел вместе с Лавуазье важные изыскания в области физики и физиологии. В 1785 г. Акамедия открыла ему свои двери. Назначенный экзаменатором учеников артиллерийской школы в 1784 г., он появился на кафедре Нормальной школы только в 1795 г. Затем он принял на себя управление Палатой мер и весов. К несчастью, будучи большим честолюбцем,

Лаплас занялся политикой и показал себя в ней довольно беспринципным человеком. Вначале пылкий республиканец, он примкнул затем к Бонапарту, который после 18 брюмера поручил ему на некоторое время пост министра внутренних дел, а затем назначил в сенат и осыпал отличиями. Однако этим политическая карьера Лапласа не закончилась. Если Наполеон сделал его в 1806 г. графом, то Людовик XVIII возвел его в 1817 г. в звание маркиза и пэра Франции.

«Небесная механика» («Mécanique céleste») Лапласа состоит из 16 книг, распределенных по пяти томам. Первые два тома, вышедшие в 1799 г., посвящены изложению общих теорий; два следующих тома (1802 и 1805 гг.) заключают в себе приложение этих теорий к движениям небесных тел. Пятый том, вышедший только в 1823—1825 гг., является добавлением, в котором после краткого изложения истории наук Лаплас дал сводку результатов своих позднейших исследований по вопросам, уже обсужденным в двух последних томах.

Известная книга Лапласа «Изложение системы мира» («Exposition du système du monde», 1796) представляет собою предварительно изданное общедоступное изложение «Небесной механики» и отличается большой ясностью и легкостью стиля. Но тот, кто захочет найти эти же качества в выводах аналитических формул и в выкладках математических работ Лапласа, жестоко ошибется. Часто встречающиеся в этих работах выражения: «легко видеть» и т. п. почти всегда заменяют собою рассуждения, ход которых трудно восстановить. Этот же недостаток замечается и в «Аналитической теории вероятностей» («Théorie analytique des probabilités», 1812), капитальном труде Лапласа по чистой математике, примыкающем к его главному сочинению изложением принципов метода наименьших квадратов, который был положен в основу критики астрономических наблюдений. Следует однако заметить, что неясность изложения Лапласа не является результатом ошибок или недостаточной строгости доказательств, а обусловлена стремлением автора к краткости.

Мы находим излишним входить здесь в детали достигнутых Лапласом успехов при решении задачи, занимавшей ученых после Ньютона. Главная суть работы Лапласа заключалась в следующем. Автор «Математических начал натуральной философии» считал мировую систему неустойчивой и признавал поэтому наличие особой силы, возвращающей через известный период времени эту систему в первоначальное состояние. Лаплас же доказал устойчивость вселенной с механической точки зрения и поэтому «не нуждался в подобной гипотезе». Уже один этот его вывод указывает на важное философское значение его исследований [1].

[1] Таннери не упоминает о том, что, кроме доказательства устойчивости вселенной, Лаплас дал также теорию ее естественного возникновения из первичной туманности. В этом вопросе Лаплас независимым путем пришел к тем же выводам, которые во второй половине XVIII века были намечены Кантом. В настоящее время канто-лапласова теория признается неправильной, поскольку речь идет в ней о солнечных системах, но считается правильной в применении к большим галактическим туманностям. *(Прим. ред.)*

ЛАПЛАС

1749—1827

НОВЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ АСТРОНОМИИ. В то время как на основе наблюдений, производившихся с давних времен, Лаплас составлял свой «Альмагест XIX столетия», неожиданные астрономические открытия поставили перед математиками новые задачи и потребовали выработки новых методов, которые могли бы пользоваться немногочисленными данными. 1 января 1801 г., составляя каталог неподвижных звезд, астроном Пиацци заметил в Палермо новую звезду, причем не мог решить, планета это или комета, так как пройденная ею дуга была слишком мала. Предложенная в связи с этим ученому миру задача была решена Гауссом, который указал время и место нового появления Цереры. По указаниям Гаусса, эта планета и была вновь найдена 2 января 1802 г. доктором Ольберсом, бременским любителем. Таким образом, было установлено существование новой неизвестной планеты, находящейся между Марсом и Юпитером и заполнившей пробел, уже со времени Кеплера возбуждавший сомнения астрономов. Следя за планетой Пиацци, Ольберс случайно открыл соседнюю с ней планету Палладу, элементы которой были вычислены тем же Гауссом.

Профессор астрономии Геттингенского университета Гординг в погоне за такой же счастливой случайностью открыл 1 сентября 1804 г. планету Юнону. Гаусс показал, что видимые орбиты всех этих трех планет пересекаются в одной точке пространства. Этого было достаточно, чтобы явилось предположение, что все эти планеты — одинакового происхождения и что другие обломки первоначальной массы должны в свою очередь проходить через те же узлы. Ольберс занялся разыскиванием их и 29 марта 1807 г. открыл четвертую малую планету — Весту. В дальнейшем число известных астероидов, столь значительное в наше время (свыше 480), начало снова увеличиваться только через 38 лет[1].

Если оставить это открытие в стороне, то пальму первенства в области астрономических наблюдений, благодаря работам главным образом Вильяма Гершеля, придется все же отдать Англии. Зато французские ученые, стремясь возможно точнее определить основания метрической системы, предприняли чрезвычайно важные геодезические измерения. Воспользовавшись новыми инструментами, изобретенными Борда, Деламбр (1748—1822) начал измерение французского меридиана, поставив свою работу в связь с английскими триангуляциями. Мешен (1744—1805) продолжил измерительные работы Деламбра в Испании до Барселоны и даже до Балеарских островов. После смерти Мешена Академия пригласила для продолжения этих работ Био и Араго из Политехнической школы. Через два года Био вернулся во Францию, а Араго продолжил измерения вплоть до Форментеры. Вспыхнувшая в 1808 г. война заставила молодого ученого пережить целую девятимесячную одиссею, пока наконец Академия не получила отчет о его наблюдениях, который он все время носил на теле под сорочкой.

---

[1] После применения фотографических методов изучения неба число известных астероидов значительно превзошло указанную Таннери цифру. *(Прим. ред.)*

Благодаря Араго длина дуги седьмой части четверти земного меридиана была определена с такой точностью, которой до тех пор достигнуть не удавалось [1]. В результате открылась возможность определить с достаточным приближением сжатие Земли у полюсов. Дробь $^1/_{310}$ оказалась весьма близкой к результату, добытому теоретическим методом Лапласа, основанным на гипотезе строго эллиптической формы меридиана.

В 1798 г. английский физик Генри Кавендиш (1731—1810) точно определил другую астрономическую постоянную высокой важности, именно плотность Земли. Определение плотности Земли в течение долгого времени составляло предмет напрасных усилий астрономов, имевших в своем распоряжении несовершенные методы исследования. Кавендиш воспользовался крутильными весами Кулона. Заставив маленький свинцовый шарик качаться перед большим, он измерил взаимное притяжение этих шаров, размеры, масса и плотность которых ему были известны. Приложив затем закон тяготения Ньютона, Кавендиш определил среднюю плотность Земли в 5,48.

ФИЗИКА. ГАЛЬВАНИ. ВОЛЬТА. Чрезвычайно важное открытие первого астероида принадлежало итальянцу. Равным образом и в области физики выдвинулось двое итальянцев, быстро завоевавших себе громкую известность. После продолжительной спячки, тянувшейся все XVIII столетие, отечество Галилея как бы воспрянуло с новыми силами. К сожалению, политические события очень скоро прервали дальнейшую работу Италии на пользу науки.

В 1790 г. профессор анатомии Болонского университета Гальвани (1737—1798) произвел свои первые знаменитые опыты, о которых сообщил в следующем году в сочинении «Об электрических силах в движениях мускулов» («De veribus electricitatis in motu musculari»). Пластинкой, сделанной из одного металла, он касался нервов свежеубитой лягушки, а пластинкой, сделанной из другого металла, — ее бедра. Установив соприкосновение между двумя пластинками, он заметил конвульсивные («гальванические») сокращения мускулов.

Опыты были повторены другими исследователями и всюду с одинаковым результатом. Однако относительно объяснения этих результатов мнения разошлись. Гальвани полагал, что ему удалось открыть особого рода электричество, которое он назвал *животным*. Следуя тогдашней моде, он приписал это электричество действию особой *нервной жидкости*. Электрическая сила, по мнению Гальвани, есть не что иное, как продукт выделения мозга, передающийся по нервам и собирающийся в мускульных волокнах, которые подобны лейденским банкам. Разряды электричества при посредстве нервов живого существа и являются причиной мускульных движений. Металлические пластинки, фигурировавшие в опытах с лягушкой, играли, по мнению Гальвани, лишь роль проводника, обнаружившего наличность скрытого электричества.

[1] В настоящее время признается, что и в этих измерениях имеется ошибка и что эталон метра несколько короче одной десятимиллионной части четверти меридиана.

Теория Гальвани, от которой в настоящее время остался лишь один технический термин, увековечивающий память итальянского ученого, нашла себе поддержку в лице Александра фон-Гумбольдта и продержалась довольно долго. Однако против нее энергично выступил ряд исследователей, наиболее ярким из которых был профессор университета в Павии Вольта (1745—1827). К этому времени Вольта уже приобрел известность изобретением электрофора, электрического конденсатора и прибора для анализа воздуха — эвдиометра.

Вольта доказал, что животное электричество ничем не отличается от обыкновенного и что в организме оно может зарождаться, но не скопляться. Уже после смерти Гальвани[1] Вольта обратил внимание на тот факт, что опыт с лягушкой удавался лишь при условии употребления двух различных металлов. Отсюда он заключил, что для возникновения электричества достаточно простого соприкосновения двух металлов, между тем как до тех пор электричество получали только посредством трения.

Для доказательства истинности своей гипотезы Вольта взял ряд металлических пар и этим путем создал в 1801 г. так называемый вольтов столб, в котором между металлическими парами находились кружки картона, смоченного водой. Посредством такого прибора Вольта получил довольно сильный электрический ток, тем более чувствительный, чем сильнее был раствор солей в воде и чем больше было число элементов. Вольта решил, что его теория достаточно обоснована.

Опыты Вольта были повторены другими учеными. Вольтов столб сделался вскоре такой же необходимой принадлежностью каждой физической лаборатории, как и лейденская банка. Не отдавая себе отчета в истинных причинах зарождения электричества, ученые всячески старались путем более или менее существенных видоизменений опыта добиться наибольших результатов с наименьшими затратами. Наилучшие результаты раньше, чем где-либо в другом месте, были получены в Англии.

При помощи электричества, добытого путем трения, некоторое действие по проводу, соединяющему тела с электричеством противоположных наименований, передавалось от одного тела к другому. Этот процесс был известен давно. Но так как всякий раз после действия электричества приходилось вновь заряжать полюса, то результат получался мгновенный и сразу же прекращавшийся. При употреблении же вольтова столба напряжение в полюсах было слабое, но оно постоянно возобновлялось; ток становился непрерывным и по проводу можно было передать механическую работу, постепенно образующуюся при посредстве вольтова столба, а не накопленную заранее путем трения. Таким образом, наряду со статическим электричеством было открыто электричество динамическое, поразительные приложения которого прославили XIX столетие.

---

[1] Гальвани отказался присягнуть на верность Цизальпинской республике, созданной Наполеоном, и был поэтому преследуем ее правительством. Умер он в глубокой нищете. Вольта же, наоборот, получил от Наполеона массу наград.

Опыты Карлейля и Никольсона показали вскоре, что ток вольтова столба разлагает воду на ее составные части, причем кислород направляется к одному, а водород — к другому полюсу. До тех пор знали только, что электрическая искра производит соединение газов; теперь же новый прибор открыл возможность разлагать тела на их составные части. Гемфри Дэви подверг действию вольтова столба из 250 элементов поташ и соду. Таким путем ему удалось разложить эти щелочи и определить входящие в их состав металлы.

В результате дальнейших попыток усовершенствования вольтова столба было признано, что для правильного его функционирования требуется наличие химического воздействия жидкости на один из металлов (например, серной кислотой на цинк). Таким образом теория Вольта сильно пошатнулась. Стало ясно, что электричество образуется не вследствие соприкосновения двух металлов, а на поверхности подвергнувшейся воздействию жидкости. Именно химическое воздействие производит ток, способный в свою очередь вызвать другое химическое воздействие или произвести химическую работу.

Однако эпоха полного торжества этой новой идеи была еще далека. Область химии в то время была резко отграничена от области механики и физики, и поэтому защитники теории Вольта исчезали очень медленно и постепенно.

Итак, открытие динамического электричества, этого могущественного фактора новейшего общественного развития, совершилось в лаборатории благодаря простой случайности. В результате споров между защитниками различных гипотез, из которых ни одна в наше время не пользуется признанием, возник прибор, вначале возбудивший только любопытство ученых. Вскоре заметили, что этот прибор имеет большое значение для решения вопросов громадной теоретической и практической важности. Прошло еще немного времени, и для прибора неожиданно открылись новые области применения. Наука первоначально обратила внимание главным образом на практическую сторону нового открытия; вопрос же о разрешении теоретического спора, случайно вызвавшего открытие, отодвинулся на задний план.

ФРАНЦУЗСКИЕ ФИЗИКИ. Первоначально в работах по исследованию динамического электричества Франция принимала весьма слабое участие. Тем не менее французская физика сделала большой шаг вперед. Научный метод, созданный реформой преподавания в Политехнической школе, сказался в этой области прежде всего.

Франция насчитывала в эту эпоху целый ряд выдающихся физиков. Малюс, Био, Каньяр де-Латур[1], Френель, Гей-Люссак

[1] Изобретатель сирены (1819), т. е. прибора для измерения высоты звука, и автор многих оригинальных теорий в области механики и химии. Особенно большое внимание уделял акустике. Опыты его над колебанием струны считаются классическими.

(1797), Дюлонг (1801), Араго (1803), Беккерель[1] (1806) и Пти[2] (1807) — все эти ученые были выпущены Политехнической школой.

Малюс (1775—1812) был офицером, служил в инженерных войсках в Египте и там же, в походной палатке, в которой он оправлялся от болезни, начал заниматься изучением теории света. Продолжая числиться на военной службе, он вместе с тем исполнял обязанности экзаменатора в Политехнической школе (1805). В 1807 г. им были опубликованы два важных мемуара. В 1808 г., наблюдая отражение Солнца в окнах Люксембургского дворца при помощи двупреломляющей призмы, он заметил, что интенсивность изображения разнится в зависимости от угла наклонения отраженного луча, и при определенных условиях изображение совершенно исчезает. Отсюда он заключил, что процесс отражения сообщает свету особое свойство. Малюс объяснил это свойство (поляризацию) с точки зрения господствовавшей в то время теории истечения и точно определил все законы, которым оно подчиняется. Таким образом, простое наблюдение из окна на улице Анфер привело к открытию множества дотоле абсолютно неизвестных явлений, которыми в наше время постоянно пользуются для определения минералов, горных пород, состава жидкостей и даже газов.

Малюс умер от болезни легких, и его открытие довел до конца Араго (1786—1853). Этот молодой астроном, вернувшись из Испании, поступил в Институт и сразу же проявил кипучую деятельность во всех отраслях науки. В 1811 г. он занялся проверкой законов Малюса при помощи трубки Рошона[3], имевшейся в обсерватории. Объектив этой трубки был сделан из горного хрусталя. До Араго ни один астроном не подумал направить трубку Рошона на какой-либо предмет, находящийся на Земле. Между тем Араго благодаря подобному использованию трубки установил факт, что два изображения отраженного солнечного диска окрашиваются в дополнительные цвета. Таким образом была открыта хроматическая поляризация.

Био (1774—1862) с 1803 г. состоял членом Института и профессором физики в Collège de France. Впоследствии он занял в Сорбонне кафедру астрономии. В 1815 г. ему удалось сделать важное физическое открытие, что некоторые вещества обладают способностью вращать плоскость поляризации. Этим открытием Био сразу же воспользовался в качестве метода для анализа сахарных растворов.

Френель (1788—1827) был инженером путей сообщения. Именно ему принадлежит заслуга преобразования всей математической

---

[1] Беккерель, подобно Френелю, был офицером инженерных войск и также начал свою научную карьеру в 1815 г. по выходе в отставку в чине батальонного командира.

[2] Товарищ Дюлонга, Пти (1791—1820), умерший в 29-летнем возрасте, был назначен профессором Политехнической школы, когда ему было всего 22 года.

[3] Трубка Рошона заключает в себе двупреломляющую призму, которую можно вращать так, что оба изображения приходят к совпадению. В астрономии она употребляется в качестве микрометра. Рошон (1741—1817) был астрономом французского флота и усовершенствовал множество оптических инструментов.

оптики. Он опроверг гипотезу истечения и вернулся к волновой теории. Однако открытие его относится лишь к 1815 г., когда, находясь в период Ста дней в опале как роялист, он посвятил свой невольный досуг опытам с цветными полосами. В этой специальной области он однако не пошел дальше англичанина Томаса Юнга, который достиг тех же результатов уже в 1803 г.

Гей-Люссак (1778—1850) и Дюлонг (1785—1828) были по своей профессии химиками. Первый готовился в инженеры путей сообщения, когда возвратившийся из Египта Бертолле взял его к себе в лабораторию. Вскоре он сделался репетитором, а потом профессором химии в Политехнической школе. Что касается Дюлонга, то первоначально он хотел поступить в артиллерию, но ему не позволило это сделать состояние здоровья. Став врачом, он главным образом занялся химией. Бертолле взял его в свою Аркельскую лабораторию (1811). Открытие хлористого азота стоило Дюлонгу сначала пальца, а потом глаза. Около этого же времени он поступил адъюнкт-профессором в Нормальную школу.

ГЕЙ-ЛЮССАК
1778—1850

В эту эпоху перед химиками стоял ряд исследований чисто физического характера. Постоянное увеличение числа известных газообразных веществ, явившееся следствием открытия новых элементов или новых соединений, вызвало необходимость изучения физических свойств газов и их классификации. Надо было определить плотность газов, коэфициенты их расширения, теплоемкость и т. д. Те же вопросы возникали и относительно паров. Изучение паров было тем более важно, что водяной пар получил уже техническое применение. Необходимо было вывести общие законы и связать физические свойства паров с химическими.

В 1802 г. Гей-Люссак установил практически важный, хотя и не строго точный закон, что расширение газов не зависит от их давления и что коэфициент их расширения есть величина постоянная. Этот закон Гей-Люссак распространил на пары и несколько позже доказал, что энергия паров одинакова как в пустоте, так и в газовых смесях. Он изучил также явление охлаждения газов вследствие расширения и в 1807 г. посредством опыта с двумя шарами заложил одну из важнейших экспериментальных основ механической теории теплоты [1].

Проверив на опыте законы капиллярности, теоретически установленные Лапласом, Гей-Люссак совершил в 1804 г. два знаменитых подета на воздушном шаре, имевших целью исследовать верхние

[1] Расширение газа при помещении наполненного им шара в пустой шар совершается без потери или увеличения общего количества теплоты.

слои атмосферы. В первый раз он и Био поднялись на высоту 4 000 метров, а во второй — уже один — Гей-Люссак поднялся на высоту 7 000 метров.

В 1805 г. Гей-Люссак произвел вместе с Гумбольдтом многочисленные опыты по анализу воды и установил, что объемы входящих в ее состав газов находятся в простом отношении друг к другу. Дальнейшие опыты были прерваны предпринятой обоими учеными поездкой в Италию. В Италии Гей-Люссак занялся изучением явлений магнетизма. Лишь в 1808 г., будучи уже два года членом Института, Гей-Люссак решился на опубликование закона, что объемы химического соединения и входящих в его состав элементов в газообразном состоянии находятся в простом отношении друг к другу. Имя Гей-Люссака связывают с этим законом совершенно основательно.

Так впервые было установлено численное отношение между физическими свойствами тел (плотность), входящими в химическое соединение. Второй закон подобного же рода был открыт Дюлонгом и Пти.

Академия наук поставила в 1811 г. вопрос о теплоемкости газов. В 1813 г. Ларошу и Берару была присуждена премия за то, что они изобрели метод определения коэфициента теплоемкости при постоянном давлении, хотя и не добились определенных результатов в решении общей проблемы, предложенной Академией. В 1815 г. Академия поставила другой вопрос — об охлаждении газов. Дюлонг и Пти сообща занялись им и совершили работу, имевшую капитальное значение. Произведя по заранее намеченной программе ряд опытов с одним и тем же объемом, они установили для всех простых газов закон равенства теплоемкости при равенстве объемов.

АНГЛИЙСКИЕ ФИЗИКИ И ХИМИКИ. ДАЛЬТОН И ДЭВИ.

Блестящая школа французских химиков нашла себе соперников только в Англии.

Почти непрерывная война, раздиравшая Европу, привела к тому, что одни и те же научные вопросы разрабатывались по обе стороны Ламанша совершенно самостоятельно, и хотя научный приоритет часто служил предметом споров, независимость исследователей не подлежала сомнению.

Мы уже указали, что Томас Юнг (1773—1829), врач, занимавшийся самыми разнообразными исследованиями, выставил в 1802 г. серьезное возражение против теории истечения, доказав, что при известных условиях два интерферирующих световых луча гасят друг друга. Это явление послужило исходным пунктом и для работ Френеля, который долгое время не знал о работах Юнга. В это же время Даниэль Брьюстер (1781—1868), изобретатель калейдоскопа (1819), получил результаты, в общем совпадавшие с результатами исследований явлений поляризации, произведенных Био и Араго.

Существование невидимого теплового спектра было открыто в 1801 г. астрономом Вильямом Гершелем, а невидимый химически активный спектр (ультрафиолетовая его часть) был обнаружен Волластоном (действие лучей на хлористое серебро).

Румфорд (1753—1814) и Лесли (1766—1828) получили известность своими работами и открытиями в области теплоты. Но все перечисленные имена бледнеют перед именами Дальтона (1766—1844) и Дэви (1778—1829). Первый из них является основателем атомной теории, которая заслуживает более подробного изложения.

Мысль о том, что сложное тело должно характеризоваться строго определенными весовыми отношениями составляющих его элементов, кажется в настоящее время столь естественной, что даже непонятно, почему этот вопрос не мог возникнуть раньше. Если же при определенных отношениях в случае двух аналогичных соединений — например в случае сернокислого калия или натрия — на одно и то же весовое количество серной кислоты приходятся строго определенные количества калия и натрия, могущие заменять друг друга, то количества эти *эквивалентны*, т. е. химически равноценны. Производя всевозможными способами замещения в химических соединениях одного тела другим, можно заключить, что с химической точки зрения в смысле своего участия в реакциях всякое тело характеризуется относительным весовым количеством, обозначающим его эквивалентный вес для ряда произведенных замещений.

Все эти заключения были выведены исключительно опытным путем немецкими химиками Венцелем и Рихтером. Книга первого «Лекции о сродстве» («Vorlesungen über Affinität») вышла в 1777 г., а книга второго «Начала стехиометрии» («Stoechiometriae rudimenta») — в 1792—1794 гг. Венцель и Рихтер производили свои исследования только с солями.

Принцип постоянства состава и постоянных отношений не соответствовал смутным представлениям о превращаемости элементов, господствовавшим долгое время в химии. Он, казалось, противоречил и изменчивым результатам анализов, тогда еще весьма далеких от совершенства. Изучение различных соединений и их анализ повидимому указывали на возможность получать соединения с любой пропорцией входящих в них элементов. Поэтому ставший после смерти Лавуазье во главе французской химической школы Бертолле долго не признавал закона постоянства состава во всей его точности. Вместо точного количественного закона он склонен был подчинять соединения некоторым качественным факторам, определяемым условиями равновесия между химическим сродством и другими естественными силами.

Во всяком случае о работах Венцеля и Рихтера узнали только тогда, когда Берцелиус, чтобы противопоставить атомистическую теорию теории эквивалентности, обратился к ее исходному пункту. Атомистическая теория подвергалась сомнениям, а гипотеза Венцеля и Рихтера находила в ней подтверждение. Но главнейший — и более сильный, чем все прежние — удар был нанесен в 1801 г., когда Дальтон провозгласил закон кратных отношений.

Если два тела соединяются в разных отношениях, причем вес одного из них принят за величину постоянную, то весовые количества другого тела будут находиться в весьма простом численном отношении друг к другу. Для Дальтона этого уже было достаточно,

чтобы заключить, что каждое элементарное тело состоит из атомов, имеющих одинаковый вес, характерный для данного тела; сложное же тело, по теории Дальтона, состоит из элементарных молекул, каждая из которых в свою очередь состоит из небольшого, но строго определенного количества атомов элементарных тел, образующих сложное. Таким образом, открылась возможность введения очень простых химических обозначений, указывающих на количества атомов каждого сорта, образующих молекулу сложного тела.

ДЭВИ
1778—1829

Принцип Дальтона получил распространение. Однако отчасти из-за смелости идей, лежащих в его основе, отчасти из-за недоверия к атомистической теории к нему отнеслись с большой осторожностью. Даже в Англии вместо термина *атомный вес* Дэви предпочитал говорить о *пропорциональных количествах*, а Волластон[1] — об *эквивалентах*. Во Франции Гей-Люссак не решался вывести из своих наблюдений закона, что равные объемы простых газов при одинаковом давлении содержат одинаковое количество атомов[2], и даже пытался защищать воззрения Бертолле. Дальтон со своей стороны сомневался в точности объемных измерений Гей-Люссака[3]. Однако только в этих измерениях атомистическая теория могла получить прочную опору для своих численных определений. Поэтому победа Дальтона была далеко неполной, и поле сражения на некоторое время осталось за компромиссом, предложенным Берцелиусом.

Гемфри Дэви, бывший аптекарским помощником, пробился к знаниям своими собственными силами. Работая при Медицинском институте, на 21-м году своей жизни (в 1799 г.) он создал себе имя своими опытами над закисью азота, открытой Пристлеем. После этого Румфорд пригласил его в только что созданный Королевский институт в качестве профессора химии. Дэви имел там громадный успех и в 1803 г. был принят в Королевское общество.

Мы уже указывали на главное открытие Дэви — разложение щелочей при помощи электрического тока и доказательство того, что

---

[1] Волластон (1766—1828), именем которого назван один из типов электрического элемента, открыл в платиновой руде палладий и родий.

[2] Закон этот все же был формулирован в 1811 г. итальянским химиком Авогадро и вскоре подтвержден Ампером. Только Пру (1755—1826) защищал во Франции закон кратных отношений с самого первого момента, как только он был сформулирован.

[3] В изучении общих свойств газов и паров Дальтон конкурировал с Гей-Люссаком. Для коэфициента расширения газов Дальтон нашел величину, значительно большую, чем Гей-Люссак, но его оценка несколько превышает истинное значение. Все эти недочеты были следствием несовершенного осушивания сосудов, с которыми производились опыты. Следует также упомянуть, что до Гей-Люссака факт независимости расширения газа от его давления был установлен Дэви.

они представляют собою соединение металлов с кислородом. После открытия калия и натрия Дэви удалось также выделить кальций, барий, стронций и магний [1].

Зная, что калий соединяется с кислородом чрезвычайно энергично, Дэви решил воспользоваться им для решения задачи, уже давно смущавшей всех химиков. Согласно учению Лавуазье каждая кислота должна содержать кислород. Это должно было быть справедливым и для соляной или хлористо-водородной кислоты. Шееле получил из этой кислоты окрашенный газ. Однако вместо того, чтобы удалять из нее кислород, он, наоборот, обрабатывал ее последним. Согласно учению Лавуазье, выделенный Шееле газ должен был содержать кислород. Оставалось найти радикал этой кислоты.

Дэви попытался выделить этот радикал, действуя на соляную кислоту калием. Но в результате всех своих опытов он пришел в 1808 г. к выводам, что кислота эта совершенно не содержит кислорода и представляет собою соединение водорода с газом Шееле. Следовательно, этот последний необходимо признать простым телом. Дэви назвал его хлорином, а французские химики — хлором.

Когда об этих исследованиях стало известно во Франции, Гей-Люссак вместе со своим коллегой по Политехнической школе Тенаром (1777—1857) решили заняться этим же вопросом. Результатом этой совместной работы явилось 15 мемуаров, собранных в 1811 г. в целый том. Обоим ученым удалось добыть калий и натрий чисто химическим путем посредством разложения щелочей раскаленным железом. Получив в достаточном количестве эти металлы, они смогли воспользоваться ими для других исследований. Разлагая калием борную кислоту, они открыли и выделили бор. Кроме того ими был разработан метод элементарного анализа органических веществ. Что же касается основного вопроса, то, вопреки мнению Бертолле и своим собственным первоначальным убеждениям, они должны были высказаться в пользу того, что хлор — простое тело, т. е. подтвердить мнение Дэви.

В 1813 г., во время путешествия в Италию, Дэви получил специальное поручение посетить Францию. Там ему предложили исследовать вещество, только что добытое селитроваром Куртуа из морских водорослей. Вещество это изучал химик Клеман Дезорм. Дэви заявил, что вещество это — простое тело, химически сходное с хлором, и предложил назвать его иодином. Вскоре Гей-Люссак представил Академии свое заключение по этому вопросу, заключение, совпавшее с мнением Дэви. Однако Гей-Люссак употребил вместо предложенного Дэви названия иодин термин под. Это открытие целиком подтвердило теорию английского ученого и оправдало те существенные изменения, которые были внесены им в идеи Лавуазье.

---

[1] Работы Дэви, относящиеся к этому вопросу, изданы по-русски под заглавием «О некоторых химических действиях электричества». ГТТИ. 1933. *(Прим. ред.)*

ШКОЛА ФРАНЦУЗСКИХ ХИМИКОВ. Гей-Люссак, стараясь найти другие тела, образующие водородные кислоты, продолжал свои исследования. Хотя ему и не удалось выделить фтора, он все-таки определил в нем радикал. В 1815 г., в результате весьма сложных опытов с синильной кислотой, он открыл циан и доказал, что радикал этот весьма сходен химически с хлором и иодом и представляет собою соединение углерода с азотом. Но карьера знаменитого ученого далеко не закончилась этим блестящим открытием. После исследований циана он всецело посвятил себя работам в области промышленной химии и занялся усовершенствованием методов последней. Дэви также ушел в разработку практических вопросов: в 1817 г. он изобрел свою рудничную лампу и предложил способ предохранить обшивку судов от действия морской воды [1].

Значительное внимание, уделенное знаменитыми учеными исследованиям по прикладной химии, свидетельствовало, что новые открытия не только дали возможность решить целый ряд практических вопросов, к которым раньше даже не умели подойти, но и привели к созданию многих новых отраслей промышленности. Последние возникали очень быстро, но из-за недостатка химиков-практиков принимали организованные формы не скоро и постоянно прибегали к услугам теоретиков, стоявших во главе науки. Физики оставались в своих лабораториях, механики были озабочены усовершенствованием способов применения пара в качестве двигательной силы, о применении электричества еще никто не думал, а химики уже искали и находили способы применения изученных ими процессов и сразу же пытались использовать свойства вновь полученных ими тел.

С 1789 г. хлор, по указаниям Бертолле, стали применять для беления тканей. Во время революции, когда Лавуазье, бывший при старом режиме откупщиком налогов, был гильотинирован, его ученики были привлечены к участию в защите республики, и успехи, достигнутые ими, все сильнее и сильнее вовлекали их в разработку практических вопросов. Прекращение морской торговли и континентальная блокада заставили их попытаться восполнить недостаток товаров, получавшихся обычно из обеих Индий. Благодаря этому прикладная химия сделала большие успехи (приготовление свекловичного сахара, фабрикация так называемых индийских тканей и т. д.). За Фуркруа и Шапталем последовали Воклэн и Тенар, а за ними — множество других работников, прославившихся в самых разнообразных областях.

О прогрессе теоретических воззрений мы уже говорили достаточно. Позиция, занятая Бертолле, была нами уже охарактеризована. Остается только упомянуть, что его «Очерк химической статики» («Essai de statique chimique», 1803) долго оставался капитальным сочинением. Законы двойного разложения солей, установленные Бертолле, и законы взаимодействия нерастворимых солей и углекислых щелочей, открытые учеником Берцелиуса Дюлонгом, послужили

[1] Способ этот, заключавшийся в защите медных частей судов помощью пластин, был неудачен и доставил Дэви много неприятностей. *(Прим. ред.)*

исходным пунктом для целого ряда важнейших исследований, предпринятых только в конце XIX столетия. За пределами Франции и Англии химия тоже не стояла на месте. В Германии шла усиленная борьба с теорией флогистона. В Швеции школа Бергмана и Шееле нашла себе блестящего преемника в лице Берцелиуса (1779—1848). О последнем мы скажем пока только то, что в 1809 г. ему удалось открыть кремний, а в 1818 г. — селен. В экспериментах, приведших его к этим открытиям, он пользовался методами, которые впервые были применены Гей-Люссаком и Тенаром при разложении борной кислоты. Оба открытия доставили Берцелиусу широкую известность.

ЛАМАРК
1744—1829

ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ. КЮВЬЕ.

В описываемый период Франция занимала первенствующее место не только в области математики, но и в области естественных наук. В этой последней области она почти не имела соперников.

Монументальная работа, начатая Бюффоном и законченная Ласепедом, еще не была доведена до конца, как уже выступили на сцену ученые, которым предстояло открыть в зоологии совершенно новые пути. В 1794 г. Парижский ботанический сад был преобразован в музей, и тогда же в нем начали свою работу Ламарк, Этьен Жоффруа Сент-Илер и Кювье.

Ламарк (1744—1829) был известен еще раньше благодаря своему сочинению «Французская флора» («Flore française», 1778), в котором он применил дихотомический метод классификации. Это сочинение ввело его в Академию, в которой он исполнил ряд поручений научного характера. Сделавшись профессором зоологии, Ламарк вскоре ослеп. Это однако не закрыло перед ним возможности вести научную работу. В последней ему помогал Латрейль, специально изучавший насекомых и ракообразных. Капитальными работами Ламарка явились «Философия зоологии» («Philosophie zoologique»[1], 1809) и «Естественная история беспозвоночных» («Histoire naturelle des animeaux sans vertèbre», 1815—1822). Долгое время взгляды Ламарка признавались хотя и глубокими, но слишком смелыми. Теперь же эволюционисты считают Ламарка одним из своих учителей. Жоффруа Сент-Илер (1722—1844) до 21 года занимался исключительно минералогией. Ему удалось спасти от смерти своего учителя, аббата Аюи, благодаря чему он снискал дружбу Добантона и поступил демонстрантом в Ботанический сад. Когда, несмотря на все настояния Сент-Илера, Ласепед вышел в отставку, молодой человек тотчас же сделался профессором зоологии, науки, с которой он был почти

[1] Имеется русский перевод, изд. «Наука», М. 1911. *(Прим. ред.)*

незнаком. Спустя год, он получил от какого-то из своих друзей записки одного молодого доцента, нормандца Жоржа Кювье (1769—1832). Сразу же увидав в нем гения, Сент-Илер вызвал Кювье в Париж и назначил адъюнктом по кафедре сравнительной анатомии.

Кювье был самоучкой. Ко времени своего переезда в Париж он мог считаться уже выдающимся зоологом, и таланты его были оценены всеми очень быстро. 30 декабря 1795 г. благодаря Ласепеду он был принят в институт, хотя до этого не напечатал ни одного сочинения. К преподавательской деятельности в области сравнительной анатомии он впрочем был подготовлен не более, чем Сент-Илер к преподаванию зоологии. Однако впоследствии Кювье довел сравнительную анатомию до чрезвычайно высокого уровня. Сент-Илер и Кювье могут служить своеобразным примером того, что может сделать гений даже в том случае, если обстоятельства направят его на иные пути, нежели избранное призвание.

КЮВЬЕ
1769—1832

Оба молодых ученых, вступивших на старости лет в приобретший огромную известность спор друг с другом[1], работали первое время вместе. Жоффруа Сент-Илер последовал вместе с экспедицией Наполеона в Египет, а затем занялся описанием научных данных, добытых во время поездки. Кювье же остался в Париже и, упорно работая, достиг вскоре большой известности. Отличаясь необыкновенно деятельной натурой, он исполнял одновременно самые разнообразные обязанности. В 1803 г. он был избран постоянным секретарем Академии наук, читал лекции по трем различным предметам и вел большую организационную работу по созданию новых факультетов и учебных заведений. Трудно понять, каким образом Кювье смог закончить обессмертившие его имя работы, не оставив следов спешки или небрежности.

Первые труды Кювье относятся к классификации животных (1798). В основу последней он положил отличительные признаки органов размножения и питания. Лишь в 1812 г. он решил сделать базисом своей классификации нервную систему. Основные идеи, руководившие Кювье при таком выборе классификационных признаков, были им изложены в книге «Животное царство» («Regne animal», 1816). Эти идеи господствовали в зоологической систематике вплоть до новейших открытий в области эмбриологии.

Составление «Лекций по сравнительной анатомии» относится к 1800—1805 гг. Этот знаменитый труд считается величайшим продуктом творчества Кювье. Хотя сравнительная анатомия и суще-

[1] В 1830 г. Сент-Илер пытался доказать принцип единства органического типа. Кювье же считал такое единство продуктом фантазии.

ствовала до Кювье, только его работа заложила ее настоящие научные основы. Кювье формулировал основные законы и принципы сравнительной анатомии и выяснил способы их применения.

Пользуясь законами сравнительной анатомии, Кювье создал и палеонтологию, реконструировав основные признаки исчезнувших видов животных, от которых остались лишь неполные скелеты. Первые его «Исследования о скелетах ископаемых четвероногих» («Recherches sur les ossements fossiles des quadrupèdes») были опубликованы в 1812 г.

Из сочинений, изданных до 1815 г., следует отметить также «Исторический отчет о естественных науках после 1789 г.» («Rapport historique sur les sciences naturelles depuis 1789»), появившийся в 1810 г., и «Похвальные речи» («Eloges»), произнесенные им в качестве секретаря Академии наук и представляющие большой интерес.

Ботаника в свою очередь не отставала от зоологии. В период 1789—1824 гг. Антуан Лоран де-Жюссье в целом ряде мемуаров попытался усовершенствовать свой метод классификации и описания семейств и видов растений. Однако его система, пытающаяся наметить естественную группировку семейств, была признана далеко не всеми, и кроме нее появилось множество других систем. Первый шаг вперед сделал Огюстен Пирам де-Кандолль (1778—1841) из Женевы. Его сочинение «Элементарная теория ботаники» («Théorie élémentaire de la botanique», 1813 и 2-е издание 1819) сыграло довольно большую роль. Под другими наименованиями де-Кандолль сохранил три крупных подразделения, предложенных Жюссье: бессемянных, односемядольных и двусемядольных.

Основания новой отрасли науки заложило сочинение «Очерк географии растений» («Essai sur la géographie des plantes», 1805) Александра фон-Гумбольдта и Бонплана, опубликованное ими после возвращения их из путешествия в Америку (1799—1804).

По палеонтологии растений появилось только несколько мелких очерков. Зато труды Кювье и в особенности его «Рассуждение о геологических переворотах» («Discours sur les révolutions du globe»), фигурировавшее в качестве предисловия к изданию «Исследований» 1812 г., дали новый толчок геологическим изысканиям.

Развивая в большом «Трактате по минералогии» («Traité du mineralogie», 1801) свои прежние идеи, Аюи положил в основу минералогии кристаллографию и тем начал новую эру развития минералогии. В то же время немецкий ученый Вернер (1750—1817) развил в Фрейбургском горном училище свои методы, в течение некоторого времени как бы уравновешивавшие идеи Аюи. Основываясь исключительно на внешних признаках минералов, признаках, которые могут быть установлены без помощи каких бы то ни было искусственных приборов, Вернер сумел дать такую систему методических определений, точность которой оказалась до того времени неслыханной. Всю совокупность геологических знаний он делил на три отрасли: *орiктогнозию* — учение о минералах, *геогнозию* — учение о веществах, входящих в состав земной коры, и *геогонию* — теорию образования земного шара. В этой последней части геологи-

ческой науки он придерживался точки зрения, утверждающей, что основные породы имеют водное происхождение, и поэтому его считают основателем *«нептунизма»*[1].

В противоположность нептунизму во Франции и Англии преобладали идеи «Эпох природы» Бюффона, и большинство ученых склонялось в сторону теории, приписывавшей главную роль в образовании пород действию теплоты центральной части земного шара — «вулканизму». Как попытка объяснить превращение земной коры причинами, аналогичными с теми, какие мы наблюдали в наше время при землетрясениях и вулканических извержениях, особенно выделяется сочинение Геттона «Теория Земли» («Theory of the earth», 1788) вместе с дополнениями к нему Плейфера (1802). Развивая «вулканические» взгляды, Геттон и Плейфер вместе с тем не упускали из виду нынешнего состояния сравнительной устойчивости земной коры. Спор между «нептунистами» и «вулканистами» сосредоточился главным образом на вопросе о происхождении базальтовых пород. Французский геолог Доломье (1750—1801), будучи «вулканистом», все же признал, что некоторые из этих пород — водяного происхождения и что только часть их может быть отнесена к вулканическим.

Школа Вернера пала под ударами его собственных блестящих учеников — Александра фон-Гумбольдта (1769—1853) и в особенности Леопольда фон-Буха (1774—1853). Последний много путешествовал по Италии и Оверни и, исследовав чисто вулканические области, быстро отказался от своих прежних убеждений. В Швеции Бух констатировал случаи поднятия почвы без извержения и сделал их исходным пунктом своей собственной теории, которую он окончательно оформил только в 1822 г. (путешествия же и связанные с ними наблюдения Бух начал в 1798 г.). Наблюдения Буха над образованием доломитовых масс в Тироле положили основание учению о метаморфизме, которое дало возможность разрешить большинство вопросов, составлявших предмет спора между «нептунистами» и «вулканистами».

Палеонтологические открытия Кювье заставили геологов обратить внимание на другие вопросы. Кювье задался мыслью определить порядок последовательности различных напластований водного происхождения по их ископаемым. Он разрешил проблему в общих чертах и сумел установить отличие пресноводных отложений от отложений морских. Однако учение Кювье заключало в себе два недостатка. Согласно его теории, последовательные геологические эпохи отделены друг от друга катастрофами, которые совершенно уничтожают фауну предыдущего периода, причем после катаклизма появляются новые виды. Кювье считал возможным доказывать, что последняя крупная внезапная катастрофа произошла пять или шесть тысяч лет назад. Свои идеи Кювье формулировал достаточно ясно, и это дало возможность наметить ряд проблем, по которым вскоре возникла большая дискуссия.

---

[1] Наиболее выдающейся из работ Вернера считается его «Трактат», посвященный главным образом орикгогнозии.

ФИЗИОЛОГИЯ, МЕДИЦИНА И ХИРУРГИЯ. В XVIII столетии Франция отстала в области медицины от других наций. Но революция и тут произвела переворот. В 1793 г. в Париже к хирургу Дезо, основавшему в Hôtel Dieu первую клиническую школу, приехал из Льени Биша (1771—1802). Дезо поручил Биша редактирование «Хирургического журнала». После смерти Дезо, в 1798—1799 гг., Биша издал его «Хирургические работы», бросил хирургию и занялся исключительно физиологией. В 1800 г. появились его «Трактат о тканях» («Traité des membranes») и «Исследования о жизни и смерти» («Recherches sur la vie et la mort»), а в 1801 г. был издан бессмертный труд Биша «Общая анатомия» («Anatomie générale») и начата «Описательная анатомия» («Anatomie descriptive»). В 1802 г., истощенный нечеловеческим трудом, Биша скончался от тифозной горячки. Оставшиеся после него бумаги показали, что он имел в виду охватить весь цикл медицинских наук. По открытиям Биша в области физиологии можно судить, что дали бы его исследования в других отраслях науки, если бы им не помешала ранняя смерть.

Имя Биша связывают обычно с именем Борде и Бартеза. Действительно, он пошел по стопам этих ученых и привез в Париж идеи, почерпнутые в Монпелье. Своими капитальными работами Биша показал, как нужно понимать и применять эти идеи. Он связал эти идеи с обширным материалом систематических наблюдений и на примерах показал огромное значение экспериментального метода. Биша постарался устранить вопрос о причинах явлений: в этом и заключался смысл его знаменитого афоризма, вызвавшего столько насмешек: «жизнь есть совокупность функций, оказывающих сопротивление смерти». Биша не думал о том, что такое жизнь в ее существе, но только отграничил неподдающиеся объяснению при помощи физических законов жизненные свойства от свойств мертвой природы. Расширяемость и сократимость тканей — явления чисто физические, наблюдающиеся и после смерти. Но кроме них Биша постулировал существование органической чувствительности (не сознаваемой живым существом) и животной чувствительности (сознаваемой живым существом), которым соответствует сократимость органическая и сократимость животная. Величайшая заслуга Биша заключалась в разложении всякого животного организма на простые ткани, т. е. на простейшие с физиологической точки зрения элементы органов, обусловливающие своими свойствами характер функций последних.

Болезни, по мнению Биша, представляют собой результат изменения строения тканей и различаются, смотря по тому, какие именно ткани поражены. Отсюда вывод, что терапия должна стремиться к приведению измененных жизненных свойств в нормальное состояние. Эти принципы были положены в основу работ великих деятелей медицины начала XIX столетия.

Из собственно медицинских работ следует в первую голову отметить исследования Бруссе (1772—1838), врача, постоянно находившегося при армии. В 1802 г. им была издана работа «Описание хронических воспалений» («Histoire des phlegmasies chroniques»),

а в 1817 г. — «Критическое исследование медицинских учений» («Examen des doctrines médicales»). Эти сочинения произвели настоящий переворот в терапии. Источник всех болезней по Бруссе — воспаление тканей. Из этих представлений и возникла так называемая *антифлогистическая* система лечения[1], быстро завоевавшая себе широкую популярность среди общественных верхов эпохи Второй империи.

Применением методов Биша к изучению болезней сердца занялся Корвизар (1776—1821), профессор Collège de France и придворный врач Наполеона I. Леннек (1781—1826), изобретатель аускультации и стетоскопа, применил этот же метод к грудным болезням.

Один из учителей Биша, Пинель (1745—1826), главный врач сначала Bicêtre (1785), а затем Salpêtrière (1794)[2], заменил варварское отношение к умалишенным мягкими мерами. Его «Философская нозография» («Nosographie philosophique», 1798) замечательна тем, что, ссылаясь на Кондильяка, он хотел внести полное преобразование в изучение признаков болезней. Чтение этого сочинения Пинеля и внушило Биша план его «Трактата о тканях». Следует отметить также сочинения Кабаниса (1757—1808), который в своих медицинских произведениях и особенно в книге «Отношения физического и психического у человека» («Rapports du physique et du moral de l'homme», 1802)[3] вернулся к философским идеям XVIII столетия. У Кабаниса имеется ряд полезных указаний, относящихся к искусству делать наблюдения, но самая главная его идея — это необходимость разделения нервной системы на мозговую и ганглиозную.

Величайшие хирурги этой эпохи — Персия и Ларрей — все время находились при армиях. Тут же на месте они обучали помощников. Общим девизом при этом служили слова: быстрота и решимость. Еще Фуркруа в своем докладе об организации фельдшерских школ выразил эту тенденцию эпохи революции: поменьше читать, побольше наблюдать, но больше всего работать практически.

Как бы созданный для того, чтобы руководить реформой, Дезо умер в 1795 г. еще молодым. Должность главы Парижской медицинской школы была занята лишь позже Дюпюитраном (1777—1835). Последний с 24-летнего возраста работал на медицинском факультете в Париже в качестве руководителя практических занятий по анатомии. В 1812 г. он занял кафедру оперативной хирургии, а в 1815 г. был назначен старшим хирургом в Hôtel Dieu. Хотя Дюпюитран писал очень мало, но благодаря своей профессорской деятельности он оказал все же большое влияние. Работая без устали, он направлял все свои усилия к выработке точного метода диагностики. Когда после заключения мира между европейскими нациями восстановились нормальные научные отношения, имя Дюпюитрана затмило имена таких хирургов, как Скарп (1747—1832) из Павии и Остией Купер (1768—1841) из Лондона.

---

[1] Особый способ лечения воспалений посредством кровопусканий, влажных укутываний, мешков со льдом, ледяных пилюль и пр. *(Прим. ред.)*

[2] Известные французские больницы для умалишенных. *(Прим. ред.)*

[3] Имеется русский перевод. СПБ. 1865. *(Прим. ред.)*

ОБЩИЙ ВЗГЛЯД НА НАУЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЭПОХИ. Мы попытались набросать общие штрихи картины научного развития в эпоху революции. Эта картина существенно отличается от того, что было в XVIII столетии. XVIII столетие представляло собою эпоху естественного развития принципов, провозглашенных Декартом, Ньютоном и Лейбницем. Наоборот, эпоха Революции и Первой империи знаменует собою поворотный пункт истории не только в политическом, но и в научном отношении.

Можно было предугадать великие синтезы, созданные Лагранжем и Лапласом. Но кто мог предвидеть возврат к синтетическим методам геометрии, провозглашенный Монжем, и почему это движение не проявлялось раньше? Кто мог догадаться о новых путях, открывшихся для науки, о тех неизведанных областях знания, которые достались ученым XIX столетия?

Законы, определяющие развитие знаний, лучше всего проявляются в наблюдательных науках. Подробное исследование неба рано или поздно должно было привести к открытию малых планет; динамическое электричество могло стать предметом исследования лишь после того, как было изучено статическое электричество; поляризация и интерференция нисколько не соответствуют простейшим явлениям, непосредственно наблюдаемым в оптике; законы Дальтона и Гей-Люссака могли быть установлены только после открытия Лавуазье; сравнительная анатомия и палеонтология венчают науку, являются плодом вековых усилий, а вовсе не представляют собою чего-то спонтанно зарождающегося; то же следует сказать и о трудах Биша.

Но если рассмотреть всю совокупность этих сосредоточенных на столь коротком промежутке времени открытий, если подумать о том, насколько облегчено было ими дальнейшее проникновение в тайны природы, то эпоха революции покажется, по сравнению с предыдущим веком, небывалой жатвой, наступившей после долгого труда. Приобретенные сведения почти удвоились, и последующее развитие было обеспечено.

Обозначались и новые черты. Наука заняла подобающее ей место в ряду предметов преподавания и стала самостоятельной. Ученый перестал называть себя философом. Исследование общих вопросов отступило на задний план. Вместо этого большое место заняли вопросы практики. Позитивные тенденции захватили собою почти все.

Научное мышление поставило перед собою задачу открытия точных законов, могущих проявляться в определенных следствиях. Конечно, прошлое не забылось. Старые гипотезы, вроде, например, гипотезы невесомых жидкостей, не прекратили своего существования. Но новые поколения уже начали понимать, что сохраняются они исключительно в силу традиции. Относительный неуспех новой атомистической гипотезы Дальтона, имевшей все шансы на успех, есть символ времени.

Как бы для контраста с Францией и Англией, Германия этой эпохи создала целый ряд могучих философских систем. Вслед за Кантом выступили Фихте, Шеллинг и Гегель. И все же час научного возрождения в этой стране еще не пробил.

Борьба между нациями-соперницами велась в эту эпоху не только на театре войны, но и в лабораториях. Философское движение тоже приобрело особый отпечаток. Необходимо было найти новую почву и заимствовать от естественной науки метод изучения общественных явлений. Необходимо было также изучить законы деятельности разума, оставив в стороне вопрос о его сущности и происхождении. Как ни несовершенны были попытки этого рода, как ни незначительны были результаты, к которым они привели, их все же следует отметить. Научная психология начала складываться.

Одновременно с этим внимание исследователей начала привлекать и область политической экономии. Здесь впереди всех шла Англия. В Глазго вслед за Адамом Смитом (1723—1790) появился Томас Рид (1716—1796), основатель шотландской школы. Преемниками его были в Эдинбурге Дюгальд Стюарт (1759—1826), а во Франции — Ройе — Коллар (1763—1845). В Англии за Рикардо следовал Роберт Мальтус (1764—1834), а во Франции — Жан Батист Сэй (1767—1832).

После революционных событий небольшая группа людей, интересовавшихся философией, образовала во Франции союз. По политическим убеждениям это были довольно умеренные либералы, идеи которых сильно не нравились Наполеону. По почину Дестю де-Траси (1754—1836), наиболее выдающегося члена этого союза, они назвали себя «идеологами». Сам Траси был последователем Кондильяка, но группа «идеологов» все же не имела определенной платформы и представляла собою скорее совокупность лиц, чем школу. Один из «идеологов», Кабанис, примкнул, например, к материализму, другой, Мэн де-Биран (1766—1824), к идеализму. Борьба философских школ под влиянием германских идей возродилась во Франции после реставрации. Англия же была почти свободна от влияния германской философии.

VII

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX СТОЛЕТИЯ

Общий взгляд на эволюцию математических наук. Развитие математики, начиная с эпохи Возрождения и до начала XIX столетия, шло путем, который теперь представляется нам сравнительно несложным. Направление эволюции определялось небольшим числом руководящих идей, и ученые, казалось, лишь развивали эти идеи дальше, не оглядываясь назад. Был создан целый свод доктрин, запаса которых, даже только для нужд высшего образования, должно было хватить на большое время. На усвоение курса стал требоваться весьма значительный срок. Если судить только по предметам, которыми в силу необходимости фактически ограничивалось преподавание, особенно в первые три четверти столетия, то дело предыдущих столетий может показаться несравненно более крупным, чем завоевания XIX века.

Но если трудно, не прибегая к специальным исследованиям, дать себе отчет в успехах математики с 1815 г., если мы еще недостаточно удалились от этой эпохи, чтобы правильно учесть истинное значение ее достижений, то все же можно утверждать, что в глазах потомства они несомненно окажутся не меньшими, чем прежние завоевания науки. Однако характер научных завоеваний XIX столетия несколько своеобразен.

Независимо от самого содержания проблем в математике большую роль играет форма изложения. В этом отношении с самого начала для XIX столетия характерно стремление перестроить уже воздвигнутое здание по новому плану. Стремление это питалось либо убеждением, что основы математической теории недостаточно надежны, либо признанием того, что расположение различных частей теории нерационально. Эта характерная тенденция, постоянство которой свидетельствовало о могучей жизненности науки, дала начало самым различным работам, часто даже гениальным. Тем не менее работы эти представляются нам как-то мало связанными друг с другом. Благодаря широкому распространению знаний круг научных идей быстро расширился. Научное мышление направило свои поиски по всем направлениям, начало испытывать все возможные пути.

В отличие от прежних эпох лишь весьма немногим математикам этого времени удавалось одинаково успевать во всех отраслях даже их собственной науки. Работники науки стали перед необходимостью более узкой специализации.

Хотя переработке подвергались все математические доктрины без исключения, но, быть может, нигде она не оказалась более радикальной, чем в геометрии, в которой уважение к греческим образцам было освящено традицией. Совершенно неожиданное развитие получили не только идеи Дезарга о новых методах доказательства, но и ряд новых плодотворных идей, быстро возникших в начале XIX столетия. Народилась совершенно новая, современная наука. Подъем мысли пошел еще дальше. Математики доказали возможность обоснования геометрии, отбросив пятый постулат Эвклида [1]. Возникла новая геометрия.

Изучение функций, к которым приводило интегральное исчисление, и в частности эллиптических функций открыло в анализе область, дотоле совершенно не исследованную. Чистое умозрение пожало здесь обильную жатву и открыло возможность новых приложений строгих методов к задачам физики, разрешавшимся в прежнее время с помощью обыкновенно весьма специальных и поэтому сомнительных гипотез. Истинные основы приложений математики к физике созданы были лишь в XIX столетии. То же, что выработано было в предыдущие эпохи, больше всего пригодилось лишь астрономии.

Мы попытаемся набросать лишь самые общие черты эволюции новой математики. Наш очерк, надеемся, даст возможность хотя бы приблизительно оценить значение тех работ математиков, которые падают на период от 1815 до 1847 гг.

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ПОНСЕЛЕ. ШАЛЬ. МЕБИУС. ШТЕЙНЕР. Монж основал во Франции блестящую школу геометров [2], по большей части очень скоро отдававшихся военной службе. Один из них, офицер инженерного корпуса, взятый в плен под Красным и живший в продолжение 15 месяцев в Саратове, составил там, не пользуясь никакими книгами, ряд заметок [3], из которых впоследствии образовалось капитальное сочинение, называвшееся «Трактат о проективных свойствах фигур» [4]. Мы говорим о Понселе (1788—1867). Кроме этих исследований, Понселе развил теорию взаимных поляр и вывел из них закон двойственности [5]. Посланные

[1] Т. е. постулат о параллельных линиях. *(Прим. ред.)*

[2] Из учеников Монжа назовем Шарля Дюпэна (1784—1873), которому мы обязаны теорией индикатрисы для кривых поверхностей; Брианшона (1783—1864), Сервуа (1775—1833) и др.

[3] Эти заметки были изданы в 1862 г. под заглавием «Application de l'analyse à la géometrie.

[4] То-есть о свойствах, которые не меняются при проектировании. *(Прим. ред.)*

[5] Закон двойственности, или взаимности, утверждает, что каждой точке в плоскости какого-либо конического сечения отвечает некоторая прямая в качестве ее поляры. Для каждой фигуры этой плоскости, состоящей из прямых и точек, можно построить другую фигуру, в которой место каждой точки первой фигуры занимает ее поляра, а место каждой прямой — ее полюс. *(Прим. ред.)*

им в 1824 г. в Академию наук мемуары не получили того признания, которого он ожидал. Коши, делавший о них доклад, вообще ставил современную геометрию [1] ниже анализа. Надолго сохранивший об этой маленькой неудаче неприятное воспоминание, Понселе отдался после этого почти исключительно изучению прикладной механики [2].

Зато Брюссельская академия охотно открыла двери новой науке, добившейся здесь полного торжества [3]. Два мемуара Мишеля Шаля (1793—1886), представленные им в декабре 1829 г., были приняты. Весьма полно обработанные и готовые для печати мемуары эти заканчивались знаменитым «Историческим обзором» («Aperçu historique», который последовал за «Мемуаром о двух основных принципах науки, двойственности и гомографии» («Mémoire sur deux principes généreaux de la science, de la dualité et de la homographie», 1837), получившим огромный успех. По окончании Политехнической школы в 1814 г. Шаль в течение десяти лет состоял банковским агентом. Всецело отдался он науке только с 1828 г. Он выдвинулся многочисленными статьями, печатавшимися в «Journal de l'École Politechnique», в «Annales mathématiques» Жергонна [5] и в «Correspondance» Кетле. В 1841 г. он получил кафедру геодезии и теории машин в Политехнической школе, а в 1846 г. — кафедру геометрии в Сорбонне. В Академию он был избран только в 1851 г. Карьера его этим далеко еще не закончилась, и судьба определила ему быть одним из немногих математиков, до самой старости сохраняющих дар изобретательности.

Германия, где математические традиции свили себе не такое прочное гнездо, как во Франции, пылко устремилась на новый путь.

Ученик Гаусса, пруссак Мебиус (1790—1863), с 1815 г. работавший в Лейпциге в качестве профессора, опубликовал в 1827 г. свое «Барицентрическое исчисление» и напечатал множество работ в журнале Крелле, начавшем выходить в Берлине с 1826 г. Главной заслугой его является исследование новых алгорифмов и усовершенствование системы обозначений, употребляемых для упрощения геометрических рассуждений. Он же первый предложил ввести в употребление новые системы координат.

В 1832 г. друг Крелле Яков Штейнер (1786—1863), родившийся в Бернском кантоне и поселившийся в Берлине, издал свое «Систе-

---

[1] Этот термин принадлежит Понселе.

[2] В 1824 г. гидравлическое колесо, разработанное Понселе, доставило ему премию. В следующем году он был избран профессором прикладной математики в Мецскую школу. После избрания в Академию наук, состоявшегося в 1833 г., он получил в Сорбонне кафедру физической и опытной механики.

[3] Занятия чистой геометрией популяризировали в Бельгии бывший воспитанник Политехнической школы офицер Данделен (1794—1847) и профессор Кетле.

[4] Имеется русский перевод под названием «Исторический обзор происхождения и развития геометрических методов», «Математический сборник», 1871—1882. *(Прим. ред.)*

[5] Жергонн (1771—1859) был профессором астрономии в Монпелье. Свой журнал он основал в 1810 г. и издавал его до 1831 г. Жергонну мы обязаны установлением принципа двойственности и предложением самого термина «двойственность».

матическое развитие взаимной зависимости геометрических фигур» («Systematische Entwicklung der Abhängigkeit geometrischer Gestalten von einander»), которое вместе с «Геометрией положения» («Geometrie der Lage», 1847) Штаудта [1] составило основу синтетической геометрии в ее нынешней форме. В 1834 г. для Штейнера была утверждена в Берлине новая кафедра, которой он стяжал огромную славу. Его открытия, касавшиеся свойств кривых и поверхностей высших порядков, так быстро следовали одно за другим, что он нередко помещал их в журнале Крелле без доказательств, где они долго фигурировали в качестве задач, предложенных исследователям. Штейнер как будто не любил аналитический метод и старался привести свои работы в такое состояние, чтобы развитие его мыслей нельзя было проследить. По признанию Гессе, в некоторых случаях это ему удавалось. Имя его по справедливости связывается с 27 прямыми и центраэдром, характеризующим поверхности третьего порядка.

ЛОБАЧЕВСКИЙ
1793—1856

НЕЭВКЛИДОВЫ СИСТЕМЫ. ЛОБАЧЕВСКИЙ. БОЛИАИ. Как известно, Эвклид принимал без доказательств, что через точку плоскости можно провести только одну прямую, которая, сколько бы ее ни продолжали, не пересекалась бы с данной прямой. Еще в древности были произведены многочисленные попытки доказать этот постулат, но он так и остался непреодолимым камнем. Очень немногим геометрам приходила в голову мысль попробовать вывести следствия из противоположной гипотезы, по которой через данную точку можно провести бесконечное множество прямых, не встречающих данной, причем эти прямые были бы заключены в угле, величина которого зависела бы (по особому закону, который надлежит определить) от расстояний точки от данной прямой [2].

Казанский профессор Лобачевский (1793—1856) первый изложил подобные взгляды в небольшом очерке, опубликованном в 1829 г. В 1835—1838 гг. он издал уже свои «Новые начала геометрии с пол-

---

[1] Христиан ван-Штаудт (1798—1867), родившийся в Вюртемберге, был профессором в Эрлангене. Под названием «Геометрии положения» он пытался обосновать науку, не зависимую от каких бы то ни было метрических отношений. Крайне сжатый труд его долгое время оставался в пренебрежении. Подробнее речь о нем пойдет в следующей главе.

[2] В этом направлении довольно далеко зашли иезуит Саккери из Милана (1733) и особенно Ламберт, соответствующая статья которая была напечатана в Лейпциге в 1786 г. К результатам, сходным с результатами, достигнутыми Иоганном Болиаи, пришел со своей стороны и Гаусс. Именно ему принадлежало название новой геометрической системы «неэвклидовой».

ной теорией параллельных», где в ясной и точной форме были развиты все следствия из гипотезы, обратной эвклидову постулату. Написанные по-русски, сочинения Лобачевского долго оставались неизвестными за границей. Краткое резюме своих трудов, которое Лобачевский напечатал в 1840 г. в Берлине, также прошло незамеченным.

Трансильванец Вольфганг Больяи (1775—1856) учился в Германии, причем Гаусс был его соучеником. Занимая в течение 47 лет кафедру в Марош-Вашаргели, он оставил по себе репутацию ограниченного и скромного ученого. Главное его сочинение «Опыт» («Tentamen», 1832—1833) было снабжено прибавлением в 26 страниц, озаглавленным «Абсолютная наука о пространстве». Прибавление это принадлежало его сыну Иоганну Больяи (1802—1860). В этом-то прибавлении и содержались в сжатом виде выводы из неэвклидовой гипотезы, развитые во всех своих аналитических следствиях, из которых была ясно видна невозможность найти в этой гипотезе какие-либо противоречия.

Из работ Лобачевского и Больяи явственно не только то, что постулат Эвклида недоказуем, но и то, что он имеет характер гипотезы, а не истины, необходимой a priori. Этот вывод, имевший большое методологическое значение, позже был распространен на другие аксиомы, составлявшие отправную точку построений геометрии, и в результате глубоко изменил воззрение математиков на роль их науки.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ПЛЮКЕР. ГЕССЕ. Чтобы удержаться на высоте, достигнутой синтетической геометрией, необходимо было в свою очередь преобразовать и аналитическую геометрию. Наибольшее воздействие на развитие геометрии в этом направлении оказал Юлиус Плюкер (1801—1868), родившийся в Эльберфельде. Хотя до 1846 г. он состоял в Бонне профессором физики, а не математики, тем не менее главное свое внимание он уделял этой последней. В 1828 и 1831 гг. им были изданы два тома «Исследований по аналитической геометрии», где излагалось учение о системе однородных координат (по существу тождественной с системой Мебиуса). В 1834 г. он издал свою «Систему аналитической геометрии» («System der analitischen Geometrie»), заключавшую в себе полную классификацию кривых третьего порядка. Наконец в 1839 г. он опубликовал «Теорию алгебраических кривых», в которой были перечислены кривые четвертого порядка и даны аналитические отношения, связывающие особые точки плоских кривых. Эти уравнения Плюкера, по справедливому замечанию Кэйли, составляют важнейшее для всей современной геометрии открытие.

Если труды Плюкера были оценены по достоинству в Англии и Франции, то этого нельзя сказать про Германию. Берлинские ученые отнеслись к ним весьма неблагосклонно. Штейнер даже заявил, что он перестанет сотрудничать в журнале Крелле, если там будут печататься работы Плюкера. Как профессора физики его упрекали также и в том, что он пренебрегает своей наукой. Дело кончилось тем, что Плюкер был вынужден оставить свои занятия аналитической геометрией и в течение 15 с лишним лет работал только в

области математической физики, которую сильно продвинул вперед. Только значительно позже он снова вернулся к своим излюбленным исследованиям.

Родившийся в Кенигсберге, Гессе (1811—1874) профессорствовал в своем родном городе до 1855 г. и там же издал свои оригинальные исследования, посвященные главным образом изучению кривых третьего порядка и применению детерминантов. Под именем гессева известен детерминант, позволивший Гессе свести посредством линейных подстановок общую формулу уравнения третьей степени к четырем членам. Английская школа, насчитывавшая в своих рядах Салмона, Кэйли и Сильвестра, в это же время вступила с блеском на аналогичный путь. В следующей главе нам еще встретятся эти имена.

Наконец следует отметить появившиеся в этот же период два труда Гаусса «Общие исследования кривых поверхностей» («Disquisitiones generales circa superficies curvas», 1827) и «Исследования по вопросам высшей геодезии» (1843, 1846), ставшие классическими работами по вопросу о кривизне поверхностей.

АЛГЕБРА. ГАМИЛЬТОН. ГРАССМАН. ГАЛУА. Одновременно с обновлением геометрии не менее глубокие преобразования были подготовлены и в алгебре. Правда, новые идеи, с первого взгляда не менее парадоксальные, чем идеи неэвклидовой геометрии, не встретили здесь первоначально благосклонного приема, но торжество их в будущем было обеспечено.

Отправным пунктом послужила здесь концепция *мнимых величин*. Введенное в качестве чистой алгебраической фикции еще при Декарте, понятие это не получало никакого естественного истолкования, подобного истолкованию понятия отрицательной величины. Поэтому долгое время математики считали, что в действительности мнимым величинам не соответствует никаких отношений. Замечательный «Опыт» (1806) женевца Аргана остался почти также незамеченным, как и попытки данцигского профессора Кюна, относящиеся к 1750—1751 гг., и датского землемера Каспара Весселя, относящиеся к 1799 г. Введение символа для обозначения «комплексного числа», которым условно, посредством комбинации двух координат, можно представить положение точки на плоскости, тогда как «вещественное число» может представлять только положение точки на линии, принадлежит Гауссу.

Сколько бы ни казалась искусственной эта условность, благодаря тесной связи между алгеброй и геометрией она привела к поразительному расширению понятий об элементарных действиях. Возьмем в качестве примера простейший случай. Если, начиная с какой-либо вершины, мы станем последовательно обходить в одном и том же направлении все стороны какого-нибудь многоугольника, кроме одной, последней, то эта последняя сторона, если мы пройдем ее от той же вершины, представит нам как бы сумму всех остальных сторон, для которых приняты во внимание не только длины, но и направления. Это обстоятельство и навело на мысль, что элементар-

ные действия могут получать гораздо более общий смысл, нежели прежний, и определения их могут принимать такие формы, при которых должны изменяться и правила алгебраических вычислений.

Блестящим защитником идей такого рода в Англии явился профессор Лондонского университета Август Морган (1806—1871). Он занимался главным образом вопросами чистой логики. Новый же метод исчисления изобрел Вильям Гамильтон (1805—1865), шотландец из Дублина, где он и вел преподавательскую работу.

Восемь лет Гамильтона занимала мысль найти для трехмерного пространства символическое выражение, аналогичное формуле мнимых на плоскости. Вечером 16 октября 1843 г., во время прогулки по берегу Королевского канала в Дублине, в его уме блеснуло решение задачи, и он выгравировал на камне моста Брума перочинным ножом следующие основные формулы: $i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$. Спустя месяц им было сделано Ирландской королевской академии первое сообщение о *кватернионах*. «Лекции» («Lectures») Гамильтона были изданы в 1852 г., а «Элементы» («Elements») — в 1866 г.

Открытие Гамильтона было однако предвосхищено штеттинским учителем Германом Грассманом (1809—1877). В 1844 г. была издана первая часть исследования Грассмана «Линейное учение о протяжении» («Lineale Ausdehnungslehre»), в которой устанавливались начала еще более общей и плодотворной теории, не ограниченной никаким определенным числом измерений. К сожалению, своеобразная терминология Грассмана и парадоксальная форма его изложения оттолкнули от его исследований даже Гаусса и Мебиуса. В 1852 г. как будто нашелся только один математик — именно Брейтшнейдер из Готы, — который мог похвалиться, что он прочитал работу Грассмана от начала и до конца. Убедившись, что получить кафедру в университете он не может, Грассман направил свою деятельность в другую область. Издав в 1862 г. вторую часть своего «Учения о протяжении», он перешел к занятиям по филологии и особенно ревностно принялся за изучение санскрита. Высокая ценность его трудов в этой области была очень скоро признана специалистами.

В 1835—1838 гг. в Италии опубликовал свое *исчисление эквиполленций* Юлий Беллавитис (1803—1886). Что же касается Франции, то тут великий вождь эпохи Огюстен Коши (1789—1857), двигая алгебру вперед столь же быстрыми, сколь и верными шагами, не давал ей уклоняться в посторонние области. Благодаря трудам Коши понятие о мнимых, введенное Гауссом и Арганом, утвердилось окончательно, и необходимость его была признана всеми математиками. «Алгебраические ключи» Коши соответствовали одной из основных идей Грассмана.

20 мая 1832 г. прискорбная дуэль лишила Францию молодого математика, в котором еще на скамье Нормальной школы обнаружился первоклассный гений. Имя Эвариста Галуа (1811—1832) навсегда останется связанным с понятием о группах подстановок, являющихся одной из важнейших современных теорий. Это понятие Галуа ввел для определения условий разрешимости алгебраического уравнения в радикалах.

В 1829 г. выдвинулся знаменитой теоремой, касающейся определения числа действительных корней алгебраического уравнения между двумя пределами, женевский уроженец Штурм (1803—1855), который заменил в Сорбонне Пуассона по кафедре механики.

АНАЛИЗ. ФУРЬЕ. КОШИ. Несмотря на выступление на сцену иностранных новаторов, французская математическая школа попрежнему пользовалась бесспорным авторитетом. Парижская академия наук находилась в цветущем состоянии. По общему признанию, она шла во главе научного движения, и ее математики с достоинством поддерживали ее репутацию.

В 1807 г. опубликовал свое капитальное открытие, что всякая произвольная функция может быть представлена тригонометрическим рядом, Жозеф Фурье (1768—1830). Воспитанник Нормальной школы, он работал некоторое время профессором Политехнической школы. Взятый Бонапартом в Египет, он состоял там секретарем Института, а затем в течение четырнадцати лет исполнял обязанности префекта в Гренобле. В 1817 г. он вступил в Академию в качестве физика. В 1822 г. им была издана «Аналитическая теория теплоты» («Théorie analytique de la chaleur»), в которой нашли себе блестящее применение его ряды и которая отметила собою решительный момент в истории математической физики.

Коши, поступив в 1807 г. из Политехнической школы в ведомство путей сообщения, с 1813 г. отдался исключительно научной работе. В 1816 г. он вступил в Институт, незадолго перед этим присудивший ему главную премию. Одновременно с работой в Институте Коши преподавал механику в Политехнической школе, высшую алгебру в Сорбонне и математическую физику в Collège de France. Будучи горячим легитимистом, он отказался присягнуть июльскому правительству, в 1831 г. покинул Францию, два года профессорствовал в Турине, а затем взял на себя воспитание герцога Бордосского. В 1838 г. он возвратился в Институт, но кафедру получил обратно только в 1848 г.

Кроме дидактических сочинений, являющихся образцовыми в смысле строгости изложения, Коши оставил свыше 800 мемуаров, посвященных вопросам самых разнообразных отделов математики. Сравнительно доступный для чтения, этот плодовитый автор пользовался огромным влиянием и содействовал систематизации науки не меньше, чем ее движению вперед. Его обобщающий ум умел отыскать действительно ценные идеи в открытиях, сделанных другими. Что же касается открытий, сделанных им самим, то мы вынуждены ограничиться лишь перечислением главнейших областей его исследований.

Коши выяснил вопрос, при каких условиях функция может допускать интегрирование, точно установил понятие определенного интеграла, обосновал теорию особых интегралов, создал исчисление показателей, разработал понятие об определенном интеграле с мнимыми пределами, — этим исчерпывается поле его исследований в области интегрального исчисления. Далее Коши дал строгое доказа-

тельство того, при каких условиях существуют решения дифференциальных уравнений, обыкновенных и с частными производными, нашел ряд общих методов решения таких уравнений и точно определил условия разложения функций в ряды. В чистой алгебре им были введены понятия о некоторых детерминантах, а в теории чисел дано доказательство одного из труднейших предложений Ферма. В области математической физики он заложил основы теории упругости и первый дал теорию светорассеяния.

ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ. АБЕЛЬ. ЯКОБИ. Теоретическое значение работ Коши в области учения о функциях не могло быть надлежащим образом оценено до того времени, пока не были действительно найдены новые функции. Занявшись вопросом о функциях с того пункта, на котором его оставил Эйлер, Лежандр (1752—1833) почти в течение 40 лет разрабатывал эту область анализа один. В «Интегральном исчислении» Лежандра (1811—1816—1817) наряду с частью исследований об эллиптических функциях были изложены результаты его изысканий относительно двух типов определенных интегралов, которым он дал название *эйлеровых*. В 1825—1826 гг. он собрал воедино все результаты своих исследований эллиптических функций, к открытию которых его привело изучение интеграла от квадратного корня из многочлена четвертой степени[1].

В том же 1826 г. в Париж приехал на десять месяцев молодой норвежец Нильс Абель (1802—1829), только что перед тем напечатавший в журнале Крелле доказательство невозможности разрешения в радикалах общего уравнения пятой степени. Ему пришла в голову гениальная мысль об обращении эллиптических функций, а также о введении в них мнимых величин. Открытия, к которым он пришел на этом пути, почти тотчас же побудили его заняться рассмотрением гораздо более обширного класса трансцендентных функций (ныне называемых абелевыми), и вскоре он представил Академии обширный мемуар об общих свойствах этих функций. Эта капитальная работа была послана на рассмотрение Коши. Последний, целиком поглощенный своими собственными работами, держал ее у себя не читая[2]. Будучи слишком скромным в самооценке и не найдя, несмотря на всю его благосклонность, поддержки в старике Лежандре, обескураженный Абель оставил Париж. Пробыв недолгое время в Берлине, он вернулся в Норвегию в очень болезненном состоянии и скончался от болезни легких как раз в то самое время, когда труды его, напечатанные Крелле, стали возбуждать удивление математиков.

Почти одновременно с Абелем и независимо от него, изучая работы Лежандра, к тем же идеям об эллиптических функциях пришел Карл Густав Яков Якоби (1804—1851), уроженец Потсдама,

---

[1] Свои труды по теории чисел Лежандр собрал в единое целое и опубликовал в 1830 г.

[2] Она была напечатана Академией только в 1841 г. Во время печатания Либри, которому был поручен надзор за изданием, по-видимому утаил рукопись, так как последняя пропала. Абелевы функции суть интегралы иррациональной функции, связанной с независимой переменной посредством алгебраического уравнения.

с 1827 г. занимавший профессорскую кафедру в Кенигсберге. Напечатав в соревновании с Абелем несколько мемуаров в журнале Крелле, он опубликовал в 1829 г. большую работу «Новые основания» («Fundamenta nova»), в течение долгого времени считавшуюся капитальнейшим трудом по этому вопросу. В 1832 г. им был издан весьма ценный мемуар о гиперэллиптических функциях, который также должен быть поставлен рядом с работами по этому вопросу Абеля.

ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ. ЛЕЖЕН-ДИРИХЛЕ. В то время как все эти новые пути, открывавшиеся перед аналитиками, сулили богатые перспективы, на пути, указанном за два столетия перед тем Ферма, исследователи все время натыкались на самые досадные препятствия. Особенно важны были проблемы, касающиеся невозможности разрешения некоторых неопределенных уравнений. Эйлер и Лагранж доказали, что уравнение $x^n + y^n = z^n$ (как утверждал Ферма) не может быть решено в целых числах, если n больше 2, лишь для случаев $n = 3$ и $n = 4$. В 1825 г. 20-летний студент Лежен-Дирихле, родившийся в Дюрине, представил в Академию при содействии Лежандра доказательство невозможности случая, когда $n = 5$. Это был первый дебют математика, который в 1827 г. стал профессором в Бреславле, в 1833 г. — в Берлине, а в 1855 г. сменил Гаусса в Геттингене. Его «Лекции по теории чисел» ясностью и простотой, которую он сумел придать изложению прежних исследований и своих собственных открытий, вполне оправдали надежды, вызванные его блестящим вступлением на научное поприще.

МЕХАНИКА. ПУАНСО. ПУАССОН. ЛАМЭ. Первенство французских ученых в этот период проявлялось в области прикладной математики еще заметнее, чем в области чистой. Вступив в Институт в 1813 г., Пуансо напечатал в 1825 г. свой мемуар о «Геометрии положения», а в 1834 г. — «Новую теорию вращения тел». Оперируя понятием эллипсоида инерции вместе с понятием о паре, он сумел получить чрезвычайно изящное геометрическое решение некоторых капитальнейших проблем динамики. Пренебрегая анализом и чувствуя сильное пристрастие к геометрической простоте, этот гениальный ученый был однако слишком беспечен и не стремился к умножению доказательств мощи своего духа.

Зато Пуассон (1781—1840), профессор анализа Политехнической школы, а с 1816 г. профессор механики в Сорбонне, был чрезвычайно плодовитым писателем. Им было написано по вопросам анализа свыше 300 мемуаров, в которых развивался лапласов метод приложения математики к изучению явлений природы. В некоторых отношениях его труды по математической физике теперь уже значительно устарели. Однако часть их все же сохранила ценность и оправдывает репутацию ученого, которого современники ставили на одну доску с Коши.

Поступивший в 1817 г. из Политехнической школы в Инженерный корпус, Ламэ (1795—1870) десять лет профессорствовал в России вместе с Клапейроном. Возвратясь в 1831 г. во Францию, он получил кафедру физики в Политехнической школе, которую занимал

вплоть до 1844 г. В 1836 г. он напечатал свой курс, который произвел целую революцию в науке. Его первый мемуар об изотермических поверхностях благодаря применению криволинейных координат открыл совершенно новые пути для физического исследования. Однако главные труды Ламэ относятся не к описываемому, а к последующему периоду.

Дюамель (1797—1882), окончивший в 1816 г. Политехническую школу и в 1830 г. ставший ее профессором, получил известность своими ценными мемуарами по теплоте и акустике. Он первый предложил изучать звуковые колебания по следам, оставляемым острием на движущейся закопченной поверхности. Вступив в 1840 г. в Академию наук, он отдался изучению методов преподавания. Довольно значительна и не должна предаваться забвению роль его в установлении точных основ исчисления бесконечно малых.

Основы молекулярной механики, которой придали дальнейшее развитие Коши, Пуассон и Ламэ, были заложены в 1821 г. мемуаром путейского инженера Навье (1785—1836) о законах равновесия и движения твердых тел. Вступив в 1824 г. в члены Института, Навье завязал горячий спор с Пуассоном по вопросам теории сопротивления материалов, в котором одержал над своим маститым противником верх.

Другой путейский инженер, Кориолис (1792—1843), бывший сначала репетитором, а затем профессором Политехнической школы, ввел в 1831 г. в механику понятие о сложной центробежной силе, которое было более подробно развито им в «Трактате о механике твердых тел» (1844). Он же первый предложил пользоваться техническим термином *работа* в его точном современном смысле. Значение этого последнего понятия было им освещено в сочинении «Расчет действия машин», вышедшем в 1829 г.

АСТРОНОМИЯ. ЛЕВЕРРЬЕ. БЕССЕЛЬ. ГАНЗЕН. Наиболее замечательным завоеванием астрономии описываемой эпохи было несомненно открытие Нептуна. Уже в 1846 г. Урбэн Леверрье (1811—1877), поступивший в 1833 г. из Политехнической школы в отдел табаководства, а в 1837 г. занявший в Политехнической школе должность репетитора по астрономии, открыл для себя двери Института ценными трудами по небесной механике. В это время он занимался теорией движения Урана. Исходя из неоднократно высказывавшегося предположения, что возмущения этой планеты обусловливаются воздействием какого-то неизвестного светила, он попытался определить орбиту и положение этого светила. 1 июня ему удалось вычислить приблизительное местонахождение его, а 23 сентября, по получении от Леверрье более точных указаний, астроном Галле в Берлине нашел новую планету.

Этот результат особенно замечателен быстротою, с какой были произведены все вычисления. Англичанин Джон Кауч Адамс (1819—1892) из Кембриджа решил эту же самую задачу одновременно с Леверрье, но он затратил на это решение несколько лет.

В числе главных астрономов этой эпохи прежде всего следует упомянуть Фридриха Вильгельма Бесселя (1784—1846), прославив-

шего своими работами вновь открытую Кенигсбергскую обсерваторию и в сильнейшей мере содействовавшего утверждению современных методов практической астрономии и геодезии. Как аналитик, Бессель обратил внимание своим «Исследованием части планетных возмущений, зависящей от движения Солнца»[1] (1824) на так называемые бесселевы функции, которые послужили впоследствии предметом многочисленных работ.

Петр Андрей Ганзен (1795—1874), директор обсерватории в Готе, особенно прославился дальнейшим развитием теории движения Луны, которое он предложил в капитальном труде «Новые основания исследований истинной орбиты, описываемой Луной» («Fundamenta nova investiationis orbitae verae quam Luna perlustrat», 1838).

В 1826 г. издал свои «Математические исследования по теории Луны и планет» астроном Гринвичской обсерватории Джорж Биддел Эйри (1801—1892). Продолжавший труды своего знаменитого отца, Джон Гершель (1792—1871) начал в 1824 г. свои наблюдения над двойными звездами и исследования звездных параллаксов.

Новые методы вычислений с большим успехом были применены к кометам. Был открыт целый ряд комет с коротким периодом обращения. Прежде всего здесь следует отметить комету Энке, наблюдавшуюся в 1818 г. Понсом (комета эта пробегает свою орбиту в три с небольшим года), далее — комету Биела (1826), орбита которой была вычислена Гамбаром (период — шесть с половиной лет) и раздвоение которой наблюдалось в 1846 г., и наконец — комету Фэ, вычисленную и наблюденную астрономом, имя которого она носит, в 1843 г. (период — около семи лет).

Однако входить в подробности многочисленных и разнообразных астрономических работ этой эпохи мы не можем. Капитальные результаты развития физики и химии, достигнутые в описываемый период, требуют нашего внимания в гораздо большей степени.

ЗНАЧЕНИЕ ПРОГРЕССА ФИЗИКИ. Если, как мы уже видели, XIX столетие совершенно преобразило физиономию чистой математики, черты которой, казалось, должны были бы застыть в неизменном виде, то с неменьшими результатами научная деятельность должна была проявиться и в области наук о природе, где оставалось сделать еще очень много и где предыдущее поколение оставило столь неизгладимые духовные следы.

Реформа образования принесла к этому времени все свои плоды. Промышленность, которую в разгар военных бурь должны были развивать ученые, теперь благодаря продолжительному миру получила сильную и прочную базу. Ставя перед наукой новые проблемы, она будила соревнование ученых; вводя технические усовершенствования, она обеспечивала науке более точные средства исследования.

Прежде, принимая в расчет возможные погрешности наблюдения, довольствовались весьма приблизительной формулировкой

[1] В 1839 г. Бесселем был окончательно установлен факт движения Солнца в пространстве.

законов. Теперь же требования к точности значительно возросли. Многократно повторенные точные опыты окончательно разрушили древний предрассудок о простоте природы. Но если мир представился науке теперь в бесконечно более сложном виде, то математика своими усовершенствованными символами и методами давала новые средства для выражения этой сложности и для формулировки более точных законов.

Сношения между европейскими народами не подвергались ежеминутным нарушениям, как это было встарь. Естественно поэтому, что они крепли и расширялись. Благодаря развитию железных дорог и телеграфов дело связи было чрезвычайно облегчено и ускорено. Узко специализировавшийся математик мог еще оставаться наедине со своей мыслью, но физик и химик обязательно должен был быть в курсе всех новых открытий, как бы он ни специализировал поле своих исследований. Таким образом, наука стала общим делом всей Европы, и каждая нация вносила свои вклады в общую сокровищницу.

НОВАЯ ТЕОРИЯ ОПТИКИ. ФРЕНЕЛЬ. Первый решительный удар старым учениям был нанесен работами в области оптики.

Выше был уже охарактеризован отправной пункт работ Френеля. Тот факт, что один пучок света в соединении с другим могут породить темноту, трудно объяснить теорией истечения. Наоборот, если допустить, что свет есть колебательное движение, передающееся в некоей упругой среде (эфире), то его легко объяснить, ибо два противоположных колебания могут взаимно уничтожить друг друга.

Первые опыты Френеля заслужили поощрение Араго. Академия наук увенчала наградой мемуар Френеля о дифракции, представленный в 1818 г. и замечательный «неизменным согласием вычислений с опытом, доходящим до мельчайших подробностей». Однако большая часть физиков и математиков, например Био, Пуассон, Лаплас и др., остались все же решительными сторонниками «теории истечения». Лаплас указывал в частности, что она прекрасно объясняет явление двойного лучепреломления. И действительно, теория колебаний не могла справиться с рядом серьезных возражений, против нее выдвигаемых. Только пятью годами позже, когда она была уже почти совсем оставлена своим новым глашатаем Томасом Юнгом, Френелю удалось найти такие ее основания, которые дали ему возможность с величайшей простотой объяснить все световые явления.

Френель показал, что световые колебания совершаются не в направлении распространения волн, подобно звуковым колебаниям, а в поперечном направлении, перпендикулярном к линии распространения. На этой концепции было построено все здание новой оптики. Оно было создано именно Френелем, ибо все, что делалось в этой области, являлось лишь дальнейшим развитием или иллюстрацией его идей. Только гениальная теория Максвелла внесла впоследствии ряд принципиально новых элементов в здание физической оптики.

Идеи Френеля оказали огромное воздействие на развитие теории упругости. Творцы последней — Коши, Пуассон, Грин, Ламэ — вдохновлялись в своих исследованиях работами Френеля[1].

Изобретение маяков с линзами, которым мы обязаны тому же Френелю, показало, что гений французского физика столь же внимателен был к нуждам практической жизни, сколь и к теоретическим работам. Это изобретение доставило ему славу, много способствовавшую торжеству его теории.

Около этого же времени искусный мюнхенский оптик Фраунгофер (1785—1826) произвел любопытные наблюдения над линиями в спектре, замеченными Волластоном. Он заметил, что существование этих линий теснейшим образом связано с природою источника света, и стал усиленно изучать спектры звезд и планет. Однако основные начала спектрального анализа были формулированы не им, а другими людьми, и притом значительно позднее.

К этому же периоду относятся первые попытки закрепления непрочных изображений, даваемых камерой-обскурой. Главным инициатором многочисленных работ, предпринятых в этой области, был Жозеф Нисефор Ниепс (1765—1833). Его следует считать автором открытий, приведших впоследствии к изобретению дагерротипии и фотографии, которая оказала столь глубокое влияние на дальнейшие успехи науки.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ. ЭРСТЭД. АМПЕР. ФАРАДЕЙ. В 1820 г. профессор физики Копенгагенского университета Ганс Христиан Эрстэд (1777—1857) установил факт, научные и практические последствия которого были огромны. Он обнаружил, что электрический ток отклоняет магнитную стрелку. Констатировав этот факт, он предоставил однако честь оценки значения своего открытия другим лицам.

Андрэ Мари Ампер (1775—1836), уроженец Лиона, сначала бывший профессором в Бурге и Лионе, а затем репетитором анализа в Политехнической школе, первоначально приобрел себе известность математическими работами. Эти последние открыли ему в 1814 г. двери Института. Жадно воспринимавший все отрасли знания, но утомленный многочисленными житейскими неприятностями, он, казалось, готов был закончить свою научную карьеру, когда 11 сентября 1820 г. Араго повторил перед Академией наук опыты Эрстэда, которые незадолго перед тем видел в Женеве. Семь дней спустя Ампер представил Академии мемуар, заключавший в себе уже все существенные элементы его блестящих открытий. Он показал, что два тока действуют друг на друга, как ток действует на магнит. Необходимо было установить математический закон этого действия. С этой целью Ампер начал комбинировать в высшей степени остроумные аппараты и производить исключительно тонкие опыты. Наконец ему удалось решить задачу и найти элементарную

[1] Наиболее важные физические работы Френеля изданы на русском языке в серии «Классиков естествознания», 1927. *(Прим. ред.)*

формулу, играющую в учении об электричестве роль, сходную с той, какую в астрономии играют законы Кеплера [1].

Таким образом, электричество и магнетизм были сведены к одному принципу, первым и естественным следствием которого было открытие электромагнита, сделанное Араго. Возникла новая отрасль науки, плодотворность результатов которой манила к новым многообещающим исследованиям.

Особенно выдвинулся в этой области англичанин Михаил Фарадей (1791—1867), один из наиболее изобретательных умов XIX столетия. Деятельность его была чрезвычайно многосторонней. Число его открытий было так велико, что, как говорят, он должен был записывать и нумеровать их, чтобы не забыть. Ученик Дэви, он выступил на научное поприще с блестящими работами по химии (открытие бензина, сжижение некоторых газов). Подведенный вопросами электролиза к исследованию токов, он проявил здесь поразительную силу воображения, которая нашла себе выражение в смелых гипотезах, формулированных не всегда точным, но приводившим математиков в изумление языком. Вместе с ученым, которому мы обязаны многими положительными открытиями, в нем жил научный вождь, сеющий множество мыслей, плоды которых были собраны только последующими поколениями.

Капитальным открытием Фарадея является открытие электромагнитной индукции (1831). Фарадей показал, что можно возбудить электрический ток при помощи магнита или другого тока. С тех пор открылась возможность для превращения механической энергии в электричество и наоборот. Непосредственное практическое применение открытия Фарадея нашли в наших динамомашинах и электромоторах.

К своим открытиям Фарадей пришел, руководствуясь определенной философской концепцией, шедшей вразрез с господствовавшими воззрениями. После формулировки Ньютоном закона всемирного тяготения, в которой отсутствовали указания на то, следует ли считать действие на расстоянии первичным свойством материи или же оно является результатом действия материальной среды, математики привыкли считать все действия на расстоянии первичными. Эта идея естественным образом была распространена и на электрические явления. Фарадей же считал все подобные действия лишь чем-то производным от среды. Присутствие тока или магнита изменяет окружающую среду; вокруг наэлектризованных или намагниченных тел создается особое поле. Если в это поле быстро ввести проводник, то видоизмененная среда, действуя на проводник, нарушает в нем электрическое равновесие, и в результате образуется ток. В области учения о статическом электричестве Фарадей также вскрыл роль диэлектрической среды. Он же первый установил родство между явлениями электрическими и световыми, и его блестящее открытие

[1] Назначенный в 1824 г. профессором физики в Collège de France, Ампер опубликовал в 1826 г. свою «Теорию электродинамических явлений, выведенную из опыта». В 1834 г. появился его «Опыт по философии наук», продолжение которого было изложено после его смерти его сыном Жан Жаком Ампером.

ФАРАДЕЙ

1791—1867

С портрета Томаса Филлипса

действия магнита на поляризованный свет (1845) послужило исходным моментом одного из важнейших синтезов современной науки.

Тем временем знаменитый Гаусс посвятил свою старость разработке математической теории магнетизма. Он не мог остаться равнодушным к новым открытиям и, осуществив указания Ампера, первый устроил в 1833 г. действующий электрический телеграф для сношения со своим коллегой и сотрудником Вильгельмом Вебером. Телеграфная линия Гаусса связывала обсерваторию и физический кабинет, расстояние между которыми равнялось миле [1]. Особенно важной заслугой Гаусса явилось создание основной системы единиц измерения, которая до сих пор принята физикой.

Законы распределения электричества и распространения токов носят имя немецкого математика Ома, их установившего. Ом (1788—1854) пришел к их формулировке, применив для изучения распространения электричества идеи, развитые Фурье в отношении распространения теплоты.

Изобретение электрического элемента с постоянным действием относится к 1829 г. и принадлежит Антуану Сезару Беккерелю (1788—1878). Беккерель же в 1823 г. вслед за открытием Зеебека (1770—1831), что теплота вызывает электрические токи (1821), установил основные законы термоэлектрических явлений. Позже Беккерель отдался ревностному изучению электрических явлений, происходящих в животных и растительных организмах; в 1838 г. для него была утверждена в Музее соответствующая кафедра.

Промышленные приложения электричества в виде гальванопластики ведут свое начало с 1837 г. и были изобретены в России немцем М. Г. Якоби (1801—1874).

ТЕРМОДИНАМИКА. САДИ КАРНО. МАЙЕР. ДЖОУЛЬ. Исследования, вызванные открытием Эрстэда, совершенно неожиданно привели к установлению связей между различными группами физических явлений и привели к мысли о единстве всех сил природы. Практическое превращение тепловых процессов в механическую работу заложило последний камень в фундамент этой основной идеи современной физики.

Сади Карно (1796—1832), старший сын Лазаря Карно, по окончании Политехнической школы в 1815 г. поступил в Инженерный корпус. Оставив в 1828 г. военную службу ради науки, он был унесен холерой в возрасте тридцати шести лет, успев издать только брошюру в 60 страниц «Размышления о движущей силе огня и о средствах, какими можно развить эту силу» [2]. Выход этой брошюры прошел почти незамеченным [3]. Статьи, оставшиеся после

---

[1] Первые регулярно действующие общественные телеграфы были сооружены почти в это же время (в период между 1835 и 1840 гг.) Уитстоном в Англии и Штейнгелем в Германии и Соединенных штатах.

[2] Имеется русский перевод в серии «Классики естествознания», Гиз. 1925. *(Прим. ред.)*

[3] Теорема Карно была рассмотрена и доказана в 1834 г. Клапейроном и в 1849 г. — Вильямом Томсоном, которому удалось достать экземпляр брошюры Карно только с большим трудом.

его смерти, были опубликованы только в 1878 г., когда сделанные им открытия давно уже принесли славу Майеру и Джоулю.

Сади Карно был поражен тем фактом, что теория паровых машин, промышленное применение которых день ото дня приобретало все бо́льшую и бо́льшую важность, сводилась к ряду грубо эмпирических правил. Ему пришло в голову, что для обоснования этой теории следовало бы изучить производимую теплотою механическую работу независимо от тех конкретных средств, при помощи которых это осуществляется.

Согласно господствовавшим воззрениям, Карно понимал теплоту как некую материальную субстанцию. Однако это неверное представление не помешало ему сделать капитальное наблюдение, что она производит работу только в том случае, когда между температурами двух тел (например котла и холодильника) имеется некоторая разница. Он уподобил понижение температуры понижению уровня водного потока. Остановившись на этой идее, он вывел из нее условия максимального действия теплоты, не зависящие от природы тех агентов, которые ее переносят, и символически представил функционирование тепловых машин в виде цикла, за которым и сохранилось его имя.

Из посмертных бумаг Карно можно установить, что к концу своей короткой жизни он уже отказался от ходячего воззрения на теплоту. Для него теплота стала представляться лишь молекулярным движением. Всюду, где происходит исчезновение теплоты, возникает движущая сила (работа), пропорциональная исчезнувшему количеств теплоты, и наоборот. Этот переход количественно можно оценить в 370,7 килограммометра на количество теплоты, способное нагреть килограмм воды на один градус.

Роберт Майер (1814—1878), немецкий врач, состоявший на голландской службе, занимаясь на Яве исследованием изменений температуры человеческого тела, пришел к заключению, что движущая сила организма соответствует его тепловым потерям. Таким образом, при отправной позиции, совершенно отличной от идей Карно, размышления Майера над механизмом жизни привели его к невысказанным выводам этого последнего. Пользуясь, подобно французскому ученому, числами, общепринятыми в современной ему физике для измерения тепловых свойств газа, он дал близкое к результатам Карно выражение для механического эквивалента теплоты (365 килограммометров) [1].

Датский инженер Кольдинг, направляясь по тому же пути, пришел к совершенно аналогичным заключениям. Английский же физик Джемс Прескотт Джоуль (1818—1889), ученик Дальтона, начал свою работу в другом направлении. Он занялся изучением процесса развития теплоты, возникающей под влиянием электрического тока, т. е. под химическим воздействием. Убедившись в пропорциональной зависимости между количеством теплоты и работой, он произвел для

[1] Работы Майера изданы на русском языке под заглавием «Закон сохранения и превращения энергии», ГТТИ, 1933 г. *(Прим. ред.)*

определения эквивалента ряд опытов прямого измерения различными методами. Особенно основательно он изучил теплоту, производимую трением (1843—1845). В результате он получил для эквивалента число 425 килограммометров, почти совпадающее с принятым в настоящее время.

Синтез всех этих различными путями полученных выводов произвел Гельмгольц в известном мемуаре «О сохранении силы» («Über die Erhaltung der Kraft», 1847[1]). Взяв один из основных принципов рациональной механики (эквивалентность изменения живых сил и работы сил в системе), он распространил его на всю область физики и показал роль его в самых разнообразных явлениях. Таким образом, был сделан решительный шаг к механическому объяснению мира.

Поднимаясь на высоту теоретических обобщений, наука вместе с тем не забывала об укреплении своего экспериментального фундамента, вводя в обиход все более и более точные методы. По разнообразию чисел, данных Джоулем и Майером для величины механического эквивалента теплоты, можно видеть, как много оставляли еще желать наши сведения о свойствах газов. Вторичное проделывание старых работ, неблагодарная задача исправления их для более точного определения постоянных, необходимых для ученого или инженера, выпала на долю француза Реньо (1810—1871). Необычайная добросовестность его работ, замечательное искусство, с которым он конструировал новые приборы и устранял причины погрешностей, которыми до того пренебрегали, создали новую традицию в области эксперимента. После работ Реньо ученые уже не рисковали обосновывать свои теории приблизительными формулировками законов. Почва для строгой экспериментальной работы была расчищена.

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ. БЕРЦЕЛИУС. Таким образом, к середине XIX столетия была радикально обновлена вся физика сверху и донизу, начиная с основных теоретических концепций и кончая техническими экспериментальными приемами. Обновление же химии совершилось поколением раньше. Развитие ее в рассматриваемый период имеет характер скорее разработки начал, установленных Лавуазье, Гей-Люссаком и Дальтоном, чем создания новых доктрин.

Независимо от специальных открытий, продолжаемых с неослабным усердием[2], было предпринято несколько попыток синтеза всех добытых результатов. В этом направлении пальму первенства следует присудить Берцелиусу (1779—1848). Этот знаменитый швед был не только искуснейшим экспериментатором; он принадлежал к тем химикам, ум которых отличался огромной способностью к созданию общих концепций, широкий кругозор которых дал

[1] Имеется русский перевод в серии «Классики естествознания», ГТТИ, 1934. *(Прим. ред.)*

[2] Отметим открытие перекиси водорода Тенаром (1818) и брома (1832) Баларом (1802—1870).

возможность быстро приспособиться к изменениям, вызываемым непрерывно идущими друг за другом открытиями.

Прежде всего Берцелиус занялся проверкой идей Гей-Люссака относительно объемов газовых соединений. Затем он попытался объединить представления Гей-Люссака с идеями Дальтона и создал свою теорию множественных атомов (например, вода состоит из одного атома кислорода и двойного атома водорода). Изучение процесса разложения соединений посредством электрического тока привело его к дуалистической теории. По существу эта теория явилась возвратом к идеям Лавуазье, в корне измененным вновь открытыми фактами[1]. Вскоре она была признана всеми и долго господствовала над теоретическими представлениями химиков. Даже после своего крушения она оставила в науке глубокие следы.

БЕРЦЕЛИУС
1779—1848

Берцелиус первый опубликовал вполне точную таблицу эквивалентов простых тел, приведенных к ста весовым единицам кислорода. Отношения между некоторыми из этих чисел могли служить подтверждением знаменитой гипотезы, высказанной в 1815 г. английским химиком Проутом (1786—1856) и горячо защищавшейся шотландцем Томасом Томсоном (1773—1852). Эта гипотеза утверждала, что все атомные веса находятся в простых кратных отношениях к атомному весу водорода. Однако не все определения Берцелиуса соответствовали этой гипотезе. Поэтому после горячих споров, имевших место в 1830 г., взгляды Проута на некоторое время были забыты.

Однако сама по себе идея эта была слишком соблазнительной, ибо по существу она утверждала не что иное, как принцип единства материи. Поэтому она постоянно возрождалась в самых различных формах. В 1840 г. ее вызвал к жизни Ж. Б. Дюма, выставивший положение, что объяснение различных свойств химических соединений (в частности органических) следует искать не в материальном различии составляющих их элементов, а в расположении простых атомов, в структуре типа. Анализы самого Дюма показали, что если допустить, что различные химические атомы состоят из одного и

[1] Сущность теории Берцелиуса заключалась в следующем. Атомы обладают одновременно положительным и отрицательным электрическим зарядом. Заряды эти скопляются на полюсах атома, причем один какой-нибудь из них преобладает. В соответствии с этим преобладанием элементы в большей или меньшей степени являются электроположительными или электроотрицательными. Их поэтому можно расположить в ряд, начиная с наиболее положительных щелочных металлов и кончая наиболее отрицательными, которым, по мнению Берцелиуса, является кислород. Химические соединения возникают благодаря тому, что избытки положительного и отрицательного электричества взаимно притягивают друг друга. *(Прим. ред.)*

того же первичного вещества, то наиболее простой формой его уплотнений следует признать ту, которая была предложена гипотезой Проута. Однако, вопрос все же остался открытым.

На развитие идей Дюма, повидимому, оказало влияние установление основных фактов изомерии. Последние впервые были указаны Фарадеем и в 1831 г. подробно исследованы Берцелиусом на примере виннокаменной и виноградной кислот. Тождество химического состава двух тел, обладающих совершенно различными свойствами, опрокидывало вверх дном все привычные представления и могло получить объяснение только введением соображений относительно способов группировки атомов.

ЛИБИХ
1803—1871

Открытие в 1819 г. изоморфизма Митчерлихом (1794—1863) имело неменьшую важность. Установление того, что тела, обладающие одинаковой или близкой друг к другу кристаллической формой, при совместной кристаллизации могут соединяться в каких угодно пропорциях, открывало совершенно новый взгляд на роль молекулярных группировок. Оно вместе с тем явилось доказательством необходимости культивировать минералогию как науку, не зависимую от химии.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ. ШЕВРЕЛЬ. ЛИБИХ. ВЕЛЕР. ДЮМА. Так как почти все важнейшие открытия, закладывавшие фундамент неорганической химии, были уже сделаны в предыдущем столетии, то внимание химиков устремилось главным образом на исследование органических тел. Правила элементарного анализа органических соединений были уже известны. Однако для различия близких друг к другу веществ требовались новые, более тонкие методы.

Пример такого рода методов дан был исследованиями Шевреля (1789—1889) над жирными веществами. Рядом последовательных промывок ему удалось показать, что жиры образуются от смешения в неопределенных пропорциях небольшого числа вполне определенных веществ, от которых далее уже нельзя ничего отделить, не разрушая их.

В 1835 г. Дюма и Пелиго открыли метиловый (древесный) спирт, изучили его свойства и доказали его тесное родство с винным спиртом. Идея гомологического химического ряда была найдена. Дюма развил и оформил ее и создал таким путем учение о типах, продолжателем и завершителем которого явился Жерар (1816—1856).

Тем временем лаборатория в Гиссене, которой с 1825 по 1850 г. руководил Либих (1803—1871), приобретала себе все бо́льшую и бо́льшую известность. В нее со всех концов Европы стекались люди послушать химика, репутация которого росла с каждым днем. В своих

теориях Либих особенно подчеркивал факты замещения в органической молекуле одного тела другим, ему эквивалентным, без существенного изменения природы соединения. Он показал, что для простых тел эквивалент может быть даже сложным радикалом, изолированное существование которого не всегда устойчиво. Этим учением о сложных радикалах Либих внес порядок в хаотические группы органических соединений.

Либих был учеником Гей-Люссака. Велер же (1800—1882), как и Митчерлих, принадлежал к школе Берцелиуса. Будучи профессором в Геттингене, с 1825 г. Велер поддерживал с Либихом столь тесные дружественные отношения, что они нередко обменивались духовными подарками: не одна работа Либиха печаталась за подписью Велера, и наоборот. Особенно выдвинуло Велера открытие алюминия (1827) и синтез мочевины (1829). Этот последний долгое время оставался единственным примером лабораторного получения органического вещества из неорганических.

Немецкие университеты, казавшиеся в предшествовавшем столетии приспособленными только для разработки гуманитарных наук, стали в рассматриваемый нами период полными жизни научными центрами, мало-помалу освобождающимися из-под влияния французской науки. В математике и физике французские авторы благодаря превосходству своих методов изложения, которым немцы мало старались подражать, сохранили еще значение классиков. Оригинальные мысли немецких авторов с трудом завоевывали в преподавании место, по справедливости им принадлежащее. Только Либих поднялся в области органической химии на такую же высоту, как Берцелиус в области неорганической. Зато в науках биологических Германия выказала полную самостоятельность. Именно немецким ученым мы обязаны величайшими успехами в этой области, обусловленными тем, что, пройдя через умозрения натурфилософов, они умели преодолеть последние и вступить на почву позитивных исследований.

ЦЕЛЛЮЛЯРНАЯ ТЕОРИЯ. Главными руководителями научного движения в области изучения живой природы были Эрнст Генрих Вебер (1795—1878), творец психофизики, и Иоганн Мюллер (1801—1858), профессор сначала в Бонне, а затем в Берлине, заслуживший прозвище «Галлера XIX века» или «Кювье Германии». Мюллер действительно охватил всю область биологии, был учителем большинства ученых следующего поколения и вместе с Лукой Шендейном (1793—1864) основал современную школу медицины в Берлине. Самая выдающаяся работа его относится к исследованию механизма чувственных восприятий. Шотландец Чарльз Белль (1774—1842) указал на различие между двигательными и чувствительными нервами. Мюллер дал в 1831 г. решительное экспериментальное доказательство этого положения, считавшегося до того времени лишь остроумной и более или менее правдоподобной догадкой. Своим законом специфической энергии органов чувств он выразил тот факт, что различие ощущений, передаваемых различными органами

чувств, не зависит ни от способа раздражения, ни от разницы в структуре соответствующих нервов, а только от природы центрального органа чувств. Кроме того им были начаты методические исследования роли животного электричества, впоследствии прославившие имя Дюбуа-Реймона.

В области сравнительной анатомии уже в лице Блюменбаха (1752—1840) Германия имела ученого, пошедшего дальше Кювье. Но решительное движение вперед было достигнуто ею в этой области на почве гистологических исследований.

С тех пор, как Биша разложил живой организм на простейшие ткани, необходимо было найти какой-то унитарный элемент и из него объяснить процесс образования тканей. Матвей Шлейден (1804—1881), профессор в Иене, автор сочинения «Ботаника как индуктивная наука» (1842—1845), предложил в 1838 г. клеточную или целлюлярную теорию для объяснения происхождения растительных тканей. Теодор Шванн (1810—1882) распространил эту теорию в следующем году на животные ткани. Клетка может достигать самых разнообразных размеров и принимать всевозможные формы; она может сама составлять индивидуум, но может соединяться с другими и образовывать сложные ткани. Какова бы ни была форма клеток, структура их может быть сведена к единому и определенному типу. Разумеется, понятие о клетке еще не достигло тогда полной зрелости и законченности; на основании его необходимо было перестроить всю анатомию. Эта задача выпала на долю Якова Генле (1809—1885) в отношении животных и Гуго Молля (1805—1889) в отношении растений. Последний между прочим указал на важное значение слизистого вещества, содержащегося в клеточке, кроме ядра, хорошо сознававшееся уже Шлейденом и Шванном. Название «протоплазма», которое носит это вещество, дано было Моллем. Под именем саркады она изучалась уже в 1835 г. реннским профессором Дюжарденом.

Проблема образования клеток долго возбуждала горячие споры. И неудивительно: это был капитальный вопрос эмбриогении. Сегментация яйцевой клетки была впервые наблюдена в 1824 г. Прево и Дюма на яйце лягушки. В 1834 г. факт сегментации был подтвержден Эрнстом фон-Бэром (1792—1876) и в 1836 г. окончательно доказан Рускони относительно яиц рыб, а год спустя — Зибольдом в отношении паразитарных червей, живущих в кишечнике. Но тут возник вопрос, становятся ли эти сегментированные клетки элементами эмбрионального существа, или, как утверждал в 1842 г. Карл Фохт, они исчезают, образуя среду, где самопроизвольно образуются новые клетки? Исследования Рейхерта, Бишофа (1843) и особенно Келликера (1844) над головоногими показали, что первое предположение было правильным. Это было триумфом старого тезиса об эпигенетическом развитии, выдвинутого К. Ф. Вольфом в 1764 г., и очень сильным ударом для теории преформации, защищавшейся Кювье.

Во Франции подобные исследования велись главным образом над растениями. Ими занимались Дютроше (1776—1847), открывший эндосмос и экзосмос, Адольф Броньяр (1801—1872) и особенно

Бриссо-Мирбель (1776—1854), работавший как преподаватель сперва в Сорбонне, а потом в Музее. Если его идеи и оспаривались немецкими учеными, то он все же сделал не мало ценных вкладов в науку.

Целлюлярная теория, показавшая, что живое существо состоит из самостоятельно развивающихся элементов, способных размножаться посредством деления, обнаружила вместе с тем пробелы в старом понятии об индивидууме и привела к перестройке последнего. Проблема усложнилась открытием переменного зарождения (метагенез); этим термином датчанин Стенструп обозначил в 1842 г. ряд фактов, достаточно многочисленных, чтобы обратить на себя внимание естествоиспытателей. Бонне давно уже отметил безбрачное размножение травяных тлей [1], проверенное Кибером в 1815 г., но считавшееся просто курьезом. В 1819 г. Адальберт фон-Шамиссо, принимавший участие в кругосветной экспедиции русского корабля «Рюрик» (1815—1818), опубликовал свои наблюдения над сальпами, странными существами, из которых одни, одаренные половыми различиями, плавают одиноко, а другие, бесполые и образовавшиеся путем почкования первых, живут соединенными в виде цепи. Эти последние содержат в себе яйца, происшедшие от сальп, имеющих половые органы; по отношению к последним они играют лишь роль кормилиц. С 1829 по 1837 г. норвежский пастор Сарс занялся изучением переменного поколения трех сроков. Объектами его исследований служили различные формы: сифистомы, стробили, медузы. Зибольд произвел аналогичные наблюдения в отношении полипов, а Стенструп — в отношении глистов-сосальщиков. Все эти факты, будучи объединены с фактами, которые были известны под названием размножения почкованием, привели в 1815 г. Лейкарта к мысли о полиморфизме индивидов, разделяющих между собою жизненные функции и могущих существовать либо изолированно, либо соединенными в колонии, которые образуют более сложную индивидуальность.

ЗООЛОГИЯ. ЖОФФРУА СЕНТ-ИЛЕР. Кювье пользовался огромнейшим влиянием вплоть до своей смерти, т. е. до 1832 г. После него осталось множество учеников, которые ревностно защищали как во Франции, так и за ее пределами основные положения своего учителя: неизменяемость видов и различие планов природы при образовании различных живых существ. Знаменитейшим из них был швейцарец Агассис (1807—1873), профессорствовавший в Невшателе и с 1846 г. поселившийся в Соединенных штатах [2].

Но еще до смерти Кювье начали утверждаться противоположные взгляды. В 1818—1822 гг. Этьен Жоффруа Сент-Илер издал два тома «Анатомической философии» и «Человеческих уродов», где

---

[1] Половое поколение этих насекомых состоит из самцов и самок; оплодотворенные самки кладут яйца, из которых выходят только самки, в свою очередь производящие особей обоего пола.

[2] Знаменитый путешественник Агассис специализировался на изучении насекомых, моллюсков, рыб и иглокожих. Ему же наука обязана исследованиями о распространении ледников в древности, обновившими геологию четвертичного периода.

осуществил метод сравнения последовательных форм одного и того же существа с различными взрослыми особями других организмов. Пока эти идеи развивались им только в отношении позвоночных, Кювье не протестовал; но когда ученики Жоффруа Сент-Илера, а затем он сам попытались распространить их и на насекомых и показать единство плана последних с планом позвоночных, разгорелся знаменитый спор (1830), окончившийся в пользу Кювье, который обнаружил ошибочность некоторых деталей в воззрениях своего противника.

Однако восторжествовавшая еще на некоторое время доктрина Кювье все же должна была сделать некоторые уступки. Если даже считать план организации неизменным и заранее данным, то все же надо допустить, что степень сложности структуры по мере развития постепенно возрастает и что совершенство организмов достигается путем все большей и большей дифференциации тканей и органов. Подобные идеи развивал во Франции Анри Мильн-Эдварс, а в Германии — Эрнст фон-Бэр.

Изидор Жоффруа Сент-Илер (1805—1864), сын Этьена, заново обосновал и значительно расширил новую отрасль науки (тератологию), созданную его отцом.

В Германии идея единства плана природы вдохновила великого поэта Гете, который подверг глубокому исследованию растения. Научные идеи Гете были однако мало оценены его современниками. Для зоологии идеи Жоффруа Сент-Илера нашли убежденного адепта в Ратке (1793—1860), который настаивал на необходимости положить в основу сравнительной анатомии эмбриологические данные.

БОТАНИКА. ДЮТРОШЕ. БРОНЬЯР. Кроме создания целлюлярной теории, ботаника сделала большой шаг вперед в изучении функций органов. Открытие осмоса, произведенное Дютроше, позволило ему в 1826—1837 гг. установить точные соотношения между дыханием листьев и движением соков и устранить из объяснения этих явлений гипотезу жизненной силы. Он показал также, что выделение растениями теплоты вызывается исключительно химическими процессами, совершающимися в растениях. Он установил существование двух противоположных дыхательных процессов (ночное и дневное дыхание) — факт, служащий отправным пунктом всех подобных исследований, и для зеленых частей приписал эту двойственность воздействию света[1].

Адольф Теодор Броньяр (1801—1876), сын минералога Александра Броньяра (1770—1847), приобрел себе всемирную известность «Историей ископаемых растений» (1828—1847). В 1828 г. он получил главную премию Института за мемуар, заключавший в себе любопытную теорию оплодотворения, признанную впоследствии ошибочной. В 1831 г. им совместно с Амичи был составлен ценный мемуар о строении и функции листьев.

---

[1] В 1860 г. было установлено, что ночное дыхание Дютроше в действительности происходит и днем и ночью и что оно совершенно отлично от хлорофильного процесса, совершающегося только под воздействием света.

ГЕОЛОГИЯ. ДЮФРЕНУА. ЭЛИ ДЕ-БОМОН. ЧАРЛЬЗ ЛЯЙЕЛЬ. Во Франции в описываемый период был исполнен грандиозный геологический труд, а именно была составлена геологическая карта, потребовавшая 15-летней работы (1825—1840) двух крупнейших ученых.

Дюфренуа (1792—1857) был по преимуществу минералогом, а Эли де-Бомон (1798—1874) выдвинулся смелой теорией поднятия гор. К учению, первоначально развитому Леопольдом фон-Бухом, которого Эли де-Бомон почитал как учителя и чью теорию поднятия кратеров он энергично защищал, он присоединил нечто новое, именно понятие о сравнительном возрасте пластов. Наряду с всевозможными работами, замечательными своею точностью, отчетливостью и оригинальностью, он до конца своей жизни не хотел отказаться от мысли внести порядок и правильность в кажущийся хаос геологической картины. После многих усилий ему удалось создать свою пентагональную сеть, которая, хотя и не была принята учеными, но тем не менее свидетельствовала о редкой мощи ума своего автора.

В 1815 г. Вильямом Смитом (1769—1839) была издана геологическая карта Англии. Смит первый нашел возможным (1799) характеризовать пласты содержащимися в них ископаемыми. Описание парижского бассейна, начатое Кювье и Броньяром в 1811 г. и законченное в 1822 г., дало могучий толчок исследованиям этого рода. К классическим трудам Агассиса и Адольфа Броньяра, уже отмеченным нами, можно было бы прибавить дополнительный перечень. Все эти труды были сведены в 1846 г. Пикте. «Руководство палеонтологии» последнего долго сохраняло значение ценного справочного издания.

В 1833 г. Чарльз Ляйель в своих «Основаниях геологии», в противоположность учению Кювье о внезапных катаклизмах и последовательных актах творения, развил совершенно новые принципы, именно: что изменения, ареной которых была земная кора, производились непрерывным действием причин, продолжающих действовать и в наше время. Эти принципы, подкрепленные точными и обоснованными доводами, были тотчас же приняты английскими и немецкими геологами. Во Франции к этому мнению в описываемую эпоху примкнул только один Констан Прево.

Палеонтологи присоединились к учению Ляйеля не сразу, ибо им приходилось в этом случае допускать, что последовательные флоры и фауны происходят одни от других. В 1831 г. И. д'Омалий д'Аллуа высказал подобную мысль в форме гипотезы. В 1846 г. он подтвердил большую вероятность этой гипотезы. Однако, пока не были опубликованы работы Дарвина и теория эволюции не была доказана, эта мысль могла считаться лишь в большей или меньшей степени правдоподобной.

ФИЗИОЛОГИЯ, МЕДИЦИНА И ХИРУРГИЯ. Мы уже говорили о великом физиологическом открытии эпохи: установлении различия между чувствительными и двигательными нервами, произведенном Чарльзом Беллем и опубликованном в 1824 г. В том же году появились «Исследования» Флуранса (1794—1867) о роли различных нервных центров — работа, замечательная остроумием и смелостью

описанных в ней опытов. Высоко одаренный педагог, прекрасный стилист, сумевший сделать интересным изучение науки, широко образованный ученый, часто делавший успешные экскурсы в смежные со своей специальностью области, Флуранс пользовался огромным влиянием и подавал большие надежды уже с самого начала своего научного поприща.

Медицина далеко не сделала таких значительных шагов вперед, как прочие науки. Школа Бруссе, именовавшаяся «физиологической» и пытавшаяся воздействовать на ткани, боролась во Франции с «органиками», утверждавшими, что они лечат органы. За пределами Франции ученые искали новых путей. В частности в Вене медицинская наука в лице Пуркинье, Оппольцера и др. начала борьбу с парижской школой. Но одновременно с совершенствованием методов диагноза и прогноза приобрела популярность гомеопатия, что свидетельствовало о неуверенности терапии[1].

С 1828 г. врачи начали применять методы водолечения. Впервые это было сделано в специальном учреждении, основанном в Грефенберге силезским крестьянином Присницом (ум. в 1851 г.) и процветавшем лет 30, пока с Грефенбергом не стали конкурировать большие города.

В 1846 г. два бостонских врача, Джексон и Мортон, по указаниям американского дантиста Гораса Уэлса[2], впервые с успехом применили в качестве анестезирующего средства при хирургических операциях эфир. Введенный в употребление в Англии Гутри и Фергюсоном эфир проник вскоре благодаря Мельгеню и Вельпо во Францию. Опыты Флуранса вскоре привели к замене его хлороформом.

Применение анестезирующих средств быстро произвело переворот в хирургической практике, ибо дало возможность производить более длительные операции, сложность которых раньше отпугивала хирургов. Что касается упрощений, внесенных в этот период в способы лечений болезней, то они были разработаны главным образом школой Лисфранка (1790—1847).

ОБЩИЙ ХАРАКТЕР НАУЧНОГО ДВИЖЕНИЯ. Общие черты научного движения, картину которого, по необходимости неполную, мы попытались набросать, можно охарактеризовать как продолжение того подъема, который начался в предыдущий период. Наука перестала быть достоянием круга избранных: она широко распространилась, и ее промышленные приложения стали возбуждать всеобщий интерес. Паровая машина получала все большее и большее распространение. Улучшение средств сообщения и усложнение машинного оборудования промышленности предъявили повышенные требования к инженерам в отношении их научной подготовки. Внедрение электричества в свою очередь вызвало появление новых

[1] Изобретатель этой системы Самуил Ганнеман (1755—1843) сначала работал в Лейпциге. Вынужденный неоднократно менять свое место жительства, в 1820—1834 гг. он работал в Кеттене, а с 1835 г. поселился в Париже. Первые его опыты относятся к 1794 г. Главные же труды вышли в 1810—1811 гг.

[2] Уэлс пользовался для целей анестезии закисью азота.

специальностей. Рутина земледелия начала колебаться под влиянием созданной Либихом агрономической химии. Горная промышленность, использовавшая данные развития геологии, тоже поднялась на более высокий уровень. Одним словом, технический прогресс значительно ускорился.

Крепкая организация высшего образования, созданная во Франции революцией, проникла и в Германию, университеты которой прекрасно приспособились к ее дальнейшему развитию. Почва там была свежа, а отсутствие традиций, сковавших Францию, принесло самые счастливые результаты. Однако традиции начали создаваться и в Германии. В основывавшихся лабораториях ученики работали вместе с учителями, и для общих исследований создавались всевозможные ассоциации. В Англии Оксфорд и Кембридж некоторое время еще противились новым течениям. Чистая наука в Англии все еще составляла привилегию небольшого числа уединенных мыслителей, нередко пренебрегавших трудами континентальных ученых. Что же касается прикладных исследований, то технический прогресс привел к их демократизации и в Англии.

Другие нации относительно отстают, хотя Соединенные штаты и начинают выходить на научную арену. Франция, сохранившая в первую треть XIX столетия несомненное преобладание почти во всех областях, мало-помалу теряет свое передовое положение, хотя еще нельзя понять, происходит ли это вследствие действительного ее упадка или вследствие более быстрого прогресса соседних наций.

Тем не менее интеллектуальная республика, центром которой был Париж, не распадается: коллективные усилия постепенно освобождают научную мысль эпохи, и во Франции делается первая попытка формулировать общие черты этой мысли.

Прекрасным памятником общего состояния научных идей этого времени навсегда останется «Курс позитивной философии» («Cours de philosophie positive») Огюста Конта (1798—1857).

Рациональная классификация теоретических наук, данная Контом, точное изложение основ научного метода в различных формах последнего, глубина концепции закона трех стадий (теологической, метафизической и позитивной) не спасли, конечно, это капитальное произведение от того, чтобы оно не устарело. Наука пошла гигантскими шагами, но развитие ее показало, что Конт ошибался только в деталях. Положительный характер науки, ее стремление свести априорные концепции к их истинному значению подтвердили построение Конта.

Незначительность успеха, который имела позитивная философия во Франции, обусловливалась главным образом тем сектантским характером, который придал ей ее основатель. Этот сектантский характер явился результатом давления прежних традиций. Необходимо было какое-то обновление; к несчастью, последнего нужно было еще ждать.

VIII

РАЗВИТИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК В СЕРЕДИНЕ XIX СТОЛЕТИЯ

Проблема научного образования. Великая французская революция, как мы видели, повлекла за собой полную перестройку научного образования. Последнее решительно и вместе с тем весьма разумно было поставлено в связь с успехами теории и должно было все время считаться с важным значением, которое начали играть в общественной жизни приложения наук.

К середине XIX столетия новые успехи наук снова поставили вопрос о глубокой реформе. Но как революция 1848 г. оказалась недоноском, так и попытки перестройки системы образования, по крайней мере во Франции, привели к весьма сомнительным результатам.

Высшие области знания, оперируя абстракциями, могут оставаться длительное время живыми при одном условии — реализуемые ими успехи должны быстро переходить в область преподавания, ибо иначе между высшими и средними звеньями образовательной системы наступит разрыв. Средние звенья должны давать достаточные пополнения для высших. Отсюда — необходимость прогрессивно вводить все больше и больше материала для преподавания в эти средние звенья, причем материал этот должен даваться в весьма конденсированном виде, чтобы не удлинять значительно срока обучения.

Проблема усложняется еще более, если принять во внимание многочисленные и быстро растущие приложения науки, которые также должны находить себе достаточно полное освещение в процессе преподавания. Эти прикладные области часто связаны с весьма общими понятиями. Введение подобных практических знаний в средние звенья образовательной системы часто, однако, не оказывает большой помощи интеллектуальному развитию, приводя к бесполезной перегрузке памяти и формированию весьма превратных и неполных понятий.

Во Франции, благодаря централизации образования и единообразию программ, этот вопрос принял особенно острый характер. В Германии же и Англии большая свобода в деле построения высшего образования, большее разнообразие типов институтов привели к меньшим затруднениям.

Во Франции, в отличие от других стран, приходилось также считаться с тяжелым наследством славных традиций, восходящих к началу столетия.

Идейный конфликт разрешился в связи с известным «Планом обучения» 10 апреля 1852 г., с которым связано имя министра Фортуля. Последний ввел в лицеях, начиная с 4-го года, разделение на гуманитарные и естественно-научные классы, связанные с отдельными экзаменами. Эта система, принятая весьма благосклонно мало знакомыми с вопросом людьми и встретившая оппозицию университета, существовала около 15 лет, но принесла вреда на гораздо более длительный срок. Ошибка ее заключалась в усилении того интеллектуального разделения, которое с начала столетия было установлено между образованием чисто гуманитарным и естественно-научным, в то время как в средних звеньях системы образования необходимо давать интегральное развитие.

Программы были составлены необычайно плохо. Далекие от того, чтобы давать теоретические знания и содержа только их обрывки, они стремились развить прикладные знания, сравнительно легко усвоаемые, но мало пригодные для формирования умственных навыков, необходимых для научной работы.

Ответственность за эти программы падает на астронома Леверрье, общественное положение которого с 1850 г. позволяло ему оказывать большое влияние на деятельность Совета по народному образованию. Это влияние сказалось столь же опасным образом и на реорганизации преподавания в Политехнической школе, осуществленной решением Совета 6 июля 1850 г.

Приемная программа в эту школу утверждается во Франции военным министром без участия его сотоварища по министерству народного образования. Эта программа предъявляет более высокие образовательные требования для поступления (класс специальных вопросов математики) и поэтому влияет на уровень курса нормальной школы и факультета. Как рассадник ученых, Политехническая школа по численности и средней подготовке своих учащихся стояла в 1850 г. значительно выше других учебных заведений. Было бы, следовательно, крайне желательно, чтобы ошибочные взгляды Леверрье не одержали здесь столь полной победы.

Нужно сказать, что в Совете школы они встретили горячую и упорную оппозицию, история которой никогда не станет полностью известной [1], но которая, несмотря на противодействие правительства, удалившего из школы ее лучших профессоров и экзаменаторов (Шаля, Лиувилля, Каталана), все-таки восторжествовала к 1863 г.

Причиненное зло все же было весьма серьезно.

Если прибавить к этому, что правительство Второй империи вообще мало заботилось об удовлетворении нужд преподавания

---

[1] В протоколах заседаний ораторы обозначались буквами *A*, *B*, *C* и т. д. Поэтому невозможно проследить изменение мнений ряда ученых вроде Понсле, сначала увлеченного доводами Леверрье. До конца верным Леверрье остался только генерал Морен, директор Музея искусств и ремесл.

необходимыми средствами и заставляло провинциальные университеты вести весьма жалкое существование, то неудивительно, что за описываемый период Франция потеряла свое научное первенство.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. Этот относительный упадок Франции, как мы увидим ниже, не коснулся области химии и биологических наук. Наоборот, в этой сфере французы восстановили свою утраченную репутацию. Окончательно утратила свое первенство французская наука главным образом в области физики и в меньшей мере в математике. Если судить только по числу крупных ученых, то эти изменения покажутся даже мало заметными. Академия наук все еще блещет именами, и, например, математики, вступившие в нее с 1847 по 1870 г.[1], прославили себя трудами, ничуть не уступающими трудам своих старших собратьев. Однако количество математических исследований во всех странах вообще гигантски возросло, и число работников и изданий в этой области беспрестанно увеличивалось все дальше и дальше. Благодаря многочисленным специальным журналам только что достигнутые результаты сразу же делались достоянием гласности. Поэтому всякий математик был в курсе всего того, что делалось в его области[2]. Это принесло огромную пользу, так как дало возможность каждому математику вкладывать свои камни в здание, начатое другими. При таких условиях, конечно, уже не могло быть речи о резко очерченных школах и строго локализованных умственных центрах. Сильные индивидуальности выдвигались по-одиночке, и естественное сродство проявлялось вне зависимости от каких-либо национальных границ.

При крайней разбросанности математических трудов задача историка становится необычайно трудной. Невозможно войти в обсуждение бесчисленного множества специальных деталей, невозможно учесть и точного размера участия в общей работе каждого отдельного лица. Дальше будут отмечены вкратце только важнейшие достижения и указаны новые пути, открывшиеся исследователям.

ГЕОМЕТРИЯ. В 1864 г. Мишель Шаль приступил к публикации ряда бесчисленных применений своего метода характеристик[3] и своего принципа соответствия, получившего затем развитие в трудах многих других геометров.

В 1854 и 1860 гг. Христиан фон-Штаудт издал важные «Дополнения» к своей «Геометрии положения», которую он стремился

---

[1] В 1851 г. Мишель Шаль; в 1855 г. — Делоне (1816—1872); в 1856 г. — Эрмит и Жозеф Бертран; в 1860 г. — Серре (1819—1885); в 1862 г. — Оссиан Бонне (1819—1885) и в 1868 г. — Барре де-Сен-Венан (1797—1886).

[2] При таких условиях сделались невозможными факты, вроде тех, что Штейнер опубликовал результаты, добытые за шесть лет до него Кэйли и Сильвестром, а Мишель Шаль посвятил много труда исследованию вопроса, уже совершенно исчерпанного Штейнером.

[3] В системе конических, ограниченных только четырьмя условиями, Шаль называл характеристиками число μ конических, проходящих через точку, и число ν конических, касающихся прямой. С известными ограничениями число конических, удовлетворяющих пятому условию, будет $\alpha\mu + \beta\nu$, где α и β суть целые параметры, зависящие только от пятого условия.

сделать независимой от всякой метрики. Значение числа в геометрии он свел к чистому определению точки и, исходя из этих представлений, дал полное изображение мнимых в проективной геометрии.

В 1864 г. «Графическая статика» профессора Цюрихской политехнической школы Карла Кульмана положила начало приложению современной геометрии к исследованию таких вопросов, которые до этого были исключительной областью анализа. По важности задач, затрагиваемых ею, графостатика представляла собою такой же шаг вперед, какой сделал Монж, создав начертательную геометрию [1]. Эта последняя развивалась главным образом во Франции и направлена была — преимущественно благодаря работам Ла-Гурнери (1814—1883) — почти исключительно на изучение поверхностей и их кривизны. Вне Франции начертательная геометрия была обновлена введением методов проективной геометрии.

РИМАНН
1826—1866

Родившийся в Павии, итальянец Луиджи Кремона (1830—1903) в своем «Введении в геометрическую теорию плоских кривых» («Introduzione ad una teoria geometrica delle curve piane», 1863) создал теорию аффинности алгебраических кривых, начала которой были им впоследствии распространены на три измерения («Предварительные исследования в области геометрической теории поверхностей» — «Preliminari di una teoria geometrica delle superficie»).

Сменивший Лежена-Дирихле в 1859 г. в Геттингене, Фридрих Бернгард Риманн (1826—1866) значительно расширил область неевклидовых систем одним из своих первых мемуаров «О гипотезах, лежащих в основании геометрии» («Über die Hypothesen welche der Geometrie zu Grunde liegen»). Мемуар этот был составлен по просьбе Гаусса в 1854 г., но оставался неизданным вплоть до 1867 г. Идеи Римана, отчасти популяризованные Гельмгольцем в 1868 г., нашли себе подтверждение в классическом мемуаре Бельтрами «Опыт интерпретации неевклидовой геометрии» («Saggio di interpretazione delle geometria non-euclidea»). Понятие положительной, нулевой, или отрицательной кривизны пространства n-измерений и вывод возможности построения сферической или римановой геометрии трех измерений, в которой все прямые плоскости взаимно пересекались бы и где расстояние между двумя точками не превосходило бы определенного максимума, не могло не вызвать живейшего интереса. Однако в скором времени Феликсу Клейну предстояло произвести еще более парадоксальные исследования.

---

[1] Во Франции капитальнейшим исследованием по этому вопросу явилась «Графическая статика» Мориса Леви, изданная в 1874 г.

В области аналитической геометрии первое место занимали исследования Гессе, который, став в 1856 г. профессором в Гейдельберге, опубликовал в 1861 г. свои «Лекции», трактовавшие вопросы геометрии трех измерений и проблемы поверхностей второго порядка. Около этого же времени им была развита оригинальная система соответствия между каждой точкой на плоскости и парой точек на прямой. За Гессе последовал Плюкер, снова вернувшийся к чистой математике. Он построил «Новую геометрию пространства, принимая прямую линию за элемент пространства» (заглавие его посмертного труда, изданного в 1868 г.). Иными словами, на введенных им понятиях он построил комплексы и конгруэнты прямой.

Уроженец Кенигсберга, Клебш (1833—1872), бывший профессором в Цюрихе с 1858 г., в Гессене — с 1863 г. и в Геттингене — с 1868 г., приобрел себе особенно большую известность применением абелевых функций к общей теории кривых и поверхностей и исследованиями относительно отображения одной поверхности на другой. Кроме этого ему принадлежит формулировка нескольких принципов, важных для классификации алгебраических кривых. «Лекции по геометрии» («Vorlesungen über Geometrie») Клебша сделались вскоре классическим сочинением.

АЛГЕБРА И АНАЛИЗ. Первым трудом, на котором сказалось влияние идей Грассмана, была книга Германа Ганкеля (1839—1873) «О комплексных числах», вышедшая в 1867 г. Несмотря на свои большие достоинства, книга эта встретила гораздо менее радушный прием, чем замечательная посмертная работа того же автора по истории математики в древности и средние века, вышедшая в 1874 г.

В 1864 г. американский математик Бенджамин Пирс (1809—1880) начал изложение своих взглядов на линейную ассоциативную алгебру, обнимающую собою до 162 различных алгебраических систем. В 1858 г. Кэйли обобщил понятие матриц, предложенное Гамильтоном и впоследствии широко развитое Сильвестром и др.

Артур Кэйли, родившийся в Ричмонде, и Джемс Джозеф Сильвестр, родившийся в Лондоне в 1814 г., являлись крупнейшими английскими математиками XIX столетия, оставившими след во всех разветвлениях своей науки. Достаточно вспомнить их блестящие открытия относительно прямых линий на поверхностях третьего порядка, сделанные в 1849—1851 гг., а равно и осуществленное Кэйли приложение плюкеровских уравнений к исследованию алгебраических кривых. Но не в этих работах лежал центр тяжести интересов Кэйли и Сильвестра. Оба они были прежде всего алгебраистами, и главная их заслуга заключалась в том, что они обосновали новую отрасль науки — теорию инвариантов[1]. Настоящим творцом последней следует считать, собственно говоря, именно Кэйли. Он заложил ее основы в своих первых мемуарах, печатавшихся

[1] Теория детерминантов, начало которой восходит к Коши, стала к этому времени вводиться уже в курс средней школы. Классические труды Сполтисвуда (1851), Бриошн (1854) и Бальцера (1857) относятся как раз к описываемой эпохе.

в «Кембриджском математическом журнале» («Cambridge Mathematical Journal»), начиная с 1845 г. Однако зародыши соответствующих идей существовали уже в работах Лагранжа и Гаусса, равно как и в исследованиях Джорджа Буля (1815—1864), одного из своеобразнейших мыслителей, получившего известность главным образом благодаря своим исследованиям по символике обозначений и приложением последних к логике. Что же касается Сильвестра, то ему принадлежит честь дальнейшей систематизации новой теории. Именно ему математика обязана большинством технических терминов новой теории, включая и самое слово инвариант.

В теории уравнений следует отметить трансцендентное решение уравнений пятой степени посредством эллиптических функций, предложенное в 1853 г. Эрмитом.

Исследования сходимости рядов приобрели особенное значение с тех пор, как Коши и Абель обнаружили общий недостаток строгости в выводах и доказательствах при употреблении рядов, характерный для XVIII столетия. Логарифмические признаки сходимости, долго считавшиеся решающими (хотя они и не оправдываются в отношении некоторых сходящихся рядов и поэтому должны все же считаться частными), были установлены Жозефом Бертраном. Первый действительно общий признак, основанный на отношении двух рядом стоящих членов, был установлен Куммером (1810—1893). Впоследствии в выражения Куммера были внесены поправки, но основы его сохранились.

Дирихле наука обязана первым строгим доказательством, относящимся к выражению непрерывной функции с помощью тригонометрического ряда Фурье. Он полагал однако возможным представить в таком виде любую непрерывную функцию. В капитальном мемуаре, посвященном исследованию функций, изображаемых тригонометрическим рядом, Риман показал невозможность этого. В том же мемуаре Риманом были указаны необходимые и достаточные условия того, чтобы функция допускала интегрирование, и выяснено, что иногда непрерывная функция может и не иметь производной.

Интегрирование линейных дифференциальных уравнений вступило на новый путь благодаря мемуарам, опубликованным в 1865 и 1868 гг. Лазарем Фуксом (1833—1902).

Теория эллиптических функций сделала важные шаги вперед, из которых следует отметить введение неоднородных функций, предложенных Эрмитом в 1858 г. Исследования абелевых функций и в частности их объединение с тета-функциями, обобщенными Якоби, были значительно продвинуты Розенгаймом (1816—1887), Борхардтом (1817—1880) и Риманном. Этот последний также сделал интересную попытку обоснования на новом принципе (которому он дал название принципа Дирихле) общей теории функций комплексного переменного, а для изучения различных форм прерывности изобрел знаменитые поверхности, образуемые различными, хотя и совпадающими плоскостями, так называемые римановы поверхности.

В области теории чисел отметим лишь труды Стифена Смита (1826—1883), Куммера (1810—1893), который ввел понятие *идеальных чисел*, и Дедекинда (1831—1916), которому удалось эти последние устранить [1].

МЕХАНИКА И АСТРОНОМИЯ. Так как построение рациональных основ механики было уже закончено, то деятельность ученых направилась на разработку различных ее приложений. В 1852 г. Ламэ (1795—1870) опубликовал свою «Математическую теорию упругости», в которой проявил не меньшее аналитическое искусство, чем в своих прежних работах по теории теплоты. Барре де-Сен-Венан открыл истинные законы сгибания и кручения. Вся жизнь его была посвящена разрешению проблемы установления гармонии между математической теорией и опытом.

Особенно глубокую разработку получила теория движения Луны. В 1853 г. Джон Кауч Адамс установил, что ускорение среднего движения этого светила, согласно объяснению, данному Лапласом, составляет лишь половину наблюдаемого ускорения. Делоне приписал эту разницу результатам действия приливного трения. На этой основе он попытался переработать вычисление лунных уравнений, вводя в него ряд поправок.

Невозможность иного строения колец Сатурна, кроме как в виде самостоятельных, не связанных друг с другом частиц, была доказана Пирсом и Максвеллом. — Космогонические теории, начало которым, если не считать более ранних предшественников, положили Кант и Лаплас, нашли своего продолжателя в описываемый период в лице французского астронома Фая (1814—1902). Главная работа его «О происхождении мира» («Sur l'origine du monde» [2]) вышла в 70-х годах. Поэтому о ней речь пойдет в следующей главе.

Что касается наблюдательной астрономии, то период с 1847 по 1870 гг. особенно замечателен открытиями множества мелких планет, находящихся между Марсом и Юпитером. Эти открытия существенно дополнили открытия 1801—1807 гг. Тогда были открыты четыре планеты. Пятая была замечена Генке в декабре 1845 г. Через два года было найдено еще три. В 1870 г. их было известно уже 112. В среднем в описываемый период ежегодно открывалось четыре или пять планет.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ. Выше мы видели, какими быстрыми темпами развивалась физика в первой половине XIX столетия. Эти успехи завершились большой синтетической теорией. Старинные, но довольно неопределенные воззрения философов-механистов, согласно которым все явления природы могут быть сведены к механическому движению, могли теперь облечься в матема-

[1] Теория чисел вообще привлекала к себе такое незначительное количество математиков, что мы упомянем здесь о единственном исключении из этого правила. В 1882 г. Академия наук предложила премию за решение задачи, как представить число в виде суммы пяти квадратов. Эта задача была решена в мемуаре напечатанном Смитом в 1868 г. в «Proceedings of the Royal Society».

[2] Имеется русский перевод в изд. Губинского. *(Прим. ред.)*

тическую форму. Решающую роль здесь сыграло установление принципа сохранения силы, как выражался Гельмгольц, придававший этому слову то же самое значение, что и Декарт, или сохранения энергии, как говорят теперь. Принцип сохранения энергии казался независимым ни от каких гипотез относительно фигур и свойств элементов материи. Сразу исчезли все невесомые специфические жидкости, изобретавшиеся до сих пор в целях объяснения тепловых, электрических или магнитных явлений. В то же время открылась возможность понять превращаемость этих явлений друг в друга или возникновение их из механического движения, при условии строгой эквивалентности. — Этот синтез был великим завоеванием XIX столетия. С самого момента возникновения идеи превращаемости различных форм энергии все усилия направились на ее разработку. Вследствие этого произошло некоторое замедление в специальных, частных исследованиях. Впрочем это было естественно, так как только что завоеванная территория нуждалась в укреплении как путем постановки специальных опытов, освещающих характер новой теории, так и путем осуществления более точных измерений, придающих теории более строгий характер. Приложения теории поэтому росли необычайно быстро. Что же касается новых важных открытий, то они были немногочисленны. Из последних следует в первую голову указать на спектральный анализ.

Сводя свои проблемы к проблемам общей механики, физика принимала все более и более математический характер. Но для этого ей пришлось создать новые гипотезы относительно строения материи и природы сил, воздействующих на ее элементы. В этом и заключались главные черты эволюции физики в описываемый период.

Что касается химии, то последняя с все большим и большим успехом шла по открывшемуся перед нею пути. Открытия, совершенные в ней, по своей важности с успехом могут соперничать с открытиями, сделанными предыдущим поколением. Теоретические принципы, обобщавшие эти открытия, приняли гораздо более точный характер, и для этой науки в свою очередь наступила пора для широкого позитивного синтеза.

ПРИНЦИП СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ. ГЕЛЬМГОЛЬЦ. КЛАУЗИУС. Рациональная механика уже давно установила, что в идеальных материальных системах, рассматриваемых ею, работа внешних и внутренних сил равна изменению половины живой силы. Практически считалось, что никакое внешнее механическое воздействие не может совершаться без невозместимой потери работы, которую приписывали так называемым пассивным сопротивлениям (внутренним силам) и которую считали более или менее соответствующей наблюдаемым окончательным деформациям.

Открытие механического эквивалента теплоты показало, что работа, которую считали потерянной, в значительной части соответствует приращению половины живой силы (энергии), сообщенному мельчайшим материальным частицам, движение которых не может быть измерено непосредственным образом, но которое делается

заметным для наших чувств в другой форме, именно — в форме теплоты. Соответствующая энергия, следовательно, совершенно не исчезает, ибо теплота в свою очередь может быть превращена в механическую работу.

Более того, деформация под действием внутренних сил не могла уже считаться потерянной энергией. Когда, например, тяжелое тело поднимают на известную высоту, то при этом совершается работа, и если в начальном и конечном состоянии тело остается в покое, то живая сила его не изменяется. Однако при падении с той высоты, на которую оно было поднято, тело способно совершить работу, равную той, которая была затрачена на его поднятие.

Рассмотрим с этой точки зрения систему материальных тел, в которой можно пренебречь действием внешних сил. На основе теории рациональной механики можно сказать, что энергия этой системы остается постоянной и может быт разложена на две компоненты: кинетическую (или актуальную) энергию (половина живой силы, соответствующая как местным движениям частей или всей системы, так и движениям звуковым, тепловым, световым, электрическим, магнитным и т. д.) и энергию потенциальную (или виртуальную), соответствующую положению каждого из элементов тела. Если при этом внутренние или внешние силы (а в данном случае физика рассматривает именно их) таковы, что виртуальная энергия зависит исключительно от положения элементов, то в конце концов оказывается возможным исключить эти силы из рассмотрения и сказать, что энергия материальной системы может изменяться только за счет заимствований или уступок соседним системам.

Таков смысл, который следует придавать известному принципу сохранения энергии. Однако нужно отметить явную тенденцию многих физиков придать ему гораздо более специальный смысл. Особенно ярко эта тенденция в описываемый период проявилась в книге Секки «Единство физических сил» («Unita delle forze fisiche»), не оказавшей однако значительного влияния.

Утверждение общего принципа, из которого исключено понятие силы, должно было повлечь за собою либо полное упразднение этого понятия, либо по крайней мере такую интерпретацию последнего, согласно которой оно было бы производным. Сила как явление должна представлять собою следствие, а не причину движения. В таком случае необходимо найти механическое объяснение всем силам природы, действующим на расстоянии, и прежде всего всемирному тяготению. Для этого необходимо постулировать существование среды, обладающей свойствами превращать одну форму движения в другую. Потенциальная энергия не должна уже в таком случае принципиально отличаться от энергии кинетической. Она должна реально передаваться среде, потому что возможными с физической точки зрения являются лишь силы соприкосновения, дающие начало взаимно уничтожающимся работам [1].

---

[1] Вся эта концепция берет свое начало из натурфилософии Декарта. Именно Декарт явился первым мыслителем, пытавшимся осуществить строго *кинетические*

Таковы были математические рамки, диктуемые физикам законами механики, когда в 1849 г. Гельмгольц (1811—1894) приступил к систематическому объединению и пропаганде идей, выработанных в предыдущем столетии. Этот знаменитый ученый, родившийся в Потсдаме, до 1848 г. был военным врачом, затем преподавал физиологию в Кенигсберге, Бонне и Гейдельберге, после чего занял кафедру физики в Берлинском университете (1871). Сильный математик, гениальный экспериментатор, глубокий мыслитель и остроумный популяризатор, он оставил значительный след в самых разнообразных областях знания. Особенно замечательны его акустические работы, в которых он дал блестящее объяснение звукового тембра посредством наслоений и относительной напряженности основного тона и его гармонических тонов (унтер- и обертонов). Это объяснение изложено в замечательной работе Гельмгольца «Учение о слуховых восприятиях» («Lehre von der Tonempfindungen», 1862).

КЛАУЗИУС
1822—1888

Что касается собственно механической теории теплоты, то основания ее были начертаны Джоулем и Майером, а само здание начал воздвигать немецкий ученый Р. Клаузиус (1822—1888) в ряде мемуаров, печатавшихся начиная с 1848 по 1862 г. и «Летописях» («Annalen») Поггендорфа и составивших в 1864 г. сочинение, сделавшееся классическим[1]. Клаузиус заново нашел забытые и неопубликованные законы Сади Карно и присоединил к ним новое учение об энтропии. Согласно этому учению, мировая система эволюционирует к более равномерному распределению теплоты и уменьшению местных движений. Наконец, Клаузиусу следует приписать честь первого обоснования кинетической теории газов, которая считает газы состоящими из частиц, обладающих очень быстрыми движениями и постоянно сталкивающихся одна с другой. Он показал, что эта гипотеза может быть формулирована таким образом, что из нее математически последуют основные законы Мариотта и Гей-Люссака.

представления о физических процессах. Позиции Декарта разделялись в VII столетии Гюйгенсом и Лейбницем, в XVIII — Эйлером и Бернулли, а в начале XIX — Лесажем. Однако они были вытеснены *динамическими* воззрениями, берущими свое начало из ложно истолкованного ньютонианства. Теории, признающие возможность действия на расстоянии, гипотезы невесомых жидкостей и т. д. тесно связаны с этими последними воззрениями. Закон сохранения энергии дал новые стимулы для попыток построения кинетического мировоззрения. Наиболее яркими представителями последнего во второй половине XIX столетия явились Герц, Больцман, Томсон (лорд Кельвин) и др. *(Прим. ред.)*

[1] Наиболее существенные отрывки из мемуаров Клаузиуса опубликованы по-русски в книге «Второе начало термодинамики», ГТТИ, 1934. *(Прим. ред.)*

Особенно важное значение работы Клаузиуса по кинетической теории газов получили потому, что в них были заложены первые основы совершенно нового метода физики, именно *статистического* метода, получившего впоследствии огромное развитие в трудах Максвелла, Больцмана и Гиббса. Раньше, до Клаузиуса, физики привлекали теорию вероятностей только для критики результатов наблюдений («Теория ошибок» Гаусса). Теперь же они стали пользоваться ею при описании самого физического механизма тепловых явлений, подходя к молекулярному движению статистически.

КЕЛЬВИН
1824—1907

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. ПОДВОДНЫЙ ТЕЛЕГРАФ. ВИЛЬЯМ ТОМСОН. МАКСВЕЛЛ. После Рэнкина распространению в Англии новых идей и широкому их освещению больше всех способствовал Вильям Томсон (1824—1907), впоследствии лорд Кельвин. В 1851 г. он, совершенно независимо от Сади Карно и Клаузиуса пришел к аналогичным с ними взглядам на теплоту и дал ряд интересных работ в этой области. Однако в описываемый период он особенно интересовался успехами электричества. Телеграфное дело тогда усиленно развивалось. Уже начинали подумывать о том, чтобы перебросить по дну Атлантического океана кабель и установить сообщение между Старым и Новым светом. Это предприятие, ныне ставшее обыденным, удалось после нескольких неудачных попыток лишь в 1866 г. Быть может, это было одним из наиболее чудесных свидетельств XIX столетия о могуществе человеческой техники. Вильям Томсон изобрел ряд остроумнейших аппаратов для отправки и приема телеграфных сигналов, а также множество точных и тонких инструментов, сделавших возможными измерения, необходимые для дальнейшего развития науки. Искусный математик, он, с другой стороны, значительно усовершенствовал аппарат теоретической физики. Теория обязана ему множеством смелых и остроумных объяснений ряда электрических явлений. Хотя большинство концепций Томсона и не сохранилось в науке, так как попытки его свести электромагнитные явления к механическим процессам в эфире, как это показало дальнейшее развитие физики, исходили из неверных представлений, однако в эпоху, когда жил Томсон, они пользовались большим успехом и, так сказать, «отвечали духу времени».

Но наиболее важным событием физики описываемого периода, событием, далеко не оцененным современниками, было создание электромагнитной теории света Максвеллом.

Максвелл (1831—1879) придал идеям Фарадея математическое выражение и на этом построил свою электромагнитную теорию. По-

казав огромную роль, которую играет в электрических явлениях изолирующая среда, он отождествил процесс распространения света с явлениями индукции, быстро сменяющейся и распространяющейся в различных средах по одному и тому же математическому закону.

Максвелл полагал, что наличие магнитных и электрических сил связано с какими-то механическими процессами, происходящими в эфире. Вполне в духе взглядов Фарадея, он считал невозможным действие на расстоянии и пытался свести его к близкодействию.

Однако ни ему самому, ни другим последующим исследователям не удалось выяснить форму и характер тех механических процессов в эфире, которые соответствуют возникновению в нем электрических и магнитных сил. В конце концов была поставлена под большое сомнение самая возможность механической интерпретации уравнений Максвелла.

МАКСВЕЛЛ
1831—1879

Теория Максвелла, в основе которой лежит утверждение, что свет есть распространяющееся в пространстве электромагнитное возмущение, показалась физикам крайне недостаточно обоснованной и малопонятной. Поэтому долгое время к ней примыкала только крайне небольшая группа ученых, из которых в первую голову следует назвать Больцмана. Только работы Герца изменили это отношение ученых к теории гениального английского физика. Но об этих работах, давших блестящее экспериментальное подтверждение новым взглядам, речь пойдет в следующей главе.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ. КИРХГОФ И БУНЗЕН. СКОРОСТЬ СВЕТА. ФИЗО И ФУКО. Спектральный анализ, которому предстояло совершить целую революцию в физике, химии и астрономии, был создан совместными трудами физика Кирхгофа (1824—1887) и химика Бунзена (1811—1899), знаменитого, кроме того, другими работами и в частности изобретением гальванического элемента, носящего его имя.

В ряде исследований как экспериментальных, так и теоретических, произведенных им в период с 1857 по 1860 г., Бунзен сделал из предвиденного еще Брьюстером и Ангстремом факта совпадения темных линий солнечного спектра (так называемых фраунгоферовых линий) и светлых линий металлических паров все наиболее существенные выводы. Согласно теории Кирхгофа, темные линии спектра происходят от поглощения парами, находящимися в солнечной атмосфере, некоторых лучей, испускаемых жидкой массой светила. Если пары какого-либо вещества сами становятся источниками света (например, если ввести в пламя хотя бы самое ничтожное количество этого вещества), то они дают характерную яркую линию в точности

совпадающую с темной линией, которую дают те же пары в охлажденном состоянии. Можно, следовательно, делать вывод о присутствии в солнечной атмосфере паров всех тел, спектры которых, изученные на нашей Земле, дают яркие линии, тождественные с теми или иными из фраунгоферовых линий.

Но спектральный анализ оказал сразу же услуги не только в деле распознавания на Солнце или звездах веществ, встречающихся у нас на Земле, т. е. в деле подтверждения мысли о единстве материального состава вселенной. В руках химика он явился новым и драгоценным приемом исследования, так как дал возможность по характерным линиям спектра установить присутствие какого-либо вещества, когда оно имеется в соединении в слишком ничтожном количестве, чтобы его можно было обнаружить химическими методами, даже самыми чувствительными. Наконец спектральный анализ дал возможность выделить металлы, дающие светлые линии, которые нельзя приписать ни одному из известных веществ. Этим был открыт новый путь к отысканию еще неизвестных простых тел. Эту-то сторону метода Кирхгофа и осветил широко Бунзен, немедленно использовав его практически и открыв в 1862 г. цезий и рубидий.

С тех пор изучение спектров приобрело капитальную важность. Появилась масса работ по этому и смежным вопросам. Изучение спектров и их закономерностей позволило физикам поставить впоследствии вопрос о механизме излучения и затем вопрос о структуре атома. Однако проблема механизма излучения была поставлена только в конце XIX и начале XX столетий, а учение о структуре материи целиком и полностью составляет продукт умственной деятельности XX столетия.

Кроме работ по спектральному анализу, следует упомянуть еще о ценных работах Стокса и Беккереля по флуоресценции и фосфоресценции.

В нашем обзоре успехов науки за этот период мы только сейчас назвали первое французское имя. Школа французских физиков безусловно была в этот период более отсталой, чем физическая мысль других стран. Знаменитые ученые, составившие славу Франции в прошедший период, исчезали один за другим. Оставшиеся, за старостью, уже не могли руководить французской научной мыслью. В то же время ранняя смерть не дала проявиться лучшим талантам следующего поколения: Вертгейму, Сенармону и Верде. Два последних были несравненными преподавателями.

Впрочем на родине Френеля продолжала успешно разрабатываться оптика. В частности, блестящие эксперименты позволили непосредственно измерить скорость света на Земле. С этими измерениями тесно связаны два имени: Физо (1829—1896) и Фуко (1819—1868). Совместно участвуя во многих исследованиях, они построили для измерения скорости света два различных аппарата. Аппарат Физо, предшествовавший по времени, был несколько менее точен, чем аппарат Фуко. Что же касается последнего, то точность его была такова, что позволила оперировать в обыкновенной комнате над лучом длиной всего в несколько метров.

Профессор медицинского факультета, Физо начал свои исследования с проблем дагерротипии. Последовавшие затем исследования по интерференции и поляризации света, произведенные им, получили огромное значение. Физо воспользовался первым из этих явлений для в высшей степени точных микрометрических измерений. В одном из своих мемуаров, мало обративших на себя внимания, но содержавших уже в себе все наиболее существенные принципиальные основы нового метода, он доказал опытным путем, что перемещение источника звуковых колебаний относительно слушателя влияет на высоту слышимых звуков и что равным образом движение светящегося тела, если оно достаточно быстро, изменяет длину световой волны. Будучи принят в расчет, этот факт позволил изучить движения небесных тел путем анализа излучаемого ими света.

Фуко был студентом-медиком, когда пристрастился к дагерротипии и благодаря этому сошелся с Физо. Состоя долгое время простым препаратором при факультете, он уже пользовался известностью, когда получил приглашение на должность физика при обсерватории. Его аппарат для измерения скорости света дал ему возможность производить сравнительные измерения в воздухе и воде. Показав, что свет распространяется в воздухе быстрее, чем в воде, он окончательно решил спор, непрестанно возобновлявшийся между сторонниками волновой и эмиссионной теорий света, в пользу первых.

Не меньшую славу Фуко заслужил прямым доказательством вращения Земли. Это доказательство он дал посредством опыта, сперва произведенного в погребе, а затем повторенного в Пантеоне. Опыт Фуко был очень прост: исследователь взял маятник, касающийся пола острием, и сообщил ему движение; плоскость качания этого маятника перемещалась относительно пола под влиянием суточного вращения. Парадоксальный *жироскоп* Фуко, позволяющий определить меридиан места без всяких астрономических наблюдений, также доказал, что французский ученый гениально умел выводить из законов механики самые неожиданные следствия. Что касается таланта его в сооружении приборов, которому он дал столько доказательств, то несколько позже он применил его к изготовлению телескопических зеркал и больших чечевиц для телескопов, отличавшихся неподражаемо совершенными качествами.

Однако, несмотря на всю свою одаренность, самоучка-исследователь, гениальный постановщик опытов, Фуко не был в состоянии стать главою научной школы.

После работ Френеля, Физо и Фуко волновая теория света получила необычайно крепкую базу. Однако и раньше она уже могла гордиться успехами, так как на основе ее путем теоретических вычислений было открыто совершенно новое и замечательное свойство света, которое получило название конической рефракции. Поставив перед собой задачу вычисления на основе волновой теории поведения светового луча в двухосных кристаллах, Гамильтон пришел к выводам, что распространение света в этих кристаллах должно характеризоваться рядом особых свойств, не наблюдавшихся дотоле на опыте. Опытная проверка, которой подверг выводы Гамильтона Ллойд,

при точном соблюдении условий, требуемых теорией, вполне подтвердила все теоретические выводы Гамильтона и явилась не менее блестящим событием в истории физики, чем открытие Нептуна на основе вычислений Леверрье в истории астрономии.

Теоретическое предсказание явления конической рефракции и опыты Фуко окончательно убедили физиков в истинности волновой гипотезы. Действительно, к 70-м годам она представляла собой весьма стройное здание. Объясняя все явления и даже предсказывая новые, она казалась неуязвимой ни с какой стороны. В справедливости основ теории — существовании упругого эфира и его колебаний — тоже никто не сомневался.

Однако и в этой стройной теории уже намечались кое-какие теневые стороны. Мы упоминали выше об открытии Фарадеем явления магнитного вращения плоскости поляризации. В 1869 г. Маи открыл другое своеобразное явление, именно: увеличение электропроводности селена под влиянием света. Оба этих открытия показывали, что между явлениями световыми, с одной стороны, и явлениями электромагнитными, с другой, существует какая-то связь. Именно эта связь и привела Максвелла к созданию электромагнитной теории света. Однако, как мы указали уже выше, теория Максвелла долгое время оставалась незамеченной. Что же касается явлений, свидетельствовавших о связи электромагнетизма и света, то их рассматривали как какие-то курьезы и им не придавали большого значения, хотя они и не укладывались в представлении о свете как о колебаниях упругого эфира.

ХИМИЯ. ДЮМА. СЕНТ-КЛЕР ДЕВИЛЛЬ. ВЮРЦ. БЕРТЛО. ПАСТЕР. Потеряв первенство в области физики и математики, Франция успешно продвигалась вперед в области химии. В этой науке она еще никогда не насчитывала столь большой плеяды крупных ученых. В Нормальной школе работали Анри Сент-Клер Девилль (1818—1881) и Пастер (1822—1895), в медицинской школе — Вюрц (1817—1884) и в Collège de France Бертло (1827—1907). Особенно замечательно то, что каждый из этих ученых был главою школы и вдохновлял своих учеников своими собственными оригинальными идеями. Поле для гипотез, не получивших еще окончательного подтверждения, но могущих служить полезной руководящей нитью для исследователя, было достаточно широко, чтобы различные системы могли оспаривать друг у друга права на преобладание.

Жан Батист Дюма (1800—1884), грандиозное учение которого породило все эти различные школы, остался в стороне, сохранив за собой кафедру в Сорбонне. Политика отнимала у него большую часть времени, и он не был уже вождем научного движения.

Сент-Клер Девилль отдался главным образом неорганической химии. Он нашел ряд способов добывания в больших количествах элементарных веществ, до этого времени получавшихся лишь в нечистых зернах. Ему удалось получить слитки алюминия и магния, кристаллы бора и кремния. Промышленная фабрикация алюминия, таким образом, обязана своим началом именно Сент-Клер Девиллю.

Он же изобрел новые приемы анализа, воспроизвел множество кристаллических пород и измерил плотность паров при температурах, ранее считавшихся недостижимыми. Свою преподавательскую деятельность он посвятил главным образом разрушению доктрины сродства, освященной авторитетом Берцелиуса и основанной на предположении какой-то таинственной силы, проявляющейся лишь при соприкосновении тел и тогда развивающей вокруг всю свою энергию. Перенеся в область химии принцип сохранения энергии, восторжествовавший уже в физике, он первый показал, как должен быть применен этот принцип для решения различных проблем химии. Им была выяснена роль теплоты в химических реакциях и доказано существование химических равновесий, определяемых физическими условиями температуры и давления. Наконец он открыл явление диссоциации и формулировал его законы, подобные тем, которые управляют изменениями физического состояния тела.

Вюрц же был бесспорно наиболее крупным работником в области органической химии. В 1849 г. он открыл сложные аммиачные соединения, явившиеся блестящим подтверждением учения о типах. В 1856 г., через два года после того, как Бертло установил, что глицерин есть трехатомный спирт, Вюрц открыл гликоль, простейший из двухатомных спиртов. Это открытие послужило отправным пунктом для целого ряда исследований как во Франции, так и за ее пределами. Упомянем о многочисленных работах Кагура (1813—1891) над ароматическим рядом; об органо-металлических соединениях Гофмана (1818—1892), творца индустрии красящих веществ[1], добываемых из каменноугольного дегтя; Вильямсона (1824—1904), открывшего сложные эфиры; его соотечественника Франкланда (1825—1899), работавшего над вопросом о составе спиртов и их производных[2], и др.

Вюрц ревностно занимался пропагандой атомной теории и учения о различной валентности элементов. Он много уделял внимания также разработке системы обозначений, позволяющей наглядно изображать сложный состав органических соединений. Всю свою жизнь он ратовал за упразднение школьного способа эквивалентных обозначений, сохранявшихся в силу рутины чуть ли не до конца XIX столетия. Атомная теория обозначает символом каждого элемента массу его, которая в газообразном состоянии занимала бы такой же объем, как и определенная масса водорода, принятая за эталон. Следова-

[1] Гофман родился в Гессене, был учеником Либиха. Профессуру получил в Лондоне. В 1862 г. переехал в Берлин, где организовал великолепную лабораторию и основал Германское химическое общество. Вместе с Кагуром участвовал в открытии ряда ненасыщенных спиртов и исследованиях фосфорных оснований.

[2] В 1868 г. в сотрудничестве с Локьером Франкланд исследовал солнечный спектр. Некоторые из линий этого спектра нельзя было приписать никакому существующему на земле элементу. Франкланд и Локьер совершенно правильно заключили, что они принадлежат какому-то еще не открытому элементу, который был назван ими гелием. Только в самом конце XIX столетия гелий был обнаружен и на земле. *(Прим. ред.)*

тельно, атомная система обозначений принципиально показывала состав тел в некоторых объемах. Сопротивление, встреченное атомной теорией, обусловливалось рискованным характером некоторых предположений Дальтона. Эти предположения служили причиной частых споров между Вюрцем и Сент-Клер Девиллем и оказали огромную услугу научному прогрессу.

Долгое время состоя в Collège de France простым препаратором у Балара, Бертло в 1859 г. занял кафедру органической химии в Высшей фармацевтической школе. В 1864 г. для него была уже утверждена специальная кафедра в Collège de France. К этому времени Бертло были уже закончены имевшие большое значение труды по синтезу органических соединений, окончательно изгнавшие из химии понятие о жизненной силе, будто бы необходимо участвующей в образовании этих соединений.

БЕРТЛО
1827—1907

Синтез алкоголя и элементов жирных кислот относился к 1854 г. Через несколько лет, воспользовавшись вольтовой дугой, Бертло произвел синтез ацетилена, который в свою очередь открыл возможность синтеза множества других органических соединений.

В 1856 г., читая в Collège de France, Бертло изложил и издал свои первые «Лекции по термохимии». Таким образом, он заложил те основы, на которых должна была перестроиться химия в связи с обновлением физики. Если выделение или поглощение теплоты при химических реакциях уже давно побуждало к измерениям [1], если принцип превращения энергии все более и более властно вторгался в науку, то задача, принятая на себя Бертло, была тем труднее. Требовалось ни больше, ни меньше, как определить законы, которые позволили бы наверняка предсказать ход возможных реакций. Формулировка этих законов, а равно и численные определения, необходимые для их приложения, могли быть получены лишь в результате длинного ряда точных опытов, ибо теоретическая концепция, ведшая к этим исследованиям, не давала решительно никаких указаний относительно результатов даже в самой общей форме.

Но дело свое французскому ученому предстояло закончить лишь в следующем периоде, который мы сейчас рассматривать не будем. Совершенно аналогично нам придется прервать на самом интересном месте и изложение работ Пастера, блестящая деятельность которого достигла своего апогея также только в следующем периоде.

Научная карьера Пастера началась весьма замечательной работой по вопросу, входящему в сферу компетенции физики и в свое время

[1] Уже Лаплас и Лавуазье занимались подобными измерениями.

привлекшему внимание Митчерлиха: почему соль виннокаменной кислоты не оказывает никакого влияния на поляризованный свет. Пастер показал, что соль эта в действительности состоит из двух солей, которые могут быть отделены друг от друга, так как обладают противоположной дисимметрией и поэтому оказывают противоположные действия на плоскость поляризации света. Поставленный в связи с этой работой перед необходимостью изучить видоизменения дисимметрии при брожении виннокаменной кислоты, он занялся исследованием брожения вообще.

В это время общим признанием пользовалась теория Либиха, предложенная последним в 1839 г. Согласно этой теории, брожение есть медленная реакция между кислородом воздуха и органическим веществом. Вещество это, будучи в состоянии разрушения (фермент), сообщает соприкасающимся с ним подверженным разложению соединениям процесс разложения, которым охвачено оно само. В общем Либих сводил дело к чисто химическим явлениям, аналогичным реакциям между неорганическими телами.

Оперируя веществами, совершенно освобожденными от всяких следов ферментов в смысле Либиха, Пастер экспериментальным путем установил истинность совершенно противоположных воззрений. Вводя в свои вещества несколько миллиграммов дрожжей (т. е. растительных клеток), Пастер вызывал этим путем брожение. Отсюда следовал вывод, что фермент есть живое существо (растительное или животное, т. е. микроб), которое способно размножаться в благоприятной среде. Брожение есть результат химического действия, которое это существо в процессе своих жизненных функций оказывает на окружающую его среду; характер этого действия зависит от химических явлений, ареной которых является сам фермент, поскольку он — живое существо.

Одновременно с этими исследованиями Пастер вел знаменитый спор о самозарождении, наделавший много шума и закончившийся победой для его инициатора.

Вера в самопроизвольное зарождение низших существ была освящена крупными авторитетами, хотя и не опиралась ни на какой научно-обоснованный факт. В 1858 г. видный ученый Пуше, директор Руанского музея, решил, что ему удалось безупречным опытным путем констатировать факты самопроизвольного зарождения. Своими повышенными требованиями к экспериментальной точности Пастер показал, каким образом зародыши могли проникнуть в закрытые сосуды Пуше. Он неопровержимо доказал, что для того, чтобы убить зародыши или помешать им проникнуть в приборы, необходимо принять целый ряд предосторожностей, и показал, что всякий раз, когда эти предосторожности соблюдались, самопроизвольного зарождения не наблюдалось. Факты, на которые ссылались его противники, он объяснял либо предварительным нахождением микроскопических зародышей в веществах, с которыми экспериментировали, либо проникновением в них зародышей, носящихся в атмосфере.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН. МЕНДЕЛЕЕВ. Но наиболее крупным событием в истории химии описываемого периода было создание периодической системы элементов.

Проблема атомных весов со времени полемики вокруг теории Дальтона привлекала большое внимание химиков. Гипотеза Проута побудила многих химиков заняться максимально точным определением этих атомных весов. Такую работу вели Берцелиус, Дюма и др. Однако наиболее точные измерения были проделаны бельгийским химиком Стасом (1813—1891). Измерения Стаса показали, что гипотеза Проута неверна.

После работ Стаса возник второй вопрос, каким кратным атомного веса является соединительный вес каждого элемента. Изучая этот вопрос, химики пришли к выводу, что некоторые группы элементов — например галоиды или щелочные металлы — проявляют большое сходство как в своих физических, так и в химических свойствах. Первое предложение, что это сходство имеет какую-то связь с атомным весом, было высказано Проутом. Более широкая разработка этой идеи впервые была осуществлена в 1839 г. Деберейнером, который обратил внимание на то, что сходные элементы обычно соединены по три в группы, названные им триадами. Идеи Деберейнера были поддержаны рядом химиков, и в том числе Дюма, доложившим в собрании британской ассоциации в 1852 г. интересную работу в защиту гипотезы Проута. Дальше аналогичные взгляды развивались Гладстоном (1853), Куком (1858) и Одлингом (1857).

Однако решающий шаг вперед в направлении установления связи между атомным весом элемента и его свойствами сделал Шанкуртуа, обнаруживший, что если написать элементы в порядке возрастания их атомных весов, то элементы со сходными свойствами будут регулярно повторяться. Одновременно с Шанкуртуа к аналогичным воззрениям пришел и Ньюланд, формулировавший так называемый «закон октав», согласно которому свойства элементов периодически повторяются через семь к восьмому[1]. Система Ньюланда не заключала пробелов и не оставляла места для новых элементов. Гораздо более полную систему, указывающую на наличие еще не открытых элементов, одновременно и независимо друг от друга дали Юлиус Лотар Мейер (1830—1898) и Дмитрий Иванович Менделеев (1864—1907).

Мейер был крупным педагогом, и его книга «Современные теории химии» («Die modernen Theorien der Chemie», 1864) почти до конца XIX столетия оставалась лучшим трудом по общей химии. Его формулировка периодического закона принципиально мало отличалась от менделеевской, и если установление периодического закона связывают все же с именем Менделеева, то только потому,

---

[1] Характерно отношение современников к этой работе Ньюланда. Когда он докладывал ее результаты на заседании Лондонского химического общества, один из видных членов об ества задал ему вопрос: «не рассматривал ли он элементы согласно порядку их начальных букв».

что Менделеев на основе этого закона описал ряд еще неоткрытых элементов, и последующие исследования подтвердили правильность этих описаний.

Менделеев показал, что если элементы расположить в порядке возрастающих атомных весов, начиная с водорода и кончая ураном, то этот ряд можно разложить на некоторое количество частей, обнаруживающих известное соответствие между собою. Если эти части ряда написать одну под другой, то однородные элементы окажутся в вертикальных рядах один под другим. Так как в системе этой имелись пробелы, то Менделеев предположил, что не все элементы еще открыты. Менделеев детально указал свойства этих неизвестных элементов и их соединений. Открытые вскоре после этого три новых металла (галлий, найденный французом Лекоком де-Буабодраном, скандий — шведом Нильсоном и германий — немцем Винклером) по своим характерным свойствам в точности соответствовали трем предсказанным Менделеевым элементам.

Этот факт произвел очень большое впечатление на весь ученый мир. Предсказания Менделеева сравнивали с теоретическими соображениями Леверрье, приведшими к открытию Нептуна и анализом волновой теории Гамильтона, приведшим к открытию конической рефракции. Разумеется, это было преувеличением. Периодическая система долгое время представляла собой простое индуктивное обобщение и неоднократно перестраивалась. Только открытия XX столетия подвели под нее настоящую теоретическую базу. Тем не менее она сыграла в развитии химии чрезвычайно большую роль и явилась одним из крупнейших триумфов научной мысли описываемого периода.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ. УЧЕНИЕ ОБ ЭВОЛЮЦИИ. Труды Пастера, законченные им до 1870 г., уже представляли большой интерес для биологии, так как пролили свет на связь между биологическими и химическими процессами, подобно тому, как труды Бертло пролили свет на отношения между физическими и химическими явлениями. Впоследствии Пастер занялся изучением роли, играемой в природе микробами, и произвел полную революцию в медицинских теориях и хирургической практике. Так постепенно подготовлялся материал для широкого научного синтеза.

Но в рассматриваемый период первое место в помыслах натуралистов занимал другой вопрос не меньшей принципиальной важности.

В 1859 г. вышла в свет знаменитая книга Чарльза Дарвина (1809—1882) «Происхождение видов» («On the Origin of Species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life»). Это был плод свыше чем 20-летних размышлений, начавшихся с научного путешествия, совершенного автором в юности (экспедиция на корабле «Бигль» к берегам Огненной Земли в 1831—1836 гг.). Не доверяя собственным выводам, Дарвин долго занимался систематической обработкой своих исследований по искусственному подбору, изложенных в книге «Изменения животных и растений в домашнем состоянии» («The variation of animals and plants under domestication», 1868), пока присылка

ДАРВИН
1809—1882

трансформистского мемуара его соотечественником Уоллесом и советы, полученные им по этому поводу от Ляйеля и Гукера, не побудили его к изложению своих собственных взглядов.

Дарвину принадлежит заслуга, во-первых, доказательства факта эволюции и, во-вторых, введения в эволюционное учение того положения, что в борьбе за жизнь случайные, но благоприятные для вида изменения сохраняются путем наследственности и развиваются дальше и что таким путем совершается естественный подбор наилучше приспособленных форм организмов. С этих пор учение о развитии неоднократно привлекало к себе внимание очень многих ученых, но никто не смог найти формулы, более полно и точно объясняющей проявления целесообразности в живой природе. Никто также не смог предложить более ясной и понятной системы воззрений и так неопровержимо подкрепить ее тщательным подбором доказательств, как это сделал Дарвин. Учение об эволюции сразу завоевало внимание как ученых, так и широкой публики.

Яростное противодействие, встреченное этим ученым со стороны английских клерикалов, только способствовало увеличению его популярности. Защитники теории дали ей огромное распространение. Сам Дарвин не принимал в разгоревшейся борьбе участия. Он продолжал вести свои остроумные и тщательные наблюдения, которыми были полны его последние труды. Зато защитники его теории энергично пропагандировали новое учение.

В Англии главным распространителем учения Дарвина был Гексли (1825—1895), в Германии — Геккель (1834—1919) и затем Бюхнер и Фохт, а в России — Тимирязев. Во Франции в новой теории стало присоединяться только следующее поколение ученых. Доводы, выдвинутые против трансформизма Флурансом и Катрфажем, не могли на долгое время задержать движение умов. Дельная критика и объективный разбор всех сторон дарвиновской теории появились только тогда, когда первый этап борьбы уже ослабел и когда в победившем дарвинизме захотели увидеть ключ к объяснению буквально всех явлений. Тогда собственно и признано было, что теория Дарвина должна ограничиться именно той научной почвой, на которую она была поставлена своим автором.

Новое направление биологии все больше и больше внимания стало уделять изучению низших организмов, которым до того времени натуралисты пренебрегали, но которое, повидимому, должно было привести к разрешению множества важнейших проблем. Упомянем вкратце о начале систематического изучения морского дна. Это изучение сразу же доказало неверность утверждения Форбса, сделанного в 1859 г., что глубже 600 метров нет жизни. Было доказано наличие вполне приспособившейся к среде фауны даже на глубине 3 000 метров, причем эта фауна весьма сильно отличалась от той, которая нам знакома. Среди этой фауны были найдены типы, которые считались давно исчезнувшими в прошлые геологические периоды. Следует отметить учреждение первой морской лаборатории (Лаказ-Дютьером в Роскофе в 1869 г.) для производства правильных систематических исследований над жизнью животных и растений морских берегов.

ФИЗИОЛОГИЯ. КЛОД БЕРНАР. Описательная зоология и ботаника, повидимому, в основном закончили общее описание поверхности земного шара. Однако к этому времени, как мы видели, открылось новое поле для описательных исследований, требовавшее более могучих средств, а также более кропотливой детальной и терпеливой работы. То же самое имело место и в гистологии. После установления наиболее очевидных фактов для более глубокого ознакомления с деталями внутреннего строения тканей или функций органов необходимо было изобретать все более и более тонкие и деликатные приемы. Самым замечательным достижением в этой отрасли научной техники было изобретение микротома, впервые сконструированного во Франции Риве в 1886 г., позволившего делать необычайно тонкие разрезы тканей, предварительно сделанных твердыми посредством вспрыскивания различных веществ и помещенных в коллодий или парафин.

БЕРНАР
1810—1878

В ботанике еще оставалась неразрешенной важная проблема, как оплодотворяются и размножаются тайнобрачные растения. Простое половое размножение было установлено Гюрэ для фикусов (1851), Принсгеймом и Бари для коньюгирующих водорослей (1855, 1858), Тюрэ и Борнэ — для флоридных (1860—1870). Более сложный способ размножения папоротников и мхов, напоминающий размножение поколениями в животном царстве, был установлен трудами Лещика-Суминского (1848) и Гофмейстера (1849).

Особенно бурно развивалась в описываемый период физиология. Развитие это происходило под влиянием мыслителя, который не только сумел совершить ряд оригинальных работ, достойных служить образцами, не только оставил после себя блестящую плеяду учеников, но и создал своими работами и преподаванием нечто вроде общепринятого кодекса научных правил и принципов.

Из собственных открытий Клода Бернара (1810—1878) особенно выдающимися представляются два: установление гликогенной функции печени (1848—1849) и открытие системы вазомоторных (сосудодвигательных) нервов[1] (1862). Здесь он строил на девственной почве, и результаты его исследований были окончательными. Работы Бернара по физиологии поджелудочной железы, изучение действия кураре (1850), опыты над возвратной чувствительностью и над животной теплотой также должны быть отнесены к разряду первоклассных исследований.

---

[1] То-есть нервов, влияющих на уменьшение диаметров кровеносных сосудов.

Основная биологическая концепция Бернара сводилась к утверждению единства и общности жизненных функций в обоих царствах — животном и растительном. Жизненные явления складываются из двоякого порядка процессов: функциональных или разрушительных и пластических или процессов органического синтеза. Жизнь поддерживается внутренней связью этих двояких взаимно объединенных процессов. В самой сложной животной форме жизнь является лишь интегралом элементарных жизненных функций клеток, живущих в крови (внутренняя среда) таким же образом, как клетки простейших живут в воде. Клетки усваивают питательные вещества из этой среды и извергают в нее свои отбросы; количество крови в каждом пункте регулируется нервной системой, а отбор особых клеток для различных веществ, находящихся в среде, обеспечивает устойчивость организма.

Идеи, которым Клод Бернар доставил торжество и которые легли в основу научной биологии, были таковы: 1) Строгий детерминизм: каждое изменение явлений соответствует различию в материальных условиях, и эту связь надлежит определять опытным путем. 2) Необходимость пользования в качестве руководящих нитей исследования гипотезами, но при условии окончательного принятия их не раньше, как будет сделано все для их разрушения. 3) Необходимость постоянного руководствования сравнительными опытами и недоверие к статистическому методу.

Принципы эти в наше время кажутся банальными. Клод Бернар заимствовал их из практики физических и химических наук. Но в ту эпоху, когда он их формулировал, большинство биологов верило в наличие особых жизненных сил, не подчиняющихся детерминизму. Крупнейшие ученые решительно заявляли: «в физиологии и медицине нет общих законов, а есть только изолированные факты». Отсюда и вытекало злоупотребление статистикой наблюдений, которая должна была дать хотя бы некоторую долю уверенности в прогнозе для терапии.

Клиническая школа, как она себя величала, долгое время считала утопической программу экспериментальной школы, очерченную Клодом Бернаром. Эта последняя восторжествовала лишь благодаря большим успехам, которых она достигла, следуя по пути, указанном для нее ее основателем. Результаты, полученные ею, прежде всего сказались на диагностике, которая преобразовалась почти полностью. Медики начали изучать действие медикаментов с такой строгостью и точностью, какие действительно необходимы для развития науки. Однако вскоре открытия Пастера захватили их совершенно новым потоком идей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В общем, с точки зрения развития науки, период с 1847 по 1870 г. имеет большое значение не столько благодаря тому, что было достигнуто обоснование частных теорий, сколько благодаря могучему размаху синтеза, обновившему всю систему научного мышления. Новые открытия по своей ценности не только не уступали открытиям предыдущего периода, но даже превзошли их и подготовили

почву для дальнейших непосредственных приложений, пышно развернувшихся в последнюю четверть XIX века.

В форме, более или менее отличной от той, которую им хотел придать Огюст Конт, основные принципы позитивизма получили большое распространение и завоевали симпатии ученых. Официальная же философия казалась сбитой с толку и растерянной. Германия устала от метафизических систем. В Англии Милль создал английский позитивизм, который был развит дальше Гербертом Спенсером. Во Франции идеи Конта пропагандировал Литре. Однако истинными вождями умственного движения явились люди, действительно внесшие в науку единство, о котором только мечтал основатель позитивизма. Из числа этих людей мы назвали имена только наиболее выдающихся — Гельмгольца, Бертло, Дарвина и Клода Бернара.

IX

ИТОГИ НАУЧНОГО РАЗВИТИЯ В XIX СТОЛЕТИИ

ПРЕПОДАВАНИЕ НАУК. События 1870—1871 гг. имели для Франции ряд глубочайших последствий. Одним из важных результатов этих событий явилась реформа всей образовательной системы. Высшее образование было поднято на ту высоту, которой оно достигло в других странах, однако средняя школа подверглась лишь ублюдочным, компромиссным реформам. Сильное влияние клерикальных кругов в значительной мере парализовало усилия сторонников реформ, и политический раскол давал себя сильно чувствовать как в области подготовки дела образования, так и в самой организации научной работы.

В других странах затронутый вопрос не имел такой остроты, как во Франции. Однако не было страны, где не чувствовалось бы необходимости прочного насаждения естественно-научного преподавания за счет гуманитарного.

Самым выдающимся фактом в истории преподавания за описываемый период явилось вступление в семью университетских стран Североамериканских соединенных штатов. После гражданской войны в Америке зародилось сильное течение, стремившееся перенести в Америку ряд европейских ученых учреждений. До этого американцы интересовались только техническим образованием. Теперь же появился значительный интерес к чистой теории, и быстро создалась довольно значительная группа исследователей, могущих соперничать с учеными Старого света. Свободные от стеснительных традиций и наделенные стремлением к оригинальности, американцы дебютировали на научном поприще настолько удачно, что будущее было за ними обеспечено.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. Все возрастающая трудность направлять среднее образование по такому пути, который обеспечивал бы нормальный ход научного развития, мало влияла на условия этого развития. Никаких симптомов упадка в этом смысле не обнаруживалось, и конец XIX столетия блистал не меньше его середины. В частности деятельность математиков усилилась, и число работников на поприще математических наук росло очень быстрыми темпами

Вместе с тем наука приняла характер еще более абстрактного обобщения, и ознакомление с ее историей сделалось еще более затруднительным для неспециалистов.

Но не только одно это обстоятельство затрудняет задачу историка. Чтобы дать правильную оценку важнейшим трудам и представить их в достойном освещении, во всякой науке необходимо углубляться в прошлое. Мы не могли на этих страницах дать полный список авторов и их трудов; еще меньше мы могли претендовать на подробное и обстоятельное изложение современного состояния науки. Нам пришлось сделать выбор, который может показаться несправедливым для современников и без сомнения не будет одобрен потомством. Но мы пытаемся указать хотя бы главнейшие направления умственных интересов, наметившиеся после 1870 г. и перешедшие в своем развитии за узкие пределы кружка ученых, непосредственно их культивировавших.

ГЕОМЕТРИЯ. Здесь следует отметить «Исчисление энумеративной геометрии» Германа Шуберта из Гамбурга, вышедшее в 1873 г. Этот труд явился окончательным завершением принципов, которые были заложены Шалем, и заключал в себе необычайно ценные исследования вопроса об условиях определения геометрических фигур.

Наиболее характерной чертой геометрии описываемого периода явилось однако большое количество трудов, посвященных умозрениям, которых предшествовавшее поколение совершенно не допускало и публикация которых сопровождалась не только оговорками, но даже в некоторых случаях прямыми протестами. В этих умозрениях сомкнулись течения, обусловленные, с одной стороны, развитием идей Штаудта, а с другой — Лобачевского и Римана.

Чтобы окончательно завоевать себе автономию, проективная геометрия должна была исключить из своего рассмотрения понятие расстояния, образующее эмпирическую основу метрической геометрии. Эта задача была решена Кэйли в его «Мемуарах» («Sixth Memoir on Quantics», 1859). Кэйли построил абстрактное понятие о расстоянии между двумя точками путем замены понятия отдельной точки на прямой понятием числа, приданного ей в виде номера, и образования из этих номеров или приставок определенного отношения, подчиняющегося специальному закону.

Эта абстрактная концепция была значительно шире конкретного понятия расстояния и тем самым дала проективной геометрии большое преимущество, так как поставила ее на более общее основание, нежели то, на коем покоится метрическая геометрия. Все это обнаружилось в 1881 г., когда Феликс Клейн, изменяя произвольную постоянную, входящую в формулу Кэйли, вновь нашел пространства Римана положительной, нулевой и отрицательной кривизны. Одновременно Клейну удалось умножить число неэвклидовых геометрий внесением новых парадоксальных принципов, связанных с различением двух сторон одной и той же плоскости.

С другой стороны, идеи Римана обратили внимание на исследование пространств, имеющих больше чем три измерения. Первое

время все подобные работы носили характер аналитических изысканий, и терминология их заимствовалась из обыкновенной геометрии. Но затем они приняли более специальный характер (особенно работы, посвященные четырехмерному пространству). Упомянем любопытные трехмерные модели проекций правильных тел в четыре измерения и исследования возможности при гипотезе четвертого измерения пространства некоторых движений, подобных, например, выходу тела из замкнутой трехмерной области.

Эти последние исследования шли главным образом по пути метрической геометрии. Однако труды в области проективной геометрии многих измерений не теряют от этого своей ценности. Главный стимул к подобным исследованиям дал Вильям Кингдон Клиффорд (1845—1879) своим мемуаром «О классификации мест» («On classification of loci», 1878).

С утверждением независимости проективной геометрии от метрической аналитическая геометрия естественно стала стремиться к сближению с первой. Достаточно напомнить, что главным представителем идей Плюкера и истинным его продолжателем особенно в области теории комплексов второй степени — долгое время был Феликс Клейн. Однако общая теория кривых и поверхностей также не осталась в загоне.

В этой последней области математики особенно прославили свои имена французы Серре (1819—1885), Гальфен (1844—1889) и Дарбу (1842—1917). Исследования второго из них, близкие к изысканиям М. Нетера, носят алгебраический характер. Такой же характер имеют и последующие исследования алгебраических функций двух независимых переменных, произведенные Кастельнуово, Генричи и Пикаром. Лекции Дарбу по общей теории поверхностей резюмировали все данные о приложении высшего анализа к геометрии, данные, которые были значительно расширены самим Дарбу.

Наибольшее число важных работ вызвали специальные вопросы о кривизне поверхностей, об отображении одной поверхности на другой и о том, что Лейбниц называл анализом положения (analysis situs). Из этих последних исследований, объединенных с идеями Римана, Клейна и Пуанкаре, выросла современная топология, первые начала которой были заложены Листингом (1808—1882) еще в 1847 г.

АЛГЕБРА. Самой характерной особенностью новых геометрических понятий было систематическое устранение всех конкретных элементов, явившееся результатом стремления построить науку о пространстве на исключительно рациональном базисе, и притом с такою всеобщностью, которая к реальному пространству может иметь приложение лишь как к частному случаю, соответствующему особым определениям некоторых величин, которые, вообще говоря, могут быть иными. В науке о числах и их соотношениях этой тенденции должно было соответствовать аналогичное течение. И действительно, тут проявилась тенденция исключить понятие непрерывности как чего-то эмпирически данного и построить его в строго логической форме, взяв за отправную точку понятие целого числа.

Близкие друг к другу теории, быстро обнаружившие тенденцию к слиянию, теории, которые стремились дать новое, строго рациональное обоснование всему математическому зданию, были предложены Вейерштрассом (1815—1917) из Берлина, Мерэ (1835—1911) из Дижона, Дедекиндом (1831—1916) из Брауншвейга, Гейне (1821—1881) и Георгом Кантором (1845—1913) из Галле. Наиболее общую из всех предложенных концепций дал Георг Кантор в своей *теории множеств* и их мощностей. Некоторые части теории множеств уже выходят за пределы математики и смыкаются с логикой. Главная ее задача заключалась в разработке такого метода, который давал бы средства свободно оперировать понятием непрерывности и бесконечности. На основе теории множеств была создана Кантором арифметика *трансфинитных* чисел и доказана возможность установления однозначного соответствия между всеми точками любого бесконечного пространства и прямой конечной длины. Теория множеств получила быстрое развитие и легла в основу многих новейших исследований по теории функций и анализу.

Понятию различных геометрий соответствовало до некоторой степени понятие различных алгебр, т. е. различных приемов счисления, характеризующихся своими особыми правилами и могущих быть приложенными к разрешению вопросов, перед которыми в бессилии останавливалась обыкновенная алгебра, слишком тесно связанная со старой геометрией. Было предпринято несколько попыток построения универсальной или всеобщей алгебры, из которых можно упомянуть приложимый к логике алгорифм, разработанный американцем Ч. Пирсом (1839—1914), и близкую к нему систему знаков, адекватную математическому языку, которую пытался разработать Пеано. Из недавних попыток следует отметить также лекции по алгебре логики Э. Шредера (1841—1902).

Вопросы этого рода привлекали с каждым днем все большее и большее внимание, но параллельно с этим ростом увеличивалось и число работ, особенно алгебраических, в двух других совершенно еще не обработанных областях. Мы имеем в виду, с одной стороны, чрезвычайно обширную теорию инвариантов, или линейных преобразований (Жордан, Гильберт и др.), а с другой — теорию групп. Первоначальной целью последней было изыскание форм уравнений данной степени, разрешимых при помощи радикалов. Однако в результате работ Камилла Жордана и Кронекера (1823—1891) она стала самостоятельной доктриной. «Трактат о замещениях» («Traité des substitutions») первого и «Основы арифметической теории алгебраических величин» («Grundzüge einer arithmetischen Theorie der algebraischen Grössen», 1882) второго явились основными сочинениями по этому вопросу.

АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ. Теория групп, первоначально исключительно алгебраическая, была значительно расширена работами норвежца Софуса Ли (1842—1899), распространившего ее на анализ и в частности на теорию дифференциальных уравнений обыкновенных и с частными производными. Ли показал важную роль

учения о группах как для развития геометрии, так и для уяснения понятия пространства. К общим теориям Софуса Ли следует присоединить результаты, добытые Гальфеном относительно дифференциальных инвариантов и исследования Пикара о распространении теории Галуа на линейные дифференциальные уравнения.

Приложения теории групп к интегрированию дифференциальных уравнений и к изучению функций, определяемых этими уравнениями, были с 1876 г. предметом усиленных работ Анри Пуанкаре (1854—1912), увенчавшихся нахождением трансцендентных функций (фуксовых и тета-фуксовых), посредством которых интегрируются линейные уравнения.

Изучению дифференциальных уравнений, обыкновенных и с частными производными и некоторых специальных частных типов их много содействовали Дарбу, Пуанкаре, Пикар, Аппель, Гурса и Пенлеве. Изучение функций, определяемых рядами, было возобновлено работами Ж. Гадамара и Э. Бореля.

Теория эллиптических функций продолжала быть полем благодарных исследований. Количество сочинений, посвященных ее разработке, и частота их появления свидетельствовали о непрерывном прогрессе в этой области. Глубокий след оставил в ней труд Гальфена, в котором он дал систематическое развитие знакоположению Вейерштрасса.

Общая теория функций сделала замечательные успехи благодаря Вейерштрассу и Шварцу (род. в 1845 г.) из Берлина, Миттагу — Лефлеру из Стокгольма, Мере, Дарбу и Пуанкаре. Классификация функций была построена на точных теоремах, и постулаты, принимавшиеся ранее на веру, без реальных доказательств, были устранены.

Теория чисел подвинулась вперед сравнительно мало. Однако следует отметить важные исследования о приближенном нахождении некоторых чисел при помощи рядов целых чисел. Путь к этому был открыт Эрмитом, установившим трансцендентность числа «e», и Линдеманом, установившим трансцендентность «π». Общая теория этих приближений получила важную геометрическую интерпретацию в работах Минковского.

МЕХАНИКА И АСТРОНОМИЯ. Несмотря на всю абстрактность своих изысканий, чистая математика все время поддерживала связь с миром реальных явлений. Изыскания эти вызывались к жизни необходимостью найти общие методы решения конкретных задач и потребностью построения физических теорий в гораздо большей степени, чем это принято думать. Софья Ковалевская (1853—1891) открыла своей работой, увенчанной в 1888 г. Академией наук, новый случай интегрируемости дифференциальных уравнений движения при помощи тета-функций двух независимых переменных и дала замечательный пример приложения новейших аналитических теорий к механике. «Теория винтов» («Theory of screws», 1876) Стоуэлла Болла показала, что исчисление кватернионов и другие аналогичные концепции должны получить большое развитие. И действительно, последующие работы это целиком подтвердили. Труды Лагранжа и

Якоби свели проблемы динамики к некоторым типам дифференциальных уравнений, которые сами по себе требовали изучения. Вопрос этот послужил предметом множества исследований, значительно продвинувших его вперед.

Динамика сделала значительные успехи благодаря тому, что небесная механика стала учитывать трение, а в гидродинамику было введено рассмотрение вращательных движений. Замечательные исследования Джорджа Говарда Дарвина (1845—1920) из Кембриджа, опубликованные в 1879 г. и некоторое время не получавшие признания, не только выяснили влияние приливного трения на ускорение среднего движения Луны — задача, давно стоявшая перед учеными, — но пролили также новый свет на историю нашего спутника и его происхождение. Трактат Дж. Томсона «Движение вихревых колец» («Motion of vortex rings», 1882) содержал в себе классически ясное изложение новой формы атомной гипотезы. Эта гипотеза вихревых колец в жидкой среде восходила к знаменитому предложению Гельмгольца о неуничтожаемости вихревых движений в однородной среде, несжимаемой и невязкой. Первая точная формулировка этого предложения была дана Вильямом Томсоном.

Вопрос о распространении волн, о движении твердого тела в жидкой среде, изучение движений в атмосфере, акустика, теория упругости, кинетическая теория газов, электромагнитная теория света — все эти вопросы тоже служили темой ценных математических исследований, бесспорно значительно продвинувших вперед физическую науку. Вопросы эти охватывали всю область физики. Математическая физика значительно расширилась, некоторые ее разделы начали принимать уже такие же рациональные формы, какие приняла механика.

Выше уже было сказано о важном теоретическом вопросе, занимавшем астрономов, именно о методе приближенных вычислений. Успехи небесной механики реально ограничивались именно совершенствованием методов вычисления. Из сочинений, которые должны были заменить капитальный труд Лапласа, важное место следует отвести трактату Тиссерана и работам Пуанкаре[1].

Наблюдательная астрономия значительно развила свои средства и приобрела международный характер. Из больших мероприятий, осуществляемых астрономами всех стран, следует отметить составление грандиозной общей фотографической карты неба.

Новой чертой в развитии наблюдательной астрономии было значительное усиление внимания к звездной астрономии и создание на этой основе астрофизики. Спектроскоп сделался важнейшим астрономическим прибором еще в 50-х годах XIX века. Однако

---

[1] Со времени Лапласа основы методов приближенных вычислений, употребляемых в небесной механике, подверглись существенному критическому пересмотру. А. Пуанкаре показал, что употребляемые в них ряды не обладают сходимостью, изучил природу этих рядов и показал, какую пользу они могут принести и в каких пределах. Он развил новые методы решения проблем небесной механики, предложив существенные усовершенствования приемов, разработанных Тиссераном.

вполне значение его было оценено только в 60-х годах, когда Геггинс окончательно обосновал спектроскопические методы астрономии.

Спектральный анализ вместе с фотографией дали возможность астрономам ставить и разрешать такие вопросы, которые, по выражению Геггинса, «перешли границы самых диких мечтаний предыдущих времен». Были измерены движения многих звезд по лучу зрения: их расстояния от нас; были поставлены вопросы о массе звезд, их температурах, источниках их энергии. На основе создавшейся звездной статистики был поставлен вопрос об эволюции звезд и установлены основные стадии звездной жизни. Проблемы астрофизики привлекали внимание множества крупнейших исследователей, и труды Шварцшильда (1873—1916), Джорджа Дарвина (1845—1920), Каптейна (1851—1922), Белопольского, Хэла, Ресселя, Эддингтона, Шапли, Джинса и других заложили уже достаточно прочный фундамент этой науки.

Космогонические теории в связи с этим также изменили свой характер. Раньше основным материалом для них служили наблюдения нашей солнечной системы, и теоретические выкладки строились главным образом на нем. Таковы были, например, вихревая гипотеза Фая, спекуляции Дю-Лигондеса, Си и др. Но создание астрофизики и звездной статистики вскоре изменило это положение. Солнечные системы стали рассматриваться как очень редкое исключение на небесном своде, и космогонические взгляды должны были перестроиться. Работы Пуанкаре, Аррениуса и других носили уже совершенно иной характер, нежели работы Лапласа, Фая и иных прежних исследователей.

Из специальных работ Пуанкаре следует отметить его исследования устойчивости жидких фигур, имевшие большое значение для космогонии, а также распространение некоторых законов кинетической теории газов на движения звезд.

Из области наблюдений над нашей солнечной системой следует упомянуть систематическое изучение явлений, происходящих на Солнце, наблюдения Марса, произведенные Скиапарелли, и многочисленные и тщательные наблюдения других планет.

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ. Успехи физики за описываемый период отмечены прежде всего изумительными практическими приложениями науки и в частности учения об электричестве. Достигнуть быстрого развития приложений физики можно было только при условии живого интереса теоретиков к технике. Мы отмечали уже, что в то время как наиболее видные представители химии, с самого основания своей науки ведя теоретические изыскания, одновременно уделяли внимание и практическим приложениям, представители физики, по крайней мере в своем огромном большинстве, долгое время ограничивались исключительно пределами своей кафедры или лаборатории. Инженеры и механики требовали от них лишь некоторых точных измерений и не были заинтересованы в их активном сотрудничестве. С выступлением на сцену электричества картина радикально изменилась. Уже телеграфное дело, особенно подводная телеграфная

связь, потребовало специальных инженеров-электриков и побудило к постановке многих чисто научных исследований. Заинтересовав индустрию, новый физический агент потребовал и создания определенных кадров, которые должны были быть руководимы учеными.

Все это оказалось весьма ощутительным для общего научного прогресса. Физические исследования, требовавшие хлопотливого и терпеливого труда и дорогих приспособлений, под воздействием практических интересов, возбужденных ими, росли и множились необычайно быстро. Число исследователей значительно увеличилось, и ценность их трудов чрезвычайно возросла. Интенсивность взаимного общения физиков тоже не оставляла желать лучшего. Научная литература получила широкое распространение; роль и значение физических обществ заметно возросли. Физика, подобно математике и астрономии, приобрела международный характер. Практически это проявилось в учреждении Международного общества электриков и Международного бюро весов и мер. Последнее было создано с целью обеспечения для научных исследований единообразия единиц измерения на расширенной основе десятичной метрической системы. Созванный в 1881 г. конгресс электриков принял рациональную и единообразную систему единиц для электрических измерений, названиями которых были увековечены имена славных ученых Ома, Вольта, Ампера и Уатта. Электрическая выставка, устроенная около этого же времени в Париже, составила эпоху как в развитии науки, так и в истории промышленности.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. Телеграфия уже давно освоилась с мыслью, что динамическое электричество может передавать по проволоке двигательную силу. Теоретически этой возможности не предвиделось границ. Практически же долгое время удавалось передавать лишь крайне слабые токи. Открытие индукции Фарадеем дало в руки ученых способ превращения механического движения в электричество. Аппараты такого рода были изобретены Пикси и Клерком вскоре после открытия Фарадея. Однако вследствие своих несовершенств аппараты эти не имели технического применения. Они не давали возможности получения достаточного количества дешевой электрической энергии путем сжигания угля в топке, вместо сжигания цинка в элементе.

Задача технического использования электромагнитной индукции была решена бельгийским инженером Граммом, работавшим во Франции. Грамм построил первую практически пригодную динамомашину и последовательно усовершенствовал ее. Первая машина его давала постоянный ток. Вскоре он построил другую машину, уже переменного тока. Дальнейшие изобретения улучшали главным образом этот последний тип. Машина переменного тока одержала верх над другими как более производительная и простая, когда были изобретены трансформаторы (1884). Изобретение трансформаторов открыло возможность применения электрического тока к лампочкам накаливания. Эти последние были изобретены американцем Эдиссоном и сильно способствовали успеху и популяризации электрического

освещения. Вначале их применяли лишь для получения исключительно сильных источников света. Большое значение сыграла также свеча Яблочкова.

По принципу своему динамомашина обратима. Если под механическим воздействием она производит электрический ток, то под воздействием электрического тока она производит механическую работу. Следовательно, изобретение Грамма давало сразу же практическое разрешение не только проблемы генерирования тока, но и столь важной для промышленности проблемы передачи на расстояние механической работы.

Условия, необходимые для передачи большой энергии на значительные расстояния, были быстро изучены опытным путем. С этими опытами связано имя Марселя Депре. Был найден способ использования энергии горных потоков для передачи на расстояние двигательной силы и для целей освещения.

Затем усилия ученых направились в другую сторону — именно в сторону вопросов создания электрической тяги. В этом отношении Франция уже отстала. Первое место здесь заняли Соединенные штаты, где электрические трамваи получили необычайно быстрое распространение.

Для разрешения проблемы передвижения большую важность представляло изобретение аккумуляторов. По существу это изобретение было анонимным, так как рациональный аккумулятор был получен в результате длительных видоизменений лабораторных опытных данных, известных уже давно. Аккумуляторы изучались первоначально в целях регулирования расхода электричества. Изучение их привело к установлению того, что зарядка аккумулятора производит некоторое химическое действие, противоположное тому, в результате которого возникает электрический ток. Они являются, следовательно, средством накопления запасов электричества, которое можно затем расходовать по желанию.

В 1876 г. американец Грэмбелл выставил в Филадельфии первый телефон, вскоре дополненный микрофоном его соотечественника Юза. К этому же времени относится изобретение Эдиссоном фонографа. С физической стороны принцип этих аппаратов был до-нельзя прост: электрический ток обеспечивает в них тождественность колебаний двух одинаковых пластинок мягкого железа. Однако математические вопросы, возникшие в связи с телефонией, были очень сложны и представляли много трудностей. Вопросы эти были еще очень далеки от решения даже после того, как телефон сделался уже необходимым предметом культурного обихода.

Наряду с этими техническими успехами, привлекшими к себе деятельное внимание физиков (лорда Кельвина, Маскара, Липмана и др.) и направившими их энергию на разрешение ряда тонких и сложных технических вопросов, наука подготовила почву для совершенно новых изобретений. Мы уже говорили об электромагнитной теории света Максвелла. Свет представляет собой, согласно этой теории, ряд периодических электрических и магнитных колебаний в диэлектрической среде, меняющих свое направление огромное

число раз в секунду. Немецкий физик Герц (1857—1894) экспериментально показал, что индуктивные колебания распространяются с конечной скоростью, равной скорости света. Для этого он воспользовался методом интерференции. Он построил возбудитель, производивший крайне простым способом колебания, менявшие свое направление с огромной быстротой, и резонатор, позволявший также просто следить за фазами этих колебаний. Пользуясь таким методом (теоретически предвиденным Кельвином еще в 1851 г.), Герц констатировал (1888) существование электрических волн, отражающихся и преломляющихся подобно световым. С образованием таких волн и связана вся проблема беспроволочной телеграфии, опыты разрешения которой начались в конце XIX столетия и увенчались полным успехом в XX столетии. В этом же направлении американец Тесла вел опыты получения света без тепловых излучений.

ГЕРЦ
1857 — 1894

ГЛАВНЕЙШИЕ УСПЕХИ ФИЗИКИ. Мы не будем останавливаться на проблеме сжижения газов, долго приводившей ученых в отчаяние. Она была решена Кальете, Амага, Пикте и Дюаром, осуществившими предварительно необходимые условия, указанные Эндрьюсом[1]. Не будем также долго задерживаться на успехах кинетической теории вещества, после работ Клаузиуса получившей блестящее развитие в трудах Максвелла, Больцмана и Гиббса. Разработанный этими тремя учеными статистический метод, посредством которого они подвели молекулярно-кинетическое обоснование под основные теоремы, относящиеся к учению о теплоте, является классическим, и физика XX века пока мало что прибавила к тому, что было дано ими. Работы физиков конца XIX века сосредоточивались главным образом на оптических и электрических явлениях. Связь между этими двумя категориями явлений обещала дать ключ к более глубокому проникновению в тайны природы, и эти обещания действительно сбылись в XX столетии.

Упомянем о замечательных работах Липмана по фотографической фиксации цветов, американца Ланглея по радиации звезд и исключительно точных оптических опытах Майкельсона. В 1887 г. Майкельсон проделал свой знаменитый опыт, имевший целью определить движение Земли в отношении эфира на основе различия скорости светового луча в направлении движения Земли и в перпендикулярном к нему. Отрицательный результат этого опыта, необъяснимый с точки зрения классической волновой теории света, вызвал

[1] Гелий был сжижен после всех других газов. Задачу эту решил Камерлинг Оннес в 1908 г.

обширную литературу. Так как постановка опытов была такова, что эффект, если бы он имел место в действительности, был бы непременно замечен, то неожиданный результат должен был повлечь за собой пересмотр основ теории. Эту работу взяли на себя Фитц-Джеральд и Лоренц. Особенно важны были работы второго. Стремясь примирить максвелловскую электродинамику с классической механикой, Лоренц попытался создать новую теорию, объяснявшую отрицательный результат опыта Майкельсона сокращением всех тел в направлении движения. Позже работы Лоренца послужили основой для построения теории относительности, отказавшейся от механической интерпретации уравнений Максвелла и совершенно перестроившей всю картину мира, нарисованную физикой XIX столетия. Работы Эйнштейна, Пуанкаре и Минковского, творцов этой новой теории, относятся уже к началу XX столетия.

Помимо этого замечательного опыта Майкельсон произвел характеризующиеся необычайной точностью измерения длины некоторых световых волн. Измерения эти имели целью разработать новую систему единиц длины, необходимую для ряда физических (главным образом оптических) исследований.

Огромной важности событием в истории физики конца XIX столетия было открытие немецким физиком Рентгеном (1857—1923) новых лучей, получивших впоследствии название рентгеновых.

К открытию новых лучей Рентгена привели исследования так называемого катодного сияния, открытого Круксом. Когда в трубке, заполненной сильно разреженным газом, происходит электрический разряд, то от катода исходят распространяющиеся прямолинейные лучи. То место поверхности стекла, на которое эти лучи падают, светится, причем цвет этого свечения зависит от сорта стекла. Рентген установил, что от этой светящейся поверхности стекла исходят особого рода невидимые лучи, которые он назвал Х-лучами. Эти лучи обнаруживаются как благодаря своему действию на фотографическую пластинку, так и благодаря способности вызывать свечение флуоресцирующих экранов.

Около открытия Рентгена сразу же стали создаваться всевозможные теории. Крукс полагал, что материя, наполняющая трубку, находится в особом состоянии (которое он назвал радиирующим) и что молекулы ее наделены исключительной легкостью движения. Он представлял себе это излучение как своеобразную бомбардировку. Немецкий физик Ленард подверг критике эти представления. Рентген же показал, что новый источник лучей, распространяющихся прямолинейно, не преломляясь, не отражаясь и не интерферируя, образуется там, где катодные лучи встречают препятствие, причем установил, что лучи эти пронизывают различные непрозрачные для обыкновенных световых лучей тела и тем не менее сохраняют свои химические (фотографические) и флуоресцентные свойства.

Только в 1912 г. удалось раскрыть истинную природу этих лучей и установить, что они отличаются от лучей Герца лишь длиной волны (лучи Герца обладают очень большой длиной волны, а Рентгена — чрезвычайно малой).

Открытие Рентгена лишний раз показало физикам неудовлетворительность прежних механических теорий эфира, так как на основе последних было совершенно невозможно объяснить явления рентгеновых лучей. Таким образом, новое открытие нанесло этим теориям решительный удар. Конечно, старые концепции не уступили своего места без борьбы, однако скептическое отношение к механическим моделям эфира к концу столетия стало настолько сильным, что новые теории XX столетия, несмотря на всю их парадоксальность, получили быстрое признание.

Из других новых явлений и фактов, установленных физикой в конце XIX столетия, следует упомянуть открытие закономерности в спектре водорода Бальмером (1885); обнаружение сложности ряда спектральных линий Майкельсоном (1892); открытие ряда закономерностей в лучеиспускании и в лучепоглощении так называемого «абсолютно черного тела» Больцманом и Христиансеном (1884), Луммером и Вином (1895) [1]; измерение теоретически вычисленного Максвеллом давления света, экспериментально осуществленное Лебедевым (1892); получение стоячих световых волн Винером (1889), послужившее основой для изобретения цветной фотографии; открытие факта влияния магнитных сил на лучеиспускание светящихся тел Зееманом (1896) и целого ряда других магнитооптических явлений (Керр, 1877; Макалузо и Корбино, 1898; Холл, 1879; Нернст, 1886).

Все эти открытия были теоретически осмыслены только в XX столетии. К концу же XIX столетия физика колебалась между двумя существенно различными концепциями. Одна при объяснении фактов обращала внимание главным образом на взаимодействие молекул, другая же, считая молекулы пассивными, видела вместилище всей энергии в эфире. Учение о возможности механического действия на расстоянии отжило свой век и сохранилось лишь как формальный математический метод описания фактов.

Кризис механического мировоззрения, вызванный обилием новых фактов, не укладывавшихся в его рамки, породил многочисленные попытки нового философского обоснования физики. Ряд влиятельных мыслителей занял в этом вопросе феноменологические позиции, стремясь ограничить физику только «чистым описанием» явлений. Под эту феноменологическую позицию было подведено субъективно-идеалистическое обоснование (Мах и др.). Многие физики однако не разделяли этих позиций и с большей или меньшей последовательностью пытались защищать материалистические взгляды. Ареной особенно острой борьбы служила кинетическая теория газов, которая начисто отрицалась феноменологами. Блестящие открытия XX века однако показали, что феноменологи были неправы, и один из наиболее влиятельных представителей этого течения В. Оствальд должен был в конце концов признать ошибочными те взгляды, которые он защищал.

---

[1] Исследования эти послужили исходным материалом для предложенной Планком в начале XX века теории квантов

ХИМИЯ. История химии последних десятилетий XIX столетия не заключает в себе столь громких и блестящих завоеваний, которые можно было бы поставить на одну доску с грандиозными техническими приложениями, которые дала за этот период физика. Однако успехи, достигнутые химией, представляли исключительное значение.

Еще в 1865 г. Кекуле предложил свою теорию ароматических соединений, сыгравшую в истории органической химии чрезвычайно большую роль. Изучение структуры ароматических соединений показало, что большинство их тесно связано с бензолом, и поэтому вопрос о строении последнего приобрел решающее значение. Кекуле высказал гипотезу, что шесть атомов углерода, входящих в бензол, соединены в кольцо, связанное перемыкающимися двойными и простыми связями. Последующие исследования подтвердили правильность этой гипотезы, и теория Кекуле быстро реформировала всю классификацию органических соединений.

Однако в 1874 г. вант-Гофф (1852—1911) сделал еще более смелую попытку, предположив, что атомы действительно расположены совершенно определенным образом в пространстве. На эту идею вант-Гоффа навели исследования Пастера о стереоизомерии. Исследовав ряд оптически активных веществ, вант-Гофф констатировал, что все они содержат по крайней мере один асимметрический атом углерода и что эту асимметрию можно истолковать структурно, только предположив, что атомы углерода расположены тетраэдрически в пространстве.

Книга вант-Гоффа «Химия в пространстве» («La chimie dans l'espace») подвергалась ожесточенным нападкам со стороны Кольбе, но была поддержана рядом других исследователей. Особенно много доказательств в пользу стереохимических представлений дали исследования Эмиля Фишера (1852—1919) над сахарами. В 1890 г. Лебель расширил гипотезу вант-Гоффа, распространив стереохимические представления на азот, олово, серу и т. д.

Из специальных исследований в области органической химии следует отметить уже упомянутые работы Фишера над сахарами, начатые в 1883 г., над производными мочевой кислоты, начатые с 1882 г., и наконец над белками, исследования которых, начатые с 1899 г., заняли внимание Фишера вплоть до смерти.

Возможность установления при помощи атомистической концепции истинной архитектуры молекул казалась скорее игрой ума, порождающего фантастические гипотезы, чем практическим средством синтеза веществ. Однако стереохимическая теория позволила произвести синтез индиго (Байер), сахаров (Фишер) и ряда других веществ. В результате все это привело к возникновению новых методов фабрикации красок, приготовления духов и т. д.

Что касается неорганической химии, то здесь следует отметить получение в 1887 г. фтора Муассаном (1852—1907), работы Вернера над металло-аммиачными соединениями, приведшие к распространению учения о стереоизомерии на область неорганической химии, и наконец открытие новых редких газов в атмосфере.

Это последнее открытие явилось результатом сильного уточнения методов химического эксперимента, так как дело шло здесь об очень незначительных отклонениях веса атмосферного азота от веса азота, полученного химическим путем. В 1899 г. Рэлей обратил на это обстоятельство внимание и, произведя ряд в высшей степени тщательных экспериментов, выделил в чистом виде аргон и определил его атомный вес. Вскоре после этого Рамзай открыл гелий. Оба этих газа заставили пересмотреть периодическую систему элементов Менделеева и ввести в нее новую (так называемую нулевую) группу химически инертных газов. Исходя из предположения, что таких газов должно быть целое семейство, Рамзай предпринял в 1897 г. ряд дополнительных исследований и в конце концов нашел в атмосферном воздухе газы: неон, криптон и ксенон. Исследования Рамзая представляли собой наиболее тонкую экспериментальную работу, сделанную над газами в XIX столетии [1].

Применение новых могучих средств воздействия (необычайно сильных давлений, крайне низких и очень высоких температур и т. д.) открыло неорганической химии ряд совершенно новых областей. Одна электрическая печь Муассана дала уже множество новых соединений и упростила добычу металлов. Еще большие результаты дало развитие методов электролиза. Алюминий, выделенный электролитическим методом, быстро вошел во всеобщее употребление.

Однако наиболее важным событием в истории химии описываемого периода было несомненно развитие физической химии. Как показывает история, влияние физики на химию вообще было благотворным. И в данном случае проникновение физических методов исследования в область химии оказало глубокое воздействие на реформу всего химического мышления.

Еще в 1850 г. Вильгельми вывел первое математическое выражение для скорости химической реакции. В 1860 г. Бертло формулировал уже закон, утверждающий, что скорость реакции пропорциональна количеству оставшегося неразложенным вещества (речь шла об эфире). Вскоре затем Гульдберг и Вааге дали этой идее более общую форму.

Совершенно аналогично дело обстояло и с правилом фаз, которому в 1876 г. Виллард Гиббс придал совершенно общую формулировку.

Всеобщий интерес к физической стороне химических процессов был возбужден лишь в 1887 г., когда Аррениус предложил свою теорию электролитической диссоциации, явившуюся завершением целого ряда предшествовавших исследований других ученых [2]. Взгляды Аррениуса показались большинству химиков слишком

---

[1] О степени точности этих исследований можно судить по следующим данным. Одна объемная часть гелия приходится на 245 000 объемных частей атмосферного воздуха, неона — на 80 800, аргона — на 106, криптона — на 20 000 000 и ксенона — на 170 000 000.

[2] Материалом для Аррениуса служили исследования Гитторфа об электролизе, аналогичные работы Кольрауша, исследования Рауля о замерзании растворов, работы Вант-Гоффа об осмотическом давлении и др.

радикальными, и они сначала не встретили признания. Однако Аррениуса поддержали В. Оствальд и вант-Гофф. Основав в 1887 г. специальный «Журнал физической химии» («Zeitschrift für physicalische Chemie»), они принялись за энергичную пропаганду новых идей и вскоре добились полного их признания. Венцом развития этих идей в XIX столетии явилась созданная в 1880 г. Нернстом теория гальванического элемента.

Наконец следует отметить важное для последующей истории как химии, так и физики открытие радия.

В 1896 г., изучая уран и его соли, Беккерель установил, что урановые соединения испускают лучи, весьма похожие на рентгеновы. Исследования Беккереля были продолжены Марией и Пьером Кюри, которым в 1898 г. удалось получить чистый хлористый радий.

Своеобразные свойства этого элемента привлекли к нему всеобщее внимание исследователей. Все предчувствовали, что радий перевернет многие сложившиеся в науке представления. И действительно. XX столетие явилось свидетелем полной революции химических и физических воззрений, в совершении которой радий и радиоактивные вещества сыграли отнюдь не второстепенную роль.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ. ПАСТЕР. Самый большой триумф доставил химии ученый, обновивший медицинские учения и преобразовавший хирургическую практику. Мы имеем в виду Пастера.

Мы уже указывали, какое объяснение явлениям брожения дал Пастер. Он установил существование множества видов микробов, рассеянных повсюду, размножающихся в благоприятной среде и производящих в ней специфические изменения. Хотя противники микробной теории вели с Пастером жаркую полемику, заставлявшую его увеличивать число своих демонстраций и опытов, он все же не прекращал своих исследований и сделал все практические выводы из своего учения. Им было поставлено множество опытов, имевших целью регулировать процесс брожения. Исследования по брожению (1871—1876), увенчавшиеся блестящим успехом, составили кульминационный пункт этого первого этапа деятельности Пастера.

Согласно микробной теории, действие живых микроорганизмов не ограничивается химическими средами, а распространяется и на живые существа. В частности, многие болезни обнаруживают симптомы, представляющие очевидную аналогию с процессами брожения. Заслуга Пастера в этой сфере исследований заключалась в том, что он сумел выбрать именно те вопросы, которые в состоянии был решить, и с редким терпением и упорством преодолел все многочисленные трудности, стоявшие на пути.

В 1869 г. ему было поручено изучение одной болезни шелковичного червя. Внимательно исследовав вопрос, Пастер предложил свой метод борьбы с эпидемией, губительно отражавшейся на французском шелководстве. Практическое проведение его мероприятий увенчалось самыми прекрасными результатами. Однако в этом случае Пастеру достаточно было разработать только систему отбора здоровых яичек

от больных; вопрос о лекарственных средствах им еще не ставился. Паралич половины тела, от которого знаменитый ученый никогда уже не мог совершенно оправиться и который поразил его вскоре после описанного времени, повидимому, грозил положить конец его деятельности. Однако в 1877 г., произведя многочисленные исследования над сибирской язвой и куриной холерой, Пастер опубликовал свое бессмертное открытие о возможности ослабления болезнетворного яда микробов путем последовательных культур и получения таким путем вакцины, способной обеспечить иммунитет организма.

Первые открытия относились только к болезням животных[1]. Ветеринары решительно устремились на новый путь. Особенно ценные труды дала Лионская школа. Предохранительная прививка сибирской язвы быстро распространилась по всему цивилизованному миру. Пастер в это время (1880) занялся вместе с Шамберленом и Ру изучением водобоязни. После многочисленных опытов над животными он решился в июле 1885 г. испытать действие ослабленного яда на людях, укушенных бешеной собакой (Мейстер и Жюниль). Успех этой попытки произвел большой шум. В 1888 г. был уже открыт Пастеровский институт для изучения и практики предохранительных прививок, основанный по международной подписке.

С этого времени работы учеников Пастера и его продолжателей (особенно исследования холеры, крупа, туберкулеза и др. болезней) стали проливать много света на патогенную роль микробов, ядов и вакцин. Они показали, на какие затруднения наталкиваются изыскания предохранительных и лечебных средств против некоторых инфекционных заболеваний, но в то же время вскрыли огромную роль, которую играет бактериологическое исследование болезней. Была основана целая новая наука, независимая от медицины, но имеющая с ней общую цель, наука, заимствующая от других естественных наук приемы наблюдений и эксперимента, запретные для практического врача.

Инфекционный микроб, попав в организм, не всегда в нем развивается. Он встречает врагов в виде лейкоцитов (белых кровяных шариков), могущих его пожрать. Кроме того некоторые среды, в частности те, которые уже пережили аналогичную инфекцию, невосприимчивы к нему. Иммунитет может быть достигнут не только прививкой культур ослабленных микробов, но и посредством вспрыскивания токсинов в постепенно усиливаемых дозах. Серотерапия, примененная в 1894 г. Ру и Мартеном против дифтерита, а затем против бубонной чумы, представляла собой преобразование идеи Пастера. Успех ее значительно перестроил медицину.

Наиболее же быстро и радикально бактериологические открытия преобразовали хирургию. Серьезная опасность заражения ран долгое время представляла главное препятствие для развития хирургии. Но здесь не могло уже итти речи о применении вакцин. Достаточно

[1] В 1882 г. ученик Пастера Тюллье за год до своей кончины в Египте от холеры, которую он отправился изучать, открыл микроб свиной краснухи.

ПАСТЕР

1822—1895

С портрета Л. Эдельфельдта

было закрыть доступ к ране со стороны микробов. Применение антисептических средств и специальный метод асептических прививок, изобретенный английским хирургом Листером, сильно понизил процент смертности от тяжелых операций и для хирургии возможность осуществлять такие операции, о которых они раньше и не могли мечтать.

БИОЛОГИЯ. Перед лицом бактериологических открытий история других естественных наук за последние десятилетия XIX столетия кажется несколько бледной. Однако мы упомянем наиболее выдающиеся ее моменты.

Экспедиция корабля «Челленджер» (1873—1876), на котором английские натуралисты У. Томпсон, Мосели, Мюррей и Уайльд совершили кругосветное путешествие, исследовав океан до 8 000 метров в глубину, показала, что жизнь распределена в морях так же равномерно, как и на суше, и открыла множество новых причудливых жизненных форм, приспособленных к жизни в темноте и под чудовищным давлением.

Усовершенствование оптических инструментов и улучшение техники красящих веществ открыли возможность для изучения явлений, совершающихся внутри клетки в момент ее деления (Страссбергер, 1877), и условий оплодотворения яйца (Герман Фоль, Гиньяр, Гертвиг, ван-Бенден). Те же микроскопические исследования дали много новых сведений о строении нервных клеток, тканей и т. д.

В 1877 г. появилась «Гастрея» Геккеля, представлявшая собой изложение эмбриологических воззрений немецкого биолога. Всякое животное в ходе своего развития должно пройти стадию простого мешочка с двойной стенкой (гаструлы), дифференциация которого происходит путем складывания кожи в листки. Этой теории была противопоставлена Мечниковым другая, согласно которой изначально свободные и способные двигаться клетки соединяются и даже борются между собой (фагоцитоз).

В 1878 г. появился первый том грандиозного геологического труда австрийца Зюсса «Лик земли», представлявшего собой синтез работ, вызванных полемикой между сторонниками непрерывно действующих причин и защитниками учения Кювье.

Спор между дарвинистами и ламаркистами вызвал множество работ, из которых пожалуй наиболее интересной и многообещавшей была попытка ле-Дантека построить концепцию жизни на чисто химическом базисе.

Труды Шарко и его учеников, с которыми боролась школа Сальпетриер и Нанси, подвели научный базис под изучение явлений гипнотизма и внушения с одновременным применением гипнотических методов для лечения некоторых нервных болезней. Важнейшим результатом этих исследований было установление теснейшей связи между психологией и физиологией. Принцип единства психических и физиологических функций сразу же лег в основу многочисленных исследований, проводившихся во всех европейских странах.

ИТОГИ. Итак, конец XIX столетия завершается широким развитием научной деятельности. Говорить здесь о каком-то законченном этапе, подобном тому, какой мы имели в конце XVIII столетия, нельзя. Тогда мы имели дело с концом умственного движения, основы которого были заложены еще в эпоху Возрождения и которое под влиянием Декарта и Ньютона после некоторых колебаний приняло специфически механически-рационалистическое направление. Законченной в той мере, в какой это вообще доступно науке, была в ту пору только астрономия; истинный экспериментальный научный метод только завоевывал себе свои права. В течение же XIX столетия все — от физики и до биологии — подверглось обновлению. Теоретическая работа продвигалась настолько быстро, что пункты, казавшиеся конечными, чуть ли не в ту же самую минуту оставлялись позади или подвергались преобразованию. И этому движению не было видно конца.

Практические применения науки разрастались пожалуй еще более быстрыми темпами, чем ее теоретические открытия. Вызванный ими социальный переворот явился одним из важнейших, пережитых человечеством. Все это в свою очередь привело к радикальному усилению темпа научного развития. XX столетие должно было перенять этот темп и еще сильнее его ускорить. Но описывать то, что было сделано в XX столетии, уже не входит в задачи настоящей книги.

К. А. ТИМИРЯЗЕВ

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИИ В XIX СТОЛЕТИИ

I

31 августа 1886 г. только что построенная и не загроможденная своими коллекциями громадная зоологическая зала Парижского музея естественной истории, который парижане, по закоренелой привычке, продолжают звать Jardin des Plantes, представляла необычайное зрелище. Она была переполнена учеными депутациями со всех концов цивилизованного мира, собравшимися по поводу также необычайному, едва ли не единственному в истории науки, — по поводу празднования столетия знаменитого ученого Шеврёля, еще сравнительно бодрого старика, несмотря на то, что его важнейшие труды восходили к первой четверти того XIX столетия, которое само уже склонялось к своему концу. Когда очередь приветствовать старика дошла до меня, я подчеркнул тот факт, что на его глазах возникли и развились целые новые науки, и закончил свою речь словами: «Enfant du siècle de la raison, Vous êtes la personification vivante du siècle de la science»[1]. Вслед за мною взошел на кафедру один из наиболее видных и симпатичных представителей Третьей республики, в то время ее министр просвещения, Ренэ Гобле, и подтвердил мою мысль следующими словами: «Тот век, в котором вы жили, как только что было совершенно верно высказано, принадлежит по преимуществу науке. Какое бы место ни заняли в истории те значительные события, которые он пережил, его истинный характер сообщит ему тот совершенно новый подъем научного исследования, который в изучении природы дает средство для расширения круга деятельности и могущества человека». Таким образом, едва ли не в первый раз перед такой обширной международной аудиторией не только представителем науки, но и представителем политической жизни в стране, наиболее к ней чуткой, было заявлено, что XIX век по преимуществу *век науки*, разумея это слово в смысле французской science, т. е. точной науки, естествознания.

И нельзя не признать, что если важнейший итог XVIII века заключается в победе мысли вообще над пережитками старины, над преданием и суеверием, в торжестве рационализма, то важнейший итог XIX века заключается в победе той более определенной формы

[1] Дитя века разума, вы — живое олицетворение века науки.

мысли, которую она приобретает в трезвой школе изучения природы. «To the solid ground of Natur trusts the mind which builds for aye» [1], сказал поэт начала этого века, и вся история XIX века только подтверждала верность этих слов.

Но если развитие естествознания вообще отмечает XIX век, то нет ли еще особой области этого знания, развитие которой представлялось бы наиболее отличительной чертой этого направления мысли? Выслушаем мнение одного из тех редких, уже вымирающих представителей естествознания, которые еще в силах охватить его своею мыслью почти во всей его совокупности, — блестящего остроумного венского физика Людвига Больцмана [2]. Вот что говорил он в том же 1886 г. на торжественном заседании Венской академии наук: «Если вы желаете знать мое глубокое убеждение в том, как назовут со временем наш век — веком ли железа, пара или электричества, то я отвечу, не задумываясь: его назовут веком механического объяснения природы, веком Дарвина».

Последняя из этих двух идей всецело принадлежит биологии, но и торжество первой нигде, быть может, не выступило так резко и определенно, как в переходе от *метафизического витализма* начала века к научным воззрениям *химико-физического* порядка, отметившим всю совокупность успехов физиологии за истекший век. Таким образом, на почве науки о живых существах, может быть, особенно наглядно обнаружился тот идейный прогресс, которым, по мнению Больцмана, всего лучше характеризуется умственный облик прошлого века. Мнение этого ученого тем более ценно, что исходит оно от постороннего свидетеля и не может быть заподозрено в пристрастии специалиста к своей излюбленной отрасли знания.

Из сказанного, понятно, не вытекает, что обширная область естествознания, за вычетом биологии, не сделала успехов, может быть, более обширных, блестящих и более прочных, но дело в том, что между направлением в изучении природы неоживленной в XIX веке и в предшествовавших ему не произошло такого коренного перелома, как между направлением деятельности биологов XIX века и всех ему предшествовавших. Это выразилось наглядно и в том факте, что именно биологам приходилось за этот век пробивать свой путь в борьбе с предрассудками и зложелательством представителей того устарелого склада мышления, которые даже в конце века безуспешно пытались прикрывать свои отжившие идеи, украшая их ничем не мотивированной приставкою *нео* (неовитализм, неотелеология и пр.). Биология пережила в XIX веке тот период, который общее естествознание пережило в XVI и XVII веках.

---

[1] «На прочную основу природы полагается разум, возводящий свое здание для вечности». Эти слова Уодсворта избрало своим девизом лучшее из общих научных обозрений второй половины века, английский журнал «Nature».

[2] Эти строки были уже написаны, когда пришла весть об ужасной смерти знаменитого ученого. Больцман был одним из тех немногих современных ученых, которые могли по праву, а не в силу одной смелости читать курсы истории индуктивных наук, философии естествознания и т. д.

Но что примем мы за меру успехов биологии? В развитии какого бы то ни было цикла реальных знаний мы должны отличать успехи умственные от успехов материальных. Первые, т. е. успехи в понимании подлежащих изучению фактов, обнаруживаются прежде всего в возможности их обобщения, сведения к наименьшему числу основных положений, затем в возможности их предсказания и наконец в возможности их подчинения воле человека, когда по своей природе они подлежат воздействию. Agir et prévoir (Конт, Клод Бернар) всегда было и будет мерилом истинного положительного знания, в отличие от праздных измышлений метафизиков, в лучшем случае успевавших прилаживать свои системы к готовому содержанию положительного знания, но с своей стороны нимало не содействовавших приобретению того дара предвидения и той власти над природой, которыми человечество при господстве теологического воззрения наделяло своих пророков и чудотворцев и позднее мечтало осуществить в двух отделах магии: «дивинаторной» и «оперативной». Но этими непосредственными завоеваниями не ограничивается значение того или другого вновь возникающего цикла знания. Он вырабатывает склад мышления, находящий себе применение и к другим задачам более сложных порядков, он вносит свой вклад в ту общую сокровищницу мысли, в ту единственную школу логики, какою со времен Ф. Бэкона, а в истекшем веке по следам Конта и Милля всеми строгими умами признается только положительная наука.

Косвенным критерием успехов, сделанных какой-нибудь отраслью реальных знаний, служит более или менее широкое приложение к удовлетворению материальных потребностей человека. Конечно, никакая мысль не может принести столько вреда успехам умственным и материальным, как убеждение, будто наука в своем поступательном движении должна руководиться утилитарными целями. Эта мысль, к сожалению, высказывается самыми противоположными сторонами.

В действительности же наука может развиваться только строго последовательно, переходя от простого к сложному, и никакой гнет самых настоятельных потребностей не может заставить научную мысль двигаться капризными, случайными скачками, а не итти вперед строго логическим, единственно возможным путем. История всех наук согласно свидетельствует о том, и развитие биологии за истекший век, конечно, не могло представить исключения; напротив, мы увидим в ней едва ли не самые разительные примеры исследований, стоящих в стороне от каких-нибудь практических задач и ставших источником самых широких и плодотворных приложений. Но, с другой стороны, понятно, что именно эти практические завоевания становятся известными в наиболее широких кругах и признаются за важнейшие успехи науки, за которыми ее действительные, идейные успехи остаются незамеченными. С этой точки зрения историку необходимо отмечать и этот материальный успех наук, служащий тем знамением, которое поддерживает веру в значение науки и в широких сферах, а не в тесных только рядах ее сознательных ценителей.

Слово *биология*, едва ли не в первый раз примененное Ламарком[1], почти современно началу того периода в развитии тех знаний, которые мы имеем в виду здесь очертить. Появление слова как бы символизирует характеризующее этот период направление — стремление к объединению тех знаний, которые прежде формально разбивались на две совершенно отдельных науки о растениях и животных — ботанику и зоологию[2].

Мы увидим, что одно из плодотворнейших направлений науки о живых существах за рассматриваемый период состояло в стремлении к раскрытию не только различий (для целей классификации), но и глубоких сходств в строении и в отправлениях растений и животных, — стремлении, которое впрочем в последние десятилетия принимало и совершенно ненаучную форму попыток обнаружения у растений даже психики.

Всю совокупность знаний о живых существах мы можем удобно разделить по точке отправления и основным приемам исследования на два отдела, хотя увидим, что одним из главных завоеваний века в смысле обобщения является их сближение, их слияние. Эти два отдела — *морфология и физиология*. Если второе обозначение существует уже давно, то первое благодаря Гете появилось только в начале XIX века. Блэнвиль, а по его примеру О. Конт предложили для этих двух отделов биологии термины *статики и динамики* живых существ. Это обозначение верно, конечно, лишь в том смысле, что во второй мы изучаем организмы непременно в деятельном состоянии, в движении, как явление, как *процесс*, а в первой как *строение*, хотя, конечно, не должны, не можем отрешиться от мысли, что части организма — *органы*, т. е. орудия, исполняющие известные отправления, и, следовательно, непонятные иначе, как в связи с их действием[3]. Анатомия человека (а по очевидной аналогии и животных) по вполне понятной причине никогда не отрешалась от этой физиологической точки зрения, и только не-

---

[1] Также Треварануссом.

[2] Само собой понятно, что во всем нашем изложении мы принимаем это слово в этом его первоначальном и единственном законном смысле. К сожалению, во второй половине века его стали применять в каком-то новом, совершенно неопределенном смысле, стали говорить *о биологии растений и биологии животных* как главах физиологии, обозначая, таким образом, часть части тех двух частей, совокупность которых обнимается словом биология. При ближайшем анализе этого неудачного выражения оказывается, что под ним разумеется какая-то повествовательная или описательная физиология, совершенно противоречащая современному течению научной мысли, стремящейся и описательную морфологию подчинить физиологии, превратив ее в экспериментальную. Гораздо удачнее для обозначения этой категории явлений, сравнительно недавно обративших на себя внимание, применять новый, предложенный Геккелем, термин *экология* (превратившийся у некоторых русских переводчиков в школьно-педантическую ойкологию), а еще лучше обозначать этот отдел привычным словом *экономика* — экономика растений, экономика животных. Этот термин удачно определяет содержание отдела и устраняет ошибку, от которой старательно остерегает любое школьное руководство логики, т. е. путаницу понятий, возникающую от применения одного слова в совершенно различных смыслах.

[3] До чего распространено смешение понятий *строение и организация*, можно видеть из очерка успехов биологии в XIX веке О. Гертвига, постоянно их

многие органы пришлось изучать, не понимая их функции. Напротив того, анатомия растений (главным образом микроскопическая), многие функции которых долгое время оставались непонятными, только во второй половине решительно выступила на физиологический путь. Но не в одном этом заключалось сближение двух отделов биологии. Едва ли не важнейшим успехом ее мы должны считать коренное изменение воззрений на форму. Если в начале века она представлялась чем-то статически неподвижным, раз навсегда созданным, законченным, то в конце века сама *форма* представлялась уже *явлением*; она предстала перед нами как процесс, как нечто не просто от века существующее, а непрерывно образующееся. Но и здесь необходимо отличать две точки зрения — одну наблюдательную, морфологическую, другую экспериментальную, физиологическую. Смешение этих двух точек зрения составляет до самого последнего времени главный источник непонимания своей задачи между биологами. Мы сможем сравнить между собою существующие формы (прием сравнительно-анатомический все равно макро- или микроскопический), можем сравнивать их с формами исчезнувшими (прием палеонтологический) или сравнивать между собою последовательные стадии индивидуального развития одной и той же формы (прием эмбриологический, *онтогенезис* Геккеля) и наконец сопоставлять различные формы со всех этих точек зрения, пытаясь установить их общую последовательность во времени (*филогенезис Геккеля*), — и тем не менее мы не покидаем почвы описательной морфологии. Описание начальных форм, видимых только в микроскоп, не отличается от описания форм, видимых невооруженным глазом, так же как и сравнение форм во времени и сравнение их в пространстве остается только описанием. Никаким *сопоставлением форм* мы не получаем еще объяснения их взаимной связи, их происхождения. Объяснение предполагает понимание самого процесса, установление его зависимости от условий, при которых он происходит, а это составляет удел физиологии. Таким образом сближение морфологии и физиологии осуществляется в конце концов подчинением конечной задачи морфологии методу физиологии. Рядом *с морфологией описательной* нарождается *морфология экспериментальная*. К сожалению, это не всегда понималось в том смысле, что физиология своими более точными экспериментальными приемами должна пролить свет на сложные задачи морфологии. Морфологи нередко полагали, что сами могут взяться за эти задачи, не вооружившись разносторонними сведениями физиолога, не обладая их выработавшимся в более строгой школе процессом мышления, не отдавая себе даже отчета в коренном различии между наукой *описательной* и наукой *объяснительной*. Смысл этих двух, казалось бы, столь понятных выражений, усилиями некоторых ученых, к сожалению, в последнее время был значительно затемнен.

путающего. Но если необходимо различать эти два понятия, то бесплодно пытаться строго разграничивать эти две точки зрения. Такая попытка была сделана ботаником Саксом, но он сам должен был от нее отречься.

Толчок этому был дан совершенно произвольным толкованием изречения знаменитого Кирхгофа, что механика ограничивается «описанием» подлежащих ее изучению явлений. Из этого делается вывод, что биология подавно может довольствоваться приемами описательной науки. Но если мысль Кирхгофа верна в применении к механике, оперирующей простейшими, неразложимыми понятиями — движения, пространства, времени, то, конечно, того же нельзя сказать о других науках, опирающихся на понятия, гораздо более сложные и разложимые. Всякое объяснение есть *подчинение* — подчинение сложного простому, неизвестного известному, частного общему, — а за пределами сложных явлений, биологических, остается более простая и ранее известная область явлений физико-химического порядка, область законов, общих для мира органического и неорганического. Если объяснение физиолога — описание, то описание на языке более общих наук, а это предполагает знание этих наук и умение подчинять им наблюдения, сделанные в более сложной сфере явлений биологических. Отсюда понятен исторический факт, что физиология могла в действительности возникнуть только на почве уже развившихся физики и химии, между тем как морфологические знания могли долго развиваться вне какой-либо связи с другими более общими областями знания.

Отметив, как одно из главнейших завоеваний биологии за истекший век, это сближение задач морфологии и физиологии, т. е. подчинение сферы наблюдения и описания сфере эксперимента и объяснения, мы, тем не менее, оставаясь на исторической почве, в дальнейшем изложении будем сначала придерживаться этого фактически еще существующего подразделения биологии на две области, отличные по содержанию и по методу его обработки.

II

Первая задача, представляющаяся морфологии, как и всякой отрасли знания, вступающей в стадию науки, — потребность так или иначе осилить громадный материал, подлежащий ее изучению, потребность какой бы то ни было систематизации, классификации. Эта задача в XIX веке коренным образом изменилась в своем содержании по сравнению с тем, чем она была в предшествующие века. Но начало этого коренного переворота, этой глубокой революции, составившей эру в истории естествознания, относится к концу XVIII века и замечательным образом совпало с эрой Великой французской революции.

В 1789 г. в Париже почти незамеченная в минуту всеобщего политического возбуждения появилась знаменитая книга Антуана Лорана Жюсье: «Genera plantarum secundum ordines naturalis disposita»[1]. Но такие умы, как Кондорсе, Ламарк, Вик д'Азир, поняли ее значение. В этой книге задача классификации в первый раз получила

[1] «Роды растений, намеченные соответственно естественному порядку».

совершенно новое, хотя и ранее подозреваемое значение. Явилась *естественная метода* классификации, как нечто противополагаемое *искусственным системам* прежних ботаников и зоологов. В искусственных системах, как это вытекает из самого слова, классификация является только *средством* для осуществления цели удобного способа группировки предметов, для легкого нахождения уже известного и для включения нового в ряды известных. Это были простые *каталоги* естественных предметов[1]. Они являлись продуктами человеческого ума, навязанными им природе. Организмы распределялись в них на основании возможно малого числа возможно наглядных признаков, как, например, в самой замечательной из них ботанической системе Линнея на основании половых частей цветка. Но по мере того, как благодаря этому удобному средству удалось предварительно осилить подавляющий фактический материал форм, стало обнаруживаться новое отношение к этому материалу. Сама классификация становилась *целью*; задача из чисто субъективной, зависящей от остроумия автора, стала превращаться в объективную: вместо изобретений того или другого легкого приема группировки живых существ выступал вопрос о раскрытии одной действительной, истинной, данной самой природой, т. е. естественной классификации. При разыскании этой не внесенной извне, а запечатленной в самой природе системы уже не ограничивались выбором того или иного признака, а стремились принять во внимание их совокупность, да и самые признаки, по меткому выражению Жюсье, *взвешивались*, а не *подсчитывались*. Словом, *естественная метода* (самое выражение «система», как указание на искусственность, первоначально избегалось) должна была раскрыть сложную сеть то более близкого, то более отдаленного сходства между существами — их *сродства*, как принято было выражаться, не придавая однако этому слову никакого определенного смысла. Жюсье также в первый раз последовательно провел идею *восходящей лестницы* существ, расположив растения в восходящем порядке, начиная с простейших (водорослей и грибов) и кончая сложнейшими (цветковыми).

Путь, указанный Жюсье, т. е. разыскание наиболее естественной, наиболее согласной с природой классификации, привлек и продолжает привлекать многочисленных ученых: стоит упомянуть имена Ламарка, Кювье, де-Кандоля, Эндлихера, Агассиса, Бентама и др. Зоологические и особенно ботанические классификации останутся навсегда образцами одной из необходимейших операций человеческого ума, составляющей первый шаг, первый приступ к строго научному исследованию в какой бы то ни было области знания. Отметим, что все эти попытки стремились дать только возможно верную картину действительности, не задаваясь вопросом о причине, почему она именно такова, почему она слагается из подчиненных в различных степенях черт сходства и различия, дозволяющих соединить ее в одно

[1] К сожалению, существуют и теперь еще ученые, не постигающие этой основной мысли, что искусственная система есть *средство*, как всякий каталог, а естественная система составляет сама по себе цель научного исследования.

обязательное для наблюдателя стройное целое, а не представляет расплывающегося хаоса форм, разнесенных по произвольным клеткам только ради удобства их нахождения и распределения. К тому же картина эта была в буквальном смысле слова *мозаичная;* ее части сливались в стройное целое только под условием рассматривания его на расстоянии. При более близком рассмотрении каждая отдельная и однозначная составная часть, каждая систематическая единица (так называемая *видовая* группа) представлялась как кусок мозаики, совершенно замкнутой, отдельной от ближайших с ней смежных. Таким образом, связь идейного целого как будто нарушалась в его реальных подробностях. Таков был общий результат естественной классификации органической природы, составляющей справедливую гордость биологической науки, но еще долго не удовлетворявшей, а скорее только раздражавшей умы более философские, т. е. более склонные к объяснению изучаемого, этой своей антиномией, — единством целого при разрозненности частей.

Вторым завоеванием века можно считать развитие *сравнительной анатомии (органографии* в ботанике). Хотя и она имела корни в XVIII столетии (стоит упомянуть деятельность Вик д'Азира), но возникла она во всеоружии в бессмертных лекциях сравнительной анатомии *Кювье*, первый том которых появился ровно в 1800 г. С одной стороны, сравнительно-анатомическое исследование растений и животных привело к тому же, но еще более общему выводу, к которому пришла классификация, именно, что даже различные с виду, но *соответственные* органы различных существ, равно как и различные органы тех же существ, могут представлять несомненное глубокое сходство строения, выражающееся в повторении тех же частей в том же числе, взаимном положении и порядке последовательности. В зоологии это всего полнее обнаружилось по отношению к строению скелета позвоночных, чем, как увидим, вскоре воспользовалась другая, вновь возникшая отрасль биологии. В ботанике оно выразилось в скромном по названию учении О. П. де-Кандоля *о симметрии цветка*, представлявшем стройную систему сравнительной анатомии этого важнейшего для классификации растений образования, и в учении о метаморфозе органов, высказанном уже Вольфом, но в своей настоящей форме навсегда связанном с именем Гете. Это учение показывало внутреннее сходство и взаимное превращение самых различных по внешнему виду органов растения. Результатом сравнительно-анатомических исследований явилась необходимость различать при этих сопоставлениях сходство, основанное на одинаковости служебной роли или отправления органов, и соответствие по положению, числу и взаимному отношению частей. Первые предложено было назвать строениями *аналогическими*, *вторые — гомологическими*. Но если смысл первого выражения был ясен, то содержание второго, как и слова *сродство*, оставалось без объяснения, а когда оно было найдено, самый термин было предложено заменить другим, более удачно выражающим обозначаемое им понятие.

На самом пороге века трудами того же Кювье скристаллизировалась в новую отдельную дисциплину и наука об ископаемых живых

существах — *палеонтология*. В начале века она почти исключительно развивалась на почве зоологии благодаря преобладанию у животных легко сохраняющихся твердых частей (скелета, раковины, чешуи и пр.). Позднее трудами Броньяра, Унгера и др. создалась и палеонтология растений, но она играла еще долго незначительную роль, и признавалось аксиомой, что растения, не производящие твердых, трудно разрушающихся частей, и не могли оставить по себе таких важных для науки следов, как животные. Но позднее, во второй части века и отчасти за его пределами, когда раскрылась возможность изучить микроскопическое строение минерализованных, окаменелых растительных остатков (Мерклин, Рено, Вильямсон, Сюард, Скотт и др.), роли почти поменялись, и мы увидим, что едва ли не самые поразительные обобщения выпали именно на долю палеонтологии растений. Общий результат палеонтологических исследований первой половины века был сходен с тем, который дали систематический и сравнительно-анатомический приемы исследования. Исчезнувшие с поверхности земли существа нашли себе место в общей системе; в более отдаленные эпохи геологической летописи преобладали формы более простые, но, по общему признанию ученых этой эпохи, эти ископаемые формы не заполняли промежутков между существующими и сами между собой не были связаны теснее, чем живущие видовые группы. Словом, антиномия общей связи целого и разрозненности частей, казалось, проявилась в мире исчезнувших, как и в мире современных существ.

Параллельно и почти одновременно с палеонтологией, наукой о распределении жизни во времени, возникла еще другая отрасль биологии — учение о распределении жизни в пространстве, т. е. *география растений и животных*. Гумбольдт, отправившийся накануне нового века (1799) в свое знаменитое путешествие в Южную Америку, вывез из Нового света и эту новую науку. Созданная Гумбольдтом на почве ботаники, она продолжала развиваться преимущественно на ней; рядом с именами Гумбольдта, Скау, де-Кандоля (Альфонса) и в новейшее время Гризебаха, Друде, Уарминга и Шимпера зоология, за исключением Форбеси и Уоллеса, едва ли может выставить одинаковые по значению.

Изучающему историю наук часто приходится убеждаться в том, что изобретение или правильное последовательное применение нового приема исследования, нового инструмента играют иногда не менее важную роль в развитии знаний, чем даже новая идея, новая теория. Нигде, быть может (не исключая даже астрономии), это не оправдывалось в такой степени, как в развитии биологии под влиянием широкого применения микроскопа. После почти двух веков своего существования, несмотря на успешные попытки одиночного, а иногда и строго систематического применения (вспомним Мальпиги и Грю), только в течение XIX века раскрыл он почти неистощимое новое поле плодотворного исследования, чему не мало способствовало его почти непрерывное техническое усовершенствование, начиная с Амичи в начале века и кончая Аббе в его конце. Рядом с усовершенствованием, конечно, играло несомненную роль и широкое его рас-

пространение благодаря все возрастающей доступности. Иногда высказывается мнение, что малые успехи, сделанные микроскопическими изучениями организмов в течение XVIII века, в сравнении с блестящим его дебютом в XVII веке зависели немало от авторитета Линнея, питавшего будто бы нескрываемое отвращение к этому инструменту. Но, быть может, в этом отрицательном отношении высказалась именно чуткость гения, понимающего логическую последовательность в развитии различных частей науки и угадывающего ближайшие задачи своего времени. Не подлежит также сомнению, что увлечение микроскопом, убеждение, будто изучение недоступных невооруженному глазу существ или подробностей строения составляет какую-то высшую сферу знания, имело и свою обратную сторону, отвлекая внимание исследователей от более глубоких вопросов физиологии и особенно от изучения жизненных явлений целых видимых без микроскопа организмов в их зависимости от условий их существования. Эта односторонность только во второй половине века под влиянием новых теоретических воззрений была восполнена возникновением того нового отдела науки, который получил название *биологии* в том новом неудачном смысле этого слова, о котором мы уже имели случай говорить выше. Но в свое время эта односторонность в увлечении микроскопическими исследованиями, как и односторонность Линнея, была, конечно, понятна и логична, почему и оказалась полезной.

Микроскопическое изучение организмов только подтвердило и еще более обобщило два положения, выработанные изучением макроскопическим, установив еще более глубокое сходство внутреннего строения всего организованного и наличность еще более простых представителей на границе двух царств, что еще более дополнило представление об органическом мире как едином целом, как о восходящей лестнице существ, начиная со стоящих почти на пределе организации.

Первым шагом в этом направлении изучения более глубокого строения организмов, совпадшим с началом века, были попытки Биша (его «Anatomie générale» вышла в 1801 г.) установить типы тканей, лежащих в основе разнообразных органов различных существ, — тканей, соответствующих основным физиологическим отправлениям. Этим основная задача морфологии — найти однообразие, лежащее в основе бесконечного разнообразия форм, — конечно, делала большой шаг вперед, но он был еще ничто в сравнении с установлением в конце 30-х годов Шлейденом и вслед за ним Шваном *учения о клеточке как элементарном органе всего живого*. Более счастливая, чем химия, в течение всего столетия оставшаяся при своих многочисленных элементах, биология сводила все бесконечное разнообразие своих строений к одному основному морфологическому элементу, и если сложные организмы оказались состоящими из миллионов этих элементов, хотя всегда начинались с одного, то нашлись и такие простейшие организмы, которые в течение всей своей жизни представлены только одним. Omne vivum e cellula [3]

[3] «Все живое из клеточки».

стало с той поры основным законом морфологии. Шлейдена вообще принято считать творцом учения о клеточке, оказавшегося столь богатым самыми плодотворными обобщениями. Но это едва ли справедливо, и уже, конечно, совершенно неверно приписывать эту заслугу Вирхову, получившему это учение готовым и только приложившему его к частной области патологии. Шлейден, красноречивый, страстный противник рутины и застоя, мог по праву сказать о себе, как некогда Бэкон, что он трубач, герольд, buccinator, возвещавший о появлении этого учения, но фактические данные, его обосновавшие, уже существовали ранее (Мирбель и др.). Немалую роль, например, сыграло исследование Гуго Молля, доказавшего, что сосуды, которые принимались за образования первичные наравне с клеточками, в действительности сами образуются из клеточек. Моллю же обязана наука дальнейшим морфологическим анализом того, что признавалось за клеточку; он установил значение одной составной части ее жидкого содержимого — протоплазмы, оказавшейся тождественной с основным веществом простейших животных — *саркадой* Дюжардена (1835). Эта *саркода-протоплазма* вскоре сосредоточила на себе внимание ученых (Макс Шульце и др.). Особенно, когда ботаникам удалось обнаружить организмы, представляющие большие накопления нагой протоплазмы — плазмодия де-Бари Ценковского [1] (у слизистых грибов). Уже не клеточка, а протоплазма была признана началом всего живого. Даже была сделана попытка найти залежи ее (невольно напоминавшие предвечную слизь, Urschleim немецких натурфилософов) на дне океана (Гексли, Геккель), что оказалось впрочем ошибкой. В представлении о протоплазме, как о чем-то однородном, индивидуальном, в этом ее ипостазировании, так же как и в находившихся в связи с этим воззрением столь же упорных, как и неудачных попытках приписать ей дальнейшую организацию, высказалась исключительная морфологическая точка зрения, только к концу века уступившая место более трезвому и простому (первоначально высказанному Моллем) воззрению на нее как на жидкость.

Гегемонии протоплазмы как основоначала всякой жизни явилась позднее конкуренция в другой составной части клеточки, — в ядре, открытом еще ранее (Робертом Брауном), выдвинутом вперед Шлейденом, но обратившем на себя особое внимание только с семидесятых годов, когда был открыт (в ботанике Чистяковым) сложный процесс, сопровождающий один из способов его размножения, поразительно сходный у растений и у животных (так называемый *кариокинетический* процесс). Стремлению к объединению, к упрощению на этот раз был нанесен удар: вместо одной все из себя родящей (в том числе и ядро) протоплазмы явились два существующих и преемственно из поколения в поколение передающих начала — протоплазма и ядро. С этим неразрешенным дуализмом вступает морфология в новый век, так как вопрос о возможности существования

[1] Следует вспомнить, что скромный труженик, мало известный ботаник Черняев, объяснил настоящий смысл этих интереснейших образований ранее этих двух знаменитых ученых.

у самых простейших организмов чего-то еще не диференцировавшегося, чего-то равного протоплазме + ядро, что вновь удовлетворяло бы стремлению к объединению, вопрос этот едва ли можно считать окончательно разрешенным в том или ином смысле.

Как бы то ни было, эти учения о тканях, о клеточке, о протоплазме, о ядре, в своем последовательном развитии охватившие весь век, дали самый могущественный аргумент в пользу морфологического объединения всего живущего, так как обнаружили глубокое сходство между наиболее крупными отделами этого целого — между царствами растений и животных.

Успехи, сопровождавшие изучение клеточки и ее основных составных частей (*оболочки* главным образом у растений и протоплазмы и ядра — у растений и животных), а с другой стороны, очевидно лавры, которые химики и физики стяжали в мире молекул, подали мысль, начиная с половины века, некоторым ученым пойти в своем морфологическом анализе еще глубже, даже за пределы видимого, и установить жизненные единицы более элементарные, чем клеточки. Но все эти попытки до сих пор можно считать неудачными. Первой наиболее разработанной и наиболее прославленной попыткою в этом роде была *теория строения* и роста растительного вещества, предложенная Нэгели. Сакс в своей истории ботаники провозглашал ее едва ли не самым блестящим завоеванием биологии в XIX веке, хотя более внимательное отношение к ней невольно вызывало сомнения[1], и время оправдало их, так как она оказалась неверной во всех своих фактических посылках. Ту же участь испытала и навеянная учением Нэгели попытка найти какое-то элементарное строение в протоплазме (Гофмейстер и по его следам целый ряд ботаников и зоологов). Как было уже замечено раньше, за последние десятилетия все более и более берет перевес представление о протоплазме как о смеси жидкостей (эмульсии), основные свойства которой (форма, принимаемая в свободном состоянии, деление, движение) просто вытекают из физических свойств этого агрегатного состояния (Бертольд, Квинке, Бючли и др.). Ту же участь, вероятно, ожидает и целый сонм ультра-оптических индивидуумов, которыми некоторые ученые (Дарвин, Нэгели, Вейсман, де-Фриз и др.) пытались будто бы объяснить, а в сущности только перефразировали в более темных выражениях факты наследственности, обратившие на себя во второй половине века особое внимание. Все эти попытки представляют собой только пережиток пользовавшихся таким широким распространением в XVIII в. теорий преформации, emboîtement и т. д. Как и тогда, эти попытки представляют примеры незаконного вторжения в область биологической динамики статического склада мышления морфологов, порожденного их навязчивым убеждением, будто форма объясняется другой, ей предшествовавшей формой, и если порывается связь видимых, то стоит только придумать ряд невидимых форм, и так до бесконечности.

---

[1] Я был первым, категорически высказывавшимся против нее, когда, еще она вызывала общий восторг ботаников.

Это приводит к рассмотрению еще одного ряда исследований, еще одного метода изучения, хотя и не вполне нового, но ставшего на твердую почву в самом начале рассматриваемого века и с той поры представлявшего одну из выдающихся черт в развитии биологической науки за этот период.

Во всех предшествовавших дисциплинах обобщение, установление сходства всего живого достигалось сравнением на почве все более и более глубокого изучения внешнего и внутреннего строения готовых, вполне развитых организмов. Рядом с этим методом сравнения «существующего» в первых годах столетия, благодаря гениальным исследованиям Карла Эрнста Бэра (и Пандера), выступает метод сравнения «образующегося», т. е. исследование организма в последовательных, от яйца, позднее от клеточки, стадиях развития, — открывается широкое применение метода *эмбриологии* или, правильнее, *истории развития* (позднее *онтогенезиса* Геккеля). Здесь слово история в первый раз принималось не в том неопределенном смысле, как в выражении естественная история, а в строгом смысле сопоставления фактов во времени, а не в пространстве. Эмбриология особенно развилась в области зоологии, и на долю русских зоологов выпала едва ли не самая выдающаяся роль (Бэр и Пандер в начале века, Ковалевский и Мечников — во второй). В применении к растению это направление нашло красноречивого защитника в том же Шлейдене, видевшем в изучении истории развития едва ли не главную задачу своего времени. Но должно отметить, что эта идея не только провозглашалась, но и применялась ранее, например Мирболем, лозунг которого voir venir призывал изучать организмы не только в их sein, но и в werden, начиная с первых клеточек.

Изучение истории развития на первых порах было наиболее плодотворно в применении к животным организмам: удалось установить широко распространенные общие черты развития, сходные стадии в процессе образования органов и целых систем (учение *о зародышевых пластах*[1], *гаструле* и т. д.). Черты сходства, не обнаруживающиеся на вполне развитых организмах, ясно выступают при сравнении более или менее ранних стадий развития (например, жаберные дуги зародыша человека, напоминающие жабры рыб). При этом обнаружился замечательный закон (позднее названный Геккелем *биогенетическим*), что ранние стадии развития более сложных организмов представляют глубокое сходство с развитым состоянием более простых. Ботаника на первых порах будто отстала в этом направлении от зоологии, зато позднее ей удалось представить едва ли не самый широкий и обстоятельно разработанный пример объединения наиболее резко между собой обособленных групп растительного царства на основании изучения их истории развития. Это *открытие* несомненно *самое крупное в области всей морфологии за истекшее столетие*, недостаточно известно в широких кругах, а имя

[1] Фаминцыным была сделана попытка распространить учение о зародышевых пластах на растения, но она оказалась неудачной.

ученого, его осуществившего, далеко не пользуется той славой, какой он заслуживает[1]. На самом перевале из первой половины века во вторую (1851) немецкий ботаник-самоучка Гофмейстер, изучив историю развития представителей главнейших групп растительного царства, указал на возможность установить морфологическую связь между двумя самыми большими подразделениями растительного царства — *«перебросить мост» из одного полуцарства в другое*, из полуцарства так называемых *споровых* растений в полуцарство *семенных* (или *цветковых*) растений.

Гофмейстер установил гомологию органов высших споровых и простейших семенных растений и указал, где у каких растений мы можем ожидать наиболее ясных указаний этой связи (именно у голосеменных, куда относятся саговые и хвойные). Высшие споровые растения оплодотворяются подвижными органами *антерозоидами* (совершенно сходными с *сперматозоидами* высших животных), — у семенных цветковых растений ничего подобного не было известно, но на основании исследования Гофмейстера стало ясно, где и у каких растений можно ожидать их найти, и они были найдены почти через полвека после появления исследований Гофмейстера, а весть об их открытии пришла из страны, в его время еще не приобщившейся к общечеловеческой жизни науки — из Японии. Японские ученые Икено и Гиразе, а вслед за ними американский ученый Уеббер открыли эти органы у саговых и хвойных, т. е. там именно, где их следовало ожидать по Гофмейстеру. Позднее они были найдены и у высших представителей цветковых растений (Навашин). Мало того, через несколько лет и уже за порогом века английские палеонтологи, в особенности Д. Скотт, один из блестящих представителей той школы микроскопической растительной палеонтологии, о которой мы упоминали выше, доказали, что некоторые из казавшихся самыми несомненными споровыми растений — некоторые папоротники каменноугольной эпохи — уже обладали органами, схожими с семенами. Таким образом предсказания Гофмейстера о связи между полуцарствами споровых и семенных растений оправдались вполне: нашлись семенные растения с антерозоидами, как у споровых, и споровые с семенами, как у семенных. И подтверждение пришло с двух совершенно независимых сторон, двумя совершенно самостоятельными путями — истории развития существующих форм и микроскопическим исследованием ископаемых. Это сбывшееся пророчество Гофмейстера[2] морфология XIX в. может смело выставить наряду с предсказанием существования Нептуна (Адамсом и Леверрье), предсказанием конической рефракции Гамильтоном, открытием новых химических элементов,

---

[1] Против такого отношения к этому открытию мне было сделано возражение, что самое выдающееся открытие — открытие клеточки. Но дело в том, что клеточку никто не открывал, открытие же, о котором идет речь, сделано определенным ученым и высказано на известных страницах известной книги.

[2] Как уже сказано выше, факт этот до того мало известен, что у историка биологии Томсона встречается фраза: «ни один биолог, конечно, не рискнет подвергать свое учение этой строгой пробе, не рискнет пророчествовать».

предсказанных Менделеевым, и высшим из всех — пророчеством Максвелла о тождестве света и электричества. Если возможность предсказывать является блестящей проверкой надежности избранного пути исследования, то биология в праве сказать, что ее сравнительный метод, особенно в форме сравнительной истории развития организмов, вполне доказал, какого он заслуживает доверия. Это заключение важно не только по отношению к самой биологии, но и потому, что метод этот начинает приобретать соответствующее ему значение и в следующей за биологией по сложности своих задач социологии. Успехи биологии подают надежду, что со временем и выводы социологии, быть может, достигнут такой же степени достоверности.

Если успехи всех отделов морфологии, уже ранее существовавших или вновь возникших, в течение первой половины века приводили к одному обобщению — к установлению основного, хотя нередко глубоко скрытого единства всего живого, несмотря на его безграничное разнообразие в частностях, то для этого основного факта не было предложено никакого удовлетворительного объяснения. Этот коренной шаг, этот переворот в основном мировоззрении, представляющий главное умственное приобретение века и осуществленный в его второй половине, удобнее будет оценить после знакомства с другим отделом биологии — с физиологией.

III

Если морфология стремится видеть в организме преимущественно строение, форму (об исключительном проведении этой точки зрения, как мы видели, не может быть речи), то *физиология* имеет в виду совершающиеся в них явления; в параллель с морфологией ее уместнее было назвать *феноменологией* живых существ. Она неизменно имеет в виду не *строение*, а *организацию*, не *часть*, *и орган*, т. е. орудие, исполняющее известную функцию, известное отправление. Следовательно, не просто явление, а и значение этого явления для существа, в котором оно совершается, — вот двойственная задача, которая отличает динамику организованных тел от простой динамики тел неорганизованных. Огюст Конт удачно выразил это так: задача физиологии двоякая: дан орган, — найти его отправление, дано отправление, — найти орган. Но тем не менее, как мы указали выше, первой и основной задачей физиологии является *объяснение* совершающихся в организме процессов, их подчинение законам, общим как для живых, так и для неживых тел.

Главной характеристикой успехов физиологии в смысле ее сближения с общими науками — физикой и химией — можно считать торжество в ней экспериментального метода, подчинение изучаемых ею явлений числу и мере, этому лучшему критерию вступления известной отрасли знания в область точной науки. Можно сказать, что все блестящие успехи физиологии были тесно связаны с распространением на нее и нередко талантливым усовершенствованием в применении к ее более сложным и более тонким задачам экспериментальных методов физики и химии. Здесь еще более оправдалось

правило, что открытие новых методов исследования нередко было источником более значительных успехов, чем провозглашение новой теории, нового толкования фактов.

Изучение отдельных отправлений различных органов, особенно таинственной нервной системы путем вивисекции, несмотря на лицемерные возгласы против ее применения, дало прежде всего возможность осуществить самую важную задачу разложения сложной и в своей сложности непонятной деятельности животного организма на ее отдельные функции. Без этого экспериментального *изолирования отдельных отправлений* физиология животных не сделала бы ни шага вперед и все стояла бы беспомощной перед загадкой непонятного целого. Параллельно с этим физиология растений целым рядом заимствованных у физики приемов могла *изолировать действия различных внешних факторов* (света, тепла, тяготения и т. д.) на растительные организмы, гораздо более им подчиненные, чем организмы животных. В свою очередь, целый ряд усовершенствованных физических приемов был применен к изучению механизма движений животного организма, явлений кровообращения, дыхания, мускульного сокращения и т. д., для чего Вебером, Гельмгольцем, Людвигом, Марэйем и др. был изобретен целый ряд остроумнейших так называемых *саморегистрирующих* и крайне чувствительных приборов (миограф, сфигмограф, атмограф и пр.). Даже нервная возбудимость, передающая веление человеческой воли и действующая «со скоростью мысли», оказалась вполне измеримой и даже не особенно быстрой (Гельмгольц). Явления, совершающиеся в темноте внутренних полостей тела, были в буквальном смысле вынесены на свет остроумными приборами, допустившими их освещение и удобное исследование, как, например, освещение пузыря, гортани (ларингоскоп Гарсиа), внутренности глаза (офтальмоскоп Гельмгольца). Изучение газового обмена в животном и растительном организме породило усовершенствование этой до той поры мало разработанной отрасли химического анализа (Реньо и Резе, Буссенго, Людвиг — Сеченов — Петенкофер и Фойт — Тимирязев). Спектроскоп нашел себе применение для изучения химизма крови (Стокс, Клод Бернар, Гоппе Зейлер) и хлорофилла (Тимирязев). Ускользающие от непосредственного наблюдения ничтожные колебания температуры растений стали измеряться изобретенными Дютроше термоэлектрическими иглами, позднее получившими широкое применение в физиологии животных. С этой целью, в особенности же для измерения лежащих в основе мышечной и нервной деятельности электрических явлений, гальванометр был доведен до небывалой степени чувствительности, едва ли не став в этом смысле предельным, каким только располагает экспериментальная наука.

Сопоставление того обширного арсенала орудий точнейшего исследования, которым располагает современная физиология в сравнении с чуть ли не единственным орудием — анатомическим ножом, которым она располагала в начале века, составило бы едва ли не самый наглядный памятник того, что успела она осуществить за истекшее столетие. Отметим еще, что это стремление подчинить

подлежащий ей фактический материал числу и мере начинает распространяться и на соседнюю с физиологией область — психологию, по крайней мере в тех ее частях, которые успевает подчинить себе физиология.

Физиология отличается тем от морфологии, что ее содержание представляется более однородным; если не желать распределить его по отдельным органам, даже довольно трудно установить общие принципы для основной группировки этого содержания. В физиологии животных давно предложено было деление отправлений на отправление жизни растительной, т. е. общие и животным и растениям, каковы питание, рост, размножение, и отправление жизни животной, т. е. явления движения и чувствования.

Во второй половине века явилось стремление к установлению общей физиологии тех и других организмов, но эта попытка дала интересные результаты только тогда, когда была осуществлена таким пионером физиологии животных, как Клод Бернар. Этот гениальный ученый сумел внести любопытные новые точки зрения в чуждую ему область физиологии растений. Попытка эта оказывалась совершенно бесплодной, когда за нее брались такие dii minores, как Гертвиг или Ферворн [1], ограничивающиеся перепиской в одну книгу того, что находят в двух.

Наиболее общую группировку сюда относящегося фактического материала можно сделать, конечно, только с точки зрения самых широких категорий явлений, совершающихся в живых организмах. Все бесконечное разнообразие *объективных* явлений живого организма может быть сведено к трем порядкам превращения — *к превращениям вещества, энергии и формы*. Процессы *субъективные*, представляющие внутреннюю обратную сторону физиологических явлений, поскольку их не удалось еще связать с их объективным субстратом, находятся пока в стадии подготовительной классификации и составляют область психологии в тесном смысле слова.

* * *

Благодаря относительной простоте задачи, понятно, нигде биология не сделала таких решительных успехов, как по отношению к первой проблеме, — по отношению к процессам превращения вещества. И здесь основная постановка вопроса была завещана предшествовавшим веком. Подчиняется ли вещество организмов тем же основным законам, состоит ли оно из тех же элементов, совершаются ли его превращения так же, как они происходят in vitro? Или оно состоит из совершенно особенного вещества, и превращения происходят совершенно непонятным образом, подражать которому человек не в состоянии в своих лабораториях? Все эти вопросы, на которые в начале века получились только самые безнадежные

[1] Так же неудачно притязание Ферворна на основание будто бы какой-то новой физиологии клеточки. Эта мысль не нова, за 50 лет до Ферворна ее пытался осуществить уже Молль. Она пока и неосуществима, так как не придумано еще ни весов, ни термометров, ни гальванометров для клеточек; осталась она неосуществленной и у Ферворна.

отрицательные ответы, в течение его удалось разрешить в положительном смысле. В начале века еще мог ставиться вопрос, откуда берется вещество растения: заимствуется ли из окружающей его среды или созидается самим растением, и, что еще удивительнее, в одном сочинении на эту тему, одобренном Берлинской академией, вопрос разрешался во втором смысле. Таким образом, физиология вступала в новый век еще с сомнением насчет приложимости к организмам двух основных законов Лавуазье — законов сохранения вещества и постоянства элементов. Совокупностью целого ряда исследований, в которых на первом месте следует поставить труды Сенебье, Соссюра, Буссенго и Либиха, и главным образом тех исследований, которые доказали, что самый важный свой элемент — углерод — растения черпают из воздуха, удалось поставить вне сомнения, что все свои элементы растения заимствуют из троякой среды, их окружающей, — почвы, воды и воздуха. Таким образом, выяснилось, что организмы подчиняются основным законам Лавуазье, а также определилась и химическая характеристика растения — в нем вещество неорганическое, минеральное, превращается в *органическое*.

Параллельно с этим установилось полное сходство этого последнего вещества в растении и в животных, между тем как в первые десятилетия господствовало, например, убеждение, что растение лишено азота, присутствие которого характеризует будто бы исключительно животное существо, причем становилось непонятным, как это заметил Огюст Конт, откуда же травоядные берут свой азот. Органической химии путем так называемого ближайшего анализа, значение которого было особенно выяснено Шеврёлем, удалось установить основные группы органических веществ, входящих в состав организмов. Были установлены три важнейших группы этих ближайших составных начал, оказавшихся весьма близкими в растениях и животных, именно *белковые вещества*, *углеводы и жиры*. Это состоящее из четырех или трех элементов и тем не менее бесконечно разнообразное вещество уже не было более тем таинственным, совершенно отличным от неорганического, каким оно представлялось в XVIII веке Бюффону. Но если установленный ближайшим и элементарным анализом состав органического вещества перестал быть тайной, то та же тайна продолжала в течение первой половины века облекать вопрос об образовании этого вещества из его элементов или из простейших тел неорганических. Самые выдающиеся химики той эпохи (стоит указать на Герара) исповедывали, что наука в состоянии разлагать, анализировать органическое вещество, но бессильна воссоздать его из продуктов анализа, бессильна *его синтезировать*. А защитники всего темного, непонятного, которые не переводились за все столетие, — *виталисты* — радостно добавляли: это тайна организма, тайна особой *жизненной силы*, подражать которой человек никогда не будет в состоянии в своих лабораториях. Этот и подобные ему факты нельзя достаточно часто напоминать, так как виталисты, в течение всего века неизменно вынуждаемые покидать свои позиции, провозглашаемые

ими неприступными, каждый раз, не смущаясь, прятались в новые траншеи, объявляя, что на этот раз их никогда из них не выбьют. Между тем уже в 1828 г. Велер осуществил *синтез* вещества, встречавшегося только в организмах, вырабатываемой животными организмами *мочевины*, но факт этот не был достаточно оценен современниками, хотя сам Велер знал ему цену. Как бы то ни было, учение о синтезе органических веществ из элементов как новая научная доктрина появилось в знаменитом сочинении Бертло — «Chimie organique fondée sur la synthèse»[1] в 1861 г. Все, что удалось осуществить с той поры в этом направлении, не оставляет никакого сомнения в том, что осуществление остального — только вопрос времени. Здесь, как и везде, наука шла строго логическим, систематическим путем от простого к сложному, — прежде всего был осуществлен *синтез жиров* (Бертло и др.), за ними — *углеводов* (или сахаристых веществ) Э. Фишером, а в конце века тот же Фишер приступил уже к самой сложной задаче — *синтезу белков*, и уже за пределами века стали доходить вести об его успехах на этом пути.

Тем не менее химия живых организмов долго продолжала представлять многое, не поддающееся объяснению. Целый ряд самых существенных процессов (например: растворение белков при их переваривании, превращение крахмала в сахар в солоде), воспроизводимых искусственно при помощи энергических химических деятелей или при высокой температуре, в организмах протекает в отсутствии таких тел и при обыкновенных температурах. Обширную категорию явлений брожения (например спиртового) даже вовсе не удавалось воспроизвести искусственно в лабораториях; они считались тайной микроскопических организмов. Но способ, которым первый ряд процессов осуществляется в организмах, был разъяснен, когда Пайен открыл осахаривающее крахмал вещество — фермент *диастаз* (1833), а вслед затем Шван нашел фермент желудочного сока *пепсин*. Реакции, известные до тех пор только в живом организме, стали получаться in vitro. Гораздо долее затянулось дело с объяснением явлений брожения. Открытие ферментов подало мысль, не будут ли явления брожения зависеть не от таинственной жизненной деятельности микроорганизмов как таковых, а от присутствия в клеточках веществ, подобных диастазу, пепсину и др. Два знаменитых ученых выступили защитниками двух противоположных взглядов. В пользу первого, *виталистического*, в значительной степени обоснованного его же трудами, выступил Пастер, в пользу второго, *химического*, выступил Бертло и на первых же порах подтвердил его своими опытами. Почти до конца века виталистический взгляд Пастера торжествовал. Спиртовое брожение оставалось тайной живой клеточки — дрожжей, пока Бухнеру (1897) не удалось разоблачить эту тайну, извлекши из дрожжей их фермент *зимозу*. И достиг этого он очень просто, — разрушив микроскопические клеточки перетиранием с песком (собственно с инфу-

[1] «Органическая химия, основанная на синтезе».

зорной мукой) и подвергнув затем сильному давлению гидравлического пресса. Извлеченный фермент уже без всякого участия таинственной жизненной силы вызывает брожение. Защитники витализма долго не могли опомниться от этого удара и все надеялись, что в этих разрушенных клеточках найдутся остатки таинственной жизни. Однако все их надежды были разрушены, и теперь блестящий опыт Бухнера демонстрируют многочисленной публике на выставках. Поражение витализма на почве органического синтеза совершилось на глазах поколения, теперь уже состарившегося, и молодые виталисты говорят, что старики перетрясают архивную пыль, но это второе решительное поражение случилось чуть не вчера, и его замалчивать уже не приходится. Учение о ферментах сделало еще один новый шаг вперед. До недавнего времени все реакции ферментов имели исключительно характер аналитический, т. е. представляли явления разложения сложных тел на более простые. Как происходит в организмах процесс обратный, т. е. синтез, превращение простых соединений в более сложные, оставалось тайной, пока английскому химику Крофту-Гиллю не удалось показать, что они могут происходить под влиянием тех же самых ферментов. Мы имели здесь дело с явлением химического равновесия; смотря по условиям, процесс может итти то в том, то в другом направлении.

Таким образом, сделавшее громадные успехи учение о ферментах представляется ключом к объяснению бесчисленных превращений органического вещества в живых телах. Многие уже начинают выражаться так, что в ферментах заключается химическая тайна жизни (Леб). Клод Бернар еще до последних открытий [1] говаривал, что фермент — четвертое условие жизни (первые три: вода, кислород и теплота). По своему химическому составу ферменты очень близки к белковым веществам или даже тождественны с ними. Появление фермента связано с наличностью нерастворимого так называемого *зимогенного* (ферментородящего) вещества, присутствие которого подозревают и в ядре. Мысль, что ядро может играть роль фермента, высказывалась даже таким осторожным мыслителем, как Клод Бернар. Если бы этой догадке (пока только догадке) [2] суждено было оправдаться, то, может быть, получилось бы химическое объяснение для указанного выше морфологического дуализма: протоплазма плюс ядро — одна представляла бы основной материал для получения всего бесконечного разнообразия веществ в организме, другое заключало бы условия для осуществления этой дифференцировки.

Если изучение состава и внутренних превращений органического веществ установило близкое сходство растительных и животных организмов, то изучение первоначального происхождения вещества у тех и других, т. е. процесса их питания, установило, быть может, самое коренное между ними различие. Животное зависит в своем питании от наличности уже готового органического вещества (других

[1] Впрочем он сам, повидимому, был на пути к ним, судя по оставшимся после него и обнародованным Бертло заметкам.

[2] Но зависимость известных химических процессов, например образования клеточки от ядра, несомненно доказанный факт.

животных или растений), растение же само вырабатывает его из неорганического вещества окружающей его среды. Эта неорганическая пища получается в форме жидкой или газообразной; пища животного, по существу, твердая[1]. Первые воспринимают пищу широко развитыми поверхностями (корней, листьев), у вторых она поступает во внутренние полости и перерабатывается ферментами. Изучение основного механизма питания устанавливает самую широкую черту различия между растением и животным, последствием которой являются чуть ли не все остальные.

Учение об осмотических явлениях, основание которому положил Дютроше (1835) и которое составляет гордость физиологии растений, так как в нем она опередила физику, позднее обобщенное Грэамом в учении о *диффузии*, установило эту коренную антитезу между питанием растения и животного. Пища растения состоит из *кристаллоидов* и газов, которые в силу своей способности к диффузии, сами проникают в растение, пища же животных — из *твердых веществ и коллоидов*, почти не диффундирующих, неподвижных. Отсюда пища растений сама идет ему навстречу, и растение может оставаться неподвижным, животное же, питающееся неподвижной пищей, должно итти ей навстречу. Отсюда безусловная необходимость движения для привлечения пищи, для перемещения в поисках за ней, для хватания, для борьбы или, наоборот, для уклонения, бегства, защиты от других таких же подвижных существ. Отсюда сложная система внутренних органов для помещения и переработки этих твердых веществ, система пищеварительных органов и желез, выделяющих ферменты. Отсюда развитие мышечной системы и служащего ей опорой скелета; отсюда система органов чувств, этих сигнальных аппаратов, направляющих движения; отсюда, наконец, всем руководящая нервная система с ее высшим проявлением — психикой. Мы видели, что физиология еще вначале пыталась установить в проявлениях животной жизни две категории: одну — общую с растением, другую — собственно свойственную животному, но, может быть, правильнее сказать, что эта вторая является только результатом коренного различия в процессах жизни растительной у тех и других. Как и всегда, справедливость этого правила подтверждается исключениями. Те растения, которые питаются животной пищей, представляют целую совокупность особенностей, не свойственных типу растения и приближающих их к животному типу. Таковы *насекомоядные растения*. Открытые еще в XVIII веке сюда относящиеся факты долго встречали сомнения и даже насмешки и только благодаря обстоятельным исследованиям Дарвина, в 70-х годах, стали одним из интереснейших предметов изучения для ботаников. Эти исследования показали, что в тех случаях, когда растения нуждаются в животной (главным образом в азотистой) пище, они вырабатывают целую совокупность органов и приспособлений, свойственных

[1] Излишне поясняя, что мы постоянно имеем в виду растение и животное как типы; существуют, как исключение, и растения (каковы, например, грибы), питающиеся органической пищей, и т. д.

животным, каковы внутренние полости, системы желез, выделяющие такие же ферменты; наконец органы хватания и приводящие их в движение органы раздражения.

К числу особенностей, отличающих питание растений, должно отнести еще замечательную экономию по отношению к азоту. Растение не выделяет его; у него не существует и органов для извержения продуктов разрушения белков, так широко распространенных в животном царстве. Быть может, это находится в связи с различиями процессов окисления, т. е. в связи с тем, что растения окисляют главным образом углеводы и жиры, а животные — также и белковые вещества.

Физиологии растений посредством применения *методов искусственных культур* (Буссенго, Кнопа, Гельригель) удалось в такой степени изучить явления питания, что в настоящее время эта глава служит одним из наглядных примеров того, в какой степени экспериментатор может подчинить своей власти жизненные явления, что является самым верным критерием успеха физиологии. Изменяя состав пищи, физиолог может управлять развитием растения; отказав ему в почти невесомых количествах одного вещества (солей железа), он может вполне остановить его развитие; изменяя количество другого (азота в форме селитры), строго пропорционально изменяет прирост, так что может вперед предсказать результат; наконец в опытах над простейшими растениями (плесенью) может в числах выразить количество ожидаемого прироста в зависимости от каждого питательного вещества. Эти последние опыты (принадлежащие Роллену), прием которых прямо заимствован из более ранних опытов над высшими растениями, почему-то стали более известными за пределами ботаники и, можно сказать, послужили образцом для целого ряда исследований над культурой простейших организмов.

Питание человека (и животных), начиная с знаменитого счастливого случая с канадским охотником, простреливщим себе желудок и тем не менее оставшимся живым (опыты Бомона, 1830), и кончая систематическими применениями таких фистул, особенно в блестящих опытах Павлова и его школы, выяснилось в значительной степени, несмотря на несравненно большую сложность этого процесса, в значительной степени подчиняющегося воздействию нервной системы.

Полный процесс питания в высших организмах, кроме принятия, переработки и усвоения пищи, еще предполагает ее распределение по всему организму. В высших животных эту роль исполняет сложная кровеносная система, управляемая сердцем. Изучение всего механизма кровообращения и его главного двигателя — сердца — стало предметом самых тщательных исследований (при помощи уже упомянутых ранее самопишущих приборов Вебера, Людвига и др.). Позднее те же приемы были успешно применены и к движению соков в растении (Вотчал). Но: Blut ist ein besonderer Saft, как говорит Мефистофель; она представляет не только ту общую, внутреннюю жидкую среду, через посредство которой питательные вещества разносятся к местам их потребления, она же определяет и те явления

окисления, которые проявляются в процессе дыхания. Если основание учению о дыхании было положено еще в XVIII веке классическими трудами Лавуазье и Лапласа, установившими широкое обобщение, сблизившее мир животных и не живых тел в смысле аналогии между дыханием и горением, то XIX век в значительной степени видоизменил это основное представление, показав, что этот процесс сжигания органического вещества совершается не в известных только органах (легких, жабрах, трахеях), казалось, исключительно для того предназначенных, а во всех тканях тела за счет кислорода, доставляемого артериальной кровью. В растении, не обладающем специальным органом для принятия и удаления газов, это понятие о повсеместном дыхании тканей естественно могло установиться ранее. Успехи приемов газового анализа, особенно со времени применения ртутного насоса в его простейшей (Буссенго) и более совершенной форме (Людвиг, Сеченов), а равно и спектроскопического изучения пигментов кровяных шариков в их отношении к газам (Стокс, Клод Бернар, Гоппе Зейлер), пролили значительный свет на химизм газового обмена организмов. Подробное изучение дыхания растений позволило установить почти полную аналогию этого процесса в обоих царствах. Что касается тех веществ, которые окисляются, то по отношению к растению — это главным образом углеводы и жиры, в организмах же животных в значительной степени подвергаются окислению и белковые вещества. Этим объясняется уже отмеченный факт значительной траты азотистого вещества (в виде мочевины, мочевой кислоты и пр.) в животном организме и замечательная экономия в этом направлении растения.

* * *

Явления траты и разрушения вещества в организме невольно наводят на размышления о том, что же выигрывает он от этой траты, и приводят нас к рассмотрению второй великой проблемы, поставленной и в значительной мере разрешенной физиологией в минувшем столетии, — к проблеме *превращения энергии*. Этот переход не случайный; он, как увидим, объясняет самый факт возникновения этого физического учения на почве физиологии.

Понятно, что выработанное в процессе питания вещество служит на пользу организму, когда идет на построение его тела, его тканей. Но в чем же заключается польза веществ, разрушенных организмом, когда к тому же продукты разложения извергаются (углекислота, вода, мочевина и пр.)? Удовлетворительный ответ на этот вопрос дало открытие около середины века закона, по словам Фарадея, «высшего из всех доступных человеческому пониманию в области физических знаний, — закона сохранения силы», или, по позднейшей терминологии, закона *сохранения энергии*. Следует отметить, что и на этот раз (как при открытии явлений осмоза) первым толчком послужило размышление над физиологическим явлением, желание объяснить себе значение процесса окисления, разрушения вещества в живом организме. В 1840 г., до той поры совершенно

неизвестный немецкий медик Роберт Майер, пуская кровь одному пациенту на острове Яве, заметил, что цвет крови был более алый, чем он привык видеть в Европе. Отправляясь от этого, казалось бы, ничтожного наблюдения, он пришел в результате своих размышлений к заключению о существовании закона сохранения энергии, значение которого для науки XIX столетия справедливо сравнивают с законом Лавуазье, законом сохранения вещества, составлявшем самое широкое научное обобщение науки XVIII века. Творцы этого физического учения, Майер и Гельмгольц, оба были физиологами и отъявленными врагами витализма; для них оно было особенно ценно тем, что не оставляло места для этой таинственной жизненной силы. Все проявления энергии в организме должны быть прослежены до какого-нибудь известного ее физического или химического источника; ни одна единица механической работы, ни одна *калория*, так же как ни один атом вещества, не может быть создана этой таинственной силой [1]. Мышечная работа, животная теплота происходят за счет потенциальной энергии, заключенной в органическом веществе, принятом в пищу. Но эта потенциальная энергия органического или, выражаясь определеннее, растительного вещества (так как всякая пища происходит из растения), откуда берется она в свою очередь? Содержащее запас потенциальной энергии вещество растения происходит из неорганического вещества, его не содержащего,— из углекислоты воздуха, следовательно, процесс запасания, поглощения энергии совпадает с моментом перехода неорганического вещества в органическое. Еще в исходе XVIII столетия было выяснено, что процесс разложения углекислоты происходит только под влиянием солнечного света (Ингенгуз, Сенебье). Этого было достаточно, чтобы высказать предположение, что солнечный свет [2] и есть тот источник энергии, который запасается растением и затем расходуется как им самим, так и в еще большей мере животным миром. Но Р. Майер находил, что этого мало, и предъявлял науке своего времени требования «доказать, что свет, падающий на живое растение, действительно получает иное назначение, чем тот, который падает на мертвые тела». Это доказательство и было доставлено физиологией растений (Тимирязев). Определив поглощение света *хлорофиллом* (его спектр), изучив *разложение углекислоты зеленым листом в солнечном спектре* и соответствующее этому разложению *образование органического вещества* (крахмала), удалось показать, что именно эти лучи, поглощаемые зеленым листом, преобразуются в химическую работу превращения неорганического вещества в органическое [3]. Таким образом, выяснилась во всех подробностях самая широкая, самая общая, можно сказать, *космическая функция*

---

[1] Р. Майер напоминает, что в его время существовали физиологи, учившие, что животная теплота наследуется.

[2] Вернее, лучистая энергия солнца, так как двусмысленность слова свет не мало тормозила успехи изучения самого явления.

[3] Немаловажное содействие пониманию этой функции растения оказали параллельные успехи фотографии. Функция хлорофилла оказалась только частным случаем действия так называемых *сенсибилизаторов*.

растения — его роль посредника между центральным светилом нашей системы и жизнью на нашей планете.

Функция *хлорофилла*, зеленого начала растений, совершенно противоположна функции *гемоглобина*, красного пигмента крови, и это тем более любопытно, что позднейшие исследования (Ненцкого) показали химическую связь этих двух важнейших веществ в экономии растений и животных, что делает возможным их общее происхождение и служит новым связующим звеном между двумя царствами.

Хотя еще Лавуазье и Лаплас производили свои классические опыты над животной теплотой, помещая животных в калориметр, но только с возникновением учения о сохранении энергии задача представилась во всей ее полноте, а благодаря усовершенствованию экспериментальной стороны дела явилась возможность осуществить такие опыты не только над животными, но и над человеком, и притом как в состоянии покоя, так и производящими мышечную работу. С другой стороны, точно установлены калорические эквиваленты пищевых веществ, и, таким образом, явилась возможность подсчитать баланс между приходом и расходом энергии в организмах (Гирн, Атвотер). При оценке источников энергии в организме пришлось, кроме процессов окисления, принять во внимание и целый ряд других процессов, имеющих то общее, что все они реакции *экзотермические* (Бертло), т. е. сопровождаются освобождением тепла. Самым типичным из них служит спиртовое брожение, оказавшееся широко распространенным, а не исключительно присущим дрожжевому грибку. Туда же пришлось отнести процессы образования азотистой кислоты при нитрификации и еще более неожиданные процессы окисления серы и железа, вызываемые так же, как и нитрификация, микроорганизмами (Виноградский). У типичных растений соответственно их неподвижному образу жизни и процесс превращения потенциальной энергии в кинетическую оказывается ничтожным в сравнении с животными, вследствие чего для обнаружения избытка температуры растений над окружающей средой понадобился чувствительный прием термоэлектрических игл (Дютроше) или столбиков, позднее примененный и к измерению колебаний температуры в тканях животных и человека, начиная с мышц и кончая головным мозгом.

Необходимость движения — результат, как мы видели, способа питания — обусловливает у животных развитие характерных для них и отсутствующих у растений систем — *мышечной и нервной*. Системы эти соответствуют тем отправлениям, которые справедливо предлагали называть жизнью животных по преимуществу. Зачатки способности к движению встречаются у простейших представителей обоих царств и в этой форме сохраняются и у высших (движение амеб, зооспор, протоплазмы, антерозоидов, сперматозоидов). Эти движения, по большей части очень медленные (их кажущаяся быстрота зависит от увеличений, при которых они наблюдаются), резко отличаются от тех быстрых движений, которыми высшие животные благодаря своей мышечной и нервной системе отвечают на внешние

возбуждения. Высшие растения представляют только редкие случаи подобной быстрой реакции, подобной отзывчивости на внешние толчки (мимоза, мухоловка, тычинки барбариса, сложноцветных и т. д.), и самый механизм движения и его передачи совершенно иного свойства, чем у животных. В наилучше изученном случае (у мимозы) он сводится на *видимое* выталкивание воды из клеточек, вызывающее ослабление напряжения и соответственное спадание тканей, за которыми следует медленное их возвращение к нормальному состоянию [1]. Передача возбуждения также совершается (у мимозы) посредством гидростатического давления в системе трубок, напоминающей воздушный звонок и не имеющей даже отдаленного сходства со сложным механизмом мышечного сокращения под влиянием нервного раздражения.

У растения мы не имеем ничего, подобного мышечной системе животных, почему и понятно, что в ботанике нет ничего соответствующего так совершенно обработанной главе физиологии животных — главе о движениях. Вооружившись самыми совершенными способами исследования (от миографа Гельмгольца до моментальной фотографии Маррея), физиологи изучили во всех подробностях эту функцию как с точки зрения *механизма* (и химизма) отдельной изолированной *мышцы*, так и в применении к сложным явлениям *передвижения* (локомоции) целого организма или тончайшим движениям, определяющим явления *голоса* и *речи*. Если этого предмета по самой природе организмов не существует в физиологии растений, то ей, в свою очередь, удалось несравненно подробнее изучить те явления, которые хотя и являются у ней общими с физиологией животных, но настолько типичны для нее, что связаны с самим словом растения, — явления *роста*. Но эти совершенно своеобразные явления, которые, по какой-то непонятной причине, немецкие ботаники за последнее время стали смешивать с явлениями движения, более уместно рассматривать при обсуждении третьей категории явлений — превращений формы [2].

Быть может, еще более блестящей победой экспериментального метода являются необычайные успехи за истекшее столетие в изучении самой сложной задачи физиологии — в изучении нервной системы. По мере усложнения организации эта система более и более подчиняет себе и регулирует все то, что совершается в организме, усложняя тем возможность осуществления основного условия всякого успешного исследования — изолирования отдельных функций.

---

[1] Отдаленное сходство с движением мышц, может быть, найдется в том, что и их сокращение сводится (Энгельман) к невидимому перемещению воды в элементах мышечного волокна. Дальнейшая аналогия обнаруживается в сопровождающих те и другие движения так называемых отрицательных колебаниях электрического тока (Бурдон—Сандерсон). Как бы то ни было, объяснения нужно ждать от сравнения сложных явлений с простейшими и уже ни в каком случае не из области психологии, как это думают некоторые немецкие и русские *фитопсихологи*.

[2] Всякому понятно, что построить дом и переносить его с места на место — нечто совершенно различное. Неизвестно, почему смешение этих понятий понадобилось немецким ботаникам и по их примеру и философам (Мах).

отдельных процессов, без чего немыслимо их понимание, а еще менее их подчинение воле человека [1]. Но эта сложность задачи делает почти невозможным сколько-нибудь обстоятельное ее изложение в пределах этого краткого очерка. Скажем только, что, отправляясь от отметившего начало века открытия Чарльза Белля, положившего основание всей современной нервной физиологии, и кончая позднейшими успехами в области локализации функций головного мозга, наука победоносно применяла (менее симпатичное в области политики) правило divide et impera [2]. Результатом применения этого правила, успешностью своей все более и более поощрявшего смелость исследователей, являлось все более и более уверенное их отношение к основной задаче, перед которой беспомощно остановилась наука в то время, когда все в организме представлялось ей результатом всем заправлявшей, своевольной деятельности одного нераздельного жизненного начала, седалище которого искали то в желудке (архей Ван-Гельмонта), то в известной части головного мозга (Декарт) и т. д. Другим плодотворным руководящим принципом было строго научное отношение к концевым аппаратам, подающим организму вести из внешнего мира, к органам чувств, как к определенным физическим приборам. Исследования Гельмгольца в области *физиологии зрения и слуха* составили едва ли не самую блестящую страницу экспериментальной физиологии и останутся надолго трудно досягаемыми образцами.

Открытие Чарльза Белля (1811), формулированное им в законе, что *передние корешки спинномозговых центров двигательные, а задние — чувствительные*, положило основание общей схеме нервной системы, наглядно сравниваемой с значительно позднее изобретенным электрическим телеграфом, с его центральной станцией, получающей и отправляющей телеграммы. Несколько позднее исследования Маршаля Голля установили понятие об отраженных движениях или рефлексах, т. е. движениях, непосредственно следующих за раздражением и хотя с виду вполне целесообразных, но совершающихся роковым образом, без участия органа сознания и воли. Эти блестящие первые шаги английских ученых в новой области нервной физиологии затем, по непонятной причине [3], задерживаются, и центр движения перемещается во Францию. Дюшен основывает то, что он метко назвал «анатомией на живом теле», т. е. систематическое изучение функций отдельных мускулов посредством местного раздражения электричеством. Мажанди продолжает исследования в направлении, начатом Беллем, и доводит искусство вивисекции до высокой степени. Флуранс открывает свой noeud vital (жизненный узел), нервный центр, управляющий дыхательными движениями.

---

[1] Успехам физиологии нервных центров много способствовали и успехи их микроскопического исследования. Итальянскому ученому Гольджи и испанскому Рамону Кайал удалось пролить свет на их сложное строение.

[2] Разделяй и властвуй.

[3] Весьма возможно, что здесь сыграла известную роль та борьба, которую английским физиологам еще и долго после того приходилось выдерживать против общественного мнения, осуждавшего вивисекцию.

Клод Бернар продолжает дело Мажанди и открывает свой знаменитый сахарный укол, т. е. нервный центр, одно прикосновение к которому иглы вызывает выделение сахара печенью Еще позднее главный очаг научной деятельности как в этой, так и других областях физиологии перемещается в Германию. Родившийся с веком, Иоганн Мюллер (1901) мог бы быть признан наиболее всеобъемлющим умом в области физиологии, если бы к той же области не принадлежал, хотя только половиной своей деятельности, универсальный гений Герман Гельмгольц. Иоганн Мюллер был центром физиологической школы, насчитывавшей такие имена, как Гельмгольц, Эмиль дю-Буа Реймон, Брюкке, Шван, Вирхов и др. Эта школа навсегда положила конец тому виталистическому и натурфилософскому направлению, которое тормозило успехи немецкой науки в начале века. Как широко смотрел И. Мюллер на задачу физиологии, видно из следующих слов: «Душа — только одна из форм жизни, составляющих предмет физиологического изучения. Учение о жизни души — только часть физиологии в широком смысле слова. В более узком смысле его называют психологией. Но то, что пока обыкновенно называют психологией, относится к будущему учению о душе так же, как и обыкновенное физиологическое описание отправлений и функций относится к истинной научной физиологии». Введение к «Физиологии человека» И. Мюллера, так же как еще более знаменитое введение к «Исследованиям над животным электричеством» его ученика Эмиля дю-Буа Реймона, служило как бы исповеданием веры германской физиологической школы в период ее блестящего развития. Дю-Буа Реймону наука обязана тончайшей разработкой методики одного из важнейших отделов физиологии — электрофизиологии.

Подобно тому, как Дюшен когда-то в электрическом раздражении нашел прием для основания анатомии мышц на живом теле, применение этого же метода электрического раздражения доставило (параллельно с прежним удалением частей) новое средство для изучения локализации отдельных центров нервной деятельности, вплоть до изучения локализации психической деятельности в полушариях головного мозга (Ферьер, Фритш, Гитциг и др.), чем был положен конец долго господствовавшему учению Флуранса о единстве деятельности этого органа. Любопытно отметить, что локализация психических функций в начале века горячо отстаивалась мыслителем, к которому многие ученые новейшей формации позволяют себе относиться с ничем не оправдываемым высокомерием. Огюст Конт, как позднее И. Мюллер, настаивал на том, что научная психология может быть только главой физиологии и что при изучении функции головного мозга задача физиологии прежде всего та же, что и в других ее отделах: дан орган, — найти отправление; дано отправление, — найти орган, откуда на первый план выступает задача о локализации психических функций. Едва ли не самым глубоким исследователем в области научной психологии был Сеченов, не останавливавшийся перед самыми сложными вопросами и приступавший к их разрешению с той осторожностью ученого и проницательностью мыслителя, об отсутствии которых у современных ему физиологов сетовал

И. Мюллер и которые вновь начинают встречаться у некоторых ученых новейшей формации. Такова, например, совершенно неудачная попытка некоторых ученых извратить законную последовательность развития знаний и даже логическое содержание понятия *объяснение* — попытка искать объяснения физиологических явлений в психологических, чисто словесных толкованиях. В самой уродливой форме попытка эта выразилась в возникновении так называемой психологии растения, призывающей чувство, сознание, память, волю, словом, все факторы самой сложной нервной организации, для объяснения явлений (например, роста), вызываемых действием внешних физических факторов на организм, лишенный нервной системы.

Если попытку найти органы чувств у растений следует признать вполне неудачным сближением, то обратно, главу *об органах чувств у животных* после той обработки, которую они получили в двух бессмертных трудах Гельмгольца, должно признать самым совершенным отделом физиологии, приближающим ее к ее идеалу, т. е. к физике живых тел. По отношению к зрению физиологии удалось даже проникнуть в химический (зрительный пурпур Болля и др.) и физический (электрические явления) субстрат, составляющий объективную сторону световых впечатлений. Быть может, нигде целесообразность строения не достигает такой изумительной степени совершенства, как именно в органе зрения, и если Гельмгольцу и удалось показать, что в этом наиболее совершенном органе существуют недостатки, которые современный оптик поспешил бы исправить в своем инструменте, то тем не менее и в этом случае основная загадка, каким образом могли возникнуть эти изумительно прилаженные к своему отправлению органы, оставалась во всей своей силе. И поэтому именно Гельмгольц, этот, быть может, наиболее глубокий и всеобъемлющий ум, которым мог гордиться XIX век, в самых определенных выражениях[1] приветствовал появление учения другого великого мыслителя, принесшего разрешение этой загадки, первое удовлетворительное ее разрешение с той теряющейся во мраке времен поры, когда человек стал впервые над ней задумываться. И. Мюллер не дождался этого: он умер за год до появления книги Дарвина, оставив, как мы увидим, самое красноречивое свидетельство полной беспомощности науки его времени перед этой задачей.

Мы переходим, таким образом, к рассмотрению третьей категории явлений, совершающихся в организмах, — явлений *превращения формы*. До сих пор мы рассматривали форму с морфологической, статической точки зрения. Но *форма есть в то же время явление*, если ее рассматривать с точки зрения ее происхождения, точки зрения по существу динамической. Установление этой точки зрения составляет, быть может, самое важное завоевание биологической науки

[1] «Дарвин внес в науку существенно новую творческую идею. Он показал, что целесообразное строение организмов может являться результатом действия естественных законов».

за истекший век. Отсюда понятно, что последнее слово в морфологии остается за физиологией. Морфология, становясь рациональной, поглощается физиологией. Непонимание этого основного положения породило те реакционные течения мысли, которые отметили в Германии последние десятилетия века[1].

Задача о форме как явлении представляется в двояком виде: с точки зрения течения этого формообразовательного процесса, т. е. причин, его обусловливающих в единичном случае, и с точки зрения общего результата, осуществляемого этими процессами, т. е. всех тех совершенных, целесообразных форм, которые до половины века вставали перед человеком настойчивым, неразрешимым вопросом.

Рассмотрим сначала первую из этих задач. Может ли наука достигнуть по отношению к превращению формы таких же результатов, как и по отношению к превращению вещества и энергии, — может ли она в такой же мере подчинить своему экспериментальному искусству процессы первой категории, как уже успела это по отношению к двум последним? Можно смело ответить, что успехи физиологии в этом направлении дают нам право сказать, что ей уже удается *лепить* органические формы, что рядом со старой *морфологией анатомической, описательной*, народилась *морфология физиологическая, экспериментальная*, — в этом подчинении одного отдела знания другим является одна из характеристических черт объединяющего движения биологии[2]. Еще в конце 60-х годов такой гениальный экспериментатор и строгий мыслитель, как Клод Бернар, указывал на коренное различие задач морфологии и физиологии и не допускал возможности подчинить первые экспериментальному методу второй. Это до известной степени понятно, потому что движение это началось и дало лучшие плоды на почве ботаники, что, в свою очередь, объясняется тем, что науке о растении естественно удалось глубже заглянуть в явления роста, лежащие в основе процессов развития и формообразования. С одной стороны, присутствие твердой оболочки сообщает клеточкам и тканям растения более определенные геометрические формы и облегчает изучение их роста: отсюда удалось проникнуть в подробности этого процесса (Молль, Диппель, Ноль, Клебс и др.), удалось установить закономерность в первоначальном порядке заложения клеточек в точках роста (Нэгели), удалось заглянуть в самый механизм этих процессов, исходя из законов осмоза (Траубе, де-Фриз, Пфеффер и др.) и поверхностного напряжения жидких пленок (Ауэрбах, Еррера и др.) С другой стороны, рост у растения находится в гораздо более тесной зависимости от внешних физических факторов: *воды, тепла, света, тяжести, механи-*

---

[1] Так, например, О. Гертвиг в своей речи «Развитие биологии в XIX в.» утверждает, что односторонность химико-физического направления физиологии будет исправлена каким-то *анатомо-биологическим* направлением. Анатомия *объясняющая* физиологию! Может ли смешение понятий итти далее этого. Не правильнее ли сказать: анатомия открывает новые факты, ожидающие физиологического объяснения.

[2] Это положение развито мною еще в 1878 г. и подробнее в 1889 г. (см. мой сборник *Насущные задачи современного естествознания*, Москва 1904).

ческого натяжения и т. д., а в силу общей неподвижности растений действие этих факторов имеет вполне определенные пространственные отношения, определяя направление роста, а отсюда и формы органов (Герберт Спенсер). Первый толчок к этого рода исследованиям был дан в самом начале века А. Найтом (1806) по отношению к действию земного притяжения, а А. П. де-Кандолем — по отношению к свету. Позднее этого рода исследования составили одну из обширных глав физиологии растений. Дютроше, Гофмейстер, Сакс, Франк и др. развили учение о действии силы тяжести; А. де-Кандоль, Сакс, Мюллер и др. — о действии температуры; де-Фриз, Веск, Визнер, Кооль и др. — о действии воды и ее испарении; Сакс, Визнер и др. — о действии света и т. д. Дарвин обнаружил крайнюю чувствительность некоторых органов (ростков злаков) к свету и тот факт, что место органа, в котором изменяется направление роста, может не совпадать с местом действия света и тяжести. Обнаружилось также, что изменения в направлении роста могут не совпадать и во времени с действием внешних факторов, а запаздывать и обнаруживаться уже по миновании прямого их действия (конечно, в силу уже вызванных ими внутренних изменений). Эти последние категории фактов, к сожалению, привели многих ботаников к совершенно неудачному представлению, будто в явлениях роста внешние условия действуют не как непосредственные факторы (источники энергии), а лишь как стимулы какой-то нервной или даже психической деятельности при помощи воображаемых органов чувств. Эта аналогия неудачна в самой своей основе, так как для нее именно нет почвы в животном организме, где при несомненной наличности органов чувств и психики не установлено зависимости от них явлений роста. Что же сказать о растении, где и то и другое приходится еще изобретать[1]. Вооружившись не такими фантастическими толкованиями, а прочными фактами, добытыми относительно зависимости роста растений от внешних факторов, целый ряд ботаников (Леваковский, Визнер, Фехтинг, Бонье, Константен и др. и в последнее время особенно Клебс) положил основание тому, что я предложил (1889) назвать экспериментальной морфологией, т. е. той отрасли физиологии, которая отвечает на третий и самый сложный вопрос — о превращении форм. Не вдаваясь в подробности, можно сказать (как я это высказывал в 1889 г., а Клебс недавно развил подробнее), что физиологу уже удается воспроизводить по желанию такие видоизменения, которые равнозначащи видовым признакам, и что нет почти такого видового признака, появление которого не удавалось бы

[1] Так, например, исходя из того факта, что некоторые твердые тела (крахмал) при поворачивании клеток падают на их дно, заключают, что это — органы, ощущающие действие силы тяжести и соответственно направляющие рост других частей. С таким же правом можно было бы признать за орган чувств песочные часы. С другой стороны, для установления аналогии этого органа с подобными органами животных (статоцистами) недостает самой малости — доказательства существования у растений воспринимающего концевого аппарата, промежуточной нервной системы и сокращающейся мышцы, т. е. совокупности всего того, из чего слагается этот механизм у животных.

в том или другом случае вызывать произвольно. Это направление наука XIX века завещала XX.

Хотя зоологи и пытались подражать в этом отношении ботаникам (Давлипорт, Морган), но до сих пор им не удалось собрать такого числа и таких поразительных фактов, как ботаникам; зато у них есть другая область, в которой они опередили их, — это область, получавшая различные названия: *экспериментальной тератогении* (Дарест), механики развития (Ру и др.), *эмбриональной трансплантации* (Борн и др.) или наконец вообще *физиологической* или *экспериментальной эмбриологии*. То, что ботаники проделывали над развитыми растениями (редко над зародышами, Ван-Тигем), зоологам, правда в значительной части случаев в более грубой форме, удалось осуществить над зародышами. Я говорю в более грубой форме, так как на первых порах дело ограничивалось вивисекцией зародышей, разрезанием их на части, сращиванием частей различных зародышей, раздавливанием их, сплющиванием и вообще гораздо более резкими воздействиями (Гертвиг, Леб), чем те соразмеряемые влияния физических и химических условий существования, регулированием которых ботаники могли достигать вполне нормальных и определенных результатов. Во всяком случае уже одна возможность таких смелых вторжений в нормальный ход развития, совершенно неожиданная живучесть целых зародышей и независимость их частей дают повод ожидать от этой частной, но столь важной главы экспериментальной морфологии самых важных результатов.

То, что дала и еще обещает дать экспериментальная морфология, очевидно, относится к области разъяснения формообразовательного процесса в отдельных индивидуальных случаях. Из-за этого частного вопроса выдвигается, как мы сказали выше, другой, более широкий, охватывающий весь органический мир, вопрос: почему в общем результате этих индивидуальных процессов являются формы, неизменно несущие печать совершенства и целесообразности? Этот вопрос одновременно охватывает всю совокупность морфологии и физиологии, но для его разрешения недостаточно тех данных, которые дают сравнительное наблюдение морфолога или экспериментальное исследование физиолога; для этого мало изучения развития отдельных форм; необходимо привлечь соображения иного порядка; необходимо раскрыть процесс развития всего органического мира как целого.

Огюст Конт делит свою биологическую статику на *анатомию*, или статику отдельного организма, и *биотаксию*, или статику органического мира как целого. Теперь является потребность рядом с *физиологией*, т. е. динамикой индивидуума (хотя бы и сравнительной), установить недостающую в его системе динамику органического мира *как целого*, т. е. *биодинамику*[1], к рассмотрению которой мы и переходим.

---

[1] Я предложил этот термин в 1890 г. в своем курсе «Исторический метод в биологии».

IV.

Самые широкие обобщения всех отделов морфологии, как мы видели, совершенно согласно, и притом идя вполне независимыми путями, приводили к заключению о единстве всего органического мира. Замена искусственных классификаций естественной системой и именно естественной системой, а не системами, так как по самой своей идее такая система может быть только одна, та, которая выражает реальный факт действительности, эта замена привела к установлению понятия *о сродстве* всего живого. Мы видели далее, что сравнительно-анатомическое изучение привело к установлению понятия *о гомологичности*, т. е. о глубоком внутреннем сходстве в строении частей, по своему внешнему виду или по отправлению различных, что еще более подтверждало это представление о *сродстве* всего *живого*. Рядом с этим палеонтология убеждала, что не только все живущее, но и все жившее население земли, появлявшееся без связи с предыдущим и бесследно исчезавшее, тем не менее связано самыми несомненными чертами того же таинственного *сродства*. География организмов, в свою очередь, учила о сходстве, *о сродстве* существующих населений там, где можно было предполагать их непосредственное соприкосновение, и их различие в тех случаях, где между обитаемыми ими областями нельзя было предположить непосредственного сообщения. Еще шаг далее сделала эмбриология, или история развития, в особенности с появлением учения о клеточке как исходном начале всего живого; она указала на еще более глубокое сходство между стадиями развития высших форм и законченными формами низших типов; она установила сближение между степенями в развитии единичных форм и теми степенями усложнения, которые пыталась выразить своею восходящей лестницей существ естественная система, — сближение, снова сводившееся к тому же понятию *сродства*.

Невольно возникал вопрос, что же такое наконец это таинственное *сродство*, эта связь, это единство всего живого? Самое простое, самое естественное объяснение, конечно, состояло в том, что это *сродство — прямое родство*, эта связь, это единство — кровная связь, единство происхождения. И однако против этого простого объяснения, навязываемого уму всей совокупностью быстро накоплявшихся данных всех отраслей биологической науки, восставало подавляющее большинство ученых, и, что еще важнее, — так как в науке одно большинство не имеет никакого значения, — те именно из них, которые, казалось, сделали всего более для торжества этой идеи (Кювье, Бэр, Агассис, Оуэн и др.). Причиной тому были препятствия, совершенно независимые и весьма различные по своему содержанию и объему. Первое препятствие заключалось в теологическом мировоззрении, в еврейской космогонии, от авторитета которой не могли отрешиться даже сильные и в других направлениях свободные умы.

Второе препятствие было характера философски-метафизического; оно заключалось в невозможности объяснить себе естественным путем происхождение тех целесообразно построенных совершенных

форм, которые представлялись загадкой и служили самым верным и позднейшим убежищем для телеологических воззрений философов, опорой учения о конечных причинах (causae finales) в отличие от причин действующих (causae efficientes). Учение это приводило к невозможности представить себе органический мир иначе, как продуктом деятельности, направляющей его к известному концу — сознательной, высшей воли. Как отчаянно бился человеческий ум еще в середине века, сознавая свою беспомощность перед этой дилеммой, между желанием освободиться от метафизической телеологии и невозможности заменить ее строго научным объяснением, свидетельствуют следующие слова ученого, совмещающего в себе морфологические и физиологические знания своего времени, — Иоганна Мюллера: «Произведение механического искусства создается соответственно идее, носящейся перед ее творцом, идее той цели, которую оно должно осуществить. Идея же лежит в основе каждого организма, и соответственно этой идее все его органы целесообразно организованы; но у механизма идея лежит вне его, в организме же она лежит в нем самом, и здесь она творит по необходимости и без умысла, потому что целесообразно творящая действующая причина организованных тел не имеет выбора и осуществление одного единственного плана является для нее необходимостью; более того, целесообразно действовать и необходимо действовать для этой действующей причины одно и то же. И потому мы не можем сравнивать организующую силу с чем-нибудь аналогичным сознательному духу, не можем усматривать в ее слепой роковой деятельности что-либо общее с образованием представлений. Организм — фактическое единство органической творческой силы и органической материи». Что, кроме желания освободиться от телеологии и полного бессилия предложить что-либо ей в замену, можно усмотреть в этих строках великого ученого? *Необходимость* целесообразной организации остается ничем не доказанной; вся аргументация — только тонкое изворотливое petitio principii. Здравая логика требовала, чтобы эта необходимость была выведена как необходимый результат из других несомненно реальных свойств организмов, но этого-то наука того времени и не была в силах осуществить. Это свидетельство величайшего авторитета своего времени понадобится нам при оценке того реакционного движения, которое проявилось в последние десятилетия против учения, которое одно успешно вывело науку из дилеммы, перед которой беспомощно остановился И. Мюллер. Его метафизические рассуждения, конечно, не могли никого убедить, так как только повторяли вопрос в более темных выражениях.

Наконец третье препятствие, мешавшее допустить единство, кровную связь всех организмов, их естественное происхождение одних от других, было уже чисто научного, можно сказать, технического характера; оно основывалось на вполне реальной, но неверно истолкованной особенности всего органического мира [1], в предста-

[1] В том, что мы назвали ранее его мозаичностью.

влении о совершенной обособленности и неизменяемости, а отсюда о неподвижности так называемых *видовых* групп. Поэтому и та книга, которая принесла давно желанное разрешение самой широкой задачи всей биологии, носила узкое техническое название «*О происхождении видов*».

Трудно дать себе отчет в том, насколько первое препятствие примешивалось к двум другим. Завоевания научной мысли за два предшествовавшие века мало-по-малу отучили людей науки от тех аргументов, которые могли успешно зажать рот Джордано Бруно или еще значительно позднее вызвать отречение от своих идей Бюффона. Простая ссылка на вненаучные авторитеты уже не применялась более, но тем охотнее ученые старались защищать свои религиозные воззрения, прикрываясь аргументами чисто философского характера или, и того лучше, принимая личину научного скептицизма, преклоняющегося перед фактом, как бы безжалостно он ни разбивал самые соблазнительные широкие обобщения теории[1]. В свою очередь, и немногочисленные сторонники идеи единства происхождения органического мира, проникнутые ее величием, слишком легко скользили по тем двум препятствиям, которые стояли на ее пути. Этим они предоставляли сторонникам отдельных творческих актов выгодную роль, давали им повод выдавать себя за представителей критической научной мысли, а своих противников — за фантазеров, недостаточно проникнутых духом истинной скептической науки, приносящей блестящие идеи в жертву всемогущему факту.

Задача биологии заключалась не в том только, чтобы голословно допустить существование *исторического процесса* образования организмов, а в том, чтобы доказать, что этот исторический процесс был именно таков, что в результате его должен был появиться современный органический мир с его двумя указанными загадочными особенностями. Первая из двух частных задач, на которые распадалась эта общая задача, заключалась в том, чтобы, допустив этот исторический процесс образования органических форм, одних из других и сложнейших из простейших, показать, что он роковым, неизбежным образом должен был иметь своим последствием возникновение именно форм, во всех своих подробностях совершенных, и тем разрешить загадку, перед которой останавливались все мыслители (за исключением, как увидим, Огюста Конта), не находя для ее разрешения другого исхода, кроме допущения чудесного вмешательства творческой воли высшего существа. Другими словами, теория, которая удовлетворяла бы этим требованиям, должна была явиться в форме учения о *биологическом прогрессе*, естественно вытекающем из нам известных, вполне достоверных свойств организмов. Эту колоссальную умственную задачу осуществил ученый-мыслитель, с чьим именем, как мы видели, по мнению вполне

[1] Немногие обладали благородною откровенностью Агассиса, не скрывавшего связи его научной точки зрения с его религиозным мировоззрением и с такою же откровенностью позднее признавшего, что научное движение, которому он не мог сочувствовать, торжествует.

беспристрастного судьи (Больцмана), по праву должно связать общую характеристику XIX века. Дарвин дал до сих пор единственное ее разрешение, и это нужно повторять ввиду того, что различные dii minores, имея перед собою гениальное произведение, пытались пополнить, исправить или даже упразднить его, по большей части, как мы увидим, только доказывая этим, что не понимают *всей* задачи, им осуществленной, или даже вовсе ее не понимают.

Из предшественников Дарвина должно упомянуть о Ламарке, не потому только, что никакая история, не только биологии, но и научной мысли вообще, не была бы полна без упоминания о его заслугах, но и потому еще, что это учение за последние годы особенно охотно выдвигается вперед явными и тайными врагами дарвинизма, как нечто более глубокое и упраздняющее за ненадобностью учение Дарвина [1].

Широкий, свободный от религиозных предрассудков ум Ламарка не остановился перед разрешением указанной нами задачи во всей ее совокупности. К сожалению, смелость замысла не соответствовала успеху осуществления, и причиной тому был, конечно, не недостаток сведений, так как Ламарк совмещал в себе почти все современные ему знания в области ботаники и зоологии, а именно отсутствие той творческой мысли, которая внезапно озаряет новым лучом света уже известную обширную область накопившихся фактов. По отношению к факту отсутствия переходов между современными видами и т. д. (тому, что мы называли мозаичностью общей картины органического мира) Ламарк ограничился указанием на искусственность всех

---

[1] Особенность эта, конечно, свидетельствует, о полной бездарности представителей того реакционного направления, которое, выступая против важнейших завоеваний биологической науки XIX века, выдвигает против них не что-либо новое, свое, а нечто устарелое, уже оказавшееся несостоятельным: против химико-физического направления в физиологии — витализм, против дарвинизма — ламаркизм. На страницах книги, посвященной истории, не мешает, быть может, отметить мало замечаемую, но, к сожалению, несомненную роль, которую сыграл даже в истории науки узкий национализм последней половины века. Известно, каково было отношение к Дарвину в шовинистской императорской Франции. Напротив, в Германии, сосредоточившей все свои антипатии на Франции, дарвинизм был встречен благоприятно. После 1870 г. разбитая Франция двинулась вперед в умственном отношении, и в числе благих результатов явилось более разумное отношение к немецкой и английской науке. В Германии все антипатии перешли с французского народа на английский, как на единственный, стоящий будто бы на пути к осуществлению мании всемирного владычества, охватившей известные сферы немецкого народа. И вот между ученными новейшей, имперской формации (старики, как Геккель, остались верными идеям своей молодости) стало условием хорошего тона отрицать дарвинизм, объявлять, что он находится «при последнем издыхании» и, за неимением чего-нибудь своего оригинального, подогревать ламаркизм, порою только компрометируя его своим союзом. Приведу один пример. Палеонтолог Коккен в одном из тех обзоров, которыми немецкие натуралисты помянули отошедший век, осуждает дарвинизм и высказывается сторонником ламаркизма. Но если догадка Ламарка, что бык приобрел рога потому, что сердился и кровь приливала у него к голове, могла в свое время только подавать повод к шуткам, то что сказать об ученом, утверждающем накануне XIX века, как это делал Коккен, что ихтиозавр и плезиозавр приобрели свою организацию не в силу какого-то естественного отбора, а усилиями своей воли!

классификационных единиц и выражением надежды, что может быть переходы найдутся где-нибудь в мало исследованных частях земного шара. Первая мысль, т. е. что все группы: виды, роды, семейства и т. д., только искусственные создания человеческого ума, плохо вязалась с основной идеей и несомненным фактом естественной системы, выражающей не наилучшее только изобретение ума, а нечто реально существующее, помимо его желания налагаемое на него извне самою действительностью. Что же касается до надежды найти связующие формы, затаившиеся где-то в неисследованных уголках земли, то она, конечно, была совершенно голословной. А в итоге частный вопрос о наличности обособленных видовых форм оставался неразрешенным. Не более успешно по отношению к общему вопросу (хотя в известном ограниченном смысле и более плодотворно) было воззрение Ламарка на свойство того процесса, результатом которого являлась главная особенность организмов, их изумительное совершенство, их гармония с условиями существования. Причины изменчивости для обоих царств природы у Ламарка приводятся различные. По отношению к растениям он указывал на действие внешних условий среды, и это объяснение, в основе верное, опиралось на многочисленные собственные наблюдения, так как Ламарк был прежде ботаником и только позднее зоологом. Для изменения животных форм он предложил совершенно иное объяснение. Исходя на этот раз из верного наблюдения, что упражнением (например, мышц) можно содействовать развитию органов, он предположил, что воля животного или вообще психический элемент, направляя упражнение, может служить фактором развития и даже возникновения органов. Но оба эти объяснения не подвигали в разрешении главной задачи, не давали ключа для понимания совершенства, целесообразности всего живого. Изменения, вызываемые средою, несомненно существуют (эта мысль, особенно благодаря торжеству дарвинизма, принесла свои плоды), но они, как не трудно понять[1], не объясняют, почему результатом этого процесса явились бы формы, целесообразно построенные. Наоборот, процесс изменения, предложенный Ламарком для животного мира, мог бы, пожалуй, объяснить эту особенность, так как являлся бы в известном смысле сознательным, — сама потребность рождала бы орудия для ее удовлетворения, но Ламарк не мог привести убедительных фактов в подтверждение своего предположения, а исследования последних десятилетий, предпринятые именно ввиду возрождения ламаркизма, показали, что слабые и в отдельности недостаточные изменения, вызываемые упражнением, не наследуются, а следовательно, не могут накопляться. Таким образом первое объяснение, фактически верное, было логически несостоятельно, так как не объясняло того, что должно было объяснить, а второе, может быть, и удовлетворительное с общей логической точки зрения, было фактически неверно. Если прибавить к этому уже указанный выше недостаток объяснения для

[1] Хотя, как увидим, именно этим непониманием и страдают новейшие сторонники ламаркизма.

отсутствия переходов между видами, то станет понятным, почему эта теория не могла удовлетворить даже тех немногих ученых, которые с радостью встретили бы разъяснения мучивших их загадок, а тем, кому самая идея естественного объяснения была в основе несимпатична, как идущая вразрез с их религиозным мировоззрением, давала благовидный предлог утверждать, что они отвергают теорию не как верующие, а как истинные ученые-скептики. Но во всяком случае смелая попытка Ламарка искать естественного объяснения для основного факта происхождения организмов, готовность отрешиться от предвзятых идей, навязанных науке теологами и философами (даже такими, как Кант), заслуживала полного уважения как подвиг мыслителя [1], но ни в каком случае не оправдывала того презрительного отношения, которое проявил Кювье, даже не упомянув в своих отчетах о замечательном труде своего великого соперника.

В год появления «Philosophie zoologique» Ламарка (1809) родился Дарвин, а ровно через полвека (1859) вышла его книга «On the origin of species by means of natural selection», в которой он с совершенно иным успехом разрешил задачу, остановившую на себе внимание Ламарка, не оставив без ответа ни одного из тех затруднений, по которым Ламарк только скользил. Почему идеи Дарвина победили всякое сопротивление и сообщили свою окраску всему естествознанию (и не ему одному, но и другим областям знания) второй половины XIX века? Представители той реакции против дарвинизма, которая народилась между современными, особенно немецкими, биологами, объясняют это тем, что Дарвин просто явился в более счастливую эпоху, когда ученые были будто к тому подготовлены. Но кто же были эти подготовители, когда Кювье, Бэр, Агассис, Оуэн высказывались против того, что теперь называется *трансформизмом*, а Жоффруа Сент-Илер безуспешно его отстаивал? И почему ученый, наиболее свободный от предрассудков, отрешившийся в соседней области знания от традиционных представлений о начале мира и объяснивший происхождение земной коры *«ныне действующими причинами»*, почему Лайель после тщательного анализа учения Ламарка отказался от мысли распространить на органический мир идею постепенного исторического развития, идею эволюции, как теперь принято выражаться? Очевидно потому, что никакая теория эволюции не могла иметь успеха, пока не были успешно разрешены указанные выше задачи. Можно сказать наоборот, что момент, когда появилась книга Дарвина, был наименее благоприятен, потому что ученые успели извериться в возможности объяснить естественными причинами происхождение организмов. Тем более несправедливо то проявляющееся в среде немецких биологов псевдоскептическое направление [2], которое выдвигает вперед, что важно

[1] Тем более, что этот свободный дух исследования, перенесенный Ламарком из XVIII века в удушающую атмосферу начала XIX, навлек на него преследования со стороны Наполеона.

[2] Представителем которого является, например, Оскар Гертвиг в его известной речи: «Die Entwicklung der Biologie im 19. Jahrhundert».

собственно эволюционное учение, а не та форма, которая предложена Дарвином, забывая, что *эволюционное учение только потому и восторжествовало, что приняло форму дарвинизма*. Простая, бессодержательная формула эволюции не могла иметь успеха, пока не было ответа на вопрос, как и почему совершается эта эволюция. Только дарвинизм объяснил, почему эволюция имеет характер *биологического прогресса*, а также почему в результате этого процесса получился современный склад органического мира с его несомненным единством и столь же несомненным отсутствием переходов между группами, начиная с видов и кончая обоими царствами.

Здесь, конечно, не место излагать в подробности эту теорию, но подчеркнуть ее основные идеи тем более необходимо, что, как это ни покажется странным, именно непониманием ее основных идей или умышленным желанием затемнить их значение объясняются все бесплодные попытки умалить ее значение и заменить ее чем-нибудь старым или еще менее удачным новым [1].

Повторяем, задача с морфологической точки зрения состояла в объяснении, почему совокупность органических существ представляет несомненную цепь, но именно цепь из отдельных звеньев, а не непрерывную нить, а с физиологической — в объяснении, почему исторический процесс образования живых существ в результате давал не просто формы, а формы, во всех своих частях представляющие орудия, т. е. *органы*, поразительно *приспособленные* к их отправлению, а в совокупности *организмы*, *приспособленные* к условиям существования. В этом слове *приспособление*, со времени Дарвина ставшим лозунгом всех биологов, всего яснее выражается основной смысл переворота, произведенного дарвинизмом. В первый раз выражения совершенство, целесообразность, гармония и т. д. получили определенный смысл. Совершенство — не результат творческих актов в смысле теологов; оно также не результат какого-то голословного метафизического внутреннего стремления организмов к совершенству, к чему прибегали и до Дарвина (Ламарк и И. Мюллер) и, что уже непростительно, даже после него (Нэгели и др.); оно — результат исторического процесса *приспособления*, взаимодействия между организмом и средой, прилаживания организма к условиям его существования. Справедливость требует отметить, что основную мысль этого приспособления высказал с замечательной проницательностью и свойственной ему точностью выражения Огюст Конт [2], опередивший в этом отношении современных ему натуралистов, идеи которых он должен был излагать в своей книге, да и не только совре-

---

[1] Это замечание особенно применимо к целому систематическому ряду немецких произведений, имеющих такое же значение, как и эта статья, т. е. попытки охарактеризовать столетние итоги биологии, и отличающихся общей чертой — враждебным отношением к дарвинизму (речи Гертвига, Кокцена, де-Фриза, Веттштейна).

[2] Эта идея Конта осталась неизвестной Дарвину, так как он нигде о ней не упоминает. Более удивительно, что ее упустил из виду даже Риголаж в своем известном сокращенном изложении «Philosophie positive». Я указал на это место еще в 1864 г.

менных, но и вообще всех натуралистов, вплоть до Дарвина[1]. Вот эти замечательные слова: «Без сомнения, каждый организм находится в необходимом соотношении с определенной совокупностью внешних условий. Но из этого не следует, чтобы одна из этих двух совместных сил вызвала другую или была вызвана ею. Мы имеем дело только с равновесием двух сил, совершенно независимых и разнородных. *Если представить себе, что всевозможные организмы были подвергнуты последовательно в течение достаточно долгого времени действию всевозможных условий, то для нас станет очевидным, что бóльшая часть этих организмов необходимо должна была бы исчезнуть, уцелели бы только те, которые удовлетворяли бы основному закону указанного равновесия. По всей вероятности, подобным путем исключения (élimination) установилась и продолжает видоизменяться на наших глазах та биологическая гармония, которую мы наблюдаем на нашей планете*».

Слова великого мыслителя сохранили и теперь все свое значение. Они являются лучшим ответом противникам дарвинизма, как тем, которые пытаются все объяснить темным внутренним стремлением организмов (Нэгели и его новейшие поклонники), так и тем, которые думают все объяснить еще менее понятным прямым воздействием внешних условий (Генсло и немецкие неоламаркисты). Ни одно из условий в отдельности, т. е. ни организм, ни среда, не объясняет их гармонии — она результат их взаимодействия. В этом весь дарвинизм: непониманием этого основного положения объясняются все неудачные новейшие попытки его упразднения или замены.

Заслуга Дарвина в том и заключалась, что он доказал существование этого процесса élimination как необходимого результата основных свойств организмов и *необходимость совершенствования* как рокового последствия этого процесса. В первый раз совершенство организмов являлось не простым результатом творческого умысла, как у теологов, или таинственного стремления, как у метафизиков, а сложным последствием совместного действия вполне реальных, изучаемых положительной наукой факторов. Эти три реальных фактора — *изменчивость* организмов, *наследственность* их свойств и быстро возрастающая *прогрессия их размножения*. Самым оригинальным, конечно, являлось применение последнего в качестве главного фактора *биологического прогресса*. Факт геометрической прогрессии размножения организмов, давно известный, оцененный по достоинству Франклином, легший в основу учения Мальтуса, у кого он и был заимствован Дарвином, стал краеугольным камнем всего его учения. Относительная роль трех факторов такова. Изменчивость доставляет материал для построения новых форм, но нет никакого основания предполагать, чтобы эти изменения имели какое-нибудь определенное направление, именно полезное для организма; очевидно, они могут быть и полезными, и вредными, и

[1] Почему нельзя читать без улыбки попытки одного из наших современных антипозитивистов, известного минералога академика Федорова, пытающегося опровергнуть Конта Дарвином, обнаруживая одинаковое непонимание того и другого.

безразличными. Следовательно, изменчивость сама в себе не обусловливает совершенствования — прогресса. Второй фактор — наследственного отношения к прогрессу в тесном смысле слова не имеет. рое к *новое;* это начало, по существу консервативное, непосредственного отношения к прогрессу в тесном смысле слова не имеет. Но благодаря ей изменения закрепляются и накопляются, организация если не совершенствуется, то усложняется и становится прочной. Совершенствование в том единственном определенном смысле, которое сообщил ему Дарвин, т. е. в смысле приспособления, является логически необходимым, роковым последствием прогрессии размножения. Факт размножения настолько хорошо распространен в органическом мире, что нередко самое слово «размножение» употребляется вместо слова «воспроизведение», хотя эти понятия далеко не тождественны. Отсюда — постоянное стремление всех организмов к перенаселению, а это равносильно постоянному истреблению громадного числа появляющихся существ, т. е. тому процессу élimination, к которому уже Конт сводил причину гармонии между организмом и средой. Эту élimination Дарвин назвал, по аналогии с процессом образования искусственных пород животных и растений, *отбором* (selection), а в отличие от него — *естественным отбором*. Позднее он сам находил, что придуманное Гербертом Спенсером выражение: «переживание наиболее приспособленного» (survival of the fittest) едва ли не удачнее выражает его мысль. Эти оба выражения во всяком случае следует предпочесть несчастной метафоре «борьба за существование», одной из тех метафор, об избавлении от которых еще Гейне молил провидение[1]. Этому выражению непонимавшие основной сущности учения, а еще более его враги, сообщили широкое распространение и совершенно превратное толкование. Дарвин принимал выражение «борьба за существование» в том смысле, в котором говорят, например, что утопающий, делающий усилия выплыть, борется за жизнь, а близорукие его сторонники, а еще более дальновидные враги придали ему узкий смысл — прямой схватки, кончающейся непременно гибелью одной из сторон. Естественный отбор — единственный до сих пор известный фактор, объясняющий, почему исторический процесс превращается в биологический прогресс, разумея под ним сохранение и накопление тех особенностей, которые наилучшим образом обеспечивают существование организма и устранение всего вредного, а в силу строгости этой браковки даже всего бесполезного для данного организма. Это новое объяснение совершенства организмов существенно отличается от телеологии теологов и метафизиков: оно объясняет только возникновение свойств, исключительно полезных для обладающих ими организмов или взаимополезных при известном соотношении организмов (например при так называемом симбиозе). Между тем старая телеология, соответственно своей точке

[1] Укажу на факт, что я мог однажды прочесть целый курс дарвинизма («Исторический метод в биологии»), не обмолвившись ни разу этим несчастным выражением.

отправления предустановленной гармонии, допускала, что существуют и особенности, полезные не для обладателя, а исключительно для других существ. Один такой случай, говорил Дарвин, опроверг бы всю мою теорию — и такого случая не нашлось в природе. Эту особенность природы не следует забывать новым защитникам старой телеологии.

Из того же начала естественного отбора, как необходимое его логическое следствие, вытекает и объяснение того второго препятствия для принятия теории эволюции, над которым тщетно ломали себе головы предшественники Дарвина, а новые его противники обходят молчанием, так как не в состоянии дать своего объяснения, а готового старого не находят. Между тем сам Дарвин, как и понятно, придавал высокую цену этому выводу, как доказательству верности теории, которая, исходя из одного и того же принципа, разъясняет обе совершенно различные, но одинаково загадочные особенности современного строя органического мира. Доказав гораздо убедительнее, чем Ламарк, особенно при помощи нового статистического приема, искусственность понятия о виде, не разграниченном с понятием о разновидности (что и выразил своей формулой: *разновидность — зачинающийся вид*), он тем не менее признал факт разграниченности большей части существующих видов между собою и предъявил своей теории требование найти для этого реального факта реальное же объяснение. Когда ему это наконец удалось, он так обрадовался, что в своей автобиографии указывает момент и место (в карете, во время путешествия), где ему пришла эта блестящая мысль. Объяснение явилось только логическим развитием той аналогии, которая легла в основу всей теории, — аналогии с искусственным отбором. При размножении новых искусственных пород постоянно наблюдается, что представители крайних типов предпочитаются средним формам и, таким образом, порывается между ними связь, исчезают промежуточные звенья. То же оказывается и в природе, но, понятно, по иной причине. Для организмов выгодно возможно глубоко различиться между собой; этим увеличиваются шансы на совместное существование[1]. В силу этого явления, которое Дарвин назвал *началом расхождения признаков* (divergence of character) при том несметном истреблении существ, которое наблюдается в природе в силу прогрессии их размножения, — из вновь появляющихся форм сохраняются те, которые наиболее между собой различны, уничтожаются те, которые составляют промежуточные, связующие звенья, и вся картина получает характер мозаики из разрозненных кусков и групп, тем не менее сливающихся в одно несомненно связанное целое.

В разрешении, исходя из одного принципа, обоих основных задач биологии и заключается превосходство дарвинизма перед смелой, но безуспешной попыткой Ламарка. Этим и объясняется, что именно доставленное Дарвином *доказательство необходимости*

[1] Луг дает тем более сена, чем разнообразнее растения; растительность, проникающая в новые для нее страны, относительно богаче родами, чем видами, и т. д.

эволюции, а не простое предположение о ее возможности, сталкивающееся с неразрешимыми препятствиями, завоевало все умы, способные к здравому мышлению, свободному от предвзятых идей. Именно та форма эволюционного учения, за которой навсегда сохранится имя *дарвинизма*, а не эволюционное учение вообще, одержала эту победу — этого нельзя достаточно часто повторять ввиду указанного стремления некоторых биологов, в особенности немецких, утверждать противное вопреки очевидности. То же относится и к позднейшим попыткам некоторых ученых упразднить дарвинизм, заменяя его своими метафизическими измышлениями или выхватывая у него одну из частей его теории и преувеличивая ее значение, не замечая, что в такой односторонней форме она более не отвечает на вопросы, которые призвана разрешить. Так, Нэгели на место фактического естественного отбора ставит голословно приписываемое организмам метафизическое внутреннее стремление к совершенствованию. Наоборот, Вейсман впадает в противоположную крайность: допуская «всемогущество отбора», он отрицает значение воздействия среды и тем отказывается от первого, необходимого шага в цепи объяснений — от объяснения начального происхождения того материала, без которого и процесс отбора не может осуществиться. С другой стороны, неоламаркисты (вроде Ветштейна) утверждают, что раз доказан факт изменчивости, этого достаточно и для объяснения факта приспособления, забывая, что логически одно из другого ни мало не вытекает[1]. Наконец еще другие неоламаркисты (Генсло, Варминг), исходя из того факта, что многие воздействия внешних условий оказываются полезными, заключают, что нет надобности прибегать к отбору, так как сами условия действуют целесообразно — это так называемое учение *о прямом приспособлении*.

Не трудно усмотреть логическую ошибку и этой новейшей попытки упразднить дарвинизм. Что первоначальные причины, вызывающие при участии отбора полезные приспособления, должны заключаться именно в *окружающих*, а не каких иных условиях, само собой очевидно, так как биология еще менее, чем физика, может допустить действия на расстоянии, т. е. действие не тех условий, которые окружают. Очевидно, что полезные изменения, дающие материал для отбора, должны быть из числа вызываемых окружающими условиями, иначе и быть не может, но заключить обратно, что это воздействие по существу должно давать начало полезным изменениям, значит создавать новую, еще более темную и голословную метафизическую телеологию среды на место оказавшейся несостоятельной телеологии организмов (как у И. Мюллера, Нэгели и др.). Логически допустимо только одно положение, что физическое воздействие среды — независимо от его результатов, т. е. что оно может быть всех трех родов: полезное, вредное и безразличное. Геккель давно предложил в качестве особой главы биологии *дистелеологию*, т. е. морфологическую статику бесполезных

[1] На протяжении почти всей своей речи Ветштейн просто заменяет слово «изменчивость» словом «приспособление». В этой неточности повинен даже Геккель.

и вредных органов; рядом с ней можно было бы основать и *дистелеологию физиологическую, динамическую*, т. е. описание явлений бесполезного и вредного воздействия среды. Если же в общем итоге современные организмы (в своей обычной среде, а не перенесенные в другую) представляют нам более случаев приспособления, то это и есть результат исторического процесса, стирающего следы неудач и сохраняющего только результаты успехов, т. е. отбора.

Другие попытки умалить значение дарвинизма носят более специальный характер. Из них особенно обратило на себя внимание утверждение де-Фриза, будто ему удалось найти действительный процесс образования новых видов, именно не путем постепенного изменения под влиянием определенных условий, а скачком, вследствие неизвестной внутренней причины. Но де-Фриз вполне сознает, что этими скачками невозможно объяснить приспособление организмов; он сознает, что эту главную их особенность объясняет только дарвинизм и так формулирует свое к нему отношение: *естественный отбор определяет не происхождение видов*, а *уничтожение видов неприспособленных*. Уже и это различие между двумя теориями невелико, но даже и в этой форме оно вертится на игре слов, на применении слова «вид» в двух совершенно различных смыслах. Когда Дарвин выпустил в свет книгу «О происхождении видов», он имел в виду общепринятые «хорошие» виды, в линнеевском смысле. Уже после появления его книги французский ботаник Жордан указал на присутствие в пределах общепринятых видов более мелких групп, отличающихся тем же постоянством, которое считалось признаком видов. Эти формы так и называются *жордановскими видами*, а все направление, стремящееся к разбивке старых видовых групп на более мелкие, — *жорданизмом*. Эти-то новые, неизвестные во время появления книги Дарвина виды разумеет де-Фриз в своей формуле. Должно заметить, что самый факт не ускользнул от внимания Дарвина; он указывал на совместное существование разновидностей, очевидно не исчезающих через скрещивание и разделяющих это свойство с видами, т. е. знал о существовании того, что после Жордана стали называть мелкими видами, но что в его время всеми признавалось за разновидности. Де-Фриз, таким образом, называет разновидности Дарвина (и всех его современников) видами в позднейшем жордановском смысле, откуда у него и выходит, что в силу отбора не образуются новые виды, а уже образовавшиеся, но не приспособленные, уничтожаются. Как бы то ни было, для образования настоящих видов[1] де-Фриз, так же как и Дарвин, не находит другого объяснения, кроме отбора; он не может обойтись без этого начала, потому что понимает различие между простою изменчивостью и приспособлением. Того же нельзя сказать о Коржинском. Из фанатического дарвиниста он внезапно превратился в отъявленного антидарвиниста и полагал, что ему удалось

[1] Что формы, найденные де-Фризом, не имеют характера настоящих видов, «хороших» видов, ясно уже из того, что даже в лучших случаях признаки, почти исключительно количественные, недостаточны для установления диагноза.

изобрести какую-то теорию, упраздняющую дарвинизм, тогда как в действительности он только увеличил (соответственно накопившемуся за 40 лет материалу) список примеров внезапных крупных изменений, в изобилии собранных Дарвиным в его двух книгах[1]. Для Коржинского так и осталось непонятным различие между простым изменением и приспособлением, т. е. главное содержание дарвинизма. Должно еще заметить, что попытки де-Фриза, Коржинского и др ничего принципиально не изменяли и не дополняли в положениях Дарвина даже по частному вопросу об изменчивости. Дарвин также допускал изменчивость резкую, скачками, и более постепенную, общую, и ничто теперь не принуждает приписывать первой из них не только исключительное, но даже преобладающее значение. Изменения второй категории нередко зависят от определенных внешних факторов, и потому их происхождение понятно, но зато число примеров их наследственной передачи очень ограничено, и, наоборот, изменения первой категории, обыкновенно наследственные, трудно проследить до их ближайшей причины. По всей вероятности, изменения наследственные вызываются влияниями в ранние периоды эмбрионального развития, более глубокими, но обыкновенно ускользающими от наблюдения. Можно надеяться, что значительный свет прольет на этот вопрос упомянутая выше физиологическая эмбриология. С другой стороны, возможно, что более продолжительные опыты над известными уже экспериментальной морфологии влияниями внешних факторов будут сопровождаться и более прочными наследственными изменениями. В разрешении этой дилеммы заключается одна из важнейших биологических задач, завещанных XIX веком XX, и ничто не дает права предполагать, чтобы она оказалась неразрешимой; все сказанное ранее об экспериментальной морфологии и физиологической эмбриологии скорее ручается за успех.

Разрешение общей задачи о происхождении органических форм, как бы, повидимому, целесообразно они ни были построены, распадается, таким образом, на три подчиненных задачи. Первая, непосредственно экспериментальная, *физиологическая*, сводится к объяснению, действием каких внешних факторов первоначально образовались морфологические особенности, через дальнейшее развитие которых могли сложиться подлежащие объяснению формы. Вторая задача — указать в природе те последовательные усложнения, чрез которые должна была пройти эта форма. Задача эта по существу *морфологическая*. На нее дала ответ сравнительная анатомия, особенно после торжества дарвинизма[2], и более — палеонтология, обогатившая морфологию бесчисленными, неожиданными формами, связующими звеньями, как между видами, так и между систематическими группами высших порядков. Наконец третья задача, *историческая*, осуществленная дарвинизмом, — объяснить, в силу какого

[1] До Коржинского и де-Фриза эта задача была уже выполнена Бэтсоном.

[2] Он в первый раз объяснил, например, смысл темного выражения *гомология*. Гомологичны части одинакового происхождения, почему Рей Ланкастер предложил заменить слово гомологический словом *гомогенетический*.

достоверного исторического процесса те изменения, которые полезны, сохраняются и нарастают, а остальные уничтожаются, чем порывается связь между звеньями общей цепи. Совокупное разрешение этих трех задач в первый раз дало ключ к полному пониманию органического мира как поражающего своим совершенством целого.

Историческая последовательность в постановке этих трех вопросов не соответствовала их логической последовательности. Первым, по очереди, явился сравнительно простой вопрос — *морфологический*, разрешаемый вне связи с другими дисциплинами знания, при помощи характеристического для биологии и достигшего в ней самого блестящего развития *сравнительного* метода. Позднее явился вопрос *физиологический* и еще позднее *исторический*. Поэтому самой широкой характеристической чертой успехов биологии в истекшем веке являются, с одной стороны, подчинение ее задач строгому детерминизму *экспериментального* метода, заимствованного у наук физического цикла и устранившего навсегда бесполезную и вредную гипотезу своевольной жизненной силы, а с другой стороны, распространение на нее метода *исторического* вместо праздных телеологических догадок, ищущего объяснения не в одном только экспериментально изучаемом настоящем данных явлений, но и во всем их длинном прошлом. Этот последний успех нас особенно поражает при сравнении современного состояния биологии с той картиной, которую нам оставили два самых компетентных знатока общего состояния естествознания первой половины века — Огюст Конт и Юэль. Конт признавал, что метод, присущий биологии, — *сравнительный* (экспериментальный она заимствует у предшествующих в его системе наук), метод же *исторический* считал исключительным уделом социологии. Развитие науки XIX века показало, что применение этого метода начинается ранее в общем цикле наук, и что его применение в биологии увенчалось таким успехом, на какой социология пока еще не может рассчитывать. Юэль, допускавший (по стопам Лайеля) применение исторического метода к задачам неорганической природы, отрицал какое-нибудь его отношение к миру живых существ и заявлял (в согласии с Кантом), что вместо раскрытия исторических причин, биолог вынужден только угадывать цели, т. е. продолжать прежние блуждания в дебрях туманной телеологии. С Дарвином все изменилось. Как некогда в «Scienza nuova» Вико *история* сделала попытку стать *естественной*, так в «Scienza nuova» Дарвина (и Лайеля) так называемая *естественная* история стала в первый раз действительной *историей*. Вот почему приведенные в начале этого очерка слова Больцмана, относящиеся к вековым успехам положительного знания вообще, еще лучше характеризуют успехи биологии. С одной стороны, она распространила экспериментальный метод физики и химии на свои *более сложные* задачи, с другой — показала в дарвинизме, что исторический метод, характеризующий цикл следующих за ней социологических знаний, успешно применяется к ее сравнительно *простым* задачам. В этом методическом расширении ее области исследования и заключается главная причина необыкновенных успехов биологии за истекший век.

V

Остается сказать несколько слов о третьем указанном нами в начале очерка признаке или мериле прогресса тех или других знаний—об их приложениях к насущным запросам жизни. К сожалению, очень часто только эти приложения и являются знамением успеха в глазах не только темной толпы, но и ее близоруких вожаков. С самых противоположных сторон, от ультра-идеалистов, как и от ультра-материалистов, можно слышать заявления, что знания постольку лишь ценны, поскольку они непосредственно полезны, и что ум ученого должен руководиться, и будто бы фактически руководится, только давлением потребностей. Утверждать что-нибудь подобное — значит допускать чудесную связь между элементарными потребностями человека и строго последовательным логическим развитьем научной мысли, неизбежно переходящей к сложному от простого. Пища важнее средств передвижения, и однако из этого не следует, что биология должна была развиваться ранее физики, чтобы рациональное земледелие должно было опередить железные дороги. Скажут: правящие классы более интересуются удобствами сообщения, чем голодом бедных, которого они не испытывают. Положим, что и так, но быть живым и здоровым одинаково желательно и для богатых и для бедных, и однако медицина сделала колоссальный скачок вперед не потому, что обнаружилась в ней новая потребность, а потому, что в науке, в биологии, стали на очереди новые запросы, и гений Пастера пролил на них новый свет [1]. Практическое значение успехов биологии выразилось именно в полном перевороте, вызванном ими в этих двух древнейших и важнейших для существования человека искусствах, — *в земледелии и медицине*.

Опиравшиеся почти исключительно на многовековые, теряющиеся во мраке истории эмпирические знания, эти два искусства только в настоящем столетии могли в первый раз вполне осмыслить свою деятельность благодаря данным, доставленным физиологией растений и физиологией животных, которые, в свою очередь, обязаны своим развитием предварительным успехам физики и химии. Сенебье, Соссюр, Дэви, Буссенго, Либих, Кноп, Бертло, Гельригель и др., работая в пограничной области — *физиологии растений и агрономической химии*, — создали рациональное земледелие, благодаря чему современный земледелец уже не руководится только рецептами, завещанными ему предками, а вполне сознательно идет вперед к определенной цели. Едва ли не самым выдающимся приобретением земледелия следует признать коренной переворот в основных воззрениях на факторы плодородия. На смену господствовавшего и закрепленного авторитетом Тэера представления о преобладающем значении перегноя почвы, как источника органического вещества растения, явилось основанное на исследованиях Сенебье, Соссюра и Буссенго учение, благодаря красноречивой форме, в которую облек его Либих, получившее название *либиховой минеральной теории*.

---

[1] Этот вопрос мною подробно освещен в этюде о Пастере («Насущные задачи современного естествознания», Москва 1904).

Вытекающее из несомненного положения, что органическое вещество вырабатывается растением не из такого же вещества почвы, а из углекислоты атмосферы, это учение выдвинуло на первый план заботу земледельца о скудно распространенных в почве зольных минеральных веществах. Чисто дедуктивное *химическое* направление Либиха нашло себе поправку в *физиологическом* направлении, основателем которого следует считать Буссенго; оно предъявляло требование не ограничиваться дедукциями, основанными на аналитических химических данных, а проверять все свои положения прямым опытом над растением в искусственно упрощенных средах (Буссенго, Гельригель, Кнои, Ноббе) или в поле (Буссенго, Лооз, Гильберт, Вагнер и др.). Это направление исправило односторонность либиховой минеральной теории, добавив, что и азот растение не получает в обеспеченных количествах, как получает оно углерод, из чего следует, что снабжение растения необходимыми количествами азота лежит на обязанности земледельца не менее, чем снабжение элементами золы. Это заставило обратить внимание на значение одного эмпирического приема земледелия, известного еще классической древности, но только к концу XVIII века получившего широкое распространение и легшего в основу усовершенствованных систем культуры, — именно возделывание бобовых растений (клевера, люцерны и пр.). Сделанные к тому времени успехи в области изучения микроскопических организмов привели к выводу (Воронин), что особые желвачки на корнях этих бобовых растений, не встречающиеся у других культурных растений, вызываются поселяющимися в них бактериями. Блестящие исследования Гельригеля показали, что эти бактерии обладают специальной особенностью усвоять свободный азот атмосферы. Таким образом выяснилось, что этой способностью бобовых растений, через посредство поселяющихся в них бактерий, пользоваться даровым источником азота и объясняется экономическое значение этих растений в сельском хозяйстве. Параллельно с этим открытием исследования Мюнца и Виноградского выяснили, что образование самого важного почвенного источника азота — селитры — происходит также благодаря деятельности особых бактерий.

Последствием этих открытий явилось, начиная с 40-х годов, быстро разросшееся применение *искусственных удобрений* (селитры, аммиачных, фосфорнокислых, калийных солей), к концу века составившее едва ли не самую видную черту новейших систем земледелия. К нему в 80-х годах присоединилось новое направление, клонящееся к обеспечению размножения в почве благотворных бактерий (как усвояющих атмосферный азот, так и вызывающих образование селитры). Наконец, ввиду выяснившегося значения селитры, химики и физики обратили внимание на известный еще в XVIII столетии факт образования ее из воздуха при действии электрического разряда и разрешили эту важную для земледелия задачу, — правда уже за порогом нового столетия.

В результате всех этих завоеваний в области чисто научных исследований, раскрывших истинные факторы плодородия, явилось

значительное увеличение производительности земледельческого труда. XIX век зарождался при мрачном напутствии мальтузианского учения, доказывавшего, что рост производительности земли не поспевает за ростом населения и что роковым неотвратимым последствием этого несоответствия являются все социальные бедствия: нищета, преступность, болезни и наконец возрастающая смертность, провиденциальным образом возвращающая население к прежней гармонии со средствами существования. Но когда стало возможным подвести столетние итоги, зловещее пророчество Мальтуса не оправдалось; оказалось, что по крайней мере в той стране, где указания науки наиболее проникали в жизнь, — в Германии, население увеличилось в три раза, а средства пропитания возросли в четыре.

Этот последний результат обнаружился параллельно с другим наглядным завоеванием века — уменьшением смертности, увеличением средней продолжительности жизни, и это приводит нас к рассмотрению успехов другого практического искусства, связанного с успехами биологии. Если мы видели, что успехи земледелия являются прямым следствием успехов физиологии растений, то это еще более справедливо по отношению к *медицине*, совершенно преобразовавшейся на почве изучения физиологии животного организма. В общем можно сказать, что связь между медициной и физиологией стала очевидной ранее, чем между земледелием и физиологией растений, почему и плоды этого влияния оказались более многочисленными и разнообразными. Понятно, что здесь возможно отметить только эту связь, указать на главнейшие точки соприкосновения.

Прежде всего медицина вооружилась целым рядом научных приемов исследования больного организма. К классическому исследованию языка и пульса присоединилась *аускультация* (стетоскоп Лэнека), термометрия, множество экспериментальных усовершенствований, дозволивших, как мы видели, заглянуть в полости тела, в пузырь, в гортань (ларингоскоп Гарсия), в глубину глаза (офтальмоскоп Гельмгольца). Микроскоп и учение о клеточке положили основание тщательному исследованию пораженных частей и, следовательно, раскрытию ближайших причин болезни (*целлюлярная патология* Вирхова), упрощенные химические исследования и спектроскоп позволили следить за изменениями крови и выделений, а *рентгеновы* лучи, сделав человеческое тело в известном смысле прозрачным, дали возможность обнаруживать в нем присутствие посторонних тел (пули и т. д.) и даже патологические изменения внутренних органов. Целые новые системы лечения возникали на почве физиологического изучения отправлений животного тела в зависимости от внешних факторов (обширная область *электротерапии* и новейшая *фототерапия*). Наконец раскрытие функций нервной системы и их локализации дали ключ к лечению нервных расстройств и пролили свет в дотоле темную область психиатрии.

Но как ни велики все эти приобретения, которыми медицина обязана физиологии и на которые мы могли здесь только намекнуть, они бледнеют сравнительно с коренным переворотом, совершившимся в ней благодаря развитию *микробиологии*, — переворотом, давшим

право сказать, что историю медицины можно разделить на два по своему протяжению несоразмерных периода — до Пастера и после него, так как успехи, сделанные за последние 40 лет, в известном смысле превышают то, что сделано за предшествовавшие 40 веков. Успехи микробиологии, создав строго научное учение о сущности заразных заболеваний, одновременно пролили свет и на средства прямой борьбы с ними при помощи *медицины* и на меру предупреждения их при помощи *гигиены*. Напомним, что первый толчок всему этому движению был сообщен извне, обязан своим происхождением чисто научным исследованиям в области химии и биологии, развивавшимся строго логическим путем, а не по указке утилитарных требований. Изучению собственно микроскопических организмов (дрожжевого грибка, бактерий) логически предшествовало изучение организмов полумикроскопических, т. е. хотя и видных невооруженным глазом, но изучаемых только при помощи микроскопа. Именно изучение этих растительных форм из класса грибков породило основание строго научному представлению о вызываемых паразитами болезненных явлениях высших организмов. Здесь должно отметить труды ботаников Тюлана, де-Бари, Воронина, Брефельда и др., во всех подробностях изучивших целый ряд таких паразитных грибков и положивших основание единственному точному методу исследования, основанному на искусственном заражении и выслеживании истории развития, начиная с первой клеточки (споры, конидии) и до получения новых органов воспроизведения, — методу, положившему в то же время конец прежним догадкам о поветриях, медовых росах и ядовитых туманах, игравших такую видную роль в первоначальной патологии растений. Методы эти послужили образцом для более хлопотливых исследований над вполне микроскопическими, невидимыми заразами, с большим правом еще долго приписывавшимся различным бесформенным источникам. Но еще более значения получило в этой области применение приема *стерилизации* исследуемых сред, т. е. способ несомненного уничтожения предполагаемых, хотя и невидимых живых тел (Шван, Гельмгольц, Пастер, Готье и др.). Учение о заразных болезнях стало на прочную почву, когда был решен вопрос о сущности процесса, с давних времен уподоблявшегося болезненным изменениям, даже отождествлявшегося с самою сущностью жизненных явлений — процесса брожения. Пастер, поставивший своими классическими исследованиями вне сомнения биологический характер этого процесса, доказав, что всегда сопровождающие его микроорганизмы не возникают *самопроизвольно*, а заносятся извне, тем самым доставил средства для доказательства *несамопроизвольности* возникновения заразных заболеваний, а причинной их связи с наличностью специфических болезнетворных организмов. Уже одно открытие истинного источника заразных болезней, снабдившее гигиену рациональными, а не более или менее гадательными или грубо эмпирическими средствами защиты, было громадным успехом. Но еще большим блеском покрыло имя Пастера другое его открытие — возможность прямой борьбы с невидимыми врагами путем предварительной, *предохранительной* или последующей

(за процессом заражения) *ослабляющей* болезненные процессы *прививки* культур болезнетворных организмов с ослабленною заразительностью. Эти исследования открыли перед медициной новые необозримые горизонты (стоит припомнить деятельность Мечникова, Ру, Беринга и др.). Но едва ли не поразительнее были практические результаты, можно сказать, косвенного влияния этих биологических открытий на другую область медицины — на хирургию. Казалось бы, что здесь все успехи обусловливались непосредственно развитием личного искусства оператора, его знанием анатомии, пожалуй, еще усовершенствованием инструментальной части. Но учение Пастера подало мысль Листеру об ограждении обнажаемых тканей от заражения вездесущими микроорганизмами, и явилась *антисептика*, а вслед за ней *асептика*, уменьшившие в поразительных размерах процент смертности оперируемых и сделавшие возможным такие операции, о которых хирурги прежних веков (а уже подавно, заменявшие их, по словам историков медицины, еще в начале века цирюльники!) не посмели бы и подумать[1].

Приведенных беглых данных из истории земледелия и медицины за истекший век, указывающих, понятно, только на самые выпуклые черты их поступательного движения, достаточно, чтобы убедить защитников самого одностороннего утилитарного направления. Сравним, например, ужасы «черной смерти», когда-то обезлюдившей Англию и глубоко отразившейся на ее социальном строе, с недавней вспышкой чумы в Глазго, задушенной в самом ее зародыше, и мы поймем, чем обязано человечество современной биологии. Но эта биология шла своим самостоятельным путем; ее последовательные задачи вытекали из логического сцепления самих явлений, без всякого отношения их к пользе или вреду человека, а в результате явились бесчисленные и самые неожиданные приложения. Нигде свобода мысли, свобода творчества не является таким существенным условием успеха, как в области науки, и нигде, конечно, эта свобода не отплачивает за себя так щедро, как в области научных применений[2].

VI

Подводим итог. Если оценивать качество знания на основании критерия его обобщения, его объединения[3], то за этот век морфология, применяя присущий ей *сравнительный метод*, успела связать все свои частные задачи, все независимые стремления своих отдельных дисциплин (классификации, органографии, сравнительной анатомии, гистологии, эмбриологии, палеонтологии и географии организмов) одной идеей общности происхождения (эволюции в узком смысле

---

[1] Другое величайшее благодеяние в области хирургии, *анестезию*, медики, кажется, получили прямо из рук химиков, без посредства биологов, хотя должно заметить, что физиолог Флуранс обратил внимание Парижской академии на значение хлороформа за несколько месяцев до его первого применения в хирургии.

[2] Эта мысль мною подробно развита в этюде о Пастере («Насущная задача современного естествознания», Москва 1904).

[3] Вспомним определение Спенсера: «Философия — объединенное знание».

простого, связного описания), доказав надежность своего метода изучения фактов возможностью предсказания новых. Если оценивать знания не только с точки зрения понимания действительности и ее предсказывания, но и ее подчинения воле человека, то физиология (успевшая и в смысле обобщения опередить морфологию) вполне доказала применимость к сложным жизненным явлениям *экспериментального метода* и подтвердила это широкими приложениями к практической жизни, и это, быть может, всего важнее подчеркнуть на страницах этой книги. Наконец, переходя к задаче, составлявшей до сих пор исключительный удел теологии и метафизики, к объяснению загадочного совершенства строения и отправлений живых существ, биология доказала возможность ее научного разрешения путем применения к ней того *исторического метода*, который считался уделом только более сложной области знания — области социологии [1]. Путем наблюдения и опыта над настоящим она раскрыла самый *процесс эволюции*, необходимым, роковым последствием которого является *прогресс* органического мира и его современное совершенство, придавая этому слову в первый раз определенный смысл *приспособления*, т. е. гармонии между живыми существами и театром их действия — внешним миром.

Таким образом, развитие биологии соответственно ее промежуточному положению послужило для более полного философского объединения всего обширного реального содержания человеческих знаний, доказав универсальность того научного приема раскрытия истины, который, отправляясь от наблюдения и опыта и проверяя себя наблюдением и опытом, оказался способным к разрешению самых сложных проблем, перед которыми беспомощно останавливались поэтическая интуиция теолога и самая тонкая диалектика метафизика.

Этим выясняется важное философско-воспитательное значение, приобретаемое современной биологией. Успешно прилагая самые разнообразные методы изыскания истины к задачам, несравненно более сложным, чем те, которыми ведает аноргапология, она, конечно, призвана служить лучшей подготовительной школой для исследования в отраслях знания еще более сложных и, наконец, для разрешения тех сложнейших вопросов, которые человек, хочет ли он этого или не хочет роковым образом призывается разрешать в жизни, как это превосходно разъяснил Пирсон [2]. В течение века все громче и громче раздавались голоса, повторявшие, что логика перестала быть только диалектикой, словесным искусством аргументировать, умением выводить истины, заключенные в других истинах или нередко, как у метафизиков, в том, что произвольно признавалось за истину, а стала логикой в действии, искусством добывать новые

---

[1] Любопытно, что в старых шотландских университетах существовали кафедры «истории, гражданской и естественной», очевидно по примеру классификации Бэкона, сопоставлявшего эти отрасли знания, в его время, кроме названия, не имевшие ничего общего.

[2] В его интересной книге «Grammar of Science» — «Грамматика науки». Вступительная глава этой книги переведена мною под заглавием «Наука и обязанности гражданина», Москва 1905.

истины непосредственно из действительности. С той поры ее содержание стало все более и более отождествляться с изучением общих методов наук (Сенебье [1], Конт, Гершель, Д. С. Милль, Бэн, Джевонс, Минто, Пирсон). В этой новой логике должно быть отведено почетное место современной биологии, показавшей свою гибкость и разносторонность в применении разнообразнейших методов раскрытия истины. С другой стороны, ее изучение может доставить значительное удовольствие и тому, что Пирсон удачно называет эстетическим суждением, т. е. присущей в той или иной форме каждому человеку потребности в стройном обобщении своих воззрений.

«Эстетическое суждение» веков веры могло удовлетвориться по отношению к основной задаче биологии поэтическим представлением, на их исходе воплощенным гением Микель-Анджело в мощный образ духа, несущегося над землей, простирая над ней свою властную длань, из-под которой брызнула жизнь. Но это эстетическое суждение, конечно, уже не могли удовлетворить метафизические хитросплетения, пытавшиеся примирить поэтическое творчество детства с трезвым опытом более взрослого возраста человечества, — какая-нибудь теория отдельных творческих актов, столь же бесчисленных, как несметное число видовых форм, со всемогущим творцом, связанным в своем творчестве какими-то «планами творения» или «профетическими типами», вынужденным каждый раз отправляться от той же исходной точки, и даже бессильным стереть следы строений, утративших значение, неизменно повторяя их в форме остаточных органов, орудий без отправления и смысла [2]. Но возмужалое «эстетическое суждение» «века науки» может вновь найти удовлетворение в этом присущем человеческому разуму стремлении к постижимому, объединяющему, простому, признав, что «есть величие в том воззрении, по которому», «между тем, как наша планета продолжает описывать свой путь, согласно неизменным законам тяготения, из столь простого начала [3] возникли уже и продолжают возникать формы изумительного совершенства и красоты». Этими заключительными словами своей бессмертной книги великий мыслитель, конечно, хотел дать понять, что то дело, которое было начато его великими предшественниками XVI и XVII веков в области астрономии, на его долю выпало продолжать в XIX веке в биологии. По отношению к движению всего органического мира, отрицаемому до половины века, как отрицалось когда-то движение нашей планеты, биология устами Дарвина сказала свое победное é pur si muove. В этом смысле знаменитый физик, слова которого были приведены в начале этого очерка, конечно, имел право назвать XIX век веком Дарвина.

---

[1] Я уже много лет тому назад указывал на эту сторону деятельности Сенебье и только недавно встретил признание ее в интересной книге Гюнтера «Geschichte der anorganischen Wissenschaften im XIX Jahrhundert».

[2] Я считал излишним знакомить читателя с новейшими продуктами схоластической метафизики, вроде взятых напрокат у Аристотеля *энтелехий* (Дриша) или выдаваемых за новое изобретение *доминант* (Рейнке). Лучший образец метафизической диалектики и ее лебединую песнь мы видели в словах И. Мюллера.

[3] Естественного отбора и его предпосылок.

БИБЛИОГРАФИЯ

ОБЩАЯ ЛИТЕРАТУРА

Математические науки

Необходимым руководством служит M. Cantor «Vorlesungen über Geschichte der Mathematik»; в этой работе указаны публикации (документы, сочинения или статьи), с которыми следует справляться по каждому предмету. Книга Montucla «Histoire des mathématiques» весьма устарела и не заключает почти никаких сведений о средних веках. Сочинение Höfer «Histoire des sciences mathématiques» не обладает никакими достоинствами, точно так же как изданные тем же автором сочинения по истории астрономии, физики и химии, ботаники, минералогии, геологии и зоологии. В многотомной работе Marie «Histoire des sciences mathématiques» есть некоторые хорошо изложенные части, но этим сочинением следует пользоваться осмотрительно.

Интересна двухтомная работа Cajori „A history of mathematical notation (1928—1929) и трехтомное исследование Tropfke „Geschichte der Elementarmathematik" (1921—1922).

Далее, из сочинений по истории математики, помимо упомянутого выше классического труда Cantor, следует назвать работы Zeuthen «Geschichte der Mathematik in Altertum und Mittelalter» и его же «Geschichte der Mathematik in XVI und XVII Jahrhundert» (обе имеются в русском переводе).

Заслуживают внимания труды русских историков математики, в частности «Исследования» Мордухай-Болтовского, а также старые работы Бобынина «Очерки истории развития математических наук на Западе»; Ващенко-Захарченко «История математики» и др. Далее отметим исключительно богатую материалом и библиографическими ссылками Tropfke «Geschichte der Elementarmathematik (7 т.), Wileitner «Geschichte der Mathematik», интересную хрестоматию Вилейтнера «Хрестоматия по истории математики» (4 вып.) и доведенную до начала XX в., «History of mathematics F. Cajory (Кэджори). «История математики» Попова, а также «Очерки по истории точных наук» Якобсона не обладают особенными достоинствами. Серия брошюр «Очерки по истории точных наук» Лебедева довольно фрагментарна и далеко не всегда стоит на уровне научных требований.

Науки физические

Из работ по астрономии, механике и физике следует упомянуть довольно интереснуюработу Дюринга «Критическая история принципов механики», а также работы Маха «Механика»; «Принцип сохранения работы»; Prinzipien der Wärmelehre» и др. и Дюгема «Le système du monde» (5 т.), «Evolution de la mécanique», «Les origines de la statique», «Le mixte» и др. Хотя философские установки этих авторов, враждебные материализму, и дают себя знать в их исторических исследованиях, однако последние все же остаются весьма ценными как по обилию разработанного материала, так и по анализу отдельных исторических явлений. Специально по астрономии см. Берри «Краткая история астро-

номии»; Zinner «Geschichte der Sternkunde»; Mädler «Geschichte der Himmelskunde» (2 т.), об этой последней есть ряд интересных замечаний в «Диалектике природы» Энгельса; Jahn «Geschichte der Astronomie» (2 т.); Doublet «Histoire de l'astronomie» (1922).

Из старых работ следует так же упомянуть книги Wolf «Geschichte der Astronomie» (1877) и «Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur» (1890). Обе эти работы стоят на высоте развития исторических исследований своего времени.

Истории физики посвящены: Розенбергер «Очерк истории физики» (3 т.); Pitoni «Storia della fisica» (1913); Kistner «Geschichte der Physik»; Poggendorf «Geschichte der Physik»; Любимов «История физики» (3 т.). Книга Hoppe «Geschichte der Physik» (в первом томе Handbuch der Physik) представляет собою почти каталогообразный перечень важнейших фактов, но может быть использована для справок. Что касается химии, то классической остается пока перепзданная недавно четырехтомная работа Корр «Geschichte der Chemie», доведенная до середины XIX в. Следует упомянуть также Ладенбурга «История химии», с дополнениями Вальдена; Мур «История химии»; Härber «Geschichtliche Entwicklung der Chemie»; Bauer, «Geschichte der Chemie» и др. Книга Центнершвера «Лекции по истории химии» не обладает никакими достоинствами.

Упомянем также книгу Debaire «Histoire de le chimie», представляющую собою весьма капитальное исследование.

Биология и медицина

Из общих работ по естественным наукам и биологии следует назвать Radl «Geschichte der Biologischen Theorien» — капитальная работа, написанная с виталистической точки зрения; Nordenskjold «Geschichte der Biologie»; Bittel «Geschichte der Geologie und Paläontologie»; Burkhardt «Geschichte der Zoologie»; Meyer «Geschichte der Botanik»; Sachs «Geschichte der Botanik von XVI Jahrh. bis 1860»; Перье «Основные идеи зоологии в их истории развития»; Филиппов «Философия действительности».

Что касается медицины, то основной фактический материал можно почерпнуть в следующих книгах: Ковнер «История медицины»; Мейер-Штейнег и Зудгоф «История медицины»; Менье «История медицины».

Книга Hübotter «3000 Jahre Medizin» интересна тем, что пытается систематически проследить связь между медицинскими теориями и философским мышлением. Обширную библиографию см. Carrison «An introduction to the history of medicin» (1929).

Обзорные работы

Из общих обзорных работ заслуживают внимания: Darmstädter «Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und Technik» (2 Aufl.) справочник, помогающий ориентироваться в фактах; Dannemann «Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und Zusammenhänge» (4 т.) — общая сводка истории наук о природе. Первое издание, с которого имеется русский перевод, значительно слабее последующих. Очень интересна по своим установкам и ценна обилием материала трехтомная работа Л. Ольшки «История научной литературы на новых языках». Лавров «Важнейшие моменты истории мысли». Отдельные статьи по различным вопросам истории естествознания см. P. Tannery «Mémoires scientifiques» (вышло 8 т.), дающие очень много интересного материала, а также Singer «Studies in the history and method of Science» (2 т.). Кое-какие любопытные данные можно найти у Lippman «Beiträge zur Geschichte Naturwissenschaften und Technik» и у Ostwald «Grosse Männer» (есть русский перевод Оствальд «Великие люди»), Физье «Светила науки» (3 т.). Книга Harvey-Gibson «The science of two thousands years» (1930), написанная весьма поверхностно, хотя популярно, а местами даже увлекательно, ценна главным образом тем, что дает некоторый материал, относящийся к последнему столетию, и доводит изложение почти до наших дней. Книжка Picard «Un coup d'oeil sur l'histoire des sciences» не обладает никакими достоинствами. Далее следует назвать Stunz «Die Vergangenheit der Naturforschung»; Беклей «Краткая история естественных наук».

Эта последняя работа весьма поверхностна и носит чисто компилятивный характер. Упомянем также Dampier-Whetlan «A history of Science and its relation with philosophy and religion» и незаконченную работу Sarton «Introduction to the history of science». Автор этой последней работы является редактором органа History of science society, посвященного публикациям по истории естествознания Isis. В этом журнале можно найти обширную библиографию всего опубликованного по истории естествознания за последние 30 лет.

К ГЛАВЕ ПЕРВОЙ

Историю физики в средние века следует изучать по отрывкам из сочинений, касающихся схоластической философии. Могут служить полезными источниками сведений Lasswitz «Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton» (2 т.); Berthelot «La chimie au Moyen âge» (3 т.) (1893). В этих сочинениях собрано почти все, что было известно о данном предмете ко времени их составления. См. также Carus «Geschichte der Zoologie» (1872).

Специально по астрологии см. работы Torndike, статьи Isis и Boll «Sternglaube und Sterndeutung. Интересна работа об алхимии. Darmstädter «Die Alchimie des Geber.»

К ГЛАВЕ ВТОРОЙ

Кроме сочинений, указанных выше, полезно прочесть статьи по истории наук, появившиеся в Grande Encyclopédie,—об анатомии статьи Вариньи, о хирургии статьи Тедана, о ботанике статьи Мори. Есть сочинения, в которых изложена общая история естественных наук, именно Cuvier «Histoire des sciences naturelles» (1841—1845); Whewell «History of the inductives sciences» (есть русский перевод Уэвелль «История индуктивных наук»). Относительно медицины см. Portal «Histoire de l'anatomie et de la chirurgie» (1770); Hoeser «Geschichte der Medicin» (1853).

Кое-какой материал дает книга Harvey-Gibson «Outlines of the history o botany».

К ГЛАВЕ ТРЕТЬЕЙ

Кроме книг, указанных выше, следует назвать J. Bertrand «Les fondateurs de l'astronomie moderne» (1865); Dumas «Leçons de philosophie chimique» (1837); Flourens «Histoire de la découverte de la circulation de sang» (1854); Ch. Daremberg «Histoire des sciences medicales» (1870).

Бекон. Полное собрание его сочинений издал в Лондоне B. Montagu (12 т.). Bouillet издал 3 т. важнейших сочинений в Париже. Монографии о Бэконе с отрицательным к нему отношением см. J. de Maistre «L'examen de la philosophie de Bacon»; Liebig «Lord Bacon»; с положительным к нему отношением и объективные см. Remusat «Bacon, sa vie, son temps, sa philosophie» (1877); Nichol «Bacon» (1896); Ch. Adam «Philosophie de François Bacon» (1890).

На русском языке имеется перевод важнейших сочинений Бэкона, выполненный Бибиковым (Бэкон, «Сочинения», 2 т., 1874), в настоящее время устаревший.

Декарт. Издание сочинений под редакцией В. Кузена (Cousin) в 11 т. очень неудовлетворительно, особенно в математической части и в части переписки, первоначально изданной Clerselier большею частью на основе подлинников, в настоящее время утраченных. Лучшее издание сочинений Декарта выпущено Ch. Adam и P. Tannery в 12 т. Этим изданием и надлежит руководствоваться, так как оно выполнено весьма тщательно, снабжено обширными комментариями и прекрасной биографией Декарта, написанной Адамом. Относительно истории картезианизма и жизни Декарта заслуживают внимание: Ballet «La vie de M. Descartes» (1691); Millet «Descartes, sa vie, ses travaux, ses découvertes avant 1637» (1667). В 1870 г. эта же книга вышла под названием «Descartes son histoire depuis 1637. Далее: Bouillet «Histoire de la philosophie cartésienne» (2 т.) (1866); Monschamps «Histoire du cartesianisme en Bel-

giques» (1856); P. Tannery «La correspondance de Descartes dans les inédits du fonds Libri» (1893). Специально о Декарте как ученом см. Germain «Descartes considéré comme physiologiste et médecin (1870); Liard «Descartes» (1892), эта книга трактует о Декарте как математике; Duboux, «La physique de Descartes» (1881).

На русском языке важнейшие сочинения Декарта изданы в Казани в переводе Сретенского (Декарт, «Сочинения», т. 1). «Метафизические размышления» изданы Введенским; «Рассуждение о методе» было в первый раз издано Любимовым с обширными комментариями, разросшимися в целую монографию, и затем в новом переводе Тимяпским. Ранняя работа Декарта, имеющая большое значение для уяснения основ его физического мировоззрения, издана с необходимыми комментариями Васильевым (Декарт, «Космогония»). Из книг о Декарте, появившихся за последние годы, наибольший интерес представляет биография его, сделанная Ch. Adam и оставшееся, к сожалению, неоконченным исследование Milhaud «Descartes Savant». Заслуживает внимания очерк Умова «Значение Декарта в истории физических наук» («Сочинения», т. 3), ГТТИ издается «Геометрия» Декарта.

Кеплер. Полное собрание сочинений в 8 т. издано Ch. Frisch. Жизнь Кеплера описана Hansch (1718) по-латыни и Breitschwart (1831) по-немецки. Хорошие биографические сведения дает Arago (Oeuvres, т. III). На русский язык сочинения Кеплера не переводились. ГТТИ выпускается перевод «Стереометрия бочек».

Галилей. Довольно удовлетворительное полное собрание сочинений (20 т.) издано Alberi. Но гораздо лучше его новое Edizione nazionale, тоже из 20 т., выпущенное под руководством Favaro. Относительно сочинений о Галилее см. Bibliografia Galileiana, составленную Riccardi в 1873 г. Самое интересное из сочинений о Галилее Nelli «Vita e commercio litterario di Galilei» (2 т.) (1784); Libri «Histoire de la vie et des oeuvres de Galilée» (1841). Относительно процесса см. Ph. Chasles «Galileo Galilei» (1862), не обладающую особыми достоинствами, и далее Tronnesseart «Galilée, sa mission scientifique, sa vie et son procès» (1865); H. de l'Espinois «Galilée, son procès, sa condamnation» (1867); «Pièces de procès de Galilée» (1877); «La question de Galilée» (1874); Combes «Galilée et l'inquisition romaine» (1876); Desjardin «Encore Galilée» (1877); Gherardi «Il Processo di Galileo» (1874); Wohlwill «Der Inquisitions prozess des Galilei» (1870); Wolynski «Nuovi documenti inediti del processo di Galileo» (1878). Наиболее основательным исследованием о Галилее является работа Wohlwil, «G. Galilei und sein Kampf für die Kopernikanishe Lehre» Bd. I, 1909, Bd II, 1926.

На русском языке кроме нескольких отрывков из сочинений Галилея в различных философских хрестоматиях имеется полный перевод его «Рассуждения о плавающих телах» (сб. «Начала гидростатики», Архимед, Стевин, Галилей, Паскаль). ГТТИ выпущены также «Беседы и математические доказательства» и издаются «Диалоги о двух системах мира».

К ГЛАВЕ ЧЕТВЕРТОЙ

Относительно академий см.: A. Maury, «Les Académies d'autrefois» (1864) Bertrand «L'Académie de sciences» (1889); Maindron, статьи в Revue scientifique 28 мая и 4 июля 1881 г. с очень полезной библиографией.

Относительно Италии: Tiraboschi «Storia della literatura italiana» (1822—1824).

Относительно Бельгии: «Academie royale de Belgique depuis sa fondations» (1922).

По поводу обсерватории и астрономии см. «Histoire» Delamre и Wiedler'a.

Сочинения Лейбница хорошо издал Gerhardt; математические произведения были изданы отдельно в 7 т., из которых первые 4 заключают переписку и 3 последние математические трактаты.

В настоящее время в Германии выпускается очень тщательно подготовленное юбилейное издание полного собрания сочинений Лейбница, руководимое Прусской академией наук. На русском языке имеются в переводе только философские сочинения Лейбница, изданные Преображенским и Ягодинским.

Из новейших работ о Лейбнице следует упомянуть обширную монографию Кассирера (Kassirer), интересную книгу Russel «The philosophy of Leibnitz» и обширную работу Couturat «La logique de Leibnitz».

Великолепное полное собрание сочинений Гюйгенса издано Голландским научным обществом. На русском языке имеется только небольшая статья Гюйгенса о квадратуре круга (изд. в сборнике, «О квадратуре круга»).

Сочинения Ньютона изданы Horsley, а его «Opuscula» издал Castillon. Эти два издания нуждаются в дополнении изданием математических статей и переписки, которые известны только в отрывках. О Ньютоне см. Rouse Ball «An Essay on Newtons Principia» (1894); Brewster «Memoires of the Life, Writing and Discoveries of sir Isaak Newton» (1860).

На русском языке имеется хороший перевод «Математических начал натуральной философии», выполненный А. Крыловым, и «Оптики», выполненный под редакцией С. И. Вавилова. Из сочинений о Ньютоне укажем книгу Цейтлина «Наука и гипотеза» и юбилейные номера журналов «Под знаменем марксизма», «Успехи физических наук» и др., отметившие трехсотлетие Ньютона. Из старых работ заслуживает внимания монография о Ньютоне Rosenberger'a и книга Metzger «Newton, Stal, Boerhaave et la doctrine chimique».

Для изучения истории математики необходим 3-й том сочинения Cantor «Vorlesungen» в нем очень подробная библиография.

Для других наук помимо указанных выше книг см. следующие сочинения: Metzger «Les doctrines chimiques en France du debut de XVII a la fin de XVIII siecle (1927); Chéreau «Histoire de l'anatomie» в Dict. encycl. des sciences medicales; Baerggraeve «Précis de l'histoire de l'anatomie» (1840); Maurice Reynaud «Les médiscine au temps de Molière» (1866).

К ГЛАВЕ ПЯТОЙ

Кроме указанных выше работ см. Ball «A short account of the history of mathematics» (1848); Cajori «A history of mathematics»; русский перевод другой книги Кэджори «История элементарной математики»; Chasles «Aperçu historique sur l'origine et le développement der méthodes en geométrie» (1875); Bopp «Entwicklungslinien der Geometrie"; Iorda „Storia della gemetria descrittiva"; Gerhardt «Geschichte d. Mathematik in Deutschland» (1877); Rosenberger. «Geschichte der Physik» (есть русский перевод Розенбергер «Очерк истории физики»), в настоящее время переиздается ГТТИ; Brunet «L'Introduction des théories de Newton en France»; Wurtz «Histoire des doctrines chimiques» (1868); Berthelot «La révolution chimique. Lavoisier» (1890). Meldrum «Lavoisier's early work in science".

Монографии и специальные труды. О Гершеле: Fourier, «Éloge historique» (1825); Plaff «Herschel's Entdeckungen» (1850); Arago «Annuaire du Bureau de longitude» (1842); Holden «Sir W. Herschel, his life and works» (1881).

О Бюффоне: Flourens «Histoire des travaux et les idées de Buffon» (1844); «Des manuscrits de Buffon» (1860). Dimier «Buffon» (1919).

О Франклине: Condorcet «Éloges» (1796), так же Fauschet Mignet (1869); Schwiltz (1840); Weems (1835); Holley (1848); Saint-Beuve «Causeries» (т. VII); Parton «Life and Times of Franklin» (1884).

Общие вопросы биологии: Chain «Histoire de l'anatomie comparative» (1925); Daudin «Etudes d'histoire des sciences naturelles» (посвящена проблеме классификации); Jackson «Linnaeus» (1921); Kühner «Lamark» (1913).

Об умственном движении

Barni «Histoire des idées morales et politiques en France au XVIII siècle» (1876); Brunet «Les philosophes et l'Académie française au XVIII siècle» (1884); J. Bertrand «D'Alembert, sa vie et ses travaux» (Revue des Deux Mondes 15/X 1865); Caro «La fin du XVIII siècle» (1880); Raumer «Diderot und seine Werke» (1843); Rosenkranz «Diderots Leben und Werke» (1866); Morley «Diderot and the Encyclopedists») (имеется на русском языке: Морлей, «Дидро и энциклопедисты»). Основные сочинения французских философов XVIII в. имеются

на русском языке в издании Института Маркса и Энгельса под ред. Деборина. Предисловие к «Энциклопедии» Д'Аламбера издано Ковалевским в сборниках «Родоначальники позитивизма». Из работ об отдельных философах укажем: Плеханов «Очерки по истории материализма»; Деборин «Очерки по истории материализма»; Луппол «Дени Дидро» и др.

К ГЛАВЕ ШЕСТОЙ

«École Polytechnique», livre du Centénaire (1895), (первый том заключает в себе историю преподавания в Политехнической школе и биографии выдающихся политехников); «L'École Normale» (1884); «Le Centénaire de l'École Normale» (1895) (эти оба труда содержат в себе исторические заметки P. Dupay).

Arago, «Biographie de Carnot» (1860). Kaufmann «Laplace» (1841). Andeyer «L'oeuvre scientifique de Laplace»; Андроновы «Лаплас»; Todhunter «History of the theory of probability» (1865).

Lefort «Documents relatifs à la vie et aux travaux scientifiques de Biot» (1862); Jaubert «Notice sur Biot» (1862); Arago «Histoire de ma jeunesse» (1854); Lunel «Biographie de Arago»; Brougham «Life of the philosophers of the time of George III»; Weld «History of the Royal Society» (1848); Wilson «The life of Cavendish» (1851); Muirhead «Correspondance de Watt» (1854); Henry «Life and researches of Dalton» (1754); «Home life of Sir David Brewster» (1881).

Cattaneo «Cenni su la vita di Fourcroy» (1889); Löwenberg «Von Humboldts Reisen in Amerika und Asien» (1843); Angelis «Amadeo Bonpland» (1869); Brunet «Biographie d'Aimé Bonpland» (1869).

Cuvier «Mémoires» (1883); Blainville «Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire» (1891); Isidor Geoffroy Saint-Hilaire «Vie, travaux et doctrine scientifique d'Etienne Geoffroy Saint-Hilaire» (1847); Pariset «Histoire des membres de l'Académie de médecine de Paris» (1845—1860); Buisson «Précis historique sur Bichat» (1884); Montègne, «Notice historique sur Brussais» (1849).

Papillon «Histoire de philosophie moderne»; Damiron «Essai sur l'histoire de philosophie» (1828); Thurot «Introduction à l'étude de la philosophie» (1830); Picavet «Les Idéologues» (1890).

На русском языке имеются переводы: Карно «Размышление о движущей силе огня»; Араго «Биографии»; Лаплас «Опыт философии вероятностей» и несколько монографий о Лапласе.

К ГЛАВЕ СЕДЬМОЙ

Математика

Из трудов по истории математики заслуживают внимания: Darboux «Le développement des méthodes géométriques»; Picard «Le développement de l'analyse»; Шаль «История геометрии», а также работы Грассмана, Гаузе, Абеля.

Dickson «History of the theory of numbers» (3 тома); Klein «Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik in XIX Jahrhundert» (ГТТИ готовит русское издание этих замечательных лекций Клейна).

Günther «Ziele und Resultate der neuren mathematisch-historischen Forschung»; Todhunter A. «History of the Theory of Elasticity» (1865); Dronke «Julius Plücker» (1871); Schlegel «Hermann Grassmann, sein Leben und seine Werke» (1878); Valson «La vie et les travaux du baron Cauchy» (1866); Bjerknes «Nils Abel, tableau de sa vie et de son action scientifique» (1885); Lejeune-Dirichlet «Gedächtnisrede auf C. G. I. Jacobi» (1852); Kummer «Gedächtnissrede auf C. P. Lejeune-Dirichlet» (1860).

Физика и химия

А. Кларк «Развитие астрономии в XIX столетии»; Mottelay «Bibliographical history of electricity and magnetism» (1922) (весьма ценный справочник).

Helmholtz «Über die Erhaltung der Kraft» (имеется русский перевод Гельмгольц, «О сохранении силы»); Biot «Mélanges scientifiques et littéraires» (1858); Wiede «Geschichte der Optik» (1838); Valson «La vie et les travaux d'André Marie Ampère» (1889); Tyndall «Faraday as a discoverer» (1870).

Schuster «Biografical fragments» (дает сведения о Леверрье, Джоуле, Кирхгофе, Бунзене, Больцмане, Стоксе, Рентгене и др.).

Davy «Elements of chimical philosophy» (1812); Dumas «Leçons sur la philosophie chimique». Wurts «Histoire des théories chimiques depuis Lavoisier» 1889) (есть русский перевод); Hjelt «Geschichte der Organischen Chemie».

Естественные науки

Cuvier et Flourens «Éloges historiques»; M. de Saint-Agy «Histoire de sciences naturelles» (1841); Carus «Geschichte der Zoologie» (1872); Guardia «Histoire de la médecine» (1884); Dubois Reymond «Reden»; Schleichen «Schelling's und Hegel's Verhältniss zur Naturwissenschaft» (1844); J. Sachs «Geschichte der Botanik vom 16-ten Jahrhundert bis 1860»; Huxley «Lay Sermons»; Peschel «Geschichte der Erdkunde» (1877).

Из общих сочинений по истории естествознания в XIX в. следует упомянуть: Bryk «Entwicklungsgeschichte der reinen und angewandten Naturwissenschaften»; первый том охватывает период до 50-х годов, о существовании второго тома нам не известно. Klenke «Die Naturwissenschaften der letzten 50 Jahre» (1854); Günther «Geschichte dera norganischen Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert»; Müllner «Geschichte der organischen Naturwissenschaften in 19. Jahrhundert»; Филиппов «XIX век».

К ГЛАВЕ ВОСЬМОЙ

Общие сочинения

Merz «A history of european thought in the nineteenth century» (1896).
W. Thomson «Popular lectures and adresses» (1871).

Математика

Hankel «Theorie der complexen Zahlensysteme» (1876); Quételet «Sciences mathématiques et physiques chez Belges» (1866); Gerhardt «Geschichte der Mathematik in Deutschland» (1877); Walterhausen und Sartorius «Gauss zum Gedächtniss» (1856); F. Klein «Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen» (1872); Hankel «Die Entwickelung der Mathematik in den letzten Jahrhunderten» (1884); Reiff «Geschichte der unendlichen Reihen» (1889).

Физика и химия

J. B. Dumas «Discours et éloges historiques»; Verdet «Théorie mécanique de la chaleur» (1872); Regnault «Relation des expériences, entreprises pour déterminer les principales lois et données numériques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur».

Mayer «Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme» (1851) (Работы Майера изданы на русском языке ГТТИ); Clausius «Die Potentialfunction und das Potential» (1859); Tyndall «Heat considered as a mode of motion» (1863); Rankine «On the conservation of energy» (1859); Clausius «Die mechanische Wärmetheorie» (1891); (Наиболее существенные отрывки из Клаузиуса имеются в русском переводе в сборнике «Второе начало термодинамики»); Whittaker «A history of the theories of aether and electricity» (1910).

Gay Henri «Saint-Clair Deville et ses travaux»; Wurts «La théorie atomique» (есть русский перевод Вюрц «Атомная теория»); Berthelot «Essais de mécanique chimique»; «La synthèse chimique» (1875).

Ряд интересных материалов можно найти в сериях, выпущенных издательством «Образование»: «Новые идеи в математике», «Новые идеи в астро-

номии», «Новые идеи в физике». См. также Больцман «Очерки методологии физики», его же «Populäre Schriften»; Хвольсон «Характеристика развития физики за последние 50 лет».

Helm «Die Energetik nach ihrer geschichtlichen Entwicklung».

Л. Пуанкаре «История математической физики», Auerbach «Entwicklungsgeschichte der modernen Physik».

Лазарев «Гельмгольц»; Зернов «Гельмгольц»; Шарвин «Либих».

Комиссия по истории знания Академии наук выпустила книги о Бертло и Бутлерове. Далее см. Бутлеров «Исторический очерк развития химии» (1876—1880).

[Естественные науки]

Valery-Radot «Histoire d'un savant par un ignorant» (1883). Duclaux «Pasteur, histoire d'un esprit».

Fr. Darvin «Life and Letters of Charles Darvin» (1887).

Важнейшие сочинения, сыгравшие роль в истории естествознания, собраны в обширной серии Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften. В этой серии имеется и множество работ, относящихся к XIX в.

Мечников «Основатели современной медицины. Пастер, Листер, Кох»; Тимирязев «Исторический метод в биологии; Чарльз Дарвин и его учение».

Джедд «Возникновение и развитие теории эволюции»; Бёльше «Геккель»; Некрасов «Борьба за дарвинизм»; Дриш «Витализм, его история и система»; Филиченко «Эволюционная идея в биологии», Hertwig «Entwicklung der Biologie»; Gaupp «Weisman»; Maurer «Häckel». Сочинения Дарвина, Геккеля и Гёксли переведены на русский язык (первого — все; второго и третьего — частично).

К ГЛАВЕ ДЕВЯТОЙ

Математика

«Repertorium der literarischen Arbeiten auf dem Gebiete der reinen und angewandten Mathematik» (1877—1879).

Riccardi «Bibliotheca mathematica italiana» (1880).

Houzeaux und Lancaster «Erscheinungen auf dem Gebiete der Mathematik aus den Jahren 1884—1889»; «Répertoire bibliographique des sciences mathematiques»; «Zeitschrift für Mathematik und Physik».

Физика и химия

Glasebrook «Report on optikal theory» (1865).

Berthelot «Essai de mécanique chimique fondés sur la thérmo-chimie» (1879); «Encyclopédie chimique de Frémy»; «Annales de chimie et de physique».

История периодического закона: см. Рабинович и Гило «Периодическая система элементов»; Менделеев «Периодический закон» и многочисленные публикации Менделеевских съездов.

Медицина и естественные науки

Fournié «Application des sciences à la médecine» (1878). Barillon «Histoire de la médecine» (1887). Dechambre «Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales».

Помимо литературы, указанной выше, необходимо познакомиться с той обширной полемической литературой, которая к концу XIX в. началась по вопросу о целях и методах естественно-научного познания. В «Материализме и эмпириокритицизме» Ленина дана обширная библиография

этой литературы. Кроме этой гениальной работы Ленина, давшей систематическую критику идеалистических шатаний естествознания эпохи империализма и вскрывшей глубокие социальные основы его кризиса, полезно познакомиться со сборниками «Философия науки», книгами Рея «Современная философия», «Энергетическое и механическое миросозерцание», статьями Маха, Дюгема и др. К более раннему периоду, нежели «Материализм и эмпириокритицизм" относится замечательная работа Энгельса, «Диалектики природы», в которой имеется много ценнейшего материала как по истории естествознания, так и по философской материалистической критике буржуазных теорий середины XX века.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аббе 247
Абель 176, 177, 200
Авиценна 30
Алогадро 157
Автотер 263
Агассис 190, 192, 245, 271, 273, 276
Агрикола 44, 47
Агриппа Генрих 41
Адам 1
Адамс 178, 201, 252
Адансон 134
Адриан Римский 68
Азелли Г. 61
Айвори 146
д'Аквапенденте 60
д'Аллуа, д'Омалий 192
Альберт Великий 4, 25, 28, 29
Альдрованде 58, 60
Альпин 58
Альфонс Кастильский 22
Альховаризми см. Магомет-бен Муса
Амага 227
Амичи 191
Ампер А. М. 10, 157, 181, 182, 226
Ампер Ж. Ж. 182
Андерсон 65, 66
Антуан Ролан 134
Аньези 120
Аполлоний 20, 39, 66
д'Апоно 22
Аппель 223
Араго 149, 150, 153, 155, 180, 181, 182
Арган 173, 174
Аристарх Самосский 39
Аристотель 4, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 41, 42, 45, 46, 51, 54, 55, 56, 57, 64, 75, 76, 81, 82, 95, 291
Арнольд де Вильнев 29
Арреннус 225, 232
Архимед 20, 66, 68, 76, 104
д'Асколи Чекко 22
Астуника Дидакус 77
Ателярд Батский 19
Ауэрбах 268
Аюи 135, 160, 162
Аюи Валентин 135

Байер 231
Балар 185, 211
Бальмер 230
Бальцер 199
Банистер 112
Барберини (Урбан VIII) 77
де-Бари 216, 249, 288
Баррельс 111
Барроу 69
Бартеа 137, 164
Бартолин 61
Бассатиан 73
Бахман 111
Бауш 85
Баше де-Мезириак 64
Беккерель 153, 154, 183, 207, 233
Бексон, аббат 134
Беллавитис 174
Беллармин 77
де-Беллеваль 59
Белон Мажо Пьер 46
Белопольский 225
Белль 188, 192, 265
Бельтрами 198
вал-Бенден 235
Бентам 245
Берар 155
Бергав 109, 110, 136
Бергман 11, 130, 131, 160
Беринг 289
Бернар Клод 215, 216, 217, 218, 241, 251, 255, 258, 261, 266, 268
Бернулли Даниил 115
— Иоганн 96, 97, 114, 116, 204
— Иоганн III 115
— Николай 115
— Николай 115
— Яков 96, 97, 104, 105, 114, 116
— Яков II 115
Бертло 209, 210, 211, 214, 217, 218, 231, 255, 257, 263, 285
Бертолле 132, 154, 156, 157, 158, 159
Бертольд 250
Бертран Эрмид 197
— Жозеф 197, 200
Берту 124
Берцелиус 156, 157, 159, 160, 185, 186, 187, 188, 210, 213
Бессель 178, 179
Био 98, 149, 152, 153, 155, 180
Бише 134, 138, 164, 165, 189, 245

Бишоф 189
Блазиус см. Блез
Блез Жерар 108
Блэк 11, 127, 130, 131
Блюменбах 189
Богеи Гаспар 58, 59
— Жан 58, 59
Бодэ 123, 124
Бойль 85, 105, 107, 125, 130
Бойи 112
Бокк 46
Болиан Вольфганг 171, 172
— Иоганн 172
Болль 267
Больцман 204, 205, 206, 228, 230, 240, 274, 284
Бомбелли 38, 66
де-Бомон 192, 260
Бонапарт см. Наполеон
Бонне 136, 197
Бонплан 162
Бонье 269
Борда 149
Борде 134, 137, 164
Боррели 62, 110
Борель 223
Бори 270
Борнэ 216
Борхард 200
Боссюэ 82
Ботран 71
де ла Боэ Сильвий 62
Боэций 18, 19
Браге Тихо 23, 49, 72, 73, 74, 91, 92
Брадлей 94, 122, 123
Брандт 11, 107, 130
Браун 249
Брейтшнейдер 174
Брефельд 288
Брианшон 169
Бриошн 199
Брикко-Мирбель 190
Броньяр Ад. 189, 191, 192, 247
Броньяр Алекс. 191
Броун 137
Броункер 104
Бруно 8, 40, 45, 273
Брусс 164, 193
Брьюстер 155, 206
Брюкке 266
де ла Брюсс 60
Бу 89
Буа 266
Бугэ 119, 122
Буллио 73
Буль 200
Бунзен 206, 207
Бурдерен 89
Бурдон 264
Бурмани 112
Буссенго 254, 256, 258, 261, 285, 286
фон Бух 163, 192
Бухнер 257, 258
Бэбидж 146
Бэкон Роджер 25
Бэкон Фрэнсис 30, 39, 42, 44, 51, 56, 57, 81, 85, 241, 249, 290
Бэн 291
Бэр 251, 271, 276
Бэтсон 283
Бюрги 66
Бюффон 133, 134, 135, 136, 141, 160, 163, 256, 273
Бюхнер 215
Бючли 250

Ваагс 232
Ватнер 286
Вайан Себ. 136
Валентини 108
Валерио Лука 68
Валлис (математик) 96, 98, 104
Валлис (врач) 62, 108, 109
Вальян 112
Ван-Гельмонт 43, 54, 62, 110, 265
Варминг 281
Вартон 109
Василий Валентин 41
Вебер Вильх. 183, 254
Вебер Эрнст Генрих 188, 254, 260
Везалий 47, 48, 52
Вейерштрасс 222, 223
Вейсман 250, 281
Велер 187, 188, 257
Вельпо 193
Венцель 156
Верде 207
Вернер 162, 163, 231
Вертгейм 207
Вессель 173
Ветштейн 277, 281
Вивиани 78, 97
де-Виго 49
Виет 52, 64, 65, 66, 68
Виссеан 109
Визпер 269
Вик д'Азир 136, 244, 246
Вильгельм IV Гессе.-Касс. 73
Вильгельми 232
Вильке 127
Вильямсон 210, 247
Вин 230
Винер 230
Виклер 214
Виноградский 263, 286
Винцент Бовэский 24, 28
Винчи см. Леонардо да Винчи
Вирхов 249, 266, 287
Виссарион 40
Владислав Венгерский 22
Вокдэн 159
Волластон 155, 157, 180
Вольта 150, 151, 152, 226

Вольтер 86, 119, 138, 139
Вольф К. Р. 139
Вольф Хр. 114, 246
Воронин 286, 288
Вотчал 260
Вюрц 209, 210, 211

Габер 85
Гадамар 223
Гази 46
Гайан 89
Гален 31, 61, 62, 110
Галилей 6, 7, 8, 24, 25, 39, 51, 54, 56, 63, 68, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 81, 82, 84, 91, 93, 96, 97, 100, 118, 146, 149, 155
Галлей 92, 94, 99, 100, 121, 127
Галлер 135, 136, 141
Галлуа 90
Галуа 173, 174, 223
Гальвани 150, 151
Гальфон 221, 223
Гамбар 179
Гамильтон 173, 174, 199, 208, 209, 214, 252
Ганзен 178, 179
Ганкель 199
Ганнеман 193
Гарвей 52, 53, 60, 61
Гаррнот 53
Гаррисон 124
Гарсиа 254, 287
Гассенди 55, 69, 73, 85, 113, 125
Гастон Орлеанский 60, 111
Гаусс 64, 145, 146, 149, 170, 171, 172, 173, 174, 177, 183, 198, 200, 205
Гебер 24, 28, 29, 30, 31
Гевелке (Гевелиус) 91
Геггинс 225
Гегель, 5, 167
Гейберг 68
Гей-Люссак 152, 154, 155, 157, 158, 160, 166, 185, 186, 188, 204
Гейне 224, 279
Геккель 215, 237, 243, 249, 251, 281
Гекели 249
Гельмгольц 185, 198, 202, 204, 224, 254, 262, 264, 265, 266, 267, 287, 288
Гельригель 260, 285, 286
Гелье 129, 136
Генке 201
Генле 189
Генрих II 98
Генрих IV 59, 65
Генричи 221
Генсло 278, 281
Гентер 138
Георг Датский 94
Герар 256
Герберт 20, 22
Герике 105, 106, 107
Гертвиг 235, 242, 255, 268, 270, 276, 277
Герц 227, 228, 229
Гершель Вильям 122, 123, 124, 125, 146, 149, 155
Гершель Джон 179, 291
Гесее 171, 172, 173, 199
Гесснер 46
Гете 191, 242, 246
Геттон 163
Гиббс 205, 228, 232
Гильберт Уильям 52, 53, 222, 286
Гиньяр 237
Гиппарх 123
Гиппократ 51, 61, 62, 110
Гиразе 252
Гирн 263
Гитон-Морво 132
Гитторф 232
Гитциг 266
Гладстон 213
Глиссон 109
Гоббс 139
Гобле 239
Годэн 119
Голливуд 22
Голль 265
Гольбах 139
Гольджи 265
Гольцман см. Кеплер
Гомберг 107
Гордниг 149
Готье 288
Гофман 110, 136, 210
Гофмейстер 216, 250, 252, 269
ван-Гофф 231, 232
Грамм 226, 227
Грасси 8, 77
Грассман 173, 174, 199
Грегори 104
Грей 128
Григорий сен-Винцент 71
Гризебах 247
Гримальди 91
Гримм Ник. 112
Грин 122, 181
Грью 112, 247
Грэам 259
Грэмбелль 226
Гуарте Хуан де Диоз 53
Гук 99, 110
Гукер 214
Гульдберг 232
Гульдин 69
Гумбольдт А. 151, 155, 162, 163, 247
Гурса 223
Гутри 193
Гюйгенс 6, 75, 82, 86, 89, 90, 92, 93, 95, 97, 100, 103, 104, 105, 118, 126, 127, 204
Гюнтер 291
Гюрэ 216

Даламбер 117, 118, 120, 123, 141, 147
Далешамп 58
Дальтон 155, 156, 157, 166, 184, 185, 186, 211, 213
Данделен 170
Даниемани 2
ле-Дантек 235
Дарбу 220, 223
Дарвин Д. Г. 224, 225
Дарвин Чарльз 7, 192, 214, 215, 218, 240, 250, 259, 267, 269, 274, 276, 277, 278, 279, 280, 282, 283, 284, 291
Ларест 270
Деберейнер 213
Девиль Сен-Клер 209, 211
Дедекинд 201, 222
Дезарг 52, 67, 105, 169
Дево 138, 164, 165
Дезорм 158
Декарт 1, 8, 38, 40, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 65, 66, 68, 69, 71, 72, 78, 81, 82, 89, 91, 95, 100, 103, 104, 113, 125, 147, 166, 173, 202, 203, 204, 236, 265
Деламбр 149
Делонэ 197, 201
Демокрит 27, 45, 55, 76
Демьель 89
Депре 227
Дестю де-Траси 167
Детуш-Канон 120
Дженонс 291
Джексон 193
Дженкер 137
Джине 225
Джон 138
Джоуль 183, 184, 185, 204
Дидро 138, 139, 141, 142
Диоскорид 46, 47, 48, 59
Диофант 18, 63, 64
Диппель 265
Добантон 134, 160
Добар 112
Додоенс Рамбер 58
Доллонд 123
Доломье 163
Дриш 291
Друде 247
Дэви 152, 155, 156, 157, 158, 159, 182, 285
Дюамель 178
Дюамель де Лонсо 136
Дюбуа-Реймон 189, 266
Дюверье 109
Дюжарден 189, 249
Дюилье Ф. 97
Дюкло 89
Дюлонг 153, 154, 155, 159
Дюма 186, 187, 189, 209, 213
Дюпен 169
Дюпюитран 165
Дютроше 189, 191, 254, 259, 263, 269
Дюфей 128, 133
Дюфренуа 192
Дюшен 265, 266

Евстахий 60
де л'Еклюз 58
Еррера 268

Жерар 187
Жергонн 170
Жирар 66
Жордан 222, 282
Жоффруа 112, 128
Жюнилль 234
Жюссье 111, 133, 134, 135, 162, 244, 245

Зеебек 183
Зееман 230
Зейлер 254, 261
Зибольд 189, 190
Зосим 27, 28
Зюс 235

Икено 252
Ингенгоуз 127, 262
Ингрессий 60
Иордан Неморарий 19
Исаак Голландец 42

Кабанис 165, 167
Кавальери 6, 69, 70
Кавендиш 132, 150
Катур 210
Кайал 265
Каловий 47
Кальете 228
Камель Жозеф 112
Камерариус 112
Каммерлинг Оннес 230
Кампан Наварский 19
Кандолль 162, 245, 246, 247, 269
Кант Имм. 11, 129, 140, 148, 167, 201, 242, 276, 284
Кантор Г. 222
Кантейн 225
Кардано 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 66
Каркави 89
Карл II 85
Карл V 47
Кардейль 152
Карно Л. 145, 146, 183
Карно С. 183, 184, 204, 205
Кассегрен 92
Кассель 105
Кассини Джов. Доминико 86, 92, 93, 119, 122, 124
Кассини Жан-Доминик 122
Кассини де Тюри 122
Кастелли 69, 70
Кастельнуово 22
Каталан 196

Катрфаж 215
Кавчини 77
Квинке 250
Кейль 97
Кекуле 231
Келликер 189
Кельвин см. Томсон Вильям
Кемпфер 112
Кеплер 6, 11, 23, 51, 52, 56, 66, 72, 73, 74, 75, 99, 100, 149, 182
Керр 230
Кетле 170
Кибер 190
Кирхгоф 206, 207, 244
Клавий 67, 75
Клапейрон 177, 183
Клаузиус 202, 204, 205, 228
Клебс 268, 269
Клебш 199
Клейн 198, 220, 221
Клерк 226
Клерселье 55
Клингестьерн 123
Клиффорд Вильям 221
Клиффорд Ж. 135
Клэро 118, 119, 120
Кнопп 260, 285, 286
Ковалевская С. 221
Ковалевский 251
Козимо II. Медичи 75
Коккеи 274, 277
Коллинс 98
Колонна 58, 59, 60
Коломбо М. Р. 47
Кольбер 85, 90, 92, 93, 95, 107
Кольдинг 184
Кольрауш 232
Коммандино 66, 68
Коммелин Гаспар 111
Коммелин Иван 111
ла-Кондамин 119
Кондильяк 165, 167
Кондорсэ 143, 244
Константеи 269
Конт 11, 12, 194, 218, 241, 253, 256, 266, 270, 273, 277, 278, 279, 284, 291
Кооль 269
Коперник 24, 38, 39, 40, 56, 70, 73, 74, 77, 78, 82, 100
Корбино 230
Корвизар 165
Корд 46, 47
Коржинский 282, 283
Кориолис 178
Корню 59
Котс 118
Коши 174, 175, 176, 177, 178, 181, 200
Крауфорд 127
Кремле 170, 171, 172, 176, 177
Кремона 198
Кронекер 222
Кронштедт 130
Крофт-Гилль 258
Крукс 229
Ксиландер 63
Кук 122, 213
Кулон 127, 150
Кульман 198
Куммер 200
Кулов 3
Купер 166
Купле 89
Кэйли 172, 173, 197, 199, 220
Кювье 134, 160, 161, 162, 163, 189, 190, 191, 192, 235, 245, 246, 271, 276
Кюи 173
Кюри М. 233
Кюри П. 233

Лавуазье 11, 12, 116, 127, 129, 130, 131, 132, 136, 138, 141, 147, 156, 158, 159, 166, 185, 186, 211, 256, 261, 262, 263
Лагир 67, 105
Лагранж 97, 114, 115, 116, 117, 124, 140, 145, 146, 166, 177, 200, 224
Ла-Гурнерн 198
Лаказ-Дютьер 215
Лакайль 94, 121, 122
Лакруа 146
Лаланд 121
Ламарк 160, 242, 244, 245, 274, 275, 276, 277, 279
Ламберт 114, 125, 127, 171
Ламметри 139
Ламэ 177, 178, 181, 201
Ланглей 228
Ланкастер 283
Лаплас 119, 124, 127, 132, 138, 140, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 166, 180, 201, 211, 224, 225, 261, 263
Ларош 155
Ларрей 165
Ласепед 133, 160, 161
Латрейль 160
Латур 152
Ла-Шамбр 89
Леб 258, 270
Лебедев 230
Лебель 233
Леваковский 269
Левенгук 108
Леверрье 178, 196, 209, 214, 252
Леви 198
Лежандр 64, 146, 176, 177
Лежантиль 122
Лежен-Дирихле 177, 198, 200
Лейбниц 52, 69, 71, 72, 86, 90, 96, 97, 98, 100, 103, 104, 105, 113, 114, 115, 118, 140, 146, 157, 166, 204
Лекок де Буабодран 214

Лемери 107
Ленард 229
Леннек 165
Леонардо да Винчи 6, 20
Леонардо Пизанский 19
Леруа 124
Лесаж 204
Лесли 156
Лефевр 107
Лефор 98
Лещик-Суминский 216
Ли 222, 223
Либих 7, 187, 188, 194, 210, 212, 256, 285, 286
дю-Лигондес 225
Линдеманн 223
Линман 227, 228
Линней 110, 111, 133, 135, 136, 141, 245, 248
Лионнэ 133
Листер 235, 289
Листинг 221
Лисфранк 193
Литре 218
Лиувилль 196
Ллойд 208
Лобачевский 171, 172, 220
Лобель 58
Локьер 210
Ломоносов 12
Лоос 286
Лопиталь 97, 120
Лоренц 229
Луи 138
Лука Ландман 44
Луммер 230
Лэнек 287
Людвиг 254, 260, 261
Людовик XIII 60
Людовик XIV 90, 91, 95, 109, 110, 111, 118, 122
Людовик XV 109, 137
Людовик XVI 115
Людовик XVIII 118, 148
де Люк 127
Лайель 192, 214, 276, 284

Магатти 63
Магноль 111
Магомет бен Муса аль Хорезми 18
Мадзини 75
Мажанди 265, 266
Май 209
Майер 10, 12, 183, 184, 185, 204, 262
Майкельсон 228, 229, 230
Макалузо 230
Макке 132
Маклорен 118, 119
Максвелл 180, 201, 205, 206, 209, 227, 228, 229, 230, 253
Мальбранш 89
Мальпиги 61, 108, 112, 247
Мальтус 167, 278, 287
Малюс 152, 153
Маральди 122
Марат 127
Маршаль 137
Мариотт 89, 105, 112, 204
Маркграф 129
Маркс К. 5
Мартен 234
Маршан 89
Марэй 254, 264
Маскар 227
Маскелайн 124
Матвей Ковик 23
Мах 230, 264
Мебиус 169, 170, 172, 174
Медичи Козимо 84
Медичи Леопольд 85
Мейер Т. 94, 124
Мейер Ю. Л. 213
Мейстер 234
Мельтень 193
Менделеев 212, 213, 214, 232, 253
Мербеке Вильг. фон 37
Мера Жан 109
Меркатор Гергард 68
Меркатор Николай 104
Мерклин 247
Мерсенн 71, 72, 76
Мерэ 222, 223
Месмер 137
Местлин 73
Меций Адриан 68
Мечников 235, 251, 289
Мешен 149
Микель-Анджело 291
Милль 218, 241, 291
Минковский 229
Минто 291
делла Мирандолла Пико 40
Мирбель 249, 251
Миттаг-Лефлер 223
Митчерлих 187, 188, 211
Молль 189, 249, 255, 268
Мольер 110
Монбельяр 134
Монгольфьер 129
Монж 145, 166, 169, 198
Монтак, леди 137
дель-Монте, Гвидобальдо 6, 76
Монтюкла 141
де Монье 119
Мопертюи 119, 122
Морган А. 174
Морган Д. 270
Морен 73, 196
Морисон 111
Морленд 172
Мортон 193
Моселли 235
Муавр 118
Муассан 237, 232

Мушенбрек 128
Мэн де Биран 167
Мюллер Иоган 188, 263, 266, 267, 269, 272, 277, 281, 291
Мюллер Иоган (Регномонтан) 22, 23
Мюнц 286
Мюррей 235

Навашин 252
делла Наве Аннибале 37
Навье 178
Найт 269
Нанси 178
Наполеон 148, 151, 161, 165, 167, 175, 276
Негели 250, 268, 277, 278, 281
Непер 53
Нернст 230, 233
Нидгэм 136
Ниепс 181
Никкель 89
Николай Кузанский 20, 24, 26, 27
Николь 118
Никольсон 152
Никомах 18
Нильсон 214
Ноббе 286
Нолле 127
Ноль 268
Нострадамус 73
Ньюкомен 106, 128
Ньюланд 213
Ньютон 69, 71, 72, 74, 82, 85, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 103, 104, 105, 113, 118, 119, 120, 123, 126, 127, 139, 140, 146, 147, 148, 150, 166, 182, 236

Одлинг 213
Оду 89, 92
Олимпиодор 28
Ольберс 149
Ом 183, 226
Ангстрем 206
Оппольцер 193
Орезм 4, 19, 26
Оствальд 232
Оуэн 271, 276

Павел IV 47
Павлов 257
Пайен 257
Палисси 58
Пальфин 109
Пандер 251
Панкук 142
Папен 105, 106, 128
Папп 66, 67
Паран 105
Парацельс 41, 42, 43, 44, 48, 54, 62, 110
Парменид 44
Парэ 48, 49, 52
Паскаль Блэз 52, 55, 64, 67, 70, 71, 85, 95, 96, 104
Паскаль Этьен 85
Пастер 209, 211, 212, 214, 217, 218, 231, 233, 234, 257, 285, 288, 289
Пачиоли Лука 19, 33, 34
Пеано 222
Пейербах 22, 23
Пейсоннель 133
Пекке 52, 61, 89
Пелиго 187
Пенлеве 223
Перейра 53
Перкинсон 59
Перро Клод 89, 109, 112
Персия 165
Петенкофер 254
Петр Великий 109
Пиаджи 149
Пиве 89
Пикар 86, 89, 92, 93, 122, 221, 223
Пикок 146
Пикси 226
Пикте 192, 228
Пинель 165
Пирс Бенж 199, 201, 222
Пирсон 290, 291
Планк 230
Платон 84
Плейфер 163
Плетон 40
Плиний 46, 59
Плюкер 172, 199, 221
Плюмье 112
Попс 179
Понселе 169
Поншартрен 90
Порта 84
Прево 189
Принсгейм 216
Приснид 193
Пристлей 13, 130, 131, 136
Проут 186, 187, 213
Пру 157
Пти 153, 154, 155
Птолемей 21, 23, 39, 40, 52, 73, 77, 78
Пуанкаре А. 221, 223, 224, 225, 229
Пуансо 146, 177
Пуассон 146, 175, 177, 178, 180, 181
Пудра 67
Пуркинье 193
Пупе 212
Пфейффер 268

Рабле 40, 47
Радори 137
Раймонд 29, 31
де ла Раме 64

Рамзай 232
Рамус 69
Ранцау 72
Рауль 232
Региомонтан см. Мюллер Иоганн
Резе 254
Рей Жан 54
Рейнгольд Эразм 39
Рейнке 291
Рейхерт 189
Рейхлин 40
Ремер 86, 92, 93, 123
Рено 247
Ренольм 59
Рентген 229
Реньо 185, 254
Реомюр 126, 133
Рессель 225
Ривз 216
Риголаж 277
Рид Томас 167
Ван-Рид 112
Рикардо 167
Риккатти 120
Риман 198, 200, 220, 221
Риолан 61
Рихтер 156
Риччноли 91
Рише 89
Ришелье А. 95
Робен Веспассиан 60
Робен Жан 59, 60
Роберваль 52, 66, 69, 70, 71, 85, 86, 89, 95, 100
Робеспьер 143
Рого 89, 106
Розенгейн 200
де Розье, Пилатр 129
Ройе Коллар 167
Ролден 260
Ролль 104
де-ля Рок 90
де-ля Ром 33
Ромон 153
Ронделе 46
Ронсар 65
ван Роомен 68
Ру 234, 270, 289
Рудбекк 61, 135
Рудольф II 72
Руини 60
Румпф 112
Румфорд 127, 156
Руссо 140
Руэль 131
Рэ 111
Рэлей 231
Рэнкин 205
Рюини 109

Саккери 171
Сакробоско см. Голливуд
Сакс 243, 250, 269
де-Салло Дено 89, 90
Салмон 173
Сандерсон 264
Санторий 62, 63
Сарс 190
Сваммердам 108
Севери 106
Северино 63, 108
Секки 203
Сенармон 207
Сен Венан 197, 200
Сенебье 136, 256, 262, 285, 291
Сен-Илер Жоффруа Изидор 191
Сен-Илер Жоффруа Этьен 160, 161, 190, 192, 276
Сервет 47
Сервуа 169
де Серр 59
Серре 221
Сеченов 254, 261, 266
Си 225
Сиденгам 110
Сикст IV 23
Сильвестр 173, 197, 199, 200
Симсон 118
Скарп 166
Скау 247
Скиапарелли 225
Скот 247, 252
Слон 112
Смит Адам 167
Смит В. 192
Смит Стиф. 200, 201
Снелль Виллеброрд 53, 66, 68, 73
Совер 106
Сократ 140
Соннини 134
Соссюр 256, 285
София-Шарлотта 86
Спаланцани 136
Спенсер Г. 218, 269, 279, 289
Споттисвуд 199
Стас 213
Стенон 109
Стенструп 190
Стирлинг 118
Стокс 207, 254, 261
Стоуэлл Болл 223
Страссбургер 235
Стэвин 8, 53, 56, 64, 66, 68
Стюарт Дюгальд 167
Стюарт Мэтью 118
Сушсет 26
Сэй 167
Сюард 247

Тайлор 118
Таннара Вико 4, 5
Таннери Поль 1—12
Тансэн 120
Тарталья 8, 34, 35, 37, 38, 66

Телезио 45
Тенар 158, 159, 160, 165
Теон Александрийский 20
Теофраст 46, 59
Тесла 228
Теэр 285
Тезон 108
Тимирязев К. 13, 215, 251, 259
Тиссеран 224
ван Тичем 270
Томсон Вильям 183, 204, 205, 224, 227, 228
Томсон Дж. 224
Томсон Том 186
Тонстелль Кутберт 34
Торичелли 56, 70, 72, 78
Трамблэ 133
Траубе 268
Тревиранус 242
Турнефор 110, 111, 134
Турнон 46
Тюлан 288
Тюллье 234
Тюрэ 216

Уайльд 235
Уарминг 247
Уатт 106, 128, 226
Уеббер 252
Уилер 128
Уитстон 183
Унгер 247
Уодсворт 240
Уоллен 214
Уоллес 247
Уэлс Гор. 193

Фабриций Гильденский 63
Фай 225
Фаллоп 60
Фамицын 251
Фаньяно 120
Фарадей 10, 181, 182, 187, 205, 206, 209, 226, 261
Фаренгейт 126
Федоров 278
Фелье 112
Фенелон 82
Ферворн 255
Фергюсон 193
Ферма Пьер 52, 55, 64, 66, 68, 69, 71, 72, 95, 96, 104, 117, 176
Ферма Самуэль 64
Фернель Жан 48, 49
Феррари 37, 66
Ферро 37
Фершер 266
Фехтинг 269
Физо 207, 208
Филанти II 47
Фин 33, 38
Фиор 37
Фитц-Джеральд 229
Фихте 167
Фичино Марсилий 40
Фишер Эмиль 231, 257
Фламстед 92, 93, 94
Флакур 112
Флуранс 61, 193, 215, 266, 289
Фойт 254
Фоль 235
Фома Аквинский 25, 26, 82
Фонтенель 89, 97
Форбеси 247
Форбс 215
Фоскарини 77
Фохт К. 189, 215
Фракасторо 44, 45
Франк 269
Франкланд 210
Франклин 127, 128, 278
Френель 103, 152, 153, 154, 155, 180, 181, 207, 208
Френикль 89
Фридрих Вильгельм I 129
Фридрих I 86
Фридрих II Гогенштауфен 22, 72, 86, 114, 125
де-Фриз 250, 268, 269, 277, 282, 283
Фритш 266
Фукс 46, 47, 200
Фуркруа 132, 159, 165
Фурье 175, 183, 200
Фэ 179

Холл 230
Христиансен 230
Христина IV 72, 77, 82
Хэл 225

Цезальпин Андрей 58, 60
ван-Цейлен 68
Цельсий 126, 135
Цеяковский 250

Чези 84
Черняев 250
Чистяков 249

Шаль 169, 170, 196, 197, 220
Шамберлен 234
Шамиссо 190
Шанкуртуа 213
Шапли 225
Шапп 122
Шапталь 159
Шарко 235
Шарль 129
Шарпантье 64
Шванн 189, 248, 257, 266, 288
Шварц 223
Шварцшильд 225
Шеврель 187, 239, 256
Шееле 11, 127, 130, 131, 158, 160

Шейнер 81
Шеллинг 10, 167
Шендейн 188
Шимпер 245
Шлейден 189, 248, 249, 251
Шонер 23
Шредер 222
Шталь 42, 129, 130, 137, 138, 141
Штаудт 171, 197, 220
Штейнгель 183
Штенер 170, 171, 172, 197
Штифель 33
Штурм 175
Шуберт 220
Шульце 249
Шюке 19, 33

Эвклид 19, 20, 22, 27, 64, 66, 67, 68, 169, 171, 172
Эдварс 191
Эддингтон 225
Эдиссон 226, 227
Эйлер 64, 114, 115, 116, 117, 125, 138, 176, 177, 204
Эйнштейн 229
Эйри 179
Элиан 31, 46
Эмпедокл 44, 45
Энгельман 264
Эндлихер 245
Эндрюс 228
Эпикур 25, 55
Эрмидт 200, 223
Эрстэд 12, 181, 183

Юз 227
Юнг Иохим 59
Юнг Томас 154, 155, 180
Юэль 284

Яблочков 226
Якоби 176, 183, 200, 224
Янсен 75

Ответственный редактор *С. Ф. Васильев*. Технический редактор *В. Ф. Зазульская*.
Сдана в набор 3/III 1934 г. Подписана к печати 21/XI 1934 г.
Формат 62×94¹/₁₆. ГИТИ № 21. Бум. листов 10. Тип. зн. в 1 бум. л. 109.448.
Уполн. Главлита № Б-13456. Тираж 10.000—авт. л. 26. Заказ № 2396.

ВАЖНЕЙШИЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
6	24 сверху	разборкой	разработкой
18	Сноска № 2 попала ошибочно		
37	22 сверху	scienzia	scienza
54	4 снизу	априорной	априорно
66	14 „	последнее	последние
67	23 сверху	los	les
68	у примечания № 1 ошибочно поставлено № 4		
71	4 сверху	Бочрава	Богрaна
77	7 „	mecanica	meccanica
112	16 снизу	Anatomey	Anatomy
123	10 „	ограниченные	отграниченные
124	18 „	Ето	Ее
129	6 „	угасло	угасла
134	8 „	759	1759
135	13 „	баллеля	баллера
204	11 „	VII	XVII
219	17 „	соединенных штатов	Соединенных Штатов
233	6 сверху	1860	1889
293	17 „	Härber	Färber
293	18 „	Bauer	Mayer
294	3 „	Sartou	Sarton
294	15 „	bIsis	в Isis
298	21 „	dera norganischen	der anorganischen
299	15, 16 и 17 сверху	должны находиться перед заголовком «Естественные науки"	
302	1 столбец, 31 снизу	Ботран	Богран

Зак. 2395