firefighters immediately».

Варто зазначити, що одним із недоліків середовища Tinkercad є відсутність кирилиці, тому всі повідомлення, які будуть надходити у термінал, повинні бути записані латиницею. Проте, на нашу думку, це не є недоліком, оскільки розвиває в учнів також бажання вивчати іноземну мову і дає змогу закріпити певні знання.

Загалом, веб-сервіс Tinkercad є надзвичайно функціональним інструментом при вивченні основ мікроелектроніки. Все досить просто та інтуїтивно зрозуміло, а головне таке середовище може зацікавити учнів і надихнути їх на створення цікавих проектів. Можливість працювати спільно в межах одного проекту, вносити власні пропозиції та ідеї, розвивати і покращувати розробку не тільки впливає на предметні компетентності учня, але й сприяє формування м'яких навичок (soft skills), що є надзвичайно важливим компонентом освіти сьогодення.

Список використаних джерел

1. Ткачук Г. В. Практично-технічна підготовка майбутніх учителів інформатики в умовах змішаного навчання : монографія. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2018. 318 с.
2. Tkachuk H., Stecenko V., Stecenko N., Bondarenko T. Methodical system of practical and technical training for future it teachers in the context of blended learning. Professional competencies and educational innovations in the knowledge economy: Collective monograph. Bulgaria. Publishing House ACCESS PRESS, 2020. P. 86–102.
3. Vidal-Silva C., Serrano-Malebran J., Pereira F. Scratch and Arduino for Effectively Developing Programming and Computing-Electronic Competences in Primary School Children. In: 2019 38th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC). IEEE, 2019. p. 1–7.

Євгенія Іванченко

УНІКАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ГРАФЕНУ

Здатність вуглецю утворювати складні ланцюги є фундаментальною для органічної хімії і основою для усіх форм життя на Землі, що дозволяє вважати його унікальним елементом Періодичної таблиці Менделєєва.

До 2004 року були відомі тривимірні (3 D, алмаз, графіт), одновимірні (1 D, нанотрубки) і нульвимірні (0 D, фулерени) алотропні форми вуглецю. Двовимірні ж форми вуглецю (або 2 D – графіт) довго не вдавалося отримати експериментальним шляхом. У можливість відокремити один шар ніхто не вірив. В ранніх роботах Лев Ландау і

Рудольф Пайерлс довели, що таких матеріалів існувати не може: сили взаємодії між атомами повинні зім'яти їх в гармошку або згорнути в трубочку [1; 2]. Графен виявився виключенням з цього правила. У 1962 році 2D-модель вуглецевого листа була названа графеном [3]. Пізніше було показано, що термодинамічна стабільність реального графена досягається завдяки тепловим флуктуаціям, що створює «брижі» – хвилястість 2D-поверхні [4]. У 2010 році за «новаторські експерименти по дослідженню двовимірного матеріалу – графена» були удостоєні Нобелівської премії Костянтин Новосьолов та Андрій Гейм.

Незважаючи на те, що перші експериментальні зразки графена були отримані відносно недавно [5], існує вже чимало досліджень щодо застосування графена в різних областях, а кількість публікацій, присвячених графену, росте за експоненціальним законом. Зокрема, заслуговують уваги результати роботи дослідників з Каліфорнії [6], яким вперше вдалося отримати отримання зображення атомної структури графена високої чіткості.

Очевидно, що графен – одна з найцікавіших модифікацій вуглецю. Це самий тонкий матеріал: структура графена представлена кристалічною решіткою, товщиною в один атом вуглецю.

Крім того, графен є одним з найміцніших матеріалів і його стійкість до механічних впливів прирівнюється до алмазу, але при цьому він добре гнеться і легко згортається в трубочку, що робить його ідеальним матеріалом для виготовлення нанотрубок – структур, які використовуються для моделювання різних природних процесів.

Графен має унікальні електронні та оптичні властивості, пов'язані з його зонною структурою. У першій зоні Бріллюена графена існують особливі точки *K* і *K'*, поблизу яких енергія електронів лінійно залежить від хвильового вектора. Таким чином, графен – напівпровідник з нульовою забороненою зоною, а рух електронів в ньому описується не рівнянням Шредінгера, як в об'ємних напівпровідниках, а рівнянням Дірака для безмасових квазічастинок. Внаслідок цього в графені спостерігається напівцілий квантовий ефект Холла і надвисока рухливість електронів. Графен має також значні оптичні характеристики. Наприклад, величина оптичного поглинання світла в ньому становить 2,3 % від інтенсивності падаючого випромінювання і не залежить від довжини хвилі.

В останні роки здійснений прорив в розумінні властивостей невпорядкованого графена. Наприклад, в 2018 році було зроблено фундаментальне відкриття – надпровідність в скрученому графені. Американські фізики запропонували модель, яка якісно пояснює явище надпровідності.

Вчені прогнозують масштабні перспективи використання графена [2; 7]. Згодом ця речовина повністю витіснить кремній зі сфери виробництва комп'ютерних процесорів, так як графенові процесори

зможуть в сотні разів швидше обробляти інформацію.

Міцність графена дозволяє конструювати нові механічно стійкі матеріали, надтонкі, легкі і еластичні. У майбутньому з композитних матеріалів, на основі графену, можливо будуватимуться автомобілі, літаки і супутники. Вже зараз передбачається використовувати графен в пристроях для зберігання енергії – акумуляторах та суперконденсаторах, а також паливних елементах, що виробляють електроенергію від з'єднання кисню з воднем.

Такі властивості графена як висока рухливість електронів, мінімальна товщина в один атом, низький питомий опір відкривають перспективи для створення різних біологічних і хімічних датчиків, а також різних варіантів тонких плівок, які можуть знайти застосування в фотоелектричних пристроях для перетворення сонячної енергії або в сенсорних екранах.

Список використаних джерел

1. Peierls R. E. Quelques Proprietes Typiques des Corpses Solides. *Ann. I. H. Poincare.* 1935. V. 5. P. 177–222.
2. Landau L. D. Zur Theorie der Phasenumwandlungen II. Phes. Z. Sowjetunion. 1937. V. 11. P. 26–35.
3. Boehm H. P., Clauss A., Fischer, G. O., et al. Das Adsorptionsverhalten Sehr Dunner Kohlenstoff-Folien. *Anorg. Allg. Chem.* 1962. V. 316. P. 119–127.
4. Алексеенко А. Г. Графен. М.: БИНОМ, 2014. 168 с.
5. Novoselov K. S., Geim A. K. Morozov S. V., et al. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science.* 2004. V. 306. № 5696. P. 666–669.
6. Jannik C. Meyer et al. Direct Imaging of Lattice Atoms and Topological Defects in Graphene Membranes. *NanoLetters* (2008), doi: 10.1021/nl801386m.
7. Andre K. Geim, Philip Kim. Carbon Wonderland. *Scientific American* 2008. No. 4. P. 90–97 10. URL: http:/www. rsci.ru/ Science news/ 149013-php

Євгенія Іванченко

ТОЛЕРАНТНІСТЬ ЯК ПЕРЦЕПТИВНА ГОТОВНІСТЬ ОСОБИСТОСТІ

Щоб розглянути сутність толерантності спочатку потрібно розкрити внутрішній світ предмету дослідження, який формується в ідентичності всіх його багатогранних ознак. Авторитетна характеристика толерантності утворюється із комплексів певних елементів, що складають її цілісну структуру.

Толерантність – це терпимість до інших думок, поглядів, традицій,