



Олександра КОСЕНКО

кандидат фізико-математичних наук,
доцент, Національний університет біоре-
сурсів і природокористування

Ключові слова: класичні науки, нано-
науки, нанотехнології, нанотехнологічна
революція, реформи вищої школи.

Досліджено перебіг і перспективи нанореволюції в точних науках і технологіях. Доведено необхідність переходу від мікро- до нанорозмірів виробів і приладів. Це дуже економіть матеріали і дає змогу втілювати процеси, які неможливі у макро- і мікросвіті. За прикладом Росії та розвинених країн час розпочати підготовку фахівців з профілю «нанотехнології», зацентовано увагу на розвитку фундаментальних нанонаук.

УДК 37.026/372.853

ФІЗИКА У ВИЩІЙ ШКОЛІ В УМОВАХ НАНОРЕВОЛЮЦІЇ

© Косенко О., 2013



а даними ЮНЕСКО [2], кілька років тому загальна кількість студентів у світі перевищила межу 150 млн і зберігала такі високі темпи зростання, що у даний момент гіпотетична держава «Studentia» виявилася б шостою у світі, поступаючись тільки Китаю, Індії, США, Індонезії і Бразилії. У цій статті головну увагу звернемо на той важливий і недооцінений в наукових працях українців та в урядових рішеннях, які стосуються модернізації освіти, факт, що це безприкладно швидке збільшення студентства є насамперед наслідком вибору найбільш населеними державами світу основою свого соціально-економічного розвитку не «підвищення грамотності й правильного виховання», а точні науки й масове виробництво на базі найновіших технологій.

Утім, загальновідомо, що з моменту своєї появи у Візантії добре організована державна вища освіта університетського рівня, хоч і нерівномірно, але загалом достатньо переконливо розширювала терени свого існування і засвідчувала підвищення свого суспільного та економічного значення. Особливо успішно скористалася по-

тенціалом вищої освіти у Нові часи Західна Європа, перетворившись у світового гегмона.

Надалі прогрес тільки прискорився. З інструменту формування клерикальної і світської еліти, військових інженерів і фортифікаторів у наш час мережа університетських і неуніверситетських закладів вищої освіти перетворилася в головний засіб соціалізації практично усїєї молоді (адже постійно зростає середній відсоток охоплення навчанням у ВНЗ) і джерело необхідної кількості добре підготовлених професіоналів для всіх секторів економіки. Сучасна вища школа, реагуючи на глобалізацію і десятки інших важливих і комплексних світових процесів [6], намагається вирішити одразу цілу низку дуже важливих завдань:

- утримувати всередині себе до дорослого віку переважну більшість молоді 18–23 років і гарантувати їм отримання професії, значно знижуючи цим імовірність безробіття і формування високого відсотка суспільно небезпечних маргіналів;

- інтенсифікувати наукові дослідження не лише в традиційних для університетів сферах гуманітарних наук, а й найновіших фундаментальних – молекулярної біології, генної інженерії, нанонаук та ін.;

- взяти активну участь у перетворенні комплексу «вища освіта і наука» в найбільш активний засіб нарощування людського капіталу нації та підвищення її продуктивних спроможностей. Для цього система вищої освіти має удосконалити і розширити підготовку фахівців найвищого можливого (докторського) рівня для власних потреб і лабораторій промислового сектору, інтегруватися в інноваційні фірми, невинно генерувати високі і надвисокі технології та впроваджувати їх у виробництво та ін.

Якщо керівники освітньої системи України й усвідомлюють необхідність прискореного розвитку вищої школи та її інтегрування через Болонський процес в європейський простір вищої освіти і науки [7], то наші вищі адміністративні і законодавчі інстанції ще далекі від усвідомлення того, що справжній прогрес розпочнеться не на основі індустріалізації птахівництва, нарощування виробництва вугілля, чавуну і ста-

лі, а після відновлення національного наукового потенціалу і його використання для розвитку високотехнологічного сектору промисловості – літако- і ракетобудування, наноелектроніки і кібернетичних систем, виготовлення зброї нових поколінь та ін. Час упроваджувати у виробництво генні технології, підвищувати за рахунок нанорозділів провідних точних наук спроможності української медицини, машинобудування й інших секторів економіки.

На жаль, ці питання мало цікавлять вищих керівників України. Наприклад, інколи вони й використовують у підготовлених їх секретаріатами доповідях ці та інші сучасні наукові терміни і поняття, але на практиці набагато більше цікавляться «престижними» діями і проектами на кшталт запрошення в Україну частини європейської першості з футболу (другу частину, як відомо, прийняла Польща) чи ще масштабніших ідей, мріючи про світові олімпіади.

Досить песимістично виглядає у нас наукове та інформаційне забезпечення перспектив технологічного прогресу. ЗМІ практично не цікавляться точними науками і важливими сучасними технологіями, віддаючи перевагу політичним або сенсаційним подіям. Якщо познайомитися зі змістом головних науково-економічних видань України, то виявиться, що у центрі уваги стоять теми світової фінансової кризи 2008 року та розвитку її наслідків, ускладнення обмінів з Російською Федерацією й ін. Дуже рідко дослідники економіки і суспільства аналізують стан і перспективи розвитку нанонаук і надвисоких технологій, не цікавлячись тим, як саме рухаються вперед розвинені країни Європи, які, як і США та Японія, вважають точні науки пріоритетною сферою капіталовкладень. Саме про це свідчать навіть головні наші державні плани і проекти [11; 12]. Шкода, що Росія значно випереджає у цій сфері Україну – там створені відповідні стратегічно-дослідницькі агентства, продукція яких скеровується не лише керівникам країни, а й усьому населенню через науково-популярні часописи на кшталт «Науки и жизни» [9]. У нас подібні видання зникли повністю, а тому лишається сподіватися на те, що Інтернет на-

даватиме легший і повніший доступ до наукової інформації, а молодь і все населення України отримає можливість користуватися нею безперервно.

Слід, однак, зауважити, що в сучасних умовах початку побудови суспільств знань на основі принципових модифікацій його індустріального попередника, головна надія людства пов'язана зовсім не з прискоренням масової комп'ютеризації побуту, навіть виробництва, а з появою роботів-няньок і цілковито автоматизованих ділянок зварювання кузовів автомобілів на заводах розвинених країн. Ці засоби лише підвищують продуктивність праці і сприяють появі засобів безперервного дистанційного навчання (краще інших цією можливістю користуються США, створюючи МООС – Massive Open Online Courses [4]), незалежно від того, де саме на поверхні Землі знаходиться людина, яка бажає отримати освітні послуги через Інтернет чи іншим способом. Без втручання в індустріальні виробництва одні лише інформаційно-комп'ютерні технології не можуть припинити забруднення довкілля, зняти загрозу «парникового ефекту», вирішити енергетичні та інші проблеми всього людства.

А от нанонауки, які виходять у світ зовсім інших законів природи, з легкістю дають змогу реалізувати всі ті завдання, які неможливо вирішити іншим способом.

Саме тому найбільш помітним позитивним явищем останніх десяти років у сфері природничих наук ми вважаємо так звану «нанореволюцію» – вихід фізики, хімії, біології, матеріалознавства та інших ділянок знань на рівень точних маніпуляцій з окремими атомами чи їх групами й формування структур, які хоча б в одній координаті близькі до нанометра (10^{-9} м).

Головний вигравш подібного переходу полягає не у зменшенні в мільйони і мільярди разів потреб у матеріалах (металах, кристалах та ін.), хоч і це дуже важливо. Найбільшу користь люди отримують від виходу у світ керованих штучних квантових структур, де діють незвичайні закони квантового світу.

Ідеться про те, що вперше в своїй історії людина розпочинає використовувати

на свою користь не природні, а цілковито штучні матеріали і вироби, усередині яких владарюють не класичні закони Ньютона, Гаука, Кулона, Ома, Джоуля-Ленца тощо, а квантові формули і рівняння. У них сповна виявляють себе хвильові властивості частинок, а також нелінійні взаємодії між ними й різноманітними полями.

Та це тільки частина спокусливих можливостей, подібних до перспектив створення надпровідних матеріалів, що не мають опору навіть при температурах земного оточення, а тому спроможні без найменших втрат передавати електричну енергію, наприклад, з центру Сахари в будь-яку іншу точку Землі (ми вказали на надпровідність тому, що вона є квантовим ефектом і не може бути поясненою на основні класичних законів електродинаміки зразка XIX століття). Існують достоту безліч інших хоча б тому, що в рамках нанотехнологій можна створювати нескінченну кількість комбінацій з десятків елементів, що входять у таблицю Менделєєва. Навіть доволі примітивне поєднання нанофрагментів з традиційними вже приводить до несподіваних і корисних наслідків.

Обмежимося одним з найновіших прикладів – результати поєднання графену (одноатомної плівки вуглецю, що є головним елементом структури м'якого і поширеного графіту) і тонких шарів металів. Після тривалих експериментів, змінюючи товщину і склад плівок металів, науковці підвищили міцність утвореної структури до фантастичних значень, що у багато десятків разів перевищують рекордні показники вказаних чистих металів. І все це досягнуто в умовах, коли вміст графену становить не більше 0,00004% від усієї маси цього графено-металічного композиту. У випадку міді кінцева міцність зросла аж у 500 разів, що робить цей матеріал набагато кращим від алюмінієвих сплавів [8]. Через високу вартість композиту (технології виробництва перебувають тільки на початковій стадії, і ціна має в майбутньому зменшитися) його у найближчому майбутньому сподіваються застосувати у космічній техніці, можливо, також в авіації.

Не витрачаючи час на додаткові пояснення, зауважимо, що поняття «нанотехнології» є певним узагальненням, що в своєму змісті охоплює молекулярні, атомні і навіть ядерні технології. Через цю свою загальність у багатьох наукових статтях на цю тему автори змушені включати у назви якісь уточнюючі слова, що полегшують читачам розуміння даної праці у вужчому значенні.

Оскільки молекулярні й атомні технології мають понад сторічну історію, то насправді ще до 2000-го року, коли проголосили офіційний початок нанореволюції, фізики та хіміки винайшли і запропонували для використання багато нанотехнологій. Сьогодні відрізняється лише тим, що системи вищої освіти стали змінюватися через відкриття ряду спеціальностей зі словом «нано-» (найпопулярніші – наномедицина і наноматеріалознавство). На офіційному рівні серед лідерів були США, що вже 12 років виконують низку державних проектів нанотехнологічного спрямування, Німеччина, Ізраїль та кілька інших держав. Росія випередила Україну на кілька років, розпочавши підготовку фахівців з подібною спеціалізацією, а пізніше зробила ще два кроки – організувала державну організацію «Роснано» для підтримки перспективних ідей і буде під Москвою у Сколково навчальний і дослідницький центр, який концентруватиметься саме на нанонауках і нанотехнологіях.

Після приєднання до подібних дій Китаю та Індії, можна бути переконаним у тому, що у найближчі роки у царині нанонаук і нанотехнологій будуть сконцентровані не сотні, а мільйони науковців, технологів та інженерів [10]. Саме в цьому особливо перспективному секторі з'явилися можливості не просто відкрити щось нове, а втілити в життя технології, які дадуть змогу забезпечувати життєдіяльність людства без шкоди для біосфери.

Нанотехнології вже довели, що цілком можливо використати природні процеси для здійснення усіх тих завдань, які у межах індустріальної цивілізації вимагають великих витрат енергії і внесення у довкілля величезної кількості шкідливих речовин разом з порушенням усього нормального життя суходолу і морів.

Рамки статті і неможливість детальних пояснень відмінностей між класичними і квантовими законами примушують нас обмежитися лише порівняно спрощеними прикладами.

Нанофізика і нанохімія нашого часу вже запропонували перші нанотехнології отримання бездефектних структур і матеріалів. Прикладом подібних матеріалів є так звані «нанотрубочки» з карбону (вуглецю). Ці нанотрубочки за своїми механічними властивостями переважають кращу сучасну сталь приблизно у 100 разів [3; 5]. Якщо ж пощастить стисненням чи іншим способом перетворити азот у метал, то виявиться, що він поєднуватиме легкість зі ще більшою міцністю на розрив. Ще одна очевидна перевага – висока опірність корозії чи іншим деструктивним діям.

Інженери Японії, США й інших держав вже розпочали серйозне проектування так званого «ліфту у космос», що являтиме собою канат довжиною понад 36 000 км. Подібний канат з нанотрубочок чи металічного азоту дає змогу ліквідувати всі величезні витрати хімічних продуктів і металу під час виведення супутників зв'язку та інших пристроїв, які використовують у сучасних ракетах українського чи іншого виробництва. Канат для космоліфта звисатиме униз з платформи, яка робитиме оберт за добу на так званій «стаціонарній орбіті». Цей вертикальний канат торкатиметься поверхні екватора, а тому може відігравати роль опори для ліфта, який рухатиметься між Землею і «стаціонарною платформою».

Сонячні елементи дадуть енергію для того, щоб цей ліфт з вантажем міг, не поспішаючи підніматися з екватора у космос. Так можна поступово вивести на стаціонарної частини супутника зв'язку, якоїсь дослідної станції, міжпланетного корабля та ін. Старт з такої орбіти не вимагає значних витрат пального чи енергії, цілком вистачить електронного чи іншого двигуна, які мають набагато кращі показники, ніж звичні для нас хімічні ракетні двигуни.

З появою подібних платформ космос стане забезпечувати прогрес набагато ефективніше, ніж у даний момент, а звичні для

нас сателітарно-інформаційні послуги стають у десятки і сотні разів дешевшими.

Та це лише одна з багатьох можливостей, які спроможна забезпечити нанофізика. Оволодіти знаннями на цьому рівні не просто. Нанопроцеси, як вже було вказано, є суто квантовими і, як правило, нелінійними. Це означає, що *в рамках класичної фізики чи хімії їх навіть неможливо зрозуміти.*

Тому перетворення наносфери в провідну сферу наукових досліджень та інженерно-технологічних розробок вимагатиме докорінного перегляду програми викладання точних наук у старшій середній школі і переважній більшості вищих навчальних закладів.

Перше, що необхідно буде зробити, – слід значно скоротити розділи «Механіка», «Молекулярна фізика» і «Електрика» у курсах фізики. Не можна витратити третину часу в дев'ятому класі на нудні і прості питання прямолінійного руху – ці втрати пізніше неможливо надолужити інтенсифікацією викладу якихось питань квантової фізики в завершальному класі школи.

Очевидно, усе більш деструктивною є політика скорочення курсів загальної фізики в профільних університетах і академіях – аграрних, педагогічних, транспортних та всіх інших. Можливо, це сталося тому, що попередні програми були надто класичними і в багатьох аспектах повторювали на трохи вищому рівні шкільний курс фізики. Фізика та інші точні науки мають повернутися у вказані вищі навчальні заклади на цілком новій основі як нанонауки – лише в цьому разі стає виправданим виділення на них не десятків, а кількох сотень навчальних годин.

Коли можуть розпочатися в Україні подібні зміни і чи маємо ми фахівців, спро-

можних успішно працювати у сфері нанонаук і нанотехнологій? Без жодних сумнівів, це цілком можливо, якщо за прикладом не лише США, але й Росії постійно розширювати фінансування цієї наукової сфери. Звернімо увагу, Росія проголосила й доволі успішно виконує план масової підготовки фахівців з нанотехнологій. Базою для цього стали не лише провідні ВНЗ Москви і Петербурга, а й багато інших регіональних університетів і політехнічних інститутів [1].

У даний момент Україна у сфері нанонаук набагато відстає не лише від більшості розвинених країн, а й від Росії. Це дуже прикро, якщо пригадати, що майже всі десятиріччя другої половини ХХ ст. Київ і Харків були визнаними світовими лідерами у розвитку теорії твердого тіла, кристало- і матеріалознавства. Усе це – ті основи, на яких пізніше стала рости нанонаука (наприклад, найперші кроки до появи світлодіодів були зроблені у Київському інституті напівпровідників).

На наш погляд, Україна ще не цілком втратила можливість відновити своє світове лідерство, розвиваючи фізику, хімію, матеріалознавство на нанорівні. Просто для цього слід пріоритетно фінансувати не спорудження церков, а науково-дослідних інститутів і передових підприємств.

Для прискорення розвитку нанореволюції в Україні доцільно максимально інтенсифікувати співробітництво наших науковців і різноманітних дослідницьких установ з європейськими, які безперервно засвідчують зацікавлення в цьому. Взаємодія у межах Болонського процесу повинна бути розширена за рахунок спільних наукових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Алферов Ж.** Новое направление подготовки – «нанотехнология» / [Алферов Ж., Таиров Ю., Астахов М., Чаплыгин Ю., Горбачевич А.] // Высшее образование в России. – 2004. – №6. – С. 82–90.
2. Всемирный доклад по мониторингу ОДВ 2008 (Образование для всех к 2015 году: Добьемся ли мы успеха?). – Париж : ЮНЕСКО, 2008. – 492 с.
3. **Головин Ю. И.** Нанотехнологическая революция стартовала / Ю. И. Головин // Природа. – 2004. – №1. – С. 25–36.

CITED LITERATURE

1. **Alferov Z.** «Nanotechnology» – new direction of training / [Z. Alferov, Y. Tairov, M. Astakhov, Y. Chaplygin, A. Gorbachevich] // Higher education in Russia. – 2004. – № 6. – P. 82–90.
2. The world report on monitoring EFA 2008 (Education for all by 2015: Will we achieve a success?). – Paris: UNESCO, 2008. – 492 p.
3. **Golovin Y.** Nanotechnological revolution started / Y. Golovin // Nature. – 2004. – № 1. – P. 25–36.
4. **Klyuchkin A.** Russia is disengaged from

4. **Ключкин А.** Россия выключена из дискуссии о будущем онлайн-образования [Электронный ресурс] / А. Ключкин. – Режим доступа : (<http://newsland.com/news/detail/id/1225224/> 6-08-2013)
5. **Комаров С. М.** Искусственные объекты наномира / С. М. Комаров // Химия и жизнь. – 2000. – № 5. – С. 10–17.
6. **Корсак К. В.** Освіта, суспільство, людина в ХХІ столітті: інтегрально-філософський аналіз : монографія / К. В. Корсак. – К. ; Ніжин : Вид-во НДПУ ім. М. Гоголя, 2004. – 224 с.
7. **Кремень В. Г.** Підвищення ефективності вищої освіти і науки як дієвого чинника суспільного розвитку та інтеграції в європейське співтовариство / В. Г. Кремень // Вища школа. – 2003. – № 6. – С. 3–23.
8. **Лемыш А.** Графено-металлические композиты в сотни раз прочнее чистых металлов / А. Лемыш // Украинская техническая газета. – 2013. – № 37(294). – С. 13.
9. **Макаров В. Л.** Экономика знаний: уроки для России / В. Л. Макаров // Наука и жизнь. – 2003. – № 5. – С. 26–30.
10. Нанотехнології у ХХІ столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження : монографія / Г. О. Андрощук, А. В. Ямчук, Н. В. Березняк та ін. – К. : УкрІНТЕІ, 2011. – 275 с.
11. Послання Президента України до Верховної Ради України про внутрішнє і зовнішнє становище України в 2003 році // Економіст. – 2004. – №3. – С. 21–46.
12. Стратегія економічного і соціального розвитку України (2004–2015 роки). Шляхом європейської інтеграції. – К., 2004. – 400 с.
- discussion about the online education future [web site] / A. Klyuchkin. – Access mode: (<<http://newsland.com/news/detail/id/1225224/>> (6-08-2013)
5. **Komarov S.** Artificial objects of the nanoworld / S. Komarov // Chemistry and life. – 2000. – № 5. – P. 10–17.
6. **Korsak K.** An education, a society, a person in the XXI century: the integral-philosophical analysis: the monograph / K. Korsak. – Kyiv; Nizhyn: Nizhyn State Pedagogical University named after M. Hohol, 2004. – 224 p.
7. **Kremen V.** Increasing of higher education efficiency and science as a valid factor of social development and integration into the European community / V. Kremen // Higher School. – 2003. – № 6. – P. 3–23.
8. **Lemysh A.** Graphene-metal composites are stronger than some pure metals in hundreds times // The Ukrainian technical newspaper. – 2013. – № 37 (294). – P. 13.
9. **Makarov V.** Economy of the knowledge: lessons for Russia / V. Makarov // Science and life. – 2003. – № 5. – P. 26–30.
10. Nanotechnologies in XXI century: strategic priorities and market approaches to implementation: the monograph / H. Androshchuk, A. Yamchuk, N. Berezniak and others. – Kyiv: Ukrainian institute of scientific technical and economic information, 2011. – 275 p.
11. Message of the President of Ukraine to the Verkhovna Rada of Ukraine «On the domestic and international position of Ukraine in 2003 // Economist. – 2004. – № 3. – P. 21–46.
12. Strategy of economic and social development of Ukraine (2004–2015). The way of European integration. – Kyiv, 2004. – 400 p.