

Таким чином, готовність педагога до розвитку цілеутворення у цілепокладанні навчально-пізнавальної діяльності студентів і учнів є реалізацією однієї із ключових професійних компетентностей, що дозволяє реалізувати сучасні цілі як вищої професійної освіти, так і загальної.

#### Список використаних джерел:

1. Гершунский Б.С. Философия образования для XXI века. (В поисках практико-ориентированных образовательных концепций). – М.: Изд-во „Совершенство”, 1998.
2. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України; головний ред. В.Г.Кремень. – К.: Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.

3. Тихомиров О.К. Психология мышления. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 272 с.

In article the basic making characteristics of professional competence of the teacher are considered. Approaches in formation of readiness for development formations of the purposes in educational informative activity of students and pupils are defined.

**Key words:** professional competence, the teacher, educational competence, students and pupils, formations of the purposes.

Отримано: 13.06.2009

УДК 372:853

Ю. А. Пасічник, М. І. Шут

Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова

## ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ ПИТАНЬ НАНОФІЗИКИ В ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

Пропонується програма і зміст курсу основ нанofізики для вивчення в педагогічних університетах

**Ключові слова:** нанofізика, курс фізики, навчальні заклади

Етапи економічного розвитку людства за останні триста років пов'язані з двома епохами: індустріальною (середина XVIII – кінець XX с.) і інформаційною (із середини XX с.). Розвиток світової економіки в останні роки забезпечується науково-технологічним проривом у традиційних і нових сферах. Це відбувається у першу чергу за рахунок нанотехнологій і пов'язаних з ними досягненнями науки. У даний час спостерігається вибуховий характер досліджень у сфері нанотехнологій, витрати на які у світі досягають сотень мільярдів доларів США [1-3].

Українська наукова спільнота має гарні нароби у галузі нанofізики і нанотехнологій [4-6]. Ряд експертів вважає, що в найближчі роки при умові належної державної підтримки фундаментальної науки українські вчені мають реальні можливості з окремих наукових напрямів вийти на світовий рівень. Це стосується перш за все таких напрямів як: нанofізика, сенсорика, нанoeлектроніка, нанохімія, наноматеріали і нанотехнології; високоефективні енерго- та ресурсозберігаючі технології і обладнання у машинобудуванні; матеріалознавство, в тому числі космічне; фізика рідинних кристалів та нановимірних систем; та інші.

Найбільш важливими напрямками досліджень, які можуть справити серйозний вплив на економічний і соціальний розвиток країни в довгостроковій (15–20 років) перспективі, є роботи, що відносяться до першої групи пріоритетності: *енергозбереження, альтернативні джерела енергії, енергогенеруючі технології; нанofізика, нанoeлектроніка, наноматеріалознавство, нанобіологія, нанохімія, нанотехнології; інформаційні технології, методи і технології обробки інформації, високопродуктивні обчислювальні системи і мережі*. Щодо цих напрямів досліджень, які мають найбільший рейтинг пріоритетності, то експерти відзначають суттєве відставання вітчизняних досліджень від світового рівня. Експерти висловились за такі форми підтримки, як забезпечення бюджетним фінансуванням, формування спеціальної державної програми, запровадження вагомих грантів через фонд фундаментальних досліджень, організація закупівлі зарубіжного обладнання, створення інфраструктури обслуговування науки.

Кабінет міністрів України погодився з пропозицією МОН щодо реалізації у 2007-2008 роках відповідно до міжвідомчої науково-технічної програми «Нанofізика та нанoeлектроніка», що була схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.03.2001 р. № 85 (85-2001 р.). Кабмін затвердив Розпорядження від 14.02.2007 р. № 42 «Про реалізацію у 2007-2008 роках науково-технічних проектів відповідно до міжвідомчої науково-технічної програми «Нанofізика та нанoeлектроніка». На виконання 44 науково-технічних проектів по темі «Фізика і діагностика наноструктур» було заплановано 60 млн. гривень.

У День працівників освіти президент України Віктор Ющенко виступив з доповіддю «Освіта як державний пріоритет» (02.10.2008), в якій відмічено, що «У результаті через брак належного оновлення дослідницького обладнання гальмується розвиток наукових галузей, які традиційно були провідними на теренах України: радіо- та ядерної фізики, нанofізики, нанoeлектроніки, фізико-технічного та хімічного матеріалознавства, генетики, вірусології та мікробіології.» Це твердження свідчить про поки що недостатній зв'язок в Україні сучасної науки і освіти, особливо, у галузі фізики. На наш погляд, це стосується також викладання фізики в університетах і вищих технічних навчальних закладах. У ХХІ столітті з'явилося багато відкриттів і досягнень у галузі фізики, про які поки що не згадується в сучасних програмах середньої школи і вищих навчальних закладів. Зокрема, це стосується досягнень нанofізики і нанoeлектроніки.

Економічно розвинені держави розробляють освітні програми у галузі нанofізики і нанотехнологій. Термін «нанотехнології» запропонував Норіо Тонігучі (Norio Taniguchi) в 1974 році. У світовій літературі чітко розрізняють **нанонауку (nanoscience)** і **нанотехнології (nanotechnology)**. Для нанонауки використовується також термін – **nanoscale science (нанорозмірна наука)**. Часто термін «нанотехнології» поєднує «нанонауку», «нанотехнології» і навіть «наноіндустрію» (тобто, напрямки бізнесу й виробництва, де використовуються нанотехнології). **Нанofізика** відноситься як складова **нанонауки** і є базою для нанoeлектроніки, яка уже зараз має грандіозні успіхи. Нанofізика – це фізика нанооб'єктів. Нанооб'єктом вважається частинка або пристрій менше 100 нм. Сучасний комп'ютер має транзистори, розміри яких менше 45 нм, тобто, пристрої (комп'ютер, флеш-пам'ять і ін.) мають діючі наноприлади! Фірма Intel у 2009 р. уже продемонструвала технологію 22 нм на пластині кремнію діаметром 500 мм. **Нанoeлектроніка** – електроніка, яка використовує елементи і прилади, менші за 100 нм. Розрізняють мікро- і нанoeлектроніку. Перехід від «мікро» до «нано» – це вже **не кількісний, а якісний перехід** – стрибок від використання речовини до маніпуляції окремими атомами.

**Нанoeлектроніка** пов'язана з багатьма галузями науки і техніки, у тому числі військової; це **електроніка, комп'ютерна техніка, енергетика, біологія, медицина, сільське господарство, фізхімія** тощо. Нанoeлектроніка надасть ні з чим не порівняні можливості тим, хто першим створить і введе на ринок її результати. Університети США, Європи і Росії мають курси предметів, що стосуються нанofізики, нанoeлектроніки і нанотехнологій.

Массачусетський технологічний інститут (США) виступив із ініціативою виставити 2500 курсів у вільному доступі. На початок 2009 р. представлено 1800 курсів на сайті [7]. Курси представлені з 2002 по 2009 рр. за 38 спеціалізаціями, зокрема, є курси з нанofізики і нанотехноло-

гій. Ще в 2004 р. з'явився курс «Процеси транспорту від нано до макро». У 2005 р. уже був курс «Мікро/нано технології обробки». Зараз можна також вивчити курси «Вступ до техніки моделювання на атомному рівні», «Наномеханіка матеріалів і біоматеріалів. Осінь 2007 р.» і «Математичні методи в нанофотоніці. Весна 2008 р.»

В інституті фізики (Кавендішська лабораторія) в Кембріджському університеті (Великобританія) [8] нанофізика і нанотехнології представлені кількома напрямками: нанофотоніка, оптоелектроніка, квантові структури, фізика напівпровідників, фізика поверхні твердих тіл, теорія твердого тіла і ін. Навчання майбутніх учених-фізиків продовжує бути центральним напрямом програми Cavendish's лабораторії. Лабораторія дає можливість дипломованим фахівцям із усього світу працювати з дослідниками світового класу у різних галузях фізики. Штат лабораторії налічує 700 співробітників, із них 250 – студенти – дослідники, 150 – штатні дослідники на контракті, професорсько-викладацький склад налічує – 65, а заслужені і по запрошенню професори – 70 чоловік. Таким чином, навчання 250 студентів проходить на сучасному обладнанні, яке дозволяє виконувати наукову роботу по замовленню різних фірм.

Впровадження в навчальні програми елементів нанофізики і нанотехнологій провідних університетів світу є доказом необхідності того, щоб зробити це і у навчальних закладах України. Тому в педагогічних університетах, які готують вчителів майбутнього, **прийшов час також запроваджувати вивчення елементів нанофізики, наноелектроніки і нанотехнологій.** На кафедрі загальної і прикладної фізики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова останні роки для магістрів – фізиків читаються спецкурси «Елементи нанофізики». Робоча програма на 2008-2009 н.р. спецкурсу «Елементи нанофізики» включала ряд розділів по темі:

- **Передмова.**
- **Історія розвитку нанофізики і нанотехнологій.**
- **Внесок українських учених у розбудову сучасної нанофізики. Використання Інтернет у навчальному процесі.**
- **Елементи квантової фізики і нанофізики в курсі фізики загальноосвітньої школи.**
- **Фізика поверхні і нанофізика.**
- **Частинка в потенціальній ямі і квантові ями. Частинка-осцилятор. Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр.**
- **Квантові точки, нитки, ями та їх застосування.**
- **Розмірні явища у наночастинках і наноплівках.**
- **Поверхневі поляритони і властивості поверхні твердих тіл.**
- **Скануючий тунельний мікроскоп. Силовий скануючий мікроскоп, магнітний скануючий мікроскоп. Мікроскоп ближнього поля. Фізичні основи роботи цих мікроскопів.**
- **Наноприлади та їх застосування в науці, техніці і наноелектроніці.**
- **Нанолазер. Одноелектронний транзистор. Пам'ять, лазери, фотоприймачі.**
- **Сьогодні і завтра нанофізики і нанотехнологій.**
- **Використання досягнень нанофізики в навчанні фізики загальноосвітньої школи.**

Розглянемо більш детально теми, які включено до програми спецкурсу.

У передмові до спецкурсу варто обґрунтувати необхідність розгляду елементів нанофізики для студентів фізиків, математиків і інших спеціальностей, наприклад, педагогічно-інженерних. Історія розвитку нанофізики і нанотехнологій налічує багато етапів. Адже фізичні властивості наночастинок, зокрема, атомів вивчається досить давно. Прийнято вважати визначити початок епохи «нано» з 1959 р.

**1959 р.** Ричард Фейнман сказав про можливість створення речовин і машин з атомів. У 1982 році Фейнман запропонував ідею когерентного квантового комп'ютера

(пристрій, здатний виконувати обчислення, користуючись заплутаними квантовими станами).

**1981 р.** Біннінг і Рорер створили **скануючий тунельний мікроскоп (СТМ).** У **1982-85 рр.** досягнуто атомарної роздільної здатності СТМ.

**1986 р.** З'явилась книга **Еріка Дрекслера «Двигуни Творення»**, в якій **уперше** була сформульована **ідея роботи, здатного «збирати» з окремих атомів складні структури.** З ім'ям Дрекслера пов'язані майже всі терміни і ідеї, існуючі в сьогоденній науці про нанотехнології, – саме цей вчений зрозумів всю значущість і справедливість однієї єдиної фрази Фейнмана.

**1990 р.** Світ обійшов знімок **першого наноексперименту – «нанофотографія»** мозаїки, що утворила слово «ІВМ», «вкладене» 35 атомами ксенону на поверхні нікелевого монокристала з атомарною точністю.

Звичайно, необхідно висвітлити досягнення в нанофізиці українських вчених, які на атомарному рівні займаються дослідженнями наночастинок і фізики поверхні. Цьому сприяє опублікування звітів про роботу НАН України останніх років і статті провідних науковців у цій галузі, наприклад, віце-президента НАНУ академіка НАНУ Наумовця А.Г., академіка Локтева В.Г., академіка Бар'яхтара В.Г. Ще на межі 50–60-х років минулого століття А.Г.Наумовець із колегами розпочали дослідження поверхні мікросталічного вістря в автоелектронному проекторі. Вони отримали одні з перших у світі надійні дані про вплив адсорбції на роботу виходу різних граней монокристала, дослідили дрейф адсорбованих атомів у неоднорідному електричному полі і встановили полярний характер адсорбційного зв'язку. А.Г.Наумовець створив перший у колишньому радянському союзі гелієвий автоіонний проектор із роздільною здатністю атомарного масштабу. Під керівництвом А.Г.Наумовця і за його безпосередньою участю розроблено технологію одержання наноострівцевих плівок із регулярною ланцюжковою структурою, відкрито явище електронно-стимульованої поверхневої дифузії та її основні механізми, експериментально доведено існування двовимірної скла в системі «метал на металі» та сформульовано теоретичний критерій утворення двовимірного скла на поверхні. Серед результатів останніх років – виявлення стабільної низькопольової електронної емісії з п'єзоелектриків і резонансного тунелювання електронів за польової електронної емісії з квантових точок.

У 2006 р. відбулося засідання Президії НАН України, присвячене підсумкам реалізації комплексної програми фундаментальних досліджень «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології» впродовж 2004–2006 років. Виконання програми дало змогу отримати вагомий науковий результат, які сприяли реалізації пріоритетних напрямів «Фундаментальні дослідження з найважливіших проблем природничих, суспільних і гуманітарних наук», «Нові речовини і матеріали», «Новітні та ресурсозберігальні технології в енергетиці, в промисловому та аграрно-промисловому комплексі». Зокрема, з напрямку «Нанофізика та наноелектроніка» вивчено процеси структуроутворення наноточок, нанодроптин, плівок на основі ZnO, GaAs, TiO<sub>2</sub>, багаточастинкових систем квантових точок GeSi, гетероструктур AlGaIn/GaN, композитів типу полімер–наночастинки та їхні оптичні, діелектричні, магнітні, емісійні властивості для створення електронічних, фотопровідних, електролюмінесцентних приладів. За напрямом «Технологія багатофункціональних наноматеріалів» створено технологію отримання нанокристалічних порошків ZrO<sub>2</sub>, BaTiO<sub>3</sub>, ендофулеренів Y, Ni і Gd, наночастинкових висококомічних конденсатів титану і хрому, нанотрубок, нановолокон карбідів кремнію і нітриду бору та квазікристалічних матеріалів у наноструктурному стані. У рамках напрямку «Будова і властивості наноструктурних матеріалів» проведено розрахунки електронної структури фулеритів і наночастинок металів, досліджено фазові перетворення фулериту C<sub>60</sub> в інтервалі температур 2÷14 К та вивчено процеси перетворення світлової або газоплазмової енергії

на електричну за умови використання як електродів нанотрубок і композитів з нанотрубками.

Звіти НАН України показують безперечні досягнення, у тому числі, і у галузі нанофізики і нанотехнологій. Ми непогано виглядаємо й за кількістю цитувань однієї статті (0,17) – найкращі на тлі значно багатших ресурсами Росії (0,15) і Китаю (0,13), але істотно поступаємося за цим показником США (0,57), Німеччині (0,54) та Великій Британії (0,52).

Розпорядженням Кабміну від 2 квітня 2009 р. № 331-р Кабінет міністрів України 2 квітня 2009 р. затвердив концепцію державної науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 роки [4].

Виконання програми «Нанотехнології та наноматеріали» може дати не лише низку фундаментальних наукових результатів, а й вилитися у важливі практичні здобутки для електроніки, машинобудування, автомобільної промисловості, сільськогосподарства, охорони здоров'я і ін. Українська програма зможе дати помітний на тлі досягнень світової науки і технологій результат [5].

На даний час фізика твердого тіла розвивається, виходячи із замовлень практики. З'явився новий напрямок у фізиці поверхні – розмірні явища у твердому тілі. Зі зменшенням розмірів приладів до 10 нм почали проявлятися квантові властивості електронів, що необхідно враховувати при конструюванні нових приладів, зокрема, транзисторів. Це зумовило розвиток нових напрямів – наноелектроніки, спінтроніки, квантових обчислювачів тощо і необхідність включити в програму курсу таких питань, як «Частинка в потенціальній ямі і квантові ями. Частинка-осцилятор. Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр». Квантові точки, нитки, ями та їх застосування являються об'єктом детальних досліджень провідних лабораторій світу. На основі цих досліджень створені надзвичайно ефективні наноласери, одноелектронні транзистори, нанопам'ять, фотоприймачі і ін. Квазіоднорізні структури – напівпровідникові нанопровідники – вважаються перспективними кандидатами для виготовлення нанолазерів. При цьому нанопровідники об'єднують функції підсилюючого середовища й оптичної порожнини. У літературі вже повідомлялося про демонстрації роботи лазерів на основі нанопровідників з бінарних напівпровідників GaSb, Zn, Ga, Cd, Zn. Мова йшла про ті самі подвійні гетероструктури, які були створені Жоресом Алфьоровим в 1963 році.

Ознайомлення з нанофізикою починається з вивчення властивостей поверхні твердих тіл. Тому оптичні властивості поверхні неможливо розглядати без поверхневих електромагнітних хвиль, які зараз називають поверхневими поляритами. Сучасні методи оптичної спектроскопії засновані на використанні поверхневих поляритонів і призначені для дослідження поверхонь, тонких плівок, меж поділу середовищ і наночастинок. Ряд монографій розглядають основні властивості поверхневих поляритонів, методи їх детектування й можливості використання для дослідження елементарних порушень, нелінійних оптичних явищ і фазових переходів на поверхні. Створений наноскоп на поверхневих плазмон-поляритах.

Практична нанофізика почалася після створення скануючого тунельного мікроскопу (СТМ), який з часом отримав роздільну здатність на рівні атомів. СТМ став провідним інструментом для контролю і створення наноструктур з окремих атомів і їх кластерів. На даний час створено ряд наноскопів, так можна назвати мікроскопи з наноскопічною роздільністю: силовий скануючий мікроскоп, магнітний скануючий мікроскоп, мікроскоп ближнього поля і ін. Тому в спецкурсі розглянуто фізичні основи роботи таких наноскопів.

На даний час уже створено ряд наноприладів, які широко використовуються в науці, техніці, медицині і промисловості. Це такі пристрої як нанотранзистор, різні види

пам'яті, лазери, фотоприймачі тощо. Ряд наноприладів створені як лабораторні макети (наприклад, одноелектронний транзистор, чіпи для працюючого квантового комп'ютери) і розробляються перспективні варіанти для їх практичного використання. Тому прикладні аспекти безперечно введено нами до програми спецкурсу.

Як правило, читання спецкурсів закінчується заліком, який можна організувати по різному. Нами запропоновано студентам як залік підготовку доповіді і презентації по вибраній з програми темі: Пошук першоджерел пропонується вести як через Інтернет, так і в періодичних виданнях і в бібліотеках. Наводимо тематику за вибором студентів: «Нанотехнології і нанофізика – відкриття і перспективи», «Українські вчені в нанофізиці», «Фізичні основи квантових комп'ютерів», «Перспективи розвитку наноелектроніки», «Оптичні властивості наночастинок», «Одноелектронний транзистор», «Фізичні основи спінтроніки» і ін. Під час підготовки до виступу виявились помилки студентів при підготовці доповіді з використанням презентацій PowerPoint. На семінарах демонструвались презентації з обговоренням позитивних результатів і недоліків оформлення. Іноді матеріал доповіді містив неповні дані за темою роботи. У доповідях часом теоретичні основи нанофізики підмінялись демонстраціями з використання наноприладів у медицині, робототехніці, і інших галузях промисловості. Слайди інколи містили великий текстовий об'єм, а ілюстрації не повністю відповідали темі слайду. Оформлення було занадто яскравим або блідим. Презентації були підготовлені українською мовою. 80% студентів підготували статті в студентський науковий збірник. Кращі студенти доповідали свої роботи на студентській науковій конференції Університету в квітні 2009 р. Кращі роботи студентів нагороджені дипломами конференції. Позитивним у подібній роботі є прояв ініціативи в більшості студентів, які з задоволенням і натхненням готували матеріали роботи, використовуючи сучасні інформаційні ресурси і технології. Студенти закріпили навички з роботи у програмі PowerPoint, підвищивши свою компетенцію з цієї теми.

Таким чином, спецкурс «Елементи нанофізики» для студентів фізиків має науковий і методичний інтерес. Закріплені розділи квантової фізики, студенти вдосконалили науковий пошук першоджерел як у бібліотеках, так і в Інтернеті, ознайомились з останніми досягненнями у галузі нанофізики, навчились готувати статті і презентації для наукових доповідей, продемонструвавши самостійність і ініціативу.

#### Список використаних джерел:

1. <http://science.nas.nasa.gov/Groups/Nanotechnology/>
2. Головин Ю.И. Нанотехнологическая революция стартовала // Природа. – 2004. – №1. – С. 25-36.
3. Якименко Ю., Наритник Т., Цендровський В. Місце України у світі нанотехнологій // Дзеркало тижня. – № 29. – 2008.
4. Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 роки // Офіційний вісник України. – № 26. – 2009.
5. Стріха Максим. Дешева наука не може бути конкурентоспроможною // Дзеркало тижня. – № 19 (747). – 2009.
6. Наумовець А. Фундаментальні науки та виклики сьогодення // Вісник НАН України. – 2008. – № 11. – С. 10-24
7. [www.ocw.mit.edu/OcwWeb/web/courses/courses/index.htm](http://www.ocw.mit.edu/OcwWeb/web/courses/courses/index.htm)
8. <http://www.cam.ac.uk/>

It is offered the program and the contents of a course of nanophysics (nanoscience) in pedagogical universities.

**Key words:** nanoscience, nanophysics, course of physics, educational institutions.

Отримано: 28.06.2008