

УДК 372.853+620.3

А.І. Салтикова, О.М. Завражна

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка

ПРОЕКТУВАННЯ ЗНАНЬ З ОСНОВ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В ПРОФЕСІЙНУ ДІЯЛЬНІСТЬ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ

Аналіз наукової, методичної та навчальної літератури свідчить, що є певні проблеми у формуванні світогляду майбутнього учителя фізики. Вони пов'язані з недостатнім науково-методичним потенціалом змісту навчання фізики. Підсилити його можливо при вивченні основ нанотехнологій. Отже, є необхідним включення понять нанотехнологій в загальний перелік фундаментальних фізичних термінів і уявлень. Особливу увагу слід приділити відбору матеріалу з нанотехнологій при навчанні студентів – майбутніх учителів. Основним джерелом отримання інформації з галузі нанотехнологій повинні бути курси фізики, де уявлення і поняття наносвіту можна поступово системно вводити спочатку як окремі питання загального курсу фізики, а потім більш поглиблено - на спеціальних курсах. Завдяки комплексному підходу та системності під час навчання основам нанотехнологій студент не тільки набуває знання, уміння та навички, а й розвиває здібності проектування їх у свою майбутню професійну діяльність.

Ключові слова: *вивчення нанотехнологій, nanoосвіта, системність, комплексний підхід, професійна діяльність.*

Постановка проблеми. Сучасний світ швидко змінюється. Особливо це стосується сьогодення. Люди, які народилися у ХХ і продовжують жити у ХХІ столітті спостерігають ці зміни протягом свого життя.

Горизонт наукового пізнання розширився до фантастичних розмірів. На мікроскопічному кінці шкали масштабів фізика елементарних частинок вийшла на рівень вивчення процесів, які відбуваються за час близько 10^{-23} с і на відстанях 10^{-15} см. На іншому кінці шкали космологія і астрофізика вивчають процеси, що відбуваються за час порядку віку Всесвіту 10^{18} с і радіуса Всесвіту 10^{28} см. Нещодавно виявлені астрономічні об'єкти, світло від яких йде до нас 12 млрд. років. Світло від цих об'єктів «вийшло» тоді, коли до виникнення Землі залишалося ще 7 млрд. років. Людина нарощує свою науково-технологічну могутність та розширює сферу своєї діяльності. Це надає можливість зазирнути не тільки в самий початок «творіння» Всесвіту, а й вивчати макросвіт і наносвіт, тобто світ атомарно-молекулярних структур живої і неживої матерії, що міцно увійшли у наше життя і кардинально змінили його. У вжитку з'явилися нові слова: нанонаука, нанотехнологія, наноструктурні матеріали та об'єкти. Ними позначають пріоритетні напрями науково-технічної революції, які охоплюють цілі розділи сучасної науки: нові матеріали, напівпровідники, пристрої зберігання інформації, біотехнології, полімери, хімію, оптику та інші. Досягнення науки і високих технологій останньої чверті минулого століття переконливо продемонстрували, які величезні можливості обіцяє використання специфічних явищ і властивостей речовини в нанометровому діапазоні розмірів. Ключовими особливостями яких є сильна залежність будь-яких характеристик матеріалу від розмірів структури в наномасштабній області, здатність радикально змінити

властивості речовини, а також явища самозбірки і самовпорядкування атомів і молекул на нанометрових відстанях, як це робить жива природа в біологічних об'єктах.

Аналіз досліджень та публікацій. Розвиток нанотехнологій відбувається на стику різних наук і вимагає міждисциплінарних підходів до організації праці дослідників і розробників, а також, звісно, відповідних фінансів. Слід зазначити, що глобальні обсяги такого фінансування вже обчислюються мільярдами і здійснюється воно, як правило, державою і приватними компаніями.

На сьогоднішній день вже близько в 60 країнах прийняті і виконуються добре фінансовані комплексні національні програми розвитку наноіндустрії, в яку входять: фундаментальна наука, розробка і виробництво нанопродукції, освіта, охорона здоров'я, оборона і безпека, екологія. За всіма ознаками світ вступив в епоху тотальної нанореволюції [1-3], здатної затьмарити своїми результатами наслідки комп'ютерної революції кінця ХХ ст. Однак будь-яка революція - це перш за все переворот у свідомості людей. Без цього неможливий успішний розвиток усіх галузей знань, економіки, соціальних відносин. У зв'язку з цим, в першу чергу, необхідні програми ознайомлення і навчання основам нанонауки і нанотехнологій не тільки інженерів і технологів, а й широких кіл населення. Подібні програми прийняті і отримують державне фінансування в ряді країн [4,5].

Наприклад, в США, де роботи у сфері нанотехнологій оголошені найвищим пріоритетом, створені 11 навчальних наноцентрів, охоплених єдиною мережею обміну інформацією з підключенням до неї університетів; в систему наноутворень там залучено близько 500 університетів, приватних інститутів і урядових лабораторій у всіх 50 штатах. Освіта і пропаганда в області нанотехнологій в США зачіпає всі верстви суспільства - від молодших ступенів освіти до перепідготовки кадрів, включає університети, коледжі та ін. Така ж ситуація склалася і в Японії, де освіта і наука складають єдине ціле.

У країнах ЄС існує безліч програм підготовки магістрів та «молодших» курсів, а також аспірантського профілю у галузі наноматеріалів і нанотехнологій. Так, у Польщі дисципліни пов'язані з нанотехнологіями викладаються у більшості університетів, у Румунії - у чотирьох. Освітні процеси в галузі нанотехнологій розвиваються в Німеччині, Франції, Китаї, Італії, Індії, Малайзії, Південній Кореї, Бразилії, Чилі, В'єтнамі. У країнах ЄС створені 16 центрів, які крім науково-дослідних робіт, займаються освітою з нанотехнологій.

В Україні теж зроблені певні кроки в цьому напрямку. Протягом останніх 20 років в межах тем відомчого замовлення НАН України, грантів Міністерства освіти і науки, грантів міжнародних наукових фондів, прямих контрактів з промисловістю проводяться фундаментальні і прикладні дослідження, направлені на отримання, вивчення властивостей і застосування наноструктурних матеріалів [6,7]. Сукупний досвід українських академічних лабораторій є вагомим, в світі більшість їх розробок визнані передовими. Разом з тим більшість зусиль мають несистемний характер і на тлі нанотехнологій зарубіжних країн, витрати України на їх дослідження є досить «скромними».

Мета статті показати, що завдяки комплексному підходу та системності під час навчання основам нанотехнологій студент не тільки набуває знання, уміння та навички, а й розвиває здібності проектування їх у свою майбутню професійну діяльність.

Виклад основного матеріалу. Нанотехнології розглядають як міждисциплінарну науку, але основний внесок у її розвиток вносить фізика. Саме на вчителя фізики покладається функція формування у суспільстві наукового світогляду через ознайомлення з досягненнями нанотехнологій та їх впливом на життя людства. Немає сумніву, що кожна сучасна людина повинна розуміти як в цілому побудований світ, який її оточує [8,9].

Світоглядну функцію фізика як навчальний предмет у середній школі повинна реалізувати незалежно від профілю навчання. Саме формування світогляду при вивченні фізики дає можливість учню у майбутньому краще розуміти процеси, які відбуваються у природі та адекватно реагувати і критично оцінювати інформацію про екологічні проблеми тощо. Від учителя залежить чи матимуть учні не тільки знання, а й цілісне уявлення про навколишній світ.

Під час своєї роботи учитель фізики проявляє суб'єктивне розуміння навколишньої дійсності, що впливає на формування світогляду школярів.

Аналіз наукової, методичної та навчальної літератури свідчить, що є певні проблеми у формуванні світогляду майбутнього учителя фізики. Суспільство висуває до вчителя вимогу мати на озброєнні спеціальні методики, що дозволяють сформувати в учнів науковий світогляд засобами предмету фізики. Показниками сформованості світогляду є наявність системи знань, поглядів і переконань (структури світогляду), які проявляються в різних видах діяльності, здатність удосконалювати свої знання і діяльність. Але навчальний процес у педагогічному ВНЗ не забезпечує реалізацію цих вимог. Це пов'язане з недостатнім науково-методичним потенціалом змісту навчання фізики для вирішення цього питання. Підсилити його можливо при вивченні основ нанотехнологій.

Особливу увагу слід приділити відбору матеріалу з нанотехнологій при навчанні студентів – майбутніх учителів. На відміну від інженерних спеціальностей, де вивчається вузьке коло питань з наногалузі, які є необхідними для майбутньої професії, у педагогічній діяльності важливим є широта отриманих знань з різних галузей науки і техніки, у тому числі і з нанотехнологій. Учитель фізики в школі повинен бути однаково добре обізнаним в різних областях нанотехнологій і в можливостях їх застосування.

При відборі матеріалу з нанотехнологій для підготовки майбутнього вчителя фізики слід користуватися такими критеріями:

- значення у сучасній науці, техніці та технологіях;
- значення для шкільного курсу фізики;
- доступність у розумінні фізичних процесів, на яких ці технології базуються.

Особливо важливою є професійна спрямованість. Знання основних понять нанотехнологій в подальшому дозволить молодому вчителю зрозуміти основні зв'язки і закономірності, що відбуваються в наносвіті, і в доступній формі ознайомити з ними учнів.

Інформацію з галузі нанотехнологій студенти отримують різними шляхами. Насамперед, джерелами такої інформації є матеріали, які викладені в мережі Інтернет, та

подані в періодичних виданнях. Але основним джерелом все ж є курс фізики у ВНЗ. Поняття і формулювання законів наносвіту можуть бути однаково добре використані при вивченні різних розділів курсу загальної фізики. В якості ілюстрацій ряду фізичних явищ і процесів можна обговорювати відповідні явища і процеси з галузі нанотехнологій. Терміни та принципи нанотехнологій необхідні при розгляді перспектив розвитку різних галузей сучасної науки: молекулярної технології, переходу мікроелектроніки в наноелектроніку, при вивченні квантових явищ і процесів тощо. При плануванні курсів загальної і теоретичної фізики слід включити елементи нанотехнологій у різні розділи. Так, наприклад, при вивченні молекулярної фізики, при обґрунтуванні основних положень молекулярно-кінетичної теорії, слід указати на те, що сучасна дослідницька база дає можливість не тільки бачити атоми, а й переставляти їх та компанувати. При вивченні курсу електрики та магнетизму можна розглянути питання електричних та магнітних властивостей наноматеріалів. Основи сучасної електроніки, є однією з дисциплін, при вивченні яких, студенти можуть отримати знання з наноелектроніки. Ця галузь науки є синтезом ідей вакуумної і твердотільної електроніки і займається розробкою фізичних і технологічних основ створення інтегральних електронних схем із характерними топологічними розмірами елементів менших за 100 нм. Вона базується на використанні квантових ефектів, що проявляються в наноструктурах. Саме в галузі наноелектроніки слід чекати найбільш революційні досягнення.

Під час розгляду питань методики навчання фізики треба приділити увагу сучасним педагогічним технологіям, які використовуються у практиці вчителя фізики. У більшості вони орієнтовані на особистий розвиток учня. Зараз у шкільні програми з фізики включені проекти. Саме проектна діяльність сприяє розвитку пізнавальних навичок учнів, умінь самостійно конструювати свої знання, орієнтуватися в інформаційному просторі, спонукає до критичного і творчого мислення. Пізнавальна активність школярів є складовою мотиваційного компоненту навчання та однією з головних умов, як вважають вчені, розумового розвитку дітей, тому що інтелектуальна сфера дитини успішно розвивається лише за умов наявності і розвитку пізнавальних потреб. Робота над проектами сприяє також формуванню сучасного наукового світогляду. Основним результатом виконаних проектів є вирішення поставленої проблеми, якщо це теоретична задача - то її конкретне розв'язання, якщо це практичне завдання - то конкретний результат, готовий до впровадження у школі, на уроці, в реальному житті, фізиці. Щоб діти могли добитися такого результату, необхідно навчити їх самостійно мислити, знаходити і вирішувати проблеми, використовувати для поставленої мети знання з різних областей, уміти прогнозувати результати і можливі наслідки різних варіантів вирішення, вміти встановлювати причинно-наслідкові зв'язки.

Серед таких проектів можуть бути і проекти по нанотехнологіям. Тематика з нанотехнологій повністю відповідає вимогам. Але для створення таких проектів сам учитель фізики повинен бути добре підготовленим. Розробка та створення проектів з галузі нанотехнологій на практичних заняттях з методики навчання фізики сприяє підвищенню професійної компетентності майбутніх учителів фізики, а також формуванню наукового світогляду, а отже й формуванню загальної картини світу, світовідчуття, світосприйняття та світорозуміння.

Питання нанотехнологій можна розглядати як на окремих спецкурсах з основ нанотехнологій, так і включити в спецкурси з вибраних питань сучасної фізики. Ми пропонуємо у програму спецкурсу включити таку тематику:

Тема 1. Теоретичні аспекти нанотехнологій. Історія виникнення і розвитку нанотехнологій. Машина творіння Декслера. Принцип невизначеності Гейзенберга і нанопристрої. Теплові коливання молекул і нанопристрої.

Тема 2. Наноструктури та їх характеристики. Властивості наночастинок. Одно-, дво- та тривимірні наноматеріали. Самоорганізація частинок. Залежність фізичних властивостей наночастинок від їх розмірів.

Тема 3. Інструменти нанотехнологій. Скануючий зондовий мікроскоп. Тунельний мікроскоп. Оптичний пінцет.

Тема 4. Аспекти нанотехнологій у сучасному суспільстві. Розвиток нанотехнологій у різних країнах світу. Нанотехнології в Україні. Перспективи розвитку нанотехнологій.

Спецкурс можна розширити лабораторними роботами з комп'ютерного моделювання наноматеріалів, які спрямовані на дослідження різних явищ і властивостей атомно-молекулярних систем, процесів, матеріалів і пристроїв на їх основі. Лабораторні роботи призначені для практичного закріплення знань і навичок, отриманих в ході освоєння матеріалів навчальних модулів.

Ознайомлення з методами дослідження в галузі нанотехнологій продовжуються на спеціальному фізичному практикумі. Спеціальний фізичний практикум – це своєрідна навчальна дисципліна, яка входить до навчального плану і викладається на старших курсах. Вона розрахована на спеціалістів чи магістрів, тому стандартних планів для неї не існує і кожен ВНЗ організовує і проводить спецфізпрактикум на свій розсуд. Власний підхід до організації і проведення спецфізпрактикуму у різних педагогічних ВНЗ пов'язаний з різноманітністю матеріальної бази лабораторій, різними напрямками науково-дослідної роботи кафедр фізики і відсутністю єдиного підручника.

Сучасні методи дослідження структури речовини, яким і присвячений спеціальний фізичний практикум, надзвичайно різноманітні – від нескладних досліджень поверхні з допомогою оптичних мікроскопів до дослідження нанокристалічних об'єктів за допомогою сучасних електронних мікроскопів.

На відміну від лабораторних практикумів з механіки, молекулярної фізики, оптики та інших, де тематика робіт жорстко прив'язана до відповідних розділів загальної фізики, і метою яких є експериментальне вивчення тих фізичних явищ, про які йшла мова у відповідному розділі загальної фізики, та набуття студентами навичок використання основних фізичних вимірювальних приладів та найважливіших методів фізичних вимірювань, метою спеціального фізичного практикуму є знайомство студентів з сучасною науково-дослідницькою фізичною лабораторією на прикладі лабораторії дослідження структури речовини.

Майбутній вчитель фізики повинен своїми очима побачити як проводяться дослідження в сучасній фізиці і, зокрема, в галузі нанотехнологій та спробувати себе в ролі дослідника. Важливим є якраз практичне ознайомлення з фізичними методами експериментального дослідження, тоді легше засвоювати результати нових відкриттів і в майбутньому донести ці знання до своїх учнів та показати, що фізика як наука не

закінчується на законах Ньютона, а тільки з них починається, що вона є наукою майбутнього і має потужний потенціал.

У спеціальному фізичному практикумі крім методів дослідження, таких як мас-спектрометрія, електронна мікроскопія, електроннографія та рентгеноструктурний аналіз, ми пропонуємо такі цікаві і сучасні роботи як дослідження за допомогою ядерного магнітного резонансу, спостереження доменної структури та дослідження гігантського магнітоопору.

Проявити творче мислення, показати уміння самостійно знаходити інформацію, аналізувати її та робити висновки студенти можуть при виконанні курсових та кваліфікаційних робіт. При цьому вони набувають практичних навичок організації та виконання науково-дослідницької роботи.

Особливо важливим є підбір тематики цих робіт. Частина цієї тематики може бути пов'язана з нанотехнологіями. Ми пропонуємо студентам, наприклад, такі теми курсових робіт з фізики, як сучасний стан розвитку нанотехнологій, наноматеріали та їх використання, нанотехнології – технології сьогодення і майбутнього. Тематика дипломних та магістерських робіт стає логічним продовженням розпочатої роботи, але, в той же час, направлена на реалізацію та формування професійних компетентностей майбутнього учителя фізики.

Висновки. Дослідження стану викладання фізичних дисциплін у загальноосвітніх та вищих педагогічних навчальних закладах, аналіз освітніх стандартів та програм у контексті світового розвитку наоіндустрії дає підстави стверджувати, що є необхідним включення понять нанотехнологій у загальний перелік фундаментальних фізичних термінів і уявлень. Основним джерелом отримання інформації з галузі нанотехнологій повинні бути курси фізики, де уявлення і поняття наносвіту можна поступово системно вводити спочатку як окремі питання загального курсу фізики, а потім більш поглиблено - на спеціальних курсах. Завдяки комплексному підходу та системності під час навчання основам нанотехнологій студент не тільки набуває знання, уміння та навички, а й розвиває здібності проектування їх у свою майбутню професійну діяльність. Такий підхід сприяє формуванню професійних компетентностей та розширює світогляд майбутнього учителя фізики. Крім цього, це надасть реальної можливості подолати суттєве відставання в наоосвіті від провідних країн і незабаром увійти до міжнародної освітньої наомережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каблов Е.Н. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. – 2010. – №4.
2. Василенко В. Технологические уклады в контексте стремления экономических систем к идеальности [Электронный ресурс] /В. Василенко// Соціально-економічні проблеми і держава. — 2013. — Вип. 1 (8). — С. 65-72.
3. Стадник О.Д. Развитие наоосвіты – один из чинников забезпечення переходу на шостий технологічний уклад / О.Д. Стадник, І.О. Мороз, Ю.О. Шкурдода, О.В. Яременко // Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки: зб. наук. пр. – Вип.3. – Бердянськ, 2015. - с.324-330.
4. Ineke Malsch. Nano-education from a European perspective. // Journal of Physics: Conference Series 100 (2008) 032001.
5. Булакина М.Б., Денисюк А.И., Кривошеев А.О. Обзор зарубежного опыта по

подготовке кадров в области нанотехнологий: Методическое пособие для преподавателей и аспирантов. – СПб: СПбГУ ИТМО. – 2009. – 92 с

6. Nyemchenko U.S. Comparing the Tribological Properties of the Coatings (Ti-Hf-Zr-V-Nb-Ta)N and (Ti-Hf-Zr-V-Nb-Ta)N + DLC / U.S. Nyemchenko, V.M. Beresnev, V.F. Gorban, V.Ju. Novikov, J.V. Yaremenko // *Jornal of Nano-and Electronic Physics*. – Vol.7 No 3, - 03041(4pp)(2015).

7. Стадник А.Д. Структура и свойства полимерных композитов и нанокompозитов, подвергнутых термомагнитной обработке / А.Д. Стадник, И.А. Мороз, О.Г. Медведовская, В.Н. Билык // *ЖУРНАЛ НАНО- ТА ЕЛЕКТРОННОЇ ФІЗИКИ*. – Том 7 №3 , 03046(5cc) (2015).

8. Завражна О.М. Підходи до вивчення нанотехнологій у загальноосвітніх навчальних закладах // О.М. Завражна, А.І. Салтикова / *Сучасні тенденції навчання фізики у загальноосвітній та вищій школі: Матер. II Міжнародної Інтернет-конференції присвяченої 120-річчю від дня народження Ігоря Євгеновича Тамма, м. Кіровоград, 15-16 жовтня 2015 р.* – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2015. – С. 22-24.

9. Лісниченко Я.В., Завражна О.М. Особливості довузівської підготовки в області нанотехнологій // *Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, м. Суми, 15-16 квітня 2015 р.* – Суми: СумДПУ, 2015. – С.60-61.

Saltykova A., Zavrazhna O.

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko

THE DESIGN OF KNOWLEDGE FROM THE FUNDAMENTALS OF NANOTECHNOLOGY INTO THE PROFESSIONAL ACTIVITIES OF THE FUTURE PHYSICS TEACHERS

The article states that by all indications the world entered the era of total nanorevolution which could overshadow implications of computer revolution of the late 20th century with its results. New words were brought into use: nanoscience, nanotechnology, nanostructured materials and objects. They indicate the priority areas of scientific and technological revolution that cover the entire sections of modern science. The development of nanotechnology is at the junction of various sciences and requires multidisciplinary approaches to organize the work of researchers and developers. However, the main contribution to its development is made by physics. Forming the scientific view of the world in the society by getting acquainted with the achievements of nanotechnologies and their impact on human life depends on the physics teachers.

The analysis of scientific, methodical and educational literature shows that there are some problems in forming the future physics teachers' world view. It is connected with the insufficient scientific and methodical potential of physics studying content to solve this problem. It may be strengthened by studying the fundamentals of nanotechnology. Thus, it is necessary to include the concepts of nanotechnology to the general list of fundamental physical terms and concepts. Particular attention should be paid to the material selection while teaching nanotechnology to the students – future teachers. Unlike engineering specialties dedicated to the narrow range of issues from nanoareas which are necessary for future profession, in educational work the breadth of knowledge from different fields of science and technology, including nanotechnology, comes first. The main source of information on nanotechnology should be the physics course where concepts and formulation of the laws from the nanoworld can be gradually fully used while studying various sections of the general physics course. The advantages of this approach are the contribution to the formation of professional competence and the expansion of the future physics teachers' world view. Due to the integrated approach and consistency

while studying the basics of nanotechnology students acquire not only knowledge and skills, but also develop the ability to design them into their future professional activities.

Key words: studying nanotechnology, nanoeducation, systemacy, integrated approach, professional activity.

А.И. Салтыкова, Е.М. Завражна

Сумской государственной педагогический университет имени А.С. Макаренко

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ ПО ОСНОВАМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В
ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ**

Анализ научной, методической и учебной литературы свидетельствует о том, что есть определенные проблемы в формировании мировоззрения будущего учителя физики. Они связаны с научно-методическим потенциалом содержания обучения физики. Усилить его можно при изучении основ нанотехнологий. Таким образом, необходимо включение понятий нанотехнологий в общий перечень фундаментальных физических терминов и представлений. Особое внимание следует уделить отбору материала по нанотехнологиям при обучении студентов - будущих учителей. Основным источником получения информации в области нанотехнологий должны быть курсы физики, где представления и понятия наномира можно постепенно системно вводить сначала как отдельные вопросы общего курса физики, а затем более углубленно - на специальных курсах. Благодаря комплексному подходу и системности при обучении основам нанотехнологий студент не только приобретает знания, умения и навыки, но и развивает способности проектирования их в свою будущую профессиональную деятельность.

Ключевые слова: изучение нанотехнологий, нанообразование, системность, комплексный подход, профессиональная деятельность.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Салтыкова Алла Іванівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики та методики навчання фізики Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка.

Коло наукових інтересів: фізика тонких плівок, проблеми методики навчання фізики.

Завражна Олена Михайлівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики та методики навчання фізики Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка.

Коло наукових інтересів: Методика викладання теоретичної фізики.