

Отже, експериментальна частина розв'язання задачі зведеться до одержання розмірів не зануреної частини бруска (рис. 7). Враховуючи, що $V = ab\Delta h$, де a – довжина бруска, b – його ширина, Δh – висота його не зануреної частини, обчислення слід виконувати з використанням такого рівняння: $m = \rho ab\Delta h$.

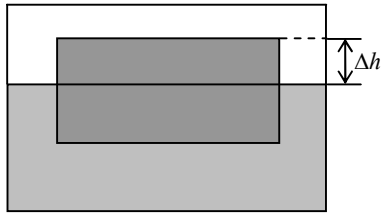


Рис. 7

Засоби прямого оперативного впливу:

1. Сформулюйте умову плавання тіл.
2. Що буде з бруском, який плаває, якщо на його поверхні розмістити вантаж?
3. Запишіть умову плавання бруска з вантажем на воді.

Задача 3. Зробимо з пластиліну коробочку, яка змогла б плавати в мензурці з водою і запишемо умову плавання: $mg = \rho g V_1$, де m – маса пластиліну, ρ – густина води, V_1 – об'єм витісненої води. Знаходимо масу пластиліну: $m = \rho V_1$. Використовуючи пластилін, як тягарець відомої маси, а лінійку і олівець як терези, переміщуючи пластилін і брусок по поверхні лінійки добиваємося рівноваги:

$$mgd = m_x g d_x \quad \text{або} \quad m_x = m \frac{d}{d_x},$$

де m_x – маса бруска, а d і d_x – плечі відповідних сил тягіння. Об'єм бруска V_x знаходимо, вимірявши його лінійні розміри. Остаточно густина бруска: $\rho_x = \frac{m_x}{V}$.

Засоби прямого оперативного впливу:

1. Як визначити об'єм бруска?

УДК 371

О. О. Лебедь

Національний університет водного господарства та природокористування

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛОГІЙ ПРИ РОЗВ'ЯЗУВАННІ ЗАДАЧ-ОЦІНОК В КУРСІ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ

У статті здійснено огляд напрямків впровадження методу аналогій та теоретично обґрунтовано дидактичну доцільність застосування аналогій при розв'язуванні задач-оцінок в курсі квантової фізики. Проілюстровано приклад практичного впровадження цих аналогій під час розв'язування студентами навчальних задач.

Ключові слова: задачі-оцінки, квантова фізика, метод аналогій.

Весь досвід розвитку науки підтверджує, що пізнання нового завжди базується на старому, вже набутому і осмисленому фактичному матеріалі. Тому природно, що і пояснення раніше невідомих фактів на початкових етапах пізнання зручніше всього будувати на основі аналогії спостережуваного об'єкту з уже відомим. Аристотель говорив: «Правильно в філософії розглядати подібність, навіть в речах, віддалених одна від одної». Фізичні аналогії необхідні і корисні, коли треба порівняти недостатньо вивчену систему з системою більш відомою [1]. Вони не тільки дають можливість перенести засвоєні методи аналізу в недосліджені області, але й сприяють пошуку раніше не знайомих фізичних процесів і явищ.

Внаслідок стійкої тенденції останніх років до скорочення курсу фізики вищої школи, кількість годин, які виділяються на вивчення квантової фізики, зменшується, хоча і в попередні («успішні») роки викладання курсу проводилося за залишковим принципом. За таких умов ми вважаємо, що використання методу аналогій для кращого засвоєння в цілому дуже складного курсу є надзвичайно важливим.

В умовах ліміту часу викладачами застосовується так званий «знанєвий» підхід (за термінологією Б.Ц.Бадмаєва),

2. Як визначити масу пластиліну, використовуючи умову плавання тіл?
3. Знайдіть масу бруска скориставшись лінійкою і олівцем, як терезами, а пластиліном, як тягарцем відомої маси.

Ми вважаємо, що запропонована технологія проведення лабораторного практикуму розвиває дивергентне мислення студентів, враховує їх індивідуальні здібності, дозволяє широко використовувати прогресивне нарахування балів, а, отже, зацікавлює студентів у результатах свого навчання. Відхід від лише репродуктивної діяльності розвиває творчі можливості студентів, диференціює їх по схильності до наукових досліджень, привносить у процес навчання дух здорової конкуренції, спонукає для більш глибокого вивчення предмета і, як наслідок, сприяє покращенню успішності.

Список використаних джерел:

1. Галатюк Ю. Керування процесом розв'язування творчої задачі // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – №3. – С. 11–14.
2. Галатюк Ю. Організація творчої пошукової діяльності учнів з фізики // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – №6. – С. 18–20.
3. Давиденко А.А. Методика розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики (теоретичні основи). – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2004. – 264 с.
4. Дружинин В.Н. Психологія общих способностей. – СПб.: Издательство «Питер», 1999. – 368 с.
5. Кулик Л.О. Експериментальні задачі в лабораторному практикумі з механіки. Методичні рекомендації для викладачів та вчителів фізики. – Черкаси: Черкаський національний університет. – 2007. – 44 с.
6. Кулик Л.О., Богатирьов О.І. Творчі завдання з фізики в лабораторному практикумі // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – №6. – С.12–14.

The article focuses attention on the methodic of students' development divergent thought while doing laboratory tasks on mechanics.

Key words: laboratory works, experimental tasks, divergent thought.

Отримано: 3.07.2009

суть якого в тому, щоб студенту дати якомога більше матеріалу з розділів атомної і ядерної фізики на лекціях і розглянути декілька типових задач (частинка в потенціалній ямі, спектри випромінювання і поглинання, ядерні реакції, енергія зв'язку ядра тощо) на практичних заняттях. Щодо лабораторних робіт, то добре, якщо вистачає часу на одну, дві роботи. Результати такої навчальної діяльності низькі, а курс квантової фізики, за опитуваннями студентів, є важким для розуміння.

У запропонованій П.Я.Гальперінім, О.М.Леонтьєвим і підтриманій Б.Ц.Бадмаєвим, Ю.І.Машбіцем, Н.Ф.Талізінною, Л.М.Фрідманом, Г.О.Атановим та іншими діяльними моделі навчання пропонується інший підхід. В ньому акцент ставиться не на те, щоб студенту дати якомога більше інформації (яка по суті і є тими самими так званими «знаннями»), а навчити їх діяльності (тобто застосовувати ті ж знання в своїй професійній діяльності).

Г.О.Атанов [2] сформулював методологічні положення діяльнісного підходу у навчанні, серед яких виділимо наступні:

- в сучасному розумінні знати значить за допомогою знань здійснювати певну діяльність, а не тільки пам'ятати певні знання;

- засвоювати знання можна, тільки оперуючи ними, а не просто запам'ятовуючи їх. Запам'ятовування знань повинне бути результатом їх застосування та використання;
- навчання є сукупністю двох взаємопов'язаних, але самотійних діяльностей, – діяльності того, хто навчає, і діяльності того, кого навчають, тобто навчальної діяльності.

За такого підходу до навчання можна виділити низку умінь, якими повинен володіти студент при вивченні того чи іншого предмету.

Цей же автор проводить класифікацію методологічних предметних умінь, які, на наш погляд, можна застосувати і до вивчення квантової фізики. До них можна віднести вміння:

- аналізувати явища і процеси;
- оцінювати характер відповідних величин і встановлювати визначальні чинники;
- будувати моделі явищ і процесів і встановлювати межі їх застосовності;
- будувати математичні моделі, що описують конкретні процеси і явища;
- оцінювати вплив вторинних чинників;
- встановлювати зв'язки між відповідними величинами;
- робити наукові узагальнення;
- конкретизувати положення наукових теорій по відношенню до реальних умов;
- розв'язувати задачі.

Усі приведені складні вміння розділяються на більш прості, зокрема, уміння розв'язувати задачі включають в себе наступні простіші:

- виділяти потрібну інформацію з умови задачі;
- вибирати раціональний метод розв'язку;
- складати план розв'язку;
- виявляти суттєві відносини між об'єктами умови задачі;
- виводити розрахункову формулу;
- якісно і кількісно оцінювати результат розв'язку і обґрунтовувати його;
- правильно оформляти умову і розв'язок задачі;
- встановлювати зв'язок між аналогічними задачами.

Таким чином, визначальним критерієм засвоєння студентом знань при вивченні квантової фізики і застосовування їх в своїй діяльності є вміння розв'язувати задачі. Постає питання: Задачі яких типів слід вибрати для максимально ефективного засвоєння цього розділу? Які методи і прийоми слід застосувати, щоб студент не тільки навчився розв'язувати задачі, не тільки розібрався в суті процесів і явищ квантової фізики, а й щоб отримані знання зберігались якнайдовше і знадобились йому у наступній практичній діяльності вже в якості сформованого спеціаліста?

З точки зору діяльнісного підходу, в першу чергу, ці задачі повинні носити творчий характер, щоб в процесі їх розв'язування студент використовував пам'ять, логіку, активізував асоціативне мислення, пропонував і пробував різні варіанти розв'язку тощо.

Як відомо, В.Г.Разумовський запропонував творчі задачі з фізики умовно поділяти на конструкторські та дослідницькі. Вимогою задач першого типу є отримання реального ефекту відповідно до даної абстрактної моделі (закону, формули, графіка тощо). Задачі другого типу вимагають пояснення незнайомого явища на основі адекватної абстрактної теоретичної моделі [3].

Історично склалося так, що питання класифікації, дидактичних функцій, постановки конструкторських (винахідницьких) задач досить ретельно з'ясовувались психологами та педагогами. Серед них слід виділити Г.С.Альтова, Г.С.Альшутлера, А.Давиденка, В.О.Моляко, С.Л.Рубінштейна та інших [4]. Щодо дослідницьких задач, то можна твердити, що методичні засади впровадження навчальної дослідницької діяльності у практику, на нашу думку, почали розроблятися відносно недавно, у зв'язку з неухильним поширенням дослідницького методу у навчанні і їх класифікація розроблялась не таким широким колом дослідників.

Структура поняття «фізична дослідницька задача» була запропонована Ю.М.Галатюком і А.В.Рибалком в праці

[5], а досить широка систематизація таких задач здійснена Г.В. Касяною [6]. В їх розумінні фізична дослідницька задача це – а) інформаційна задача, предметом якої є фізичні явища, факти та адекватні їм моделі, яка розв'язується методами, що передбачають застосування методів наукових досліджень або їх елементів; б) проблемна навчальна задача як практичного, так і теоретичного характеру, розв'язування якої забезпечує навчально-дослідницьку діяльність студентів. За рівнем абстрагування дослідження навчальні дослідницькі задачі можна розділити на абстрактні та конкретні. За умовами проведення стосовно засобів здійснення – на дослідження: із заданими наперед приладами; із передбаченням вибору приладів із запропонованих; із вільним вибором приладів. За видом вимірювання фізичних величин – на прямі, посередні, сукупні, спільні. За змістом їх слід розрізняти на дослідження фізичних властивостей речовин і полів та дослідження фізичних явищ і процесів (природних та лабораторних). Виділимо групу дослідницьких задач на підтвердження основних теоретичних положень, які розмежовуються на задачі-оцінки, задачі-доведення, задачі-пояснення (прогнози), на визначення фундаментальних фізичних констант, на перевірку та виведення фізичних законів [6]. Головною особливістю задач-оцінок, на нашу думку, є те, що фізичні величини, які знаходяться в процесі розв'язку задачі не можуть бути знайденими точно, або в умові задачі цього не вимагається.

В курсі квантової фізики студенти розв'язують задачі, які в тій чи іншій мірі можна віднести до одного або декількох вищезазначених типів. Все ж, на нашу думку, основним типом задач, які необхідно розглядати в цьому курсі (а особливо в такому його розділі як ядерна фізика) є задачі – оцінки. Це пов'язано з тим, що квантова фізика носить статистичний характер. При цьому стан квантово-механічної системи описується так званою Ψ – функцією, квадрат її модуля $|\Psi(r)|^2$ є імовірність знаходження, наприклад, мікро-частинки в точці, визначеної радіус-вектором r , а фізичні величини в квантовій фізиці є статистичними середніми. Наслідком цього є ряд співвідношень даного розділу фізики, які зв'язують фізичні величини між собою, але не можуть допомогти однозначно їх визначити. До них можна віднести співвідношення невизначеностей Гейзенберга, яке в одному варіанті зв'язує невизначеності імпульсу Δp і координати Δx мікрочастинки – $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$, а в другому – невизначеність її енергії ΔE і часу існування в певному стані $\Delta t - \Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ (\hbar – стала Планка). «Здоровий глузд» і повсякденний досвід говорять студентам, що нам нічого не заважає одночасно знати і координати і швидкості об'єктів, вимірявши їх відповідними приладами. Але студентам часто важко буває збагнути, що внаслідок дуже малих розмірів мікрооб'єктів будь-яке вимірювання їх фізичних характеристик приладом спричиняє певну дію на них і цим самим змінює їх характеристики. З цього приводу Ю.М.Широков і Н.П.Юдін в [7] зазначають: «Людина – істота макроскопічна. Роздільна здатність її органів чуття на багато порядків нижча тої, яка потрібна для безпосереднього пізнання елементарних частинок, атомних ядер і навіть набагато більших агрегатів – атомів і молекул. Тому всі спостереження подій мікросвіту – опосередковані... Бачимо ми через посередництво електромагнітних хвиль. Але за допомогою хвиль можна «побачити» лише предмет, не менший довжини хвилі. Тому для вивчення дуже малих предметів треба брати дуже короткі хвилі. Але чим коротша хвиля, тим більшу вагу мають її корпускулярні властивості, тобто тим більші імпульси і енергії окремих частинок – квантів випромінювання. При переході до мікросвіту енергії і імпульси цих квантів настільки виростають, що вони стають снарядами, які розкидають і руйнують об'єкти, що вивчаються».

Тому в багатьох задачах атомної і ядерної фізики ми не можемо точно визначити певні шукані фізичні величини, як це доволі успішно робили в курсі класичної механіки, а можемо лише оцінити їх, тобто в більшості випадків знайти їх порядок і на основі цього зробити фізичні висновки.

Саме на цьому етапі вивчення квантової (атомної і ядерної) фізики, де здавалося б, не можливо визначити

нічого точно, виникає проблема: як вивчити положення цього абсолютно нового і абсолютно не узгодженого з попередніми розділами фізики нового знання на фоні попередньо отриманих, цілком узгоджених з повсякденним досвідом знань класичної фізики. На нашу думку, саме тут викладач має перекинути рятівний місток від традиційних знань, засвоєних в класичних розділах фізики, до нового знання. Таким містком може бути метод аналогій, який знаходить подібності в традиційно установлених знаннях студентів, багаторазово перевірених повсякденним досвідом і новим нічим не апробованим знанням з квантової фізики. По суті між цими знаннями існує глибокий зміст, який був підмічений ще Фейнманом Р., Лейтоном Р., Сендсом Р., які зазначають: «...природа знає квантову механіку, класична ж є всього лиш наближенням, значить, нема нічого загадкового в тому, що із-за класичної механіки виглядають там і сям тіні квантовомеханічних законів... Відновити реальний об'єкт за тінню прямим шляхом ніяк не можливо, але тінь допомагає нам згадати, як виглядав об'єкт... Ми спочатку вчимо класичну механіку і тому нам хочеться виводити з неї квантові формули, але раз і назавжди встановленої схеми для цього нема. Ми вимушені кожен раз повертатись до реального світу і відкривати правильні квантовомеханічні рівняння. І коли вони отримуються подібними на щось класичне, ми радіємо» [8].

Метод аналогій є доволі потужним методом не тільки в науковому дослідженні взагалі, а і конкретно у вивченні фізики. Важливість застосування аналогій у навчанні спонукала цілу когорту методистів фізики, зокрема Іваненка О.Ф. [9], Калапушу Л. Р. [10], Каменецького С.Ю., Солодухіна М.А. [11], Редька Г. Б. [12], Бондара С.П. [13] зайнятися проблемами класифікації аналогій за різними ознаками та розробки дидактичних засобів її впровадження в процес навчання. Зокрема Редько Г.Б. [12] всю різноманітність аналогій зводить до шести видів:

- ✓ Аналогії логічного типу.
- ✓ Каузальні аналогії (від спільності причин до спільності наслідків).
- ✓ Субстанціональні (аналогії у фізичних поняттях).
- ✓ Структурно-функціональні (аналогії в зв'язках між поняттями, їх сторін).
- ✓ Аналогії типу ізоморфізму (аналогії об'єктів однакової структури).
- ✓ Емпірико-реляційні (подані як результат досліду).

Розкриваючи зміст дидактичної сутності аналогій, її структурної моделі Бондар С.П. [13] відмічає її дві істотні характеристики – пояснювальну і пошукову. Пояснювальна полягає в створенні таких якісних (ілюстративних) аналогій, які можуть допомогти створити конкретне уявлення про об'єкт. Пошукова – призначена для здобування нових знань, сприяє виникненню передбачень, на основі яких можливе висунення гіпотез, знаходження способів розв'язування фізичних задач. Ці характеристики аналогій знаходяться в тісному взаємозв'язку і створюють повне уявлення про неї як про цілісне явище.

Досліджуючи дидактичну функцію аналогій автор за характером знання, яке здобувається поділяє аналогії на аналогію властивостей та аналогію відношень. Аналогія властивостей – це така аналогія, коли на об'єкт вивчення з аналога переноситься певна властивість. Якщо ж на об'єкт переноситься певне відношення, то така аналогія називається аналогією відношень.

За функціональними особливостями автор пропонує розмежувати аналогії властивостей на три види, а аналогії відношень – на чотири. До аналогії властивостей він відносить: *пояснюючу, причинно-наслідкову* і *прикладну аналогію*.

Аналогія відношень розподіляється на: *ілюстративну аналогію, аналогію відповідності, структурно-функціональну* і *систематизуючу аналогію*.

Пояснююча аналогія переносить ознаку зрозумілості в початковому процесі з аналогії на об'єкт вивчення. *Причинно-наслідкова* (каузальна) аналогія допомагає встановлювати причинно-наслідкові зв'язки у предметах і явищах. Її логічна основа така: предмети або явища, які мають спі-

льні наслідки, повинні мати і спільні причини їх виникнення. Суть *прикладної* аналогії полягає в припущенні: якщо об'єкт маючи подібні істотні властивості з іншим, має, крім того, ще одну властивість x , то й інший об'єкт, не виключено, має цю властивість. Саме таке значення серед аналогій відношень має аналогія *відповідності*. У цій аналогії на основі деякої відповідності між елементами двох або декількох систем переносяться відношення з однієї системи на іншу. Суть *ілюстративної* аналогії полягає в тому, що об'єкт або явище пізнається за допомогою такої ілюстративної моделі, в якій часто абстрагуються від деяких її властивостей, залишаючи обов'язково спільні відношення. Не менш важливу роль у навчанні відіграють *структурно-функціональні* аналогії. Її суть в тому, що висновок робиться від подібності структур до подібності функцій, і, навпаки, від подібності функцій до подібності структур. У сучасній практиці особливого значення набуває застосування *систематизуючої* аналогії. Тут подібність між порівнюваними предметами зумовлюється, можливо, не випадково, а спільністю їх родової природи, оскільки аналог і об'єкт вивчення входять до однієї системи.

Досвід показує, що при розв'язку задач із курсу квантової фізики найбільш ефективним є застосування пояснюючої, ілюстративної, систематизуючої аналогій і аналогії відповідності.

Застосування аналогій різних видів при розв'язуванні задач – оцінок в курсі квантової фізики несе ще одну дуже важливу функцію. Вдала аналогія створює в свідомості яскравий образ, який надовго зберігається в пам'яті студента і може їм відтворитися в професійній діяльності після закінчення ВНЗ. Вважається, що для того щоб дійсно активізувати розумову діяльність тих, кого навчають, мало поставити перед ним задачу, треба зробити так, щоб у нього виробилося до неї своє, особисте ставлення. Необхідно створити таку обстановку, щоб задача його торкнулася, зачепила його внутрішній світ, щоб виникла особиста зацікавленість в її вирішенні. Тільки тоді з'явиться той емоційний фон, який і призводить до підвищення ефективності розумової діяльності [2].

Як приклад впровадження аналогій у навчання ядерної фізики розглянемо наступну задачу.

Задача 1. *Відомо, якщо тіло кинути з поверхні Землі зі швидкістю, яка менша за першу космічну швидкість, то воно обов'язково впаде на Землю. Аналогічно, віртуальний піон, який вилітає з нуклона, при відсутності взаємодії з іншим нуклоном, обов'язково поглинеться нуклоном, який його випустив. Такі віртуальні піони створюють навколо ядер «піонну атмосферу». Виведіть формулу, першої космічної швидкості та знайдіть максимальну висоту, на яку може піднятися тіло, кинуте з першою космічною швидкістю. Оцініть максимальну віддаль від ядра, на яку може відійти віртуальний піон? Знайдіть відношення висоти підйому тіла до радіуса Землі і товщини «піонної атмосфери» до радіуса ядра атома водню. Порівняйте ці величини.*

При постановці цієї задачі студентам на практичному занятті більшість із них не зможе зразу згадати рівняння для визначення першої космічної швидкості, так як після вивчення класичної механіки пройшов достатньо великий термін часу. Тому необхідно їм нагадати, що вираз для першої космічної швидкості біля поверхні Землі ми можемо знайти із другого закону Ньютона та закону всесвітнього тяжіння:

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2},$$

де M і m – маси Землі і тіла відповідно; R – радіус Землі; G – гравітаційна стала; v – початкова швидкість тіла. Звідси

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R}}.$$

Після цього вже самостійно студенти доволі легко знаходять висоту підйому ракети із закону збереження енергії:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{GmM}{R} = -\frac{GmM}{R+H}. \text{ Звідки } 2R = R+H \text{ і } H=R.$$

Відношення $H/R=1$. Слід заголосити увагу на тому отриманому результаті, що тіло, яка має першу космічну швидкість, може піднятися на максимальну висоту що дорівнює радіусу планети і перейти власне до задачі ядерної фізики.

Для визначення відстані відльоту піона необхідно скористатися іншими формулами. Віртуальні частинки знаходяться в областях де можуть не виконуватися закони збереження. Ці області можна оцінити за допомогою співвідношення невизначеностей Гейзенберга:

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar;$$

де Δp – невизначеність імпульсу піона; Δx – невизначеність його координати.

Невизначеність імпульсу не може бути більшою за сам імпульс $\Delta p \approx p$, а невизначеність координати – за саму координату $\Delta x \approx x$. Тоді:

$$p \cdot x \approx \hbar.$$

Таким чином, товщина «піонної атмосфери» x оцінюємо дорівнює:

$$x \approx \frac{\hbar}{p} = \frac{\hbar}{m_{\pi} c} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{270 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{ м}.$$

Відомо що радіус ядра можна оцінити за формулою:

$$R = 1,3 \cdot A^{1/3} \cdot 10^{-15} \text{ м},$$

де A – кількість нуклонів в ядрі.

Відповідно, для ядра атома водню $A=1$ і $R = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ м}$. Відношення товщини «піонної атмосфери» до радіуса ядра атома водню: $x/R = 1,08 \approx 1$, отже віртуальний піон «відлітає» від ядра атома водню на відстань що дорівнює його радіусу.

Отримані результати надзвичайно образні, вони збуджують фантазію студентів. Автор не раз чув після розв'язку цієї задачі запитання, чи не є атомне ядро специфічною мініатюрною планетою, з якої теж можуть стартувати мікроскопічні супутники. Виникає потреба в застереженні студентів від буквального перенесення аналогії з одного об'єкта на інший. Одним із таких застережень є той факт, що формула для радіуса ядра виконується для всіх ядер, окрім найлегших.

Задача 2. *Стикаючись в повсякденному житті з навколишніми предметами ви можете з достатньою впевненістю сказати, що якщо ви бачите в деякій точці предмет, то через секунду він також буде у вашому полі зору. А чи справедливе аналогічне твердження для мікрочастинки, наприклад – електрона?*

Для розв'язку цієї задачі студенту також потрібно пригадати формули для прямолінійного рівномірного руху, які вивчалися в курсі класичної механіки. Припустимо, що в момент часу $t = 0$ вільний електрон спостерігається в області $\Delta x_0 \approx 10^{-10} \text{ м}$ (що приблизно відповідає розмірам атома). Визначимо де він може бути через 1 с. Згідно співвідношенню невизначеностей Гейзенберга діапазон імпульсу, який він може мати $\Delta p \approx \frac{\hbar}{\Delta x_0}$, а діапазон його швид-

костей буде $\Delta v = \frac{\Delta p}{m} \approx \frac{\hbar}{m \cdot \Delta x_0}$. Для $t = 1$ с невизначеність положення електрона буде:

$$\Delta x = \Delta v \cdot t \approx \frac{\hbar \cdot t}{m \cdot \Delta x_0} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \cdot 1}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10}} \approx 1160 \text{ нм}.$$

Як бачимо через секунду електрон «розплився» б майже по всій території України. Його з однаковою імовірністю можна було б знайти в будь-якій точці нашої країни.

Розглянута вище методика застосування подібних аналогій під час навчання квантової фізики частково пройшла апробацію на кафедрі фізики Національного університету водного господарства та природокористування м. Рівне. Попередні результати свідчать про її ефективність, що покращує розуміння студентами суті квантово-механічних явищ та об'єктів, а також формує їх навички використання методу аналогій у практичній діяльності.

Список використаних джерел:

1. Ольсон Г. Динамические аналогии. – М.: Иностранная литература, 1947. – 224 с.
2. Атанов Г.О. Теорія діяльнісного навчання: Навч посібник. – К.: Кондор, 2007 – 186 с.
3. Разумовский В.Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.
4. Давиденко А. Творча діяльність учнів при розв'язуванні винахідницьких задач // Фізика та астрономія. – 2001. – №3. – С. 10-13.
5. Галатюк Ю.М., Рибалко А.В. Впровадження системи дослідницьких задач в курсі фізики середньої школи // Сучасні технології в науці та освіті: Збірник наукових праць: В 3-ох томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2003. – Т. 2. – С. 4-55.
6. Касянова Г.В. Система фізичних задач для розвитку творчих здібностей учнів: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 120 с.
7. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. Учебное пособие. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1972. – 672 с.
8. Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс Р. Фейнмановські лекції. Квантова механіка. Випуск 8, 9. – М.: Мир, 1978. – 526 с.
9. Іваненко О.Ф. Аналогії в курсі фізики середньої школи // Збірник «Удосконалення форм і методів вивчення фізики». – К.: Радянська школа, 1982. – С. 14-21.
10. Калапуша Л.Р. Моделювання в вивченні фізики. – К.: Радянська школа, 1982. – 158 с.
11. Каменецкий С.Е., Солодухин Н.А. Модели и аналогии в курсе физики средней школы: Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1982. – 96 с.
12. Редько Г.Б. Аналогії в курсі фізики середньої школи: Посібник для вчителів. – К.: Радянська школа, 1980. – 56 с.
13. Бондар С.П. Роль аналогії в проблемному навчанні. // Збірник «Питання проблемного навчання». – К.: Радянська школа, 1978. – С.70-86.

The article presents the review of introducing the analogy method. The didactic expedience of using analogies for solving estimation problems in quantum physics is theoretically grounded. An example of practical implementation of these analogies by students while solving model problems is described.

Key words: tasks-estimations, quantum physics, method of analogies.

Отримано: 12.07.2009