

In the article heaved up the problem of disparity of development of science-physics and level of its introduction in an educational process. The removal of this blank depends upon the modern teacher of physics. So as physics is experimental science, in the article one of elements of forming of profes-

sional qualities of future teachers of physics is offered to application of modern demonstration devices.

Key words: physics, complete set of devices, future teachers, professional qualities.

Отримано: 25.04.2011

УДК 53:37.022

В. В. Фоменко

Державна льотна академія України, м. Кіровоград

ВІДОБРАЖЕННЯ МОДЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРУ ФІЗИЧНОГО ЗНАННЯ У МОДУЛІ “КВАНТОВА ФІЗИКА ТА ФІЗИКА РЕЧОВИНИ” КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ДЛЯ НЕФІЗИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Розглянуто проблему навчальної інтерпретації модельного характеру фізичного знання на матеріалі модуля “Квантова фізика та фізика речовини” загального курсу фізики для нефізичних спеціальностей. Обговорюються характерні риси фізичного моделювання та їхнє відображення у навчальному курсі.

Ключові слова: курс загальної фізики, фізичні моделі, квантова фізика, атом, атомне ядро.

Постановка проблеми. Твердження про те, що курс загальної фізики у вищих закладах освіти (зокрема і для нефізичних спеціальностей) являє собою найважливішу фундаментальну складову природничої освіченості особистості та фундаментальне підґрунтя вивчення інженерних та фахових дисциплін є загальноприйнятим. При цьому, зазвичай, мається на увазі, перш за усе, фундаментальне значення основного змістовного шару курсу – шару фізично-конкретного матеріалу, який містить фізичні поняття, закони, формули і т. п. Однак, фундаментальний статус фізики як навчальної дисципліни передбачає забезпечення у навчальному курсі не тільки необхідного рівня засвоєння цього шару фізичної конкретики, але й формування певного рівня фізико-методологічної компетентності особистості.

Зокрема, уявляється важливим формування розуміння модельної сутності фізичного знання, тобто розуміння того, що “мова науки – це гетерогенна система, що складається з ідеальних об’єктів – моделей. Вони відтворюють у свідомості реальний світ, створюючи образ дійсності, і правлять за теоретичний опис та пояснення явищ, що вивчаються” [1, с. 179].

Модельний статус наукового і, зокрема, фізичного знання є його невід’ємною, сутнісною властивістю. Не існує наукового фізичного опису, який не був би модельним за своєю природою. “Образно кажучи, моделювання – це універсальна мова фізики, якою відтворюються та інтерпретуються об’єкти та процеси Природи з розумінням границь придатності цих конструктів” [1, с. 181]. Ця обставина є визначальною для розуміння природи фізичного знання та сутності його співвіднесення з реальним світом, оскільки “вплив базових моделей на процеси пізнання не обмежується колом фізичних явищ. Виражаючи глибину нашого проникнення у найбільш загальні особливості будови матерії, ці моделі лежать в основі впливу фізики на наукове мислення у цілому, на революційні перетворення практично в усіх галузях пізнання” [2, с. 157].

Модельна сутність наукового фізичного знання потребує відповідного відображення в явному вигляді у фізичній освіті, в тому числі і для нефізичних спеціальностей. Це є необхідною та важливою умовою відповідності сучасним вимогам стосовно рівня і змісту фізичної освіти. Таким чином існує **проблема** акцентування в навчальному курсі загальної фізики модельного характеру фізичного знання та відтворення процесу фізичного моделювання.

Аналіз актуальних досліджень. Як показує аналіз існуючої навчальної літератури, в сучасній фізичній освіті, зокрема, для нефізичних спеціальностей, обов’язковість та атрибутивність статусу модельності стосовно конкретно-фізичного знання не знаходить цілеспрямованого та систематичного відображення. Винятком є навчальний посібник О.Д. Суханова (див., наприклад, [3]), в якому фактично у основу формування курсу покладено саме модельний характер фізичного знання. Однак, як за змістом, так і за обсягом матеріалу цей посібник більш відповідає фаховій фізичній освіті. У деяких сучасних підручниках та посібниках з за-

гальному курсу фізики для інженерних спеціальностей (див., наприклад, [4, с. 31; 5, с. 6] та ін.) у вступних розділах декларується модельний характер фізичного знання, але у подальшому при презентації фізично-конкретного матеріалу модельний характер фізичного знання майже ніяк не акцентується і не відображається за винятком окремих згадок про моделі матеріальної точки, ідеального газу і т. п.

Загалом, стан проблеми навчального відображення модельного характеру фізичного знання у сучасній фізичній освіті характеризується тим, що:

- відсутня в явному вигляді презентація фізичних моделей, що використовуються у даному модулі курсу, в статусі окремих фізико-методологічних конструктів;
- відсутні будь-яка систематика та ієрархія фізичних моделей та їх пред’явлення студентам;
- відсутній модельний контекст при навчальному розгляді конкретних фізичних понять та законів;
- фізичне моделювання інтерпретується як один з цілої низки можливих засобів фізичного пізнання нарівні з такими засобами як абстрагування, індукція, дедукція і т. п., тоді як він є універсальним засобом, що інтегрує в собі інші менш загальні засоби.

У цілому, можна констатувати, що сучасні курси загальної фізики для нефізичних спеціальностей є такими, що, відображаючи фізичну конкретику буття, недостатньо акцентують увагу студентів на гносеологічному статусі фізичного знання і, зокрема, на модельному характері фізичного описів. Ці особливості сучасних курсів загальної фізики призводять до того, що студенти після вивчення курсу мають недостатнє уявлення про співвіднесення фізичного опису реальності і самої реальності. За цих умов фізика представляється низкою фізичних законів, мало пов’язаних один з одним і з навколишнім світом, а також з практичними потребами людини, що, звичайно, ставить психологічні перешкоди її вивченню.

Підходи до розв’язання проблеми навчальної інтерпретації модельного характеру фізичного знання ми вбачаємо у побудові матеріалу навчальних модулів курсу загальної фізики для нефізичних спеціальностей за принципом концентрації фізично-конкретного матеріалу навколо найбільш світоглядно важливих та практично значущих моделей фізичних систем [6]. Способи реалізації цих підходів для окремих модулів курсу наведено у роботах [7] (модуль “Класична механіка”), [8] (модуль “Основи статистичної фізики і термодинаміки”), [9] (модуль “Електрика і магнетизм”), [10] (модуль “Коливання та хвилі”).

Метою даної статті є розв’язання зазначеної проблеми для матеріалу модуля “Квантова фізика та фізика речовини” на прикладі загального курсу фізики для курсантів ДІАУ.

Виклад основного матеріалу. Моделі фізичних систем, що розглядаються у навчальному курсі (навчальні фізичні моделі систем), поділяються на фундаментальні, базисні та часткові [6]. Фундаментальні моделі мають загальнофізичний статус і використовуються тією чи іншою

мірою у всіх модулях курсу. До них відносяться моделі матеріальної точки (МТ), фізичного континууму (ФК) і складної фізичної системи (СФС). Модельною основою певного модуля курсу виступають базисні моделі, які у гносеологічному аспекті походять від фундаментальних моделей, тобто виступають по відношенню до них частковими моделями. Модуль “Квантова фізика та фізика речовини” складається з двох окремих змістових блоків: тема “Квантова фізика” та тема “Фізика речовини”.

Тема “Квантова фізика”. Моделі квантової фізики є неklasичними моделями [11], оскільки на відміну від динамічного характеру опису руху класичних систем, який передбачає точне визначення параметрів їх руху у кожний момент часу, опис руху квантових мікросистем має статистичний, імовірнісний сенс і здійснюється на ґрунті хвильової функції. Структура системи базисних моделей теми “Квантова фізика” та їх зв’язки з фундаментальними моделями представлені на рис. 1.



Рис. 1. Структура системи базисних моделей теми “Квантова фізика”

Базисні моделі теми “Квантова фізика” включають наведені нижче модельні конструкти:

Мікрочастинка – матеріальна точка, довжина хвилі Де-Бройля якої є порівнянною з характерним розміром області її руху (або більшою за розмір цієї області). Ця модель є базисною моделлю квантової динаміки частинок. За своїм генезисом модель мікрочастинки пов’язана як з локальним модельним підходом (МТ) так і з континуальним підходом (МК). Локальний характер мікрочастинки виявляється при її реєстрації приладом, що розташований у деякій точці простору з координатами (x, y, z) . Усі фізичні характеристики частинки: маса, електричний заряд, спин тощо виявляються повною мірою і локально в точці її реєстрації. Континуальна природа мікрочастинки проявляється в тому, що ймовірність реєстрації частинки у точці з певними координатами (x, y, z) безперервно (континуально) розподілена в деякій області простору. В цьому виражається модельна інтерпретація корпускулярно-хвильового дуалізму мікрочастинок. Основними модельною задачею моделі мікрочастинки є розрахунки хвильової функції та параметрів руху мікрочастинок, що знаходиться у зовнішньому потенціальному полі. Частковими моделями виступають моделі стаціонарних станів мікрочастинки: вільна мікрочастинка, частинка у потенціальної ямі, квантовий осцилятор і т. д.

Фотон – релятивістська мікрочастинка, квант електромагнітного випромінювання. Фотонна модель передбачає моделювання монохроматичного електромагнітного випромінювання (у тому числі і світлового) у вигляді однорідного потоку ідентичних фотонів. Провідними модельними задачами фотонної моделі виступає модельне пояснення явищ теплового випромінювання тіл (на ґрунті моделі абсолютно чорного тіла), фотоефекту, явища Комптона та ін., розрахунки відповідних фізичних характеристик цих явищ.

Абсолютно чорне тіло – просторово обмежена фізична система, що повністю поглинає усе електромагнітне випромінювання, що потрапляє на її границю. Провідною модельною задачею виступає модельне пояснення закономірностей явища теплового електромагнітного випромінювання (з використанням для останнього фотонної моделі).

Мікросистема – певна сукупність мікрочастинок, фізична поведінка яких розглядається спільно. В курсі загалом

фізики для нефізичних спеціальностей модель мікросистеми презентується через базисні моделі Бозе-системи та Фермі-системи.

Бозе-система – мікросистема, що складається з ідентичних частинок з цілим (у сталих Планка) значенням спінів. Основною задачею є визначення функції розподілу мікрочастинок за значеннями енергії (розподіл Бозе-Ейнштейна).

Фермі-система – мікросистема, що складається з ідентичних частинок з напівцілим (у сталих Планка) значенням спінів. Основною задачею є визначення функції розподілу мікрочастинок за значеннями енергії (розподіл Фермі – Дірака), розрахунок енергії Фермі.

Тема “Фізика речовини”. Структура базисних моделей фізичних систем, за допомогою яких в курсі загальної фізики проводиться огляд фізичних уявлень про будову речовини представлена на схемі (рис. 2):



Рис. 2. Структура системи базисних моделей теми “Фізика речовини”

Базисні моделі теми “Фізика речовини” включають наведені нижче модельні конструкти:

Атом – складена фізична система матеріальних частинок, що являє собою найменшу репрезентативну частинку певного хімічного елемента. В курсі загальної фізики вивчається ядерна модель атома. Ядро у цій моделі атома вважається нерухомою матеріальною частинкою, електрони – нерелятивістськими мікрочастинками, взаємодія електронів з ядром здійснюється за допомогою кулонівського поля. Ядерна модель атома презентується в курсі у вигляді моделей атома Бора та оболонкової моделі атома.

Атом Бора – модель атома, що містить лише один електрон (атом водню та воднеподібні іони). Модельна інтерпретація ґрунтується на постулатах Бора. Провідними модельними задачами є розрахунки параметрів борівських орбіт електрону (зокрема, визначення розміру атому водню, енергії іонізації і т. д.). На ґрунті Борівської моделі та фотонної моделі електромагнітного випромінювання базується модельне пояснення явищ випромінювання та поглинання енергії атомами.

Оболонкова модель атома – модель багатоелектронного атома, у якій електрони розподілені по оболонках, що відрізняються значенням головного квантового числа. Провідними модельними задачами виступають розрахунки кількості електронів на оболонках, а також, кількості електронів у $s, p, d \dots$ – шарах (тобто, визначення електронної конфігурації атомів). За допомогою цієї моделі здійснюється модельне пояснення та обґрунтування структури періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва.

Атомне ядро – складна фізична система, розташована в центрі атому, в якій сконцентрований увесь його позитивний електричний заряд і майже вся маса. В курсі загальної фізики вивчається нуклонна модель ядра, згідно з якою ядро складається з певної кількості протонів та нейтронів (нуклонів). Провідними модельними задачами виступають розрахунки кількості протонів та нейтронів у ядрі, енергії зв’язку ядер, енергії ядерних перетворень. Провідним процесом є радіоактивний розпад, що пояснюється на ґрунті відповідної неklasичної моделі, згідно з якою середня кількість ядер, що розпадаються за одиницю часу, є пропорційною кількості ядер, які ще не розпалися на даний момент часу.

Елементарні частинки – найдрібніші відомі на сучасному рівні розвитку фізики структурні одиниці матерії. Провідною модельною задачею виступає інтерпретація взаємних перетворень частинок (розрахунки енергії пере-

творення, визначення частинок, що утворюються у результаті перетворення та їх характеристик – електричного заряду, енергії, імпульсу).

Характерні особливості та риси фізичного моделювання. При викладанні матеріалу модуля “Квантова фізика та фізика речовини” на основі системи базисних моделей звертається увага на такі аспекти фізичного моделювання:

1. *Генезис фізичних моделей* систем від певних *емпіричних засад*, тобто, від фізичних закономірностей спостережуваної об’єктивної реальності. У модулі “Квантова фізика та фізика речовини” під емпіричними засадами розуміються певні дослідні факти, під впливом яких сформувалися наведені вище модельні уявлення (досліди Девісона та Джермера, Франка та Герца, Резерфорда та ін.).

2. *Відповідність моделі умовам задачі модельного пояснення.* Навчальні фізичні моделі формуються на основі сукупності емпіричних факторів, що досліджуються як аспект певної задачі, яка у даному випадку розглядається як задача моделювання. Наприклад, модель мікрочастинки відповідає задачі визначення ймовірності її реєстрації у певному просторовому об’ємі.

3. *Наявність модельних відмежувань.* Кожна модель характеризується певними умовами, що відмежовують її як, з одного боку, від тих реальних систем, які є предметом модельного опису, так, з іншого боку, від інших моделей. Модельні відмежування генетично пов’язані з умовами задачі модельного пояснення і визначають умови справедливості відповідних моделей. Наприклад, модель абсолютно чорного тіла є справедливою при поглинальній спроможності тіла, що дорівнює одиниці. Саме ця умова і становить модельне відмежування цієї моделі від реальних нагрітих тіл.

Зазначимо, що модельний характер фізичного знання у сукупності з наявністю модельних відмежувань сприяє формуванню розуміння обмеженості, неповноти і незавершеності наукового знання, що є важливою суспільно значущою рисою освіченої особистості.

4. *Виділення та акцентування системи фундаментальних фізичних понять та фундаментальних фізичних законів.* Більшість фізичних законів мають модельний характер, тобто є справедливими в межах однієї моделі або невеликої кількості моделей. Наприклад, рівняння Шредингера є справедливим тільки для моделі мікрочастинки. У фізиці також існують загальнофізичні фундаментальні закони, що мають позамодельний характер. Це означає, що будь-які модельні побудови мають задовольняти цим законам. У модулі “Квантова фізика та фізика речовини” при вивченні закономірностей електромагнітного випромінювання атому, а також реакцій радіоактивного розпаду, ядерних реакцій та реакцій взаємодії елементарних частинок акцентуються фундаментальний статус законів збереження імпульсу, моменту імпульсу та енергії та фундаментальний характер відповідних понять.

Запропонована система базисних моделей фізичних систем модуля, а також, акцентування модельного характеру фізичних понять та фізичних законів з виділенням фундаментальних понять та фундаментальних законів створюють *модельний контекст* при навчальному розгляді фізично-конкретного матеріалу.

За результатами роботи можна зробити **основні висновки**:

Змістовний фізично-конкретний матеріал модуля “Квантова фізика та фізика речовини”, що використовується у традиційних курсах загальної фізики для нефізичних спеціальностей, дозволяє здійснити на його ґрунті відображення модельного характеру фізичного знання без суттєвого збільшення об’єму та змісту модуля.

Модельне пояснення фізичних закономірностей реальних систем та навчальне акцентування характерних аспектів фізичного моделювання може бути здійснене на основі розробленої системи базисних моделей фізичних систем.

Базисні фізичні моделі систем виступають модельним ґрунтом формування системи відповідних фізичних понять та фізичних законів з виділенням фундаментальних понять та законів.

4. Загалом, розгляд фізичного матеріалу модуля “Квантова фізика та фізика речовини” на основі системи базисних моделей фізичних систем створює відповідний модельний контекст при навчальному розгляді фізично-конкретного матеріалу модуля, що сприяє більш чіткому розумінню модельного статусу фізичної науки, а також, характеру її зв’язку з реальністю.

Список використаних джерел:

1. Голубева О.Н. Теоретические проблемы общего физического образования в новой образовательной парадигме: Дис... докт. пед. наук: 13.00.02. – М., 1995. – 314 с.
2. Сачков Ю.В. Физика. Базовые модели. Интеллект // Физика в системе культуры. – М.: ИФРАН. – 1996. – 321 с.
3. Суханов А.Д. Фундаментальный курс физики: Учеб. пособие для вузов. В 4-х т. Т. 1. Корпускулярная физика. – М.: Издательство «Агар», 1996. – 536 с.
4. Физика для инженерных специальностей. Кредитно-модульная система: Навч. посібник. – У 2 ч. – Ч. 1 / В.В. Куліш, А.М. Соловйов, О.Я. Кузнецова, В.М. Кулішенко. – К.: НАУ, 2004. – 456 с.
5. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа. – 2001. – 542 с.
6. Фоменко В.В. Навчальні фізичні моделі загального курсу фізики та їх систематизація за ступенем модельного узагальнення // Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна. – Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2005. – Вип. 11: Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – С. 167-170.
7. Фоменко В.В. Відображення модельного характеру фізичного знання у модулі “Класична механіка” загального курсу фізики для нефізичних спеціальностей // Зб. наукових праць Кам’янець-Подільського державного університету. – Серія педагогічна. – Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський державний університет, редакційно-видавничий відділ, 2006. – Вип. 12: Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника в світлі сучасної освітньої парадигми. – С. 86-88.
8. Фоменко В.В. Навчальне фізичне моделювання у модулі “Основи статистичної фізики і термодинаміки” курсу загальної фізики для нефізичних спеціальностей // Наукові записки. – Випуск 72. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2007. – Частина 1. – С. 229-235.
9. Фоменко В.В. Ідеальні навчальні фізичні моделі модулю “Електрика і магнетизм” курсу загальної фізики для нефізичних спеціальностей // Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах. Матеріали III міжнародної науково-методичної конференції (Львів, 8-9 жовтня 2009 р.). – Львів: Ліга-Прес, 2009. – С. 250-257.
10. Фоменко В.В. Ідеальні навчальні фізичні моделі у модулі “Коливання та хвилі” курсу загальної фізики для нефізичних спеціальностей // Наукові записки. – Випуск 90. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2010. – С. 303-306.
11. Фоменко В.В. Класифікація навчальних фізичних моделей курсу загальної фізики для нефізичних спеціальностей за типами наукової раціональності // Наукові праці академії: випуск IX / за ред. Р.М. Макарова. – Кіровоград: Видавництво ДЛАУ, 2005. – С. 3-13.

The problem of educational interpretation of modelling character of physical knowledge on a material of the module "Quantum physics and physics of material" of the general physics course is considered. Prominent features of physical modelling and their display in a training course are discussed.

Key words: General physics course, physical models, quantum physics, atom, atomic nucleus.

Отримано: 22.05.2011