

БУДОВА НАВЧАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ МОДЕЛЕЙ В КУРСІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ДЛЯ НЕФІЗИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Розглянуто проблематику формування ідеальних навчальних фізичних моделей в курсі загальної фізики для нефізичних спеціальностей, зокрема, проблему внутрішньої побудови цих моделей. Запропоновано внутрішню структуру та склад компонентів навчальної фізичної моделі, у який входять: емпіричні засади моделі, задача моделювання, визначення моделі (її назва та ознаки модельного абстрагування), понятійний апарат моделі, математичний опис та фізичні закони; результати модельного опису. Надається короткий опис змісту та сенсу кожного з цих елементів. Визначається роль понятійного апарату моделі. Фізичні поняття поділяються на вербальні та математизовані. Фізичні закони та відповідні ним математичні рівняння становлять провідний зміст фізичного модельного опису даної системи. Виділено фундаментальні (загально фізичні) та часткові фізичні закони.

Ключові слова: фізична освіта, курс загальної фізики для нефізичних спеціальностей, навчальні фізичні моделі, атрибутика фізичних моделей фізичні поняття, фізичні закони.

Постановка проблеми. Фундаментом фізичного способу мислення особистості є її спроможність до опису та пояснення фізичних властивостей елементів реальності (у тому числі і реальності, яка є професійно-значущою для даної спеціальності) мовою певних фізичних моделей та відповідних ним фізичних понять та законів. Це означає, що формування сутнісних засад фізичного моделювання є важливою задачею фізичної освіти, зокрема і для нефізичних спеціальностей. Можна сказати, що систематизовані модельні описи та пояснення стосовно об'єктів, процесів та явищ реальності, узагальнені уміння фізичного моделювання і є метою вивчення курсу загальної фізики.

Між тим, опис фізичної реальності на ґрунті системи навчальних фізичних моделей, вираженої у явному вигляді, використовується досить нечасто (див., наприклад, [1; 2; 3]) і не є загальноприйнятим. Як результат, у фізичній освіті майбутнього фахівця, зокрема і з нефізичних спеціальностей, практично відсутнє формування навичок фізичного моделювання професійно-значущих та інших систем на ґрунті відомих фізичних моделей.

Зазначене передбачає необхідність постановки і розв'язання низки дидактичних та методичних проблем, одною з яких є **проблема побудови та внутрішньої структури** навчальних фізичних моделей.

Виклад основного матеріалу. Довільна ідеальна фізична модель може розглядатися як абстрактний образ деякої множини однотипних елементів реальності, що фіксує певні найбільш суттєві особливості та властивості цих елементів за умови нехтування іншими, несуттєвими (в аспекті задачі даної моделі) факторами. Відношення модельного образу до тих реальностей, які розглядаються на його основі, є відношенням абстрактного до конкретного в сфері фізичного знання. При цьому, чим вищим є рівень абстрагування, тим вище рівень даної моделі, тобто, її статус в ієрархічній системі моделей, що прийнята в даній версії фізичної інтерпретації природи.

Разом із тим, фізичні моделі, що розглядаються у початковому курсі загальної фізики (тобто, навчальні фізичні моделі) повинні мати певну виражену структуру їх навчального опису, яка складається з деякої низки атрибутів опису, адекватної фізичній сутності моделі і вибраному способу опису, і відповідної системи взаємних зв'язків між цими атрибутами. При цьому у методичному і дидактичному аспектах є доцільним, щоби атрибутика та структура опису були однотипними для різних моделей. Це сприяє кращому сприйняттю та засвоєнню як принципів організації фізично-модельних уявлень взагалі, так і даної конкретної моделі.

Ми вважаємо, що логіка побудови навчальної фізичної моделі і послідовність навчальної презентації її атрибутів мають відповідати загальним закономірностям пізнання людиною предметів та явищ навколишнього світу. Це означає, що логіка побудови моделі і послідовність її навчальної презентації мають бути пов'язані з відомими з гносеології рівнями пізнання: від безпосередніх спостережень реальності – до формулювання відповідної моделі та її абстрактному формально-математичному опису і, у подальшому, –

до використання результатів цього опису у часткових (менш абстрагованих) моделях.

Склад атрибутики навчальної фізичної моделі має враховувати експериментальний характер фізичної науки і ґрунтуватися на розумному співвіднесенні:

- об'єктивної реальності і фізичного моделювання;
- емпіричного і теоретичного у фізичних описах;
- фізичної сутності моделі та її математичного апарату;
- фундаментальних та часткових фізичних поняттях та законах.

Пропонується такий склад атрибутів навчальної фізичної моделі та послідовність їх навчальної презентації.

1. *Емпіричні засади фізичної моделі.* Під емпіричними засадами даної фізичної моделі ми розуміємо певну сукупність об'єктів і процесів спостережуваної у дослідах реальності, які на відповідному рівні абстрагування доцільно описувати на основі даної моделі. Це можуть бути реальні спостереження, досліди, експерименти (наприклад, спостереження падіння тіл у вакуумі), а також, уявні експерименти, які, однак, спираються на результати реальних експериментів (наприклад, уявний експеримент Галілея по спостереженню фізичних процесів у двох різних інерціальних системах відліку, або відомий уявний експеримент по розсіянню електронів на двох паралельних щілинах тощо).

2. *Загальна постановка задачі фізичного моделювання.* Цей компонент структури навчальної фізичної моделі розробляється разом з попереднім, а презентується відразу після нього. Необхідно чітко і обґрунтовано вказати, які саме фактори, властивості і т. п., притаманні даній емпірії будуть виступати предметом модельного дослідження, а які не будуть враховуватися.

Зазначимо, що навчальний опис при презентації пп. 1 та 2 повинен, переважно, мати вербальний характер, практично без використання математичного апарату. Цей опис має за мету попередню орієнтацію студентів у фізиці явищ, що розглядаються, обґрунтування на якісному рівні наступного модельного абстрагування, виявлення та пред'явлення сутнісних основ відповідної моделі. Зазначимо, що емпірія, відібрана для обґрунтування даної моделі, і відповідна постановка задачі моделювання не завжди відповідають реальним історичним аналогам та реальній послідовності подій.

При здійсненні навчального опису емпіричних засад даної фізичної моделі слід звертати увагу на те, що одна й та сама емпірія, взагалі кажучи, може бути пояснена на основі різних модельних уявлень. Вибір конкретної моделі залежить від поставленої задачі моделювання. Можна сказати, що *сукупність емпіричних факторів і постановка задачі разом визначають вибір моделі.*

Може здатися, що наведена концепція формування навчального опису емпіричних основ та задачі фізичного моделювання є застосовною лише для простих моделей, що можуть бути уявлені у вигляді предметно-наочних (хоча і абстрактних) образів, які людина може відтворити у своїй свідомості («матеріальна точка» – порошок, «суцільне середовище» – рідина, що тече і т.п.) і не може бути вико-

ристанню для тих моделей, що не мають наочно-предметних аналогів у повсякденному житті. Однак, ми вважаємо, що навіть найбільш абстрактні моделі, що розглядаються у курсі (наприклад модель «квантова мікрочастинка») мають базуватися на певних чітко сформульованих емпіричних засадах. Інакше буде втрачений принципово важливий для навчального курсу зв'язок фізичного моделювання (як провідного методу фізичного дослідження реальності) із самою цією реальністю (як предмету дослідження). А саме у виявленні цього зв'язку між фізикою та реальним світом і полягає одна з найважливіших задач фізичної освіти для нефізичних спеціальностей.

3. *Визначення моделі, що розглядається.* Як було зазначено вище, фізична модель являє собою узагальнений образ деякої сукупності однотипних але індивідуально різних елементів реальності, сформований на певному рівні абстрагування. Ці фактори і визначають *склад компонентів визначення моделі*. Він містить:

- *назву моделі* – зазвичай, ця назва відповідає тим елементам реальності, які описує дана модель. Наприклад, модель ідеального газу описує поведінку усіх газів за певних умов;
- *ознаки модельного абстрагування* – низку вербальних та математичних формул, які відмежовують дану модель як, з одного боку, від об'єктів реальності, які вона описує, так і з іншого боку, від інших фізичних моделей.

Ми вважаємо, що наявність у навчальному курсі чітких і аргументованих визначень навчальних фізичних моделей, що розглядаються, є важливим системотворюючим фактором, що має формувати не тільки розуміння структури і сутності фізичної інтерпретації природи, а й системність та структурність мислення самих студентів.

4. *Понятійний апарат моделі.* Низка фізичних понять, що використовуються у даній моделі, є засобом систематизації різноманітні емпіричних реальностей, на яких ґрунтується модель, та його переведення у простір модельного опису.

Фізичні поняття – це узагальнені модельні визначення об'єктів, процесів та явищ, які є предметом фізичного дослідження, а також їхніх окремих фізично суттєвих властивостей.

Деякі поняття зводяться до вербальних формулювань (наприклад, такі поняття як «атомне ядро», «квант електромагнітного випромінювання» у моделі атому Бора та ін.). Зазначимо, що визначення фізичної моделі (див. п. 3) також відноситься саме до таких понять, Цей тип понять не передбачає проведення з ними математичних дій.

Більшість понять мають математичну форму, тобто описують фізично суттєві риси реальності за допомогою певних математичних конструктив: чисел (фізичних величин), векторів, функцій, геометричних утворень (точка, лінія і т. п.). Такі поняття ми називатимемо математизованими. Наприклад, інертні властивості матеріальної точки кількісно виражається за допомогою *фізичної величини*, що називається масою. Інтенсивність і напрям механічної дії одного тіла на інше характеризується *вектором* сили. Розподіл молекул у газі за швидкостями їхнього руху визначається відповідною *функцією* розподілу. Зміна з часом просторового положення деякої точки тіла при його русі описується за допомогою *геометричного об'єкту* – лінії, яка називається траєкторією цієї точки і т. п. Важливою обставиною є те, що математичні конструкти, що використовуються у якості математизованих фізичних понять допускають проведення з ними відповідних математичних операцій (додавання, множення, диференціювання та інтегрування функцій та ін.), причому результат коректної математичної операції у певних випадках теж має фізичний сенс. Так, геометричне додавання векторів сил дає у результаті вектор рівнодійної сили, похідна від функції залежності шляху тіла від часу дорівнює величині швидкості руху і т.п.

Математизовані фізичні поняття, що застосовуються у даній моделі, відіграють роль підґрунтя, за допомогою якого реалізується математична інтерпретація фізичного змісту цієї моделі. За своїм статусом такі поняття відіграють роль проміжної ланки між об'єктивною реальністю та її абстрактно-математичним описом.

Важливим аспектом навчальної презентації фізичних понять, пов'язаних з даним модельним описом, є висвітлення питань, що стосуються ролі процесу вимірювання у фізичному моделюванні. Стосовно моделі, що розглядається, це означає розгляд співвіднесення сукупності її математичних понять та низки характеристик, що можуть бути виміряні в експерименті (спостережуваних величин). Особливу актуальність це набуває при навчальному розгляді моделей квантової фізики (наприклад, моделі «квантова мікрочастинка»), де зв'язок між станом системи і результатами вимірювань її параметрів мають неоднозначний, точно передбачуваний характер. У будь-якому разі питання емпіричного та експериментального визначення кількісних характеристик системи, що розглядається, та їхні співвіднесення з математичними поняттями відповідної моделі мають бути представлені у курсі, оскільки саме вони відображають важливу властивість фізичного знання – його експериментальний характер.

5. *Математичний опис моделі і фізичні закони.* Математичний опис моделі являє собою певну низку математичних рівнянь (алгебраїчних, диференціальних, векторних тощо), у яких у якості символів виступають деякі математизовані поняття, що належать до переліку понять даної моделі. Таким чином утворюються математичні формулювання *фізичних законів*, що складають провідний зміст даної навчальної фізичної моделі і утворюють *аналітичну компоненту* цієї моделі.

Фізичні закони мають подвійний сенс – світоглядний (теоретичний) та практичний.

Зі *світоглядного боку* математичне рівняння фізичного закону – це відображення сутнісних фізичних закономірностей певної системи як предмету фізичного модельного опису на основі трансляції цих закономірностей у площину математичного формалізму, здійснене мовою понятійного апарату даної моделі, зазвичай у вигляді математичних рівнянь. Математичні рівняння фізичних законів зазвичай передбачають певну процедуру їх розв'язання і отримання відповідних (математичних) результатів. Слід зазначити важливість фізичної інтерпретації та аналізу отриманих таким чином математичних результатів, формулювання відповідних висновків.

З *практичного боку* фізичні закони являють собою алгоритми розрахунків чисельних значень певних фізичних величин за відомими значеннями інших величин, у тому числі при фізичному моделюванні професійно-значущих систем. Саме це, загалом, і визначає практичне значення фізики як науки взагалі і, зокрема, значення фізичного моделювання для підготовки фахівців з нефізичних спеціальностей.

Зазначимо, що існують і чисто вербальні фізичні закони, які не можуть бути виражені у вигляді математичних рівнянь (перший закон Ньютона, принцип Гюйгенса-Френеля та ін.).

В процесі навчальної презентації фізичних законів слід розрізняти фундаментальні та часткові закони.

Фундаментальні фізичні закони мають загально-фізичний статус, їх загальний сенс не залежить від модельної конкретики, хоча й по-різному проявляється у різних моделях. Наприклад, закон збереження енергії у моделі термодинамічної системи проявляється у вигляді першого закону термодинаміки, а у моделі ідеального осцилятора – у вигляді незмінності його енергії в процесі коливань. До фундаментальних законів відносяться закони збереження (енергії, імпульсу і т. д.), закони, що описують фундаментальні взаємодії (наприклад, закон всесвітнього тяжіння) та деякі інші закони (докладніше про це див. [4]).

Часткові закони – це закони, які можуть застосовуватися тільки для одної певної моделі, або для невеликої кількості однотипних моделей (наприклад, другий закон Ньютона, закон Менделєєва-Клапейрона та ін.).

6. *Результати модельного опису.* В теоретичному аспекті результатами модельного опису є отримання математичного рівняння або, у загальному випадку низки рівнянь, які описують у границях даної модельної побудови стан фізичної системи та його еволюцію у залежності від зовнішніх умов, з відповідною фізичною інтерпретацією цих рівнянь.

В практичному аспекті (наприклад, при розв'язанні конкретної розрахункової фізичної задачі) результати мо-

дельного опису складаються з результатів розв'язань зазначених математичних рівнянь моделі з отриманням числових значень відповідних величин.

Зазначимо, що отримані результати модельного опису повинні відповідати сформульованій раніше задачі моделювання (див. п. 2), що забезпечує проблемний характер викладання фізики.

Результати модельного опису, отримані для даної моделі, можуть бути використані для фізичного дослідження систем за допомогою моделей нижчого рівня, ієрархія і глибина викладу яких у навчальному курсі може варіюватися у залежності від концепції та цільових настанов цього курсу. До переліку таких моделей можуть входити і моделі професійно-значущих (з точки зору фахівця з певної нефізичної спеціальності) систем. Це є досить важливим для фізичної освіти в технічному закладі, оскільки дозволяє, не порушуючи суто фізичного характеру змісту курсу і способу його представлення, виявити і презентувати безпосередні зв'язки фізики з предметною професійно-значущою сферою і проілюструвати методи фізичного моделювання у цій сфері. Як свідчить досвід викладання, такий аналіз професійно-предметної сфери на ґрунті фізичного моделювання є не тільки важливим в аспекті методології і міждисциплінарних зв'язків, але й викликає значне зростання зацікавленості студентів до вивчення самої фізики.

Наведений аналіз елементів структури навчальних фізичних моделей загального курсу фізики для нефізичних спеціальностей та взаємозв'язків цих елементів дозволяє зробити **основні висновки**, які можна розглядати як рекомендації по їх розробці, структуруванню та застосуванню у курсі.

1. Навчальні фізичні моделі загального курсу фізики для нефізичних спеціальностей повинні мати виражену структуру їх навчального опису, яка складається з певної низки атрибутів опису і відповідної системи взаємних зв'язків між цими атрибутами. При цьому у методичному і дидактичному аспектах є доцільним, щоби атрибутика та структура опису були однотипними для різних моделей.

2. До основних атрибутів навчальної фізичної моделі належать: її емпіричні засади, задача моделювання, визначення моделі (її назва та ознаки модельного абстрагування), понятійний апарат, фізичні закони та відповідні ним математичні рівняння; результати модельного опису.

3. Математизовані фізичні поняття дозволяють використовувати в модельних описах результати безпосередніх вимірювань відповідних характеристик системи, що розглядається, і надають можливість кількісного її опису. Це робить фізику кількісною і експериментальною наукою.

4. Кожна навчальна фізична модель містить певну низку атрибутивних її фізичних законів, математичні рівняння яких складають аналітичну компоненту моделі. Рівняння законів виступають математичним виразом закономірностей стану та еволюції фізичної системи, що розглядається, у межах даних модельних уявлень.

5. Рівняння фізичних законів мають двоїтий характер. В світоглядному аспекті вони є результатом трансляції об'єктивних природних зв'язків та закономірностей у простір математичного формалізму, проведеної на ґрунті та у межах певної фізичної моделі. У практичному аспекті ці рівняння використовують як алгоритми розрахунків значень певних фізичних величин за відомими значеннями інших величин.

6. Результати модельного опису (рівняння відповідних законів, числові значення величин, отримані шляхом роз-

в'язання цих рівнянь) мають відповідати поставленій задачі моделювання, що відповідає проблемному характеру викладання.

Список використаних джерел:

1. Суханов А.Д. Фундаментальный курс физики : учеб. пособие для вузов : в 4-х т. / А.Д. Суханов. – М. : Агар, 1996. – Т. 1: Корпускулярная физика. – 536 с.
2. Фоменко В.В. Курс загальної фізики. Модуль 1. Класична механіка : навчальний посібник / В.В. Фоменко. – Кіровоград : КЛАНУ, 2012. – 156 с.
3. Фоменко В.В. Курс загальної фізики. Модуль 2. Молекулярна фізика і термодинаміка : навчальний посібник / В.В. Фоменко. – Кіровоград : ДЛАУ, 2011. – 88 с.
4. Фоменко В.В. Поняття і закони в курсі загальної фізики для нефізичних спеціальностей в аспекті навчального фізичного моделювання [Текст] / В.В. Фоменко // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2009. – Вип. 82. – Ч. 1. – С.114-119.

В. В. Фоменко

Кіровоградська летня академія Національного авіаційного університету

СТРОЕНИЕ УЧЕБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ДЛЯ НЕФИЗИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Рассмотрена проблематика формирования идеальных учебных физических моделей в курсе общей физики для нефизических специальностей, в частности, проблема внутреннего строения этих моделей. Предложена структура и состав компонентов модели, в который входят: эмпирические основы модели, задача моделирования, определение модели (ее название и признаки модельного абстрагирования), понятийный аппарат модели, математическое описание и физические законы; результаты модельного описания. Приводится описание содержания и смысла каждого из этих элементов. Определяется роль понятийного аппарата модели. Физические законы и соответствующие им математические уравнения составляют основу физического модельного описания. Обсуждается роль физического моделирования в модельных описаниях профессионально-значимых систем для курсов физики по нефизическим специальностям.

Ключевые слова: физическое образование, курс общей физики для нефизических специальностей, учебные физические модели, атрибутика физических моделей, физические понятия, физические законы.

V. V. Fomenko

Kirovograd Flight Academy of National Aviation University

STRUCTURE OF THE EDUCATIONAL PHYSICAL MODELS IN THE COURSE OF GENERAL PHYSICS FOR NON-PHYSICAL SPECIALTIES

The problems of formation of ideal educational physical models in general physics course for non-physical specialties are considered. The structure and composition of the components of the training of the physical model are offered. The structure of educational physical models includes: its empirical foundations, the task of modelling, the definition of the model (the name and attributes of model abstraction), the list of concepts, mathematical description and physical laws; the results of the model description. The role of the conceptual apparatus of the model, physical laws and the corresponding mathematical equations in the educational model descriptions are discussed.

Key words: physical education, general physics course for non-physical specialties, educational physical models, attributes of physical models, physical concepts, physical laws.

Отримано: 18.05.2016