



УДК 378.14.015.62.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОНЯТЬ ПРО НАУКОВІ НАВЧАЛЬНІ ФІЗИЧНІ МОДЕЛІ У ВИШІВЬСЬКОМУ КУРСІ ФІЗИКИ З УРАХУВАННЯМ ЇХ НЕЧІТКОСТІ

Івченко В.В., к. фіз.-мат. н.,
доцент кафедри природничо-наукової підготовки
Херсонська державна морська академія

У статті розглянуто методичні проблеми вивчення понять про ідеальні фізичні моделі в університетському курсі фізики з урахуванням їх нечіткості. Для формування уявлень у студентів-фізиків про такий клас моделей з огляду на їх поліситуаційний і поліконтекстний характер запропоновано використовувати ситуаційно-контекстне навчання. Наведено алгоритм аналізу реальних фізичних ситуацій на основі певної моделі та умови, за якими повинні різнитися реальні фізичні системи й процеси. Також розглянуто методику формування понять про певні моделі з урахуванням їхнього поліконтекстного змісту.

Ключові слова: наукові навчальні фізичні моделі, нечіткі поняття, ситуаційно-контекстне навчання, вища школа.

В статье рассмотрены методические проблемы изучения понятий об идеальных физических моделях в университетском курсе физики с учетом их нечеткости. Для формирования представлений у студентов-физиков о таком классе моделей с учетом их полиситуационного и поликонтекстного характера предложено использовать ситуационно-контекстное обучение. Приведен алгоритм анализа реальных физических ситуаций на основе определенной модели и условия, по которым должны различаться реальные физические системы и процессы. Также рассмотрена методика формирования понятий об определенных моделях с учетом их поликонтекстного содержания.

Ключевые слова: научные учебные физические модели, нечеткие понятия, ситуационно-контекстное обучение, высшая школа.

Ivchenko V.V. THE PECULIARITIES OF CONCEPTS FORMATION ABOUT SCIENTIFIC EDUCATIONAL PHYSICAL MODELS IN THE UNIVERSITY PHYSICS COURSE CONSIDERING FUZZYNESS THEREOF

The methodical problems of studying concepts of ideal physical models in the university physics course considering fuzziness thereof is given. It is proposed to use situated-context learning for the formation of physics students' vision of such a class of models based on their poly-situated and poly-context nature. The algorithm of the analysis of the real physical situations based on certain model and conditions, for which there should be different real physical systems and processes, are presented. The methods of concepts' formation of certain models on the basis of their poly-context nature is also considered.

Key words: scientific educational physical models, fuzzy concepts, situated-context learning, high school.

Постановка проблеми. Сучасна парадигма фундаменталізації фізичної освіти, заснована на використанні загальнонаукових принципів, серед яких одну з найбільш провідних ролей відіграє принцип модельного характеру фізичного знання, вимагає створення й упровадження методик навчання, базованих на модельному підході до вивчення фізичних об'єктів, взаємодій, процесів, явищ і законів. У психолого-педагогічній літературі прийнято розрізняти навчальні й наукові-навчальні моделі [1, с. 42]. Навчальні фізичні моделі (комп'ютерні, символічні, алгоритмічні та наочні) використовуються для вирішення навчальних задач або виконують ілюстративно-репрезентативну роль. Наукові навчальні фізичні моделі (далі – ННФМ) спрямовані на розвиток гіпотез і теорій, що розглядаються в шкільному чи вишівському курсах фізики і являють собою фактично ідеальні моде-

лі. Методика застосування різного роду навчальних моделей детально описана в численних наукових статтях, монографіях і дисертаційних дослідженнях. Між тим, особливості формування понять широкого кола фізичних ідеалізацій під час вивчення фізики на фізичних відділеннях університетів і педагогічних вишів поки що до кінця не розкриті.

Ступінь розробленості проблеми. Розвитку модельних уявлень під час викладання фізики у виші присвячені праці О.Н. Голубевої, А.Д. Суханова, В.В. Фоменко та ін. Головним результатом цих досліджень стало покладення в основу реалізації модельного підходу під час вивчення фізики у виші принципу концентрації навчального матеріалу курсів загальної й теоретичної фізики навколо найбільш світоглядно важливих і практично значущих наукових навчальних моделей [2]. Засобом практич-



ної реалізації цього принципу є презентація змісту кожного розділу цих курсів у вигляді структурованої системи фізичних моделей.

Треба відзначити, що з погляду формальної теорії понять усі ННФМ належать до нечітких (неточних) понять. Цей факт зумовлює необхідність розробки своєрідної психолого-дидактичної системи вивчення такого класу складних понять студентами-фізиками.

Метою статті є створення цілісного підходу до формування понять про ННФМ у студентів фізичної спеціальності вишу з урахуванням їх нечіткості.

Виклад основного матеріалу. Термін «неточність» був уведений у роботі М. Black [3], де виокремлено три типи неточності:

- невизначеність, коли деяке поняття може бути застосовано до багатьох різноманітних ситуацій;
- неоднозначність, коли описується декілька різних підпонять;
- неясність, коли немає точно визначених меж поняття.

Представником усіх трьох типів неточності слугує нечітка множина, поняття про яку було вперше введено в роботах Л. Заде [4]. Тому в сучасній науковій літературі неточні поняття прийнято називати нечіткими («розпливчастими», пухнастими»). Походження нечітких понять частково зумовлено тим фактом, що людський мозок не оперує чіткою бінарною логікою («так» або «ні»), як комп'ютер.

Зауважимо, що всі ННФМ пов'язані з неясністю. Дійсно, як відзначалося в роботі В.В. Івченко [5], усім таким моделям можна поставити у відповідність інтервал модельованості. Під ним розуміють систему умов, у межах якої досягається ототожнення об'єкта й моделі. Треба відзначити, що записаний у вигляді нерівностей типу $a \ll b$ (де a – параметр, яким нехтують порівняно з характерною величиною b) інтервал модельованості є доволі абстрактним і непрозорим. Для позбавлення цього недоліку В.В. Івченко [5] запропонував створення системи задач для розв'язування на практичних заняттях, під час яких студентам пропонується розраховувати відносну похибку ε яка виникає при нехтуванні величиною a у виразі для характеристики явища, що розглядається. При цьому достатньо вказати інтервал значень a за якого похибка не перевищує певного значення. Такий процес отримав назву кількісної оцінки меж застосування ННФМ. Треба, однак, відзначити, що саме граничне значення відносної похибки (точність наближеного представлення за допомогою цієї моделі) може варіюватися в доволі широ-

ких межах залежно від поставленої мети теоретичного представлення. У зв'язку з цим не менш інформативним для студентів буде додатково графічна побудова залежності відносної похибки від знехтуваних у задачі параметрів. Як приклад наведемо просторовий розподіл такої похибки при визначенні гравітаційного потенціалу, що виникає в разі заміни нескінченно тонкого стержня одиничної довжини матеріальною точкою тієї ж маси, що розташована в його центрі (рис. 1). Для побудови такого розподілу використовувалася команда «densityplot» програмного математичного пакета «Maple» та формула (5), наведена в роботі В.В. Івченко [6]. Вона дає змогу візуалізувати двовимірний розподіл значень функції за допомогою градієнтної заливки. Чорному кольору відповідає найменше значення функції (в нашому випадку цей колір відповідає повному ототожненню моделі й об'єкта), тоді як білому – її найбільше значення (коли модель стовідсотково не може слугувати для кількісного опису досліджуваної характеристики об'єкта). Наведений графік наочно ілюструє «розпливчастість» коректності застосування тієї чи іншої моделі й може з успіхом використовуватися на практичних заняттях із фізики з використанням ІКТ.

Із погляду невизначеності всі ННФМ являють собою поліситуаційні поняття, можуть застосовуватися як для опису різних фізичних властивостей одного й того самого об'єкта (фізичної системи або процесу), так і для суттєво різних фізичних об'єктів (різні фізичні ситуації). Наприклад, модель адіабатного процесу може кількісно описувати ступені нагрівання і стискання у велосипедній камері під час швидкого нагнітання до неї повітря, якщо відомі початковий і кінцевий тиски. Така сама модель здатна на якісному рівні описати як процес розширення сухого повітря в атмосфері Землі, так і процес розширення вологого повітря. Незважаючи на те що в обох випадках процес розширення математично описується одним і тим самим рівнянням Пуассона, результати розширення будуть різнитися на якісному рівні: в першому випадку повітря буде лише охолоджуватися, тоді як у другому – процес додатково супроводжуватиметься конденсацією певної кількості водяної пари.

Нарешті, з погляду формальної теорії понять певна сукупність ННФМ має неоднозначність змісту. Інакше кажучи, такі моделі являють собою певна має неоднозначність змісту. Інакше кажучи, такі моделі являють собою поліконтекстні поняття. До такого роду понять належать, наприклад,

моделі матеріальної точки, ідеального газу й точкового джерела світла. Розглянемо понятійні значення цих термінів.

Згідно із загальноприйнятим означенням матеріальна точка – це модель реального тіла, розмірами якого за цих умов можна знехтувати. Залежно від умов конкретної задачі можна виділити дві принципово різні точки зору (два контексти) щодо трактування словосполучення «за цих умов». При першому (кінематичному) підході матеріальною точкою вважають тіло, розміри якого є набагато меншими від відстаней, на які переміщується тіло. У межах другого (динамічного) підходу матеріальною точкою вважають тіло, розмірами якого можна знехтувати під час якісного та кількісного опису взаємодії його з іншим об'єктом (контактної або безконтактної). Обидва таких означення вводяться в курсі загальної фізики, але є формальними й не відбивають глибинну сутність цієї моделі. Тому, згідно із запропонованою А.В. Усовою схемою поетапного процесу формування понять [7], доцільним буде введення в курсі теоретичної механіки вторинного більш повного означення цього поняття як системи, що володіє лише поступальними ступенями вільності [6].

Під час вивчення основ молекулярно-кінетичної теорії (далі – МКТ) в курсі загальної фізики вводиться модель ідеального газу як реального розрідженого газу, що складається із системи невзаємодіючих ма-

теріальних точок. Такого припущення цілком достатньо для виведення основного рівняння МКТ. Проте під час вивчення термодинаміки контекст цієї моделі дещо змінюється: молекули вважаються такими, що не мають розмірів, але мають форму. Таке уточнення змісту цієї моделі потрібно для врахування обертових і коливальних ступенів вільності, оскільки обертання та коливання молекули – важливий резервуар «внутрішньої енергії» молекули, «ємність» якого визначається здатністю молекули до деформації й обертання навколо власної осі.

Модель точкового джерела світла як поняття також різниться за своїм контекстним значенням. Для розрахунку фотометричних характеристик критерієм застосовності цієї моделі буде мализна розмірів протяжного джерела світла порівняно з відстанями до точок, де розглядається його світлова дія. Натомість під час вивчення геометричної оптики суттєву роль уже буде відігравати малість розмірів джерела порівняно з розмірами перешкоди для нехтування ефектом виникнення напівтіні.

Отже, всі ННФМ є поліситуаційними поняттями без чітко визначених меж застосування, а певна їх кількість належить також до поліконтекстних понять. Методика кількісної оцінки меж застосування фізичних моделей описана в роботі В.В. Івченко [5]. Для формування уявлень студентів про ННФМ як про поліситуаційні та поліконтекстні поняття ми пропонуємо скористатися добре розвинутою в педагогічній теорії технологією ситуаційно-контекстного навчання.

Ситуаційно-контекстне навчання було вперше запропоновано J. Lave, E. Wenger та А.А. Вербицьким у 1991 р. Сьогодні під ситуаційним навчанням розуміють загальний термін, який включає в себе такі методики: моделювання, засноване на контексті навчання; метод кейсів; навчання на основі сценаріїв; рольові ігри; вирішення проблем реального життя. Основна ідея таких підходів полягає в контекстуалізації предметного матеріалу, оскільки «чиста» наука оперує абстрактними термінами (до яких, зокрема, належать ідеальні фізичні моделі), часто несумісними з повсякденним життям. Природа ситуаційного навчання походить від ситуаційного пізнання, яке підкреслює контекст, у якому щось стало відомо, тому знання формує частину діяльності, культури та побуту людини.

Одиницею змісту в ситуаційно-контекстному навчанні є навчальна ситуація, що має проблемний зміст [8]. При суто ситуаційному підході акцент під час добору таких ситуацій робиться лише на їхньому реальному

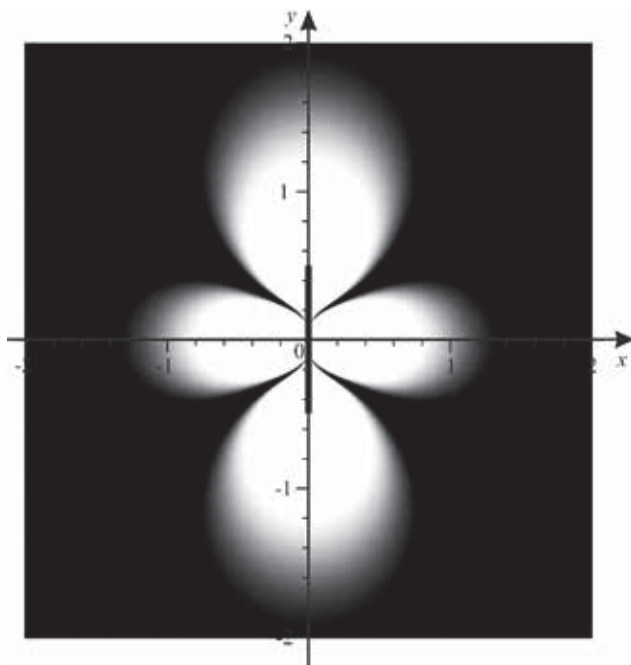


Рис. 1. Просторовий розподіл відносної похибки при визначенні гравітаційного потенціалу, що виникає в разі заміни нескінченно тонкого стержня одиничної довжини матеріальною точкою тієї ж маси, що розташована в його центрі



життєвому контексті. При суто контекстному підході цей реальний контекст має бути пов'язаний із майбутньою професійною діяльністю студентів (на нашу думку, контекстний підхід не може вважатися одним із типів ситуаційного навчання, оскільки передбачає впровадження професійного контексту в усі форми навчання, хоча, безумовно, основним видом реалізації цього підходу є навчальна ситуація).

Зазвичай у практиці ситуаційного навчання викладач спочатку формулює конкретну проблемну ситуацію, з якою можна зіткнутися в реальному світі; надалі студенти створюють і аналізують різні моделі для вирішення цієї проблеми. При вивченні ННФМ у роботі В.В. Івченко [9] запропоновано протилежний підхід: від наукової моделі до конкретних реальних ситуацій, у яких вона може бути застосована, або, іншими словами, дедуктивний метод навчання.

Аналіз певної фізичної ситуації студентам варто здійснювати за допомогою такого алгоритму:

1. Запропонуйте модель, яка, на Вашу думку, здатна загалом описати досліджуваний об'єкт.

2. Виокремте фізичні властивості й ефекти, пов'язані із цим об'єктом, які можуть і не можуть бути якісно описані за допомогою запропонованої моделі.

3. Які, на Вашу думку, фізичні характеристики об'єкта можуть бути описані з належним ступенем точності кількісно? За яких умов?

Надалі можна запропонувати студентам провести кількісну оцінку меж застосування моделі (з наступним аналізом) для опису однієї або декількох фізичних величин у найпростіших випадках.

Розглянемо тепер вимоги, що висувуються до таких фізичних ситуацій. Як нам видається, під фізичною ситуацією потрібно розуміти сукупність фізичного об'єкта і його оточення. Як фізичний об'єкт може виступати певна система або процес. Відповідно, варто розмежувати вимоги для відбору таких об'єктів. Єдиним є те, що в обох випадках вибір має здійснюватися з об'єктів навколишнього світу: природного походження або таких, що використовуються в техніці. При цьому такі ситуації з фізичного погляду мають бути суттєво різнорідними.

Умовами, за якими повинні відрізнятися фізичні системи, що є прообразами цієї ідеальної системи, можуть бути такі:

1. Системи мають суттєво відрізнятися за структурою (суцільна та дискретна), формою (лінійна (плоска) і тривимірна) й

розмірами (системи мікро-, макро- та мегасвіту).

2. Системи мають суттєво відрізнятися кількістю утворюючих їх елементів (одиничний об'єкт і система, що складається з великої кількості підсистем).

3. Системи мають відрізнятися за хімічною природою та фізичним (наприклад, агрегатним) станом.

4. Системи повинні описуватися суттєво різним набором фізичних характеристик (температура, маса тощо).

5. Системи мають відрізнятися за типом теоретичного опису (класичні, статистичні, квантові).

6. Системи повинні мати суттєво різне оточення й по-різному взаємодіяти з ним.

Умовами, за якими повинні відрізнятися реальні фізичні процеси, можуть бути такі:

1. Процеси мають суттєво відрізнятися за типом систем (див. попередній перелік), у яких вони відбуваються.

2. Процеси повинні відрізнятися за ступенем детермінованості (детерміновані та випадкові).

3. Повинні розглядатися стаціонарні (квазістаціонарні) й суттєво нестаціонарні процеси.

4. Повинні розглядатися рівноважні та суттєво нерівноважні процеси.

5. Процеси повинні відрізнятися за умовами їх виникнення та якісними змінами в системах, до яких призводить їх перебіг.

Торкнемося тепер питання про особливості формування поліконтекстного змісту певного кола ННФМ. Такий ефект має місце за рахунок того факту, що ці моделі використовуються в різних підрозділах певних розділів фізики. Оскільки кожен підрозділ має власні парадигму й мету, то, відповідно, під час переходу від одного підрозділу до іншого змінюється й контекст моделі. Тому ми пропонуємо формулювати студентам означення кожного такого модельного поняття в процесі вивчення кожного підрозділу з урахуванням контексту, який використовується в ньому. Під час наступних практичних занять необхідно пропонувати студентам здійснювати аналіз фізичних ситуацій, що підпадають під такий контекст. Ознайомлення студентів із узагальненим означенням цієї моделі можна здійснювати під час вивчення відповідної теми в курсі теоретичної фізики.

Висновки. Із викладеного вище можна зробити такі висновки:

1. Наукові навчальні фізичні моделі належать до класу нечітких понять. Нечіткість такого роду понять пов'язана з можливістю їх використання в різнорідних фізичних ситуаціях, неоднозначністю їхнього контек-



сту (інколи) та відсутністю чітко визначених меж застосування.

2. Для формування понять про такого роду моделі в студентів фізичної спеціальності вишу запропоновано використовувати ситуаційно-контекстний підхід, реалізацію якого варто здійснювати на основі дедуктивного методу навчання шляхом аналізу різноманітних реальних фізичних ситуацій.

3. Запропоновано алгоритм аналізу таких ситуацій та умови, за якими повинні відрізнятися досліджувані об'єкти.

4. Описано методику формування понять про поліконтекстні фізичні моделі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Фридман Л.М. Наглядность и моделирование в обучении / Л.М. Фридман. – М. : Знание, 1984. – 80 с.

2. Фоменко В.В. Навчальні фізичні моделі загального курсу фізики та їх систематизація за ступенем модельного узагальнення / В.В. Фоменко // Збірник наукових праць КПДУ. Серія «Педагогічні науки». – Кам'янець-Подільськ : Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2010. – Вип. 90. – С. 110–113.

3. Black M. Vagueness / M. Black // *Philosophy of science*. – 1937. – Vol. 4. – № 4. – P. 427–455.

4. Zadeh L. Fuzzy sets / L. Zadeh // *Information and control*. – 1965. – Vol. 8. – № 3. – P. 338–353.

5. Івченко В.В. Кількісна оцінка фізичних ідеалізацій як методична та методологічна проблеми / В.В. Івченко // *Наукові записки. Серія «Педагогічні науки»*. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. Винниченка, 2010. – Вип. 90. – С. 110–113.

6. Івченко В.В. Кількісна оцінка моделі матеріальної точки / В.В. Івченко // *Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету. Серія «Педагогічні науки»*. – Бердянськ : БДПУ, 2009. – № 3. – С. 134–139.

7. Усова А.В. Психолого-дидактические основы формирования физических понятий : [пособие по спецкурсу] / А.В. Усова – Челябинск : ЧГПИ, 1988. – 88 с.

8. Ильязова М.Д. Формирование инвариантов профессиональной деятельности студента : автореф. дисс. ... докт. пед. наук : спец. 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования» / М.Д. Ильязова. – М., 2010. – 42 с.

9. Ivchenko V.V. Application of situated learning in the formation process of concepts of scientific physical limit transition models in the university students / V.V. Ivchenko // ICPE-EPEC 2013. The International Conference on Physics Education: Book of Abstracts, (August 5–12, 2013, Prague, Czech Republic). – 2013. – P. 12–13.