

В. І. Межуєв,

доктор технічних наук, професор

(Державний університет Малайзії штату Паханг, Куантан, Малайзія)

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА НАВЧАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЯВИЩ ДЕМО

Анотація

У статті розглядаються теоретичні принципи розробки та використання педагогічних програмних засобів навчання фізики. Головна ідея і результат роботи полягають у визначенні моделювання як вихідного чинника, що пов'язує логіку навчального фізичного пізнання, психолого-педагогічні теорії організації навчально-пізнавальної діяльності учнів та можливі шляхи інтенсифікації навчання на основі використання засобів комп'ютерних технологій. Теоретичні принципи розкриваються на практичних прикладах використання розробленої автором комп'ютерної системи навчального моделювання фізичних процесів та явищ ДЕМО.

Ключові слова: засоби навчання фізики навчально-пізнавальна діяльність.

Summary

In the paper the theoretical base for the development and use of physics' training tools are considered. The main idea and result of the work is the definition of the modelling as an initial factor, which links logic of physical knowledge, psychological and pedagogical aspects of teaching and cognitive activity and possible ways of their realisation by means of computers technologies. The theoretical principles are disclosed on practical examples of using developed by the author computer system for instructional modelling of physical processes and phenomena DEMO.

Key words: training tools, cognitive activity, computer technologies, modeling, physical process

Одним із найважливіших чинників інтенсифікації навчально-пізнавальної діяльності учнів є використання комп'ютерних технологій (КТ) навчання. Зараз створена значна кількість педагогічних програмних засобів (ППЗ), використання яких на уроках фізики активізує навчально-пізнавальну діяльність учнів, сприяє підвищенню рівня знань та практичних навичок школярів. Засоби КТ дозволяють якісно перебудувати *форми та методи* передавання фізичних знань, розширити *зміст* фізичної освіти, здійснити підходи, які принципово неможливі в умовах традиційного навчання. Нові способи подання змісту навчального фізичного матеріалу та методи організації навчально-пізнавальної діяльності учнів дозволяють якісно змінити як *психологічні* (мотивація, активність, рефлексія діяльності та ін.), так і водночас *логічні* аспекти навчання основ фізики (зміст навчальних задач і способи їх розв'язування, шляхи реалізації

теоретичних та експериментальних методів пізнання та ін.).

Об'єктом даного дослідження є методологічні, психолого-педагогічні, логічні та технічні засади створення і використання педагогічних програмних засобів навчання фізики.

Мета дослідження полягає у визначенні теоретичних принципів розробки та застосування педагогічних програмних засобів навчання фізики.

Завдання дослідження полягають в аналізі існуючої системи ППЗ навчання фізики; визначенні *суттєвого* критерію класифікації ППЗ; встановленні доцільності застосування комп'ютера на уроках фізики; визначенні перспективних шляхів розвитку комп'ютерних технологій навчання фізики; встановленні практичних шляхів реалізації визначених принципів із використанням розробленої автором системи навчального комп'ютерного моделювання фізичних процесів та явищ *DEMO*.

Основна частина. Шляхи інтенсифікації навчання фізики пов'язані перш за все з формулюванням кінцевої мети навчально-виховного процесу, що визначає можливі *способи організації навчально-пізнавальної діяльності* учнів та зумовлює формування відповідного *рівня знань*. Аналіз літературних джерел та програмних засобів доводить, що найбільша кількість науково-методичних досліджень присвячена виявленню принципів та можливих шляхів організації саме *експериментальної* навчально-пізнавальної діяльності учнів на основі застосування КТ, характерною ознакою якої є відтворення *емпіричних* методів (спостереження, вимірювання, експеримент) з метою дослідження фізичних явищ або їх комп'ютерних моделей. Зрозуміло, що досягнення мети навчання не може обмежуватись відтворенням лише *емпіричного рівня* фізичного пізнання; у той же час фактично відсутні роботи, присвячені методиці організації *теоретичної навчально-пізнавальної діяльності* учнів в умовах комп'ютерного навчання.

Звернемо увагу на недоліки існуючої систематизації педагогічних програмних засобів навчання фізики. Велика кількість класифікацій комп'ютерних програм, що наводять автори науково-методичних робіт, перш за все зумовлена *складністю* проблеми дослідження, *множинністю* форм та способів використання ЕОМ у навчанні основ сучасної фізики. У той же час повторюваність, змішаність гносеологічних і методичних елементів, указує на *недостатній аналіз основи класифікації* та потребує визначення її суттєвого критерію, яким повинен стати *спосіб* фізичного пізнання, що зумовлює формування відповідного *рівня знань*.

Таким чином, аналіз комп'ютерних навчальних програм доцільно здійснити, взявши за критерій *спосіб* фізичного пізнання, який за своєю структурою та характерними особливостями у самому загальному випадку повинен відповідати *теоретичному* або *експериментальному методу* фізичної науки. Такий підхід дозволяє встановити загальні риси ППЗ навчання фізики, які у переважній більшості випадків відтворюють схему експериментального дослідження комп'ютерної моделі; етап побудови моделі (що потребує використання методів абстрагування, ідеалізації, формалізації та ін.) фактично не є реалізованим, хоча саме він є *основою формування теоретичних знань* учнів.

Доцільність застосування КТ у навчанні основ сучасної фізики перш за все зумовлена неможливістю досягнення мети навчання традиційними засобами. Формування теоретичних знань та розвиток науково-теоретичного мислення учнів мають необхідною умовою використання формалізації та математичних методів – це зумовлено особливою роллю математики у процесі фізичного пізнання. Відзначимо, що створені у наш час математичні програми, які дозволили адаптувати складні математичні методи до їх застосування досить широким колом фахівців, все ж таки призначені для розв'язування спеціальних задач та потребують для свого використання знань, умінь і навичок, не пов'язаних безпосередньо зі змістом шкільного курсу фізики, тому їх застосування учнями середньої школи натрапляє на величезну кількість труднощів.

Якщо застосування математичних програм спрямоване на досягнення власне *результату* розв'язування задачі, що виникла у практичній діяльності людини, то у навчанні фізики на перший план виходить спосіб організації *навчально-пізнавальної діяльності* учнів. На відміну від математичних програм, основним завданням яких є *полегшення* інтелектуальної праці людини, використання ППЗ у школі повинне бути спрямоване на *організацію найбільш ефективної* (з точки зору досягнення мети навчання) розумової діяльності учнів.

Розв'язок цих питань потребує визначення як психологічних, так і логічних чинників інтенсифікації навчально-пізнавальної діяльності учнів, їх розгляду крізь призму принципів нових можливостей, що надають засоби КТ.

Множинність окреслених у науково-методичній літературі чинників інтенсифікації навчання зумовлює різноманітність точок зору на шляхи використання засобів КТ на уроках фізики у сучасній середній загальноосвітній школі. Саме тому розв'язування проблеми потребує визначення системоутворюючого чинника, застосування якого дозволить розглянути під *єдиним кутом зору* множинність факторів інтенсифікації навчання фізики та буде сприяти встановленню шляхів їх практичної реалізації на основі використання засобів КТ.

Концептуальна ідея нашого підходу полягає у розгляді *моделювання* як вихідного чинника, що пов'яже логіку навчального фізичного пізнання, психолого-педагогічні теорії організації навчально-пізнавальної діяльності учнів та можливі шляхи інтенсифікації навчання на основі використання засобів КТ. Розгляд різних елементів системи навчання фізики крізь призму методу моделювання дозволяє використати спільний понятійний апарат для визначення точок дотику та встановлення практичних шляхів реалізації найважливіших чинників інтенсифікації навчання.

Сутність пропонованого підходу полягає у припущенні, що використання засобів КТ з метою організації навчально-пізнавальної діяльності учнів на засадах *методу моделювання* сприяє розвитку *науково-теоретичного мислення* та інтенсифікує формування *системи фізичних знань*. Модель у цьому випадку повинна відповідати двом основним вимогам: *по-перше*, мати форму загального відношення, конкретизація якого дозволяє охопити певний клас фізичних понять, та, *по-*

друге, слугувати матеріальною опорою розумових дій, що здійснює учень у процесі здобуття знань.

На основі аналізу провідних теорій навчальної діяльності – теорії змістового узагальнення [2] та теорії поетапного формування розумових дій [1] можна зробити висновок про те, що використання моделювання у навчанні зумовлене *внутрішніми психологічними механізмами* процесу засвоєння навчального матеріалу. Причому *структура* навчально-пізнавальної діяльності учнів (визначення властивостей об'єкта пізнання, встановлення зв'язків між ними, аналіз поведінки моделі) повинна відповідати основним етапам здійснення розумових дій, що інтенсифікує формування всіх частин способу дії.

З точки зору В.В. Давидова, мета формування теоретичного мислення учнів потребує визначення деякого *загального відношення*, що є “джерелом походження” системи фізичних понять, та його переведення у форму *моделі*, що “дозволяє знайти у ньому такі властивості, які неможливо виявити у процесі безпосереднього оперування з ним” [2, 223]. Доцільність використання ЕОМ з метою організації діяльності з навчального фізичного моделювання полягає у тому, що засоби КТ надають можливість переведення у форму моделі як фізичних об'єктів, що виходять за рамки безпосереднього чуттєвого пізнання, так і абстрактних зв'язків та відношень, що є “джерелом походження” системи фізичних понять (такі “загальні зв'язки речей” у фізиці фіксуються мовою математики, у формі знаково-символьної моделі реальної фізичної ситуації).

Розглянемо практичні шляхи реалізації визначених принципів з використанням розробленої нами системи навчального комп'ютерного моделювання фізичних процесів та явищ *DEMO* (от англ. *DEmonstrative MOdels making of physical phenomena and processes*) [3]. Наприклад, фіксація у системі *DEMO* закону механічного руху $\vec{r}(t) = x(t) \cdot \vec{i} + y(t) \cdot \vec{j} + z(t) \cdot \vec{k}$ у конкретній формі та дія на нього операторами розв'язування прямої задачі кінематики дозволяє одержати значення інших параметрів руху (швидкості \vec{v} , прискорення \vec{a}), а також пов'язаних із ними енергетичних величин. Рис. 1 дозволяє уявити можливі способи унаочнення інформації, що зафіксована у знаково-символьних виразах: демонструється траєкторія руху матеріальної точки, напрямки і кількісне значення векторів швидкості та прискорення, а також графік залежності $E_k(t)$.

Такий контекст дозволяє розглянути комп'ютерні *моделі* як ефективний *засіб наочності* та обґрунтувати доцільність використання ЕОМ з метою *унаочнення* суттєвих аспектів фізичних явищ. По-перше, засоби КТ надають можливість *оперування з ідеальними*, тобто позбавленими несуттєвих ознак об'єктами, що відбивають лише необхідні (з точки зору досягнення мети навчання) властивості фізичних процесів та явищ. По-друге, комп'ютерна модель дозволяє реалізувати *збіг об'єкта діяльності та об'єкта засвоєння* (у цьому випадку засоби наочності є *зовнішньою опорою внутрішніх, розумових дій*, що здійснює учень у

процесі здобуття знань [1]). Крім того, застосування сучасних комп'ютерних засобів надає можливість відтворення та *оперування* фізичними моделями *різного виду*. Наприклад, знаковими моделями

електричного поля системи точкових зарядів є вирази $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$ та

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \frac{\vec{r}_i}{|\vec{r}_i|}$, графічними (образними) моделями є скалярні та

векторні поля, що можна візуалізувати, якщо поставити кожній точці поверхні екрану ЕОМ у відповідність скалярний потенціал φ або

напруженість електричного поля \vec{E} . Рис. 2 ілюструє картину силових ліній електричного поля точкових зарядів, що дозволяє відтворити система DEMO.

Таким чином, використання засобів КТ дозволяє здійснити інтеграцію двох найважливіших форм психічного відображення дійсності (понятійно-знакової та чуттєво-наочної) шляхом автоматичного перекладу (*перекодування*) інформації з мови графічних моделей на символно-операторну мову та навпаки (наприклад, вектор швидкості $\vec{v} \leftrightarrow$ стрілка на екрані ЕОМ, поле скалярного потенціалу $\varphi \leftrightarrow$ розподіл кольорової гами від екранних координат, поле напруженості $\vec{E} \leftrightarrow$ силові лінії і т. ін.). *Перекодування*, тобто перехід від однієї (наприклад, знакової) форми опису фізичного явища до його відтворення іншими способами (наприклад, засобами графіки ЕОМ) є *необхідною умовою* формування теоретичного мислення учнів та дозволяє відділити формальні та змістові аспекти фізичного знання.

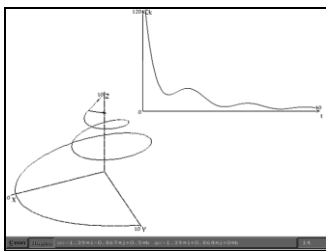


Рис. 1. Система DEMO. Демонстрація руху матеріальної точки

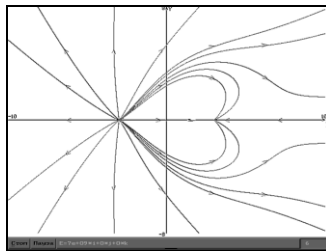


Рис. 2. Система DEMO. Картина силових ліній електричного поля точкових зарядів ($q_1=6$ Кл, $q_2=-1$ Кл)

Розроблені нами засоби унаочнення \vec{E} можуть використовуватися і при вивченні інших тем та розділів шкільної фізики. Для прикладу наведемо рис. 3 та 4, підкреслюючи, що ці зображення є не відтвореними на екрані ЕОМ малюнками, а *графічними моделями*, що відбивають зафіксовані у системі DEMO реальні фізичні закономірності (у даному випадку закон Біо-Савара-Лапласа; рівняння коливальних та принципи суперпозиції).

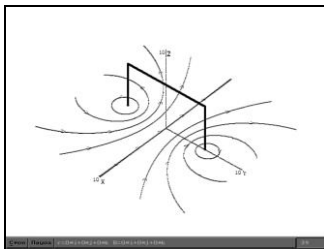


Рис. 3. Система DEMO. Лінії індукції магнітного поля дроту зі струмом

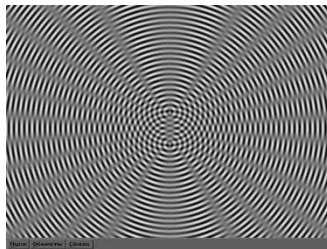


Рис. 4. Система DEMO. Інтерференція механічних хвиль

Таким чином, практичний шлях інтенсифікації формування теоретичних знань учнів ми вбачаємо в організації навчально-пізнавальної діяльності, сутність якої полягає у побудові та дослідженні моделей фізичних процесів та явищ. Цей факт зумовлений *особливим місцем моделювання* серед інших методів наукового теоретичного пізнання (абстрагування, ідеалізації, аналогії, формалізації, висування гіпотези, мисленого експерименту тощо), власне тим, що метод моделювання в явній чи неявній формі використовується у кожному з них. У цьому випадку експериментальний етап дослідження закономірностей поведінки фізичної моделі, хоча і ґрунтується на використанні емпіричних методів, має принципову відмінність від традиційної схеми модельного експерименту та розглядається як *конкретизація сутності* зафіксованих знаково-символьними засобами фізичних закономірностей (що є реалізацією схеми *загальне → конкретне*).

Підкреслимо, що первинність *загального* щодо прилучених до нього окремих явищ зумовлює суттєві відмінності між *навчальним* фізичним моделюванням та моделюванням, як методом *наукового* фізичного пізнання. Структури процесів *навчального* та *наукового* фізичного моделювання не є тотожними, а збігаються лише у певних ключових точках, що визначаються *метою* навчання основ сучасної фізики.

Особливістю нашого підходу є розгляд *моделювання* як чинника інтенсифікації навчально-пізнавальної діяльності учнів, у цьому контексті саме модель є стрижневим елементом навчального фізичного матеріалу, навколо якого концентрується система понять, що підлягає засвоєнню учнями в умовах комп'ютерного навчання. Структурування змісту навчального матеріалу як *системи фізичних моделей* доцільно здійснити, взявши за основу види та форми існування матерії. Такий підхід, необхідний для встановленні властивостей та взаємозв'язків ідеалізованих об'єктів, що відтворюються засобами ЕОМ з метою практичної реалізації діяльності з моделювання, дозволяє охопити широкі кола фізичних закономірностей (на теоретичному й емпіричному рівні).

Діяльність з моделювання у цьому контексті можна визначити як процес установлення закономірних (функціональних та генетичних) зв'язків між ідеалізованими об'єктами, покладеними в основу ППЗ. Такий підхід надає учням можливість розгляду навчальних фізичних моделей з

точки зору їх *структури* (суттєвих відношень та зв'язків між окремими елементами системи).

Висновки.

1. Найважливішим чинником інтенсифікації навчання фізики в умовах постійного зростання обсягу та складності фактичного матеріалу є використання *нових інформаційних технологій* навчання, що дозволяють якісно перебудувати *форми та методи* здобуття фізичних знань, розширити *зміст* фізичної освіти, здійснити підходи, які принципово неможливі в умовах традиційного навчання.

2. Психологічна доцільність використання ЕОМ з метою організації діяльності з навчального фізичного моделювання полягає у тому, що засоби КТ надають можливість переведення у форму моделі та конкретизації абстрактних зв'язків і відношень, що є "джерелом походження" системи фізичних понять.

3. Використання засобів КТ надає принципово нові можливості для *унаочнення* суттєвих аспектів фізичних явищ. Оперування з моделями різних видів дозволяє здійснити синтез понятійно-знакової та чуттєво-наочної форм відображення дійсності у процесі засвоєння навчального фізичного матеріалу.

4. Доцільність використання засобів КТ з метою інтенсифікації формування наукового-теоретичного мислення учнів полягає в організації діяльності з моделювання фізичних явищ шляхом оперування системою методологічних понять. Такий підхід перешкоджає відчуженню фізичного знання від пізнавальної діяльності учнів.

5. Використання засобів КТ дозволяє здійснити розгляд навчальних фізичних моделей з точки зору їх *структури* (суттєвих відношень та зв'язків між окремими елементами системи). Цей підхід значно розширює можливості експериментального методу та дозволяє простежити, як зміна *виду* зв'язку між фізичними об'єктами приводить до якісної зміни модельованої ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гальперин П.Я. Развитие исследований по формированию умственных действий // Введение в психологию. – М.: Книжный дом "Университет", 1999. – 332 с.

2. Давыдов В.В. Виды обобщения в обучении (логико-психологические проблемы построения учебных предметов). – М.: Педагогика, 1972. – 423 с.

3. Vitaliy Mezhujev, Kamal Z. Zamli. DEMO – the Educational Environments to Support Model-Centred Physics Instruction. Adv. Sci. Lett. 21, Pp. 2404-2408 (2015). (Impact Factor 1.25).

Стаття надійшла до редакції 05.09.2016