НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені М.П. ДРАГОМАНОВА

МЕЖУЄВ Віталій Іванович

УДК 53(07):371.66

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В СУЧАСНІЙ СЕРЕДНІЙ ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ

13.00.02 – теорія і методика навчання фізики

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата педагогічних наук

Київ – 2001

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі фізики та методики її викладання Запорізького державного університету, Міністерство освіти і науки України

Науковий керівник: доктор педагогічних наук, професор
Сергєєв Олександр Васильович,
Запорізький державний університет, завідувач
кафедри фізики та методики її викладання

Офіційні опоненти: доктор педагогічних наук, професор,
академік АПН України
Гончаренко Семен Устимович,
Інститут педагогіки і психології
професійної освіти,
головний науковий співробітник

кандидат фізико-математичних наук, доцент
Лапінський Віталій Васильович,
Національний педагогічний університет
імені М.П. Драгоманова, доцент кафедри
інформатики та обчислювальної техніки

Провідна установа: Кіровоградський державний педагогічний
університет імені В. Винниченка,
кафедра фізики та методики її викладання,
Міністерство освіти і науки України,
м. Кіровоград

Захист відбудеться *25 вересня 2001 р. о 14^{00} годині* на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.053.03 у Національному педагогічному університеті імені М.П. Драгоманова (01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9).

Автореферат розісланий *25 червня 2001 р.*

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради *Є.В. Коршак*

Загальна характеристика роботи

Актуальність дослідження. Обсяг знань та практичних навичок їх застосування, що підлягають обов'язковому засвоєнню кожним учнем сучасної середньої загальноосвітньої школи, постійно зростає – це зумовлено об'єктивними тенденціями розвитку фізичної науки. Невідповідність обсягу навчального матеріалу та часу, який виділяється для його засвоєння, ставить перед методикою навчання фізики завдання розробки нових, інтенсивних методів та форм передавання знань, що спрямовані на підвищення ефективності та результативності навчання шляхом застосування вчителем передових дидактичних ідей, сучасних технологій та засобів діяльності.

Найважливішим чинником інтенсифікації навчання фізики в умовах принципово нової соціально-економічної ситуації є використання *нових інформаційних технологій* (НІТ) на всіх етапах навчання основ наук. Питанням удосконалення методики навчання фізики шляхом системного застосування НІТ і створенням педагогічних програмних засобів (ППЗ) займалися відомі вчені та вчителі-новатори Л.І. Анциферов, Г.О. Атанов, Е.В. Бурсіан, А.М. Гуржій, О.М. Желюк, Ю.О. Жук, В.О. Ізвозчиков, В.І. Клочко, О.С. Кондратьєв, Л.Л. Коношевський, В.В. Лапінський, В.В. Лаптєв, П.М. Маланюк, Е.Д. Маргуліс, А.Д. Ревунов, І.Я. Ривкінд, В.І. Сумський та багато інших.

Зараз створена значна кількість комп'ютерних програм, використання яких на уроках фізики активізує навчально-пізнавальну діяльність учнів, сприяє підвищенню рівня знань та практичних навичок школярів. У літературних джерелах підкреслюється той факт, що засоби НІТ дозволяють якісно перебудувати *форми* та *методи* передавання фізичних знань, розширити *зміст* фізичної освіти, здійснити підходи, які принципово неможливі в умовах традиційного навчання.

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 НІТ, характерна особливість якої полягає у відтворенні *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* в умовах комп'ютерного навчання.

Доцільність застосування НІТ у навчанні основ сучасної фізики перш за все зумовлена неможливістю досягнення мети навчання його 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 пакетів 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* (чи повна автоматизація) 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 принципово нових можливостей, що надають засоби НІТ.

Досягнення сучасної психолого-педагогічної науки, розвиток теорії та методики навчання фізики, творчі пошуки вчителів-новаторів надають можливість розв'язання проблеми інтенсифікації навчання фізики у сучасній середній загальноосвітній школі. Множинність окреслених у науково-методичній літературі чинників інтенсифікації навчання зумовлює різноманітність точок зору на шляхи використання засобів НІТ на уроках фізики у сучасній середній загальноосвітній школі. Саме тому визначення системоутворюючого чинника, застосування якого дозволить розглянути під *єдиним кутом зору* множинність факторів інтенсифікації навчання фізики та встановлення шляхів їх реалізації на основі використання засобів НІТ, є актуальною *проблемою*, що зумовлює вибір теми дисертаційного дослідження **"Інтенсифікація навчання фізики в сучасній середній загальноосвітній школі"**.

Тема дисертації входить до плану науково-дослідної роботи кафедри фізики та методики її викладання Запорізького державного університету, затверджена на засіданні науково-технічної Ради Запорізького державного університету (протокол № 9 від 29.01.98 р.) та узгоджена в бюро Ради з координації наукових досліджень АПН України в галузі педагогіки і психології (протокол № 6 від 18.10.99 р.).

Об'єкт дослідження – процес інтенсифікації навчання фізики у сучасній середній загальноосвітній школі на основі використання НІТ.

Предмет дослідження – організація інтенсивного навчання фізики у старших класах загальноосвітньої школи з використанням нових комп'ютерних технологій.

Мета дослідження полягає у теоретичному обгрунтуванні та розробці основ методики інтенсифікації навчання фізики шляхом використання НІТ на уроках у старших класах середньої школи.

Гіпотезою дослідження є припущення, що використання засобів НІТ 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.

Концептуальна ідея дослідження полягає у розгляді *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 НІТ. 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.

Згідно з предметом, метою та гіпотезою були визначені **конкретні завдання дослідження та їх логічна послідовність:**

1. Виявити стан розробки проблеми та з'ясувати сутність інтенсифікації навчання фізики у старших класах сучасної середньої загальноосвітньої школи у контексті використання НІТ.

2. Визначити провідні чинники, принципи, шляхи, специфіку та умови інтенсифікації навчання фізики в загальноосвітній школі на основі використання комп'ютерних технологій.

3. Розробити основи комп'ютерно-орієнтованої методичної системи інтенсифікації навчання фізики.

4. Здійснити експериментальну перевірку ефективності та результативності запропонованої методики інтенсифікації навчання фізики.

Для розв'язання поставлених завдань, перевірки висунутої гіпотези були використані такі **методи дослідження:**

- аналіз філософської, психолого-педагогічної та науково-методичної літератури;

- педагогічне спостереження за процесом навчання фізики;
- бесіди з учителями та учнями (методи опитування);
- аналіз, узагальнення та систематизація власного педагогічного досвіду роботи у школі (методи самооцінки);
- цілеспрямований педагогічний експеримент (констатуючий, пошуковий та формуючий);
- якісний та кількісний аналіз результатів педагогічного експерименту з використанням методів математичної статистики.

Теоретико-методологічну основу дослідження складають основні положення про єдність свідомості та діяльності (Л.С. Виготський, Г.С. Костюк, О.М. Леонтьєв, С.Л. Рубінштейн); теорія змісту освіти (І.Я. Лернер, В.С. Ледньов, М.М. Скаткін); теорія змістовного узагальнення (Д.Б. Ельконін, В.В. Давидов); теорія поетапного формування розумових дій (П.Я. Гальперін, Н.Ф. Тализіна); концепція інформатизації освіти (О.П. Єршов, М.І. Жалдак, В.О. Ізвозчиков та ін.); концепція логіко-психологічних основ використання комп'ютерних засобів у навчанні (Ю.І. Машбіць, В.М. Монахов та ін.); теорія розв'язування навчальних задач (Г.О. Балл, Б.С. Беліков, О.І. Павленко, Л.М. Фрідман та ін.); праці філософів та вчених-фізиків, присвячені аналізу методу моделювання (К.Б. Баторієв, М.С. Бургін, Б.А. Глінський, В.В. Кузнєцов, В.К. Лукашевич, К.Є. Морозов, Я.Г. Неуймин, А.І. Уємов, В.О. Штофф); загальнодидактичні та методологічні положення (Ю.К. Бабанський, О.І. Бугайов, С.П. Величко, С.Л. Вольштейн, Г.М. Голін, С.У. Гончаренко, О.І. Ляшенко, В.Г. Разумовський, О.В. Сергєєв, Д. Шодієв та ін.).

Вірогідність та обгрунтованість одержаних результатів забезпечуються відповідністю методів дослідження його меті й завданням; опорою на фундаментальні положення сучасної теорії пізнання; реалізацією системно-цілісного підходу до дослідження; кількісним та якісним аналізом значного обсягу теоретичного й емпіричного матеріалу із залученням методів математичної статистики; позитивними результатами педагогічного експерименту.

Наукова новизна дослідження полягає у тому, що:

♦ на основі аналізу провідних теорій навчальної діяльності – теорії поетапного формування розумових дій і теорії змістовного узагальнення сформульовані вихідні *психологічні принципи* інтенсифікації навчально-пізнавальної діяльності учнів. Визначений чинник, що дозволяє розглянути психологічні концепції з єдиної точки зору та здійснити їх інтеграцію – таким чинником є поняття моделі та пов'язаної із нею діяльності з моделювання;

♦ обгрунтована *доцільність* використання засобів НІТ з метою інтенсифікації навчання фізики. Сутність підходу полягає у розгляді традиційних психолого-педагогічних і методичних питань крізь призму можливостей, що надають засоби НІТ (шляхів формування

теоретичних знань та розвитку науково-теоретичного мислення учнів, проблем відбору змісту навчального матеріалу та організації діяльності щодо його засвоєння, питання наочності та ін.);

♦ здійснений розгляд навчального фізичного *моделювання* як *виду знаково-символьної діяльності*, що дозволило конкретизувати її загальну структуру та провести *аналогію*, що має місце між етапами здійснення знаково-символьної діяльності з моделювання і методами наукового фізичного пізнання. Цей підхід слугує теоретичною основою організації навчально-пізнавальної діяльності учнів в умовах комп'ютерного навчання фізики.

Теоретична значущість дослідження полягає у тому, що:

- визначені шляхи інтенсифікації формування науково-теоретичного мислення учнів. Сутність підходу полягає в організації діяльності з моделювання фізичних процесів та явищ шляхом оперування системою методологічних понять (об'єкт, предмет, фізична система, властивість, закон, закономірність і т. ін.);
- встановлені основні принципи організації *теоретичної* та *експериментальної* навчально-пізнавальної діяльності учнів в умовах комп'ютерного навчання фізики. Особливість нашого підходу полягає у розгляді моделювання як *чинника*, що зумовлює використання інших методів наукового фізичного пізнання;
- здійснений розгляд діяльності з навчального моделювання фізичних процесів та явищ крізь призму задачного підходу та визначені *практичні* шляхи його реалізації (використання задачного підходу зумовлене необхідністю досягнення найвищого рівня навчально-пізнавальної діяльності – *самостійної* та *творчої* діяльності учнів).

Практична значущість дослідження полягає у тому, що:

▪ створена система комп'ютерних засобів, призначених для унаочнення суттєвих аспектів фізичних явищ. Їх використання дозволяє організувати діяльність учнів одночасно у знаково-символьному та образно-наочному планах і тим самим здійснити інтеграцію понятійно-знакової та чуттєво-наочної форм психічного відображення дійсності у процесі засвоєння навчального фізичного матеріалу;

▪ визначені та практично апробовані шляхи адаптації математичних методів побудови фізичних моделей до застосування учнями середньої загальноосвітньої школи у контексті використання НІТ. Сутність запропонованого підходу полягає у розробці комп'ютерних об'єктів, що відтворюють основні принципи математичного апарату і тим самим дозволяють перевести формальні математичні операції на певного роду змістовий рівень;

▪ розроблена система демонстраційного комп'ютерного моделювання фізичних процесів та явищ *DEMO* та методичні рекомендації щодо її використання.

Особистий внесок автора полягає у теоретичному обгрунтуванні вихідних положень інтенсифікації навчання фізики у контексті використання засобів НІТ, розробці та впровадженні у практику роботи середніх загальноосвітніх шкіл ППЗ *DEMO*, що реалізує визначені принципи. Використані у дисертації ідеї та розробки в опублікованих наукових працях належать автору, співавтори брали участь у їх обговоренні та впровадженні у навчально-виховний процес.

Апробація, використання та впровадження результатів дослідження проводилися у процесі експериментального навчання у IX–XI класах загальноосвітніх шкіл № 2, 16 м. Бердянська, спеціалізованих фізико-математичних класах на базі Бердянського педагогічного інституту, Донецькому медичному ліцею. Основні результати дисертаційного дослідження доповідалися на Міжнародних (Донецьк – 1998; Вінниця – 1999; Рівне – 1999; Москва – 1999, 2000), Всеукраїнських (Кам'янець-Подільський – 1997, 1999; Кіровоград – 1998, 2000; Київ –1999; Луганськ – 1999; Херсон – 1999, 2000; Чернігів – 1998, 2000), Республіканській (Бердянськ – 1998) конференціях та семінарах, а також конференціях студентів та викладачів Бердянського педінституту та Запорізького університету (Бердянськ – 1997-2000; Запоріжжя – 1998-2000) та одержали позитивну оцінку.

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження знайшли відображення у 24 науково-методичних публікаціях, 14 з яких надруковані одноосібно, 12 є статтями у фахових виданнях.

Основний зміст та структура дисертації

Дисертаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (239 найменувань), двох додатків. Основний текст дисертації викладений на 176 сторінках машинописного тексту. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 213 сторінок і включає 4 таблиці та 23 рисунки.

У вступі обгрунтовується актуальність проблеми дослідження, визначаються його об'єкт, предмет, мета, робоча гіпотеза та концептуальна ідея, виділяються завдання дослідження, характеризуються методи та викладається теоретико-методологічна основа дослідження, вказуються наукова новизна, теоретична та практична значущість здобутих результатів, а також наводяться відомості про вірогідність отриманих результатів та їх апробацію.

У першому розділі "**Теоретичні основи інтенсифікації навчання фізики в контексті використання нових інформаційних технологій"** робиться висновок про об'єктивну необхідність інтенсифікації навчання фізики в сучасній середній загальноосвітній школі та аналізуються найбільш перспективні шляхи вдосконалення навчально-виховного процесу.

Обгрунтовується положення, що саме застосування нових комп'ютерних технологій дає можливість комплексної реалізації найбільш важливих чинників інтенсифікації навчання основ наук. Реалізація принципово нових *способів подання змісту* навчального фізичного матеріалу та *методів навчально-пізнавальної діяльності* учнів дозволяє 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.).

На основі аналізу провідних теорій навчальної діяльності – теорії змістовного узагальнення та теорії поетапного формування розумових дій робиться висновок про те, що використання моделювання у навчанні фізики зумовлене *внутрішніми психологічними механізмами* процесу засвоєння навчального матеріалу. У роботі проаналізовані можливі шляхи організації діяльності з навчального фізичного моделювання та робиться висновок, що *структура* діяльності (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 ході безпосереднього оперування з ним". Доцільність використання ЕОМ з метою організації діяльності з навчального фізичного моделювання полягає у тому, що засоби НІТ 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).

У роботі запропоновані практичні шляхи реалізації цього підходу з використанням системи демонстраційного комп'ютерного моделювання фізичних процесів та явищ *DEMO*. 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 $\vec{v}$ та 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 $E_k(t)$.

У першому розділі також здійснюється розгляд фізичних *моделей* як ефективного *засобу наочності* та обгрунтовується доцільність використання ЕОМ з метою *унаочнення* суттєвих аспектів фізичних явищ. По-перше, засоби НІТ 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). 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 $\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\cdot\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}$ та $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\cdot\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r^2{}_i}\cdot\frac{\vec{r}_i}{|\vec{r}_i|}$, 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 НІТ дозволяє здійснити синтез двох найважливіших форм психічного відображення дійсності (понятійно-знакової та чуттєво-наочної) шляхом автоматичного перекладу (*перекодування*) інформації з мови графічних моделей на символьно-операторну мову та навпаки (наприклад, вектор швидкості $\vec{v}$ ↔ стрілка на екрані ЕОМ, поле скалярного потенціалу φ ↔ розподіл кольорової гами від екранних координат, поле напруженості $\vec{E}$ ↔ силові лінії і т. ін.). Операція *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.

Розроблені нами засоби унаочнення 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 коливань та принцип суперпозиції).

У першому розділі здійснюється аналіз існуючих систем ППЗ навчання фізики. Велика кількість класифікацій комп'ютерних програм, що наводять автори науково-методичних робіт, перш за все зумовлена *складністю* проблеми дослідження, *множинністю* форм та спосо-

бів 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. Цей підхід дозволив установити певні загальні риси розглянутих ППЗ, 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.

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 положенням 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 грунтується 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*).

У першому розділі доводиться, 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.

У другому розділі "Методичні основи інтенсифікації навчання фізики в контексті використання нових інформаційних технологій" обгрунтовується методика комп'ютерного інтенсивного навчання.

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 широке коло 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. Наприклад, заряд породжує електричне поле (зв'язок між моделями заряду та поля має форму $\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\cdot\frac{q}{r}$ або $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\cdot\frac{q}{r^2}\cdot\frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$), у свою чергу це поле діє силою на поміщені у нього електричні заряди ($\vec{F} = \frac{\vec{E}}{q}$), відтворення законів зіткнення гладких кульок дає можливість створення моделі ідеального газу і т. ін.

Доцільність окресленого підходу полягає у наданні учням можливості розгляду 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 комп'ютерними об'єктами приводить до якісної зміни модельованої ситуації.

Такий підхід був реалізований у системі *DEMO,* що дозволяє учням *самостійно* будувати просторово-часові моделі певного кола фізичних явищ (підкреслимо, що мова йде саме про самостійну діяльність, бо суттєві ознаки та зв'язки, які зафіксовані у моделі, стають наочними для учнів тільки у тому випадку, коли ці ознаки, зв'язки були виділені у їх власних діях).

Мовою фізики є математика, саме це зумовлює використання її конструкцій для побудови моделей фізичних процесів та явищ. Але практична неможливість застосування учнями середньої загальноосвітньої школи строгого математичного апарату приводить до необхідності конструювання об'єктів та операторів, що відрізняються певним рівнем змістовності.

У другому розділі пропонується практичний шлях адаптації математичних методів побудови фізичних моделей до застосування учнями середньої загальноосвітньої школи. Він полягає у переведенні *формальних* математичних операцій на певного роду *змістовий рівень*, що потребує створення комп'ютерних об'єктів, які відтворюють основні принципи математичного апарату. Так, у випадку використання диференціального числення, введення

окремого комп'ютерного об'єкта як носія елементарної фізичної властивості дозволяє здійснювати аналіз нескінченно малих змін фізичних величин, що характеризують суттєві властивості відтворених явищ.

Етап визначення просторово-часових властивостей моделі у загальній структурі діяльності з комп'ютерного моделювання дозволяє виділити інформацію, необхідну для застосування відповідного математичного апарату, здійснюючи зв'язок між формальними математичними операціями та їх фізичним змістом. Наприклад, існування комп'ютерної моделі "матеріальна точка" у часі знаходить своє відображення у зміні її характеристик (кінематичних величин, маси та ін.) відповідно до зміни значення фізичної величини t. Комп'ютерна система *DEMO*, власне, перераховує характеристики "матеріальної точки" через певні малі проміжки часу Δt, що і дає можливість співвідносити стан моделі у моменти t_1 та t_2 і, таким чином, здійснювати операції диференціювання та інтегрування за параметром часу.

Завдання формування та розвитку системи фундаментальних фізичних понять під час побудови просторово-часових моделей розв'язується у системі *DEMO* врахуванням найбільш загальних принципів фізичної науки, до яких у першу чергу належать основні властивості форм буття матерії. Ці фундаментальні принципи зумовлюють *способи* побудови та трансформації комп'ютерної моделі. Так, відображенням принципу однорідності є можливість переносити початок комп'ютерного об'єкта "координатна система" у довільну точку екрану ЕОМ; рівноправність усіх напрямків (ізотропність) простору дає можливість робити будь-який поворот координатних осей; тривимірність простору потребує визначення трьох незалежних координат для однозначної фіксації місцеположення будь-якої точки фізичного об'єкта і т. ін. Психологічною основою методики слугує теорія поетапного формування розумових дій, з точки зору якої відтворені засобами ЕОМ об'єкти надають можливість здійснення *матеріалізації розумових дій*, що є необхідним етапом для їх повноцінного формування.

У другому розділі доводиться, що доцільність використання засобів НІТ з метою інтенсифікації формування наукового-теоретичного мислення учнів полягає в організації діяльності з моделювання фізичних явищ шляхом оперування системою методологічних понять. В основу ППЗ, створеного з урахуванням найбільш загальних принципів фізичного пізнання, повинні бути покладені такі структурні елементи (що є відображенням системи методологічних понять) як *об'єкт дослідження*, *властивість об'єкта* (мірою якої є *фізична величина*), *фізичний процес* чи *явище* (як зміна властивостей об'єктів), *фізична система* (сукупність об'єктів, відібраних для розгляду), *зв'язок* (який відбиває взаємодію об'єктів та може проявлятися у виді закону чи закономірності) і т. ін. Використання системи методологічних понять

як *основи* для структурування навчального матеріалу перешкоджає відчуженню фізичного знання від пізнавальної діяльності учнів.

Проведений у другому розділі аналіз літературних джерел доводить, що базовим процесом для залучення комп'ютерних засобів навчання є *процес розв'язування задач та проблем*. Саме тому проблема організації навчально-пізнавальної діяльності учнів в умовах комп'ютерного навчання потребує розгляду крізь призму *задачного підходу*. На відміну від інших авторів (Г.О. Балл, А.І. Павленко, Л.М. Фрідман та ін.), які розглядають моделювання як *метод розв'язування навчальних фізичних задач,* особливістю нашого підходу є визначення фізичної задачі як основної *"клітинки", одиниці організації* діяльності з моделювання фізичних процесів та явищ.

Реалізація задачного підходу у цьому випадку має форму постановки та розв'язування задач, які знаходяться у *рамках побудованої більш загальної моделі*, що охоплює певний клас фізичних явищ (так, загальній моделі розв'язування основної задачі механіки відповідають багато задач, що відрізняються своїми умовами та вимогами). Ця знаково-символьна модель є, власне, системою математичних операторів розв'язку *узагальненої* або *родової* фізичної задачі (задачі, розгляд якої дозволяє визначити загальний принцип розв'язування всіх задач віднесеного до неї класу). *Розв'язуюча модель* у контексті нашого дослідження грає роль системоутворюючого чинника: вона дозволяє поєднати властивості та зв'язки фізичних явищ, що були отримані у ході розв'язування окремих задач, у певну цілісність, наочний образ модельованого об'єкта.

Третій розділ "Організація та результати експериментального навчання" присвячений експериментальній перевірці методики інтенсифікації навчання фізики у контексті використання НІТ.

Метою проведеного нами експерименту було порівняння ефективності та результативності навчання шляхом організації *діяльності з комп'ютерного моделювання фізичних процесів та явищ* щодо традиційної методики передавання фізичних знань. Вірогідність результатів експериментального дослідження збільшувалась проведенням кількох видів робіт – спостереженням, бесідами з учителями та учнями, педагогічним експериментом різних видів (констатуючим, пошуковим, формуючим), використанням різного роду критеріїв перевірки статистичних гіпотез (Вілкоксона-Манна-Уітні, Колмогорова-Смірнова, χ^2), а також застосуванням експериментальної методики при вивченні різних розділів шкільної фізики.

Сутність пошукового експерименту полягала в організації діяльності учнів з комп'ютерного моделювання *електричного поля*. Перший етап діяльності – визначення знаково-символьних виразів, що фіксують суттєві зв'язки фізичних об'єктів, здійснювався в опорі на деякі вихідні та загальні положення (наприклад, в електростатиці – це *закон Кулона*

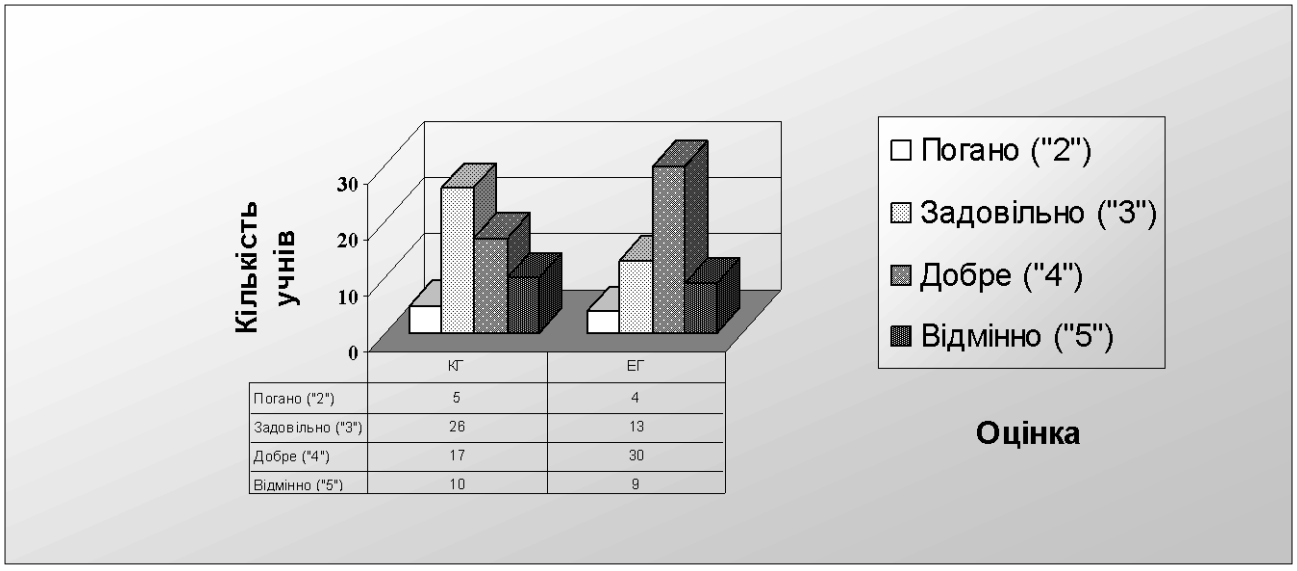
та *принцип суперпозиції*). Сутність другого етапу полягала у їх *конкретизації* за допомогою засобів унаочнення системи *DEMO* (що потребувало використання експериментальних методів фізичного пізнання).

Логіка формуючого експерименту відповідала структурі розділу “Механіка” шкільного курсу фізики (кінематика, динаміка, закони збереження, коливальний рух). Діяльність з моделювання була підпорядкована задачному підходу (а саме, основному завданню механіки – визначенню координат тіла у довільний момент часу).

Останнім об’єктом аналізу результатів формуючого експерименту був розподіл підсумкової (річної) оцінки учнів експериментальних та контрольних груп (*ЕГ* та *КГ)*. Використання двостороннього критерію χ^2 дозволяє зробити висновок про нерівність імовірностей одержання однакової оцінки учнями *ЕГ* та *КГ* (статистика критерію $T_{спостеріг} > T_{критич}$, $8.060 > 7.815$).

Якісний аналіз (див. рис. 5) дозволяє зробити висновок про те, що найбільшу ефективність методика експериментального навчання виявила саме для групи слабких учнів, розподіл оцінок яких зазнав суттєвого зсуву у бік зростання (кількість відмінників у *КГ* та *ЕГ* майже не відрізняється).

Врахування того факту, що попередній рівень досягнень учнів експериментальних та контрольних груп був однаковий, але викладання здійснювалося за різними методиками, дає підстави стверджувати, що відмінності у рівнях засвоєння навчального матеріалу *зумовлені саме експериментальною методикою навчання*. Таким чином, результати констатуючого, пошукового та формуючого педагогічних експериментів дають можливість зробити висновок про перспективність інтенсифікації навчання фізики шляхом організації діяльності з комп’ютерного моделювання фізичних процесів та явищ.



	КГ	ЕГ
Погано ("2")	5	4
Задовільно ("3")	26	13
Добре ("4")	17	30
Відмінно ("5")	10	9

Рис. 5. Діаграма розподілу підсумкових (річних) оцінок учнів ЕГ та КГ

Загальні 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* передавання 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 НІТ надають можливість "переведення у форму моделі" та конкретизації абстрактних зв'язків та відношень, що є "джерелом походження" системи фізичних понять.

3. Використання засобів НІТ 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. Використання засобів НІТ дозволяє адаптувати математичні методи побудови фізичних моделей до застосування учнями середньої загальноосвітньої школи. Шлях адаптації полягає у розробці комп'ютерних об'єктів, що дозволяють здійснити зв'язок між формальними математичними операціями та їх фізичним змістом.

5. Доцільність використання засобів НІТ 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.

6. Використання засобів НІТ 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.

Список опублікованих робіт з теми дисертації

Всього з теми дисертаційного дослідження надруковано 24 роботи (14 із них одноосібні), основними з яких є:

1. *Межуєв В.І. Необхідність стандартизації комп'ютерних навчальних програм з курсу фізики середньої загальноосвітньої школи* // Стандарти фізичної освіти в Україні: техно-

логічні аспекти управління навчально-пізнавальною діяльністю: Науково-методичний збірник. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПІ, 1997. – С. 43-44.

2. *Межуєв В.І. Диференціація – необхідна умова інтенсивного навчання фізики* // Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі: Науково-методичний збірник. – Кіровоград: КДПУ ім. Винниченка, 1998. – Ч. 1. – С. 56-58.

3. *Межуєв В.І. Сутність та чинники інтенсифікації навчання фізики* // Проблеми освіти: Науково-методичний збірник / Кол. авт. – К.: ІЗМН, 1998. – Вип. 16. – С. 196-205.

4. *Межуев В.И., Самойленко П.И., Сергеев А.В. Интенсификация обучения физике в контексте новых информационных технологий: психолого-педагогический аспект* // Среднее специальное образование. – 1999. – № 5. – С. 37-42.

5. *Межуев В.И., Самойленко П.И., Сергеев А.В. Интенсификация обучения физике в контексте новых информационных технологий: методический аспект* // Среднее специальное образование. – 1999. – № 6. – С. 22-26.

6. *Межуєв В.І. Удосконалення шкільного фізичного експерименту засобами нових інформаційних технологій* // Збірник наукових праць. Серія педагогічна: Дидактика природознавчо-математичних дисциплін та освітніх технологій. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, 1999. – Вип. 5. – С. 168-174.

7. *Межуєв В.І., Сергєєв О.В. Психологічні аспекти використання нових інформаційних технологій у навчанні основ фізики* // Педагогічні науки. Збірник наукових праць. Випуск 9. – Херсон: Айлант, 1999. – С. 35-40.

8. *Межуєв В.І. Реалізація задачного підходу у ході дослідження комп'ютерних моделей фізичних процесів та явищ* // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного інституту ім. П.Д. Осипенко. (Педагогічні науки). – З.: ВПК "Запоріжжя", 1999. – № 3-4. – С. 84-93.

9. *Межуєв В.І., Сергєєв О.В. Побудова системи навчальних фізичних моделей засобами нових інформаційних технологій* // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки: Збірник. – Чернігів: ЧДПУ, 2000. – № 3. – С. 81-88.

10. *Межуєв В.І., Сергєєв О.В. Реалізація діяльності з моделювання фізичних процесів та явищ засобами нових інформаційних технологій* // Педагогічні науки. Збірник наукових праць. Випуск 15. Ч. ІІ. – Херсон: Айлант, 2000. – С. 73-78.

11. *Межуєв В.І., Сергєєв О.В., Тищук В.І. Шляхи вдосконалення шкільного фізичного експерименту засобами нових інформаційних технологій* // Збірник науково-методичних праць "Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін": На-

укові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Рівне: РДГУ, 2000. – Випуск ІІ. – С. 27-34.

12. *Межуєв В.І. Інтенсифікація формування теоретичних знань учнів засобами нових інформаційних технологій //* Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного інституту ім. П.Д. Осипенко. (Педагогічні і психологічні науки). – Бердянськ: БДПІ, 2000. – № 4. – С. 104-114.

Анотація

Межуєв В.І. Інтенсифікація навчання фізики в сучасній середній загальноосвітній школі. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук із спеціальності 13.00.02 – теорія і методика навчання фізики. Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, Київ, 2001.

У дисертації розглядаються потенційні шляхи інтенсифікації навчання фізики у контексті використання нових інформаційних технологій. 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 нових інформаційних технологій.

Теоретичні положення розкриваються на конкретних прикладах побудови та дослідження навчальних моделей фізичних процесів та явищ із використанням системи демонстраційного комп'ютерного моделювання *DEMO*.

Ключові слова: інтенсифікація навчання, нові інформаційні технології, комп'ютерне моделювання, система моделей, знаково-символьна діяльність, задачний підхід.

Аннотация

Межуев В.И. Интенсификация обучения физике в современной средней общеобразовательной школе. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук по специальности 13.00.02 – теория и методика обучения физике. Национальный педагогический университет имени М.П. Драгоманова, Киев, 2001.

В диссертации рассматриваются потенциальные пути интенсификации обучения физике в контексте использования новых информационных технологий (НИТ).

Обоснована *целесообразность* использования средств НИТ в процессе интенсификации обучения физике. Сущность подхода состоит в рассмотрении традиционных психолого-педагогических и методических вопросов через призму возможностей, которые предо-

ставляют средства НИТ (путей формирования теоретических знаний и развития научно-теоретического мышления учащихся; проблем отбора содержания учебного материала и организации деятельности по его усвоению; вопроса наглядности и т. п.).

На основе анализа ведущих теорий учебной деятельности – теории содержательного обобщения В.В. Давыдова и теории поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина делается вывод о том, что использование моделирования в обучении физике обусловлено *внутренними психологическими механизмами* процесса усвоения учебного материала. В работе обосновывается *психологическая* целесообразность использования ЭВМ с целью организации учебного моделирования: средства НИТ предоставляют возможность *преобразования в форму модели* как физических объектов, недоступных непосредственному чувственному восприятию, так и абстрактных связей и отношений, на усвоение которых и направленно прежде всего обучение физике.

Доказывается, что путь интенсификации формирования теоретических знаний учащихся состоит в организации учебно-познавательной деятельности на принципах метода моделирования физических процессов и явлений. Этот факт обусловлен особым положением *моделирования* среди других методов научного теоретического познания (абстрагирования, идеализации, аналогии, формализации, выдвижения гипотезы, мысленного эксперимента и т.д.), собственно тем, что метод моделирования в явной или неявной форме используется в каждом из них.

Особенностью предлагаемого подхода является рассмотрение *моделирования* как фактора интенсификации учебно-познавательной деятельности учащихся, в этом контексте модель является *стержневым* элементом учебного физического материала, вокруг которого концентрируется система понятий, подлежащих усвоению в условиях компьютерного обучения. Структурирование содержания учебного материала как *системы физических моделей* осуществляется на основе видов и форм существования материи, что позволяет охватить широкий круг физических закономерностей (на теоретическом и эмпирическом уровне). Моделирование в этом контексте является процессом установления закономерных связей между идеализированными объектами, положенными в основу компьютерной программы. Такой подход позволяет осуществить рассмотрение учебных физических моделей с точки зрения их *структуры* (существенных связей и отношений между отдельными элементами системы).

В работе предложен практический путь адаптации математических методов построения физических моделей к применению учащимися средней общеобразовательной школы, который состоит в переведении формальных математических операций на определенного рода содержательный уровень. Например, в случае использования дифференциального исчисления, введение компьютерного объекта как носителя элементарного физического свой-

ства позволяет осуществлять анализ бесконечно малых изменений физических величин, характеризующих пространственно-временные свойства воспроизведенных явлений.

Доказывается, что цель формирования и развития системы фундаментальных физических понятий можно достичь путем оперирования моделями, отражающими наиболее общие принципы физической науки. Эти фундаментальные принципы (к которым в первую очередь относятся основные свойства форм бытия материи) обуславливают способы построения и трансформации компьютерной модели. Психологической основой методики служит теория поэтапного формирования умственных действий, с точки зрения которой воссозданные средствами ЭВМ объекты предоставляют возможность осуществления *материализации умственных действий*, что является необходимым этапом их полноценного формирования.

Теоретические положения раскрываются на конкретных примерах применения системы демонстрационного компьютерного моделирования физических явлений и процессов *DEMO* (от англ. *DEmonstrative MOdels making of physical phenomena and processes*), которая использовалась с целью организации экспериментального обучения.

Ключевые слова: интенсификация обучения, новые информационные технологии, компьютерное моделирование, система моделей, знаково-символьная деятельность, задачный подход.

Summary

Mezshuyev V.I. Intensification of teaching physics in modern secondary school of general education. – Manuscript.

The dissertation for the degree of a candidate of Pedagogical Science in the speciality 13.00.02 – theory and methods of teaching physics, M.P. Dragomanov National Pedagogical University, Kiev, 2001.

In the thesis the potential ways of an intensification of teaching physics in a context of new information technologies are considered. The main idea and result of the work is the determining the modeling as an initial factor, which links a logic of physical knowledge, psychological and pedagogical aspects of arranging teaching and cognitive activity and possible ways of their realization by means of new information technologies.

Theoretical theses are revealed with the help of concrete examples of building and study of the physical phenomena and processes models in the system of demonstrative computers modelling *DEMO*.

Key words: intensification of teaching, new information technologies, computer modeling, system of models, sign and symbolical activity, problem approach.