

НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені М.П. ДРАГОМАНОВА

На правах рукопису

**ХАЗІНА Стелла Анатоліївна**

УДК 378.016:004(043.3)

**ФОРМУВАННЯ ВМІНЬ КОМП'ЮТЕРНОГО  
МОДЕЛЮВАННЯ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ  
В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ІНФОРМАТИКИ**

13.00.02 – теорія та методика навчання (інформатика)

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата педагогічних наук

Науковий керівник  
**Рамський Юрій Савіанович**,  
кандидат фізико-математичних  
наук, професор

Київ – 2010

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИВЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ.....	15
1.1. Комп'ютерне моделювання у науково-пізнавальній та навчально-пізнавальній діяльності.....	15
1.1.1. Ретроспектива методу моделювання.....	15
1.1.2. Понятійний апарат методу моделювання.....	22
1.1.3. Моделювання як метод наукового пізнання.....	36
1.1.4. Моделювання у навчально-пізнавальній діяльності.....	43
1.2. Психолого-педагогічні особливості навчання комп'ютерного моделювання.....	47
1.3. Сучасний стан вивчення та використання комп'ютерного моделювання в процесі підготовки майбутніх вчителів фізики.....	64
1.3.1. Інформаційно-комунікаційні компетентності сучасно- го вчителя фізики.....	64
1.3.2. Сучасний стан використання комп'ютерних моделей в навчальному процесі.....	68
1.3.3. Використання програмно-апаратних навчальних лабораторних комплексів для моделювання фізичних явищ та процесів.....	75
1.3.4. Сучасний стан та перспективні напрями дослідження проблеми навчання комп'ютерного моделювання.....	78
1.4. Психолого-педагогічні вимоги до комп'ютерних моделей навчального призначення.....	86
Висновки до розділу 1.....	89

РОЗДІЛ 2. КОМПОНЕНТИ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ВМІНЬ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ І ПРОЦЕСІВ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ.....	91
2.1. Цілі та зміст навчання комп'ютерного моделювання.....	91
2.2. Умови формування вмінь комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів у майбутніх вчителів фізики.....	100
2.3. Методика формування вмінь комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів у майбутніх вчителів фізики.....	108
2.3.1. Формування уявлень про комп'ютерне моделювання в курсі інформатики.....	108
2.3.2. Формування вмінь та навичок комп'ютерного моделювання в курсі “Комп'ютерне моделювання”.....	124
2.3.3. Поглиблена підготовка студентів до комп'ютерного моделювання в рамках наукових гуртків та проблемних груп.....	154
2.3.4. Комп'ютерне моделювання в курсових роботах з інформатики та методики навчання інформатики.....	164
2.4. Дистанційна підтримка навчання комп'ютерного моделювання.....	167
Висновки до розділу 2.....	171
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	174
3.1. Організація та методичні особливості проведення експериментальної частини педагогічного дослідження.....	174
3.2. Аналіз результатів навчального експерименту.....	184
Висновки до розділу 3.....	190
ВИСНОВКИ.....	191
ДОДАТКИ.....	193
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	278

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

ЕОМ	Електронно-обчислювальна машина
ЕРС	Електрорушійна сила
ІКТНФ	Інформаційно-комунікаційні технології навчання фізики
МОН	Міністерство освіти і науки
ООП	Об'єктно-орієнтоване програмування
ОС	Операційна система
ОТ	Обчислювальна техніка
ПК	Персональний комп'ютер
ППЗ	Педагогічний програмний засіб
СІТН	Сучасні інформаційні технології навчання
СКМ	Система комп'ютерної математики
СУБД	Система управління базами даних
ШКІ	Шкільний курс інформатики

## ВСТУП

Одним з найголовніших завдань сучасної системи освіти в Україні [46; 47] є створення умов для формування освіченої, творчої особистості, реалізації та самореалізації її природних задатків і можливостей в освітньому процесі, збагачення цим самим інтелектуального потенціалу людини, її духовності та культури. У зв'язку з цим, а також в контексті процесу інтеграції України в єдиний європейський освітній простір актуальною є проблема загальної комп'ютерної підготовки фахівця. Адже однією з передумов входження в Болонський процес є здійснення вищими навчальними закладами медіаосвітньої підготовки вчителя, який повинен окрім використання в організації навчального процесу традиційних методів і форм навчання вміти проектувати освітнє та навчальне середовище із залученням сучасних педагогічних інформаційних комп'ютерних технологій. Це є характерною рисою європейської зони освіти.

Відповідно до “Плану дій щодо поліпшення якості фізико-математичної освіти на 2009–2012 роки” [139] актуальним завданням вищої освіти є підвищення рівня фахової підготовки майбутніх вчителів фізики, математики, інформатики. Комп'ютерне моделювання є сучасним засобом розв'язування прикладних науково-технічних задач та однією з досить потужних у пізнавальному аспекті інформаційних технологій. Вивчення комп'ютерного моделювання майбутніми вчителями фізики відкриває широкі можливості щодо використання сучасних технологій у науковій та навчальній діяльності для реалізації міжпредметних зв'язків інформатики, математики, фізики та інших предметів.

Для підвищення ефективності навчання учнів і студентів створено різні педагогічні програмні засоби, проте готові комп'ютерні програми не завжди задовольняють потреби конкретного вчителя, який може мати своє бачення програмного продукту, його призначення і форм використання. Отже, уміння описувати навколишній світ у вигляді моделей реальних процесів та явищ

повинно стати власним надбанням кожного вчителя фізики. Тому актуальною є проблема підготовки майбутнього вчителя фізики до самостійного створення програмних продуктів навчального призначення і в першу чергу комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів. У вищих навчальних закладах така робота зі студентами ведеться на ентузіазмі викладачів, а це повинен бути цілеспрямований процес.

Таким чином, вимоги спрямованого на євроінтеграцію суспільства до сучасного конкурентноспроможного фахівця виявляють низку суперечностей у системі підготовки вчителя фізики між:

- завданнями сучасної системи освіти в умовах приєднання України до Болонського процесу та відносно низьким рівнем фізико-математичної освіти;

- значенням комп'ютерного моделювання як одного з найважливіших методів наукового пізнання, що застосовується практично в усіх галузях людської діяльності і наукових досліджень, та недостатнім його відображенням у змісті підготовки студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів;

- впровадженням у сучасну шкільну освіту новітніх комп'ютерних технологій, дидактичних засобів нового покоління та недостатньою підготовленістю вчителів фізики до самостійного їх створення та використання;

- усвідомленням значущості різних аспектів проблеми навчання комп'ютерного моделювання у сучасній фізико-математичній освіті та недостатньою увагою, що приділяється формуванню вмінь самостійного створення комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів майбутніми вчителями фізики в процесі навчання інформатики.

Вказані суперечності зумовлюють актуальність проблеми пошуку змісту наскрізної підготовки, ефективних методів, прийомів і засобів формування у студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів вмінь створювати комп'ютерні моделі у процесі навчання інформатики.

Проблемам впровадження комп'ютерних моделей в навчальний процес середніх та вищих навчальних закладів присвячено багато досліджень з теорії та методики навчання фізики, зокрема таких науковців, як Гриценко В. Г. [39; 40], Жук Ю. О. [66], Іваницький О. І. [73], Коношевський Л. Л. [84], Маланюк П. М. [108], Мартинюк М. Т. [109], Мірзаєва М. А. [116], Мисліцька Н. А. [117], Муляр В. П. [126], Прудський В. І. [143], Семешук І. Л. [171], Сосницька Н. Л. [178], Фокін М. Л. [196], Яценко Т. Н. [215] та інші.

Проблеми використання програмно-апаратних навчальних лабораторних комплексів на основі комп'ютерів досліджували Денисенко О. І. [44], Желюк О. М. [65], Лапінський В. В. [93], Литвинов Ю. В. [102], Мартинюк О. С. [110], Прокопенко О. В. [10], Федішова Н. В. [192] та інші.

Окремі аспекти навчання комп'ютерного моделювання висвітлювали Бочкін О. І. [14], Гулд Х. [41; 42], Жалдак М. І. [61; 81], Лапчик М. П. [94], Михалін Г. О. [118], Могильов А. В. [119; 120], Морзе Н. В. [123; 124], Набочук Ю. К. [81], Панченко Л. Л. [135], Пак Н. І. [119; 120], Рамський Ю. С. [156, с. 26–27], Самарський О. А. [165; 166], Сєліванова Е. Т. [169], Семешук І. Л. [81; 171], Теплицький І. О. [183; 184], Тобочник Я. [41; 42], Хеннер Є. К. [119; 120] та інші.

На сучасному етапі окремі питання використання новітніх комп'ютерних технологій у навчальному процесі були і залишаються предметом досліджень багатьох науковців, зокрема Балик Н. Р. [9], Бикова В. Ю. [12], Верлани А. Ф. [24], Горошка Ю. В. [61], Єршова А. П. [58], Жалдака М. І. [61; 81], Клочка В. І. [78], Машбиця Ю. І. [113], Монахова В. М. [21], Морзе Н. В. [123; 124], Ракова С. А. [149], Рамського Ю. С. [156], Роберт І. В. [158], Сейдаметової З. С. [168], Семерікова С. О. [170], Смірної-Трибульської Є. М. [177], Співаковського О. В. [180], Спіріна О. М. [181], Триуса Ю. В. [188] та ін.

Дидактичні закономірності формування знань, вироблення вмінь, формування прийомів розумової діяльності досліджували Бабанський Ю. К. [8],

Гальперін П. Я. [30; 31; 146], Давидов В. В. [43], Лернер І. Я. [98; 99], Ляшенко О. І. [105], Паламарчук В. Ф. [134], Слєпкань З. І. [175], узагальнення положень про сутність і специфіку мислення було здійснено Брушлинським А. В. [16–18], Леонтьєвим О. М. [96; 97], Рубінштейном С. Л. [160–161], принцип поетапного формування розумових дій обґрунтовано такими психологами, як Гальперін П. Я. [30], Талізїна Н. Ф. [31; 182] та ін.

В педагогічних університетах студентами фізичних спеціальностей комп'ютерне моделювання вивчається опосередковано, епізодично і безсистемно. Галузевим стандартом підготовки бакалавра педагогічної освіти зі спеціальності “Педагогіка та методика середньої освіти. Фізика” [29] не передбачено окремої дисципліни “Комп'ютерне моделювання”, а лише змістовий модуль “Моделювання” в курсі інформатики. В той же час, спостереження за реальним навчально-виховним процесом, бесіди та анкетування учителів фізики загальноосвітніх шкіл показали недостатню обізнаність вчителів фізики з методом комп'ютерного моделювання та епізодичність використання комп'ютерних моделей для навчання учнів. Ще однією з причин такого стану є недостатня підготовленість учителів фізики і відсутність відповідного навчально-методичного забезпечення.

У цьому контексті набуває значущості впровадження у процес підготовки майбутніх вчителів фізики наскрізного навчання комп'ютерного моделювання засобами різних програмних середовищ. Актуальність цієї проблеми та її недостатня розробленість у методиці навчання інформатики зумовили вибір теми дисертаційного дослідження: “Формування вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики в процесі навчання інформатики”.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційне дослідження виконано відповідно до тематичного плану науково-дослідної роботи Інституту інформатики Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова (номер державної реєстрації 0108U000312).



Тему дослідження затверджено на засіданні вченої ради Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова (протокол № 7 від 31 січня 2008 р.) та узгоджено рішенням бюро Міжвідомчої ради з координації наукових досліджень з педагогічних і психологічних наук України при АПН України (протокол № 2 від 26 лютого 2008 р.).

**Об'єкт дослідження** – процес навчання інформатики майбутніх вчителів фізики.

**Предмет дослідження** – методика навчання комп'ютерного моделювання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів в процесі навчання інформатики.

**Мета дослідження** – розробка, наукове обґрунтування та експериментальна перевірка ефективності компонент методичної системи наскрізного навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики в процесі навчання інформатики.

**Гіпотеза дослідження:** наскрізне навчання майбутніх вчителів фізики створювати засобами різних програмних середовищ комп'ютерні моделі фізичних явищ і процесів та використовувати їх у навчальному процесі сприятиме поглибленню їхніх знань з інформатичних, фізичних та математичних дисциплін, удосконаленню вмінь та навичок роботи з різними комп'ютерними засобами, розвитку інтелектуальних здібностей, що є важливим фактором у підготовці сучасного вчителя фізики до використання інформаційних технологій у навчальному процесі.

Відповідно до мети і гіпотези дослідження були поставлені такі **завдання:**

1) вивчити і проаналізувати сучасний стан і тенденції використання комп'ютерного моделювання при підготовці майбутніх вчителів фізики;

2) розробити окремі компоненти методичної системи (зміст, засоби, методи і форми) формування вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики в процесі навчання інформатики;

3) розробити навчально-методичне забезпечення дисципліни

“Комп’ютерне моделювання”;

4) обґрунтувати педагогічну ефективність методики формування вмінь комп’ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики в процесі навчання інформатики.

Для розв’язування поставлених завдань використано комплекс **методів дослідження:**

– *теоретичні:* аналіз філософської (1.1 (тут і далі підрозділи дисертації)), психолого-педагогічної, наукової та навчально-методичної літератури з проблеми дослідження (1.1 – 1.4); систематизація та узагальнення сучасних уявлень про метод моделювання, класифікація моделей (1.1); узагальнення досвіду провідних викладачів та науковців (1.3, 2.1 – 2.4), аналіз можливостей використання тих чи інших програмних засобів у процесі наскрізного навчання комп’ютерного моделювання (2.1 – 2.3), моделювання навчального процесу (2.1 – 2.4);

– *емпіричні:* педагогічні спостереження за процесом навчання студентів та аналіз їхньої діяльності, бесіди зі студентами та викладачами, анкетування, тестування і контрольні роботи (3.1); узагальнення власного досвіду організації наскрізного навчання комп’ютерного моделювання в Уманському державному педагогічному університеті імені Павла Тичини та результатів досліджень, проведених в інших університетах (2.1 – 2.4); педагогічний експеримент (констатуючий, пошуковий і формуючий) (3.1), статистичний аналіз результатів експериментальних досліджень (3.2).

**Теоретико-методологічною основою дослідження є:**

– філософські ідеї про пізнання й відображення дійсності в людській свідомості, гносеологічні функції методу моделювання; теорія розвиваючого навчання; психологічна теорія діяльності; дослідження відомих вітчизняних і зарубіжних психологів, педагогів і методистів щодо закономірностей навчально-виховного процесу;

– нормативні документи: Закони України “Про освіту”, “Про середню освіту”, “Про вищу освіту”, Державна національна програма

“Освіта” (Україна XXI століття), Національна доктрина розвитку освіти України, Концептуальні засади розвитку педагогічної освіти України та її інтеграції в європейський освітній простір, Галузеві стандарти вищої освіти, Державна програма “Інформаційні та комунікаційні технології в освіті і науці на 2006–2010 роки”, “План дій щодо поліпшення якості фізико-математичної освіти на 2009–2012 роки” тощо.

**Наукова новизна дослідження** полягає в тому, що

*вперше*

- розроблено і обґрунтовано концепцію системи наскрізного навчання комп’ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики в процесі навчання інформатики;

- розроблено навчально-методичне забезпечення курсу “Комп’ютерне моделювання” для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів;

- обґрунтовано порядок використання в процесі наскрізного навчання комп’ютерного моделювання різних програмних середовищ;

*удосконалено:*

- зміст, методи і засоби навчання основ комп’ютерного моделювання в рамках передбаченого галузевим стандартом вищої освіти модуля “Моделювання” дисципліни “Інформатика”;

- систему контролю і оцінювання навчальних досягнень з комп’ютерного моделювання;

*подальшого розвитку дістали:*

- теоретичні засади визначення понятійного апарату комп’ютерного моделювання;

- психолого-педагогічні методи контролю рівнів сформованості інтелектуальних вмінь.

**Практичне значення дослідження** полягає у розробці та впровадженні в практику підготовки майбутніх учителів фізики навчально-методичного

забезпечення наскрізного навчання комп'ютерного моделювання з використанням різних програмних засобів, яке включає:

- програму та змістове наповнення навчання основ комп'ютерного моделювання в рамках передбаченого галузевим стандартом вищої освіти модуля “Моделювання” дисципліни “Інформатика”;
- програму та змістове наповнення курсу “Комп'ютерне моделювання”;
- навчальний посібник (з грифом МОН України) “Моделювання фізичних явищ у комп'ютерних навчальних програмах”, який містить опис 11-ти лабораторних робіт та супроводжується CD-диском з прикладами реалізації комп'ютерних моделей різними програмними засобами;
- методичні рекомендації щодо організації роботи студентського наукового гуртка з комп'ютерного моделювання;
- методичні рекомендації щодо тематики та змісту курсових робіт з комп'ютерного моделювання;
- сайт “Комп'ютерне моделювання” для підтримки (зокрема, дистанційної) навчальної діяльності з комп'ютерного моделювання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів, де розміщено комплекс навчально-методичних матеріалів, рекомендацій, публікацій і корисних посилань.

Результати дисертаційного дослідження **впроваджено** у навчально-виховний процес Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (довідка № 639/01 від 22.04.2010), Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова (довідка № 07–10/943 від 26.04.10), Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (довідка № 401–33/03 від 19.04.2010), Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (довідка № 104–4 від 14.04.2010), Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка (довідка № 04–11/473 від

23.04.2010), Криворізького державного педагогічного університету (довідка № 525/04 від 22.03.2010).

**Особистий внесок здобувача** полягає в обґрунтуванні доцільності та можливості наскрізного навчання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів комп'ютерного моделювання, у розробці та впровадженні науково-обґрунтованої методичної системи формування вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики в процесі навчання інформатики та відповідного навчально-методичного забезпечення.

Особистий внесок здобувача у працях, написаних у співавторстві, становить 50 %.

**Вірогідність та обґрунтованість** результатів дослідження забезпечується науковим і методологічним обґрунтуванням його вихідних положень, їх узгодженістю з фундаментальними концепціями навчання і розвитку особистості; ґрунтовним аналізом загальнонаукових, психолого-педагогічних, навчально-методичних робіт з тематики дослідження; використанням методів дослідження відповідних його меті і завданням; апробацією та експериментальною перевіркою основних положень дисертації; коректним кількісним і якісним опрацюванням емпіричних даних.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення і результати дисертаційного дослідження доповідались автором на наукових конференціях різного рівня: II Всеукраїнській науково-практичній конференції “Комп'ютери в навчальному процесі” (м. Умань, 2002 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції „Засоби реалізації сучасних технологій навчання” (м. Кіровоград 2003 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції „Проблеми сучасної дидактики фізики в основній школі” (м. Умань, 2003 р.); I Всеукраїнській науково-практичній конференції „Наукові засади розвитку університетської освіти в малих містах України” (м. Умань, 2003 р.); Міжнародній науково-практичній конференції „Інформаційно-комунікаційні технології у середній і вищій школі” (м. Ізмаїл, 2004 р.); Міжнародній науково-практичній конференції „Сучасні методичні

системи навчання фізики і астрономії у загальноосвітній школі” (м. Умань, 2004 р.); Всеукраїнському науково-методичному семінарі „Комп’ютерне моделювання в освіті” (м. Кривий Ріг, 2005 р.); III Всеукраїнській науково-практичній конференції „Комп’ютери в навчальному процесі” (м. Умань, 2005 р.); Міжнародній науково-практичній конференції „Наука: теорія і практика” (м. Дніпропетровськ, 2005 р.); Міжнародній науково-практичній конференції „Модернізація освіти: пошуки, проблеми, перспективи” (м. Київ – м. Переяслав-Хмельницький, 2006 р.); Міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційно-комунікаційні технології навчання” (м. Умань, 2008 р.); VII Міжнародній науково-технічній конференції “Новітні комп’ютерні технології” (м. Київ – м. Севастополь, 2009 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції “Педагогіка вищої школи: методологія, теорія, технології”(м. Тернопіль, 2009 р.); II Всеукраїнській науково-практичній конференції “Безперервна фізико-математична освіта: проблеми, пошуки, перспективи” (м. Бердянськ, 2009 р.); Всеукраїнському науково-методичному семінарі з проблем інформатизації освіти (при Інституті інформатики Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова, м. Київ, 2010 р.).

**Публікації.** Результати дослідження опубліковано у 21 науковій, навчальній та методичній працях. З них 12 праць опубліковано у фахових виданнях України [49; 50; 52; 56; 152; 153; 155; 198; 200–202; 204] (у тому числі 5 одноосібних праць [198; 200–202; 204]), 8 праць [48; 53–55; 154; 197; 199; 203] – у наукових матеріалах і тезах конференцій, 1 навчальний посібник з грифом МОН України [51].

**Структура дисертації.** Дисертація складається з переліку умовних позначень, вступу, трьох розділів, висновків до розділів, висновків, списку використаних джерел (232 найменування на 25 сторінках) та 12 додатків на 85 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 302 сторінки, 192 сторінки – основна частина, яка містить 10 таблиць і 37 малюнків.

# РОЗДІЛ 1

## НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИВЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

### 1.1. Комп'ютерне моделювання у науково-пізнавальній та навчально-пізнавальній діяльності

Для дослідження значення і місця комп'ютерного моделювання у науково-пізнавальній та навчально-пізнавальній діяльності спочатку встановимо зміст таких понять як “модель”, “моделювання” та “комп'ютерне моделювання”.

В останні десятиліття поняття моделі і моделювання знайшли широке відображення у різних галузях науки і техніки. Технологія комп'ютерного моделювання є однією з найбільш продуктивних технологій сучасного наукового пізнання. Моделювання застосовується у природничих та гуманітарних науках, у психології, філософії, соціології, педагогіці, економіці, мистецтві.

#### 1.1.1. Ретроспектива методу моделювання

Історію використання терміну модель і практичного використання методу моделювання висвітлено в [23; 28; 75; 76; 131; 166; 185; 209; 210], її можна умовно поділити на чотири етапи:

- на першому етапі моделювання застосовувалось без теоретичного обґрунтування в будівництві та архітектурі для дослідження споруд;
- на другому етапі формувались та ефективно використовувались теоретичні основи моделювання;
- третій етап характеризується детальним дослідженням методу моделювання;
- четвертим є етап кібернетичного або комп'ютерного моделювання.

Термін “модель” походить від латинського “modulus” (міра, такт, ритм, величина) і пов'язаний зі словом “modus” (спосіб, образ). Давньогрецьким

філософом Демокрітом у IV столітті до н. е. були започатковані модельні уявлення про атомну будову речовини. Його вчення знайшли розвиток у теоретичних роздумах Епікура (III ст. до н.е.). У філософському творі “Про природу речей” давньоримський філософ Тіт Лукрецій Кар (I ст. до н.е.) стверджував, що речі утворюються з маленьких частинок, які можуть зчіплюватись між собою. Стародавні філософи вибудовували теоретичні моделі не використовуючи самого терміну. Вперше поняття “модель” з’явилося у працях давньоримського інженера і архітектора Вітрувія “Десять книг про архітектуру” (I ст. до н.е.) для позначення зразку в будівництві.

Основи методу моделювання були сформульовані у працях Галілео Галілея та Ісаака Ньютона в XVII – XVIII ст. Галілей, використовуючи модель корабля у морі, довів, що неможна відрізнити прямолінійний рівномірний рух системи від стану спокою (тобто при відсутності руху) [137, с. 138]. Цей факт отримав назву принципу відносності Галілея. Він вперше показав, що існують зв’язки між різними параметрами стану механічної системи і мають місце співвідношення, які пов’язують геометричні характеристики з фізичними властивостями тіл. Спираючись на ідею механічної схожості як на деяке узагальнення геометричної подібності, І. Ньютон у праці “Математичні початки натуральної філософії” закладає основи теорії подібності для техніко-експериментального моделювання й одночасно розробляє деякі передумови теоретичного моделювання. Ньютонівська система складається з частинок, що рухаються у просторі і на які діють сили, обернено пропорційні квадратам відстаней між частинками (для випадку гравітаційних сил). Якщо положення, швидкості і маси різних частинок задані в певний момент часу, то їх положення і швидкості (як і маси, що вважаються сталими) автоматично визначені у всіх наступних моментах часу. Така модель виявилась придатною для дослідження систем багатьох частинок, на які діють не тільки гравітаційні, але й інші сили, наприклад, сили електричної, магнітної або ядерної взаємодії.



Ідеї Галілея і Ньютона не одразу знайшли застосування, а ще на протязі століть по-різному формулювались Декартом, Гюйгенсом, Лейбніцем, Ейлером, Кельвіном. Їх логічним продовженням стало відкриття закону збереження і перетворення енергії в ХІХ ст. Завдяки цьому видатному закону природознавства ідея спільності та єдності природних сил перетворилася з філософського твердження у природознавчий факт, внаслідок чого все більше застосовувались міркування за аналогією – логічна основа методу моделювання [131, с. 16].

В багатьох випадках при спробі побудувати модель того чи іншого об'єкта або неможна прямо вказати фундаментальні закони, яким він підпорядковується, або, з погляду сучасної науки, немає впевненості в існуванні подібних законів, що припускають математичне формулювання. На думку О. А. Самарського [166, с. 19], одним з плідних підходів до такого роду об'єктів є використання аналогій з уже вивченими явищами. Застосування аналогій засновано на одній з важливих властивостей моделей – їх універсальності, тобто можливості їх використання до об'єктів принципово різної природи.

У механіці Ньютона електричні поля не розглядались як реальна фізична субстанція, але фундаментальні явища, що спостерігались англійським фізиком М. Фарадеєм (1791 – 1867) під час дослідів з витками з струмом, що рухаються, магнітами і т.п., переконали його, що електричне і магнітне поля “матеріальні” з фізичної точки зору. Фарадей також висунув гіпотезу, що світло може складатись з безтілесних хвиль. Використовуючи експериментальні факти Фарадея, а також відкриття французького фізика А. Ампера (1775 – 1836) та інших дослідників, шотландський фізик і математик Дж. Максвелл (1831 – 1879) математичними рівняннями (тобто математичними моделями) описав електричні та магнітні поля. Згідно з класичною електромагнітною теорією Дж. Максвелла поля розглядались вже не як математичні додатки до “реальних” частинок в ньютонівській теорії, а як самостійно існуючі об'єкти. У своїй творчості Дж. Максвелл приділив

велику увагу проблемі побудови наочних механічних моделей для позбавлених наочності електромагнітних явищ. Крім того, він математично обрахував швидкість розповсюдження так званих електромагнітних (світлових) хвиль і передбачив існування електромагнітних хвиль, які породжуються струмом в провідниках, що було доведено німецьким фізиком Г. Герцем в 1888 році, коли він зареєстрував електромагнітні хвилі. Отже, теоретичні моделі Фарадея та математичні моделі Максвелла експериментально були підтверджені Герцем і ще у другій половині XIX ст. довели важливу роль моделювання в теоретичному пізнанні.

Для класичних форм технічного моделювання характерним є неухильне розширення трактування подібності, яке набуває при цьому все більш узагальненого вигляду. Так, наприклад, при моделюванні могли допускатися зміни масштабів оригіналу; замість геометричної подібності, коли всі деталі об'єкта змінюються в одному масштабі, могли застосовуватися різні масштаби для різних координат – афінна подібність. Теорія подібності виявилася ефективним інструментом зіставлення моделі й оригіналу. У XIX ст. з'явилися праці, в яких визначались умови подібності багатьох явищ (гідродинамічних, аеродинамічних, теплових, електричних тощо). В роботі французького математика Ж. Фур'є (у 1822 р.) було сформульовано закони однорідності рівнянь, які описують фізичні процеси. Ж. Бертран (у 1848 р.) дослідив подібність складних рухів. У 1907 р. російський вчений В. Л. Кірпічов описав загальні положення теорії подібності. А. Федерман, також російський вчений, у 1911 році довів фундаментальну теорему подібності.

В класичній математичній фізиці теорія подібності застосовується до лінійних моделей, коли можна судити про властивості об'єкта за деяким його фрагментом. Але більшість фізичних задач розв'язується за допомогою нелінійних математичних моделей, застосування до яких теорії подібності є непридатним. Одна з головних причин цього полягає в тому, що для нелінійних задач принцип подібності не виконується. Як зазначає

О. А. Самарський [165, с. 39], “у сьогоднішніх практичних задачах подібність стала настільки рідкісним дарунком долі, що серйозно розраховувати на неї не доводиться”.

Теоретичні основи моделювання розвивали і широко використовували в своїх дослідженнях відомі російські вчені-інженери [76, с. 14] К. Е. Ціолковський, О. Ф. Можайський, М. Є. Жуковський, Д. І. Менделєєв, С. О. Макаров та ін. Беручи за основу теорію подібності, К. Е. Ціолковський у 1897 році, побудувавши аеродинамічну трубу і за її допомогою, досліджуючи моделі різних літаючих апаратів, створив проект літака.

Подальше узагальнення методу моделювання пов’язується авторами [34; 121; 130; 131; 185] насамперед з чотирма найвидатнішими досягненнями наукового пізнання ХХ ст. – дослідним вивченням мікросвіту, тенденцією до математизації усього сучасного природознавства, розробкою кібернетичного підходу до вивчення складних систем і розвитком такого наукового напрямку, як загальна теорія систем.

У 1900 році Курльбаум і Рубенс виконали точні вимірювання спектру теплового випромінювання. Порівняння запропонованої Планком математичної формули (або моделі) з результатами вимірювання підтвердило повну її відповідність. Таким чином було зроблено відкриття закону теплового випромінювання Планка. В кінці 1900 року Планк опублікував свою квантову гіпотезу, в якій вперше висловлювалась думка про те, що енергія може випромінюватись і поглинатись лише дискретними квантами енергії. В 1911 році Резерфорд на основі спостережень проходження  $\alpha$ -промінів через речовину запропонував свою відому модель атома. Вона, на жаль, не змогла дати пояснення незвичайній стійкості атома, але це було зроблено в 1913 році Нільсом Бором шляхом застосування гіпотези Планка до моделі атома Резерфорда [32, с. 8].

Сучасна квантова фізика сформувалась на основі двох незалежних схем “матричної механіки” та “хвильової механіки”, запропонованих відповідно німцем Вернером Гейзенбергом у 1925 році і австрійцем Ервіном

Шредінгером у 1926 році [137, с. 191]. Ці дві абсолютно різні на перший погляд схеми були включені в більш загальну теорію як її еквівалентні елементи. Це було зроблено британським фізиком-теоретиком Полем Адрієном Морісом Діраком.

Саме на етапі становлення квантової фізики повністю був усвідомлений той факт, що хоч у природознавстві й техніці значення експериментального моделювання продовжує зростати, проте однією з суттєвих рис сучасного природознавства є неухильно зростаюча роль теоретичного моделювання [75, с. 32-40]. Використання цього методу у фізиці елементарних частинок дало змогу остаточно з'ясувати надзвичайну евристичну силу моделювання: саме у зв'язку з даною обставиною виникла науково обґрунтована впевненість у принциповій можливості пізнання різноманітних рівнів організації матерії. Фундаментальним внеском сучасної фізики у метод моделей виявилось стимулювання логіко-математичного моделювання. Відбулися докорінні зміни в розумінні ролі, яку відіграє математичний апарат у пізнанні світу.

Структура відношень об'єктів мікросвіту не є наочною, але через логіко-математичне моделювання за допомогою позбавлених наочності моделей квантової механіки стало можливим пізнання мікросвіту. Діалектичний шлях логічного пізнання від абстрактного до конкретного досить часто виступає в сучасній фізиці як шлях від абстрактної математичної моделі до фізичної теорії, яка дає інтерпретацію моделі і висловлює фізичною мовою саму суть процесу, схоплену ще до цього в особливостях математичної моделі. За словами А. Ейнштейна [211, с. 59], логічна основа фізики “все більше й більше віддаляється від даних досліду, і мисленевий шлях від основ до теорем, що з них випливають і корелюють з чуттєвими дослідями, стає все більш важким та довгим”.

Наступний етап розвитку методу моделей – кібернетичне (комп'ютерне) моделювання складних систем – виступає як історично підготовлена форма моделювання. Він розпочався наприкінці 40-х – на початку 50-х років

XX століття і був обумовлений щонайменше двома причинами. Перша з них – це поява ЕОМ, хоча і скромних порівняно з сучасними, але здатних позбавити вчених громіздкої обчислювальної роботи. Друга причина полягає в тому, що досягнення фізики і техніки відкрили перспективи реалізації найкрупніших проектів – освоєння космосу, у тому числі створення ракетно-ядерного щита, оволодіння таємницями атомної енергії, пошук нових фундаментальних законів природи. Ці завдання не могли бути реалізовані традиційними методами. Використання комп'ютерного моделювання дало змогу здійснити ядерні вибухи і політ ракет та супутників спочатку в надрах ЕОМ за допомогою математичних модулів і лише потім – на практиці. Як зазначає О. А. Самарський [83, с. 5], “Якщо результати моделювання об'єкта на ЕОМ правильно відображають його функціонування, то можна “програти” його поведінку в найрізноманітніших, часом екстремальних умовах, вибрати найбільш вигідні і зручні параметри.” Став можливим обчислювальний експеримент. Його значення важко переоцінити, особливо, якщо натурний експеримент небезпечний, дорого коштує або його неможливо реалізувати. Обчислювальний експеримент є дуже важливим тоді, коли його результати дають змогу науковцям відкривати нові явища. При цьому він не тільки не нехтує традиційними математичними методами, але й, навпаки, передбачає їх найактивніше використання. Він дає можливість, знаючи закони природи, отримати багаточислені наслідки, які без допомоги комп'ютера неможливо одержати.

Успіхи в галузі комп'ютерного моделювання визначили подальші досягнення методології, без застосування якої в розвинутих країнах жоден багатомасштабний технологічний, екологічний, економічний або соціально-політичний проект не розпочинається.

### 1.1.2. Понятійний апарат методу моделювання

Сучасне комп'ютерне моделювання переходить на новий принципово важливий етап свого розвитку, "вбудовуючись" в структуру інформаційного суспільства. Історія методології моделювання переконує, що воно може і повинно бути інтелектуальним ядром інформаційних технологій, всього процесу інформатизації суспільства. Інформаційне моделювання є складовою науково-технічного прогресу [166, с. 7].

Розвиток кібернетичних засобів та прийомів моделювання й особливо удосконалення засобів комп'ютерної техніки дають змогу комплексно моделювати взаємопов'язані об'єкти. Певні труднощі, що зустрічаються при створенні подібних моделей взаємодії об'єктів різної природи, долаються завдяки системному підходу. Принципи системного підходу (декомпозиції, цілісності, принцип багатоаспектності розгляду об'єкта, єдності цілей та ін.) і швидкодіючі комп'ютери дають змогу моделювати взаємодію окремих «зрізів» (страт, елементів об'єкта) між собою і усього об'єкта – з середовищем. Моделі, побудовані відповідно до цих принципів, називають імітаційними [185, с. 43]. Саме тому останнім часом комп'ютерне моделювання пов'язують не тільки з фундаментальними дисциплінами, а в першу чергу з системним аналізом.

Як було помічено професором Б. Г. Юдіним [213] і уточнено академіком М. М. Моїсеєвим [122] центральною процедурою в системному аналізі є побудова узагальненої моделі, яка відображає усі фактори і взаємозв'язки реальної ситуації, що можуть проявитися в процесі дослідження. Тобто основою всього системного аналізу або головним етапом дослідження при проектуванні будь-якої системи є побудова математичних моделей.

У другій половині ХХ ст. з'явилась значна кількість праць, метою яких стало дослідження методу моделювання як загальнонаукового. Фундаментальні дослідження в цій галузі знань здійснили такі вітчизняні вчені, як М. Г. Алексєєв, М. М. Амосов, В. А. Веніков, Б. О. Глинський, В. М. Глушков, Ю. А. Жданов, Б. М. Кедров, І. Б. Новік, І. І. Ревзін,

І. Т. Фролов, В. О. Штофф, Б. Г. Юдін, А. І. Уємов та інші. У працях цих вчених проведено аналіз методу моделювання як методу пізнання, досліджено його зв'язки з іншими науковими методами, розглянуто специфіку різного роду моделей, з'ясовано особливості їх використання.

Дослідники відмічають, що модель є проміжною ланкою, за допомогою якої опосередкується практичне або теоретичне освоєння об'єкта [28; 131; 174]. Аналіз основних форм розвитку і етапів використання моделей приводить до загального висновку: в сучасному науковому пізнанні спостерігається тенденція до узагальнення змісту, закладеному в понятті моделі. Так, постійно розширюється сфера застосування та зростає багатоманітність його форм при збереженні деякої, єдиної основи всіх типів і видів моделей [28, с.6].

**1.1.2.1. Тракткування поняття моделі.** В матеріалістичному трактуванні поняття моделі існує два підходи. Перший пов'язаний з специфічною властивістю моделі – аналогії її з оригіналом, а другий – з функцією евристичного замісника оригіналу. При цьому головною і найбільш загальною вимогою є істотність схожості і несуттєвість відмінності моделі з оригіналом. Аналог же тільки тоді буде виступати як модель, коли в силу притаманних йому особливостей буде використовуватись для пізнання оригіналу.

Визначення поняття моделі та моделювання у своїх дослідженнях науковці трактують по-різному, хоча їх формулювання і схожі за змістом.

Штофф В. О. [209, с. 19] розуміє під моделлю “мислено уявну або матеріально реалізовану систему, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна замінювати його так, що її вивчення дає нам нові відомості про цей об'єкт”. В цьому визначенні можна виділити чотири основні ознаки моделі:

- модель – це мислено уявлювана або матеріально реалізована система;
- модель відображає або відтворює об'єкт дослідження;
- моделлю можна замінювати об'єкт;
- вивчення моделі дає нові відомості про об'єкт.

У працях [74; 76; 83; 131; 172] дослідники дотримуються такого ж підходу до визначення поняття моделі.

Автори [11; 14; 75; 162; 179] є прихильниками іншого трактування поняття моделі. Модель – це система, що містить у собі суттєві для даної задачі параметри об'єкта дослідження і не містить несуттєвих його властивостей. Тобто модель – це спрощене, ідеалізоване представлення явищ або об'єктів дійсності. При цьому ступінь спрощення та ідеалізації при побудові моделей може з часом змінюватись у відповідності до мети дослідження.

Ми пропонуємо для тлумачення поняття моделі деякий симбіоз попередньо розглянутих визначень, якого і будемо дотримуватись у нашому дослідженні. *Отже, модель – це система, що перебуває у певній відповідності з оригіналом і містить суттєві для даної задачі його властивості, якою можна заміщувати оригінал та здобувати в процесі її дослідження нові дані про об'єкт або відтворювати певні його властивості.*

Відповідність між моделлю і оригіналом може існувати на різних рівнях:

- на рівні збігу окремих елементів структури моделі та оригіналу;
- на рівні збігу деяких їх окремих характеристик;
- на рівні збігу функціонального зв'язку між величинами, що їх характеризують;
- на рівні схожості відношень між елементами моделі та елементами об'єкта вивчення.

Узагальнивши всі визначення, можна зробити висновок, що усяка досліджувана модель повинна відповідати таким вимогам:

- однозначно представляти відповідний об'єкт дослідження, створений природою або людиною;
- бути допоміжним природним або штучним об'єктом, який замінює оригінал у процесі дослідження і дає змогу одержати про нього відповідні відомості на даному етапі дослідження;
- мати ті властивості оригіналу, які істотні для даного дослідження.



Модель і моделювання – це універсальні поняття, атрибути одного з найбільш потужних методів пізнання в будь-якій професійній сфері, пізнання системи, процесу, явища. Як зазначає І. Б. Новік, “процес узагальнення моделювання, що проходить через усю історію науки, має принципове значення для розуміння тенденцій розвитку всього сучасного наукового пізнання” [131, с. 12].

Моделювання – складний діалектичний процес, що складається з багатьох етапів. Як зазначає академік Л. І. Сєдов [167, с. 455], моделювання – це заміна вивчення явища в природі вивченням аналогічного явища на моделі меншого або більшого масштабу, зазвичай в спеціальних лабораторних умовах. Основний зміст моделювання полягає в тому, щоб за результатами дослідів з моделями можна було дістати потрібну відповідь про характер ефектів та різні величини, які пов’язані з досліджуванним об’єктом.

С. Ю. Каменецький та Н. А. Солодухин [76, с. 4] під моделювання розуміють такий специфічний метод пізнання, який включає побудову моделей (або вибір готових) та дослідження їх з метою одержання нових відомостей про фізичний об’єкт, що розглядається.

В науковій літературі моделювання розглядається як один з методів пізнання, досліджуються тенденції, функції, особливості застосування цього методу в наукових дослідженнях.

Моделювання – це вивчення об’єктів пізнання за допомогою їх моделей. При цьому дослідник має справу не з реальним об’єктом, а з його моделлю [179, с. 13]. Результати дослідження моделі переносяться на реальний об’єкт. Моделювання може використовуватись і для побудови реального об’єкта. Ще неіснуючі об’єкти моделюються для виявлення їх суттєвих характеристик, раціональних способів їх побудови, прийомів управління ними, прогнозування критичних ситуацій, які не виключені при функціонуванні створюваних об’єктів.

Отже, моделювання є одним з основних методів пізнання, формою відображення дійсності і полягає у виявленні або відтворенні тих чи інших

властивостей реальних об'єктів, явищ та процесів за допомогою інших об'єктів, явищ та процесів абстрактно описаних у вигляді зображення, плану, карти, сукупності рівнянь, алгоритмів та програм. Моделювання забезпечує інтеграцію теорії та емпіричних даних.

**1.1.2.2. Класифікація моделей і моделювання.** Кожен оригінал може мати велику кількість моделей. Конкретний тип моделі визначається метою її розробки, а також тими засобами та методами, які для цього використовуються. Виникає потреба класифікувати існуючі моделі та відповідні форми моделювання. В науковій літературі є ряд класифікацій моделей і моделювання [11; 14; 23; 28; 74; 75; 76; 125; 130; 131; 156; 162; 179; 183; 209 та інші]. В залежності від галузі дослідження в основу існуючих класифікацій, які пропонуються науковцями, покладено саме ті властивості моделей, які найбільше їх цікавлять, вивчаються ними.

В класифікації, запропонованій І. Б. Новіком [131, с. 72–80], моделі поділяються на групи: гіпотези, наочні аналогії, технологічні записи, програмні рішення, економічні моделі, виробничо-експериментальні, аналогові, структурні, функціональні. В. М. Казієвим та К. В. Казієвим [74] розроблено класифікацію моделей за кількома критеріями: за призначенням та за рівнем моделювання. А. І. Бочкін [14, с. 341–345], класифікує моделі, не виділяючи основу класифікації: дискретні та неперервні, детерміністичні, матричні, скалярні, статичні, динамічні, аналітичні, імітаційні, інформаційні, математичні, предметні, образно-знакові, масштабні. Автори [179, с. 14–15] притримуються іншої класифікації. Вони поділяють моделювання на концептуальне, фізичне, структурно-функціональне, математичне (логіко-математичне), імітаційне (програмне), комп'ютерне (обчислювальне).

Більшість авторів [23; 75; 76; 125; 172; 183; 209] поділяють всі існуючі моделі на два великі класи (за способом подання): матеріальні та ідеальні.

Під матеріальною моделлю досліджуваного об'єкта розуміють деякий матеріальний фізично існуючий об'єкт, подібний до оригіналу та здатний заміщати його в процесі експерименту (або пізнання). Призначенням

матеріальних моделей є відтворення структури, характеру перебігу, змісту досліджуваного об'єкта, процесу або явища [76, с. 6].

Ідеальні моделі описують властивості оригіналу, тобто містять про нього певні відомості. Пізнавальне значення ідеальних моделей полягає в тому, що вони дають змогу створювати стійкі теорії, на яких ґрунтуються певні кількісні передбачення. Розмірковуючи про зміст ідеальної моделі та її місце у пізнанні явищ, академік А. Ф. Іоффе [172, с. 34] пише, що не можна заперечувати користь моделей при вивченні фізичних явищ. Вдало побудована модель спрощує висновки з відомих фактів і дає змогу ставити нові дослідні, які ведуть науку вперед. Однак фізична модель – зовсім не образ явища, а спрощена схематична картина, заснована на аналогії. Добре, якщо схожість охоплює досить велику і суттєву для даного явища групу властивостей. Підібрані за цими ознаками фізичні моделі дають можливість переносити добре відомі закономірності процесів всередині моделі на нову, ще недостатньо вивчену область явищ. В тих межах, в яких аналогія дійсно має місце, вдала фізична модель дає змогу передбачати результати дослідів, шукати нові прояви досліджуваних процесів і на їх основі уточнювати модель. Часто протягом довгого періоду модель служить провідною зіркою наукового дослідження, тоді з'являються її адепти, які підміняють нею істинну багатоманітність реального світу. Але частіш за все модель – тільки супутниця до одного з поворотів, де шляхи явища, що вивчається, і його моделі розходяться.

Класифікації моделей В. О. Штоффа [209, с. 34] (рис. 1.1) та В. А. Венікова [23, с. 32] (рис. 1.2) близькі за своєю структурою та верхніми рівнями. Суттєві відмінності спостерігаються на нижчих рівнях, оскільки в основу класифікації В. А. Венікова покладено виробничі задачі, тому автором виокремлюється група натурних моделей. Цього класу моделей у В. О. Штоффа немає, вони віднесені до фізично-подібних, оскільки на таких моделях планується вивчення механічних, динамічних, кінематичних законів. Узагальненнями натурних даних можуть бути і схеми, і таблиці, і графіки.

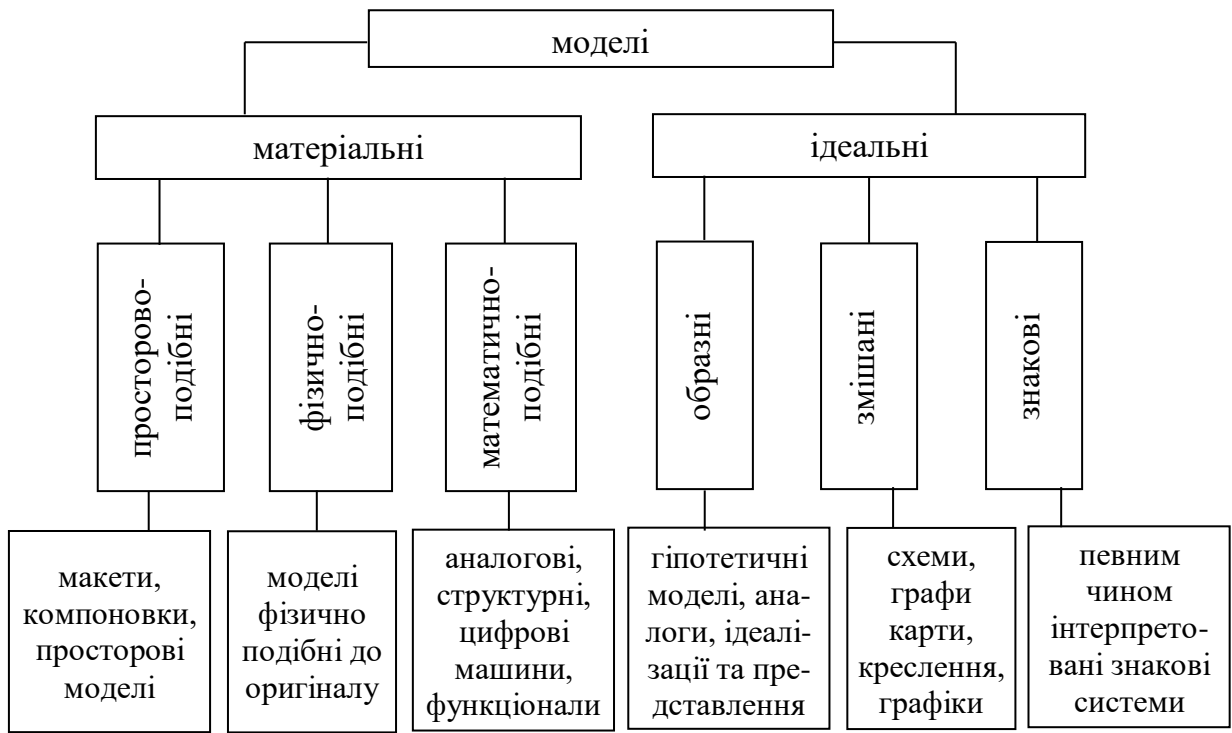


Рис. 1.1. Класифікація моделей за В. О. Штоффом

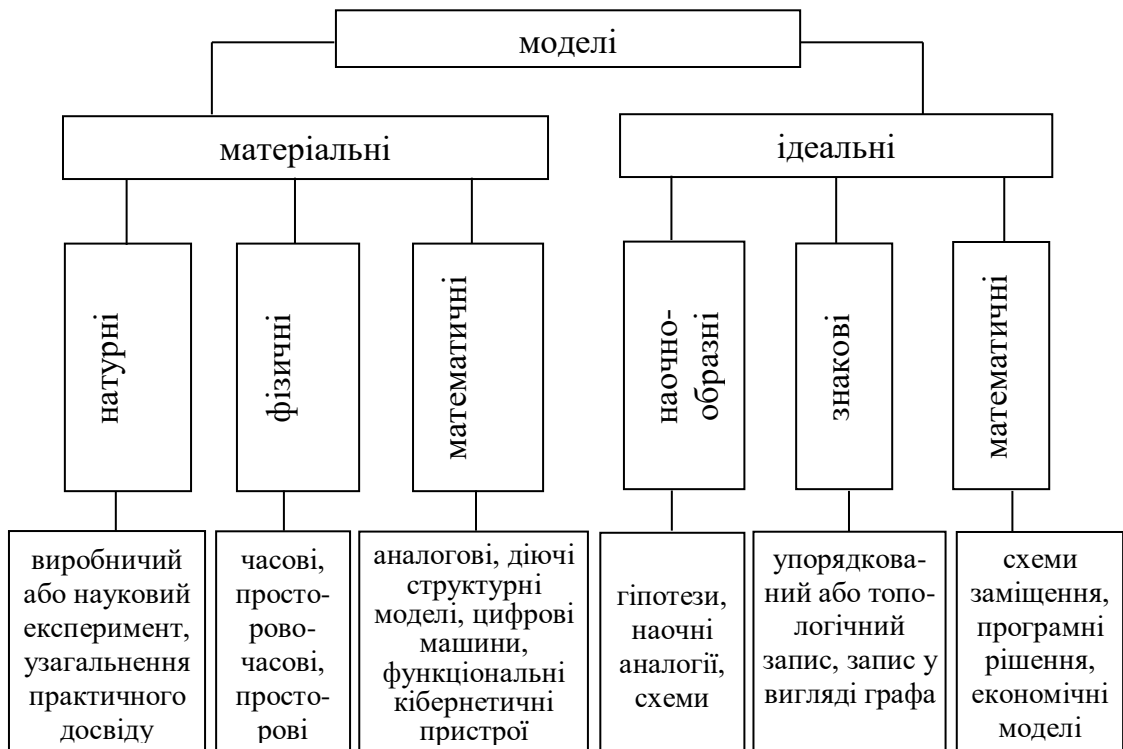


Рис. 1.2. Класифікація моделей за В. А. Веніковим

В класифікації моделей за В. А. Веніковим, на нашу думку, є неточність, оскільки ідеальні математичні моделі належать до знакових.

Деякі інші дослідники не погоджуються з таким поділом усіх моделей на матеріальні та ідеальні, оскільки така основа класифікації, на їхню думку, веде до змішування спеціальної природничонаукової й технічної термінології

з філософською. Їм, у свою чергу, заперечує К. Є. Морозов: “По-перше, ... класифікація всіх видів моделей, що ними користуються в конкретних науках, дійсно не може бути справою ні фізика, ні біолога, ні кібернетика. Це галузь методології науки взагалі, і тому це справа філософів та логіків. Якщо ж класифікацією займається той чи інший представник деякої конкретної науки (це можна лише вітати), то він на деякий час стає філософом. І, по-друге, виникає питання, чому представникам конкретних наук не можна користуватися філософськими поняттями?” [125, с. 46–47]. Він вважає, що заслуговує на увагу детальна класифікація, яку наводить В. О. Штофф. Проте, як зазначає К. Є. Морозов, на ній позначилося намагання автора виключити з числа моделей деякі їх види. Класифікація, яку пропонує К. Є. Морозов, також складається з двох великих класів (рис. 1.3).

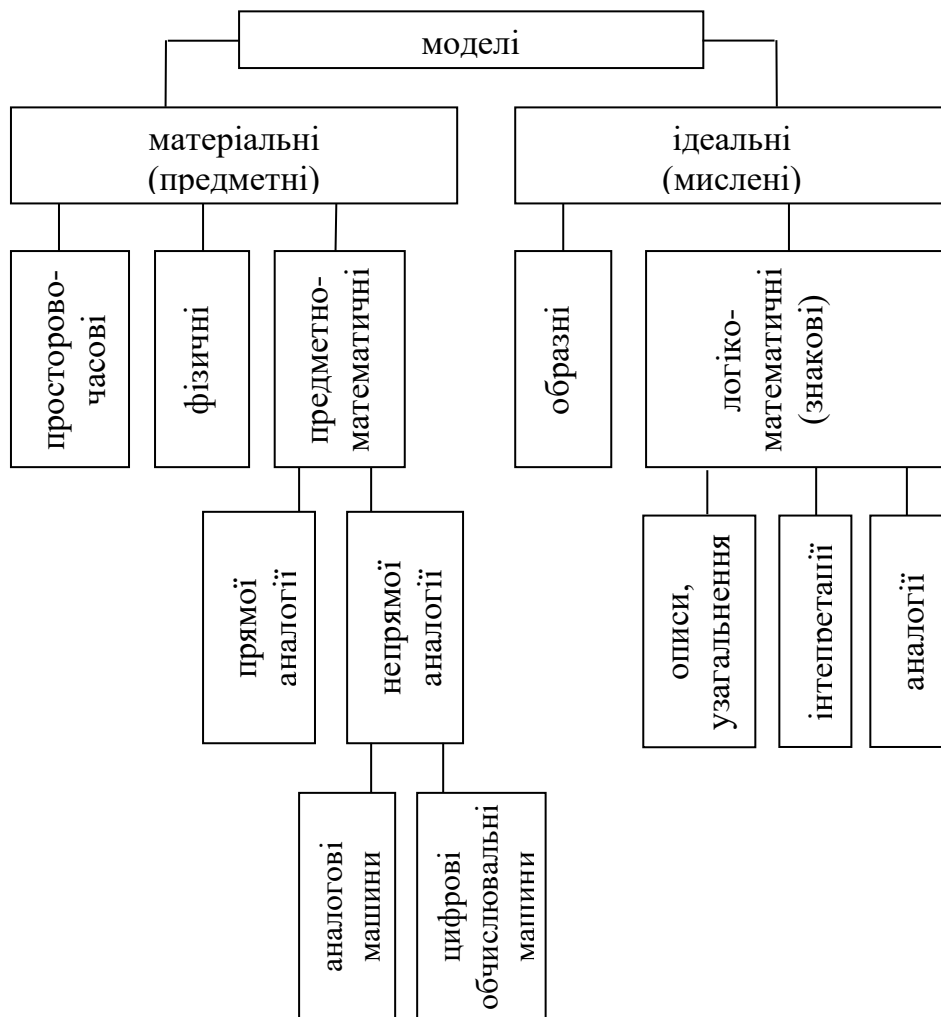


Рис. 1.3. Класифікація моделей за К. Є. Морозовим

В. Д. Руденко [162] класифікує моделі за трьома ознаками: за способом представлення, за призначенням, за станом (рис. 1.4). За призначенням автором розрізняються чотири типи моделей: науково-дослідницькі, імітаційні, навчальні, ігрові. Але, як зазначає В. Д. Руденко, “імітаційні моделі також розробляються для дослідницьких цілей”, отже, їх можна віднести до науково-дослідницьких.

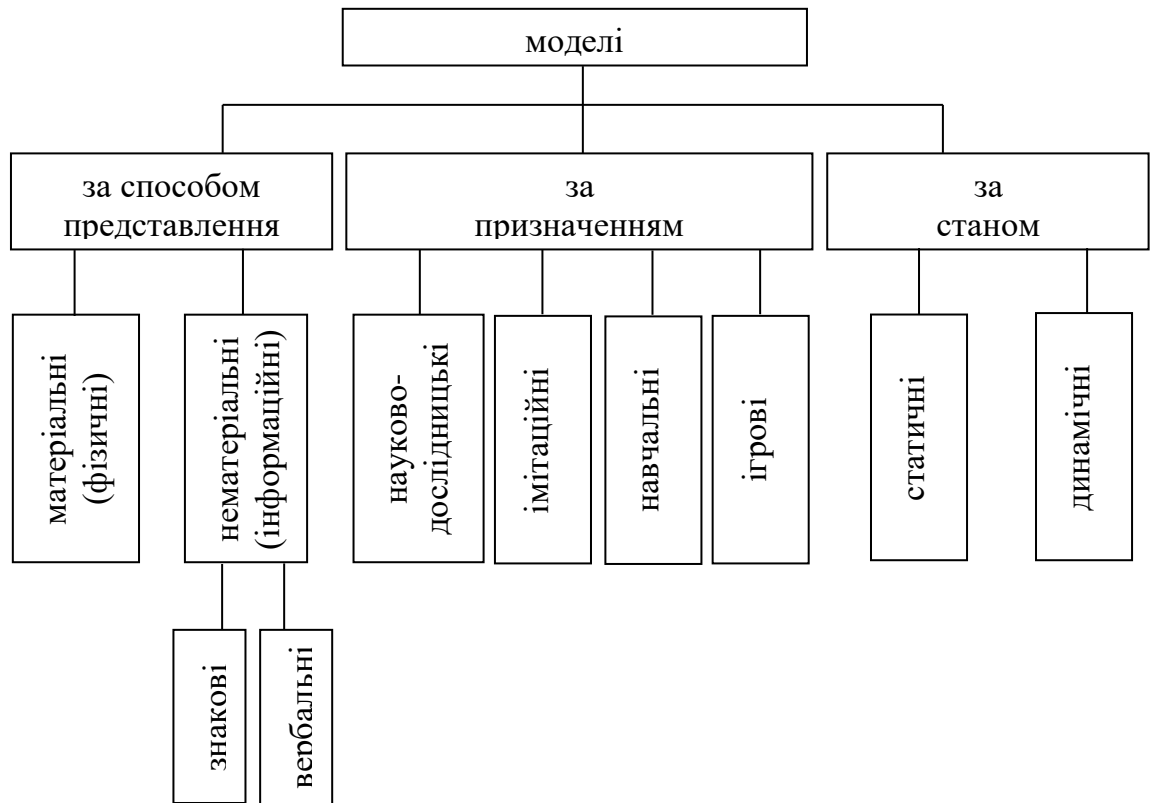


Рис. 1.4. Класифікація моделей за В. Д. Руденком

Отже, на даний момент не існує єдиної універсальної класифікації, яка б враховувала всі ідентифікаційні характеристики моделей та сфери їх застосування.

Проаналізувавши всі розглянуті варіанти класифікацій моделей можна запропонувати таку (рис. 1.5).

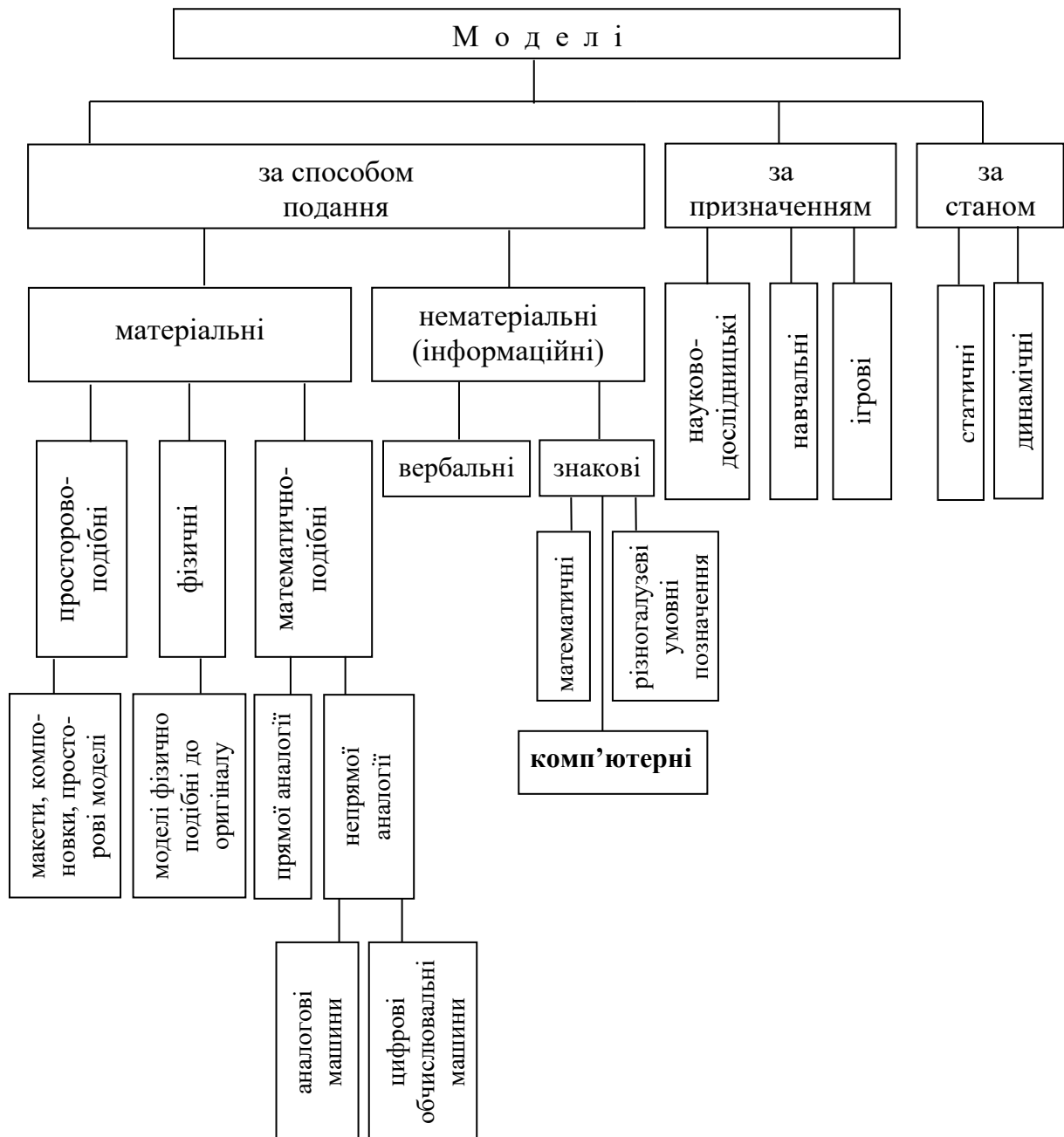


Рис. 1.5. Узагальнена класифікація моделей

Як бачимо з класифікації, одним з видів знакових моделей є комп'ютерні (це знакові моделі, що реалізуються за допомогою комп'ютера), вони і є предметом нашого дослідження.

Під комп'ютерною моделлю розуміють [179, с. 37]:

- умовний образ об'єкта або деякої системи об'єктів (процесів або явищ), описаний за допомогою комп'ютерних засобів і такий, що відображає структуру і взаємозв'язки між елементами об'єктів; комп'ютерне моделювання такого виду називають структурно-функціональним;

- окрему програму, сукупність програм або програмний комплекс, що дає змогу за допомогою послідовності обчислень і графічного відображення їх результатів відтворювати (імітувати) процеси функціонування об'єкта (системи об'єктів), процесу або явища при впливі на них різних чинників; такі моделі називають імітаційними.

Для створення комп'ютерної моделі потрібно володіти знаннями самої моделі (її структури, процесів, функцій) як системи, яку задано з метою відтворення деякого об'єкта, а також теоретичними знаннями, за допомогою яких було створено модель.

**1.1.2.3. Комп'ютерне моделювання.** Комп'ютерне моделювання – це метод розв'язування задач аналізу або синтезу складної системи на основі використання її комп'ютерної моделі.

Неможливо уявити сучасну науку без широкого застосування комп'ютерного моделювання. Суть цього методу полягає у заміні об'єкта-оригінала його “образом” – моделлю – і подальше дослідження моделі за допомогою реалізованих на комп'ютері обчислювально-логічних алгоритмів. Як зазначає О. А. Самарський [165, с. 5], “Цей “третій метод” пізнання, конструювання, проектування суміщає в собі багато переваг як теорії, так і експерименту. Робота не з самим об'єктом (явищем або процесом), а з його моделлю дає можливість безболісно, відносно швидко і без суттєвих витрат дослідити його властивості і поведінку в будь-яких ситуаціях (переваги теорії). В той же час обчислювальні (комп'ютерні, симуляційні, імітаційні) експерименти з моделями об'єктів дають змогу, спираючись на можливості сучасних обчислювальних методів і технічних інструментів інформатики, докладно і глибоко вивчати об'єкти у достатній повноті, яка недоступна чисто теоретичним підходам (переваги експерименту)”.

Метою комп'ютерного моделювання є не тільки опис наявних властивостей і характеристик об'єкта, але й передбачення його поведінки у нестандартних ситуаціях. Один з основних напрямів використання комп'ютерного моделювання – пошук найкращих варіантів зовнішнього



впливу на об'єкт з метою отримання найвищих показників його функціонування. З цього приводу А. Ф. Верлань зауважує: “Глибокий аналіз та комплексне дослідження процесів, що відбуваються у різноманітних технічних, біологічних та соціально-економічних системах, неможливі без їхнього моделювання, зокрема, комп'ютерного. Таке моделювання дає змогу простежити перебіг подій у складних системах при різних комбінаціях зовнішніх та внутрішніх факторів, визначити оптимальну структуру таких систем тощо. Застосування сучасних комп'ютерних технологій та відповідного програмного забезпечення значно прискорює такий аналіз і підвищує його якість” [24, с. 26].

Жодне технічне досягнення не вплинуло так на інтелектуальну діяльність людини, як персональні комп'ютери. Комп'ютери допомогли розв'язати багато задач, що становили практичний інтерес, і які раніше або не можна було довести до логічного розв'язку, до числового результату, або можна було, проте лише окремі, вдало сформульовані, причому, як правило ціною великих обчислювальних зусиль. Комп'ютери проникають в усі сфери інтелектуальної діяльності людини, стають одним з вирішальних факторів прискорення темпів науково-технічного прогресу.

Цикл комп'ютерного експерименту поділяється на декілька етапів [83, с. 29–35]. І хоча такий поділ є в значній мірі умовним, однак він дає змогу краще зрозуміти сутність цього методу проведення теоретичних досліджень.

По-перше, визначають цілі моделювання, аналізують досліджуваний об'єкт, будують його модель. Спочатку створюють фізичну модель, в якій фіксують розподіл характеристик об'єкта (факторів, що впливають на явище) на суттєві і несуттєві, які на даному етапі дослідження відкидають. Одночасно формулюють припущення, або рамки застосовування моделі, у яких будуть мати зміст отримані результати. Характеристики об'єкта описують певною мовою, зокрема, за допомогою математичних термінів. Далі проводять попередній аналіз моделі: з'ясовують, чи коректно поставлено задачу, чи має вона розв'язок, чи є цей розв'язок єдиним і т.п.

На другому етапі комп'ютерного моделювання розробляють обчислювальний алгоритм (метод розв'язування сформульованої математичної задачі). Як правило, можна навести багато обчислювальних алгоритмів для одної задачі. Для визначення кращого слід сформулювати критерії оцінювання якості обчислювального алгоритму (щодо точності розв'язку, часу отримання розв'язку тощо).

Третій етап – реалізація розробленого алгоритму на комп'ютері засобами прикладних програм або мовою програмування.

Четвертий етап присвячують проведенню розрахунків на комп'ютері. “Це той самий етап обчислювального експерименту, коли найбільш чітко виявляється його схожість з експериментом натурним. Тільки, якщо в лабораторії експериментатор за допомогою спеціально побудованої установки задає запитання природі, то спеціалісти з обчислювального експерименту за допомогою ЕОМ ставлять ці запитання математичним моделям” [83, с. 33]. Результатом розрахунків є деякі числові дані, які перевіряють для визначення достовірності математичної моделі і щоб з'ясувати на скільки вона адекватна досліджуваному класу явищ.

Після цього настає етап прогнозу, коли передбачають поведінку досліджуваного об'єкта, процесу або явища за допомогою комп'ютерної моделі в умовах, при яких експеримент ще не відбувався або при яких його проведення є неможливим.

Під час останнього етапу обробляють результати обчислень, проводять їх всебічний аналіз, роблять висновки.

Говорячи про процес моделювання, О. А. Самарський [166, с. 7] зауважує: “Його можна умовно розбити на три етапи: *модель – алгоритм – програма...* Створивши *тріаду ...*, дослідник дістає в руки універсальний, гнучкий і недорогий інструмент, який спочатку налагоджується, тестується у “пробних” обчислювальних експериментах. Після того, як адекватність (достатня відповідність) тріади вихідному об'єкту встановлена, за допомогою моделі проводяться різноманітні і докладні “досліди”, які дають всі необхідні

якісні та кількісні характеристики об'єкта. Процес моделювання супроводжується покращенням та уточненням, якщо з'являється така необхідність, всіх складових тріади... Створення та застосування тріади неможливе без опори на різні методи та підходи – від якісного аналізу нелінійних моделей до сучасних мов програмування. Воно дає нові додаткові стимули різним напрямам науки.”

З цього ж приводу висловлюється Ю. С. Рамський: “елементи цієї тріади і комп'ютер, узяті разом, утворюють теоретичну і практичну базу математичного моделювання. Найбільш застосовною для вивчення є така схема етапів циклу комп'ютерного моделювання: об'єкт – модель – алгоритм – програма – комп'ютер – управління об'єктом, дослідження об'єкта” [156, с. 27].

В навчально-пізнавальній діяльності моделювання використовується за такими напрямами [200]:

1) моделювання як методологічний засіб у наукових дослідженнях – в цьому розумінні зустрічається у філософській літературі і означає формальне представлення реальних процесів, відтворення характеристик деякого об'єкта на іншому спеціально створеному об'єкті (моделі) для їх вивчення;

2) моделювання навчального процесу – використовується в методиці навчання, перекликається з плануванням, його можна визначити як детальний опис розділів, практичних та лабораторних робіт на різних рівнях ієрархії системи освіти;

3) фізико-технічне моделювання передбачає створення матеріальних моделей об'єктів, явищ та процесів у вигляді приладів та установок, які можна використовувати в процесі навчання різних предметів у середніх та вищих навчальних закладах; цей напрям достатньо повно висвітлюється в роботах Л. Р. Калапуши [75], Н. А. Солодухіна і С. Ю. Каменецького [76], М. П. Семикіна і В. А. Любичанковського [172] та інших авторів;

4) комп'ютерне моделювання, тобто створення та впровадження в навчальний процес ефективних моделей таких досліджень, де засобом діяльності є комп'ютер.

### 1.1.3. Моделювання як метод наукового пізнання

У філософській літературі моделювання є однією з основних гносеологічних категорій, одним із сучасних методів наукового пізнання. Підтвердженням цього є широке використання моделей в усіх галузях і на всіх етапах наукових досліджень. Сьогодні різноманітні моделі застосовуються як у природничо-науковому і соціально-гуманітарному пізнанні, так і в практичній діяльності людей, що робить особливо актуальним аналіз їх пізнавальної природи. Розглянемо роль і місце моделювання у науковому пізнанні.

Впродовж усієї еволюції людство пізнає світ. Наукове ж пізнання налічує всього лише кілька тисячоліть. Виникнення його пов'язане з суспільним розподілом праці, відокремленням розумової праці від фізичної і перетворенням розумової праці, духовної діяльності у відносно самостійну сферу. Основне завдання науки полягає в узагальненні та систематизації знань окремих учених і наукових колективів. Безпосередньою метою науки є опис, пояснення й передбачення процесів і явищ дійсності, що становлять собою предмет її вивчення на основі відкритих нею законів природи, суспільства і людського мислення.

Характеризуючи сучасні тенденції розвитку наукових теорій, відомий філософ П. Козловський зазначав, що наука нині вагається між ультрареалізмом та функціональністю [79]. З одного боку, вона схиляється до екстремального реалізму, де теорія прирівнюється до дійсності та актуалізуються колишні спроби посилити референтність науки. З іншого, наука дедалі більше користується вигадкою, симуляцією як методом та посилює свій функціоналізм. У природничих науках відбувається “дематеріалізація” досліджень, під час якої контакт з матеріалом здійснюється за допомогою надскладних вимірювальних приладів, а не шляхом чуттєво-спостережних вимірювань та зважувань. *Дедалі більшу роль відіграє створення нових моделей та їх застосування дослідниками.*

Наукове пізнання – це процес спрямований на досягнення істинного та достовірного, систематизованого знання, здатного пояснити процеси та явища, передбачити їхні можливі зміни і бути застосованим практично [195, с. 263].

Наукове знання як продукт пізнання, його результат є функціонуючою системою знань у певній галузі. В методології виділяють такі якості наукового знання [105, с. 14]:

- предметна спрямованість і раціональний характер, що забезпечується і підтверджується істинністю здобутих знань;
- системність, основна логічна форма якої виявляється в побудові теорії, що дозволяє осмислити структуру та рівні пізнання;
- можливість перевірки (або спростування) знання будь-яким суб'єктом пізнання;
- логічна точність і понятійна визначеність, однозначність усіх його форм;
- евристичність і прогностична сила, що надають йому динамічну здатність до саморозвитку, коли здобуті знання стають засобом одержання нових знань, теорія стає методом.

Наукове знання є динамічною системою, що постійно розвивається і змінюється як у кількісному (з'являються нові елементи), так і в якісному плані (встановлюються нові зв'язки). Саме в цьому аспекті розрізняють *теоретичне* та *емпіричне знання*, які відрізняються одне від одного тим, що перше *формується на основі* логічної процедури категоріального узагальнення емпіричного матеріалу *шляхом ідеалізації, моделювання і формалізації*; друге – будується на узагальненні даних чуттєвого досвіду шляхом порівняння, класифікації, систематизації та генералізації [105, с. 14].

Автори [195, с. 274], аналізуючи методи наукового пізнання, їх зміст, специфіку, значення для пізнання, визначають науковий метод як внутрішню закономірність руху людського мислення або об'єктивну закономірність в людській свідомості, що використовується як знаряддя пояснення та

перетворення світу. Методи обумовлюються особливостями об'єкта та предмета пізнання, законами їх розвитку, зафіксованими у свідомості суб'єкта пізнання. Метод пізнання має спрямовувати наукову думку відповідно до природи досліджуваного об'єкта, бути адекватним йому. Метод формується та розвивається в процесі активного впливу суб'єкта на об'єкт, твориться суб'єктом, але визначається об'єктом пізнання.

Метод моделювання надзвичайно розширює можливості наукового пізнання, оскільки дає змогу наочніше уявляти досліджувані явища, “наближати” їх, усувати шкідливий вплив супровідних сторонніх факторів, тобто досліджувати їх у “чистому вигляді” [195, с. 271].

В багатьох дискусіях, присвячених гносеологічній ролі і методологічному значенню моделювання, термін “моделювання” використовується як синонім пізнання, теорії, гіпотези і т.п. Часто модель розуміють як синонім теорії у випадку, коли теорія ще недостатньо розроблена, в ній мало дедуктивних кроків, багато спрощень, нез'ясованостей (наприклад, у фізиці термін “модель” застосовується для позначення попереднього зображення або варіанту майбутньої теорії при умові значних спрощень, що вводяться з метою забезпечення пошуку шляхів, що ведуть до побудови більш точної і досконалої теорії).

Істотною ознакою, що відрізняє модель від теорії, на думку І. Т. Фролова [191, с.122], є не рівень спрощення, не ступінь абстракції, а отже, не кількість цих досягнутих абстракцій, а засіб вираження цих абстракцій, спрощений і відокремлений, характерний для моделі.

Дослідженню загальногносеологічних підходів до визначення терміну “модель” та функцій моделей у науковому пізнанні присвячено праці І. С. Алексєєва, М. Вартовського, В. А. Венікова, Ю. Гастєєва, Б. А. Глінського, В. М. Глушкова, Б. С. Грязнова, Б. С. Диніна, А. А. Зинов'єва, В. К. Лукашевича, Я. Г. Неуйміна, Є. П. Нікітіна, І. Б. Новіка, І. І. Ревзіна, А. І. Уємова, В. О. Штоффа, Г. П. Щєдровицького та ін.

Характерною ознакою того, що модель є не просто технічним поняттям тої чи іншої науки або ж окремим прийомом дослідження, а саме гносеологічною категорією, як то поняття досліду, гіпотези і т.п. є боротьба різних філософських напрямів навколо цієї категорії [209, с. 36].

Дискусія про роль і місце моделей у пізнанні вже триває багато десятків років. За цей час визначились *дві основні лінії гносеологічних досліджень: матеріалістична та ідеалістична.*

В матеріалістичній гносеології модель є одним із способів пізнання, засобом відображення людиною матеріального світу. Модель тут є образом об'єктивного світу. Специфіка цього образу пов'язана з численними видами моделей, способами їх побудови, ступенем наочності, характером спрощення та ідеалізації, але загальною для всіх моделей властивістю вважається саме те, що вона так чи інакше відтворює об'єктивну дійсність [210, с. 21].

Так розуміли поняття моделі майже всі видатні природознавці XIX – XX ст., які використовували метод моделювання як важливий засіб пізнання: С. І. Вавілов, Г. Герц, Л. Д. Ландау, Г. Лоренц, Д. Максвелл, В. Томсон, В. А. Фок та багато інших.

На відміну від матеріалістичного розуміння поняття моделі прихильники ідеалістичної гносеології заперечували її об'єктивне значення та розуміли модель як засіб впорядкування почуттєвої багатоманітності, конкретизації загальних положень або як зручний прийом, який дає змогу перейти від довільної аксіоматичної теорії до почуттєвих даних, досвіду [210, с. 25].

Взагалі, в рамках ідеалістичної теорії пізнання зустрічаються різні варіанти трактування ролі моделей у пізнанні, але загальним для них є спростовування розуміння моделі як засобу відображення об'єктивного світу.

Обґрунтована критика ідеалізму в сфері методологічних питань моделювання міститься в роботах Штоффа В. О. [209; 210]. Так, в [210, с. 47] зазначається, що діалектико-матеріалістичній філософії та наукам не притаманний такий метафізичний поділ на світ явищ, доступний фізичним

операціям, вимірюванням і спостереженням, та світ, що доступний лише онтологічному аналізу і виявляється насправді ні чим іншим, як “вимислом неосхоластики, словесною лузгою”, словами позбавленими усілякого значення, беззмістовними поняттями. Навпаки, розкриття внутрішніх зв’язків між явищами, елементами, подіями зовнішнього світу, вивчення різного роду типів і форм зв’язків, виявлення внутрішніх механізмів, закономірностей складних процесів і т.п. – це і є проникнення у сутність явищ. І в цьому багатоступінчатому процесі пізнання сутності різноманітних явищ важлива роль належить моделям.

Великий внесок в розробку діалектико-матеріалістичного розуміння ролі моделей у пізнанні належить перш за все видатному радянському фізику С. І. Вавілову. Він умовно називає метод побудови теоретичних (ідеальних) моделей методом модельних гіпотез. Цей метод за своїм походженням пов’язаний з тими наочними образами та уявленнями про оточуючий світ, які виникають у кожної людини. Як науковий метод класичної фізики він ґрунтувався на припущенні, що абсолютно всі явища світу за своїми законами та властивостями схожі і навіть тотожні явищам звичного нам світу звичайних людських масштабів, де тіла рухаються за законами механіки. Уявлення, побудовані на основі даного припущення, є, на думку С. І. Вавілова, точною моделлю для теорії процесів, внутрішня сутність яких прихована від звичайного спостереження та дослідження [20, с. 156].

Новік І. Б. підкреслює, що пізнання – це цілісний діалектичний процес, з якого неможна метафізично вирвати окремі ланки та представити їх деякими неповноцінними формами знання. Всі складові процесу пізнання – і сприймання, і поняття, і модель, і теорія, та всі інші – однаково необхідні як певні етапи більш глибокого проникнення в об’єктивну дійсність [131, с. 5]. Це свідчить про об’єктивну природу методу моделювання і спростовує його ідеалістичне трактування.

Закордонні дослідники також підкреслюють модельний характер наукових уявлень про світ природи та суспільства, знань про мислення та



його закономірності. Так, у відомій статті “Роль моделей у науці”, яку було опубліковано років п’ятдесят тому, А. Розенблют та Н. Вінер писали, що мета та результат наукового дослідження – домогтися розуміння та контролю над деякою частиною Всесвіту. Жодна з частин Всесвіту не є настільки простою, щоб її можна було зрозуміти та керувати нею без абстракцій. Абстракція – це заміна розглядуваної частини Всесвіту деякою її моделлю, що має схожу, але більш спрощену структуру. Таким чином, побудова моделей формальних або ідеальних, з одного боку, та моделей матеріальних – з іншого, за необхідністю займає центральне місце будь-якого наукового дослідження [159].

На основі розглянутих підходів до визначення ролі і місця методу моделювання можна охарактеризувати основні загальні функції цього методу. Систему функцій моделей докладно розглянуто в роботах [131; 210]. Проаналізуємо лише *основні функції моделювання у пізнанні*.

Головною функцією моделі є *відображення дійсності*. Модель є аналогом об’єкта, тобто модель і об’єкт знаходяться у відношенні схожості, але не тотожності. Інакше кажучи, модель в деякому відношенні подібна до модельованої системи, а в іншому – відрізняється від неї. Наявність відмінностей між моделлю та оригіналом є обов’язковою умовою методу моделювання. Коли модель є занадто “точною”, вона втрачає свій зміст, перестає бути моделлю і ототожнюється з оригіналом. З іншого боку, надмірність розбіжностей між моделлю та оригіналом позбавляє її пізнавального значення.

*Демонстраційна або ілюстративна* функції моделі широко використовуються в навчальному процесі для ознайомлення, засвоєння і розуміння нового об’єкта, процесу або явища та забезпечує наочність у навчанні.

Ще однією достатньо важливою для пізнання функцією моделі є *евристична*. Моделям належить значна роль у науковому відкритті. Вдало

побудована модель може вказувати на нові шляхи розвитку теорії, підказувати правильне розв'язання досліджуваної проблеми.

Досить істотною є *трансляційна* функція моделей. За допомогою моделі переносяться дані, одержані в одній, відносно дослідженій сфері дійсності, на іншу, ще невідому сферу.

*Апроксимуюча* функція моделювання полягає у деякому спрощенні реального об'єкта. Оскільки моделі є єдністю наочного образу і наукової абстракції, деякою схематизацією дійсності, то при створенні моделі відбувається спрощення, огрубіння багатогранного об'єкта пізнання.

Досить суттєвою в гносеології є *екстраполяційно-прогностична* функція моделей. Висновок, що впливає з структурних особливостей моделі, будучи екстрапольованим на об'єкт, що моделюється, приводить до певного прогнозу відносно його структури.

Отже, метод моделювання характеризується такими гносеологічними функціями: функцією відображення дійсності, демонстраційною або ілюстративною, евристичною, трансляційною, апроксимуючою, екстраполяційно-прогностичною.

Ці функції, з одного боку, співіснують в моделях, а з іншого боку, не обов'язково всі вони повинні бути наявними у кожній моделі. Однак загалом, всі ці функції, як зазначає Новік І. Б. [131, с. 67], у своїй діалектичній єдності представляють узагальнену гносеологічну систематизацію ролі методу моделювання у науковому пізнанні.

Таким чином, моделювання є однією з найважливіших гносеологічних категорій, воно завжди застосовується разом з іншими методами пізнання, особливо в тісному зв'язку перебуває з експериментом. Моделювання завжди передбачає використання методів абстрагування та ідеалізації. Воно дедалі глибше проникає в практичну діяльність людей, оскільки є не лише методом пізнання, але й критерієм перевірки наукових знань.

#### 1.1.4. Моделювання у навчально-пізнавальній діяльності

В нашому дослідженні розглядається роль комп'ютерного моделювання в навчально-пізнавальному процесі. При цьому, на нашу думку, є три можливості: 1) використання готових комп'ютерних моделей об'єктів, явищ та процесів для супроводу навчального матеріалу і для їх дослідження при виконанні лабораторних робіт; 2) використання пристроїв, які приєднуються через USB-порт до комп'ютера і за допомогою спеціального програмного забезпечення сприймають і фіксують дані, що надходить від сполучених з ними реальних моделей лабораторних установок, приладів та датчиків для вимірювання різноманітних фізичних величин; 3) залучення учнів та студентів до розробки комп'ютерних моделей об'єктів, явищ та процесів з метою кращого розуміння ними навчального матеріалу, набуття вмінь та навичок використання різних програмних засобів.

Стосовно перших двох форм важливими є зауваження В. Г. Разумовського [148, с. 12–16]. Щодо першої він вважає, що з уведенням комп'ютерів у навчальний процес зростають можливості використання багатьох методів наукового пізнання, особливо методу моделювання, який дає змогу різко підвищити інтенсивність навчання. Адже при моделюванні виокремлюється сама суть явищ і стає ясною їх спільність, тобто відбувається розвиток науково-теоретичного мислення. Однак захоплення використанням готових моделей загрожує передчасним розривом зв'язку виучуваного явища з дійсністю. Це трапляється нерідко, коли учням пропонують працювати з готовими моделями, не розкриваючи процесу її створення. Оскільки об'єктами вивчення, як і раніше, повинні залишатися реальні явища, то підміна їх абстрактними поняттями й символами при недостатній базі спостережень і досвіду нерідко веде до згубного формалізму, коли за удаваними знаннями відсутня їх сутність.

Стосовно другої форми В. Г. Разумовським [148, с. 12–16] пропонується один з напрямів вирішення проблеми широкого впровадження засобів ЕОТ у різні навчальні предмети, а саме: при вивченні фізики, хімії,

біології, в трудовому навчанні комп'ютери можуть використовуватися у поєднанні з приладами й автоматично, миттєво опрацьовувати результати вимірювань і у графічній формі відображати виучувану функціональну залежність. Тобто, для ефективної реалізації дидактичного потенціалу комп'ютера необхідна розробка відповідного інтерфейсу: датчиків для реєстрації та вимірювання певних фізичних величин і пристроїв-перетворювачів аналогових сигналів на дискретні і навпаки для сполучення комп'ютера з підключеним до нього обладнанням. Це, на думку вченого, дає змогу учневі сформулювати гіпотезу про досліджувану закономірність і підтвердити або спростувати її на основі спостережуваних результатів. У такий спосіб процес повідомлення готових знань та їх дослідна перевірка замінюються експериментально-дослідницькою діяльністю, що забезпечує учневі можливість самостійного відкриття.

О. М. Желюк [64] вважає, що альтернативою відсутнім технічним засобам навчання, з певними умовностями, може бути комп'ютерна техніка, використання якої спроможне забезпечити моделювання, постановку й унаочнення низки фізичних явищ, законів, об'єктів тощо.

Більшість дослідників справедливо вважають, що важливим результатом вивчення курсу інформатики є розширення й поглиблення предметної галузі, що вивчається, за рахунок надання учням та студентам можливості моделювання, імітації досліджуваних процесів і явищ, організації на цій основі їх дослідницької діяльності, уміння створювати математичні комп'ютерні моделі та проводити експерименти за їх допомогою.

Говорячи про моделювання у шкільній інформатиці, А. І. Бочкін [14, с. 345] виділяє декілька напрямів його застосування. Перший – пов'язаний з моделюванням для інших предметів, при цьому реалізуються міжпредметні зв'язки, відбувається збагачення інформатики змістовними задачами, а конкретних наук – потужними засобами розв'язування задач. Учень бачить

реальну користь від інформатики та сферу застосування одержаних при її вивченні знань, а отже, підвищується інтерес до навчання в цілому.

Другий напрям – моделювання внутрішніх об'єктів інформатики: редакторів, виконавців. При цьому відбувається логічне завершення курсу інформатики, і учень отримує відповідь на запитання, як це улаштовано. Він розуміє, що може і сам створювати подібні засоби. Це дає впевненість у своїх силах, закріплення інтересу до інформатики, міцність знань.

В обох випадках досягаються загальноосвітні цілі, формується комп'ютерна та загальна освіченість.

Як зазначає І. О. Теплицький [185, с. 7], “опанування учнями філософського змісту поняття “модель” при систематичному вивченні курсу основ комп'ютерного моделювання забезпечує формування в них теоретичного світогляду. Вивчення моделей з різних предметних галузей – фізичних, хімічних, біологічних, історичних тощо – здатне сприяти розвитку “предметного” мислення та інтеграції наукових методів пізнання у навчальній діяльності і тим самим позитивно вплинути на формування інформаційної культури школярів. Формування навичок побудови і дослідження моделей сприяє розв'язуванню задачі, що має самостійну загальноосвітню цінність – розвитку системного і логічного мислення. Адже робота з комп'ютерного моделювання окрім спеціальних знань вимагає ще й особливим способом розвинутого мислення”.

З цього ж приводу висловлюється М. І. Хоютанова [206]: комп'ютерне моделювання сприяє розвитку у школярів формально-логічної та операційної форм мислення і дає змогу творчо переосмислити сучасні методи наукового пізнання.

“Його практичність як нового методу пізнавальної діяльності в навчальному процесі підтверджується педагогічною практикою. Хотілося б підкреслити, що в останні роки обчислювальний експеримент все в більшій мірі стає джерелом чисто математичних відкриттів” [58, с. 21].

У роботі авторів [111, с. 3, 8] зазначається, що у міру оснащення шкіл обчислювальною технікою та програмним забезпеченням, а також підготовки вчителів усіх без винятку спеціальностей, пропонується планомірно й обґрунтовано перебудувати традиційні шкільні курси на основі поширення теоретичних і прикладних аспектів математичного моделювання з використанням засобів ОТ. Це дасть змогу подолати роз'єднаність окремих предметів як природничого, так і гуманітарного циклів, сприяти розвитку й удосконаленню творчого, науково-теоретичного світогляду школярів.

Ми поділяємо думку В. Г. Гриценка [39, с. 38] про те, що з упровадженням в навчальний процес комп'ютера з'явилась реальна можливість для розвитку у школярів абстрактного мислення шляхом створення динамічних комп'ютерних моделей об'єктів, процесів і явищ, які не лише відображають деякі властивості матеріалу, що вивчається, але і при зміні зовнішніх параметрів реагують на ці зміни, подібно до того, як реагував би об'єкт моделювання. Комп'ютерні моделі, так би мовити можуть вступати в "діалог" з учнем, реагувати на його дії. Але ця основна перевага в навчанні містить в собі і досить серйозні недоліки. Головний з них полягає в тому, що комп'ютерна модель створюється програмістом. Іншими словами, можна сказати, що відсутній ланцюжок переходу від явища до моделі в процесі навчання. Тому є цілком логічно залучати до процесу створення фізичної моделі явища самого учня чи студента.

Використання комп'ютера як засобу навчання пов'язано з ідеологією моделювання. В цьому випадку комп'ютер є носієм моделі процесу або явища, вчитель виконує управління пізнавальною діяльністю учня шляхом безпосереднього спілкування. Лабораторні роботи з комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів можуть зняти в певній мірі проблему матеріальної бази фізичних кафедр вищих педагогічних навчальних закладів, підвищити активність студентів, індивідуальність навчання, сприятимуть поглибленому вивченню фізичних явищ. Створення комп'ютерних моделей засобами різних програмних середовищ поглиблює знання студентів про

можливості використання таких засобів, розвиває навички роботи з ними. Застосування моделювання в навчальному процесі наближує суто теоретичний курс до практики, сприяє розвитку у студентів навичок спостережливості, творчого підходу.

Комп'ютерне моделювання є однією з сучасних інформаційних технологій. За важливістю воно наближається до традиційних і теоретичних методів дослідження. Моделювання явищ використовується для перевірки ідей, гіпотез, одержання експериментального матеріалу. Перевагою модельного підходу в навчанні є те, що він стимулює розумові процеси і сприяє розвитку логічного мислення. Комп'ютерне моделювання вимагає від виконавця (студента) крім вивчення фізичної суті явища і математичних методів розв'язування відповідних задач також вміння використовувати різні прикладні програмні засоби та володіння програмуванням для створення комп'ютерних моделей.

Розробка та впровадження ефективної методики навчання студентів технології комп'ютерного моделювання в наш час є актуальним завданням вищої школи [49; 56]. Це пов'язано із зростанням ролі обчислювального експерименту при розв'язуванні професійних задач фахівцями різного профілю. З іншого боку, комп'ютерне моделювання стимулює науково-пізнавальну та навчально-пізнавальну діяльність студентів під час вивчення профільюючих дисциплін.

## **1.2. Психолого-педагогічні особливості навчання комп'ютерного моделювання**

Навчання комп'ютерного моделювання майбутніх учителів фізики – складний психолого-педагогічний процес. Складність його зумовлена, по-перше, тим, що сформувати вміння комп'ютерного моделювання слід у студентів на досить високому рівні, який визначений галузевими стандартами, зокрема, Галузевим стандартом підготовки бакалавра

педагогічної освіти зі спеціальності „Педагогіка та методика середньої освіти. Фізика” [29].

А по-друге, студенти мають бути підготовлені до формування вмінь комп'ютерного моделювання у своїх майбутніх учнів. Це одне з важливих завдань природничої та технологічної підготовки школярів, які будуть розв'язуватися вчителями математики, фізики, інформатики, хімії, географії та ін. в їхній професійній діяльності. Успішне навчання комп'ютерного моделювання може здійснюватись лише за умови, коли вчитель (викладач) спирається на знання психолого-педагогічних закономірностей навчального процесу, які концентрують в собі досягнення психології, дидактики, і відповідну методику застосування цих закономірностей до навчання інформатики.

Аналіз сучасної шкільної освіти свідчить, що сучасна школа не надає належного значення операційній стороні навчання, а основну увагу акцентують на його змісті [136, с. 216–222], тобто й досі школа надає учням значний обсяг готових знань, але не вчить належною мірою самостійно робити висновки і узагальнення на базі цих знань. Дослідження останніх років (С. В. Лазаревський, А. Я. Шатагіна та ін.) виявили, що учні часто не можуть визначити схожість та відмінності істотних елементів, на перший погляд, різних систем, перенести ті самі дії з одного об'єкта на інший, еквівалентно перефразувати, переформулювати умови задачі. Усі зазначені процедури становлять більш широке вміння – вміння моделювати, що пов'язане з аналогією, порівнянням та узагальненням. Володіння ними є основою пізнавальної активності та самостійності [95, с. 4]. З огляду на це, моделювання, з одного боку, є основою вивчення кожного зі шкільних предметів, якими мають оволодіти учні, а з іншого – це метод, який постійно використовує вчитель під час власної інноваційної діяльності.

Отже, вивчати теоретичні основи моделювання і закономірності його застосування в педагогічних вищих навчальних закладах слід на досить високому рівні з метою формування готовності майбутніх учителів до



інноваційної педагогічної діяльності. Під такою готовністю автори [136] розуміють інтегративну, розвиток якої підтримується педагогічним сприянням, міру сформованості особистісних характеристик для організації, здійснення та досягнення цілей інноваційної діяльності у найширшому сенсі слова. До характеристик готовності до інноваційної діяльності належать знання, емоційно-особистісний апарат, загальні логічні, пізнавальні, дидактичні й організаційно-управлінські вміння. Отже, моделювання можна вважати одним із засобів формування готовності до інноваційної діяльності.

Дослідженню особливостей навчальної діяльності учнів та студентів, дидактичних закономірностей формування знань, вироблення вмінь, формування прийомів розумової діяльності присвячено роботи А. М. Алексюка [1], Г. О. Атанова [6; 7], Ю. К. Бабанського [8], П. Я. Гальперіна [30; 31], В. В. Давидова [43], І. Я. Лернера [98; 99], О. І. Ляшенка [105], Ю. І. Машбиця [113], Паламарчук В. Ф. [134], З. І. Слепкань [175], Н. Ф. Тализіної [31; 182], І. С. Якиманської [214] та ін.

Психологічні аспекти формування професійних інтелектуальних знань і вмінь фахівця розкрито у роботах вчених-психологів Б. Г. Ананьєва [3], Л. С. Виготського [26; 27], П. Я. Гальперіна [30], Г. С. Костюка [85], О. М. Леонтєва [96; 97], С. Л. Рубінштейна [160–161], Д. М. Узнадзе [190] і багатьох інших.

Для побудови окремих компонентів методичної системи формування вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх учителів фізики у процесі навчання інформатики необхідно дослідити, як вони сприймають, міркують, запам'ятовують, як правильне врахування індивідуально-психологічних можливостей кожного студента може вплинути на розкриття й розвиток схильностей, інтересів та інших якостей особистості, які фактори впливають на їх допитливість та активність, що заважає їм працювати і т.п. [201].

Однією з основних переваг застосування комп'ютерів у навчальному процесі більшість авторів вважають *індивідуалізацію навчання* [67], тобто можливість кожного працювати у зручному для нього темпі, вибирати

самостійно складність навчальних задач. При організації навчального процесу на основі використання педагогічного програмного засобу, наприклад, комп'ютерної моделі навчального призначення, можливе генерування завдань для кожного студента (учня) в залежності від його «маршруту навчання» та характеру помилок. При організації навчальної діяльності студентів з розробки комп'ютерних педагогічних програм, які є моделями різних фізичних явищ або процесів, слід орієнтується на індивідуально-психологічні можливості учнів і враховувати це в створюваних програмах.

Індивідуалізація є важливим компонентом процесу формування й розкриття творчого потенціалу особистості (а отже і формування вмінь комп'ютерного моделювання), що дає можливість здійснювати гнучке управління (з використанням комп'ютера) навчальною діяльністю студентів, повніше враховуючи при цьому їхні індивідуальні здібності, даючи можливість розкриття й розвитку схильностей, інтересів та інших якостей особистості кожного студента.

Необхідною умовою ефективного навчання є включення у процес сприймання навчального матеріалу якомога більше видів *сприйняття*. При застосуванні комп'ютерів у навчальному процесі є можливість використовувати комбіновані *зорово-слухові види сприйняття*, що сприяє виникненню позитивних емоцій, переходу від чуттєвого образу до логічного мислення, а після цього – до абстрагування. Але при такому підході викладач (вчитель) повинен знайти найкращий для кожного студента (учня) рівень впливу змісту навчального матеріалу та сприйняття студентом цього матеріалу через зорово-слухові аналізатори. Не менш важливим є те, що за допомогою такого сприйняття й впливу *комп'ютер виступає інструментом, за допомогою якого можна управляти діяльністю студента (учня), зокрема, його увагою*. А саме управління увагою відбувається шляхом виділення головного зображення засобами управління динамікою, тобто існує можливість комбінування зображення (як правило, людина сприймає

навколишню дійсність у тому порядку, в якому зручно їй самій).

Серед компонентів, що забезпечують високий рівень знань студентів, важливе місце займає їх психологічний стан, ставлення до оволодіння знаннями, яке проявляється не тільки в розумовій діяльності, але й в емоціях. Автор роботи [99] одним з шляхів формування в учнів (студентів) вмінь та навичок самостійного здобування нових знань вважає створення позитивного емоційного ставлення до знань, спрямованого на їх активне засвоєння.

Ефективне організоване навчання викликає у студентів певні переживання: емоційні (радість, сум, гнів), етичні (схвалення, осудження), естетичні (захоплення, захват). Як показано у дослідженнях багатьох психологів і постійно підтверджується практикою, матеріал, що викликає сильні позитивні емоції, засвоюється легше, ніж нудний та байдужий. Як відмічає А. Ейнштейн, де тільки можливо, навчання повинно стати переживанням, і цей принцип буде втілено в життя майбутньою реформою школи [142].

Психологічні особливості використання комп'ютерного моделювання ґрунтуються на властивості *комп'ютерної* моделі приховувати складні *математичні* зв'язки між елементами *фізичної* системи, що вивчається, і в той же час представляти результати розрахунків у доступній, наочній і зручній формі, легкій для сприймання. В основі комп'ютерного моделювання фізичного явища або процесу лежать міжпредметні зв'язки фізики, математики та інформатики.

Ідея здійснення міжпредметних зв'язків в педагогіці була сформульована Я. А. Коменським. За його словами, завжди і всюди слід брати разом те, що зв'язане одне з одним, він підтверджує цю думку, спираючись на "принцип природовідповідності" [80, с. 378].

Беззаперечно цікавою є ідея К. Д. Ушинського про зв'язок психологічних основ міжпредметних зв'язків з різними видами асоціацій, які властиві психології людини. У працях [13; 72; 99; 146] показано, що саме *асоціації*, які є відображенням у свідомості взаємозв'язків предметів та явищ

дійсності у формі закономірних зв'язків психічних процесів, забезпечують успішне засвоєння нового матеріалу, розвиток мислення та творчих здібностей учнів та студентів.

Психологи зауважують, що при перенесенні знань з одного навчального предмета в інший в учнів та студентів виникають певні специфічні труднощі. Для їх подолання в процесі навчання комп'ютерного моделювання слід здійснювати добір методів та засобів побудови фізичної, математичної та комп'ютерної моделей, враховуючи наявні у студентів знання з фізики, математики та інформатики. Особливо важливим є постійне акцентування на взаємозв'язку та взаємозалежності всіх елементів тріади – фізичне явище, математична модель, комп'ютерна модель – на кожному етапі виконання лабораторних досліджень, та їх зв'язок з натурним експериментом.

Організація навчального процесу, використання форм, засобів та методів навчання повинні базуватися на знанні особливостей мислительних процесів, індивідуальних та психофізіологічних аспектів формування знань, умінь і навичок [138].

Для формування умінь і навичок важливе значення мають вправи. Завдяки їм відбуваються автоматизація навичок, удосконалення умінь, діяльності загалом [68, с. 279]. Як правило, спочатку формуються окремі дії, що складають вміння, а після цього – уміння в цілому [182, с. 146]. Тализіна Н. Ф. досліджує питання формування дій, що входять у прийом моделювання, спираючись на досвід Н. Г. Салміної та її співпрацівників [164] успішного формування цієї діяльності вже в початковій школі. Зазначається, що навчання моделювання слід починати з уміння відображати просторові відношення, далі – відображення часових відношень, а потім уже – всіх інших типів відношень (механічних, математичних, логічних і т. ін.).

Якщо спочатку дітям дати готові моделі, з якими вони працюватимуть, то з часом поступово вони самі вчаться будувати різного роду моделі, тобто оволодівають “діяльністю моделювання”. Розглядається створення моделі на

основі словесного опису об'єкта. Виокремлюються дії, що входять в цю діяльність [182, с. 136-137]. Порівняємо їх з етапами комп'ютерного експерименту (розглянуто в п. 1.1.).

1. Аналіз тексту (аналіз фізичного об'єкта, процесу або явища), що моделюється: виокремлення змістових частин – системи елементів (основних властивостей, їх поділ на суттєві та несуттєві) та їх взаємозв'язків, які підлягають зображенню за допомогою знаково-символьних засобів.

2. “Переклад” мовою символів та знаків (створення спочатку математичної моделі, а потім обчислювального алгоритму); однакові елементи та відношення в межах однієї моделі повинні позначатись однаковими символами і знаками, а різні – різними.

3. Дотримання принципу взаємнооднозначної відповідності між виділеними елементами тексту та елементами моделі (між алгоритмом та об'єктом дослідження за допомогою критеріїв оцінювання якості обчислювального алгоритму), без дотримання якого модель не буде давати правильне уявлення про досліджуване явище.

4. Дія перетворення моделі полягає у перегрупованні елементів моделі, доповненні її елементами, яких не вистачає і т.д.

5. Співставлення одержаної моделі з реальністю, тобто з тим, що моделювалось (проведення розрахунків на комп'ютері за допомогою моделі, співставлення результатів з реальним процесом, аналіз поведінки досліджуваного об'єкта, процесу або явища в різних умовах), ця дія дає змогу отримати нові дані про об'єкт моделювання, глибше зрозуміти його зміст, поведінку, а це і є метою моделювання.

Знання та вміння комп'ютерного моделювання формуються в творчому розумовому процесі покрокового виконання дій створення моделі за етапами комп'ютерного експерименту.

Як відомо, уміння – це засвоєний суб'єктом спосіб виконання дій, який забезпечується сукупністю набутих знань та навичок; здатність виконувати деяку дію за певними правилами для досягнення певної мети, причому дія ще

не набула автоматизму [36; 144]. Уміння становлять основу майстерності особистості.

*Формування та розвиток інтелектуальних умінь*, зокрема, умінь комп'ютерного моделювання, здійснюється поетапно і ґрунтується на взаємодії викладача і студента [104, с. 45–46; 134, с. 22–26].

На *підготовчому* етапі спочатку відбувається кумуляція – накопичення фонду знань як основи реалізації подальшого процесу розумового розвитку студентів та з метою підготовки їх до сприйняття нового. Далі проводиться діагностика – визначення рівня сформованості умінь студентів за допомогою діагностичних тестів, вправ, завдань. Визначається три категорії студентів: перша – основна; друга – студенти, з якими потрібно працювати індивідуально; третя – “зона найближчого розвитку” для студентів, що випереджають основну масу.

*Основний* етап передбачає мотивацію, рефлексію та тренування. Метою мотивації є створення зацікавленості, позитивних емоцій, стійкого інтересу до оволодіння інтелектуальними уміннями. Рефлексія полягає в усвідомленні студентами суті і структури уміння на основі розроблених викладачем зразків, прикладів, рекомендацій до виконання завдань, аналізі своєї діяльності по формуванню уміння. На тренувальному етапі відбувається відпрацювання вмінь, поступовий перехід від репродуктивної діяльності до конструктивної і творчої. Основними методами є проблемний, доцільно дібраних задач, проектів тощо.

На *заключному* етапі відбувається узагальнення вмінь, тобто має місце їх часткова автоматизація, та перенесення набутих знань і умінь на інші теми і предмети (ближнє перенесення), на інші сфери діяльності (далеке перенесення), застосування засвоєного в нових умовах. Здійснюється контроль і корекція для перевірки якості, обсягу засвоєних вмінь, визначення рівня їх сформованості. Для цього розробляються відповідні тести, вправи, завдання аналогічні до діагностичних. Потім результати контролюючого і діагностичного тестування порівнюються, що дає змогу побачити досягнення

кожного студента, визначити, розвиток інтелектуальних вмінь, спланувати подальше навчання.

Комп'ютерне моделювання – це інтелектуальна діяльність особистості. На думку Ж. Піаже, розвинутий інтелект – це система операцій, яку необхідно організувати, а потім керувати нею. Операція, за теорією Ж. Піаже, – це внутрішня дія, яка виникла із зовнішніх, предметних дій. Операція є скороченою дією, вона відбувається не з реальними предметами, а з образами, символами, знаками. Організація навчання дитини може прискорити чи загальмувати процес розвитку. Успіхи в навчанні залежать від того, на скільки “дозрів” інтелект дитини для засвоєння понять: те, що дитина в навчанні засвоює, “асимілюється нею у відповідності до сформованої у неї на даний час інтелектуальної структури” [138, с. 24].

У взаємодії суб'єкта з дійсністю мислення виникає і формується як безперервний процес (аналізу, синтезу, узагальнення, конкретизації), збагачуючи свідомість знаннями, досвідом розв'язування проблем, забезпечуючи процес спілкування [68, с. 151].

Ідеї про творчий характер мислення людини, про його специфіку, взаємовідносини з іншими процесами, і насамперед з пам'яттю, про закономірності його розвитку розроблялися в дослідженнях багатьох психологів (Б. Г. Ананьєв [3], О. В. Брушлінський [16–18], П. Я. Гальперін [30; 31], Г. С. Костюк [85], О. М. Леонтьєв [96; 97], Д. М. Узнадзе [190] та ін.). Широке узагальнення положень про сутність і специфіку мислення було здійснено С. Л. Рубінштейном [160].

Пошук, відображення істотного в різних явищах, подіях, об'єктах буде результативним, якщо суб'єкт керує своїм мисленням, визначає, що шукатиме, що відоме, що має більше значення, що повинне більше цікавити; планує свої розумові кроки, передбачає результати, приймає рішення, яким способом, якими прийомами буде користуватися; якщо контролює свої дії, оцінює і коригує їх, ідучи до здійснення мети. Перелічені моменти мислення є операційними. Операційний компонент мислення становлять операції

*аналізу, синтезу, абстрагування, порівняння, узагальнення, класифікації, систематизації, конкретизації* тощо.

Розробка студентами комп'ютерних педагогічних програм, які є моделями об'єктів або явищ, є складним процесом, який сприяє активізації мисленнєвої діяльності суб'єктів. Проаналізуємо, які операції мислення відбуваються і набувають розвитку на етапах процесу комп'ютерного моделювання.

Операція *аналізу* полягає у поділі цілого на частини, елементи, у вирізненні окремих його ознак і аспектів. *Синтез* передбачає пошук цілого через утворення істотних зв'язків між окремими елементами цілого. Аналіз і синтез є основними розумовими операціями [68, с. 152]. Безперервне пізнання від простіших до складніших і суттєвіших аспектів об'єкта здійснюється завдяки функціонально-операційному компоненту мислення, або механізмові “аналізу через синтез” (С. Л. Рубінштейн [160], О. В. Брушлінський [16]). На всіх етапах процесу комп'ютерного моделювання виконуються операції аналізу і синтезу. Дуже важливим є етап аналізу експериментальних даних та корегування побудованої моделі, на якому здійснюється зворотний зв'язок між ідеалізованим описом та реальним фізичним явищем. Тут слід звернути особливу увагу на адекватність ідеалізованих взаємозв'язків та реальної поведінки системи, можливість зміни, доповнення або заміни одних взаємозв'язків іншими для повнішого та коректного опису досліджуваного явища.

У процесі розв'язування фізичних задач для створення комп'ютерної моделі доводиться здійснювати не тільки аналіз, а й абстрагування. *Абстрагування* – це розумова операція, яка вирізняє окремі ознаки, елементи і відділяє їх від інших і від самих об'єктів [68, с. 152]. Продуктом актуалізації операції абстрагування є утворення поняття, моделі, теорії тощо. Оскільки абстрагування відіграє провідну роль в утворенні понять та розробці теоретичних положень, якими оперує наукове мислення, його ще називають абстрактним мисленням.



Абстрагування здійснюється на етапі розробки математичної моделі об'єкта та побудові обчислювального алгоритму. У процесі абстрагування у студентів виникає певний психологічний бар'єр, пов'язаний з побудовою математичної моделі на базі фізичної. Специфічні психологічні труднощі обумовлені, як правило, недостатньою сформованістю таких компонентів розумової діяльності, як наукова уява та фантазія, вміння виокремлювати головні, найсуттєвіші взаємозв'язки досліджуваної системи. Для подолання цього бар'єру необхідно поступово, поетапно будувати математичні моделі, починаючи з найпростіших та суттєвих взаємозв'язків з подальшим доповненням до основного "каркасу" складніших. Такий підхід дає змогу поступово психологічно підготувати студентів до сприймання математичної моделі.

Інший аспект психологічних труднощів у студентів пов'язаний з *ідеалізацією* досліджуваного явища. Це проявляється як на етапі побудови фізичної моделі, так і при реалізації комп'ютерної. Суттєвим є те, що студенти часто сприймають комп'ютерну модель як реальну, яка повністю замінює реальне явище. Тут необхідно чітко проводити паралель між особливостями комп'ютерної моделі та ідеалізацією взаємозв'язків реального явища, що використовується для побудови фізичної моделі. Це дає змогу студентам краще розуміти ідеалізованість комп'ютерної моделі – те, що вона є лише одним з варіантів моделювання досліджуваного явища, а не замінює його повністю.

Одним з важливих прийомів інтелектуальної діяльності є *виділення головного*. Головне – це предмет думки, сутність певної сукупності даних [134, с. 84–87]. Виділення головного сприяє не тільки міцному і довгостроковому запам'ятовуванню, а й розвитку мислення студентів, оскільки включає в себе більшість мислительних операцій: аналіз і синтез, абстрагування і узагальнення, порівняння і конкретизацію. Отже, удосконалення вміння виділяти головне сприяє розвитку й інших прийомів інтелектуальної діяльності.

Запам'ятовуючи головне в одній дисципліні, можна значно збільшити

обсяг знань з інших дисциплін, що полегшує встановлення міжпредметних зв'язків, формування наукового світогляду. Такі знання мобільні, їх легше застосовувати в нестандартних умовах. Уміння свідомо перебудовувати знання, “згортати” і “розгортати” їх, є властивістю творчого, самостійного мислення, розвинутого інтелекту.

В процесі комп'ютерного моделювання прийом виділення головного застосовується при створенні фізичної моделі досліджуваного об'єкта або процесу для виявлення всіх властивостей і характеристик оригінала та відокремлення для подальшого моделювання тільки головних (суттєвих) факторів. Для формування та розвитку вмій виділення головного студенти повинні дотримуватись такої послідовності дій:

- 1) здійснити фізичний аналіз об'єкта або процесу;
- 2) визначити його властивості та характеристики;
- 3) вибрати серед них головні – суттєві для даного дослідження об'єкта або процесу;
- 4) на їхній основі створити фізичну модель.

Операція *порівняння* є основою усіх методів творчої діяльності і полягає у відображенні ознак подібності та відмінності [68, с. 152]. Можна порівнювати реальні або уявні об'єкти, створюючи їх образи.

Психологами рекомендується [134, с. 88] дотримуватись певних вимог до об'єктів порівняння:

1. Порівнювати можна лише однорідні об'єкти, що належать до одного класу, що мають певну загальну основу.
2. Спільне в об'єктах порівняння можна встановлювати лише в тому випадку, коли їх щось відрізняє, а встановлювати відмінність між ними лише за наявності в них певної подібності (схожості).
3. Нескладні об'єкти, факти порівнювати легше, ніж якості, ознаки, процеси та категорії. Тому об'єкти порівняння треба ускладнювати поступово, порівнювати краще починати з двох об'єктів, а потім поступово збільшувати їх кількість. При порівнянні складних об'єктів корисно

вводити третій, контрастний об'єкт, використовувати також і наочність.

Порівняння має відбуватися лише за суттєвими ознаками. Воно завжди цілеспрямоване, тобто відбувається під певним кутом зору. В процесі навчання моделювання не можна обмежуватися виявленням лише загальних рис порівнюваних об'єктів. Виконання паралельного пошуку відмінностей, протилежних ознак підвищує роль порівняння в процесі пізнання і розвитку мислення студентів. Результатом порівняння може бути умовивід за аналогією, що широко застосовується у точних науках. На основі порівняння часто здійснюється узагальнення і систематизація.

За ступенем повноти розрізняють повне і часткове порівняння [134, с. 89]. Перше вимагає встановлення як подібності, так і відмінності, а друге – тільки подібності або тільки відмінності. При цьому, коли з'ясовуються тільки ознаки подібності в об'єктах, ми маємо справу з їх співставленням; якщо з'ясовуються лише відмінності, то це буде протиставлення. Порівняння розрізняють не лише за ступенем повноти, але й за способами їх здійснення. Вони можуть бути паралельними, послідовними і відстроченими.

Для формування та розвитку вмінь застосовувати прийом порівняння студенти повинні дотримуватись таких етапів цього процесу мислення:

- 1) встановити мету порівняння;
- 2) перевірити, чи відомий матеріал про об'єкти, які порівнюються;
- 3) виділити головні (суттєві) ознаки, за якими буде здійснюватися порівняння;
- 4) знайти відмінності і (чи) подібності;
- 5) зробити висновок з порівняння.

Сформованість уміння порівнювати визначається в залежності від повноти порівняння та характеру встановлених ознак [134, с. 90] за такими рівнями: 1) опис об'єктів, розміщених в одному ряду; 2) неповне порівняння, коли вказується або подібність, або відмінність, але за всіма подібними ознаками; 3) повне порівняння, коли воно проводиться за системою суттєвих ознак відмінності і подібності, вказуючи на мету і висновок; 4) перенесення

вміння порівнювати з даного навчального предмету на інші, коли порівняння стає узагальненим прийомом інтелектуальної діяльності (це найвищий рівень порівняння).

Порівняння здійснюється на першому етапі комп'ютерного моделювання, коли виділяються суттєві властивості реального об'єкта, йому співставляється спочатку фізична модель, а потім математична. На четвертому етапі результати моделювання порівнюються з експериментальними даними для визначення достовірності одержаної моделі.

Сформований прийом порівняння дає змогу приступити до цілеспрямованого формування уміння узагальнювати. Функції операції *узагальнення* полягають у виділенні груп предметів та явищ за істотними ознаками, спільними для цих груп [68, с. 153].

Узагальнення відбувається на основі абстрагування, оскільки при останній операції здійснюють вирізнення істотних ознак та відокремлення їх від неістотних. Операція узагальнення необхідна тоді, коли треба зробити висновок, визначення, вивести правило тощо. Ця операція є продовженням операції синтезу, але складніша за неї. Складність її полягає в тому, що при узагальненні здійснюється пошук не тільки істотних, а й спільних для кількох об'єктів ознак, виокремлення родових ознак і відокремлення їх від видових.

Узагальнення передбачає уміння аналізувати явища, виділяти головне, абстрагувати, порівнювати. Об'єктом узагальнення можуть бути властивості об'єктів або процесів, факти, події, явища, якості і ознаки, відношення, зв'язки, процеси. Але узагальнювати можна лише такі явища, між якими є подібність.

Розрізняють два типи узагальнення: емпіричне і теоретичне [134, с. 94–95]. Емпіричне узагальнення – це порівняння зовнішніх, безпосередньо даних ознак з метою виділення головної ознаки. Здійснюється воно формально-логічним способом підведення конкретних понять під більш широке, родове

поняття. Для формування та розвитку вмінь застосовувати прийом емпіричного узагальнення студенти повинні дотримуватись такої послідовності дій:

- 1) виділити головне поняття із заданого завдання;
- 2) відібрати основні, типові факти із матеріалу даної теми;
- 3) порівняти їх між собою, визначити загальне, суттєве;
- 4) зробити висновки, тобто сформулювати основні тенденції поведінки об'єкта або протікання процесу.

Теоретичне узагальнення здійснюється на основі аналізу, синтезу і руху від конкретного до абстрактного. При цьому розглядається генезис явищ, що вивчаються, або виділяється сутність явища, на основі якої здійснюється теоретичне узагальнення діалектичним шляхом, коли явища розглядаються в розвитку, взаємозв'язку та взаємозалежності. Для формування та розвитку вмінь застосовувати прийом теоретичного узагальнення правило-орієнтир може бути таким:

- 1) виділити головне поняття із заданого завдання;
- 2) виділити основні характеристики, взаємозв'язки;
- 3) проаналізувати під кутом зору сформульованих вихідних характеристик конкретний матеріал, прослідкувати еволюцію його розвитку;
- 4) зробити висновки, тобто сформулювати тенденцію, закономірність, провідну ідею, закон.

Обидва типи узагальнення є доцільними в навчальному процесі, проте кожний з них має свою сферу застосування – в залежності від особливостей навчального матеріалу, віку і можливостей учнів. Якщо об'єкти нескладні і їх можна вважати статичними, доцільно формувати узагальнення емпірично, формально-логічним шляхом. Якщо предмети вивчення є складними, об'єкти – динамічними, узагальнення формуються теоретичним шляхом, що розкриває діалектику розвитку, взаємозв'язки у явищах. З віком підвищується здатність до абстрактного, теоретичного мислення. Тому, якщо для дітей молодшого і середнього шкільного віку переважаючим типом в формуванні

понять є емпіричний, то для старшокласників та студентів роль діалектичного методу пізнання, теоретичних узагальнень значно підвищується.

Відомо, що явища різної фізичної природи можуть описуватись однаковими математичними залежностями. Отже, в процесі моделювання операція узагальнення використовується, коли створена математична або комп'ютерна модель певного об'єкта, явища або процесу аналізується на предмет застосовності до моделювання інших об'єктів, явищ або процесів.

Здійснення переходу від загального до окремого з метою встановлення їх відповідності істотному має назву *конкретизації* [68, с. 153]. Рух думки від аналізу і синтезу до абстрагування й узагальнення, а від нього до конкретизації – це діалектичний процес, що відображає зв'язок загального з окремим, поодиноким.

За особливостями процесу і кінцевого результату конкретизації розрізняють два її способи: емпіричний і теоретичний [134, с. 101]. Емпірична конкретизація здійснюється чуттєво-наглядними засобами (безпосереднє спостереження за об'єктом, демонстрація). Теоретична (мислительна) конкретизація створюється словесними засобами.

Для формування і розвитку уміння конкретизації часто використовують розв'язування задач за зразком. При цьому правило-орієнтир може бути таким:

- 1) прочитати уважно умову задачі, визначити вхідні та вихідні дані;
- 2) встановити, який закон, теорія, правило застосовні для даного випадку;
- 3) якщо теорія відома, то задача розв'язується з даним запасом знань, якщо ж невідома, то спочатку слід вивчити її;
- 4) розв'язати задачу.

Отже, в процесі навчання комп'ютерного моделювання розв'язування задач за поданим зразком є засобом формування і розвитку вмінь конкретизації.

Крім того, на етапі комп'ютерного моделювання, коли відбувається

співвіднесення одержаних результатів з досліджуваним об'єктом, процесом або явищем, виконується конкретизація його властивостей та характеристик.

Операція *класифікації* [68, с. 153] – це пошук істотних і спільних ознак, елементів, зв'язків для певної групи об'єктів, що створює основи для поділу об'єктів на групи, підгрупи, класи. Класифікація застосовується при віднесенні створеної моделі за її ознаками до певного типу моделей.

Розумова операція *систематизація*, спрямована на виділення істотних і загальних ознак та подальше об'єднання за ними груп або класів об'єктів. На заключному етапі процесу комп'ютерного моделювання виконується опрацювання та систематизація результатів експерименту.

Сформованість прийомів мисленнєвої діяльності, тобто загальний інтелектуальний розвиток студентів оцінюється за такими рівнями [105, с.73]:

I (найвищий) рівень передбачає сформованість умінь аналізувати, узагальнювати, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки в матеріалі, заданому у вербальній формі, й використовувати набуті вміння у нових ситуаціях;

II (високий) рівень засвідчує сформованість певного кола умінь, як правило, вербального характеру, що дозволяють виконати більшість завдань, але недостатні для оволодіння окремими вміннями, не дають можливості успішно завершити всі завдання;

III (середній) рівень виявляють студенти, в яких недостатньо сформовані вміння аналізувати та узагальнювати матеріал вербального характеру, але вони непогано працюють з наочним матеріалом, у відповідях наводять конкретні приклади;

IV (умовно незадовільний) рівень характеризує погане володіння вміннями аналізувати і узагальнювати вербальний матеріал, відповіді будуються лише на конкретних прикладах;

V (найнижчий) рівень вказує на те, що відповідні вміння не сформовані ні для вербального, ні для наочного матеріалу, під час відповідей студентами наводяться лише окремі приклади.

Отже, проведений аналіз психолого-педагогічних особливостей формування у студентів вмінь комп'ютерного моделювання показує, що при організації навчальної діяльності для комплексного формування таких вмінь потрібно: по-перше, враховувати індивідуально-психологічні можливості кожного студента, по-друге, розвивати вміння застосовувати такі операції мислення, як аналіз, синтез, абстрагування, виділення головного, порівняння, узагальнення, конкретизація, класифікація, систематизація тощо, що входять до складу процесу інтелектуальної діяльності комп'ютерного моделювання.

Таким чином, навчання комп'ютерного моделювання сприятиме загальному інтелектуальному розвитку студентів.

Для оцінки ступеня сформованості та розвитку прийомів мисленнєвої діяльності за наведеними вище рівнями доцільно провести діагностичне та контролююче тестування студентів, використавши спеціальні психологічні тести (див. додатки Б, Е) для визначення рівня сформованості умінь виконувати інтелектуальні операції, що входять до операційного складу діяльності комп'ютерного моделювання.

### **1.3. Сучасний стан вивчення та використання комп'ютерного моделювання в процесі підготовки майбутніх вчителів фізики**

#### **1.3.1. Інформаційно-комунікаційні компетентності сучасного вчителя фізики.**

На сучасному етапі реформування системи освіти для оцінювання рівня підготовки фахівця більшістю науковців використовується *компетентнісний підхід*, особливістю якого є те, що зміст навчання формується на основі спрямованості навчального процесу на досягнення результатів навчання – формування у студентів набору компетентностей, необхідних для повноцінного життя та професійної діяльності у сучасному інформаційному суспільстві [62, с. 3].

За словником іноземних слів [176] *компетентність* – це володіння



знаннями, які дають можливість судити про що-небудь *компетентно*, висловлювати вагоме, авторитетне судження.

*Компетентний* – (лат. *Competens (competentis)* – належний, спроможний) – знаючий, тямущий, обізнаний, досвідчений у деякій предметній галузі; який може за своїми знаннями або повноваженнями щось здійснювати, або приймати рішення, або судити про щось.

Під *компетентністю* розуміють комплекс знань, умінь, навичок, досвіду застосування їх для здійснення діяльності, метою якої є досягнення певних цілей, ставлення до процесу та результатів виконання цієї діяльності [82, с. 66].

Докладно розроблено та викладено загальні питання компетентнісного підходу в освіті і класифікацію компетентностей у роботах Пометун О. І. [141] – для освітньої галузі “суспільствознавство” та предметних компетентностей з історії, Ракова С. А [149] – для предмету “математика”.

Одним із результатів вищої педагогічної освіти є набуття компетентностей, що є необхідними для професійної діяльності вчителя-предметника.

Формування *професійних компетентностей вчителя* передбачає набуття ним ґрунтовних знань з навчального предмету, методики його навчання, дидактики, психології, педагогіки, розвиток педагогічних умінь, які пов’язані з діями вчителя у різних педагогічних ситуаціях, формування необхідних особистісних якостей, комунікативних навичок, наявність потреби самовдосконалення і саморозвитку [62, с. 5].

Однією з складових професійної компетентності сучасного вчителя фізики, якою студент (майбутній вчитель фізики) повинен оволодіти в процесі навчання інформатики є *інформаційно-комунікаційні компетентності* – здатності вчителя орієнтуватися в інформаційному просторі, отримувати дані та оперувати ними відповідно до власних потреб і вимог сучасного високотехнологічного суспільства, застосовувати інформаційно-комунікаційні технології для розв’язування професійних завдань [25; 103; 118, с. 15, 20–22; 141].

В дисертаційному дослідженні Іваницького О.І. [73, с. 233–235] розроблено вимоги до професійних знань, умінь і навичок вчителя фізики, необхідних для впровадження інформаційно-комунікаційних технологій навчання фізики (ІКТНФ). На наш погляд, їх можна розглядати як компоненти системи інформаційно-комунікаційних компетентностей майбутнього вчителя фізики. Наведемо ці компоненти, узагальнивши перелік знань, умінь і навичок, запропонований Іваницьким О. І.

***Учитель повинен знати:***

1. Методологічні аспекти, цілі та завдання застосування ІКТНФ.
2. Можливості використання, значення і місце ІКТНФ у навчально-виховному процесі шкіл різного типу.
3. Класифікацію ІКТНФ та їх основні характеристики.
4. Психолого-педагогічні, методичні, ергономічні та технічні вимоги до використання ІКТНФ.
5. Порівняльний аналіз та методику використання навчальних комп'ютерних програм з фізики.
6. Методику застосування у навчальному процесі з фізики технології комп'ютерного моделювання.
7. Можливості та особливості використання технології комп'ютерних лабораторних робіт.
8. Технології комп'ютерного контролю знань учнів з фізики, особливості застосування в умовах рівневого навчання.
9. Педагогічні особливості та можливості використання комп'ютерних експертних систем.
10. Технології дистанційного навчання фізики та можливості їх використання у середній школі.
11. Технології використання комп'ютерних дидактичних матеріалів.

***Учитель повинен уміти:***

1. Підготувати навчальну комп'ютерну програму, базу даних, модель для застосування у навчальному процесі з фізики.

2. Розробити ІКТНФ на основі застосування відомих навчальних комп'ютерних програм з фізики.
3. Застосовувати ІКТНФ для індивідуального, групового і фронтального комп'ютерного навчання.
4. Провести бесіду в ході чи після демонстрації комп'ютерної моделі з фізики.
5. Розробити конспект уроку з використанням комплексу сучасних електронних засобів навчання.
6. Складати завдання для учнів з цілеспрямованого застосування комп'ютерних моделей, розробляти лабораторні роботи з фізики на їх основі.
7. Дати методичну оцінку комп'ютерній програмі, моделі, висловити власну мотивовану точку зору щодо можливості її впровадження в навчальний процес.
8. Створювати і регулярно поповнювати методичну бібліотеку ІКТНФ.
9. Орієнтуватися у мережі Інтернет, знаходити адреси сайтів, що містять ІКТНФ.
10. Організовувати і здійснювати дистанційне навчання фізики.
11. Володіти методикою використання ІКТНФ для проведення науково-методичних досліджень.

Серед компонентів системи інформаційно-комунікаційних компетентностей майбутнього вчителя фізики можна виділити такі, що стосуються проблеми нашого дослідження, зокрема, знання теоретичних основ та володіння вміннями:

- використання готових комп'ютерних моделей в навчальному процесі з фізики;
- використання програмно-апаратних навчальних лабораторних комплексів на основі комп'ютерів;
- самостійного створення комп'ютерних моделей фізичних систем.

Проаналізуємо стан дослідженості процесу формування кожного з

цих трьох компонентів системи інформаційно-комунікаційних компетентностей майбутнього вчителя фізики.

### **1.3.2. Сучасний стан використання комп'ютерних моделей в навчальному процесі.**

Проблемам впровадження комп'ютерних моделей в навчальний процес середніх та вищих навчальних закладів присвячено багато досліджень з теорії та методики навчання фізики, зокрема, таких вітчизняних і зарубіжних науковців, як Гриценко В. Г. [39; 40], Жук Ю. О. [66], Іваницький О. І. [73], Коношевський Л. Л. [84], Маланюк П. М. [108], Мартинюк М. Т., Дудик М. В., Терещук С. І. [109], Мірзаєва М. А. [116], Мислицька Н. А. [117], Муляр В. П. [126], Прудський В. І. [143], Семещук І. Л. [171], Сосницька Н. Л. [178], Фокін М. Л. [196], Яценко Т. Н. [215], Andaloro G. [216], Aravind V. R. [229], Bazan P. [228], Ding Y. [232], Donzelli V. [216], Fang H. [232], Fraser D. [219], Glava A. E. [228], Gorghiu G. [228], Graham T. [226], Heard J. W. [229], Kędzierski R. [222], Kozielska M. [222], Kukkonen J. [228], Linder C. [219], Maşior W. [228], Rowlands S. [226], Sperandeo-Mineo R. M. [216], Tłaczała W. [228], Użycki J. [228], Zaremba M. [228], та інші.

Так, окремі питання побудови і використання комп'ютерних моделей фізичних явищ у навчально-виховному процесі досліджено в дисертації Фокіна М. Л. (1989 р.) [196].

Маланюком П. М. (1991 р.) [108] досліджено використання комп'ютера як засобу моделювання фізичних об'єктів. Проаналізовано застосування педагогічних програмних засобів в самостійній роботі. Визначено напрями використання персональних комп'ютерів у процесі навчання фізики. Розроблено методики використання персональних комп'ютерів (ПК) у навчальному процесі при класно-урочній формі навчання та індивідуальному навчанні. Проаналізовано відмінності між традиційними технічними засобами навчання і моделюючими педагогічними програмними засобами, виділено суттєві ознаки такого типу педагогічних програмних засобів.

Показано ефективність використання навчальних задач, які розв'язуються шляхом самостійного моделювання фізичних явищ учнями.

Моделюванню та візуалізації навчального матеріалу з фізики засобами ІКТ (навчальне телебачення та комп'ютерне моделювання) присвячено дослідження Прудського В. І. (1992 р.) [143], у якому обґрунтовано необхідність використання сучасних візуальних засобів і розроблено відповідне апаратне забезпечення.

Жук Ю. О. виконав дослідження (1995 р.) [66] стосовно використання інформаційно-комунікаційних технологій при розв'язуванні задач дослідницького характеру. Він проаналізував, окрім використання спеціалізованих моделюючих програмних засобів, використання програмних засобів загального призначення, а також виконав широкі узагальнення, на основі яких розроблено критерії застосовності таких засобів у навчальному процесі.

Коношевським Л. Л. (1997 р.) [84] досліджено можливості використання комп'ютера для активізації пізнавальної діяльності студентів та розроблено педагогічний програмний засіб та методику його застосування на різних етапах навчального процесу з фізики.

Муляр В. П. (1998 р.) [126] вказує, що для успішного використання засобів інформаційних технологій при вивченні фізики вчитель повинен глибоко оволодіти роботою з комп'ютером і систематично ознайомлюватись з новинками інформаційних комп'ютерних технологій. Сучасний вчитель фізики повинен бути кваліфікованим фахівцем у своїй галузі, вміти будувати інформаційні моделі досліджуваного явища, правильно інтерпретувати комп'ютерний продукт. Серед знань та вмінь, якими повинен оволодіти вчитель в роботі з комп'ютером слід виділити: вміння підготувати комп'ютер до роботи, запустити на виконання потрібну програму, використати необхідне програмне загального призначення – текстові, графічні, музичні редактори, системи управління базами даних, електронні таблиці, експертні системи, засоби супроводу навчального процесу, проблемно-орієнтовані інструментальні засоби, довідкові системи і т.д.

Дослідження Сосницької Н. Л. (1998 р.) [178], спрямоване на використання інформаційно-комунікаційних технологій при вивченні складних для реалізації традиційними засобами явищ хвильової оптики. В цій роботі проаналізовано стан вивчення хвильової оптики в курсі фізики середньої школи, зроблено висновок про необхідність підсилення експериментальної бази комп'ютерним моделюванням. З'ясовані проблеми, які виникають при створенні педагогічних програмних засобів, що можуть бути використані у навчальному процесі як для фронтальних демонстрацій, так і для лабораторних робіт. Розроблено програмно-педагогічні засоби “Інтерференція” та “Дифракція світла”.

Дослідження Яценко Т. Н. (1998 р.) [215], виконане на матеріалі вивчення фізичної оптики, показало високу ефективність використання комп'ютерних моделей у навчальному процесі.

Предметом дослідження в Гриценко В. Г. (1999 р.) [40] були шляхи та засоби вдосконалення процесу вивчення статистичних закономірностей при підготовці вчителів фізики з використанням нових інформаційних технологій. Підтверджено ефективність використання комп'ютерного моделювання у навчальному процесі при виконанні лабораторних робіт з фізики. Розроблено та впроваджено в навчальний процес комп'ютерний лабораторний практикум, створено комп'ютерні моделі та завдання до нього.

Дослідження Мірзаєвої М. А. (2000 р.) [116] присвячено розробці та впровадженню в навчальний процес програмно-методичного забезпечення та комплексу лабораторних робіт для дослідження складних процесів радіофізики та лазерної оптики. Зазначено, що застосування комп'ютерного моделювання при проведенні лабораторних занять з курсів “Радіофізика” та “Лазерна фізика” сприяє вдосконаленню якості організації практичних занять, активації пізнавальної діяльності студентів, наочності навчального матеріалу та інтенсифікації навчального процесу при вивченні складних процесів та явищ. Використання технологій комп'ютерного моделювання в навчанні фізики є вимогою часу. Уміння описувати навколишній світ у

вигляді моделей реальних процесів та явищ повинно стати надбанням кожного вчителя фізики.

Дослідження Семещука І. Л. (2005 р.) [171] підтвердило, що застосування пакета програм GRAN1 та GRAN-2D у процесі формування основних понять механіки шкільного курсу фізики створює необхідні умови для інтенсифікації навчання, інтеграції навчальних предметів, підсилює диференціацію навчання, надає навчальній діяльності дослідницького, творчого характеру, підвищує рівень математичної і інформаційної культури учнів. Використання програм GRAN1 та GRAN-2D дає змогу ефективно застосовувати в навчальній діяльності сучасні методи дослідження та моделювання реальних процесів.

У дослідженні Іваницького О. І. (2005 р.) [73] серед іншого показано, що створення широкого класу віртуальних фізичних моделей, комп'ютерних програм-конструкторів, фізичних комп'ютерних комплексів вносить суттєві зміни в методику підготовки і проведення уроків фізики, а отже, і в процес підготовки майбутнього вчителя фізики. Необхідною складовою цієї підготовки є формування спеціальних умінь з локального та комплексного застосування комп'ютера в процесі навчання фізики. Показано, що підготовка майбутнього вчителя фізики до комплексного використання комп'ютера у процесі навчання фізики повинна розпочинатися з вивчення локальних технологій комп'ютерного навчання фізики та містити такі етапи: демонстрація і аналіз комп'ютерних програм викладачем → демонстрація і аналіз програм студентами → розробка сценарію комп'ютерної програми → моделювання застосування програми у навчальному процесі → введення фрагментів програми у розроблену студентом технологію → розробка авторської комп'ютерної програми з фізики → застосування комп'ютера у реальному навчальному процесі з фізики. Доведено переваги застосування комп'ютерних програм-конструкторів типу “Використання Microsoft Office у школі” для підготовки майбутнього вчителя фізики до комплексного застосування комп'ютера у процесі навчання фізики.

В навчальному посібнику [109] зазначається, що однією з складових інформаційно-комунікаційних технологій навчання у контексті підготовки майбутніх вчителів фізики є застосування програмних засобів для комп'ютерного моделювання. Авторами пропонуються методичні вказівки до лабораторного практикуму з курсу загальної фізики і пакет програм, в якому моделюються фундаментальні досліди атомної фізики, зокрема, досліди Резерфорда, Комптона, Франка і Герца та ін. Програми для практикуму розроблені в середовищі об'єктно-орієнтованого програмування Delphi. Відповідність роботи імітаційно-моделюючих програм результатам реальних фізичних досліджень була закладена в математичних рівностях, що пов'язують вимірювані параметри. Рівняння для кожного конкретного випадку отримувались аналітичним шляхом з математичних формулювань фізичних законів, чисельним розв'язуванням диференціальних рівнянь, що описують явище, або в результаті інтерполяції експериментальних кривих методом найменших квадратів.

Мисліцькою Н. А. (2007 р.) [117] вдосконалено і визначено можливості використання демонстраційних комп'ютерних моделей при формуванні фізичних понять в учнів основної школи. Розроблено навчально-методичний комплекс для вивчення таких тем і розділів з курсу фізики: “Фізичні величини та їх вимірювання” (7 кл.), “Механічний рух” (7 кл.), “Тиск рідин і газів” (7 кл.), “Основи кінематики” (9 кл.), “Основи динаміки” (9 кл.), який включає демонстраційні комп'ютерні моделі у вигляді слайдів, створених на основі програми PowerPoint, робочий зошит-конспект, завдання для формування знань, умінь і навичок, завдання для корекції знань та контролю досягнень учнів у навчально-виховному процесі з фізики, матеріали для додаткового читання, методичні рекомендації. Запропоновано методичні прийоми формування фізичних понять засобами комп'ютерного моделювання на прикладі вивчення окремих тем і розділів фізики.

Останнім часом значного поширення набуло використання у навчальному процесі готових навчальних програмних продуктів, що



унаочнює вивчення процесів і явищ, які реально спостерігати практично неможливо: складно, дорого, небезпечно. Існують моделюючі програми з фізики, які дають змогу учневі не тільки “побачити” інтерференцію і дифракцію хвиль, дослід Резерфорда [150], дослідити перколяційні явища [50] уповільнений варіант пружної взаємодії тіл тощо, але і вивчати ці процеси шляхом, наприклад, зсуву фаз у досліді з інтерференції, зміни прицільної відстані альфа-частинок у досліді Резерфорда тощо.

В Україні відомі й поширені різні комп’ютерно-орієнтовані засоби навчання фізики, сумісні з традиційними навчальними матеріалами [59, с. 34–38]. Найпоширенішими є декілька педагогічних програмних засобів, які оснащені україномовним інтерфейсом: фірми “Физикон” під загальною назвою “Открытая физика” [194]; програмно-педагогічне забезпечення “КВАЗАР-Мікро”: “Фізика – 7-9”, “Фізика – 10-11”), “Віртуальна фізична лабораторія. 7-11 класи”, “Бібліотека електронних наочностей. 7-11 класи” та “Електронний збірник задач. 7-9 класи” (автори: Бугайов О.І., Головка М.В., Коваль В.С., Олійник О.І., Селезнев Ю.О., Чалий О.В.); “Студент СТВ”: “Загальна фізика” (автор: Сумський В.) та ін.

Використання таких ППЗ, зазначає Величко С. П. [22], дає можливість майбутньому вчителю підтримувати групові та індивідуальні форми навчання в умовах класно-урочної системи навчання фізики; створювати комфортні умови гармонійного поєднання традиційних і новаторських технологій навчання фізики; створювати дидактичні основи технологій дистанційного навчання фізики; підвищувати пізнавальний інтерес учнів до вивчення фізики; забезпечувати диференційований підхід до вивчення фізики; формувати навички розв’язування задач; структурувати зміст курсу фізики та активізувати опорні знання; формувати політехнічні знання.

При цьому студенту (майбутньому вчителю фізики) необхідно вивчити компоненти та модулі програмних засобів, методично оцінити можливість їхнього впровадження в навчальний процес, обґрунтувати свої погляди щодо застосування ППЗ у навчальному процесі в школі, посиляючись на

результати дослідження відповідних засобів.

В дослідженні Дем'яненка В. М (2003 р.) [44] проводиться аналіз існуючого стану використання комп'ютерних моделей та методик їх застосування для вирішення навчальних задач при вивченні фізики у вищих навчальних закладах. В результаті робиться висновок [44, с. 57]: загальним недоліком розглянутих досліджень є надмірне захоплення використанням у навчальному процесі саме комп'ютерних моделей, які пропонується застосовувати і там, де можна і педагогічно доцільніше реалізувати натурний експеримент.

Жалдак М. І. з цього приводу зауважує: “застосування комп'ютера в навчальному процесі ні в якому разі неприпустимо перетворювати на свого роду модне захоплення. Нові інформаційні технології навчання, як і будь які інші нововведення, слід використовувати тільки тоді, коли таке використання є педагогічно виваженим і доцільним і дає незаперечний педагогічний ефект” [60, с. 151].

Першим з принципів застосування комп'ютерів в процесі навчання фізики Извозчиков В. А. та Рєвунов А. Д. [71, с. 19] визначають їх використання лише в тих випадках, коли вони є доповненням до реальних експериментів. Наголошується, що тільки робота з приладами дає учням необхідні для практики вміння та навички. Моделювати фізичні процеси доцільно в тих випадках, якщо експеримент неможливо провести, використовуючи обладнання кабінету фізики, або заборонено умовами техніки безпеки.

Теплицький І. О. та Семеріков С. О. [184] зауважують, що у процесі навчання фізики робота з реальними об'єктами, процесами або явищами повинна передувати роботі з моделями. В іншому випадку комп'ютерну підтримку лабораторного експерименту можна перетворити на “його комп'ютерну дискредитацію”. Автори підкреслюють, що говорити про застосування комп'ютера у фізичному дослідженні як інструменту пізнання можна лише тоді, коли комп'ютер доповнюється спеціалізованою апаратною частиною (відповідним інтерфейсом) для взаємодії з реальним фізичним вимірюванням у режимі реального часу.

### **1.3.3. Використання програмно-апаратних навчальних лабораторних комплексів для моделювання фізичних явищ та процесів.**

На лабораторних роботах з фізики зручно використовувати програмно-апаратні навчальні лабораторні комплекси, що дає змогу автоматизувати проведення фізичного експерименту: дані від фізичних приладів поступають не до людини, яка їх опрацьовує, а відразу до комп'ютера, за допомогою якого практично миттєво виконуються розрахунки, будуються графіки тощо.

Використання датчиків і пристроїв для реєстрації і вимірювання деяких фізичних величин (наприклад, величини світлового потоку, температури, вологості) і пристроїв, які забезпечують введення і виведення аналогових і дискретних сигналів, для зв'язку з комплектом обладнання, що приєднується до комп'ютера, дає змогу візуалізувати на екрані різні фізичні закономірності у вигляді моделей, графіків, діаграм, що змінюються в залежності від зміни вхідних параметрів.

Так, наприклад, досить вдалим поєднанням натурального експерименту і комп'ютерного опрацювання його результатів, відзначається дослідження Желюка О. М. (1996 р.) [65]. Автором зроблено спробу створення програми для опрацювання результатів фізичного експерименту. Розроблено систему експериментально-дослідницьких робіт, апаратного і програмного забезпечення. Підтверджено високу ефективність застосування розробок та доступність виготовлення певної частини апаратно-програмних засобів в умовах школи. Окреслено напрями вдосконалення програмно-апаратних засобів та методик їх застосування.

У дослідженні Н. В. Федішової (1999 р.) [192] запропоновано систему апаратно-програмного забезпечення фізичного експерименту.

Лапінським В. В. і Прокопенком О. В. [93] пропонується один з можливих шляхів реалізації засобів сучасних інформаційних технологій навчання (СІТН) фізики, розроблений і апробований у лабораторії механіки кафедри загальної фізики Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Лабораторний стенд [10] призначено для фронтального

виконання лабораторних робіт з чотирьох основних розділів механіки за курсом загальної фізики: кінематика матеріальної точки, динаміка матеріальної точки і закони збереження, механіка твердого тіла, механічні коливання. Усі вузли стенда багатофункціональні, їх можна використовувати в лабораторних роботах з різних розділів механіки. Опрацювання результатів експериментів може проводитись студентами з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, розробленого у вигляді пакету програмних засобів. Можливе також використання комплексних електронних таблиць, що складаються студентами або отримуються готовими.

Мартинюком О. С. (2000 р.) [110] досліджено та обґрунтовано можливості ширшого використання в шкільному фізичному експерименті новітньої електроніки та комп'ютерної техніки (на прикладі розділу “Електродинаміка”), розроблено, виготовлено та апробовано інформаційно-вимірювальний комплекс на базі IBM-сумісних комп'ютерів, що забезпечує вимірювання електричних фізичних величин, обробку відповідних даних та виведення їх на друкуючий пристрій, запропоновано методику його використання у навчальному фізичному експерименті.

Лещинський О. П. [100] зазначає, що для навчання фізики широко використовується мікрокомп'ютерна лабораторія, яка є поєднанням комп'ютера з різними видами датчиків (тиску, положення у просторі, температури, сили струму тощо). Сигнал, який надходить від датчиків, обробляється комп'ютерною програмою. Найважливіша особливість цього засобу полягає в тому, що графіки з'являються відразу, під час проведення експерименту. Широке використання комп'ютерних технологій сприяє якісним змінам в навчальному лабораторному експерименті. Більша частина експериментальної установки – комп'ютер, пристрої під'єднання до датчиків та програми опрацювання даних – однакова для експериментів різних типів. Змінюються лише датчики й експериментальне середовище, в яке вони занурюються. Учні можуть вивчати на досліді найрізноманітніші фізичні явища без значних затрат часу на вивчення самих експериментальних засобів.

Аналізуючи зарубіжний досвід, автор [101] зауважує, що в кінці 90-х рр. в США Р. Торнтон, Д. Соколов і П. Лоз [227] об'єднали свої роботи. В результаті було розроблено нову систему, що використовує мікрокомп'ютерну лабораторію для лекційних демонстрацій у традиційній структурі навчання у вищих навчальних закладах. Експериментальне навчання показало, що таку систему легко включити в традиційну структуру, а її використання сприяє підвищенню активності студентів у навчанні. Для впровадження системи потрібен комп'ютер з мікролабораторією і пов'язане з ним проекційне обладнання у звичайній лекційній аудиторії.

Особливістю застосування комп'ютерів у лабораторному практикумі курсу фізики Денисенко О. І. [45] вважає можливість використання їх для збору і опрацювання даних про стан датчиків, програмного керування різними механізмами і технологічними системами під час експерименту для реалізації зворотних зв'язків, синхронізації часу вимірювання фізичних величин, оперативної графічної візуалізації отриманих експериментальних даних, їх збереження і систематизації.

Литвиновим Ю. В. розроблено програмно-апаратний навчальний лабораторний комплекс на основі персонального комп'ютера [102] і впроваджено на кафедрі фізики Харківського національного педагогічного університету ім. Г. С. Сковороди. На відміну від аналогів, ця розробка передбачає синхронний запис вимірювальних параметрів та відеозображення ходу експерименту (зв'язок з комп'ютером і живлення здійснюються через порт USB), що надає можливість подальшого використання отриманих результатів як основи для створення самостійних дидактичних матеріалів. Даний комплекс може використовуватись для проведення лабораторних робіт в поєднанні з традиційними приладами, демонстрацій вимірювань, науково-дослідницької роботи.

Таким чином, у науково-педагогічних дослідженнях на даний час достатньо широко висвітлюються проблеми *використання готових* комп'ютерних моделей, комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання та програмно-

апаратних лабораторних комплексів в навчальному процесі з фізики.

Крім того, слід зазначити, що всі ці розробки стосуються питань побудови компонентів методичної системи навчання фізики і спрямовані перш за все на дослідження процесу формування предметних (фізичних) компетентностей майбутнього вчителя фізики. При цьому процес формування компонентів інформатичної компетентності є другорядним, супутнім. А для майбутнього вчителя фізики важливим є набуття вмінь не тільки використання готових комп'ютерних моделей, комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання та програмно-апаратних лабораторних комплексів в навчальному процесі з фізики, але й самостійного створення комп'ютерних моделей фізичних явищ і процесів засобами різних програмних середовищ.

Варто зазначити, що Галузевим стандартом підготовки бакалавра педагогічної освіти зі спеціальності “Педагогіка та методика середньої освіти. Фізика” [29] передбачається в курсі інформатики вивчення студентами змістового модуля “Моделювання”, при цьому студенти повинні набувати таких вмінь: створювати математичну модель фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі; обирати та використовувати готові програмні засоби (математичні пакети програм) для аналітичного, графічного, чисельного розв’язування математичних задач, які є математичними моделями фізичних систем, явищ і процесів у фізичній системі; обрати метод чисельного розв’язування математичних задач, які є математичними моделями.

Крім того, на нашу думку, студенти повинні вміти створювати комп'ютерні фізичні моделі засобами різних середовищ і обирати програмний засіб адекватний розв’язуваній задачі.

#### **1.3.4. Сучасний стан та перспективні напрями дослідження проблеми навчання комп'ютерного моделювання**

Зробимо короткий аналіз робіт, присвячених питанням навчання комп'ютерного моделювання.

Основоположниками навчання комп'ютерного моделювання можна

вважати О. А. Самарського і Ю. П. Попова [83], Х. Гулда і Я. Тобочника [41, 42], Е. В. Бурсіана [19] та ін. Вони є авторами фундаментальних творів, від яких бере свій початок теорія навчання комп'ютерного моделювання.

Навчання комп'ютерного моделювання присвячено роботи таких зарубіжних авторів, як Allen M. P. [223], Christian W. [231], Cross M. [217], Esquembre F. [230; 231], Frenkel D. [218], Korfiatis K. [221], McHaney R. [225], Moscardini A. O. [217], Papatheodorou E. [221], Paraskevopoulos S. [221], Robson E. H. [224], Smit B. [218], Stamou G. P. [221], Thorp M. [217] тощо.

Вивчаючи зміст навчання фізики в університетах США, Лещинський О. П. [101] зауважує, зокрема, що метод моделювання був розроблений в США групою Д. Хестенса з метою подолання вад традиційної лекційної системи навчання. Зміст курсу організовано навколо невеликого набору основних фізичних моделей. Розглядається створення і дослідження моделей у конкретних ситуаціях. Студенти під керівництвом викладача залучаються до конструювання, застосування і оцінювання фізичних моделей, які використовуються для опису, пояснення, передбачення і керування фізичними явищами. Така побудова курсу, як вважають автори, веде до формування уявлень про процес фізичного пізнання і долає фрагментарність знань і пасивність, що притаманні лекційній формі навчання.

В процесі навчання комп'ютерного моделювання неодмінно виникає проблема вибору засобу моделювання. Проаналізуємо стан дослідження процесу навчання комп'ютерного моделювання, роблячи акцент на програмних середовищах, які обираються авторами.

Гулд Х., Тобочник Я. (1990 р., США) [41; 42] розробили посібник (в 2-х частинах) для навчання фізичного експерименту на комп'ютері. Кожен розділ містить теоретичний матеріал, методи розв'язування відповідних задач, тексти програм мовами True Basic, Pascal та Фортран, задачі та контрольні запитання.

Бочкін О. І. (1998 р.) [14, с. 339] стверджує, що метою навчання інформатики є запропонувати методологічну та світоглядну основу для розуміння

принципів моделювання, підкреслити його виключне значення в інформатиці, її, по суті, кінцеву мету. Він вважає, що і обчислювальна техніка, і програми – це лише засоби для моделювання в широкому сенсі, і звертає увагу на таке: “У всі часи людина розумна, пізнаючи світ, відображувала у своєму мисленні об’єкти реальності у вигляді ідеальних, мислених моделей і діяла, виходячи з очікуваної поведінки їх прототипів. Етап первісного відображення – відображення світу в свідомості людини. З появою комп’ютера ситуація радикально змінюється. Людина може тепер реалізувати свої знання, створюючи комп’ютерну модель реального об’єкта. Відбувається друге відображення природи, тепер вже з мислення людини до пам’яті комп’ютера. В цьому сенсі комп’ютерний світ є третьою реальністю: 1) матерія; 2) свідомість; 3) знов нежива матерія (комп’ютер), але уже високоорганізована”.

Для комп’ютерного моделювання пропонується використовувати такі засоби, як графічний редактор для зменшеного та схематичного відображення предметів, електронні таблиці, мову СУБД для моделювання обчислення елементарних функцій, універсальні мови програмування (наприклад, Basic) [14, с. 354-356].

Російські науковці обґрунтовують різні підходи до навчання комп’ютерного моделювання в загальній та вищій освіті.

Оськіною О. В (2000 р.) [133] запропоновано для формування уявлень про моделювання у студентів фізичних спеціальностей ВНЗ ввести спецкурс “Основи моделювання”, створити комплекс програм з розробки комп’ютерних фізичних моделей, зокрема, в системі “STRATUM COMPUTER”.

Оспеннікова Є. В. [132] зазначає, що розуміння змісту віртуального досліду стає глибше, якщо учні самі створюють на комп’ютері модель досліджуваного явища. Але це не завжди можливо, тому школярі повинні усвідомити принципи, на основі яких побудована досліджувана ними модель. Вони повинні свідомо змінювати її параметри, тобто самостійно моделювати ситуації, які цікаві з точки зору реального експерименту, що виконується ними. Для формування в учнів окремих дослідницьких вмінь і контролю



їхньої сформованості пропонується використовувати навчальний проект “SITMAKER”, який містить серію модельних комп’ютерних експериментів, що виконуються учнями у тісному взаємозв’язку з відповідними лабораторними дослідженнями.

Селіванова Е. Т. (2000 р.) [169] пропонує навчати комп’ютерного моделювання шляхом залучення до розробки та реалізації проектів засобами середовища Лого, мовами програмування Basic, Pascal, Visual Basic, Delphi, засобами електронних таблиць Microsoft Excel. Автором пропонується підхід, при якому моделювання є одночасно засобом навчання основ програмування в школі, запропоновано природний перехід від моделювання в навчальному середовищі Лого до моделювання мовами професійного програмування. Вивчати моделювання Селіванова Е. Т. пропонує безпосередньо під час вивчення Microsoft Excel. Автор не заперечує можливості побудови моделей в середовищах спеціалізованих пакетів програм типу МАТНЕМАТІСА, але й не підтримує, оскільки, *по-перше*, таких засобів є багато, а з появою кожного нового виникає потреба знову оволодівати навичками роботи з ним. *По-друге*, самостійно запрограмований усвідомлений розв’язок дає тому, хто його розробив, набагато більше, ніж звернення до пакета МАТНЕМАТІСА [169, с. 118].

Якщо стосовно другого аргументу ми можемо частково погодитись з автором, і вважаємо, що при математичному моделюванні та розв’язуванні задач з фізики студентам слід вміти використовувати традиційні засоби програмування, хоча це вимагає значних затрат часу на створення програм, і розв’язування не кожної задачі доцільно зводити до програмування, то відносно першого аргументу хотілося б заперечити, що з появою комп’ютерних програмних продуктів GRAN, Maple, MathCAD, Mathematica, Maxima (належать до систем комп’ютерної математики – СКМ) у майбутніх вчителів фізики з’явилась можливість в багатьох випадках більш ефективно розв’язувати задачі і створювати математичні моделі на комп’ютері. Крім того, якщо порівняти ключові оператори-команди середовищ Maple, MathCAD,

Mathematica та Maxima, то можна помітити, що вони дуже схожі, а деякі абсолютно однакові, отже перехід у використанні від одного засобу до іншого не повинен викликати значних труднощів. А ще одна перевага використання таких програм полягає в тому, що в них є засоби програмування.

У методичних рекомендаціях посібника [94] щодо навчання моделювання в шкільному курсі інформатики М. П. Лапчик, І. Г. Семакін та Є. К. Хеннер зауважують, що “такі програмні засоби, як СУБД, табличні процесори, слід розглядати, як інструменти для роботи з інформаційними моделями; алгоритмізація та програмування теж мають пряме відношення до моделювання, а отже, напрям моделювання є наскрізним для багатьох розділів базового курсу інформатики” [94, с. 239]. При цьому інструментальними засобами для реалізації моделі можуть бути [94, с. 247]: “електронні таблиці, СУБД, системи програмування, математичні пакети, спеціалізовані системи моделювання загального призначення або орієнтовані на дану предметну сферу”.

В навчальних посібниках для вищих навчальних закладів авторів Могильов А. В., Пак Н. І. та Хеннер Є. К. [119; 120] є розділи, присвячені комп’ютерному моделюванню – “могутній інформаційній технології”. Перший з посібників містить теоретичні відомості з комп’ютерного моделювання з прикладами розробки фізичних, математичних та комп’ютерних моделей явищ та процесів; другий – короткі теоретичні відомості, контрольні запитання до кожної теми, тематику рефератів та семінарських занять, завдання до лабораторних робіт.

При доборі програмного забезпечення для комп’ютерного моделювання автори є прихильниками використання середовищ програмування, роблячи наголос на тому, що це орієнтовано на студентів спеціальності “інформатика” (майбутніх вчителів інформатики), що активно програмують, але зауважують, що при цьому недоліком є відносно висока трудомісткість, особливо при оформленні діалогового інтерфейсу, адекватного сучасним вимогам до прикладних програм. Стосовно використання

електронних таблиць для комп'ютерного моделювання робиться наголос на тому, що застосовуючи цей засіб, можна виконати моделювання більшості процесів, що розглядаються в посібнику, але недоліком є те, що не завжди зручно реалізовувати достатньо складні обчислювальні алгоритми. Відносно використання спеціалізованих пакетів для розв'язання математичних задач автори не заперечують, але зауважують, що це знижує освітній ефект.

У вітчизняних дослідження та методичній літературі методиці комп'ютерного моделювання у фізичній освіті приділяється певна увага. Зокрема, Жалдак М. І., Набочук Ю. К., Семещук І. Л. у посібнику [81] розкривають деякі аспекти використання інформаційних технологій при вивченні фізики в загальноосвітній школі, на прикладах застосування програм GRAN1 та GRAN2D для побудови і аналізу математичних моделей фізичних процесів і явищ.

В методичному посібнику з інформатики Зарецької І. Т., Семенової Т. В., Соколова О. Ю. є розділ [115, с. 44–47], присвячений етапам розв'язування задач за допомогою комп'ютера, де комп'ютер називають інструментом, що використовується на останньому етапі розв'язування задачі, якому передують постановка задачі, побудова моделі, вибір методу або готового програмного засобу, розробка алгоритму (в разі необхідності) складання програми.

У посібнику [123, с. 8] Морзе Н. В., говорячи про методику ознайомлення учнів з поняттям моделі, відзначає, що “змістова лінія моделювання поряд з лінією інформації та інформаційних процесів належать до теоретичних основ курсу інформатики. Разом з тим, не слід вважати, що тема моделювання має лише теоретичний характер і відокремлена від інших тем. Програмні засоби інформаційних технологій – СУБД, табличні процесори – слід розглядати як засоби для опрацювання інформаційних моделей. Алгоритмізація і програмування також мають безпосереднє відношення до моделювання. Головна мета вивчення поняття моделі пов'язана з подальшим розглядом основних етапів розв'язування задач за допомогою комп'ютера”.

У дослідженні Панченко Л. Л. [135] розроблено науково-обґрунтовану методичну систему формування вмінь математичного моделювання у майбутніх учителів математики в процесі вивчення ними математичних та методичних дисциплін в умовах особистісно-орієнтованого навчання. Пропонується реалізація математичної моделі засобами інформаційно-комунікаційних технологій, що передбачає на одному з етапів побудови математичної моделі розв'язування поставленої математичної задачі за допомогою сучасних програмних засобів, наприклад, GRAN1, GRAN-2D чи інших [135, с. 88].

Посібник Теплицького І. О. [183] присвячено питанням технології математичного моделювання за допомогою комп'ютера та її застосування до побудови навчальних комп'ютерних моделей в середовищі Microsoft Excel. На прикладах демонструються етапи побудови та дослідження моделей об'єктів різної природи, в тому числі, фізичної.

В дисертаційному дослідженні Теплицький І. О. (2000 р.) зауважує, що при навчанні учнів моделювання доцільно не обмежуватися якимось одним середовищем – раціональним є перехід від одного до іншого у міру опанування знаннями з інформатики. Створення моделей засобами мов програмування високого рівня, з одного боку, ставить вивчення систематичного курсу моделювання у часову залежність від вивчення програмування, а з іншого – вимагає від учнів значних зусиль і часу для створення інтерфейсу користувача, що помітно відволікає від безпосередньої роботи з моделлю. Резюмуючи, автор зазначає, що на початковому етапі цілком придатним середовищем поряд з іншими програмними засобами (наприклад, широко відомим пакетом GRAN1) є електронні таблиці. Їх можна розглядати як тимчасове середовище, що надає можливість почати вивчення комп'ютерного моделювання помітно раніше, ніж вивчення програмування [185, с. 88].

Межуєвим В. І. (2001 р.) [114] створена система комп'ютерних засобів, призначених для унаочнення суттєвих аспектів фізичних явищ, розроблена система демонстраційного комп'ютерного моделювання фізичних процесів та явищ DEMO, використання якої дає змогу учням самостійно будувати

просторово-часові моделі певного кола фізичних явищ, та методичні рекомендації щодо її використання. Практичний шлях інтенсифікації формування теоретичних знань учнів він вбачає в організації навчально-пізнавальної діяльності, сутність якої полягає у побудові та дослідженні моделей фізичних процесів та явищ.

Для побудови моделей фізичних процесів та явищ використовуються математичні конструкції, але застосування учнями середньої загально-освітньої школи строгого математичного апарату неможливе. Межуєв В. І. пропонує практичний шлях адаптації математичних методів побудови фізичних моделей до застосування учнями. 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” [114, с. 13].

В згаданих вище та інших джерелах досліджено лише окремі питання навчання комп’ютерного моделювання фізичних явищ і процесів. Зокрема, автори, як правило, обмежуються розробкою методики навчання засобами окремих програмних середовищ. Ще не розв’язаними залишаються проблеми вивчення та використання моделювання в процесі навчання інформатики в умовах інформатизації освіти. Не розробленою залишається методика:

- наскрізного навчання комп’ютерного моделювання в процесі підготовки майбутніх вчителів фізики (в загальному курсі інформатики та інформатичних дисциплін, в процесі вивчення спецкурсів, підготовки курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики, в рамках роботи наукових гуртків і проблемних груп);

- формування вмінь комп’ютерного моделювання в умовах дистанційної форми навчання;

- дослідження впливу навчання комп’ютерного моделювання на формування інтелектуальних вмінь студентів та учнів.

Розв’язуванню значної частини перелічених проблем і присвячено дане дисертаційне дослідження.

#### **1.4. Психолого-педагогічні вимоги до комп'ютерних моделей навчального призначення**

Головна роль в управлінні навчально-пізнавальною діяльністю учнів належить вчителю. А отже, вчителям (майбутнім вчителям), вирішувати, як саме подавати навчальний матеріал, які засоби навчання використовувати, яка комп'ютерна підтримка навчально-пізнавальної діяльності учнів найбільш доцільна і педагогічно виправдана для повного розкриття їхнього творчого потенціалу, задоволення їхніх запитів і нахилів, надання навчальній діяльності дослідницького, творчого характеру.

Розробляючи програму – комп'ютерну модель та використовуючи її як педагогічний програмний засіб (ППЗ), вчитель або майбутній вчитель має чітко усвідомлювати, що вона повинна відповідати критеріям досконалості і якості програмного засобу, призначеного для використання у навчальному процесі. При розробці комп'ютерних моделей навчального призначення повинні бути враховані такі аспекти, як зміст програмного засобу, дидактичні цілі та навчальні функції, що реалізуються ним, місце ППЗ в навчальному процесі, методичне забезпечення, врахування індивідуальних, вікових та психічних особливостей розвитку учнів. Ефективність навчання з використанням комп'ютерних моделей навчального призначення можна підвищити, якщо розроблені ППЗ (комп'ютерні моделі) будуть задовольняти основоположним дидактичним принципам.

На сьогоднішній день загальні вимоги до ППЗ досліджено науковцями і достатньо повно викладено у працях [4; 59; 126; 186; 207].

Проаналізуємо, яким педагогічним вимогам повинні відповідати комп'ютерні моделі навчального призначення у відповідності до змісту дидактичних принципів [59, с. 8–11].

*Принцип науковості.* Передбачається формування в учнів вмінь та навичок наукового пошуку, ознайомлення їх з сучасними методами пізнання. Відтворення навчального матеріалу повинно відбуватись на основі моделей,

які адекватні науковому знанню і одночасно доступні для розуміння учнями.

*Принцип наочності.* Сучасне розуміння принципу наочності передбачає, що учні не тільки споглядають явища, моделі явищ, які є об'єктами вивчення, а й здійснюють перетворюючу діяльність з цими об'єктами, вони не є пасивними спостерігачами досліджуваних процесів і явищ, оскільки активно впливають на їх перебіг, при цьому навчально-пізнавальна діяльність набуває дослідницького, творчого характеру.

У засобі слід використовувати тільки таку модель об'єкта вивчення, яка максимально сприяє реалізації мети навчання. У комп'ютерній моделі слід чітко виділити і розмежувати суттєві ознаки об'єкта вивчення, зв'язки і відношення між його складовими, проявами досліджуваних явищ та їх причинно-наслідкову сутність. Суттєві елементи моделі об'єкта вивчення повинні бути виділені кольором, миганням, звуком тощо.

*Принцип індивідуалізації, індивідуального підходу у навчанні.* Використання створених комп'ютерних моделей повинно надавати змогу реалізувати цей принцип під час створення і добору комп'ютерно-орієнтованих систем навчання. Зокрема, під час добору методики подання та перевірки засвоєння предметних знань і вмінь учнів необхідно врахувати мотиваційні аспекти, індивідуально-особистісні, психофізіологічні особливості кожного учня. Важливим є також забезпечення визначення і наступного врахування індивідуального початкового рівня, тобто визначення обсягу та глибини засвоєння опорних знань, сформованості відповідних умінь, стійкості навичок.

*Принцип доступності.* Доступністю визначається можливість досягнення мети навчання як загалом, так і на певному його етапі.

Комп'ютерні моделі навчального призначення повинні створюватись на основі предметного змісту і сучасних досягнень педагогічної науки, відповідно до програм навчальних курсів та з урахуванням вікових особливостей суб'єктів навчання; задовольняти психолого-педагогічні, ергономічні, дидактичні вимоги; супроводжуватись докладним методичним забезпеченням; легко адаптуватись до різноманітних конфігурацій обчислювальної техніки.

Створювати та використовувати комп'ютерні моделі навчального призначення слід тоді, коли це відповідає *вимогам педагогічної доцільності та виправданості*.

Для ефективного навчання з використанням комп'ютерних моделей навчального призначення при їх розробці повинні бути враховані ще такі вимоги (що висуваються тільки до такого типу програмних засобів):

– комп'ютерна модель досліджуваного об'єкта повинна містити найсуттєвіші взаємозв'язки між його елементами;

– у комп'ютерній моделі повинна бути передбачена можливість змінювати параметри досліджуваної системи незалежно один від одного та досліджувати її поведінку якісно і кількісно;

– для кращого розуміння змісту закономірностей досліджуваного процесу учні повинні мати можливість змінювати не тільки параметри комп'ютерної моделі, але й вносити зміни в комп'ютерну модель; при цьому учні мають змогу здійснити її оптимізацію та покращити відповідність між результатами моделювання і даними реального експерименту;

– результати комп'ютерного моделювання бажано представляти, використовуючи різноманітні форми: таблично, графічно, засобами анімації, із звуковим супроводом і т.д.; це надасть учню можливість краще усвідомити і зрозуміти результати експерименту;

– комп'ютерна модель не може повністю замінити реальний об'єкт, процес або явище, тому доцільним і виправданим є комп'ютерне моделювання лише таких об'єктів, які реально досліджувати неможливо (вони ще не існують – дослідження з метою передбачення їх поведінки; їх спостереження є шкідливим для здоров'я; вони дуже швидкоплинні або довготривалі; вони дуже малі або великі за розмірами; установка для їх дослідження дорого коштує і т.п.).

Дотримання даних вимог при створенні комп'ютерних моделей майбутніми вчителями фізики дозволить перемістити акценти з методів опису фізичних явищ на їх дослідження з використанням різних програмних засобів.



## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Метод моделювання має довгий еволюційний шлях. І якщо раніше він застосовувався найчастіше у фізиці, то в останні десятиліття поняття моделі і моделювання знайшли широке відображення у різних галузях науки і техніки. Технологія комп'ютерного моделювання є однією з найпродуктивніших технологій сучасного наукового пізнання.

2. Під моделлю розуміємо систему, що перебуває у певній відповідності з оригіналом і містить суттєві для даної задачі його властивості, якою можна заміщувати оригінал та здобувати в процесі її дослідження нові дані про об'єкт або відтворювати певні його властивості.

3. Поки не існує єдиної універсальної класифікації, яка б враховувала всі ідентифікаційні характеристики моделей та сфери їх застосування. В роботі запропоновано узагальнену класифікацію моделей за такими критеріями: за способом подання, за призначенням і за станом.

4. Під моделюванням розуміємо опосередкований метод наукового дослідження об'єктів шляхом вивчення їх аналогів – моделей.

5. Метод моделювання характеризується такими гносеологічними функціями: відображення дійсності, демонстраційною або ілюстративною, евристичною, трансляційною, апроксимуючою, екстраполяційно-прогностичною. Ці функції у своїй діалектичній єдності представляють узагальнену гносеологічну систематизацію ролі методу моделювання у науковому пізнанні.

6. Комп'ютерне моделювання розуміємо як моделювання об'єкта, процесу або явища комп'ютерними засобами.

7. Використання комп'ютерного моделювання стимулює науково-пізнавальну та навчально-пізнавальну діяльність студентів під час вивчення профільюючих дисциплін. Розробка та впровадження ефективної методики навчання студентів технології комп'ютерного моделювання в наш час є актуальним завданням вищої школи.

8. Проведений аналіз психолого-педагогічних особливостей формування у студентів вмінь комп'ютерного моделювання показує, що при організації навчальної діяльності для комплексного формування таких вмінь

потрібно: по-перше, враховувати індивідуально-психологічні можливості кожного студента, по-друге, розвивати вміння застосовувати такі операції мислення, як аналіз, синтез, абстрагування, виділення головного, порівняння, узагальнення, конкретизація, класифікація, систематизація тощо, які потрібно виконувати в процесі комп'ютерного моделювання.

9. При математичному моделюванні та розв'язуванні задач з фізики студентам слід вміти використовувати традиційні засоби програмування, системи комп'ютерної математики (СКМ), такі як MathCAD, Maple, Maxima, GRAN, електронні таблиці Microsoft Excel тощо.

10. Ефективна організація навчального процесу з використанням комп'ютерних моделей можлива лише за умови дотримання психолого-педагогічних вимог до такого типу навчальних засобів.

11. Проведений аналіз стану досліджень в галузі навчання комп'ютерного моделювання свідчить, що на сьогодні досліджено лише окремі питання навчання комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів. Зокрема, автори, як правило, обмежуються розробкою методики навчання засобами окремих програмних середовищ. Ще не розв'язаними залишаються проблеми вивчення та використання моделювання в процесі навчання інформатики в умовах інформатизації освіти. Не розробленою залишається методика:

- наскрізного навчання комп'ютерного моделювання в процесі підготовки майбутніх вчителів фізики (в загальному курсі інформатики та інформатичних дисциплін, в процесі вивчення спецкурсів, підготовки курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики, в рамках роботи наукових гуртків і проблемних груп);

- формування вмінь комп'ютерного моделювання в умовах дистанційної форми навчання;

- дослідження впливу навчання комп'ютерного моделювання на формування інтелектуальних вмінь студентів та учнів.

Питання, розглянуті в першому розділі, а також основні результати розділу відображені у таких публікаціях та доповідях автора на конференціях [48; 49; 50; 55; 56; 200; 201].

## РОЗДІЛ 2

### КОМПОНЕНТИ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ВМІНЬ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ І ПРОЦЕСІВ У МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

#### 2.1. Цілі та зміст навчання комп'ютерного моделювання

Методична система навчання – це певний об'єкт вивчення, тому з позицій системного підходу має розглядатися як складне утворення, специфіка якого визначається не стільки елементами його будови, скільки характером відношень і зв'язків між елементами [87].

В педагогічній науці загальноприйнятою є п'ятикомпонентна структура методичної системи навчання будь-кого предмету, запропонована ще у 70-ті роки ХХ ст. в роботі А. М. Пишкало [147, с. 7] у вигляді схеми, поданої на рис. 2.1, де відображено всі можливі безпосередні зв'язки між компонентами.

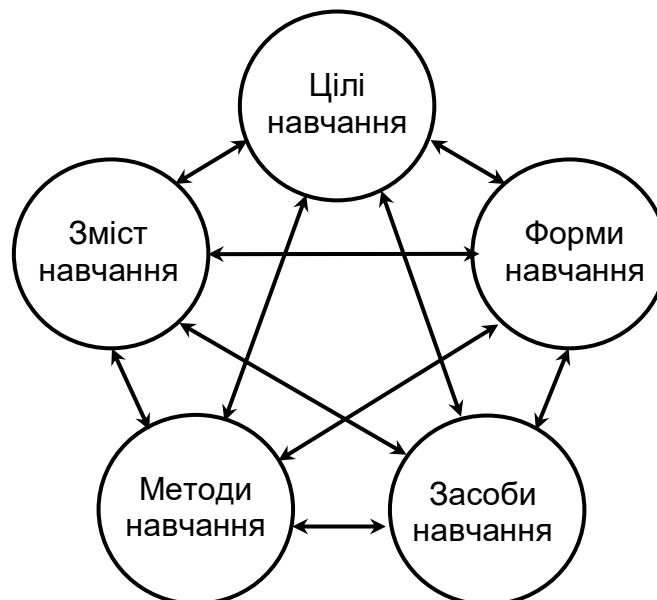


Рис. 2.1

В цьому пункті дисертаційного дослідження детально зупинимось на розгляді окремих компонент методичної системи – цілях та змісті навчання комп'ютерного моделювання.

Одними із головних завдань, що розв'язуються в процесі навчання

інформатики та інформатичних дисциплін на фізико-математичному факультеті вищого педагогічного навчального закладу, є формування інформатичної компетентності майбутніх учителів фізики, математики та інформатики, їх відповідна фахова підготовка. Ці завдання мають враховувати сучасні потреби інформатизації суспільства, що вимагають високого рівня науково-теоретичної підготовки, практичної направленості та значущості у розгляді питань інформатичних дисциплін педагогічних університетів.

При визначенні цілей навчання комп'ютерного моделювання у вищому педагогічному навчальному закладі слід врахувати загальновідомі цілі процесу навчання: освітні, розвиваючі, виховні.

*Головною метою* навчання комп'ютерного моделювання є формування вмінь створення комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів засобами різних програмних середовищ в процесі наскрізного навчання інформатики та інформатичних дисциплін студентів фізичних спеціальностей вищих педагогічних навчальних закладів.

Серед освітніх цілей виділимо загальноосвітню, пов'язану з набуттям певного рівня загальнопрофесійних компетентностей [62], зокрема природничо-математичних, дослідницьких, дидактико-методичних та психолого-педагогічних компетентностей, необхідних для майбутньої професійної діяльності. Структурними складовими зазначених компетентностей є відповідні знання, уміння та навички. Загальною метою вивчення кожної дисципліни інформатичного циклу є формування складових інформаційної культури майбутнього вчителя та залучення студентів до інформаційної культури суспільства [151].

Розвиваючими цілями процесу навчання комп'ютерного моделювання є розвиток дослідницьких та інтелектуальних умінь, творчих здібностей, просторової уяви студентів в процесі створення різноманітних комп'ютерних моделей засобами різних програмних середовищ.

Процес навчання майбутніх учителів фізики комп'ютерного

моделювання має не лише освітню, розвиваючу, а й виховну мету, спрямовану на виховання загальнолюдських духовних цінностей, гуманізму, утвердження здорового способу життя, інтелектуально-духовного, економічного, патріотичного, трудового виховання у відповідності до Концепції національного виховання студентської молоді (затверджено рішенням колегії МОН – протокол № 7 / 2 – 4 від 25.06.2009). Ця мета реалізується при побудові та дослідженні економічних, екологічних, суспільних моделей.

Ми вважаємо, що навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики повинно бути наскрізним для досягнення головної мети нашої методичної системи. Пропонується організувати таке навчання за чотирма етапами (рис. 2.2): пропедевтичний, початковий, основний,

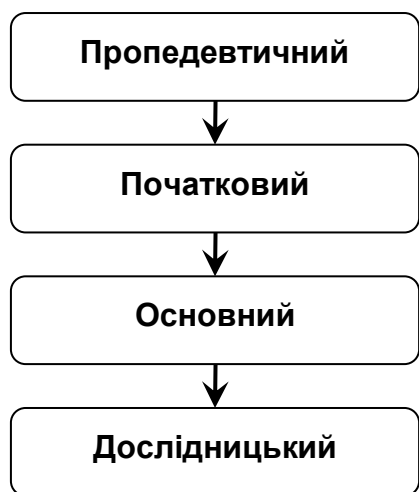


Рис. 2.2. Етапи наскрізного навчання комп'ютерного моделювання

дослідницький. Пропедевтику слід проводити в загальному курсі інформатики (пропедевтичний етап навчання комп'ютерного моделювання). Зокрема елементи комп'ютерного моделювання доцільно ввести при вивченні електронних таблиць, баз даних, професійних математичних та фізичних пакетів, основ програмування. Ґрунтовно розпочинати навчання комп'ютерного моделювання потрібно з вивчення студентами його основ в рамках передбаченого Галузевим стандартом підготовки бакалавра педагогічної освіти зі спеціальності “Педагогіка та методика середньої освіти. Фізика” [29] на другому році навчання змістового модуля “Моделювання” дисципліни “Інформатика” (початковий етап навчання комп'ютерного моделювання). Далі після опанування студентами базових інформатичних, фізичних та математичних курсів, набуття студентами навичок практичного розв’язування математичних та фізичних задач з використанням програмних засобів доцільно ввести на четвертому році підготовки майбутнього вчителя

фізики курс “Комп’ютерне моделювання” (основний етап навчання комп’ютерного моделювання). Формувати вміння комп’ютерного моделювання доцільно не тільки під час аудиторної роботи. Навчати комп’ютерного моделювання слід також і під час роботи відповідних наукових гуртків, проблемних груп, написання курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики (дослідницький етап навчання комп’ютерного моделювання).

Для дистанційної підтримки навчальної діяльності з комп’ютерного моделювання студентів фізичних спеціальностей було створено сайт “Комп’ютерне моделювання” (<http://cmodel.in.ua>), де розміщено комплекс навчально-методичних матеріалів, рекомендацій, публікацій і корисних посилань (додаток Н).

У відповідності до статті 1 розділу 1 Закону України “Про вищу освіту” [70] зміст навчання розуміється як структура, зміст і обсяг навчальних відомостей, засвоєння яких забезпечує особі можливість здобуття вищої освіти і певної кваліфікації. З іншого боку, зміст навчання є елементом методичної системи навчання, в зв’язку з чим це поняття набуває нового дидактичного статусу, а зміст, що вкладається в це поняття, дає змогу відрізнити його від понять “зміст освіти” і “навчальний матеріал”.

**Зміст** наскрізного *навчання* комп’ютерного моделювання містить дві взаємопов’язані складові: теоретичну та практичну. Теоретична складова спрямована на формування у студентів наукового світогляду, інформаційної культури, навичок аналізу і формалізації дослідницьких предметних задач, на оволодіння методологією моделювання і особливостями її комп’ютерної реалізації, ознайомлення з комп’ютерними середовищами, які використовуються для створення комп’ютерних моделей, з можливостями використання навчальних комп’ютерних моделей як засобу пізнання та науково-дослідної діяльності. Результати проведеного аналізу літературних джерел, зазначених, зокрема в п. 1.3.1, 1.3.4, Галузевих стандартів [29], і наших досліджень дають підстави сформулювати перелік основних знань та

вмінь, яких студенти повинні набувати після наскрізного навчання комп'ютерного моделювання. Отже, *студенти повинні знати:*

- поняття “модель”;
- історію використання терміну модель і практичного використання методу моделювання;
- класифікацію моделей;
- поняття інформаційної, вербальної, знакової, математичної моделей;
- поняття комп'ютерної моделі;
- цикл комп'ютерного експерименту;
- приклади комп'ютерного математичного моделювання у науці та техніці;
- поняття математичного моделювання;
- класифікацію математичних моделей;
- етапи математичного моделювання;
- поняття детермінованих та стохастичних математичних моделей;
- взаємозв'язок обчислювального експерименту з лабораторним експериментом і теорією;
- методи моделювання стохастичних систем;
- визначення поняття імітаційного моделювання;
- типи імітаційних моделей;
- методи проектування імітаційних моделей;
- етапи розробки концептуальної моделі;
- програмні засоби для імітаційного моделювання;
- поняття навчальної комп'ютерної моделі;
- приклади застосування навчальних комп'ютерних моделей в навчальному процесі;
- класифікацію педагогічних програмних засобів (ППЗ);
- види ППЗ;
- вимоги до ППЗ, зокрема до навчальних комп'ютерних моделей;

- специфіку використання комп'ютерного моделювання в педагогічних програмних засобах;
- способи використання прикладних програмних засобів для комп'ютерного моделювання у фізиці;
- чисельні методи моделювання фізичних явищ та процесів;
- методи моделювання стохастичних явищ у фізиці.

Практичний аспект пов'язаний з набуттям умінь щодо створення математичних комп'ютерних моделей фізичних систем, вибору програмного засобу адекватно розв'язуваній задачі, та навичок роботи у різних комп'ютерних середовищах, прийняття рішення про адекватність моделі досліджуваному об'єкту. Практична складова передбачає, що після наскрізного навчання комп'ютерного моделювання **студенти повинні вміти:**

- 1) *аналізувати об'єкт (предмет, явище, процес); виконувати постановку задачі комп'ютерного моделювання:*
  - застосовувати моделювання як метод пізнання;
  - класифікувати моделі за призначенням, за станом і за способом представлення;
  - визначати основні етапи комп'ютерного експерименту;
  - виділяти об'єкт комп'ютерного моделювання і визначати його суттєві властивості;
  - визначити цілі моделювання (дослідження, управління, прогнозування);
  - проводити аналіз досліджуваного об'єкта з подальшою розробкою його концептуальної моделі;
  - виконувати вербально-змістовий опис об'єкта моделювання;
  - обирати понятійний апарат, адекватний об'єкту;
  - осмислити і конкретизувати проблему та визначити можливості її математичної ідеалізації;



- наводити приклади комп'ютерного математичного моделювання у науці та техніці;
  - наводити приклади навчальних комп'ютерних моделей;
- 2) *створювати фізичну модель досліджуваного об'єкта:*
- сформулювати мету фізичного моделювання за певних умов;
  - виконати словесно-змістовий опис фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі;
  - визначити зовнішні умови, в яких знаходиться фізична система, і охарактеризувати їх певними величинами;
  - виділити суттєві властивості та характеристики фізичної системи, явища або процесу;
  - обрати критерії подібності для моделювання певної фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі;
  - реалізувати системний підхід у модельному дослідженні фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі;
  - визначати межі фізичної системи, яка моделюється;
- 3) *обирати математичний апарат для моделювання, створювати математичну модель:*
- виділяти об'єкт математичного моделювання;
  - сформулювати завдання математичного моделювання;
  - класифікувати математичні моделі;
  - створювати детерміновані математичні моделі;
  - використовувати основні математичні структури в інформаційному моделюванні;
  - виявити множину елементів системи і їх властивості;
  - знайти зв'язки і відношення між елементами системи і записати їх у математичній формі;
  - в процесі створення моделі формувати допоміжні гіпотези;

- забезпечити узгодженість (в рамках допустимих похибок) математичної моделі з реальним об'єктом, відносну простоту моделі і її доступність для дослідження;
  - добирати ефективний метод дослідження математичної моделі для розв'язування поставленої задачі;
  - обирати метод наближеного, зокрема чисельного розв'язування фізичних задач, які є математичними моделями;
  - використовувати методи проектування імітаційних моделей;
  - створювати моделі стохастичних систем, використовуючи метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло);
  - створювати математичну модель фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі, використовуючи фундаментальні закони природи;
  - використовувати аналогії та теорію подібності для створення математичних моделей;
- 4) *виконувати програмну реалізацію моделі:*
- використовувати інструментальні програмні засоби для моделювання детермінованих математичних моделей;
  - створювати імітаційну модель фізичної системи, явища або процесу, використовуючи мови програмування та спеціалізовані засоби графіки;
  - розробити алгоритм і програму для розв'язування математичної задачі, яка є математичною моделлю;
  - створювати геометричні моделі засобами комп'ютерної графіки;
  - використовувати спеціалізовані засоби графіки для імітаційного моделювання;
  - обирати та використовувати програмні засоби (прикладні програми та математичні пакети) для аналітичного, графічного, чисельного розв'язання математичних задач, які є математичними моделями фізичних систем, явищ і процесів у фізичній системі;

- створювати алгоритми чисельного розв’язування фізичних задач;
  - використовувати вбудовані засоби прикладних програм та мов програмування для моделювання стохастичних явищ у фізиці;
- 5) *досліджувати комп’ютерну модель із застосуванням математичних, статистичних методів:*
- виконувати чисельний експеримент з використанням комп’ютера;
  - оцінювати точність та стійкість розробленого алгоритму;
  - аналізувати похибки при чисельному розв’язуванні задач;
  - інтерпретувати, аналізувати та узагальнювати результати розрахунків чисельного експерименту;
  - добирати критерії оцінювання математичної моделі на предмет її досконалості (у відповідності до цілей моделювання);
  - встановлювати адекватність побудованої математичної моделі досліджуваному об’єкту;
- б) *створювати та використовувати навчальні комп’ютерні моделі:*
- створювати навчальні комп’ютерні моделі засобами різних програмних середовищ;
  - використовувати навчальні комп’ютерні моделі у процесі навчання;
  - аналізувати існуючі навчальні комп’ютерні моделі на відповідність шкільній навчальній програмі;
  - класифікувати ППЗ;
  - аналізувати навчальні засоби на відповідність вимогам до ППЗ.

В наступних пунктах цього розділу ми конкретизуємо мету та зміст навчання комп’ютерного моделювання окремо для курсу інформатики, дисципліни “Комп’ютерне моделювання”, наукових гуртків, написання курсових робіт з методики інформатики, розкриємо сутність решти компонентів методичної системи навчання комп’ютерного моделювання: форм, методів та засобів.

## **2.2. Умови формування вмінь комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів у майбутніх вчителів фізики**

Формування та розвиток інтелектуальних умінь, зокрема умінь комп'ютерного моделювання, як зазначалось в 1.2, здійснюється поетапно і повинно починатися на підготовчому етапі з накопичення фонду знань. Отже однією з головних умов формування вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики є попереднє акумулювання студентами знань та вмінь з базових інформатичних, фізичних та математичних курсів [202, с. 340], а також таких дисциплін, як “Програмування”, “Методи обчислень”, “Дискретна математика”, “Математичний аналіз”, “Диференціальні рівняння”, “Теорія ймовірностей і математична статистика”, “Загальна фізика” тощо, навичок практичного використання програмного забезпечення (типу Microsoft Excel, MathCAD, GRAN, Maple, Mathematica, Maxima) для розв'язування математичних та фізичних задач.

Конкретизуємо, якими основними знаннями, вміннями і навичками з кожної дисципліни повинен оволодіти студент спеціальності “Фізика та інформатика” до вивчення курсу “Комп'ютерне моделювання”.

Відповідно до Галузевого стандарту підготовки бакалавра педагогічної освіти зі спеціальності „Педагогіка та методика середньої освіти. Фізика” [29], опанувавши дисципліни “Математичний аналіз”, “Дискретна математика”, “Диференціальні рівняння”, “Теорія ймовірностей і математична статистика”, змістові модулі “Алгоритмізація і програмування”, “Методи обчислень” дисципліни “Інформатика”, серед іншого студенти повинні набути знань, вмінь і навичок необхідних для навчання комп'ютерного моделювання:

– знати властивості неперервних функцій однієї і багатьох змінних та теорію границь;

- володіти методами диференціального та інтегрального числення;
- знати основні положення теорії диференціальних рівнянь та систем диференціальних рівнянь;
- знати основні визначення, поняття та методи теорії ймовірностей та математичної статистики;
- знати методи наближеного розв’язування задач алгебри, математичного аналізу та диференціальних рівнянь;
- мати уявлення про скінченно-різницеві методи розв’язання диференціальних рівнянь;
- вміти використовувати готові програмні засоби (математичні пакети програм) для аналітичного, графічного, чисельного розв’язування фізичних задач;
- мати уявлення про метод Монте-Карло;
- володіти знаннями про мислений експеримент та його пізнавальні функції (евристичну, екстраполяційну, інтерпретуючу, наукового передбачення, підготовки матеріального експерименту);
- вміти *аналізувати* та *узагальнювати* результати мислених експериментів і робити висновки;
- вміти виконати математичне і статистичне опрацювання результатів експериментального дослідження та оцінити достовірність його результатів;
- володіти аналітичним методом створення математичних моделей фізичних систем;
- вміти використовувати для створення математичних моделей аналогії;
- мати уявлення про нелінійні математичні моделі.

Для навчання комп’ютерного моделювання студенти також повинні опанувати передбачену у навчальних планах вищих педагогічних навчальних закладів для спеціальності “Фізика та інформатика” дисципліну “Програмування” [202, с. 340] і оволодіти такими знаннями, вміннями та навичками:

- володіти поняттям алгоритму та знати його властивості;
- вміти обирати способи та форми подання алгоритму;
- вміти оперувати основними базовими структурами при складанні алгоритмів;
- вміти *класифікувати* алгоритми за змістом виконуваних дій та за структурою;
- вміти застосовувати метод послідовного уточнення алгоритму при розв'язуванні задач;
- вміти встановлювати порядок складання та правила запису алгоритмів та програм;
- вміти застосовувати різні форми опису алгоритмів і переходити від однієї форми опису до іншої;
- вміти використовувати прості й складні умови при побудові алгоритмів і програм;
- вміти описувати алгоритми розв'язування задач різних типів навчальною алгоритмічною мовою та мовою програмування;
- вміти складати й реалізовувати алгоритми з різними типами даних;
- вміти вводити, налагоджувати та тестувати програми на комп'ютері;
- володіти методами досліджень ефективності алгоритмів;
- володіти сучасними технологіями програмування;
- вміти складати програми для розв'язування типових навчальних задач;
- володіти процедурною мовою програмування (типу Паскаль);
- володіти технологією об'єктно-орієнтованого програмування;
- володіти системами візуального програмування (типу Visual Basic, Delphi).

Необхідною умовою навчання комп'ютерного моделювання є оволодіння майбутніми вчителями фізики знаннями, уміннями і навичками курсу загальної фізики [202, с. 340] у відповідності до Галузевого

стандарту [29], зокрема, опанувавши цей курс, студенти повинні:

- знати фізичні явища, ідеї, принципи, що складають основу сучасної фізики;
- знати форми руху, кінематику і динаміку матеріальної точки та системи точок, закони збереження в класичній фізиці;
- знати спеціальну теорію відносності та елементи релятивістської динаміки, закони коливального руху, хвильових процесів;
- володіти поняттям термодинамічної системи;
- знати закони ідеальних газів;
- знати перший і другий принцип термодинаміки;
- знати основи молекулярно-кінетичної теорії речовин;
- знати основні положення статистичної фізики;
- володіти основами фізики поверхневих явищ;
- знати теоретичні основи електростатики;
- знати закони постійного електричного струму, механізми електропровідності;
- знати закони електромагнітної індукції;
- знати основи електродинаміки напівпровідників;
- знати закони геометричної оптики, явища інтерференції та дифракції;
- знати фізичні закони голографії;
- знати фізичні основи поляризації, дисперсії, поглинання, поширення і випромінювання світла;
- знати основи квантової теорії, елементи квантової механіки, квантові властивості твердих тіл;
- знати основні властивості напівпровідників та їх типи;
- знати будову атомного ядра, ядерні сили та їх властивості;
- знати природу і види радіоактивності, закони радіоактивного розпаду;

- знати основи атомної енергетики, синтезу атомних ядер;
- мати сучасні астрофізичні уявлення;
- вміти формулювати мету ідеалізації (створення ідеалізованого об'єкта) фізичної системи за певних умов;
- вміти відібрати необхідні знання і виконати словесно-змістовний опис фізичної системи;
- вміти *визначати* межі фізичної системи та її властивості (*суттєві властивості*), які є предметом спостереження і ідеалізації;
- вміти застосовувати системний підхід в ідеалізації фізичної системи за певних умов;
- вміти виявити множину елементів фізичної системи і визначити їх властивості;
- вміти визначити зовнішні умови, в яких знаходиться фізична система, і охарактеризувати їх певними величинами;
- вміти *знайти зв'язки і відношення* між елементами фізичної системи і охарактеризувати їх словесно або записати у математичній формі;
- вміти *абстрагуватися* від певних властивостей реальних фізичних систем, залишаючи в той же час інші їх властивості, створюючи тим самим ідеалізований об'єкт, якому притаманні лише ці властивості (ідеалізований об'єкт типу "матеріальна точка");
- вміти створювати ідеалізовані об'єкти, використовуючи декілька способів: абстрагуючись від якихось властивостей реальних фізичних систем, наділяючи їх деякими неіснуючими властивостями і уявляючи їх в певних ідеальних умовах;
- вміти використовувати відомі і новостворені ідеалізовані об'єкти для *аналізу* фізичних теорій, *інтерпретації* тверджень теорій і виведення висновків стосовно властивостей фізичних систем;
- володіти знаннями про роль ідеалізації у створенні наукової картини світу;



– вміти використовувати ідеалізовані об’єкти для математичного відображення фізичних систем;

– вміти *оцінювати* відповідність ідеалізованих об’єктів реальним фізичним системам використовуючи результати емпіричних теоретичних досліджень.

Визначити рівень володіння студентами перерахованими знаннями, вміннями та навичками на початку процесу навчання комп’ютерного моделювання можна за рейтингом успішності студентів з зазначених вище дисциплін.

Проаналізувавши сформульовані умови навчання комп’ютерного моделювання, можна дійти висновку, що володіння студентами перерахованими вище знаннями, вміннями і навичками передбачає сформованість у них на певному рівні крім того ще й умінь виконувати розумові операції: аналізувати, абстрагувати, порівнювати, виділяти головне, суттєве, класифікувати, узагальнювати тощо. Про рівень наявних інтелектуальних умінь може свідчити як загальний рівень успішності студента, так і результати психологічного тестування, що проводиться з метою діагностики сформованості умінь виконувати окремі розумові дії на основі спеціальних психологічних тестів [2, с. 256–258; 145, с. 96–102].

Розглянемо приклади завдань психологічних тестів і з’ясуємо, на дослідження наявності яких умінь вони спрямовані.

Завдання 2.2.1. (Фрагмент психологічного тесту “Прості аналогії” (додаток Б)). Ліворуч розташовані пари слів (зразки), а праворуч – набори слів, із яких потрібно утворити нову пару за ознакою аналогічною до поданої в зразку. Вибравши пару серед поданих в дужках слів, слід обвести кружком відповідний номер слова у стовпчику відповідей.

1. Годинник – Час: Термометр – (1. Прилад, 2. Вимірювання, 3. Ртуть, 4. Тепло, 5. Температура).	1 2 3 4 5
---	-----------

Психологічна методика “Прості аналогії” використовується для дослідження наявності умінь аналізувати, порівнювати, виділяти суттєве. Так, при

розв'язуванні завдання 2.2.1 студент повинен *проаналізувати* зразок і *визначити*, якою *суттєвою* ознакою поєднана дана пара слів, наприклад, годинник – це прилад для вимірювання часу. *Порівнюючи* набір слів зі зразком, слід утворити нову пару за аналогією, так, у прикладі термометр – це прилад для вимірювання температури, отже новою парою слів буде “Термометр – 5. Температура”.

Завдання 2.2.2. (Фрагмент психологічного тесту “Складні аналогії” (додаток Б)).

1. Фізика – наука .....	1 2 3 4 5 6
-------------------------	-------------

Шифр
1. Вівця - отара
2. Малина - ягода
3. Море - океан
4. Світло - темрява
5. Отруєння - смерть
6. Ворог - супротивник

Пропонуються пари слів, відношення між якими побудовані на абстрактних зв'язках. В “Шифрі” розташовані 6 пар слів з відповідними числами від 1 до 6. Необхідно визначити відношення між словами в парі, знайти аналогічну пару слів в квадраті “Шифр” та обвести кружком відповідне число.

Психологічна методика “Складні аналогії” використовується для дослідження наявності умінь аналізувати, абстрагувати, порівнювати. Наприклад, розв'язуючи завдання 2.2.2 студент повинен *проаналізувати* зразок, визначити, тип відношення між словами цієї пари, так у прикладі маємо відношення: “Фізика – це наука”. Далі *абстрагуючись* від значень окремих слів, *порівнюють* тип даного відношення з типами відношень поданих в шифрі і таким чином визначають відношення аналогічне даному. У прикладі таким буде відношення під номером 2: “Малина – це ягода”.

Завдання 2.2.3. (Фрагмент психологічного тесту “Виділення суттєвих

ознак” (додаток Б)). У рядку одне слово стоїть перед дужками, а далі – п’ять слів у дужках. Всі слова, що знаходяться в дужках, мають деяке відношення до того слова, що стоїть перед дужками. Слід обрати тільки два і обвести кружком їхні номери у стовпчику відповідей.

1. Куб (1. Кути, 2. Креслення, 3. Сторона, 4. Камінь, 5. Дерево).	1 2 3 4 5
---	-----------

В цьому психологічному тесті слова підбрані так, щоб студент продемонстрував свої вміння *визначати абстрактне* значення понять. Обираючи слова, слід відмовитись від легшого, неправильного способу розв’язування, який відразу кидається в очі, і при якому замість суттєвих виділяються окремі, конкретно-ситуаційні ознаки. Так, в наведеному прикладі тестового завдання 2.2.3 основними, *суттєвими ознаками* куба є кути і сторона. Решта слів означають спосіб представлення та матеріал для виготовлення куба.

Завдання 2.2.4. (Фрагмент психологічного тесту “Узагальнення та класифікація понять” (додаток Б)). З п’яти слів рядка чотири об’єднані загальною ознакою. Потрібно визначити п’яте “зайве” слово, а у стовпчику відповідей обвести кружком число, що позначає обране слово.

1.	1. Доба, 2. Вечір, 3. Хвилина, 4. Секунда, 5. Рік.	1 2 3 4 5
----	--	-----------

Психологічний тест “Узагальнення та класифікація понять” використовується для визначення наявності умінь аналізувати, узагальнювати та класифікувати. Наприклад, розв’язуючи завдання 2.2.4, студент повинен спершу *проаналізувати* слова, встановити, якою категорією можна охопити (*узагальнити*) більшість з них. Далі слід визначити, як кожне з слів співвідноситься з обраною категорією (*класифікувати*), і таким чином з’ясувати, яке з слів “зайве”. Так, наприклад, в даному завданні перше, третє, четверте і п’яте слова є одиницями відліку часу, а друге слово “вечір” – це частина доби, тобто це слово не належить до визначеної категорії, а отже є зайвим.

Завдання 2.2.5. (Фрагмент психологічного тесту “Кількісні відношення” (додаток Б)). Пропонується логічна задача, яка має два твердження. Потрібно визначити співвідношення між А і В (А і В – додатні числа).

1.	А більше С у 9 разів. С менше В у 4 рази.	В	А
----	---	---	---

Психологічна методика “Кількісні відношення” використовується для дослідження наявності умінь аналізувати і порівнювати. Так, *проаналізувавши* умову приклада можна записати:

$$A = 9 C, \quad B = 4 C;$$

*порівнюючи*, робимо висновок, що  $4 C < 9 C$ , а значить,  $B < A$ .

Використання розглянутих прикладів завдань психологічних тестів дасть змогу дослідити наявність у студентів таких інтелектуальних умінь, як аналізувати, абстрагувати, порівнювати, виділяти головне, суттєве, класифікувати, узагальнювати тощо. З метою визначення рівня сформованості певних якостей особистості психологами рекомендується використовувати в одній тестологічній методиці не менше 10 завдань.

За результатами діагностичного тестування та рейтингом успішності проводиться диференціація студентів на три категорії: перша – основна (студенти з середнім рівнем знань – розв’язали 60-85 % тестових завдань і мають за рейтингом успішності середній бал); друга – студенти, з якими потрібно працювати індивідуально (слабкі – розв’язали до 60 % тестових завдань і мають за рейтингом успішності низький бал); третя – “зона найближчого розвитку” для студентів, що випереджають основну масу (сильні – розв’язали більше 85 % тестових завдань і мають за рейтингом успішності високий бал). Цим закінчується підготовчий етап процесу формування та розвитку інтелектуальних умінь (п. 1.2), зокрема умінь комп’ютерного моделювання.

### **2.3. Методика формування вмінь комп’ютерного моделювання фізичних явищ і процесів у майбутніх вчителів фізики**

#### **2.3.1. Формування уявлень про комп’ютерне моделювання в курсі інформатики.**

Як зазначалось в п. 1.3 першого розділу, відповідно до Галузевого стандарту вищої освіти у нормативній частині Освітньо-професійної програми підготовки бакалавра за спеціальністю “6.010100 Педагогіка і

методика середньої освіти. Фізика” [29] передбачено вивчення студентами в рамках навчальної дисципліни “Інформатика” змістового модуля “Моделювання” (на 2-му курсі в 3-му семестрі), який складається з п’яти розділів: моделювання, основні типи моделювання; інформаційне моделювання; комп’ютерний експеримент у фізиці; комп’ютерне математичне моделювання фізичних процесів: чисельний експеримент в задачах механіки, електрики, статистичної фізики; моделі подання знань та пошук розв’язків в системах штучного інтелекту.

**Метою** вивчення цього модуля є розкриття ролі моделювання – одного з найпотужніших сучасних науково-дослідних методів; формування у студентів вмінь створення математичних моделей фізичних систем, явищ або процесів в фізичних системах; набуття студентами навичок обирати та використовувати для створення комп’ютерних моделей готові програмні середовища для аналітичного, графічного розв’язування математичних задач, які є математичними моделями фізичних систем, явищ і процесів у фізичній системі; вдосконалення вмінь та навичок роботи в різних програмних середовищах, які використовуються для комп’ютерного моделювання.

**Зміст.** На лекціях передбачається розгляд місця та значення методу моделювання у сучасних наукових дослідженнях, теоретичних основ моделювання, зокрема комп’ютерного моделювання.

На лабораторних заняттях студенти розв’язують задачі з комп’ютерного моделювання фізичних явищ та процесів за такою рекомендованою послідовністю:

- 1) проаналізувати приклади розв’язання фізичної задачі та створення комп’ютерної моделі;
- 2) розробити математичну модель фізичної задачі індивідуального завдання, визначити набір вхідних і вихідних даних, числові значення параметрів або проміжки їх допустимих значень;
- 3) продумати, які програмні середовища і як можна використати для комп’ютерного моделювання;

4) розробити комп'ютерну модель фізичної задачі у вигляді графіка функціональної залежності фізичних величин, якими характеризується досліджуваний процес та динамічного зображення фізичного процесу;

5) проаналізувати комп'ютерну модель на відповідність фізичному явищу або процесу.

Для лабораторних робіт розроблено на основі збірників задач з загальної фізики [33; 88] комплекс завдань трьох рівнів, розрахованих на індивідуальне або групове (в парі) виконання. Методичні рекомендації до лабораторних робіт і приклади розробки комп'ютерних моделей розміщено в розділі “Навчальні матеріали” сайту “Комп'ютерне моделювання” (див. додаток Н, рис. Н.3). Нижче наведено формулювання варіантів завдань.

### **I. Задовільний рівень.**

*Варіант 1.* На якій відстані  $s$  від цілі необхідно скинути вантаж з літака, що летить на висоті  $h$  зі швидкістю  $v_0$ ? Встановити залежність  $s = s(h)$  при  $v_0 = \text{const}$  та  $s = s(v_0)$  при  $h = \text{const}$ . Побудувати графіки цих залежностей. Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 2.* Літак летить горизонтально на висоті  $h$  зі швидкістю  $v_0$ . Пілот повинен скинути вантаж у точку, що розташована попереду літака. Під яким кутом  $\alpha$  до горизонту він повинен бачити ціль у момент кидання? (Опором повітря знехтувати). Встановити залежності  $\alpha = \alpha(h)$  при  $v_0 = \text{const}$ ,  $\alpha = \alpha(v_0)$  при  $h = \text{const}$ . Побудувати графіки цих залежностей. Розробити комп'ютерну модель процесу.

### **II. Достатній рівень.**

*Варіант 3.* Тіло починає ковзати з висоти  $h$  на похилій площині, яка утворює кут  $\alpha$  ( $10^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ ) з горизонтом. В кінці похилої площини тіло зустрічає горизонтальну площину. Знайти максимальну висоту піднімання тіла після пружного удару. Початкова швидкість дорівнює нулю. Тертям знехтувати. Побудувати комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 4.* Пружинний маятник здійснює гармонічні коливання з циклічною частотою  $\omega$  і амплітудою  $x_0$ . Знайти максимальне значення

прискорення та швидкість маятника, а також його механічну енергію. Побудувати комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 5.* Запаяний посуд, що має об'єм  $V$ , поділено на дві однакові частини нерухомою пластинкою. В одній частині посуду попередньо знаходиться  $m_1$  водню, а в іншій  $m_2$  кисню ( $m_1 < m_2$ ). Через пластину може здійснюватись дифузія тільки з боку водню. Як зміняться тиски у посуді після закінчення процесу дифузії, якщо посуд знаходиться в умовах сталої температури. Побудувати залежності  $p = p(V)$  для кожної частини посуду до та після дифузії. Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 6.* Кубик масою  $m$  може змочуватись водою. Він плаває на поверхні води. Довжина ребра кубика  $a$ . На якій відстані  $h$  від поверхні води знаходиться нижня грань кубика. Побудувати залежність  $h = h(a)$ . Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 7.* При переході електронів в атомах водню з однієї стаціонарної орбіти на іншу випромінюються фотони з енергією  $\mathcal{E}$ . Визначити довжину хвилі  $\lambda$  цієї лінії (нової орбіти) у спектрі. Побудувати залежність  $\lambda = \lambda(\mathcal{E})$ . Встановити числові значення довжини хвилі  $\lambda$  для кожної лінії спектра. Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 8.* У мікрокалориметрі з теплоємністю  $C = 100$  Дж/К знаходиться зразок радіоактивного кобальту з відносною атомною масою  $A = 61$ . Маса зразка – 10 мг. При розпаді одного ядра кобальту виділяється енергія  $\omega = 2 \cdot 10^{19}$  Дж. Через час  $\tau = 5$  (хв. температура калориметра на  $\Delta t = 0,06$  °С. Який період напіврозпаду даного препарату кобальту? Побудувати залежність періоду напіврозпаду препарату кобальту  $T$  від маси зразка  $m$  (від 5 мг до 100 мг) –  $T = T(m)$ . Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 9.* Збірна лінза дає зображення предмета, що збільшено у  $k$  разів. Екран наблизили до предмета на  $a$  см, потім змістили лінзу так, що предмет на екрані набув натурального розміру. Знайти оптичну силу лінзи і початкову відстань між предметом і екраном. Побудувати комп'ютерну модель задачі при  $k = 5$ ,  $a = 50$  см.

*Варіант 10.* Електромотор включено у мережу сталого струму з напругою  $U$ . Опір обмотки мотора  $R$ , сила струму, що споживається  $I$ . Побудувати залежність механічної потужності  $P_m$  від струму  $I$  ( $P_m = P_m(I)$ ). Знайти потужність мотору при  $U = 220$  В,  $R = 5$  Ом,  $I = 10$  А. Знайти максимальну механічну потужність електромотора з параметрами  $R, U$ . Який струм в цьому разі споживає електромотор? Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 11.* Джерело струму з ЕРС  $\mathcal{E}$  і внутрішнім опором  $r$  замкнено на реостат із змінним опором  $R$  (рис. 2.3). Побудувати графіки залежності сили струму, напруги на джерелі, потужності, що виділяється у зовнішньому ланцюгу, повної потужності, а також ККД при зміні опору реостата.

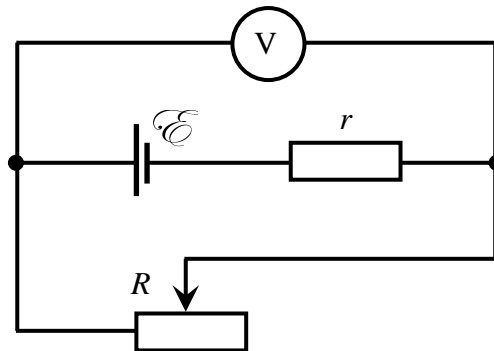


Рис. 2.3

### III. Високий рівень.

*Варіант 12.* Два тіла одночасно кинуті з однієї точки. Початкова швидкість першого тіла дорівнює  $v_0$  і напрямлена вертикально вгору, швидкість другого  $v_0$  напрямлена під кутом  $\alpha$  до горизонту. Визначити відстань між тілами через час  $t$ . Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 13.* Два тіла кидають з однієї точки під кутом  $\alpha$  до горизонту з інтервалом часу  $t$  з однаковими швидкостями  $v$ . Через який час від моменту кидання першого тіла обидва тіла будуть знаходитись на мінімальній відстані одне від одного? Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 14.* Маленька кулька падає з висоти  $h$  на похилу площину, яка складає кут  $\alpha$  з горизонтом. Знайти відстань між точками першого і другого співударів кульки з площиною. Побудувати комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 15.* З висоти  $h$  на похилу площину, що утворює кут  $\alpha$  з



горизонтом, вільно падає м'яч та пружно відбивається. Визначити відстань між точками 1-го, 2-го, 3-го, ...,  $n$ -го і  $n + 1$ -го співударів м'яча з площиною. Побудувати комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 16.* Світло від Сонця падає на плоске дзеркало, що має площу  $S$ , під кутом  $\alpha$ . Знайти силу  $F$  світлового тиску, вважаючи, що дзеркало повністю відбиває все світло, що падає на нього. Відомо, що середня потужність сонячного випромінювання, що припадає на  $1 \text{ м}^2$  земної поверхні, яка перпендикулярна до сонячних променів, дорівнює  $P = 1,4 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$ . Побудувати залежності  $F = F(\alpha)$  при  $S = 1 \text{ м}^2$ ,  $F = F(S)$  при  $\alpha = 60^\circ$ . Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 17.* Електрон влітає в однорідне магнітне поле. Його швидкість  $\vec{v}$  у точці А утворює з напрямом магнітної індукції поля кут  $\alpha$  (рис. 2.4). При яких значеннях магнітної індукції електрон з'явиться у точці С? Заряд електрона  $e$ , маса  $m$ , відстань АС дорівнює  $L$ .

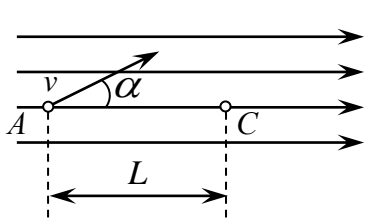


Рис. 2.4

Побудувати комп'ютерну модель руху електрона у магнітному полі відповідно до умови задачі.

*Варіант 18.* На рис. 2.5 подано вольт-амперну характеристику лампочки ліхтарика, яку включено в схему (рис. 2.6). ЕРС батареї  $\mathcal{E} = 4 \text{ В}$ , опір резистора  $r = 16 \text{ Ом}$ . Внутрішнім опором батареї можна знехтувати. За допомогою вольт-амперної характеристики лампочки побудувати графік залежності її опору від струму. Визначити струм в мережі одразу після замикання ключа (індуктивністю знехтувати). Знайти графічно струм, що встановився у лампочці. Розробити комп'ютерну модель процесу.

*Варіант 19.* Джерелами електричного струму в системі електричного обладнання автомобіля є генератор  $G$  сталого струму та з'єднаний з ним

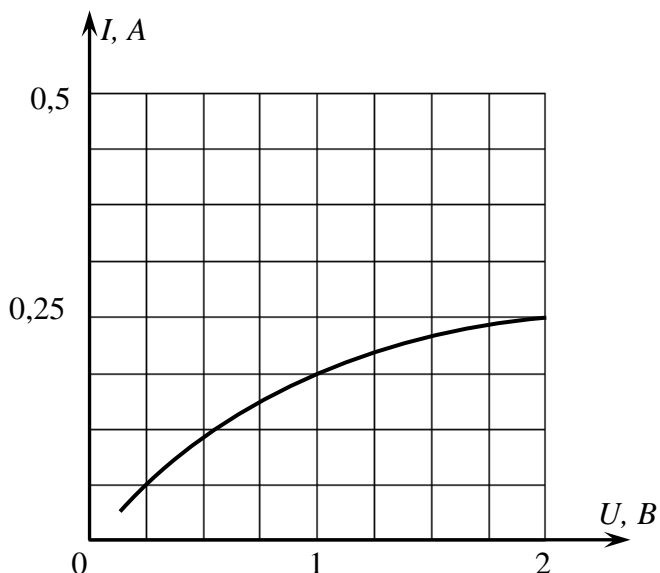


Рис. 2.5

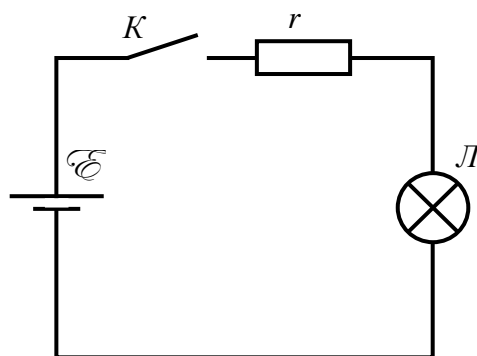


Рис. 2.6

паралельно акумулятор А (рис. 2.7). ЕРС акумулятора  $\mathcal{E}_1 = 12$  В, його внутрішній опір  $r = 0,15$  Ом. ЕРС генератора  $\mathcal{E}_2 = 14$  В, його внутрішній опір  $r = 0,05$  Ом. Знайти залежність сили струму  $I_A$ , що протікає через акумулятор, від сили струму  $I_H$ , що споживається навантаженням – резистором, який має опір  $R$  ( $I_A = I_A(I_H)$ ).

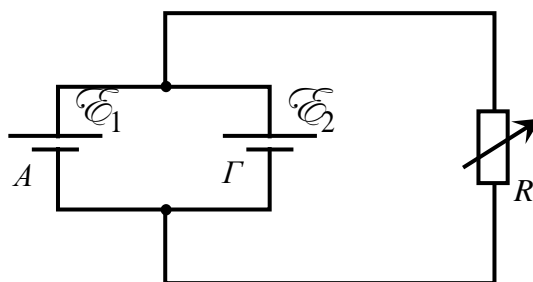


Рис. 2.7

*Варіант 20.* У довгому циліндричному посуді з невагомим поршнем площею  $S = 0,01$  м<sup>2</sup> знаходиться  $m_e = 0,01$  кг води при температурі  $T_0 = 273$  К. Поршень щільно пристає до стінок посуду, але ходить без тертя і в початковий момент знаходиться біля поверхні води (рис. 2.8, а). Воду нагрівають. Потужність нагрівача 1 кВт є сталою, тепловідведенням через стінки посуду і поршнем нехтуємо. Побудувати графік залежності висоти

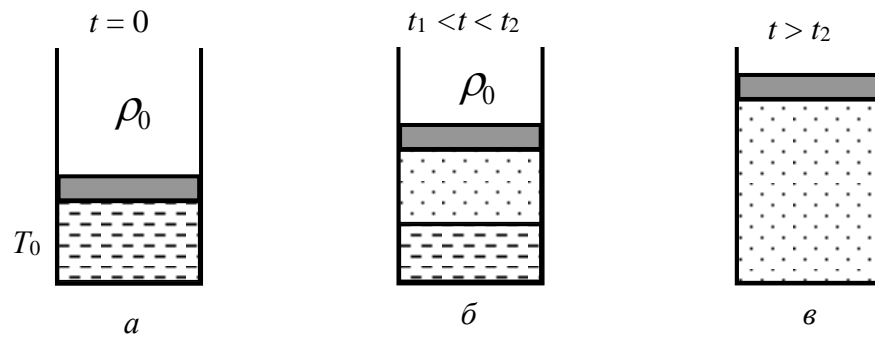


Рис. 2.8

підняття поршня  $h$  від часу  $t - h = h(t)$ . Атмосферний тиск  $\rho_0 = 1 \text{ ҐПа}$ .

Зміст фізичних задач підібрано таким чином, що для їх розв'язування потрібно знайти певну функціональну залежність, якою характеризується об'єкт, процес або явище, програмними засобами побудувати її графік для визначення певних фізичних властивостей і розробити динамічну комп'ютерну модель досліджуваної системи. Розподіл завдань за рівнями є орієнтовним, оскільки при оцінюванні розроблених студентами проектів ще враховується завершеність проекту; оригінальність виконання; адекватність математичної та комп'ютерної моделі фізичній задачі; кількість програмних середовищ, використаних для комп'ютерного моделювання фізичної задачі, та вміння обґрунтувати доцільність їх використання.

Розглянемо приклади розробки таких міні-проектів.

*Завдання 1.* Розробити комп'ютерну модель ізотермічного процесу в газі, тобто процес квазістатичного стиснення та розширення ідеального газу, що знаходиться в контакті з тепловим резервуаром ( $T = \text{const}$ ).

Рівняння стану ідеального газу (закон Менделєєва-Клапейрона) має вигляд:

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} R \cdot T, \quad (2.1)$$

де  $p$  – тиск,  $V$  – об'єм і  $T$  – температура газу,  $\nu = \frac{m}{\mu}$  – кількість речовини,

$R \approx 8,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$  – універсальна газова стала, тобто

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T = \text{const}. \quad (2.2)$$

Нехай  $\nu=1$  моль,  $T=22\text{ }^{\circ}\text{C}=295\text{ K}$ , а оскільки за умовою процес є ізотермічним, тобто  $T = \text{const}$ , то  $\nu \cdot R \cdot T \approx 1 \cdot 8,3 \cdot 295 = 2448,5$  Дж/моль.

Для побудови графіка залежності  $p(V)$  засобами *Microsoft Excel* (рис. 2.9) комірки першого рядка слід заповнити так, як це показано на рис. 2.9, комірки 2-3 рядків заповнити значеннями та формулами відповідно до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

### Формули для розрахунку значень функції $p(V)$

Адреса комірки	Формула або значення комірки	Примітки
A2	=60	$V_0, \text{дм}^3$
A3	=A2+1	копіювати у наступні 39 рядків
C2	=1*8,3*295	
B2	=C2/A2	копіювати у наступні 40 рядків

Використовуючи майстер побудови діаграм (тип діаграми – точкова) для значень стовпчиків А та В, в яких розміщуються значення відповідно  $p$  та  $V$ , одержимо графік залежності  $p(V)$  для ізотермічного процесу (рис. 2.9).

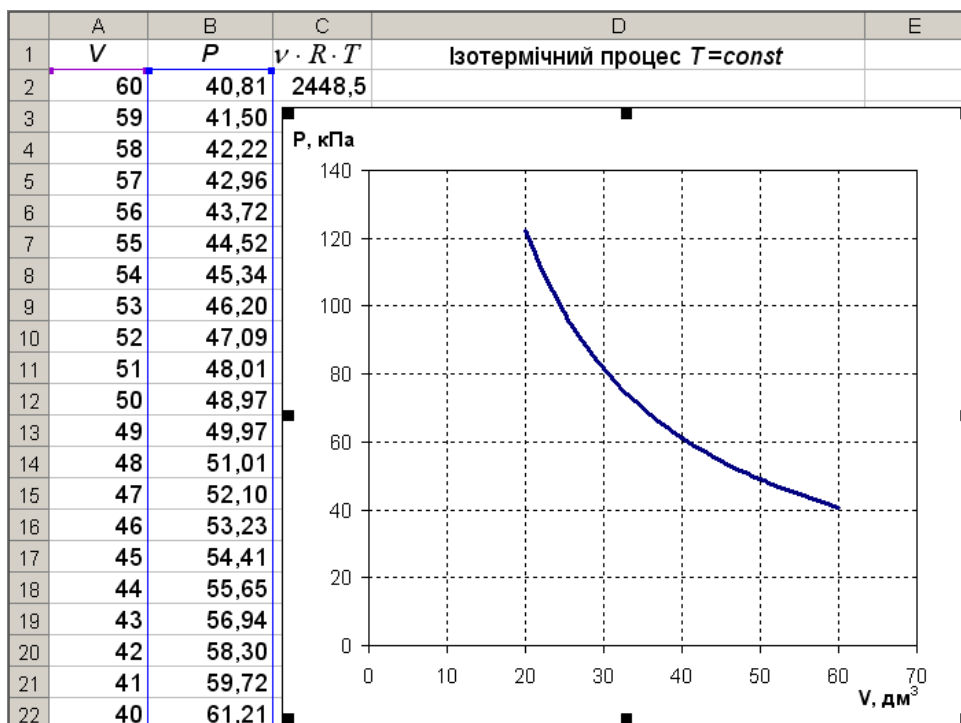


Рис. 2.9

Засобами середовища *Microsoft PowerPoint* створюємо комп'ютерну модель ізотермічного процесу в газі (рис. 2.10).

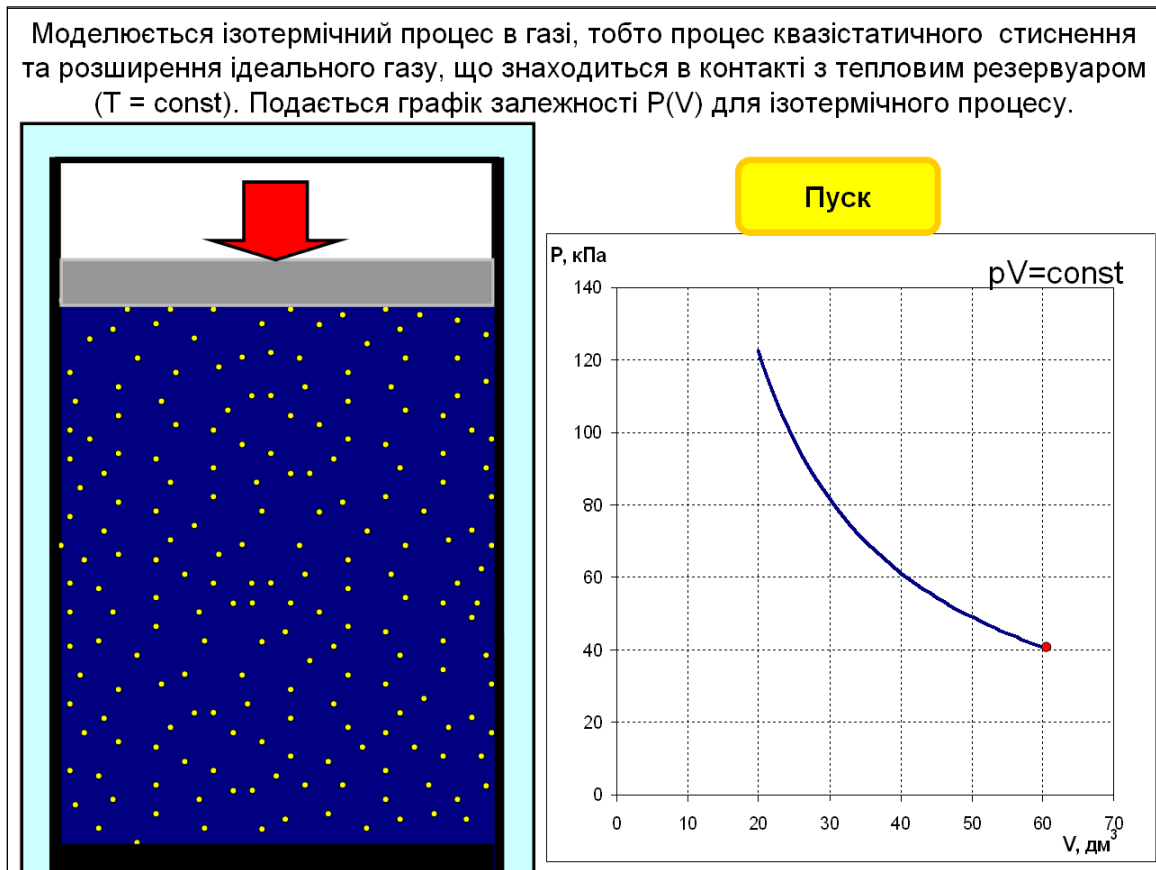


Рис. 2.10

На рис. 2.10 праворуч розміщено копію діаграми, що створена у середовищі Microsoft Excel. Ліворуч міститься анімаційне зображення руху поршня в посудині з газом, що знаходиться в контактi з тепловим резервуаром (температура газу не змінюється з часом). На графіку залежності  $p(V)$  кружечком показано точку, яка в режимі показу слайдів за допомогою анімаційних ефектів здійснює узгоджений з поршнем рух вздовж графіка, і координатам  $p$  і  $V$  якої відповідає стан газу в даний момент часу.

В розглянутому прикладі для створення комп'ютерної моделі використовуються такі **програмні засоби**, як Microsoft Excel та Microsoft PowerPoint. Такого типу завдання розраховані на слабших студентів з низьким та середнім рівнем підготовки. Розробка таких комп'ютерних моделей сприятиме поглибленню знань, вдосконаленню вмінь та навичок роботи з комп'ютерною графікою, засобами електронних таблиць та мультимедійних презентацій.

*Завдання 2.* Розрахувати, на яку максимальну висоту  $H$  від поверхні Землі за допомогою одноступінчатої ракети можна вивести супутник в

припущенні, що маса його в тоннах залежить від висоти орбіти за законом  $M=0,5+\sqrt{H}$  ( $H$  виражено в тисячах кілометрів). Початкова маса ракети  $M_0=5$ т, швидкість витікання газів з сопла двигуна  $v_0=4,5$ км/сек. Розробити комп'ютерну модель руху штучного супутника Землі по коловій орбіті на висоті  $H$  від поверхні Землі [153].

Побудуємо спочатку математичну модель. Для того, щоб тіло рухалось навколо Землі по коловій орбіті, тобто щоб воно стало супутником, йому потрібно надати в горизонтальному напрямку першу космічну швидкість. Її модуль обчислюється за формулою:

$$v = \sqrt{\frac{GM_3}{R_3 + H}}, \quad (2.3)$$

де  $G$  – гравітаційна стала,  $M_3$  – маса Землі,  $R_3$  – радіус Землі,  $H$  – висота над поверхнею Землі,  $R_3 + H$  – радіус орбіти.

За формулою Ціолковського швидкість  $v$ , яку розвиває ракета, якщо її маса зменшилась від початкового значення  $M_0$  до  $M$  при постійній швидкості  $v_0$  витікання газів (точніше речовини) з ракети, дорівнює:

$$v = 2,3 v_0 \lg \frac{M_0}{M}. \quad (2.4)$$

Підставляючи (2.4) в (2.3) і враховуючи залежність  $M=0,5+\sqrt{H}$ , дістанемо

$$\sqrt{\frac{GM_3}{R_3 + H \cdot 10^3}} = 2,3 v_0 \lg \frac{M_0}{0,5 + \sqrt{H}},$$

де  $H$  вимірюється в тисячах кілометрів.

Оскільки  $M_3 = 5,9736 \cdot 10^{24}$  кг;  $G = 6,6742 \cdot 10^{-20}$  км<sup>3</sup>с<sup>-2</sup>кг<sup>-1</sup>;  $R_3 = 6,371 \cdot 10^3$  км, то одержуємо рівняння для визначення  $H$ :

$$\sqrt{\frac{6,6742 \cdot 5,9736}{6,371 + H}} - 2,3 \cdot v_0 \cdot \lg \frac{M_0}{0,5 + \sqrt{H}} = 0. \quad (2.5)$$

За умовою  $v_0 = 4,5$  км/с,  $M_0 = 5$ т.

Рівняння (2.5) розв'язати аналітично неможливо, тому використаємо

середовище GRANI [61], щоб знайти його графічний розв'язок. Для цього запишемо (2.5) у вигляді:

$$y(x) = \text{Sqrt}(6.6742 * 5.9736 * 10 / (6.371 + x)) - 2.3 * p1 * \text{Log}(10, (p2 / (0.5 + \text{Sqrt}(x))))),$$

де виконуються такі заміни:

$H \Rightarrow x$ ;

$v_0 \Rightarrow p1 = 4,5$  (розглянемо розв'язок задачі при зміні  $v_0$  в межах від 1 км/с до 10 км/с з кроком 0,5 км/с);

$M_0 \Rightarrow p2 = 5$  (розглянемо розв'язок задачі при зміні  $M_0$  в межах від 1 т до 10 т з кроком 0,5 т).

В результаті дістанемо графік функції  $f(H)$ , зображений на рис. 2.11.

З графіка отримуємо  $f(H) = 0$  при  $H \approx 0,142$  тис. км = 142 км.

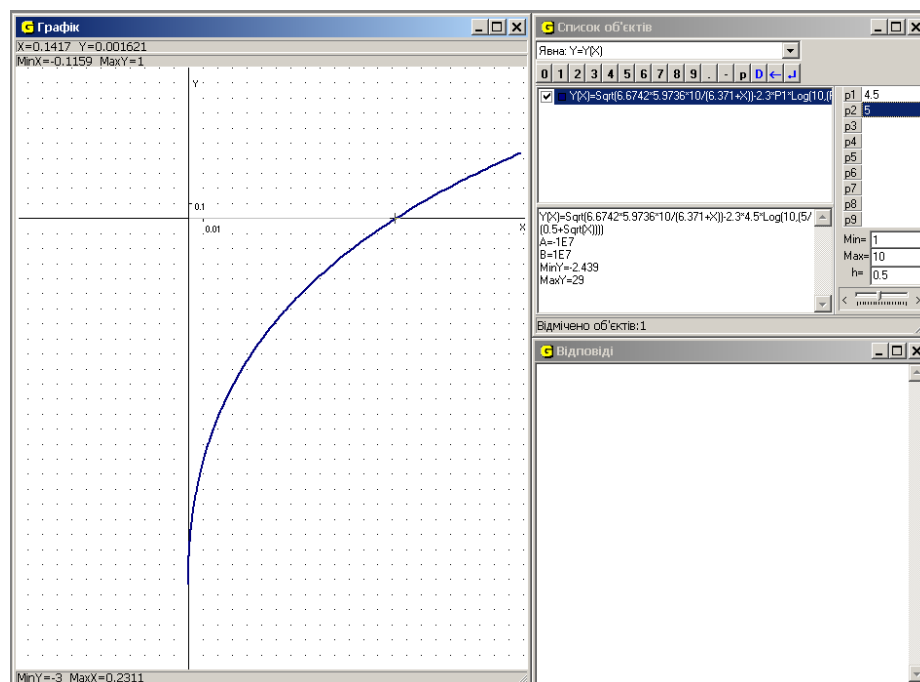


Рис. 2.11

Траєкторію руху супутника Землі по коловій орбіті на відстані  $H = 142$  км від поверхні Землі побудуємо, використовуючи середовище *Microsoft Excel* (рис. 2.12). Для цього застосуємо алгоритм розрахунку координат траєкторії руху супутника Землі, запропонований Теплицьким І.О. [183, с. 130–133], дещо змінивши його.

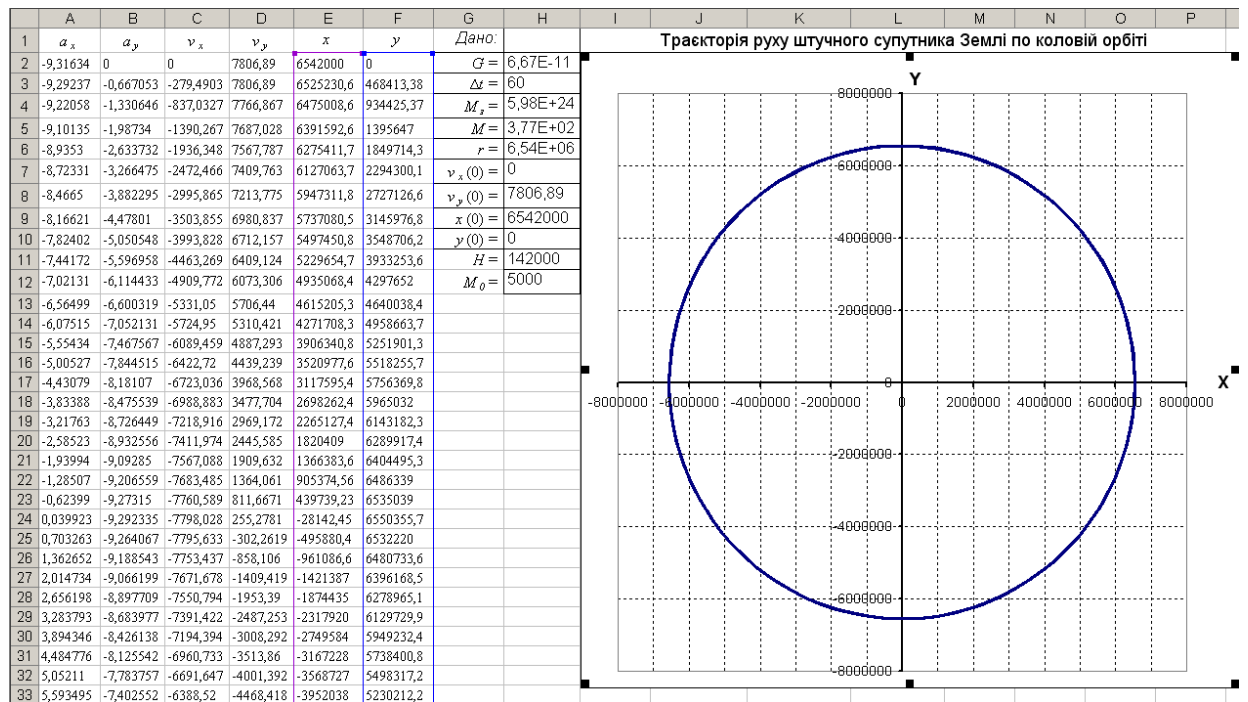


Рис. 2.12

Комірки першого рядка і стовпчика G заповнити так, як це показано на рис. 2.12. Рядки 2–4 і стовпчик H заповнити значеннями та формулами відповідно до табл. 2.2.

Таблиця 2.2

### Формули для розрахунку значень функції $y(x)$

Адреса комірки	Формула або значення комірки	Примітки
<i>Стовпчик H</i>		
H2	=6,67E-11	$G$ , $\text{км}^3 \text{с}^{-2} \text{кг}^{-1}$ – гравітаційна стала
H3	=60	$\Delta t$ , с
H4	=5,98E+24	$M_z$ , $\text{кг}$ – маса Землі
H5	=0,5+H11^0,5	$M$ , $\text{кг}$ – маса супутника
H6	=6400000+H11	$r$ , м – радіус орбіти
H7	=0	$v_x(0)$ , м/с
H8	=(H2*H4/H6)^0,5	$v_y(0)$ , м/с – перша космічна швидкість
H9	=H6	$x(0)$ , м
H10	=0	$y(0)$ , м
H11	=142000	$H$ , м – висота над поверхнею Землі
H12	=5000	$M_0$ , $\text{кг}$ – початкова маса супутника



Адреса комірки	Формула або значення комірки	Примітки
<i>Другий рядок</i>		
A2	$=-H\$2 * H\$4 * E2 / ((E2)^2 + (F2)^2)^{1,5}$	копіювати в A3 і A4
B2	$=-H\$2 * H\$4 * F2 / ((E2)^2 + (F2)^2)^{1,5}$	копіювати в B3 і B4
C2	=H\$7	
D2	=H\$8	
E2	=H\$9	
F2	=H\$10	
<i>Третій рядок</i>		
C3	=C2+A2*H\$3*0,5	
D3	=D2+B2*H\$3*0,5	
E3	=E2+C3*H\$3	копіювати в E4
F3	=F2+D3*H\$3	копіювати в F4
<i>Четвертий рядок</i>		
C4	=C3+A3*H\$3	
D4	=D3+B3*H\$3	

Комірки четвертого рядка (A4-F4) слід копіювати у наступні 96 рядків за допомогою автозаповнення комірок або копіювання формул. Використовуючи майстер побудови діаграм (тип діаграми – точкова) для значень стовпчиків E та F, в яких розміщуються значення відповідно x та y, одержимо графік руху супутника Землі по коловій орбіті (рис. 2.12).

Засобами *середовища Microsoft PowerPoint* створюємо комп'ютерну модель руху супутника Землі по коловій орбіті (рис. 2.13), де праворуч розміщено копію діаграми, що створена у середовищі *Microsoft Excel*. Ліворуч міститься анімаційне зображення обертального руху Землі навколо своєї вісі на фоні зоряного неба (тут використано файл gif-анімації, завантажений з веб-сайту Вікіпедії [220]). На рис. 2.13 супутник Землі схематично зображено кружечками, які в режимі показу слайдів за допомогою анімаційних ефектів здійснюють синхронні рухи по колових орбітах, що узгоджуються відповідно з графіком, створеним в *MS Excel*, та схематичною траєкторією руху супутника навколо зображення Землі.

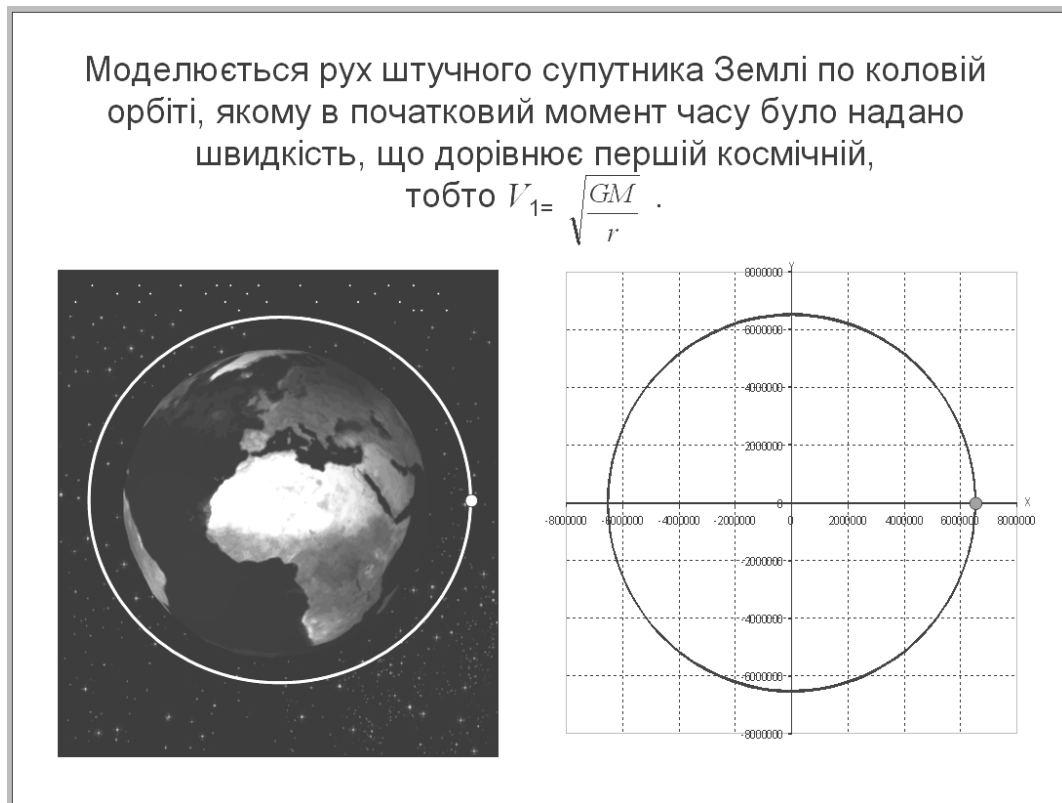


Рис. 2.13

Для розв'язування завдання 2 і побудови комп'ютерної моделі використано три *програмних засоби*: GRAN1, MS Excel, MS PowerPoint, причому використання кожної з програм є доцільним, оскільки тут GRAN1 використовується для спрощення розрахунків, MS Excel – для побудови графіка руху супутника по коловій орбіті, а MS PowerPoint – для створення імітаційного динамічного зображення руху штучного супутника навколо Землі. Такого типу завдання розраховані на сильних студентів з середнім та високим рівнем підготовки.

Особливістю пропонованої методики є те, що в умовах обмеженої кількості аудиторних годин, відведених в рамках стандарту, майбутніми вчителями фізики та інформатики створюються навчальні проекти – комп'ютерні моделі засобами різних програмних середовищ, які можуть бути використані в їхній подальшій професійній діяльності. Крім того, розробка такого типу проектів сприяє поглибленню знань, вдосконаленню вмій та навичок розробки алгоритму розв'язування фізичної задачі, застосування систем комп'ютерної математики для спрощення математичних обчислень,

засобів електронних таблиць для реалізації алгоритму на комп'ютері, комп'ютерної графіки та мультимедійних презентацій для створення динамічного зображення.

### ***Форми та методи навчання.***

У вищій школі функціонують різні форми організації навчального процесу. За функціональним призначенням З.І. Слєпкань пропонує розділити їх на дві основні групи [175, с. 89]:

1) форми організації засвоєння знань, формування навичок та вмінь і пошуку нових знань: лекції, семінарські, практичні, лабораторні заняття, консультації, екскурсії, експедиції, навчальні конференції, самостійна науково-дослідна робота студентів, навчальні та виробничі практики, курсові, дипломні роботи (проекти) тощо;

2) форми організації контролю знань, навичок і вмінь: колоквиум, залік, контрольна робота, екзамен (курсний, державний), захист курсових і дипломних робіт, рубіжний контроль тощо.

При організації навчання основ комп'ютерного моделювання в курсі інформатики використовуються такі форми навчання, як лекція, лабораторна, і самостійна робота. Вивчення змістового модуля “Моделювання” дисципліни “Інформатика” розраховано на невелику кількість годин, так, наприклад, для студентів спеціальності “Фізика та інформатика” фізико-математичного факультету Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини на вивчення цього модуля виділяється 2 години *лекцій*, 6 годин *лабораторних робіт* та 8 годин *самостійної роботи*.

Основною формою формування практичних умінь та навиків студентів в інформатичних курсах є лабораторні роботи. Лабораторно-практичні заняття – це форми навчального процесу, що дають змогу студентам набути навички застосування теорії для розв'язування практичних задач, опанувати методи розв'язування цих задач і, таким чином, сприяють глибшому розумінню теоретичних питань. У процесі проведення лабораторних робіт основними способами взаємодії викладача і студентів є такі практичні методи, як

розв'язування задач, безпосередня робота з демонстраційними прикладами комп'ютерних моделей, розробка власних комп'ютерних моделей.

В основу навчання основ комп'ютерного моделювання в рамках модуля “Моделювання” дисципліни “Інформатика” покладено *проектну методику*. Кожна задача повинна бути реалізована студентами засобами різних програмних середовищ. На виконання дається 6 аудиторних годин з демонстрацією готового результату на останньому занятті модуля, при цьому значна частина роботи студентами виконується самостійно.

Основним *методом навчання* основ комп'ютерного моделювання в пропонованій методиці є міні-проекти, які по суті є і *засобом* досягнення основної мети. Саме розробка студентами комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів є засобом формування знань основ комп'ютерного моделювання, вмінь та навичок створення математичних та комп'ютерних моделей фізичних систем, вдосконалення навичок роботи з різними комп'ютерними середовищами.

### **2.3.2. Формування вмінь та навичок комп'ютерного моделювання в курсі “Комп'ютерне моделювання”.**

Комп'ютерне моделювання є одною з найбільш продуктивних технологій сучасного наукового пізнання. Серед прикладних науково-технічних задач, які вивчаються за допомогою комп'ютера, значне місце належить задачам математичного моделювання. Дослідження комп'ютерної моделі дає змогу отримувати і візуалізувати дані про протікання складних явищ і процесів (зокрема фізичних), досліджувати їх властивості та закономірності, висувати та перевіряти наукові гіпотези в ході комп'ютерного експерименту. Тому формування вмінь побудови і дослідження комп'ютерних моделей майбутніх вчителів фізики є однією з важливих задач фізико-математичної та інформатичної освіти у вищій школі. Виступаючи фактором, який систематизує пізнавальну діяльність студентів, комп'ютерне моделювання сприяє реалізації цілісного підходу до їх

підготовки, підвищенню рівня фундаментальної та професійної компетентності майбутніх фахівців.

Галузевим стандартом вищої освіти для студентів спеціальності “6.010100 Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика” [29] не передбачено вивчення комп’ютерного моделювання як окремої дисципліни, але, на наш погляд, для студентів спеціальності “фізика та інформатика” доцільним є введення в навчальні плани відповідної дисципліни, як це реалізовано на фізико-математичному факультеті Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини: у варіативну частину навчального плану підготовки бакалавра зі спеціальності “фізика та інформатика” введено курс “Комп’ютерне моделювання” в 7-му та 8-му семестрах навчання. Відповідно до сформульованих в п. 2.2 цього розділу умов навчання комп’ютерного моделювання при вивченні цієї дисципліни на 4-му курсі студенти глибше знайомляться з методом моделювання, ніж це можна зробити на 2-му курсі, оскільки ними вже опановано (повністю або частково) такі розділи і курси, як “Методи обчислень”, “Дискретна математика”, “Математичний аналіз”, “Диференціальні рівняння”, “Теорія ймовірностей і математична статистика”, “Програмування”, “Загальна фізика” і т. ін.

**Метою** вивчення дисципліни “Комп’ютерне моделювання” є: розширити уявлення студентів про моделювання як один з сучасних методів пізнання; сформувати у студентів поняття про обчислювальний експеримент, моделювання детермінованих та стохастичних систем, імітаційне моделювання; вдосконалити вміння та навички використання програмних середовищ, які застосовуються для створення комп’ютерних моделей; ознайомити з можливостями використання навчальних комп’ютерних моделей як засобу пізнання та науково-дослідної діяльності.

**Завдання** дисципліни “Комп’ютерне моделювання”. Для досягнення мети в процесі навчання слід розв’язати такі завдання:

– розкрити місце і значення знань з комп’ютерного моделювання в

- загальній і професійній освіті;
- з'ясувати психолого-педагогічні аспекти засвоєння предмету, взаємозв'язки курсу “Комп'ютерне моделювання” з навчальними предметами, зокрема методами обчислень, математичним аналізом, диференціальними рівняннями, теорією ймовірностей і математичною статистикою, інформатикою, фізикою, з шкільними курсами математики, інформатики, фізики, хімії, біології;
  - сформувати у студентів навички моделювання в різних предметних галузях;
  - показати практичну значущість комп'ютерного моделювання, математичного моделювання, обчислювального експерименту, їхню застосовність до розв'язування найрізноманітніших гуманітарних, технічних і наукових проблем, реалізації тих великих можливостей, які відкриває ефективне використання комп'ютерів;
  - забезпечити ґрунтове вивчення студентами тих понять і методів комп'ютерного та математичного моделювання, які можуть бути використанні ними в процесі навчання окремих тем шкільного курсу інформатики, фізики, елементів моделювання, проведенні факультативних занять в середніх навчальних закладах;
  - сформувати у студентів знання, вміння і навички, необхідні для практичного проведення навчально-виховної роботи в основній та старшій школі (профільне навчання) з широким використанням засобів сучасних інформаційних технологій.

**Зміст.** Для кращого поетапного засвоєння курсу “Комп'ютерне моделювання” його зміст поділено на п'ять окремих логічно завершених змістових модулів (див. табл. 2.3). Програму курсу “Комп'ютерне моделювання” подано у вигляді блоків модулів. До кожного модуля наведено перелік основних понять, які студенти повинні знати та основних вмінь, якими вони повинні володіти після вивчення відповідного модуля, а також відповідні теми та анотації до них.

## Розподіл навчального часу з дисципліни “Комп’ютерне моделювання”

№ п/п	Назва модулів і тем	Кількість годин					
		Всього годин	Аудиторні години				Самостійна робота
			Всього аудиторних	Лекції	Практичні	Лабораторні	
	<i>Модуль 1. Моделювання як метод пізнання</i>	22	8	8			14
1.	Тема 1. Моделі і моделювання	6	2	2			4
2.	Тема 2. Інформаційні моделі	10	4	4			6
3.	Тема 3. Комп’ютерні моделі	6	2	2			4
	<i>Модуль 2. Математичне моделювання</i>	38	18	12		6	20
4.	Тема 4. Математичні моделі	4	2	2			2
5.	Тема 5. Детерміновані математичні моделі	7	3	2		1	4
6.	Тема 6. Обчислювальний експеримент	7	3	2		1	4
7.	Тема 7. Моделювання стохастичних систем	20	10	6		4	10
	<i>Модуль 3. Комп’ютерна графіка в імітаційних моделях</i>	16	8	4		4	8
8.	Тема 8. Імітаційне моделювання	16	8	4		4	8
	<i>Модуль 4. Комп’ютерне моделювання в педагогічних програмних продуктах</i>	16	8	4		4	8
10.	Тема 9. Навчальні комп’ютерні моделі	4	2	2			2
11.	Тема 10. Комп’ютерне моделювання в педагогічних програмних засобах	12	6	2		4	6
	<i>Модуль 5. Комп’ютерне моделювання фізичних явищ та процесів</i>	52	26	6		20	26
12.	Тема 11. Комп’ютерна графіка в імітаційних моделях у фізиці	11	5	1		4	6
13.	Тема 12. Використання прикладних програмних засобів для комп’ютерного моделювання у фізиці	15	7	1		6	8
14.	Тема 13. Чисельні методи моделювання фізичних явищ та процесів	14	8	2		6	6
15.	Тема 14. Моделювання стохастичних явищ у фізиці	12	6	2		4	6
	<i>Всього годин за семестр</i>	144	68	34		34	76

## Модуль 1. МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ПІЗНАННЯ

**Основні поняття.** Поняття моделі, моделювання. Класифікація моделей за станом, за призначенням, за способом представлення. Інформаційні моделі. Вербальні, знакові, математичні моделі. Комп'ютерне моделювання. Цикл комп'ютерного експерименту.

**Основні вміння.** Застосовувати моделювання як метод пізнання. Класифікувати моделі за призначенням, за станом і за способом подання. Виконувати вербально-змістовий опис об'єкта моделювання. Визначати основні етапи комп'ютерного експерименту. Виділяти об'єкт комп'ютерного моделювання і визначати його суттєві властивості, обирати понятійний апарат, адекватний об'єкту. Використовувати основні математичні структури в інформаційному моделюванні. Наводити приклади комп'ютерного математичного моделювання у науці та техніці.

### Тема 1. МОДЕЛІ І МОДЕЛЮВАННЯ

Поняття моделі. Моделювання як метод пізнання. Класифікація моделей за станом, за призначенням, за способом подання.

### Тема 2. ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ

Інформаційні моделі та їх класифікація. Вербальні і знакові моделі. Математичні моделі. Приклади інформаційних моделей.

### Тема 3. КОМП'ЮТЕРНІ МОДЕЛІ

Комп'ютерне моделювання. Цикл комп'ютерного експерименту. Приклади комп'ютерного математичного моделювання у науці та техніці.

## Модуль 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

**Основні поняття.** Математичне моделювання. Етапи математичного моделювання. Класифікація математичних моделей. Детерміновані математичні моделі. Обчислювальний експеримент. Стохастичні системи. Метод статистичних випробувань. Системи масового обслуговування. Модель популяції.

**Основні вміння.** Сформулювати завдання математичного моделювання;



осмислити і конкретизувати проблему та визначити можливості її математичної ідеалізації; виділяти об'єкт математичного моделювання; визначити цілі моделювання (дослідження, управління, прогнозування); класифікувати математичні моделі; створювати детерміновані математичні моделі; використовувати інструментальні програмні засоби для моделювання детермінованих математичних моделей; виявити множину елементів системи і їх властивості; знайти зв'язки і відношення між елементами системи і записати їх у математичній формі; забезпечити узгодженість (в рамках допустимих похибок) математичної моделі з реальним об'єктом, відносну простоту моделі і її доступність для дослідження; добирати та використовувати готові програмні засоби (математичні пакети прикладних програм) для символічно-формульного, графічного, чисельного аналізу математичних моделей реальних об'єктів; розробити алгоритм і програму для розв'язування математичної задачі, яка є математичною моделлю; виконувати чисельний експеримент з використанням комп'ютера; аналізувати похибки при чисельному розв'язуванні задач; інтерпретувати, аналізувати та узагальнювати результати розрахунків чисельного експерименту; добирати критерії оцінювання математичної моделі на предмет її досконалості (у відповідності до цілей моделювання); встановлювати адекватність побудованої математичної моделі досліджуваному об'єкту; створювати моделі стохастичних систем, використовуючи метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло); моделювати системи масового обслуговування; створювати модель популяції.

#### **Тема 4. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ**

Поняття математичного моделювання. Етапи математичного моделювання. Формалізація. Класифікація математичних моделей. Методи дослідження математичної моделі.

#### **Тема 5. ДЕТЕРМІНОВАНІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ**

Поняття детермінованої моделі. Види детермінованих математичних моделей. Приклади. Інструментальні програмні засоби для моделювання

детермінованих математичних моделей.

### **Тема 6. ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ**

Обчислювальний експеримент, його взаємозв'язок з лабораторним експериментом і теорією. Аналіз і інтерпретація моделі.

### **Тема 7. МОДЕЛЮВАННЯ СТОХАСТИЧНИХ СИСТЕМ**

Глобальні стохастичні моделі. Основи стохастичного моделювання. Метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло). Загальний алгоритм моделювання дискретної випадкової величини. Моделювання систем масового обслуговування. Модель популяції.

## **Модуль 3. КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА В ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЯХ**

**Основні поняття.** Імітаційне моделювання. Методи проектування імітаційних моделей. Концептуальна модель досліджуваного об'єкта. Комп'ютерні засоби імітаційного моделювання.

**Основні вміння.** Створювати імітаційні моделі; використовувати методи проектування імітаційних моделей; проводити аналіз досліджуваного об'єкта з подальшою розробкою його концептуальної моделі; створювати геометричні моделі засобами комп'ютерної графіки; використовувати засоби мови програмування в імітаційних моделях; використовувати спеціалізовані засоби графіки для імітаційного моделювання.

### **Тема 8. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ**

Поняття імітаційного моделювання. Методи проектування імітаційних моделей. Розробка концептуальної моделі досліджуваного об'єкта. Комп'ютерні засоби імітаційного моделювання.

## **Модуль 4. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ПЕДАГОГІЧНИХ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТАХ**

**Основні поняття.** Навчальні комп'ютерні моделі. Педагогічні програмні засоби (ППЗ). Класифікація ППЗ. Види ППЗ. Вимоги до ППЗ.

**Основні вміння.** Наводити приклади навчальних комп'ютерних моделей; використовувати навчальні комп'ютерні моделі в навчальному процесі; аналізувати готові навчальні комп'ютерні моделі на відповідність шкільній навчальній програмі; створювати навчальні комп'ютерні моделі засобами різних середовищ; класифікувати ППЗ; аналізувати навчальні засоби на відповідність вимогам до ППЗ.

### **Тема 9. НАВЧАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРНІ МОДЕЛІ**

Поняття навчальної комп'ютерної моделі. Приклади застосування комп'ютерних моделей в навчальному процесі.

### **Тема 10. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ПЕДАГОГІЧНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБАХ**

Педагогічні програмні засоби (ППЗ). Класифікація ППЗ. Види ППЗ. Вимоги до ППЗ. Специфіка використання комп'ютерного моделювання в педагогічних програмних засобах.

## **Модуль 5. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ**

**Основні поняття.** Імітаційне моделювання у фізиці. Прикладні програмні засоби для комп'ютерного моделювання у фізиці. Чисельні методи моделювання фізичних явищ та процесів. Моделювання стохастичних явищ у фізиці.

**Основні вміння.** Обирати об'єкт фізичного моделювання; виконати словесно-змістовий опис фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі; визначити зовнішні умови, в яких знаходиться фізична система, і охарактеризувати їх певними величинами; виділити суттєві властивості та характеристики фізичної системи, явища або процесу; обрати критерії подібності для моделювання певної фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі; створювати імітаційну модель фізичної системи, явища або процесу, використовуючи мови програмування та спеціалізовані засоби графіки; створити математичну модель фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі; використовувати для створення математичних моделей

фундаментальні закони природи; реалізувати системний підхід у модельному дослідженні фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі; визначати межі фізичної системи, яка моделюється; знайти зв'язки і відношення між елементами системи і записати їх у математичній формі; використовувати аналогії та теорію подібності для створення математичних моделей; обирати та використовувати програмні засоби (прикладні програми та математичні пакети) для аналітичного, графічного, чисельного розв'язання математичних задач, які є математичними моделями фізичних систем, явищ і процесів у фізичній системі; обрати метод чисельного розв'язування фізичних задач, які є математичними моделями; створювати алгоритм чисельного розв'язування фізичних задач; оцінювати точність та стійкість розробленого алгоритму; використовувати метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло) для моделювання стохастичних явищ у фізиці; використовувати вбудовані засоби прикладних програм та мов програмування для моделювання стохастичних явищ у фізиці.

### **Тема 11. КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА В ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЯХ У ФІЗИЦІ**

Використання засобів мови програмування в фізичних імітаційних моделях. Створення анімаційних зображень фізичних об'єктів, явищ і процесів засобами комп'ютерної графіки.

### **Тема 12. ВИКОРИСТАННЯ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ФІЗИЦІ**

Комп'ютерне моделювання фізичних процесів засобами GRAN, Maxima, Maple, MS Excel, MathCAD та ін.

### **Тема 13. ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ**

Приклади використання методів обчислень для побудови математичної моделі та обчислювального алгоритму фізичного процесу з подальшою їх реалізацією різними комп'ютерними засобами.

## Тема 14. МОДЕЛЮВАННЯ СТОХАСТИЧНИХ ЯВИЩ У ФІЗИЦІ

Поняття стохастичного явища у фізиці. Математичний і фізичний аналіз стохастичних явищ і процесів. Комп'ютерне моделювання випадкових явищ та процесів засобами мови програмування.

Таблиця 2.4

### Орієнтовна тематика лабораторних робіт

№ п/п	Тема	Кіль- кість годин
<i>Модуль 2</i>		8
1.	Математичне моделювання детермінованого процесу. Розробка і дослідження обчислювального алгоритму математичної моделі.	2
2.	Моделювання стохастичних процесів методом Монте-Карло.	2
3.	Створення комп'ютерної моделі хаотичного блукання точки.	4
<i>Модуль 3</i>		4
4.	Створення імітаційної моделі фізичного процесу різними програмними засобами.	4
<i>Модуль 4</i>		2
5.	Аналіз готових навчальних комп'ютерних моделей на відповідність вимогам до ППЗ.	2
<i>Модуль 5</i>		22
6.	Рух променя в системі лінз (на прикладі телескопа Галілея).	2
7.	Імітація руху маятника та графічне представлення коливань.	2
8.	Визначення електричних параметрів розгалужених кіл.	2
9.	Комп'ютерне моделювання фігур Ліссажу.	2
10.	Моделювання одновимірного руху засобами СКМ.	2

№ п/п	Тема	Кіль- кість годин
11.	Комп'ютерне моделювання фізичного процесу з використанням чисельного інтегрування диференціальних рівнянь.	2
12.	Моделювання руху тіла під дією сили тяжіння.	2
13.	Комп'ютерне моделювання у розв'язуванні фізичної задачі.	2
14.	Комп'ютерне моделювання перколяційних явищ.	4
15.	Комп'ютерне моделювання броунівського руху.	2
<i>Всього</i>		<i>36</i>

### **Особливості проведення лабораторних робіт.**

На лабораторних заняттях студенти розв'язують типові задачі комп'ютерного моделювання за допомогою різних програмних засобів, що сприяє виробленню тих навичок, які необхідні майбутньому вчителю фізики та інформатики [52]. До курсу “Комп'ютерне моделювання” нами розроблено навчальний посібник “Моделювання фізичних явищ у комп'ютерних навчальних програмах” [51], який знайомить студентів з поняттями моделі і методу моделювання, психолого-педагогічними вимогами до комп'ютерних програм навчального призначення, педагогічними можливостями використання методу комп'ютерного моделювання в фізиці, комп'ютерною графікою в імітаційних моделях, чисельними методами моделювання фізичних явищ та процесів, використанням прикладних програмних засобів для комп'ютерного моделювання у фізиці, моделюванням стохастичних явищ. Посібник містить опис 11-ти лабораторних робіт, які мають схожу структуру: короткі теоретичні відомості, приклад розробки комп'ютерної моделі з поясненнями, варіанти завдань для самостійного виконання та контрольні запитання. В кінці кожної лабораторної роботи міститься перелік рекомендованої літератури для самопідготовки. В додатку Ж наводяться

деякі лабораторні роботи посібника [51]. Навчальний посібник супроводжується CD-диском з прикладами реалізації комп'ютерних моделей різними програмними засобами. Навчально-методичні рекомендації до лабораторних робіт розміщено також в розділі “Навчальні матеріали” сайту “Комп'ютерне моделювання” (див. додаток Н, рис. Н.4).

При оцінюванні роботи студента враховується оригінальність і самостійність виконання; завершеність комп'ютерної моделі; адекватність математичної та комп'ютерної моделі фізичній задачі; кількість програмних середовищ, використаних для комп'ютерного моделювання фізичної задачі, та вміння обґрунтувати доцільність їх використання; при реалізації комп'ютерної моделі засобами середовища програмування враховується відповідність оформлення візуального інтерфейсу користувача вимогам до педагогічних програмних засобів.

При виконанні лабораторних робіт з курсу “Комп'ютерне моделювання” у студентів розширюється уявлення про можливості використання певного програмного засобу для створення і дослідження комп'ютерних моделей різних фізичних процесів. Вибираючи програмне середовище для реалізації математичної моделі на комп'ютері, потрібно враховувати багато факторів і, в першу чергу, тип конкретної задачі, що розв'язується. Так, наприклад, виконуючи за пропонуванням переліком лабораторні роботи № 9 – 12 студенти мають змогу переконатись в універсальних можливостях використання СКМ Махіма для комп'ютерного моделювання різних фізичних процесів [152; 153].

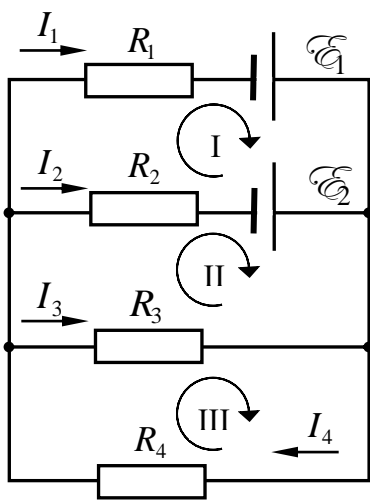
Вибір даного середовища як одного із можливих засобів комп'ютерного моделювання зумовлений тим, що система комп'ютерної математики Махіма завдяки зусиллям інтернаціональної команди розробників набула ряд особливостей, що дозволяють використовувати її безпосередньо у вітчизняній освіті: можливість встановлення і використання системи з україномовним інтерфейсом; відкритість і безкоштовність; можливість функціонування під управлінням різних ОС; невеликий обсяг на

жорсткому диску (близько 23 Мб); незначні вимоги до апаратних ресурсів; широкий вибір локалізованих інтерфейсів [170, с. 4–12].

Розглянемо приклади комп'ютерного моделювання фізичних процесів засобами СКМ Maxima.

*Приклад 1.* Розв'язування задач є одним з основних видів діяльності учнів та студентів при вивченні електрики і магнетизму. При розв'язуванні задач часто виникає необхідність розрахувати електричні параметри розгалужених кіл. Іноді розрахунки є досить громіздкими і займають багато часу. Для полегшення розрахунків можна застосувати СКМ Maxima.

**Задача.** Визначити сили струму, що проходить через опори



$R_1=R_4=4$  Ом,  $R_2=R_3=3$  Ом, увімкнені в коло, як показано на рис. 2.14, якщо  $\mathcal{E}_1=10$  В,  $\mathcal{E}_2=4$  В, їх внутрішні опори відповідно  $r_1=0,2$  Ом, а  $r_2=0,1$  Ом.

Оскільки за умовою задачі необхідно знайти значення чотирьох струмів, що протікають через відповідні опори, то потрібно скласти чотири незалежних рівняння. Виберемо напрям обходу контуру та напрями струмів так, як показано на

Рис. 2.14

рис. 2.14.

За першим правилом Кірхгофа записується рівняння струмів:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4. \quad (2.6)$$

За другим правилом Кірхгофа:

$$I_1 R_1 + I_1 r_1 - I_2 r_2 - I_2 R_2 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2; \quad (2.7)$$

$$I_2 R_2 + I_2 r_2 - I_3 R_3 = \mathcal{E}_2; \quad (2.8)$$

$$I_3 R_3 + I_4 R_4 = 0. \quad (2.9)$$

Система рівнянь буде мати такий вигляд:



$$\begin{cases} I_1 R_1 + I_1 r_1 - I_2 r_2 - I_2 R_2 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2; \\ I_2 R_2 + I_2 r_2 - I_3 R_3 = \mathcal{E}_2; \\ I_3 R_3 + I_4 R_4 = 0; \\ I_1 + I_2 + I_3 = I_4. \end{cases} \quad (2.10)$$

Для розв'язування цієї задачі засобами Махіма систему рівнянь (2.10), складену за правилами Кірхгофа, слід перетворити так:

$$\begin{cases} I_1(R_1 + r_1) - I_2(r_2 + R_2) + I_3 \cdot 0 + I_4 \cdot 0 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2; \\ I_1 \cdot 0 + I_2(R_2 + r_2) - I_3 R_3 + I_4 \cdot 0 = \mathcal{E}_2; \\ I_1 \cdot 0 + I_2 \cdot 0 + I_3 R_3 + I_4 R_4 = 0; \\ I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0. \end{cases} \quad (2.11)$$

Запишемо систему рівнянь (2.11) у матрично-векторному вигляді

$$\begin{pmatrix} R_1 + r_1 & -(r_2 + R_2) & 0 & 0 \\ 0 & r_2 + R_2 & -R_3 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & R_4 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 \\ \mathcal{E}_2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (2.12)$$

Для визначення сили струмів, що протікають в контурі (рис. 2.14), використовуючи Махіма [51, с. 41–46], слід послідовно ввести значення опорів:

$$r_1 : 4\$,$$

$$r_2 : 3\$,$$

$$r_3 : 3\$,$$

$$r_4 : 4\$,$$

значення ЕРС:

$$e_1 : 10\$,$$

$$e_2 : 4\$,$$

значення внутрішніх опорів ЕРС:

$$re_1 : 2/10\$,$$

$$re_2 : 1/10\$,$$

задати матрицю опорів:

```
R : matrix([(r1+re1),(-(r2+re2)),(0),(0)],
[(0), (r2+re2), (-r3), (0)],
[(0), (0), (r3), (r4)],
[(1), (1), (1), (-1)])$
```

і вивести її у відповідному вигляді (елементи матриці – десяткові дроби):

```
R, numer ;
```

$$\begin{bmatrix} 4.2 & -3.1 & 0 & 0 \\ 0 & 3.1 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 4 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Аналогічно задається матриця ЕРС: E :

```
matrix([e1-e2],[e2],[0],[0]);
```

$$\begin{bmatrix} 6 \\ 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Далі задається матриця струмів – I як добуток оберненої матриці опорів – R на матрицю ЕРС E.

```
I: (R^^-1) . E$
```

```
I, numer;
```

Результат одержується у вигляді:

$$\begin{bmatrix} 1.616873671254336 \\ 0.25511916750587 \\ -1.069710193577263 \\ 0.80228264518295 \end{bmatrix}$$

Отже, засобами Махіта отримані значення струмів, а, крім того, під час розв'язування була створена спочатку математична модель розгалуженого кола (система рівнянь за правилами Кірхгофа), а потім і комп'ютерна модель

у середовищі СКМ Maxima.

*Приклад 2.* Можливі випадки, коли тіло бере участь одночасно у кількох коливальних рухах, напрями, яких не збігаються. Тоді траєкторія такого руху має досить складну форму. Аналітичне визначення форми вимагає досить громіздких обчислень. У випадку електричних коливань їх можна спостерігати за допомогою осцилографа. В більш загальному випадку для наочності і аналізу таких коливань можна використовувати різноманітні програмні засоби, які без великих апаратних затрат дозволяють одержати графічні зображення коливань будь-якої складності. Досліджуване гармонічне коливання додається до взаємно перпендикулярних йому коливань відомої частоти. В результаті додавання отримуються криві, за загальним виглядом яких можна теоретично визначити частоту досліджуваної напруги. Фігури Ліссажу будуть мати різну форму при різних співвідношеннях частот та різницях фаз коливань.

Відношення частот коливань, що додаються, дорівнює відношенню кількості перетинів фігур Ліссажу з прямими, які паралельні осям координат та не проходять через точку перетину ліній самої фігури, тобто

$$\frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{n_y}{n_x}. \quad (2.13)$$

Отже, знаючи частоту однієї напруги та вид фігури Ліссажу, можна визначити невідому частоту.

Розглянемо приклад фігури Ліссажу, яку зображено на рис. 2.15. Якщо

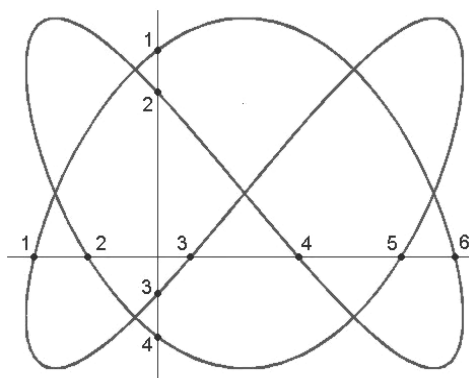


Рис. 2.15

частота  $\nu_x$  відома, а з рис. 2.15 визначимо, що  $n_y = 4$  та  $n_x = 6$ , то за (2.13) можна визначити

$$\omega_y = \omega_x \frac{n_x}{n_y} = \omega_x \frac{3}{2}.$$

Нехай на входи осцилографа X та Y подаються напруги різної частоти, що мають між собою фазовий зсув. Координати

точок променя на екрані будуть описуватись рівняннями:

$$x(t) = h_x U_x(t) = h_x U_1 \cos(\omega_1 t + \varphi),$$

$$y(t) = h_y U_y(t) = h_y U_2 \cos(\omega_2 t),$$

де  $U_1, U_2$  – амплітуди напруг сигналів на пластини X та Y, (В);

$\omega_1, \omega_2$  – циклічні частоти, (рад/с);

$\varphi$  – фазовий зсув, (рад);

$h_x, h_y$  – чутливість входів по X та Y, (мм/В);

$a_1 = h_x U_1$  – амплітуда відхилення по вісі X, (мм);

$a_2 = h_y U_2$  – амплітуда відхилення по вісі Y, (мм).

Отже, фігури Ліссажу можна одержати, використовуючи такі співвідношення:

$$x(t) = a_1 \cos(\omega_1 t + \varphi), \quad (2.14)$$

$$y(t) = a_2 \cos(\omega_2 t). \quad (2.15)$$

Можна застосувати СКМ Махіма до побудови графічних зображень фігур Ліссажу [51, с. 50–51]. Для цього спочатку слід ввести значення амплітуд, циклічних частот та фазового кута:

a1:150\$

a2:150\$

w1:3\$

w2:1\$

f:0.25\*%pi\$

Співвідношення (10), (11) задаються командами:

x(t):=a1\*sin(w1\*t+f)\$

y(t):=a2\*sin(w2\*t)\$

Для побудови графіка параметрично заданої функції використовується команда: wxplot2d([parametric,x(t),y(t),[t,-%pi,%pi], [nticks,300]])\$

Змінюючи значення фазового зсуву f(0\*%pi; 0,25\*%pi; 0,5\*%pi; 0,75\*%pi; 1\*%pi), одержують такі зображення (рис. 2.16):

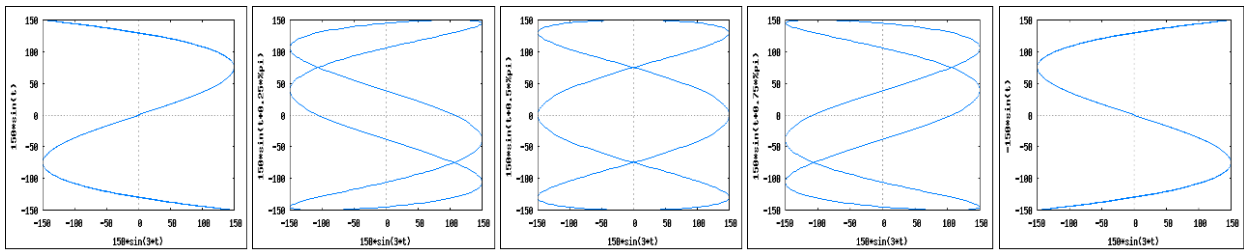


Рис. 2.16

На рис. 2.16 відображаються фігури Ліссажу для співвідношення циклічних частот, що дорівнює 1:3. Перевірити правильність співвідношення (2.13) для різних  $w_1$ ,  $w_2$  і прослідкувати зміну типу фігури Ліссажу, можна змінюючи значення частот так, щоб їх співвідношення становили: 1:1; 1:2; 2:3; 3:4.

Підсумовуючи розглянуті приклади, можна зробити висновок, що СКМ Махіма може застосовуватись як один із універсальних засобів навчання майбутніх вчителів фізики комп'ютерного моделювання.

Вибір середовища моделювання обумовлюється типом задачі, що розв'язується, та етапом моделювання, на якому створюється комп'ютерна модель. Так, якщо досліджуваний процес описується диференціальним рівнянням, то його легко моделювати засобами Махіма, якщо він задається функціональною залежністю, то – засобами середовища GRAN1 [61] або MS Excel. Середовище Delphi може використовуватись для розв'язування практично всіх типів задач та супроводу візуальним відтворенням досліджуваного об'єкта, процесу або явища. Хоча слід зазначити, що програмування потребує значних затрат часу на складання алгоритму та розробку інтерфейсу користувача.

Розглянемо приклад комп'ютерного моделювання фізичного процесу у різних програмних середовищах [51, с. 56–64; 29].

Нехай об'єктом моделювання є процес теплопередачі. Дослідимо його на прикладі охолодження тіла (чашки з кавою), температура якого становить  $T_0 = 83^\circ\text{C}$ , температура навколишнього середовища  $T_S = 22^\circ\text{C}$ , початком відліку часу вважатимемо  $t_0 = 0$  хв. Процес описується законом теплопровідності Ньютона [41, с. 26–48]:

$$\frac{dT}{dt} = -r(T - T_s), \quad (2.16)$$

де  $T$  – температура тіла,  $r$  – «коефіцієнт охолодження» (для досліджуваного процесу  $r = 0,1 \text{ хв}^{-1}$ ).

Рівняння (2.16) – диференціальне рівняння першого порядку. Це і є математична модель процесу, що розглядається.

Використовуючи, наприклад, *систему комп'ютерної математики Maxima*, можна розв'язати диференціальне рівняння (2.16) і отримати графік процесу охолодження, тобто його комп'ютерну модель. Для цього слід послідовно ввести команди:

```
r:1/10$
Ts:22$
[diff(Temp(t),t)+r*(Temp(t)-Ts)=0];
atvalue('diff(Temp(t),t),t=0,0)$
atvalue(Temp(t),t=0,83)$
desolve(%o3,[Temp(t)]);
```

де  $\text{Temp}(t)$  – шукана функція;

$\text{diff}(\text{Temp}(t),t)$  – перша похідна функції  $\text{Temp}(t)$  по змінній  $t$ ;

$\text{atvalue}('diff(\text{Temp}(t), t), t = 0, 0)$  – задається значення похідної (0) при  $t = 0$ ;

$\text{atvalue}(\text{Temp}(t),t=0,83)$  – задається значення функції (83) при  $t = 0$ ;

$\text{desolve}(\%o3, [\text{Temp}(t)])$  – розв'язується диференціальне рівняння, яке записане у рядку під номером  $\%o3$ , відносно функції  $\text{Temp}(t)$ .

В результаті обчислень видається розв'язок у вигляді:

$$\text{Temp}(t) = 61 \%e^{-\frac{t}{10}} + 22$$

Далі можна побудувати графік даної функції (рис. 2.17) за допомогою команди:

```
wxplot2d([61*%e^(-t/10)+22], [t,0,100], [nticks,100])$
```

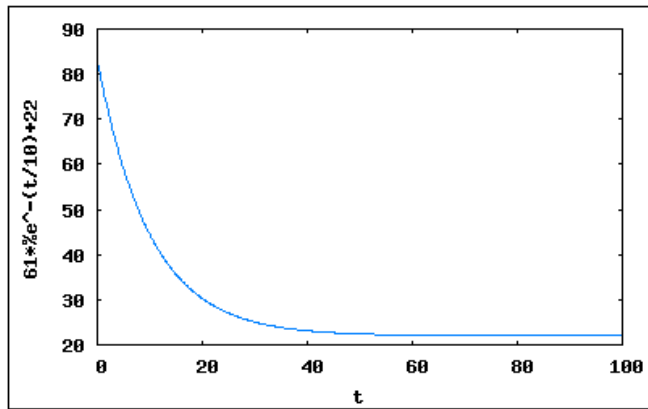


Рис. 2.17

Таким чином, в середовищі Maxima, не вдаючись до написання алгоритму, можна побудувати комп'ютерну модель процесу, заданого диференціальним рівнянням першого порядку, та отримати уявлення про характер його перебігу.

Для даного випадку можна легко знайти аналітичний розв'язок рівняння (2.16) методом відокремлення змінних:

$$T = T_s + e^{-r(t-t_0)}(T_0 - T_s) \quad (2.17)$$

Засобами діяльнісного предметно-орієнтованого середовища GRANI побудуємо графік досліджуваного процесу. Для цього запишемо (2.17) у вигляді:

$$y(x) = p1 + \text{Exp}(-p3 * x) * (p2 - p1),$$

де виконуються такі заміни:

$$x(t) \Rightarrow y(x);$$

$T_s \Rightarrow p1 = 22$  (розглянемо розв'язок задачі при зміні  $T_s$  в межах від  $10^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$  з кроком  $1^\circ\text{C}$ );

$T_0 \Rightarrow p2 = 83$  (розглянемо розв'язок задачі при зміні  $T_0$  в межах від  $22^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  з кроком  $1^\circ\text{C}$ )

$r \Rightarrow p3 = 0,1$  (розглянемо розв'язок задачі при зміні  $r$  в межах від  $0 \text{ хв}^{-1}$  до  $2 \text{ хв}^{-1}$  з кроком  $0,01 \text{ хв}^{-1}$ ).

В результаті одержуємо графік функції  $T(t)$ , зображений на рис. 2.18.

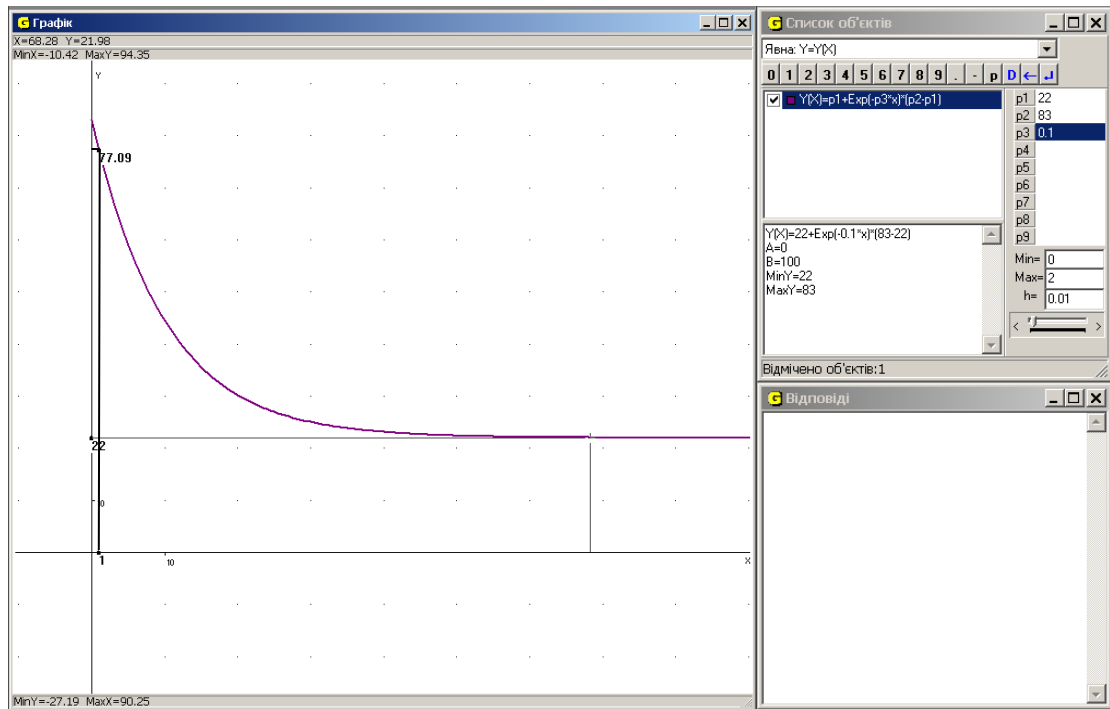


Рис. 2.18

В середовищі GRAN1 зручно досліджувати за допомогою повзунка плавної зміни параметрів функції, як залежить графік процесу від значень вхідних параметрів ( $T_S$ ,  $T_0$ ,  $r$ ). Рухаючи покажчик миші вздовж графіка, легко встановити значення температури в певний момент часу.

Отже, використання програм Maxima та GRAN1 значно спрощує процес розв'язування задачі та дає змогу обійти труднощі, пов'язані з програмуванням математичних алгоритмів і, частково, представленням результатів моделювання.

Але, для багатьох диференціальних рівнянь розв'язку в аналітичному вигляді не існує. З іншого боку, у випадку існування аналітичного розв'язку за його виглядом не завжди можна зрозуміти характер та особливості процесу, який він описує, тоді доцільніше розв'язувати відповідне диференціальне рівняння чисельно. Розв'язком в цьому випадку буде таблиця наближених значень функції, що описує даний процес.

Для чисельного розв'язування рівняння (1) використаємо метод Ейлера:

$$T_n = T_{n-1} + g(t_{n-1})\Delta t, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.18)$$

$$\text{де } g(t_{n-1}) = -r(T_{n-1} - T_S)$$



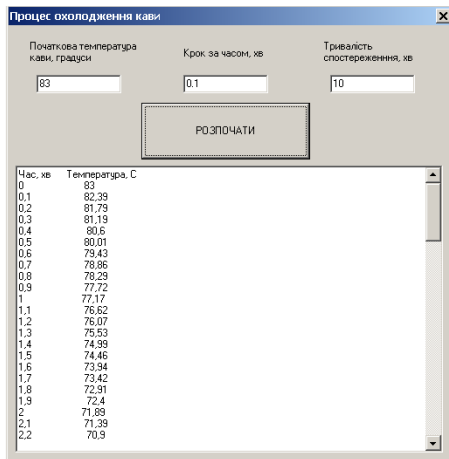


Рис. 2.19

Розробимо засобами середовища об'єктно-орієнтованого програмування *Delphi* комп'ютерну програму для чисельного розв'язування рівняння теплопровідності Ньютона (2.16). На рис. 2.19 зображено можливий варіант оформлення інтерфейсу, а нижче подано фрагмент коду програми. Програмно можна передбачити побудову графіка функції за розрахованими програмою табличними значеннями.

```

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
    var t, tmax, temperature, room_temp, r, dt, change:
    real;
    i, ncalc, code : integer;
begin
    Val(Edit2.text, dt, code);           { крок за часом (хв) }
    Val(Edit1.text, temperature, code); { початкова температура кави (°C) }
    Val(Edit3.text, tmax, code);       { тривалість спостереження (хв) }
    room_temp := 22;                   { кімнатна температура (°C) }
    t := 0.0;                           { початковий момент часу }
    r := 0.1;                           { коефіцієнт охолодження (1/хв) }
    ncalc := trunc(tmax/dt);            { загальна кількість кроків }
    mem1.Lines.Clear;
    mem1.Lines.Add('Час, хв           Температура, С');
    mem1.Lines.Add(format('%-5.4g    %5.4g', [t, temperature]));
    for i:= 1 to ncalc+1 do
    begin
        change := -r * (temperature - room_temp); { похідна g(t) }
        temperature := temperature + change * dt;
        t := t + dt;   { час }
    mem1.Lines.Add(format('%-5.4g    %5.4g', [t, temperature]));
    end; end;

```

Створюючи комп'ютерну модель засобами Delphi, студент може самостійно розробити інтерфейс програми, встановити, які саме параметри моделі будуть вводиться та змінюватись користувачем, як і в якій формі (в табличній, графічній) результат буде виведено на екран, а також супроводити програму імітаційним зображенням досліджуваного процесу (що неможливо зробити засобами Maxima, GRAN1 та Microsoft Excel).

Завдання розробки комп'ютерної моделі фізичного процесу засобами середовища Delphi орієнтовані на студентів, які вміють програмувати. Це дозволяє поряд з виробленням навичок моделювання поглибити знання з програмування. Крім того, створювана комп'ютерна модель є програмним засобом, який можна, буде використовувати під час занять в школі або університеті, тому при оформленні інтерфейсу студентам пропонується врахувати психолого-педагогічні вимоги до комп'ютерних програм навчального призначення.

Для чисельного розв'язування рівняння теплопровідності Ньютона (2.16) методом Ейлера, можна також використати *середовище MS Excel* (рис. 2.20). Для цього слід заповнити комірки першого рядка так, як це показано на рис. 2.20. Далі потрібно ввести вхідні дані, тобто заповнити стовпці D та E (див. рис. 2.20). Рядки 2 та 3 заповнити значеннями та формулами відповідно до табл. 2.5.

Таблиця 2.5

#### Формули для розрахунку значень функції $T(t)$

Адреса комірки	Формула або значення комірки
<i>Другий рядок</i>	
A2	0
B2	=- $\$E\$4*(C2-\$E\$2)$
C2	=E3
<i>Третій рядок</i>	
A3	=A2+ $\$E\$5$
B3	=- $\$E\$4*(C3-\$E\$2)$
C3	=C2+B2* $\$E\$5$

Комірки третього рядка слід копіювати у наступні 100 рядків за допомогою автозаповнення комірок або копіювання формул.

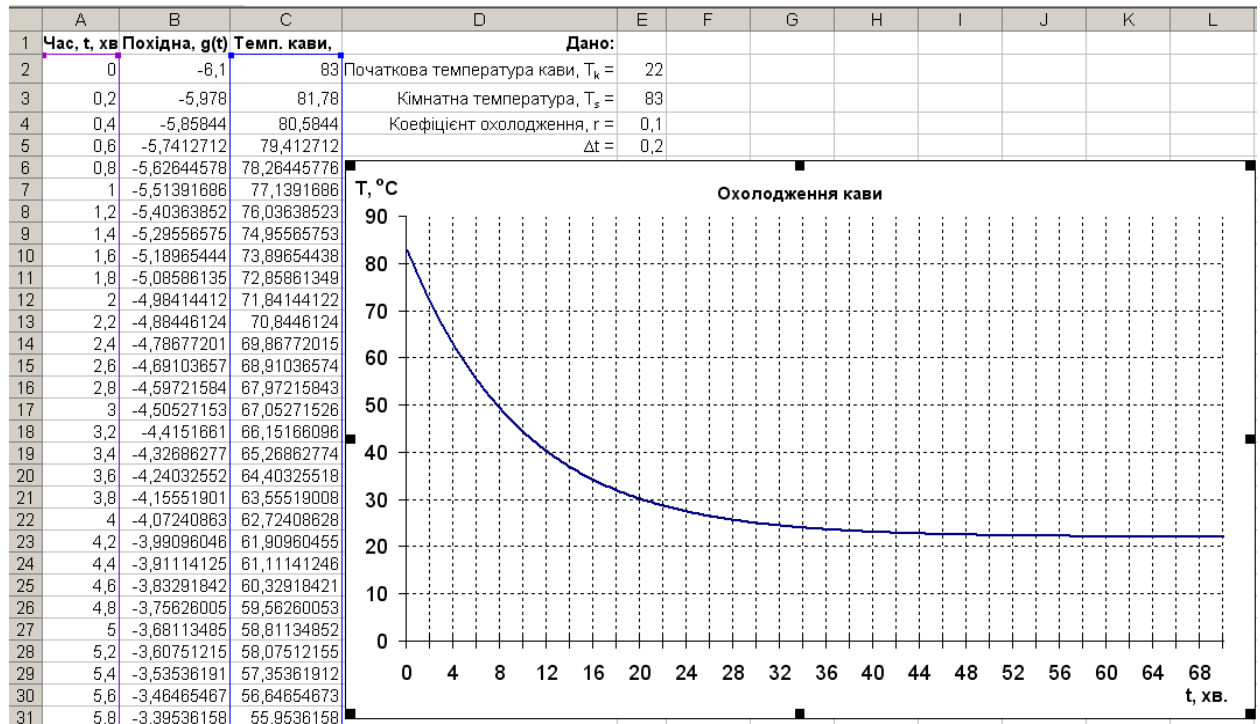


Рис. 2.20

Застосовуючи майстер побудови діаграм, одержимо графік процесу охолодження кави (рис. 2.20).

Використовуючи MS Excel, зручно відобразити результати моделювання у табличному та графічному вигляді. Можна легко встановити, як і засобами GRAN1, значення температури в деякий момент часу, пересуваючи курсор миші вздовж графіка.

Порівнюючи результати, одержані в середовищі Delphi та MS Excel (рис. 2.19 та 2.20), із графічними представленнями аналітичного розв'язку засобами Maxima та GRAN1 (рис. 2.17 та 2.18), можна зробити висновок, що всі використані програми точно або із певним наближенням відображають комп'ютерні моделі досліджуваного фізичного процесу, а отже кожен з цих програмних засобів може бути використаний для розробки комп'ютерної моделі досліджуваного процесу теплопередачі.

Створення студентами в рамках пропонованого лабораторного практикуму комп'ютерних моделей сприяє поглибленню знань з

математичних, фізичних та інформатичних дисциплін, вдосконаленню вмінь і набуттю навичок розробки алгоритмів розв'язування фізичних задач, використання засобів електронних таблиць та середовищ програмування для реалізації алгоритмів на комп'ютері, застосування систем комп'ютерної математики та діяльнісних предметно-орієнтованих середовищ для побудови та дослідження графіків функціональних залежностей, спрощення математичних обчислень в процесі розв'язування фізичних задач, формуванню вмінь та навичок комп'ютерного моделювання.

**Форми та методи навчання.** При організації навчання комп'ютерного моделювання постає проблема вибору відповідних форм та шляхів організації такої роботи, які б раціонально і збалансовано поєднували аудиторну роботу викладача та студента з самостійною роботою останнього, враховували індивідуальні особливості розвитку, профіль спеціальності та рівень знань і вмінь студентів, різну мотивацію до навчання інформатики.

Основними формами організації навчання комп'ютерного моделювання є лекція, консультація, лабораторна, індивідуальна, контрольна та самостійна робота.

Через недостатню забезпеченість бібліотечного фонду відповідною літературою лекції виконують функцію основного джерела навчальних відомостей, орієнтувальної основи для подальшого засвоєння студентами навчального матеріалу. Крім того, нами зібрано в електронному вигляді підручники з інформатики для вищих навчальних закладів [119; 120], наукову, навчальну і методичну літературу з програмування [5; 90], методів обчислень [63; 189; 193], моделювання [19; 41; 42; 69; 83; 106; 112; 183; 187; 205] та використання програмних засобів (MS Excel [91; 127; 208; 212], GRAN [61; 81], MathCAD [57; 77; 106], Maxima [170], Macromedia Flash [157], 3ds Max [128], OpenGL [86]) тощо, якою при підготовці до лабораторних і контрольних робіт, захисту теоретичного матеріалу лабораторних робіт та виконанні індивідуальних завдань можуть користуватись студенти через локальну мережу. Перелік цієї літератури міститься в навчальній програмі

курсу “Комп’ютерне моделювання”.

Кожна лабораторна робота виконується студентами у декілька етапів:

- підготовчий етап – *самостійна* позааудиторна робота над теоретичною частиною: вивчення теоретичного матеріалу, аналіз прикладу виконання завдання та підготовка відповідей на контрольні запитання;
- *аудиторна* робота – виконання практичних завдань під час проведення лабораторної роботи: студент працює у комп’ютерному класі самостійно над індивідуальним завданням і має можливість отримати консультації викладача щодо теоретичних питань та виконання практичних завдань;
- домашня *самостійна* робота з виконання практичних завдань: студент самостійно, без консультацій з боку викладача, завершує виконання лабораторної роботи вдома або у комп’ютерному класі в позааудиторний час (з цією метою виділяються робочі місця, обладнані комп’ютерами);
- захист виконаної роботи під час наступного лабораторного заняття: студент при захисті одержує залікові бали окремо за теоретичну та практичну частини кожної лабораторної роботи.

Для підвищення ефективності навчання комп’ютерного моделювання використовуються різні методи. Метод у дидактиці пов’язують з організацією навчально-пізнавальної діяльності (методи навчання) стосовно розв’язування різних дидактичних задач, спрямованих на досягнення певної освітньої мети [37, с. 205–206]. З. І. Слєпкань під методом навчання розуміє способи роботи викладача і студентів, за допомогою яких досягається оволодіння знаннями, навичками й уміннями, формується світогляд студентів, розвиваються їхні здібності [175, с. 105]. Н. В. Морзе методом навчання називає систему послідовних взаємопов’язаних дій викладача і студентів, які забезпечують засвоєння змісту освіти і спрямовані на досягнення ними освітніх цілей [124, с. 73]. Аналізуючи схожі за змістом тлумачення поняття методу навчання, приходимо до висновку, що для досягнення мети навчання комп’ютерного моделювання потрібно використовувати такі способи і прийоми організації роботи викладача і студента, які найкраще сприятимуть

досягненню дидактичних цілей, тобто обумовлять успіх освітнього процесу.

Методи навчання поділяються на такі групи [118, с. 31]:

– *Методи стимулювання і мотивації учіння:*

- а) методи формування інтересу до учіння (навчальні ігри, дискусії, емоційне стимулювання);
- б) методи формування обов'язку і відповідальності (пред'явлення вимог, заохочування, осудження).

– *Методи організації і здійснення навчальних дій і операцій:*

- а) перцептивні методи – через відчуття (словесні, наочні, аудіовізуальні, практичні – лекції, розповіді, бесіди, кінопоказ, демонстрація дослідів);
- б) логічні методи (індуктивний, дедуктивний, аналогій);
- в) гностичні методи (проблемний, евристичний, дослідницький, репродуктивний, пояснювально-ілюстративний);
- г) методи самоуправління навчальними діями (самостійна робота з книгами, з приладами, з комп'ютером тощо).

– *Методи контролю і самоконтролю:*

- а) методи *контролю* (усного, письмового, лабораторного, машинного);
- б) методи *самоконтролю* (усного, письмового, лабораторного, машинного).

У процесі навчання комп'ютерного моделювання активно використовуються словесні (розповідь, бесіда, консультація, лекція), наочні (ілюстрація та аналіз завершених комп'ютерних моделей і їх фрагментів, схем, таблиць, малюнків), практичні методи (розв'язування задач комп'ютерного моделювання, безпосередня робота з прикладами комп'ютерних моделей), репродуктивні та проблемно-пошукові методи, методи стимулювання інтересу до навчання. Враховуючи практичну спрямованість курсу “Комп'ютерне моделювання”, важливу роль відіграють методи набуття, закріплення, перевірки, використання одержаних знань, творчої діяльності.

З огляду на специфіку навчання комп'ютерного моделювання названі

методи мають враховувати необхідність індивідуалізації та інтенсифікації процесу навчання, підвищення ролі самостійної роботи у процесі здобуття знань та формування вмінь. Характер словесних методів слід переорієнтувати з інформаційного на оглядово-настановний: у процесі проведення лекцій, консультацій, бесід тощо основна увага повинна приділятися науково-теоретичному обґрунтуванню необхідних положень, аналізу та узгодженню різних точок зору, проведенню дискусій з актуальних питань розвитку та впровадження методу моделювання у різногалузеві наукові дослідження, аналізу наукової, навчальної та методичної літератури, сучасних педагогічних програмних засобів, які є комп'ютерними моделями тощо. Важливим є правильне визначення викладачем і студентами шляхів подолання труднощів (див. п. 1.2), які виникають в процесі розв'язування практичних задач з комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів.

Покажемо, коли доцільно використовувати названі вище методи для формування знань і вмінь комп'ютерного моделювання.

Лекція у педагогічній літературі визначається як “систематичний послідовний виклад навчального матеріалу, будь-якого питання, теми, розділу, предмету” [38, с. 189]. Пояснювально-ілюстративним методом студентів доцільно знайомити на лекціях з методом моделювання як методом наукового дослідження і навчального пізнання, вводити означення моделі і моделювання, класифікацію моделей. Розглядаючи приклади різного типу моделей, слід комбінувати проблемний виклад з частково-пошуковим методом (евристична бесіда), надаючи студентам змогу самостійно визначати, до якої категорії слід віднести ту чи іншу модель. Процес і етапність створення комп'ютерної моделі доцільно показати на прикладі, використовуючи проблемний метод, тобто залучаючи до розробки моделі студентів доцільними запитаннями. На лекційних заняттях можна використати і такий метод як бесіда. Коли студенти вже мають початкові уявлення про метод моделювання та ознайомлені з етапами комп'ютерного експерименту, для розгляду методів моделювання, особливостей моделювання систем масового обслуговування і

т.п. ефективним буде метод бесіди у поєднанні з проблемним.

Пояснювально-ілюстративний метод використовується і на перших лабораторних заняттях: викладач детально пояснює, розкриває суть кожного етапу комп'ютерного моделювання на прикладах фізичних процесів, пояснює як розробити комп'ютерну модель в тому чи іншому програмному середовищі.

Показ-демонстрацію можна застосовувати як на лекційних, так і на лабораторних заняттях. Важливою умовою успішного використання цього методу є поєднання показу, демонстрації зі словом викладача. Цей метод слід застосовувати при формуванні вмінь створювати комп'ютерні моделі різними засобами. Доцільно продемонструвати моделі фізичного процесу, розроблені в різних програмних середовищах, частково-пошуковим методом проаналізувати з студентами, яка модель (створена в якому програмному засобі) краще відображає зміст фізичного процесу, в якому середовищі його зручніше досліджувати.

Для навчання комп'ютерного моделювання слід застосовувати і методи самоуправління навчальними діями (самостійна робота з книгами, з комп'ютером тощо) та методи навчального пізнання (слухання-усвідомлення, спостереження, експеримент). Вивчаючи підручники, навчальні посібники, присвячені проблемам комп'ютерного моделювання, студенти поглиблюють свої знання і можуть самостійно створити комп'ютерні моделі фізичних систем, які використовуватимуть в процесі певної наукової діяльності (написання курсових, кваліфікаційних робіт).

Методи контролю і самоконтролю слід широко використовувати при захисті лабораторних робіт та написанні підсумкових контрольних робіт.

**Засоби навчання.** Серед засобів методичної системи навчання комп'ютерного моделювання можна виділити традиційні і інформатичні. До традиційних засобів належать:

– навчальна програма курсу “Комп'ютерне моделювання”, основний зміст якої подано вище;



- підручники і посібники, науково-популярна, довідкова література з програмування, математичного і комп'ютерного моделювання (в електронному вигляді);
- авторський навчальний посібник з курсу [51];
- матеріали з мережі Інтернет, присвячені комп'ютерним моделям та моделюванню (наприклад, <http://physics.ru/> – розділ College.ru з фізики, що інтегрує зміст навчальних комп'ютерних курсів компанії Фізикон; <http://www.stratum.ac.ru/rus/products/vphysics/> – моделююче комп'ютерне середовище “Віртуальна фізика”; <http://komp-model.narod.ru/> – сайт “Комп'ютерне моделювання фізичних явищ” тощо).
- інформатичні засоби навчання.

Під інформатичними засобами ми розуміємо комп'ютерні програмні середовища, які використовуються студентами для розробки комп'ютерних моделей: системи комп'ютерної математики (GRAN, Maple, MathCAD, Maxima тощо), електронні таблиці (Microsoft Excel), майстер презентацій (MS PowerPoint), середовище об'єктно-орієнтованого програмування Delphi, а також комплекс прикладів виконання завдань лабораторних робіт в електронному вигляді на CD-диску, що додається до навчального посібника [51] і навчально-методичні матеріали авторського сайту “Комп'ютерне моделювання” (додаток Н).

Процес набуття студентами знань, вмінь та навичок комп'ютерного моделювання в рамках відповідної дисципліни буде успішним і сприятиме досягненню поставленої мети навчання, за умови дотримання змісту навчання, правильного поєднання форм, методів та засобів навчання. Навчання комп'ютерного моделювання сприяє формуванню у студентів творчих здібностей, дослідницьких вмінь, розширенню кругозору, поглибленню знань з фізичних, математичних та інформатичних дисциплін, зокрема студенти набувають вмінь практичного застосування прикладних програм, систем комп'ютерної математики і мов програмування для розв'язування практичних задач.

### **2.3.3. Поглиблена підготовка студентів до комп'ютерного моделювання в рамках наукових гуртків та проблемних груп.**

Одним з основних засобів підвищення рівня підготовки фахівців у вищій школі є правильна організація студентської науково-дослідної роботи – комплексу заходів наукового, методичного, організаційного характеру, що сприяє формуванню у студентів навичок наукових досліджень у відповідності до обраної спеціальності. Метою студентської науково-дослідної роботи є сприяння поглибленому вивченню програмного матеріалу, розвитку наукового мислення і творчого підходу до виконання теоретичних і практичних завдань майбутньої діяльності.

Початковою формою наукової роботи у позааудиторний час для студентів, що виявляють інтерес до наукових досліджень, є предметні та науково-дослідні гуртки, метою створення яких є вивчення принципів, методів, прийомів здійснення наукової роботи, формування у студентів основних навичок, необхідних для подальшої самостійної роботи.

Науковий гурток – це організаційне утворення на кафедрі, учасниками якого є студенти факультету (інституту), метою якого є виявлення найбільш здібних і талановитих, схильних до науково-дослідної діяльності студентів, яке формується за напрямом наукової діяльності кафедри відповідно до затверджених тематичних планів роботи. За підсумками роботи наукового гуртка протягом звітного періоду здібних до наукової роботи і талановитих студентів рекомендують до участі в роботі проблемної групи кафедри (кафедр).

Проблемна група – організаційне утворення на кафедрі (між кафедрами, факультетами), учасниками якого є найбільш здібні і талановиті до наукової роботи студенти, рекомендовані керівниками наукових гуртків, а також аспіранти і молоді вчені.

Метою роботи проблемної групи є поглиблені дослідження за проблематикою наукової діяльності кафедр за участю студентів, аспірантів і молодих вчених і рекомендації їх до участі в роботі наукових семінарів.

Метою функціонування наукового гуртка або проблемної групи з

комп'ютерного моделювання є поглиблене вивчення студентами методу моделювання для створення комп'ютерних моделей фізичних об'єктів, явищ та процесів з шкільного або загального курсу фізики; зокрема вивчення програмних засобів комп'ютерного моделювання, які не застосовуються в курсі “Комп'ютерне моделювання”, наприклад, Macromedia Flash, 3ds Max та ін.; ширше застосування вже відомих студентам СКМ, використання обчислювальних алгоритмів для розробки комп'ютерних моделей засобами мов програмування.

Викладач повинен спрямовувати і контролювати роботу учасників гуртка. Над розробкою комп'ютерних моделей студенти мають працювати самостійно, отримуючи при необхідності індивідуальні консультації викладача. Для спільного обговорення проблем комп'ютерного моделювання учасники повинні збиратись один-два рази на місяць. Результатами роботи студентського наукового гуртка може бути створення комп'ютерних моделей фізичних систем, написання статей, тез, курсових, дипломних і магістерських робіт.

На фізико-математичному факультеті Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини науковий гурток “Комп'ютерне моделювання” функціонує уже декілька років. Покажемо на прикладі методичні особливості організації роботи такого гуртка.

Навчання здійснювалося за проектною методикою.

Перші два заняття наукового гуртка з комп'ютерного моделювання присвячувались обговоренню організаційних питань та вибору студентами фізичного об'єкта, явища або процесу, яке вони будуть досліджувати і моделювати. Обирати об'єкт моделювання вони повинні були самостійно, консультуючись з викладачем. Для того, щоб цей процес не затягнувся, на другому занятті студентам, які ще не визначились з темою, можна запропонувати орієнтовний перелік фізичних систем для комп'ютерного моделювання.

Наступним етапом був аналіз досліджуваних фізичних систем, створення фізичної моделі, тобто ідеалізація об'єкта моделювання, створення

його опису фізичними законами, розробка математичної моделі – знаходження співвідношень між параметрами, якими характеризується фізична система.

Далі студенти повинні були визначитись із середовищем, яке використовуватимуть для створення комп'ютерної моделі. Програмний засіб вони обирали самостійно, враховуючи специфіку досліджуваної фізичної системи, і повідомляли про свій вибір викладачу. Студенти мали змогу отримати консультацію викладача стосовно засобу, але викладач не повинен був впливати на їх вибір. Коли всі учасники гуртка обрали програмне середовище, то наступне за графіком заняття присвячувалось обговоренню відповідності середовища комп'ютерного моделювання, яке було обрано кожним дослідником, фізичній системі, що ним моделювалася. Для обговорення використовувалась фронтальна форма роботи. По черзі кожен з студентів представляв проблему дослідження і обґрунтовував свій вибір комп'ютерного середовища для моделювання. Далі кожен з присутніх висловлювався за бажанням. Викладач наприкінці обговорення висловлював свою думку.

Реалізація розроблених моделей комп'ютерними засобами проводилася самостійно кожним учасником наукового гуртка. Якщо в ході роботи виникали якісь проблеми чи запитання, то вони обговорювались на черговому занятті з усіма студентами або в індивідуальному порядку з викладачем. Далі студент аналізував наскільки готова комп'ютерна модель адекватна реальному фізичному об'єкту або явищу. Результати аналізу оформлялися в письмовій формі.

Декілька останніх занять наукового гуртка присвячувалися захисту готових робіт, на який могли бути запрошені викладачі та студенти факультету. Захист відбувався за такою схемою. Кожен з учасників по черзі виступав: формулював тему, мету і завдання своєї роботи, проводив опис фізичної та математичної моделей фізичної системи, обґрунтовував вибір засобу комп'ютерного моделювання, демонстрував розроблену комп'ютерну модель, представляв аналіз моделі на відповідність фізичним властивостям оригінала. Далі кожен з присутніх міг за бажанням висловити свою думку

відносно представленого проекту. Керівник гуртка давав глибокий аналіз розробленої моделі, вказуючи на всі її переваги та недоліки.

Результати своєї роботи студенти оформили у вигляді тез або статей і опублікували у збірниках студентських наукових конференцій [15; 89; 140].

До участі в роботі наукового гуртка доцільно залучати переважно студентів 4-го курсу, оскільки вони паралельно слухають курс “Комп’ютерне моделювання”, а результати їх дослідження можуть увійти і в курсову роботу з інформатики, написання якої передбачено в 1-му семестрі 5-го курсу.

Розглянемо комп’ютерні середовища та приклади робіт учасників наукового гуртка з комп’ютерного моделювання, виконані засобами цих середовищ. Приклади робіт учасників гуртка розміщено в розділі “Навчальні матеріали” сайту “Комп’ютерне моделювання” (див. додаток Н, рис. Н.5).

Програма *3ds max* займає одне з провідних місць серед засобів створення комп’ютерної графіки, зокрема тривимірного моделювання. Вона широко застосовується в багатьох галузях: в кінематографії, для створення комп’ютерних ігор, в архітектурі і будівництві, в медицині та фізиці і т.д. Щоб отримати зображення тривимірного об’єкта, необхідно створити в програмі його об’ємну модель. Модель об’єкта в *3ds max*, як і в багатьох редакторах тривимірної графіки, відображається в чотирьох вікнах проекцій, що дає якнайповніше уявлення про геометрію об’єкта. Вид об’єкта в кожному вікні проекцій можна змінювати і спостерігати, який вигляд має об’єкт знизу, справа і т. д. Окрім цього, можна обертати весь віртуальний простір у вікнах проекцій разом зі створеними в ньому об’єктами. Віртуальний простір, в якому працює користувач *3ds max*, називається тривимірною сценою. Розробнику доводиться розставляти декорації сцени (тобто створювати тривимірні моделі і вибирати положення для них), встановлювати освітлення, управляти рухом тривимірних тіл, вибирати точку, з якої проводитиметься демонстрація і т.п.

У реальному житті всі оточуючі предмети мають характерний малюнок поверхні і фактуру – шорсткість, прозорість, дзеркальність і ін. Для кожного

об'єкта в програмі можна створити свій матеріал – набір параметрів, які характеризують деякі фізичні властивості об'єкта. Якість та реалістичність отриманого в результаті візуалізації зображення багато в чому залежить ще й від освітлення сцени, яке можна встановлювати, використовуючи віртуальні джерела світла – направлені і розсіяні, та тіні, що відкидаються об'єктами.

Перераховані широкі можливості використання різноманітних ефектів тривимірної графіки програми 3ds max є беззаперечною перевагою застосування даного засобу для комп'ютерного моделювання фізичних систем. Особливістю цього програмного продукту є значні вимоги до апаратних і програмних ресурсів. Так, для комфортної роботи в середовищі 3ds max необхідним є потужний комп'ютер на базі процесора Pentium IV, аналогічного йому чи потужнішого з оперативною пам'яттю не менше 1 Гб, потужною відеокартою з обсягом пам'яті не менше 256 Мбайт, вільним місцем на жорсткому диску не менше 10 Гб, а також бажаним є монітор з діагоналлю не менше 17 дюймів. Що ж стосується програмного забезпечення, то необхідною є стабільна операційна система, наприклад, Windows XP Professional зі встановленими останнім пакетом оновлень (Service Pack 2 і вище), веб-браузером Microsoft Internet Explorer версії 6 і вище; та програмою DirectX версії не нижче за 9.0с.

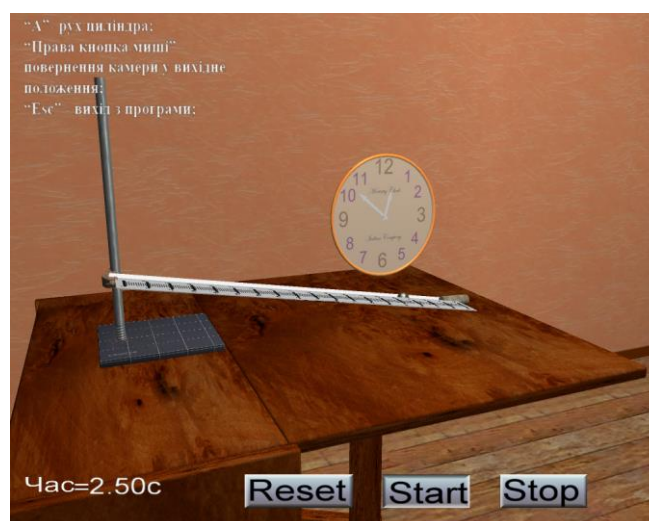


Рис. 2.21

На рис. 2.21 представлено екранну копію програми, розробленої засобами 3ds Max, в якій моделюється рух металевої кульки по похилій

площині, визначається відстань, яку проходить кулька за різні проміжки часу (в секундах).



Рис. 2.22

В моделі, зображеній на рис. 2.22, моделюється рух математичного маятника.

Модель установки, що зображено на рис. 2.23, використовується для визначення сталої Больцмана  $k$ . Вона складається з скляного товстостінного балону, що з'єднується через вивідну гумову трубку з рідинним манометром.



Рис. 2.23

В гумовий корок балона закріплено кран для вирівнювання тиску всередині балона до атмосферного. Після введення шприцом ефіру в балоні створюється надлишок тиску на величину парціального тиску газоподібного ефіру, який визначають манометром.

Іншим програмним засобом, що використовується для створення комп'ютерних моделей є програма *Macromedia Flash* – середовище для створення динамічних мультимедійних продуктів засобами векторної

графіки та керування анімацією. Векторна графіка формується на основі численних математичних розрахунків координат точок і ліній, якими вони з'єднуються. Розміри файлів таких зображень, як правило, є набагато меншими, ніж з растровими зображеннями. У Macromedia Flash підтримується і растрова графіка, але програма призначена для здійснення маніпуляцій зображенням не на рівні точок растра, а з малюнком в цілому. Macromedia Flash – це зручний інструментальний засіб для створення векторної анімації. В програмі є два способи створення анімаційних послідовностей: автоматична і покадрова анімація. Створюючи анімацію першим способом, достатньо задати початковий та кінцевий кадри, а проміжні кадри формуються засобами Flash автоматично. При цьому змінюються розміри об'єкта, кут обертання, колір та інші його параметри, розподіляючись рівномірно між початковим і кінцевим кадрами, створюється видимість руху. Другий спосіб передбачає послідовну розробку кожного кадру анімації окремо. Крім того, засобами Macromedia Flash можна імпортувати відео та звукові файли в середовище на етапі проектування.

На рис. 2.24 зображено екранну копію демонстраційної моделі прямолінійного рівномірного руху різних об'єктів, що мають різні швидкості, яку виконано засобами Macromedia Flash.

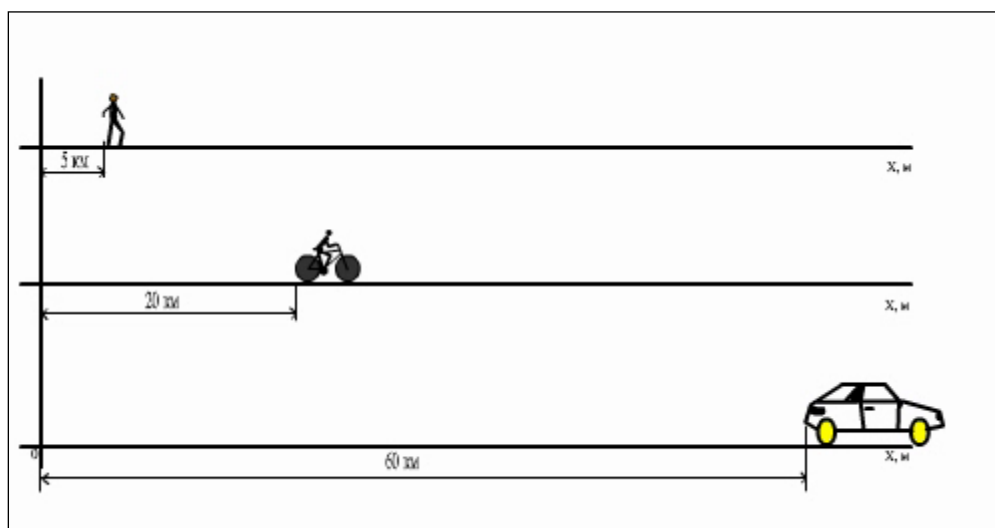


Рис. 2.24

Розробка студентами таких комп'ютерних моделей (рис. 2.21 – 2.24) сприяє формуванню вмій та вдосконаленню навичок використовувати



різноманітні комп'ютерні графічні, звукові та відео засоби для створення інтерактивних динамічних мультимедійних наочностей.

Середовище візуального об'єктно-орієнтованого програмування Delphi – це засіб розробки комп'ютерних моделей мовою програмування Object Pascal. Перевагою використання Delphi для комп'ютерного моделювання є швидка і зручна розробка багатовіконного інтерфейсу користувача, оформленого в стандартному для операційної системи Windows вигляді, можливість створення динамічних та графічних комп'ютерних моделей.

На рис. 2.25 зображено екранні копії вікон програми, розробленої засобами Delphi. Це комп'ютерна модель двигуна внутрішнього згорання.

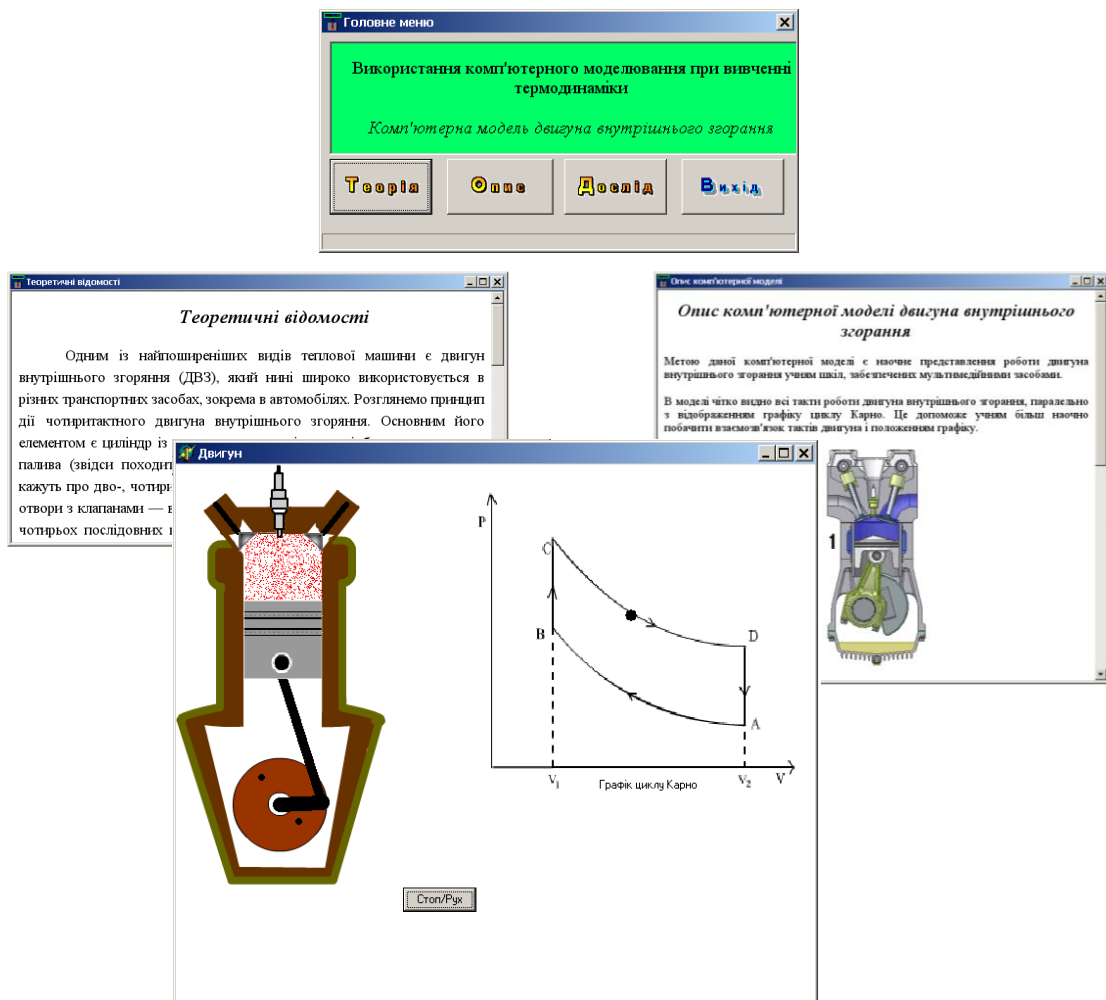


Рис. 2.25

Програма складається з чотирьох вікон:

– головне вікно програми містить назву програми і головне меню, що складається з чотирьох пунктів (теорія, опис, дослід, вихід);

- якщо використати послугу “теорія”, то на екрані з’явиться вікно з теоретичними відомостями про двигуни внутрішнього згорання;
- скориставшись послугою “опис”, можна дізнатись про призначення комп’ютерної моделі та особливості її роботи;
- і, нарешті, використовуючи послугу “дослід”, користувач має змогу ознайомитись з вікном “Двигун”, де динамічно відображаються такти роботи двигуна внутрішнього згорання, рух якого узгоджується з переміщенням точки по зображенню графіка циклу Карно.

Ця розробка одного з учасників наукового гуртка була оформлена і захищена як курсова робота.

Використання студентами середовища Delphi для комп’ютерного моделювання сприяє вдосконаленню вмінь та навичок розробки алгоритму розв’язання задачі, віконного інтерфейсу користувача з урахуванням вимог до програмних засобів навчального призначення, програмування мовою Object Pascal, роботи з комп’ютерною графікою.

На рис. 2.26 представлено приклад комп’ютерної моделі фізичної системи, побудованої в середовищі СКМ MathCAD. За умовою задачі три точкових електричні заряди  $q_1, q_2, q_3$  мають координати відповідно  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ . Необхідно розрахувати розподіл потенціалу електричного поля, побудувати комп’ютерну модель еквіпотенціальних ліній і поверхні  $\varphi = \varphi(x, y)$ . З курсу фізики відомо, що потенціал електричного поля, що створюється зарядами  $q_i$  з координатами  $(x_i, y_i), i = 1, 2, 3, \dots$  в точці  $(x, y)$  дорівнює:

$$\varphi(x, y) = \sum_{i=1}^n \frac{kq_i}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}}.$$

На рис. 2.26 представлено графічну комп’ютерну модель даної фізичної системи для випадку, коли електричні заряди  $q_1 = 8, q_2 = 10, q_3 = 13$  мають координати відповідно  $(0,2; 0,3), (0,5; 0,8), (0,8; 0,3)$ .

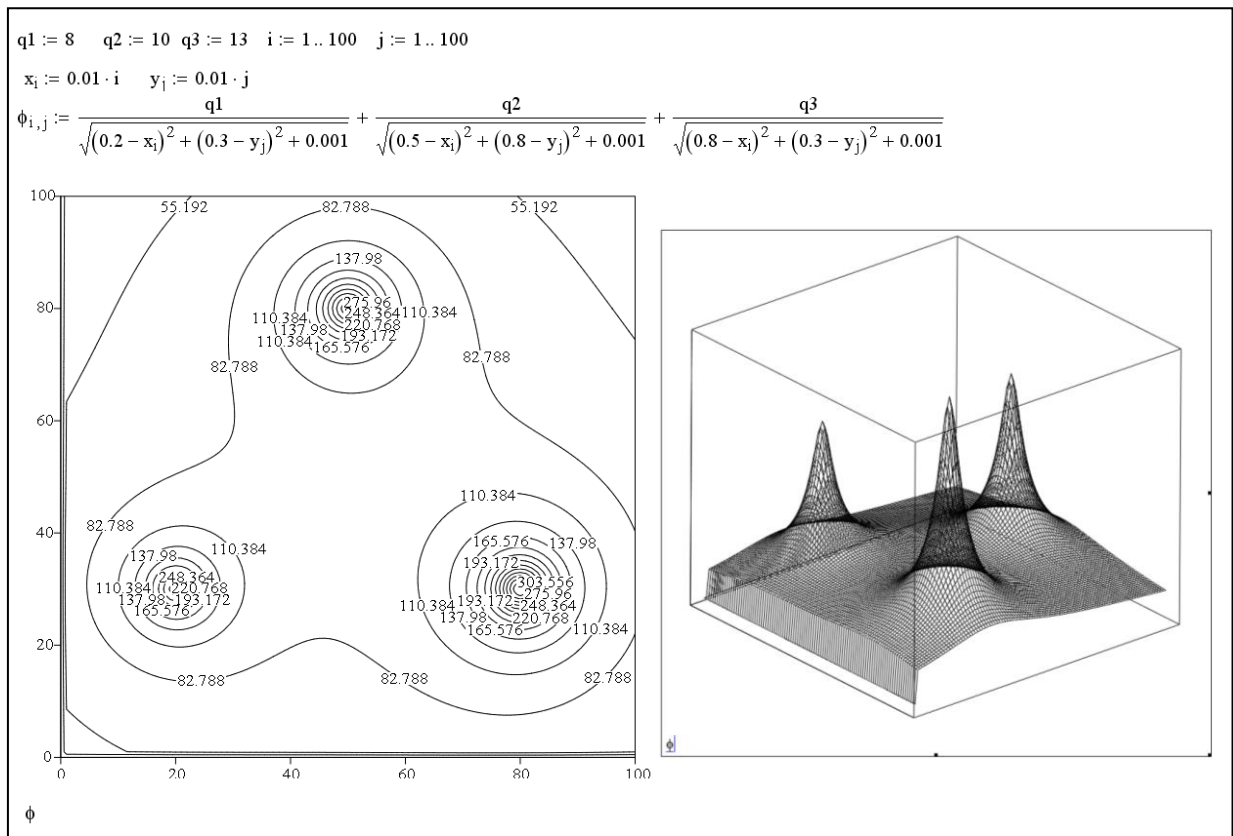


Рис. 2.26

З системами комп'ютерної математики (СКМ) студенти знайомляться і в курсі інформатики, і в процесі навчання комп'ютерного моделювання в рамках відповідної дисципліни (п. 2.3.2). Але можливості їх застосування для створення комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів настільки різноманітні, що в рамках дисципліни “Комп'ютерне моделювання” навчити студентів використовувати всі або більшість засобів систем комп'ютерної математики неможливо за браком часу. Тому доцільним є поглиблене вивчення можливостей використання СКМ для комп'ютерного моделювання в рамках роботи наукового гуртка.

Правильно організована робота студентських наукових гуртків і проблемних груп з комп'ютерного моделювання сприятиме формуванню у студентів дослідницьких вмінь, які є важливими для майбутньої професійної діяльності вчителя фізики. В гуртковій роботі удосконалюються навички використання різних програмних засобів для створення комп'ютерних моделей, поглиблюються знання програмного матеріалу з фізичних, математичних та інформатичних дисциплін.

### **2.3.4. Комп'ютерне моделювання в курсових роботах з інформатики та методики навчання інформатики.**

Виконання студентами курсових робіт – одна з важливих форм підготовки висококваліфікованих фахівців, що забезпечує формування у майбутніх учителів творчого підходу до організації навчально-виховного процесу у загальноосвітніх закладах.

Курсова робота – це перша науково-дослідна робота, яка виконується студентом самостійно на основі здобутих ним у процесі навчання знань, вмінь та навичок.

Курсові роботи з інформатики та методики навчання інформатики, що присвячені комп'ютерному моделюванню, мають у переважній більшості навчально-дослідницький характер, є професійно спрямованими і логічно завершуються розробкою студентами рекомендацій щодо впровадження проведених теоретичних та експериментальних досліджень у навчальний процес школи.

Метою виконання курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики (в контексті комп'ютерного моделювання) є закріплення, поглиблення, узагальнення і систематизації знань, здобутих студентами в процесі навчання, розвиток творчого підходу до їх застосування для комплексного розв'язування конкретних професійних задач; вироблення навичок самостійно працювати з навчальною, науковою та періодичною літературою, досліджувати різні фізичні явища, закономірності, властивості об'єктів, використовуючи метод моделювання та різні програмні середовища.

Курсові роботи з інформатики та методики навчання інформатики виконуються студентами спеціальності “фізика та інформатика” на 5-му курсі. На цей час відповідно до навчального плану підготовки вони вже вивчили переважну більшість фізичних, математичних та інформатичних дисциплін, в тому числі і курс “Комп'ютерне моделювання”. А отже, всі набуті ними знання, вміння та навички можуть бути застосовані при роботі над навчально-дослідницьким проектом – курсовою роботою, тематикою

якого може бути створення комп'ютерної моделі певної фізичної системи, розробка методики її впровадження в навчальний процес або навчання учнів створювати аналогічні комп'ютерні моделі.

За тематикою і змістом курсові роботи, що присвячені комп'ютерному моделюванню, можна умовно поділити на два типи. До першого – можна віднести курсову роботу, автор якої є розробником комп'ютерної моделі певного фізичного процесу або явища з загального курсу фізики – наочності для фізичної лабораторії факультету. Зміст такої курсової роботи може включати теоретичний аналіз методу комп'ютерного моделювання; аналіз можливо вже існуючих аналогів комп'ютерних моделей досліджуваної фізичної системи; програмних засобів, якими вони створювались з обґрунтуванням їх переваг, недоліків і доцільності створення такої моделі; ретельний поетапний опис розробки і дослідження комп'ютерної моделі. Якщо засобом розробки комп'ютерної моделі є середовище програмування, то в роботі слід навести всі лістинги програми. Якщо ж для створення моделі використовувався програмний засіб, який не вивчався студентами раніше, то доцільно в роботі навести опис можливостей його використання та призначення.

До другого типу належать курсові роботи, в яких розробляються комп'ютерні моделі об'єктів, явищ та процесів з шкільного курсу фізики засобами комп'ютерних середовищ, які вивчаються в шкільному курсі інформатики. Метою таких робіт є розробка методичних основ навчання учнів старших класів загальноосвітніх навчальних закладів комп'ютерного моделювання засобами програмних середовищ. Зміст такої курсової роботи може включати теоретичний аналіз основ методу комп'ютерного моделювання; опис можливостей застосування для комп'ютерного моделювання задач шкільного курсу фізики обраного програмного засобу (з обґрунтуванням свого вибору) та демонстрацією конкретних прикладів його використання; перелік пропонованих для учнів завдань з комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів; методичні вказівки щодо навчання учнів комп'ютерного моделювання обраним засобом.

В додатку О подано орієнтовний перелік тем курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики, які присвячені комп'ютерному моделюванню. Перші 18 тем курсових проектів належать до першого типу, а решта – до другого типу.

Методичні рекомендації до написання студентами курсових робіт та їх орієнтовну тематику викладено на сайті “Комп'ютерне моделювання”, розділ “Навчальні матеріали” (див. додаток Н, рис. Н.6).

Приклади курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики, які присвячені комп'ютерному моделюванню, подано в додатках К, Л, М. Вони містять зміст та фрагменти курсових, виконаних студентами фізико-математичного факультету Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.

Написання студентами курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики, які присвячені комп'ютерному моделюванню, сприяє формуванню дослідницьких вмінь, розвитку інтелектуальних здібностей, глибокому розумінню процесів, що моделюються, удосконаленню навичок роботи в різних програмних середовищах. Курсова робота є важливим засобом оволодіння теоретичними і практичними аспектами побудови комп'ютерних моделей. Її визначальна роль полягає в тому, що в процесі написання роботи студенти не тільки поглиблюють, але й застосовують набуті теоретичні знання на практиці. Курсовий проект є важливою частиною самостійної роботи студентів. Підготовка курсової роботи дає змогу студенту глибше зрозуміти значення та зміст комп'ютерного моделювання в сучасній науці, оволодіти методологією проведення фізичного та обчислювального експерименту, а також набути основних методологічних прийомів комп'ютерного моделювання на прикладі конкретної фізичної системи. Курсова робота з інформатики та методики навчання інформатики є завершальним етапом вивчення дисциплін інформатичного циклу. За результатами виконання курсової роботи можна зробити висновок про рівень сформованості інформатичних компетентностей студента, оволодіння ним методом комп'ютерного моделю-

вання, набуття умінь практичного застосування одержаних знань на практиці. Успішний її захист свідчить про високий рівень кваліфікації майбутнього вчителя фізики. Досвід та знання, набуті студентами під час написання курсового проекту з комп'ютерного моделювання, можуть бути використані ними для підготовки дипломної роботи і в майбутній професійній діяльності.

## 2.4. Дистанційна підтримка навчання комп'ютерного моделювання

З метою підтримки (зокрема дистанційної) навчальної діяльності з комп'ютерного моделювання студентів фізичних спеціальностей створено сайт “Комп'ютерне моделювання” (<http://cmodel.in.ua>), де розміщено комплекс навчально-методичних матеріалів, рекомендацій, публікацій і корисних посилань (рис. 2.27).

The screenshot shows the homepage of the website "Комп'ютерне моделювання". The layout includes a top navigation bar with a search bar and links for "Головна", "Про сайт", "Новини", and "Особиста сторінка Хазіної С.А.". Below this is a secondary navigation bar with "Навчальні матеріали", "Каталог публікацій", and "Форум". The main content area is divided into several sections:

- Меню:** Contains login fields for "Логін" and "Пароль", a "Зайти" button, and links for "Регистрація на сайті!" and "Забули пароль?".
- Цікавинки:** Features an article titled "Висловлювання академіка А. П. Ершова:" discussing the qualities of a programmer.
- Опитування:** A survey titled "Як часто в навчанні фізики використовують комп'ютерні моделі?" with radio button options: "Дуже часто", "Часто", "Іноді", "Рідко", and "Ніколи".
- Матеріали:** Two article listings are shown. The first is "Про сайт" by Stella, dated 17-02-2010, with 308 views. The second is "Теорія" by Stella, dated 9-02-2010, with 663 views. The article "Теорія" is titled "Моделювання" and "Поняття моделі, моделювання, основні типи моделювання".
- Популярне:** Includes an "Архів" (Archive) showing article counts for months like "Вересень 2010 (1)", "Березень 2010 (7)", "Лютий 2010 (15)", and "Січень 2010 (1)". It also features a "Календар" (Calendar) for "Жовтень 2010".
- Корисні посилання:** A section titled "БІБЛІОТЕКИ" and "НАУКОВІ І НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ" listing various libraries and educational resources.

Рис. 2.27. Головна сторінка сайту “Комп'ютерне моделювання”

Сайт містить кілька розділів:

- головна сторінка;
- про сайт;
- новини;
- особиста сторінка автора сайту;
- навчальні матеріали;
- каталог публікацій;
- форум.

Розділ “Навчальні матеріали” (рис. 2.28) поділено на підрозділи:

- теоретичні відомості;
- практикум;
- науковий гурток;
- курсові роботи.

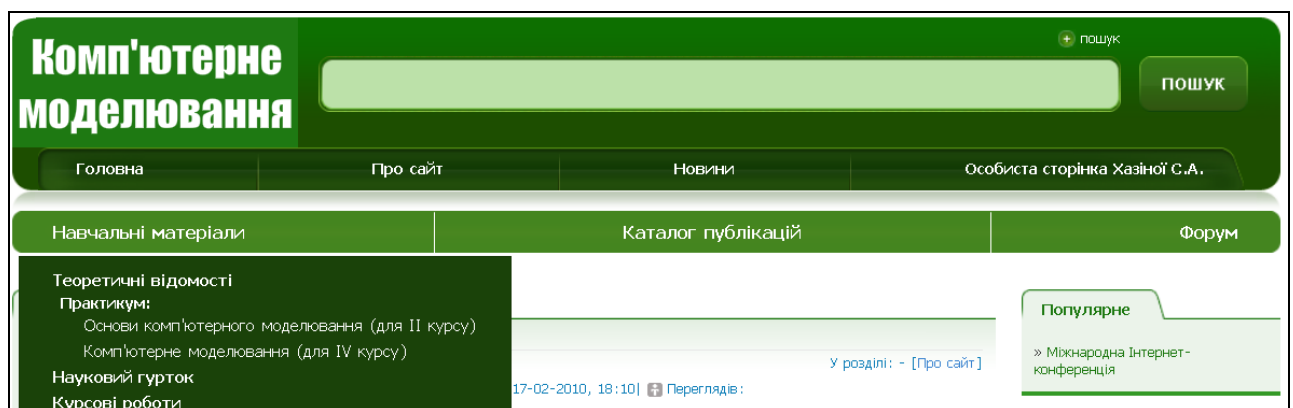


Рис. 2.28

Підрозділ “Теоретичні відомості” присвячено висвітленню таких питань, як поняття моделі, моделювання, комп’ютерне моделювання, класифікація моделей, інформаційне моделювання, цикл комп’ютерного експерименту, приклади комп’ютерного математичного моделювання у науці та техніці, приклади моделювання фізичних процесів тощо.

Підрозділ “Практикум” складається з двох частин:

- основи комп’ютерного моделювання (для II курсу);
- комп’ютерне моделювання (для IV курсу).

У першій частині містяться методичні рекомендації щодо розробки



міні-проектів (комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів) відповідно до індивідуальних завдань (див. додаток Н, рис. Н.3), формулювання яких додаються. Тут також розглядаються приклади створення комп'ютерних моделей фізичних систем з використанням таких програмних засобів, як GRAN1, MS Excel, Power Point.

“Комп'ютерне моделювання (для IV курсу)” містить опис одинадцяти лабораторних робіт з комп'ютерного моделювання для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів. Кожна лабораторна робота має схожу структуру: короткі теоретичні відомості, приклад розробки комп'ютерних моделей за допомогою різних програмних засобів (GRAN1, MS Excel, Maxima, MathCAD, Delphi), індивідуальні завдання та контрольні запитання (див. додаток Н, рис. Н.4).

У підрозділі “Науковий гурток” розміщено приклади робіт учасників наукового гуртка з комп'ютерного моделювання (див. додаток Н, рис. Н.5), розроблені засобами середовищ 3ds Max, Delphi, Macromedia Flash, MathCAD. У підрозділі “Курсові роботи” (див. додаток Н, рис. Н.6) містяться методичні рекомендації щодо написання курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики, тематика та зміст яких присвячені комп'ютерному моделюванню; наводиться орієнтовна тематика курсових робіт (перелік з 30 тем).

У розділі “Каталог публікацій” можна ознайомитись з науковими працями з комп'ютерного моделювання автора сайту та студентів. У студентських статтях висвітлено результати їх роботи в рамках наукового гуртка з комп'ютерного моделювання та написання ними курсових робіт.

Розділ “Форум” присвячено обговоренню різних аспектів комп'ютерного моделювання таких як, приклади застосування методу моделювання у різних галузях людської діяльності; фактори, від яких залежить вибір комп'ютерних програмних засобів, що використовуються для створення моделей; труднощі, що виникають в процесі розробки тої чи іншої комп'ютерної моделі.

Навчально-методичні матеріали сайту “Комп'ютерне моделювання”

можуть бути використані в процесі самостійної підготовки до лабораторних занять та самостійного виконання лабораторних робіт студентами денної та заочної форм навчання, а також студентами, що навчаються за індивідуальним планом. Зокрема, використовуючи матеріали сайту, студенти можуть підготуватись теоретично до виконання наступної або до захисту вже зробленої лабораторної роботи. Пропустивши певне лабораторне заняття, студенти можуть самостійно його відпрацювати, користуючись матеріалами сайту, та скласти і захистити на наступному занятті, що є особливо актуальним для навчання в умовах кредитно-модульної системи.

В процесі виконання лабораторних робіт, самостійної розробки комп'ютерних моделей, написання курсових робіт з комп'ютерного моделювання у студентів можуть виникати певні труднощі, які вони мають змогу обговорити на форумі сайту або одержати консультацію викладача, надіславши йому листа. При написанні статей і тез студенти можуть використовувати матеріали розділу “Каталог публікацій”.

Використання сайту “Комп'ютерне моделювання” є одним з ефективних засобів дистанційної підтримки навчальної діяльності з комп'ютерного моделювання.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У ході дослідження виділено ряд концептуальних положень методики навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики.

1. Впровадження в освітній процес методичної системи навчання комп'ютерного моделювання сприятиме формуванню інформатичних компетентностей майбутніх учителів фізики та інформатики, підвищенню рівня їхньої фахової підготовки.

2. Для набуття відповідного рівня фахової підготовки майбутніх вчителів фізики щодо створення і використання комп'ютерних моделей в навчальному процесі навчання комп'ютерного моделювання повинно бути наскрізним. Пропонується організувати таке навчання за чотирма етапами: пропедевтичний, початковий, основний, дослідницький.

3. Головною метою навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики є формування вмінь створення комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів засобами різних програмних середовищ.

4. Пропедевтику навчання комп'ютерного моделювання слід проводити в загальному курсі інформатики. Зокрема елементи комп'ютерного моделювання доцільно ввести при вивченні електронних таблиць, баз даних, професійних математичних та фізичних пакетів, основ програмування (пропедевтичний етап).

5. Ґрунтовно розпочинати навчання комп'ютерного моделювання потрібно з вивчення студентами його основ на другому році підготовки майбутніх вчителів фізики в рамках змістового модуля “Моделювання” дисципліни “Інформатика” (початковий етап). Основним засобом навчання в пропонуваній методиці є міні-проекти.

6. Однією з головних умов формування вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики є попереднє акумулювання студентами знань та вмінь з базових інформатичних, фізичних та математичних курсів, а також таких дисциплін, як “Програмування”,

“Методи обчислень”, “Дискретна математика”, “Математичний аналіз”, “Диференціальні рівняння”, “Теорія ймовірностей і математична статистика”, “Загальна фізика” тощо, навчок практичного використання програмного забезпечення (типу Microsoft Excel, MathCAD, GRAN, Maple, Mathematica, Maxima) для розв’язування математичних та фізичних задач.

7. Виходячи з цього, навчальний курс “Комп’ютерне моделювання” доцільно вводити на четвертому році підготовки майбутнього вчителя фізики (основний етап).

8. Метою вивчення дисципліни “Комп’ютерне моделювання” є: розширити уявлення студентів про моделювання як один з сучасних методів пізнання; сформувані у студентів поняття про обчислювальний експеримент, моделювання детермінованих та стохастичних систем, імітаційне моделювання; вдосконалити вміння та навички використання програмних середовищ, які застосовуються для створення комп’ютерних моделей; ознайомити з можливостями використання навчальних комп’ютерних моделей як засобу пізнання та науково-дослідної діяльності. Під час вивчення курсу “Комп’ютерне моделювання” у студентів розширюється уявлення про можливості використання певного програмного засобу для створення і дослідження комп’ютерних моделей різних фізичних процесів. Студенти вчаться вибирати програмне середовище для реалізації математичної моделі на комп’ютері, враховуючи багато факторів і, в першу чергу, тип конкретної задачі, що розв’язується та етап моделювання, на якому створюється комп’ютерна модель.

9. Формувати вміння комп’ютерного моделювання варто не тільки під час аудиторної роботи. Навчати комп’ютерного моделювання слід також і під час роботи відповідних наукових гуртків, проблемних груп, написання курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики (дослідницький етап).

10. Метою функціонування наукового гуртка або проблемної групи з комп’ютерного моделювання є поглиблене вивчення студентами методу

моделювання для створення комп'ютерних моделей фізичних об'єктів, явищ та процесів з шкільного або загального курсу фізики; зокрема вивчення програмних засобів комп'ютерного моделювання, які не застосовуються в курсі “Комп'ютерне моделювання”, наприклад, Macromedia Flash, 3ds Max та ін.; ширше застосування вже відомих студентам систем комп'ютерної математики, використання обчислювальних алгоритмів для розробки комп'ютерних моделей засобами мов програмування.

11. Написання студентами курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики, які присвячені комп'ютерному моделюванню, сприяє формуванню дослідницьких вмінь, розвитку інтелектуальних здібностей, глибокому розумінню процесів, що моделюються, удосконаленню навичок роботи в різних програмних середовищах. За результатами виконання курсової роботи можна зробити висновок про рівень сформованості інформатичної компетентності студента, оволодіння ним методом комп'ютерного моделювання, набуття умінь практичного застосування одержаних знань на практиці. Успішний її захист свідчить про високий рівень кваліфікації майбутнього вчителя фізики. Досвід та знання, набуті студентами під час написання курсового проекту з комп'ютерного моделювання, можуть бути використані ними для підготовки дипломної роботи і в майбутній професійній діяльності.

12. Одним з ефективних засобів дистанційної підтримки навчальної діяльності з комп'ютерного моделювання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів є використання сайту, де розміщено комплекс відповідних навчально-методичних матеріалів, рекомендацій, публікацій і корисних посилань.

Питання, розглянуті в другому розділі, а також основні результати розділу відображені у таких публікаціях та доповідях автора на конференціях [51–54; 152–155; 197–199; 202–204].

## РОЗДІЛ 3

### ОРГАНІЗАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

#### 3.1. Організація та методичні особливості проведення експериментальної частини педагогічного дослідження

Метою педагогічного експерименту була розробка, апробація та оцінка ефективності методики наскрізного навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики. У процесі експериментальної роботи розв'язувалися такі завдання.

1. Виявити ступінь обізнаності вчителів фізики з методом комп'ютерного моделювання та можливостями використання комп'ютерних моделей для навчання учнів фізики.
2. Проаналізувати і виявити методології та програмні середовища, які доцільно використовувати для наскрізного навчання комп'ютерного моделювання та створення комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів.
3. Розробити необхідне навчально-методичне забезпечення (тексти лекцій, методичні рекомендації до лабораторних робіт, навчальну програму курсу, завдання для діагностики і контролю сформованості інтелектуальних умінь, знань і вмінь комп'ютерного моделювання) для наскрізного навчання комп'ютерного моделювання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів.
4. Перевірити ефективність розроблених компонент методичної системи формування вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики із застосуванням методів математичної статистики.

Експериментальною базою були фізико-математичні факультети Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова, Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка,

Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, Криворізького державного педагогічного університету, Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка, Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.

Дослідження здійснювалися у три взаємопов'язані етапи:

- констатуючий (2004 – 2005 рр.);
- пошуковий (2005 – 2006 рр.);
- формуючий (2006 – 2009 рр.).

Для визначення мінімального обсягу вибірки  $n$  констатуючого етапу педагогічного дослідження, який забезпечить достовірні оцінки параметрів генеральної сукупності, використали відому розрахункову формулу

$$n = \frac{t^2 w(1-w)}{\Delta^2}, \quad (3.1)$$

де  $\Delta$  – задана гранична похибка,  $w$  – вибіркова частка досліджуваного показника, що визначена за допомогою пробної вибірки,  $t$  – аргумент інтегральної функції Лапласа

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (3.2)$$

значення якого визначається з рівності  $\Phi(t) = \frac{p}{2}$ , де  $p$  – довірча ймовірність [35].

Рівень досліджуваного показника (рівень знань студентів про комп'ютерні моделі та комп'ютерне моделювання), як було з'ясовано при проведенні пробного анкетування серед студентів, становить 5 %, тобто  $w = 0,05$ . Виберемо значення граничної похибки  $\Delta = 0,03$ , рівень надійності  $P = 0,97$ . Тоді  $t = 2,16$  і за формулою (3.1) матимемо

$$n = \frac{2,16^2 \cdot 0,05 \cdot 0,95}{0,03^2} \approx 246$$

Отже, обсяг репрезентативної вибірки становить 246 осіб. Виходячи з загального обсягу вибірки, було орієнтовно визначено кількість вищих

навчальних закладів для проведення педагогічного експерименту.

При доборі об'єктів до вибірки, щоб забезпечити її репрезентативність, та проведенні експерименту було забезпечено дотримання вимог щодо застосування статистичних методів опрацювання результатів педагогічних досліджень [92, с. 96–99; 129, с. 20–22]: випадковий характер вибірок, їх однорідність та незалежність, незалежність учасників експерименту, заняття в експериментальних та контрольних групах проводились одними й тими ж викладачами, однотипність методичного та програмного забезпечення, що використовувалось у межах визначених груп. Загальна кількість студентів (196) та вчителів фізики (70), що брали участь в констатуючому етапі експерименту, дорівнювала 266, тобто мало місце незначне перевищення числа опитаних у нашій виборці порівняно з розрахунковим. Отже, всі умови утворення вибірки з генеральної сукупності були виконані. А це означає, що висновки, які ми одержали в результаті проведення експерименту можна з надійністю 97 % та похибкою 3 % поширити на генеральну сукупність.

Констатуючий експеримент містив дві складові. В першій частині констатуючого експерименту проводилось дослідження сучасного стану вивчення та використання комп'ютерного моделювання в навчальному процесі. Основними діагностичними методами були:

- аналіз наукових досліджень, навчальної літератури та публікацій, результати якого відображені у п. 1.3;
- психолого-педагогічне спостереження;
- індивідуальні бесіди зі студентами та вчителями фізики загальноосвітніх шкіл;
- метод анкетування.

Анкетування серед вчителів фізики шкіл Черкаської, Київської, Кіровоградської, Дніпропетровської, Чернігівської та Тернопільської областей проводилось з метою встановлення ступеня їх обізнаності з методом комп'ютерного моделювання та можливостями використання комп'ютерних моделей для навчання учнів фізики.



Доцільність вибору анкетного методу визначається необхідністю:

1. Отримати фактичні дані про стан обізнаності вчителів фізики з методом комп'ютерного моделювання.
2. З'ясувати ставлення учителів до застосування фізичних комп'ютерних моделей в навчальному процесі загальноосвітніх шкіл.
3. Отримати єдино можливі та досить конкретні відповіді щодо навчання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів та вчителів фізики комп'ютерного моделювання [92, с.112].

У процесі дослідження було опитано 70 вчителів фізики. Анкета (додаток А), що була запропонована респондентам, містить 11 запитань закритого та відкритого типу. Результати анкетування подано у додатку А.

Аналіз результатів анкетування дає змогу зробити такі висновки:

– більшість респондентів визначили доцільним використання комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів в шкільному курсі фізики;

– але в процесі навчання учнів фізики комп'ютерні моделі використовують часто тільки п'ята частина опитаних, решта – або взагалі їх не використовують (2/5 опитаних), або використовують їх іноді (2/5 опитаних). Це пояснюється тим, що більше половини кабінетів фізики, за свідченням вчителів, не обладнані комп'ютером вчителя, а переважна більшість респондентів не мають можливості систематично проводити заняття з фізики в комп'ютерному класі;

– в своїй професійній діяльності вчителі використовують такі комп'ютерні моделі: програмно-педагогічне забезпечення “КВАЗАР-Мікро”: “Фізика – 7-9”, “Фізика – 10-11”), “Віртуальна фізична лабораторія. 7-11 класи”, “Бібліотека електронних наочностей. 7-11 класи”.

– тільки 14 % опитаних вважають, що готові навчальні комп'ютерні моделі задовольняють повністю потреби для проведення шкільних фізичних демонстрацій та експерименту, унаочнення розв'язування фізичних задач; не зважаючи на це, тільки 4 % вчителів часто, а 23 % – інколи створюють комп'ютерні моделі самостійно;

– респонденти, які створюють комп'ютерні моделі самостійно, використовують для їх розробки такі середовища (в порядку спадання застосовності): системи комп'ютерної математики типу GRAN, MathCAD, Maxima і т.п.; програми для розробки мультимедійних презентацій типу PowerPoint; електронні таблиці типу MS Excel; програми для розробки комп'ютерної дво- і три- вимірної графіки; інші програмні засоби. Отже, для комп'ютерного моделювання респондентами зовсім не використовуються середовища програмування і різні програмні засоби;

– переважна більшість респондентів вважають доцільним системно навчати комп'ютерного моделювання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів та вчителів фізики на курсах підвищення кваліфікації.

Отже, ми змогли констатувати недостатню обізнаність вчителів фізики з методом комп'ютерного моделювання та можливостями використання комп'ютерних моделей для навчання учнів, що не відповідає повною мірою сучасним вимогам до рівня інформаційної компетентності вчителя (п. 1.3). На нашу думку, однією з головних причин такого стану є відсутність науково обґрунтованої методичної системи навчання комп'ютерного моделювання студентів – майбутніх учителів фізики. На сьогодні відсутні посібники для фізичних спеціальностей педагогічних університетів з комп'ютерного моделювання. А потреба формування знань і вмінь комп'ютерного моделювання майбутніх учителів фізики викликає необхідність відповідного навчально-методичного забезпечення, включаючи навчальні посібники, методичні рекомендації, засоби навчання тощо. Необхідними постали розробка і впровадження в навчальний процес педагогічних університетів методики наскрізного навчання комп'ютерного моделювання різними програмними засобами.

В другій частині констатуючого експерименту передбачалось проведення діагностичного тестування студентів першого курсу спеціальності “фізика та інформатика” для оцінювання ступеня сформованості умінь виконувати інтелектуальні операції, що входять до операційного складу діяльності комп'ютерного моделювання, з використанням спеціальних психологічних тестів

(додаток Б). Тестування проводилось в два етапи: I етап – відбувався в кінці листопада 2004 р., було охоплено 98 студентів першого курсу; II етап – відбувався в кінці листопада 2005 р., було охоплено ще 98 студентів першого курсу. Кожен тест складався з 5 розділів по 10 запитань в кожному. Правильна відповідь оцінювалась в 2 бали, неправильна – 0 балів. Рівень сформованості прийомів мисленнєвої діяльності оцінювався за п'ятьма рівнями (найвищий, високий, середній, умовно незадовільний, найнижчий), описаними в п. 1.2. За основу бралась шкала кредитно-модульної системи розподілу балів, згідно з якою найвищому рівню відповідає А (90-100 б.), високий – поділяється на В (82-89 б.) і С (75-81 б.), Середній – на D (68-74 б.) і E (60-67 б.), умовно незадовільному – відповідає FX (35-59 б.), найнижчому – F (0-34 б.). Для зручності бали умовно незадовільного рівня було поділено на дві частини: FX1 (35-46 б.) і FX2 (47-59 б.). Результати діагностичного тестування подано в додатку В.

За наслідками констатуючого експерименту студенти фізичних спеціальностей педагогічних університетів за рівнями сформованості інтелектуальних умінь розподілилися так (рис. 3.1): найнижчий – 4 %; умовно незадовільний – 39 %; середній – 35 % високий – 20 %; найвищий – 3%.



Рис. 3.1

Отже, отримані в ході констатуючого експерименту дані свідчать про недостатній рівень сформованості умінь студентів виконувати інтелектуальні операції, що входять до операційного складу діяльності комп'ютерного

моделювання.

У ході пошукового етапу дослідження (2005 – 2006 рр.) вивчалася та аналізувалася інформатична, фізична, математична, психолого-педагогічна, наукова та навчально-методична література, педагогічний досвід викладачів, можливості використання різних програмних середовищ для розробки комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів з метою створення сучасного навчально-методичного забезпечення та ефективної методики його використання для наскрізного навчання комп'ютерного моделювання.

Були сформульовані та уточнювались загальна гіпотеза, програма дослідження і перевірки висунутої гіпотези, мета, предмет, об'єкт і завдання дослідження. На основі аналізу діючих освітніх стандартів і кваліфікаційних характеристик учителів фізики, навчальних програм інформатичних дисциплін, існуючих навчальних посібників з інформатичних дисциплін для педагогічних університетів, а також шкільних підручників і посібників з інформатики та фізики було визначено зміст основних компонентів методичної системи наскрізного навчання комп'ютерного моделювання, формувалися та вдосконалювалися ефективні методи, прийоми, організаційні форми та засоби навчання комп'ютерного моделювання (див. розд. 2).

З метою уточнення змісту навчання комп'ютерного моделювання на етапі пошукового експерименту було використано метод експертних оцінок. Зміст дослідження полягав у тому, що експертам пропонувалось визначити порядок, в якому слід використовувати ті чи інші програмні засоби на різних етапах наскрізного навчання комп'ютерного моделювання (див. п. 2.1 – пропедевтичному, початковому, основному, дослідницькому), тобто провести ранжування в залежності від складності освоєння студентами цих середовищ та курсу (семестру), коли вивчається засіб за навчальним планом (або якщо за планом не вивчається, то може опановуватись студентами самостійно під час роботи в наукових гуртках і над курсовим проектом). Експертами були обрані викладачі кафедр інформатики вже згаданих вище навчальних закладів. Їм був запропонований перелік комп'ютерних

середовищ, які можна використовувати для навчання комп'ютерного моделювання. Експерти повинні були вказати місце від 1 до 7 програмного засобу в наскрізному навчанні комп'ютерного моделювання (значення “1” присвоюється програмному засобу, який повинен вводитись в навчання комп'ютерного моделювання першим, а “7” – останнім).

Для унеможливлення психологічної підказки, яка могла б вплинути на вибір експертом певної послідовності ранжування, пропонувані програмні засоби у картці опитування (табл. 3.1) були розміщені у випадковій послідовності.

Таблиця 3.1

№	Пропонувані програмні засоби	Місце
1.	Програми для розробки комп'ютерних дво- і тривимірних динамічних зображень типу Macromedia Flash.	
2.	Середовище програмування Turbo Pascal.	
3.	Електронні таблиці типу MS Excel.	
4.	Середовище програмування Delphi.	
5.	Діяльнісне предметно-орієнтоване середовище GRAN1.	
6.	Системи комп'ютерної математики типу MathCAD, Maxima, Maple і т.п.	
7.	Програми для розробки мультимедійних презентацій типу MS PowerPoint.	

Результати опитування експертів подано у додатку Д.

Найбільш очевидним показником послідовності введення того чи іншого програмного засобу в процес наскрізного навчання комп'ютерного моделювання є його сумарний ранг, визначений усіма експертами:

$$S_j = \sum_1^{20} R_{i,j}, \quad (3.3)$$

де  $R$  – показник, виставлений  $i$ -тим експертом  $j$ -му програмному засобу.

Проте такі сумарні ранги вважають об'єктивними, якщо між експертами є певний рівень погодження. Ступінь такого погодження описується коефіцієнтом конкордації  $W$  [163, с. 247], який визначається за формулою:

$$W = \frac{S(d^2)}{S_{\text{max}}(d^2)} = \frac{12 \cdot S(d^2)}{m^2(n^3 - n)}, \quad (3.4)$$

де  $m$  – число експертів,  $n$  – кількість програмних засобів,  $S(d^2)$  – сума квадратів величин  $d_j$ :

$$S(d^2) = \sum_{j=1}^n d_j^2 \quad (3.5)$$

Максимальне значення величини  $S(d^2)$  ( $S_{\max}(d^2) = \frac{1}{12} \cdot m^2(n^3 - n)$ )

досягається у випадку, якщо всі експерти ранжуватимуть критерії (програмні засоби) однаково. Величини  $d_j$  визначаються як різниці між сумарними рангами та сумарним середнім арифметичним:

$$d_j = \sum_{i=1}^m R_{i,j} - 0,5 \cdot m \cdot (n+1). \quad (3.6)$$

За таблицю D.1 та співвідношеннями (3.3), (3.6) визначаються значення величин  $S_j$ ,  $d_j$ ,  $d_j^2$  (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

	Засіб 1	Засіб 2	Засіб 3	Засіб 4	Засіб 5	Засіб 6	Засіб 7
$S_j$	130	80	53	124	39	101	33
$d_j$	50	0	-27	44	-41	21	-47
$d_j^2$	2500	0	729	1936	1681	441	2209

За формулами (3.4) і (3.5) обчислюються  $S(d^2) = 9496$  та коефіцієнт конкордації  $W \approx 0,848$ . Значення цієї величини завжди становить від 0 до 1. Якщо  $W = 0$ , то зв'язку між ранжуваннями експертів не існує, якщо  $W = 1$ , то ранжування збігаються повністю. Значення коефіцієнта конкордації  $W = 0,848$  свідчить про високий рівень узгодженості думок експертів. Проте таке значення коефіцієнта  $W$  не є критерієм об'єктивності, оскільки могло бути отримане внаслідок випадкового виставлення рангів того чи іншого програмного засобу.

Величина  $m \cdot (n-1) \cdot W$  розподілена за законом  $\chi^2$  з  $n-1$  ступенем вільності. Використовуючи співвідношення  $\chi_w^2 = \frac{12 \cdot S(d^2)}{m \cdot n \cdot (n+1)}$ , знаходимо

значення  $\chi_w^2 = 10,74$ . Для  $\nu = n - 1 = 6$  ступенів вільності і для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  табличне значення становить  $\chi_t^2 = 12,6$ . Порівнюючи їх, отримуємо  $\chi_w^2 < \chi_t^2$ , з чого робимо висновок, що узгодженість між висновками експертів існує.

Отже, за результатами опитування експертів було визначено порядок використання програмних засобів на різних етапах наскрізного навчання комп'ютерного моделювання.

1. Програми для розробки мультимедійних презентацій типу MS PowerPoint.
2. Діяльнісне предметно-орієнтоване середовище GRAN1.
3. Електронні таблиці типу MS Excel.
4. Середовище програмування Turbo Pascal.
5. Системи комп'ютерної математики типу MathCAD, Maxima, Maple і т.п.
6. Середовище програмування Delphi.
7. Програми для розробки комп'ютерних дво- і тривимірних динамічних зображень типу Macromedia Flash.

Рекомендації експертів були враховані при розробці змісту наскрізного навчання комп'ютерного моделювання (див. розд. 2), доборі матеріалу лекцій, лабораторних робіт, прикладів комп'ютерних моделей та практичних завдань для пропедевтичного, початкового, основного та дослідницького етапів навчання.

Формуючий етап експерименту проходив у (2006 – 2009 рр.). До формуючого експерименту були залучені групи студентів спеціальності “фізика та інформатика”, задіяні ще на етапі констатуючого експерименту в діагностичному тестуванні. Слід зазначити, що навчання контрольних і експериментальних груп проводилось не паралельно, оскільки в окремому навчальному році було не більше однієї академічної групи. Контрольні групи склали 98 студентів спеціальності “фізика та інформатика”, які навчались в університетах з 2004 по 2009 роки. Для досягнення максимально точних результатів

весь комплекс досліджень проводився з строгим дотриманням типових умов традиційного навчання студентів цих груп. Тобто навчання студентів комп'ютерного моделювання в контрольних групах відбувалось ситуативно і опосередковано, зокрема в рамках дисципліни “Інформатика” вивчався передбачений Галузевим стандартом [29] модуль “Моделювання” за традиційною методикою. Експериментальні групи склали 98 студентів спеціальності “фізика та інформатика”, які навчалися в університетах з 2005 по 2010 роки. Навчання в експериментальних групах з окремих інформатичних дисциплін проводилось за пропонованою нами методикою формування вмінь комп'ютерного моделювання. Оскільки одним із завдань педагогічного експерименту було встановити основні показники ефективності й доцільності розробленої системи наскрізного навчання комп'ютерного моделювання для будь-якого вищого педагогічного закладу, то слід було пересвідчитись у рівності умов для контрольних та експериментальних груп щодо проведення експерименту. Тому було проведено додаткове дослідження і встановлено, що з інших навчальних дисциплін рівень знань та вмінь студентів у контрольних та експериментальних групах суттєво не відрізнявся.

### **3.2. Аналіз результатів навчального експерименту**

Оскільки метою формуючого етапу педагогічного дослідження були перевірка та оцінка ефективності запропонованих нами компонентів методичної системи наскрізного навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики, то для виявлення статистично значущих відмінностей в рівнях знань та вмінь студентів контрольних та експериментальних груп було використано метод перевірки статистичних гіпотез. Оцінювання навчальних досягнень студентів здійснювалось за шкалою, поданою в п. 3.1.

Розподіл студентів контрольних та експериментальних груп *до формуючого етапу експерименту* за результатами діагностичного тестування для визначення рівня сформованості інтелектуальних умінь подано у табл. 3.3 та на рис. 3.2.



Таблиця 3.3

Рівень досягнень	№ категорії	Кількість балів	Рівень досягнень за ESTC	Кількість студентів			Кількість студентів, у %		
				КГ	ЕГ	Всього	КГ	ЕГ	Всього
Найнижчий	1	0-34	F	5	3	8	5	3	4
Умовно незадовільний	2	35-46	FX1	13	16	29	13	16	15
	3	47-59	FX2	25	22	47	26	22	24
Середній	4	60-67	E	18	20	38	18	20	19
	5	68-74	D	15	16	31	15	16	16
Високий	6	75-81	C	12	11	23	12	11	12
	7	82-89	B	8	7	15	8	7	8
Найвищий	8	90-100	A	2	3	5	2	3	3

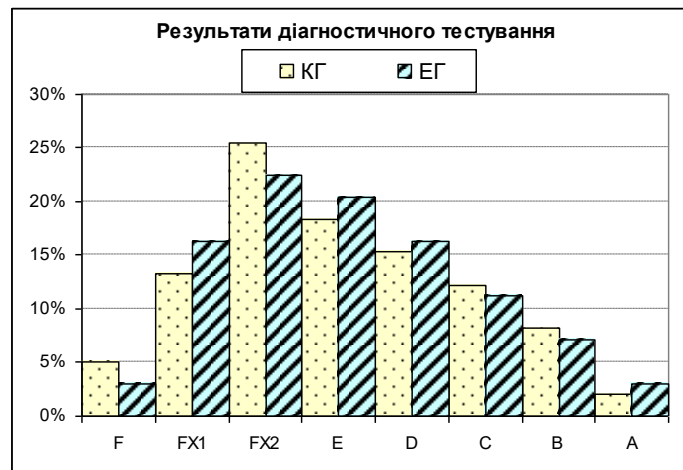


Рис. 3.2

Для зіставлення двох або більше розподілів тієї самої ознаки використовують критерій Пірсона ( $\chi^2$ ) [35; 163; 173]. Щоб застосувати його, сформулюємо два варіанти гіпотез.

Основна гіпотеза  $H_0$ : ймовірності того, що студент контрольної і експериментальної групи ( $n_1 = n_2 = 98$ ) потрапить в кожну з  $C_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 8$ ) категорій, рівні, тобто  $H_0: p_{1i} = p_{2i}$ , і можливий вищий рівень сформованості умінь виконувати інтелектуальні операції, що входять до операційного складу діяльності комп'ютерного моделювання, у студентів експериментальної групи пояснюється випадковими факторами.

Альтернативна гіпотеза  $H_1: p_{1i} \neq p_{2i}$  хоча б для однієї з  $C = 8$  категорій, тобто більш високий рівень сформованості умінь виконувати інтелектуальні операції, що входять до операційного складу діяльності комп'ютерного

моделювання, у студентів експериментальної групи є наслідком впровадження в навчальний процес запропонованої методики.

Для перевірки гіпотези знаходимо значення  $T_{експ}$  досліджуваної випадкової величини, використавши двосторонній критерій Пірсона  $\chi^2$  для числа категорій  $C = 8$  за співвідношенням (3.7) [38, с. 101; 163, с. 124–127; 173, с. 113–142]:

$$T_{експ} = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum_{i=1}^C \frac{(n_1 \cdot O_{2i} - n_2 \cdot O_{1i})^2}{O_{1i} + O_{2i}}, \quad (3.7)$$

де  $O_{1i}$  і  $O_{2i}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 8$ ) – кількість студентів експериментальної та контрольної груп, які потрапили до  $C_i$ -тої категорії.

Оскільки  $n_1 = n_2$ , то співвідношення (3.7) спрощується:

$$T_{експ} = \sum_{i=1}^C \frac{(O_{2i} - O_{1i})^2}{O_{1i} + O_{2i}} \quad (3.8)$$

Для числа ступенів вільності  $k = C - 1 = 7$  і рівня значущості 5% ( $\alpha = 0,05$ ) за таблицею критичних точок розподілу  $\chi^2$  [35, с. 393] знаходимо критичне значення величини  $T_{кр} = 14,1$ .

Для експериментальної і контрольної групи до формуючого етапу експерименту за результатами проведених розрахунків за співвідношенням (3.8) визначаємо  $T_{експ} = 1,4498$ .

Отже,  $T_{експ} < T_{кр}$  ( $1,4498 < 14,1$ ), що є підставою для прийняття основної  $H_0$  гіпотези. Тобто до формуючого етапу експерименту вибірки не мали статистично значущих відмінностей на рівні значущості 5%.

Щоб з'ясувати, як експериментальне навчання вплинуло на рівень сформованості інтелектуальних умінь, що входять до операційного складу діяльності з комп'ютерного моделювання, було проведено контрольне тестування студентів п'ятого курсу спеціальності “фізика та інформатика”, завдання якого (додаток Е) були рівнозначні за складністю завданням діагностичного тестування. Розподіл студентів контрольних та експериментальних груп після формуючого етапу експерименту за результатами контрольного тестування подано у табл. 3.4 та на рис. 3.3. Аналіз результатів формуючого експерименту показав вищий рівень

сформованості інтелектуальних умінь студентів ЕК.

Таблиця 3.4

Рівень досягнень	№ категорії	Кількість балів	Рівень досягнень за ESTC	Кількість студентів			Кількість студентів, у %		
				КГ	ЕГ	Всього	КГ	ЕГ	Всього
Найнижчий	1	0-34	F	4	1	5	4	1	3
Умовно незадовільний	2	35-46	FX1	8	2	10	8	2	5
	3	47-59	FX2	16	5	21	16	5	11
Середній	4	60-67	E	24	15	39	24	15	20
	5	68-74	D	19	22	41	19	22	21
Високий	6	75-81	C	14	27	41	14	27	21
	7	82-89	B	10	18	28	10	18	14
Найвищий	8	90-100	A	3	9	12	3	9	6

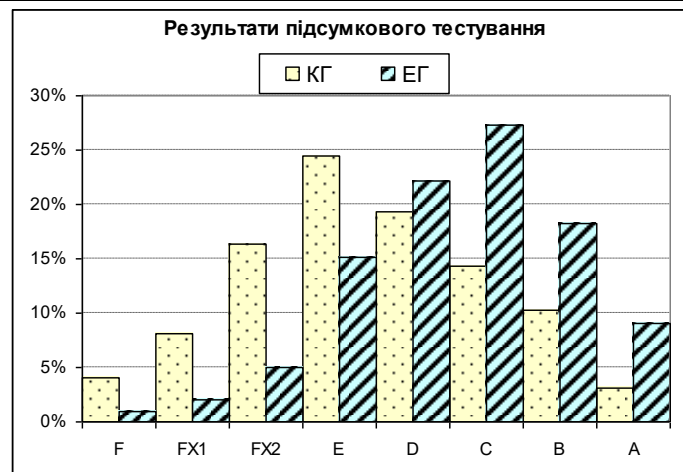


Рис. 3.3

За співвідношенням (3.8) знаходимо значення критерію  $T_{експ} = 22,8669$  для експериментальної і контрольної групи після формуючого етапу експерименту. Порівнюючи отримане значення з  $T_{кр} = 14,1$ , приходимо до висновку, що  $T_{експ} > T_{кр}$  ( $22,8669 > 14,1$ ). Це означає, що експериментальна і контрольна вибірки після формуючого етапу експерименту мають статистично значущі відмінності.

Отже, є підстави відхилити основну гіпотезу і прийняти альтернативну – вищий рівень сформованості умінь студентів експериментальних груп виконувати інтелектуальні операції, що входять до операційного складу діяльності комп'ютерного моделювання є результатом впровадження запропонованої методики навчання.

З метою виявлення та порівняння рівнів сформованості знань та вмінь

комп'ютерного моделювання студентів V курсу спеціальності “фізика та інформатика” контрольних та експериментальних груп було проведено підсумкову контрольну роботу, зразки завдань якої представлено в додатку 3.

Результати підсумкової контрольної роботи з комп'ютерного моделювання подано в табл. 3.5 та рис. 3.4.

Таблиця 3.5

Рівень досягнень	Кількість студентів			Кількість студентів, у %		
	КГ	ЕК	Всього	КГ	ЕК	Всього
Низький	29	3	32	29	3	16
Середній	42	28	70	42	29	36
Достатній	23	46	69	23	47	35
Високий	5	21	26	5	21	13

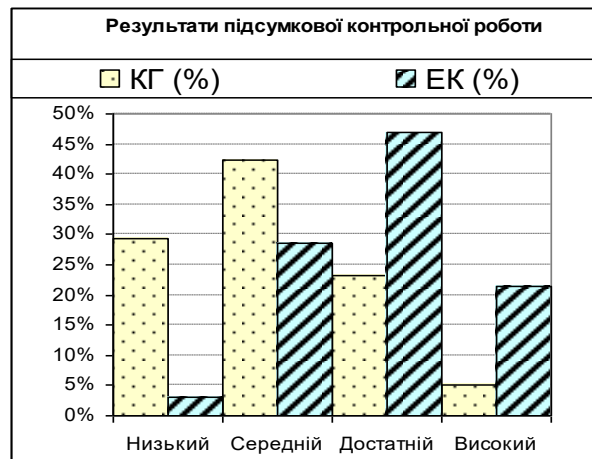


Рис. 3.4

Використовуючи критерій Пірсона ( $\chi^2$ ) [35; 163], зіставимо два розподіли кінцевого рівня сформованості знань та вмінь комп'ютерного моделювання студентів контрольних та експериментальних груп. Для цього сформулюємо два варіанти гіпотез.

Основна гіпотеза  $H_0$ : ймовірності того, що студент контрольної і експериментальної групи ( $n_1 = n_2 = 98$ ) потрапить в кожен з  $C_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 4$ ) категорій, рівні, тобто  $H_0: p_{1i} = p_{2i}$ , і можливий вищий рівень навчальних досягнень студентів експериментальної групи з комп'ютерного моделювання пояснюється випадковими факторами.

Альтернативна гіпотеза  $H_1: p_{1i} \neq p_{2i}$  хоча б для однієї з  $C = 4$  категорій, тобто більш високий рівень навчальних досягнень студентів експериментальної групи з комп'ютерного моделювання є наслідком

впровадження в навчальний процес запропонованої методики.

За результатами підсумкового зрізу з комп'ютерного моделювання експериментальної і контрольної групи після формуючого етапу експерименту знаходимо за співвідношенням (3.8) значення критерію  $T_{експ} = 41,438$ . Для числа ступенів вільності  $k = C - 1 = 3$  і рівня значущості 5% ( $\alpha = 0,05$ ) за таблицею критичних точок розподілу  $\chi^2$  [35, с. 393] знаходимо критичне значення величини  $T_{кр} = 7,8$ . Порівнюючи його з  $T_{експ}$ , робимо висновок, що  $T_{експ} > T_{кр}$  ( $41,438 > 7,8$ ). Тобто експериментальна і контрольна вибірки після формуючого етапу експерименту мають статистично значущі відмінності. Є підстави відхилити основну гіпотезу і прийняти альтернативну.

Таким чином, вищий рівень сформованості знань та вмінь комп'ютерного моделювання студентів експериментальної групи є наслідком впровадження запропонованої методики.

Крім того, було проведено додаткове дослідження успішності студентів V курсу спеціальності “фізика та інформатика” контрольних та експериментальних груп з інформатичних, фізичних та математичних дисциплін. Проводились бесіди з викладачами та порівнювались результати поточного і підсумкового контролю з різних дисциплін циклів природничо-математичної, природничонаукової, професійної та практичної підготовки. Було встановлено, що рівень знань студентів експериментальних груп з окремих дисциплін, зокрема таких, як “Методика навчання фізики”, “Методика навчання астрономії”, “Дискретна математика”, “Методи обчислень”, “Мови програмування” тощо, є вищим, ніж в контрольних групах. Це свідчить про те, що наскрізне навчання майбутніх вчителів фізики комп'ютерного моделювання сприяє поглибленню їхніх знань з інформатичних, фізичних та математичних дисциплін.

Отже, одержані експериментальним шляхом висновки нашого педагогічного експерименту, підтвердили правильність сформульованої на початку дослідження гіпотези і ефективність розробленої методичної системи наскрізного навчання майбутніх вчителів фізики комп'ютерного моделювання засобами різних програмних середовищ.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Рівень обізнаності вчителів фізики з методом комп'ютерного моделювання та можливостями використання комп'ютерних моделей для навчання учнів є недостатнім, що не відповідає повною мірою сучасним вимогам до рівня інформаційної компетентності вчителя.

2. Для впровадження в процес підготовки майбутніх вчителів фізики методики наскрізного навчання комп'ютерного моделювання засобами різних програмних середовищ було успішно розв'язано ряд завдань: визначено зміст основних компонентів методичної системи наскрізного навчання комп'ютерного моделювання, формувалися та вдосконалювалися ефективні методи, прийоми, організаційні форми та засоби навчання комп'ютерного моделювання. Методом експертних оцінок було встановлено порядок використання програмних засобів на різних етапах наскрізного навчання комп'ютерного моделювання (пропедевтичному, початковому, основному, дослідницькому).

3. Проведений аналіз результатів навчального експерименту в контрольних та експериментальних групах засвідчив значно вищий рівень сформованості умінь виконувати інтелектуальні операції, які входять до операційного складу діяльності комп'ютерного моделювання, та знань і умінь комп'ютерного моделювання у студентів експериментальної групи, що є наслідком впровадження запропонованої методики.

4. Одержані експериментальним шляхом висновки нашого педагогічного експерименту, підтвердили правильність сформульованої на початку дослідження гіпотези і ефективність розробленої методичної системи наскрізного навчання майбутніх вчителів фізики комп'ютерного моделювання засобами різних програмних середовищ.

## ВИСНОВКИ

Відповідно до мети та висунутої гіпотези в процесі педагогічного дослідження одержані такі основні результати:

- визначено сучасний стан і тенденції використання комп'ютерного моделювання при підготовці майбутніх вчителів фізики;
- обґрунтовано необхідність створення методичної системи формування вмінь комп'ютерного моделювання у майбутніх учителів фізики в процесі навчання інформатики;
- з'ясовано, що розробка студентами комп'ютерних моделей об'єктів або явищ, є складним процесом, який сприяє активізації їх мисленнєвої діяльності;
- розроблено і впроваджено в навчальний процес підготовки майбутніх вчителів фізики окремі компоненти методичної системи (зміст, засоби, методи і форми) наскрізного навчання комп'ютерного моделювання з використанням різних програмних середовищ та доведено їх ефективність;
- обґрунтовано порядок використання в процесі наскрізного навчання комп'ютерного моделювання різних програмних засобів;
- розроблено навчально-методичне забезпечення курсу “Комп'ютерне моделювання” для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів;
- розроблено методичні рекомендації щодо організації роботи студентського наукового гуртка з комп'ютерного моделювання, щодо написання курсових робіт, тематики та зміст яких пов'язані з комп'ютерним моделюванням;
- розроблено сайт “Комп'ютерне моделювання” для дистанційної підтримки навчальної діяльності з комп'ютерного моделювання студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів, де розміщено комплекс навчально-методичних матеріалів, рекомендацій, публікацій і корисних посилань.

Отримані результати дають підставу зробити такі **висновки**.

1. Одним з ефективних засобів удосконалення фахової підготовки майбутніх учителів фізики у педагогічному університеті є впровадження в

навчальний процес методичної системи наскрізного навчання комп'ютерного моделювання.

2. Навчання комп'ютерного моделювання повинно бути наскрізним і організовуватись у чотири взаємопов'язані послідовні етапи: пропедевтичний, початковий, основний, дослідницький.

3. Пропедевтику навчання комп'ютерного моделювання слід проводити в загальному курсі інформатики. Навчати основ комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики доцільно в рамках змістового модуля “Моделювання” дисципліни “Інформатика”. Навчальний курс “Комп'ютерне моделювання” доцільно вводити на четвертому році підготовки майбутнього вчителя фізики після накопичення студентами знань та вмінь з базових інформатичних, фізичних та математичних дисциплін. Навчати комп'ютерного моделювання доцільно також і під час роботи відповідних наукових гуртків, проблемних груп, написання курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики.

4. Педагогічно доцільне і виважене впровадження в навчальний процес підготовки студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів наскрізного навчання комп'ютерного моделювання забезпечує розвиток їхніх інтелектуальних умінь, сприяє формуванню дослідницьких вмінь, поглибленню знань і вмінь з інформатичних, фізичних та математичних дисциплін, глибокому розумінню процесів, що моделюються, удосконаленню навичок роботи в різних програмних середовищах.

5. Результати педагогічного експерименту дають підстави зробити висновки, що впровадження методичної системи наскрізного навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики є можливим та доцільним.

Проведене дослідження та отримані результати дають змогу намітити такі перспективні напрями його продовження:

- розробка методичної системи дистанційного навчання комп'ютерного моделювання;
- впровадження елементів навчання комп'ютерного моделювання в інші інформатичні дисципліни.



## Додаток А

### Анкета

(для вчителів фізики)

1. Скільки років Ви працюєте вчителем фізики? \_\_\_\_\_
  2. Чи є, на Ваш погляд, в навчальній програмі шкільного курсу фізики такі питання (явища або процеси), для пояснення яких найдоцільнішим було б використання саме комп'ютерних моделей?
    - а) багато;
    - б) інколи зустрічаються;
    - в) немає.
  3. Якими комп'ютерними засобами обладнано кабінет фізики?
    - а) комп'ютером вчителя;
    - б) комп'ютером вчителя та мультимедійними пристроями;
    - в) таких засобів немає.
  4. Чи маєте Ви можливість систематичного проведення занять з фізики в комп'ютерному класі?
    - а) так;
    - б) ні.
  5. Чи використовуєте Ви в процесі навчання фізики комп'ютерні моделі?
    - а) часто;
    - б) інколи;
    - в) ніколи.
  6. Які готові навчальні фізичні комп'ютерні моделі Ви використовуєте в своїй професійній діяльності?
- 
7. Чи задовольняють готові навчальні комп'ютерні моделі потреби для проведення шкільних фізичних демонстрацій та експерименту, унаочнення розв'язування фізичних задач?
    - а) повністю;
    - б) частково;
    - в) не задовольняють.
  8. Чи створюєте Ви самостійно фізичні комп'ютерні моделі для навчання учнів фізики?
    - а) часто;
    - б) інколи;
    - в) вмію, але не створюю;
    - г) не вмію.
  9. Які програмні засоби Ви використовуєте для створення комп'ютерних моделей? (Дайте відповідь на це запитання за умови, що Ви обрали відповідь а) або б) в попередньому запитанні.)
    - а) електронні таблиці типу MS Excel;
    - б) системи комп'ютерної математики типу GRAN, MathCAD, Maxima і т.п.;
    - в) програми для розробки мультимедійних презентацій типу PowerPoint;
    - г) програми для розробки комп'ютерної дво- і тримірної графіки;

- д) середовища програмування;
- е) інший програмний засіб;
- ж) різні програмні засоби.

10. Чи доцільно системно навчати студентів – майбутніх вчителів фізики комп'ютерного моделювання?  
 а) так;                      б) ні;                      в) така система навчання вже існує.

11. Чи доцільно навчати вчителів фізики комп'ютерного моделювання на курсах підвищення кваліфікації?  
 а) так;                      б) ні;                      в) така система навчання вже існує.

Респондентами були 70 вчителів. Результати анкетування подано в табл. А.1.

Таблиця А.1

№	а)	б)	в)	г)	д)	е)	ж)
1.							
2.	26	37%	34	49%	10	14%	
3.	20	29%	6	8%	44	63%	
4.	13	18%	57	82%			
5.	13	18%	30	43%	27	39%	
6.							
7.	10	14%	40	58%	20	28%	
8.	3	4%	16	23%	4	6%	47 67%
9.	3	16%	7	37%	5	26%	2 10,5% – – 2 10,5% – –
10.	62	88,5%	3	4,3%	5	7,2%	
11.	64	91,4%	3	4,3%	3	4,3%	

## Додаток Б

Тестові завдання (для діагностичних зрізів)

### Тест № 1

#### Прості аналогії

Ліворуч розташовані пари слів (зразки), а праворуч – набори слів, із яких потрібно утворити нову пару за ознакою аналогічною до поданої в зразку. Вибравши пару серед поданих в дужках слів, слід обвести кружком відповідний номер слова у стовпчику відповідей.

Зразок	Набори слів	Відповідь
2. Школа – Директор:	Гурток – (1. Голова, 2. Член, 3. Керівник, 4. Завідуючий, 5. Відвідувач.)	1 2 3 4 5
3. Годинник – Час:	Термометр – (1. Прилад, 2. Вимірювання, 3. Ртуть, 4. Тепло, 5. Температура).	1 2 3 4 5
4. Шукати Знаходити:	– Розмірковувати – (1. Запам'ятовувати, 2. Приходити до висновку, 3. Розслідувати, 4. Згадувати, 5. Уявляти).	1 2 3 4 5
5. Круг – Шар:	Квадрат – (1. Призма, 2. Прямокутник, 3. Тепло, 4. Геометрія, 5. Куб).	1 2 3 4 5
6. Робота – Результат:	Знання – (1. Сила, 2. Труд, 3. Прогрес, 4. Досягнення, 5. Досконалість).	1 2 3 4 5
7. Тварина – Коза:	Харчі – (1. Продукт, 2. Їжа, 3. Обід, 4. Хліб, 5. Кухня).	1 2 3 4 5
8. Голод – Худорба:	Труд – (1. Зусилля, 2. Втома, 3. Ентузіазм, 4. Платня, 5. Відпочинок).	1 2 3 4 5
9. Луна – Земля:	Земля – (1. Марс, 2. Зірка, 3. Сонце, 4. Повітря, 5. Планета).	1 2 3 4 5
10. Ножиці – Різати:	Орнамент – (1. Вишивати, 2. Прикрашати, 3. Створювати, 4. Малювати, 5. Випилювати).	1 2 3 4 5
11. Автомобіль Мотор:	– Човен – (1. Кіль, 2. Весло, 3. Борт, 4. Парус, 5. Щогла).	1 2 3 4 5

## Тест № 2

## Складні аналогії

Пропонуються пари слів, відношення між якими побудовані на абстрактних зв'язках. В квадраті "Шифр" розташовані 6 пар слів з відповідними числами від 1 до 6. Необхідно визначити відношення між словами в парі, знайти аналогічну пару слів в квадраті "Шифр" та обвести кружком відповідне число.

2. Переляк - утеча ..... 1 2 3 4 5 6
3. Фізика - наука..... 1 2 3 4 5 6
4. Правильно - істинно..... 1 2 3 4 5 6
5. Грядка - огород ..... 1 2 3 4 5 6
6. Пара - два..... 1 2 3 4 5 6
7. Слово - фраза..... 1 2 3 4 5 6
8. Бадьорий - млявий ..... 1 2 3 4 5 6
9. Свобода - воля..... 1 2 3 4 5 6
10. Країна - місто ..... 1 2 3 4 5 6
11. Похвала - лайка ..... 1 2 3 4 5 6

Шифр	
1.	Вівця - стадо
2.	Малина - ягода
3.	Море - океан
4.	Світло - темрява
5.	Отруєння - смерть
6.	Ворог - супротивник

**Тест № 3****Виділення суттєвих ознак**

У кожному рядку Ви знайдете одне слово, що стоїть перед дужками, і далі – п'ять слів у дужках. Всі слова, що знаходяться в дужках, мають деяке відношення до того слова, що стоїть перед дужками. Оберіть тільки два і обведіть кружком їхні номери у стовпчику відповідей.

2. Сад (1. Рослини, 2. Садівник, 3. Собака, 4. Огорожа, 5. Земля).	1 2 3 4 5
3. Ріка (1. Берег, 2. Риба, 3. Рибак, 4. Твань, 5. Вода).	1 2 3 4 5
4. Міста (1. Автомобіль, 2. Будівля, 3. Натоп, 4. Вулиця, 5. Велосипед).	1 2 3 4 5
5. Сарай (1. Сінник, 2. Коні, 3. Дах, 4. Худоба, 5. Стіни).	1 2 3 4 5
6. Куб (1. Кути, 2. Креслення, 3. Сторона, 4. Камінь, 5. Дерево).	1 2 3 4 5
7. Ділення (1. Клас, 2. Ділене, 3. Олівець, 4. Дільник, 5. Папір).	1 2 3 4 5
8. Обручка (1. Діаметр, 2. Алмаз, 3. Прохання, 4. Круглість, 5. Печать).	1 2 3 4 5
9. Читання (1. Око, 2. Книга, 3. Картинка, 4. Печать, 5. Слово).	1 2 3 4 5
10. Газета (1. Правда, 2. Додатки, 3. Телеграми, 4. Папір, 5. Редактор).	1 2 3 4 5
11. Гра (1. Карти, 2. Гравці, 3. Штрафи, 4. Покарання, 5. Правила).	1 2 3 4 5

**Тест № 4****Узагальнення та класифікація понять**

З п'яти слів кожного рядка чотири об'єднані загальною ознакою. Потрібно визначити п'яте “зайве” слово. У стовпчику відповідей обведіть кружком число, що позначає обране Вами слово.

2.	1. Стіл, 2. Стілець, 3. Ліжка, 4. Підлога, 5. Шафа.	1 2 3 4 5
3.	1. Молоко, 2. Вершки, 3. Сало, 4. Сметана, 5. Сир.	1 2 3 4 5
4.	1. Черевики, 2. Чоботи, 3. Шнурки, 4. Валянки, 5. Тапочки.	1 2 3 4 5
5.	1. Молоток, 2. Кліщі, 3. Пила, 4. Цвях, 5. Сокира.	1 2 3 4 5
6.	1. Солодкий, 2. Гарячий, 3. Гіркий, 4. Кислий, 5. Солоний.	1 2 3 4 5
7.	1. Береза, 2. Сосна, 3. Дерево, 4. Дуб, 5. Ялина.	1 2 3 4 5
8.	1. Літак, 2. Віз, 3. Людина, 4. Корабель, 5. Велосипед.	1 2 3 4 5
9.	1. Василь, 2. Федір, 3. Семен, 4. Іванов, 5. Петро.	1 2 3 4 5
10.	1. Сантиметр, 2. Метр, 3. Кілограм, 4. Кілометр, 5. Міліметр.	1 2 3 4 5
11.	1. Токар, 2. Вчитель, 3. Лікар, 4. Книга, 5. Космонавт.	1 2 3 4 5

## Тест № 5

## Кількісні відношення

Пропонуються логічні задачі, кожна з яких має два твердження.

Потрібно визначити співвідношення між А і В (А і В – додатні числа).

2.	А більше С у 9 разів. С менше В у 4 рази.	В	А
3.	А менше С у 10 разів. С більше В у 6 разів.	А	В
4.	А більше С у 3 рази. С менше В у 6 разів.	В	А
5.	А більше С у 4 рази. С менше В у 3 рази.	В	А
6.	А менше С у 3 рази. С більше В у 7 разів.	А	В
7.	А більше С у 9 разів. С менше В у 12 разів.	В	А
8.	А більше С у 6 разів. С більше В у 7 разів.	А	В
9.	А менше С у 3 рази. С більше В у 5 разів.	В	А
10.	А менше С у 10 разів. С більше В у 3 рази.	В	А
11.	А менше С у 2 рази. С більше В у 8 разів.	А	В

## Додаток В

Результати діагностичного тестування для визначення рівня сформованості умінь виконувати інтелектуальні операції, що входять до операційного складу діяльності комп'ютерного моделювання студентів I курсу педагогічних університетів

Таблиця В.1

Рівень досягнень	Рівень досягнень за ESTC	Кількість балів	Кількість студентів	
			Кількість	Відсоток
Найнижчий	F	0-34	8	4%
Умовно незадовільний	FX1	35-46	29	15%
	FX2	47-59	47	24%
Середній	E	60-67	38	19%
	D	68-74	31	16%
Високий	C	75-81	23	12%
	B	82-89	15	8%
Найвищий	A	90-100	5	3%

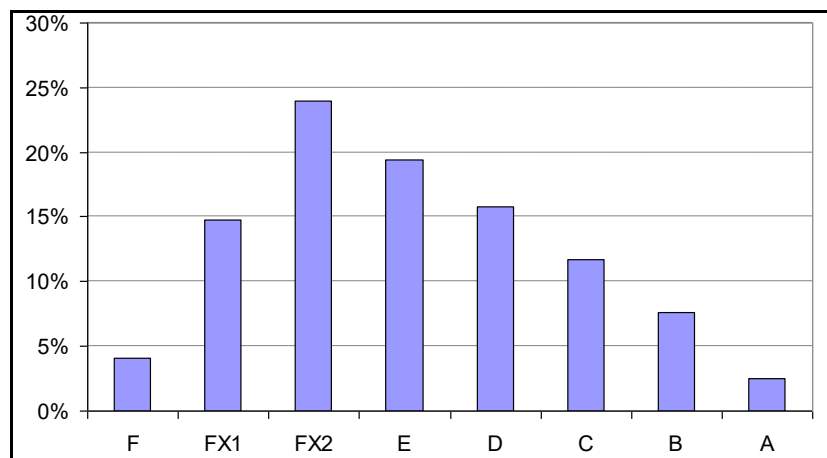


Рис. В.1

## Додаток Д

Результати опитування експертів щодо порядку введення того чи іншого програмного засобу на різних етапах наскрізного навчання комп'ютерного моделювання

Таблиця Д.1

Експерт	Засіб 1	Засіб 2	Засіб 3	Засіб 4	Засіб 5	Засіб 6	Засіб 7
1.	6	4	2	7	3	5	1
2.	7	5	2	6	3	4	1
3.	7	4	3	5	2	6	1
4.	7	4	1	6	2	5	3
5.	5	3	4	7	1	6	2
6.	7	5	3	6	1	4	2
7.	7	3	1	5	2	6	4
8.	6	5	3	7	2	4	1
9.	7	4	3	6	2	5	1
10.	7	4	1	6	2	5	3
11.	7	3	4	6	1	5	2
12.	6	5	2	7	3	4	1
13.	7	3	4	5	2	6	1
14.	7	4	3	6	2	5	1
15.	6	4	3	7	1	5	2
16.	7	4	3	6	2	5	1
17.	7	5	2	6	3	4	1
18.	6	4	2	7	1	5	3
19.	5	3	4	6	2	7	1
20.	6	4	3	7	2	5	1
$S_j$	130	80	53	124	39	101	33
$d_j$	50	0	-27	44	-41	21	-47
$d_j^2$	2500	0	729	1936	1681	441	2209
$S(d^2) =$	9496						
$W =$	0,848						



**Додаток Е**  
**Тестові завдання (для контрольних зрізів)**  
**Тест № 1**  
**Прості аналогії**

Ліворуч розташовані пари слів (зразки), а праворуч – набори слів, із яких потрібно утворити нову пару за ознакою аналогічною до поданої в зразку. Вибравши пару серед поданих в дужках слів, слід обвести кружком відповідний номер слова у стовпчику відповідей.

Зразок	Набори слів	Відповідь
1. Роман – Передмова:	– Опера – (1. Афіша, 2. Програма, 3. Лібрето, 4. Увертюра, 5. Арія).	1 2 3 4 5
2. Ялина – Дуб:	Стіл – (1. Меблі, 2. Шафа, 3. Скатертину, 4. Гардероб, 5. Гарнітур).	1 2 3 4 5
3. Язик – Гіркий:	Око – (1. Зір, 2. Червоне, 3. Окуляри, 4. Світло, 5. Зірке).	1 2 3 4 5
4. Харчі – Сіль:	Лекції – (1. Нудьга, 2. Конспект, 3. Гумор, 4. Мова, 5. Логіка).	1 2 3 4 5
5. Рік – Весна:	Життя – (1. Радість, 2. Старість, 3. Народження, 4. Юність, 5. Навчання).	1 2 3 4 5
6. Поранення – Біль:	– Перевищення швидкості – (1. Відстань, 2. Протокол, 3. Арешт, 4. Аварія, 5. Опір повітря).	1 2 3 4 5
7. Наука – Математика:	Видання – (1. Типографія, 2. Оповідання, 3. Журнал, 4. Друк, 5. Редакція).	1 2 3 4 5
8. Гори – Перевал :	Ріка – (1. Човен, 2. Міст, 3. Брід, 4. Порог, 5. Берег).	1 2 3 4 5
9. Шкіра – Сприймання дотиком:	– Око – (1. Освітлення, 2. Зір, 3. Спостереження, 4. Погляд, 5. Збентеження).	1 2 3 4 5
10. Смуток – Настрій:	– Гнів – (1. Печаль, 2. Лють, 3. Страх, 4. Почуття, 5. Прощення).	1 2 3 4 5

**Тест № 2**  
**Складні аналогії**

Пропонуються пари слів, відношення між якими побудовані на абстрактних зв'язках. В квадраті "Шифр" розташовані 6 пар слів з відповідними числами від 1 до 6. Необхідно визначити відношення між словами в парі, знайти аналогічну пару слів в квадраті "Шифр" та обвести кружком відповідне число.

1. Помста - підпал ..... 1 2 3 4 5 6
2. Десять - число..... 1 2 3 4 5 6
3. Плакати - ревіти ..... 1 2 3 4 5 6
4. Глава - роман..... 1 2 3 4 5 6
5. Спокій - дихання ..... 1 2 3 4 5 6
6. Сміливість - геройство ..... 1 2 3 4 5 6
7. Прохолода - мороз..... 1 2 3 4 5 6
8. Обман - недовіра ..... 1 2 3 4 5 6
9. Спів - мистецтво ..... 1 2 3 4 5 6
10. Тумбочка - шафа ..... 1 2 3 4 5 6

Шифр		
1.	Вівця - стадо	
2.	Малина - ягода	
3.	Море - океан	
4.	Світло - темрява	
5.	Отруєння - смерть	
6.	Ворог - супротивник	

## Тест № 3

## Виділення суттєвих ознак

У кожному рядку Ви знайдете одне слово, що стоїть перед дужками, і далі – п'ять слів у дужках. Всі слова, що знаходяться в дужках, мають деяке відношення до того слова, що стоїть перед дужками. Оберіть тільки два і обведіть кружком їхні номери у стовпчику відповідей.

1. Війна (1. Аероплан, 2. Пушки, 3. Бої, 4. Рушниці, 5. Солдати).	1 2 3 4 5
2. Книга (1. Малюнки, 2. Оповідання, 3. Папір, 4. Зміст, 5. Текст).	1 2 3 4 5
3. Спів (1. Дзвін, 2. Мистецтво, 3. Голос, 4. Аплодисменти, 5. Мелодія).	1 2 3 4 5
4. Землетрус (1. Пожежа, 2. Смерть, 3. Коливання ґрунту, 4. Шум, 5. Повінь).	1 2 3 4 5
5. Бібліотека (1. Столи, 2. Книги, 3. читальний зал, 4. Гардероб, 5. Читачі).	1 2 3 4 5
6. Ліс (1. Ґрунт , 2. Гриби, 3. Мисливець, 4. Дерево, 5. Вовк).	1 2 3 4 5
7. Спорт (1. Медаль, 2. Оркестр, 3. Змагання, 4. Перемога, 5. Стадіон).	1 2 3 4 5
8. Лікарня (1. Приміщення, 2. Уколи, 3. Лікар, 4. Градусник, 5. Хворі).	1 2 3 4 5
9. Кохання (1. Мрії, 2. Почуття, 3. Людина, 4. Побачення, 5. Весілля).	1 2 3 4 5
10. Патріотизм (1. Місто, 2. Друзі, 3. Батьківщина, 4. Родина, 5. Людина).	1 2 3 4 5

**Тест № 4****Узагальнення та класифікація понять**

З п'яти слів кожного рядка чотири об'єднані загальною ознакою. Потрібно визначити п'яте "зайве" слово. У стовпчику відповідей обведіть кружком число, що позначає обране Вами слово.

1.	1. Глибокий, 2. Високий, 3. Світлий, 4. Низький, 5. Мілкий.	1 2 3 4 5
2.	1. Дім, 2. Мрія, 3. Машина, 4. Корова, 5. Дерево.	1 2 3 4 5
3.	1. Доба, 2. Вечір, 3. Хвилина, 4. Секунда, 5. Рік.	1 2 3 4 5
4.	1. Блакитний, 2. Світлий, 3. Темний, 4. Яскравий, 5. Тьмянний.	1 2 3 4 5
5.	1. Успіх, 2. Перемога, 3. Удача, 4. Спокій, 5. Виграш.	1 2 3 4 5
6.	1. Гніздо, 2. Нора, 3. Мурашник, 4. Курятник, 5. Барлога.	1 2 3 4 5
7.	1. Француз, 2. Італієць, 3. Вегетаріанець, 4. Грузин, 5. Іспанець.	1 2 3 4 5
8.	1. Пограбування, 2. Крадіжка, 3. Землетрус, 4. Підпал, 5. Напад.	1 2 3 4 5
9.	1. Америка, 2. Європа, 3. Австрія, 4. Африка, 5. Азія.	1 2 3 4 5
10.	1. Ненавидіти, 2. Радіти, 3. Обурюватись, 4. Любити, 5. Називати.	1 2 3 4 5

**Тест № 5****Кількісні відношення**

Пропонуються логічні задачі, кожна з яких має два твердження. Потрібно визначити співвідношення між А і В (А і В – додатні числа).

1.	А менше С у 3 рази. С більше В у 4 рази.	В	А
2.	А більше С у 2 рази. С менше В у 5 разів.	А	В
3.	А менше С у 5 разів. С більше В у 6 разів.	В	А
4.	А менше С у 5 разів. С більше В у 2 рази.	А	В
5.	А більше С у 4 разів. С більше В у 6 разів.	В	А
6.	А менше С у 3 рази. С більше В у 3 рази.	А	В
7.	А більше С у 4 рази. С менше В у 7 разів.	В	А
8.	А більше С у 3 рази. С менше В у 5 разів.	А	В
9.	А більше С у 7 разів. С менше В у 6 разів.	В	А
10.	А менше С у 3 рази. С менше В у 4 рази.	А	В

## Додаток Ж

### Лабораторні роботи курсу “Комп’ютерне моделювання”

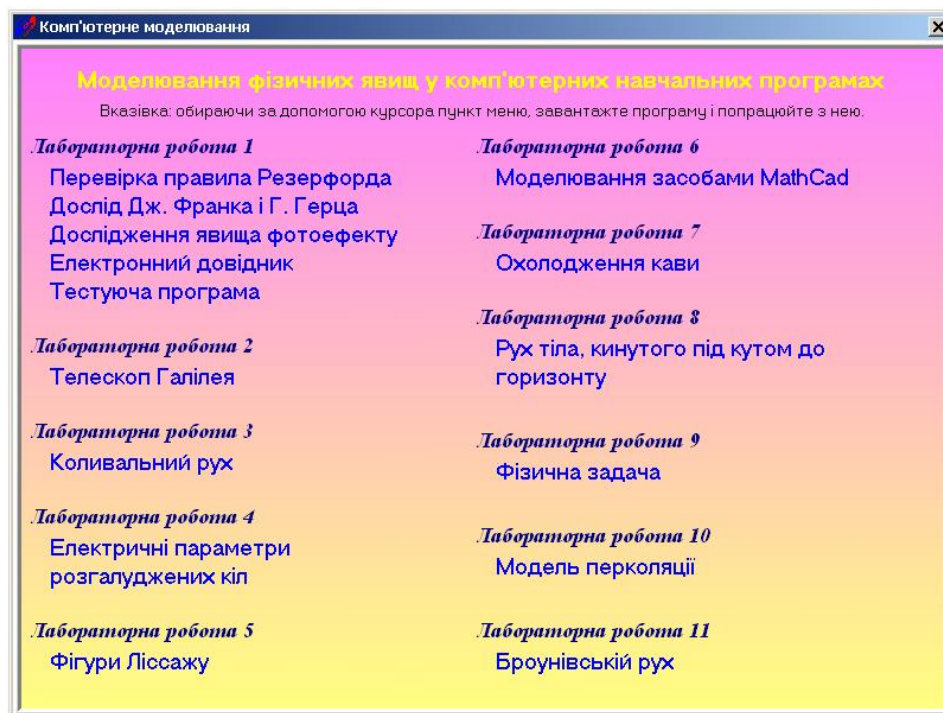


Рис. Ж.1. Екранна копія титульного вікна CD-диска

### Розділ 2 (навчального посібника)

#### Комп’ютерна графіка в імітаційних моделях

Використання імітаційно-моделюючих програми дає можливість демонструвати складні процеси і явища, візуально відтворюючи їх сутність на екрані дисплея у наочній графічній формі. Експериментуючи з комп’ютерною моделлю, вивчаючи її властивості і недоліки, учні багато пізнають і про об’єкт, що моделюється, і про конкретну модель, про переваги і недоліки моделей взагалі. Важливо відмітити, що подібні програмні засоби дозволяють організувати роботу дослідника в режимі вільного творчого пошуку.

Можливість моделювання дозволяє використовувати комп’ютер як принципово новий інструмент пізнання світу, що оточує нас. Фактично у учня з’являється реальна можливість отримати відповідь на питання: „А що відбудеться, якщо ...?”. Він може побачити, що відбудеться, якщо розірветься атомна бомба, якщо повернути річки в зворотному напрямку і т. п.

Імітаційне моделювання – це процес конструювання моделі реальної системи і постановки експериментів на даній моделі реальної системи з метою зрозуміти функціонування системи чи оцінити (в рамках обмежень, що накладаються деяким критерієм або критеріями) різноманітні стратегії, що забезпечують роботу цієї системи. Таким чином, процес імітаційного моделювання містить в собі і конструювання моделі, і аналітичне застосування моделі для дослідження деяких проблем.

Перевагою імітаційного моделювання можна вважати широкі можливості його використання в сфері освіти і професійної підготовки. Розробка та застосовування імітаційної моделі дозволяють експериментатору відтворювати на моделі реальні процеси та явища.

## Лабораторна робота 2

### Тема. Рух променя в системі лінз (на прикладі телескопа Галілея)

**Мета.** *Оволодіння студентами вміннями створювати імітаційні моделі, використовуючи растрову графіку в середовищі Delphi*

Розглянемо приклад імітаційної моделі телескопа-рефрактора (на основі лінз). Дану програму створено засобами середовища об'єктно-орієнтованого програмування Delphi. В цій програмі відображається схема проходження променів через систему лінз телескопа-рефрактора. Робоче вікно програми показано на рис. Ж.2.

Для створення зображення використовується властивість форми Canvas, яка в свою чергу є об'єктом, її властивість pen та методи для малювання найпростішої графіки такі, як: Moveto (x, y), Lineto (x, y), Arc (x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4).

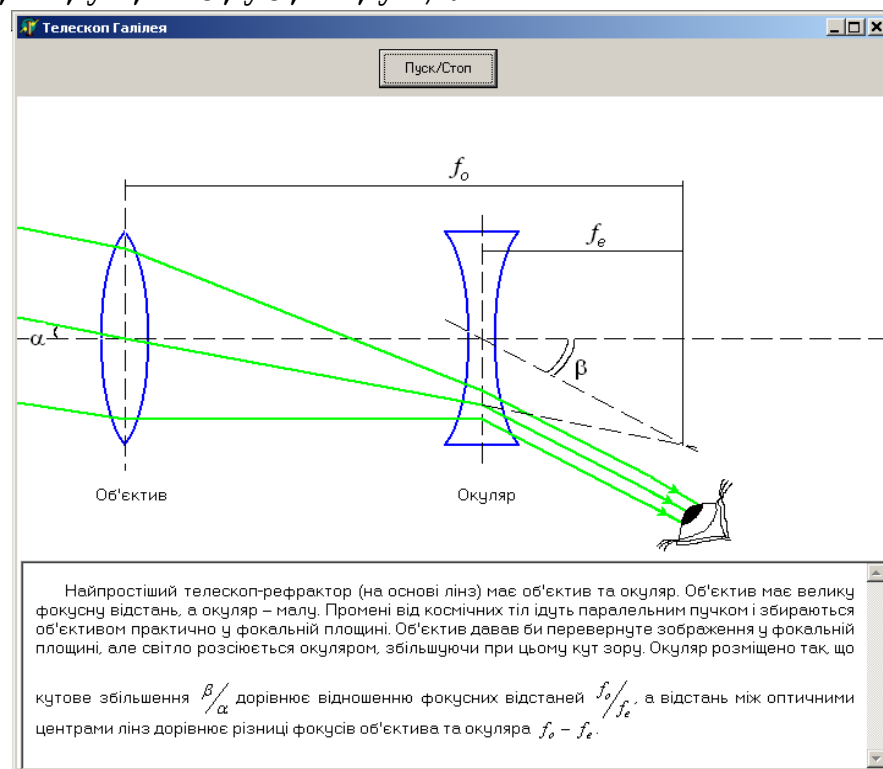


Рис. Ж.2

Нижче наведено фрагмент коду програми „Телескоп Галілея”. Познайомтесь з ним і вясніть призначення його процедур.

```
var col:word; {глобальна змінна, що використовується для створення ефекту мигання (зміни кольору променів з інтервалом часу, встановленим таймером)}
```

```
procedure Draw1; {вимальовує промені; колір променя залежить від
                    значення змінної col}
```

```
begin
```

```
with form1.image1.Canvas do
```

```
begin
```

```
case col of
```

```
0: begin
```

```
pen.Color:=clgreen;
```

{компоненти image2 та image3 – це зображення ока із кінцями променів, для зміни кольору кінців променів використовується два малюнка різного кольору, що замінюються один одним в залежності від значення змінної **col** з інтервалом часу, встановленим таймером}

```
form1.image3.Visible:=true;
```

```
form1.image2.Visible:=False;
```

```
end;
```

```
1: begin
```

```
pen.Color:=cllime ;
```

```
form1.image2.Visible:=true;
```

```
form1.image3.Visible:=false;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
pen.Width:=2; // встановлюється товщина ліній променів
```

```
Moveto(0,186); // перший промінь
```

```
Lineto(88,204);
```

```
Lineto(380,260);
```

```
Lineto(550,350);
```

```
Moveto(0,110); // другий промінь
```

```
Lineto(88,128);
```

```
Lineto(380,248);
```

```
Lineto(557,341);
```

```
Moveto(0,258); // третій промінь
```

```
Lineto(88,272);
```

```
Lineto(380,272);
```

```
Lineto(550,363);
```

```
end;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
...
```

```
// побудова осей та допоміжних ліній
```

```

with image1.Canvas do
  begin
    pen.Color:=clBlack;
    pen.Style:=psDash; //пунктирна лінія
    pen.Width:=1;
    Moveto(350,188);
    Lineto(557,300);
    Moveto(380,260);
    Lineto(556,296);
    pen.Style:=psSolid; //суцільна лінія
    Moveto(544,294);
    Lineto(544,70);
    Moveto(380,130);
    Lineto(544,130);
    Moveto(88,75);
    Lineto(544,75);
  end;
end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
  Draw1;
  col:=1-col;
  Draw1;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
var
  x:integer;
begin
  col:=0;
  with image1.Canvas do
    begin
      pen.Width:=2;
      pen.Color:=clBlue;
      x:= 88;
      Arc(x-20,108,x+40,300,x,116,x,294); //перша лінза
      Arc(x-40,108,x+20,300,x,294,x,116);
      pen.Color:=clBlack;
      pen.Style:=psDash;
      pen.Width:=1;
      Moveto(x,70);
      Lineto(x,316);
      pen.Color:=clBlue;
      pen.Width:=2;
    end;
  end;
end;

```



```

x:= 350;
Arc (x-40,108,x+20,300,x,294,x,116); // друга лінза
Arc (x+40,108,x+100,300,x+60,116,x+60,294);
Moveto (x,294);
Lineto (x+60,294);
Moveto (x,114);
Lineto (x+60,114);
pen.Color:=clBlack;
pen.Width:=1;
Moveto (x+30,100);
Lineto (x+30,316);
Moveto (0,204);
Lineto (image1.Width,204);
end;
// Завантаження у WebBrowser1 коментарів, що містяться у файлі f.htm
WebBrowser1.Navigate (ExtractFilePath (Application.EXEName)
+'f.htm');
end;

```

**Завдання.** Створити комп'ютерну програму, яка б відображала рух променів через оптичну систему лінз, що складається з елементів, перерахованих в індивідуальному завданні відповідно до Вашого номера за списком в журналі. При розробці програми врахуйте психолого-педагогічні вимоги до ПЗНП.

1. Система із двох плоских дзеркал.
2. Система із трьох плоских дзеркал.
3. Увігнуте та опукле дзеркало.
4. Двовгнута та плоско-опукла лінзи.
5. Дві двоопуклі лінзи.
6. Вгнуто-опукла лінза.
7. Плоско-опукла та плоско-вгнута лінзи.
8. Двоопукла та плоско-вгнута лінзи.
9. Трикутна призма.
10. Плоско-паралельна пластина.
11. Плоско-вгнута та плоско-опукла лінзи.
12. Плоско-опукла та двовгнута лінзи.
13. Плоско-вгнута та двоопукла лінзи.
14. Двовгнута лінза та увігнуте дзеркало.
15. Двоопукла лінза та опукле дзеркало.
16. Плоске та опукле дзеркало.
17. Плоске та увігнуте дзеркало.
18. Плоско-опукла лінза та увігнуте дзеркало.
19. Плоско-вгнута лінза та опукле дзеркало.
20. Плоско-вгнута лінза та увігнуте дзеркало.
21. Плоско-опукла лінза та опукле дзеркало.

Контрольні запитання

1. Для чого використовуються імітаційно-моделюючі програми?
2. Що таке імітаційне моделювання?
3. Які властивості та методи використовуються у програмі „Телескоп Галілея” для відтворення зображення моделі телескопа-рефрактора?
4. Поясніть призначення процедури Draw1.
5. Які засоби використовуються для вимальовування лінз та осей?
6. В якій процедурі і як забезпечується ефект мигання?
7. Які психолого-педагогічні вимоги до ПЗНП враховано у створеній вами комп'ютерній моделі?

Література для самопідготовки: [1, 2, 4, 7, 9, 10, 15, 18, 19].

Лабораторна робота 3**Тема. Імітація руху маятника та графічне представлення коливань**

**Мета.** Студенти повинні оволодіти вміннями будувати за допомогою комп'ютера графік аналітично заданої функціональної залежності, якою характеризується деякий фізичний процес, та створювати імітаційні моделі, використовуючи засоби анімації в середовищі Delphi

В природі та техніці досить часто зустрічаються коливання, під якими розуміють процеси, що в тій чи іншій мірі повторюються з часом.

Для опису коливань використовують аналітичне та графічне їх подання. Для аналітичного опису коливального процесу задається функція

$$x = f(t),$$

яка виражає залежність від часу  $t$  відхилення  $x$  від рівноважного значення. Графік цієї функції дає уявлення про перебіг процесу коливань в часі. Отримати такий графік можна побудовою за точками графіка функції  $f(t)$  в системі координат  $(x, t)$ .

Гармонічні механічні коливання описуються рівнянням

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0),$$

де  $x$  – зміщення тіла від положення рівноваги,  $x_m$  – амплітуда (модуль максимального зміщення тіла від положення рівноваги),  $\omega$  – циклічна частота коливань,  $t$  – час,  $\varphi = \omega t + \varphi_0$  – фаза гармонічного коливання,  $\varphi_0$  – початкова фаза в початковий момент часу  $t=0$ , а циклічна частота знаходиться за формулою  $\omega = 2\pi\nu$ , де  $\nu$  – частота коливань.

Розглянемо програму, за допомогою якої можна імітувати рух маятника та побудувати графік його коливань. Користувач може дослідити, яким чином змінюється графік коливального руху при зміні значень амплітуди, частоти і кута  $\varphi_0$ .

Нижче наведено текст програми і рис. Ж.3 із фрагментом виконання програми.

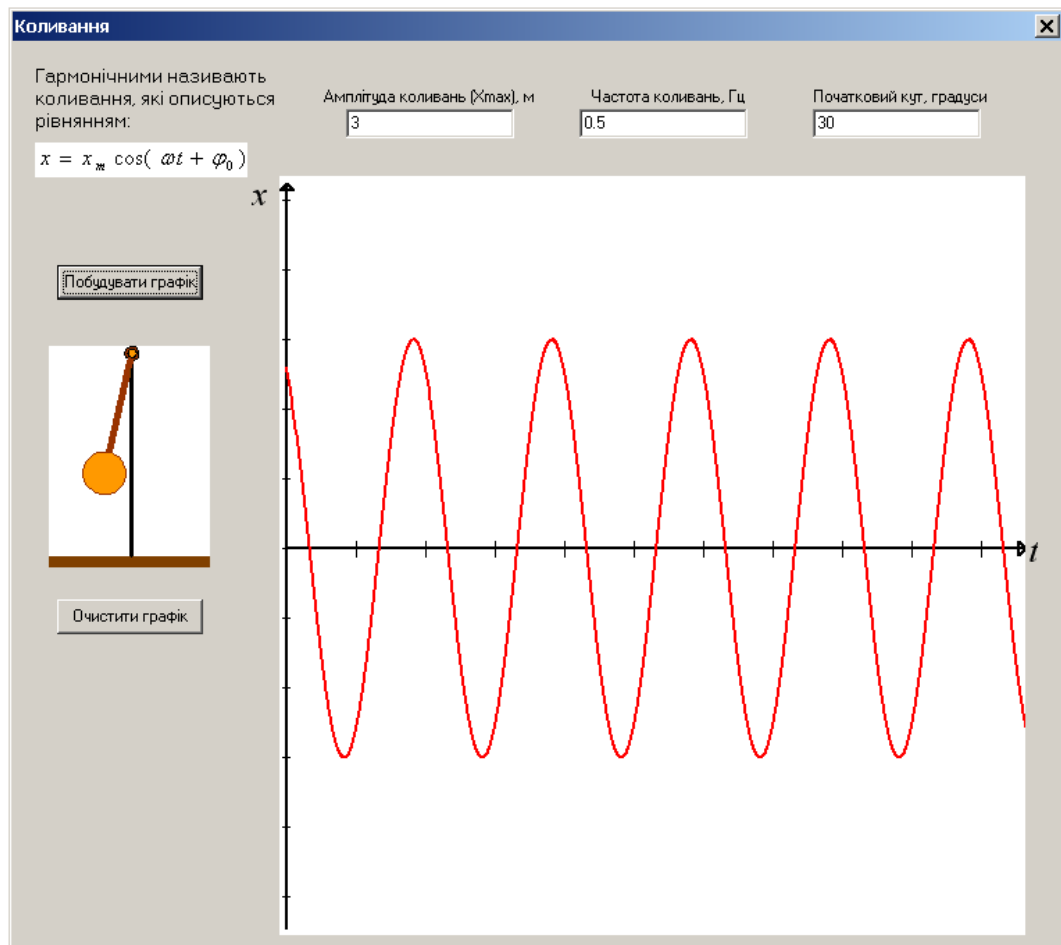


Рис. Ж.3

Анімація коливань маятника створюється за рахунок покадрового завантаження фрагментів BMP-файла, який відображається в об'єкті PaintBox1. При зміні числового значення частоти коливань змінюється частота зміни кадрів малюнку, що призводить до візуальної зміни частоти коливань маятника. Нижче наведено приклад BMP-файла з малюнком маятника (рис. Ж.4), який використано в програмі.

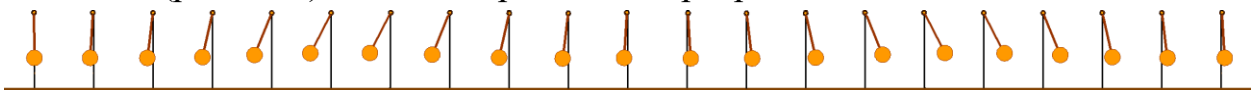


Рис. Ж.4

```

unit Unit_KolivRuh;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes,
  Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Edit1: TEdit; //поле для введення значення амплітуди
    Edit2: TEdit; // поле для введення значення частоти
  end;

```

```

Edit3: TEdit; // поле для введення значення початкового кута
Label1: TLabel; // написи на формі
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label4: TLabel;
Image1: TImage; // для відображення графіка
Image2: TImage; // для відображення рівняння руху
PaintBox1: TPaintBox; // для відображення коливань маятника
Timer1: TTimer;
Button1: TButton; // кнопка "Побудувати графік"
Button2: TButton; // кнопка "Очистити графік"
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
    private
    public
end;
var
    Form1: TForm1;
    procedure Koliv(var t: real);
implementation
{$R *.dfm}
const
    FILMFILE = '4_6.bmp'; // фільм - bmp-файл
    N_KADR=21; // кадрів у фільмі (для даного файлу)
var
    A, x, v, w, f, dt, t, int : real;
    Film: TBitmap; // фільм - всі кадри
    WKadr, HKadr: integer; // ширина і висота кадру
    SKadr: integer; // номер поточного кадру
    RectKadr: TRect; // положення і розмір кадру в фільмі
    RectScr: TRect; // координати і розмір ділянки
                    // відображення фільму
    // задається залежність x від t
procedure Koliv(var t: real);
begin
    w:=2*Pi*v;
    x:=A*cos(w*t+f*pi/180);
end;
// обробка події натискання на кнопку "Побудувати графік"
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
const

```

```

n=1100 ;
var
code,i:integer;
begin
  Val(edit1.Text,A,code); //амплітуда коливань (Xmax)
  Val(edit2.Text,v,code); // частота коливань
  Val(edit3.Text,f,code); // початковий кут
  t:=0.0;
  dt:=0.01 ; //крок за часом в секундах
  Label5.Visible:=true;
  Label6.Visible:=true;
  //зміна періоду оновлення кадрів
  //залежно від частоти
  Timer1.Interval:=round(int/v);
  // вимальовування координатних осей
  with image1.Canvas do
  begin
    moveto(5,image1.Height-5);
    pen.Width:=2;
    pen.Color:=clBlack;
    Lineto(5,5);
    Lineto(10,10);
    Lineto(0,10);
    Lineto(5,5);
    moveto(5,image1.Height div 2 -5);
    Lineto(image1.Width,image1.Height div 2-5);
    Lineto(image1.Width-5,image1.Height div 2-10);
    Lineto(image1.Width-5,image1.Height div 2);
    Lineto(image1.Width,image1.Height div 2-5);
  // побудова засічок на осях координат
    pen.Width:=1;
    i:=image1.Height div 2 -5;
    repeat
      moveto(2,i);
      Lineto(8,i);
      i:=i-50;
    until i<= 5;
    i:=image1.Height div 2 -5;
    repeat
      moveto(2,i);
      Lineto(8,i);
      i:=i+50;
    until i>= image1.Height -5;
    i:=50;
  repeat

```

```

        moveto(i+5, image1.Height div 2 -10);
        Lineto(i+5, image1.Height div 2 +2);
        i:=i+50;
    until i>= image1.Width-5;
    Koliv(t);
    moveto(trunc(t*50+5), trunc(image1.Height/2-
        (x*50+5)));
    pen.Width:=2;
    pen.Color:=clRed;
for i:=1 to n do // побудова графіка
    begin
        Koliv(t);
        LineTo(trunc(t*50+5), trunc(image1.Height/2-
            (x*50+5)));
        t:=t+dt;
    end;
end;
end;
// процедура обробки події створення форми
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    // створити об'єкт типу TBitmap
    Film := TBitmap.Create;
    // завантажити "фільм" з файлу
    Film.LoadFromFile(FILMFILE);
    WKadr := Round(Film.Width/N_Kadr);
    HKadr := Film.Height;
    RectScr := Bounds(10, 10, WKadr, HKadr);
    CKadr:=0;
    int:= 1000/N_KADR; // період оновлення кадрів
    Timer1.Interval := round(int);
    Timer1.Enabled:=True; // запустити таймер
end;
// обробка сигналу від таймеру
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
    // визначення положення поточного кадру в фільмі
    RectKadr:=Bounds(WKadr*CKadr, 0, WKadr, HKadr);
    // виведення кадру із фільму
    Form1.PaintBox1.Canvas.CopyRect(RectScr, Film.Canvas,
    RectKadr);
    // підготовка до виведення наступного кадру
    CKadr := CKadr+1;
    if CKadr = N_KADR
    then CKadr:=0;

```

```

end;
// вилучення графіка з системи координат
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
var
i: integer;
begin
  Label5.Visible:=true;
  Label6.Visible:=true;
  with image1.Canvas do
    begin
      pen.Color:=clWhite;
      Rectangle(0,0,Width,Height);
      moveto(5,image1.Height-5);
      pen.Width:=2;
      pen.Color:=clBlack;
      Lineto(5,5);
      Lineto(10,10);
      Lineto(0,10);
      Lineto(5,5);
      moveto(5,image1.Height div 2 -5);
      Lineto(image1.Width,image1.Height div 2-5);
      Lineto(image1.Width-5,image1.Height div 2-10);
      Lineto(image1.Width-5,image1.Height div 2-0);
      Lineto(image1.Width,image1.Height div 2-5);
    // побудова засічок на осях координат
      pen.Width:=1;
      i:=image1.Height div 2 -5;
      repeat
        moveto(2,i);
        Lineto(8,i);
        i:=i-50;
      until i<= 5;
      i:=image1.Height div 2 -5;
      repeat
        moveto(2,i);
        Lineto(8,i);
        i:=i+50;
      until i>= image1.Height -5;
      i:=50;
      repeat
        moveto(i+5,image1.Height div 2 -10);
        Lineto(i+5,image1.Height div 2 +2);
        i:=i+50;
      until i>= image1.Width-5;
    end; end; end.

```

В даній програмі зі зміною числового значення амплітуди не змінюється візуально максимальне відхилення маятника від положення рівноваги. Це можна виправити, створивши окремі BMP-файли для кожного значення амплітуди ( $A = 1, 2, 3, \dots, 16$  ум. од.).

**Завдання 1.** Створити відповідно до вашого варіанту BMP-файл для одного із значень амплітуди.

Комп'ютерну модель даного коливального процесу без імітації руху маятника можна одержати і в середовищі GRAN1 (рис. Ж.5). Для цього функціональну залежність

$$x(t) = x_m \cos(2\pi \nu t + \varphi_0)$$

слід задати явно у вигляді:

$$y(x) = p1 * \cos(2 * \text{Pi} * p2 * x + p3 * \text{Pi} / 180),$$

де виконуються такі заміни:

$$x(t) \Rightarrow y(x);$$

$$x_m \Rightarrow p1 = 3 \text{ (змінюється від 0 м до 10 м з кроком 0,5 м);}$$

$$\nu \Rightarrow p2 = 0.5 \text{ (змінюється від 0 Гц до 10 Гц з кроком 0,1 Гц);}$$

$\varphi_0 \Rightarrow p3 * \text{Pi} / 180$ , де  $p3 = 30$  – значення кута відхилення (змінюється від  $0^\circ$  до  $180^\circ$  з кроком  $5^\circ$ ). Кут відхилення вводиться користувачем в градусах, а аргумент тригонометричних функцій в GRAN1 повинен задаватись в радіанах, отже, для того, щоб градусну міру кута перевести в радіанну використовується множник  $\text{Pi} / 180$ .

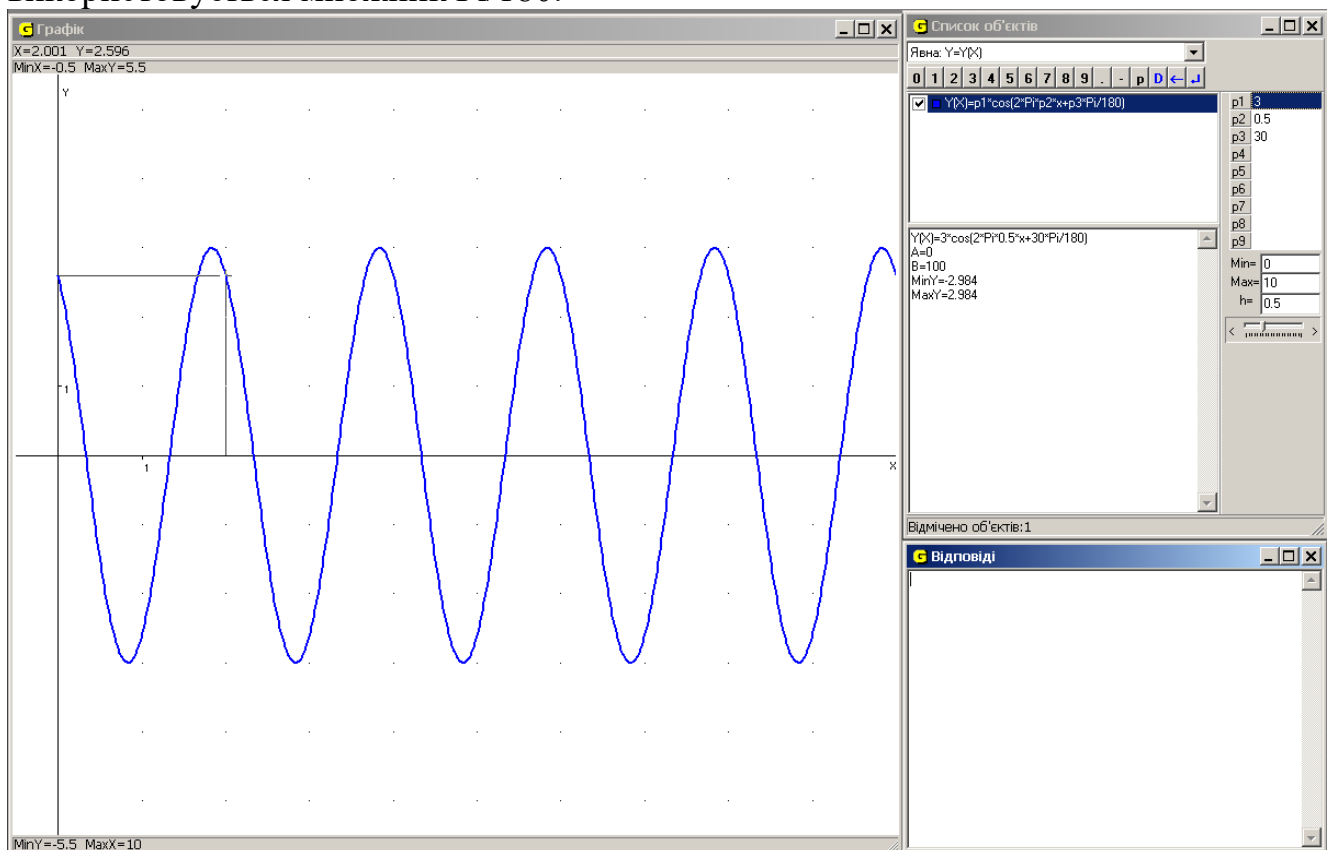


Рис. Ж.5

Одержавши комп'ютерну модель, користувач, може змінювати значення амплітуди ( $p1$ ), частоти ( $p2$ ) і кута  $\varphi_0$  ( $p3$ ) за допомогою повзунка плавної



зміни параметрів функції вікна програми GRAN1 і дослідити, як кожен із параметрів впливає на графік коливального руху.

**Завдання 2.** Створити комп'ютерну модель засобами Delphi та GRAN1, яка б моделювала коливання наступних об'єктів:

- 1) кульки на пружині в горизонтальній площині;
- 2) вантажу на пружині у вертикальній площині;
- 3) струни музичного інструменту;
- 4) поплавка на хвилях води;
- 5) дитячої гойдалки;
- 6) крісла-гойдалки;
- 7) стовпчика ртуті в U-подібній трубці;
- 8) важільних терезів;
- 9) дзвона;
- 10) дитячої іграшки ванька-встанька;
- 11) металеві пластилини, один кінець якої затиснутий.

В моделі потрібно врахувати, що кожен вид коливального руху має свої фізичні особливості, які визначаються відповідними кількісними співвідношеннями (для різних видів коливальних рухів рівняння руху будуть різними).

#### Контрольні запитання

1. Що розуміють під коливаннями?
2. Яким рівнянням описуються гармонічні механічні коливання?
3. Як створюється в програмі "Коливання" анімація руху маятника?
4. Якою процедурою програми і як реалізуються коливання?
5. Як і в якому середовищі можна побудувати комп'ютерну модель коливального процесу без імітації руху маятника?
6. Проаналізуйте створені Вами із використанням засобів Delphi та GRAN1 комп'ютерні моделі коливального процесу. Яка з них, на Ваш погляд, краще відображає особливості досліджуваного процесу? Чому?

Література для самопідготовки: [1, 2, 4, 7, 9, 10, 13, 15, 18, 19].

### Розділ 3

#### Використання прикладних програмних засобів для комп'ютерного моделювання у фізиці

При математичному моделюванні та розв'язуванні задач з фізики використання традиційних засобів програмування вимагає значних затрат часу на створення програм. Поява комп'ютерних програмних продуктів GRAN, Maple, Mathcad, Mathematica, Maxima (належать до систем комп'ютерної математики – СКМ), Microsoft Excel надає можливість в багатьох випадках більш ефективно розв'язувати задачі і створювати математичні моделі на комп'ютері.

Програми GRAN, Maxima, MathCAD та MS Excel надають для моделювання наступні засоби: введення математичних формул та чисельні розрахунки за ними; задавання різних значень величин, що використовуються в розрахунках; побудова графіків для наочного відображення результатів моделювання; генерація випадкових чисел, що дозволяє моделювати випадкові процеси; використання логічних функцій, умовних операторів та циклів, що дає можливість наочної реалізації різних чисельних методів. Застосування GRAN, Maxima, MathCAD та MS Excel дозволяє приділяти особливу увагу таким етапам моделювання, як складання фізичних та математичних моделей досліджуваних явищ, обґрунтованому вибору чисельного методу, аналізу одержаних моделей, виконанню обчислювальних експериментів та інтерпретації результатів обрахунків.

#### Лабораторна робота 5

##### Тема. Комп'ютерне моделювання фігур Ліссажу

**Мета.** Розвинути у студентів вміння використовувати СКМ та MS Excel для моделювання траєкторії руху складної форми

Можливі випадки, коли тіло бере участь одночасно у кількох коливальних рухах, напрями, яких не збігаються. Тоді траєкторія такого руху має досить складну форму. Аналітичне визначення форми вимагає досить громіздких обрахунків. У випадку електричних коливань їх можна спостерігати за допомогою осцилографа. В більш загальному випадку для наочності і аналізу таких коливань можна використовувати різноманітні програмні засоби, які без великих апаратних затрат дозволяють одержати графічні зображення коливань будь-якої складності.

Фігури Ліссажу – це замкнені лінії складної форми, які одержуються в результаті додавання двох взаємно перпендикулярних гармонічних коливань. Досліджуване гармонічне коливання додається до взаємно перпендикулярних йому коливань відомої частоти. В результаті додавання отримуються криві, за загальним виглядом яких можна теоретично визначити частоту досліджуваної напруги. Фігури Ліссажу будуть різними (рис. Ж.6) при різних співвідношеннях частот (вказані ліворуч) та різницях фаз коливань.

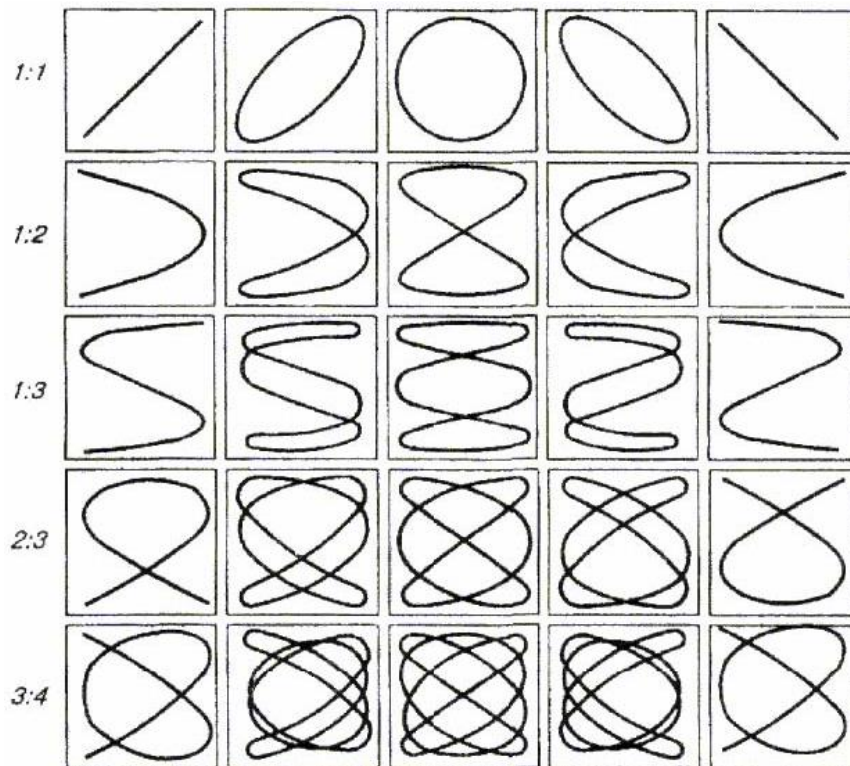


Рис. Ж.6

Відношення частот коливань, що додаються, дорівнює відношенню кількості перетинів фігур Ліссажу з прямими, які паралельні осям координат та не проходять через точку перетину ліній самої фігури, тобто

$$\frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{n_y}{n_x} \quad (1)$$

Отже, знаючи частоту однієї напруги та вид фігури Ліссажу, можна визначити невідому частоту.

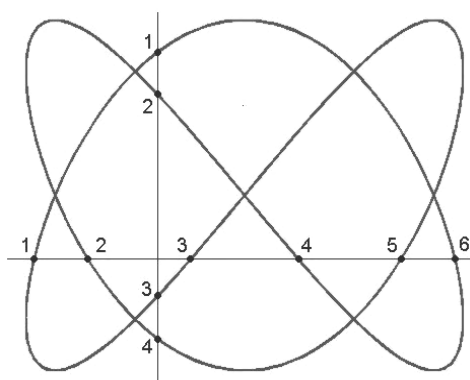


Рис. Ж.7

Розглянемо приклад фігури Ліссажу, яку зображено на рис. Ж.7. Якщо частота  $\nu_x$  відома, а з малюнку визначимо, що  $n_y = 4$  та  $n_x = 6$ , то

$$\omega_y = \omega_x \frac{n_x}{n_y} = \omega_x \frac{3}{2}.$$

Нехай на входи осцилографа X та Y подаються напруги різної частоти, що мають між собою фазовий зсув. Координати точок променя на екрані будуть описуватись рівняннями:

$$\begin{aligned} x(t) &= h_x U_x(t) = h_x U_1 \cos(\omega_1 t + \varphi), \\ y(t) &= h_y U_y(t) = h_y U_2 \cos(\omega_2 t), \end{aligned}$$

де  $U_1, U_2$  - амплітуди напруг сигналів на пластини X та Y, (В);  
 $\omega_1, \omega_2$  - циклічні частоти, (рад/с);

$\varphi$  - фазовий зсув, (рад);

$h_x, h_y$  - чутливість входів по X та Y, (мм/В);

$a_1 = h_x U_1$  - амплітуда відхилення по вісі X, (мм);

$a_2 = h_y U_2$  - амплітуда відхилення по вісі Y, (мм).

Отже, фігури Ліссажу можна одержати, використовуючи наступні співвідношення:

$$x(t) = a_1 \cos(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

$$y(t) = a_2 \cos(\omega t). \quad (3)$$

Можна застосувати систему комп'ютерної математики Maxima до побудови графічних зображень фігур Ліссажу. Для цього спочатку слід ввести значення амплітуд, циклічних частот та фазового кута:

```
a1:150$
```

```
a2:150$
```

```
w1:3$
```

```
w2:1$
```

```
f:0.25*%pi$
```

Співвідношення (2), (3) задаються наступними командами:

```
x(t):=a1*sin(w1*t+f)$
```

```
y(t):=a2*sin(w2*t)$
```

Для побудови графіка параметрично заданої функції використовується команда:

```
wxplot2d([parametric,x(t),y(t),[t,-%pi,%pi],
[nticks,300]])$
```

Змінюючи значення фазового зсуву  $f$  ( $0 * \pi$ ;  $0,25 * \pi$ ;  $0,5 * \pi$ ;  $0,75 * \pi$ ;  $1 * \pi$ ), одержимо такі зображення (рис. Ж.8):

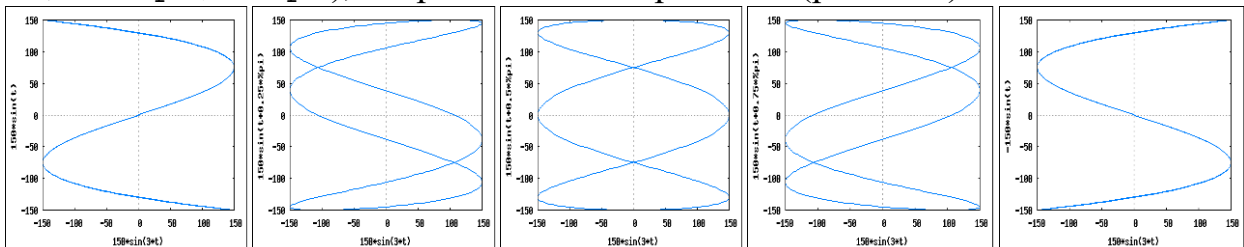


Рис. Ж.8

**Завдання 1.** Виконайте побудову фігур Ліссажу засобами Maxima та прослідкуйте за зміною виду фігури в залежності від зсуву фаз  $f$  та відношення циклічних частот  $w_1$  до  $w_2$ . Перевірте правильність співвідношення (1) для різних  $w_1$  та  $w_2$ .

**Завдання 2.** Побудуйте зображення фігур Ліссажу в середовищі GRAN1 (рис. Ж.9). За допомогою повзунка плавної зміни параметрів функції вікна програми GRAN1 дослідіть, як кожен із параметрів впливає на вид фігури Ліссажу.

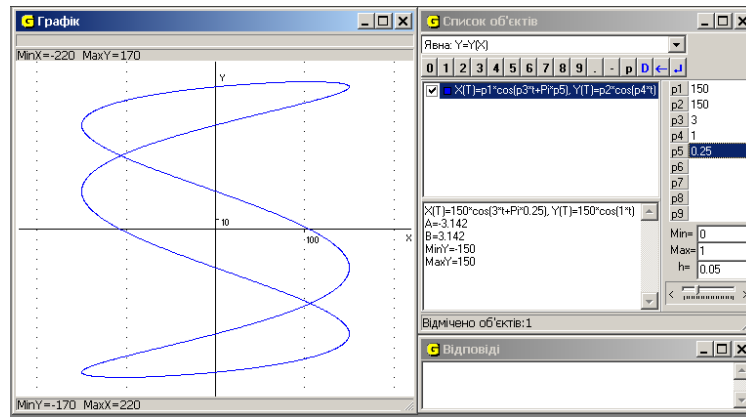


Рис. Ж.9

Для виконання побудови (2) та (3) слід записати у вигляді:

$$x(t) = p1 * \cos(p3 * t + Pi * p5),$$

$$y(t) = p2 * \cos(p4 * t),$$

де виконуються такі заміни:

$$a_1 \Rightarrow p1 = 150 \text{ (змінюється від 0 до 500 з кроком 10);}$$

$$a_2 \Rightarrow p2 = 150 \text{ (змінюється від 0 до 500 з кроком 10);}$$

$$\omega_1 \Rightarrow p3 = 3 \text{ (змінюється від 0 до 20 з кроком 0.1);}$$

$$\omega_2 \Rightarrow p4 = 1 \text{ (змінюється від 0 до 20 з кроком 0.1);}$$

$$\varphi \Rightarrow p5 = 0.25 \text{ (змінюється від 0 до 1 з кроком 0.05).}$$

Графік будується при  $t$ , що змінюється від  $A = -Pi$  до  $B = Pi$ .

#### Контрольні запитання

1. Що таке фігури Ліссажу?
2. В чому полягає метод фігур Ліссажу?
3. Як фігури Ліссажу можна описати аналітично?
4. Від чого залежить вид фігури Ліссажу?
5. Яке середовище Maxima чи GRAN1, на ваш погляд, найкраще моделює фігури Ліссажу? Чому?

Література для самопідготовки: [ 4, 13, 15, 17].

## Лабораторна робота 6

### Тема. Моделювання одновимірного руху засобами Mathcad

**Мета.** Оволодіння студентами вміннями комп'ютерного моделювання засобами Mathcad фізичного процесу, який описується звичайним диференціальним рівнянням

Розглянемо приклад моделювання одновимірного прямолінійного руху засобами середовища Mathcad.

Умова задачі.

Тіло масою  $m=70$  кг падає в повітрі з великої висоти. Сила опору повітря  $F_d = Av + Bv^3$ , де коефіцієнти  $A$  та  $B$  визначаються розмірами тіла. Нехай вони дорівнюють наступним значенням:  $A = 5 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}$ ,  $B = 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{с}^3/\text{м}^3$ . Знайдіть швидкість в залежності від часу, який пройшов після початку падіння, та накресліть графік.

Рівняння руху буде мати наступний вигляд:

$$m\alpha = mg - F_d. \quad (1)$$

Оскільки прискорення  $a = \frac{dv}{dt}$ , то рівняння (1) можна переписати наступним чином:

$$m \frac{dv}{dt} = mg - Av + Bv^3 \quad \text{або}$$

$$m \frac{dv}{dt} + Av + Bv^3 - mg = 0 \quad (2)$$

Розв'язок даного диференціального рівняння при відповідних значеннях параметрів представлено нижче в листінгу 1. (Обчислення проводились в середовищі Mathcad).

Листінг 1. Розв'язок задачі про тіло, що падає у повітрі з великої висоти

$$m := 70$$

$$A := 5$$

$$B := 10^2$$

$$g := 9.8$$

Given – ключове слово, що використовується для введення рівнянь;

$$m \cdot \frac{d}{dt} v(t) + A \cdot v(t) + B \cdot (v(t))^3 - m \cdot g = 0 \quad \text{– звичайне диференціальне рівняння;}$$

$$v(0) = 0 \quad \text{– початкова умова;}$$

$v := \text{odesol}(v, 20)$  – вбудована функція, що використовується для розв'язання звичайного диференціального рівняння відносно змінної  $t$  на

Графік одержимо у вигляді (рис. Ж.10):

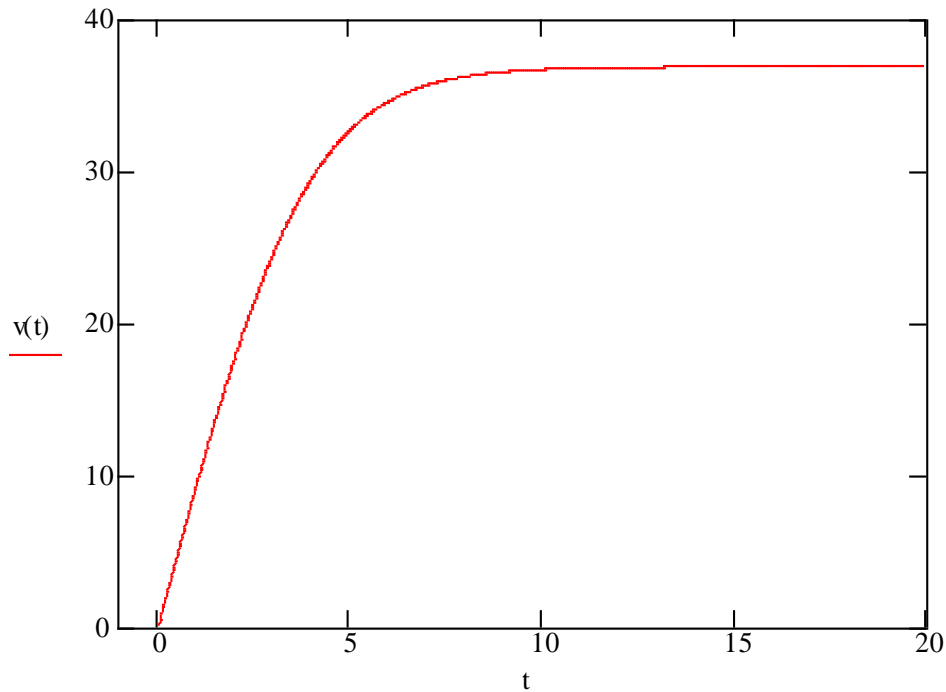


Рис. Ж.10

**Завдання.** Проаналізуйте даний приклад розв'язування задачі, наведений в лістингу 1, і знайдіть засобами Mathcad розв'язок наступних задач.

**Задача 1.**

Побудувати графік залежності швидкості рівномірного руху човна від середньої сили тяги, яку можуть розвинути гребці, якщо сила в'язкого тертя  $F_{mp} = Av + Bv^3$  характеризується коефіцієнтами  $A = 40$  кг/с,  $B = 32$  кг·с/м<sup>2</sup>.

**Задача 2.**

Побудувати графік залежності швидкості рівномірного руху моторного човна від потужності встановленого двигуна, якщо сила в'язкого тертя  $F_{mp} = Av + Bv^3$  характеризується коефіцієнтами  $A = 40$  кг/с,  $B = 32$  кг·с/м<sup>2</sup>.

**Задача 3.**

Морське судно водотоннажністю 20 000 т має рушійну установку потужністю 15 000 кВт. Знайти його максимальну швидкість, якщо для тертя об воду характеризується коефіцієнтами:  $A \approx 1,5 \cdot 10^4$  кг/с,  $B \approx 1,3 \cdot 10^4$  кг·с/м<sup>2</sup>. Побудувати графік потужності, яку повинна розвинути рушійна установка, від необхідної швидкості рівномірного руху.

**Задача 4.**

Кулька масою  $m = 2,2$  г і радіусом  $r = 4,1$  мм падає в маслі, на неї діє сила опору рівна  $6\pi\eta v$ , де коефіцієнт в'язкості рідини  $\eta = 0,95$  кг/м·с;  $v$  – швидкість. Знайдіть залежність швидкості, прискорення і шляху від падіння кульки.

**Задача 5.**

Накреслити графік залежності розподілу молекул  $\Delta n/n\Delta v$  від швидкості  $v$  для кисню при температурі  $T = 300$  К. Як буде змінюватись розподіл при зміні температури?

**Задача 6.**

Частинка масою  $9 \cdot 10^{-31}$  кг і зарядом  $+1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл влітає в магнітне з індукцією  $B = 0,1$  Тл перпендикулярно силовим лініям поля. Накреслити траєкторію руху частинки при різних початкових швидкостях: від  $0,2 \cdot 10^7$  до  $1,6 \cdot 10^7$  м/с.

**Задача 7.**

Побудуйте графік залежності сили взаємодії двох зарядів ( $q_1 = 5 \cdot 10^{-8}$  Кл і  $q_2 = 3 \cdot 10^{-8}$  Кл) у вакуумі від відстані  $r$  між ними в діапазоні зміни цієї відстані від 1 до 10 см.

**Задача 8.**

Частота коливань  $LC$ -контурі, що має активний опір  $R$ , змінюється за

законом:  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$ . Накресліть графік залежності  $f(R)$  при

$L = 1$  мГн та  $L = 2$  мГн;  $C = 0,97$  мкФ.

**Задача 9.**

Використовуючи формули теорії відносності, накреслити графік залежності маси електрона від швидкості. Маса спокою електрона дорівнює  $9 \cdot 10^{-31}$  кг.

**Задача 10.**

Яку швидкість потрібно надати частинці, щоб її маса у відповідності до теорії відносності зросла в  $N$  раз? Накресліть графік  $v(N)$ .

Контрольні запитання

1. Які інші програмні середовища можна використати для розв'язування такого типу задач?
2. Використання яких програмних середовищ не дасть змогу у вигляді графіка функції отримати розв'язок задачі, яка зводиться до звичайного диференціального рівняння? Чому?

Література для самопідготовки: [2, 4, 7, 12 – 13, 15 – 17].



## Розділ 5

### Моделювання стохастичних явищ.

Існують явища та процеси, які описуються певними математичними рівняннями, що дозволяють в будь-який момент часу визначити стан системи. Ці явища (процеси) є визначеними, або детермінованими. Здебільшого вони є детермінованими лише умовно, оскільки математичні моделі, що їх описують, не враховують вплив багатьох зовнішніх факторів. Математичну модель, яка буде враховувати цей вплив, побудувати досить важко. Явища та процеси, які відбуваються під впливом багатьох зовнішніх факторів, є, фактично, непрогнозованими і тому називаються випадковими або стохастичними. Математичні моделі таких явищ та процесів, а також величини, якими вони характеризуються, називають стохастичними.

### Лабораторна робота 10

#### Тема. Комп'ютерне моделювання перколяційних явищ

**Мета.** *Ознайомити студентів із можливостями використання середовища Delphi для комп'ютерного моделювання перколяційних явищ*

Теорія протікання виникла порівняно нещодавно. Її основні ідеї були сформульовані лише в 1957 р. в роботі англійських вчених Бродбента та Хаммерслі. Англійською мовою процеси протікання – це percolation processes, тому в науковій літературі поряд із терміном „протікання” можна зустріти термін „перколяція”.

Перколяція – теорія, яка вивчає явища протікання. Явища, описані цією теорією, належать до так званих критичних явищ. Вони характеризуються критичною точкою, в якій визначені властивості системи різко змінюються, елементи в ній розміщені хаотично, важко побачити певні закономірності.

Теорія протікання дає змогу пояснити широке коло явищ, які належать переважно до фізики та хімії. Перколяційні задачі знайшли широке застосування в теорії фазових переходів. Найбільш розробленою на даний час областю використання теорії протікання є електричні властивості неупорядкованих систем, таких, як аморфні напівпровідники, кристалічні напівпровідники з домішками або матеріали, які являють собою суміш різних речовин – діелектрика і металу. За допомогою даної теорії розв'язуються також і далекі від фізики твердого тіла задачі, зокрема про проходження рідини чи газу через пористе середовище або про поширення епідемій.

Програма “Модель перколяції” (рис. Ж.11) створена у середовищі об'єктно-орієнтованого програмування Delphi та є придатною для наочного пояснення різних застосувань теорії протікання. При завантаженні програми з'являється основне вікно “Модель перколяції”, яке має стандартні елементи вікна Windows з трьома пунктами головного меню: “Теоретичні відомості”, “Новий експеримент”, “Вихід”. Вибираючи пункт “Теоретичні відомості” меню, можна дізнатися про суть перколяційних задач, їх використання на практиці і завдання до роботи.

Пункт “Новий експеримент” передбачає вивчення протікання в системі кульок і сітці.

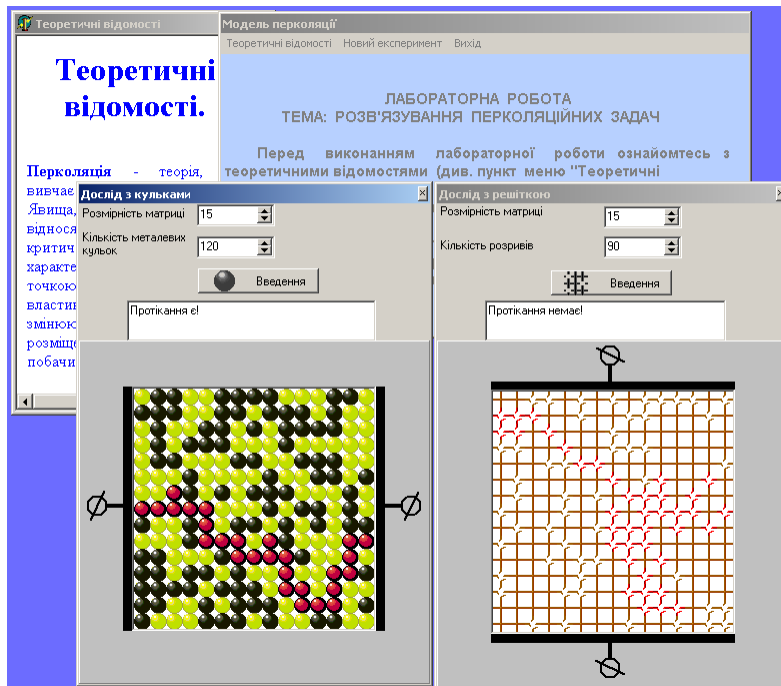


Рис. Ж.11

двох протилежних боків контейнера містяться електроди у формі металевих пластин. Якщо металеві кульки складають малу частину об'єму системи, то електричний струм не може пройти через комбіновану систему і вона буде ізолятором (рис. Ж.12). Однак, якщо металеві кульки складають більшу

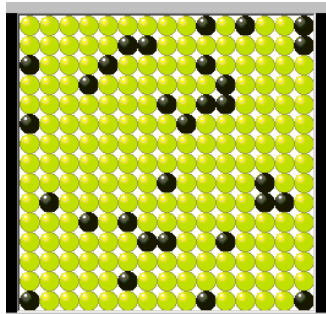


Рис. Ж.12

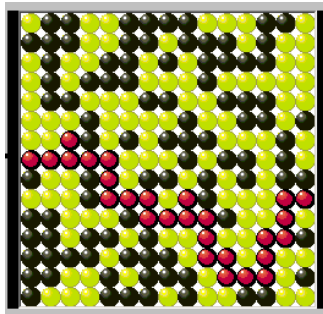


Рис. Ж.13

частину об'єму контейнера, то електричний струм буде протікати через області, які зайняті цими кульками і система буде провідником (рис. Ж.13). Перехід з одного виду в інший (ізолятор – провідник) проходить миттєво, зі збільшенням відношення  $N$  – кількості металевих кульок до  $N_1$  – загальної кількості кульок, тобто

$N/N_1$ , що відповідає деякому порогу протікання. Метою дослід з кульками є знаходження співвідношення між кількістю діелектричних і металевих кульок однакового радіуса, при якому стає можливим проходження електричного струму через систему. Користувач вибирає розмір двовимірної системи кульок і задає значення кількості металевих кульок, причому їх розміщення визначається за допомогою генератора випадкових чисел. Визначається деяке значення  $N$ , при якому настає протікання. Проводиться серія із 10 вимірювань при сталих значеннях  $N$  і  $N_1$  та визначається ймовірність протікання. Далі проводяться серії із аналогічних вимірювань при значеннях кількості металевих кульок рівних  $N-10$ ,  $N-9$ , ...,  $N-1$ ,  $N$ ,  $N+1$ , ...,  $N+10$ , обраховуються відповідні їм значення ймовірності протікання.

Дослід з сіткою є аналогічним попередньому досліді, але він виконується вже з металевою дротяною сіткою прямокутної форми, в якій частина вузлів блокується і не проводить електричний струм. В цьому пункті користувачу надається можливість вибрати розмір сітки і змінювати загальну

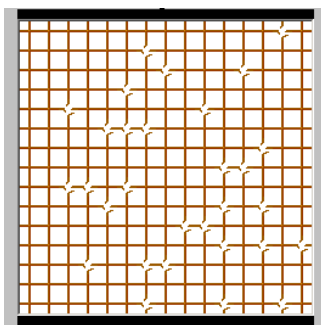


Рис. Ж.14

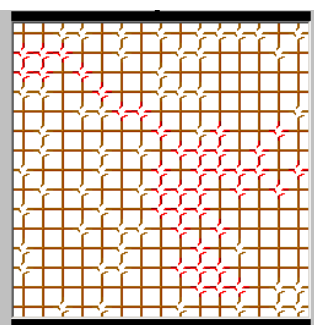


Рис. Ж.15

кількість перерізів (рис. Ж.14, Ж.15) для того, щоб визначити, при якій кількості перерізів припиняється протікання струму через сітку.

Вибираючи пункт головного меню “Вихід”, можна завершити роботу програми.

В програмі “Модель перколяції” для реалізації інтерфейсу використано такі

основні компоненти:

TMainMenu – для створення головного меню програми;

TWebBrowser – для відображення теоретичних відомостей до програми;

TStringGrid – для відображення контейнера з кульками та дротяної сітки;

TSpinEdit – числові поля з перемикачами, що дозволяють змінювати розмірність контейнера (або сітки) та кількість металевих кульок в контейнері (або розрізів у сітці);

TImageList – містить набір зображень однакового розміру, на які можна посилатись, використовуючи індекс, починаючи з 0. Використовується для відображення елементів контейнера (кульок металевих та пластмасових) та сітки (вузлів та перерізів).

В програмі проводиться перевірка наявності протікання та позначається іншим кольором „шлях” наявності протікання (у випадку контейнера) або відсутності протікання (у випадку дротяної сітки) за допомогою рекурсивної процедури. Якщо протікання є (для кульок) або немає (для решітки), то на екрані з’являється відповідне повідомлення.

Нижче наведено процедуру, яка використовується для „перемішування” кульок в контейнері та зміни положень розрізаних вузлів у сітці.

sg1 – це компонент TStringGrid;

sg1.ColCount та sg1.RowCount – це відповідно кількість колонок та рядків у компоненті TStringGrid;

seHoles та seCount – це компоненти TSpinEdit;

seCount.Value та seHoles.Value – це відповідно розмірність контейнера та кількість металевих кульок або розрізів у ньому.

Кожен елемент контейнера має власний номер колонки та рядка. Спочатку всім елементам присвоюється значення покажчика 1. Потім певним елементам, номери рядка і колонки яких обираються за допомогою генератора випадкових чисел, присвоюється значення покажчика 0. Кількість таких елементів визначається значенням параметра seHoles.Value.

Значення покажчика (0 та 1) відповідають індексу зображення одного із малюнків об'єкта TImageList, наприклад, так, як це показано на малюнку.



```

procedure TForm1.Mix;
var
  i,j:integer;
  a,b:integer;
begin
  for i:=0 to sgl.ColCount-1 do
    for j:=0 to sgl.RowCount-1 do
      sgl.Objects[i,j]:=pointer(1);
  i:=0;
  while i<seHoles.Value do
  begin
    a:=random(seCount.Value);
    b:=random(seCount.Value);
    if not (sgl.Objects[a,b]=nil) then
    begin
      sgl.Objects[a,b]:=nil;
      inc(i);
    end;
  end;
end;

```

**Завдання.** Створіть програму, яка б відображала контейнер з кульками (або дротяну сітку). В програмі потрібно передбачити випадковий характер розміщення елементів, можливість зміни користувачем порядку їх розташування та кількості металевих кульок в контейнері або розрізів сітки.

#### Контрольні запитання

1. Які явища та процеси називаються детермінованими, а які – стохастичними?
2. Що таке перколяція? Де використовується теорія протікання?
3. В чому полягає основна мета програми “Модель перколяції”?
4. Чи можливо досліди з кульками та з дротяною сіткою реалізувати в лабораторних умовах?
5. Які компоненти використовуються для реалізації інтерфейсу програми? Яке їх призначення?
6. До яких типів ППЗ належить програма “Модель перколяції”?
7. Які психолого-педагогічні вимоги до ПЗНП враховані і не враховані в наведеній вище програмі (на Ваш погляд)? Що б Ви змінили в ній? Чому?

Література для самопідготовки: [1, 9, 11, 22, 25].

## Лабораторна робота 11

### Тема. Комп'ютерне моделювання броунівського руху

**Мета.** *Ознайомити студентів із можливостями використання середовища Delphi для комп'ютерного моделювання броунівського руху*

Неупорядкований рух частинок, завислих в рідині або газі, отримав назву броунівського руху. Спеціальні дослідження показали, що характер броунівського руху залежить від властивостей рідини або газу, в яких перебувають частинки, але не залежить від властивостей речовини самих частинок. Крім того, було виявлено, що швидкість руху броунівських частинок зростає із збільшенням температури і зменшенням розмірів частинок. В теорії Ейнштейна-Смолуховського було показано, що середнє статистичне значення квадрата зміщення броунівських частинок від початкового положення прямо пропорційне абсолютній температурі, часу і обернено пропорційне радіусу частинки та в'язкості рідини:

$$\Delta \langle r^2 \rangle = \frac{2kT}{3\pi\eta R} \Delta t. \quad (1)$$

З появою молекулярно-кінетичної теорії була висунута гіпотеза, яка пізніше підтвердилась, що броунівський рух являє собою просто тепловий рух величезних "молекул". Досліди французького фізика Ж. Перрена, проведені в 1908 році, повністю підтвердили передбачення теорії.

Якісне пояснення емпіричних закономірностей броунівського руху можна дати, якщо прийняти, що рух завислих частинок виникає внаслідок ударів, які вони зазнають з боку рухомих молекул рідини або газу, в яких вони знаходяться. Звичайно, кожна броунівська частинка зазнає таких ударів з усіх боків. Якщо в рідині або газі знаходиться тіло звичайних розмірів, то число поштовхів, яких воно зазнає з боку молекул, таке велике, що неможливо помітити ні окремих поштовхів, ні випадкового переважання поштовхів одного напрямку над поштовхами інших напрямків. Для малих частинок загальне число поштовхів, що зазнаються ними, порівняно невелике, так що переважання числа ударів то одного, то іншого напрямку стає помітним, і саме завдяки таким флуктуаціям числа ударів і виникають специфічні рухи завислих частинок, які й називають броунівським рухом. При цьому траєкторія поступального руху броунівської частинки (як і будь-якої молекули в рідині) має дуже складний характер (див. рис. Ж.16): її шлях складається із неправильних зигзагів різної довжини.

Таким чином, броунівський рух пояснюється тим, що завдяки випадковій неоднаковості числа ударів молекул об частинку з різних напрямків виникає деяка рівнодійна сила певного напрямку. Оскільки флуктуації звичайно бувають короткочасними, то через деякий короткий проміжок часу напрямок рівнодійної зміниться, а разом з нею зміниться і напрямок переміщення частинки. Звідси хаотичність броунівських рухів, яка відображає хаотичність молекулярного руху.

Враховуючи випадковий характер ударів молекул рідини об броунівську частинку, її ламану зигзагоподібну траєкторію легко змоделювати за допомогою генератора випадкових чисел таким чином, щоб вид траєкторії був схожим на рух справжньої броунівської частинки, такий, як на рис. Ж.16.

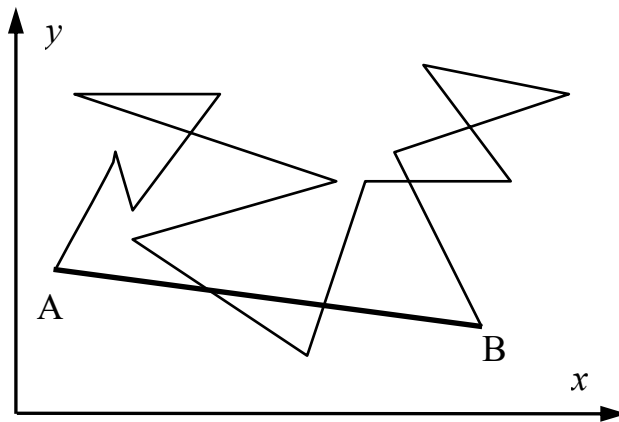


Рис. Ж.16

Для цього на кожному новому "проміжку часу" прирости координат кожної частинки знаходяться за формулами

$$\begin{aligned} \Delta x &= a_{\text{вип}} \cdot \cos \alpha_{\text{вип}}, \\ \Delta y &= a_{\text{вип}} \cdot \sin \alpha_{\text{вип}}, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $a_{\text{вип}}$  - випадкове число, яке задає модуль випадкового переміщення броунівської частинки в координатній площині  $xOy$ , а  $\alpha_{\text{вип}}$  - випадковий кут, який визначає напрямок її переміщення в

результаті хаотичних ударів молекул (див. рис. Ж.17).

Значення модуля випадкового переміщення броунівської частинки  $a_{\text{вип}}$  взагалі кажучи залежить від значення параметрів досліджуваної системи – значення в'язкості  $\eta$  рідини, її температура  $T$  і радіус частинки  $R$ . Для врахування цього у величину  $a_{\text{вип}}$

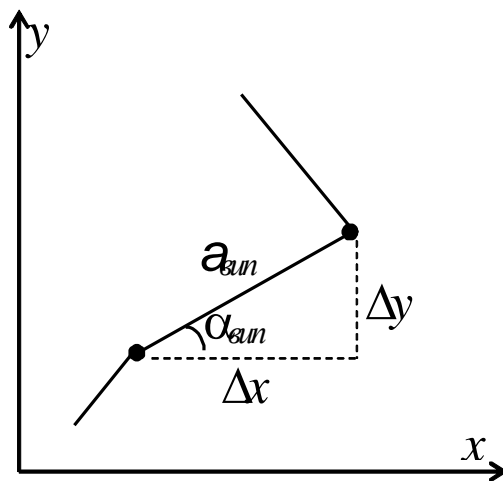


Рис. Ж.17

вводиться множник  $a_0 \sqrt{\frac{2kT}{3\pi\eta R}}$ , який не тільки дозволяє досягти якісного погодження з формулою Ейнштейна-Смолуховського, але й завдяки належним чином підбраному уточнюючому коефіцієнту  $a_0$  добитись і кількісного наближення результатів

обчислень в рамках розробленої комп'ютерної моделі до теоретичних.

Після завантаження програми „Дослідження закономірностей броунівського руху” на екрані з’являється вікно, що складається з двох частин. В лівій частині розташовані кнопки з написами „Початок дослід”, „Перервати”, „Продовжити”, „Теоретичні відомості”, „Інструкція дослід”, „Опис установки”. В правій частині знаходиться зображення робочого вікна програми (рис. Ж.18).

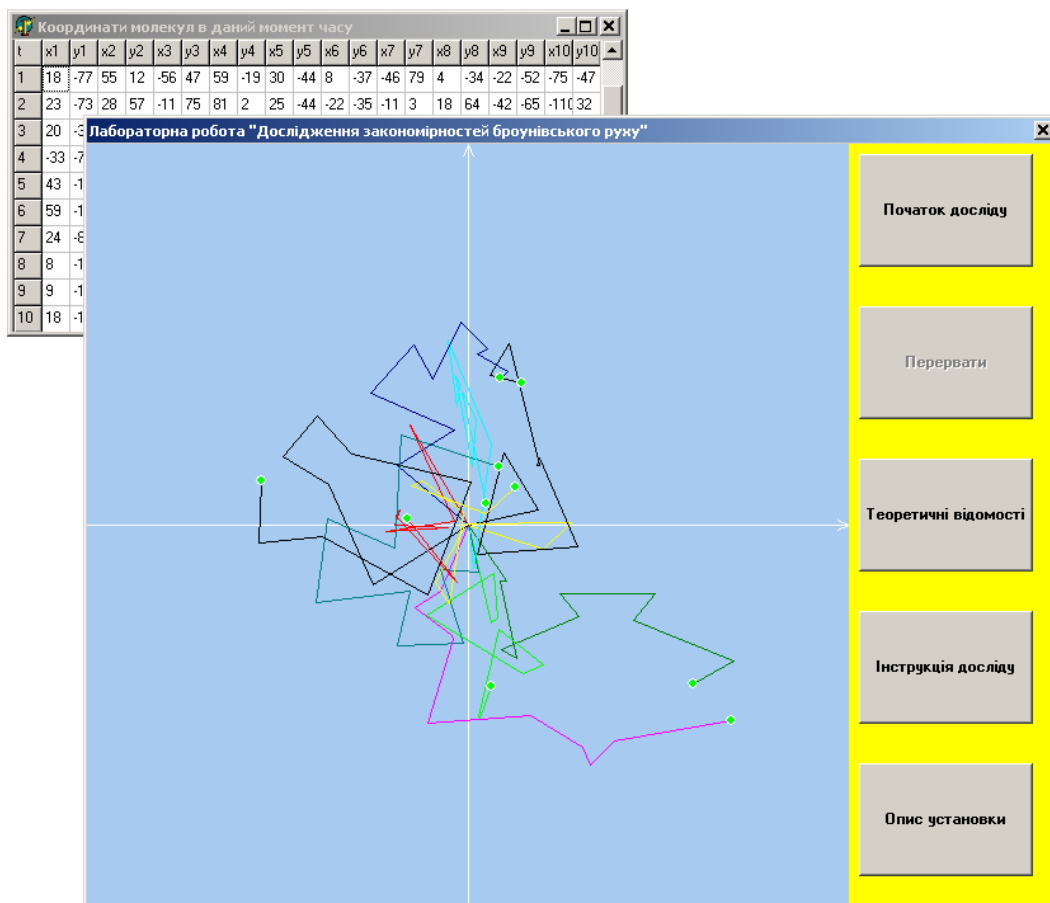


Рис. Ж.18

Зміна стану системи в досліді здійснюється натисканням кнопки “Початок досліду”, що в експерименті призводить до переміщення частинок в посудині.

Координати частинок обраховуються з використанням генератора випадкових чисел. Виходячи із формул (2), обрахувати координати кожної з десятих частинок в певний момент часу можна наступним чином:

```

randomize;
for i:=1 to 10 do
begin
  r1:=random(100);
  r2:=random(360)/360;
  x[i]:=round((x[i-1]+r1*cos(2*pi*r2)));
  y[i]:=round((y[i-1]+r1*sin(2*pi*r2)));
end;

```

Поруч з зображенням установки знаходиться таблиця, в якій приводяться координати 10 частинок в десятих моментах часу. Праворуч таблиці міститься лінійка прокрутки для зручного перегляду даних таблиці. Проведення дослідів можна призупинити натиснувши на кнопку з написом “Перервати”, і через деякий час можна поновити проведення дослідів натиснувши на кнопку “Продовжити”. Якщо натиснути на кнопки “Теоретичні відомості”, то буде здійснено перехід у режим виводу на екран історичної довідки у вигляді тексту в центральній панелі.

При натисканні кнопки “Інструкція досліду” на екрані з’являється текст з інструкцією про хід проведення експерименту. Активізувавши кнопку “Опис установки” можна прочитати пояснювальний текст до експериментальної установки досліду. Програма „Дослідження закономірностей броунівського руху” закривається за допомогою стандартних кнопок закриття вікон операційної системи Windows, а також натисканням комбінації клавіш Alt+F4.

**Завдання.** Створіть програму, яка б моделювала рух однієї броунівської частинки та виводила на екран її координати в кожен момент часу.

#### Контрольні запитання

1. Як фізично пояснюється броунівський рух?
2. Якими математичними формулами він описується?
3. Які параметри і характеристики потрібно врахувати, задаючи координати броунівської частинки при комп’ютерному моделюванні?
4. До яких типів ППЗ належить програма „Дослідження закономірностей броунівського руху”?
5. Які психолого-педагогічні вимоги до ПЗНП враховані і не враховані в даній програмі, на Ваш погляд? Що б Ви змінили в ній? Чому?

Література для самопідготовки: [1, 9, 11, 22, 25].



### Література

1. Архангельский А.Я. Программирование в Delphi 6. – М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2001 г. 1120 с.: ил.
2. Бендриков Г.А., Буховцев Б.Б., Керженцев В.В., Мякишев Г.Я. Задачи по физике для поступающих в вузы: Учебн. пособие – 6-е изд., испр. – М.: Наука, 1987. – 400 с., ил.
3. Бочкин А.И. Методика преподавания информатики: Учеб. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1998. – 431 с.: ил.
4. Бурсиан Э.В. Задачи по физике для компьютера: Учебн. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1991. – 256с.: ил.
5. Використання обчислювальної техніки в навчальному процесі: Методичні рекомендації до курсу „Обчислювальна техніка та технічні засоби навчання” для студентів педагогічних вузів / Укл. М.В. Дудик, В.О. Колмакова, О.В. Малишевський. – Умань: УДП, 1992. – 60 с.
6. Виллетт Э., Кроудер Д. Microsoft Office 2000. Библия пользователя.: Пер. с англ. - М.: Издательский дом “Вильямс”, 2001. – 1056с.
7. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Изд. „Наука”, 1973. – 464 с.
8. Галузеві стандарти вищої освіти. Педагогічна освіта. Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика. – Частина II. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра. – К.: Видавництво НПУ ім. М.П. Драгоманова. – 2003. –74 с.
9. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: в 2-х частях. Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.
10. Жалдак М.І., Рамський Ю.С. Чисельні методи математики: Посібник для самоосвіти вчителів. – К.: Радянська школа, 1984. . – 206 с.
11. Займан Дж. Модели беспорядка. – М.: Мир, 1982 – 591 с.
12. Кирьянов Д.В. Самоучитель Mathcad 11. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.: ил.
13. Комп'ютер на уроках фізики: Посібник для вчителів / Жалдак М.І., Набочук Ю.К., Семешук І.Л. – Костопіль: РВП „РОСА”, 2005. – 228 с.
14. Жалдак М.І., Лапінський В.В., Шут М.І. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики: Посібник для вчителів // Інформатика. № 3-4 – 2006. –96 с.
15. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования. / Авт. предисл. А.А. Самарский / Серия «Кибернетика – неограниченные возможности и возможные ограничения». – М.: Наука, 1988. – 176 с.
16. Кухарчук Р. Використання електронних таблиць Excel під час дослідження закону Ома для повного кола. // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 3. – С.51-53.
17. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики: У 3 т.: Навч. посіб. для студ. вищ. техн. і пед. закл. освіти / І.М.Кучерук, І.Т.Горбачук,

- П.П.Луцик; За ред. І.М.Кучерука. -. К.: Техніка, 1999.
18. Математическое моделирование / Под ред. Дж. Эндрюс, Р. Мак-Лоун. – М.: Мир, 1979. – 276 с.
  19. Теплицький І.О. Елементи комп'ютерного моделювання: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 208 с., іл.
  20. Тхір І. Л., Калушка В. П., Юзьків А. В. Посібник користувача ПК. В 2-х томах. – Тернопіль: Технічний коледж УДТУ, 1999, - 564 с.
  21. Турчак Л.И. Основы численных методов: Учеб. пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 320 с.
  22. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці. – К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 480 с.: іл.
  23. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике - М.: Наука, 1990. – 328 с.
  24. Християнов О.М., Ващук О.В. Вимоги до навчаючих комп'ютерних програм у контексті активізації пізнавальної діяльності учнів. // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1999. –№1. – С.3-8.
  25. Швець В. Застосування пакета Excel для обробки даних лабораторних робіт з фізики. // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 6. – С.51-53.
  26. Эфрос А.Л. Физика и геометрия беспорядка – М.: Наука, 1982.– 176 с.

### Додаток 3

#### Зразок завдань підсумкової контрольної роботи з комп'ютерного моделювання

**Завдання 1 (теоретична частина – 4 б.).** Вибрати правильну відповідь.

1. Яке висловлювання точніше передає поняття моделі:
  - а) точна копія оригіналу;
  - б) зменшений оригінал;
  - в) образ оригіналу з найбільш характерними для нього властивостями;
  - г) початкове уявлення про майбутній об'єкт?
2. Комп'ютерне моделювання – це
  - а) процес створення копії об'єкта комп'ютерними засобами;
  - б) процес моделювання об'єкта, процесу або явища комп'ютерними засобами;
  - в) побудова моделі на екрані комп'ютера;
  - г) розв'язування конкретної задачі за допомогою комп'ютера.
3. Знаковою моделлю є
  - а) правила дорожнього руху;
  - б) музична композиція;
  - в) формулювання другого закону Ньютона;
  - г) фото-реклама товарів супермаркету.
4. Математичною моделлю є
  - а) правила дорожнього руху;
  - б) музична композиція, записана на нотному стані;
  - в) формула другого закону Ньютона;
  - г) номенклатура списку товарів супермаркету.
5. Детермінованою моделлю є
  - а) модель випадкового блукання;
  - б) модель формування черги;
  - г) модель броунівського руху;
  - д) модель руху тіла, кинутого під кутом до горизонту.
6. Стохастичною моделлю є
  - а) модель охолодження кави;
  - б) модель броунівського руху;
  - г) модель штучного супутника Землі;
  - д) модель тіла, що вільно падає в середовищі з опором.
7. Комп'ютерний експеримент – це
  - а) розв'язування задачі на комп'ютері;
  - б) розробка і дослідження моделі за допомогою комп'ютерних програм;
  - г) підключення комп'ютера для обробки фізичних експериментів;
  - д) автоматизоване управління фізичним експериментом.
8. Послідовність етапів комп'ютерного моделювання:

- а) цілі моделювання, аналіз об'єкта, математична модель, метод, алгоритм + програма або програмний засіб, експеримент, аналіз, уточнення моделі;
- б) цілі моделювання, математична модель, аналіз об'єкта, алгоритм + програма або програмний засіб, експеримент, уточнення вибору об'єкту;
- в) аналіз об'єкта, цілі моделювання, математична модель, експеримент, алгоритм + програма або програмний засіб, аналіз, тестування;
- г) аналіз об'єкта, математична модель, цілі моделювання, метод, алгоритм + програма або програмний засіб, експеримент.

### Практична частина

**Завдання 2 (4 б.).** Проаналізувати фізичний об'єкт чи процес. Визначити, які програмні середовища доцільно використати для створення його комп'ютерної моделі. Обґрунтувати вибір середовищ. Пояснити які засоби обраних середовищ для цього використовуються.

- 1) Відобразити траєкторії руху променів через двоопуклу лінзу.
- 2) Дослідити зміну в процесі радіоактивного розпаду маси речовини з часом, що описується залежністю

$$m = m_0 e^{-kt},$$

де  $m_0$  – маса речовини в початковий момент часу  $t = 0$ ,  $k$  – коефіцієнт пропорційності ( $k > 0$ ).

- 3) Контур складається з зарядженого в початковий момент часу  $t_0$  конденсатора  $C$ , резистора  $R$ , котушки індуктивності  $L$ . Побудувати графік затухаючих коливань в контурі, які описуються залежністю

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0.$$

**Завдання 3 (4 б.).** Розробити математичну модель фізичного об'єкта чи процесу, що досліджується в задачі. Визначити, яке програмне середовище доцільно використати для створення його комп'ютерної моделі. Обґрунтувати вибір середовища. Пояснити які засоби обраного середовища для цього використовуються.

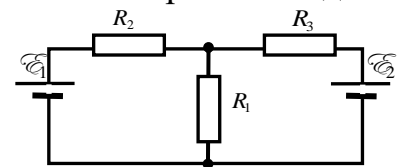


Рис. 3.1

Задача 1. У колі, зображеному на рис. 3.1, електрорушійні сили  $\mathcal{E}_1 = 1,5$  В,  $\mathcal{E}_2 = 1$  В, опори  $R_1 = 100$  Ом,  $R_2 = 50$  Ом і  $R_3 = 80$  Ом. Обчислити сили струмів.

Задача 2. До пружини жорсткістю  $10$  Н/м підвісили кульку масою  $100$  г. Спочатку пружина була не розтягнута, потім кульку відпустили. Використавши закон збереження енергії, встановити, якої найбільшої швидкості досягне кулька під час свого руху.

**Критерії оцінювання знань і вмінь студентів  
з комп'ютерного моделювання**

<b>Рівні сформованості знань і вмінь у студентів</b>	<b>Бали</b>	<b>Загальні критерії оцінювання знань і вмінь студентів з комп'ютерного моделювання</b>
<b>I. Низький</b>	1–3	<p>Студент</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– посередньо володіє основними поняттями комп'ютерного моделювання;</li> <li>– не розрізняє типи моделей;</li> <li>– називає приклади моделей, але не може віднести їх до певного типу;</li> <li>– виконує елементарні завдання за зразком;</li> <li>– має фрагментарні знання та вміння щодо призначення, функцій комп'ютерного моделювання та використання програмних засобів для створення комп'ютерних моделей.</li> </ul>
<b>II. Середній</b>	4–6	<p>Студент посередньо володіє поняттями</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– моделі,</li> <li>– моделювання,</li> <li>– комп'ютерного моделювання;</li> </ul> <p>погано розрізняє</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– типи моделей за способом подання, за призначенням, за станом;</li> </ul> <p>називає приклади моделей, але не може віднести їх до певного типу;</p> <p>описує</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– етапи математичного моделювання;</li> <li>– етапи комп'ютерного моделювання;</li> </ul> <p>дає правильні відповіді, але недостатньо осмислені;</p> <p>вміє застосовувати знання при виконанні завдань за зразком;</p> <p>має стійкі вміння та навички роботи з програмними засобами для створення комп'ютерних моделей.</p>
<b>III. Достатній</b>	7–9	<p>Студент володіє поняттями</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– моделі,</li> <li>– моделювання,</li> <li>– комп'ютерного моделювання;</li> </ul> <p>розрізняє</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– типи моделей за способом подання, за призначенням, за станом;</li> <li>– матеріальні та інформаційні моделі;</li> </ul>

Рівні сформованості знань і вмінь у студентів	Бали	Загальні критерії оцінювання знань і вмінь студентів з комп'ютерного моделювання
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– знакові та вербальні моделі;</li> <li>– детерміновані та стохастичні моделі;</li> </ul> <p>називає приклади моделей різного типу за різними критеріями;</p> <p>описує</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– послідовність етапів математичного моделювання;</li> <li>– послідовність етапів комп'ютерного моделювання;</li> </ul> <p>добре володіє теоретичним матеріалом, застосовує знання на практиці.</p> <p>Студент вміє</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– аналізувати й систематизувати отримані відомості;</li> <li>– самостійно виконувати навчальні завдання;</li> <li>– самостійно знаходити і виправляти допущені помилки;</li> <li>– аргументовано обрати раціональний спосіб виконання навчального завдання;</li> <li>– вміє використовувати різні програмні засоби для створення комп'ютерних моделей;</li> <li>– визначає доцільність використання того чи іншого програмного засобу для створення певної комп'ютерної моделі, на різних етапах комп'ютерного моделювання.</li> </ul>
<b>IV. Високий</b>	10–12	<p>Студент володіє поняттями</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– моделі,</li> <li>– моделювання,</li> <li>– комп'ютерного моделювання;</li> </ul> <p>розрізняє</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– типи моделей за способом подання, за призначенням, за станом;</li> <li>– матеріальні та інформаційні моделі;</li> <li>– знакові та вербальні моделі;</li> <li>– детерміновані та стохастичні моделі;</li> </ul> <p>називає приклади моделей різного типу за різними критеріями;</p> <p>описує</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– послідовність етапів математичного моделювання;</li> <li>– послідовність етапів комп'ютерного моделювання;</li> </ul> <p>має системні глибокі знання, продуктивно використовує їх у стандартних та нестандартних ситуаціях.</p> <p>Студент вміє</p>

<b>Рівні сформованості знань і вмінь у студентів</b>	<b>Бали</b>	<b>Загальні критерії оцінювання знань і вмінь студентів з комп'ютерного моделювання</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– самостійно аналізувати, оцінювати, узагальнювати опанований матеріал;</li> <li>– самостійно користуватися інформаційними джерелами;</li> <li>– вільно використовувати різні програмні засоби для створення комп'ютерних моделей;</li> <li>– самостійно визначає доцільність використання того чи іншого програмного засобу для створення певної комп'ютерної моделі на різних етапах комп'ютерного моделювання;</li> <li>– створювати власні навчальні комп'ютерні моделі.</li> </ul>

## Додаток К

### Фрагмент курсової роботи на тему “Використання 3ds Max в комп’ютерному моделюванні фізичних процесів”

#### Зміст

Вступ

Розділ 1. Теоретичні основи проблеми дослідження

1.1. Комп’ютерне моделювання, як метод наукового пізнання

1.2. Застосування засобів 3ds Max в комп’ютерному моделюванні

Розділ 2. Особливості створення засобами 3ds Max та використання комп’ютерних моделей фізичних явищ і процесів

2.1. Розробка комп’ютерної моделі “Вільне падіння тіл”

2.2. Розробка комп’ютерної моделі “Фотоелемент. Практичне застосування фотоефекту”

2.3. Приклад використання моделі “Фотоелемент. Практичне застосування фотоелементу” на уроці фізики у 11 класі

Висновки

Список використаних джерел



## Розділ 2 (курсової роботи)

### Особливості створення засобами 3ds Max та використання комп'ютерних моделей фізичних явищ і процесів

3ds Max – це програмний продукт, який використовується в кіноіндустрії та інших галузях, для створення сучасних тривимірних фільмів, ігор, різноманітних презентацій, тривимірних моделей різної складності, зокрема, для моделювання фізичних явищ. В програмі 3ds Max міститься потужний модуль фізики Navok, за допомогою якого можна змоделювати поведінку фізичного тіла.

#### 2.1. Розробка комп'ютерної моделі «Вільне падіння тіл»

Для дослідження вільного падіння тіл знадобляться скляна трубка, в якій поміщені металева кулька і листок з дерева. Для моделювання цього фізичного досліду потрібно виконати наступні кроки.

1. **Створити скляну трубку.** Відкрити програму 3ds Max, використати закладку Create→Shapes→Lines, на відкритій панелі встановити прапорці Smooth, і побудувати лінію, зображену на рис. К.1.

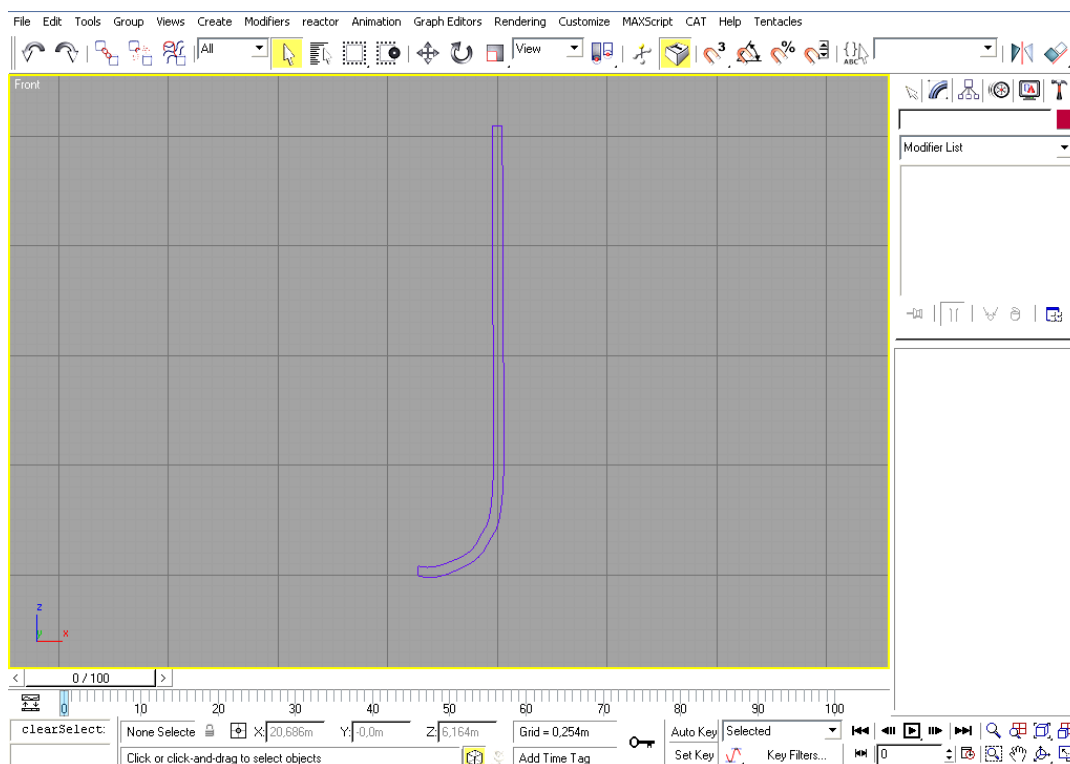


Рис. К.1

Далі слід виділити створену лінію і виконати команду **Modifiers**→**Patch/Spline Editing**→**Lathe**. В полях Segments (Кількість сегментів) вказати число 32, в результаті отримаємо трубку (рис. К.2).

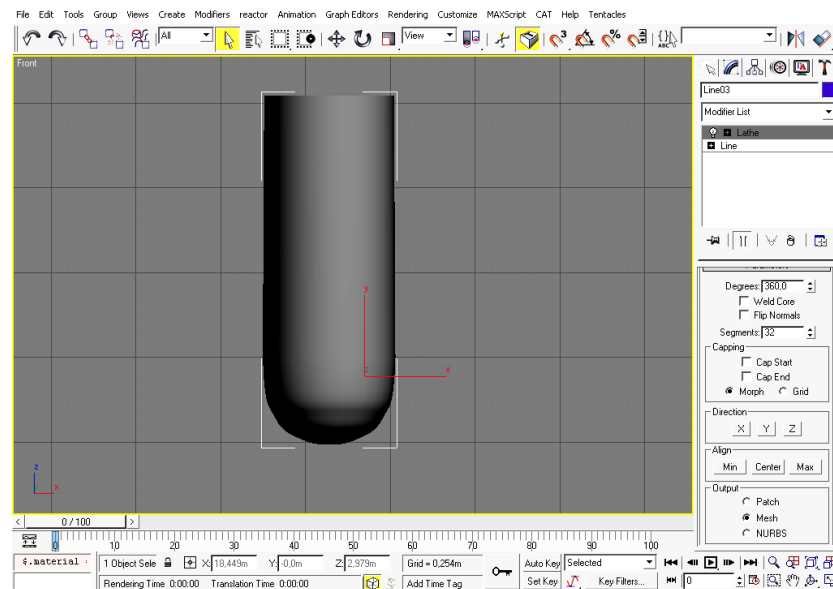


Рис. К.2

2. **Створення кришки трубки.** Виконати команду **Create**→**Extended Primitives**→**ChamferCylinder** (Згладжений циліндр). Створити циліндр в проекції Top (Зверху), задати радіус, висоту, згладженість і за допомогою інструменту Move (Рух) помістити об'єкт над верхньою частиною трубки (рис. К.3).

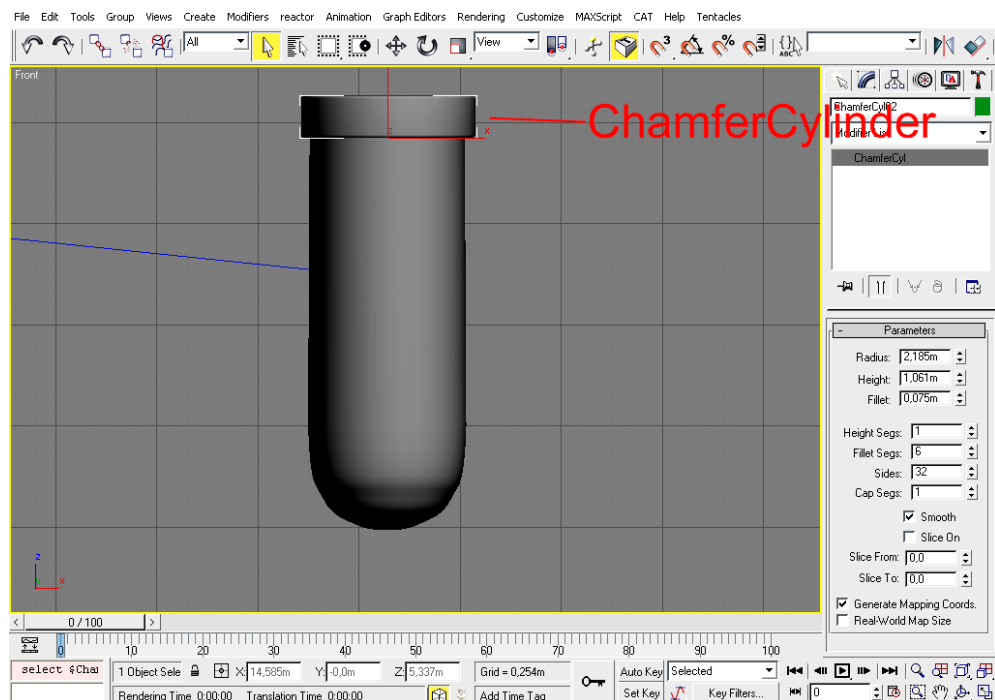


Рис. К.3

Аналогічно створити трубку для відкачування повітря.

3. **Створення листка дерева.** Для цього знадобиться текстура листка і його карта прозорості (рис. К.4).

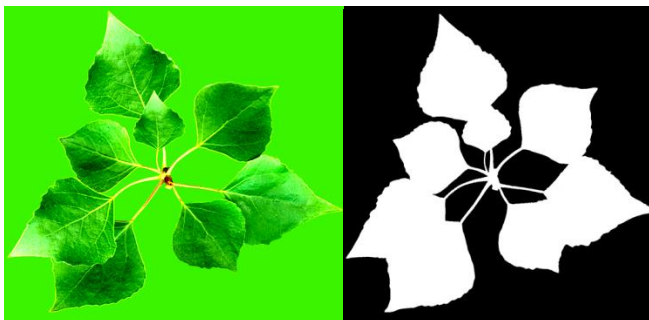


Рис. К.4

Слід скористатись закладкою Create→Standard Primitives→ Plane (Площина). Застосувати модифікатор деформації FFD 4x4x4 для надання площині нерівної форми. Застосувавши текстуру до площини, отримуємо зображення листка (рис. К.5).



Рис. К.5

4. **Створення кульки.** Металеву кульку можна створити, виконавши команду Create→ Standard Primitives→ Sphere (Сфера). Для моделювання якісного зображення слід встановити кількість сегментів рівною 32. На цьому створення об'єктів завершується, після застосування матеріалу скла і гуми одержуємо кінцевий графічний результат (рис. К.6).



Рис. К.6

5. **Моделювання фізичного явища.** Перш за все потрібно додати в сцену колекцію твердих тіл, поведінка яких визначається фізичними законами. Для цього слід перейти на закладку `Helpers`→`reactor`→`RBCollection`. Далі скористатись послугою `Pick` (Виділити) для щойно створеної панелі і по черзі виділити скляну трубку, металеву кульку і листок дерева. Після цього перейти на закладку `Utilites`, і виконати команду `reactor`. Спочатку слід виділити трубку, вона повинна бути нерухомою, тому в панелі `Properties` (Властивості), що розгортається, встановити прапорець `Unyielding` (Жорсткий). Трубка є увігнутою оболонкою, тому потрібно встановити перемикач (`Concave Mesh`). Виділивши металеву кульку, треба встановити такі властивості: `Mass`-1,0(кг), `Friction` (Пружність)-0,3, `Elasticity` (коефіцієнт тертя)-0,3. Куля є опуклою оболонкою, тому слід встановити перемикач (`Mesh Convex Hull`). Виділивши листок, слід виконати дії аналогічні тим, які виконували с кулею, тільки в полі `Mass`, встановити значення 0,01(кг). Для досліду знадобиться ще одна скляна трубка з кулею і листком. Для

того, щоб їх створити, слід виділити все, використавши комбінацію клавіш **Ctrl+A**, потім виконати команду **Move**, натиснути і, утримуючи клавішу **Shift**+кнопка **Move**, рухати виділене по осі **X**. Далі потрібно додати копії до колекції твердих тіл, потім виділити кульку і листок, встановити в **Properties** (Властивості) на закладці **Utilities**→**reactor**, властивість **Mass-0,0(кг)** – це дасть змогу ігнорувати опір повітря. Далі слід перейти на вкладку **Utilities**→**reactor**→**Preview&Animation** і виконати команду **Preview in Window** (Показ у вікні). У вікні, що з'явиться на екрані, слід виконати команду **P** (старт). Тепер можна переглянути і при необхідності відредагувати перебіг фізичного процесу. У вікні буде відображено дві колби (рис. К.7), на початку симуляції в першій колбі металева куля буде рухатись і впаде швидше за листок, а в іншій – і листок, і куля впадуть одночасно, тому що в другій колбі немає опору повітря.

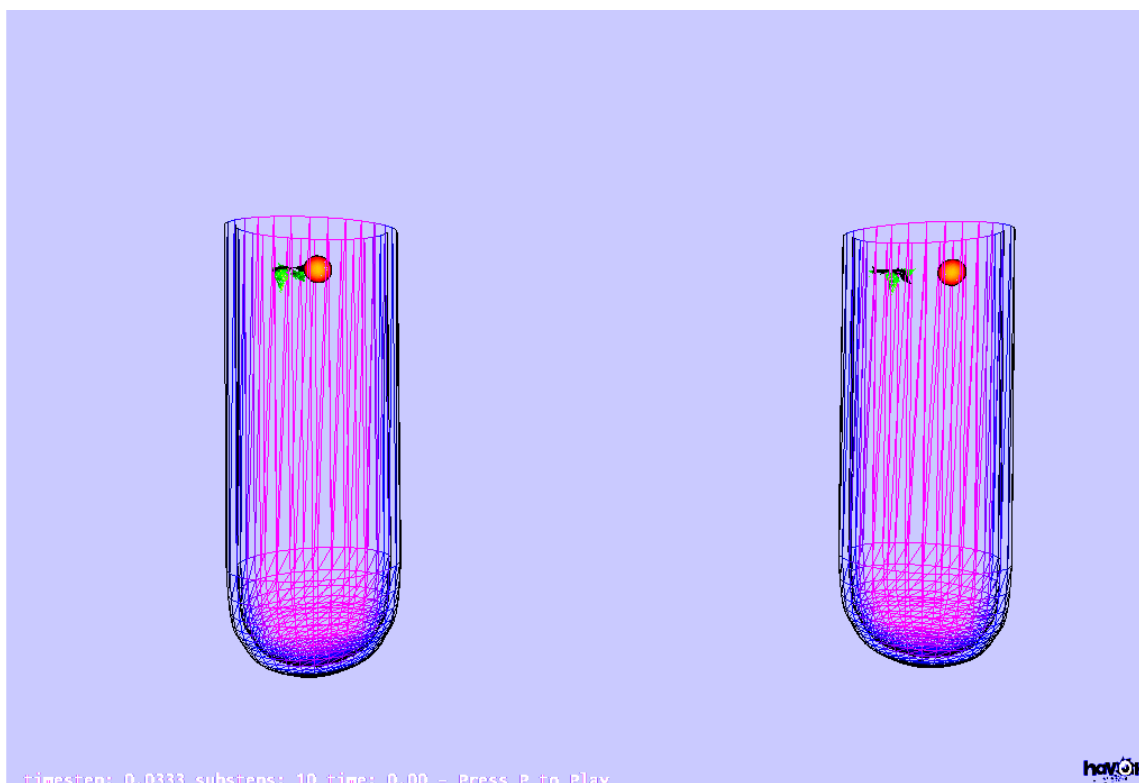


Рис. К.7

Переконавшись, що імітація фізичного процесу відповідає реальності, слід закрити вікно. Не закриваючи **Utilities**→**reactor**→**Preview&Animation**, встановити такі значення **Start Frame** (Початок) - 0, **End Frame** (кінець) - 350

(це приблизно 9 с). Потім виконати команду Create Animation і створити анімацію досліду.

## 2.2. Розробка комп'ютерної моделі «Фотоелемент. Практичне застосування фотоелементу».

Для проведення досліду потрібні: фотоелемент, батарея, електрична лампочка.

1. Побудова фотоелементу. Спочатку треба перейти на закладку Create→Shapes→Lines і зробити контур фотоелементу, потім застосувати модифікатор Modifiers→Patch/Spline Editing→Lathe. В полях Segments (Кількість сегментів) встановити число 32, в результаті отримаємо модель фотоелементу (рис. К.8).

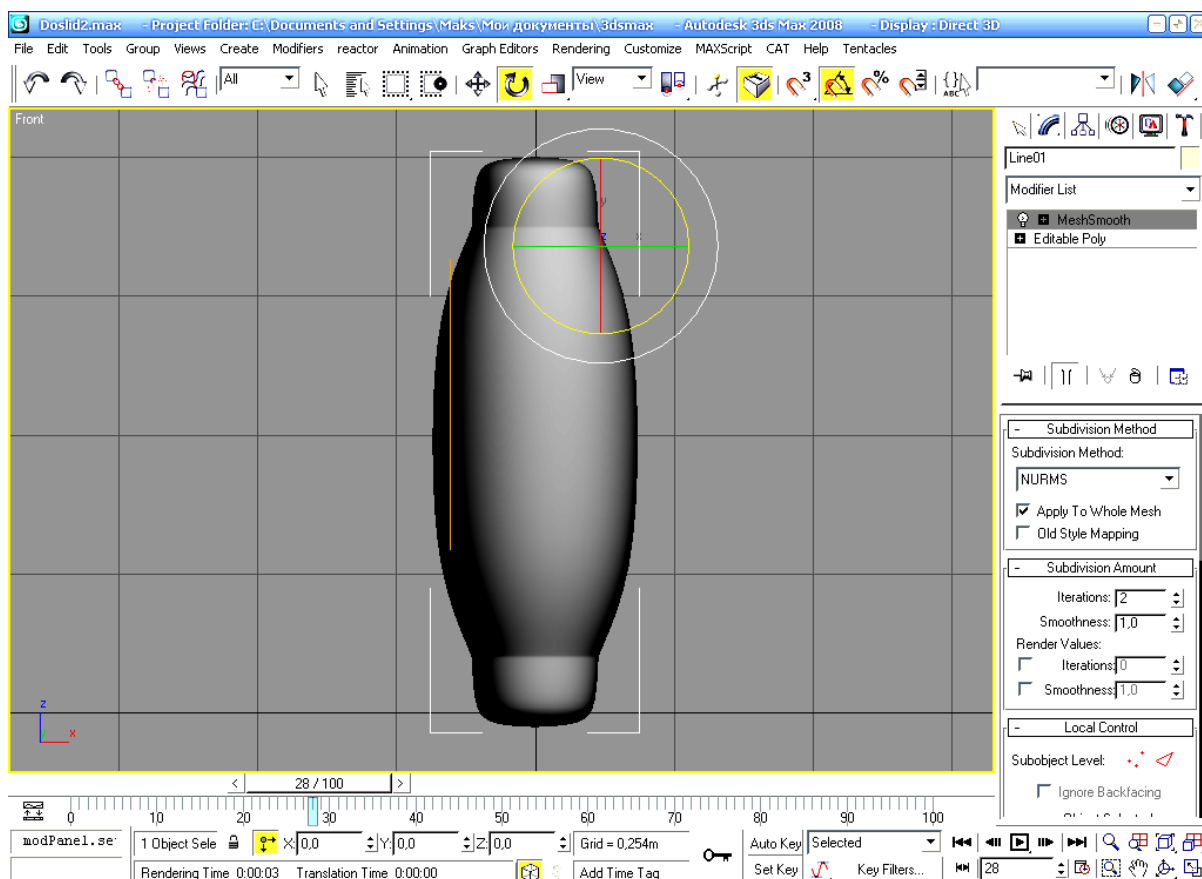


Рис. К.8

Далі слід перейти до побудови аноду і тримача. Натиснути на панелі Create→ Extended Primitives→ Chamfer Cylinder (Згладжений циліндр). Створити циліндр в проекції Top (Зверху), зробити копію створеного циліндра, розтягнути і отримаємо анод (рис. К.9).

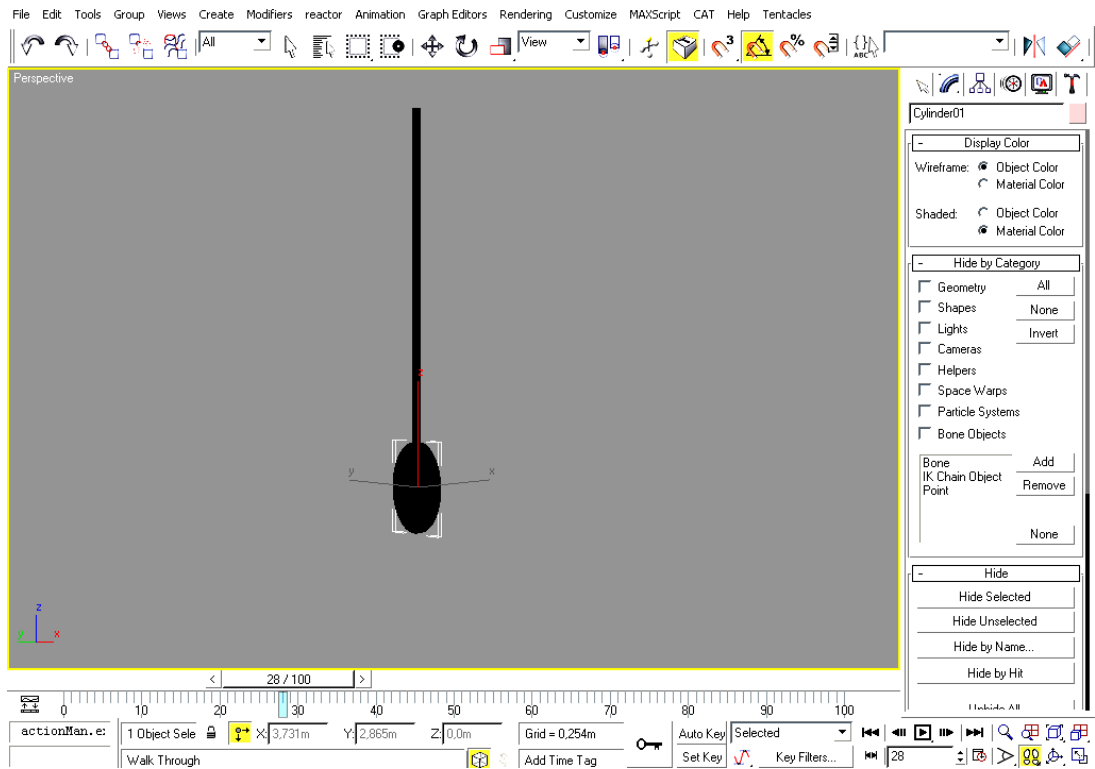


Рис. К.9

Для створення катоду потрібно виконати наступні дії. Виділити фотоелемент, натиснути праву кнопку миші і натиснути Convert to→Editable Poly. Перейти на панель Modify і перейти на рівень редагування полігонів, виділити полігони по формі катоду і присвоїти йому чорний матеріал (рис. К.10).

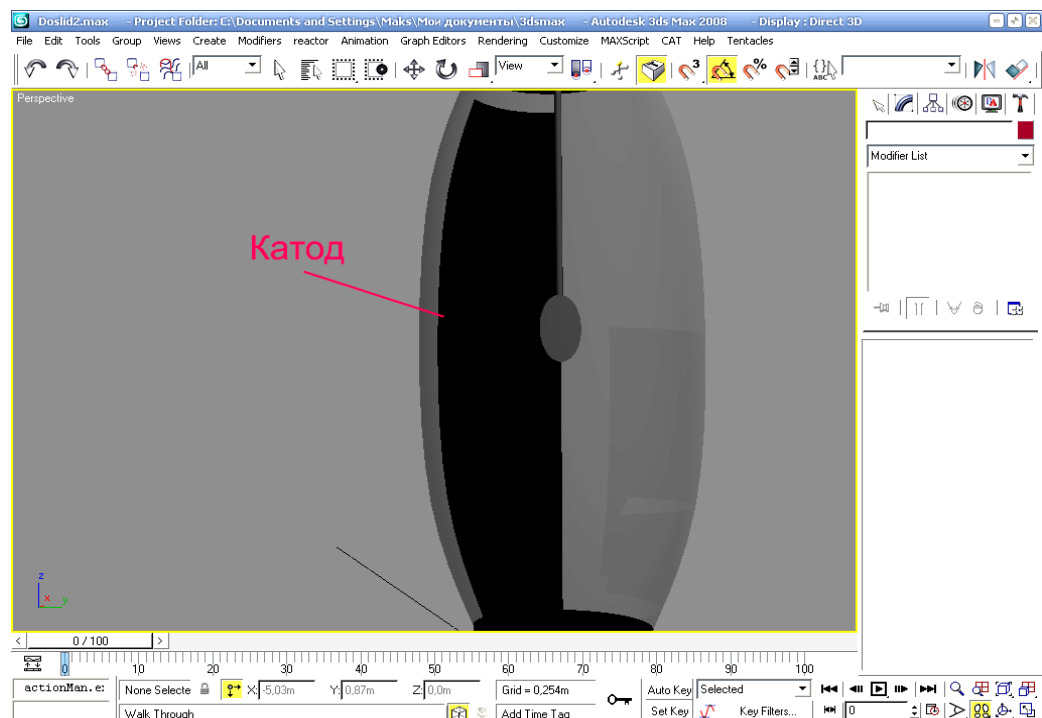


Рис. К.10

2. Батарею слід побудувати аналогічно тому, як створюється фотоелемент.
3. **Створення джерела світла.** В досліді буде використовуватися світло, що падає на фотоелемент, для цього слід створити направлене джерело світла Spot (Create→Lights→Target Spot). Далі, щоб його було видно в сцені, потрібно перейти на закладку Rendering→Environment→Add Effect→Volume Light (Об'ємне світло), натиснути кнопку Pick Light (Вибрати джерело), і вибрати створене джерело світла.
4. **Створення потоку фотоелектронів.** Для цього потрібно використати джерела частинок: Create→Practicles→Spray. В полях Render count (Кількість частинок) встановити – 1000.
5. **Моделювання досліді.** Суть досліді в тому, що коли фотоелемент підключений до джерела електричної енергії через нього не проходить електричний струм, а коли вмикається світло, елемент проводить струм і вмикається лампочка. Дослід починається з появи назв над кожним елементом в сцені, це триває по 2 секунди, потім камера наближається до фотоелементу і показуються його складові: використовується два об'єкти тексту (Create→Shapes→Text) «Анод» і «Катод». Далі камера повертається до початкового положення, все це займає 14 секунд, потім на 15-й секунді вмикається джерело світла (Spot), і камера наближається до фотоелементу. На 16 секунді вмикається джерело частинок (Spray, яке виконує роль фотоелектронів) і вмикається тест з написом «Фотоелектрони», камера повертається в початкове положення, одразу вмикається лампочка, сигналізуючи, що з'явився струм в колі. В кінцевому результаті отримаємо відеофайл досліді з розширенням \*.avi.



## Додаток Л

### Фрагмент курсової роботи на тему “Навчання основ комп’ютерного моделювання засобами MS PowerPoint в шкільному курсі інформатики”

#### Зміст

Вступ

Розділ 1. Теоретичні основи проблеми дослідження

1.1. Комп’ютерне моделювання, як метод наукового пізнання

1.2. Можливості використання засобів PowerPoint для створення анімаційних моделей

Розділ 2. Методичні особливості навчання комп’ютерного моделювання засобами PowerPoint на уроках інформатики у старшій школі

2.1. Створення моделей засобами PowerPoint на уроках інформатики у 10 класі

2.2. Створення моделей засобами PowerPoint на уроках інформатики у 11 класі

2.3. Методика проведення та результати експериментального дослідження

Висновки

Список використаних джерел

## Розділ 2 (курсової роботи)

### Методичні особливості навчання комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів засобами PowerPoint на уроках інформатики у старшій школі

#### 12) 2.1 Створення моделей засобами PowerPoint на уроках інформатики у 10 класі

13) Ефективність освіти залежить від рівня підготовки викладача. Сучасному вчителю потрібно творчо мислити, створювати і застосовувати на практиці власні освітні продукти. Однією з програм, використання якої дає можливість створювати саме такі продукти, є PowerPoint.

PowerPoint – це популярна прикладна програма загального призначення для створення презентацій. Продукти цієї програми можна використовувати для:

- 1) унаочнення навчального матеріалу,
- 2) управління навчально-пізнавальною діяльністю,
- 3) контролю та перевірки засвоєння навчального матеріалу,
- 4) узагальнення та систематизації знань [12].

Зупинимось детальніше на останньому пункті. Розглянемо на прикладі фрагменту уроку, який проводився під час проходження педагогічної практики, як за допомогою засобів PowerPoint можна узагальнити та систематизувати знання учнів з теми “Створення презентацій. Демонстрація презентацій”.

Метою проведення уроку було удосконалити вміння та навички використання засобів програми PowerPoint на основі міжпредметних зв'язків інформатики та фізики, розвинути самостійність, виховати інтерес до інформатики.

#### I. Бесіда з учнями.

1. В чому полягає суть сили тяжіння?
2. Що є підтвердженням сили тяжіння?
3. Від чого залежить прискорення вільного падіння?

4. Чи залежить прискорення вільного падіння від маси тіла?

Після з'ясування цих питань, вчитель пропонує учням виконати такі завдання.

**Завдання 1.** Створити модель дії сили тяжіння на тіло засобами PowerPoint.

**Завдання 2.** За допомогою анімації створити модель кипіння.

**Завдання 3.** За допомогою графічних об'єктів створити модель дифузії газу.

**Завдання 4.** Створити модель заломлення світла

**Завдання 5.** Створити модель дисперсії світла

Для виконання завдань учні поділяються на 5 груп.

Учитель повідомляє шлях до файлів завчасно підготовлених малюнків та анімацій, які можуть використовувати учні при створенні комп'ютерної моделі.

Приклад оформлення однієї з моделей, створених учнями зображено на рис. Л.1.

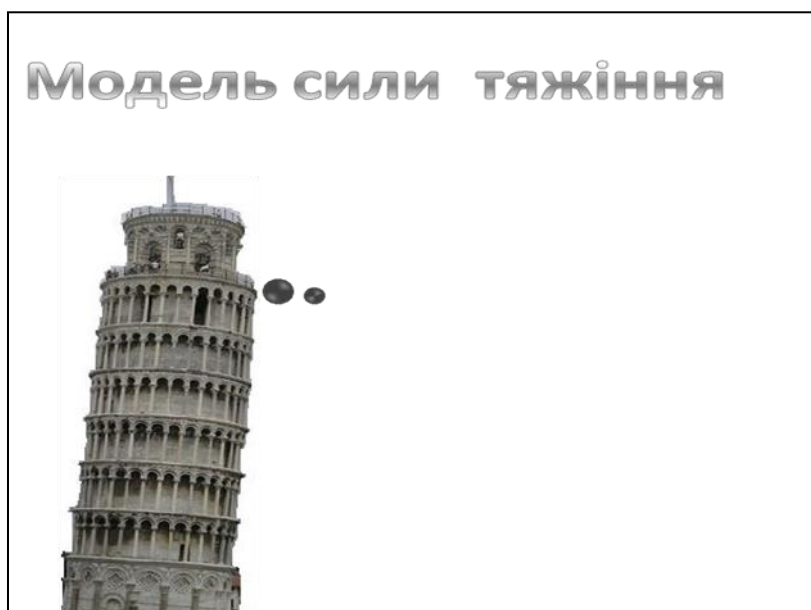


Рис. Л.1

Таким чином, учні впродовж уроку створюють запропоновані моделі, при цьому вони удосконалюють навички роботи з засобами PowerPoint, розвивають мислення (абстрактне, логічне), уяву, творчість. Крім того, дане завдання підвищує інтерес і до інформатики, і до фізики, сприяє формуванню наукового світогляду учнів.

## 14) 2.2 Створення моделей засобами PowerPoint на уроках інформатики у 11 класі

При вивченні комп'ютерного моделювання у 11 класі учням можна запропонувати створити модель за допомогою засобів PowerPoint.

Розглянемо це на прикладі фрагмента уроку.

**Тема уроку:** Етапи побудови комп'ютерної моделі. Комп'ютерне моделювання.

### **Мета.**

**Навчальна.** Формування теоретичної бази знань учнів з основ інформатики. Ознайомити учнів з поняттям моделі та етапами комп'ютерного моделювання.

**Розвиваюча.** Розвинути просторову уяву.

**Виховна.** Виховати інтерес до предмету.

**Тип уроку:** комбінований урок

**Обладнання:** карточки із завданням, комп'ютерна модель.

### **Хід уроку**

#### **I. Організаційний момент**

#### **II. Перевірка домашнього завдання**

1. Що таке інформаційна модель?
2. Що розуміють під математичною моделлю?
3. Що таке комп'ютерна модель?
4. Які відмінності між інформаційною та комп'ютерною моделями?

#### **III. Повідомлення теми та мети уроку**

Тема уроку присвячена етапам побудови комп'ютерної моделі та комп'ютерному моделюванню в цілому. Метою уроку є ознайомитись з методом комп'ютерного моделювання та його етапами.

#### **IV. Пояснення нового матеріалу**

У процесі пізнання і практичної діяльності людина широко застосовує різноманітні моделі. Створення і дослідження моделей позначається терміном – *моделювання*. Людина постійно моделює, оскільки створення

моделі – спрощеного об'єкта або явища, допомагає людині зрозуміти реальний світ. Більше того, будь-яка наука починається з розробки простих і адекватних моделей. Під час вивчення інформатики нас цікавитимуть моделі, створені за допомогою комп'ютера. Процес створення моделі об'єкта, процесу або явища за допомогою комп'ютерних засобів називається *комп'ютерним моделюванням*.

Використання комп'ютерного моделювання надає більше можливостей, ніж застосування моделювання до реальних предметів або матеріалів. Наприклад, якщо комп'ютер застосовується для створення викрійок із сувою тканини, то витрати матеріалу на обріз є мінімальними. Щоб виконати це завдання за допомогою паперових шаблонів, потрібно значно більше часу, а отриманий результат не завжди буде раціональним.

Використання комп'ютерних засобів надає широкі можливості для розв'язування математичних задач. Як відомо, не всі задачі можна розв'язати аналітично, тобто отримати розв'язок у вигляді функціональної залежності. Чисельними методами для більшості задач можна отримати лише наближений результат. Виконання наближених розрахунків комп'ютерними засобами дає змогу підвищити їхню точність і пришвидшує одержання результату.

Крім виконання математичних розрахунків, використання комп'ютерів надає широкі можливості для здійснення комп'ютерних експериментів. Комп'ютерними засобами можна змоделювати явища, які у реальних умовах людині відтворити не під силу. Це, наприклад, рух материків, дія землетрусів, народження наднової зірки, зміна напрямків морських підводних течій тощо. Використання комп'ютерного моделювання надає ще унікальні можливості для опису і розрахунку експериментів, які небезпечно виконувати в реальному житті. Це, наприклад, моделі ядерного вибуху, пожежі на підприємстві, військових дій, зіткнення поїздів тощо. За допомогою комп'ютерних моделей можна досить точно описати деталі цих катастрофічних процесів [15].

Розглянемо етапи побудови комп'ютерної моделі.

**1. Постановка задачі.** На цьому етапі формулюється і аналізується задача, визначаються цілі моделювання. Робиться опис моделі, якщо створюється математична – за допомогою формул. Опис може бути і словесним. Розглянемо цей етап на конкретному прикладі (рис. Л.2).

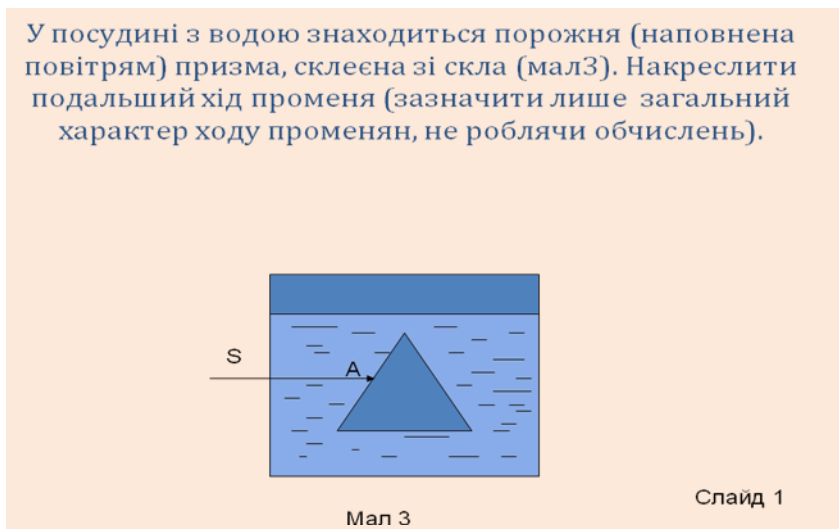


Рис. Л.2

Запитання до учнів:

- Який фізичний процес досліджується?
- Що дано за умовою задачі?
- Що потрібно зробити? (*Це і є мета моделювання.*)

2. Етап – **розробка моделі**. На цьому етапі слід проаналізувати досліджуваний об'єкт, виділити істотні чинники. Ті чинники, що є несуттєвими, можуть бути відкинуті.

- Проаналізуйте, які характеристики досліджуваного явища є суттєвими для побудови моделі? Які є несуттєвими?

Після того як сформульовано основні властивості досліджуваного об'єкта, визначено вихідні дані і бажаний результат, настає дуже важливий етап – **розробка алгоритму** розв'язування задачі (опису послідовності дій розв'язування поставленої задачі).

Для розробки комп'ютерної моделі дуже суттєвим є **вибір програмного засобу**, за допомогою якого виконується моделювання. Використання

обраного програмного засобу має пришвидшувати розв'язування задачі, сприяти унаочненню досліджуваного об'єкта, процесу або явища.

3. На етапі *комп'ютерного експерименту* перевіряється відповідність моделі досліджуваному процесу, а також виконуються необхідні розрахунки або перетворення.

## V. Практична робота

Створення моделі. Необхідно розв'язати фізичну задачу і, використовуючи засоби PowerPoint, створити анімаційну комп'ютерну модель відповідного фізичного процесу.

Вчителю доцільно показати хід розробки анімаційної моделі на прикладі розв'язування фізичної задачі (рис. Л.2).

Перший слайд слід оформити так, наприклад, як показано на рис. Л.2. На другому слайді можна розташувати анімацію (рис. Л.3). Для імітаційного зображення ходу променя використовується такий порядок ефектів анімації «выезжание», «появление», «растворение», «сбор», «появление», «появление» (рис. Л.4.).

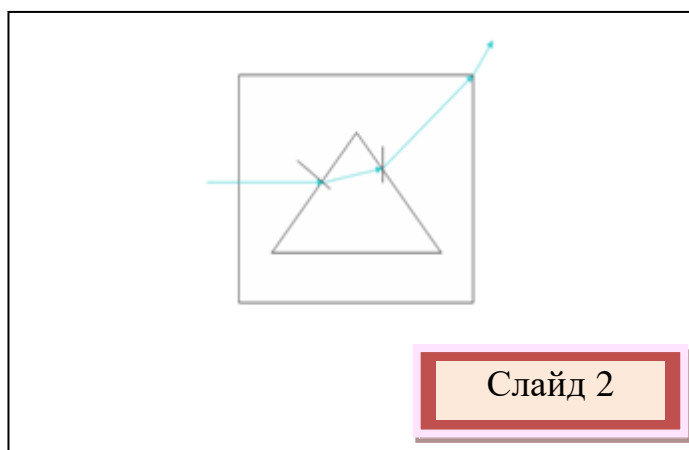


Рис. Л.3. Вигляд слайду 2

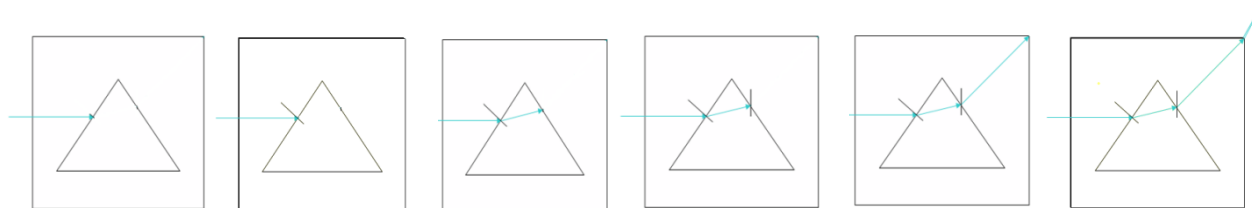


Рис. Л.4. Послідовність ефектів анімації слайду 2

Так, засобами PowerPoint моделюється рух променя через призму, наповнену повітрям.

Для виконання учнями практичного завдання можна поділити клас на два варіанти, кожному з яких даються такі орієнтовані завдання.

**Варіант №1** Накреслити подальший хід променя після заломлення у плоско-паралельній пластині (рис. Л.5). Зазначити лише загальний характер ходу променя, не роблячи обчислень.

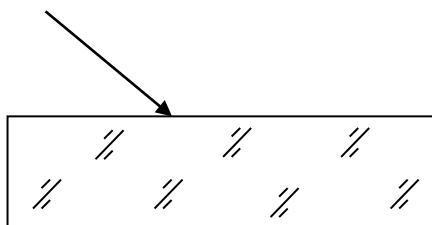


Рис. Л.5

**Варіант №2** Накреслити подальший хід променів, які падають у точки А й В від джерела, що знаходиться на дні посудини, в яку налита води (рис. Л.6). Зазначити лише загальний характер ходу променя, не роблячи обчислень.

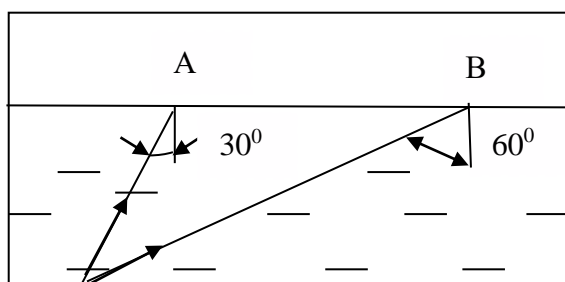


Рис. Л.6

## VI. Виставлення та мотивація оцінок

**VII. Повідомлення домашнього завдання.** Опрацювати матеріал конспекту.

Отже, розробка учнями комп'ютерних моделей реальних явищ і процесів засобами PowerPoint сприяє підвищенню інтересу до інформатики, фізики, математики, біології, та інших навчальних предметів, самовираженню, задієнню почуттів і емоцій учнів, розвитку мислення (аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення), розвитку уміння здійснювати обробку даних, формуванню інформатичної культури, естетичному вихованню, і, як наслідок, підвищенню якості освіти [12].



## Список використаних джерел

1. Веников В.А. О моделировании - М.: Знание, 1974 - 65 с.
2. Дудик М.В., Хазіна С.А. Моделювання фізичних явищ у комп'ютерних навчальних програмах: Навчальний посібник. 2-ге доп. Вид.-Умань, 2008.-92с.
3. Могилев А.В., Пак Н.И., Хённер Е.К. Информатика. - Академия, 2004. - 848 с.
4. Новик И.Б. О моделировании сложных систем. - М.: «Мысль», 1965 - 335 с.
5. Теплицький І.О. Елементи комп'ютерного моделювання: Навчальний посібник. - Кривий Ріг: КДПУ, 2005. - 208 с.
6. А. Старшинин Microsoft PowerPoint одним взглядом. СПб: Питер, 1996г
7. Спека М.В. Презентации MS PowerPoint 2003. Самоучитель.: Диалектика, 2004.-368с.
8. Наталя Могильна «Створення презентацій засобами Microsoft Power Point» Інформатика №5-7 лютий 2007 с.26
9. [http://www.rusnauka.com/10.\\_ENXXIV\\_2007/Philologia/21668.doc.htm](http://www.rusnauka.com/10._ENXXIV_2007/Philologia/21668.doc.htm)
10. <http://office.microsoft.com/uk-ua/powerpoint/HP051921521058.aspx>
11. Правий В. П. Комп'ютерне моделювання закону збереження й перетворення енергії в механічних процесах.// Фізика в школах України.-2003.- №8.- С.84.
12. <http://ua.textreferat.com/referat-13274-2.html>
13. Шеннон Р. "Имитационное моделирование систем - искусство и наука" М.: Мир, 1978
14. Жалдалк М. І., Нобочук Ю.К., Семещук І.Л. Компютер на уроках фізики: Посібник для вчителів. - Костопіль: РВП «РОСА», 2005. -228с.
15. Кирик Л.А. Усі уроки фізики 8 клас.-Х.:Вид. група «Основа», 2008.- 352с.

## Додаток М

### Фрагмент курсової роботи на тему “Використання середовища Macromedia Flash для комп’ютерного моделювання фізичних процесів”

#### Зміст

Вступ

Розділ 1. Теоретичні основи проблеми дослідження.

1.1. Комп’ютерне моделювання, як метод наукового пізнання

1.2. Створення динамічних зображень Macromedia Flash

Розділ 2. Особливості створення засобами Macromedia Flash та використання комп’ютерних моделей фізичних явищ і процесів

2.1. Розробка комп’ютерної моделі “Поділ ядер урану”

2.2. Розробка комп’ютерної моделі “Розподіл Максвела молекул за швидкостями”

2.3. Приклад використання моделі «Поділ ядра урану» на уроці фізики у 11 класі

Висновки

Список використаних джерел

## Розділ 2 (курсової роботи)

### Особливості створення засобами Macromedia Flash та використання комп'ютерних моделей фізичних явищ і процесів

Macromedia Flash - популярний засіб для створення Flash-анімації. Використання технології Flash дає змогу досить швидко створювати різні додатки мультимедіа, анімацію, відеофрагменти. Програму Flash MX оснащено зручним інтерфейсом, засобами швидкого створення різних анімаційних ефектів, створення і управління Flash-роликами. Цей засіб можна використовувати для розробки динамічних комп'ютерних моделей.

#### 2.1. Розробка комп'ютерної моделі «Поділ ядер урану»

Сучасному вчителю вже недостатньо використовувати готові програмні продукти, в нього виникає необхідність у створенні та використанні власних демонстраційних комп'ютерних моделей. Розглянемо на прикладі, як можна створити комп'ютерну модель за допомогою Macromedia Flash та як її використати на уроці фізики. Для розробки моделі «Поділ ядер урану» в середовищі Macromedia Flash потрібно виконати таку послідовність дій.

1. В першому шарі (Layer 1) промалювати ядро урану (за допомогою інструменту Oval Tool на закладці Tools).
2. Створити новий шар (Layer 2) та промалювати електрон (використовуючи також інструмент Oval Tool) (рис. М.1).



Рис. М.1

3. На двадцятому фреймі першого шару вставити ключовий фрейм. Це можна зробити таким чином: виділити двадцятий фрейм, вибрати в контекстному меню команду InsertKeyframe. При цьому вставляється ключовий фрейм без зміни положення ядра урану (рис. М.2).

4. У шарі з електроном виконати таку ж послідовність дій, але в кінцевому ключовому фреймі електрон потрібно перетягнути так, щоб він дотикався до ядра урану. Потім між початковим і кінцевим фреймами викликати контекстне меню шару, на якому розташовано електрон, та вибрати команду Create Motion Tween. При цьому на фреймах даного шару з'являється стрілочка від лівого ключового фрейму до правого. Це означає, що засобами програми промалюється шлях від заданого початкового положення електрона до кінцевого (рис. М.3).

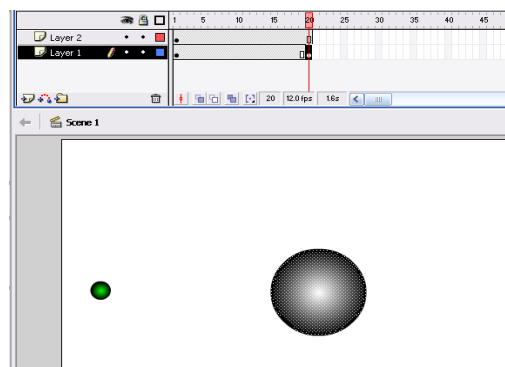


Рис. М.2

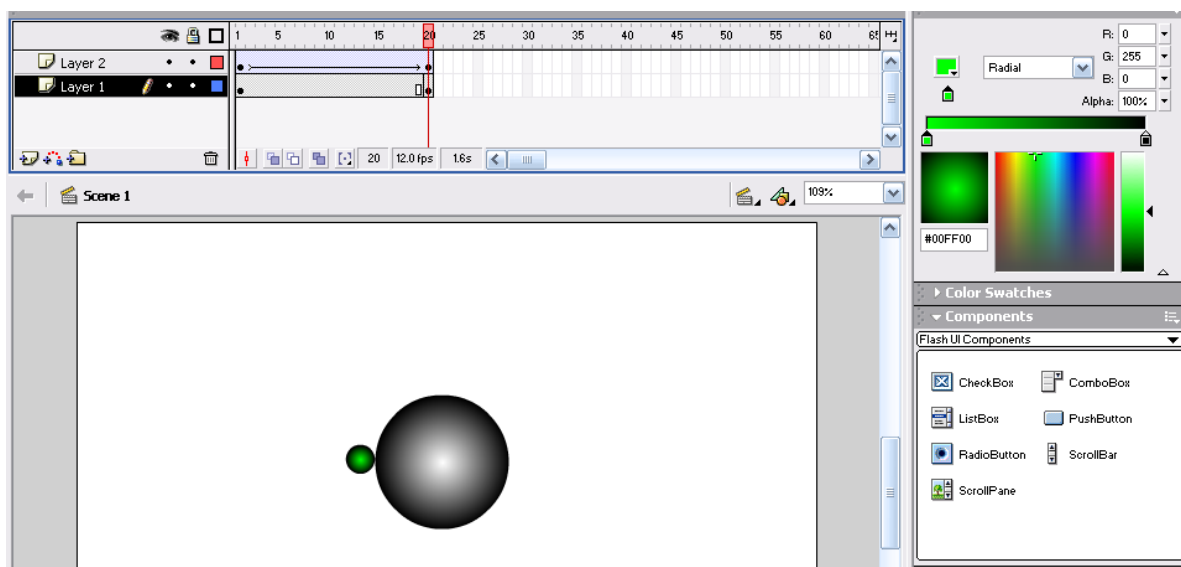


Рис. М.3

5. Повернутись до шару з ядром урану (Layer 1). На двадцять другому фреймі цього шару вставити новий ключовий фрейм. На закладці Tools вибрати інструмент Arrow Tool (стрілочка). За допомогою цього інструменту звузити ліву і праву сторони ядра урану, але лише на кілька міліметрів. Через один фрейм знову вставити ключовий фрейм і повторити процедуру до тих пір, доки краї ядра не звузяться так, ніби вони сходяться в одну точку (рис. М.4). Потім вибрати інструмент Eraser

Tool і затерти лінію, якою з'єднуються дві половинки майже поділеного ядра (рис. М.5).

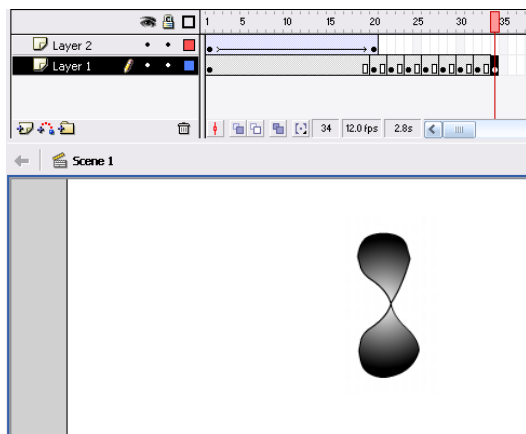


Рис. М.4

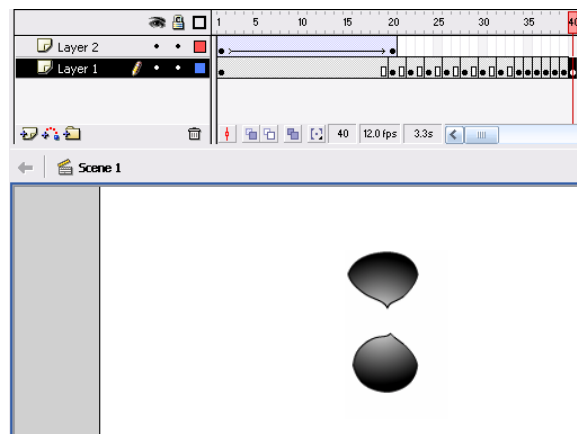


Рис. М.5

6. Створити новий шар (Layer 4). На тридцять п'ятому фреймі вставити ключовий фрейм, в якому промалювати ще одне ядро – ядро свинцю. Попередні фрейми мають біле забарвлення, тобто вони пусті. Це означає, що при відтворенні це ядро буде видимим тільки після проходження тридцяти п'яти фреймів моделі (рис. М.6).

7. Створити новий шар (Layer 5) і виконати аналогічні дії для ядра цезію (рис. М.6).

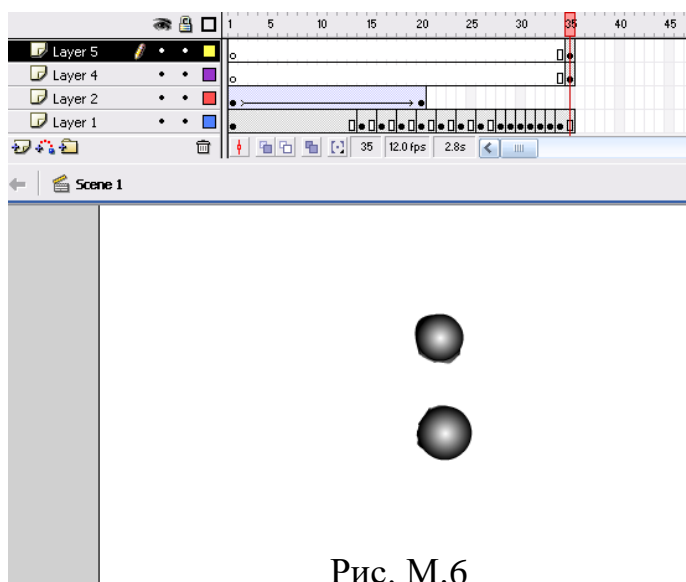


Рис. М.6

8. Шари з промальованими ядрами свинцю та цезію (див. рис. М.6 Layer 4 і Layer 5), створення яких описано в пунктах 6 і 7, розташовані поверх шару з ядром урану. Якщо залишити все без змін, то ядра свинцю та

цезію “закриватимуть” ядро урану, що руйнується. Щоб це змінити, потрібно розташувати шари Layer 4 і Layer 5 за шаром Layer 1. Це можна зробити звичайним перетягуванням шарів Layer 4 і Layer 5 з зображенням свинцю та цезію нижче шару Layer 1 з ураном (рис. М.7).

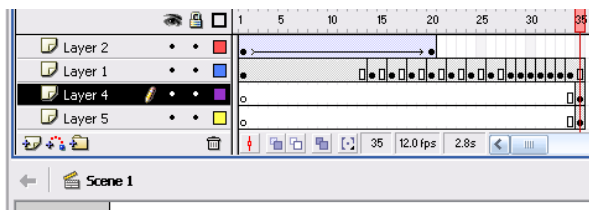
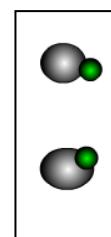


Рис. М.7

9. Повернутись до шару з деформованим ядром урану (Layer 1), продовжуючи розпочате в пункті 5. Знову вставити ключовий фрейм та затерти ще частину вже розділеного ядра урану і так доти, доки не воно не перетвориться на дві окремі кулі. При цьому створюється анімація переходу від ядра урану до двох розділених ядер свинцю 97 та цезію 137.
10. Після повного перетворення ядра урану потрібно щоб ядра, які утворилися, розліталися в різні сторони та вилітало ще два вільних електрони. Отже, потрібно створити новий шар, на сорок восьмому фреймі якого вставити ключовий фрейм та помістити на ньому електрон, що буде розташований на місці розриву ядра урану.
11. Створити ще один шар та промалювати ще одне ядро електрона аналогічно попередньому пункту.

12. Переглянувши розроблену анімацію, можна спостерігати таку картину: вільний електрон стикається з ядром урану, після чого електрон зникає, а ядро починає деформуватися та перетворюється на два нових ядра,



з’являються ще два вільних електрони (рис. М.8). Далі утворенні елементи повинні розлітатися. Для того, щоб створити ефект такої анімації треба виконати дії аналогічні тим, що вже використовувалися в пункті 4 для анімації руху вільного електрону. Тобто для кожного з чотирьох об’єктів-куль слід промалювати початкові

Рис. М.8

та кінцеві положення і використати процедуру Create Motion Tween контекстного меню, відповідно для кожного шару.

13. Створити новий шар, на якому слід позначити всі статичні об'єкти модельованого процесу. Тобто з першого фрейму даного шару промалювати ядро урану та електрона в правому верхньому куті та зробити відповідні написи за допомогою інструмента Text Tool. Ці об'єкти не змінюються ні за формою, ні за положенням впродовж відтворення моделі процесу (рис. М.9). Але в нас є ще статичні об'єкти, які повинні з'являтися та зникати впродовж відтворення моделі. Цими об'єктами є написи позначення ядра урану, плумбуму та цезію. Отже, на цьому ж шарі на двадцять п'ятому фреймі вставляємо ключовий фрейм і переходимо до першого ключового фрейму. Вибираємо інструмент Text Tool та робимо позначення  $^{235}\text{U}$ . При відтворенні моделі це позначення буде видимим до двадцять п'ятого фрейму, якраз до того моменту коли ядро урану почне деформуватися, після чого зникне

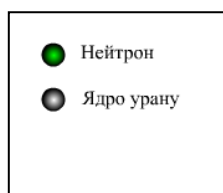


Рис. М.9

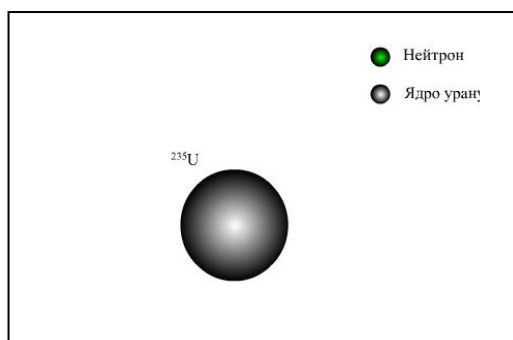


Рис. М.10

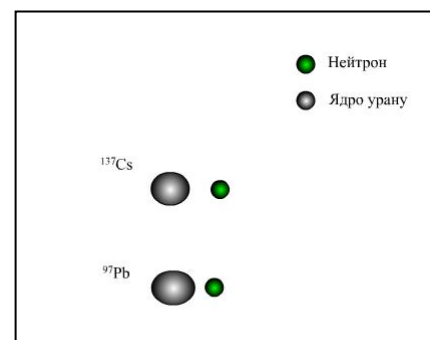


Рис. М.11

(рис. М.10). Перейдемо на той момент де ядро урану розділилось і знову ставимо ключовий фрейм та робимо позначення  $^{97}\text{Pb}$  та  $^{137}\text{Cs}$ . При цьому позначення будуть зникати та появлятися в той момент, коли це потрібно нам (рис. М.11).

14. На анімаційній моделі процесу слід ще зробити позначення ядер електронів, які на відміну від попередніх є динамічними. Слід створити новий шар та позначення електрона, що бомбардує ядро урану, задати його початкове та кінцеве положення і зробимо анімацію переходу.

15. Аналогічно створюються позначення для електронів, що з'являються після розпаду ядра урану.

16. Отримана готова модель фізичного процесу при запуску відразу ж буде відтворюватись і циклічно повторюватись. Для того, щоб користувач мав змогу встановлювати початок перегляду і кінець (або паузу), слід створити кнопки “Старт” і “Стоп”. Для встановлення першої – слід додати новий шар, на якому і буде розміщена кнопка “Старт”. Вибрати

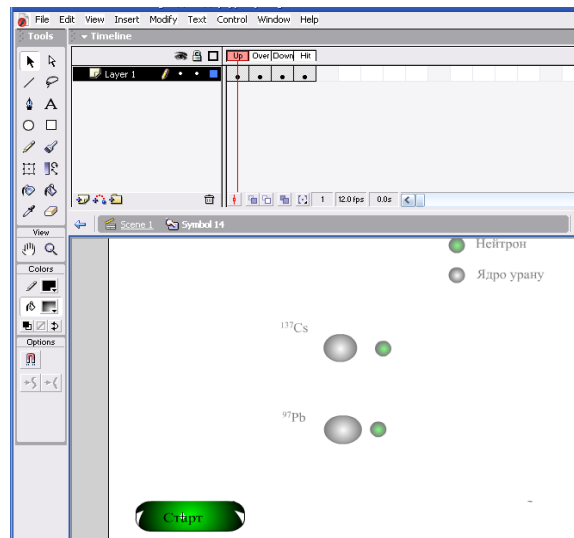


Рис. М.12

інструмент Rectangle Tool та в опції Round Rectangle Radius задати числове значення рівне 10. Використання цієї опції дає змогу заокруглити кути прямокутника. Після створення кнопки слід викликати її контекстне меню, вибрати команду Convert to Symbol та встановити радіокнопку (в положенні Button виконати Ok). Створено кнопку без назви, з якою не пов'язано ніякої дії. Для того, щоб ввести напис, розташувати курсор миші над кнопкою, виконати подвійне натискання кнопки миші, і ввести “Старт”. Задати вигляд кнопки в ключових фреймах Up, Over, Down, Hit (рис. М.12). І знову перейти на сцени. Для того, щоб пов'язати з кнопкою певну дію, слід перейти на закладку Action та записати мовою Action Script код, який буде завантажувати модель на виконання (рис. М.13).

17. Створимо новий шар та кнопку “Стоп” на ньому. Для цієї кнопки виконати ті ж самі дії, але запрограмувати її на зупинку відтворення моделі. Завантажити програму на виконання. Модель не відтворюється, доки користувач не натисне кнопку “Старт”.



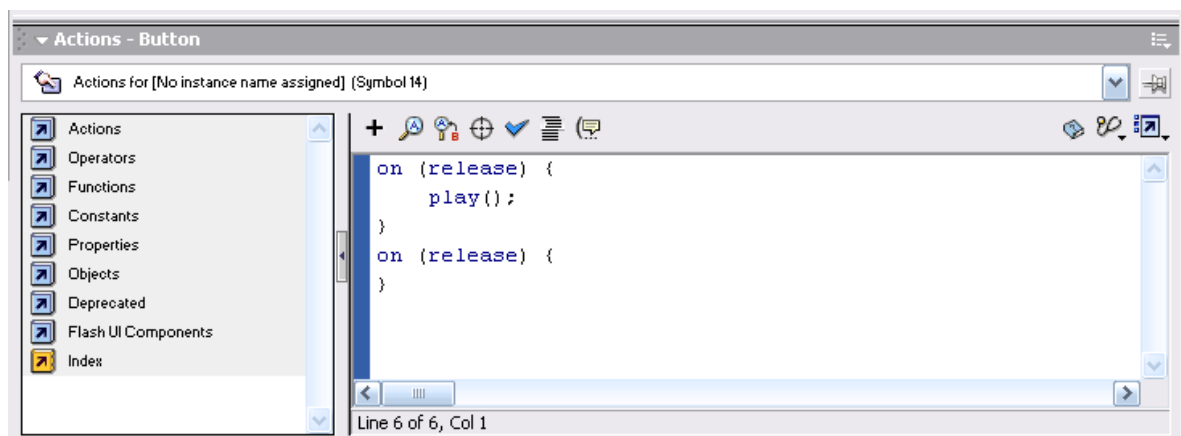


Рис. М.13

18. Модель “Поділ ядра урану” готова. Залишилось лише її зберегти. Для цього потрібно виконати File – Export Movie – вибрати папку для збереження – ввести назву – виконати команду “Сохранить”.

Використати таку модель можна при вивченні у 11 класі розділу “Будова атома і атомного ядра” з фізики.

Учням складно уявити поділ ядра урану. Вчитель у звичайних умовах не може продемонструвати цей дослід, тому для пояснення суті цього фізичного процесу доцільно використати його комп’ютерну модель, яка допоможе учням краще зрозуміти навчальний матеріал.

## 2.2. Розробка комп’ютерної моделі “Розподіл Максвелла за швидкостями”

Для розробки моделі “Розподіл Максвелла за швидкостями” в середовищі Macromedia Flash потрібно виконати таку послідовність дій.

1. В першому шарі слід промалювати всі статичні об’єкти, які будуть використовуватись в даній моделі, тобто побудувати схематичне зображення дошки Гальтона за допомогою інструментів, які використовувалися при створенні попередньої моделі. Встановити ключовий фрейм на позиції тисячного фрейму даного шару. На мові Action Script ввести команду “Stop”, для того, щоб анімація не почала відтворюватись самостійно (рис. М.14).

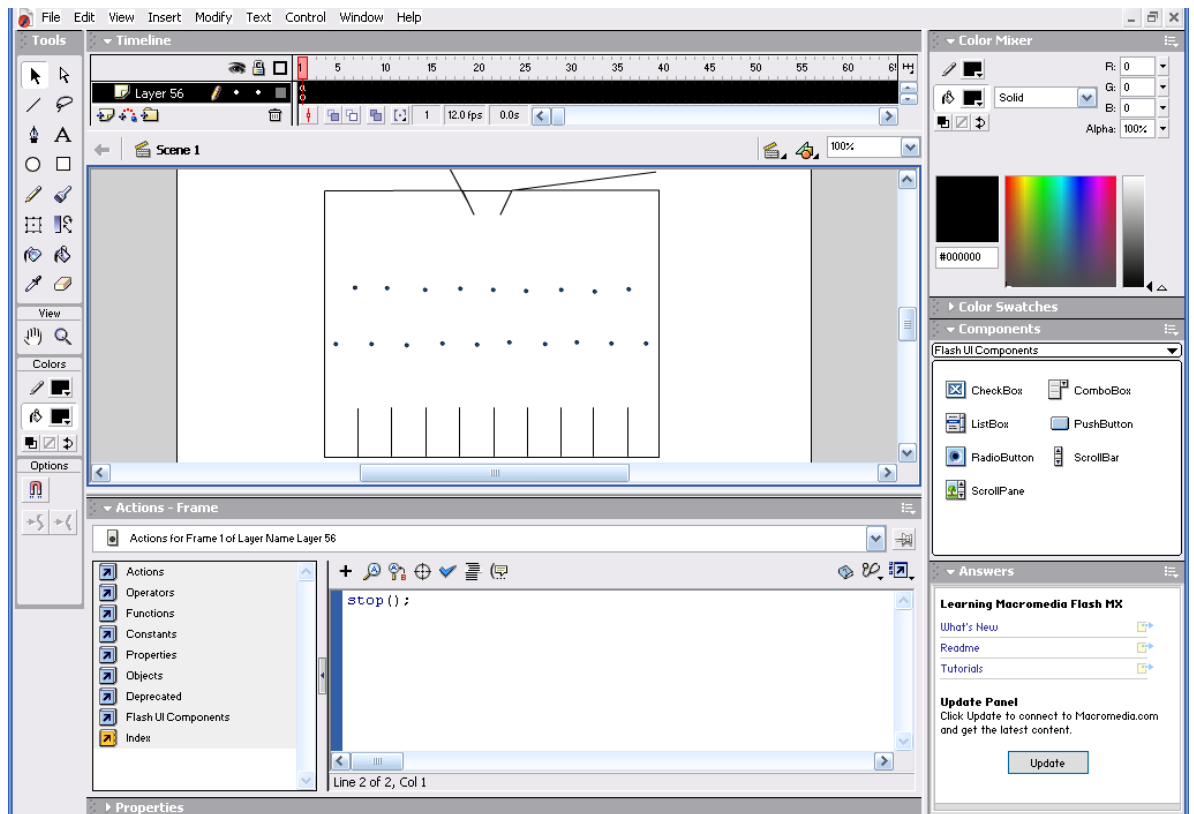



Рис. М.14

2. Створити новий шар, в якому промалювати кульку в початковому положенні. Для створення ефекту відбиття кульки від цвяхів, набитих у дошку, потрібно задати їй певну траєкторію. Для цього слід натиснути кнопку  Add Motion Guide і в направляючому шарі промалювати траєкторію руху кульки (рис. М.15) за допомогою будь-якого інструмента

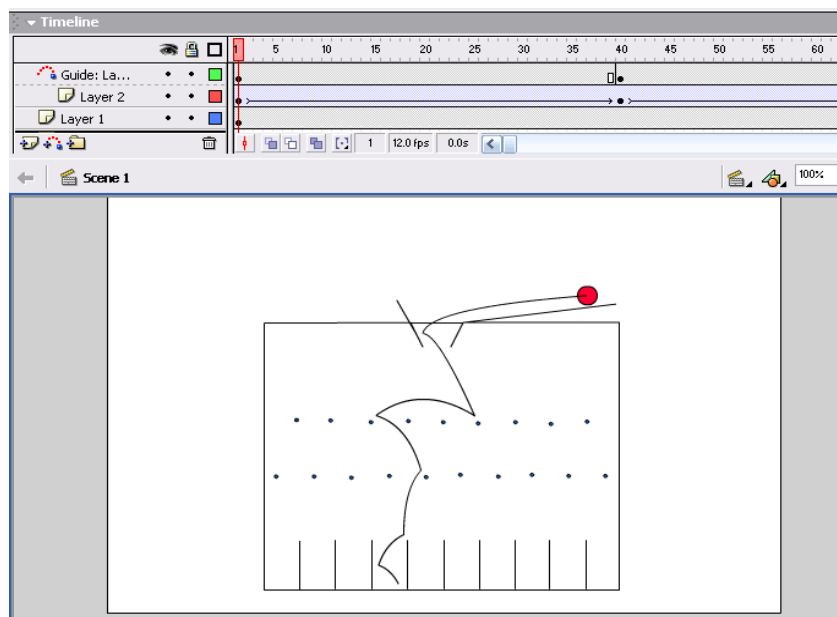


Рис. М.15

закладки Tools. Одна кулька рухається впродовж сорока фреймів. В першому ключовому фреймі шару з об'єктом кульку розміщено в початковому положенні, яке відповідає початку направляючої кривої. А в наступному ключовому фреймі її потрібно перетягти в кінець направляючої і зробити ефект переміщення методом Create Motion Tween.

3. Створити новий шар, виконати послідовність дій зазначену в пункті 2. За допомогою введення ключових фреймів потрібно вставити кульки так, ніби вони почергово падають. Загалом потрібно створити 24 шари з 24 направляючими для 24 кульок.
4. Після промальовування всіх кульок та їх направляючих потрібно вставити новий шар та помістити на ньому кнопку “Початок” за таким же алгоритмом, як і в попередній моделі. Але, на відміну від моделі “Поділ ядра урану”, кнопка буде працювати відразу, а відеофрагмент самостійно не програватиметься, оскільки в першому шарі вже прописана команда “Stop”.
5. Для того, щоб супроводити модель звуком – коментарями з поясненням фізичного досліду, необхідно імпортувати звуковий файл у бібліотеку Macromedia. Для цього слід виконати наступну послідовність команд: File – Import to Library – вибрати заготовлений звуковий файл –

натиснути кнопку Ok. Вибраний звуковий файл буде записаний в бібліотеку Macromedia. Далі слід створити новий шар та на другому фреймі встановити ключовий фрейм. В панелі Properties на закладці Sound вказати необхідний звуковий файл (рис. М.16). Якщо до першого фрейму додати звуковий супровід, то при запуску моделі звук відтворюватиметься автоматично.

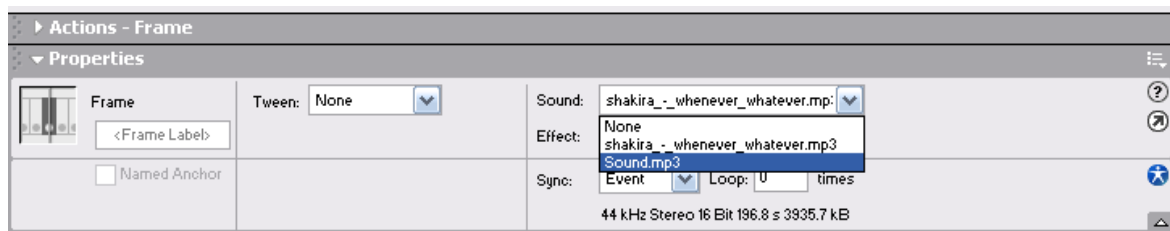


Рис. М.16

Створену модель слід зберегти так, як в попередньому прикладі (п. 2.1).

Модель “Розподіл Максвелла за швидкостями” можна використовувати в курсі фізики 10-го класу з теми “Швидкість руху молекул газу” розділу “Молекулярна фізика”.

#### Список використаних джерел

16. Веников В.А. О моделировании - М.: Знание, 1974 - 65 с.
17. Геденштейн Л.Е. Фізика: Підручник для середніх загальноосвітніх шкіл.- Харків.: Гімназія, 2008
18. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: в 2 - х частях. Пер.с англ. – М.: Мир, 1990.
19. Гурвиц М., Мак-Кейб Л. Использование Macromedia Flash MX. Специальное издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 704с.
20. Дронов В.А. Macromedia Flash MX. - М., 2000. – 153с
21. Дронов В. А. Macromedia Flash MX. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 848 с.
22. Дудик М.В., Хазіна С.А. Моделювання фізичних явищ у комп'ютерних навчальних програмах: навч. пос. 2-ге доп. Вид.-Умань, 2008.-92с.
23. Эндрюс Дж., Маклоун Р. Математическое моделирование–М.:Мир, 1979. – 276 с.

24. Жалдалк М. И., Нобочук Ю.К., Семещук І.Л. Комп'ютер на уроках фізики: Посібник для вчителів. - Костопіль: РВП «РОСА», 2005. -228с.
25. Кирик Л.А. Фізика 11 клас: Розробки уроків. – Х.: Веста: Видавництво «Ранок», 2007.-448с.-(Майстер клас)
26. Могилев А.В., Пак Н.И., Хённер Е.К. Информатика. - Академия, 2004. - 848 с.
27. Новик И.Б. О моделировании сложных систем. - М.: «Мысль», 1965–335 с.
28. Перевезьев С.И. Macromedia Flash в школе // Информатика и образование. - 2003. - №5. – С. 64 - 69.
29. Теплицький І.О. Елементи комп'ютерного моделювання: Навчальний посібник. - Кривий Ріг: КДПУ, 2005. - 208 с.
30. Уотролл Э., Гербер Н. Эффективная работа: Flash MX. - СПб.; Питер; Киев: ВНЗ, 2003, -- 720 с: ил.
31. Штофф В.А. Моделирование и философия. - М.: Наука, 1966. - 302 с.

#### Інтернет ресурси

32. <http://ibmsbk.ru/ibm200910564.htm>
33. <http://www.woweb.ru/publ/11-1-0-77>
34. <http://cpokarera.ru/documents/read30.html>
35. <http://www.ekurs.ru/classes/0334.php>
36. <http://www.artflasher.com/webmaster/>
37. <http://www.citforum.ru/internet/flash/>
38. <http://festival.1september.ru/articles/553798/>

## Додаток Н

## Структура сайту “Комп’ютерне моделювання”

The screenshot displays the main page of the website "Комп'ютерне моделювання". The page features a green header with the site name and a search bar. Below the header is a navigation menu with links for "Головна", "Про сайт", "Новини", and "Особиста сторінка Хазіної С.А.". The main content area is divided into three columns: "Навчальні матеріали", "Каталог публікацій", and "Форум".

**Left Column (Menu):** Includes a login form with fields for "Логін" and "Пароль", a "Зайти" button, and links for "Регистрація на сайті!" and "Забули пароль?". Below this is a "Цікавинки" section with an article titled "Висловлювання академіка А. П. Ершова:" and an "Опитування" section with a poll about how often physics students use computer models.

**Middle Column (Materials):** Shows two articles. The first is "Про сайт" (About the site) by Stella, dated 17-02-2010, with 308 views. The second is "Теорія" (Theory) by Stella, dated 9-02-2010, with 663 views. Both articles are categorized under "Матеріали".

**Right Column (Popularity and Calendar):** Includes a "Популярне" section with a list of popular articles from 2010 (Vereshchyn, Beresnyy, Lyutyy, Sychyn). Below it is a "Календар" (Calendar) for July 2010, showing days of the week and dates.

**Bottom Right (Useful Links):** A "Корисні посилання" (Useful links) section listing various libraries and educational resources.

**Bottom Left (Weather):** A small weather widget for "Умань" showing a temperature range of +14...+16 °C.

Рис. Н.1. Головна сторінка сайту “Комп’ютерне моделювання”,

адреса якого: <http://cmodel.in.ua>

Навчальні матеріали	Каталог публікацій	Форум																																			
<p><b>Меню</b></p> <p>Привіт, <b>admin!</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Адмінцентр</a></li> <li><a href="#">Мій профіль</a></li> <li><a href="#">Повідомлення (0   0)</a></li> <li><a href="#">Мої посилання</a></li> <li><a href="#">Статистика</a></li> <li><a href="#">Огляд непрочитаного</a></li> </ul> <p><b>Завершити сеанс!</b></p>	<p><b>Матеріали</b></p> <p><b>Лабораторна робота (II курс)</b></p> <p>У розділі: - [Навчальні матеріали » Практикум » Основи КМ (для II курсу)]</p> <p>Автор: admin   Дата: 16-02-2010, 21:36   Переглядів: 30</p> <p><b>Лабораторна робота</b></p> <p><b>Тема. Основи комп'ютерного моделювання</b></p> <p>Коментарі: 0   <a href="#">+</a> <a href="#">-</a> <a href="#">Детальніше</a></p>	<p><b>Популярне</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» Теорія</li> <li>» Лабораторна робота 2</li> <li>» Лабораторна робота (II курс)</li> <li>» Лабораторна робота 3</li> <li>» Про сайт</li> <li>» Адміністратор сайту</li> <li>» Список публікацій</li> </ul>																																			
<p><b>Цікавинки</b></p> <p><b>Висловлювання академіка А. П. Ершова:</b></p> <p>"Програміст повинен володіти здатністю першокласного математика до абстракції і логічного мислення в поєднанні з едісонівським талантом будувати все, що завгодно, з нуля та одиниць. Він повинен поєднувати акуратність бухгалтера з проникливістю розвідника, фантазію автора детективних романів з тверезою практичністю економіста"</p>	<p><b>Матеріали</b></p> <p><b>Лабораторна робота 1</b></p> <p>У розділі: - [Навчальні матеріали » Практикум » Комп'ютерне моделювання (для IV курсу)]</p> <p>Автор: admin   Дата: 17-01-2010, 23:05   Переглядів: 71</p> <p><b>Лабораторна робота 1</b></p> <p><b>Тема. Комп'ютерні програми навчального призначення та психолого-педагогічні вимоги до них</b></p> <p>Коментарі: 0   <a href="#">+</a> <a href="#">-</a> <a href="#">Детальніше</a></p>	<p><b>Архів</b></p> <p><b>Лютий 2010 (7)</b></p> <p><b>Січень 2010 (1)</b></p>																																			
<p><b>Опитування</b></p> <p>Оцініть сайт</p> <p><input checked="" type="radio"/> Найкращий</p> <p><input type="radio"/> Непоганий</p> <p><input type="radio"/> Поганий</p> <p><input type="text" value="Голосувати"/></p> <p><input type="text" value="Результати"/></p>	<p><b>Матеріали</b></p> <p><b>Лабораторна робота 2</b></p> <p>У розділі: - [Навчальні матеріали » Практикум » Комп'ютерне моделювання (для IV курсу)]</p> <p>Автор: admin   Дата: 2-02-2010, 12:39   Переглядів: 31</p> <p><b>Лабораторна робота 2</b></p> <p><b>Тема. Рух променя в системі лінз (на прикладі телескопа Галілея)</b></p> <p>Коментарі: 0   <a href="#">+</a> <a href="#">-</a> <a href="#">Детальніше</a></p>	<p><b>Календар</b></p> <p>« Лютий 2010 »</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Пн</th> <th>Вт</th> <th>Ср</th> <th>Чт</th> <th>Пт</th> <th>Сб</th> <th>Нд</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>25</td> <td>26</td> <td>27</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table>	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд																															
1	2	3	4	5	6	7																															
8	9	10	11	12	13	14																															
15	16	17	18	19	20	21																															
22	23	24	25	26	27	28																															
		<p><b>Корисні посилання</b></p> <p><b>БІБЛІОТЕКИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського</li> <li>• Наукова бібліотека НПУ імені М.П. Драгоманова</li> <li>• Електронні бібліотеки світу, України, Росії</li> </ul> <p><b>НАУКОВІ І НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Інформаційні технології і засоби навчання (електронне наукове фахове видання)</li> <li>• Інформаційні технології та фізична освіта</li> <li>• Пермська лабораторія комп'ютерного моделювання</li> <li>• Відкрита фізика</li> </ul>																																			

Рис. Н.2 Розділ “Навчальні матеріали” сайту “Комп’ютерне моделювання”

Навчальні матеріали	Каталог публікацій	Форум																																			
<p><b>Меню</b></p> <p>Привіт, <b>admin!</b>  Адмінцентр  Мій профіль  Повідомлення (0   0)  Міє посилання  Статистика  Огляд непрочитаного</p> <p><b>Завершити сеанс!</b></p>	<p><b>Матеріали</b></p> <p><b>Лабораторна робота (II курс)</b>  У розділі: - [Навчальні матеріали  » Практикум » Основи КМ (для II курсу)]</p> <p>Автор: admin   Дата: 16-02-2010, 21:36   Переглядів: 29</p> <p><b>Лабораторна робота</b></p> <p><b>Тема. Основи комп'ютерного моделювання</b></p> <p><b>Мета.</b> Узагальнити знання студентів про метод комп'ютерного моделювання; набуття студентами навичок та вмінь створювати комп'ютерні моделі різними програмними засобами.</p> <p><b>Завдання.</b> Розв'язати задачі з комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів за такою рекомендованою послідовністю:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>проаналізувати приклади розв'язання фізичної задачі та створення комп'ютерної моделі;</li> <li>розробити математичну модель фізичної задачі індивідуального завдання, визначити набір вхідних і вихідних даних, числові значення параметрів або проміжки їх допустимих значень;</li> <li>продумати, які програмні середовища і як їх можна використати для комп'ютерного моделювання;</li> <li>розробити комп'ютерну модель фізичної задачі у вигляді графіка функціональної залежності фізичних величин, якими характеризується досліджуваний процес та динамічного зображення фізичного процесу;</li> <li>проаналізувати комп'ютерну модель на відповідність фізичному явищу або процесу.</li> </ol> <p>Нижче приводяться формулювання варіантів завдань. Для їх розв'язування потрібно знайти певну функціональну залежність, якою характеризується об'єкт, процес або явище, програмними засобами побудувати її графік для визначення певних фізичних властивостей і розробити динамічну комп'ютерну модель досліджуваної системи. Розподіл завдань за рівнями є орієнтовним, оскільки при оцінюванні розроблених проектів ще враховується завершеність проекту, оригінальність виконання, адекватність математичної та комп'ютерної моделі фізичній задачі, кількість програмних середовищ, використаних для комп'ютерного моделювання фізичної задачі, та вміння обґрунтувати доцільність їх використання.</p> <p><b>I. Задовільний рівень.</b></p> <p><b>Варіант 1.</b> На якій відстані <math>s</math> від цілі необхідно скинути вантаж з літака, що летить на висоті <math>h</math> зі швидкістю <math>v_0</math>? Встановити залежність <math>s = s(h)</math> при <math>v_0 = const</math> та <math>s = s(v_0)</math> при <math>h = const</math>. Побудувати графіки цих залежностей. Розробити комп'ютерну модель процесу.</p> <p><b>Варіант 2.</b> Літак летить горизонтально на висоті <math>h</math> зі швидкістю <math>v_0</math>. Пілот повинен</p>	<p><b>Популярне</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» Теорія</li> <li>» Лабораторна робота 2</li> <li>» Лабораторна робота (II курс)</li> <li>» Лабораторна робота 3</li> <li>» Про сайт</li> <li>» Адміністратор сайту</li> </ul> <p><b>Архів</b></p> <p>Лютий 2010 (6) Січень 2010 (1)</p> <p><b>Календар</b></p> <p>« Лютий 2010 »</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Пн</th> <th>Вт</th> <th>Ср</th> <th>Чт</th> <th>Пт</th> <th>Сб</th> <th>Нд</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>25</td> <td>26</td> <td>27</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Корисні посилання</b></p> <p><b>БІБЛІОТЕКИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського</li> <li>• Наукова бібліотека НПУ імені М.П. Драгоманова</li> <li>• Електронні бібліотеки світу, України, Росії</li> </ul> <p><b>НАУКОВІ І НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Інформаційні технології і засоби навчання (електронне наукове фахове видання)</li> <li>• Інформаційні технології та фізична освіта</li> <li>• Пермська лабораторія комп'ютерного моделювання</li> <li>• Відкрита фізика</li> </ul>	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд																															
1	2	3	4	5	6	7																															
8	9	10	11	12	13	14																															
15	16	17	18	19	20	21																															
22	23	24	25	26	27	28																															
<p><b>Цікавинки</b></p> <p><b>Висловлювання академіка А. П. Ершова:</b>  "Програміст повинен володіти здатністю першокласного математика до абстракції і логічного мислення в поєднанні з едісонівським талантом будувати все, що завгодно, з нуля та одиниць. Він повинен поєднувати акуратність бухгалтера з проникливістю розвідника, фантазію автора детективних романів з тверезою практичністю економіста"</p>																																					
<p><b>Опитування</b></p> <p>Оцініть сайт</p> <p><input checked="" type="radio"/> Найкращий  <input type="radio"/> Непоганий  <input type="radio"/> Поганий</p> <p>Голосувати</p> <p>Результати</p>																																					

Рис. Н.3. Приклад лабораторної роботи модуля “Моделювання” дисципліни “Інформатика” (для студентів II курсу)



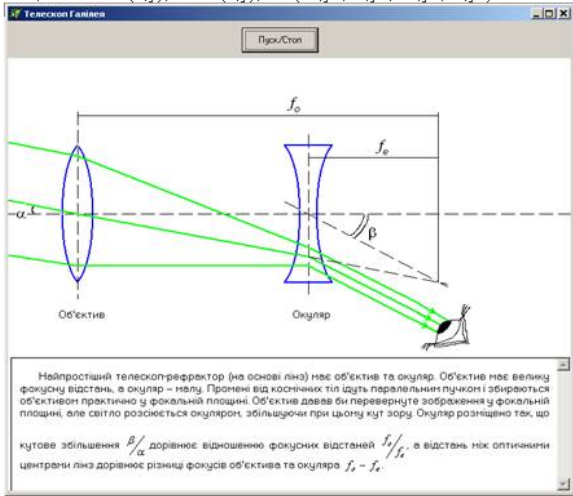
Навчальні матеріали	Каталог публікацій	Форум																																			
<p><b>Меню</b></p> <p>Логін <input type="text"/></p> <p>Пароль <input type="password"/></p> <p><input type="button" value="Зайти"/></p> <p><a href="#">Реєстрація на сайті!</a> <a href="#">Забули пароль?</a></p>	<p><b>Матеріали</b></p> <p><b>Лабораторна робота 2</b> <span style="float: right;">У розділі: - [Навчальні матеріали » Практикум » Комп'ютерне моделювання (для IV курсу)]</span></p> <p>Автор: admin   Дата: 2-02-2010, 12:39   Переглядів: 30</p> <p><b>Лабораторна робота 2</b> <b>Тема. Рух променя в системі лінз</b> <b>(на прикладі телескопа Галілея)</b></p> <p><b>Мета.</b> Оволодіння студентами вміннями створювати імітаційні моделі, використовуючи <i>растрову графіку в середовищі Delphi</i></p> <p>Розглянемо приклад імітаційної моделі телескопа-рефрактора (на основі лінз). Дану програму створено засобами середовища об'єктно-орієнтованого програмування Delphi. В цій програмі відображається схема проходження променів через систему лінз телескопа-рефрактора. Робоче вікно програми показано на мал. 7.</p> <p>Для створення зображення використовується властивість форми Canvas, яка в свою чергу є об'єктом, її властивість pen та методи для малювання найпростішої графіки такі, як Moveto(x,y), Lineto(x,y), Arc(x1,y1,x2,y2, x3,y3,x4,y4).</p>  <p>Мал. 7</p> <p>Нижче наведено фрагмент коду програми „Телескоп Галілея”. Познайомтесь з ним і вясніть призначення його процедур.</p> <pre>var col:word; {глобальна змінна, що використовується для створення ефекту</pre>	<p><b>Популярне</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» Теорія</li> <li>» Лабораторна робота (II курс)</li> <li>» Лабораторна робота 2</li> <li>» Лабораторна робота 3</li> <li>» Про сайт</li> <li>» Адміністратор сайту</li> <li>» Список публікацій</li> </ul>																																			
<p><b>Цікавинки</b></p> <p><b>Висловлювання академіка А. П. Ершова:</b> "Програміст повинен володіти здатністю першокласного математика до абстракції і логічного мислення в поєднанні з едісонівським талантом будувати все, що завгодно, з нуля та одиниць. Він повинен поєднувати акуратність бухгалтера з проникливістю розвідника, фантазію автора детективних романів з тверезою практичністю економіста"</p>	<p><b>Архів</b></p> <p><b>Лютий 2010 (7)</b> <b>Січень 2010 (1)</b></p>	<p><b>Календар</b></p> <p>« Лютий 2010 »</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Пн</th> <th>Вт</th> <th>Ср</th> <th>Чт</th> <th>Пт</th> <th>Сб</th> <th>Нд</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>25</td> <td>26</td> <td>27</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table>	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд																															
1	2	3	4	5	6	7																															
8	9	10	11	12	13	14																															
15	16	17	18	19	20	21																															
22	23	24	25	26	27	28																															
<p><b>Опитування</b></p> <p>Оцініть сайт</p> <p><input checked="" type="radio"/> Найкращий</p> <p><input type="radio"/> Непоганий</p> <p><input type="radio"/> Поганий</p> <p><input type="button" value="Голосувати"/></p> <p><input type="button" value="Результати"/></p>	<p><b>Корисні посилання</b></p> <p><b>БІБЛІОТЕКИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського</li> <li>• Наукова бібліотека НПУ імені М.П. Драгоманова</li> <li>• Електронні бібліотеки світу, України, Росії</li> </ul> <p><b>НАУКОВІ І НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Інформаційні технології і засоби навчання (електронне наукове фахове видання)</li> <li>• Інформаційні технології та фізична освіта</li> <li>• Пермська лабораторія комп'ютерного моделювання</li> <li>• Відкрита фізика</li> </ul>																																				

Рис. Н.4. Приклад лабораторної роботи курсу “Комп’ютерне моделювання”

(для студентів IV курсу)

Навчальні матеріали
Каталог публікацій
Форум

**Меню**

Привіт, admin!

[Адмінцентр](#)

[Мій профіль](#)

[Повідомлення \(0 | 0\)](#)

[Мої посилання](#)

[Статистика](#)

[Огляд непрочитаного](#)

**Завершити сеанс!**

**Матеріали**

**Науковий гурток** У розділі: - [Навчальні матеріали > Науковий гурток]

Автор: admin | Дата: 9-02-2010, 01:12 | Переглядів: 33

**Приклади робіт учасників наукового гуртка з комп'ютерного моделювання.**

**I. Моделі об'єктів, розроблені засобами 3ds Max**

На рис. 1 представлено екранну копію програми, розробленої засобами 3ds Max, в якій моделюється рух металеві кульки по похилій площині, визначається відстань, яку проходить кулька за різні проміжки часу (в секундах).



Рис. 1

Модель установки, що зображено на рис. 2, використовується для визначення сталої Больцмана  $k$ . Вона складається з скляного товстостінного балону, що з'єднується через вивідну гумову трубку з рідинним манометром.



Рис. 2

В гумовий корок балона закріплено кран для вирівнювання тиску всередині балона до атмосферного. Після введення шприцом ефіру в балоні створюється надлишок тиску на величину парціального тиску газоподібного

**Популярне**

- » Теорія
- » Лабораторна робота 2
- » Лабораторна робота (II курс)
- » Лабораторна робота 3
- » Про сайт
- » Список публікацій
- » Адміністратор сайту

**Архів**

**Лютий 2010 (7)**

**Січень 2010 (1)**

**Календар**

« Лютий 2010 »

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

**Корисні посилання**

**БІБЛІОТЕКИ**

- Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського
- Наукова бібліотека НПУ імені М.П. Драгоманова
- Електронні бібліотеки світу, України, Росії

**НАУКОВІ І НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ**

- Інформаційні технології і засоби навчання (електронне наукове фахове видання)
- Інформаційні технології та фізична освіта
- Пермська лабораторія комп'ютерного моделювання
- Відкрита фізика

**Умань**

Вт, 10 лютого 2010 року 10:42:28

Рис. Н.5. Приклади робіт учасників наукового гуртка з комп'ютерного моделювання, які розміщено на сайті

Навчальні матеріали	Каталог публікацій	Форум																																			
<p><b>Меню</b></p> <p>Логін <input type="text"/></p> <p>Пароль <input type="password"/></p> <p><input type="button" value="Зайти"/></p> <p><a href="#">Реєстрація на сайті!</a> <a href="#">Забули пароль?</a></p>	<p><b>Матеріали</b></p> <p><b>Курсові роботи</b> <span style="float: right;">У розділі: - [Навчальні матеріали » Курсові роботи ]</span></p> <p>Автор: admin   Дата: 9-02-2010, 01:12   Переглядів: 33</p> <p><b>Комп'ютерне моделювання в курсових роботах з інформатики та методики навчання інформатики</b></p> <p><i>Метою виконання курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики (в контексті комп'ютерного моделювання) є закріплення, поглиблення, узагальнення і систематизації знань, здобутих студентами в процесі навчання, розвиток творчого підходу до їх застосування для комплексного розв'язування конкретних професійних задач; вироблення навичок самостійно працювати з навчальною, науковою та періодичною літературою, досліджувати різні фізичні явища, закономірності, властивості об'єктів, використовуючи метод моделювання та різні програмні середовища.</i></p> <p>За тематикою і змістом курсові роботи, що присвячені комп'ютерному моделюванню, можна умовно поділити на два типи. До першого – можна віднести курсову роботу, автор якої є розробником комп'ютерної моделі певного фізичного процесу або явища з загального курсу фізики – наочності для фізичної лабораторії факультету. Зміст такої курсової роботи може включати теоретичний аналіз методу комп'ютерного моделювання, аналіз можливо вже існуючих аналогів комп'ютерних моделей досліджуваної фізичної системи, програмних засобів, якими вони створювались з обґрунтуванням їх переваг, недоліків і доцільності створення такої моделі; ретельний поетапний опис розробки і дослідження комп'ютерної моделі. Якщо засобом розробки комп'ютерної моделі є середовище програмування, то в роботі слід навести всі листинги програми. Якщо ж для створення моделі використовувався програмний засіб, який не вивчався студентами раніше, то доцільно в роботі навести опис можливостей його використання та призначення.</p> <p>До другого типу належать курсові роботи, в яких розробляються комп'ютерні моделі об'єктів, явищ та процесів з шкільного курсу фізики засобами комп'ютерних середовищ, які вивчаються в шкільному курсі інформатики. Метою таких робіт є розробка методичних основ навчання учнів старших класів загальноосвітніх навчальних закладів комп'ютерного моделювання засобами програмних середовищ. Зміст такої курсової роботи</p>	<p><b>Популярне</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» Теорія</li> <li>» Лабораторна робота (II курс)</li> <li>» Лабораторна робота 2</li> <li>» Лабораторна робота 3</li> <li>» Про сайт</li> <li>» Адміністратор сайту</li> <li>» Список публікацій</li> </ul>																																			
<p><b>Цікавинки</b></p> <p><b>Висловлювання академіка А. П. Ершова:</b> "Програміст повинен володіти здатністю першокласного математика до абстракції і логічного мислення в поєднанні з едісонівським талантом будувати все, що завгодно, з нуля та одиниць. Він повинен поєднувати акуратність бухгалтера з проникливістю розвідника, фантазію автора детективних романів з тверезою практичністю економіста"</p>		<p><b>Архів</b></p> <p>Лютий 2010 (7) Січень 2010 (1)</p>																																			
<p><b>Опитування</b></p> <p>Оцініть сайт</p> <p><input checked="" type="radio"/> Накраший <input type="radio"/> Непоганий <input type="radio"/> Поганий</p> <p><input type="button" value="Голосувати"/> <input type="button" value="Результати"/></p>		<p><b>Календар</b></p> <p>« Лютий 2010 »</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Пн</th> <th>Вт</th> <th>Ср</th> <th>Чт</th> <th>Пт</th> <th>Сб</th> <th>Нд</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>25</td> <td>26</td> <td>27</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table>	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд																															
1	2	3	4	5	6	7																															
8	9	10	11	12	13	14																															
15	16	17	18	19	20	21																															
22	23	24	25	26	27	28																															
		<p><b>Корисні посилання</b></p> <p><b>БІБЛІОТЕКИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського</li> <li>• Наукова бібліотека НПУ імені М.П. Драгоманова</li> <li>• Електронні бібліотеки світу, України, Росії</li> </ul> <p><b>НАУКОВІ І НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Інформаційні технології і засоби</li> </ul>																																			

Рис. Н.6. Методичні рекомендації щодо змісту та тематики курсових робіт з інформатики та методики навчання інформатики (в контексті комп'ютерного моделювання), які розміщено на сайті

## Додаток О

### Орієнтовний перелік тем курсових робіт

#### з інформатики та методики навчання інформатики

1. Програмне забезпечення лабораторної роботи “Визначення моменту інерції махового колеса динамічним методом” для використання в дистанційній освіті
2. Комп’ютерне моделювання досліду Комптона
3. Комп’ютерне моделювання фізичних процесів методом Монте-Карло
4. Розробка комп’ютерної моделі лабораторної роботи “Дослідження закономірностей броунівського руху”
5. Моделювання ефектів руху фізичних об’єктів засобами Delphi
6. Комп’ютерне моделювання роботи оптичного квантового генератора
7. Комп’ютерна модель досліду Штерна і Герлаха
8. Комп’ютерне моделювання задач квантової фізики
9. Використання математичного пакету MathCad для комп’ютерного моделювання задач динаміки
10. Комп’ютерне моделювання спектрального аналізу та фотоефекту
11. Комп’ютерне моделювання досліду Столетова
12. Комп’ютерне моделювання досліду Резерфорда
13. Комп’ютерне моделювання досліду Чадвіка
14. Комп’ютерне моделювання досліду вимірювання спектрального розподілу енергії випромінювання
15. Комп’ютерне моделювання досліду Франка та Герца
16. Комп’ютерне моделювання досліду Девіссона і Джермера
17. Комп’ютерне моделювання досліду з розсіювання фотонів вільними електронами
18. Комп’ютерне моделювання мас-спектроскопічних досліджень
19. Навчання основ комп’ютерного моделювання з використанням засобів GRAN1 в шкільному курсі інформатики (ШКІ)
20. Навчання основ комп’ютерного моделювання з використанням засобів

## MS Excel в ШКІ

21. Навчання основ комп'ютерного моделювання з використанням засобів MS PowerPoint в ШКІ
22. Навчання основ комп'ютерного моделювання з використанням засобів мови програмування Pascal в ШКІ
23. Навчання основ комп'ютерного моделювання з використанням засобів середовища ООП в ШКІ
24. Формування вмінь комп'ютерного моделювання учнів старшої школи під час гурткової роботи
25. Комп'ютерне моделювання як засіб здійснення міжпредметних зв'язків фізики та інформатики в процесі навчання інформатики
26. Комп'ютерне моделювання як засіб здійснення міжпредметних зв'язків математики та інформатики в процесі навчання інформатики
27. Комп'ютерне моделювання як засіб здійснення міжпредметних зв'язків астрономії та інформатики в процесі навчання інформатики
28. Використання фізичного матеріалу на уроках інформатики в старшій школі для створення комп'ютерних моделей
29. Формування дослідницьких вмінь учнів старшої школи засобами комп'ютерного моделювання
30. Формування навичок комп'ютерного моделювання в процесі вивчення Macromedia Flash на заняттях гуртка з інформатики

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексюк А. М. Педагогіка вищої освіти в Україні / А. М. Алексюк. – К. : Либідь, 1998. – 560 с.
2. Альманах психологических тестов. – [3-е изд.]. – Москва : Издательство "КСП", 1996. – 400с. : ил. ; 19,8см. – (Психология личности).
3. Ананьев Б. Г. Психологическая структура человека как субъекта. Человек и общество / Б. Г. Ананьев. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1967. – 192 с.
4. Анциферов Л. И. ЭВМ в обучении физике : учебное пособие / Л. И. Анциферов. – Курск : КГПИ, 1991. – 181 с.
5. Архангельский А. Я. Программирование в Delphi 7 / А. Я. Архангельский. – М. : ООО “БИНОМ–Пресс”, 2003. – 1152 с.
6. Атанов Г. А. Деятельностный подход в обучении / Г. А. Атанов. – Донецк : ДОУ, 2001. – 160 с.
7. Атанов Г. А. Обучение и искусственный интеллект или основы дидактики высшей школы / Г. А. Атанов, И. Н. Пустынникова. – Донецк : ДОУ, 2002. – 504 с.
8. Бабанский Ю. К. Оптимизация процесса обучения / Ю. К. Бабанский. – М. : Педагогика, 1977. – 348 с.
9. Балик Н. Р. Використання технології Веб 2.0 у навчальному процесі / Н. Р. Балик, Г. П. Шмигер, П. М. Маланюк. – Тернопіль : ТНПУ, 2009. – 78 с.
10. Барановський В. М. Лабораторний стенд для вивчення основ механіки / В. М. Барановський, О. В. Прокопенко, Д. В. Лисенко // Фізика та астрономія в школі. – №1(7). – 1998. – С. 35–40.
11. Бирюков Б. В. Моделирование / Б. В. Бирюков, Ю. А. Гастеев, Е. С. Геллер // БСЭ. – 3-е издание. – Москва, 1974. – Т.16. – С.393–395.
12. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти : монографія / В. Ю Биков. – К. : Атіка, 2009. – 684 с.

13. Богоявленская Д. Б. Пути к творчеству / Д. Б. Богоявленская. – М. : Знание, 1981. – 96 с.
14. Бочкин А. И. Методика преподавания информатики : учебное пособие / А. И. Бочкин. – Мн. : Высш. шк., 1998. – 431 с.
15. Брагін А. Ю. Комп'ютерне моделювання механічних коливань засобами GRAN / А. Ю. Брагін // Молодь та соціально-інформаційні проблеми суспільства : зб. матеріалів IV Міжвузівської студентської наукової конференції (м. Умань, 12 квітня 2008 р.) / редкол. В. М. Дякон (голова) [та ін.]. – К. : Вид-во Європ. ун-ту, 2008. – С. 246–247.
16. Брушлинский А. В. Взаимосвязь процессуального и личностного аспектов мышления / А. В. Брушлинский // Мышление : процесс, деятельность, общение. – М. : Наука, 1982. – С. 5-49.
17. Брушлинский А. В. Психология мышления и проблемное обучение / А. В. Брушлинский. – М. : Знание, 1983. – 96 с.
18. Брушлинский А. В. Субъект : мышление, учение, воображение : избранные психологические труды / А. В. Брушлинский. – М. : Институт практической психологии, 1996. – 392 с.
19. Бурсиан Э. В. Задачи по физике для компьютера : учебн. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / Э. В. Бурсиан. – М. : Просвещение, 1991. – 256 с.
20. Вавилов С. И. Собрание сочинений. Т. 3 / С. И. Вавилов. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1956. – 870 с.
21. Введение в дистанционное образование : дидакт. практикум / [В. М. Монахов, Е. В. Данильчук, Т. М. Петрова, Т. К. Смыковская] ; Волгогр. гос. пед. ун-т. – Волгоград : Перемена, 2002. – 55 с.
22. Величко С. П. Підготовка вчителів фізики до впровадження комп'ютерно-орієнтованих технологій у навчально-виховний процес / С. П. Величко // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного імені Павла Тичини / Гол. ред. Мартинюк М. Т. – Умань : СПД Жовтий, 2008. – Ч.2.– С. 89-97.

23. Веников В. А. Теория подобия и моделирование (применительно к задачам электроэнергетики) : учеб. пособие для вузов / В. А. Веников. – [изд. 2-е, доп. и перераб.]. – М. : “Высшая школа”, 1976. – 473 с.
24. Верлань А. Ф. Методика створення інтелектуалізованого інтегрованого середовища для комп’ютерного моделювання складних систем : сб. научн. трудов по материалам ежегодных конф. ин-та 1996 г. и 1997 г. / А. Ф. Верлань и др. (отв. Ред.) / НАН Украины, Институт проблем моделирования в энергетике. – К. : 1997. – 86 с.
25. Воротнікова І. П. Використання інформаційних технологій у процесі підготовки вчителів у післядипломній педагогічній освіті / І. П. Воротнікова // Освіта на Луганщині. – 2007. – №1 (26). – С. 52–55.
26. Выготский Л. С. Педагогическая психология / Л. С. Выготский. – М. : Педагогика, 1991. – 480 с.
27. Выготский Л. С. Развитие высших психических функций / Л. С. Выготский. – М. :Изд. АПН, 1960. – 500 с.
28. Габдреев Р. В. Моделирование в познавательной деятельности студентов / Р. В. Габдреев. – Казань : Изд-во КГУ, 1983. – 110 с.
29. Галузеві стандарти вищої освіти : Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра зі спец. 6.010100 “Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика” напряму підготовки 0101 “Педагогічна освіта” : ГСВО МОН 002-02 / М-во освіти і науки України. – Введ. 02.10.02. – Київ : [б. и.], 2003. – 73 с.
30. Гальперин П. Я. Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий / П. Я. Гальперин // Исследование мышления в советской психологии. – М. : Наука, 1966. – С. 230 – 277.
31. Гальперин П. Я. Управление познавательной деятельностью учащихся / П. Я. Гальперин, Н. Ф. Талызина. – М. : Педагогика, 1992. – 262с.
32. Гейзенберг В. Физика и философия / В. Гейзенберг. – М. : Наука, 1989. – 132 с.
33. Гельфгат И. М. 1001 задача по физике с решениями / И. М. Гельфгат,



- Л. Э. Генденштейн, Л. А. Кирик. – [2-е изд. стереотипное]. – Харьков : ИМП “Рубикон”, 1997. – 593 с.
34. Глинский Б. А. Философские и социальные проблемы информатики / Б. А. Глинский ; отв. Ред. И. З. Налетов / АН СССР, Моск. каф. философии. – М. : Наука, 1990. – 105 с.
35. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учеб. пособие для студентов вузов / В. Е. Гмурман. – [6-е изд., доп.]. – М. : Высш. шк., 2002. – 405 с.
36. Головин С. Ю. Словарь психолога-практика : словарь / С. Ю. Головин. – Минск : Харвест ; Москва : Акт, 2001. – 976 с.
37. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник : словник / С. У. Гончаренко. – К. : Либідь, 1997. – 376 с.
38. Грабарь М. И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях : непараметрические методы / М. И. Грабарь , К. А. Краснянская. – М. : Просвещение. 1977. – 136 с.
39. Гриценко В. Г. Нові інформаційні технології при вивченні статистичних закономірностей у процесі підготовки вчителів фізики : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / В. Г. Гриценко . – К. , 1999. – 20с.
40. Гриценко В. Г. Нові інформаційні технології при вивченні статистичних закономірностей у процесі підготовки вчителів фізики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Гриценко Валерій Григорович. – Черкаси, 1998. – 173 с.
41. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 1 / Х. Гулд, Я. Тобочник ; пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 350 с.
42. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 2 / Х. Гулд, Я. Тобочник ; пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 400 с.
43. Давидов В. В. Проблемы развивающего обучения : опыт теоретического и экспериментального психологического исследования / В. В. Давидов. – М. : Педагогика, 1986. – 240 с.

44. Дем'яненко В. М. Підвищення практичної значимості результатів навчання основ обчислювальної техніки студентів вищих педагогічних навчальних закладів : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Дем'яненко Віктор Михайлович. – К., 2003. – 273 с.
45. Денисенко О. І. Застосування комп'ютерної техніки при викладанні фізики / О. І. Денисенко. // Теорія та методика навчання мат., фіз., інформ. : збірник наукових праць. – Кривий Ріг : Вид. відділ НМетАУ. – 2002– . – Т. 2. : Теорія та методика навчання фізики. – 2002. – С. 108–110.
46. Державна національна програма “Освіта” (Україна ХХІ століття). – К. : Райдуга, 1994. – 64 с.
47. Державна програма “Інформаційні та комунікаційні технології в освіті і науці на 2006 – 2010 роки” : Міністерство освіти і науки України. – К., 2005.
48. Дудик М. В. Завдання вищих педагогічних навчальних закладів з підготовки майбутніх вчителів до застосування інформаційних технологій в навчальному процесі / М. В. Дудик, С. А. Хазіна // Інформаційно-комунікаційні технології у середній і вищій школі : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 27 – 29 травня 2004 р.). – Київ – Ізмаїл, 2004.– С. 169–171.
49. Дудик М. В. Завдання вищих педагогічних навчальних закладів з підготовки майбутніх вчителів до застосування інформаційних технологій в навчальному процесі / М. В. Дудик, С. А. Хазіна // Наук. вісник Ізмаїльського державного гуманітарного університету. – Ізмаїл, 2004. – Вип. 16. – С. 146–151.
50. Дудик М. В. Комп'ютерне моделювання перколяційних явищ при вивченні курсу теоретичної фізики як засіб професійної підготовки студентів педвузу / М. В. Дудик, С. А. Хазіна // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки : наук вид. Вип. 51. Ч. 2 / Кіровоградський держ. пед. ун-т ім. В. Винниченка / відп. Ред. С. П. Величко. –

- Кіровоград : КДПУ, 2003. – С. 148–152.
51. Дудик М. В. Моделювання фізичних явищ у комп'ютерних навчальних програмах : навч. посіб. / М. В. Дудик, С. А. Хазіна. Уманський держ. педагогічний ун-т ім. Павла Тичини. – Умань : Алмі, 2009. – 96с. : мал. + CD-ROM – 3 дод. CDR1173. – Бібліогр. : С. 91–92.
  52. Дудик М. В. Навчання майбутніх вчителів фізики технології комп'ютерного моделювання / М. В. Дудик, С. А. Хазіна // Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. – 2006.– № 6.– С. 14–19.
  53. Дудик М. В. Навчання технології комп'ютерного моделювання у вищій школі / М. В. Дудик, С. А. Хазіна // Модернізація освіти : пошук, проблеми, перспективи : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ – Переяслав-Хмельницький, 22–25 травня 2006 р.).–Київ – Переяслав-Хмельницький, 2006. – С.234–236.
  54. Дудик М. В. Організація науково-дослідної роботи студентів шляхом залучення їх до комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів / М. В. Дудик, С. А. Хазіна // Наукові засади розвитку університетської освіти в малих містах України : матеріали першої всеукраїнської науково-практичної конференції (Умань, 17–18 жовтня 2003 р.). – Умань : Алмі, 2003. – С. 36–37.
  55. Дудик М. В. Перспективи формування компетентності з моделювання в майбутніх учителів фізики / М. В. Дудик, С. А. Хазіна, Г. А. Хазін // Комп'ютерне моделювання в освіті : матеріали Всеукраїнського науково-методичного семінару (Кривий Ріг, 29 березня 2005 р.). – Кривий Ріг : КДПУ, 2005. – С. 22–23.
  56. Дудик М. В. Підготовка майбутніх вчителів фізики до застосування інформаційних технологій в навчальному процесі / М. В. Дудик, С. А. Хазіна // Збірник наукових праць / гол. Ред. В. Г. Кузь. – К. : Науковий світ, 2004. – С. 72–77.
  57. Дяконов В. Mathcad 2000: учебный курс / В. Дяконов. – СПб. : Питер, 2001. – 592 с.

58. Ершов А. П. Компьютеризация школы и математическое образование / А. П. Ершов // Программирование. – 1990. – №1. – С. 5–25.
59. Жалдак М. І. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики : посібн. для вчителів / М. І. Жалдак, В. В. Лапінський, М. І. Шут // Інформатика (Шкільн. світ). – 2006. – № 3–4 – 96 с.
60. Жалдак М. І. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання в загальноосвітній середній школі / М. І. Жалдак // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини / гол. Ред. Мартинюк М. Т. – Умань : СПД Жовтий, 2008. – Ч. 2. – С. 144–151.
61. Жалдак М. І. Математика з комп'ютером: посібник для вчителів / М. І. Жалдак, Ю. В. Горошко, Є. Ф. Винниченко. – К. : РНЦУ ДІНІТ, 2004. – 250 с.
62. Жалдак М. І. Модель системи соціально-професійних компетентностей вчителя інформатики / М. І. Жалдак, Ю. С. Рамський, М. В. Рафальська // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наукових праць / Редрада. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2009. – № 7 (14). – С. 3–10.
63. Жалдак М. І. Чисельні методи математики : посібник для самоосвіти вчителів / М. І. Жалдак, Ю. С. Рамський. – К. : Радянська школа, 1984. – 206 с.
64. Желюк О. М. Педагогічні програмні засоби в навчальному курсі фізики / О. М. Желюк // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – № 1. – С. 28–29.
65. Желюк О. М. Удосконалення навчального фізичного експерименту засобами сучасної електронної техніки : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Желюк Олег Миколайович . – Рівне, 1996. – 226 с.
66. Жук Ю. А. Решение исследовательских задач по физике с использованием НИТ : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 /

- Жук Юрий Алексеевич. – К., 1995.– 217 с.
67. Завієна Н. С. Персональні комп'ютери в індивідуалізованому навчанні / Н. С. Завієна // Рідна школа. – 1999. – № 11. – С. 62–64.
  68. Загальна психологія : підручник / О. В. Скрипченко, Л. В. Долинська, З. В. Огороднійчук та ін. – К. : Либідь, 2005. – 464 с.
  69. Займан Дж. Модели беспорядка / Дж. Займан. – М. : Мир, 1982. – 591 с.
  70. Закон України “Про вищу освіту” : закони і законодавчі акти. – К. : Верховна Рада України. Інститут законодавства, 2002. – 96 с.
  71. Извозчиков В. А. Электронно-вычислительная техника на уроках физики в средней школе / В. А. Извозчиков , А. Д. Ревунов. – М. : “Просвещение”, 1988. – 240 с.
  72. Исследование проблем психологии творчества : сб. науч. ст. / ред. Я. А. Пономарев. – М. : Наука, 1983. – 190 с.
  73. Іваницький О. І. Теоретичні і методичні основи підготовки майбутнього вчителя фізики до впровадження інноваційних технологій навчання : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / О. І. Іваницький . – К., 2005. – 43 с.
  74. Казиев В. М. Основы математического и инфологического моделирования в примерах / В. М. Казиев , К. В. Казиев // Информатика и образование. – 2001. – № 1. – С. 39–46.
  75. Калапуша Л. Р. Моделювання у вивченні фізики / Л. Р. Калапуша. – К. : Рад. школа, 1982. – 158 с.
  76. Каменецкий С. Е. Модели и аналогии в курсе физики средней школы : пособие для учителей / С. Е. Каменецкий, Н. А. Солодухин. – М. : Просвещение, 1982. – 96 с.
  77. Кирьянов Д. В. Самоучитель Mathcad 11 / Д. В. Кирьянов. – СПб. : БХВ–Петербург, 2003. – 560 с.
  78. Клочко В. І. Застосування нових інформаційних технологій навчання

- при вивченні курсу вищої математики у технічному вузі: навч.-метод. посібник / В. І. Клочко / Вінницький держ. технічний ун-т. – Вінниця, 1997. – 63 с.
79. Козловский П. Современность постмодерна / П. Козловский // Вопр. философии. – 1995. – № 10. – С. 85–94.
80. Коменский Я. А. Избранные педагогические сочинения : в 2-х т. / Я. А. Коменский. – М. : Педагогика, 1982.–  
Т.1. – 2005. – 656 с.
81. Комп'ютер на уроках фізики : посібник для вчителів / Жалдак М. І., Набочук Ю. К., Семещук І. Л. – Костопіль, РВП, „РОСА”, 2005. – 228 с.
82. Компетентнісний підхід у сучасній освіті : світовий досвід та українські перспективи : бібліотека з освітньої політики / під заг. ред. О. В. Овчарук. – К. : “К.І.С.”, 2004. – 112 с.
83. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования. / Авт. предисл. А. А. Самарский / Серия “Кибернетика – неограниченные возможности и возможные ограничения”. – М. : Наука, 1988. – 176 с.
84. Коношевський Л. Л. Дослідження особливостей застосування комп'ютерної техніки в начальному процесі педвузу (на матеріалі курсу фізики) : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / Л. Л. Коношевський. – К., 1997. – 24 с.
85. Костюк Г. С. Избранные психологические труды / Г. С. Костюк. – М. : Педагогика, 1988. – 304 с.
86. Краснов М. В. OpenGL. Графика в проектах Delphi. – СПб. : БХВ–Петербург, 2002. – 352 с.
87. Краткий психологический словарь / [Под общ. ред. А. В. Петровского, М. Т. Ярошевского]. – М. : Политиздат, 1985. – 431 с.
88. Крыжановский В. Г. Решебник по физике: Справочник школьника / В. Г. Крыжановский. – Донецк : ПКФ “БАО”, 1999. – 480 с.

89. Кулик Я. Г. Комп'ютерне моделювання при вивченні фізики / Я. Г. Кулик // Молодь та соціально-інформаційні проблеми суспільства : зб. матеріалів III міжвузівської студентської наукової конференції. Том IV (Умань, 21 квітня 2007 р.) / редкол. В. М. Дякон (голова) [та ін.]. – К. : Вид-во Європ. ун-ту, 2007. – С. 324–327.
90. Культин Н. Б. Delphi 6 в задачах и примерах / Н. Б. Культин. – СПб. : БХВ–Петербург, 2005. – 288с.
91. Кухарчук Р. Використання електронних таблиць Excel під час дослідження закону Ома для повного кола / Р. Кухарчук // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 3. – С.51–53.
92. Кыверялг А. А. Методы исследования в профессиональной педагогике / А. А. Кыверялг. – Таллин : “Валгус”, 1980. – 332 с.
93. Лапінський В. В. Інформаційні технології та лабораторний стенд для вивчення основ механіки /В. В. Лапінський, О. В. Прокопенко // Фізика та астрономія в школі. – №2.– 1999. – С.27–31.
94. Лапчик М. П. Методика преподавания информатики : учеб. пособие для студ. пед. вузов / М. П. Лапчик, И. Г. Семакин, Е. К. Хеннер. – Москва : Академия, 2001. – 624 с.
95. Левіна І. А. Професійна діяльність учителя з формування пізнавальної самостійності підлітків засобами моделювання : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 “Теорія та методика професійної освіти” / І. А. Левіна. – Одеса, 2001. – 20 с.
96. Леонтьев А. Н. Деятельность, сознание, личность. Избранные психологические произведения : в 2т. / А. Н. Леонтьев / под ред. В. В. Давыдова и др. – М. : Политиздат, 1983 – .– Т. 2. – 1983.– 584 с.
97. Леонтьев А. Н. Проблема деятельности в психологии / А. Н. Леонтьев // Вопросы философии. – 1972. – № 9. – С. 95–108.
98. Лернер И. Я. Дидактические основы методов обучения / И. Я. Лернер. – М. : Педагогика, 1981. – 186 с.

99. Лернер И. Я. Процесс обучения и его закономерности / И. Я. Лернер. – М. : Знание, 1980. – 96 с.
100. Лещинський О. П. Вплив комп'ютерів на структуру і зміст навчального експерименту / О. П. Лещинський // Фізика та астрономія в школі – №4. – 2001. – С. 43–44.
101. Лещинський О. П. Загальний курс фізики в університетах США / О. П. Лещинський // Фізика та астрономія в школі – №2 – 2002. – С. 43–47.
102. Литвинов Ю. В. Комп'ютерний експеримент у системі засобів навчання з дисциплін інформаційно-технологічного профілю / Ю. В. Литвинов // Проблеми, завдання та перспективи шкільної допрофільної і профільної освіти з інформаційно-технологічного профілю : матеріали Всеукраїнського семінару-практикуму (м. Київ, 25–27 квітня 2005р.). – Київ, 2005. – С.53–54.
103. Литвинова С. Г. Формування інформаційно-комунікаційної компетентності (ІКК) вчителів-предметників / С. Г. Литвинова // Інформаційні технології і засоби навчання : електронне наукове фахове видання [Електронний ресурс] / гол. Ред. В. Ю. Биков / Ін-т інформ. технологій і засобів навчання АПН України, Ун-т менеджменту освіти АПН України. – 2008. – № 1(5). – Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/ITZN/em5/emg.html>. – Заголовок з екрана.
104. Лукаш І. М. Формування інтелектуальних умінь старшокласників у процесі навчання інформатики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Лукаш Ірина Миколаївна. – К., 2003. – 304 с.
105. Ляшенко О. І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи : Логіко-дидактичні основи. – К. : Генеза, 1996. – 128 с.
106. Маер Р. В. Компьютерное моделирование физических явлений : Монография / Р. В. Маер. – Глазов : ГГПИ, 2009. – 112 с.
107. Маер Р. В. Решение физических задач с помощью пакета MathCAD



- [Электронный ресурс] / Р. В. Маер. – Глазов : ГГПИ, 2006. – 37 с. –  
Режим доступа : <http://komp-model.narod.ru/math/math1.htm#11>
108. Маланюк П. М. Повышение эффективности самостоятельной работы учащихся при изучении физики на основании использования компьютерной техники : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Маланюк Петр Миронович. – К., 1990. – 164 с.
  109. Мартинюк М. Т. Вивчення фундаментальних дослідів з атомної фізики засобами інформаційно-комунікаційних технологій / М. Т. Мартинюк, М. В. Дудик, С. І. Терещук – К. : Наук. світ, 2006. – 119 с.
  110. Мартинюк О. С. Засоби сучасної електроніки й комп'ютерної техніки в навчальному експерименті з фізики : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / О. С. Мартинюк. – К., 2000. – 19 с.
  111. Математическое моделирование и перспективы развития школьного образования / [Н. Л. Буланова, Д. В. Волков, В. Б. Хозиев, П. Д. Широков]. – М. : 1987. – 10 с. – (Препринт / ИПМ им. М. В. Келдыша АН СССР).
  112. Математическое моделирование / [под ред. Дж. Эндрюс, Р. Мак-Лоун]. – М. : Мир, 1979. – 276 с.
  113. Машбиц Е. И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения / Е. И. Машбиц. – М. : Педагогика, 1988. – 192 с.
  114. Межуєв В. І. Інтенсифікація навчання фізики в сучасній середній загальноосвітній школі : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / В. І. Межуєв. – К., 2001. – 20 с.
  115. Методичний посібник з інформатики / Зарецька І. Т., Семенова Т. В., Соколов О. Ю. – Х. : Факт, 2004. – 184 с.
  116. Мирзаева М. А. Методика изучения физических процессов в высшей школе с использованием компьютерного моделирования (По разделам “Радиофизики” и “Лазерной физики”) : автореф. дис. ... на здо-

- буття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / М. А. Мирзаева. – Ташкент, 2000. – 18 с.
117. Мисліцька Н. А. Формування фізичних понять в учнів основної школи засобами інформаційних технологій навчання : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / Н. А. Мисліцька. – К., 2007. – 20 с.
118. Михалін Г. О. Професійна підготовка вчителя математики в процесі навчання математичного аналізу : монографія / Г. О. Михалін ; рец. М. І. Жалдак, З. І. Слєпкань, М. Й. Ядренко. – Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова. РННЦ “ДІНІТ”, 2003. – 320 с.
119. Могилев А. В. Информатика : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. В. Могилев, Н. И. Пак, Е. К. Хеннер; под ред. Е. К. Хеннера. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 848 с.
120. Могилев А. В. Практикум по информатике : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. В. Могилев, Н. И. Пак, Е. К. Хеннер ; под ред. Е. К. Хеннера. – [2-е изд., стер.]. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.
121. Моделирование как метод научного исследования (гносеологический анализ) / [Глинский Б. А., Грязов Б. С., Дынин Б. С. Никитин Е. П.]. – М. : Изд-во МГУ, 1965. – 109 с.
122. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев. – М. : Наука, 1981. – 488 с.
123. Морзе Н. В. Методика навчання інформатики : навч. посібник : у 4 ч. / Н. В. Морзе ; за ред. М. І. Жалдака. – К. : Навчальна книга, 2004– . –  
Ч. IV : Методика навчання основ алгоритмізації та програмування. – 2004.– 368 с.
124. Морзе Н. В. Методика навчання інформатики : навч. посібник : у

- 4 ч. / Н. В. Морзе ; за ред. М. І. Жалдака. – К. : Навчальна книга, 2004– . –
- Ч. I : Загальна методика навчання інформатики. – 2004 – 256 с.
125. Морозов К. Е. Математическое моделирование в научном познании / К. Е. Морозов. – М. : Мысль, 1969. – 212 с.
126. Муляр В. П. Засоби інформаційних технологій у вивченні питань квантової фізики в середній школі : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Муляр Вадим Петрович. – Луцьк, 1998. – 221 с.
127. Мур Дж., Уэдерфорд Л. Р. Экономическое моделирование в Microsoft Excel : пер. с англ. / Дж. Мур, Л. Р. Уэдерфорд – [6-е изд.]. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 1024 с.
128. Мэрдок К. Л. 3ds Max 8. Библия пользователя : пер. с англ. / К. Л. Мэрдок. – М. : Изд. дом “Вильямс”, 2006. – 1296 с.
129. Наследов А. Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных : учебное пособие / А. Д. Наследов. – СПб. : “Речь”, 2007. – 392 с.
130. Новик И. Б. Метод моделирования в современной науке / И. Б. Новик, Н. М. Мамедов. – М. : Об-во “Знание” РСФСР, 1981. – 40 с.
131. Новик И. Б. О моделировании сложных систем (философский очерк) / И. Б. Новик. – М. : Мысль, 1965. – 335 с.
132. Оспенникова Е. В. Методологическая функция виртуального лабораторного эксперимента / Е. В. Оспенникова // Информатика и образование. – № 11 – 2002. – С. 83–89.
133. Оськина О. В. Методика обучения основам компьютерного моделирования будущих учителей физики в педвузе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Оськина Оксана Вікторівна. – Самара, 2000. – 184 с.
134. Паламарчук В. Ф. Як виростити інтелектуала : посіб. для вчителів і керівників шк. / В. Ф. Паламарчук / Інститут педагогіки АПН України / Б. Є. Будний (гол. Ред.). – Т. : Навчальна книга – Богдан, 2000. – 151с.

135. Панченко Л. Л. Формування вмінь математичного моделювання в процесі навчання майбутніх учителів математики : дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Панченко Лариса Леонтіївна. – К., 2006. – 260 с.
136. Педагогіка вищої школи : навч. посібн. / З. Н. Курлянд, Р. І. Хмелюк, А.В. Семенова та ін. ; за ред. З. Н. Курлянд. – [2-ге вид., перероб. і доп.]. – К. : Знання, 2005. – 399 с.
137. Пенроуз Р. Новый ум короля : О компьютерах, мышлении и законах физики / Р. Пенроуз ; пер. с англ. / общ. ред. В. О. Малышенко. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 384 с.
138. Пиаже Ж. Избранные психологические труды : Психология интеллекта. Генезис числа у ребенка. Логика и психология / Ж. Пиаже. – М. : Междунар. пед. акад., 1994. – 680 с.
139. План дій щодо поліпшення якості фізико-математичної освіти на 2009–2012 роки // Додаток до наказу МОН від 30.12.2008 № 1226. – Режим доступу : <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1038.2099.0>
140. Поліщук О. В. Комп'ютерне моделювання фізичного процесу засобами середовища GRAN1 / О. В. Поліщук // Інформаційні технології та комп'ютерні системи на шляху до інформаційного суспільства : зб. матеріалів I Міжвузівської студентської наукової конференції (м. Умань, 21 березня 2009 р.) / редкол. В. М. Дякон (голова) [та ін.]. – Умань : ВПЦ "Візаві", 2009. – С. 74–77.
141. Пометун О. І. Послідовна реалізація компетентнісного підходу в сучасній історичній освіті / О. І. Пометун // Виклик для України : розробка рамкових основ змісту (національного курикулуму) загальної середньої освіти для 21-го століття. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 26–27 червня 2007 р.) / Україна – Проект «Рівний доступ до якісної освіти», Академія педагогічних наук України, Державна установа «Директорат програм розвитку освіти» Міністерства освіти і науки України. – К. : ТОВ УВПК «Ексоб», – С.33–38.

142. Проблемы внедрения компьютерной технологии в обучение : Сб. науч. тр./ АН Украины, Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова, Науч. совет. АН Украины по проблеме "кибернетика" ; Редкол. : В. И. Гриценко, А. М. Довгялло (отв. редакторы) и др. – К., 1992. – 66 с.
143. Прудской В. И. Средства телевидения и вычислительной техники в системе демонстрационного эксперимента по физике в средней школе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Прудской Валерий Иванович. – К., 1992. – 118 с.
144. Психологическая энциклопедия : энциклопедия / под ред. Р. Корсини, А. Ауэрбаха. – [2-е изд.] – Санкт-Петербург : Питер, 2003. – 1096 с.
145. Психологические тесты / [составление, подготовка текста, библиография Ахмеджанов Э. Р.]. – М. : Светотон, – 1996. – 320 с.
146. Психолого-педагогические проблемы профессионального обучения. / Редкол. : П. Я. Гальперин и др. – М. : МГУ, 1979. – 192 с.
147. Пышкало А. М. Методическая система обучения геометрии в начальной школе : Авторский доклад по монографии “Методика обучения элементам геометрии в начальных классах”, представленной на соискание ученой степени докт. пед. наук. / А. М Пышкало. – М. : АПН СССР, 1975. – 60 с.
148. Разумовский В. Г. ЭВМ и школа : научно-педагогическое обеспечение / В. Г. Разумовский // Сов. педагогика. – 1985. – № 9. – с. 12–16.
149. Раков С. А. Формування математичних компетентностей учителя математики на основі дослідницького підходу у навчанні з використанням інформаційних технологій : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Раков Сергій Анатолійович. – Х., 2005. – 516с.
150. Рамский Ю. С. Использование компьютера при изучении темы “Опыт Резерфорда. Планетарная модель атома” / Ю. С. Рамский, И. Э. Мовенко, В. И. Савченко // материалы Межвузовской научно-практической конференции [“Использование информационных

- технологий в учебном процессе”] (27–28 апреля 1989 г.). – Киев : Рад. школа, – 1990. – С. 130–134.
151. Рамський Ю. С. Інформаційна культура вчителя математики та інформатики / Ю. С. Рамський // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини. / гол. ред. М. Т. Мартинюк. – К. : Міленіум, 2005. – С. 311–321. – (Спеціальний випуск).
152. Рамський Ю. С. Комп’ютерне моделювання фізичних процесів у середовищі програми Maxima / Ю. С. Рамський, С. А. Хазіна // Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. – 2009. – № 1 (19). – С. 58–63.
153. Рамський Ю. С. Підвищення рівня фахової підготовки майбутніх вчителів фізики в процесі навчання комп’ютерного моделювання / Ю. С. Рамський, С. А. Хазіна // Вища школа. – 2009. – № 7. – С. 32–38.
154. Рамський Ю. С. Система комп’ютерної математики Maxima як засіб комп’ютерного моделювання фізичних процесів / Ю. С. Рамський, С. А. Хазіна // Інформаційно-комунікаційні технології навчання : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Умань, 3–5 червня 2008 р.). – Умань : ПП Жовтий, 2008. – С. 130–132.
155. Рамський Ю. С. Система комп’ютерної математики Maxima як засіб комп’ютерного моделювання фізичних процесів / Ю. С. Рамський, С. А. Хазіна // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного імені Павла Тичини / гол. ред. : Мартинюк М.Т. Умань : СПД Жовтий, 2008. – Ч.2.– С. 257–265.
156. Рамський Ю. С. Формування інформаційної культури вчителя інформатики при вивченні методів обчислень у педагогічному вузі / Ю. С. Рамський // Комп’ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наукових праць / Редкол. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова. – Вип. 2. – 2000. – С. 25– 47.
157. Рейнхардт Р. Macromedia Flash MX ActionScript. Библия

- пользователя : пер. с англ. / Р. Рейнхардт, Дж. Лотт. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1280 с.
158. Роберт И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты) / И. В. Роберт.– М. : ИИО РАО, 2007. – 234 с.
159. Розенблют А. Роль моделей в науке / А. Розенблют, Н. Винер // Модели в науке и технике / Я. Г. Неуймин. – Л.,– 1984. С. 171–175.
160. Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования / С. Л. Рубинштейн. – М. : Просвещение, 1958.– 147с.
161. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. в 2 т. / С. Л. Рубинштейн. – М. : Педагогика, 1989 – . –  
Т. 1 – 1989. – 487 с.  
Т. 2 – 1989. – 322 с.
162. Руденко В. Д. Моделі та моделювання / В. Д. Руденко // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2003. – № 3. – С. 6–10.
163. Руденко В. М. Математичні методи в психології: підручник / В. М. Руденко, Н. М. Руденко. – К. : Академвидав, 2009. – 384 с. (Серія “Альма-матер”).
164. Салмина Н. Г. Знак и символ в обучении / Н. Г. Салмина. – М. : Изд-во МГУ, 1988. – 287 с.
165. Самарский А. А. Компьютеры и жизнь (Математическое моделирование) / А. А. Самарский , А. П. Михайлов. – М. : Педагогика, 1987. –128 с.
166. Самарский А. А. Математическое моделирование : Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский , А. П. Михайлов. – [2-е изд., испр.]. – М. : Физматлит, 2001. – 320 с.
167. Седов Л. И. Механика сплошной среды. – [4-е изд.]. : в 2 т. – М. : “Наука”, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1983– . –  
Т. 1.– 1983. – 528 с.
168. Сейдаметова З. С. Подготовка инженеров-программистов по специальности "Информатика": Моногр. / З. С. Сейдаметова ; Нац. пед. ун-

- т ім. М.П.Драгоманова. – К. ; Симф. : Крымучпедгиз, 2007. – 480 с.
169. Селиванова Э. Т. Методика обучения основам компьютерного моделирования в педагогическом вузе и школе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Селиванова Эрнестина Тимофеевна. – Новосибирск, 2000. – 144 с.
  170. Семеріков С. О. Махіма 5.13: довідник користувача / С. О. Семеріков; за ред. академіка АПН України М. І. Жалдака. – Київ, 2007. – 48 с.
  171. Семещук І. Л. Формування основних понять механіки в курсі фізики середньої школи з використанням сучасних інформаційних технологій : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання фізики” / І. Л. Семещук. – К., 2005. – 20 с.
  172. Семькин Н. П. Методологические вопросы в курсе физики средней школы : пособие для учителей / Н. П. Семькин, В. А. Любичанковский. – М. : Просвещение, 1979. – 88 с.
  173. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко. – СПб. : ООО “Речь”, 2007. – 350 с.
  174. Сичивица О. М. Факторы научного прогресса / О. М. Сичивица – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1974. – 263 с.
  175. Слепкань З. І. Наукові засади педагогічного процесу у вищій школі: конспект лекцій / З. І. Слепкань. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 1999. – 150 с.
  176. Словарь иностранных слов : словарь. – М. : “Советская энциклопедия”, 1964. – 784 с.
  177. Смирнова-Трибульская Е. Н. Основы формирования информатических компетентностей учителей в области дистанционного обучения : монография / Смирнова-Трибульская Е. Н. – Херсон : Айлант, 2007. – 704 с.
  178. Сосницька Н. Л. Удосконалення навчального експерименту з хвильової оптики засобами нових інформаційних технологій : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Сосницька Наталя Леонідівна. – К., 1998 – 272с.



179. Социальные системы. Формализация и компьютерное моделирование : учебное пособие / [Гуц А. К., Коробицын В. В., Лаптев А. А. и др.]. – Омск : Омск. гос. ун-т, 2000. – 160 с.
180. Співаковський О. В. Теорія й практика використання інформаційних технологій у процесі підготовки студентів математичних спеціальностей : монографія / О. В. Співаковський. – Херсон : Айлант. – 2003 – 229 с.
181. Спірін О. М. Теоретичні та методичні засади професійної підготовки майбутніх учителів інформатики за кредитно-модульною системою: монографія / О. М. Спірін; Житомир. держ. ун-т ім. І. Франка. – Житомир, 2007. – 300 с.
182. Талызина Н. Ф. Педагогическая психология : учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений / Н. Ф. Талызина. – М. : Издательский центр “Академия”, 1998. – 288 с.
183. Теплицький І. О. Елементи комп'ютерного моделювання : навчальний посібник / І. О. Теплицький. – Кривий Ріг : КДПУ, 2005. – 208 с.
184. Теплицький І. О. Необмежені можливості та можливі обмеження застосувань комп'ютера у фізичному лабораторному експерименті / І. О. Теплицький, С. О. Семеріков // Фізика та астрономія в школі : науково-методичний журнал. – 2004. – №2. – С. 47–49.
185. Теплицький І. О. Розвиток творчих здібностей школярів засобами комп'ютерного моделювання : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Теплицький Ілля Олександрович. – Кривий Ріг, 2000. – 222с.
186. Тимчасові вимоги до педагогічних програмних засобів для загальноосвітніх, професійно-технічних і вищих навчальних закладів, що створюються за державні кошти : затверджено наказом МОН України від 15.05.2006 р. № 369 // Інформатика (Шкільний світ). – 2006. – №31–32. – С. 4–6
187. Томашевський В. М. Моделювання систем / В. М. Томашевський. – К. : Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
188. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання

- математичних дисциплін: [Монографія] / Ю. В. Триус. – Черкаси : Брама-Україна, 2005. – 400 с.
189. Турчак Л. И. Основы численных методов : учебное пособие / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. – [2е изд., перераб. и доп.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 304 с.
  190. Узнадзе Д. Н. Психологические исследования / Д. Н. Узнадзе. – М. : Наука, 1966. – 451 с.
  191. Фролов І. Т. Гносеологічні проблеми моделювання. – М : Наука, 1961.
  192. Федішова Н. В. Використання автоматичних пристроїв та функціональних вузлів ЕОТ у системі шкільного фізичного експерименту : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : 13.00.02 “Теорія та методика навчання фізики” / Н. В. Федішова – К., 1999. – 18 с.
  193. Фельдман Л. П. Чисельні методи в інформатиці / Л. П. Фельдман, А. І. Петренко, О. А. Дмитрієва . – К. : Видавнича група ВНУ, 2006. – 480 с.
  194. Физикон. Открытая физика : В 2ч. / Под. ред. С. М. Козелла. М., ООО “Физикон”, 2002. – Режим доступа : <http://www.physicon.ru>.
  195. Філософія : Курс лекцій / [Л. В. Губерський, І. Ф. Надольний, В. П. Андрущенко та ін.]; за ред. І. Ф. Надольного. – К. : Вікар, 2000. – 516 с.
  196. Фокин М. Л. Построение и использование компьютерных моделей в учебно-воспитательном процессе : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : 13.00.02 Теорія та методика навчання фізики”/ М. Л. Фокин. – М., 1989. – 17 с.
  197. Хазіна С. А. Використання комп’ютерної моделі перколяційних явищ у навчальному процесі / С. А. Хазіна // Комп’ютери в навчальному процесі : матеріали 2-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції (Умань, 29–30 жовтня 2002 р.) / Збірник під ред. М. В. Дудика. Умань : Алмі, 2002. – С. 75–76.

198. Хазіна С. А. Комп'ютерне моделювання фізичного процесу у різних програмних середовищах / С. А. Хазіна // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2, Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : збірник. Вип. 6 (13) / М-во освіти і науки України, Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова ; редкол. В. П. Андрущенко (голова) [та ін.]. – К. : НПУ, 2008. – С. 93–97 – (До 175-річчя НПУ ім. М. П. Драгоманова).
199. Хазіна С. А. Навчання майбутніх вчителів фізики основ комп'ютерного моделювання / С. А. Хазіна // Новітні комп'ютерні технології : матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції (Київ–Севастополь, 15–18 вересня 2009 р.). – К. : Мін. регіон. розвитку та будівн. України, 2009. – С. 49–50.
200. Хазіна С. А. Проблеми формування моделюючої компетентності у майбутніх вчителів фізики / С. А. Хазіна // Збірник наукових праць : Спеціальний випуск / гол. Ред. В. Г. Кузь – К. : Наук. світ, 2003. – С. 300–305.
201. Хазіна С. А. Психолого-педагогічні аспекти навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики / С. А. Хазіна // Вища освіта України. № 3 (додаток 1) – тематичний випуск “Педагогіка вищої школи : методологія, теорія, технології” – К. : Гнозис, – 2009. – С. 580–584.
202. Хазіна С. А. Умови формування вмінь комп'ютерного моделювання у майбутніх вчителів фізики / С. А. Хазіна // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини / гол. ред. М. Т. Мартинюк. – К. : Міленіум, 2005. – С. 337–342. – (Спеціальний випуск).
203. Хазіна С. А. Цілі та зміст навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики / С. А. Хазіна // Безперервна фізико-математична освіта : проблеми, пошуки, перспективи : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Бердянськ :

- БДПУ, 2009. – С. 121–122.
204. Хазіна С. А. Цілі та зміст навчання комп'ютерного моделювання майбутніх вчителів фізики / С. А. Хазіна // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету (Педагогічні науки). – № 1. – Бердянськ : БДПУ, 2010. – С. 129–133.
205. Хеерман Д. В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике / Д. В. Хеерман. – М. : Наука, 1990. – 328 с.
206. Хоютанова М. И. Компьютерное моделирование на уроках физики / М. И. Хоютанова // Информатика и образование. – 2000. – № 9. – С. 61–62.
207. Християнов О. М. Вимоги до навчаючих комп'ютерних програм у контексті активізації пізнавальної діяльності учнів. / О. М. Християнов, О. В. Ващук // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1999. – №1. – С.3–8.
208. Швець В. Застосування пакета Excel для обробки даних лабораторних робіт з фізики / В. Швець // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 6. – С. 51–53.
209. Штофф В. А. Моделирование и философия / В. А. Штофф. – Л. : Наука, 1966. – 301 с.
210. Штофф В. А. О роли моделей в познании / В. А. Штофф. – Л. : Изд-во Ленинградского ун-та, 1963. – 128 с.
211. Эйнштейн А. Физика и реальность / А. Эйнштейн. – М. : Наука, 1965. – 360 с.
212. Эфрос А. Л. Физика и геометрия беспорядка / А. Л. Эфрос. – М. : Наука, 1982. – 176 с.
213. Юдин Б. Г. Системный анализ / Б. Г. Юдин // БСЭ. Т. 23. – 3-е изд. – М., 1976. – С. 475.
214. Якиманская И. С. Развивающее обучение / И. С. Якиманская. – М. : Педагогика, 1979. – 144 с.
215. Яценко Т. Н. Управление учебной деятельностью школьников с

- использованием персональных компьютеров (на материале изучения физической оптики): дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Яценко Татьяна Николаевна. – Бердянск, 1998. – 269 с.
216. Andaloro G. Modelling in physics teaching: the role of computer simulation / G. Andaloro, V. Donzelli, R. M. Sperandeo-Mineo // *International Journal of Science Education*. – 13(3). – 1991. – P. 243–254.
  217. Cross M. Interactive computer simulation tools for use in teaching mathematical modelling / Cross M., Moscardini A. O., Thorp M. // *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. – 13(6). – 1982. – P. 763–778.
  218. Daan Frenkel. Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications / Daan Frenkel, Berend Smit. – Academic Press, 2002. – 640 p.
  219. Duncan Fraser. Teaching in higher education through the use of variation: examples from distillation, physics and process dynamics / Duncan Fraser, Cedric Linder. // *European Journal of Engineering Education*. – 34(4). – 2009. – P 369–381.
  220. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Rotating\\_earth\\_\(large\).gif](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Rotating_earth_(large).gif).
  221. Korfiatis K. An investigation of the effectiveness of computer simulation programs as tutorial tools for teaching population ecology at university / K. Korfiatis, E. Papatheodorou, G. P. Stamou, S. Paraskevopoulous // *International Journal of Science Education*. – 21(12). – 1999. – P. 1269–1280.
  222. Maria Kozielska. Computer Simulation in Learning Physics as a Useful Teaching Method – a Report of Research / Maria Kozielska, Romuald Kędzierski // *The New Educational Review*. – 19. – 2009. – P. 83–94.
  223. Michael P. Allen. Educational aspects of molecular simulation / Michael P. Allen. // *Molecular Physics*. – 105(2 & 3). – 2007. – P. 157–166.
  224. Robson E. H. The role of computer simulation / E. H. Robson // *International Journal of Mathematical Education in Science and*

- Technology. – 16(2). – 1985. – P. 255–258.
225. Roger McHaney. Understanding Computer Simulation / Roger McHaney. – Ventus Publishing ApS, 2009 – 172 p.
226. Ted Graham. Using computer software in the teaching of mechanics / Ted Graham, Stuart Rowlands // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. – 31(4). – 2000. – P. 479–493.
227. Thornton R. K. Real Time Physics : Active Learning Laboratory / R. K. Thornton, D. R. Sokoloff // The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities : Proceedings of the ICUPE, ed. by E. F. Redish and J. S. Rigden. : AIP, Woodbury, NY, 1997, 1101–1118.
228. Tłaczała W. Computer simulation and modeling in virtual physics experiments / W. Tłaczała, G. Gorghiu, A. E. Glava, P. Bazan, J. Kukkonen, W. Maşior, J. Użycki, M. Zaremba // Current Developments in Technology-Assisted Education. – 2006. – P. 1198–1202.
229. Vasudeva Rao Aravind. Physics by Simulation : Teaching Circular Motion using Applets / Vasudeva Rao Aravind, John W. Heard. // Latin-American Journal of Physics Education. – 4(1). – 2010. – P. 35–39.
230. Wiki pages for Easy Java Simulations / F. Esquembre. – Режим доступа : <http://www.um.es/fem/EjsWiki>.
231. Wolfgang Christian. Modeling Physics with Easy Java Simulations / Wolfgang Christian, Francisco Esquembre. // The Physics Teacher. – 45(8). – 2007. – P. 475–480.
232. Yimin Ding. Using a Simulation Laboratory to Improve Physics Learning: A Case Exploratory Learning of Diffraction Grating / Yimin Ding, Hao Fang. // First International Workshop on Education Technology and Computer Science. – 3. – 2009. – P. 3–6.