

ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ПОВАР Світлана Вікторівна

УДК 37.014.542

**ІНТЕГРАЦІЯ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ
ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ТВОРЧОГО МИСЛЕННЯ
СТАРШОКЛАСНИКІВ**

13.00.02 – теорія і методика навчання фізики

ДИСЕРТАЦІЯ
на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук

Науковий керівник:

Сергєєв Олександр Васильович

доктор педагогічних наук,
професор, академік Міжнародної
педагогічної академії

Запоріжжя - 2007

ЗМІСТ

с.

Вступ	5
Розділ I. Теоретичні засади інтеграції знань учнів з фізики і математики у загальноосвітній середній школі	13
1.1. Проблема інтеграції знань у науці, дидактиці теорії та шкільній практиці.....	13
1.2. Дидактичні проблеми інтеграції знань з фізики і математики у контексті формування творчого мислення старшокласників.....	26
1.3. Психолого-педагогічні основи інтеграції знань учнів з фізики і математики.....	53
Висновки до 1 розділу.....	66
Розділ II. Методика здійснення інтеграції знань з фізики і математики як засобу формування творчого мислення старшокласників у сучасній загальноосвітній школі	68
2.1. Особливості інтеграційних процесів та їх роль у формуванні творчого мислення старшокласників.....	68
2.2. Методика здійснення інтеграції знань з фізики і математики у контексті формування продуктивного стилю мислення старшокласників	90
2.3. Формування інтегративних знань учнів з фізики і математики засобами комп'ютерних технологій.....	114
2.4. Розробка й упровадження в навчально-виховний процес дидактичних матеріалів з інтеграції знань учнів	127
Висновки до II розділу	171
Розділ III. Педагогічний експеримент та його результати	173
3.1. Організація педагогічного експерименту.....	173
3.2. Експериментальне дослідження, обробка результатів.....	177
Висновки до III розділу.....	199
Загальні висновки	200

Список використаних джерел	203
Додатки	226
A.1 Тест на рівень працездатності	226
A.2 Тест на рівень просторово-образного мислення	228
A.3 Тест на рівень зацікавленості матеріалом уроку (тест часу).....	230
A.4 Тест на рівень креативності	231
A.5 Тест на рівень сприйняття учнем нового матеріалу	237
B.1 Анкета доцільності використання блоків формул і графіків для розв'язування фізичних задач	238
B.2 Анкета доцільності методу гіперболічного параболоїда	239
B.3 Анкета сприйняття учнем пояснення нового матеріалу даного уроку .	240
B.4 Анкета відношення учнів до розв'язування фізичних задач за допомогою блоків формул і графіків	241
V.1 Блок графіків з кінематики (прямолінійний рух зі сталим прискоренням)	242
V.2 Довідкова таблиця (електростатичне поле).....	243
V.3 Довідкова таблиця (закони постійного струму).....	244
D.1 Тренінг логіки оперування символами	245
D.2 Тренінг логіки символно-графічного мислення	246
E.1 Введення поняття гіперболічного параболоїда як носія системи графіків	250
E.2 Вправи. Властивості графіків функцій прямо та обернено пропорційної залежностей	254
E.3 Вплив фіксованих фізичних величин на крутизну графіків прямої пропорційної залежності	256
E.4 Творча робота з інтеграції знань за графічним методом.....	259
E.5 Залікова робота з фізики.....	260
Ж.1 Закономірності побудови проєкцій графіків циклу ізопроцесів в ідеальному газі на координатні площини	261

Ж.2	Послідовність застосування методу гіперболічного параболоїда для аналізу залежностей виду $z=xy$	262
Ж.3	Самостійна робота на побудову і перетворення площинних графіків ізопроцесів в ідеальному газі	263
Ж.4	Самостійна робота достатнього рівня трудності „Графіки ізопроцесів в ідеальному газі”	264
Ж.5	Самостійна робота високого рівня трудності „Графіки ізопроцесів в ідеальному газі”	266
Ж.6	Творча робота „Графіки процесів в ідеальному газі”	267
Ж.7	Закономірності зображення будь-яких станів ідеального газу в системах координат OVp, OpT, OTV	268
3.1	Творча робота. Основи МКТ, ізопроцеси в ідеальному газі	269
3.2	Творча контрольна робота (закон Ома, послідовне з'єднання провідників)	273
И.1	Театралізований урок „Відкриття на зіткненні двох наук” (фізика, 10 клас)	274
И.2	Порівняльно-узагальнююча довідкова таблиця „Фрагмент інтеграції фізики і математики” на прикладі теми „Закони стану ідеального газу”	281
К	Метод визначення найімовірніших поправок на випадкове відгадування відповідей у тестах розпізнавання	282
Л	Завдання для самостійної роботи і контролю знань учнів з кінематики прямолінійного рівнозмінного руху	286
М	З історії гіпербол і парабол	294
Н	Формування фізико-математичного категорійно-понятійного апарату і мови	296
О	Фізика і поезія (авторські вірші)	301

ВСТУП

Метою відродження української школи є виховання творчої особистості. Однією з умов формування творчого мислення учнів є надання змістові освіти інтегративного характеру, а навчальній діяльності – рис творчого процесу. Якщо у загальноосвітній школі знання подаються різнопредметно, то слід забезпечити можливість використання учнем щойно набутих знань з одного предмета для розв'язання ряду завдань з інших предметів.

Слід зазначити, що інтеграція різногалузевих наукових знань як взаємообмін переробленою інформацією, мовою і методами є об'єктивною необхідністю розвитку суспільства.

Питання інтеграції знань учнів і, зокрема, одного з її найбільш розроблених рівнів – міжпредметних зв'язків – досить ґрунтовно висвітлювалися в методичній і психолого-педагогічній літературі, особливо в 70–90 рр. ХХ століття у зв'язку з переходом загальноосвітньої середньої школи на новий зміст освіти, у працях відомих педагогів і методистів: О.І. Бугайова [30], С.У. Гончаренка [61], І.Д. Зверєва [84], В.Р. Ільченко [89], І.М. Козловської [102], О.І. Ляшенка [138], В.М. Максимової [85], Л.Л. Момот [155], П.І. Самойленка [221], О.В. Сергєєва [228], А.В. Усової [251], В.М. Федорової [254] та багатьох інших. Одержані вагомі теоретичні та практичні результати, захищені кандидатські та докторські дисертації.

На сьогодні середня загальноосвітня школа будується на основі нових концепцій та нових стандартів з урахуванням досягнень інноваційних та інтегративних процесів як у дидактиці, так і в конкретних методиках навчання основам наук. Інтеграція спрямовується, в основному, на підвищення рівня системності мислення учня та на зменшення його навантаженості.

Процеси *внутріпредметної* та *міжпредметної інтеграції знань*, які відбуваються при розв'язанні тієї чи іншої проблеми, як відомо, сприяють появі та укріпленню асоціативних зв'язків у мозку людини.

До чинників формування творчого мислення старшокласників можуть бути віднесені:

I. Засвоєння, узагальнення та формалізація базових знань циклів навчальних предметів (і двопредметний фізико-математичний цикл є одним з них).

II. Поповнення запасу знань та розширення діапазону їх використання через збалансований навчально-методичний матеріал із введенням завдань творчого характеру на довготривалу самостійну роботу.

На основі аналізу науково-методичних праць можна зробити висновок, що дисертаційних досліджень з проблеми інтеграції знань з фізики і математики як засобу формування творчого мислення старшокласників до цього часу в Україні не проводилось. Ця проблема є складною та багатогранною, однією з її граней є регулярне поповнення традиційних курсів фізики і математики інтегруючими елементами.

Цим визначається доцільність вибору і проведення науково-методичного дослідження з теми „Інтеграція знань з фізики і математики як засіб формування творчого мислення старшокласників”.

Тема дисертації ввійшла до плану науково-дослідної роботи кафедри фізики та методики її викладання Запорізького державного університету, затверджена на засіданні науково-технічної Ради ЗДУ (протокол № 5 від 1.03.2001 р.) та узгоджена в бюро Ради з координації наукових досліджень АПН України в галузі педагогіки і психології (протокол № 6 від 19.06.2001 р.).

Зауважимо, що в даній дисертаційній роботі термін „старшокласники” будемо відносити до тих учнів, які вивчають систематичну частину курсу фізики (9, 10, 11 класи), тобто будемо дотримуватись структури шкільного курсу фізики, а не теперішньої структури загальноосвітньої середньої школи.

Зауважимо також, що поряд з терміном „творче мислення” вживатимемо термін „продуктивне мислення” як суб’єктивно творче мислення учня, а також термін „продуктивний стиль мислення” як стратегія і тактика розв’язання творчих завдань, адекватні індивідуальним особливостям старшокласника.

Тема нашого дослідження певною мірою пов’язується з розробками таких тем, як: розвиток дивергентного мислення (І.В. Коробова [113]), дослідницькі

лабораторні роботи (Г.О. Котельников [120]), прогнозування як основа управління в навчанні фізики (П.С. Атаманчук[13]), складання фізич-них задач (А.І. Павленко [173]), міжпредметні зв'язки (Л.А. Шаповалова [367]), технологія критичного мислення (Ю.П. Мінаєв [152]), об'єктно-орієнтована технологія навчання (С.О. Семеріков [225]) та іншими.

Об'єкт дослідження – навчально-виховний процес у загальноосвітній школі в аспекті формування продуктивного стилю мислення старшокласників на уроках фізики.

Предмет дослідження – дидактичні умови впровадження інтеграції знань з фізики і математики як засобу формування творчого мислення старшокласників.

Мета дослідження – створити методику інтеграції знань з фізики і математики як засобу формування творчого мислення старшокласників (на базі програмного матеріалу, доповненого авторським методом гіперболічного параболоїда та технології навчання з включенням прийому орієнтування дій учнів на перспективу); дослідити можливості цієї методики, дати теоретичне обґрунтування та експериментально перевірити її ефективність.

В основу дослідження покладена **робоча гіпотеза**: процес навчання буде ефективним і результативним, підвищиться рівень творчого мислення старшокласників, якщо у них буде сформовано достатній рівень просторово-графічного мислення, стійке вміння самостійно встановлювати зв'язки між знаннями різних систем, зокрема, фізики і математики; така самостійність може бути сформована у продуктивній діяльності учнів під час реалізації спланованого процесу інтеграції.

Методологічною і теоретичною основою дослідження є сучасна теорія пізнання, її діалектичний метод, зокрема, застосування діяльнісного і системного підходів до об'єкту вивчення; теорія поетапного формування розумових дій (П.Я. Гальперін [52], Н.Ф. Талізінa [243]); інтегративний підхід до навчання (В.Р. Ільченко [89]); психологія особистості (Н.Г. Костюк [118]); метод перспектив в організації навчально-виховного процесу (А.С. Макаренко

[139]); визначення фаз творчого процесу (О.Я. Пономарьов [202]); питання методики творчого мислення учнів (В.Г. Разумовський [210]); інтегративні засади дидактики фізики (П.І. Самойленко, О.В. Сергєєв [221]); дидактичні основи інтеграції знань учнів (І.М. Козловська [102]), теорія поверхонь II порядку (Л. Ейлер), аналітична геометрія (М.Я. Вигодський) та інші.

Для досягнення мети дослідження у дисертаційній роботі ставляться наступні **завдання**:

1. Вивчити стан інтеграції знань у науці, дидактиці та шкільній практиці.
2. Проаналізувати дидактичні проблеми інтеграції знань учнів з фізики і математики та виявити резерви їх розв'язання.
3. З'ясувати філософські та психолого-педагогічні основи творчого мислення та його зв'язку з інтеграцією знань.
4. Дослідити можливості доповнення змісту курсу фізики і математики авторським методом гіперболічного параболоїда.
5. Розробити методику здійснення інтеграції знань з фізики і математики в контексті формування продуктивного стилю мислення старшокласників.
6. Забезпечити навчальний процес в експериментальних класах авторськими методичними розробками різних видів урочної і позаурочної навчальної роботи та адекватними дидактичними матеріалами.
7. Експериментально перевірити ефективність розробленої методики, попередньо визначивши систему показників та критеріїв рівня сформованості творчого мислення учня.

Поставлені завдання визначили вибір **методів дослідження** :

1. *Теоретичні методи*:
 - аналіз філософської, психолого-педагогічної, науково-методичної літератури, а також спеціальної літератури з аналітичної геометрії, фізики, теплотехніки, термодинаміки тощо;
 - моделювання психолого-педагогічних основ інтеграції знань і творчого мислення учнів та моделювання адекватного педагогічного процесу і його методичного забезпечення;

- планування педагогічного експерименту та аналіз його результатів.

2. Емпіричні методи:

- педагогічні спостереження, бесіди, анкетування, тестування;
- реалізація розробленої методики інтеграції знань з фізики і математики;
- проведення етапів педагогічного експерименту (констатуючого, пошукового, формуючого) та обробка його результатів із застосуванням методів математичної статистики.

Наукова новизна дослідження полягає:

1. У визначенні доповнень до трактування процесу творчого мислення та інтеграції знань учня, а саме: узагальнена схема функціональних зв'язків процесу розв'язування творчого завдання; деталізована схема процесу інтеграції знань при розв'язуванні творчого завдання; схеми алгоритмів циклів наукової творчості першого та другого виду.

2. У відкритті зв'язку між математичною теорією поверхонь другого порядку виду $z=kxy$ (гіперболічний параболоїд) та теоріями фізичних процесів, що описуються рівняннями такого виду, внаслідок чого:

- віднайдено варіант системного просторового зображення графіків відповідних процесів;
- розроблено метод розв'язування відповідних типових задач.

3. У розробці методики інтеграції знань з фізики і математики як засобу формування творчого мислення старшокласників на базі програмного матеріалу, доповненого авторським методом гіперболічного параболоїда.

Теоретична значущість дослідження полягає у тому, що його результати дають основу посилення інтеграції знань з фізики і математики (і не тільки) як у загальноосвітній школі (від початкових до старших класів), так і у вищій школі за умови забезпечення принаймні відповідних додатків до існуючих підручників та посібників.

Практична значущість дослідження визначається, *по-перше*, можливістю реалізації запропонованої методики вчителями загальноосвітніх шкіл завдяки комплектам відповідних методичних розробок, куди включаються:

- тексти теоретичного матеріалу;
- методичні рекомендації (в тому числі з виготовлення просторово-графічних моделей);
- навчальна комп'ютерна програма;
- дидактичний матеріал для реалізації творчоспрямовуючих заходів та для діагностики і контролю рівня сформованості креативності учня.

По-друге, у результаті впровадження в навчально-виховний процес запропонованих творчоспрямовуючих заходів з'являється можливість:

- економити навчальний час за рахунок використання методу гіперболічного параболоїда при розв'язуванні типових фізичних задач з використанням графіків залежностей фізичних величин виду $z=kxy$ (а такі залежності становлять 40% серед формул шкільного курсу фізики!);
- посилити мотивацію навчання методом постановки перспектив та орієнтирів (дидактичних ігор, театралізованих уроків, конкурсів тощо);
- підвищити рівень самостійності, логічності, широти та просторової образності мислення учнів шляхом залучення їх до виконання довготривалих самостійних робіт, що містять задачі творчого спрямування (індивідуально-диференційована форма роботи);
- розвивати довільну увагу учнів шляхом залучення їх до виготовлення просторових моделей гіперболічного параболоїда тощо.

Обґрунтованість та вірогідність результатів дослідження забезпечується застосуванням комплексу методів дослідження, адекватних його меті та завданням; побудовою дослідження з урахуванням результатів аналізу значного обсягу теоретичного та емпіричного матеріалу; коректним використанням методів математичної статистики при обробці даних, одержаних у ході педагогічного експерименту.

Особистий внесок автора дисертації полягає, *по-перше*, у доведенні можливості використання інтеграції знань з фізики і математики в якості засобу формування творчого мислення старшокласників (аргументація: змістовий та процесуальний аспекти інтеграції знань, психофізіологічні особливості процесу

творчого мислення та індивідуальність рамок часу розв'язування творчої задачі); *по-друге*, у виявленні ряду резервів посилення інтеграції знань учнів з фізики і математики (зокрема, введення нового елемента бази просторового мислення – методу гіперболічного параболоїда (авторського)), *по-третє*, у розробці методики введення поняття та методу гіперболічного параболоїда у шкільний курс математики і фізики, *по-четверте*, у розробці блоків фізичних задач творчого спрямування для довготривалої самостійної роботи (із застосуванням методу гіперболічного параболоїда), *по-п'яте*, у розробці ігрового та театралізованого уроків, *по-шосте*, у створенні нового матеріалу для роботи фізико-математичного гуртка.

Результати дослідження публікувались у науково-методичних журналах, у збірниках матеріалів Всеукраїнських науково-методичних конференцій (всього 18 публікацій без співавторства).

Упровадження й апробація результатів дослідження здійснювались у процесі експериментального навчання учнів шкіл Дніпропетровської області – смт Томаківка, сіл Вищетарасівка, Володимирівка (Довідка №215 від 25.11.2004р.), Ленінське, Мар'їнське (Довідка №320 від 21.11.2004р.).

Основні результати дослідження доповідались та одержали позитивну оцінку на:

- Міжнародній науково-практичній конференції “Реалізація основних напрямків реформування освіти в середніх і вищих навчальних закладах” (7-9 вересня 2000 року в Херсонському ДПУ);
- Всеукраїнській конференції “Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики” (26-28 квітня 2001 року в Криворізькому ДПУ);
- Всеукраїнській науково-практичній конференції “Засоби реалізації сучасних технологій навчання” (11-12 травня 2001 року в Кіровоград. ДПУ);
- Всеукраїнській науково – практичній конференції “Інформаційні технології в освіті” (16-19 травня 2001 року в Мелітопольському ДПУ);

- Всеукраїнській наук.-практ. конференції “Реалізація сучасних вимог до контролю і оцінювання навчальних досягнень учнів і студентів у вивченні природно-математичних дисциплін” (6-7 вересня 2001 року в Херсон. ДПУ);

- II Всеукраїнській науково-практичній конференції “Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики” (25-26 квітня 2002 року в Криворізькій філії Запорізького інституту економіки та інформ. технологій);

- Міжнародній конференції “Сучасні тенденції розвитку природничо-математичної освіти” (11-14 вересня 2002 року в Херсонському ДПУ);

- Всеукраїнській науково-методичній конференції „Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій технічній школі” (14-15 березня 2003 року у Криворізькому металургійному факультеті НацМет АУ);

- Всеукраїнській науково-практичній конференції „Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі (7-8 квітня 2005 року у Криворізькому металургійному факультеті НацМет АУ);

- III Міжнародній наук.-практ. конференції „Науковий потенціал світу – 2006” (вересень 2006 р., м. Дніпропетровськ);

- Всеукр. наук.-практ. конференції „Науково-методичні засади моніторингу якості освіти в пед. університетах” (Київ, 2007, НПУ ім. М.П. Драгоманова);

- I-му обласному ярмарку педагог. технологій “Освіта Дніпропетровщини XXI століття” (21-23 вересня 2000 року в м. Кривий Ріг, колегіум 81);

- VI-му Всеукраїнському конкурсі “Учитель року”, номінація фізика (14-15 лютого 2002 року в м. Дніпродзержинськ).

Основні результати дослідження також знайшли відображення на сторінках журналів “Фізика та астрономія в школі” (2000, №3; 2001, №1; 2002, №2; 2002, №4; 2003, №6; 2007, №1); “Математика в школі” (2003, №7); “Вестник Днепропетровского университета” (1995, Вып.1).

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (275 найменувань) та 35 додатків (81 сторінка); текст дисертації викладений на 305 сторінках і містить 178 сторінок основного тексту, 18 таблиць та 32 рисунки.

РОЗДІЛ І

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ ЗНАНЬ УЧНІВ З ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ У ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

1.1. Проблема інтеграції знань у науці, дидактичній теорії та шкільній практиці

Складний взаємозалежний характер сучасного суспільного розвитку зумовлює зміни у змісті та структурі пізнання. Відбувається перенесення методів і мови однієї науки в іншу з метою вивчення свого об'єкта, вироблення певного продукту (нового наукового знання). Це і є інтеграція наук (від лат. *integer* – цілий, *integratio* – поповнення, відновлення). Знання є продуктом попередньої наукової діяльності і засобом наступної.

Слід зазначити, що у русі наукового знання до єдності відбувається взаємодія наук, яка проявляється у вигляді інтеграції та диференціації, що викликано єдністю та різноманітністю світу. Диференціація постає як форма виділення нових концепцій із знання, яке стало традиційним; на їх основі розвиваються нові теорії, які потім починають зближуватися між собою, формуючи загальний концептуальний апарат. Суміжні галузі різних наук зливаються, утворюючи нові дисципліни. На стиках наук виникають нові науки. Отже, наукове знання безперервно оновлюється і стає основою *міждисциплінарної і міжнаукової інтеграції*.

Аналіз загальної картини стану теорії та практики інтеграції знань дає підставу вважати, що рівень інтеграції знань у науці “є індикатором її зрілості, причому сама інтеграція науки постає як результат внутрішніх закономірностей її розвитку” [233, с. 224]. Як підкреслює І.М. Козловська [102, с. 15], завжди йшов пошук основ єдності наукового знання. На початку ХХ століття Отто Нейрат, австрійський філософ і соціолог, поєднав принципи логічного позитивізму з елементами стихійного (природничонаукового) матеріалізму; висунув ідею “уніфікованої мови науки”, заснованої на мовах фізики і

математики. У 30-ті роки у Львівсько-Варшавській школі Віденського гуртка Леон Хвістек розробляє систему національної семантики у рамках побудови наукової філософії [36, с. 15].

Згодом швидке зростання об'єктивної необхідності інтеграції наук склало реальні передумови для *нового етапу* інтеграції знань.

У кінці ХХ ст. у зв'язку з прискоренням науково-технічного прогресу, посиленням функцій об'єднання та взаємопроникнення у розвитку науки, освіти, політики, виробництва, техніки, економіки тощо значно зріс інтерес до проблеми інтеграції.

Завдяки інтегративним процесам у науці, її математизації, кібернетизації, комп'ютеризації тощо поняття інтеграції одержало широке застосування і переросло конкретно-наукові рамки. Його використовують для характеристики наукової діяльності, виробництва, політики, економіки тощо. Поняття інтеграції перетворюється у загальнонаукове у світовій літературі.

П.І. Самойленком та О.В. Сергеевим найбільш повно сформульоване узагальнене означення інтеграції науки: “Інтеграція сучасної науки (дидактика фізики не виняток) – це діалектично взаємопов'язаний процес взаємопроникнення на загальній соціальній, гносеологічній та логіко-методологічній основі структурних елементів (наукової діяльності, інформації та методології) різних галузей знання, що супроводжується зростанням їх узагальнення і системності, комплексності, ущільнення та організованості” [221, с. 43] .

Отже, *інтеграція наук* (зокрема, фізики і математики) не означає їх злиття чи поглинання однієї науки іншою, а означає своєрідний ланцюг взаємодій: у міру використання “чужої” інформації наука глибше проникає в свій об'єкт пізнання, одержує нову інформацію, яка може бути використана в іншій науці (науках) і забезпечувати одержання ще більшої її кількості. Це можна показати рисунком 1.1.

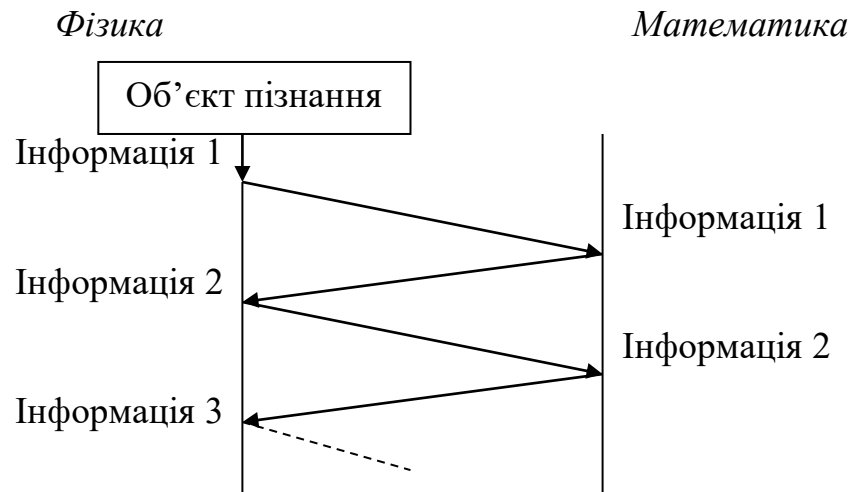


Рис. 1.1. Інформаційний ланцюг взаємодій між фізикою і математикою

Якщо мати на увазі інтеграцію *наукового знання* (а не всієї науки в цілому), то вона відбувається на різних рівнях, передбачає процес взаємопроникнення фактів та конкретних даних різних наук; їх категорійно-понятійного апарату, мови, принципів, теорій та ідей; наукових методів, графічних засобів та прийомів тощо [221, с. 39].

Структура інтеграції науки вкрай різноманітна. Це яскраво виявляється при розгляді різних типів, видів і напрямів інтеграції. Так, розрізняють інтеграцію внутрішню і між наукову; горизонтальну (всередині природничих, психолого-педагогічних, технічних галузей знання) і вертикальну (математизація, кібернетизація, комп'ютеризація наукового знання); екстенсивну та інтенсивну; суміжну (гібридну) і комплексну; інтеграцію за предметом (проблемну, доцентрову) і за методом дослідження (відцентрову); пряму (безпосередню) і опосередковану; фрагментарну і цілісну (системну) тощо [221, с. 44].

Інтеграція сприяє формуванню інтегративних наук (наприклад, кібернетики, інформатики, математичної фізики, молекулярної біології, біохімії, біоніки) [257, с. 576]. Біоніка, наприклад, містить дані майже 20 наук і створює вплив на ряд інших галузей людського знання [114, с. 576].

Характерно, що загальні теорії та загальні математичні, кібернетичні та інші методи створюють той канал, який дає можливість здійснювати широке взаємопроникнення інформації з однієї галузі знань в іншу. Ці методи – суто універсальний засіб широкої інтеграції між різними сферами наукового і навчального пізнання. Зокрема, ці методи застосовуються в дидактиці фізики у двох напрямках: 1) для обробки результатів дидактичного спостереження та експериментів; 2) для побудови теорії моделювання, діагностики, прогнозування та комп'ютеризації навчання.

У ході інтеграції наук кожна галузь є певним потенціальним джерелом інформації для іншої, тобто будь-який її елемент (факт, метод, теорія, ідея тощо) може бути вибраним і використаним у процесі інтеграції. Отже, можна сказати, що потенціальна інформація перетворюється в активну (актуальну), тобто передавану [222, с. 40].

І.М. Козловська виокремлює два типи означення інтеграції у загальнонауковому розумінні - *функціональне* та *робоче*.

Функціональне означення: інтеграція – це процес (двосторонній, системний і структурний) взаємопроникнення, ущільнення, уніфікації знання; становлення цілісності; встановлення зв'язків між відносно незалежними раніше речами, процесами, явищами; об'єднання елементів; історичний етап руху знання до єдності; специфічна форма єдності змісту освіти; взаємопроникнення інформації з одного курсу в інший.

Робоче означення: інтеграція – це процес взаємодії елементів (із заданими властивостями), що супроводжується встановленням, ускладненням і зміцненням істотних зв'язків між цими елементами на основі достатньої підстави, у результаті чого формується зінтегрований об'єкт (цілісна система) з якісно новими властивостями, в структурі якого зберігаються індивідуальні властивості вхідних елементів [102, с. 165].

Суб'єкти інтеграції: 1) елементи інтеграції (об'єкти, явища, процеси); 2) підстава інтеграції (система об'єктивних передумов чи обґрунтування доцільності об'єднання елементів); 3) зінтегрований об'єкт (результат

інтеграції), якому властиві чотири ознаки: а) виникнення якісно нових рис; б) системно-структурний характер; в) збереження індивідуальних властивостей елементів; г) можливість існування декількох стабільних станів [102, с. 166].

Теоретично обґрунтовано, що інтеграція є вищою формою відносно споріднених понять, наприклад, синтезу. Інтеграція відрізняється від синтезу такими властивостями (табл.1) [102, с. 44]:

Таблиця 1.1.

Порівняння ознак синтезу та інтеграції

№ п/п	Синтез	Інтеграція
1.	Повне злиття елементів в однорідну цілісність	Єдність багатоманітного
2.	Втрата індивідуальних властивостей елементів	Збереження індивідуальних властивостей елементів
3.	Часткове збіднення елементів	Якісні перетворення елементів
4.	Заперечення диференціації	Передбачення диференціації
5.	Включає лише об'єднання елементів	Включає моменти поділу знань
6.	Статичний характер процесу	Динамічний характер процесу
7.	Не включає в себе інтеграцію	Включає в себе синтез
8.	Метод досягнення єдності знань на всіх стадіях	Історичний етап і форма єдності знання
9.	Стосується лише наукових знань	Стосується науки у цілому, включає різноманітні наукові структури та організаційні процеси у науці

Інтеграція передбачає не всяке узагальнення (наприклад, абстрактно-загальне), а діалектичне узагальнення (конкретно-загальне). Разом з тим інтеграція базується не на будь-якому синтезі, а на вищій його формі – діалектичному синтезі, який здійснюється при русі думки від абстрактного до мисленно-конкретного [96, с. 37].

Наведемо (за І.М. Козловською,[102, с.164]) короткий перелік термінів, пов'язаних з інтеграцією:

- інтегрування – знаходження цілості за елементами;
- зінтегрувати – повністю виконати інтеграцію, виконати дію з одержанням кінцевого результату;

- інтегрувати – ввести нові елементи у знаннєві конструкції іншого порядку;
- інтегратор – чинник, відновник, пристрій інтегрування;
- інтегральний – цілісний за походженням, неподільний стан, специфічний спосіб пізнання;
- інтегрований – цілісний, заданий ззовні;
- інтегративний – процес, в якому реалізується зовнішня та внутрішня змістова та процесуальна сторони інтеграції;
- інтеграційний – процес, який компонується за допомогою інтегративних засобів.

Можна додати:

- інтегративні знання – це дійові знання.

Сучасне наукове знання набрало вкрай абстрактного характеру, що дає можливість у принципі оволодіти і керувати різними процесами природи [257, с. 577]. За допомогою науки можна передбачити виникнення суспільних та природних явищ, і це є показником її внутрішньої зрілості та ефективності.

Але наука проникає не лише у суспільне, а й в індивідуальне життя людини, набуває гуманістичної спрямованості. З часом вона все більше постає одним із найважливіших і найнеобхідніших чинників не тільки перетворення зовнішніх умов людської життєдіяльності, а й творчого розвитку самої *людини*, її потреб і здібностей. Дійсно, людина як розумна істота (лат. *Homo sapiens*) – це унікальна, найвища квітка еволюції природи [257, с. 461]. Кожне суспільство ставить своєю метою передати новому поколінню людей соціальний і духовний досвід. “Людині, якщо вона повинна стати людиною, необхідно одержати освіту” (Ян Коменський).

Освіта визначається як процес навчання, виховання та розвитку людини і як результат засвоєння людиною досвіду поколінь у вигляді інтегративної системи знань, умінь та навичок. У системі освіти поки що проблемою залишається подолання ізольованого вивчення окремих шкільних дисциплін,

коли порушується той природний діалектичний зв'язок, який існує між предметами і явищами реального світу.

Міжпредметні зв'язки – це найбільш розроблений початковий рівень інтеграції знань. Основними шляхами реалізації міжпредметних зв'язків у навчально-виховному процесі є: нагадування, повідомлення, ілюстрація, конкретизація, а також репродуктивні методи навчання (повторення, порівняння, застосування знань, перенесення прийомів), дослідницькі (пошукові, творчі, експериментальні) та проблемні методи (ситуації, питання, завдання) тощо [102, с. 110].

Ступені розвитку поняття міжпредметних зв'язків характеризуються своїми ознаками [153]. Трактують міжпредметні зв'язки і як “*відображення у навчальному знанні єдності зв'язків, взаємозалежностей явищ об'єктивного світу*” [136, с. 70], [253], і як “*принцип навчання, згідно з яким вивчення нового матеріалу (програмного) будується з урахуванням змісту суміжних навчальних дисциплін*” [127, с. 12]. Частково виправданою є класифікація на підставі психологічного підходу, де розглядаються локальні, окремосистемні, внутріпредметні та міжпредметні види асоціацій [219]. Більшість авторів пропонує свої класифікації міжпредметних зв'язків, їх види, типи, форми, рівні. Наприклад, виділяються такі типи та види зв'язків, як понятійно-часовий за суттю і тлумаченням понять і зв'язок за відбором навчального матеріалу [211]. У той же час інші дослідники вважають ці види формами, моментами [136]. Основна класифікація міжпредметних зв'язків за видами сформована у працях М.Ф. Борисенка [26], Н.А. Лошкар'євої [136] та ін.

У працях П.І. Самойленка та О.В. Сергєєва [221 – 224] розкривається структура і класифікація міжпредметних зв'язків, природа їх виникнення і функціонування, наукове обґрунтування і виявлення чинників здійснення зв'язків у процесі навчання, теоретичне осмислення міжпредметних зв'язків як загальнодидактичного принципу змісту освіти і процесу навчання, їх роль у розумовій діяльності учнів, вивчення шляхів реалізації зв'язків між окремими навчальними дисциплінами.

Виникла потреба введення дидактичного поняття інтеграції як звуження загальнонаукового поняття інтеграції. Як підкреслює І.М. Козловська [102, с. 116], у педагогічному аспекті в Україні активно розвивається теорія інтеграції за такими *напрямами*: теоретичні та методологічні проблеми інтеграції (С.У. Гончаренко, О.В. Сергєєв, О.С. Мисечко, Ю.І. Мальований), цілісність змісту природничо-наукової освіти (В.Р. Ільченко, С.Ф. Клепко, В.М. Сисоєв), системологічні аспекти інтеграції (Є.Б. Яворський), проблеми інтегративних процесів у педагогіці (І.М. Богданова), проблеми розробки інтегрованих курсів (Р.С. Гуревич, Л.Б. Лук'янова), розробка шляхів упровадження інтеграції у навчальний процес (С.М. Романенко, В.К. Сидоренко), інтеграція елементів контролю у модульному навчанні (Л.І. Джулай), інтеграція теоретичних та виробничих аспектів навчання (Т.Д. Якимович), ймовірно-статистичні аспекти інтеграції (В.Й. Якиляшек), інтеграція у ступеневій освіті (Ю.Ц. Жидецький), взаємозв'язки інтеграції та диференціації (В.Ф. Моргун), психологічні аспекти інтеграції (Т.І. Яценко) та ін. З ідеями інтегративного навчання тісно пов'язані особистісно-діяльнісний та управлінський підходи (Ю.К. Бабанський [14], П.І. Підкасистий [179], М.Н. Скаткін [234]), а також проблемно-інтегративний підхід (Н.Є. Кузнєцова, М.А. Шаталов, В.Д. Шарко [269, с. 162]).

І.М. Козловська [102, с. 157] вперше вводить поняття „*інтегрології*” як галузі наукового знання про суть, закономірності та застосування інтеграції. Дидактична інтегрологія досліджує інтегративні процеси в межах теорії освіти та навчання. Вона має два важливих аспекти: когнітивний (інтеграція знань) та технологічний (інтеграція методів, форм навчання тощо). Дидактична інтегрологія виділяється з дидактики як самостійна галузь педагогічного знання.

Тенденції до інтеграції знань у навчанні займають суттєве місце у розробці підходів до освіти в цілому. “Предметна структура небезпечна тим, що ціле заступається окремими частинами. Тому у змісті освіти необхідно забезпечити синтез, інтеграцію, поєднання частин у єдине ціле” [245, с. 185].

Цілком ефективною *дидактичною системою* має бути концепція предметно-інтегративного навчання, подана у монографії І.М. Козловської [102].

На різних *ступенях* інтеграції знань – внутріпредметному (ізолюваному), міжпредметному, синтетичному, інтегративному – спостерігається різне співвідношення (доля) системи, структури та елементів (*система* – це сукупність визначених елементів, між якими існує закономірний зв'язок, а *структура* – це сукупність зв'язків між елементами системи), що можна бачити на рисунку 1.2, який побудовано на основі джерела [102, с. 47].

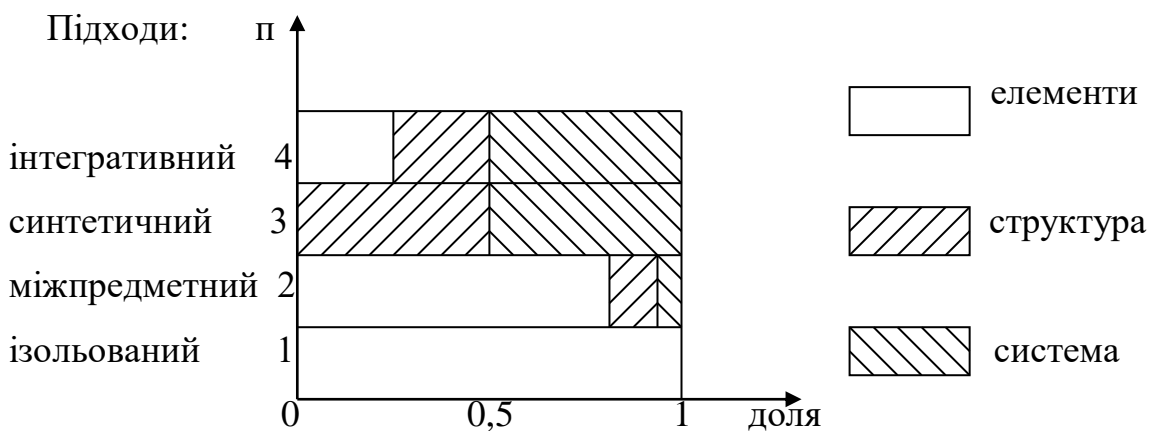


Рис. 1.2. Зображення долі елементів, структури і системи в різних підходах (ступенях) інтеграції знань

Ізолюваний підхід дає розрізненість знань у процесі вивчення тих чи інших дисциплін. *Міжпредметні зв'язки* встановлюють і виявляють взаємопов'язані факти чи явища, які вивчаються різними предметами, узгоджують та координують ці відомості. *Синтетичний підхід* включає об'єднання елементів, але має статичний характер (див. табл. 1.1.). *Інтегративний підхід* у навчанні виконує методологічну, освітню, розвивальну, виховну та конструктивну функції [164, с. 176]. *Методологічна функція* забезпечує формування в учнів цілісних уявлень про об'єкт пізнання. *Освітня функція* сприяє формуванню таких якостей знань учнів, як системність, глибина, усвідомлення та гнучкість. *Розвивальна функція* сприяє розвитку

системного і творчого мислення, пізнавальної активності і діяльності, самостійності, інтересу до пізнання предмету. *Виховна функція* забезпечує формування наукового світогляду, що здійснюється на основі засвоєння учнями основних світоглядних ідей: матеріальної єдності світу, пізнаваності закономірностей його розвитку, взаємозв'язку явищ і процесів об'єктивного світу. *Конструктивна функція* полягає у тому, що інтегративний підхід у навчанні вдосконалює зміст навчального матеріалу, методи і форми організації навчання.

Суть інтегративного підходу до навчального процесу відрізняється від інших підходів тим, що встановлення зв'язків між знаннями повинне йти не від перебудови існуючих навчальних планів і програм, а шляхом дидактичного обґрунтування та перетворення реально існуючих зв'язків між поняттями, явищами, науками тощо. Такий взаємозв'язок є природним і не виходить із штучних дидактичних побудов [102, с. 185].

Внутріпредметна інтеграція повинна забезпечувати органічну єдність курсу, виокремлювати найбільш важливий матеріал та його роль у побудові цього предмету.

Зрозуміло, що учень, який тільки приступає до вивчення розділу, не може всього співставити (навіть і після вивчення курсу). Але всі ці роз'яснення, виходячи за рамки формальної логіки, можуть і повинні зробити *автор підручника і вчитель*, які знають предмет у цілому, знають його зв'язки і взаємовідношення з іншими питаннями математики та суміжних наук, його застосування [204, с. 81].

У “Проекті концепції освіти з фізики та астрономії 12-річної школи” (Є.В. Коршак, М.І. Шут, Г.П. Грищенко) у запропонованій структурі вивчення фізики у 12-річній школі передбачена інтеграція знань з математики, фізики та астрономії. *9 клас*: ґрунтовне вивчення математики на прикладах розв'язування задач механіки – підготовка до використання математичного апарату у подальшому вивченні фізики. *12 клас*: систематизація й узагальнення матеріалу фізики та астрономії на міжпредметній основі [116].

Інтеграція змісту освіти стала пріоритетним напрямком реформування загальної середньої освіти в Україні. Саме інтеграція сприяє подоланню поверхневості тем, зняттю дублювання, підвищенню цілісності навчального змісту, доцільному міжпредметному ущільненню навчального матеріалу, встановленню зв'язків і залежностей змісту навчання і його технологій. Інтегративний ефект у змісті освіти полягає у створенні більш сприятливих умов для розвитку особистості. Усувається перевантаження учнів; ускладнюється, розширюється і систематизується мислення; більш успішно формується науковий світогляд; розвивається вміння працювати на стиках навчальних дисциплін, формується узагальнена мотивація. Інтегративні процеси у змісті освіти відбуваються на всіх рівнях його формування: навчальних планів, програм, підручників, навчального матеріалу уроків [102],[141], [115].

Завдання шкільних навчальних дисциплін полягає у тому, щоб діалектично і логічно розкривати різнобічність предмета в єдності, у живому зв'язку “всього з усім” і необхідності відбивання цього зв'язку “у поняттях людини, які повинні бути теж обтесані, обламани, гнучкі, рухомі, релятивні, взаємопов'язані, єдині у протилежностях, щоб обійняти світ” [131]. Інтеграція знань – це закономірність, яку треба враховувати при визначенні змісту, форм, методів та прийомів навчання учнів як на уроці, так і у позаурочній роботі. Тому у роботі вчителя з оптимізації інтеграції знань у процесі навчання треба враховувати чинники: побудову взаємозв'язків між навчальними предметами; узгоджену систему використання на уроках знань, навичок та вмінь, засвоєних учнями на заняттях з суміжних дисциплін; специфічні прийоми реалізації інтеграції знань на уроках. Реалізація інтеграції знань у шкільній практиці буде успішною лише при комплексному підході до розв'язання цієї проблеми з боку всього педагогічного колективу. Спроба розв'язати цю проблему поодиноці в одному лише класі на уроках з одного предмета успіху не забезпечить. Тому, на наш погляд, правильно чинять у тих школах, де розробляють спеціальні плани, схеми-карти, намічають конкретні шляхи взаємозв'язків навчальних дисциплін,

досягаючи при цьому високої ефективності та результативності навчання і виховання учнів.

Для здійснення інтеграції знань у шкільній практиці доцільними є інтегровані уроки, інтегровані факультативні курси та гуртки, які допомагають учням виробляти вміння аналізувати і порівнювати складні процеси та явища об'єктивної дійсності, розглядати багатоаспектні об'єкти, що є предметом вивчення різних навчальних дисциплін.

Під час підготовки інтегрованого уроку з фізики і математики, фізики та астрономії, математики та інформатики, як і інших уроків, у першу чергу визначають дидактичну мету. Така мета має враховувати аспекти всіх дисциплін, які включає даний урок. Наступним етапом роботи стає визначення розподілу ролей та збір матеріалу. Це довготривалий процес, який вимагає ретельного пошуку та комбінації матеріалу, злагодженої роботи вчителів різних профілів. Узгоджується питання співпадання у часі вивчення відповідних тем. Підбір вправ повинен у повній мірі забезпечувати реалізацію міжпредметних зв'язків, формувати в учнів уміння переносити знання з однієї галузі в іншу [217, с. 98]. Доцільним є застосування комп'ютера на уроках фізики з метою підвищення активності учнів, спонукання до складання математичних моделей фізичних процесів тощо.

У педагогічній літературі досить ґрунтовно висвітлюються аспекти інтеграції у навчальному процесі: сутність педагогічної інтеграції (С.І. Архангельський [11], М.Н. Берулава [22], С.В. Васильєва [33], А.І. Єремкін [80]); форми і види інтеграції, шляхи їх реалізації (О.С. Гребенюк [70], І.М. Козловська [102], І.Я. Лернер [133], О.В. Сергєєв [228]); інтегровані зв'язки в програмах середньої загальноосвітньої школи (Т.Ф. Федорець [253]).

Ознайомлення з теоретичними та методичними розробками вчених і вчителів-практиків дозволяє зробити висновок, що на сучасному етапі розвитку інтеграція знань з тенденції переростає в об'єктивну закономірність. Поняття про інтеграцію знань під впливом суспільно-історичної практики доповнюється

новим змістом і збагачується. Вона стає філософською категорією, призначеною для відображення найбільш важливих зв'язків і відношень між різними сторонами об'єктивної дійсності [72].

В історичному контексті інтеграція знань у шкільній практиці, як підкреслює А.Х. Ляшенко [137], проходить такий шлях: ХХ століття – здійснення міжпредметних зв'язків; на зламі століть – здійснення інтеграції елементів змісту шкільної освіти на шляху до зцілення освіти і свідомості дитини; ХХІ століття – створення нової системи освіти за змістом і технологією, вироблення спільного для галузевих наук підходу до їх вивчення.

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що:

- інтеграція знань є необхідною умовою розвитку науки; рівень інтеграції знань у науці є індикатором її зрілості;
- інтеграція наукового знання – це процес взаємопроникнення фактів та конкретних даних різних наук, їх категорійно-понятійного апарату та мови, принципів, теорій та ідей, наукових методів, прийомів, графічних засобів;
- інтеграція знань є необхідною умовою розвиваючого характеру навчання та науковості змісту і методів навчального процесу;
- інтеграція знань є засобом узагальнення, систематизації, ущільнення та якісного оновлення знань;
- інтеграція знань – це закономірність, яку треба враховувати при плануванні урочної та позаурочної роботи; інтегровані знання викликають більший інтерес до навчання;
- упровадження інтеграції різнопредметних знань повинне здійснюватись на стадії складання навчальних планів, програм, підручників та навчальних посібників; це дає змогу модифікувати навчальний процес, уникнути дублювання навчальних матеріалів, вивільнити дефіцитний навчальний час.
- інтеграція знань повинна базуватися на реально існуючих зв'язках між явищами, поняттями, теоріями тощо;

- навчальні програми повинні коригуватися з урахуванням досвіду вчителів-новаторів; а щоб новації широко переходили у педагогічну практику, необхідна розробка методології їх упровадження.

1.2 Дидактичні проблеми інтеграції знань з фізики і математики у контексті формування творчого мислення старшокласників

З проблем інтегративних процесів у природничо-математичних науках є ряд досліджень: В.А. Амбарцумян [7], Л.Б. Баженов [16], А.П. Депенчук [76], А.Г. Спіркін [237], В.С. Стьопін [239] та інші. У цих працях формулюються висновки про необхідність подальшого розвитку і врахування тенденцій до інтеграції та єдності знань у всіх сферах людської діяльності, зокрема, освітній [102, с. 17].

Проведені дослідження з проблем системного і діяльнісного підходів у навчанні (Л.С. Виготський [45], О.М. Леонт'єв [132], З.О. Решетова [213], Л.С. Рубінштейн [218]), з проблем теорії поетапного формування розумових дій (П.Я. Гальперін [49], О.М. Леонт'єв [132], Н.Ф. Тализіна [243]), з проблем інтеграції знань та одного з її найбільш розроблених рівнів – міжпредметних зв'язків (О.І. Бугайов [29], С.У. Гончаренко [59], І.Д. Звер'єв [84], В.Р. Ільченко [89], О.І. Ляшенко [137], В.М. Максимова [85], Л.Л. Момот [155], О.В. Сергєєв [221], А.В. Усова [251], В.М. Федорова [254] та інші), з проблем інтегративного підходу до навчання як засобу розвитку інтелектуальних здібностей учня (І.М. Козловська [102]), з проблеми інтегративних засад дидактики фізики (О.В. Сергєєв [222]) та інші.

Основна цільова орієнтація науки й освіти в наш час – це орієнтація на розвиток *творчого потенціалу* людини. Творчі можливості особистості досліджувалися багатьма психологами та дидактами: І.Я. Лернером [133], М.І. Махмутовим [146], О.Я. Пономар'євим [202], В.І. Разумовським [210], О.К. Тихомировим [248] та іншими.

У кожній дитині закладений певний інтелектуальний і творчий потенціал. Вивільнення і розвиток творчих здібностей дитини залежить від того, які можливості надасть оточуюче середовище: соціум, природа, наука, школа. „З усім надзвичайно складним світом оточуючої дійсності дитина входить у безмежну кількість відношень, кожне з яких неодмінно розвивається, переплітається з іншими відношеннями, ускладнюється фізичним і моральним ростом самої дитини” [252, с. 20]. Якщо людина стає творчою особистістю, вона активно освоює і цілеспрямовано перетворює природу, суспільство і саму себе.

Взаємовпливи науки, природи, соціуму, вчителя, навчального матеріалу й учня можна, на нашу думку, подати зв'язним графом, зображеним на рисунку 1.3.

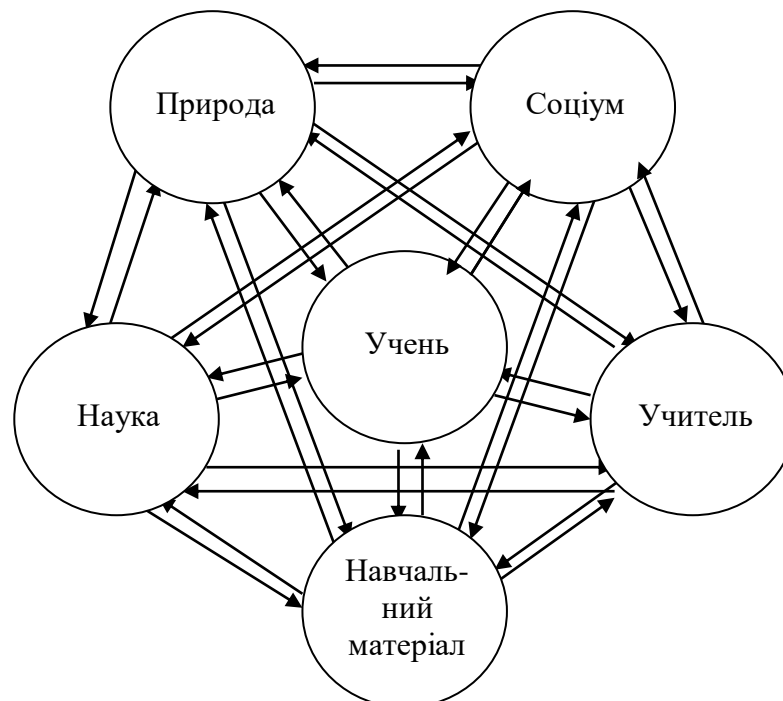


Рис. 1.3 Граф взаємовпливів науки, природи, соціуму, вчителя, навчального матеріалу й учня.

Академік Б.М. Кедров висловлював стурбованість, що людина, яка не змогла розвинути свої здібності, стає безталанною; а якби умови були сприятливішими, то, можливо, вона стала б якщо не генієм, то обов'язково людиною творчою, спроможною ставити і розв'язувати складні завдання [93,

с. 123]. Дійсно, важливо в житті людини не згаяти період сенситивності (чутливості) до самоствердження, бо якщо творчість не стане цілісною орієнтацією старшокласника, то вона, можливо, не буде сформована й у майбутньому. Як підкреслюють російські психологи В.Є. Чудновський та В.С. Юркевич, “задатки треба розвивати, перетворювати на здібності у певний час. Якщо цей час буде згаяний, то потім здібності дуже важко, а іноді й практично неможливо, розвинути” [266, с. 35].

„Гуманізація освіти закликає повернутися до кантівського означення людини як мети, а не як засобу”, – відмічає академік С.У. Гончаренко [59, с. 6].

Усі люди, як відмічав К. Роджерс, мають фактично необмежений потенціал для самовдосконалення, і єдиний спосіб не заважати тенденції актуалізації і розвитку особистості людини – це приділяти їй безумовну позитивну увагу [241, с. 563].

В. Мегре підкреслює: “Нашій родовій пам’яті відомий устрій космосу і способи життя в космічному просторі. Тому вчитель повинен не допускати думки, що його учні щось не знають. Основне для вчителя – вступати з учнями у відношення з розв’язування задач, тоді навчання піде саме по собі” [147, с. 156].

„Поставити проблему людини – це означає в той же час поставити проблему творчості, особистості, духу, історії,” – підкреслював М.О. Бердяєв [21, с. 291].

Проблемі творчості у вітчизняній науці довгий час не приділялось належної уваги. Створений після Жовтневої революції інститут еврилогії (науки про творчі процеси мислення) був ліквідований у 30-ті роки. У теорії пізнання панувала лєнінська теорія відображення. На сьогодні у зв’язку з соціальними процесами змінилось ставлення до проблеми творчості, спостерігається переорієнтація наукових досліджень на особистісний світ (як і орієнтація даного дослідження).

Що таке *творчість*?

Є різноманітні дефініції творчості, у більшості яких йдеться про творчість як:

- діяльність з розробки планів, винаходів, відкриттів;
- розвиток, аспект, атрибут діяльності.

Але творчість не є ні функцією, ні стороною, ні аспектом, ні атрибутом діяльності – говориться у посібнику з філософії за редакцією І.Ф. Надольного [257, с. 324]. Творчість – це категорія для відображення синтезу різних форм діяльностей, що здійснюють сутнісні, внутрішні зміни в матеріальних і духовно-теоретичних системах з метою виходу на нові рівні суб'єктно-об'єктного та міжсуб'єктного відношення і створення нових якостей. Зміни можуть охоплювати як у цілому певні системи, так і окремі елементи. Творчість – це *родова сутність* людини, форма її буття, самодіяльності і самоствердження [257, с. 325].

Відповідно до тих методів, які беруться в основу творчості, можна виділити такі форми творчості:

- раціоналістична творчість, яка має два відгалуження: практико-емпіричне та науково-теоретичне;
- творчість на позапороговому рівні, інтуїтивна, позасвідома (це є наслідок значної підготовчої роботи, напруженого обдумування проблеми, ідеї, творчого задуму);
 - духовно-космологічна творчість;
 - догматична творчість (у ній може поєднуватись талант і рутина).

Для суб'єктів великої творчості характерними ознаками є:

- підвищений рівень активності, вимогливість до себе, велика сила волі (життя і діяльність великих людей засвідчує, що саме сила волі в них була домінуючою);
- велике прагнення до творчості (ознака геніальності – надзвичайно розвинена потреба творчості) [257, с. 327].

Творчу обдарованість, здатність до теоретичних узагальнень називають креативністю. Творча обдарованість і продуктивність вимірюється коефіцієнтом креативності *Cr*.

Рівень інтелекту людини можна вимірювати за так званим коефіцієнтом інтелектуальності *IQ* (*Intellekt Quantity*). Це є відношення розумового і хронологічного віку людини.

IQ знаходиться у проміжку (0; 200). Його середнє значення 100 балів, а стандартне відхилення $s = 16$ балів.

Людина з нормальним інтелектом (таких людей 68%) має нормальні творчі здібності. А при $IQ > 120$ балів кореляція між творчою та інтелектуальною діяльністю зникає, про що публікували Гетцельс і Джексон [241, с. 214].

Мислення – це ядро інтелектуально-творчого потенціалу особистості, його активна складова, - підкреслюється в підручнику психології [207, с. 271]. Функція мислення – продукувати умовиводи, спираючись на те, що безпосередньо сприймається і запам'ятовується, стосовно розкриття того, що не сприймається безпосередньо (тобто розкриття зв'язків і відношень між його елементами). Мислення як процес відбувається, *по-перше*, завдяки мисленнєвим діям (діям з об'єктами, які відображені в образах, уявленнях, поняттях), *по-друге*, завдяки мисленнєвим операціям (аналіз, синтез, інтеграція, абстрагування, узагальнення, класифікація, систематизація).

Зараз є і нове розуміння процесу мислення як такого, що включає в себе динаміку і породження смислів, цілей, оцінок, потреб [256, с. 274].

Беручи за основу класифікації видів мислення у підручнику „Психологія” за редакцією Ю.Л. Трофімова [207] та посібнику „Основи психології” Л.Д. Столяренко [241], виокремимо наступні види мислення:

1. *За фізіологічним походженням* (як продукт роботи кори великих півкуль головного мозку): а) лівопівкульне; б) правопівкульне.

2. *За формою мисленнєвих дій*: а) наочно-дійове; б) наочно-образне (ці два види мислення – правопівкульні); в) словесно-логічне (або понятійне,

вербальне, дискурсивне, теоретичне; це лівопівкульне мислення) – у послідовності їх розвитку в людині. Формування мислення у персогенезі можна показати послідовними сходинками (рис.1.4). Важливо пам'ятати, що перехід від конкретно-понятійного до абстрактно-понятійного мислення легко здійснюється в юнацькому віці 14–18 років [241, с. 174]. Слід зауважити, що з виникненням нових форм мислення попередні форми мислення зберігаються і розвиваються [241, с. 175]. Оскільки образ є багатшим, ніж логалізоване поняття, то він сприймається краще. Звідси впливає принцип наочності в навчанні.



Рис. 1.4. Сходинки формування мислення

3. *За характером розв'язуваних завдань:* а) теоретичне; б) практичне.

Різновидом практичного мислення є оперативне мислення як розв'язання практичних завдань у жорстких часових умовах на базі моделювання об'єктів діяльності та планування дій. Звідси впливає необхідність вироблення в учнів операціональних компонентів мислення.

4. *За рівнем узагальненості:* а) емпіричне; б) теоретичне.

5. *За ступенем розгорнутості:* а) дискурсивне (розсудкове); б) інтуїтивне.

У цих видах мислення домінують відповідно ліва та права півкулі головного мозку.

6. *За характером мисленнєвих операцій:* а) конвергентне (вглиб, логічне); б) дивергентне (вшир, синтезуюче, вищий рівень наочно-образного мислення завдяки абстрактному мисленню, швидкість, оригінальність, варіативність). Це відповідно лівопівкульне та правопівкульне мислення.

7. *За рівнем інтелектуальної активності:* а) евристичне (відкриття закономірностей емпіричним шляхом); б) креативне (теоретичні висновки за одиничними фактами).

8. *За характером порівняльних операцій:* а) оцінне; б) критичне.

9. *За ступенем новизни результату відносно вхідних знань суб'єкта:* а) репродуктивне; б) творче (продуктивне). Тут домінують відповідно ліва та права півкулі головного мозку. За Гілфордом творче мислення визначалося як дивергентне мислення. Але подальші дослідження показали, що у творчому процесі виступають в єдності конвергентне (логічне) та дивергентне (інтуїтивне) мислення [113, с.5].

Зрозуміло, що наведені класифікації не виключають, а доповнюють одна одну.

Як відомо, для зарубіжної психології типовими є односторонні (репродуктивний та продуктивний) підходи до характеристики мислення та його формування. Як виокремлюється у підручнику психології [207, с. 275], виразниками репродуктивного підходу до мислення були *асоціаністи* (XVII – XVIII ст., А. Бен, Д. Гартлі, Й. Гербарт, Т. Рібо та інші), які зводили суть мислення до об'єднання схожих елементів у комплекси, до їх перекомбінації. На сьогодні репродуктивний підхід знайшов своє вираження в теорії біхевіоризму (А. Вейс, Е. Газрі, Ж. Леб, Б. Скіннер, Е. Торндайк та інші). Ця теорія притягує увагу вчених установкою на розробку точних методів вивчення психіки через поведінку (*behaviour*). Зокрема, за Б. Скіннером мислення зводиться до зумовленої поведінки (пов'язаної з закріпленням реакцій, які приводять до успіху), до вироблення системи інтелектуальних навичок. На цих основах ним розроблена „лінійна” система програмованого навчання, яка передбачає виклад матеріалу настільки розгорнутий і деталізований, що навіть найслабкіший учень при роботі з ним не допускає помилок, і, отже, у нього виробляються тільки правильні навички на основі позитивного підкріплення.

Виразниками другого підходу до мислення як до чисто продуктивного процесу є представники *геіштальтпсихології* (М. Вертгаймер, В. Келер,

К. Коффка та інші). Продуктивність розглядається ними як специфічна риса мислення. Мислення виникає з проблемної ситуації, яка включає в себе невідомі ланки. У результаті розв'язування цієї ситуації одержується дещо нове, чого не було у фонді наявних знань і яке не виводиться з нього безпосередньо. Суттєву роль у розв'язанні проблеми відіграє *інсайт* як пряме безпосереднє бачення шляху до визначення шуканого способу розв'язання проблеми. Та нова структура, яка виникла в результаті мисленнєвої діяльності, характеризується своєю оригінальністю та цілісністю і одержала назву *гештальт* як новий первинний елемент у *психіці* (*Gestalt* – нім. – обрис, цілісна форма). Гештальт виникає через подолання „бар'єру минулого досвіду”, який заважає розумінню ситуації. Учені одержали цінний матеріал про особливості мисленнєвої діяльності (К. Дункер, Л. Секей), але не розкрили того, що інсайт підготовлений активною діяльністю самого суб'єкта, його минулим досвідом.

Поняття діяльності як фактора, що зумовлює процеси мислення, пам'яті тощо, розглядається в *теорії діяльності* особистості, яка нині дістає дедалі більшого визнання (О.М. Леонтьєв [132], С.Л. Рубінштейн [218], Г.С. Костюк [119], В.В. Давидов [73] та інші).

Ідеї про творчий характер мислення людини, його специфіку, взаємовідношення з іншими процесами, про закономірності його розвитку розроблялися в дослідженнях вітчизняних психологів Б.Г. Ананьєва [8], П.Я. Гальперіна [52], О.В. Запорожця [82], Я.О. Пономарьова [201], О.К. Тихомирова [248], Б.М. Теплова [247] та багатьох інших.

Виділення таких видів мислення, як продуктивне і репродуктивне, вважали доцільним психологи П.П. Блонський [24], Н.О. Менчинська [150], Я.О. Пономарьов [202], О.К. Тихомиров [248] та ін.

Щоб мислення було продуктивним, необхідна опора на запас минулого досвіду та знань. Основна ознака продуктивних розумових актів – це можливість одержання нових знань у самому процесі, тобто спонтанно. Отже, учень повинен одночасно з накопиченням знань також оволодівати способами

розумової діяльності, процесом добування знань. Цим знімається суперечність між процесом учіння та творчого розвитку.

Академік Є.П. Веліхов підкреслював: “Дивно, що ми штучно розділяємо два процеси – *навчання і творчість*. Насправді – це один процес. Якщо навчання для людини не є творчим процесом, то воно майже марне, і, навпаки, тільки зберігаючи спроможність навчатися і дивуватися новому, людина зберігає спроможність творити незалежно від віку” [34, с. 73].

Інтуїтивне мислення – центральна ланка процесу творчості. Воно спирається на згорнуте сприйняття всієї проблеми відразу і не має чітко визначених етапів. А. Пуанкаре підкреслював: “Доводять за допомогою логіки, винаходять за допомогою інтуїції” [209, с. 360]. Інтуїція дозволяє використати натяк на розв’язання проблеми. Натяк може бути підказаний словесно або може бути народжений асоціацією, яка прийшла ззовні [92, с.122].

У процесі розв’язання проблеми учень думкою намагається спиратися на відомий фактичний матеріал, звертається до запасу своїх знань. Інтуїтивна здогадка учня полягає в тому, що він повинен зрозуміти, побачити, які елементи знань потрібно використати. І добре, коли запаси знань виявляються достатніми.

У сучасній загальноосвітній школі формування творчого мислення старшокласників як процес його зміни і розвитку потребує відповідного зовнішнього цілеспрямованого впливу за допомогою певного комплексного засобу. Досвід показує, що таким комплексним засобом може слугувати інтеграція знань з фізики і математики.

У контексті формування творчого мислення старшокласників можна виокремити наступні *дидактичні проблеми інтеграції знань з фізики і математики* :

1. Відслідковування інтеграції знань у науці з метою принагідного впровадження в шкільну практику.

2. Систематична корекція змісту навчального матеріалу (предметних програм) та методів його викладу з урахуванням відповідних інтегративних процесів у науці.

3. Підтримка інновацій, розроблених учителями, в плані впровадження інтеграції елементів різнопредметних знань (і, зокрема, знань з фізики і математики).

4. Акцентування уваги учнів на обґрунтованості і потужності математичного методу досліджень.

5. Ознайомлення учнів із загальними фізико-математичними методами дослідження.

6. Розробка блоків типових індивідуальних (багатоваріантних) завдань з фізики і математики для самостійної роботи, в яких також передбачається подальше складання завдань учнями.

7. Введення в шкільний курс фізики і математики просторового графіка залежності $z = x \cdot y$, який органічно поєднує прямо пропорційну, обернено пропорційну та квадратичну залежності.

Для розв'язання цих проблем можуть бути використані наступні резерви дидактики.

Один з резервів дидактики криється у надрах самих наук, які вивчаються, - у процесах їх інтеграції (як внутрінаукової, так і міжнаукової) і, зокрема, у русі до максимального використання точних математичних методів як засобу дослідження і здобуття нових знань. Наука від цього стає стрункішою, а, отже, й простішою для засвоєння: численні розрізнені факти змінюються лаконізмом формул, графіків, законів, теорій.

Ще М. Планк указував: “З тих пір, як існує вивчення природи, воно має як ідеал завдання об'єднати багатобарвність явищ в єдину істину, а якщо можливо, то в одну формулу” [183,с.16]

Фізика й астрономія поки що єдині шкільні предмети, де систематично використовуються математичні моделі. Видатний математик В.А. Стеклов називав математику матір'ю усіх наук і вважав, що математика і фізика до

такого ступеня злилися в єдине ціле, що іноді важко відокремити, де закінчується математика і починається фізика [106, с. 103]

Інтеграція – це динамічний процес, який порушує усталену в певний період єдність науки і одночасно встановлює цю єдність (її структуру і функції), але вже *на вищому рівні* [221, с. 42.]

Цілісна система теоретико-практичних знань певною мірою проектується на навчальний матеріал. Тому *другий резерв шкільної дидактики* – вдало *відібрати* науковий матеріал для шкільного курсу та відпрацювати методи його вивчення. Вищесказане можна підтвердити таким прикладом. Під час навчання фізики в старших класах середньої школи ефективним є дедуктивний метод, який потребує широкого використання математичних знань. Так, зокрема, на основі моделі молекулярного руху в ідеальному газі з використанням поняття про середні значення фізичних величин, які характеризують молекули і газ у цілому, виводиться основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів. При інтегруванні у нього таких величин з курсу хімії, як число Авогадро, молекулярна маса та інших, одержується рівняння стану ідеального газу – рівняння Клапейрона- Менделєєва (1874). І як наслідки з останнього маємо закони газового стану: Бойля-Маріотта (1662, 1676), Шарля (1787), Гей-Люссака (1802). А до 1971 року вивчення цього розділу фізики у школі пропонувалося від частинних законів ідеального газу до загального, що займало набагато більше часу.

Це закономірно, що дослідницька діяльність розпочинається з розгляду чуттєво-конкретної багатомірності дійсності, а навчальна діяльність розпочинається з уже виділеної *іншими дослідниками* загальної внутрішньої основи цієї закономірності, тобто відбувається сходження від абстрактного до конкретного, від загального до часткового. Як відмічає О.І. Ляшенко, процес сходження від абстрактного до конкретного буде продуктивним лише в єдності з процесом зведення конкретного до абстрактного [138].

Третій резерв шкільної дидактики – це інтеграція елементів змісту шкільної освіти (і, зокрема, елементів фізики та математики) як засіб формування творчого мислення школярів.

А. Ейнштейн писав, що так чудово відчуті єдність цілого комплексу явищ, які при безпосередньому сприйманні здавалися розрізненими [171]. *Поділ науки на окремі галузі, як відмічав М. Планк, зумовлений не стільки природою речей, скільки обмеженістю людського знання* [183, с. 16]. Різноманітність проявів законів природи вивчається в рамках різних навчальних предметів диференційовано. Та все ж єдність законів природи спонукає до інтеграції різнопредметних знань. Освоєні індивідом (інтеріоризовані) зінтегровані різнопредметні знання – це реальна база інтуїції індивіда.

“Учні засвоюють багато знань, коли вивчають їх у взаємозв’язках”, – відмічав К. Ушинський [252, с. 50]. На сучасному етапі розвитку освіти здійснюються не лише міжпредметні зв’язки, а й інтеграція елементів різнопредметних знань. А у близькому майбутньому – і суцільна інтеграція знань (створення нової системи освіти за змістом і технологією, вироблення спільного для галузевих наук підходу до їх визначення) [137, с. 73].

Заслуговує на особливу увагу експериментальна програма “Природознавство”, розроблена лабораторією інтеграції змісту шкільної освіти інституту педагогіки АПН України під загальною редакцією С.У. Гончаренка та В.Р. Ільченко. Це є дві глобальні для школи дослідно-експериментальні програми:

1. Освітня програма “Довкілля” (Інтеграція змісту природничо-наукової освіти з 1 по 11 клас, науковий керівник В.Р. Ільченко).
2. “Проектування соціального розвитку особистості школяра” (науковий керівник В.О. Киричук).

В освіті людини особлива роль відводиться вивченню природничих наук, бо саме вони формують особливий тип раціональності мислення – раціональності критично-аналітичної [59, с. 8].

Як підкреслює В.І. Нечет, щоб людина засвоїла певні знання, вона спочатку повинна переконатися в їх істинності, а це вимагає власної практичної участі людини в обґрунтуванні хоча б змістовного “зразка” експериментальних і теоретичних знань.

Тому дидактичним лідером серед дисциплін у школах будь-якого профілю має бути дисципліна, яка базується на такій науці, що досягла теоретичного рівня своєї зрілості. Серед природничих дисциплін саме фізика як навчальна дисципліна може (після відповідного реформування змісту і технологій навчання) повністю задовольнити критерій дидактичного лідерства [161, с. 69].

С.У. Гончаренко підкреслює: “Фізика – наука про форми матерії, які входять до складу будь-яких матеріальних систем, про взаємодію цих форм та їх рухи. Оскільки форми матерії, руху і взаємодії зустрічаються в будь-яких матеріальних системах, фізика є основою всього природознавства. Фізичні методи широко застосовуються при вивченні будь-яких матеріальних систем у різних умовах” [65, с. 34].

Гармонія фізичної картини світу, з одного боку, та простота і всеосяжність аналітичного і графічного способів виразу законів природи, з другого боку – мають величезні можливості в плані формування творчого мислення старшокласників. І в алгебрі, і в геометрії учні навчаються тому, що можна назвати технікою людського мислення. Нідє, мабуть, людське мислення не виступає з такою силою і з такою яскравістю, як у математиці. Це у всі часи визнавалось великими мислителями. Недарма Платон на вході у свою Академію, яка повинна була поєднувати всі форми людської культури, людської творчості, написав: “Хай не ввійде сюди той, хто не знає геометрію”. Платон вважав, що геометрія – основний щабель на шляху до розвитку філософського мислення людини.

“Математика є кращим і навіть єдино можливим вступом до вивчення природи” – відмічав Д.І. Писарев [182, с. 253].

Математичні поняття, операції, способи логічних міркувань мають цілком певне *практичне походження* та зазнають суттєвого *впливу практики*. Це стосується і сучасної математики, багато розділів якої формувалися під безпосереднім впливом фізики, техніки, економіки, військової справи тощо.

Наприклад, у фізиці було введено поняття миттєвої швидкості; згодом воно одержало математичне узагальнення до поняття похідної, яке стало однією з основ математичного аналізу. За узагальненнями послідував зворотний зв'язок: використання методів новорозробленого математичного аналізу в інших розділах фізики та в інших науках.

Отже, виникнувши з практики, математична теорія далі розвивається за допомогою абстракцій, теоретичних узагальнень; на вищому рівні здобуті теоретичні результати знову використовуються на практиці. Таким є процес інтеграції математики з фізикою та іншими науками: він не дає математиці скотитися до вузького практицизму і не дає можливості відірватися від життя. “Математикам, можливо, і подобається заноситися в хмари абстрактного мислення, але вони повинні – навіть мусять – повертатися до землі ... по харчування, щоб не померти з розумового голоду” [143, с. 148.]

Діалектична єдність різних, іноді взаємовиключаючих підходів, прийомів дослідження забезпечує якісно більш високий рівень розуміння світу [25, с. 27]. Поглиблене вивчення фізичних властивостей матерії сприяє точнішому відображенню явищ природи, вдосконаленню математичного апарату. Принципове зрушення свідомості математиків і фізиків пов'язане з розвитком молекулярних уявлень, зокрема молекулярно-кінетичної теорії матерії, та з відкриттям явищ броунівського руху і дифузії. Теорія імовірностей, яка сприяла розвитку кінетичної теорії матерії, сама стала об'єктом впливу статистичної фізики. Більш того, практика вимагала повного перегляду логічного фундаменту теорії ймовірностей, оскільки її основні поняття й математичний апарат не відповідали вимогам фізики. Аксиоматичне обґрунтування теорії ймовірностей розробив А.М. Колмогоров (1933) [206, с. 53].

Подібні вимоги протягом останніх двохсот років фізика ставила перед математикою постійно. Адже математика для фізики стала тією мовою, якою вона змогла найбільш точно виражати свої закономірності та виявляти нові. Вона здійснює перевірку положень, які кладуться в основу поглядів на суть тих чи інших фізичних явищ. Фізика й тепер виступає не тільки “споживачем” вже готових математичних теорій, а й постійно направляє розвиток математики у нових напрямках.

Тепер, коли основні зусилля фізиків спрямовані на вивчення явищ *мікросвіту*, роль математики у фізичних дослідженнях незмірно зросла. Вона стала не тільки засобом розрахунку чи запису фізичних закономірностей. Без математики неможливе повне виявлення властивостей явищ мікросвіту. Але, як і в минулому, математичний розрахунок фізичного явища підлягає ретельній експериментальній перевірці. Від математичної теорії вимагається значно більше, ніж збіг теоретичних розрахунків з результатами експерименту: вона має формулювати загальні закономірності, та, як наслідок, *передбачати* нові, невідомі до цього закономірності.

Але траплялись випадки, коли не всі математичні теорії відразу знаходили своє застосування в інших науках та практиці. І тому могло здаватися, що вони не пов’язані з навколишнім світом. Так, неевклідові геометрії, створені М.І. Лобачевським (1828) та Б. Ріманом (1854), практично були застосовані тільки у ХХ ст. в топології, в математичній фізиці. Дж. Буль у середині ХІХ ст. створив нову алгебру (булеву) і не бачив ніякої можливості її застосування, а тепер на ній ґрунтується будова електронно-обчислювальних машин.

З історії відкриттів можна навести ще такі випадки. Система рівнянь електродинаміки Дж. Максвелла описала не тільки всі відомі тоді електричні і магнітні взаємодії, а й *завбачила* існування електромагнітних хвиль, які відкрив у 1868 р. експериментально Г. Герц. Праця С.О. Чаплигіна (1902) “Про газові течії”, в якій автор вивчає потоки газів, що поширюються зі швидкостями

звуку, знайшли застосування лише у тридцятих роках ХХ ст. під час створення реактивної техніки.

Отже, законам матеріального світу відповідають у математиці зв'язки абстрактно-логічного характеру між математичними поняттями, а системність світу відображається в такому понятті сучасної математики, як структура [111, с. 342].

“Холодні числа, зовнішньо сухі формули математики повні внутрішньої краси й жару сконцентрованої у них думки” – відмічав О.Д. Александров [110].

Абстрактне мислення є для математиків таким же невід'ємним, як і зв'язок із дійсністю. Саме високий ступінь абстрактності математичних понять, логічна розробленість математичних теорій і складає силу математики, робить її могутнім знаряддям пізнання та забезпечує широку інтеграцію з іншими науками, їх математизацію.

Можна виділити *три етапи математизації* тієї чи іншої науки: 1) кількісна обробка дослідних даних; 2) побудова моделей – математичне моделювання, яке виросло на основі методу аналогій, причому створюється не наочна (механічна), а абстрактна (математична) модель фізичного явища, а потім ведеться дослідження рівнянь, які описують дану модель, при цьому різні явища часто описуються тими самими рівняннями; 3) створення математичної теорії даної науки; прикладами таких теорій є математичні теорії класичної механіки, електродинаміки, квантової механіки тощо.

Але такого рівня математизації досягли далеко не всі науки. Біологія, наприклад, ще не дійшла третього етапу. Проте рано чи пізно математична біологія перетвориться у такий могутній інструмент дослідження живої природи, якою є теоретична фізика для дослідження фізичних явищ [258, с. 67].

У шкільному курсу фізики та математики спостерігається інтеграція за методом (відцентрова) та за об'єктом (доцентрова). Наприклад, поняття *функції*, що містить ідеї зміни і відповідності, застосовується як метод розкриття динаміки різновидів фізичних явищ і виявлення існуючих причинно-наслідкових зв'язків. Поняття *похідної* дає змогу кількісно оцінити швидкість

зміни фізичних явищ і процесів у часі і просторі (швидкість руху, обертання, зміни імпульсу, зміни заряду, магнітного потоку, радіоактивного розпаду, прискорення руху тощо).

Вміння обчислювати *інтеграл* дає можливість обчислювати, наприклад, роботу змінної сили, роботу газу в ізотермічному процесі, роботу сили тяжіння під час обчислення другої космічної швидкості, потужності у колі змінного струму, переміщення за графіком швидкості руху, енергії гравітаційного та електромагнітного полів тощо. Ідеї *симетрії* дають змогу на основі загальних наукових положень у молекулярній фізиці визначити будову молекул і кристалів, а в оптиці – будувати зображення у плоских дзеркалах. *Координатний метод* дає графічне уявлення про динаміку фізичних явищ і процесів, сприяє засвоєнню поняття системи відліку при вивченні теорії відносності тощо.

Наведемо приклад доцентрованої інтеграції (за об'єктом) з вивчення такої теми фізики, як рівноприскорений рух, де застосовуються наступні математичні поняття і методи: табличний спосіб задання функції; метод координат; множення і ділення, пряма та обернена пропорційні залежності, їх графіки; квадратична функція та її графік; квадратний корінь, квадратне рівняння та його графічне розв'язання; система квадратних рівнянь та її графічне розв'язання; система квадратних нерівностей та її графічне розв'язання; похідна та інтеграл; вектори та дії над ними.

Отже, на уроках фізики учням необхідні знання з математики, щоб засвоювати навчальний матеріал: сприймати інформацію та експеримент, виконувати практичні і лабораторні роботи, розв'язувати задачі, оперувати одиницями фізичних величин, розуміти функціональну залежність між величинами. У контексті формування творчого мислення учнів доцільним є розв'язання задач міжпредметного змісту, і, зокрема, *фізичних задач на уроках математики* з актуалізацією фізичного матеріалу, а також на уроках фізики – з акцентуванням на математичні методи, які при цьому використовуються.

Можна вважати, що *четвертий резерв дидактики фізики* – відшукування нагоди опори на математичну мову та зведену над нею *дедуктивну систему*, бо, як підкреслював А.Г. Конфорович, “математика – це мова та зведена над нею дедуктивна система. Саме вона відкриває можливості виконувати операції над моделями об’єктів”, що часто приводить до *відкриття „на кінчику пера”* [106, с. 102].

Наприклад, при встановленні закону опору ділянки електричного кола з двома паралельно з’єднаними провідниками учні спочатку працюють у реальному світі – експериментально, за допомогою електровимірювальних приладів встановлюють систему залежностей:

$$U_1 = U_2 = U; \quad I = I_1 + I_2; \quad I_1 = \frac{U_1}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2}; \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U}{R} \quad (1.1)$$

Перейшовши у світ математичних моделей, учні забувають про фізичну суть виведених формул (1.1), і переходять до оперування ними вже як звичайними алгебраїчними виразами і одержують:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}, \quad \text{звідки} \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.2)$$

Учні-восьмикласники зробили свого роду відкриття, розв’язавши систему алгебраїчних рівнянь за правилами алгебри, а не фізики. Те, що робили Левер’є, Фрідман, Дірак, Шредінгер, Планк, Келдиш, Лаврентьєв, відрізняється складністю використаних ними рівнянь та дешифровкою одержаних результатів від „відкриття” восьмикласників, але не відрізняється технологією [106, с. 102].

Тут доречно навести вислів американського фізика-теоретика С. Вігнера: “Чудова загадка відповідності математичної мови законам фізики є дивним дарунком... неймовірна ефективність математики в природничих науках межує з *містикою*” [38, с. 540, с. 536]. Між іншим, І. Ньютон вважав, що творець світу – вправний математик і фізик [95, с. 72].

Чому ж такою високою є ефективність математичного методу досліджень у фізиці? Якщо за допомогою *омметра* виміряти опір двох паралельно

з'єднаних провідників, про які йшлося вище, то його покази підтвердять *правильність формули (1.2)*, виведеної за законами математичних операцій. Тобто підтвердять те, що закони математики складені у відповідності з законами об'єктивної дійсності, а не є просто якимись формальними правилами.

Тепер цілком зрозумілим стає вислів Г. Галілея: “Глибока філософія криється у великій книзі – Всесвіті, завжди відкритому нашому допитливому погляду... Але написана вона мовою математики”, без знання якої люди “зіб'ються зі шляху пізнання, наче в темному лабіринті” [38, с. 217]. Логічна структура фізики як науки в основному визначається застосуванням у ній математичного, емпіричного, експериментального та теоретичного методів дослідження.

П'ятий резерв дидактики фізики – домогтися усвідомлення старшокласниками загальних фізико-математичних методів дослідження, якими є:

- абстракція – мислене виділення суттєвих рис, сторін, властивостей, відношень предмета та відокремлення їх від інших;
- формулювання – коротке й точне висловлювання деякої думки;
- моделювання – заміна конкретного об'єкту досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю), перенесення знань;
- аналогія – умовивід про можливу схожість предметів за всіма ознаками на основі схожості їх тільки за деякими ознаками;
- екстраполяція – 1) за відомими значеннями функцій в точках даного проміжку знаходження її значень у точках поза цим проміжком; 2) поширення висновків, одержаних при вивченні процесів даної сукупності на випадок іншої подібної сукупності;
- інтерполяція – 1) за відомими значеннями функції в деяких точках даного проміжку знаходження її значень у точках, що лежать між цими точками проміжку; 2) доповнення наявних висновків недостаючими;

- індукція – сходження від окремих актів, які повторюються, до їх узагальнення;
- дедукція – виведення нових тверджень з деяких вхідних тверджень.

Треба, щоб учні мали повну уяву про ці методи та застосування їх на практиці. У ході уроку при вивченні нового матеріалу вчитель повинен акцентувати увагу учнів на тому, який саме фізико-математичний метод використовується в тій чи іншій ситуації.

Шостий резерв дидактики – розробка й упровадження в навчально-виховний процес внутрішньо зінтегрованих *блоків завдань* для довготривалої самостійної роботи учнів, блоків формул та блоків графіків до кожного розділу (модуля) курсу фізики.

Це зумовлено тим, що обсяг оперативної пам'яті людини невеликий [101], [241, с. 161]. А для розв'язування задачі учень повинен утримувати в своїй оперативній пам'яті як умову задачі, так і теоретичний матеріал – ті *опорні асоціації*, на яких базується аналіз умови задачі, ідеї розв'язування, хід розв'язування. Тому доцільною буде, на наш погляд, розробка таких блоків завдань, де до однієї умови складається ряд запитань учителем, а потім і учнями (їх можна назвати блоками безрозмірних задач). Цим значно економиться час на опис умови задачі та вивільняється частина оперативної пам'яті учня, яка може бути використана для творчого мислення, всебічного осмислення матеріалу теми. Крім того, оголошення і проведення *конкурсу задач*, складених учнями, є суттєвим стимулом розвитку їх творчого мислення. Добре, коли розроблені рівносильні варіанти блоку задач для кожного учня класу. Якщо такі блоки практикувати в якості домашніх завдань (поряд з іншими завданнями), то учень одержує свій варіант завдання на весь період вивчення даного розділу. Цим учень звільняється від рамок часу уроку, забезпечується індивідуальний диференційований підхід у навчанні. Працюючи над завданнями вдома, учень зможе виділити час для акордної праці, в разі потреби може опрацювати спеціальну літературу, звернутися за консультацією

до товаришів та компетентних людей; у школі йому готові допомогти однокласники та учитель.

Якраз соціальні взаємодії з ровесниками і з учителем у процесі учіння “визначають співвідношення морального і розумового розвитку учнів, їхню духовну зрілість, що має виступати провідною метою навчання”, відмічає В.Г. Кремень [124, с. 531]. У таких умовах навіть слабкий учень намагатиметься задовольнити свою природну потребу пізнавати світ та самостверджуватись.

Доцільно, щоб на початку вивчення того чи іншого розділу курсу фізики кожен учень був забезпечений *довідковою таблицею* формул і графіків, яка буде доопрацьовуватись як узагальнення і систематизація навчального матеріалу та міститиме необхідні абсолютні константи тощо. Такий блок формул і графіків, доповнений за активної участі учнів, буде їм суттєвою підмогою, бо допомагатиме осмислено запам'ятати символи фізичних величин, формули залежностей між ними, графіки цих залежностей; орієнтуватися в одиницях фізичних величин. За Дж. Гілфордом, дивергентне мислення розвивається не лише над словесним змістом, а й над знаковим та фігуративним.

Ураховуючи, що на озброєнні фізики є такий математичний метод, як *координатно-графічний*, слід домогтися усвідомлення учнями того, що графік функції – це своєрідна точна мова без слів, яка здатна *миттєво, зримо* і стисло передавати величезний об'єм інформації про властивості функціональної залежності даних фізичних величин. Графік функції – важливий чинник успішного вивчення процесу, описаного цією функцією.

Багато розділів шкільного курсу фізики потребують, на нашу думку, доповнень розробками блоків графіків функціональних залежностей фізичних величин, які можна подати в таких формах:

- узагальнююча таблиця-плакат (наприклад, з кінематики прямолінійного руху тіла зі сталим прискоренням);

- модель рухомих плоских графіків (наприклад, для порівняння координат двох вільно падаючих з різної висоти тіл);
- просторова модель системи ліній на певній поверхні (наприклад, системи ізоліній на гіперболічному параболоїді).

Введення в шкільний курс фізики і математики гіперболічного параболоїда як блоку просторових графіків вважаємо *сьомим резервом дидактики*.

Як уже зазначалося, рівняння гіперболічного параболоїда у найпростішому варіанті має вид $z = xy$. А. Пуанкаре стверджував: “Простота – це єдина основа, на якій може бути зведена будівля наших узагальнень” [209, с.17].

Ми легко дійшли висновку, що на цій поверхні розміщуються результати таблиці множення (таблиці Піфагора). Крім того, легко бачити, що перерізи гіперболічного параболоїда площинами, які не співпадають з площинами координат і які:

- 1) паралельні площині Oxz чи Oyz , – є прямі лінії;
- 2) паралельні осі Oz , за винятком випадку 1, – є параболи;
- 3) паралельні площині Oxy , – є гіперболи;
- 4) є похилими площинами – це зміщені гіперболи.

Важко знайти розділ фізики, де не використовувалися б такі залежності між величинами, як прямо пропорційна, обернено пропорційна та квадратична, графіками яких є відповідно прямі лінії, гіперболи та параболи. І носієм всіх цих ліній разом є гіперболічний параболоїд!

Із його введенням у шкільний курс математики і фізики ми розв’язуємо такий недолік у змісті фізичної освіти, як відсутність зображення у тривимірному просторі такого потужного класу залежностей між трьома змінними величинами – типу $z=xy$ чи $z=kxy$. Наприклад, рівняння стану ідеального газу (рівняння Клапейрона-Менделєєва) $pV=\nu RT$ при фіксованому ν виражає залежність між трьома величинами p , V , T . Ця залежність подана в шкільних підручниках фізики (як і в підручниках для вищих навчальних

зкладів) сукупністю окремих площинних графіків, на кожному з яких відображається взаємозалежність тільки двох змінних величин, а щоб при цьому якимось відобразити вплив третьої змінної, показують декілька графіків на даній координатній площині. Щоб зрозуміти таку систему графіків, учневі доводиться виконувати ряд логічних операцій. Тому запам'ятати її у контексті логічних зв'язків важко.

Слід відмітити, що в журналі “Фізика та астрономія в школі” №3 за 1998 рік опублікована стаття [163], в якій автори В.Г. Нижник, Г.П. Грищенко, Є.О. Перепелиця та Г.А. Федорук показують, як за допомогою гумових джгутів та пластин з оргскла побудувати модель ізотерм, ізохор та ізобар у тривимірному просторі, маючи їх проєкції на координатних площинах. Такий засіб унаочнення є цінним у навчальному процесі. Проте в статті не порушується питання, на якій саме поверхні можуть лежати ці ізотерми, ізохори та ізобари, яка їм назва чи геометричне означення. Хоч через ці лінії можна провести безліч різних поверхонь, проте легко довести, що найпростішою з них є гіперболічний параболоїд. Все вищесказане дає нам підстави стверджувати, що гіперболічний параболоїд – це стереометрична форма системного типу, потрібна при вивченні ряду тем з курсів фізики і математики.

Учні через попереднє осмислення видів залежностей, відображених на цій поверхні, зможуть засвоїти схеми дедуктивних умовиводів, виробляючи “автоматизовані” схеми дій – навички. При подальшому використанні цих схем дій у розв'язання типових задач в учня буде вивільнятися час для переключення у сферу творчої діяльності.

Можливість ґрунтовного сприйняття учнями впровадження гіперболічного параболоїда в курс математики і фізики зумовлюється тим, що мисленнєвий процес в учнів здійснюється більше в образах, ніж у поняттях. Ще в 1908 році Ф. Клейн стверджував: “Ми, яких називають реформаторами, намагаємось покласти в основу викладання поняття функції... Це поняття ми хочемо виробити при викладанні настільки рано, настільки це можливо,

постійно застосовуючи *графічний* метод зображення закону... Ради цього ми готові *відмовитись* від багатьох частин діючих програм... розвиток *просторових* уявлень повинен при цьому відігравати першочергову роль”[96, с. 18].

На сторінках педагогічних видань теж можна знайти висловлювання про недостатній рівень просторових уявлень і образного мислення у випускників середньої загальноосвітньої школи і вузів ([18] та ін.).

Г.П. Бевз у статті “Фузіонізм у викладанні геометрії” наводить ряд висловлювань відомих геометрів різних часів з приводу доцільності фузіонізму у викладанні геометрії, тобто об’єднання планіметрії зі стереометрією, і вносить пропозиції: “Якщо ми справді хочемо, щоб випускники основної школи знали найважливіші стереометричні теми, то краще в кінці 9 класу дати їм окремий розділ “*Елементи стереометрії*”, як це практикувалося до 1980 року або як запропоновано в пробному підручнику автора “Математика, 9”. У сучасних умовах можна здійснювати частковий фузіонізм – “це означає дозволити на уроках планіметрії наводити також приклади і контрприкладів з стереометрії, а на уроках стереометрії – з планіметрії” [18, с. 11].

На нашу думку, можна розпочинати формування просторово-графічного мислення учнів на уроках математики ще в *початковій* школі – з опорою на властивості гіперболічного параболоїда [197].

Щоб ввести гіперболічний параболоїд у шкільний курс математики і фізики, потрібен обґрунтований вибір форми його представлення як рівнянням, так і просторовою моделлю чи зображенням у тій чи іншій аксонометричній проекції.

На рисунку 1.5а маємо зображення гіперболічного параболоїда, виконане вперше в 1748 році Л. Ейлером [263, с. 247]. На цій поверхні, окрім гіпербол та парабол, Ейлер виявив ще дві дійсні прямі eE та fF . Сімейства прямолінійних твірних цієї поверхні були виявлені в 1759 році У. Бейкенріджем.

Автори переглянутих нами посібників з аналітичної геометрії [5], [19], [20], [27], [43], [97], [111], [263], як і Ейлер, представляють гіперболічний параболоїд у тій системі координат $OXYZ$, в якій його рівняння має вид:

$$\frac{X^2}{a^2} - \frac{Y^2}{b^2} = z \quad (1.3)$$

вісь Oz розміщують вертикально; вершина гіперболічного параболоїда – точка O – входить до зображення. Але є відмінності в цих зображеннях, які полягають у неоднаковості тих поверхонь, що обмежують зображувану частину гіперболічного параболоїда (див. рис. 1.5: а) [20], б) [111], в) [43], г) [19], д) [27], е,є,ж) [5]).

У наведених фрагментах посібників до недоліків зображення гіперболічного параболоїда можна віднести відсутність на координатних осях масштабних одиниць.

На наш погляд, з метою використання властивостей гіперболічного параболоїда, рівняння якого $z=xy$ одержується з рівняння (1.3) при $a=b=\sqrt{2}$ поворотом осей координат на кут $\alpha = -45^\circ$ навколо осі Oz , доцільно зобразити ту його частину, яка обмежена парами прямолінійних твірних з двох сімейств (рис. 1.5 з, и). Нагадаємо, що формули повороту осей координат навколо осі Oz мають вид:

$$X = x \cos \alpha - y \sin \alpha, \quad Y = x \sin \alpha + y \cos \alpha. \quad (1.4)$$

Введення у шкільний курс математики і фізики гіперболічного параболоїда в такій формі сприятиме підвищенню рівня творчого мислення учнів та студентів, швидкості розв'язування ними типових задач, у тому числі на побудову і перетворення графіків ізопроцесів.

У посібнику з основ психології [241, с. 547] Л.Д. Столяренко стверджує: “Якщо у 60-70-ті роки була характерна формула освіти “знати все про дещо і дещо про все”, то 90-ті роки народили нову формулу – “Знати про сутність всього, щоб пізнати нову сутність”. На наш погляд, настав час у цю формулу освіти внести доповнення “Знати про сутність всього, щоб через інтеграцію знань пізнати нову сутність”.

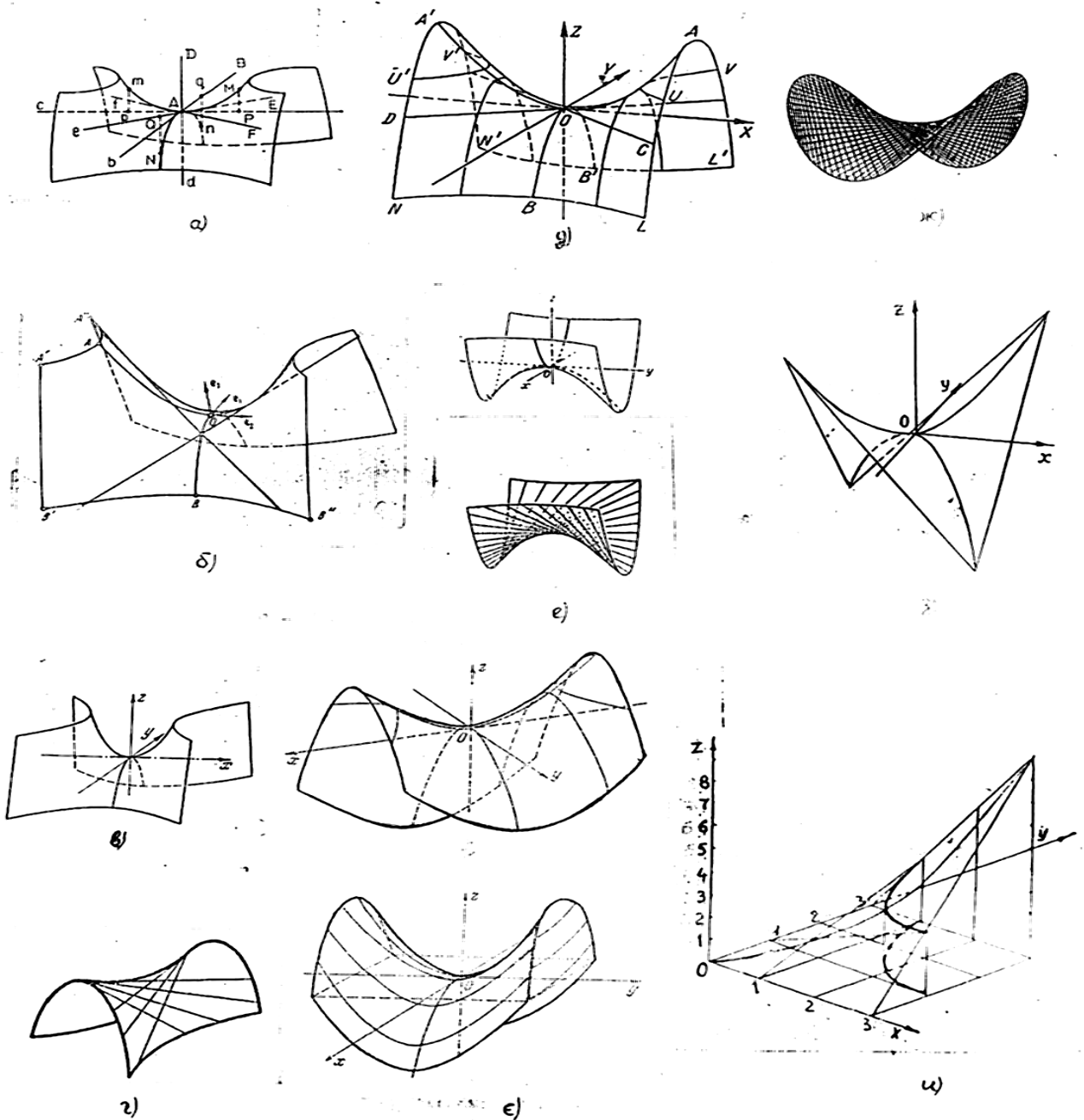


Рис.1.5. Різновиди зображення гіперболічного параболоїда

Сутнісно-інтегративний підхід в освіті означає, що всі вчителі, викладачі повинні діяти в одному напрямку – розвивати творчі здібності учнів на основі формування сутнісних знань із встановленням інтегративних зв'язків та цілісних уявлень.

Таким чином, проведений нами аналітичний огляд педагогічної літератури дозволяє стверджувати, що:

- вивільнення і розвиток здібностей учня залежить від можливостей, які надає оточуюче середовище: соціум, природа, наука, школа;
- щоб мислення учня було творчим (продуктивним), він повинен одночасно з накопиченням знань оволодівати способами розумової діяльності;
- інтуїтивне мислення – центральна ланка процесу творчості; базою інтуїції є інтеріоризовані знання;
- у формуванні творчого мислення старшокласників суттєва роль належить інтеграції різнопредметних знань, зокрема, фізики і математики; процес інтеграції знань, як і будь-який інноваційний процес, треба посилювати і розвивати.

Нами виокремлені суттєві, на наш погляд, дидактичні проблеми інтеграції знань з фізики і математики, а також для розв'язання цих проблем запропоновані відповідні заходи як резерви дидактики:

- відслідковувати інтеграцію знань у науці з метою принагідного впровадження в шкільну практику;
- вдало відібрати науковий матеріал для шкільного курсу фізики і математики та відпрацювати методи його вивчення;
- систематично впроваджувати і поглиблювати інтеграцію елементів змісту шкільної освіти (і, зокрема, інтеграцію елементів фізики і математики) як засіб формування творчого мислення учнів;
- підкреслювати значимість математичної мови та зведеної над нею дедуктивної системи;
- ознайомлювати старшокласників із загальними фізико-математичними методами дослідження;
- упроваджувати в навчально-виховний процес внутрішньо зінтегровані розробки блоків завдань для довготривалої самостійної роботи учнів, блоків формул та блоків графіків за розділами курсу фізики;
- ввести в шкільний курс фізики і математики гіперболічний параболоїд як блок просторових графіків в авторській розробці.

Отже, ми стверджуємо, що виявлені нами дидактичні проблеми з питань розвитку творчого мислення учнів можуть бути розв'язані шляхом посилення інтеграції елементів різнопредметних знань, зокрема фізики і математики. Зразки методичних розробок з реалізації відповідних резервів дидактики автор пропонує до розгляду у другому розділі.

1.3 Психолого-педагогічні основи інтеграції знань учнів з фізики і математики

Психологічні основи інтеграції знань знаходимо у вченні академіка І.П. Павлова про динамічний стереотип (звички, навички) та другу сигнальну систему (систему умовно-рефлекторних зв'язків, які формуються під дією словесного означення подразників) і, зокрема, в його „Лекціях про роботу великих півкуль головного мозку” (1927 р.). Фізіологічним механізмом засвоєння знань він вважав утворення в корі головного мозку складних систем тимчасових зв'язків, асоціацій, виникнення умовних рефлексів. Тут асоціація (від лат. *associo* – з'єдную) – психологічний зв'язок між окремими уявленнями, думками, почуттями; асоціації розрізняють за суміжністю (у просторі або часі), за схожістю, за контрастом. Рефлекси (від лат. *reflexus* – вигин) – реакції організму на подразнення. Умовні рефлекси – тимчасові змінні зв'язки, що виробляються в процесі життя під дією подразників як першої, так і другої сигнальних систем. “Все навчання полягає в утворенні тимчасових зв'язків, – підкреслює І.П. Павлов, – а це є думка, мислення, знання” [174, с. 509]. Для встановлення найбільш диференційованих та міцних тимчасових зв'язків вирішальне значення має утворення в корі головного мозку *осередку* оптимальної збудливості. Утворення цих осередків залежить від інтенсивності подразника. Ця інтенсивність залежить, у свою чергу, від впливів, яких зазнавав індивідум раніше. Центральна нервова система реагує на подразник у залежності від його характеру, а також від підготовленості діями *попередніх*

подразників. Зокрема, засвоєні раніш знання, залучені вчителем або учнями при вивченні нового матеріалу, виступають у ролі таких додаткових подразників.

У формуванні здібності швидко й точно відтворювати в пам'яті раніше засвоєні знання важлива роль належить інтеграції знань.

Умовний рефлекс утворюється не тільки на якийсь один конкретний подразник, але і на *взаємодію* певних подразників. Цей важливий факт дозволяє пояснити явище “переносу” вироблених раніше реакцій на зовсім нові подразники, якщо вони знаходяться між собою у тих же співвідношеннях, що і подразники, на які раніше були вироблені рефлекси.

Розкривши нейродинамічну основу асоціацій та показавши її системний характер, І.П. Павлов всю психічну діяльність аж до вищого її прояву – мислення – трактував у плані своєї концепції як асоціативну діяльність. “Наша розумова діяльність, - відмічав він, - перш за все заснована на довгій низці подразників, на асоціаціях” [174, с. 143].

Л.С. Виготський. експериментально встановив, що попередня розумова діяльність, яка сприяла формуванню узагальнень, “не анулюється, не пропадає марно, а включається і входить в якості необхідної передумови в нову роботу думки” [45, с. 303].

Це дозволяє стверджувати, що необхідність інтеграційних процесів під час навчання зумовлюється самою природою мислення, диктується об'єктивними законами вищої нервової діяльності, законами психології та фізіології людини.

Психологи і педагоги ([45], [220] та ін.), продовжуючи розробку плідних ідей І.П. Павлова про асоціативну природу розумової діяльності, розглядають процес *засвоєння* знань у тісному зв'язку з їх застосуванням - учень може в повній мірі засвоїти тільки те, що він намагався реалізувати у своїй навчальній та практичній *діяльності*, а застосування знань, у свою чергу, потребує аналітичного відбору матеріалу кількох *різних* тем.

У розробці психолого-педагогічних основ міжпредметних зв'язків як одного з найпростіших рівнів інтеграції знань велика заслуга належить

професору Ю.О. Самаріну [220], який довів, що асоціація повинна лягти в основу вивчення розумової діяльності. На його думку, локальна асоціація, будучи початковою стадією знань учня, є складною асоціативною системою різноманітних відчуттів та їх слідів. У результаті подальшого кроку на шляху до пізнання ці локальні асоціації, об'єднуючись, утворюють *окремосистемні* асоціації. Далі вони включаються в ширшу систему зв'язків - у так звані *внутрісистемні* асоціації. На цьому етапі розумової діяльності в учнів формуються спеціальні навички та вміння. Наступна ступінь об'єднання зв'язків, які одержали назву *міжсистемних* (або міжпредметних) асоціацій (які включають внутріпредметні асоціації), дозволяють людському розуму різнобічно відобразити різноманітні предмети і процеси реального світу. Тому міжсистемні або міжпредметні асоціації одержують першорядне значення у формуванні мислення людини: „Лише міжсистемні асоціації у кінцевому результаті забезпечують єдність, цілісність особистості як єдність світогляду та поведінки”[220, с. 298].

Міжпредметні асоціації утворюються легше, міцніше, коли вчитель уміло показує зв'язки знань з різних предметів.

Психологи-дослідники (Л.С. Виготський [45], К.К. Платонов [184] та інші), які вивчали процес утворення асоціацій у ході навчання, надають великого значення вмінню учнів перебудовувати вироблені системи асоціацій, об'єднуючи нові асоціативні ряди з раніш засвоєними.

Предметом багатьох досліджень, які проводились під керівництвом О.М. Леонтьєва [132], П.Я. Гальперіна [53], О.В. Запорожця [82], В.В. Давидова [73], Н.Ф. Талізінної [243], стає орієнтовна діяльність. Виявляються її зміст, структура, форми та своєрідність під час розв'язання практичних завдань, а також особливості на різних вікових проміжках та при різних умовах її формування. Результати цих досліджень дали можливість *об'єднати* і пояснити раніш розрізнені психологічні факти з урахуванням ролі та особливостей орієнтовної діяльності і відкрили перспективу планомірного, керованого формування психічних новоутворень. На основі цих досліджень виникає і

розвивається теорія поетапного формування розумових дій [49 - 53]. Генетичний метод теорії формування розумових дій із заданими показниками відкриває широкі перспективи для розвитку ідей *управління* формуванням знань та вмінь [243].

У 60-і роки ХХ ст. у педагогіку і психологію стали проникати ідеї кібернетики, принципи управління. У значній мірі цьому сприяло виникнення в американській психології нового напрямку – “програмованого навчання” (Скіннер, Краудер) – і його розповсюдження в багатьох країнах Європи. Розкриваючи обмеженість американського варіанту програмованого навчання, пов’язану з його біхевіористськими основами, наші психологи бачили широкі перспективи його розвитку на іншій теоретичній основі – кероване навчання на основі теорії поетапного формування розумових дій [49, 90].

“Чим розумніша людина, - пише К.К. Платонов, - тим далі вона бачить наслідки своїх дій” [184, с. 8]. Ці здібності особистості пов’язані з не так давно відкритим видом відображення – *випереджаючим відображенням* як передбаченням якихось сигналів. Але це випереджаюче відображення формується під впливом оперативного використання минулого досвіду, у тому числі і раніше засвоєних знань. Здібність передбачати виробляє такі якості, як уміння планувати дії, організовувати їх і цілеспрямовано виконувати. Ці якості можна виробляти у процесі вивчення кожного навчального предмету, але значно активніше і послідовніше вони формуються на базі інтеграції різнопредметних знань. Саме вона сприяє дієвішому розвитку випереджаючого відображення, яке у свою чергу стимулює розвиток здібностей притягувати комплекс взаємопов’язаних знань.

Численні дослідження психологів підтвердили і конкретизували положення І.М. Сеченова, висловлене ним у роботі “Элементы мысли”: “Через голову людини протягом всього її життя не проходить жодної думки, яка не утворилась би з елементів, зареєстрованих у пам’яті. Навіть так звані нові думки, які лежать в основі наукових відкриттів, не є винятком з цього правила” [232, с. 441]. Також установлено ним, що все, що сприймається людиною,

залишає сліди в корі великих півкуль головного мозку. Ці сліди не залишаються бездіяльними. Вони сприяють виникненню збудження і тоді, коли подразник, який залишив слід, відсутній. Тому людська пам'ять не тільки запам'ятовує і зберігає знання, засвоєні раніше, але й *відтворює* їх тоді, коли це потрібно.

Предмети або явища, взаємопов'язані в природі, *пов'язуються і в пам'яті* людини. Міжпредметна інтеграція дає можливість глянути на об'єкт вивчення з різних боків і міцніше запам'ятати його на основі міжсистемних асоціацій.

У цьому відношенні дуже цінним для практики є положення, висунуте А.О. Смирновим, який вважає, що найважливішими характеристиками запам'ятовування є прийоми смислового групування навчального матеріалу і виділення смислових *опорних пунктів*, смислового співвідношення того, що засвоюється в зв'язку з будь-чим уже відомим. Він також відмічає, що в навчанні важливо не тільки вивчення нового, не тільки повідомлення або вказівки на вже відомий матеріал, а приучення учнів *самостійно* знаходити раніш відоме, співставляти і співвідносити знову з тим, що вже відоме [236, с. 337].

Інтеграція знань є одним із важливих чинників формування ряду компонентів творчого мислення, до яких відносяться: глибина (саме інтегровані знання дозволяють глибше проникнути у властивості об'єкта, явища чи процесу); гнучкість (змінність пошуку ходу розв'язання проблеми формується на основі інтеграції різнопредметних знань); стійкість (орієнтація на раніше відомі способи дій: не механічний, а свідомий пізнавальний процес за інтегративного підходу); усвідомленість (умови, за яких одні знання дають можливість уточнити, зрозуміти, включити в актив інші знання)[102, с. 25], [203].

Знання людини, виступаючи як результат її мислення, разом з тим є і основним *засобом* пізнання. Нове, як правило, засвоюється на основі відомого, відштовхуючись від якого людина може просунутись у своєму пізнанні на

наступний щабель: “Нове, невідоме людині, закономірність розкриваються лише через установалення нових зв’язків з уже відомим” [144, с. 49].

У цьому ”відправному пункті” пізнання важливе місце належить інтеграції знань суміжних дисциплін, яка розширює межі можливостей учнів ”відштовхуватися” від відомого, тобто швидше, правильніше знаходити шлях до засвоєння нового.

У сучасній психолого-педагогічній літературі вказується, що шкільна освіта, поряд з пізнавальною функцією, повинна реалізовувати психологічну функцію - формування суб’єктивного світу особистості.

Набула актуальності проблема пошуку *обдарованих* дітей та розвитку їх творчих здібностей. З психології відомо, що обдарованість – це поєднання здібностей, які забезпечують успіх у виконанні будь-якої діяльності. Обдаровані учні легко долають пізнавальну невизначеність, вони мають підвищену увагу і наполегливість у досягненні результату в тій сфері, яка їх цікавить. Крім того, вони намагаються творчо мислити, їх розвиток визначається дуже розвиненим почуттям справедливості, високим ступенем поєднання реальності та фантазії, яскравою уявою, високим рівнем чутливості.

У розряд унікальних розумових здібностей входять наступні психологічні процеси і властивості особистості: мислення та уява; загальна психологічна активність особистості, яка проявляється в допитливості, у прагненні завантажувати себе розв’язуванням різноманітних розумових завдань; розумова працездатність; рухомість (швидкість), гнучкість, зрівноваженість нервово-психічних процесів, їх урегульованість; наполегливість у досягненні поставленої мети розумової діяльності, відносно висока опірність негативному впливу невдач; самооцінка своїх розумових здібностей; уважність і самоконтроль; уміння зінтегрувати необхідні властивості предметів чи процесів. Якщо яка-небудь із названих здібностей відстає в розвитку, це негативно впливає на всі види навчальної діяльності учня і передусім на успішність з математики, фізики тощо [42, с. 25]. Тому при формуванні

творчого мислення учнів необхідно враховувати всі їх індивідуальні особливості.

Практична перебудова системи освіти потребує такої її організації, ”яка, з одного боку, спрямована на формування творчої особистості, з другого – орієнтована на своєрідність індивідуальності кожної молодої людини, з урахуванням її власної волі і життєвих поривань”, – відмічає В.В. Давидов [73, с. 65].

У сучасній педагогічній практиці вже неможливо обійтись без інтенсивного впровадження наукових *психологічних* знань. Професія вчителя найбільш чутлива до психології, бо його діяльність безпосередньо спрямована на учня, на його розвиток. Учитель зустрічає “живу” психологію та певний опір індивіда педагогічним діям. Тому вчитель мимоволі повинен бути психологом, і він у своїй діяльності одержує психологічний досвід [241, с. 485]. Чи слухає учень виклад нового матеріалу уроку, чи спостерігає дії експериментатора під час лабораторної роботи – перш за все, включається в роботу його *відчуття* і сприйняття, і тільки після того – запам’ятовування, встановлення асоціацій, осмислення, творча переробка тощо [241, с. 517].

У психолого-педагогічній літературі відсутній єдиний погляд відносно ролі поняття “метод навчання”. Зокрема, за Ю.К. Бабанським [14] “методом навчання називають спосіб упорядкованої взаємозв’язаної діяльності вчителя і учнів, яка спрямована на розв’язання завдань освіти”. Т.А. Ільїна [88] розуміє під методом навчання “спосіб організації пізнавальної діяльності учнів”. В історії дидактики склались різноманітні класифікації методів навчання. Однією з класифікацій методів навчання є класифікація за характером діяльності учнів, яку запропонували І.Я. Лернер і М.М. Скаткін [241, табл. 7.2, с. 535], яку, на наш погляд, можна дещо доповнити в колонці 7, включаючи інтеграцію знань як чинник удосконалення навчального процесу на сучасному етапі та в перспективі (табл.1.2).

Слід відмітити, що колонкою 4 даної таблиці показано вплив методів навчання на розвиток розумової діяльності учнів. Сформованість їх творчого

Класифікація методів навчання за характером діяльності учнів
(за ступенем самостійності та творчості)

№ пп	Метод	Вид діяльності	Рівні розумові діяльності учня	Рівні знань	Суть	Удосконалення
1	2	3	4	5	6	7
1	Поясню-вально-ілюстра-тивний	За допомогою вчителя (репродуктивний)	I - пізнавання	II- знання - знайомства	Традиційне навчання – процес передачі готових відомих знань	Програмоване навчання, [інтеграція елементів знань, самостійна робота]
2	Репроду-ктивний	Сам учень (репродуктивний)	II – відтворення	II – знання-копії		
3	Проблем-ний виклад	За допомогою вчителя (продуктивний)	III – застосуван-ня [в знайомій ситуації]	III - знання-вміння	Проблемне навчання – процес активного пошуку та відкриттів учнями нових знань	Ділові ігри, [Інтеграція елементів знань (у перспективі – суцільна інтеграція знань), самостійна робота, дидактичні ігри тощо як елементи інноваційної освіти]
4	Частково-пошуко-вий	Продуктивний під керівництвом учителя	III - застосування [у новій ситуації] IV – творчість	IV –знання-трансформація		
5	Дослідни-цький	Продуктивний без допомоги вчителя	IV- творчість	IV – знання-трансформація		

Примітка: у квадратних дужках – наші доповнення.

мислення фіксується на вищих рівнях розумової діяльності. Саме потрібний рівень самостійності і творчості має бути важливим критерієм вибору методів навчання з включенням таких новацій, як інтеграція знань, довготривала самостійна робота, дидактичні ігри, конкурси тощо.

Пригадаємо такі історичні факти. Т. Едісон стверджував, що геній – це 99% праці і 1% таланту. Відомо, що І. Ньютон, одержавши в Кембріджському університеті великий запас знань з математики і природничих наук, три роки в умовах сільської тиші обмірковував закономірності навколишнього світу. Звідси висновки: щоб стати творчою особистістю, треба не тільки мати великий запас знань, а й бути вільною, інтелектуально незалежною, впевненою в собі людиною, яка *заглиблюється* у суть цікавої проблеми та *старанно* підходить до її розв'язання.

Звертаючись до таблиці 1.2, бачимо, що пояснювально-ілюстративний і репродуктивний методи – це методи традиційного навчання як процесу передачі готових відомих знань учневі.

Навчально-виховний процес опирається на розумові здібності та загальноосвітню підготовку учня, коригується з урахуванням особистих успіхів учня в навчанні. Тому необхідним є індивідуальний і диференційований підхід у формуванні особистості.

У класах загальноосвітньої школи завжди можна виділити групи учнів різних рівнів сформованості мислення. Крім того, учні мають неоднакові темпераменти. І кожному учневі потрібна індивідуальна теоретична, практична і психологічна допомога для формування творчого мислення.

Основні недоліки традиційного навчання – це усередненість темпу викладу та обсягу знань для всього класу; велике завантаження *пам'яті*; нерозчленованість навчального матеріалу для індивідуальної самостійної роботи; відсутність достатнього зворотного зв'язку. Стрімкий розвиток науки і техніки, витіснивши образне мислення, яке є складовою творчого мислення, переніс пріоритети у бік логічного, абстрактного мислення. Але шляхом

формування образного мислення зі звичайного учня можна зробити обдарованого, застосовуючи ейдотехніку („ейдос” – яскравий образ)[71, с.36].

У контексті інтеграції знань з фізики і математики образна пам'ять має велике значення. Вона довго утримує, зокрема, такі математичні образи, як лінії, фігури, поверхні, тіла, взаєморозміщення та взаємовідношення їх елементів.

Практика свідчить про те, що рівень та глибина знань залежить від здатності учнів будувати *образні моделі* явищ, що досліджуються. Правильно сформована образна модель допомагає учню не тільки проникнути в *суть* явища, яке досліджується, але й знайти різні *підходи* до розв'язання завдань творчого характеру.

Щоб учні на уроках не “розучилися” думати, щоб вивчення предмета не було примусовою працею, треба збуджувати *уяву* учнів та розвивати *інтерес*, створювати умови для різнобічного розгляду питання, яке вивчається. Виходячи з того, що пізнавальна мотивація має не стільки внутрішню, скільки *зовнішню* зумовленість та виникає у проблемних ситуаціях, є підстави стверджувати, що у формуванні такого внутрішнього мотиву навчальної діяльності, як інтерес до знань, важливу роль відіграє інтеграція знань (і, зокрема, знань з фізики і математики). Це важливо на кожній стадії формування *інтересу* до знань:

I стадія – ситуативний мимовільний інтерес, який виникає в умовах новизни, здивування і невизначеності;

II стадія – стійкий інтерес до змісту предмета;

III стадія – включення пізнавального інтересу в загальну спрямованість особистості, в систему її життєвих планів [241, с. 518].

Формуванню інтересу до знань значною мірою може сприяти: проблемний виклад спеціально підібраного інтегративного матеріалу; особистісно-діяльнісна організація навчання (з використанням завдань для довготривалої самостійної творчої роботи, математичного моделювання, інтегрованих та

театралізованих уроків, дидактичних ігор, уроків-конкурсів тощо); зворотний зв'язок і контроль рівня знань та творчого мислення учнів.

Особистісно-діяльнісний підхід у формуванні творчого мислення учнів на уроках фізики можна реалізувати, на наш погляд, за такою схемою (рис. 1.6).

Організація навчального процесу в школі потребує пошуку нових засобів і форм навчання. Особливе місце серед них займають дидактичні *ігри*, специфіка яких у тому, що учні розв'язують навчальні задачі, які запропоновані їм у цікавій формі. Адже ще А. Ейнштейн відмічав "... якщо учитель поширює навколо себе подих нудьги, то в такому оточенні все зачахне; зуміє навчити той, хто навчає цікаво" [271, с. 82].



Рис. 1.6 Схема формування творчого мислення учня на уроках фізики

Дидактичні ігри вміщують у собі великі можливості в навчанні та виховній роботі. Вони можуть бути використані і як форма навчання, і як самостійна ігрова діяльність, і як засіб виховання різних сторін особистості

учня. Прикладом можуть стати деякі з дидактичних ігор з фізики для учнів середньої школи, розроблені нами [185, с. 128], [195].

Дидактична (навчальна, пізнавальна) гра має ігрову і навчальну задачу. Першу учень розв'язує за умовою цієї гри, другу встановлює перед ним учитель (не явно, а через зміст гри). У дидактичній грі учень тренує пам'ять, загострює кмітливість, виробляє наполегливість, здібність логічно мислити, співставляти, вчить працювати з довідниками, енциклопедіями, спонукає до розширення і поглиблення знань, поширює світогляд, виробляє вміння довести розпочату роботу до кінця, а також стимулює інтерес до предмета. Під час таких ігор учень працює і як автор, і як дослідник чи винахідник, і як мислитель. Учителю ці ігри допомагають перевірити знання учнями предмету, оцінити рівень їх розвитку, одержати уяву про широту відомостей з фізики, які мають учні [224, с. 4].

У даний час існують різні види дидактичних ігор з фізико-математичним змістом: урок-свято, урок-КВК, брейн-ринг, фізико-математичний ринг, урок-мандрівка, ділова гра, фізико-математичний аукціон, урок типу "Що? Де? Коли?", урок типу "Поле чудес", урок типу "Слабка ланка", тематична вікторина, складання і розв'язування кросвордів, чайнвордів, ребусів, презентація теми, реклама здобутих знань, дослідження теми, розв'язування парадоксів і софізмів тощо.

Таким чином, дані психології і педагогіки дають всі підстави вважати доцільним систематичне впровадження ігор з фізико-математичним змістом, вінтегрованим у навчальний процес у загальноосвітній середній школі.

Відомо, що творче мислення формується в діяльності, дієвим засобом якої є інтеграція різнопредметних знань. Результати такої діяльності повинні контролюватися. Потрібен такий системний контроль, який би орієнтував на формування в учня стійкого інтересу до предмету і прагнення до оволодіння новими знаннями й уміннями. На всіх етапах такого контролю, на нашу думку, треба оцінювати вміння учня пов'язувати матеріал, що вивчається, з вивченим раніше, і, зокрема, застосовувати знання з математики у фізиці. У ході

контролю такі знання значно закріплюються, бо психіка учня знаходиться в стані підвищеної сприйнятливості (процес контролю довго реверберує в пам'яті).

Таким чином, проведений нами аналіз психологічної та педагогічної літератури дозволяє стверджувати, що:

- необхідність інтеграції знань зумовлюється самою природою мислення;
- міжпредметні асоціації утворюються легше і міцніше при вмілому пов'язуванні вчителем різнопредметних знань;
- оволодіння прийомом переносу і використання знань одного предмету при засвоєнні іншого вносить у діяльність учнів цілеспрямованість, забезпечує кращу організацію розумової діяльності;
- інтеграція знань як прийом розумової діяльності – це система синтезу й узагальнення в розв'язуванні пізнавальних завдань.

На нашу думку, з метою розв'язання психолого-педагогічної проблеми формування творчого мислення старшокласників необхідно:

- проблемне навчання постійно доповнювати спеціально підібраними зінтегрованими матеріалами;
- проводити особистісно-діяльнісну організацію навчання з використанням завдань для довготривалої самостійної творчої роботи, математичного моделювання явищ і процесів;
- проводити психологічну підготовку і відповідний тренінг образного, логічного, фізико-математичного мислення та дидактичні ігри;
- всебічно розвивати ейдетичні здібності, образну пам'ять учнів з метою розширення їх інтелектуальних здібностей;
- постійно здійснювати зворотний зв'язок між учнем і вчителем, забезпечити таку систему контролю знань, яка б стимулювала пізнавальну діяльність учня та закріплювала одержані знання.

Висновки до першого розділу

Проаналізувавши тлумачення вітчизняними і зарубіжними дидактами, психологами і методистами таких категорій психолого-педагогічної науки, як інтеграція знань і творче мислення старшокласників та взаємозв'язку цих категорій, можемо зробити наступні висновки:

1. Тривають інтенсивні пошуки шляхів встановлення відповідності між змістом шкільної освіти, методами навчання - з одного боку, та сучасними вимогами щодо формування творчого мислення старшокласників - з іншого боку.

2. У зв'язку з цим актуальною є проблема розробки інтегративних підходів у вивченні основ наук і, зокрема, фізики (як лідера серед дисциплін природничого циклу) та математики (як мови, якою користується фізика).

3 У розвитку цього питання одержані наступні результати:

А. Подана дещо розширена класифікація видів мислення (9 видів), виокремлюється творче і репродуктивне мислення учня під час розв'язування задач.

Б. Внесені пропозиції стосовно схематичного зображення процесу інтеграції наукових знань (з фізики і математики, рис. 1.1); взаємовпливів науки, природи, соціуму, вчителя, навчального матеріалу й учня (рис. 1.2); схеми формування творчого мислення учня на уроках фізики (рис. 1.6).

В. Запропоновані корективи до розробленої І.М.Козловською діаграми долі, системи, структури розрізнених елементів у різних підходах (ступенях) інтеграції знань (рис. 1.3).

Г. Запропоновані доповнення до трактування методів навчання за І.Я.Лернером і М.Н.Скаткіним (табл. 1.2) та доповнення до формули освіти, поданої Л.Д.Столяренко.

Д. Виокремлені ряд дидактичних проблем на шляху формування творчого мислення учнів, а також резерви їх розв'язання через посилення інтеграції знань з фізики і математики. При цьому особливою опорою буде введення в

шкільний курс фізики і математики такого поняття аналітичної геометрії, як гіперболічний параболоїд; особливі інтегративні властивості цієї поверхні (системне поєднання квадратичної, прямо пропорційної та обернено пропорційної залежностей) спонукають до необхідності її упровадження в навчальні програми для середньої школи, починаючи навіть з молодших класів.

РОЗДІЛ II

МЕТОДИКА ЗДІЙСНЕННЯ ІНТЕГРАЦІЇ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ТВОРЧОГО МИСЛЕННЯ СТАРШОКЛАСНИКІВ У СУЧАСНІЙ ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ

2.1. Особливості інтеграційних процесів та їх роль у формуванні творчого мислення старшокласників

Як відомо, основне призначення методики того чи іншого навчального предмету полягає у теоретичному та практичному розв'язанні трьох основних питань: Які цілі навчання? Який зміст навчання? Які методи, засоби і форми навчання? [225, с. 81]

”До завдань методики входять дослідження змісту навчання, процесу викладання й процесу учіння”, - зазначає С.У. Гончаренко [58, с.3]. На сучасному етапі розвитку суспільства почав усвідомлюватись і формуватись новий акцент у розумінні цілей освіти: найголовнішою ціллю процесу освіти стає розвиток особистості учня, а набуття ним ЗУН розуміється як засіб цього розвитку, – підкреслюється в новому (2000р.) посібнику з теорії і методики навчання фізики в школі [246, с. 53]. Тому з'являються відповідні вимоги як до змісту освіти, так і до системи методів, засобів і форм навчання, та розробляються шляхи їх реалізації.

Такі компоненти освіти, як досвід творчої діяльності та досвід емоційно-ціннісного ставлення до світу, роль яких раніше недооцінювалась, мають принципово важливе значення для розвитку особистості учня [142, с. 38].

Ми пропонуємо ряд заходів, що сприяють інтеграції знань з фізики і математики як засобу формування творчого мислення старшокласників. Згідно з цим виокремлюється призначення методики, розробленої у даному дослідженні (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Напрямки методики інтеграції знань з фізики і математики
у навчанні фізики

Питання методики фізики	Авторські акценти та доповнення питань методики фізики	Опорні теорії та нормативи
Цілі навчання	Формувати творче мислення старшокласників	Теорія пізнання, педагогічна психологія, дидактика
Зміст навчання	Доповнити шкільні курси математики і фізики поняттям гіперболічного параболоїда як носія системи графіків і як методу розв'язання ряду типових задач	Стандарт шкільної фізичної освіти
Методи, засоби і форми навчання	<p>Посилити стимулювання та мотивацію навчання методом постановки перспектив та орієнтирів.</p> <p>Посилити інтеграцію знань з фізики і математики як засіб формування творчого мислення старшокласників.</p> <p>Упровадити авторські методичні розробки різних форм урочної та позаурочної навчальної роботи з фізики:</p> <ul style="list-style-type: none"> • з виготовлення плоских і просторових графічних моделей; • зі складання узагальнюючих таблиць за розділами курсу фізики; • тематичних багатоваріантних завдань для самостійної роботи; • навчаючих комп'ютерних програм; • дидактичних ігор та конкурсів, театралізованих уроків тощо. 	Методика навчання фізики в середній школі

Актуальність та доцільність такого спрямування методичної системи заходів зумовлена низкою обставин, що впливають з теорії пізнання, педагогічної психології та дидактики, а також зі стандарту шкільної фізичної освіти [58] та методики навчання фізики у контексті особливостей інтеграційних процесів.

Однією з передумов формування творчого мислення старшокласників має бути ознайомлення їх із поняттям творчості та з циклічністю творчих процесів.

Якщо проаналізувати процедуру формування тієї чи іншої фізичної теорії, то можна дійти висновку, що вона включає низку інтеграційних процесів, причому їх послідовність дозволяє виокремити два види циклів наукової творчості у фізиці. Цикли наукової творчості у фізиці містять ряд інтеграційних процесів, аналізуючи які можна виокремити два види циклів.

Перший вид циклу в нашому баченні поданий алгоритмом, зображеним на рисунку 2.1. Розпочинається творчий цикл з дослідження, з експериментальних фактів (ланка 1). Далі відбувається індуктивний перехід (ланка 2) від узагальнення дослідних фактів до плану побудови абстрактної фізичної моделі через інтеграцію елементів різногалузевих базових знань. Цей перехід відбувається інтуїтивно (інсайт), блискавично, як „осіяння”, як „божа іскра”, і вже потім вливається в логічну схему побудови абстрактної фізичної моделі (ланка 3). З прийнятої моделі аналітичним шляхом поступово йде вивід наслідків (ланка 4). Це дедуктивний перехід, інтеграція внутрігалузевих знань. Одержані наслідки (ланка 5) разом з моделлю утворюють теорію, яка потребує підтвердження. Пошуки плану експериментальної перевірки теорії відбуваються на фоні інтеграції міжгалузевих знань (ланка 6). Цей перехід від теорії до експерименту теж відбувається стрибкоподібно (як і ланка 2) і далі включається в певну логічну схему експериментів (ланка 7), які повинні підтвердити істинність наслідків, і, отже, придатність абстрактної моделі для пояснення досліджуваного фізичного явища. Нові експериментальні факти (якщо вони з’являються) ведуть до уточнення теорії, підлягає зміні її основа – змінюється вхідна абстрактна модель.

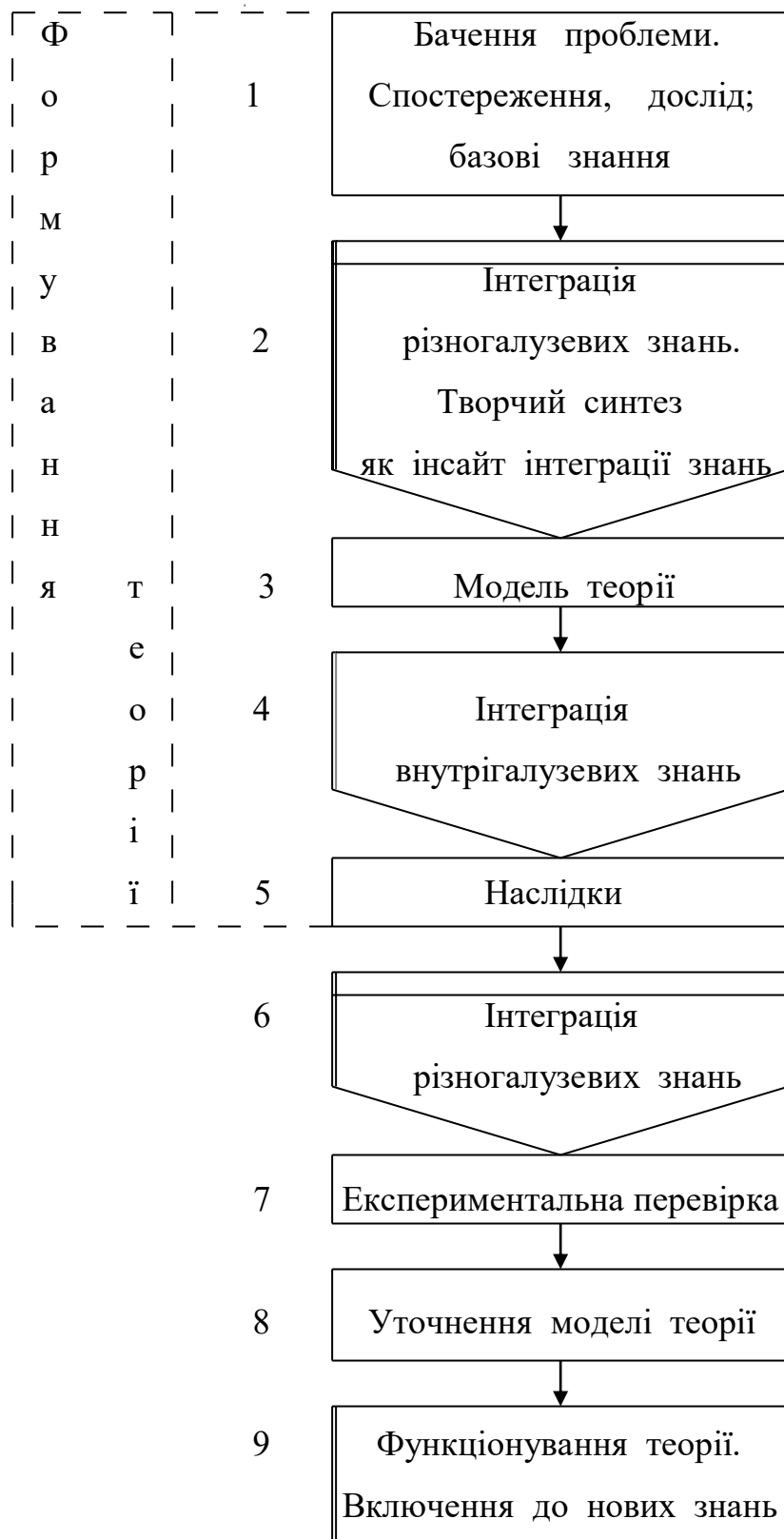


Рис. 2.1. Алгоритм циклу наукової творчості (перший вид)



Рис. 2.2. Алгоритм циклу наукової творчості (другий вид)

Коли нова ідея перемогла, вона стає старою. При появі нової ідеї та формуванні нового знання включається і старе знання в ущільненому та підпорядкованому вигляді.

Другий вид циклу наукової творчості подано алгоритмом, зображеним на рис. 2.2. Початком і опорою циклу творчості є маніпуляції з математичним об'єктом, „мислений експеримент”. Завдяки інтеграції математичних знань у дослідника виникають інсайти і створюється формальна (математична) модель та наслідки з неї, яким потім надають певного фізичного змісту (міжпредметна інтеграція) та відшукують можливості підтвердити їх реальність.

Такому алгоритму підлягає, зокрема, створення загальної теорії відносності: не було ніяких фактів, які б вказували на необхідність її створення; роль вхідного пункту дослідження А. Ейнштейна відіграла математика. Лише пізніше вдалося встановити три емпіричних факти: викривлення світлового променя поблизу великих мас, зміщення перигелія Меркурія та „червоне зміщення”, яких виявилось достатньо, щоб визнати загальну теорію відносності як більш адекватну гравітаційну теорію, ніж теорія Ньютона. Розглянутий метод дослідження одержав назву „математичної гіпотези”. Він є загальним для всієї теоретичної фізики.

На рівні теоретико-пізнавального аналізу (тобто у філогенезі) можна стверджувати, що творчий синтез – це синтез духовних видів діяльності, але реалізується він у матеріальній, предметно-практичній сфері. На рівні психологічного аналізу (в онтогенезі) можна стверджувати, що творчість породжується суб'єктом творчості – людина своїм розумом пізнає і перетворює світ.

Відоме розвинуте Г.С. Костюком та його учнями трактування діяльності як процесів розв'язування задач. Звідси творча діяльність постає як процес розв'язування творчих задач.

Ще Л.С. Виготським обґрунтована потреба у виділенні для дослідження творчості такої структурної одиниці, яка має найменший обсяг і водночас

зберігає усі основні риси цілого. Це виділення творчої задачі – своєрідного кванта творчої діяльності.

Закономірності й механізми творчого процесу сьогодні проаналізовані далеко не повністю, відповідні дослідження тривають. У дослідженнях Я.О. Пономарьова вже визначено центральну ланку психологічного механізму творчості. Згідно з його підходом, ця ланка характеризується єдністю логічного (дії зі знаковими моделями) та інтуїтивного (дії з оригіналами). Функціонування механізму творчості проходить, за Я.О. Пономарьовим, кілька фаз, а саме: 1) логічного аналізу проблеми (задачі) – використання наявних знань, виявлення потреби в новому; 2) інтуїтивного розв'язування – задоволення потреби в новому; 3) вербалізації інтуїтивного розв'язання – набуття нового знання; 4) формалізації нового знання – формулювання логічного розв'язання [207, с. 328].

Висновки досліджень Я.О. Пономарьова можна підтвердити, аналізуючи приведені нами алгоритми циклів наукової творчості обох видів (рис.2.1 та рис.2.2). Дійсно, основною ланкою в циклах творчості двох видів є ланка інтеграції знань (характеризується єдністю логічного та інтуїтивного). Тут також можна бачити 4 фази механізму творчості (за Я.О. Пономарьовим). Так, на рисунку 2.1 маємо: I фаза – ланка 1; II фаза – ланки 2 – 3; III фаза – ланки 4 – 5; IV фаза – ланки 6 – 7 – 8. На рисунку 2.2 – це відповідно ланки 1 – 2; 3 – 4; 5 – 6; 7 – 8.

З точки зору дидактики для формування творчого мислення учнів потрібна відповідна організація їх пізнавальної діяльності. У застосуванні до навчального процесу означення творчості, сформульоване вище, потребує деякої видозміни. Учні в процесі навчання не можуть систематично робити об'єктивно нові відкриття і винаходи. Але вони можуть робити відкриття і винаходи для себе, тобто такі, які мають лише суб'єктивну новизну. На цьому засновується евристичний метод навчання, самостійна творча робота в процесі навчання. Отже, в якості критерію для оцінки цієї діяльності береться не новизна взагалі, а новизна, яка стосується цілком конкретних знань.

Якщо квантом творчої діяльності є розв'язування творчої задачі, то для учня творчість – це розв'язування творчих задач з того чи іншого навчального предмету, зокрема – з фізики.

Творча задача з фізики – це задача, в якій сформульована певна вимога, яка може бути виконана на основі знання фізичних законів, але в якій відсутні будь-які прямі чи посередні вказівки щодо того, якими саме закономірностями слід скористуватися для розв'язання задачі (за В.Г. Разумовським [210, с. 10]).

Питання розвитку творчого мислення учнів у процесі розв'язування та складання задач з фізики висвітлювались у працях відомих методистів-фізиків: П.С. Атаманчука (розвиток творчої індивідуальності) [13], С.У. Гончаренка (конкурсні задачі) [60], С.В. Коршака (розв'язування експериментальних задач) [216], О.І. Ляшенка (системи лабораторних робіт з фізики) [138], А.І. Павленка (складання фізичних задач) [173], О.В. Сергєєва (експериментальні та міжпредметні задачі) [121], [230], а також у кандидатських дисертаціях: А.Ю. Анісімова (складання та розв'язування фізичних задач) [10], Г.В. Касянкової (система творчих задач) [91], І.В. Коробової (тестові завдання з фізики) [113], Г.О. Котельникова (експериментальні задачі, дослідницькі лабораторні роботи) [121], Ю.П. Мінаєв (критичне мислення) [152], Л.А. Шаповалової (міжпредметні задачі) [268] та інших.

Виокремлені шляхи складання і розв'язування творчих задач з фізики, які полягають у наступному: слід зумовити перехід від досліду до теорії або від теорії до досліду. У першому випадку може бути показане чи описане конкретне фізичне явище, яке треба пояснити; а в другому випадку формулюється певний ефект і треба знайти підходяще фізичне явище, яке можна було б використати для одержання заданого ефекту (за В.Г. Разумовським) [210, с. 6].

Під час постановки і розв'язування таких задач доцільно, на нашу думку, звертатися до алгоритмів циклу творчості двох видів (рис. 2.1, рис. 2.2). Тут з'являється нагода з'ясувати різницю рівнів евристичного та теоретичного видів мислення. Учні повинні усвідомити, що коли вивчається певне фізичне

явище, то проводяться досліді, спостереження, фіксуються факти, робляться висновки, проводяться експерименти, встановлюються закономірності зв'язків між окремими фактами. Цей рівень досліджень називають емпіричним. На теоретичному рівні дослідник мислено виходить за межі досліді, чуттєвого досвіду, користується абстракціями більш високого порядку, переосмислює висновки емпіричного рівня, пов'язує їх з іншими теоріями, створює нову теорію, в якій формулюються закони в їх системній єдності та цілісності, тобто зінтегровано.

Ці теоретичні знання вказують, які саме явища та події мають бути об'єктом емпіричного дослідження, які параметри об'єкта мають бути виміряні і в яких умовах має проводитись експеримент. Теоретичний рівень також виявляє і вказує емпіричному ті межі, в яких результати істинні, в яких межах емпіричне знання може бути застосоване практично. (Теоретичний та емпіричний рівні наукового пізнання мають лише відносну самостійність, межа між ними досить умовна) [257, с. 341].

Учні повинні, зокрема, усвідомлювати, що виклад навчального матеріалу як у підручниках фізики, так і на уроках, будується у значній мірі за таким циклом: від експериментальних фактів до побудови абстрактної фізичної моделі, далі – до виводу теоретичних наслідків і потім до їх експериментальної перевірки, за чим іде підтвердження чи уточнення моделі теорії, тобто за алгоритмом циклу творчості першого виду (рис. 2.1). Урахування циклічності процесу пізнання дає можливість наблизити навчальну діяльність до наукової і слугує передумовою формування творчого мислення старшокласників.

Творче мислення – це мислення, яке відкриває для суб'єкта багато нового. Встановлено, що умовою виникнення такого мислення може стати наявність проблемної ситуації, що сприяє усвідомленню потреби у нових знаннях і стимулює високу активність суб'єкта.

Новизна проблеми диктує новий шлях її розв'язання: включення евристичних (пошукових) проб, змістового аналізу проблеми. У цьому процесі поряд зі словесно-логічними узагальненнями дуже важливими є узагальнення

інтуїтивно-практичні, які ще не виражені словами. Вони виникають у процесі аналізу наочних ситуацій, реальних дій з предметами чи моделями. У свідомість спочатку „проривається” результат розв'язування, а вже потім усвідомлюється шлях до нього.

У результаті творчого мислення формуються психічні новоутворення – нові операції, нові системи зв'язків, і, отже, підвищується рівень розумового розвитку та психічної саморегуляції особистості.

Отже, творче мислення характеризується:

- високою суб'єктивною новизною свого продукту;
- своєрідністю процесу одержання продукту (інтуїція, інсайт);
- суттєвим впливом на розумовий розвиток.

Творче мислення – це вирішальна ланка у розумовій діяльності, бо забезпечує реальний рух до нових знань.

З психологічної точки зору немає принципової різниці між творчим мисленням вченого і творчим мисленням учня, бо в їх основі лежать загальні психічні закономірності. Але умови пошуку нових знань у них зовсім різні, як і рівень їх мисленнєвої діяльності. Для того, щоб позначити ці відмінності, більшість дослідників використовують термін „творче мислення” для вирізнення вищого ступеня мисленнєвої діяльності, а суб'єктивно творче мислення учня часто називають продуктивним мисленням.

Репродуктивне мислення передбачає відтворення процесів, допускає в них деякі незначні видозміни (Л. Секей). Рівень репродуктивного мислення значно залежить від запасу знань суб'єкта.

Репродуктивне мислення забезпечує:

- розуміння нового матеріалу;
- розв'язування задач знайомої структури (актуалізуються сформовані раніше системи зв'язків, логічно формується розв'язок);
- розвідку можливості чи неможливості стандартно розв'язати задачу незнайомої структури (у разі неможливості – виникає проблемна ситуація, активізується творче мислення);

- усвідомлення учнем знайденого розв'язку задачі, його перевірку і логічне обґрунтування.

Вищесказане дає підставу стверджувати, що реальна діяльність людини, процес самостійного одержання знань – це результат належного поєднання репродуктивного та творчого видів мислення.

Нам бачиться можливість дещо формалізувати поняття репродуктивного і творчого мислення учня та показати зв'язок творчого мислення з інтеграцією знань.

На рис. 2.3 відображена (у нашому баченні) схема інтегративних зв'язків між учнем, учителем і навчальним матеріалом у процесі розв'язування задачі, яка містить одне питання пошуково-репродуктивного характеру, друге питання – творчого характеру (при вивченні закономірностей вільного падіння тіл). Навчальний матеріал поданий, *по-перше*, двома моделями процесу вільного падіння: а) просторово-часова модель; б) функціонально-графічна модель; *по-друге*, завданням як об'єктом пізнання – задачею: 1) Визначити висоту h вільного падіння тіла за час $t=2\text{с}$. 2) Скласти і розв'язати нові задачі. Дидактичні функції задачі тут підсилені недостатчею даних в умові задачі, а також невизначенністю ситуації у постановці питання 2; це стимулює не тільки пошук, а й розвиток уяви, через яку відбувається перенесення знань у нову ситуацію. Питання 1 – тренувальне, для закріплення знань, розв'язується пошуком недостаючих даних та необхідних формул.

Це пошук мінімальний, бо метод розв'язання підказується темою уроку та методичними матеріалами. Учитель повинен завжди відшукувати можливості поставити задачі творчого спрямування, і отже задачі на інтеграцію знань. Так, питання 2 даної задачі: аналітично вивести нову формулу і показати її застосування у фізиці і математиці. Таке питання спроможне привести учня до відкриття нових фізичних і математичних фактів та викликати зацікавленість ними.

Для розв'язання питання 2 учень на свій розсуд відбирає та комбінує певні закономірності даного явища і виводить нові для себе закономірності (які

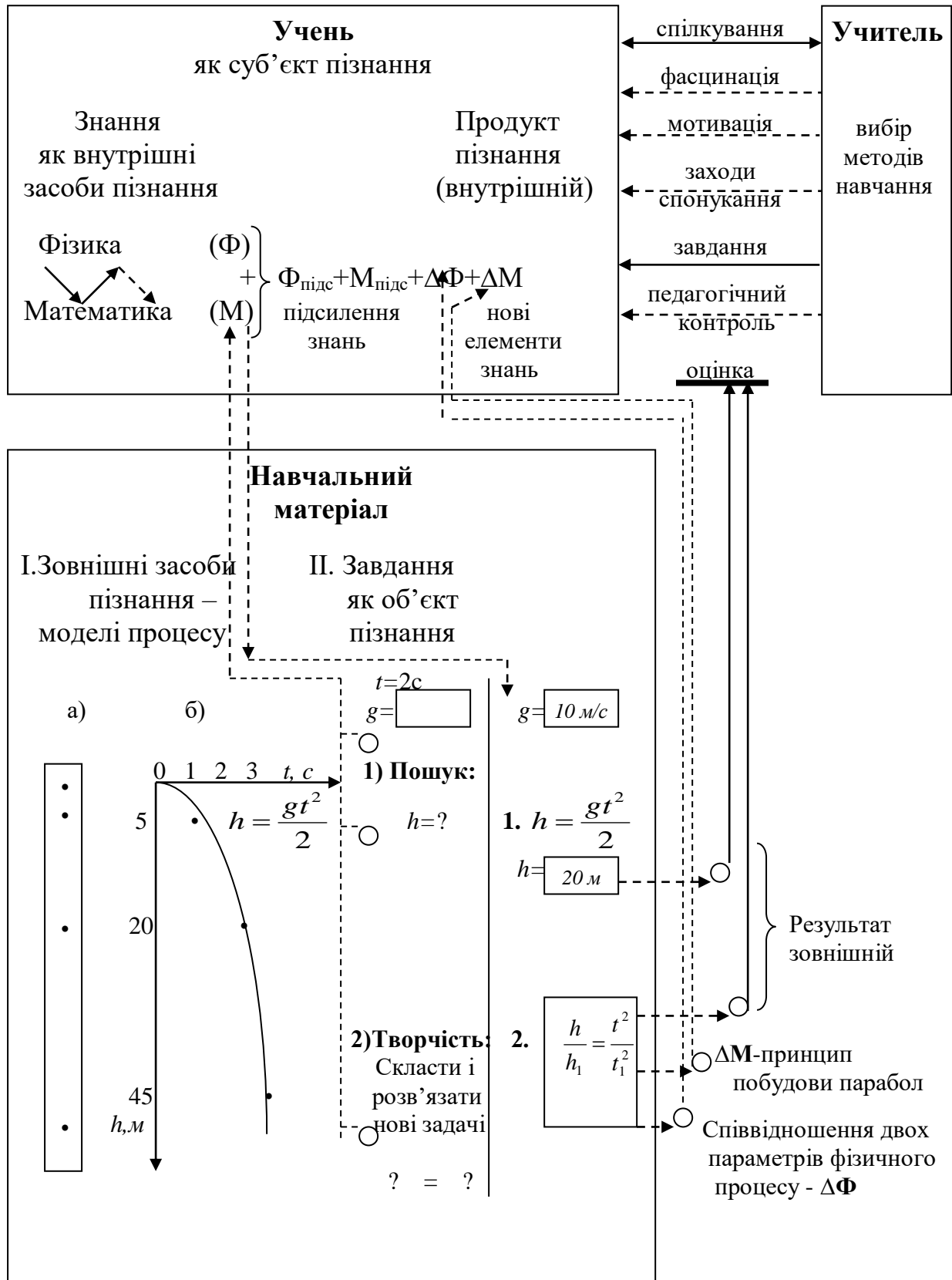


Рис.2.3. Деталізована змістово-процесуальна схема інтеграції знань при розв'язуванні конкретної фізичної задачі творчого спрямування

потім зможе перевірити експериментально, розробивши самостійно схему експерименту). Це є елемент творчості.

У даній схемі зображена одна з можливих відповідей на питання 2 – це пропорція $\frac{h}{h_1} = \frac{t^2}{t_1^2}$, яка показує, що невелика зміна величини t (при $t > 1$) викликає суттєву зміну величини h . Таке математичне відкриття мимовільно спонукає учня й до аналізу саме фізичного процесу та його моделей а) і б).

Якщо учень зробить висновок про таке значне щосекундне наростання пройденого шляху, то це буде приріст його знань з фізики (позначений на схемі через $\Delta\Phi$), який міцно, свідомо відкарбується у тривалій пам'яті учня, і є велика ймовірність того, що цей висновок у разі потреби учень зможе швидко відновити у своїй пам'яті.

Крім приросту фізичних знань, має місце при цьому і приріст математичних знань: пропорція $\frac{h}{h_1} = \frac{t^2}{t_1^2}$ це є фактично принцип побудови парабол за рівнянням $h = k \cdot t^2$; якщо модуль аргумента t збільшити у 2 рази, то значення функції h збільшиться у 4 рази і т.д. Приріст математичних знань позначено на схемі через ΔM . “Взаємодія проблемних (інтегрованих) знань породжує нові знання” – стверджує І.М. Козловська [102, с. 189].

Одержані відповіді на питання 1 і 2 як зовнішній результат пізнання враховуються при виставленні остаточної оцінки. А внутрішній результат, тобто продукт пізнання, – це інтелектуальний здобуток учня, суть якого не тільки в одержанні приростів знань $\Delta\Phi$ та ΔM , а й у підсиленні (відновленні в пам'яті) попередніх знань завдяки їх задіянню в процесі розв'язування задачі – це $\Phi_{nidc.} + M_{nidc.}$. Тобто продукт пізнання у загальному вигляді може бути поданий сумою: $\Phi_{nidc.} + M_{nidc.} + \Delta\Phi + \Delta M$. У цьому випадку мислення учня – продуктивне, творче.

У випадку ж, коли учень розв'язав тільки питання пошуково-репродуктивного характеру, його мислення можна назвати репродуктивним, бо має місце лише підсилення вхідних знань $\Phi_{nidc.} + M_{nidc.}$, а приросту знань немає ні

з фізики, ні з математики.

Такий аналіз розв'язування учнем задач творчого спрямування дозволяє нам зробити наступні висновки:

1. Творче мислення - це розв'язання проблеми через взаємодію знань шляхом логіки та інтуїції.

2. За участю творчого мислення відбувається інтеграція знань.

3. Здійснення інтеграції знань з фізики і математики завдяки творчому мисленню можна подати формулою

$$\Phi + M + \text{творче мислення} = \Phi_{\text{нідс}} + M_{\text{нідс}} + \Delta\Phi + \Delta M, \Delta\Phi + \Delta M > 0, \quad (2.1)$$

де $\Phi + M$ – вхідні знання з фізики і математики;

$\Phi_{\text{нідс}} + M_{\text{нідс}}$ – підсилені вхідні знання з фізики і математики;

$\Delta\Phi + \Delta M$ – приріст знань з цих предметів.

4. Репродуктивне мислення можна включити в формулу

$$\Phi + M + \text{репродуктивне мислення} = \Phi_{\text{нідс}} + M_{\text{нідс}}$$

5. Розв'язування задач інтегративного (творчого) характеру – це засіб формування творчого мислення учнів.

6. До чинників формування творчого мислення старшокласників у процесі інтеграції знань з фізики і математики можна віднести:

- збалансований навчальний матеріал (з включенням завдань творчого характеру та відповідного методичного забезпечення);

- базові знання, вміння, навички;

- досягнення стійкої зацікавленості учнів темою уроку;

- позитивний емоційний фон та зручні умови.

Стосовно цих чинників дамо деякі пояснення.

Під час підготовки навчального матеріалу слід враховувати, що інтеграція знань у ході творчого мислення відбувається лише за наявності раніше розрізнених елементів, зв'язків, відношень. При цьому повинна бути як різниця багатоманітності, так і відносна тотожність різноманітності [238], а також методологічна сумісність знань, ідей тощо, як зауважує І.М. Козловська [102, с. 57]. Крім елементів інтеграції, суб'єктами інтеграції є підстава інтеграції (як

обґрунтована доцільність об'єднання цих елементів), а також зінтегрований результат.

Важливо зауважити, що розумовий розвиток учнів прямо пропорційний засвоєнню обсягу взаємопов'язаних ЗУН, а продуктивність навчання прямо пропорційна зацікавленості учнів у ньому [102, с. 131].

У процесі формування творчого мислення учнів учитель повинен керуватись наступними висновками педагогічної психології.

Як відмічав Л.С. Виготський, думка не народжується іншою думкою, вона є продуктом мотивуючої сфери нашого пізнання, яка охоплює наші потяги й потреби, спонуки, емоції та почуття [207, с. 341].

Емоції – це відображення ситуаційного ставлення людини до певних об'єктів, а почуття – це стійке й узагальнене ставлення до об'єктів, воно спонукає до певних дій. Інтелектуальні почуття – це подив, цікавість, допитливість, сумнів. Людині властиво переживати потребу у функціонуванні пізнавальних нейродинамічних структур (В.С. Ільїн [87, с. 123]) прагнути заглибитись у суть пізнаваного (І.Я. Ланіна [130, с. 4]).

Згідно з інформаційною теорією емоцій П.В. Симонова, емоція – це відображення співвідношення між величиною потреби та можливістю її задовольнити в даний момент:

$$E = P \cdot (H - C), \quad (2.2)$$

де емоція E – це потреба P , помножена на недостатність інформації як різницю між інформацією необхідною – H та інформацією, якою володіє суб'єкт, – C [207, с. 352].

З вищесказаного можна зробити висновок: якщо суб'єкт сподівається, що можливість задовольнити дану потребу існує, то виникає мотив діяльності як внутрішня причина поєднання зовнішніх та внутрішніх сил. Мотив - це обґрунтоване рішення задовольнити нагальну потребу.

Отже, з одного боку мотив є джерелом діяльності людини, а з іншого – сам формується у процесі її діяльності як усвідомлення формули 2.2.

Потреба і мотив виливаються у пізнавальний інтерес. Канал негативних

емоцій блокується сприйняттям нової інформації. Це є механізм психологічного захисту.

З емоцій та почуттів розвиваються вольові процеси, що пов'язані зі свідомістю. Воля – це здатність регулювати свої дії через єдність потягів і повинності.

Діяльність і поведінка людини зумовлюються тим чи іншим мотивом. Але є винятки, коли людина може приймати рішення, передане їй автоматично від іншої людини як навіювання, без зваження мотивів.

Особистість творить свій емоційний простір, вибираючи певні об'єкти. Через свою діяльність і взаємодію з іншими людьми особистість претендує на певне відтворення себе у їх психіці. У процесі комунікації важливим компонентом можна вважати фасцинацію. Термін фасцинація (лат. *fascia* – зв'язок) ввів Ю.В. Кнорозов (1955р). Фасцинація створює емоційну установку на взаєморозуміння. Це певні “позивні”, без яких адресат не зможе сприйняти ніякої передаваної інформації. Фасцинацію можна уподобити високочастотним несучим коливанням при передачі радіосигналу, а передавану інформацію – низькочастотній модулюючій компоненті [270, с. 61]. Фасцинація є емоційною складовою педагогічної майстерності (прийоми системи К.С. Станіславського). Творча особистість через наукові аргументи, поетичні форми, критику сугестує іншим певні думки, почуття, зображення, – підкреслював І.Я. Франко [259, с. 17]. Створення позитивного емоційного фону є одним з принципів гуманізації навчання. Такий фон є необхідною умовою початку процесу творчого мислення учня. Учитель може впливати на формування позитивного емоційного фону принаймні модуляцією свого голосу, знімаючи негативні переживання чи нудьгу учнів на уроці. У педагогічній літературі є багато рекомендацій з цього приводу – в джерелах [2], [242] та інших. Ділове, творче спілкування, доброзичливе співробітництво між учнем і вчителем передбачає: щирість і співчуття вчителя при невдачах учня; обов'язкове заохочення його успіхів, добрі компліменти і гарну усмішку, а не насмішки та грубе понукання; уважну реакцію на відповідь учня, а не байдуже слухання з відчуженим поглядом [47,

с. 7].

Крім того, слід вчасно включати також ті психолого-дидактичні механізми, які допомагають ліквідувати причини нерозуміння матеріалу уроку. Це – актуалізація опорних знань (пасивна чи активна) перед їх засвоєнням, а також діагностика правильності засвоєння і розуміння. За наявності комп'ютерної техніки діагностика здійснюється особливо оперативно.

По можливості слід підкреслювати силу і красу зінтегрованості законів природи. Наприклад, вивчаючи закон Кулона, недостатньо буде тільки розповісти про дослід Кулона, записати формулу, розв'язати задачі з використанням цієї формули. Тут доцільно підкреслити інтегративні зв'язки теми із законом єдності та боротьби протилежностей у природі, законом збереження зарядів, симетрією у світі зарядів, існуванням лише двох видів зарядів [47, с. 71]. Цікавий дидактичний матеріал до деяких інтегрованих міжпредметних модулів подано у монографії І.М. Козловської [102, с. 267-278].

Сприятливий естетичний вплив на учня створює гарно оформлений кабінет фізики, де є портрети вчених, їхні вислови (про красу і гармонію в природі та науці тощо), а також тематичні підбірки репродукцій картин відомих художників з відображенням фізичних явищ, тематичні підбірки фотографій, виставка кращих творчих робіт учнів та ін.

Як показує наша практика, створення позитивного емоційного фону ефективно впливає на формування творчого мислення учнів.

Узагальнена схема процесу розв'язування творчого завдання, на нашу думку, може бути відображена на рисунку 2.4. Дамо короткий опис цієї схеми.

Організація поданого фрагменту навчально-виховного процесу передбачає опору на дані вхідного діагностування (B) психологічних показників та ЗУН учня і включає:

- засоби навчання ($Зн$) ;
- завдання ($З$) до творчої дії (інтегративні), підібрані (чи складені) у залежності від вхідних параметрів ЗУН та від наявних засобів навчання, тобто $Z = f_1(B, Зн)$;

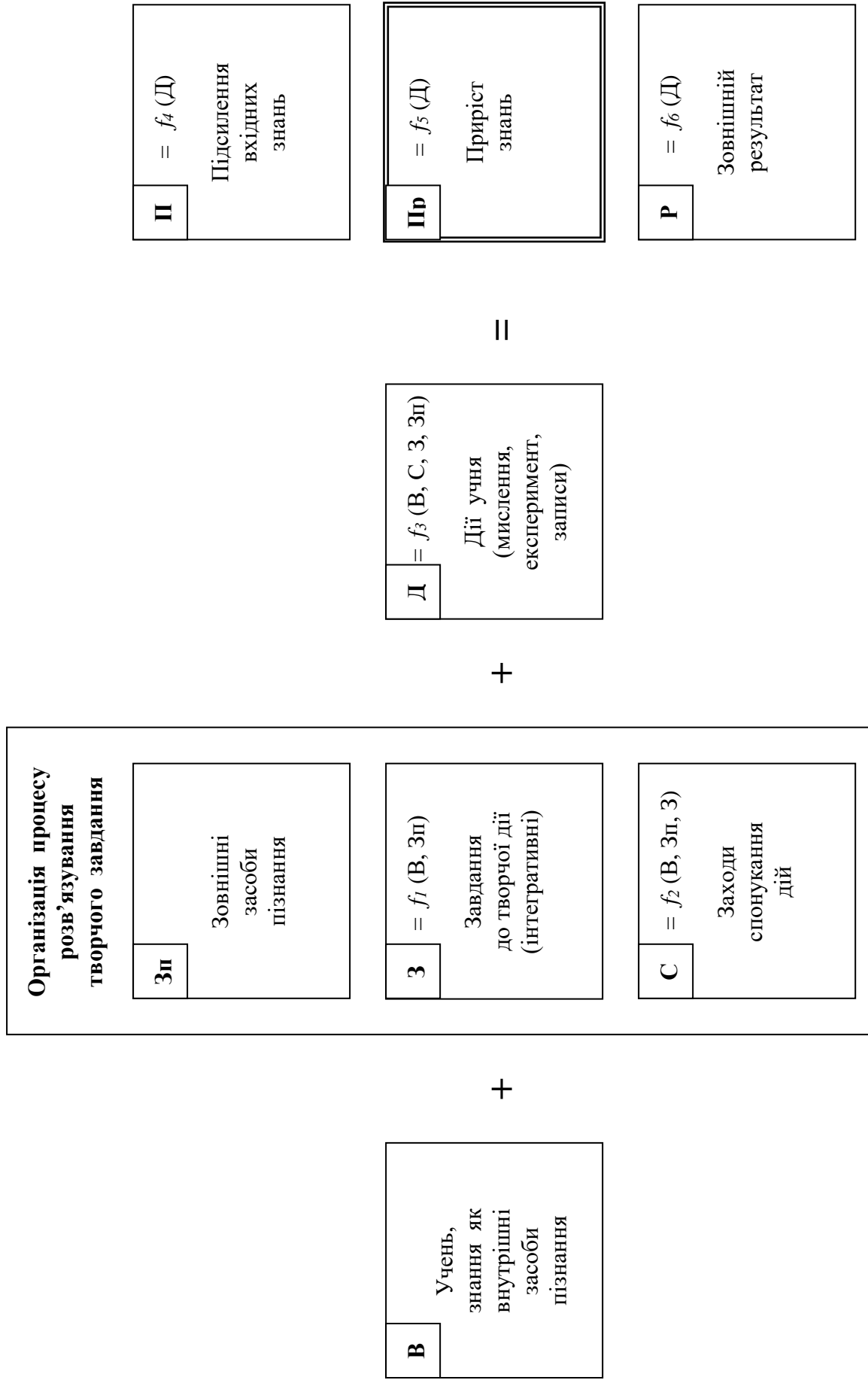


Рис.2.4. Узагальнена схема функціональних зв'язків процесу розв'язування творчого завдання

- кваліфіковані заходи спонукання (C) учня до пошукових і творчих дій, залежні від вхідних параметрів ЗУН та психологічних показників, від засобів навчання та від завдання, тобто $C = f_2(B, Z_n, Z)$.

Якщо всі ці складові фрагменту навчально-виховного процесу будуть достатньо зінтегрованими, то, як свідчить досвід, учень захоче розпочати дії (D) мисленнєві і фізичні щодо розв'язування завдання: $D = f_3(B, C, Z, Z_n)$, і зможе отримати хоч якийсь результат. Принаймні результатом може бути певне підсилення (Π) вхідних знань, $\Pi = f_4(D)$. Вершиною досягнення мети в цьому процесі може стати приріст знань (Π_p) як результат прояву саме творчого, продуктивного мислення: $\Pi_p = f_5(D)$. При цьому підсилення всіх знань та приріст знань становлять продукт дій учня, так званий внутрішній результат.

Оформлення розв'язання задачі - це зовнішній результат (P), подається для виставлення оцінки, $P = f_6(D)$ (або $P \neq f_6(D)$, якщо розв'язання списане у другого учня). Наведена схема описує процес розв'язування творчого завдання з будь-яких предметів.

Процеси інтеграції знань сприяють формуванню системи ЗУН та творчого мислення учнів, а також інтегративних методів та форм навчання. Рівень теоретичного обґрунтування різних аспектів інтеграційних процесів в освіті з часом підвищується - завдяки прояву постійної уваги до них з боку працівників освіти. Нам бачиться можливість і необхідність ще деяких доповнень, їх суть у наступному.

Є різні класифікації типів інтеграції знань, сформовані за тими чи іншими ознаками. Зокрема, за інтегративними чинниками вирізняють такі типи інтеграції, як доцентрова (об'єктна) і відцентрова (за методом) [102, с. 55]. Але можна спостерігати також послідовне поєднання цих типів інтеграції. У якості назви такого змішаного типу інтеграції ми пропонуємо взяти терміни “доцентрово-відцентрова (ланцюгова)” інтеграція. Розглянемо ці питання детальніше.

За предметної системи навчання кожен предмет своїми методами вивчає певні специфічні властивості об'єктів (наприклад, властивостями речовини у

газоподібному стані займається фізика, астрономія, хімія, біологія, географія тощо), а будь-який емпіричний об'єкт є необмеженим для пізнання, то інтеграція різнопредметних знань про об'єкт стає необхідністю.

Коли один об'єкт вивчається кількома методами, то має місце доцентрова (об'єктна) інтеграція, яку можна спрощено показати схемою рисунка 2.5,а. Прикладом задач на об'єктну інтеграцію знань можуть слугувати авторські розробки завдань для самостійної роботи з кінематики (додаток Л.1), з динаміки [199], з молекулярно-кінетичної теорії газів [188], завдань для творчої контрольної роботи з цього розділу (додаток З.1), дидактичної гри з кінематики “Падаючі кульки” [195] та інші.

Часто можна бачити, що один і той же метод використовується для розв'язування класів задач різної природи і з різних предметів (скажімо, метод координат, метод вимірювань і узагальнень, метод ехолокації тощо). Тут має місце інтеграція відцентрова (за методом), яку можна подати схемою рисунка 2.5,б. Прикладом задач на відцентрову інтеграцію може слугувати задача на відшукання тем курсу фізики, де можуть бути використані графіки прямо пропорційної залежності між двома величинами (залежності виду $y = k_1 x$ та $y = k_2 x$) з поясненням впливу коефіцієнтів на крутизну графіків (додаток Е.3)

Другий приклад інтеграції знань за методом. Вивчаючи літературу з питань затемнення Сонця Місяцем, ми виявили деякі суперечності і для їх розв'язання видозмінили формулу площі сегмента круга, а також показали, як за допомогою введеної формули (та таблиць на її основі) легко розв'язуються типові задачі з астрономії, фізики і техніки [194], [198].

Ще прикладом може бути визначення фізичних величин через похідну функції: швидкість $V_x = (x)'_t$, прискорення $a_x = (V_x)'_t$, потужність $P = (A)'_t$, сила струму $i = (q)'_t$, ЕРС індукції $Ei = -(\Phi)'_t$ тощо. Аналогічно через визначений інтеграл знаходять: пройдений шлях, роботу газу тощо. Як метод тут використовуються поняття похідної та інтеграла - основні поняття математичного аналізу (теорії). Метод - це сама теорія, але приведена в дію (Н. Стефанов [240, с. 251]).

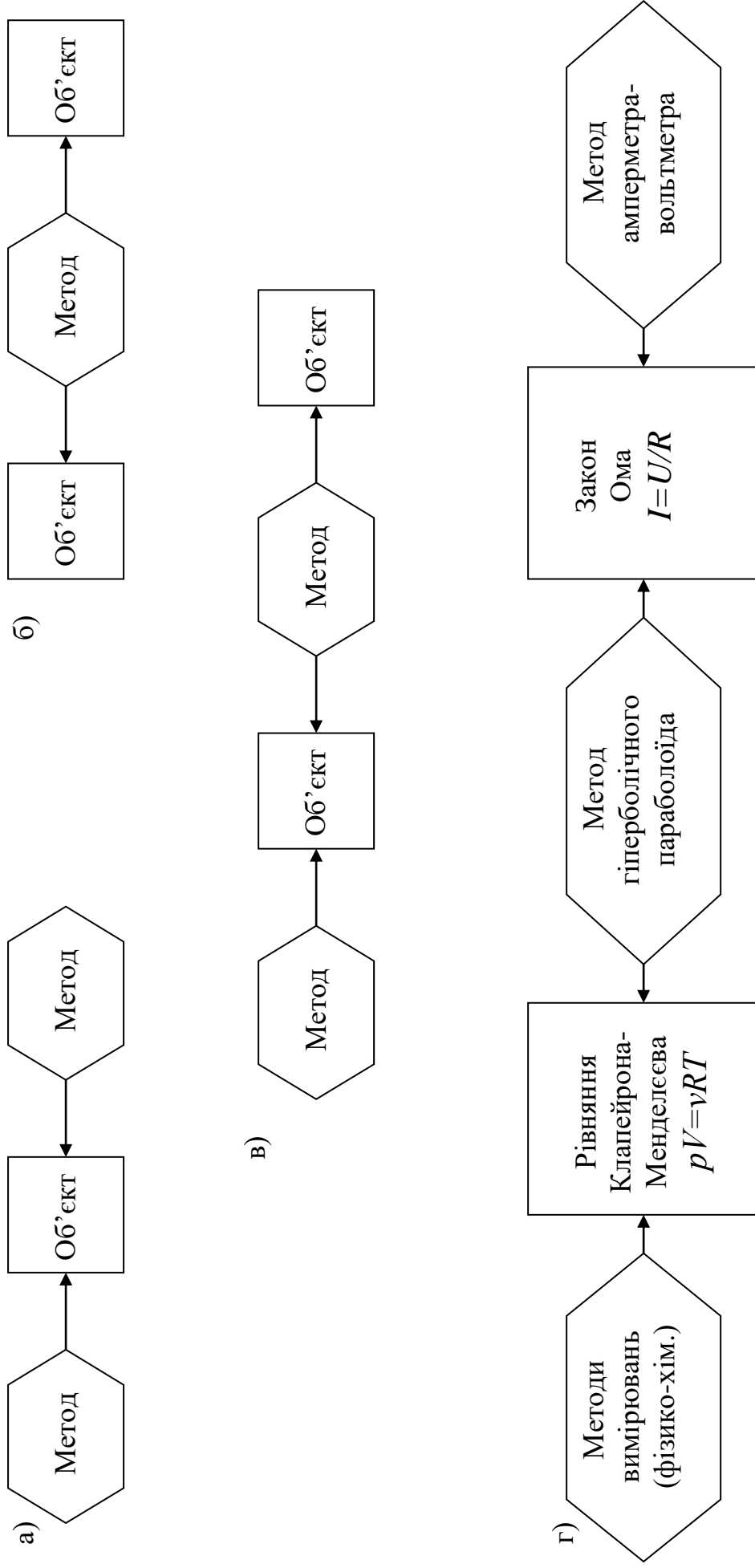


Рис.2.5. Типи інтеграції за інтегративним чинником:
 а) доцентрова (об'єкта); б) відцентрова (за методом);
 в) ланцюг інтеграції; г) приклад ланцюга інтеграції

Нам вдалося відшукати зв'язок ряду розділів математики і фізики з гіперболічним параболоїдом - поверхнею II порядку, рівняння якого в найпростішому виді $z = x y$ (додаток Е.1). Введення гіперболічного параболоїда в шкільний курс математики та фізики полегшує розв'язування деяких класів задач. Це, зокрема, задачі на побудову і перетворення графіків ізопроцесів в ідеальному газі (додатки Ж.3, Ж.4, Ж.5), графіків з кінематики (додаток В.1) та з електрики (додаток З.2). Отже, тепер є підстави стверджувати, що визначився ще один метод розв'язування класу задач з фізики і математики - метод гіперболічного параболоїда.

Доцентрово-відцентрову (ланцюгову) інтеграцію знань як послідовне поєднання двох розглянутих типів інтеграції спрощено можна подати схемою рисунка 2.5, в. На рисунку 2.5, г наводимо конкретний приклад ланцюга інтеграцій, де, зокрема, сполучною ланкою між законом Ома і рівнянням Клапейрона-Менделєєва слугує метод гіперболічного параболоїда.

У дійсності схеми інтегративних зв'язків бувають дуже складними, їх можна зображати у вигляді орієнтованих графів великих розмірів.

Інтегративні зв'язки існують як об'єктивно зумовлені, їх варто виявляти і використовувати на практиці.

Прояв ланцюгової інтеграції спостерігається при складанні задач за малюнками. Так, у журналі "Фізика та астрономія в школі" було оголошено конкурс на складання задач з фізики за малюнками (№3, 1999р.). Складені нами задачі на конкурс (та їх розв'язки) були опубліковані в №3 цього журналу за 2000 р. [186].

Як висновки з вищевикладеного зазначимо наступне:

1. Інтеграційні процеси як системи послідовних інтегративних актів, що мають свої цільові, змістові, структурні і технологічні характеристики, в освіті останнім часом відбуваються на різних рівнях, аж до складання синтетичних курсів навчальних дисциплін (предметів). При цьому важливим є не тільки змістовий, а й процесуальний аспект інтеграції: інтеграція методів, прийомів та форм навчання. У даній дисертаційній роботі ми в основному торкаємось

першого рівня інтеграції - шкільного, а саме - інтеграції знань з фізики і математики міжпредметної та внутріпредметної.

2. Зроблено огляд підходів до поняття творчості та творчого мислення.
3. З метою виокремлення ролі інтеграції знань у науковій творчості нами розроблене схематичне зображення циклів наукової творчості (двох видів).
4. Відображене наше бачення упорядкування видів мислення (за дев'ятьма ознаками).
5. Розроблена деталізована змістово-процесуальна схема інтеграції знань при розв'язуванні творчого завдання з фізики і сформульовано доповнення означення продуктивного (творчого) мислення.
6. Розроблена узагальнена схема процесу розв'язування творчого завдання учнем.
7. Запропоновано ставити акцент на таку організацію процесу навчання, за якої учень самостійно розв'язував би завдання на інтеграцію знань, що неодмінно пов'язано з включенням його творчого мислення. Доцільність цього підтверджується проведеним нами аналізом процесу розв'язування учнем творчого завдання та аналізом циклів наукової творчості.
8. У ході вивчення фізики (і математики) учитель повинен виявляти і показувати учням інтеграційні процеси різної інтенсивності, визначаючи їх типи, зокрема, доцентровий, відцентровий, ланцюговий (поняття ланцюгового інтеграційного процесу введено автором).
9. Факти інтеграції знань повинні стати опорними точками процесу формування знань і творчого мислення старшокласників.

2.2. Методика здійснення інтеграції знань з фізики і математики у контексті формування продуктивного стилю мислення старшокласників

Навчити людину творчості – це незвичайна психологічна проблема. Безпосередньо навчати творчості у звичайному розумінні слова „навчання”

неможливо [207, с. 332]. Так званий підхід „вільного виховання” має установку „не перешкоджати паросткам спонтанної творчості”. Проте значно ефективнішим видається шлях системного педагогічного сприяння цьому. Розвивати задатки творчих здібностей учня, формуючи продуктивний стиль мислення – це повинно бути девізом роботи вчителя.

Якщо учень мислить і діє цілеспрямовано і наполегливо та досягає бажаних результатів, то говорять про продуктивний стиль його мислення. Стиль мислення – це підхід учня до навчально-пізнавальної діяльності та її результатів, спрямований на досягнення пізнавальних і практичних цілей, як стверджує Ю.В. Сенько [227, с. 180].

Якщо людина виробила певний стиль мислення, то він має місце у різних видах її діяльності. Проблема формування продуктивного стилю мислення (ПСМ) виділяється своєю актуальністю для старшокласників. У зв'язку з вибором майбутньої професії їм треба орієнтуватися на професійну придатність, яка у будь-якому випадку спирається на ПСМ.

Стиль діяльності людини залежить від типу її нервової системи, – стверджує С.А. Климов [98]. Якщо завдання виконує людина зі слабкою й інертною нервовою системою, то вона спочатку складає план дій, надто деталізуючи його. Збудлива і невпевнена у незнайомій ситуації людина ретельно готується до цієї ситуації.

У людей із сильною і рухливою нервовою системою план дій дуже схематичний і має цілісний характер, а в процесі виконання він деталізується і видозмінюється. Люди сильного типу виявляють малу тривожність щодо організації наступної дії, бо здатні швидко забезпечити виконання актуальної (поточної) дії [207, с. 440].

Між іншим, стильові особливості є і в праці вчителя. Насиченість уроку, який проводить учитель з рухливою нервовою системою, часто забезпечується експромтом, темповою грою. Характерним для діяльності вчителя з інертною нервовою системою є те, що він поживляє роботу класу не високою динамікою поведінки, яка складається експромтом, а завчасним створенням

певних умов і використання заздалегідь підготовлених засобів впливу на учнів (емоційно насичений і різноманітний матеріал) [4, с. 440-441].

Якщо учень невдало виконав завдання, то причиною цього може бути або відсутність бажання вчитися, або недостатність необхідних знань, умінь та навичок (ЗУН). Отже, успіх діяльності є функцією сили мотиву та якості ЗУН. ПСМ формується із знань, які пройшли емоційну сферу і стали переконаннями, та навичок реалізувати ці знання [207, с. 406].

ПСМ учня формується і розвивається у процесі зосередженого виконання завдань творчого спрямування, що відповідають його інтересам та здібностям. Як стверджують психологи, відбувається пристосування психо-фізіологічного апарату учня до умов отримання успішних результатів завдяки формуванню в мозку відповідних функціональних систем.

Характерно, що розв'язання проблеми формування ПСМ розв'язує проблему задоволеності учня своєю діяльністю, що дуже важливо для його здоров'я.

Можна стверджувати, що для ПСМ старшокласника характерна корекція самосвідомості (через спілкування з однокласниками, вчителями та ін. [257, с. 231] і високий рівень самостійності (це, за Ю.К. Бабанським, той рівень, коли учень уміє доповнити відповіді товаришів, уміє сам знайти задачу і способи її розв'язання, проявляючи оригінальність і винахідливість [15, с. 851]).

Отже, можна дати узагальнення означення: продуктивний стиль мислення – це система, компонентами якої є: а) психофізіологічний потенціал; б) мотивація; в) зосередженість на предметі творчості, високий рівень самостійності мислення та самосвідомості; г) ЗУН; д) задоволення своєю діяльністю.

ПСМ старшокласника – це адекватна його індивідуальним особливостям стратегія і тактика розв'язування завдань через їх усвідомлення.

Виходячи з того, що формується ПСМ старшокласника в основному в процесі розв'язування певного масиву завдань творчого спрямування, можемо виділити систему компонентів впливу на цей процес та схему їх включення, що

подано на рисунку 2.6. Створення проблемної ситуації (компонент 1), виклик спонтанного інтересу до ситуації та його підтримка мотиваційно-емоційним фоном (компонент 2) – з одного боку, а також достатнє методичне забезпечення (компонент 3) та базові різнопредметні знання (компонент 4) – з другого боку – повинні забезпечити сприйнятливість учнем проблемної ситуації (компонент 5). Значний вплив на формування ПСМ старшокласника чинить тренінг інтелектуально-творчих можливостей (компонент 6), а також операціональний компонент (компонент 7). Прямо або опосередковано всі ці компоненти впливають на пошук методу розв'язання проблеми, продуктивне мислення, інтеграцію елементів знань, розв'язання проблеми, рефлексію (компонент 8).

Слід зазначити, що у випадку вивчення фізики всі компоненти впливу на формування ПСМ старшокласника в більшій чи меншій мірі повинні містити елементи інтеграції знань фізики і математики. З приводу цього є ряд пропозицій, сформульованих нами у підрозділі 1.2 як резерви дидактики; деталізований опис відповідних авторських розробок подано у підрозділі 2.3 і додатках.

Розглянута на рисунку 2.6 система компонентів впливу на формування ПСМ старшокласників є, на нашу думку, інваріантною при різних технологіях навчання. Вона набуває значної актуальності за традиційної технології навчання, яка має як свої переваги, так і недоліки.

Традиційна форма навчання є головною у сучасній загальноосвітній школі. Вона, як відомо, несе значне дидактичне навантаження, включаючи:

- передачу учням навчальної інформації;
- формування знань та світогляду;
- передачу прийомів дій у формуванні основних умінь і навичок учнів.

Завдяки застосуванню інформаційно-рецептивного та репродуктивного методів, притаманних традиційній формі навчання, швидко з'являються певні результати для всіх учнів класу. Але увага вчителя при цьому часто акцентується лише на організації зовнішніх впливів на особистість, а процес внутрішньої переробки цих впливів випадає з поля зору вчителя і проходить без

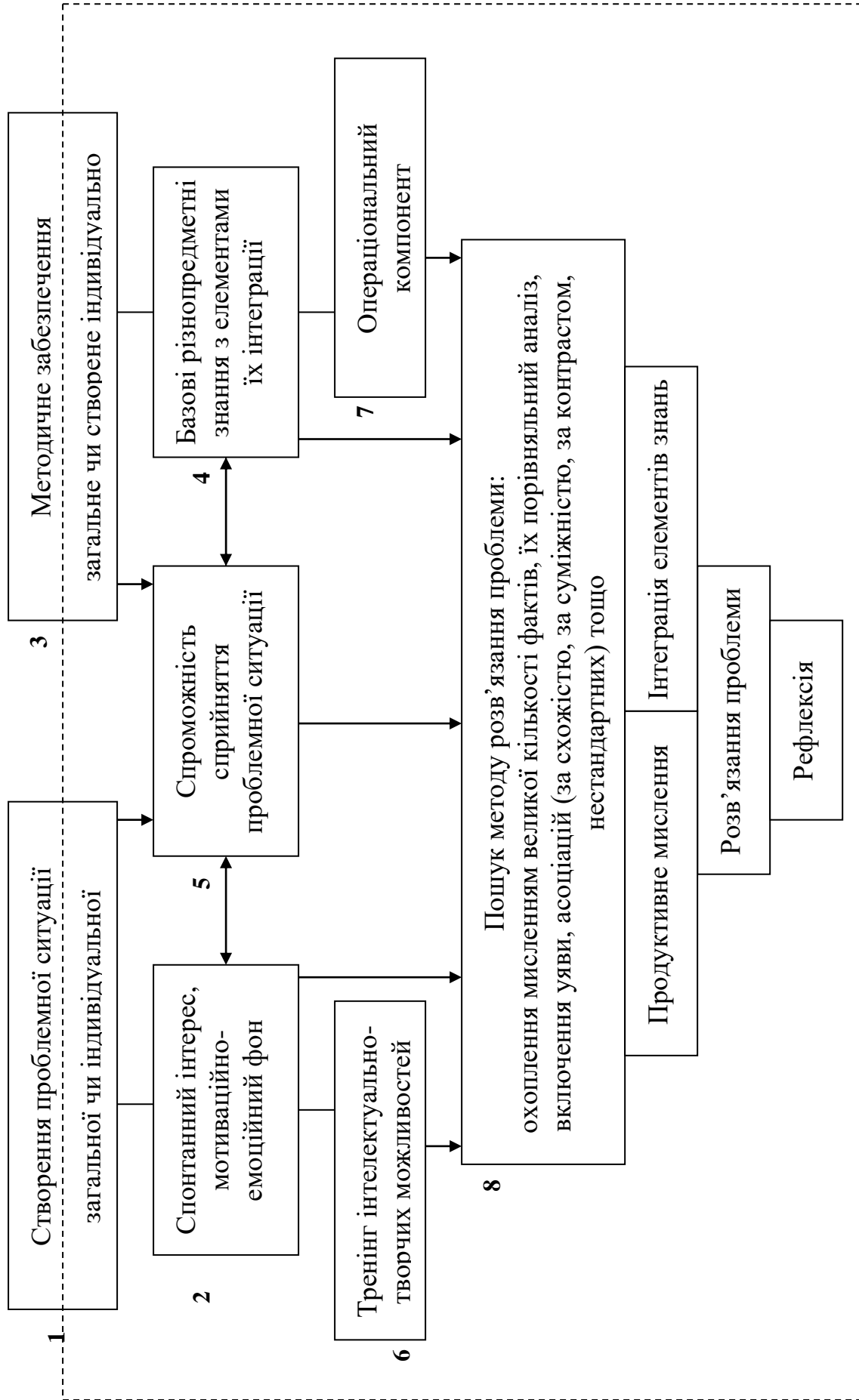


Рис. 2.6. Компоненти впливу на формування продуктивного стилю мислення старшокласника

керування. Загальні пошуково-тренувальні завдання виявляються для сильних учнів легкими і малоцікавими, і, отже, малоефективними, а для слабких учнів надто важкими. Отже, тут ступінь диференціації, індивідуалізації та самостійності навчання виявляється недостатньою, мало сприяє розвитку ПСМ учнів.

„У сучасній школі виховання практично витіснено освітою, а сама освіта побудована таким чином, що не сприяє розвитку творчих здібностей, – відмічає М.Віднічук. – Тому нині назріла необхідність планомірного виховання і розвитку творчих здібностей дітей на всіх етапах формування зрілої людини” [39, с. 26]. Це актуальне питання спонукало багатьох учителів-практиків до розробки певних новацій ([121], [113], [138], [173], [267] та ін.).

Як підтверджує наш досвід, ПСМ старшокласника може формуватися на основі такої організації навчання, за якої має місце:

- вияв та раціональне спрямування індивідуальних особливостей;
- системний вплив необхідних компонентів (див. рис. 2.6) за прийому орієнтування дій учнів на перспективу (з пропозицією інтегративних індивідуальних завдань на семестр і організацією ігор, конкурсів тощо);
- консультативна допомога (міра якої фіксується);
- заміри рівнів сформованості ПСМ.

Як варіант такої організації навчання нами розроблена і апробована подана на рис. 2.7 система творчоспрямовуючих заходів та методичного забезпечення з інтеграції фізико-математичних знань учнів, яка відображає технологічний цикл вивчення розділу курсу фізики (модуля). Така технологія навчання не суперечить традиційному підходу, але диференційовано включає елементи заохочення і середнього, і сильного, і слабого учня до помірної, цікавої і результативної діяльності як в урочний, так і в позаурочний час. Розглянемо цю систему заходів.

З метою гуманізації процесу навчання, орієнтування його на розвиток творчої особистості вчитель повинен відповідним чином планувати свою роботу. Для цього вивчаються:

- специфіка навчального матеріалу;
- спроможності відомих методик навчання традиційних та інноваційних, а також новаційних авторських методик;
- показники параметрів характеристики кожного учня класу: рівні їх розумової працездатності, ЗУН, креативності, фізичного і психічного здоров'я, взаємовідносин, мотивів навчання тощо (це потрібно і для аргументації вибору контрольних та експериментальних класів у педагогічному дослідженні).

Далі визначається кінцева мета, якій буде підпорядковано процес навчання і виховання та мотивації етапів цього процесу.

Плануючи навчальний процес, учитель враховує, що за традиційного навчання провідне місце відводиться уроку. Модель уроку (за М.І. Махмутовим [146]) поєднує в собі як постійну дидактичну структуру, так і змінну методичну підструктуру, а також змінну внутрішню логіко- психологічну підструктуру. Вчитель, визначивши тип уроку з його дидактичною структурою, сам вибирає конкретний варіант структури уроку шляхом підбору елементів методичної підструктури та елементів зв'язуючої внутрішньої логіко-психологічної підструктури залежно від навчально-виховної мети уроку, спираючись на власні переконання у перевагах того чи іншого методу навчання. Такі компоненти впливу на творче мислення учня, як створення проблемної ситуації та створення мотиваційно-емоційного фону для сприйняття учнем проблемної ситуації, відносяться до змінних підструктур уроку.

Перший етап заняття з фізики - це етап мотивації особистісної орієнтації [23, с. 22]. "Цілеспрямована діяльність людини завжди упереджується і детермінується моделлю кінцевого результату – прогнозом (передбаченням), - відмічає П.С. Атаманчук. – Відсутній або неякісний прогноз у навчанні фізики – втрата шансів цілеспрямованого розвитку інтелектуальних, світоглядних, духовнокультурних та творчих засад особистості учня" [12,с. 3]. Коли в учня з'являється мотивація типу „одержати хорошу оцінку на уроці”, „одержати залік”, то вона хоч і підвищує активність учня, але дещо спотворює кінцеву мету навчання - розвиток творчого мислення та дієвість знань у житті.

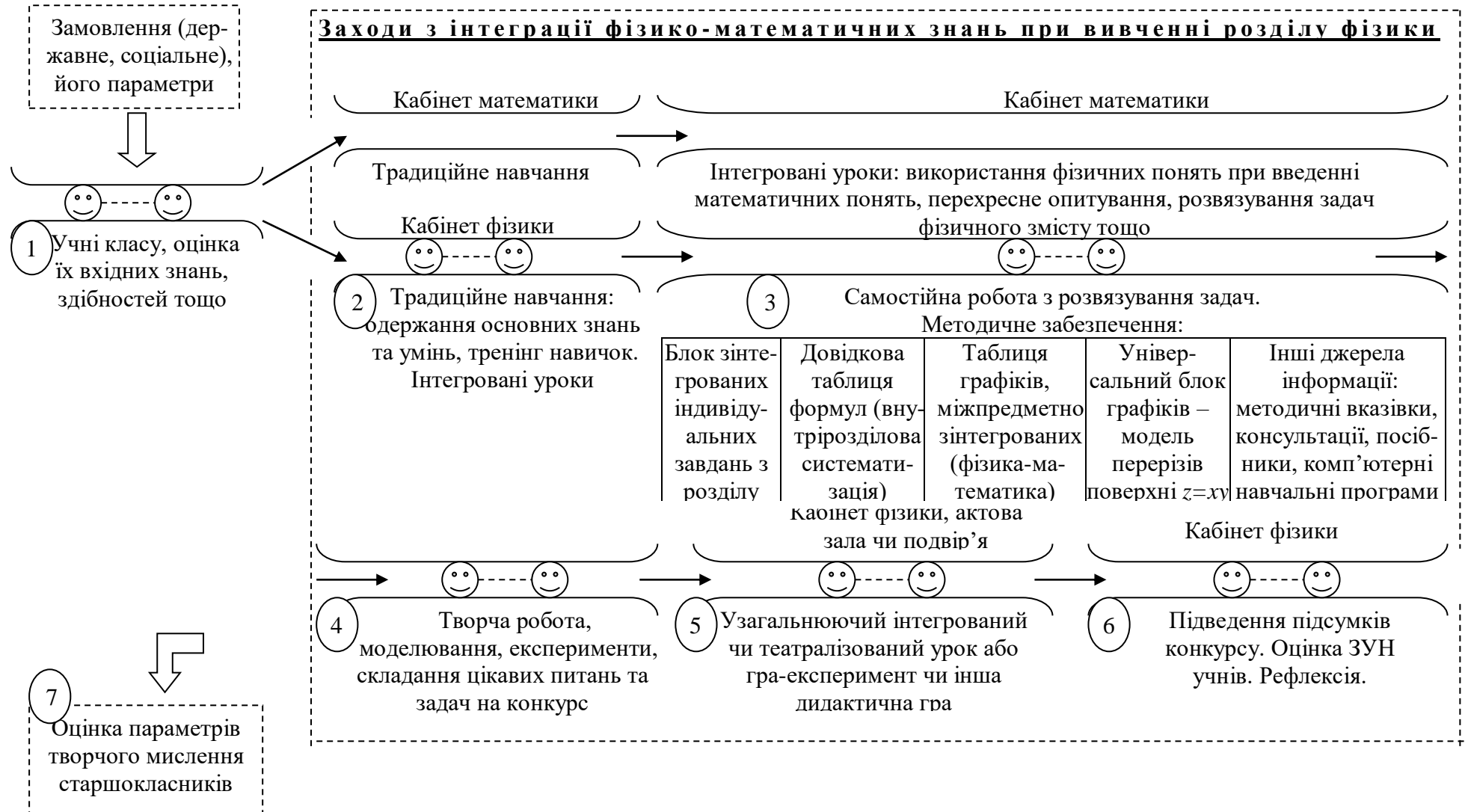


Рис. 2.7. Система творчоспрямовуючих заходів та методичного забезпечення з інтеграції фізико-математичних знань учнів при вивченні розділу фізики

Якщо вчитель не домогся, щоб учень сприйняв проблемну ситуацію, то для цього учня заняття пройдуть як насилля або майже марно.

На перших уроках фізики ми практикуємо ознайомлення учнів із семестровою програмою вивчення предмета і системою ЗУН, якими повинні оволодіти учні при вивченні програмного матеріалу, а також із супровідними заходами в експериментальних класах, демонструючи при цьому схему творчоспрямовуючих заходів (рис. 2.7). Інтегровані уроки, самостійна робота учнів, дидактичні ігри, конкурси, гурткова робота - це, на наш погляд, ті заходи, які краще розкривають кінцеву мету навчання. Вони викликають щирий інтерес до об'єкту вивчення, формують в учня "внутрішню суб'єктивну мотивацію" [231, с. 307]. Як свідчить наш досвід, формуванню такої мотивації сприяє розпочате на першому уроці акцентування уваги учнів на наступних чинниках активізації учіння.

По-перше, старшокласникові корисно бути обізнаним з такими методами вивчення фізики, як спостереження, експериментування, моделювання, побудова таблиць і графіків, задачний метод тощо, які збуджують чуттєве пізнання, абстрактне мислення та інші процеси розумової діяльності.

По-друге, старшокласник повинен знати, що здатність до творчості – це вищий інстинкт, властивий саме людині, і цей інстинкт здійснює свою функцію через уяву. Наша пропозиція щодо розвитку творчого мислення: кожен старшокласник одержує блок індивідуальних завдань на семестр, у тому числі задач творчого спрямування (це не виключає розв'язування інших задач на уроках і вдома). Цим ми ставимо однакові стартові умови для всіх учнів класу, хоч вони мають різні потенціальні інтелектуальні можливості, різну психіку.

По-третьє, одержані індивідуальні завдання (серед яких є і завдання на самостійне складання нових задач) можуть бути використані учнями для участі в конкурсі у таких номінаціях, як:

- кількість самостійно складених задач;
- найцікавіша із самостійно складених задач;
- кількість вірно розв'язаних задач;

- кількість варіантів розв'язування задач.

Результати виконання індивідуального завдання будуть враховані при заліку з даного розділу фізики.

По-четверте, старшокласникам треба також підкреслити, що оскільки творчість працює через уяву, то їм пропонується тренувати свою уяву різними способами, і, зокрема, через застосування нового методу побудови і перетворення графіків ряду фізичних процесів — так званого методу гіперболічного параболоїда, який до того ж сприяє систематизації знань.

По-п'яте, враховуючи, що старшокласникам імпонують завдання не стільки суб'єктивної новизни, скільки об'єктивної новизни і значущості, ми, залучаючи старшокласників до педагогічного експерименту (з 1997 року), звертаємось до них з пропозицією віднестись серйозно до участі в ньому, підкреслюємо, що саме вони вирішують долю запропонованого методу, бути чи не бути йому прийнятним для користування в школах держави та за її межами, що саме за їх участю розв'язується соціально значуща проблема.

По-шосте, старшокласників залучаємо до виготовлення моделей того чи іншого виду для пояснення конкретних фізичних процесів. Це є чинником розвитку творчих здібностей і, зокрема, довірливої уваги.

По-сьоме, старшокласників залучаємо до самостійного опрацювання узагальнюючих таблиць формул, в яких систематизується матеріал розділу фізики. Це розвиває логіку мислення.

По-восьме, старшокласникам надається змога проявити свої творчі здібності не тільки під час традиційного навчання, розв'язування творчих задач, проведення фізичних експериментів, роботи з комп'ютерними програмами, але і в ході дидактичних ігор, театралізованих уроків, гурткової роботи, де їх чекає належна інтеграція різнопредметних знань.

По-дев'яте, старшокласникам підкреслюємо, що вони як особи, зацікавлені у перевірці своїх знань, у своєчасному виправленні помилок та корекції навчального процесу, повинні проявляти свою готовність до проведення контрольних робіт, тестів тощо.

З метою реалізації індивідуального підходу у навчанні фізики (а також аргументації вибору контрольних та експериментальних класів) ми проводимо психолого-педагогічні заміри здібностей та ЗУН учнів, попередньо домігшись усвідомлення учнями доцільності їх проведення. З цією метою ми використовуємо метод тестування. Тести як система завдань специфічної форми, що вимагають коротких однозначних дій та відповідей, повинні характеризуватися, як відмічає В.С. Аванесов [1], збалансованістю, ефективністю, об'єктивністю, диференціючими властивостями тощо. З урахуванням таких вимог ми підібрали ряд тестів - для визначення рівнів таких психологічних характеристик учня, як:

- розумова працездатність,
- просторове мислення,
- креативність,
- зацікавленість матеріалом уроку,
- сприйняття нового матеріалу тощо.

Охарактеризуємо ці тести.

Тест на рівень розумової працездатності.

Для визначення початкового рівня працездатності пропонуємо учням (бажано - на першому уроці фізики хвилин за 7 до його закінчення) тест – Додаток А.1, доцільність якого мотивуємо наступним.

1. Однією з особливостей психіки людини є вплив на рівень працездатності термінових переключень уваги. Якщо людина зосереджено працює над певним питанням, і з певних причин їй доводиться переключати увагу на супутні об'єкти, то продовжити роботу над попереднім питанням стає, як правило, значно важче.

2. Виробити стійкість рівня працездатності допоможуть у значній мірі саме уроки фізики завдяки їх специфіці – часте переключення уваги та великий об'єм переосмислюваної інформації. Дійсно, учень повинен зрозуміти експеримент, фізичну суть явища, знати зміст фізичних величин та залежність між ними,

запам'ятати символи фізичних величин, записувати формули, будувати графіки, виконувати лабораторні роботи, розв'язувати задачі, користуватись таблицями значень фізичних величин, звертатися до моделей різних видів тощо.

3. Кількісно оцінити покращення рівня працездатності допоможе відповідне тестування з його повторами через один чи два семестри.

Для проведення тестування кожен учень за згодою отримує коректурну таблицю В.Я. Анфімова [176, с. 145] (див. Додаток А.1), що є набором окремих літер – простих зорових подразників. Тестування складається з двох частин, тривалість кожної з яких однакова, наприклад, $t_1 = t_2 = 1 \text{ хв}$. Перша частина: за командою 1 треба почати викреслювати в рядках таблиці букву А; за командою 2 слід зупинитися, відмітити місце зупинки знаком \surd . Друга частина: за командою 3 треба далі викреслювати букву А, крім випадків, коли вона стоїть після букви Н; за командою 4 слід зупинитися і відмітити місце зупинки знаком \surd .

При обробці результатів ураховуються такі дані, як кількість викреслень K_1 і K_2 , кількість помилок викреслень Π_1 і Π_2 відповідно у першій та другій частинах тестування, кількість помилок диференціації Π_3 у другій частині тестування. На основі цих даних ми пропонуємо обчислювати показник рівня розумової працездатності за формулою $K = \frac{K_1}{K_2}$ (що відрізняється від

запропонованої в [176, с. 145], (а також показники об'єму роботи $Об = \frac{K_1}{K_{1max}}$, де

K_{1max} – найвище значення K_1 з досягнутих учасниками тестування; швидкості

$Ш = \frac{K_1}{t_1}$; точності $T = \frac{K_1 - \Pi_1}{K_1}$, (на зразок [235, с. 56 – 63]).

Тест на рівень просторового мислення.

Необхідною умовою розвитку творчого мислення старшокласника є розвиток його просторового мислення. Нами розроблено відповідний тест, пов'язаний з темою курсу фізики "Траєкторія. Шлях і переміщення". Він може бути проведений у 9 класі, наприклад, на другому тижні навчання (а також у 10

чи 11 класах). Нами складено 30 варіантів тестового завдання (Додаток А.2). Наводимо зміст тестового варіанта 1.

Відомо, що вертоліт спочатку піднявся на висоту $h = 100$ м, потім полетів горизонтально на відстань $a = 300$ м у напрямку на схід, далі пролетів відстань $b = 400$ м у напрямку на південь. *Завдання 1*: накресліть траєкторію польоту вертольота (покажіть якомога більше способів зображення такої траєкторії). *Завдання 2* (додому): за цією умовою складіть ряд запитань і дайте на них відповіді.

Кожен учень одержує персональний аркуш з повним текстом завдання свого варіанта. На цьому ж аркуші розміщена таблиця обробки вчителем індивідуальних результатів виконання першого завдання тесту:

P - кількість варіантів розв'язку, показаних учнем, у тому числі P_n - правильних, а P_{max} - найкращий результат P_n серед учасників тестування;

t_n - час, відведений на виконання завдання 1;

t - час виконання учнем завдання 1.

Тоді відповідь учня можна оцінити за такими показниками: точність $T = P_{II}/P$, варіативність $B = P_{II}/P_{max}$, відносні витрати часу $Ч = t/t_n$.

Загальний показник рівня просторового мислення учня обчислюємо за формулою: $\Pi = (T \cdot Ч + B)/2$.

Для оцінки групових результатів тестувань рівня просторового мислення учнів ще доцільно складати таблицю статистичного розподілу кількості правильних варіантів відповідей на завдання 1:

P_n	0	1	2	3	4
P^*					

де P^* - доля (відносна частота) тих учнів, які дали ту чи іншу кількість правильних відповідей P_n .

Щороку результати тестування показували, що ситуація у дев'ятих класах потребує негайного втручання, і ми дійшли висновку, що зарадити цій ситуації допомагає введення гіперболічного параболоїда в курс математики і в курс

фізики. Нами розроблена методика введення поняття гіперболічного параболоїда як просторового носія системи графіків (Додаток Е.1).

Тест на рівень креативності

Нами складено тест (Додаток А.4) наступного змісту.

Задано постійні величини $k_2 > k_1 > 0$, а в клітинках форми $\diamond \square i$ розміщуються взаємозалежні величини.

Завдання 1. Визначати, які з графіків рисунка А.4 (А, Б, В, Г) можуть відповідати формулі $\diamond = \square k_1$, (1) та формулі $\diamond = \square k_2$, (2). Дати відповідь з поясненнями.

Завдання 2. Залежності між якими фізичними величинами можуть бути зображені такими ж графіками прямої пропорційної залежності (тобто які трійки букв можна поставити замість трійки k, x, y) на рис. А.4 (Д – Ї) ?

Як бачимо, завдання 1 – це завдання на знання математики, а саме – властивостей графіка прямо пропорційної залежності. Відповідей на завдання 1 учень може дати або одну, або дві, або навіть чотири в залежності від рівня логічності та варіативності його теоретичного мислення. Якщо учень міркує шаблонно, тобто враховує ті умови, які зазвичай мають місце, а саме: *по-перше*, незалежна змінна позначається через x , а залежна змінна – через y ; *по-друге*, система координат – правостороння; *по-третє*, вісь абсцис – горизонтальна, вісь ординат – вертикальна, то послідує лише одна відповідь (у Додатку А.4 у варіанті 1 це відповідь: А). Якщо учень мислить варіативно і відкине умови другу і третю, то відповідь буде: А, Г у розглянутому варіанті 1. Якщо ж учень відкине ще й умову першу, то відповідь може бути: А, Б, В, Г.

Для відповіді на завдання 2 учень повинен пригадати з матеріалу курсу фізики попередніх класів принаймні 8 тем, де розглядалась прямо пропорційна залежність фізичних величин (наприклад, 7 клас: $s = vt$, $m = \rho V$, $F = pS$, $A = Fs$, $A = Nt$; 8 клас: $Q = \lambda m$, $Q = Lm$, $Q = qm$, $U = IR$ тощо) та правильно розмістити відповідні позначення на заголовках графіків рисунка А.4 (Д, Е, Є, Ж, З, И, І, Ї) та їх продовження в разі потреби).

Для оцінки відповідей ми пропонуємо позначити:

P_{max} - кількість розв'язків, максимально можливих за даних умов задачі;

P - кількість розв'язків, показаних учнем, у тому числі: P_n - правильних, P_n - неправильних, P_o - оригінальних;

T_n - час, відведений на виконання завдання (норма);

T - час, витрачений учнем на виконання завдань (фактичний).

Тоді відповідь можна оцінити за такими показниками:

логічність $L = P_{II}/P$; оригінальність $Op = P_o/P_{max}$; варіативність $B = P_n/P_{max}$; відносні витрати часу $Ч = T/T_n$.

Після заповнення розрахункової таблиці обчислюємо коефіцієнт креативності за формулою:

$$K_{кр} = ((L_1 + L_2)/Ч + (Op_1 + Op_2) + (B_1 + B_2))/3 .$$

До завдання 1 варіанти розміщення рисунків А, Б, В, Г можна сформулювати, виконавши перестановки з чотирьох елементів варіанту 1 цього завдання. Тоді всього буде $4! = 24$ варіанти, які подані таблицею та рисунками в кінці Додатка А.4.

Тест на рівень зацікавленості матеріалом уроку (тест часу)

Залежно від рівня зацікавленості матеріалом уроку учень буде відповідно оцінювати плин часу. Відома методика діагностування зацікавленості учнів за допомогою такої кількісної характеристики, як коефіцієнт невідповідності часу [158, с. 173]: наприклад, якщо учні працювали 15 хвилин, а середній час, указаний ними, 10 хвилин, тоді коефіцієнт невідповідності часу становить $10/15 = 0,67 < 1$, тобто учні були зацікавлені роботою на уроці.

Позначимо:

T - дійсний інтервал часу виділеного фрагменту уроку,

t - оцінка учнем цього проміжку часу, тоді $k = t/T$ - коефіцієнт невідповідності часу (Додаток А.3).

У разі зацікавленості учня матеріалом уроку матимемо $k < 1$, а в разі незацікавленості – $k > 1$.

Якщо n – кількість учнів класу, то середня оцінка ними часу $\bar{t} = (t_1 + t_2 + \dots + t_n) / n$; тоді загальний коефіцієнт невідповідності часу для учнів цього класу буде $K = \frac{\bar{t}}{T}$.

Тест на рівень сприйняття учнем нового матеріалу уроку.

Кожному учневі в кінці уроку пропонуємо ряд формул та графіків того розділу фізики, який вони вивчають. Цей ряд може бути або довільним, або упорядкованим (як довідкова таблиця). Учень повинен виписати номери тих формул та графіків, які вивчалися на даному уроці і зафіксувати їх кількості – відповідно n_1 та n_2 , а також зафіксувати кількість проведених на уроці дослідів – n_3 , вказавши мету їх проведення. Кількість тих дослідів, які учень зафіксував без пояснення їх мети, враховується в n_3 з коефіцієнтом $0,5$. Наприклад, проводилось на уроці 3 дослідів, і учень записав $n_3 = 3$, але пояснив мету лише одного дослідів. Тоді $n_3 = 1 + 0,5 \cdot 2 = 2$.

Коефіцієнт сприйняття учнем нового матеріалу уроку пропонуємо обчислювати за формулою:

$$K = (n_1 + n_2 + n_3) / (П_1 + П_2 + П_3);$$

де $П_1, П_2, П_3$ – кількості (відповідно) формул, графіків, дослідів, пояснених на уроці фактично (заповнюється вчителем).

Цей тест, як і попередній, спонукає усвідомлення учнем елементів об'єктної інтеграції знань з фізики і математики як опису фізичних явищ за допомогою формул та графіків; дисциплінує учня, тренує його увагу, сприяє формуванню ПСМ; слугує індикатором впливу тих чи інших чинників активізації навчально-виховного процесу.

У випускному класі ми практикуємо також і анкету на рівень сприйняття учнем нового матеріалу уроку (додаток А.5).

Досвід передових вчителів підтверджує, що тести – це найбільш доцільна форма вимірювання рівня ряду показників. З метою корекції процесу формування творчого мислення старшокласників ми практикуємо, окрім

тестування, й такі комунікативні методи, як діалог, інтерв'ю, круглий стіл, спостереження, а також анкетування (додаток Б.1 – 4).

Попереднє ознайомлення з характеристиками учнів класу допомагає вчителю у формуванні їх ПСМ за схемою, поданою на рисунку 2.6 (компоненти 1-8). З урахуванням психологічних особливостей учнів класу вчитель відповідним чином створює проблемну ситуацію (компонент 1) загальну чи індивідуальну, явну чи неявну: ставить апріорні запитання при поясненні нового матеріалу, ставить проблемний дослід, пропонує завдання пошуково-творчого характеру, задачі з неповною, або зайвою, або суперечливою інформацією, задачі-парадокси, антиномії тощо. При цьому можуть бути використані посібники [60], [140], [149], [186], [188], [165], [193], [216], [210], [229], [181] та інші. Учитель також підбирає відповідне методичне забезпечення (елементи компоненту 3).

Коли в учня виникає подив, спонтанний інтерес до ситуації, треба підтримати його створенням позитивного емоційного фону, спонуканням до мотивації розв'язування (компонент 2). Це сприятиме прийняттю учнем проблемної ситуації, тобто переростанню її у проблему самого учня. У нього виникає особиста зацікавленість, внутрішня потреба у розв'язанні цієї проблеми. Усвідомлення такої потреби свідчить про створення у людини проблемної ситуації (А.М. Матюшкін [144]), тобто про створення проблеми, яку болісно залишати нерозв'язаною. Цьому сприяє у значній мірі вдале застосування методичного забезпечення (компонент 3) та наявність певних базових знань (компонент 4). Тоді в учня включається репродуктивне мислення, що приводить до одного з двох висновків: або рівень наявних знань є достатнім для розв'язання проблеми, або він є недостатнім.

У першому випадку пошук методу розв'язання проблеми є нетривалий, а намічений план розв'язування реалізується на невисокому рівні продуктивності, і для учня ця проблема виявляється тільки тренувальною вправою.

У другому випадку, коли план розв'язування задачі залишається нез'ясованим, виникає такий психічний стан учня, як дискомфорт.

Усвідомлення суперечності між потребою виконати завдання і неможливістю зробити це з наявними знаннями спонукає учня до пошуку нових знань (до поповнення компоненту 4). Як указував Г.С. Костюк, суперечність є рушійною силою психічного розвитку [118]. Учень відшукує відповідні джерела знань, використовує їх для визначення методу та плану розв'язування проблеми (компонент 8) через охоплення мисленням великої кількості фактів, їх порівняльний аналіз, включення уяви, асоціацій; висуваючи гіпотези, обґрунтовуючи та перевіряючи їх. Можна стверджувати, що відбувається інтеграція елементів знань (однопредметних чи різнопредметних). Процес мислення проходить на продуктивному (творчому) рівні.

У цьому випадку проблема для учня виявилась творчою (творче завдання). Після одержання його розв'язку учень обмірковує і оцінює власні дії, тобто реалізується так звана рефлексія.

Отже, можна стверджувати, що в процесі розв'язання саме творчих завдань формується продуктивне (творче) мислення учня. При цьому реалізується можливість:

- засвоювати знання в процесі їх застосування;
- самостійно здобувати знання в разі потреби;
- засвоювати способи оперування знаннями.

Як відмічає Н.В. Недодатко. [160], для досягнення успіху у творчій навчально-пізнавальній діяльності, крім зацікавленості, потрібно опанувати спеціальні прийоми творчої діяльності.

Практика підтверджує, що суттєвим компонентом сприяння формуванню творчого стилю мислення старшокласників є тренінг інтелектуально-творчих можливостей (компонент 6, що дає можливість виявлення та розгортання механізмів формування творчого мислення). Такий компонент можна реалізувати через факультатив чи спецкурс (наприклад, "Розвиток творчого мислення при вивченні фізики і математики"), куди можна включати відомі розробки тренінгу. Серед них є системи творчого тренінгу, орієнтовані не на розв'язання конкретного творчого завдання, а на поштовх до творчості,

нагромадження відповідного потенціалу, відстрочену творчу ефективність [207, с. 333]. Відомою системою творчого тренінгу є КАРУС (аббревіатура з назв п'яти стратегій: комбінування, аналогізування, реконструювання, універсальна стратегія, стратегія випадкових підстановок), автор В.О. Моляко [154], а також ТРВЗ (теорія розв'язування винахідницьких задач), автор Г.С. Альтшуллер [6].

Розроблені також методи пошуку нових розв'язань "під конкретну задачу". Вони спрямовані на зниження критичності мислення на першому етапі розв'язування творчого завдання, коли потрібно знайти творчий підхід. „Так, генерація ідей і критика мають бути розділені. Тому людина, яка критично мислить, повинна вміти на деякий час „вимикати” критичність, щоб вона не заважала генерації ідей,” – підкреслює Ю.П. Мінаєв [152]. При цьому висуваються різні ідеї, навіть абсурдні, але їх критика заборонена. Однак подальший процес розв'язування творчого завдання вимагає деталізованої інтеграції знань і критичного відношення.

Серед групових методів пошуку нових розв'язань слід виділити "Брейн-стормінг" або "Мозкова атака" (Ф. Осборн) та "Синектичний штурм" (гуртовий, зовнішній) (Дж. Гордон). Серед індивідуальних або комбінованих методів можна виділити такі: узагальнений евристичний метод (О.М. Половинкін); метод гірлянд асоціацій або метафор (Г.Я. Буш); метод семикратного пошуку (Г.Я. Буш); метод морфологічного аналізу (Ф. Цвіккі); метод фокальних об'єктів (Ф. Кунце). З цими методами можна ознайомитися у сучасній літературі [6], [100], [118], [154].

До методів формування і перевірки творчих мисленнєвих можливостей учнів відносяться також тести .Гілфорда, .Торранса, Богоявленської.; тренінг уваги; інтелектуальна гімнастика; вправи на порівняння, протиставлення, аналогію, розв'язування логічних задач; ігри "Логікон"; вправи за методикою де Боно [67] тощо.

Базові знання з фізики і математики (компонент 4) — це один із основних компонентів формування ПСМ старшокласників при вивченні фізики. Вони

викладаються у частково зінтегрованому виді з передбаченням подальшої інтеграції у процесі розв'язування задач творчого характеру.

Цикл засвоєння знань – це, *по-перше*, ознайомлення з ними (так звана інтеріоризація знань) і, *по-друге*, вираження відношення до них, перевірене у процесі застосування (так звана екстеріоризація знань), - відмічає Л.Д. Столяренко [241, с. 515].

Для кращого сприймання учнями нового матеріалу, тобто його інтеріоризації, повинен бути підготовлений ґрунт для інтеграції однопредметних та міжпредметних знань. Як підтверджує досвід, для цього доцільно спонукати учнів до

- повторення потрібного на даному уроці матеріалу;
- обробки узагальнюючих довідкових таблиць;
- освоєння термінів, символіки та правил побудови знаковосимвольного унаочнення тощо.

Стосовно реалізації вказаних чинників інтеграції знань маємо певний досвід і пропозиції.

1. До уроку фізики учень повинен повторити певний матеріал не тільки з фізики, а й з математики та з інших предметів. В експериментальних класах ми вказуємо сторінки підручників, де є цей матеріал, і вимагаємо письмових відповідей на питання повторення; ці відповіді оцінюємо. Завдяки своєчасному встановленню потрібних інтегративних зв'язків виклад нового матеріалу йде швидше, послідовніше; учнями матеріал засвоюється емоційніше, міцніше і глибше, про що свідчить поурочний хронометраж, а також рівень виконання контрольних робіт та усних відповідей учнів.

На особливу увагу заслуговує повторення графіків елементарних функцій, що вивчалися в курсі алгебри 9 класу. Доцільність їх застосування на уроках фізики підтверджується анкетуванням учнів (див. Додаток Б.1), яке ми проводимо в десятих класах на початку та в кінці навчального року.

2. Інформація, яка надається учням для засвоєння, повинна бути зінтегрована і систематизована. Виходячи з цього, ми розпочинаємо

систематизацію, інтеграцію та узагальнення навчального матеріалу на ранніх стадіях його вивчення – шляхом залучення учнів до обробки довідкових таблиць.

Приставаючи до вивчення розділу фізики, кожному учневі ми пропонуємо таку довідкову таблицю, яка містить тільки основні формули даного розділу як необхідний мінімум інформації (наприклад, Додатки В.2-5). Над таблицею учень ставить своє прізвище і опрацьовує її протягом вивчення розділу. На перших порах ця таблиця виконує інтригуючу функцію, налаштовує учня на продуктивну пізнавальну діяльність. Щоуроку спочатку ми акцентуємо увагу учня на тих формулах, які будуть розглядатись на даному уроці. Після пояснення нового матеріалу ми запитуємо учнів, чи згодні вони з таким розміщенням розглянутих формул у даній таблиці, і просимо внести свої пропозиції щодо порядку розміщення формул та зв'язуючих записів між ними як доповнень до даної таблиці. При цьому просимо враховувати, що для записів між формулами довідкової таблиці мало місця, і тому слід дуже помірковано відноситись до вписування доповнень: відбирати тільки найсуттєвішу інформацію та чітко фіксувати її у таблиці. Елементами доповнень можуть бути знаки слідування та належності, знаки об'єктів, квантори загальності та існування, одиниці вимірювання фізичних величин, числові значення абсолютних констант, додаткові формули, короткі вислови, дати тощо.

Свої доповнення учень вносить у таблицю олівцем. Учитель оцінює доповнення до таблиці кожного учня, виділяючи знання енциклопедичного та аналітичного характеру. На наступному уроці проводиться огляд характерних підходів та пропозицій. Після обговорення вибирається один варіант доповнення таблиці з єдиною для всього класу нумерацією формул, щоб легко було відшукати певну формулу в разі потреби.

3. Формування базових знань з фізики спирається на досліди та на категорійно-понятійний апарат і мову. У процесі вивчення шкільного курсу фізики учень повинен навчитися оперувати системою термінів, яка включає їх більше 3000 [249, с. 50]. Уміння точно визначати термін або поняття сприяє

чіткості і швидкості мислення. На уроках фізики ми практикуємо таку термінологічну роботу, як пояснення походження термінів (етимо-логія), тренувальні вправи на оцінку правомірності сполучення певних термінів, складання термінологічних словників, лото і кросвордів [185].

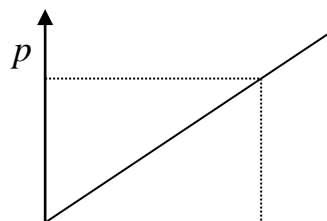
Для згорнутого викладу інформації (математичної, фізичної тощо) на рівні шкільного курсу використовується накопичена нашими попередниками-ми сукупність логіко-математичних знаків (так звана символіка), зведена у систему з шести класів знаків: квантори, знаки об'єктів, операцій, відношень, відображень та допоміжні знаки (Посібник для самоосвіти вчителів [99]). Символіка, а також правила побудови знаково-символьного унаочнення (діаграм, графіків функцій, формул, рівнянь, графів, рисунків, схем, таблиць) у межах їх застосування в шкільному курсі фізики і математики не повинні мати неузгодженостей. Але, на жаль, такі ще трапляються.

Так, у шкільних підручниках фізики і математики можна бачити розбіжності, наприклад, у позначеннях:

- координатної осі - " x " [17], [200]; " Ox " [103], [134]; " X " [114], [156]; " OX " [62];
- координатної площини - " xy " [200]; " XOY " [114]; "*система координат p, T* " (Рис. 2.8) [63], [214].

У цій ситуації в учня виникає подвійний чи потрійний денотат одного позначення, виникають непорозуміння.

На наш погляд, було б додільним узгодити такі питання символіки, посилаючись, скажімо, на підручник з аналітичної геометрії для педагогічних інститутів зі спеціальності "Фізика" [19], де прийняті позначення системи координат в одно-, дво- і тривимірному просторах відповідно: " Ox ", " Oxy ", " $Oxyz$ ". Звідси випливає відповідне позначення системи координат при побудові графіків тих чи інших фізичних процесів. Наприклад, на рисунку 2.8 - графік ізохорного процесу в ідеальному газі в системі координат OTp .



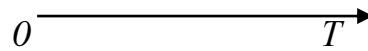


Рис.2.8. Графік ізохорного процесу в ідеальному газі

Процес інтеграції знань з фізики та математики прогресує і викликає необхідність подальшого узгодження вхідних знаків (метапозначень) знакових систем цих наук.

Навички застосування деяких елементів базових знань з фізики і математики повинні бути доведені до автоматизму і становити так званий операціональний компонент мислення (компонент 7, рис.2.6).

Сюди можна віднести навички практичного використання розмірностей фізичних величин у таких напрямках.

1. Знаючи співвідношення одиниць даної основної фізичної величини у двох різних системах одиниць, можна встановити співвідношення одиниць похідної величини у цих системах одиниць. Наприклад, співвідношення одиниць площі у системах СГС і СІ становить 1:10000, що впливає з таких перетворень: $1 \text{ см}^2 = 1 \cdot (10^{-2} \text{ м})^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$.

2. Визначення розмірності одного компонента формули за відомими розмірностями інших компонентів цієї формули. Наприклад, у формулі $pV = \nu RT$ компонент R має розмірність

$$[R] = \frac{[p] \cdot [V]}{[\nu] \cdot [T]} = 1 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

3. Підтвердження функціональних зв'язків між фізичними величинами (перевірка формули на несуперечливість розмірностей). Наприклад,

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}; \quad [h] = 1 \text{ м}; \quad [g] \cdot [t]^2 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с}^2 = 1 \text{ м}$$

Використовуючи метод розмірностей (з опорою на правила дій зі степенями і пропорціями), учень має змогу логічно обґрунтовувати правильність формул, неформально засвоювати базові знання та легко оперувати ними.

До операціонального компоненту мислення слід віднести також навички визначення точності результатів вимірювань фізичних величин та обчислень. Ці навички набуваються учнями поетапно, по мірі вивчення відповідного програмного матеріалу з фізики і математики та формування теорії похибок. У результаті учень повинен досконало володіти такими способами математичної обробки результатів вимірювань і обчислень, як: спосіб округлення чисел, спосіб підрахунку цифр, спосіб меж, спосіб середнього арифметичного, спосіб меж похибок.

Методи визначення похибок повинні використовуватись у відповідності з поставленими завданнями. Зокрема, якщо є декілька способів розв'язування задачі, то, оцінивши точність кожного з результатів, вибирають кращий із способів.

Потреба людини контролювати свої дії є однією з ознак математичної (і не тільки) культури.

Виходячи з вищесказаного, доцільно у кабінеті фізики поряд з правилами техніки безпеки та правилами користування обчислювальною технікою мати відповідні методичні розробки з формування фізико-математичного категорійно-понятійного апарату і мови, з упровадження і використання методу розмірностей та теорії похибок тощо. Такий методичний матеріал, упорядкований нами, поданий у Додатках Н.1, Н.2, Н.3.

Таким чином, у даному підрозділі ми розглянули варіант системного педагогічного впливу на формування ПСМ учня через інтеграцію знань з фізики і математики. При цьому виконано наступне:

1. Внесені доповнення поняття ПСМ старшокласника.
2. Виокремлені компоненти впливу на формування ПСМ старшокласника і складено відповідну схему.
3. Складена схема системи творчоспрямовуючих заходів та методичного забезпечення з інтеграції фізико-математичних знань учнів при вивченні розділу фізики.

4. Подані розробки тестів з визначення ряду показників рівня мислення старшокласників.

5. Виокремлені особливості методики впровадження інтеграції знань з фізики і математики у всі компоненти впливу на формування ПСМ старшокласника.

6. Внесена пропозиція щодо узгодження символічних позначень.

2.3. Формування інтегративних знань учнів з фізики і математики засобами комп'ютерних технологій

У формуванні творчої особистості, так необхідної сучасному суспільству, неоціненну роль можуть відігравати комп'ютерні технології навчання.

Пристаюючи до вивчення тієї чи іншої теми курсу фізики, кожен учитель сподівається запалити у свідомості учнів іскру інтересу до матеріалу теми. І щоб не дати їй згаснути, вчитель домагається досягнення найкращих результатів при найменших витратах часу і зусиль учня. А без інтегративного підходу цього домогтися неможливо.

По-перше, тут потрібна інтеграція змісту матеріалу, а також розробка технології вінтегровування знань. Слід виділити елементи знань програмного матеріалу з фізики, а також з математики, та віднайти логічні зв'язки між ними, щоб подати їх як систему. Це полегшить сприйняття учнями матеріалу (конкретні приклади розглядаються в п.2.4).

По-друге, відомо, що знання мають властивість залежно від умов проявляти або предметний, або інтегративний (дієвий) характер [102, с. 190]. Ураховуючи це, слід одиничні предметні знання вінтегровувати в систему набутих раніше знань та налаштовувати учня на можливість використання цих знань як інтегративних при розв'язуванні циклу творчих задач та появи внаслідок цього нових знань, як показано на схемах рисунків 2.3 та 2.4.

По-третє, при ущільненій подачі програмного матеріалу особливу увагу слід приділяти забезпеченню його змістовності, зінтегровуючи прийоми

- унаочнення;
- словесного опису;
- символічних позначень;
- верифікації шляхом обчислень тощо.

За класичної системи навчання вчитель виконує не тільки функції з забезпечення знань учнів, а й функції з формування продуктивного стилю їх мислення, контролю й оцінки навчальних досягнень. Але успішне виконання цих функцій зумовлює значне перевантаження вчителя. І тут у пригоді стає такий технічний засіб навчання, як комп'ютер, за допомогою якого можна значно удосконалювати організацію навчального процесу.

Як засоби інтенсифікації навчального процесу та індивідуалізації навчання комп'ютерні технології в Україні почали інтенсивно впроваджуватися наприкінці 80-х років ХХ століття. Зараз ми очікуємо завершення комп'ютеризації шкіл.

Як відомо, комп'ютер (від латинського *computo* - рахую, обчислюю) або електронна обчислювальна машина (ЕОМ) — це електронний пристрій, спроможний автоматично приймати, переробляти, зберігати, накопичувати, поновлювати та видавати інформацію. Правила виконання операцій заносяться на спеціальні носії. Кожне правило — це послідовність операцій, яка називається комп'ютерною програмою. Виокремлюється системне і прикладне програмне забезпечення (ППЗ) комп'ютера, яке в свою чергу має призначення загальне та спеціальне. До програм спеціального призначення відносяться програми для використання у навчальному процесі (навчальні комп'ютерні програми).

До комп'ютера, що має високі технологічні характеристики, можна підключати такі допоміжні пристрої, як прилади візуального відображення, засоби контролю, реєструючі прилади тощо.

За допомогою цих сучасних технічних засобів та досконалого програмного їх забезпечення здійснюється переробка, збереження, пошук і трансформація інформації. Інтегративні знання, ідеї, дані — це є інформаційний продукт. Він

має високий потенціал використання на тому чи іншому рівні – від індивідуального до глобального.

Вважається, що почався процес перетворення суспільства індустріального в суспільство інформаційно-індустріальне, і він, напевно, незворотний. Формуванню знань за допомогою комп'ютерних технологій приділяється серйозна увага. Так, під егідою ЮНЕСКО - міжурядового закладу ООН з питань освіти, науки і культури - розроблена "Програма з інформатики для середньої школи" як рекомендаційний документ для урядів країн, де, зокрема, підкреслюється необхідність ознайомлення учнів з елементами автоматичного проектування, вироблення умінь виконувати різноманітні двовимірні та тривимірні креслення [272, с. 4].

У шкільному курсі фізики використовуються в основному такі типи навчальних комп'ютерних програм:

- інформаційні;
- демонстраційно-моделюючі;
- контролюючі;
- тренувальні;
- експериментально-дослідницькі;
- розрахункові

та їх комбінації, які в разі потреби можна підібрати в залежності від типу і мети уроку.

Якщо використовується певна прикладна система програм, то користувачеві треба, знаючи декілька команд операційної системи, виконати лише такі прості операції, як:

- ввід чисел і текстів з клавіатури комп'ютера;
- перегляд інформації;
- команда про вивід текстів, графіків, рисунків на екран дисплея, на принтер тощо.

Далі в ході виконання програми під її керуванням комп'ютер сам повідомляє користувачеві, як треба діяти для продовження виконання завдання.

При цьому уможлиблюється ситуація успіху навіть для користувачів з початковим рівнем знань, що є стимулюючим чинником подальшої розумової діяльності.

Наприклад, маючи сучасний комп'ютер, дуже легко за допомогою комплексу ППЗ DERIVE побудувати гіперболічний параболоїд, заданий рівнянням $z = \frac{x^2}{2} - \frac{y^2}{2}$ (рис. 2.9а) та рівнянням $z = x \cdot y$ (за пропозицією автора, рис. 2.9 б), про які йдеться у параграфах 1.2 та 2.4 і в Додатку М.2 дисертації.

На екрані комп'ютера швидко з'являються рисунки, які було б дуже важко побудувати вручну. Ця трудність була однією з причин слабого запам'ятовування студентами, які вивчали курс аналітичної геометрії, теми "Поверхні другого порядку".

Тепер на екран комп'ютера легко вивести, зокрема, ті площинні і просторові графіки, які подані в додатках Е.1, Е.2, Е.3, як необхідні при введенні поняття гіперболічного параболоїда та застосування методу гіперболічного параболоїда (п. 2.4).

Отже, в навчальному процесі можна уникнути цілого ряду труднощів, якщо досвідчений педагог організує застосування сучасних комп'ютерів та комплектів ліцензованих універсальних навчаючих комп'ютерних програм, таких, як DERIVE (відтворювати), GRAN (графічний аналіз), GRAN-2D, GRAN-3D та інші. Вимогам шкільних програм з інформатики та креслення відповідає шкільна система автоматичного проектування "КОМПАС-Школьник" фірми "АСКОН" (С.Петербург, Москва, Коломна) на базі САПР "КОМПАС" (комплекс автоматизованих систем).

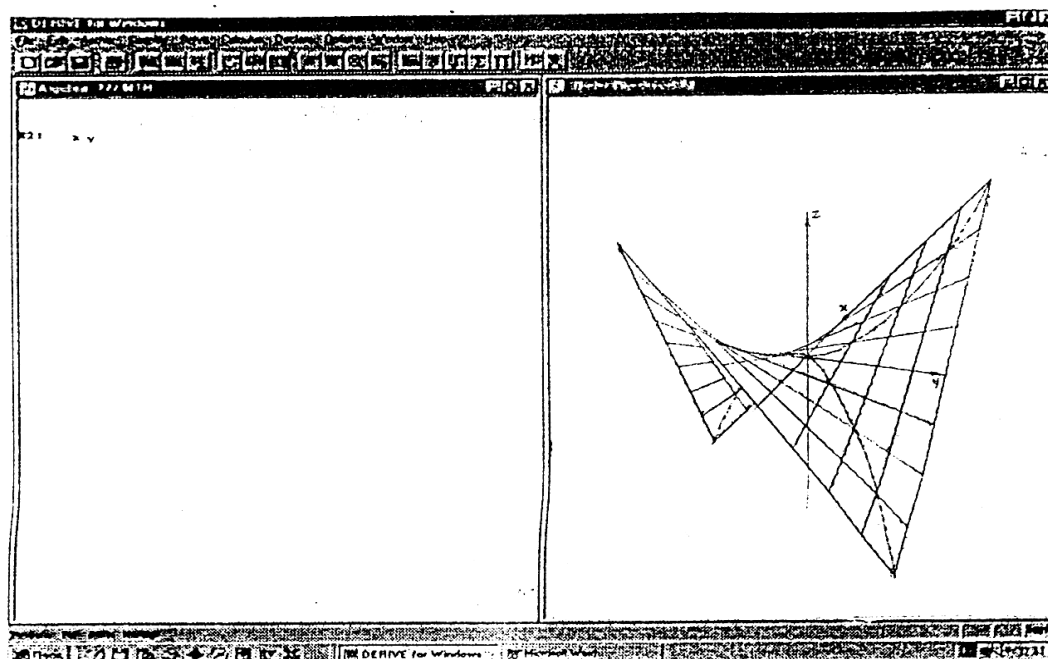
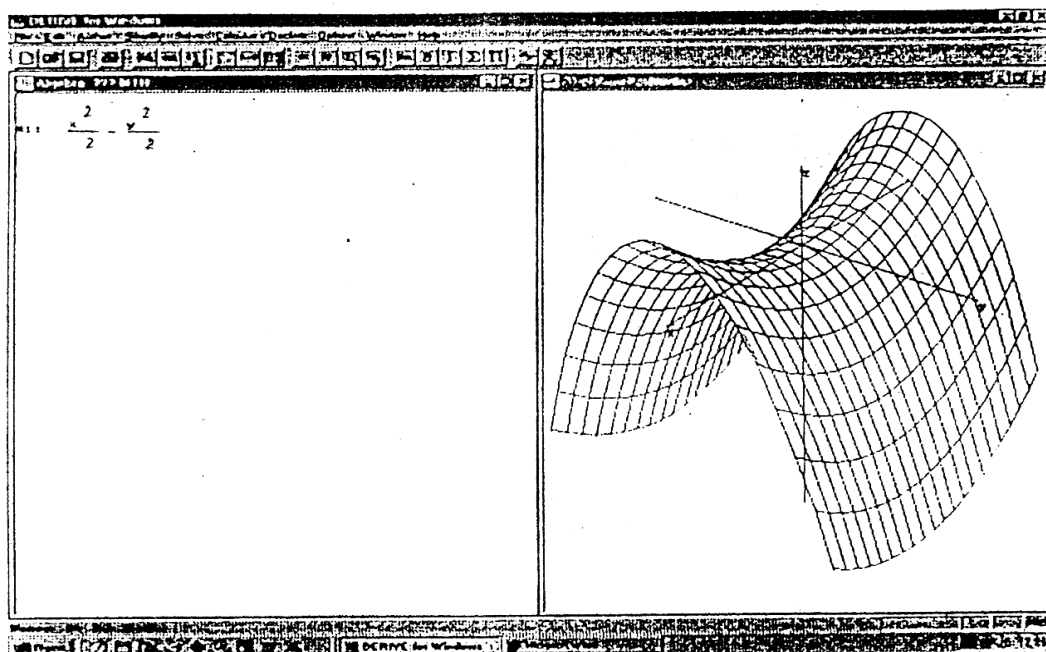


Рис. 2.9. Комп'ютерне зображення гіперболічного параболоїда

а) за рівнянням $z = \frac{x^2}{2} - \frac{y^2}{2}$; б) за рівнянням $z = x \cdot y$

Але придбати їх зараз, за умов обмеженого фінансування навчальних закладів буває дуже складно.

Якщо вчитель фізики володіє основами програмування, знає, наприклад, мову Бейсік, то він зможе застосувати навіть комп'ютер попередніх поколінь у декількох аспектах навчального процесу, таких як тестування учнів, тренування

і оцінювання навичок розв'язування задач, як оформлення і тиражування методичних матеріалів тощо.

Тестування учнів є найпоширенішим варіантом застосування комп'ютера. У ході педагогічного експерименту ми тестуємо учнів з метою:

- виявлення індивідуальних особливостей;
- перевірки виконання домашнього завдання та засвоєння матеріалу теми;
- проведення заліку тощо (додатки А.1 – А.5, Л, [188], [199] та інші).

Учень самостійно працює з комп'ютером. На кожне поставлене запитання тесту пропонується декілька відповідей, які щоразу розміщуються у довільному порядку. Учень, вибравши ту відповідь, яка є, на його думку, правильною, натискує клавішу з номером цієї відповіді. На екрані з'являється нове запитання. Якщо на вибір відповіді учень витрачає більше часу, ніж це запрограмовано (учень бачить секундомір у нижній частині дисплея), то програма автоматично знімає це питання з екрану і зараховує як неправильну відповідь. Далі на екрані з'являється наступне запитання. По закінченні відповідей на екрані висвічується таблиця правильно даних відповідей та оцінка, виведена програмою з поправкою на відгадування (розробка поправки на відгадування подана в додатку К).

Опитування учнів показало, що для оцінки знань вони віддають перевагу комп'ютерному тестуванню як більш об'єктивному.

Якщо в розпорядженні вчителя є відповідні досконалі технічні і програмні засоби, то вони спроможні дати також діагностику помилок, допущених учнями в ході контролю. Використання комп'ютерної техніки для тренування та оцінювання навичок розв'язування задач доцільне, зокрема, з такої точки зору.

На жаль, трапляються випадки, коли учень на практиці не може застосувати набуті знання, навіть тоді, коли вони, здається, засвоєні осмислено. Отже, для цього учня такі знання мають предметний характер. А щоб їх перетворити в знання інтегративні як необхідні для розв'язання задачі, потрібно перш за все забезпечити їх різнобічне усвідомлення учнем. Тут доцільно залучити учня до розв'язування задач творчого спрямування, розвивати його дивергентне

мислення. Учень повинен побачити проблему і з'ясувати план її розв'язання. Тут допомогу потрібно надавати в індивідуальному порядку. У залежності від характеру затруднення і від глибини розуміння учнем проблеми допомога може виражатися в наступних формах:

- навідне запитання;
- стимулююча задача;
- підказки;
- пряма вказівка на виконання необхідної дії.

Нами скомпонована навчаюча комп'ютерна програма (назвемо її КОПР) тренажерного типу та складені конкретні задачі до неї. Ця програма передбачає спілкування з учнем у діалоговому режимі. Вона може бути використана при вивченні будь-якої теми будь-якого навчального предмету. При цьому можлива зміна схеми виставлення оцінок залежно від кількості підказок та від кількості додаткових запитань, включених у програму, їх складності та трудності.

Згідно блок-схеми, поданої рисунком 2.10, у програму вводиться:

- текст теоретичних відомостей;
- ілюстративний матеріал до теоретичних відомостей;
- текст задачі;
- відповідь;
- підказка 1;
- підказка 2;
- текст додаткового питання 1;
- текст додаткового питання 2;
- текст домашнього завдання.

Учневі програмою надається дозована індивідуальна допомога та виставляється оцінка.

Розглянемо функціонування програми КОПР при розв'язуванні складеної нами задачі з теми "Ізотермічний процес в ідеальному газі".

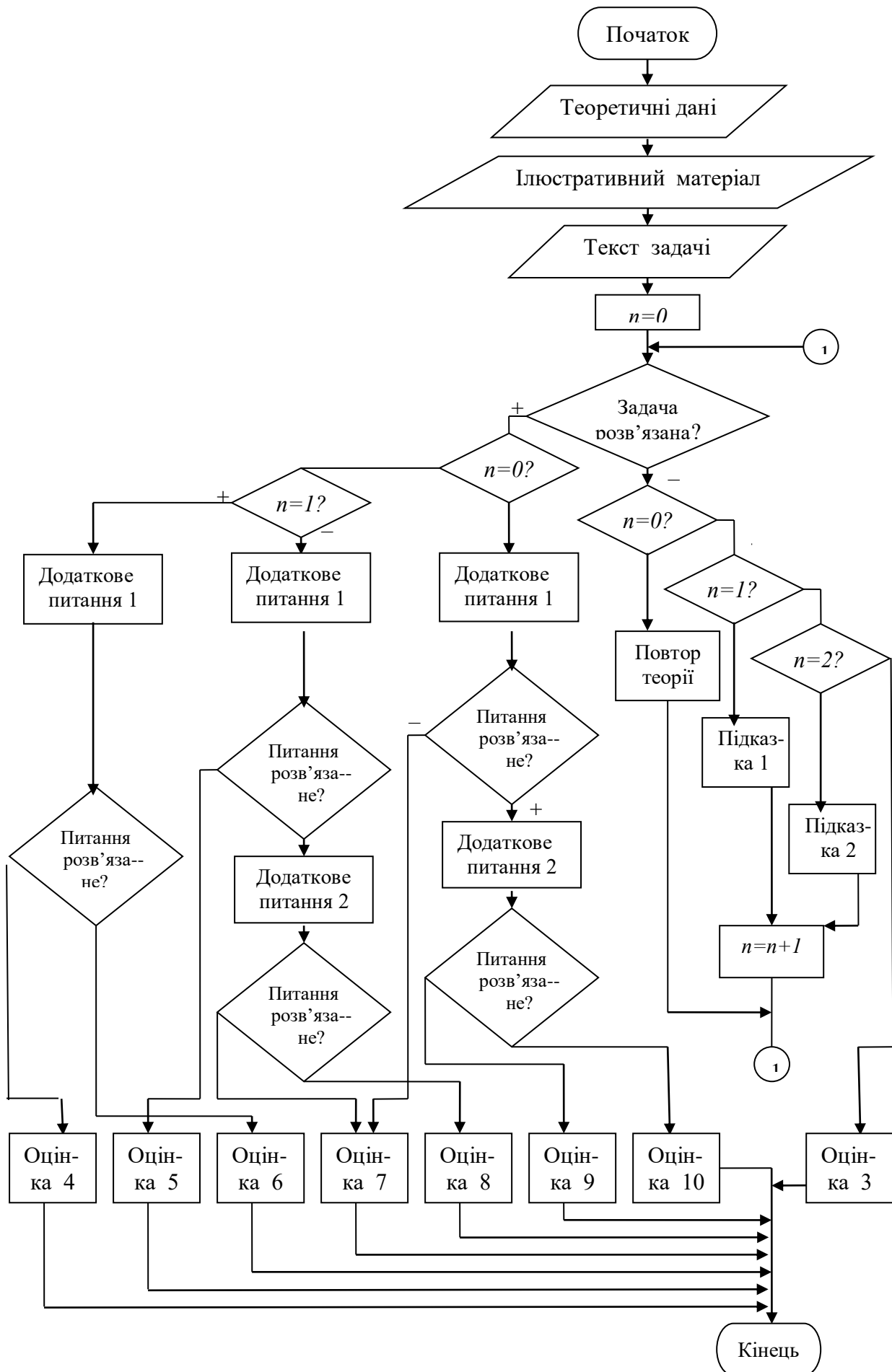


Рис. 2.10. Блок-схема навчаючої комп'ютерної програми

Домагаючись більш повного осмислення учнем даного питання, ми в розробці поставили конкретну проблему: встановлення у свідомості учня логічних зв'язків між формою графіка ізотермічного процесу і нюансами змісту цього процесу.

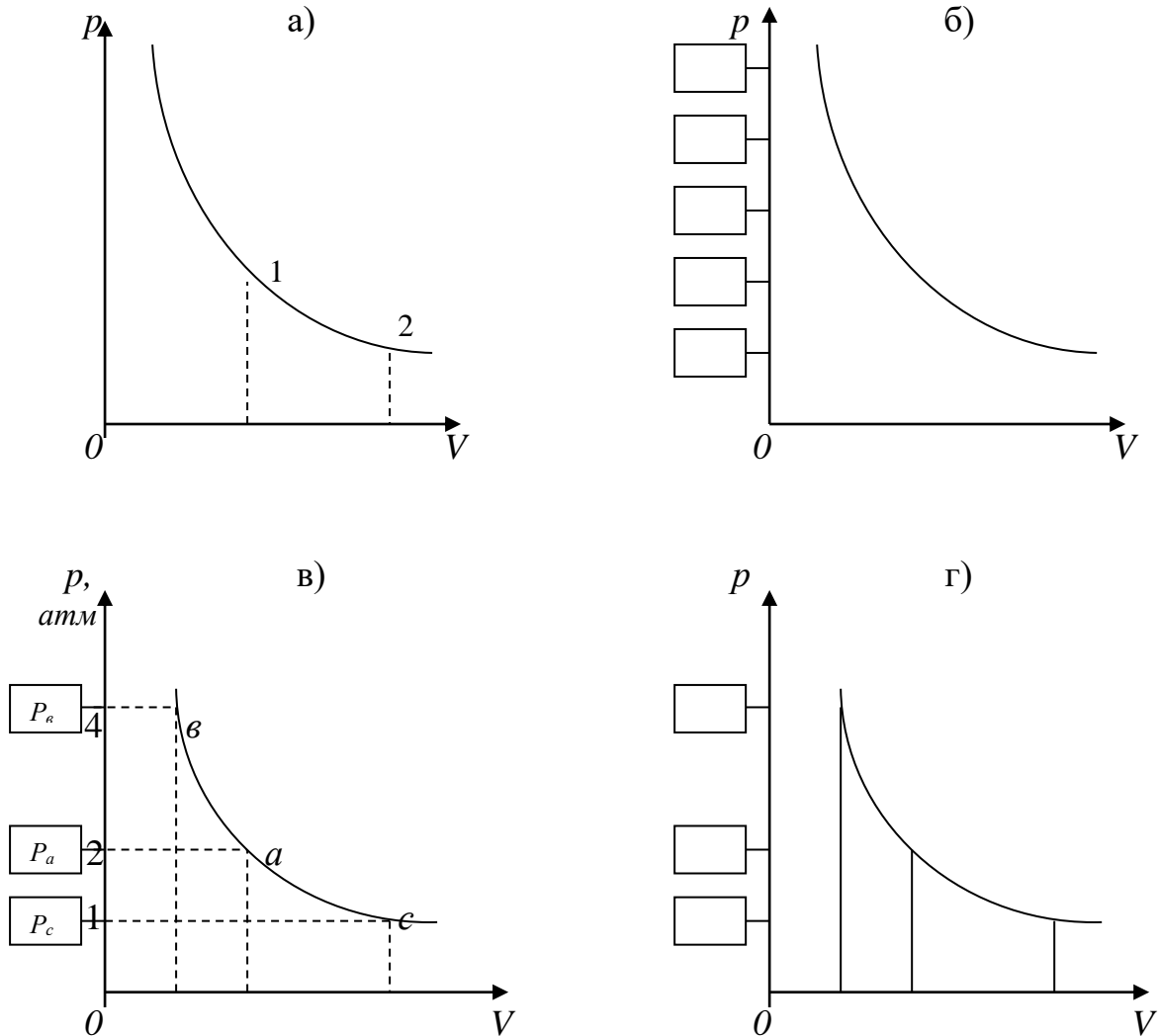


Рис.2.11. Графічний матеріал до розв'язування задачі з теми "Ізотермічний процес в ідеальному газі" за допомогою КОПР:

- а) ілюстрація до теоретичної частини;
- б) ілюстрація до запитання задачі;
- в) відповідь;
- г) підказка 2.

Зміст задачі полягає у наступному. Ідеальний газ, кількість якого незмінна, в ізотермічному процесі $abca$ виконує на відрізках ac та ba однакову роботу. Відомо, що при цьому модулі різниць тисків становлять

$$|p_a - p_c| = 1 \text{ атм},$$

$$|p_b - p_c| = 3 \text{ атм},$$

$$|p_a - p_b| = 2 \text{ атм}.$$

Треба в системі координат OVp (рис. 2.11, б) показати розміщення значень p_a, p_b, p_c на осі Op та станів a, b, c на ізотермі.

Відповідь до задачі вводиться в програму рисунком 2.11, в.

У теоретичній частині, яка вводиться в програму, підкреслюється, що в системі координат OVp (рис.2.11,а) ізотермічний процес зображається відрізком гіперболи (при сталій кількості газу). Площа криволінійної трапеції під відрізком 1-2 гіперболи чисельно дорівнює виконаній газом роботі A_{1-2} .

В якості підтексту рисунком подається така ідея: форма криволінійної трапеції, яка відображає виконану роботу, залежить від значення ординати, скажімо, найвищої точки цієї трапеції. Звідси напрошується висновок фізичного змісту, важливий для теплотехніки: в ізотермічному процесі при виконанні газом однакових порцій роботи втрати тиску неоднакові і залежать від початкових і кінцевих значень тиску, тобто від розміщення цих значень на осі ординат Op .

Усвідомлення наявності цієї залежності повинно відбуватися в ході розв'язування задачі самостійно або з передбаченою в програмі допомогою.

При первинному затрудненні учень може повторно викликати на екран комп'ютера теоретичні відомості. Це не знижує оцінку, бо не надана додаткова інформація.

Якщо ж рівень розуміння теоретичних закономірностей виявився достатнім, а учень все ще не може розв'язати задачу, то дається підказка 1 – на екрані комп'ютера висвічуються рівності, взяті з умови задачі, але без знаків абсолютної величини: $p_a - p_c = 1 \text{ атм}$, $p_b - p_c = 3 \text{ атм}$, $p_b - p_a = 2 \text{ атм}$. У випадку, якщо в учня все ще не виникла установка на ретельний аналіз числових даних (задача залишається не розв'язаною), дається підказка 2 – на екрані висвічується рисунок 2.11, г – відмітка місць для запису значень тиску. Графічне зображення допомагає навіть слабо підготовленому учневі інтуїтивно виявити зв'язок між розміщенням чисел – відміток тиску – та приростами тиску.

Не кожен учень, який одержав правильну відповідь, повністю усвідомив використаний ним принцип, бо включалося його дивергентне, інтуїтивне

мислення. Це дуже ймовірно, бо учень у незначній мірі відчуває залежність від комп'ютера, і майже відсутня боязкість допустити похибку. Але далі повинне включитися конвергентне, аналітичне мислення — перевірка правильності відповіді.

Учням, які розв'язали задачу, пропонуються додаткові запитання з метою перевірки глибини розуміння матеріалу. Додаткове запитання 1: При $T = \text{const}$ у процесі ac маємо більшу чи меншу зміну об'єму, ніж у процесі ba ? Додаткове запитання 2: При $T = \text{const}$ у процесі ac маємо більшу чи меншу висоту (ΔV) криволінійної трапеції, ніж у процесі ba ?

Оцінку пропонуємо ставити в межах від "3" до "10", враховуючи право учня на помилку і фактор інтуїції.

Далі на екрані висвічується запитання, що пропонується для домашнього завдання: Як впливає на відповідь розглянутої задачі значення виконаної газом роботи, та скільки розв'язків має ця задача ? Чи є значення p_a середнім геометричним значень p_b і p_c ? Чи пам'ятаєте Ви способи побудови середнього геометричного з курсу геометрії? Які ще запитання Ви можете поставити до розглянутої умови задачі (на конкурс)?

Учні, які успішно розв'язали задачу, розкривши її підтекст, збагнули, що зробили відкриття (хоч і суб'єктивне), і воно збагатить знання з фізики, математики тощо. Отже, навчаюча комп'ютерна програма - це вагомий засіб реалізації інтеграції знань та активізації навчального процесу.

Сучасна комп'ютерна техніка може бути використана при проведенні фізичного експерименту на всіх його етапах, що дає:

- високу точність та достовірність результатів, оскільки програмні засоби надають можливості застосувати методи, що знижують похибки під час заокруглень;
- зменшення часу обробки та систематизації даних;
- скорочення кількості складних та унікальних приладів.

Зауважимо ще, що у практиці підготовки і проведення різних форм навчальних занять ми передавали комп'ютеру функції настільної електронної

друкарні. Так, з метою індивідуалізації навчального процесу ми тиражували бланки анкет і розробки тестів, спрямованих на визначення рівнів ряду психологічних характеристик учня, що описані в п.2.2, тексти завдань для виконання вправ, самостійних і контрольних робіт та ряд розробок теоретичного матеріалу для вчителів та учнів – учасників запропонованого нами експерименту, про що йтиметься в п.2.4. Записи виконувалися на папері і на таких машинних носіях, як дискети чи компакт-диски.

Доцільним виявилось використання комп'ютера в оформленні і випуску декількох номерів внутрішкільного журналу "Юний фізик", де друкувалися конкурсні творчі роботи учнів:

- складені задачі та їх розв'язки;
- зображення ряду спостережуваних фізичних явищ: затемнення Сонця (11.08.1999 р.), заломлення і відбивання світла, блискавка, ЛЕП тощо (малюнки, креслення, фотографії);
- репортажі з проведення дидактичних ігор, конкурсів, вікторин;
- повідомлення про саморобні прилади;
- вірші (складені учнями і вчителем) (Додаток О).

Переглядаючи вдома такий журнал, учень вдається до мимовільного пригадування описаного фактичного матеріалу, що приводить до зміцнення знань та збільшення ймовірності принагідного їх використання.

У підсумку можна сказати наступне.

1. Якщо ми прагнемо, щоб навчальна інформація, яка надається учневі все в більшій кількості, перетворювалась в інтегративні знання, то ми повинні всіляко покращувати якість подачі цієї інформації, в тому числі шляхом кваліфікованого впровадження в навчальний процес сучасних технічних і програмних засобів.

2. Завдяки новітнім комп'ютерним технологіям навчальний процес значно інтенсифікується, набуває більш високого рівня якості. Це досягається за рахунок таких чинників, як:

- змістовна подача навчального матеріалу з відеопоказом реальних об'єктів

(процесів), що вивчаються, чи їх імітації зі словесним, графічним та символічним супроводом;

- програмоване формування ЗУН; покрокове розв'язування завдань;
- можливість самостійного вибору завдань доступного рівня складності та труднощі;
- можливість відшукати потрібну довідкову інформацію, використовувати типові функціональні залежності, моделювати потрібні композиції з відповідних елементів;
- можливість об'єктивного контролю та самоконтролю знань з діагностикою пробілів у знаннях і навичках тощо.

3. У процесі реалізації національної програми інформатизації загальноосвітніх навчальних закладів учитель будь-якого фаху повинен володіти комп'ютером як засобом практичної діяльності та передавати цей досвід учням.

4. На сьогодні тривалість використання комп'ютерної техніки на уроках фізики, на жаль, обмежується санітарно-гігієнічними нормами. Кількість уроків, на яких планується користування комп'ютерною технікою, повинна становити менше третини від загальної кількості уроків фізики.

5. За багатьма прогнозами традиційні технології навчання з часом будуть поступатися комп'ютерно-дистанційним технологіям. Інтернет претендує на роль основного освітнього середовища. Його всесвітня павутина (*WWW - Word Wide Web*) – прекрасний інструмент для створення навчальних середовищ. Інформація подається, в основному, як поєднання тексту і графіки. По павутині можна подорожувати. Документи в ній - це Web-сторінки. Зараз в Інтернеті є десятки мільйонів сайтів або вузлів. Знайти потрібну інформацію можна за її ключовими словами.

6. Але учні, в тому числі і старшокласники, потребують і завжди потребуватимуть людського спілкування, живого слова вчителя, який спроможний створити позитивний емоційний фон і через фасцинацію передати їм знання та частку своєї душі.

2.4 Розробка й упровадження в навчально-виховний процес дидактичних матеріалів з інтеграції знань учнів

У педагогічній літературі питанню вдосконалення існуючих методів, форм і засобів навчання у контексті формування творчого мислення учнів присвячена велика кількість досліджень та розробок. На деяких з них ми акцентували увагу у підрозділах 2.1 і 2.2 дисертації, висловлюючи свої пропозиції та доповнення.

Тепер зупинимось на питаннях авторської розробки й упровадження в навчально-виховний процес комплекту теоретичних і методичних матеріалів з інтеграції знань учнів з фізики і математики, спрямованих на розширення і поглиблення змісту базових знань з фізики і математики та урізноманітнення форм навчальної діяльності як чинників формування творчого мислення старшокласників. До комплекту входить:

- метод гіперболічного параболоїда (обґрунтування доцільності; теоретичні основи; рекомендації з виготовлення моделей; методика впровадження в навчально-виховний процес; узагальнюючий театралізований урок “Відкриття на зіткненні двох наук”);

- узагальнюючі таблиці (для подальшої обробки учнями);

- блок багатоваріантних завдань для довготривалої самостійної роботи з кінематики та розробка дидактичної гри на подвір'ї “Падаючі кульки” (з використанням рухомих графіків та електромагнітних пристроїв);

- блок багатоваріантних завдань для самостійної роботи з динаміки;

- блок багатоваріантних завдань для самостійної роботи з молекулярно-кінетичної теорії і термодинаміки; розробка навчаючої комп'ютерної програми з вивчення ізотермічного процесу в ідеальному газі;

- з досвіду інтеграції знань з фізики і математики у позаурочній роботі.

Розглянемо складові цього комплекту докладніше.

Метод гіперболічного параболоїда Стосовно впровадження методу гіперболічного параболоїда розглянемо суть проблеми та можливість її розв'язання.

Серед формул фізичних процесів, що вивчаються у шкільному курсі фізики, є 40% таких, що описуються рівнянням виду $z=xy$ чи $z=kxy$ ($s=vt$, $v=at$, $N=Fv$, $U=IR$ і т.п. – 32 формули з 80). Такий об'єктивно існуючий клас фізичних процесів правомірно потребує графічного зображення у тривимірному просторі. У цьому ми вбачаємо важливу методологічну проблему.

В існуючих підручниках фізики (шкільних і не тільки) є лише спроби зображати окремі фізичні процеси цього класу множинами площинних графіків виду, що на рис. 2.13, а, б, в.

Можливості методу площинних графіків є обмеженими. Особливо це відчувається при виконанні вправ на перетворення графіків ізопроцесів в ідеальному газі, тобто їх побудову в різних можливих площинних системах координат.

Як стверджують ейдетичні методики навчання [54], [71], [170], мозок людини не може належним чином сприйняти ту чи іншу уривчасту інформацію, доки не буде віднайдено доповнення цієї інформації до деякого повного образу.

У цій ситуації якраз графічне зображення процесів даного виду саме у тривимірному просторі і є недостаючою ланкою у тому ланцюжку асоціацій, який формує повний образ об'єкта вивчення, що приводить до системи знань.

Додамо, що проблема зображення у тривимірному просторі графіків окремих фізичних процесів розв'язувалась у публікаціях Д. Томсона (1872 р.) та Д. Гіббса (1873 р.) [56, с. 536], але розглядувані ними термодинамічні процеси не належать до означеного вище класу.

Ще відмітимо, що у підручнику “Технічна термодинаміка” В.І. Крутова [126, с. 11] робиться спроба для термодинамічної рівноважної системи зобразити просторовий графік залежності абсолютної температури від тиску та об'єму (рис.2.12), але цю спробу, на нашу думку, не можна назвати вдалою.

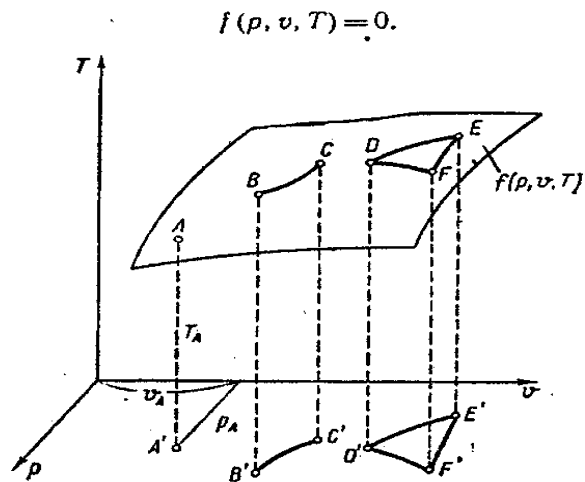


Рис.2.12. Термодинамічна поверхня в системі координат V - p - T
за В.І. Крутовим

Якщо звернутись до аналітичної геометрії і проаналізувати просторові об'єкти її вивчення, то можна бачити, що тільки один з цих об'єктів – гіперболічний параболоїд у найпростішому виді – може бути описаний рівнянням $z=xy$. Гіперболічний параболоїд – це поверхня, на якій одночасно розміщуються прямі, гіперболи і параболи.

У пошуках прикладів застосування гіперболічного параболоїда раптом виникла думка, що рівняння $z = xy$ є узагальненою формулою таблиці множення, її розширенням на множину дійсних чисел. А на цій основі з'являється можливість розв'язання такої проблеми, як доступність введення поняття гіперболічного параболоїда у шкільний курс фізики і математики! Далі нам відкрилась можливість зображення гіперболічного параболоїда в іншому варіанті (рис.1.6, з, и), що має ряд переваг порівняно з варіантами зображень, які подані у ряді підручників з аналітичної геометрії (рис.1.6, а, б, в, г, д, е, є, ж) і є складнішими як для сприйняття, так і для побудови.

Тепер, коли встановлено існування зв'язку між означеним класом фізичних формул і рівнянням гіперболічного параболоїда у найпростішому виді та віднайдено нові варіанти його зображення, що дозволяють точну побудову на ньому будь-яких точок чи ліній, можемо стверджувати, що віднайдено єдиний ключ для розв'язання сформульованої вище важливої методологічної проблеми.

Стосовно доцільності введення гіперболічного параболоїда у шкільний курс фізики і математики проводилось анкетування (на початку і в кінці навчального року) вчителів Томаківського району Дніпропетровської області (16 осіб). При першому анкетуванні позитивних відповідей не було. При повторному анкетуванні, що проводилось після вивчення у десятих класах законів ідеального газу і законів електродинаміки із застосуванням методу гіперболічного параболоїда за нашими методичними розробками, відповіді на це ж питання анкети були майже стовідсотково схвальними, що свідчить про високу ефективність цього методу та відсутність небажаних ефектів стосовно ЗУН учнів.

Той факт, що при першому анкетуванні з питання доцільності введення гіперболічного параболоїда в шкільний курс фізики і математики вчителі не дали схвальних відповідей, легко пояснити наступним. У вузівському курсі аналітичної геометрії рівняння гіперболічного параболоїда зазвичай вводилось дедуктивним методом – як частковий випадок рівняння поверхні другого порядку

$$AX^2 + BY^2 + CZ^2 + DXV + EVZ + FXZ + GX + HY + KZ + L = 0,$$

а саме:
$$\frac{X^2}{a^2} - \frac{Y^2}{b^2} = Z.$$

Поверхня, що описується таким рівнянням, і називається гіперболічний параболоїдом, має вигляд необмеженого сідла.

Щоб одержати найпростіший випадок рівняння гіперболічного параболоїда $z=x$ у , треба виконати перетворення, подані в підрозділі 1.2 (з використанням формул (1.4) повороту осей координат при $a=v=\sqrt{2}$).

Теоретичним абстракціям гіперболічного параболоїда ми надаємо статус *методу* на тій підставі, що вони застосовуються для опису і дослідження ряду фізичних процесів. А з теорії пізнання відомо, що коли певна теорія виконує методологічну функцію, вона стає методом. “Метод є сама теорія, але приведена в дію”, - стверджує М. Стефанов, болгарський філософ [240, с. 251]. “Вибір методу пізнання – один із проявів творчості дослідника, вміння

використати досвід свій та своїх попередників у конкретних умовах”, – підкреслює І.Д. Андреев [9, с. 55].

Як показав проведений нами експеримент, процес ознайомлення старшокласників з гіперболічним параболоїдом як геометричною фігурою та як методом розв’язування типових задач є цілком доступним та доцільним і має включати наступні три *етапи*.

1. *Етап узагальнення знань з математики* про графіки прямої та оберненої пропорційної залежностей $y=kx$, $y = \frac{k}{x}$ (а в окремих випадках – і квадратичної залежності $y=x^2$), зведення графіків виду $z=xy_1$, $z=x_1y$, $y = \frac{z_1}{x}$, де x_1 , y_1 , z_1 – фіксовані значення змінних, у систему просторових графіків шляхом розміщення їх на гіперболічному параболоїді $z=xy$ (модель чи

рис.2.13), (маємо $\begin{cases} z = xy \\ z = x_1y \\ z = xy_1 \\ y = \frac{z_1}{x} \end{cases}$ – її аналітичний вираз);

залучення учнів до виготовлення різновидів моделей гіперболічного параболоїда та ізоліній на ньому.

2. *Етап узагальнення знань з тієї чи іншої теми курсу фізики* про площинні графіки виду $z=xy$ (наприклад, $s=vt$) та зведення цих графіків у систему просторових графіків, тобто розміщення їх на гіперболічному параболоїді (у нашому прикладі – це система

$$\begin{cases} s = vt \\ \begin{cases} s = v_1t \\ s = vt_1 \\ t = \frac{s_1}{v} \end{cases} \end{cases} ; \text{де } v_1, t_1, s_1 - \text{фіксовані значення змінних).}$$

3. *Етап формулювання правил методу гіперболічного параболоїда*, що застосовується у розв’язанні трьох різновидів проблем, а саме:.

1. Метод гіперболічного параболоїда у дослідженні площинних графіків залежностей між величинами виду $z=xy$, де одна з величин фіксована, полягає у наступному:

- якщо на одній з осей координат розміщена змінна величина z , то графіком даної залежності буде пряма лінія, причому її кут з віссю Oz буде тим менший, чим більшим буде значення фіксованого співмножника (рис. 2.13, а, б);

- якщо величина z фіксована, то графіком даної залежності буде гіпербола, причому її вершина буде тим далі від початку координат, чим більшим буде значення фіксованого z (рис. 2.13, в).

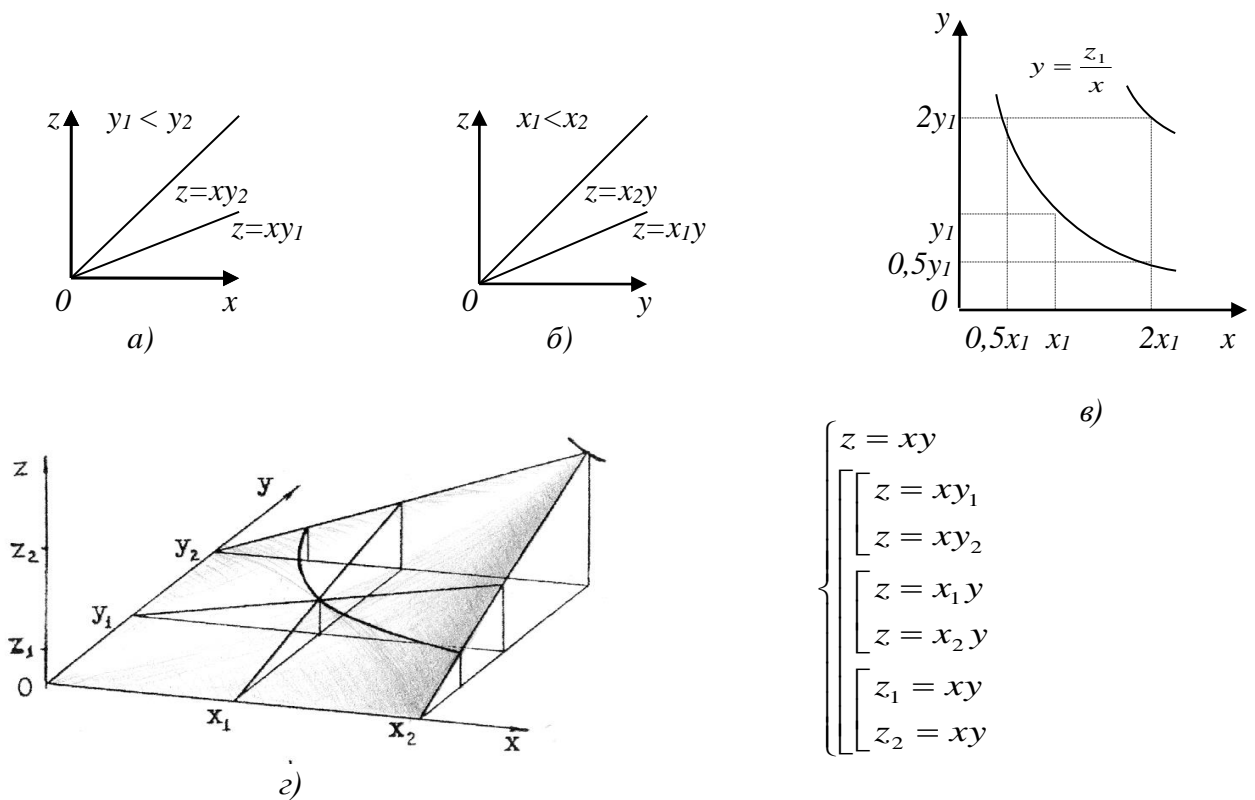


Рис.2.13. Графіки прямо пропорційної (а, б) та обернено пропорційної (в) залежностей; їх розміщення на гіперболічному параболоїді $z=xy$ у I октанті системи координат $Oxyz$ (г)

2. Метод гіперболічного параболоїда у розв’язанні фізичних задач на застосування залежності виду $z=kxy$ полягає у побудові (з поясненням)

просторового графіка відповідних процесів (на моделі гіперболічного параболоїда) до віднайдення відповіді.

3. Метод гіперболічного параболоїда у розв'язанні фізичних задач на перетворення площинних графіків залежностей виду $z=kxy$ полягає у побудові відповідного просторового графіка та його проекції на потрібну координатну площину.

Зауважимо, що вищевказані етапи у навчальному процесі виокремлювати не обов'язково.

Виходячи з того, що гіперболічний параболоїд є значним ступенем інтеграції знань, ми вважаємо за необхідне розробку і виготовлення різновидів цільових моделей, точок та ліній на ньому (рис.2.14). Наведемо деякі рекомендації.

1. Кожна модель має розміщуватись на такій підставці, де на двох суміжних її гранях фіксуються зйомні горизонтальні координатні осі, їх назви, розмірності і шкали, потрібні в ситуації даної задачі. У нашому варіанті це зображено на одному аркуші паперу на відгинах країв. З підставкою жорстко кріпиться вертикальна вісь (вісь аплікату), наприклад, з дроту, на якій розміщують зйомну полосу з назвою осі, розмірністю і шкалою (можна кріпити як прапорець).

2. Просторова модель фрагменту таблиці множення (таблиці Піфагора) на множині додатних цілих чисел – виготовляється з кульок-намистинок, надітих на спиці, верхні точки верхніх кульок лежать на відповідному гіперболічному параболоїді (рис.2.14, а);

3. Просторова модель фрагменту таблиці множення на множині цілих чисел – виготовляється зі спиць (рис.2.14, г);

4. Просторова модель фрагменту таблиці множення на множині дійсних чисел, що є гіперболічним параболоїдом $z=xy$ – виготовлена з пап'є-маше (рис.2.14, д); якщо його перерізати горизонтальною площиною $z=z_1$, то одержимо лінію рівня – гіперболу $z_1=xy$, тобто $y = \frac{z_1}{x}$ (рис.2.14, е).

5. Просторова модель графіків прямої пропорційної залежності $z=xy_1$, $z=xy_2$, $z=xy_3$ – прямих ліній з кутовими коефіцієнтами y_1 , $y_2=2y_1$, $y_3=3y_1$ відносно осі Ox – виготовляється з різнокольорового дроту; ці лінії лежать на відповідному гіперболічному параболоїді (рис.2.14, б) і можуть слугувати основою для виготовлення моделі з пап'є-маше.

Макет з пінопласту як тіло, обмежене зверху гіперболічним параболоїдом, з боків – вертикальними площинами $x=x_1$, $y=y_1$, знизу – площиною $z=0$ (рис.2.14, в). Такий макет знаходить застосування при вивченні майже всього класу процесів, що описуються рівнянням виду $z=kxy$.

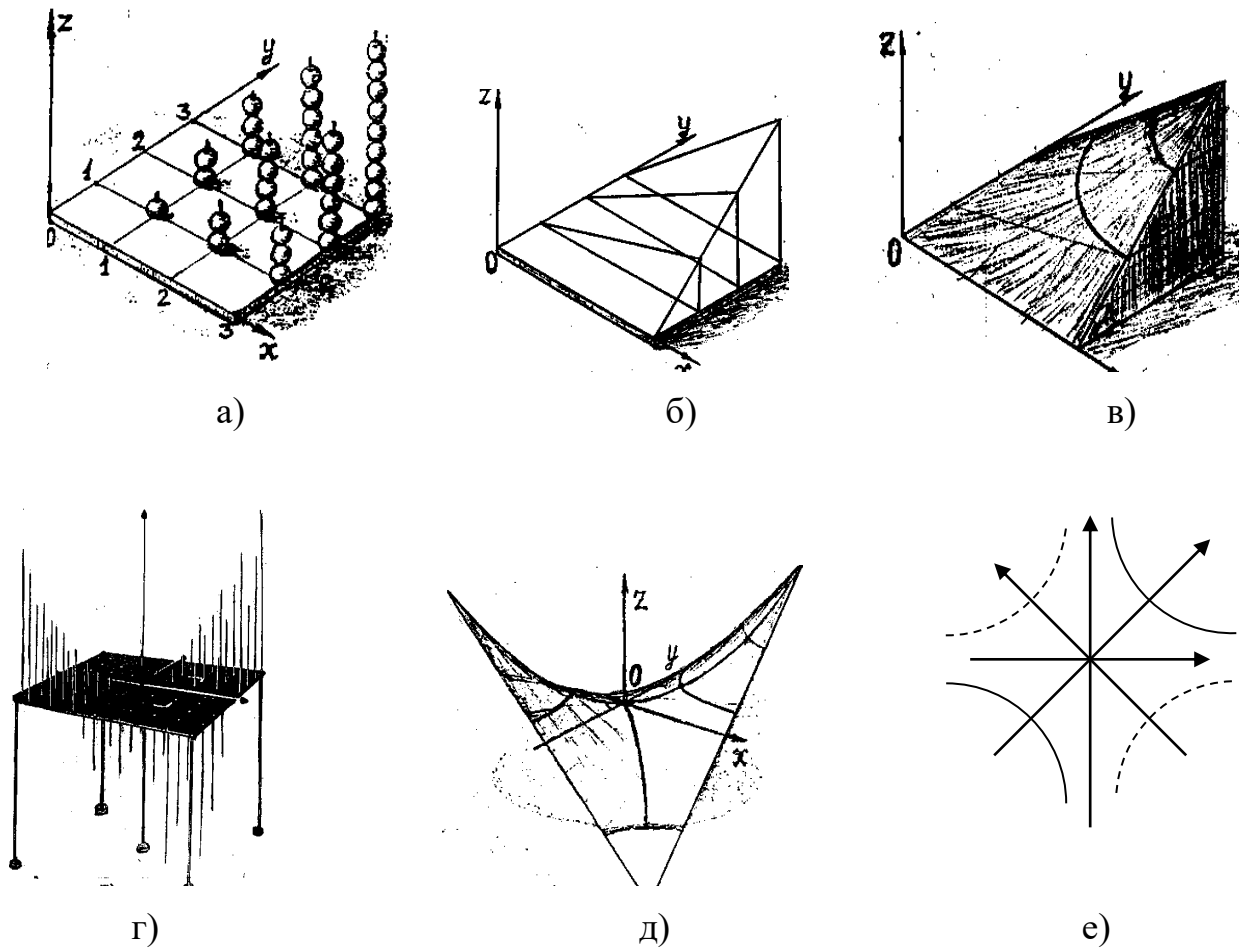


Рис.2.14. Просторові моделі гіперболічного параболоїда, його характерних ліній і точок

До винятків відносяться процеси в ідеальному газі, де не досягаються нульові значення параметрів стану. Тому тут доречно використовувати верхню частину цього макету, зрізану горизонтальними площинами $z=z_1$ (рис.2.15, а, б).



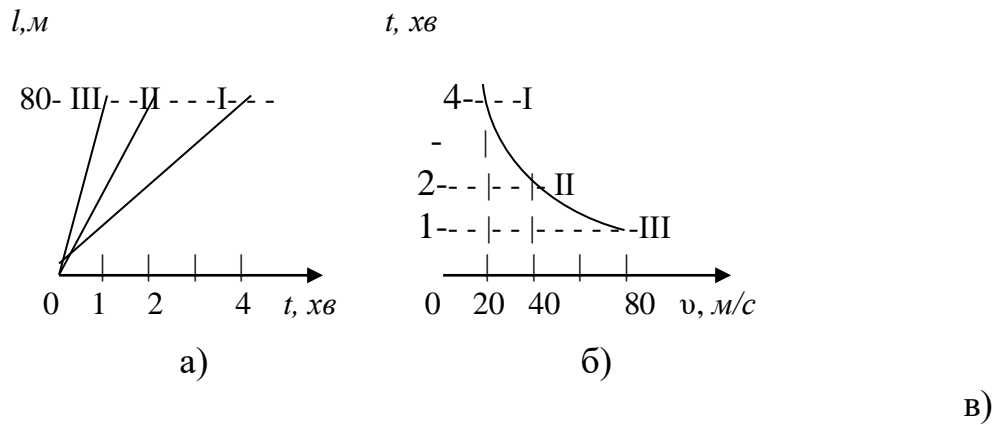


Рис. 2.15. Залежність між t , l , V при рівномірному прямолінійному русі

Такий макет знаходить застосування при вивченні майже всього класу процесів, що описуються рівнянням виду $z=kxy$. До винятків відносяться процеси в ідеальному газі, де не досягаються нульові значення параметрів стану. Тому тут доречно використовувати верхню частину цього макету, зрізану горизонтальною площиною $z=z_l$ (рис.2.15, а, б).

Макет частини гіперболічного параболоїда – це засіб для графічного зображення типових фізичних (і не тільки) процесів у тривимірному просторі або проекцій їх просторових графіків на координатні площини. Така модель є оглядовою зі всіма властивостями відразу. Часова послідовність станів у ній замінюється просторовою розгорткою. Можна сказати, що модель гіперболічного параболоїда – це засіб фіксації зв'язків між окремими площинними графіками типового фізичного процесу.

Як показали спостереження, при використанні в навчальному процесі цієї чи іншої моделі гіперболічного параболоїда, по-перше, змінюється стиль роботи учнів:

- включаються елементи естетичного сприйняття;
- посилюється емоційність навчання;
- у посильне обдумування завдання включаються всі учні класу;
- темп роботи ущільнюється.

По-друге, при роботі з моделлю гіперболічного параболоїда як засобом передачі і перетворення інформації спрацьовує не чуттєве пізнання, а мислення, змінюється і характер розумової діяльності учнів:

- зменшується навантаження на пам'ять;
- збільшується об'єм формально-логічного мислення;
- гармонійно поєднуються абстрактне мислення і конкретне втілення теоретичних висновків при перенесенні знань з моделі на оригінал;
- відбувається перенесення знань з моделі на оригінал;
- здійснюється вироблення навичок через усвідомлення матеріалу, а не через заучування;
- стимулюється пізнавальна активність, розвиток уяви і пам'яті.

В експериментальних класах кожен учень був залучений до виготовлення тієї чи іншої моделі гіперболічного параболоїда, що сприяло виробленню довольної уваги та вольових якостей, формуванню продуктивного стилю мислення.

Поняття гіперболічного параболоїда бажано вводити в шкільний курс фізики і математики паралельно. Але можна це робити й окремо.

В експериментальних дев'ятих класах на уроках математики поняття гіперболічного параболоїда вводилось за розробками, поданими нами в додатках Е.1 та Е.2. Розпочинали з побудови наступних площинних графіків:

1. У прямокутній декартовій системі координат Oxz будували графік таблиці множення “на 2” та графік прямої пропорційної залежності $z=2x$. Зауважували, що кутовий коефіцієнт цієї прямої $k=\operatorname{tg}\alpha=2$.

2. У прямокутній загальній декартовій системі координат Oxz (довжина одиничних векторів осей координат різні) будували графіки функцій $z=x$, $z=2x$, $z=4x$.

3. У просторовій прямокутній загальній декартовій системі координат будували сукупність графіків $z=xy$ при $y=1$, $y=2$, $y=4$, що становлять цілісну систему, а також графік $z=xy$ при $x=4$ та при $x=8$, що є гіперболами, та графік $z=xy$ при $x=y$, що є параболою. З цього з'ясувалось, чому поверхня $z=xy$, на якій лежать ці лінії, має назву гіперболічний параболоїд.

На закріплення поданого матеріалу пропонувались вправи (додаток Е.2). Це вправи наступного спрямування:

- на основі поданих графіків потрібно в наведених формулах заповнити пропущені місця, ставлячи відповідні знаки, символи чи значення величин;

- побудувати гіперболу $z = \frac{4}{x}$ у заданих різних системах координат – у прямокутній декартовій та у прямокутній загальній декартовій, – і порівняти ці графіки;

- визначити, чи є правильними наведені висновки про властивості прямої пропорційної та оберненої пропорційної залежностей між двома величинами. Наводимо ці висновки у короткому формулюванні.

Висновок 1. Чим більше значення кутового коефіцієнта k прямої $z=kx$, тим більший кут її з віссю Ox і, отже, тим менший кут її з віссю Oz .

Висновок 2. Чим більший параметр k гіперболи $y = \frac{k}{x}$, тим більша дійсна піввісь цієї гіперболи.

Висновок 3. Більшому значенню сталого співмножника у добутку $z=xу$ відповідає менше значення кута відповідної прямої з віссю Oz .

Висновок 4. Чим більшим буде значення добутку $z=xу$, тим більшою буде дійсна піввісь відповідної гіперболи – лінії рівня.

На уроках фізики у 9-х класах ми розпочинали формування поняття та методу гіперболічного параболоїда у процесі розв'язування кількісних задач з механіки і при цьому виходили на його моделі типу зображених на рисунках 2.15, б, в.

Задача 1 (*рівномірний прямолінійний рух*). Відстань від автобусної зупинки до школи 80 м. Першокласники її проходять приблизно за 4 хв, другокласники – за 2 хв, третьокласники – за 1 хв.

Вважаючи рух школярів рівномірним, побудувати:

- систему графіків залежності шляху руху від часу руху учнів;
- графік залежності між швидкістю і часом проходження заданої відстані.

Для побудови графіків рекомендуємо учням заповнити розрахункову таблицю:

$l = 80 \text{ м}$			$l = v t$
$t_1 = 4 \text{ хв}$	$v_1 = l/t_1$	$v_1 = 80 \text{ м} / 4 \text{ хв} = 20 \text{ м/хв}$	$l = v_1 t \quad (\text{I})$
$t_2 = 2 \text{ хв}$	$v_2 = l/t_2$	$v_2 = 80 \text{ м} / 2 \text{ хв} = 40 \text{ м/хв}$	$l = v_2 t \quad (\text{II})$
$t_3 = 1 \text{ хв}$	$v_3 = l/t_3$	$v_3 = 80 \text{ м} / 1 \text{ хв} = 80 \text{ м/хв}$	$l = v_3 t \quad (\text{III})$

Оглянувши таблиці та графіки в зошитах учнів, констатуємо, що відповіді зводяться до побудови рисунків, які демонструємо на плакаті (рис.2.15, а, б).

Далі ставимо запитання: “А що, як спробувати побудувати ці прямі та гіперболу у системі координат $otvl$, що є на плакаті (рис. 2.15, в)?” Перший відрізок виходитиме не з початку координат, а з точки $v_1=20\text{м/хв}$ на осі ov , другий – з точки $v_2=40 \text{ м/хв}$, третій – з точки $v_3=80 \text{ м/хв}$ цієї осі. Кожен з відрізків перпендикулярний до цієї осі.

Як виявляється, кінці цих відрізків лежать на плавній кривій – гіперболі! Ту поверхню, на якій лежать ці лінії (прямі та гіпербола), як і множини інших ліній, що описуються залежністю $l=vt$ (у даному випадку), називають гіперболічним параболоїдом.

Отже, на гіперболічному параболоїді можна віднайти будь-який графік процесу, що описується рівнянням $l=vt$. Користуючись цією поверхнею, можемо, скажімо, визначити швидкість руху ще учня, який витратив 3 хв на цей шлях 80 м, накресливши відповідні лінії на гіперболічному параболоїді. Для цього доцільно попередньо побудувати проекцію гіперболи на горизонтальну площину $l=0$. Ця проекція має назви “ізолінія”, “лінія рівня” та ін. Лінії рівня ми бачимо на картах з фізичної географії. Закінчити розв'язування задачі допоможе рисунок 2.16, а перевірити розв'язок допоможе рисунок 2.15,а.

Задача 2 (рівноприскорений прямолінійний рух). Гиря падає в колодязь. Побудувати систему просторових графіків швидкості падіння гирі в умовах Землі та в умовах сусідніх небесних тіл. Відповідні значення прискорення вільного падіння на небесних тілах наводяться в таблиці на рисунку 2.17; розв'язок задачі показаний на цьому ж рисунку. Усі шукані прямі лежать на гіперболічному параболоїді, рівняння якого $v=gt$. Підтвердженням тому є

пряма лінія $\begin{cases} t = 1c \\ v = g \cdot t \end{cases}$, яка перетинає кожен з побудованих прямих.

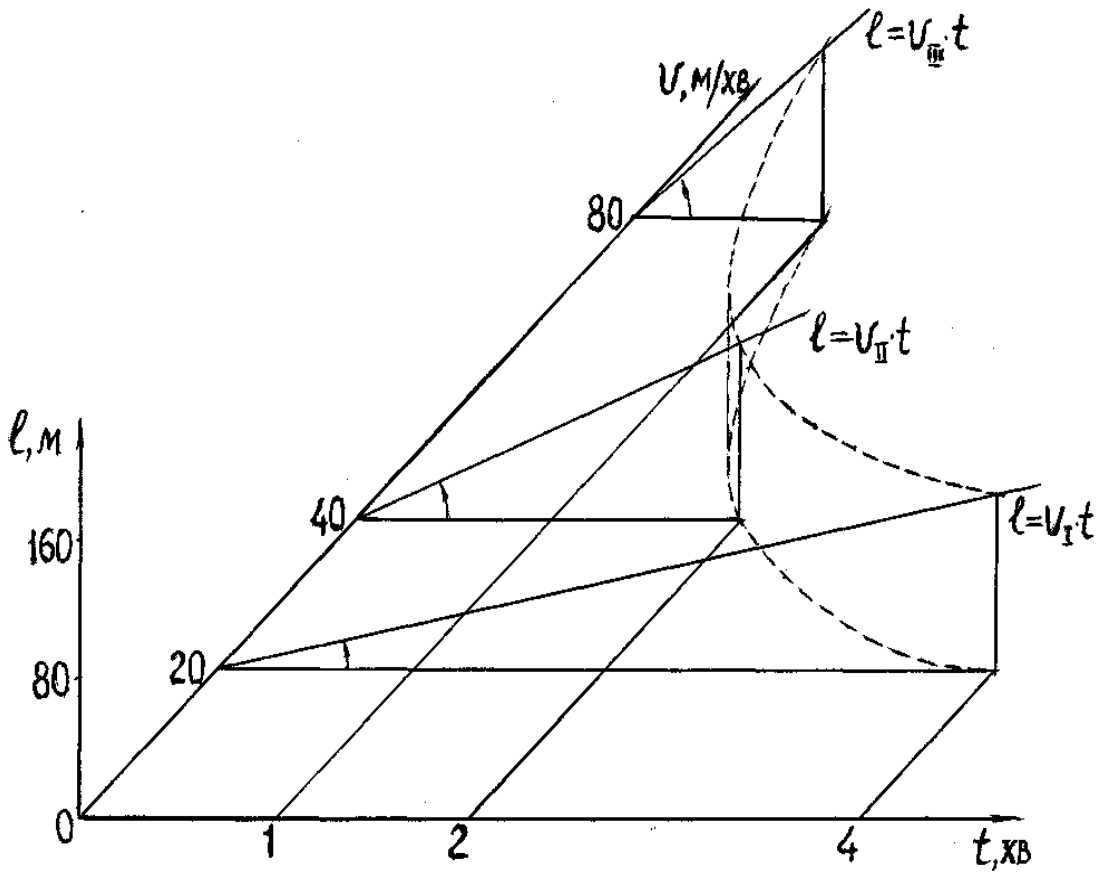
Задача 3 (динаміка). Яку потенціальну енергію має гиря масою $m = 1$ кг, що розміщена на висоті $h = 1$ м над поверхнею: а) Землі? б) Марса? в) Юпітера? Побудувати систему просторових графіків залежності потенціальної енергії E_n від висоти h розміщення кілограмової гирі для випадків а, б, в.

Задача 4 (видовження пружини). На скільки видовжиться пружина динамометра (з коефіцієнтом пружності $k_1 = 100$ Н/м) при піднятті гирі масою $m_1 = 1$ кг в умовах а) Землі? б) Марса? в) Юпітера? Побудувати систему просторових графіків залежності видовження x цієї пружини від маси m прикріпленої до неї гирі при піднятті її в умовах цих планет. Визначити, якою була б маса прикріпленої гирі, щоб розтяг пружини при її піднятті був $x_1 = 10$ см в умовах цих планет (розв'язати графічно, порівняти побудовані графіки з графіками задач 1, 2, 3 та з рис.2.18).

У курсі фізики 10 класу постає складніша проблема: площинні графіки ізопроцесів треба вміти не тільки будувати, а й перетворювати. Це стосується типових задач, сформульованих у багатьох збірниках, на перетворення графіків ізопроцесів в ідеальному газі (їх побудову в різних координатних площинах).

Задачі ставляться, а загальні правила їх виконання – не сформульовані. Дійсно, важко сформулювати правила, не маючи для цього основи. Але, як виявилось, такою основою слугує гіперболічний параболоїд!

Якщо фізичні процеси описуються формулою виду $z = xy$, то цикл трьох ізопроцесів зображається контуром частини відповідного гіперболічного параболоїда, обмеженої площинами $x = x_1$, $y = y_1$, $z = z_1$. Цей контур складається з відрізка гіперболи та двох прямолінійних відрізків. При цьому вирізняються два види контурів (а, отже, й циклів ізопроцесів): I вид - з випуклою стороною-гіперболою, якщо вона лежить ближче до початку координат, ніж інші сторони; II вид - зі ввігнутою стороною-гіперболою, якщо вона лежить далі від початку координат, ніж інші сторони. Приклади контурів I і II видів наведені на рис.2.19, а, б відповідно (у системі координат $0VpT$).



Таблиця даних для побудови графіків

Школярі, клас	Час руху до школи t, хв.	Швидкість v, м/хв
I	4	
II	2	
III	1	

Рис.2.16. Система графіків шляху школярів I, II, III класів від автобусної зупинки до школи (80 м)

Прискорення вільного падіння
на небесних тілах

Небесне тіло	$g, \text{ м/с}^2$
Місяць С	1,6
Марс М	3,7
Венера В	8,7
Земля З	9,8
Юпітер Ю	23,0

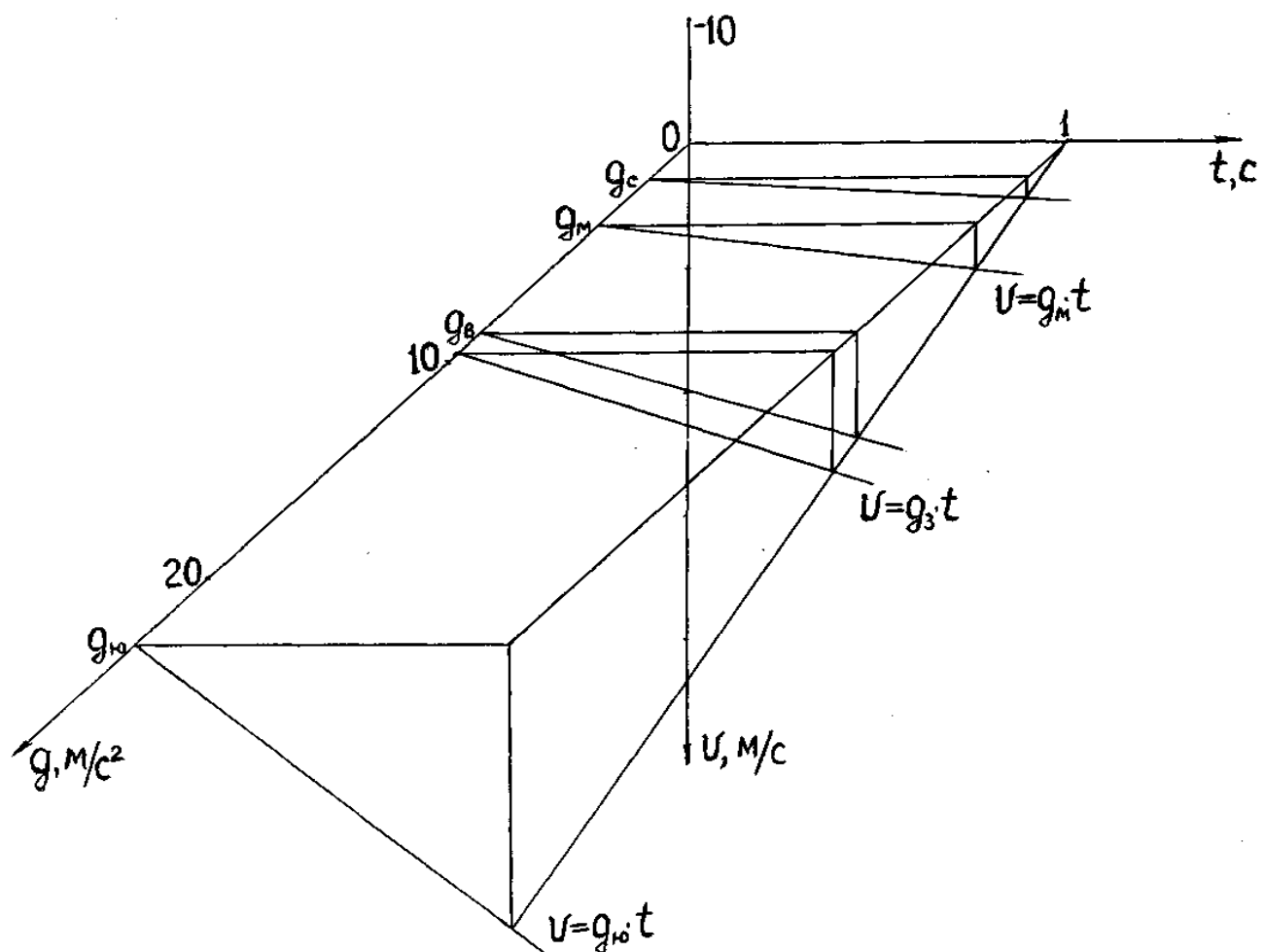
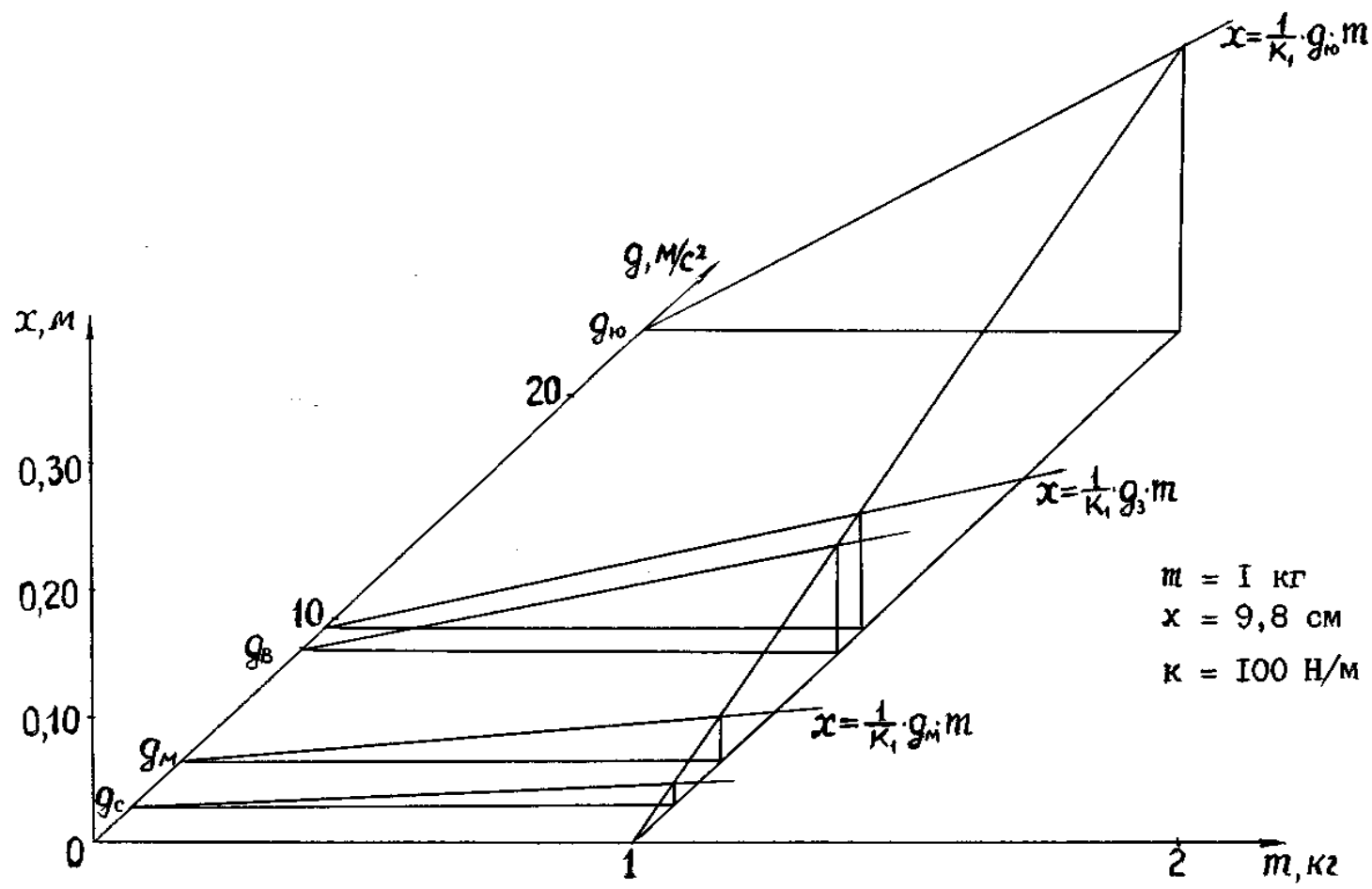


Рис.2.17. Система графіків швидкості U падіння гирі у колодязі Землі та сусідніх небесних тіл

*Прискорення
вільного падіння на
небесних тілах*



Небесне тіло	$g, m/s^2$
Місяць С	1,6
Марс М	3,7
Венера В	8,7
Земля З	9,8
Юпітер Ю	23,0

Рис.2.18. Система графіків розтягу x пружини динамометра гирею маси m на Землі та сусідніх небесних тілах

До процесу встановлення загальних правил побудови і перетворення площинних графіків ізопроцесів ми залуцаємо десятикласників. Спочатку пропонуємо проаналізувати зв'язки між моделлю контура I виду циклу ізопроцесів та проекціями цього контура на координатні площини - за плакатом (рис.2.19) та з використанням моделі (рис.13, в). Робляться наступні висновки:

1. Ізотермічний процес у контурі I виду відбувається за найнижчої в циклі температури. Тому віддаленість від початку координат ізотерми як сторони контура циклу буде найменшою, а протилежної їй вершини контуру – найбільшою.

2. На координатних площинах, що містять вісь OT (тобто при перетвореннях $OpT - OVT$) графіками циклу ізопроцесів є прямокутні трикутники (симетричні або майже симетричні відносно OT), їх гіпотенузи лежать на прямих, що проходять через початок координат, а самі трикутники розміщені віддаленіше від OT ; при цьому гіпотенуза одного трикутника перетворюється в катет іншого, паралельний OT , а катет-ізотерма залишається перпендикулярним до осі OT .

Далі аналогічно аналізуються перетворення графіків в інших парах площин.

Після обговорення внесених учнями пропозицій щодо змісту загальних правил побудови і перетворення графіків ізопроцесів та форми зведеної таблиці було вироблено наступну таблицю (табл.2.2).

Аналогічно можна подати закономірності побудови проекцій графіка II виду циклу ізопроцесів в ідеальному газі на координатні площини, замінивши в таблиці 2.2 слова “приближений до”, “віддалений від” словами відповідно “віддалений від”, “приближений до”. Ці закономірності підтверджуються рисунком 2.21.

Далі виконуються вправи типу наведеної нами в статті [196]. Це завдання наступного змісту.

У системі координат OVp задані параметри (V,p) станів А,В,С ідеального газу (кількість речовини ν - фіксована): А (3;8), В (6;4), С (6;8), де $[V] = 1 \text{ м}^3$;

$[p] = 1 \text{ атм} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Вважаючи AB , BC , CA ізопроцесами, треба побудувати графіка циклу $A-B-C-A$ в системах координат OVp , OpT , OTV .

Розв'язання.

1. Будуємо задані точки A , B , C на координатній площині OVp (рис.2.20,б) та з'єднуємо їх відрізками ліній, які імітують ізопроцеси в ідеальному газі:

- відрізок AB характерний тим, що добуток координат точки A дорівнює добутку координат точки B : $V_A p_A = V_B p_B$, що суттєво для ізотермічного процесу, тому AB – ізотерма – відрізок відповідної гіперболи;

- відрізок BC характерний тим, що $V_B = V_C = 6 \text{ м}^3$, що суттєво для ізохорного процесу, тому BC – ізохорна – відрізок прямої;

- відрізок CA характерний рівністю $p_C = p_A = 8 \text{ атм}$, що суттєво для ізобарного процесу, тому CA – ізобара – відрізок прямої.

Отримали прямокутний криволінійний трикутник ABC – графік циклу ізопроцесів $A-B-C-A$ у системі координат OVp .

2. Переходячи до побудови графіка на координатній площині OpT , зауважимо, що ми повинні вибрати одиничний вектор осі OT . Для цього доцільно провести умовну вісь температур (T) через точки A і C (див. рис. 2.20, б). Перенесемо T_A , T_B , T_C з осі (T) на вісь OT . Провівши відповідні ізобари та ізотерми, одержали шукані точки A_1 , B_1 , C_1 .

Контроль: пряма C_1B_1 повинна проходити через початок координат як носій ізохори.

3. Щоб виконати побудову трикутника $A_2B_2C_2$ на координатній площині OTV , проводимо ізотерми, а також ізохори, провівши циркулем допоміжні лінії зв'язку.

Контроль: пряма C_2A_2 повинна проходити через початок координат як носій ізобари.

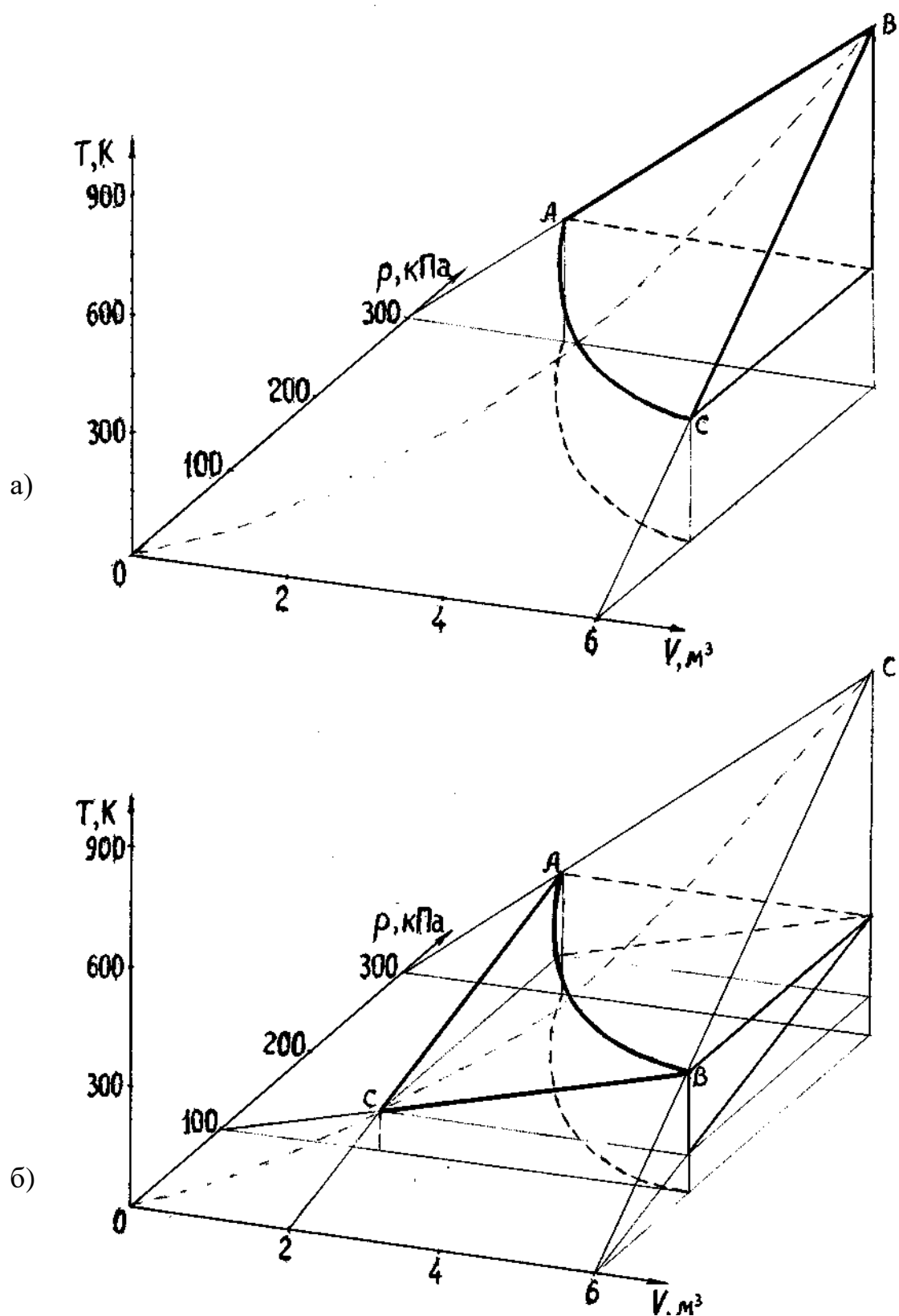


Рис.2.19. Зображення у просторовій системі координат $OVpT$ циклу $ABCA$ ізопроеесів в ідеальному газі (до додатку Ж.2)

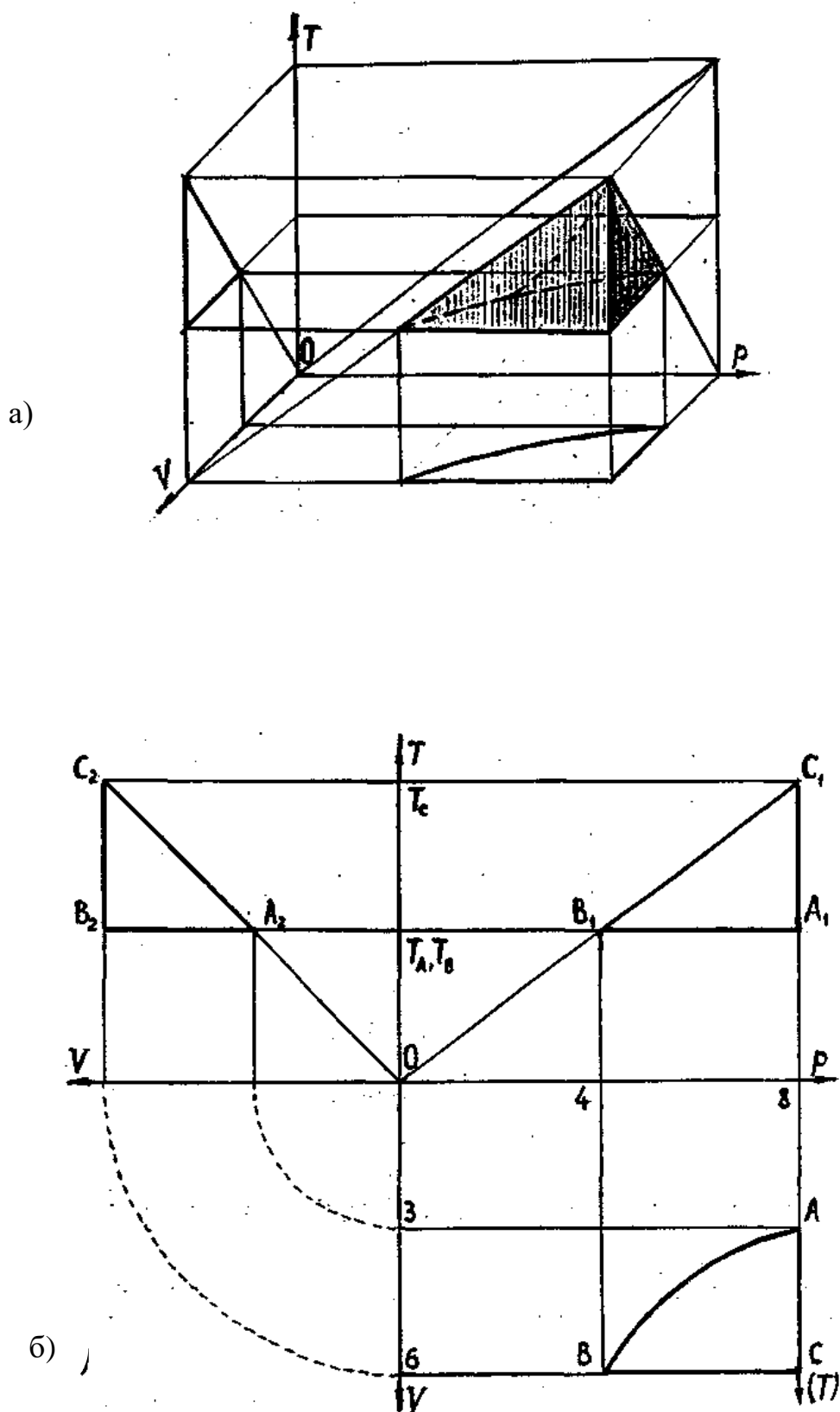


Рис.2.20. Модель графіка I виду циклу ізопроцесів в ідеальному газі у просторовій системі координат та розгортка його проєкцій на координатні площини

Закономірності побудови проєкцій графіка I виду циклу
ізопроеесів в ідеальному газі на координатні площини

Ізолінія Система координат	Ізотерма	Ізохора	Ізобара
OpT	катет $\perp OT$, $\parallel Op$, приблизений до Op	гіпотенуза - на прямій через т. O	катет $\perp Op$, $\parallel OT$, віддалений від OT
OVT	катет $\perp OT$, $\parallel OV$, приблизений до OV	катет $\perp OV$, $\parallel OT$, віддалений від OT	гіпотенуза - на прямій через т. O
OVp	гіпотенуза - гіпербола	катет $\perp OV$, $\parallel Op$, Віддалений від Op	катет $\perp Op$, $\parallel OV$, віддалений від OV

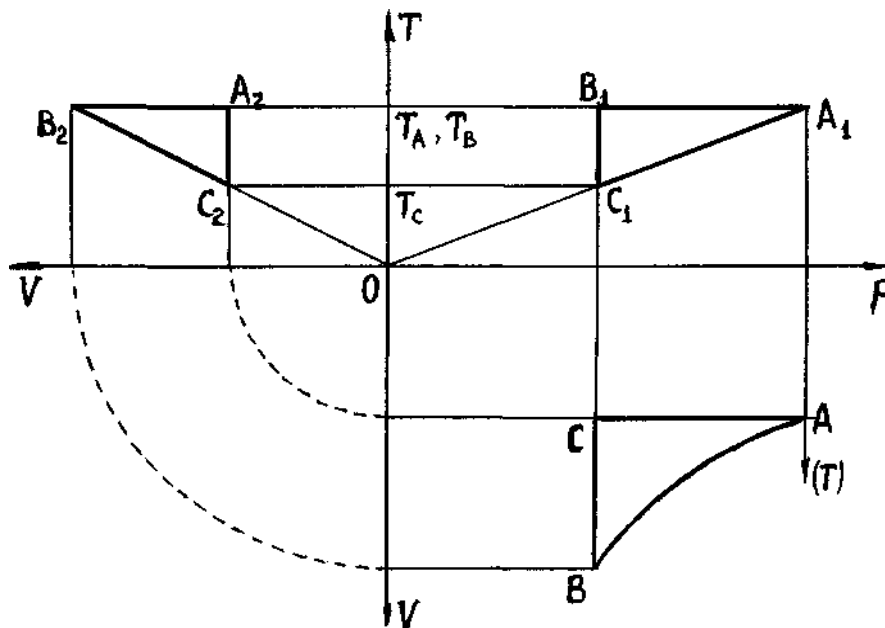


Рис. 2.21. Проєкції графіка II виду циклу ізопроеесів в ідеальному газі на координатні площини

Далі учням пропонується виконання самостійної роботи аналогічного змісту (за розробкою в тридцяти варіантах, вміщеною нами в додатку Ж.3). Це завдання середнього рівня складності. Крім того, з цієї ж теми бажаючі учні можуть взяти завдання достатнього рівня (додаток Ж.4, 6 варіантів по 4 завдання) чи високого рівня (додаток Ж.5, 24 завдання), скомпонованих на основі 8 завдань посібника Л.А. Кирика [94].

До творчих задач ми відносимо задачі на перетворення площинних графіків будь-яких процесів в ідеальному газі при $v=const$ (додаток Ж.6), 12 завдань, скомпонованих на основі джерел [94], [163]. Закономірності розв'язання задач на перетворення площинних графіків загального виду можуть бути визначені на основі властивостей гіперболічного параболоїда. У класах фізико-математичного спрямування такі знання можуть формуватися під час уроків, а в інших класах - у позаурочній роботі. При цьому для унаочнення використовуються моделі гіперболічного параболоїда (рис. 14, б, в, д); підкреслюється, що твірною гіперболічного параболоїда може бути не лише пряма з сімейства $\begin{cases} z = x_1 \cdot y \\ z = x \cdot y \end{cases}$, чи $\begin{cases} z = x \cdot y_1 \\ z = x \cdot y \end{cases}$, а й параболола $\begin{cases} z = -y \\ z = x \cdot y \end{cases}$ при такому поступальному русі, що вершина її ковзає по параболі $\begin{cases} z = y \\ z = x \cdot y \end{cases}$, або навпаки, – ролі парабол можна взаємно змінити.

Якщо зробити переріз гіперболічного параболоїда $z = xy$ площиною, перпендикулярною до Oxy , тобто площиною $y = kx + y_0$, то одержимо $\begin{cases} z = x \cdot (k \cdot x + y_0) \\ z = x \cdot y \end{cases}$, тобто одержимо певну параболу на гіперболічному параболоїді. Проекцією цієї парабололи на горизонтальну площину Oxy є пряма, а проекцією на кожен з вертикальних площин є теж параболола, але з крутішими вітками. Таким чином, ми знайшли ключ до розв'язування задач високого рівня складності, сформульованих у додатку Ж.4.

Учням слід підкреслювати, що метод зображення процесів в ідеальному газі (в даній його кількості) площинними графіками, що є в діючих підручниках

фізики, не відкидається появою методу гіперболічного параболоїда, а підкріплюється саме зведенням цих графіків у систему з єдиною основою походження, якою є лінії на гіперболічному параболоїді (рис.2.20).

Характерно, що при опрацюванні розгорток проєкцій просторового графіка - контура частини гіперболічного параболоїда - учень бачить, що дві проєкції схожі між собою (це проєкції на вертикальні координатні площини), а третя проєкція на них не схожа (це проєкція на горизонтальну площину), але між ними є зв'язки. Учень відшукує ці зв'язки за аналогією і контрастом, включаючи логічне мислення. У результаті виконання типових вправ та самостійних робіт із застосуванням методу гіперболічного параболоїда в учня виробляється стійкий спосіб мислення - так званий конструкт (за Д. Келлі [135, с.78]), з позиції якого учень сприймає явища певного типу, більш вільно й упевнено осмислює ситуацію, творчо мислить і ефективно приймає рішення.

Розглянемо приклад розв'язування типової задачі методом гіперболічного параболоїда.

Задача. Плоский конденсатор ємністю C_1 підключили до акумулятора і одержали на його обкладинках напругу U_1 . Ємність конденсатора можна змінювати від C_1 до $3C_1$. А чи можна змінити напругу на обкладинках конденсатора від U_1 до $3U_1$?

Розв'язування. Величини C і U пов'язані із зарядом конденсатора формулою $q=CU$. Отже, стани конденсатора та ізопроцеси, що проводяться в ньому, зображаються точками та лініями на гіперболічному параболоїді $q=CU$. Відобразимо їх на просторовому графіку (рис.2.22) та в таблиці 2.3 (чи в ланцюгу $A_1(C_1, U_1, q_1) \xrightarrow{\text{(пряма)}} A_2(3C_1, U_1, 3q_1) \xrightarrow{\text{(гіпербола)}} A_3(C_1, 3U_1, 3q_1)$).

Таким чином, можна констатувати, що метод гіперболічного параболоїда у розв'язанні текстових фізичних задач на застосування залежності виду $z = xy$ полягає у побудові (з поясненням) просторового графіка відповідних процесів (на моделі гіперболічного параболоїда) до віднайдення відповіді; у разі потреби – будуються проєкції просторового графіка процесів на координатні площини з опорою на закономірності побудови - таблицю 2.2

як аналог. Опис станів та процесів зводиться у таблицю.

Таблиця 2.3

Опис станів та ізопроцесів в електричному колі конденсатора

Стани	Ізопроееси
$A_1(C_1, U_1, q_1)$	A_1A_2 : при підключеному акумуляторі ($U = const$) збільшимо ємність конденсатора від C_1 до $3C_1$, тоді заряд його збільшиться від q_1 до $3q_1=3C_1U_1$ A_2A_3 : при відключеному акумуляторі ($q = const$) зменшимо ємність конденсатора від $3C_1$ до C_1 , тоді напруга на його обкладинках збільшиться від U_1 до $3U_1 = 3q_1/C_1$.
$A_2(3C_1, U_1, 3q_1)$	
$A_3(C_1, 3U_1, 3q_1)$	

При застосуванні методу гіперболічного параболоїда слід підкреслювати учням, що головне у фізиці – не формули і графіки самі по собі, а розуміння їх фізичного змісту, що живить інтуїцію людини, яка потім висуває гіпотези і кількісно перевіряє їх. Істинність цієї думки красномовно підтверджується рисунком 2.22 та задачею, що при цьому розв'язується.

Наш досвід підтверджує, що процес учіння і процес формування творчого мислення є узгодженими процесами, які впливають на поведінку учня. У нашій практиці траплялись випадки проявів творчої зацікавленості, коли обдаровані учні, ознайомившись з методом гіперболічного параболоїда, без будь-яких зовнішніх спонукань виконували оригінальні роботи:

- розробка і виготовлення моделей гіперболічного параболоїда;
- складання і розв'язування задач високого рівня на перетворення площинних графіків будь-яких процесів в ідеальному газі;
- дослідження закономірностей зображення будь-яких станів ідеального газу в системах координат $0Vp$, $0pT$, $0TV$ (додаток Ж.7).

В експериментальних дев'ятих класах з метою розвитку логіки символічно-графічного мислення учнів ми проводимо тренінг, розробка якого вміщена

нами в додатку Д. 2. Кожен учень одержує аркуш, на якому слід виконати ряд заданих вправ на властивості графіків прямо пропорційної та обернено пропорційної залежностей. За основу взяті формули $s=vt$, $v=at$, $U=IR$, та їх узагальнення. Перевірку правильності виконання вправ рекомендується робити на моделі гіперболічного параболоїда.

Значимість методу гіперболічного параболоїда подана рисунком 2.23.

На досвіді ми впевнились, що якщо на початку навчального семестру учні будуть озброєні, по-перше, знанням методу гіперболічного параболоїда, сприйнявши і оцінивши його можливості та значення, і, по-друге, довідковими таблицями з розділу фізики, який вивчається, то в учнів неодмінно з'являється спокуса вималювати на гіперболічному параболоїді графіки тих табличних формул, які мають вид $z=kxy$, а після цього з'являється природне бажання дізнатися про фізичний зміст цих формул.

Так, на початку кожного навчального семестру в експериментальних і контрольних класах ми проводимо десятихвилинну контрольну роботу наступного змісту. На основі довідкової таблиці формул дати якомога більше відповідей на запитання: “Що можуть означати показані на рисунку похилі прямі в системі координат на площині в залежності від того, значення яких величин розмістити на осях координат?” Відповіді вносити на площинні графіки (та на модель гіперболічного параболоїда), а також у наведену таблицю (додаток Е.4. Творча контрольна робота з інтеграції знань за графічним методом). Відповіді до цього завдання можна знайти у додатку Е.3 “Вплив фіксованих фізичних величин на крутизну графіків прямо пропорційної залежності у шкільному курсі фізики”. В експериментальних класах результати даної творчої роботи значно вищі, ніж у контрольних класах.

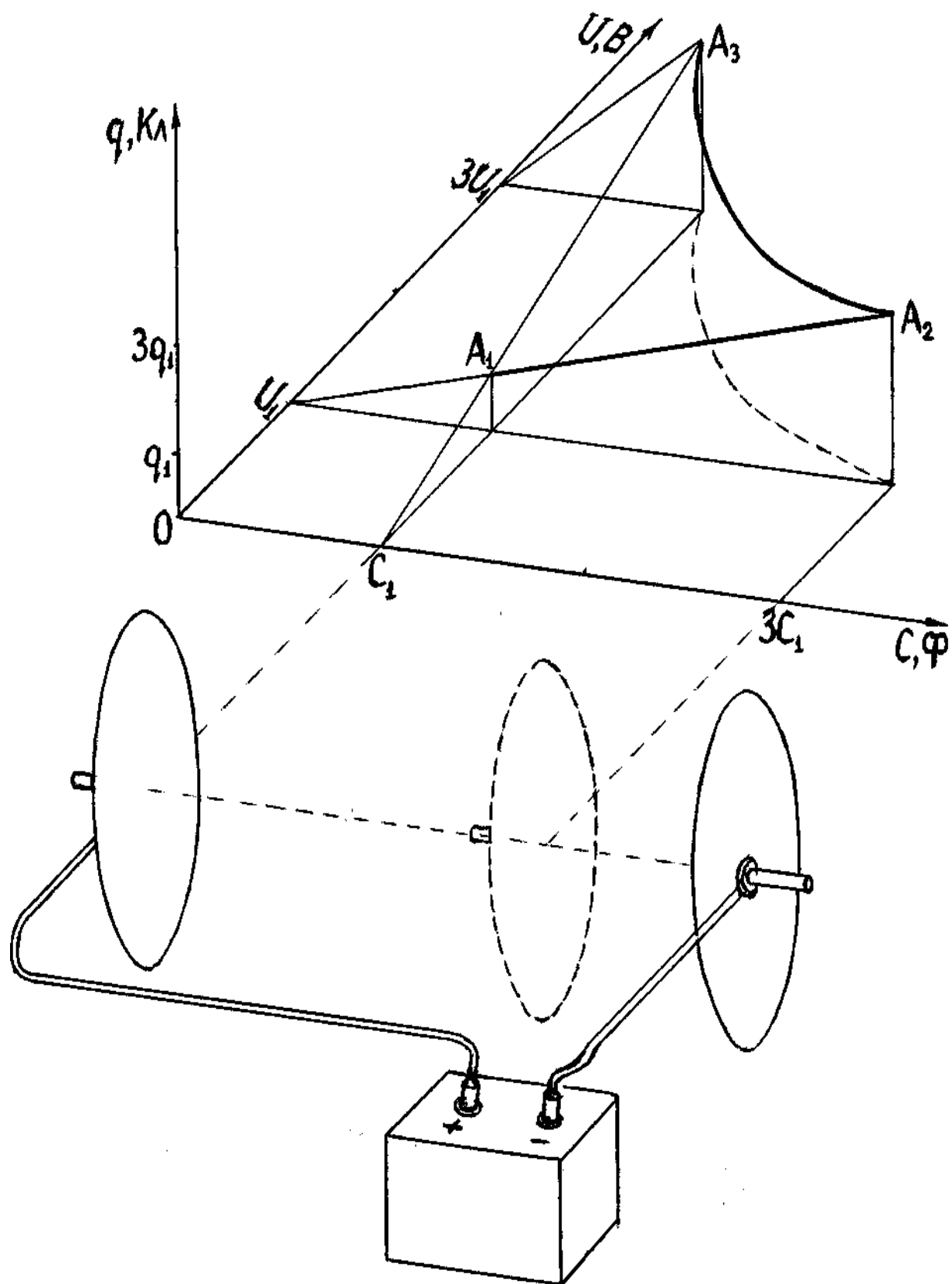


Рис.2.22. Просторовий графік процесів у конденсаторі,
описуються рівнянням $q=CU$

Функціональна спрямованість такої роботи - на класифікацію формул та побудову графіків, а, отже, і на підготовку ґрунту для сприйняття нового матеріалу. Знання властивостей гіперболічного параболоїда кладеться учнем в основу класифікації фізичних формул довідкової таблиці як математичних об'єктів, які або пов'язані з гіперболічним параболоїдом, або не пов'язані з ним. При цьому в учня з'являється бажання апріорної побудови графіків тих залежностей, які пов'язані з гіперболічним параболоїдом. А нервова система учня таким чином заздалегідь налаштовується на сприйняття нового програмного матеріалу. Пояснення вчителя попадатимуть на підготовлений ґрунт, а у вивільнений час розв'язуватимуться задачі творчого спрямування.

У десятих класах ми проводимо дві творчі контрольні роботи. У першому семестрі – це робота з основ МКТ, ізопроесів в ідеальному газі, подана в додатку 3.1. За умовою задачі ідеальний газ займає об'єм V_1 при тиску p_1 (у стані A). Відомо, що один з параметрів газу прийняв нове значення (V_2 - для непарних варіантів, p_2 - для парних) у результаті певного ізопроесу AB при незмінній кількості ν цього газу. Значення добутку νR задано. Треба до цієї умови скласти якомога більше питань, вводючи допоміжні дані при необхідності, та розв'язати їх. Далі наводиться таблиця числових даних – 30 варіантів, а також зразок виконання роботи.

Цікаво, що учень при розв'язуванні свого варіанта може вийти на два підваріанта задачі, передбачивши, що процес AB може бути не тільки ізотермічним. Відповіді на більшість поставлених питань легко віднайти, спираючись на модель гіперболічного параболоїда (рис.2.19, а, б).

У другому семестрі у десятих класах проводимо творчу контрольну роботу на закон Ома, послідовне з'єднання провідників (додаток 3.2). Пропонується така задача. Маємо гірлянду послідовно з'єднаних однакових електричних ламп у кількості n_1 штук, розраховану на напругу мережі $U_1=220$ В. Як потрібно змінити кількість ламп у гірлянді, щоб включати її в мережу з напругою $U_2=127$ В? Розв'язок перевірити на моделі гіперболічного параболоїда. Далі наводиться допоміжна інформація для п'яти варіантів

завдань. Пропонується скласти інші питання та розв'язати їх.

До засобів визначення впливу методу гіперболічного параболоїда на рівень творчого мислення старшокласників відноситься також тест на рівень креативності (додаток А.4), описаний у підрозділі 2.2 дисертації. Зміст тесту пов'язаний зі змістом таких щойно розглянутих розробок, як тренінг символно-графічного мислення та творча контрольна робота з інтеграції знань за графічним методом. Але характерною особливістю цього тесту є використання властивостей варіативності розміщення осей координат при побудові графіків залежностей фізичних величин: вісь абсцис може бути спрямована не тільки горизонтально; система координат може бути не тільки правосторонньою, як це витримується в курсі математики. Учень зможе дати багатоваріантну відповідь на запитання тесту, якщо зорієнтується на множині тем таких розділів курсу фізики, як механіка, основи МКТ та термодинаміки тощо.

За розробками, поданими нами в додатках И.1 та И.2, вчителі, що беруть участь в експерименті, проводять узагальнюючий театралізований урок з показу інтеграції фізики і математики “Відкриття на зіткненні двох наук”. Це спарений урок, проводиться в актовій залі школи, куди запрошуються учні дев'ятих, десятих, одинадцятих класів, вчителі та гості.

Відмітимо характерні риси цього уроку:

- за основу змісту і ходу уроку взято порівняльно-узагальнюючу довідкову таблицю, подану нами в додатку И.1 “Фрагменти інтеграції фізики і математики (на прикладі теми “Закони стану ідеального газу”)”, де систематизовано короткі біографічні дані 14 вчених, короткий зміст їх відкриттів, а також наш внесок щодо поповнення графічного методу методом гіперболічного параболоїда;
- у рамках відведеного на урок часу оптимальним варіантом викладу історичної інформації обрано стислий, спрощений, схематизований виклад;
- на фоні показу історичного розвитку науки іде деталізований розгляд інтеграційного процесу формування фізичних законів ідеального газу як

почергове взаємне вінтегрування відповідних знань з фізики і математики;

- учні мають змогу усвідомити, що людство зберегло наукові надбання минулого;

- на сцені демонструється сходження наукових узагальнень від емпіричного рівня до теоретичного (від закону Бойля-Маріотта до закону Клапейрона-Менделєєва);

- учні мають змогу ближче “вгледітися” в особистості вчених, людські якості високого рівня;

- учням надається можливість бути співучасниками наукових відкриттів різних рівнів, відчувати радість відкриття;

- на уроці аргументується суть нового відкриття, що полягає у наступному: нами віднайдено новий варіант зображення гіперболічного параболоїда (як на рисунку 2.14, в, д) та можливість розміщення на цій поверхні просторових графіків процесів в ідеальному газі, що породило метод розв’язування ряду типових задач;

- аналізуючи хід продемонстрованих наукових досліджень, учні можуть зробити висновок, що метод гіперболічного параболоїда як складова графічного методу може застосовуватись при подачі наукової інформації певного типу, при проведенні досліджень та при розв’язуванні типових задач.

Наведемо схему цього уроку.

На уроці працюють такі групи: *фізики-експериментатори*, *фізики-теоретики*, *математики*, *інтегратори*.

Фізики-експериментатори – демонструють закони ізопроцесів в ідеальному газі – Бойля-Маріотта, Шарля, Гей-Люссака.

Інтегратори – пропонують експериментаторам скористатися мовою і методами аналітичної геометрії.

Математики – (з портретів): Є. Кнідський, Р.Декарт, П.Ферма – пропонують свої праці.

Інтеграція фізики і математики здійснилася – з’явилась лаконічність і краса виразу фізичних законів – з’явилися графіки і формули ізопроцесів в

ідеальному газі!

Фізики-теоретики - Клапейрон склав рівняння, об'єднавши відомі залежності між тиском, об'ємом і температурою ідеального газу.

Здійснилась інтеграція фізичних законів!

Д. Менделєєв склав рівняння, об'єднуючи закономірності, виведені Б. Клапейроном, А. Авогадро, І. Больцманом.

Це знову інтеграція фізичних законів!

Математик Л.Ейлер (з портрету) встановив і дослідив рівняння $\frac{X^2}{a^2} - \frac{Y^2}{b^2} = Z$, виявив, що це є поверхня другого порядку сідлоподібної форми – гіперболічний параболоїд. Пізніше це рівняння при $a=b$ було приведено математиками до виду $z = kxy$, де $k = \text{const}$, завдяки перетворенню координат (повороту осей координат на 45°).

Ми - інтегратори! Порівняймо: $T = \frac{1}{\nu \cdot R} \cdot p \cdot V$ і $z = kxy$! Ми бачимо, що в обох цих випадках маємо гіперболічний параболоїд! (Демонструється модель).
Еврика !!!

Як на глобусі бачимо системи паралелей та меридіанів, так і на гіперболічному параболоїді бачимо системи ізотерм, ізобар, ізохор. (Далі слідує детальний аналіз моделі).

Після цього учні відшуковують відповіді на проблемні запитання та записують домашнє завдання.

Проведення даного узагальнюючого театралізованого уроку дало учням змогу усвідомити наступне:

- об'єктом дослідження ряду вчених був ідеальний газ;
- об'єкт вивчався за допомогою методів різних наук;
- у процесі вивчення об'єкта кожна з наук-учасниць збагачувалась певними висновками, тобто відбувалась так звана об'єктна інтеграція наукових знань;
- учні стали свідками народження внеску в скарбницю знань.

У цілому учні усвідомлюють природне об'єднання окремих споріднених

законів газового стану, що є невеличким фрагментом об'єднання фізичних законів у єдину природничо-наукову картину світу.

Наступними складовими розробленого нами комплекту теоретичних і методичних матеріалів для вчителя є блоки багатоваріантних завдань для самостійної роботи і контролю знань учнів (на три семестри, додаток Л, [199]) та доповнення до цих завдань (дидактична гра [195] та навчальна комп'ютерна програма [192], (п.2.3)) Упровадження цих розробок не виключає роботу учнів з іншими посібниками, але є кроком до розв'язання загальної проблеми самостійної роботи школярів, яка зараз ще не повністю розв'язана. На уроці в загальноосвітній школі є умови, сприятливі для організації саме колективної роботи. Але між умовами колективного навчання й індивідуальним характером засвоєння навчального матеріалу існує суперечність. Фронтальна робота в класі нерідко маскує недоліки навчального процесу, коли розв'язування задач, формулювання відповідей на запитання вчителя здійснюється за допомогою сильних учнів, а інші учні тільки списують результати з дошки, та й не завжди осмислено, для них час витрачається непродуктивно, а паузи в роботі відволікають увагу.

Для залучення всіх учнів до активної навчальної діяльності у пригоді стає запропонований блок індивідуальних завдань. (Він доцільний у старших класах з точки зору наближення шкільної технології навчання до вузівської). Учитель, упроваджуючи такі розробки завдань, створює проблемну ситуацію, – наприклад, оголошує, що виконання індивідуального завдання є однією з умов заліку з розділу, чи оголошує конкурс на кращі самостійно складені задачі, гарантує переможцям принаймні публікацію їх робіт у шкільній пресі. Тоді учні охоче узгоджують з учителем графік консультацій.

Кожен учень класу на початку вивчення того чи іншого розділу курсу фізики одержує свій варіант завдання на весь період вивчення цього розділу і може працювати над ним у позаурочний час, коли не сковують рамки часу і можна звернутись за консультацією до однокласників, учителя чи скористатися допоміжною літературою.

Якраз соціальні взаємодії школяра з ровесниками і з учителем у процесі учіння “визначають співвідношення морального і розумового розвитку школярів, їхню духовну зрілість, що має виступати провідною метою навчання”, – підкреслює В.Г. Кремень [124, с. 53].

Упровадження таких розробок фактично є постановкою перспектив та орієнтирів і, отже, сприяє виробленню внутрішньої мотивації навчання. Тоді на базі активного мислення при наявності блоку завдань на перспективу в учня формується самостійне мислення, а вже на базі самостійного мислення можливе формування творчого мислення, як стверджує В.А. Крутецький [125, с. 180]. Серед індивідуальних завдань блоку обов'язково є завдання пошуково-творчого спрямування. Саме завдяки їм учень сприймає навчальний предмет не як набір законів і формул, а як живий і захоплюючий процес пізнання оточуючого світу, а вчителя сприймає як співучасника процесу пізнання. Ще К.Д. Ушинський підкреслював, що прагнення дитини до діяльності є “основним законом дитячої природи”.

За самостійною роботою учнів учитель повинен вести спостереження. Тут з'являються великі можливості для надання допомоги слабким та середнім учням (консультувати, допомагати долати труднощі), а також слідкувати за роботою сильних учнів, консультувати їх та націлювати на оригінальні висновки, вказувати спеціальну літературу. Діяльність учня треба спрямовувати на дотримання принципу повноти розв'язування завдання: учень повинен намагатися давати обґрунтування розв'язку задачі, по можливості логічно повне, а також з'ясувати можливі частинні випадки, що охоплюються даною задачею.

Для оцінки роботи учня над завданнями учитель перевіряє той зошит учня, куди внесено текст завдання та розв'язання даного варіанту і далі записано власно сформульовані питання та їх розв'язання. Цей зошит перевіряється під час консультацій, а також під час дидактичних зрізів - з використанням завдань тестового типу, що є в розробках.

Для оперативності проведення і перевірки розв'язання завдань тестового

типу доцільно буде разом з розробкою завдань роздати учням копії колонок для відповідей, де на звороті написані прізвище учня та змінений варіант завдання. Зроблені на них учнем відмітки відповідей учитель порівнює з відповідями у своїй таблиці і, отже, швидко виставляє оцінку. (Таблиці відповідей вміщені у кожній з трьох розробок блоків завдань).

Зауважимо, що при оцінюванні виконання завдань тестового типу з розпізнавання відповіді варто враховувати можливість їх випадкового вгадування учнем. У додатку К пропонуємо авторський метод визначення найімовірніших поправок на випадкове вгадування відповідей у таких тестах. Наприклад, якщо учень дав відповіді на 12 запитань тесту, з яких $m=7$ неправильних відповідей, то з деякою ймовірністю P можна вважати неправильні відповіді результатом випадкового вгадування і припускати, що серед правильно вибраних відповідей є Δ випадково вгаданих. Якщо до кожного завдання тесту пропонувалось вибрати одну відповідь з п'яти даних відповідей, то ймовірність того, що навмання взята відповідь буде неправильною, є $p=4/5$. У результуючій таблиці К. 2 для $p=4/5$ та $m=7$ знаходимо поправку $\Delta=1$. Тоді з найбільшою у цій ситуації ймовірністю $P=0,34/1,20=0,28$ (за таблицею К. 1 та формулою (2)) можна стверджувати, що вгаданих відповідей є $m+\Delta=8$. Тоді учневі зараховується $12-8=4$ бали.

При оцінюванні відповідей учня на питання самостійної роботи потрібно враховувати не тільки кількість правильних відповідей, але й компоненти пошукової творчої роботи (такі, як логічність, описовість, варіативність, графічний супровід, інтегрованість, оригінальність та інші). Це необхідно для рефлексії учнів. Вони мають оцінювати свої здібності і повніше їх використовувати.

Особливо важливим у дидактичному і пізнавальному планах є додержання принципу завершення роботи над завданням, що полягає у підведенні підсумків з урахуванням балів за розв'язування кожного з пов'язаних між собою питань та з обговорення питань: “Яким ще способом можна було знайти відповідь?”, “До яких висновків приводить задача та її розв'язок?”, “Які

нові цікаві питання породжує дане питання?”.

Розглянемо розробку “Завдання для самостійної роботи і контролю знань учнів з кінематики прямолінійного рівнозмінного руху” (додаток Л.1, а також [193]). У даній розробці (як і у двох інших) умова задачі вкрай лаконічна. Є дві однакові металеві кульки; з висоти h_1 пускають першу кульку, а з висоти h_2 - другу кульку; $h_1 > h_2$; падіння кульок вільне. Даються варіанти значень h_1 та h_2 (36 варіантів). Треба, щоб кульки приземлились одночасно, тому другу кульку пускають на t_0 пізніше, ніж першу кульку. Пропонується: взяти $g=10 \text{ м/с}^2$, а для побудови графіків залежності координати у від часу t руху першої та другої кульок скористатися лівосторонньою системою координат Otu , як показано на поданому рисунку, де $m.O$ – точка пуску першої кульки, а вісь Ou спрямована вниз.

Завдання (для кожного варіанту):

1. *Визначити правильне твердження.*

Час польоту першої кульки t_0 (в секундах) належить проміжку:

- а) [1,0 ; 1,3)
- б) [1,3 ; 1,6)
- в) [1,6 ; 1,9)
- г) [1,9 ; 2,2)
- д) іншому проміжку

2. *Визначити правильне твердження.*

Між моментами пуску першої і другої кульки проходить час t_0 , який належить проміжку:

- а) [0 ; 0,3)
- б) [0,3 ; 0,6)
- в) [0,6 ; 0,9)
- г) [0,9 ; 1,2)
- д) іншому проміжку

3. Побудувати на окремому аркуші графіки залежності координати y від часу t першої та другої кульок відповідно:

$$y = \frac{g \cdot t^2}{2}, \quad y - y_0 = \frac{g \cdot (t - t_0)^2}{2}, \quad \text{де } y_0 = h_1 - h_2.$$

Перевірити, чи узгоджуються відповіді п.1 і п.2 з побудованими графіками функцій.

4. Побудувати на окремому аркуші графіки швидкостей руху першої та другої кульок відповідно:

$$v = g \cdot t, \quad \text{та} \quad v = g \cdot (t - t_0)$$

в аналогічно розміщеній системі координат $0 tv$

5. Побудувати графіки прискорення рухів першої та другої кульок відповідно:

$$a = g, \quad t \in (0; +\infty), \quad a = g, \quad t \in (t_0; +\infty)$$

Далі формулюються запитання, на які треба дати відповіді: спочатку на основі побудованих графіків (на уроці), а вже після цього – на основі обчислень (вдома).

У кінці пропонується учням продовжити складання запитань (на конкурс) з наступним їх розв'язанням. Текст задачі пропонується перефразувати на інший лад (технічний, детективний тощо).

Для перевірки відповідей учнів учитель використовує упорядкований набір конкретних відповідей, що є в додатку Л.1.

Учні повинні взяти за правило пропозицію Д. Уілера: “Ніколи не починай обчислень, доки не знаєш відповіді”.

При складанні тестових завдань ми намагалися по можливості ставити порівнянно складні питання; щоб учень мав змогу сам відшукати для неї підготовчу задачу. Так, для розв'язання питання п.2 учень спочатку складає формулу для знаходження t_0 , тобто формулу $t_0 = t_1 - t_2$ і, крім обчисленого в п.1 значення t_1 , ще обчислює значення t_2 , що не складно – за аналогією.

Зміст даної самостійної роботи спонукає учнів робити порівняння властивостей руху першої і другої кульок, бачити (і під час дивуватися), які відмінності і подібності тут виявляються!

Знаючи формальні закони фізики з даної теми та використовуючи закони математичних операцій, учень творчо будує логічні зв'язки між цими законами і властивостями даного фізичного явища. У наявній задачній ситуації логічно необхідним є використання знань графіків елементарних функцій, що вивчалися на уроках алгебри, зокрема таких, як

$$y = C, \quad y = kx, \quad y = ax^2, \quad y - y_0 = a(x - x_0)^2,$$

що спрощує побудову їх аналогів відповідно

$$a = g, \quad v = g \cdot t, \quad y = \frac{g \cdot t^2}{2}, \quad y - y_0 = \frac{g \cdot (t - t_0)^2}{2}.$$

Якраз побудова останніх двох графіків доповнить їх опис у підручнику “Фізика 9” [62] чи [114]. Це унаочнить процес відшукування відповідей до завдань самостійної роботи.

Вивчення розділу “Кінематика” завершується дидактичною грою “Падаючі кульки”, яка є логічним продовженням розв'язування блоку індивідуальних завдань. Розробка гри подана нами в журналі “Фізика та астрономія в школі” [195].

Розробкою гри передбачалось урізноманітнення проблемних ситуацій з метою підтримання інтересу учнів до предмета. Якщо проаналізувати методику вивчення розділу “Кінематика”, то можна зазначити, по-перше, порівняно слабку оснащеність демонстраційними дослідами і, по-друге, розв'язування значної кількості задач з використанням знань з математики. Тому учні можуть втратити інтерес до вивчення цього розділу фізики. Щоб цього не трапилось, ми вдалися саме до розробки і впровадження дидактичної гри, бо ця форма організації навчання дозволяє керувати інтелектуальним і психічним розвитком учнів. Важливою є психологічна підготовка учнів до гри. Інтригою слугує розігрування призів (від спонсора) за вдале виконання завдання. Завчасне оголошення про проведення гри стимулює учнів до участі в неї, викликає інтерес до гри, спонукає до обдумування заходів, які могли б привести до виграшу. Важливо, що в процесі гри активізується діяльність учнів з термінового прийняття рішень та перевірки їх правильності. У результаті

поглиблюються конкретні знання учнів, інтегруються з фрагментами знань з інших дисциплін, формується цілісна система знань.

У запропонованій грі ставиться мета: навчити учнів пов'язувати конкретні рухи з відповідними числовими характеристиками; розвивати інтерес до самостійних спостережень; ознайомити учнів з технічним пристроєм, якому притаманна порівняно висока точність і надійність.

Перша частина гри (етапи I, II) проводиться на початку вивчення розділу “Кінематика”. На першому етапі ознайомлюємо учнів із загальним описом змісту і ходу гри та умовами визначення переможців.

У грі ставиться проблема: з висоти h_1 вільно падає металева кулька, а з висоти $h_2 < h_1$ треба відпустити другу кульку через такий проміжок часу t_0 , щоб кульки приземлилися одночасно.

У грі висота h_1 - це висота верхнього краю вікна на другому поверсі шкільної будівлі, а висота h_2 - змінна величина (друга кулька розміщується в межах вікна першого поверху, але для кожного гравця ця висота різна). Інтервал часу t_0 незначний: може складати частки секунди. Тому її відлік зручно вести за допомогою реле часу. Нам вдалося розробити і виготовити діючий пристрій для послідовного відпускання двох кульок через інтервал часу t_0 який виставляється на реле часу гравцем. Загальна принципова електрична схема цього пристрою з її описом додається.

Якщо учасник гри домігся одночасного приземлення двох кульок, він зараховується до числа переможців (за умови успішного засвоєння програмного матеріалу).

Учасникові гри доводиться мати справу як із безпосереднім спостереженням реального явища - вільного падіння металевої кульки, так і з візуалізацією цього явища в часовій розгортці - графіками руху в системах координат Oxy та OtV , де відображаються числові характеристики даного процесу для будь-якого моменту часу.

Друга частина гри (етапи III, IV, V) проводиться в кінці вивчення розділу “Кінематика”.

Слід відмітити, що нам вдалося розробити і виготовити своєрідну модель “Рухомий графік”, що допомагає членам журі оперативно оцінювати дії кожного гравця. На аркуші міліметрового паперу формату А3 будується графік параболи-І $y = \frac{g \cdot t^2}{2}$ (Oy - вісь симетрії параболи-І, а точка O - її вершина). На цей аркуш накладається прозора плівка такого ж формату, на якій відтворюється копія параболи-І. Після паралельного перенесення параболи-копії до суміщення її вершини з точкою $y_0 = h_1 - h_2$, на осі Oy можна на прямій $y = h_1$ побачити різницю часу польоту кульок $t_0 = t_1 - t_2$. Дійсно, якщо тепер рухати параболу-копію вздовж осі Ot до суміщення точок перетину парабол з горизонталлю $y = h_1$, то вершина параболи-копії буде в точці (t_0, y_0) . Така модель забезпечує достатню точність визначення t_0 для будь-якого варіанта значення h_2 . Учні матимуть змогу ще раз переконатися в тому, що графік функціональної залежності між фізичними величинами - то є величезна скарбниця відкритої інформації. Нею може скористатися той, хто вмів її бачити.

Охарактеризуємо спрямовуючі дії вчителя.

1. Для досягнення переростання проблемної ситуації в особисту проблему кожного учня класу доцільно поставити їм запитання з варіантами відповідей: “Якщо перша кулька почала падати в момент часу $t=0$, то коли треба відпустити другу кульку, щоб вони приземлилися одночасно?”

Варіанти відповідей:

- 1) Тоді, як перша кулька порівнюється з другою кулькою.
- 2) До того, як кульки порівнюються.
- 3) Після того, як кульки порівнюються.

У цьому разі в учнів виникають гіпотези і вторинні проблемні запитання: “Чим характерне вільне падіння тіл?”, “Як залежить пройдений шлях від інтервалу часу у вільному падінні тіла?” Формулювання учнями таких запитань засвідчує сприйняття ними проблемної ситуації.

2. Треба домагатися демократизації гри, психологічного захисту учня від

стресу. Для цього необхідно:

- враховувати пропозиції учнів щодо ходу гри;
- залучати до підготовки гри всіх учнів класу, незалежно від їхніх знань;
- підтримувати в кожного учня віру в свої сили;
- надати можливість готуватися до гри в невимушеній домашній обстановці (виконуючи, наприклад, індивідуальне завдання), консультиватися з учителем;
- серед запитань має бути і таке, яке подібне до сформульованого на завершальному етапі гри (щоб уникнути значних несподіванок для учня);
- доцільно залишити за учнем право вибору: подавати чи не подавати свою кандидатуру для безпосередньої участі в проведенні заключного експерименту; в останньому випадку залишити за ним право подати до журі свої розрахунки щодо експерименту.

3. Для розвитку творчого мислення учнів у завданнях для самостійної роботи пропонувати складання цікавих задач.

4. Досягнення успіху в даній грі залежить від умінь і навичок учнів застосовувати знання з математики до вивчення фізичних явищ.

Відмітимо особливості запропонованої дидактичної гри.

1. Гра проводиться на свіжому повітрі.

2. У грі використовується діючий пристрій (автомат), що значно поживляє навчальний процес, забезпечуючи певну точність експерименту. Стосовно складності конструкції цього пристрою зауважимо, що знання розділу “Електромагнітні явища” за 8 клас дає змогу зрозуміти принцип роботи електромагнітів у пускачах кульок і реле часу. І це сприятиме поглибленню знань. А дія напівпровідникового випрямляча буде інтригою, бо вивчатиметься в 10 класі.

3. Ця гра не має альтернативи у тих школах, де, на жаль, немає комп'ютера.

Реалізація цієї гри допомагає учням впевнитися в тому, що співвідношення, виведені теоретично, існують у реальному світі. Повторне активне привернення уваги до основних питань розділу сприяє глибшому їх

засвоєнню. Успішне проведення гри викликає багато позитивних емоцій і запам'ятовується надовго.

У 9 класі в другому семестрі ми пропонуємо блок завдань для самостійної роботи і контролю знань учнів з динаміки прямолінійного рівнозмінного руху [199] як продовження попереднього блоку завдань: ті ж самі 36 варіантів значень h_1 і h_2 . Але тепер ще вказана маса кожної кульки $m=4$ г, і пропонується для розв'язування завдань 1.1 - 3.6 використати наведені в таблиці формули, поставивши поряд номер того завдання, де ця формула буде використана. Серед запропонованих формул є й такі, що не знадобляться для розв'язування поставлених запитань. Поставлено: 4 запитання щодо зміни імпульсу першої чи другої кульки у випадках, коли її удар об певну поверхню є або непружним, або пружним, або абсолютно пружним; 2 запитання щодо сили удару (при його тривалості 0,01 секунди); 6 запитань щодо кінетичної чи потенціальної енергії кульки. Далі пропонується сформулювати інші питання та розв'язати їх (на конкурс).

Слід відмітити, що учнями складено й розв'язано багато питань, серед яких є такі, що вражають польотом фантазії, особливо стосовно кінематики і динаміки в умовах інших планет, а також показу ряду розглянутих процесів просторовими графіками (на моделі гіперболічного параболоїда).

Отже, на простому і доступному для всіх прикладі падіння двох кульок ми домоглися сприйняття учнями природної зінтегрованості знань з кінематики та динаміки, з математики та фізики.

У 10 класі в першому семестрі ми пропонуємо блок завдань для самостійної роботи і контролю знань учнів з основ молекулярно-кінетичної теорії і термодинаміки, який подано нами в журналі “Фізика та астрономія в школі” [188]. У розробці сформульована умова задачі на 24 варіанта і ставиться 40 завдань, з яких 29 - у формі тестів, і на які запропоновано таблицю відповідей, що вміщена в кінці розробки. У даній розробці є завдання різних рівнів складності. Крім того, учням запропоновано продовжити складання питань (на конкурс).

Після умови задачі в розробці вміщено допоміжний матеріал (ДМ).

ДМ-1. До завдань на побудову графіків ізопроцесів на координатних площинах $0Vp$, $0pT$, $0TV$ пропонується скористатися рисунком 1 або рисунком 2, на якому подається розгортка проєкцій просторової системи координат $0VpT$.

ДМ-2 – деякі довідкові дані.

ДМ-3. Пропонується таблиця середніх значень тиску в ізотермічному процесі до завдання 7.4 поваріантно.

Як виявилось у ході експерименту, близько 80% учнів скористалися розгорткою проєкцій просторової системи координат, тобто рисунком 2; були й випадки побудови одночасно за рисунком 1 і за рисунком 2 (32%); випадків використання тільки рисунка 1 було 16%; не справились з побудовою графіків 4% учнів.

В умовах інтелектуалізації нашого суспільства, коли виникає нагальна потреба формування творчої особистості, учитель повинен повсякчас відшукувати такі чинники, які підтримують природну потребу учня пізнавати світ. Це легко реалізується у такій формі роботи з учнями, як гурткова. Тут учнів можна залучити до самостійного відшукування невідомих їм закономірностей, до створення нових конструкцій, до постановки нових проблем та висування гіпотез тощо.

У практиці роботи гуртка юних фізиків нашої школи був випадок, коли ми планували як завжди, а вийшло якнайкраще. Колегіально складаючи план гурткової роботи на літо 1999 року, ми включили до нього такі питання:

1. Вивчення літератури про затемнення Сонця.
2. Підготовка світлофільтрів для спостереження затемнення Сонця 11 серпня; правила безпеки.
3. Фотографування та замальовки фаз затемненого Сонця (через певні проміжки часу), світлових плям під кроною дерева, тіней.
4. Конкурс цікавих питань з теми “Затемнення Сонця” та відповідей на них.
5. Оформлення рефератів, звітів, статей до шкільної преси.

Слід відмітити, що ця подія надовго захопила увагу школярів. Гуртківці чимало попрацювали в бібліотеках, з'ясували ряд цікавих питань. Зокрема, було з'ясовано, що затемнення Сонця, хоч і не довгочасне, створює деякий вплив на стан озонового шару Землі, на погоду, на живі організми і, напевно, враховується при передбаченні умов радіозв'язку через іоносферу та умов роботи космічних апаратів. При цьому необхідно знати площу світної частини Сонця, тобто $S_{серпа}$. Ця величина також знадобилась нам для вирішення спірного питання, що виникло при перегляді періодичної преси напередодні сонячного затемнення - журналів "Наука и жизнь" [172] та "Пульсар" [78] (що висвітлено нами в статті [193]).

Означення фази затемнення ми записали у вигляді формул:

$$\text{за [171]} \quad \Phi_S = \frac{\Delta S_3}{S}, \quad \text{а за [78]} \quad \Phi = \frac{\Delta d_3}{d}.$$

Ввівши $\varphi = 1 - \Phi = \frac{\Delta d_{осв}}{d}$, ми вивели зручну формулу сегмента круга:

$$S_{сегм} = \frac{d^2}{4} \cdot (\arccos \varphi - \varphi \cdot \sqrt{1 - \varphi^2}), \quad S_{серпа} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - 2 \cdot S_{сегм}, \quad \text{що дозволило одержати}$$

розрахункові значення Φ_S . Наприклад, для Севастополя $\Phi_S = 0,926$, а не 0,95, як це написано в [172], і т.д. Таку невідповідність можна пояснити, мабуть, тим, що в [172] стаття А.Остапенка подана під ліричним заголовком "Мимолетное чудо" і містить тому наближені дані та вільні означення.

Слід зауважити, що формула площі сегмента виведена нами для випадку, коли видимі диски Сонця і Місяця однакові, хоч бувають випадки, коли вони трохи відрізняються.

Далі ми вирішили залучити учнів до процесу самостійного пошуку відповіді на поставлене питання, приховавши знайдену відповідь. Хоч без нашої допомоги тут не обійшлося, та все ж гуртків – ці простежили процес народження формули, якої не було в переглянутих нами довідниках з математики, і відчули, що:

- вони поглибили знання про хід та причини сонячних затемнень і зможуть розповісти про це явище принаймні своїм товаришам;

- їм сподобалось, що математика допомагає іншим наукам;
- вони мали нагоду впевнитись у тому, що інтеграція знань з різних предметів є надійним фундаментом для відкриття;
- якщо задачу дуже хочеш розв'язати, то неодмінно знайдеш шлях до її розв'язання;
- таку задачу можна делегувати на урок математики. А пізніше гуртківці впевнились і в тому, що одержана нами формула площі сегмента круга має практичне застосування.

Даний матеріал також використовувався у роботі шкільного фізичного гуртка при підготовці для спостережень наступного видимого на нашій території затемнення Сонця, яке відбулося 29 березня 2006 року (повна фаза спостерігалася в районі Сіваса, Туреччина).

На заняттях фізичного чи математичного гуртка можна використати матеріал нашої статті “Нетрадиційний підхід до обчислення площі кругового сегмента та серпа через фази перекритості двох кругів одного діаметра”, опублікованої в журналі “Математика в школі” [198].

Тут дається вивід згаданих формул (як за допомогою тригонометричних функцій, так і за допомогою визначеного інтеграла), наводяться таблиці значень Φ , φ , Φ_S , $\varphi_S = 1 - \Phi_S$ та система графіків залежностей $\Phi(\varphi)$, $\Phi_S(\varphi)$, $\varphi_S(\varphi)$, $\Phi_S(\Phi)$, $\varphi_S(\Phi)$, $\varphi(\Phi)$, а також складено і розв'язано 5 задач різних спрямувань: математичного, астрономічного, фізичного, технічного.

Зупинимось на задачі фізичного змісту. Демонстраційний розсувний конденсатор, який складається з двох паралельних обкладинок-дисків площею S і відстанню між ними h , має ємність $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{h}$. При сталій відстані h диски зазнали зсуву на величину, рівну радіусу диска. Якою стала ємність конденсатора ?

Відповідь: $\Phi=0,5$; тоді за таблицею $\Phi_S=0,4$;

$$C_1 = C \cdot \Phi_S = 0,4 \cdot C$$

І тут пригадується вислів Л. Больцмана: “Нічого немає більш

практичного, ніж хороша теорія”.

Ми сподіваємось, що широке впровадження в практику роботи школи таких інтегративних прийомів, як модельно-графічний, задачний, ігровий та дослідницький, організація конкурсів авторських задач, інтегрованих та театралізованих уроків, повинне принести плідні результати у формуванні творчого мислення старшокласників.

У плани гурткової роботи ми включаємо деякі питання світоглядного спрямування. Це, зокрема, “Симетрія у природі та в математичних формулах. Гіперболічний параболоїд”, “З історії гіпербол і парабол” (додаток М), “Роль нескінченності у фізико-математичних дослідженнях об'єктів”. На заняттях фізичного гуртка з'являється можливість перетворення знань учнів у переконання, коли учні встановлюють зв'язки (підчас і не очікувані) між різнорідними фізичними явищами та однотипними математичними формулами. З метою надання практичної допомоги у цьому питанні пропонуємо систему задач, складених за малюнками - стаття в журналі “Фізика та астрономія в школі” [186]. Це 23 задачі, складені за п'ятьма малюнками, та їх розв'язання. Цей матеріал може бути використаним і на уроках фізики. Він є суттєвим чинником розвитку світогляду учнів, закріплення узагальнених фізичних понять, формування творчого мислення.

Виходячи з того, що педагогічно доцільними є такі прийоми, як застосування різних методів до вивчення фізичного об'єкту (інтеграція за об'єктом); відшукування певного методу, з позицій якого б розглядалась деяка множина фізичних процесів та їх властивостей (інтеграція за методом); а також поєднання цих прийомів (ланцюгова інтеграція), учитель повинен домогтися, щоб старшокласник усвідомив означену класифікацію інтегративних прийомів і міг співставляти з нею свої навчальні дії.

З точки зору застосування запропонованого нами методу гіперболічного параболоїда в курсі фізики об'єднується, як було відмічено, 40% тем програмного матеріалу (інтегрується за методом). У запропонованих нами трьох блоках завдань для самостійної роботи маємо об'єктну інтеграцію

внутрипредметних і міжпредметних знань з фізики і математики. Театралізований урок “Відкриття на зіткненні двох наук” теж демонструє інтеграцію за об'єктом.

Виготовлення і застосування моделей гіперболічного параболоїда як системи просторових графіків типових фізичних процесів, проведення дидактичних ігор, конкурсів та гурткової роботи за нашими розробками, як і упровадження названих вище пропозицій, сприяє формуванню творчого мислення старшокласників. Це підтверджується результатами педагогічного експерименту.

Висновки до другого розділу

У другому розділі дисертації зроблена спроба з'ясувати вплив інтеграції знань з фізики і математики на зміну рівнів сформованості творчого мислення старшокласників.

1. Проаналізовані процеси наукової творчості, які при вивченні курсу фізики знаходять відображення в структурі викладу навчального матеріалу та в структурі задач творчого спрямування; підкреслюється вирішальна роль і місце різновидів інтеграції знань у процесі творчості.

2. Пропонується розробка деталізованої схеми процесу розв'язування учнем задачі пошуково-творчого спрямування, де розкривається зв'язок інтеграції знань з творчим мисленням учня та подається формула цього зв'язку.

3. Виокремлюються спонукаючі чинники творчої діяльності: вольові процеси, породжені емоціями та почуттями, а також мотивація та фасцинація.

4. Пропонується розробка узагальненої схеми функціональних зв'язків компонентів впливу на процес розв'язування учнем творчої задачі.

5. Пропонується до назв таких відомих типів інтеграції, як доцентрова (об'єктна) і відцентрова (за методом) приєднати ще назву інтеграції змішаного типу, взявши термін „доцентрово-відцентрова”, або „ланцюгова” інтеграція (приклади наводяться в Додатках).

6. Складена схема системи творчо спрямовуючих заходів та методичного забезпечення з інтеграції фізико-математичних знань учнів.

7. Виокремлені компоненти впливу на формування продуктивного стилю мислення старшокласників та особливості методики впровадження інтеграції знань з фізики і математики у ці компоненти.

8. Внесені пропозиції щодо узгодження знаково-символьних позначень у графічних зображеннях фізичних процесів.

9. Запропонований авторський метод гіперболічного параболоїда, яким об'єднується 40% формул тем програмного матеріалу шкільного курсу фізики та авторський метод визначення найімовірніших поправок на випадкове угадування відповідей у тестах розпізнавання.

10. Охарактеризоване формування інтегративних знань учнів з фізики і математики засобами комп'ютерних технологій; скомпоновано навчаючу комп'ютерну програму.

11. Поданий блок тестів та анкет для замірів психологічних характеристик здібностей та ЗУН учнів.

12. Подана розробка тренінгів та вправ, а також завдань для самостійних та контрольних робіт творчого спрямування (20 Додатків) тощо.

13. Розроблені та апробовані дидактична гра на подвір'ї „Падаючі кульки” і театралізований урок „Відкриття на зіткненні двох наук”.

14. Для занять фізико-математичного гуртка (факультативу) запропонований матеріал з виведення нової (розробленої нами) формули для визначення фаз перекритості двох кругів одного діаметра.

15. Для шкільного кабінету фізики укомплектовані нормативні матеріали з питань категорійно-понятійного апарату і мови; методу розмірностей; теорії похибок та інші.

РОЗДІЛ III

ПЕДАГОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ТА ЙОГО РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Організація педагогічного експерименту

У ході дидактичного дослідження за обраною темою ми ставили за мету створити такий варіант методики навчання фізики, який сприяв би формуванню творчого мислення старшокласників. Проведений нами теоретичний аналіз інтеграційних процесів в освіті та їх впливу на формування творчого мислення старшокласників, а також розробка адекватних методичних матеріалів послугували основою висунення і корекції робочої гіпотези.

Для перевірки справедливості робочої гіпотези та визначення ефективності запропонованої методики ми обрали метод педагогічного експерименту, в технологію якого включили:

- створення проблем на перспективу та їх реалізацію;
- анкетування учнів та вчителів;
- тестування учнів;
- діагностування проведенням самостійних і контрольних робіт, про що частково йшлося вище, в п. 2.2 і в п. 2.4.

У ході експерименту розв'язувались завдання:

1. Визначити показники для кількісної оцінки сформованості творчого мислення старшокласників (у процесі вивчення фізики), виділити рівні та критерії.

2. Виявити резерви інтеграції знань учнів з фізики і математики як засобу формування творчого мислення, розробити і реалізувати відповідну методику.

3. Перевірити ефективність розробленої методики із застосуванням методів математичної статистики.

Зауважимо, що у даному дослідженні, як і в низці інших, ознаки психічних характеристик особистості, які по суті є випадковими величинами неперервного типу, імітуються випадковими величинами дискретного типу.

Педагогічний експеримент проводився у період з 1996 по 2005 роки. Етапи експерименту: *підготовчий; експериментальне дослідження* (констатуючий, пошуковий, формуючий експерименти) *та обробка результатів* за статистичними критеріями.

На *підготовчому* етапі (1996-1998 рр.) обґрунтовується актуальність теми дослідження, визначається мета і завдання дослідження, аналізується наявна література з проблем дослідження; розпочата розробка відповідних методичних матеріалів.

В основу оцінювання у наступних замірах покладаємо виокремлену нами систему показників конвергентного і дивергентного мислення та самостійності учнів; внески кожного з цих показників у загальну оцінку подано таблицею 3.1 Систему оцінювання зводимо до 12-бальної. При цьому приймаємо наступні умови.

1. Якщо в таблиці 3.1 одержиться сумарна кількість балів більша, ніж 12, то записується загальна оцінка $x = 12$.

2. Якщо сумарна кількість балів менша 12 і є десятковим дробом, то записується тільки ціла його частина як значення x .

При градації шкали сформованості творчого мислення старшокласників ми виділяємо 4 рівні: дуже низький, низький, середній, високий. Сформульовані критерії визначення цих рівнів, які подані таблицею 3.2 (за проявами розуміння інтегративних зв'язів знань з фізики і математики у конвергентності, у дивергентності, а також за проявами самостійності виконання творчого завдання).

Для переведення отриманих учнем показників творчого мислення (за 12-бальною шкалою) у виділені рангові градації нами застосовується шкала відповідності, подана таблицею 3.3

Таблиця 3.1

Система показників конвергентного і дивергентного мислення та самостійності, їх врахування у загальній оцінці рівня сформованості творчого мислення учня

№ п/п	Показник	Коефіцієнт значущості <i>k</i>	Кількість проявів <i>l</i>	Кількість балів <i>k l</i>
	<i>Конвергентність:</i>			
1	Наявність розв'язку	0,5		
2	Логічність	1		
3	Описовість	0,5		
4	Символіка	1		
	<i>Дивергентність:</i>			
5	Інтегрованість	1		
6	Графічна образність	1		
7	Аналогії	1		
8	Варіантність	1		
9	Оригінальність	4		
	<i>Самостійність:</i>			
10	Одержання консультації	-1		
	<i>Загальна кількість балів</i>			
	<i>Оцінка</i>			

Таблиця 3.2

Критерії та рівні сформованості творчого мислення
старшокласників при вивченні курсу фізики

Критерії Рівні	Прояви розуміння інтегративних зв'язків базових знань з фізики і математики		Самостійність при виконанні творчого завдання (потреба консультативної допомоги)
	у конвергентності	у дивергентності	
<i>Дуже низький</i>	Майже відсутні	Відсутні	-
<i>Низький</i>	Від майже відсутніх до задовільних	Від слабких до майже відсутніх	Низька (4-5 консультацій)
<i>Середній</i>	Слабкі	Добрі	Задовільна (2-3 консультації)
	Слабкі	Задовільні	
	Задовільні	Задовільні	
	Добрі	Задовільні	
<i>Високий</i>	Задовільні	Добрі	Висока (не більше 1 консультації)
	Добрі	Добрі	

Таблиця 3.3

Шкала відповідності оцінок та рівнів сформованості
творчого мислення старшокласників

Рівні	Дуже низький	Низький	Середній	Високий
Оцінка (бали)	1 - 3	4 - 6	7 - 9	10 - 12

3.2. Експериментальне дослідження, обробка результатів

У проведенні експерименту брали участь учні 9–11 класів та їхні вчителі з семи шкіл Дніпропетровської області (сіл Вищетарасівка, Томаківка, Виводове, Анастасівка, Мар’їнське, Ленінське); всього учнів 480; з них було виокремлено контрольну та експериментальну групи класів, по 240 учнів у кожній. Достатність такої чисельності груп статистично буде обґрунтована нижче.

Констатуючий експеримент (1998-1999 рр.) У школах, задіяних у педагогічному експерименті, після вивчення стану проблеми та розробок відповідного методичного забезпечення інформаційного та задачного спрямування були проведені констатуючі заміри, за наслідками яких були визначені рівні сформованості творчого мислення старшокласників.

Оцінка рівня сформованості творчого мислення проводилася в експериментальних і контрольних класах на початку навчального року за результатами виконання творчої контрольної роботи - додаток Е.5 (початковий зріз).

Результати констатуючих замірів подано комбінованою таблицею 3.4.

Із стовпчиків 2,3,4 таблиці 3.4 бачимо, що модою і медіаною значень оцінки x в ЕГ і КГ є значення „5” ($M_o = 5$, $M_e = 5$). На основі значень x_i та їх частот n_i у КГ (чи m_i в ЕГ) обчислюємо значення вибіркової середньої оцінки \bar{x}_B та вибіркового середнього квадратичного відхилення σ_B за формулами:

$$\bar{x}_B = \frac{\sum x_i n_i}{n}, \quad \sigma_B = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_B)^2 \cdot n_i}{n}}$$

Для контрольної групи класів одержуємо $\bar{x}_B = 4,93$ (що належить інтервалу низького рівня сформованості творчого мислення), $\sigma_B = 1,73$. Аналогічно для ЕГ одержуємо $\bar{x}_B = 4,84$, $\sigma_B = 1,78$.

Таблиця 3.4

Розподіл учнів експериментальної групи (ЕГ) та контрольної групи (КГ)
за рівнями сформованості творчого мислення (констатуючий зріз)

Рівні	Оцінка, x	Кількість учнів, що мають таку оцінку		Всього учнів за рівнями		Відсотки	
		в ЕГ, m_i	в КГ, n_i	в ЕГ	в КГ	в ЕГ	в КГ
1	2	3	4	5	6	7	8
Дуже низь- кий	1	9	7	52	51	21,6	21,2
	2	18	15				
	3	25	29				
Низь- кий	4	44	40	148	145	61,7	60,5
	5	59	57				
	6	45	48				
Серед- ній	7	24	30	40	44	16,7	18,3
	8	12	11				
	9	4	3				
Висо- кий	10	-	-	-	-	-	-
	11	-	-				
	12	-	-				

За таблицею 3.4 на основі пар значень стовпців 2 і 3 та 2 і 4 будуюмо відповідно полігони частот розподілу оцінок в ЕГ (рис. 3.1,І) та в КГ (рис. 3.1,ІІ), а на основі стовпців 1 і 7 та 1 і 8 будуюмо відповідно діаграми відсотків кількості учнів з різними рівнями сформованості творчого мислення в ЕГ і КГ.(рис 3.2). Як бачимо, кожен з полігонів близький до відповідної кривої нормального розподілу. Це підтверджують рівності $\bar{x}_B \approx M_e = M_o$ та невелике розсіювання σ_B^2 .

Таблиця 3.4 та одержані на її основі графіки і діаграми дозволяють зробити наступні висновки.

1. Рівень сформованості творчого мислення у значної частини учнів (>80%) експериментальної та контрольної груп є низьким і дуже низьким.
2. У кожній з груп розподіли оцінок x близькі до нормального розподілу з середнім вибіркоvim значенням, що належить до інтервалу низького рівня.
3. Показники рівня сформованості творчого мислення учнів в експериментальній групі не вищі відповідних показників у контрольній групі.

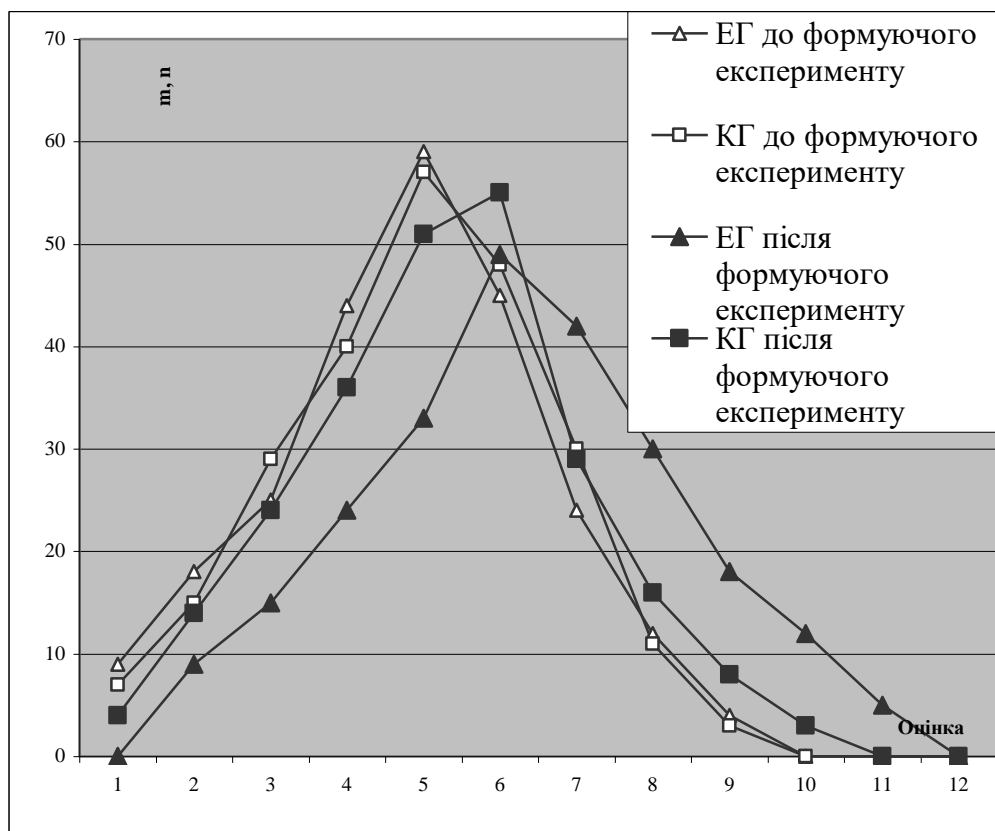


Рис. 3.1. Полігони частот оцінок в ЕГ і КГ

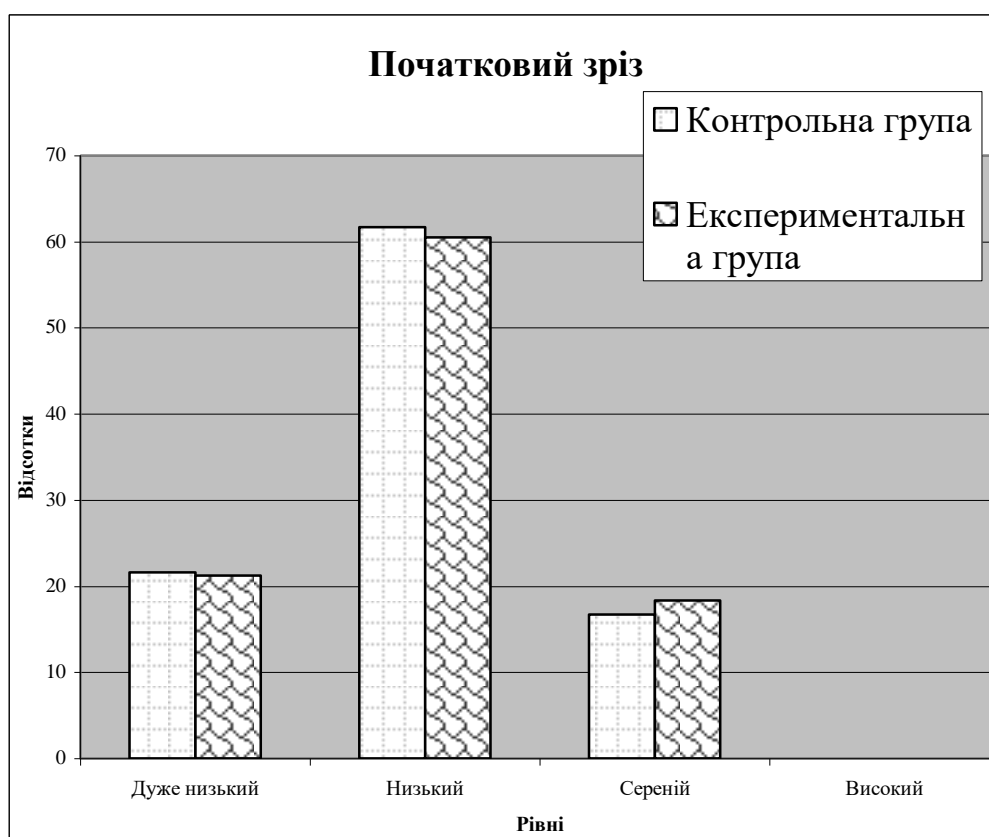


Рис. 3.2. Діаграми відсотків кількості учнів за рівнями сформованості творчого мислення в ЕГ і КГ

Статистичну значущість цих висновків можна підтвердити, якщо задатися певною шириною $2d$ довірчого інтервалу для \bar{x}_B та певною довірчою ймовірністю P . Нам достатньо взяти, скажімо, $d = 0,25$ бала і $P=0,95$ (і, отже $u_{\alpha=0,05} = 1,96$ за таблицею значень $\Phi(x)$ для нормального розподілу) та обчислити необхідний об'єм n вибірки для одержання оцінки заданої точності [171, с. 79]:

$$n = \left(\frac{u_{\alpha} \cdot \sigma}{d} \right)^2 = 184.$$

Це рівносильно твердженню, що при $n \geq 184$ буде $P(|\bar{x}_B - \bar{x}| < d) \geq 0,95$, тобто що не менш, як у 95 випадках із 100 буде виконуватися нерівність $|\bar{x}_B - \bar{x}| < d$, тобто вибіркоче середнє значення оцінки відрізнятиметься від генерального середнього менше, ніж на 0,25 бала.

Під час пошукового експерименту (2000-2002 рр.) були відкориговані основні аспекти проблеми дослідження, його концепція, гіпотеза і завдання, з'ясувалися можливості авторського методу гіперболічного параболоїда у посиленні інтеграції знань учнів з фізики і математики, досліджено доцільність створення проблем на ближню і віддалену перспективу: упровадження блоків індивідуальних завдань, дидактичних ігор, театралізованих уроків, проведення конкурсів, гурткової роботи.

На основі вхідних теоретичних положень дослідження, деяких методичних наробок, а також початкових експериментальних даних формувалася концепція дослідження, розроблялися складові комплекту теоретичних і методичних матеріалів з інтеграції знань учнів з фізики і математики (в якості посібника для вчителів експериментальної групи класів). Результати цієї роботи доповідалися на конференціях [185], [187], [189], [191], [192], [196], [197], [199].

Нами проводилося вивчення індивідуальних показників учнів щодо формування творчого мислення за розробленими тестами:

- на рівень розумової працездатності (додаток А.1),
- на рівень просторово-образного мислення (додаток А.2),

- на рівень зацікавленості матеріалом уроку (додаток А.3),
- на рівень креативності (додаток А.4),
- на рівень сприйняття учнем пояснення нового матеріалу уроку (додаток А.5).

Методика первинної обробки одержаних на їх основі даних описана вище, у п.2.2. Вторинна обробка початкових експериментальних даних проводилася з використанням методів математичної статистики. Відомо, що при співставленні результатів двох вимірювань, як правило, спостерігаються деякі відхилення. Висувається нуль-гіпотеза H_0 , що ці відхилення несуттєві (випадкові, несистематичні). Щоб її прийняти або ж відхилити (на користь альтернативної гіпотези H_1), користуються спеціально розробленими статистичними критеріями.

Так, за додатком А.1 досліджувалась зміна рівня розумової працездатності учнів (як однієї з особливостей їх психіки) за семестр роботи в експериментальних класах. Коефіцієнти розумової працездатності кожного з учнів класу, одержані на початку семестру (k_1) і в кінці його (k_2), послуговували основою для висновку про зсуви цих коефіцієнтів у бік зростання. Щоб перевірити значущість цього висновку (вторинна обробка), ми скористалися статистичним критерієм Вілкоксона для порівняння двох залежних виборок (W -критерій) [171, с. 119].

У таблиці 3.5 подано узагальнюючу обробку результатів дворазового тестування за додатком А.І учнів одного з експериментальних десятих класів; вхідними даними є k_1 і k_2 .

Висуваємо нульову гіпотезу H_0 : вплив визначеного фактора на значення показника k несуттєвий, тобто розподіл різниць $d = k_2 - k_1$ спостережуваних зв'язаних пар є симетричним відносно нуля. Це означає, що медіана розподілу різниць Me_d дорівнює нулю, отже, нульова гіпотеза $H_0: Me_d = 0$. Виходячи з даних таблиці 3.5, можемо висунути альтернативну гіпотезу $H_1: Me_d > 0$. Для

перевірки гіпотези H_0 задаємося рівнем значущості $\alpha = 0,05$ і обчислюємо вибіркове значення критерію W_B . Порядок розрахунків наступний.

Таблиця 3.5

Розрахунок критерію Вілкоксона (для залежних виборок)

Учні, код	k_1	k_2	$k_2 - k_1$	j	Ранжування різниць			
					-	+	Ранги	
							-	+
1	0,44	0,50	0,06	1	- 0,01		2	
2	0,50	0,48	- 0,02	2	- 0,01		2	
3	0,48	0,48	0	3		0,01		2
4	0,43	0,48	0,05	4	- 0,02		4,5	
5	0,43	0,42	- 0,01	5		0,02		4,5
6	0,32	0,33	0,01	6		0,03		6
7	0,35	0,43	0,08	7		0,04		8
8	0,48	0,51	0,03	8		0,04		8
9	0,33	0,35	0,02	9		0,04		8
10	0,50	0,58	0,08	10		0,05		10
11	0,42	0,32	- 0,10	11		0,06		11
12	0,36	0,43	0,07	12		0,07		12
13	0,52	0,52	0	13		0,08		14
14	0,36	0,40	0,04	14		0,08		14
15	0,35	0,45	0,10	15		0,08		14
16	0,46	0,56	0,10	16	- 0,10		17	
17	0,35	0,39	0,04	17		0,10		17
18	0,41	0,40	- 0,01	18		0,10		17
19	0,42	0,46	0,04				25,5= R_-	145,5 = R_+
20	0,50	0,58	0,08					

Контроль: $R_- + R_+ = n(n+1)/2$

$$171 = 18 \cdot 19/2$$

1. Відкидаємо пари $k_2=k_1$; це пари (0,48; 0,48) та (0,52; 0,52). Тоді об'єм вибірки буде $n = 20 - 2 = 18$.

2. Із пар, що залишилися, утворюємо різниці $d = k_2 - k_1$.

3. Знаходимо ранги модулів цих різниць. Ранг i -го значення ознаки – це його номер i в їх ранжованому (упорядкованому) ряді, якщо це значення не повторюється; або це середнє арифметичне номерів співпадаючих значень.

4. Розділяємо ранги, що відносяться до додатніх і від'ємних значень різниць.

5. Знаходимо суми рангів додатніх і від'ємних різниць: $R_+ = 145,5$, $R_- = 25,5$. Робимо перевірку обчислень за формулами $R = R_+ + R_-$; $R = 0,5 \cdot n \cdot (n+1)$.

6. Меншу із сум рангів приймаємо в якості вибіркового значення критерію W_B . Маємо $W_B = R_- = 25,5$.

7. З таблиці критичних значень W -критерію Вілкоксона для спряжених пар за рівнем значущості $\alpha = 0,05$ та $n = 18$ знаходимо значення одностороннього критерію $W_{кр} = W_{\alpha, n} = 47$ (для $\alpha = 0,01$ $W_{кр} = 32$).

8. Висновки. Якщо $W_B < W_{кр}$, то H_0 відхиляється. Маємо $W_B = 25,5 < 47 = W_{кр}$, отже, гіпотеза H_0 відхиляється на користь гіпотези H_1 : спостережуваний *позитивний* зсув показника k є статистично значущим.

Нами проводилась також обробка результатів тестування за додатком А.2, описаним у п.2.2. Нагадаємо, що це тест на рівень просторово-образного мислення: учневі треба було зобразити траєкторію руху вертольоту за її описом; було запропоновано 24 варіанта описів. За кожний правильний спосіб зображення заданої траєкторії нараховувалося по 4 бали. Виконання завдання обмежувалося часом. *Тестування* проводилось автором в експериментальному 10А і контрольному 10Б класах після навчання за експериментальною методикою в 10А класі протягом року. Результати тестування – це вибірки відповідно x_i та y_j ($i = \overline{1,20}$), ($j = \overline{1,20}$), які ми занесли в таблицю 3.6 як упорядковані.

Обидві вибірки незалежні, випадкові, елементи кожної з них незалежні між собою. Тому є підстави застосовувати критерій Вілкоксона, Манна та Уїтні (U-критерій), за яким для рядів x_i та y_j оцінити зсув функції розподілу $F(x)$. Висувається гіпотеза H_0 : зсув несуттєвий, тобто $F_x(x) = F_y(x)$, чи, зокрема, медіани $Me_x = Me_y$. Альтернативна гіпотеза H_1 : $Me_x < Me_y$.

Заповнюємо розрахункову таблицю 3.6, куди заносимо об'єднання двох виборок в одну, записуємо їх у ряд неспадних значень і надаємо кожному значенню ранг (правило ранжування формулювалося вище, при застосуванні W-критерію).

Далі обчислюємо значення статистик:

$$U_x = n^2 + n \cdot (n+1)/2 - R_x = 20^2 + 20 \cdot 21/2 - 309 = 301,$$

$$U_y = n^2 + n \cdot (n+1)/2 - R_y = 20^2 + 20 \cdot 21/2 - 511 = 99,$$

Вибіркове значення статистики критерію U для даного випадку $U = \inf\{301; 99\} = 99$.

За таблицею „Критичне значення U для одностороннього критерію Вілкоксона, Манна та Уїтні [81, с. 273] при $\alpha = 0,05$, $n_1 = n_2 = 20$ $U_{кр} = U_{0,05;20;20} = 138$. Порівнюємо з U_B : $99 < 138$, тобто $U_B < U_{кр}$. Тому відхиляємо гіпотезу H_0 на користь альтернативної гіпотези H_1 .

Висновок. Результати виконання тестового завдання учнями експериментального класу вищі, ніж результати виконання цього завдання учнями контрольного класу. Отже, є підстави стверджувати, що експериментальна методика навчання суттєво вплинула на рівень просторово-образного мислення.

Нами також проводилась обробка результатів анкетування *вчителів* району на предмет доцільності педагогічного експерименту з упровадження методу гіперболічного параболоїда у шкільний курс фізики і математики. Анкетування (за Додатком Б.2) проводилося до і після виступу автора на районній конференції вчителів Томаківського району та показу матеріалів на І обласному ярмарку педагогічних технологій „Освіта Дніпропетровщини, ХХІ

століття” (серпень 2000 р.). Результати анкетування подано таблицею 3.7, де позитивне відношення до питання позначено знаком „+”, а негативне – знаком „-”.

Таблиця 3.6

Розрахунок U -критерію

№	х	у	ранги	№	х	у	Ранги	
1		0	3	21		8	26,5	
2		0	3	22		8	26,5	
3		0	3	23		8	26,5	
4		0	3	24		8	26,5	
5		0	3	25	8		26,5	
6		4	13	26	8		26,5	
7		4	13	27	8		26,5	
8		4	13	28	8		26,5	
9		4	13	29	8		26,5	
10		4	13	30	8		26,5	
11		4	13	31	8		26,5	
12		4	13	32	8		26,5	
13		4	13	33		12	35,5	
14		4	13	34		12	35,5	
15	4		13	35	12		35,5	
16	4		13	36	12		35,5	
17	4		13	37	12		35,5	
18	4		13	38	12		35,5	
19	4		13	39	16		39,5	
20	4		13	40	16		39,5	
							309= R_x	511= R_y

Контроль: $U_x + U_y = n_1 \cdot n_2$.

Маємо: $301 + 99 = 20 \cdot 20$, тобто $400 = 400$.

Результати дворазового анкетування вчителів

Номер анкетування		+	-
I	II		
+		$a_{++} = 1$	$b_{+-} = 1$
-		$c_{-+} = 12$	$d_{--} = 2$

Нами також проводилась обробка результатів анкетування *вчителів* району на предмет доцільності педагогічного експерименту з упровадження методу гіперболічного параболоїда у шкільний курс фізики і математики. Анкетування (за Додатком Б.2) проводилося до і після виступу автора на районній конференції вчителів Томаківського району та показу матеріалів на I обласному ярмарку педагогічних технологій „Освіта Дніпропетровщини, XXI століття” (серпень 2000 р.). Результати анкетування подано таблицею 3.7, де позитивне відношення до питання позначено знаком „+”, а негативне – знаком „-”.

У таблиці бачимо, що 12 учителів з 16 під впливом роз’яснювальної роботи автора змінили своє відношення до поставленого питання з негативного на позитивне ($c_{-+} = 12$), один учитель – з позитивного на негативне ($b_{+-} = 1$), не змінив позитивної думки один учитель ($a_{++} = 1$), двоє не змінили негативної думки ($d_{--} = 2$).

Можемо висунути гіпотезу H_0 , що ймовірність усвідомленості доцільності експерименту становить 0,5, як і ймовірність усвідомленості її недоцільності, тобто $P(c_{-+}) = P(b_{+-})$, а на основі нерівності $b < c$ висуваємо альтернативну гіпотезу H_1 : частоти b і c виявляють коливання знаків не випадкові, а зумовлені розумінням доцільності методу гіперболічного параболоїда, тобто $P(b_{+-}) < P(c_{-+})$. Для перевірки нуль-гіпотези використаємо критерій знаків, відомий як критерій Макнімара (Mc’Nemar, 1947) (M -критерій), що застосовується у випадку залежних виборок.

Задамося рівнем значущості: $\alpha = 0,05$. Маємо $b + c = 12 + 1 < 30$, тоді

обчислюємо вибіркоче значення критерію χ^2 за формулою $\chi_B^2 = \frac{(|b-c|-1)^2}{b+c+1}$.

$$\text{Маємо } \chi_B^2 = \frac{(|1-12|-1)^2}{1+12+1} = 7,15.$$

Критичне значення критерію $\chi_{кр}^2$ одностороннього для одного степеня свободи знаходимо з таблиці [81, с. 321]: $\chi_{0,05;1}^2 = 2,7$. Порівняємо вибіркоче і критичне значення χ^2 . Маємо $7,15 > 2,7$. Отже, гіпотеза H_0 відхиляється (на користь альтернативної гіпотези H_1) на рівні значущості $\alpha = 0,05$ (і навіть на більше надійному рівні – $\alpha = 0,004$, про що свідчить таблиця значень χ^2).

Відмітимо, що проведене за анкетною додатку Б.1 третє опитування показало тільки позитивне відношення всіх вчителів до питання включення методу гіперболічного параболоїда в шкільний курс фізики і математики.

На початку і в кінці пошукового експерименту ми проводили анкетування 120 учнів експериментальної групи (за додатком Б.1) і виявили, що спочатку 53%, а потім 96% учнів підтвердили, що процес складання і розв'язування задач з фізики полегшується, якщо використовуються графіки елементарних функцій. Отже, зміни думки на користь доцільності використання графіків функцій відбулися у значної частини учнів (43%).

Статистична значущість позитивної зміни думки учнів підтверджується за знаковим критерієм Макнімара. Результати анкетування подані таблицею 3.8.

Таблиця 3.8

Результати дворазового анкетування учнів

Номер анкетування		
I II	+	-
	-	+
+	$a_{++} = 64$	$b_{+-} = 1$
-	$c_{-+} = 50$	$d_{--} = 5$

Висунемо гіпотезу $H_0: P(b_{+-}) = P(c_{-+})$ та альтернативу $H_1: P(b_{+-}) < P(c_{-+})$. Виберемо рівень значущості: $\alpha = 0,05$. Так як $b + c > 30$, то

обчислюємо вибіркове значення критерію χ_B^2 за формулою [81, с. 339]:

$$\chi_B^2 = \frac{(b-c)^2}{b+c+1}.$$

Маємо $\chi_B^2 = (50 - 1)^2 / (50 + 1 + 1) = 46,17$. Знаходимо $\chi_{кр}^2$ при одному степені свободи [81, с. 321]: $\chi_{кр}^2 = \chi_{0,05;1}^2 = 2,7$. Бачимо, що нерівність $\chi_B^2 > \chi_{кр}^2$ виконується, а H_0 відхиляється на користь H_1 не тільки на рівні значущості $\alpha = 0,05$, а й на більш надійних рівнях, скажімо, на рівні $\alpha = 0,001$.

З метою перевірки ефективності впливу методу гіперболічного параболоїда на формування логіко-графічного мислення старшокласників нами проводились такі заміри. У десятих класах після проходження за традиційною методикою теми „Ізопроекти в ідеальному газі, їх графіки” з виконанням відповідних вправ була проведена двадцятихвилинна самостійна робота на перетворення графіків ізопроектів, складена в 6 варіантах за збірником Л.А. Кирика [94, с. 23, 24], №№ 1, 2, 3, 4 задач достатнього рівня трудності (додаток Ж.4). результати виявилися невисокими, чого і слід було очікувати.

На наступному уроці пояснювалося застосування методу гіперболічного параболоїда до перетворення графіків ізопроектів, виконана одна вправа і знову запропонована та ж самостійна робота, тільки при зміщенні номерів варіантів. Зворотний зв'язок показав, що учні в більшості сприйняли метод гіперболічного параболоїда: 14 учнів з 20 покращили свій результат, 2 учня не змінили результат, а 4 слабких учня погіршили його (таблиця 3.9). Якщо висунути нуль-гіпотезу H_0 , що рівень логіко-графічного мислення старшокласників не змінився ($x_{i1} - x_{i2} = 0$), та альтернативну гіпотезу H_1 , що рівень логіко-графічного мислення підвищився, то H_0 легко спростувати, скажімо, за допомогою швидкого критерію знаків [81, с. 294]. Задавшись рівнем

значущості $\alpha = 0,025$, знаходимо вибіркове значення критерію $T_B = n_+ - n_-$. Маємо $T_B = 14 - 4 = 10$. Критичне значення двостороннього критерію $T_{кр} = T_{0,05;n} = 2\sqrt{n}$ (або одностороннього критерію $T_{кр} = T_{0,025;n} = 2\sqrt{n}$), де $n = n_+ + n_-$; маємо $n = 14 + 4 = 18$, $T_{кр} = T_{0,025;18} = 2\sqrt{18} = 8,4$; $T_B < T_{кр}$. Отже, гіпотеза H_0 відхиляється на користь односторонньої альтернативної гіпотези H_1 на рівні значущості $0,025$.

Підтвердити *статистичну* значущість висновків експерименту можна і за допомогою критерію Вілкоксона (W -критерію). Для цього таблицю результатів дворазового виконання самостійної роботи (до і після введення методу гіперболічного параболоїда) - таблицю 3.9 – доповнимо ранжувнням різниці оцінок ($x_2 - x_1$) кожного учня (аналогічно таблиці 3.5). Відкинувши випадки нульових значень різниці, одержуємо зменшений обсяг вибірки $n = 20 - 2 = 18$.

Маємо суми рангів від'ємних і додатних значень різниці оцінок R_- і R_+ . Менше з них приймаємо як вибіркове значення W -критерію, тобто $WB = \inf\{R_+, R_-\} = \inf\{12, 159\} = 12$. Для визначення $W_{кр}$ скористаємося таблицею [171, с. 171]; при $\alpha = 0,025$ та $n = 18$ буде $W_{кр} = W_{двохст.0,05;18} = W_{одност.0,025;18} = 41$. Маємо $WB < W_{кр}$, то на рівні значущості $0,025$ відхиляється H_0 на користь односторонньої альтернативи H_1 , що рівень логіко-графічного мислення старшокласників експериментальної групи класів підвищився.

Різновиди проміжних дидактичних зрізів, що проводилися у ході пошукового етапу педагогічного експерименту (за іншими додатками) сприяли корекції розробок методичних матеріалів.

У ході *формуючого* експерименту (2003-2004 рр.) перевірялась ефективність методики здійснення інтеграції знань учнів з фізики і математики. Концепція дослідження була реалізована у комплекті теоретичних і методичних матеріалів з інтеграції знань учнів з фізики і математики, розрахованому на вчителів експериментальних груп класів; основні методичні матеріали опубліковані в [187], [189], [191], [196]; результати експерименту знайшли

відображення у змінах і доповненнях програми, за якою велося викладання фізики в експериментальних класах.

Таблиця 3.9

Розрахунок критерію Вілкоксона (для залежних виборок)

Учні, код	Оцінки		Різниця		Ранжування різниць				
	I	II	$x_2 - x_1$		J	-	+	Ранги	
	x_1	x_2	-	+				-	+
1	5	9		4	1	- 1		3	
2	7	10		3	2	- 1		3	
3	3	2	- 1		3	- 1		3	
4	2	6		4	4	- 1		3	
5	8	10		2	5		1		3
6	4	7		3	6		2		8
7	9	11		2	7		2		8
8	7	10		3	8		2		8
9	7	11		4	9		2		8
10	3	5		2	10		2		8
11	2	5		3	11		3		13
12	2	3		1	12		3		13
13	3	3		0	13		3		13
14	3	2	- 1		14		3		13
15	3	2	- 1		15		3		13
16	8	10		2	16		4		17
17	9	11		2	17		4		17
18	6	9		3	18		4		17
19	4	3	- 1					12 = R_-	159 = R_+
20	2	2		0					

Контроль: $R_- + R_+ = n \cdot (n + 1) / 2$

$$171 = 18 \cdot 19 / 2$$

У ході формуючого експерименту перевірялась ефективність методики здійснення інтеграції знань учнів з фізики і математики. Концепція дослідження була реалізована у комплекті теоретичних і методичних матеріалів з інтеграції знань учнів з фізики і математики, розрахованому на вчителів експериментальних груп класів; основні методичні матеріали опубліковані в [187], [189], [191], [196]; результати експерименту знайшли відображення у змінах і доповненнях програми, за якою велося викладання фізики в експериментальних класах.

На різних етапах формуючого експерименту також проводилися контрольні діагностичні зрізи, що сприяли корекції ходу експерименту. Був проведений *заключний зріз*, результати якого (табл.3.10, рис.3.1, лінії III, IV) порівнювалися із зафіксованими результатами початкового зрізу (табл. 3.4 та рис. 3.1, лінії I, II). Це порівняння відображено на рисунках 3.1 та 3.3. Щоб оцінити, чи суттєвими є відмінності у розподілах оцінок у контрольній та експериментальній групах класів до та після формуючого експерименту, можемо звернутися до критерію Пірсона (χ^2), вибравши $\alpha=0,05$. Заповнюємо розрахункову таблицю 3.11. Для випадку виборок рівних обсягів обчислюємо вибіркове значення χ^2 спочатку за результатами початкового зрізу:

$$\chi_B^2 = \sum \frac{(m-n)^2}{m+n},$$
 де m та n – частоти оцінок відповідно у ЕГ та КГ, і аналогічно – за результатами заключного зрізу, де частоти оцінок в ЕГ та КГ відповідно m_1 та n_1 , а також за результатами початкового і заключного зрізів у КГ.

Критичні значення $\chi_{кр}^2$ знаходимо за таблицею [81, с. 132] при відповідних значеннях числа степенів свободи $\nu = k - 1$, де k – кількість груп укрупнених (що містять не менше 5 елементів), та $\alpha = 0,05$; заносимо їх у таблицю 3.11 для порівняння з відповідними значеннями χ_B^2 . Звідси маємо наступні висновки.

Таблиця 3.10

Розподіл учнів експериментальної групи (ЕГ) та
контрольної групи (КГ) за рівнями сформованості
творчого мислення (заключний зріз)

Рівні	Оцінка, x	Кількість учнів, що мають таку оцінку		Всього учнів за рівнями		Відсотки	
		в ЕГ, m_i	в КГ, n_i	в ЕГ	в КГ	в ЕГ	в КГ
1	2	3	4	5	6	7	8
Дуже низь- кий	1	-	4				
	2	9	14	24	42	10	17,5
	3	15	24				
Низь- кий	4	24	36				
	5	33	51	106	142	44,2	59,2
	6	49	55				
Серед- ній	7	42	29				
	8	30	16	90	53	37,5	22,1
	9	18	8				
Висо- кий	10	12	3				
	11	5	-	20	3	8,3	1,2
	12	-	-				

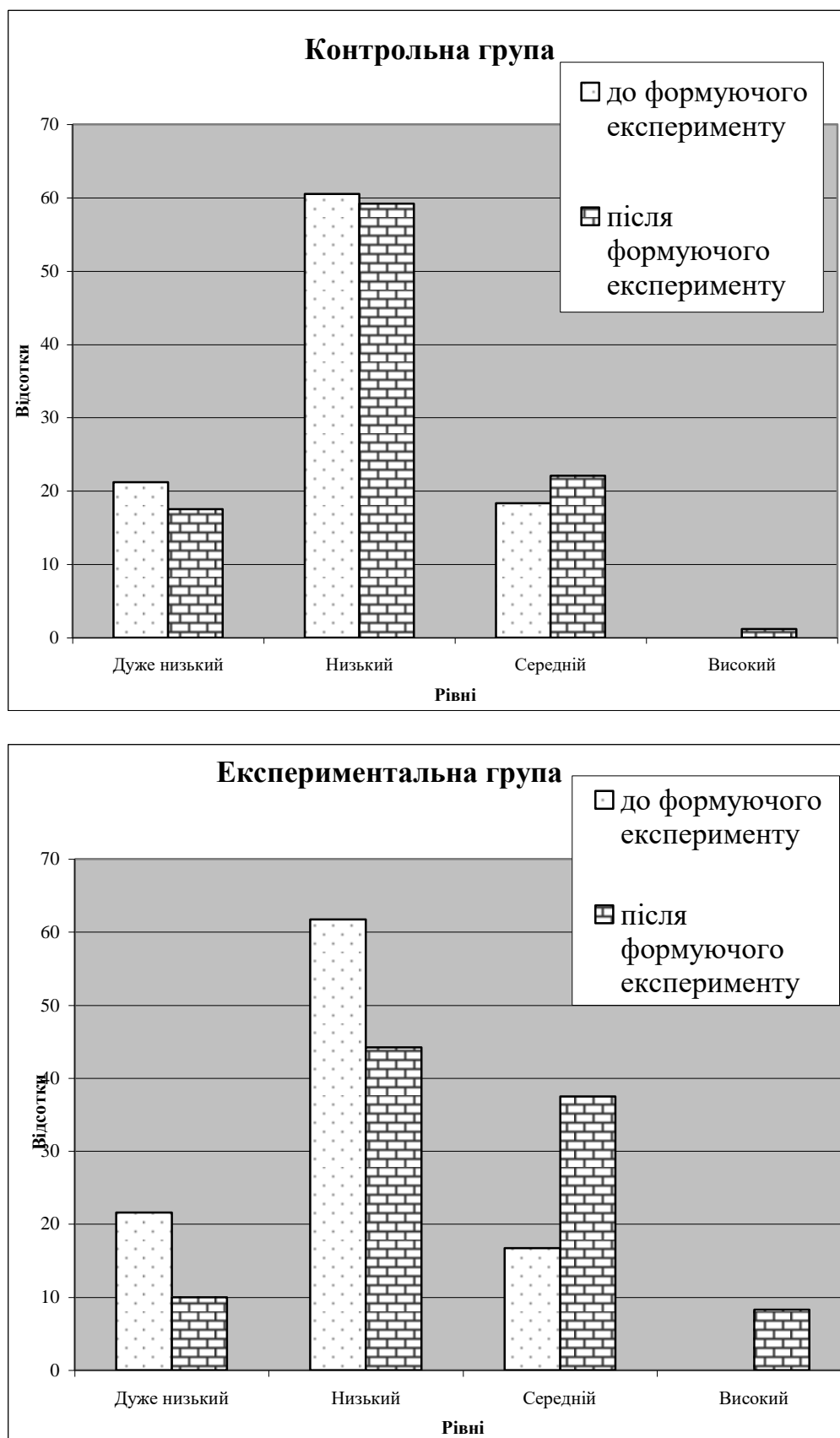


Рис.3.3. Діаграми відсотків кількості учнів за рівнями сформованості творчого мислення до та після формуючого експерименту в КГ та ЕГ

Таблиця 3.11

Розрахунки критерію χ^2_B

Оцінка x	До формуючого експерименту			Після формуючого експерименту			До і після формуючого експерименту		
	ЕГ m	КГ n	$\frac{(m-n)^2}{m+n}$	ЕГ m_1	КГ n_1	$\frac{(m_1-n_1)^2}{m_1+n_1}$	КГ n	КГ n_1	$\frac{(n-n_1)^2}{n+n_1}$
1	9	7	0,250	-	4	4,000	7	4	0,818
2	18	15	0,273	9	14	1,087	15	14	0,035
3	25	29	0,296	15	24	2,077	29	24	0,472
4	44	40	0,191	24	36	2,400	40	36	0,211
5	59	57	0,034	33	51	3,048	57	51	0,333
6	45	48	0,097	49	55	0,346	48	55	0,476
7	24	30	0,667	42	29	1,535	30	29	0,017
8	12	11	0,044	30	16	4,261	11	16	0,926
9	4	3	0,083	18	8	3,846	3	8	2,273
10	-	-	-	12	3	5,400	-	3	3,000
11	-	-	-	5	-	5,000	-	-	-
12	-	-	-	3	-	3,000	-	-	-
χ^2_B	$\chi^2_B = 1,935$			$\chi^2_B = 36,000$			$\chi^2_B = 8,561$		
$\chi^2_{\alpha,\nu}$	$\chi^2_{0,05;7} = 14,07$			$\chi^2_{0,05;9} = 16,92$			$\chi^2_{0,05;7} = 14,07$		

1. Для експериментальної та контрольної вибірок до проведення формуючого експерименту виконується нерівність $\chi_B^2 < \chi_{кр}^2$. А це є підстава для прийняття нуль-гіпотези, що до формуючого експерименту ці вибірки не мали статистично значущих відмінностей на п'ятивідсотковому рівні значущості.

2. Контрольна вибірка до та після проведення формуючого експерименту не має статистично значущих відмінностей, бо $\chi_B^2 < \chi_{кр}^2$. Це є основою для прийняття нуль-гіпотези: зміни, які відбулися в контрольній вибірці за час експерименту, не є істотними.

3. Для контрольної та експериментальної вибірок після проведення формуючого експерименту маємо $\chi_B^2 > \chi_{кр}^2$. Це є основою для відхилення нуль-гіпотези про несуттєвість їх відмінностей. Прийняття альтернативної гіпотези дає підстави стверджувати, що ці вибірки мають статистично значущі відмінності, тобто експериментальна методика більш ефективна, ніж традиційна.

Виконаємо перевірку отриманих під час формуючого експерименту результатів у контрольній та експериментальній групах класів за критерієм Колмогорова [81, с. 301]. Це непараметричний критерій, він застосовується, коли вибірки випадкові та незалежні, а їх гіпотетичні розподіли визначені та неперервні. Можна вважати, що для одержаних вибірок такі умови виконуються.

Позначимо через $F_K(x)$ та $F_E(x)$ - невідомі функції розподілу ймовірностей рівня творчого мислення старшокласників у контрольних та експериментальних групах класів відповідно. Нульова гіпотеза $H_0: F_K(x) = F_E(x)$, альтернативна гіпотеза $H_1: F_K(x) \neq F_E(x)$, рівень значущості $\alpha = 0,05$.

Обчислення критерію Колмогорова наводимо таблицею 3.12, де за абсолютними частотами оцінок в КГ та ЕГ після формуючого експерименту визначаємо відповідні накопичені частоти, потім – відносні накопичені частоти $F_K^*(x)$ та $F_E^*(x)$ і далі – модулі їх різниць $D(x) = |F_E^*(x) - F_K^*(x)|$. Вибірковим значенням критерію слугує верхня межа D значень $D(x)$:

$$D_6 = \sup_x D(x).$$

Коли значення D - мале, то приймається нуль-гіпотеза. Асимптотичною межею відхилень D слугує $D_{кр} = \lambda_\alpha / \sqrt{n}$ для випадків $n \geq 100$; тут λ_α - верхня α -границя розподілу Колмогорова. За таблицею [81, с. 301] знаходимо $\lambda_\alpha = 1,36$ і, отже, $D_{кр} = D_{0,05;240} = 1,36 / \sqrt{240} = 0,088$.

Таблиця 3.12

Розрахунок критерію Колмогорова

Оцінки x	Абсолютні частоти		Накопичені частоти		Відносні накопичені частоти		$D(x)$
	КГ n_l	ЕГ m_l	КГ	ЕГ	$F_K^*(x)$	$F_E^*(x)$	
1	4	-	4	-	0,017	-	0,017
2	14	9	18	9	0,075	0,038	0,037
3	24	15	42	24	0,175	0,100	0,075
4	36	24	78	48	0,329	0,200	0,129
5	51	33	129	81	0,538	0,338	0,200
6	55	49	184	130	0,767	0,542	<u>0,225</u>
7	29	42	213	172	0,888	0,717	0,171
8	16	30	229	202	0,954	0,842	0,112
9	8	18	237	220	0,988	0,917	0,071
10	3	12	240	232	1,000	0,967	0,033
11	-	5	240	237	1,000	0,988	0,012
12	-	3	240	240	1,000	1,000	0,000

Вибіркове значення критерію вибираємо в таблиці 3.12: $D_B = 0,225$. Маємо $D_B > D_{кр}$. Тому за критерієм Колмогорова нуль-гіпотеза H_0 відхиляється на рівні значущості 0,05 на користь альтернативної гіпотези H_1 . Це означає, що

існує відмінність розподілів оцінок рівня творчого мислення старшокласників, які навчалися за традиційною та експериментальною методиками, а саме, у старшокласників, що навчалися в експериментальних групах класів, сформовано більш високий рівень творчого мислення.

Це підтверджується на основі таблиці 3.12 та графічною інтерпретацією емпіричних розподілів $F_K^*(x)$ та $F_E^*(x)$ (рис.2.24).

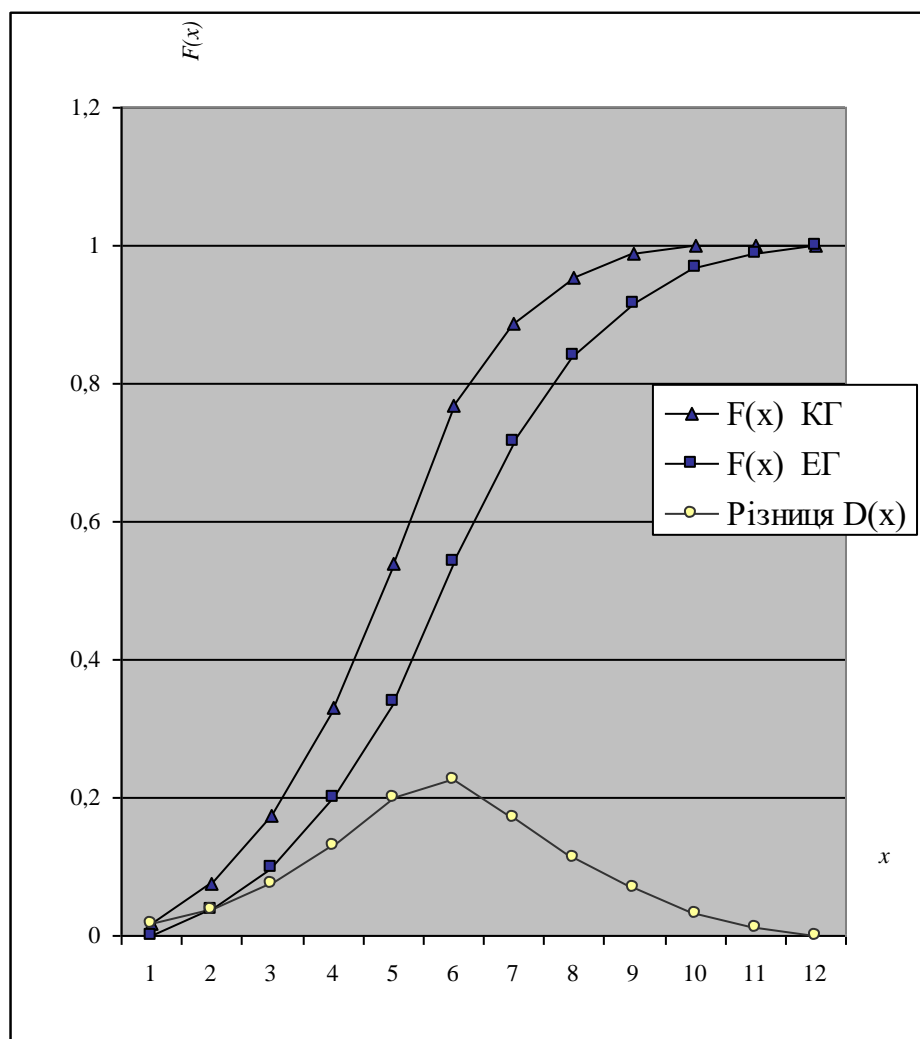


Рис.3.4. Графіки емпіричних функцій розподілу $F_K^*(x)$ і $F_E^*(x)$ та модуля різниць їх значень $D(x)$ (результат формуючого експерименту)

Таблиця 3.13

Зміни чисельності підгруп учнів з різними рівнями сформованості
творчого мислення

Рівні	Дуже низький	Низький	Середній	Високий
До формуючого експерименту				
в ЕГ m	52	148	40	-
в КГ n	51	145	44	-
Після формуючого експерименту				
в ЕГ m ₁	24	106	90	20
в КГ n ₁	42	142	53	3
m ₁ – m	- 28	- 42	+ 50	+ 20
ЕГ	-12%	-17%	+ 21%	+ 8%
n ₁ – n	- 9	- 3	+ 9	+ 3
КГ	- 4%	- 1 %	+ 4%	+ 1%
У сумі				
ЕГ	- 70 або - 29%		+ 70 або + 29%	
КГ	- 12 або - 5%		+ 12 або + 5%	

Зміна рівнів сформованості творчого мислення старшокласників, зафіксована після формуючого етапу експерименту, подана таблицею 3.13, побудованою на основі таблиць 3.4 і 3.10. Таблиця 3.13 показує, що більш значні переміщення в бік покращення відбулися в експериментальній групі класів. Так, чисельність підгруп учнів з середнім і високим рівнем сформованості творчого мислення збільшилась майже на 30% (за рахунок

зменшення чисельності підгруп учнів з дуже низьким і низьким рівнем), у той час як у контрольній групі класів таке переміщення склало лише 5%, тобто майже в 6 разів менше.

Висновки до третього розділу

Проведений експеримент дозволяє зробити наступні **висновки**:

1. Упровадження у шкільний курс фізики і математики гіперболічного параболоїда як просторової системи графіків є *доступним* для старшокласників, а також *доцільним*, оскільки активізує правопівкульне мислення як складову творчого мислення;

2. У плані розширення рамок часу на творчу роботу *доцільним* є прийом орієнтування дій учня на перспективу з пропозицією багатоваріантних довгострокових творчих завдань для *самостійної* роботи;

3. Оцінювання рівнів сформованості творчого мислення є співзвучним з оцінюванням рівнів ЗУН учня і спирається на систему показників дивергентного і конвергентного мислення та самостійності розв'язування завдань; система одержаних показників свідчить про підвищення результативності навчання і *підвищення* рівня сформованості творчого мислення старшокласників; *значущість* одержаних показників підтверджена застосуванням методів математичної статистики (критерії Вілкоксона, Макнімара, Вілкоксона-Манна-Уїтні, Пірсона, Колмогорова).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проблема методики формування творчого мислення старшокласників як елемента стратегічної цілі освіти в Україні досі є актуальною. Потужним засобом її розв'язання може бути інтеграція різнопредметних знань. При формуванні змісту освіти певною мірою використовується принцип інтегративності, спрямований на надання можливості учневі застосовувати (вінтегровувати) набуті знання з одного предмету в розв'язання ряду завдань з інших предметів. Для інтеграції знань на елементарному рівні характерним є не тільки змістовий аспект, а й процесуальний – поєднаний з процесом творчого мислення учня (і тільки це поєднання дає приріст знань).

Формування творчого мислення старшокласників як процес його зміни і розвитку потребує відповідного зовнішнього цілеспрямованого впливу за допомогою певного комплексного засобу. Спрямованість впливу визначається психофізіологією процесу творчого мислення: домінує робота правої півкулі головного мозку – візуальність, *цілісне сприйняття об'єкта*, варіативність, інтуїтивність, стимуляція лівопівкульного мислення – логічного; *рамки часу*, протягом якого повинні зберігатися умови для творчої діяльності учня, залежать від його здібностей.

Варіант розв'язання цієї проблеми пропонується у даній роботі:

1. Дане дослідження показує, що цілеспрямований вплив на формування творчого мислення старшокласників можна чинити за допомогою інтеграції знань з фізики і математики як комплексного навчально-методичного засобу, основними складовими якого, зокрема, є:

1) Введення у шкільний курс фізики і математики авторського методу гіперболічного параболоїда як нового *елемента бази мислення*. У його основі – просторово-графічна модель системи процесів, які аналітично описуються залежністю виду $z=kxy$ ($s=vt$, $N=Fv$, $U=IR$, $pV= \nu RT$, ... – 40% формул шкільного курсу фізики). Активізуючи правопівкульне (дивергентне) мислення учня, цей метод дозволяє:

- покращити рівень просторово-графічного мислення у ході виготовлення і застосування просторових моделей;

- спростити процес подачі та сприйняття потужного обсягу знань;
- виробити в учнів уміння творчо застосовувати ці знання.

2) Упровадження розроблених автором блоків багатоваріантних завдань творчого спрямування як *об'єкта творчих дій* (із застосуванням методу гіперболічного параболоїда) для *довготривалої* самостійної роботи, організація якої потребує орієнтування дій учнів на перспективу; дидактичних ігор, театральних уроків та матеріалів гурткової роботи як *заклучних* форм творчої діяльності.

2. Як підгрунття упровадження цих складових у навчальний процес у дисертаційній роботі розроблений ряд **методологічних питань** стосовно процесів інтеграції знань та творчого мислення:

1) Пропозиція резервів розв'язання деяких дидактичних проблем, виокремлених у даному дослідженні.

2) Інтеграція знань та її інсайт в алгоритмах наукової творчості двох видів (авторські блок-схеми).

3) Зв'язок інтеграції знань з творчим мисленням учня, деталізована схема та формула цього зв'язку.

4) Функціональні зв'язки компонентів впливу на процес розв'язування учнем творчої задачі, їх узагальнена схема.

5) Введення терміну „доцентрово-відцентрова” або „ланцюгова” інтеграція – стосовно інтеграції змішаного типу, схематичне зображення.

3. Розроблена **методика** здійснення інтеграції знань з фізики і математики у контексті формування продуктивного стилю мислення старшокласників, основними складовими якої є:

1) Система творчоспрямовуючих заходів та методичного забезпечення з інтеграції фізико-математичних знань учнів, її оглядова схема.

2) Особливості методики впровадження інтеграції знань з фізики і математики у компоненти впливу на формування продуктивного стилю мислення старшокласників. Схема .

3) Пропозиція щодо узгодження знаково-символьних позначень у графічних зображеннях фізичних процесів.

4) Формування інтегративних знань учнів з фізики і математики засобами комп'ютерних технологій; авторська компоновка навчаючої комп'ютерної програми та приклад її застосування.

5) Заміри психологічних характеристик здібностей та ЗУН учнів, блок відповідних тестів та анкет (9 позицій).

6) Методика введення поняття гіперболічного параболоїда як носія просторової системи графіків у шкільний курс математики; методика упровадження методу гіперболічного параболоїда у шкільний курс фізики.

7) Розробка тренінгів, вправ та завдань творчого спрямування для контрольних робіт і довготривалої самостійної роботи (що передбачають застосування методу гіперболічного параболоїда) (16 позицій); дидактичної гри на подвір'ї „Падаючі кульки”(кінематика); театралізованого уроку „Відкриття на зіткненні двох наук”; матеріалу для занять фізико-математичного гуртка з виведення нової (авторської) формули фаз перекритості двох кругів.

4. Рівні сформованості творчого мислення учня, визначені у ході педагогічного експерименту, співзвучні з рівнями ЗУН і мають в основі оцінювання систему показників конвергентного і дивергентного мислення та самостійності у виконанні завдань творчого спрямування. Обробку результатів експерименту проведено з використанням методів математичної статистики. Одержані показники засвідчують (з ймовірністю $P \geq 0,95$) справедливість робочої гіпотези дослідження про суттєве підвищення рівня сформованості творчого мислення старшокласників внаслідок упровадження розробленої авторської методики інтеграції знань з фізики і математики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А в а н е с о в В. С. Научные проблемы тестового контроля знаний. Монография. – М.: Исследовательский центр, 1994. –168 с.
2. А з а р о в Ю. П. Радость учить и учиться. – М.: Политиздат, 1989. – 535 с.
3. А л е к с а н д р о в Г. М. Навчання алгоритмів і формування евристичних процесів при розв'язуванні задач // Питання методики дидактичних досліджень: Вища школа, 1972. – 152 с.
4. А л е к с а н д р о в А. Д. Научный поиск и религиозная вера. – М.: Педагогика, 1974. – С. 60.
5. А л е к с а н д р о в П. С. Лекции по аналитической геометрии. – М.: Наука, 1968. – 988 с.
6. А л ь т ш у л л е р Г. С. Введение в теорию решения изобретательных задач. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1986. – 209 с.
7. А м б а р ц у м я н В. А. Современное естествознание и философия //Философия и современность. – М.: Наука, 1971. – С. 238 – 253.
8. А н а н ь е в Б. Г. О проблемах современного человекознания. – М.: Наука, 1977. – 380 с.
9. А н д р е е в И. Д. Научная теория и методы познания. – М.: Знание, 1975 / 8. – 64 с.
10. А н і с і м о в А. Ю. Розвиток методики складання та розв'язування задач в умовах реалізації стандартів фізичної освіти: Автореф. дис. канд. пед. наук: 13.00.02 / Нац. пед. університет ім. М.П. Драгоманова, – К., – 2000. – 17 с.
11. А р х а н г е л ь с к и й С. И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы. – М.: Высшая школа, 1980. – С. 34.
12. А т а м а н ч у к П. С. Теорія і методика управління пізнавальною діяльністю старшокласників у навчанні фізики: Автореф. дис. доктора пед. наук. – Київ, 2000, – С. 3.
13. А т а м а н ч у к О. М. Управління процесом навчальної пізнавальної діяльності. – Кам'янець-Подільський: КДПУ, 1997. – 136 с.

14. Б а б а н с к и й Ю. К. Избранные пед. труды / Сост. М. Ю. Бабанский. – М.: Педагогика, 1989. – 560 с.
15. Б а б а н с к и й Ю. К. Проблемы повышения эффективности педагогических исследований. – М.: Педагогика, 1982. – 191 с.
16. Б а ж е н о в Л. Б. Строение и функции естественнонаучной теории. – М.: Наука, 1978. – 231 с.
17. Б е в з Г. П. Алгебра. Пробний підручник для 7 – 9 кл. середньої школи. – К.: Освіта, 1997. – 303 с.
18. Б е в з Г. П. Фузіонізм у викладанні геометрії // Фізика та астрономія в школі, – 2000. – №3. – С. 10 – 13.
19. Б а к е л ь м а н И. Я. Аналитическая геометрия и линейная алгебра. – М.: Просвещение, 1976. – 290 с.
20. Б е к л е м и ш е в Д. В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры. – М.: Наука, 1976. – 320 с.
21. Б е р д я е в Н. А. Философия свободы. Смысл творчества. – М.; 1989. – С. 291.
22. Б е р у л а в а М. Н. Интеграция естественнонаучных и проф.-техн. дисциплин // Сов. Педагогика, – 1987. – №8. – С. 81 – 86.
23. Б л а г о д а р е н к о Л. Ю., Г р и щ е н к о Г. П., Ш у т М. І. Методика застосування особистісно-орієнтованого навчання при проведенні занять з фізики // Зб.наук.праць. – Кр.Ріг: Вид. відділ НМетАУ, 2003. – Т. 2: Теорія та методика навч. фізики. – С. 22 – 25.
24. Б л о н с к и й П. П. Развитие мышления школьника. – М.: Учпедгиз, – 1935. – 128 с.
25. Б о г д а н о в І. Т., С е р г е є в С. В. Інноваційний підхід до формування продуктивної діяльності студентів при вивченні фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Зб. наук. праць. – Кр. Ріг: Вид. відділ КДПУ, 2001. – Т. 2. – С. 23 – 30.
26. Б о р и с е н к о Н. Ф. Об основах межпредметных связей // Сов. педагогика, – 1971. – № 11. – С. 24 – 31.

27. Б р о н ш т е й н И. И., С е м е н д я е в К. А. Справочник по математике. – М.: Госиздат, 1967. – 608 с.
28. Б р я н с к и й Л. Н., Д о й н и к о в А. С. Краткий справочник метролога. – М.: Изд. стандартов, 1991. – 79 с.
29. Б у г а ё в А. И. Методика преподавания физики в средней школе. Теоретические основы. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.
30. Б у г а й о в О. І. Проблема структури курсу фізики у І2-річній середній загальноосвітній школі // Матеріали VII Всеукр. наук. конф. "Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики". - К.: НПУ, 2002. – 167 с.
31. Б у г а й о в О. І., М а р т и н ю к М. Т., С м о л я н е ц ь В. В. Фізика. Астрономія: Пробний підручник для 7 кл. – К.: Освіта, 1995. – 304 с.
32. Б у л а т о в а Е. Н. Развивать у учеников интерес к знаниям и учению // Физика в школе. – 1976. – №2. – С. 82.
33. В а с и л ь е в а С. В. Модули для самообучения // Вестник высшей школы. – 1988, – № 26. – С. 86 – 87.
34. Б е л и х о в Е. П. Задача все та же – учиться! // Квант, 1981. – № 12. – С. 3.
35. В е р н а д с к и й В.И. Несколько слов о ноосфере // Русский космизм: Антология философской мысли. – М.: 1993. – С. 303 – 311.
36. В е р н і к о в М. М. Екзистенціальна філософія в Україні // Діалог культур: Україна у світовому контексті. Вип. 2. – Львів: Каменяр, 1996. – С. 84 – 90.
37. В и г н е р Е. Непостижимая эффективность математики в естественных науках // Успехи физических наук. – Т. 94. – Вып. 3, 1968. – С. 536 – 540.
38. В и г н е р Е. Этюды о симметрии. – М., 1971. – С. 217.
39. В і д н і ч у к М. Формування навичок творчого стилю мислення учнів у позашкільній роботі // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – № 1. – С. 25.

40. Внеурочная работа по физике / под ред. О.Ф. Кабардина. – М.: Просвещение, 1983. – 223 с.
41. Водлазская И. В. Использование компьютеров в лабораторном практикуме // Материалы V Междунар. конф. "Информатика. Образование. Экология и здоровье человека". – Астрахань: изд-во АТПУ. 2000. – С. 41 – 47.
42. Войтко В. И., Гильбух Ю. З. Школьная психодиагностика: достижения и перспективы. – К.: Знание, 1979. – 48 с.
43. Выгодский М. Я. Аналитическая геометрия. – М.: Госиздат, 1983. – 525 с.
44. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. – М.: Госиздат, 1989. – 783 С.
45. Выготский Л. С. Избранные психологические исследования. – М.: Изд-во АПН СССР, 1956. – 518 с.
46. Выготский Л. С. Педагогическая психология. – М.: Педагогика. Пресс, 1996. – 536 с.
47. Гадецкий Н. В. О гуманизации и гуманитаризации преподавания физики в современной школе // Вестник Дн-ского университета. Педагогика и психология. – Дн-ск: ДГУ, 1995. – С. 70 - 72.
48. Гайшут А. Г., Доний В. Н., Поляков А. С. Микрокалькулятор в руках учителя физики: Пособие для учителей. – К.: Рад. школа, 1988. – 126 с.
49. Гальперин П. Я. Введение в психологию. – М.: Изд. МГУ, – 1976. – 150 с.
50. Гальперин П. Я. К интеллектуальному развитию ребенка // Вопросы психологии. – 1969. – № 1. – С. 21.
51. Гальперин П. Я. К характеристике III типа учения // третий Всес. съезд об-ва психологов СССР. – М.; – 1968.
52. Гальперин П. Я. Развитие исследований по формированию умственных действий // Псих. наука в СССР, – Т. 1. – М., 1959. – 559 с.
53. Гальперин П. Я. Управление процессом учения // Новые

исследования в пед. науках. – М., 1965. – Вып. 4. – С. 15 – 20.

54. Г а р и б я н С. А. Школа памяти. Суперактивизация памяти через возрождение эмоций. – М.: Цицеро, 1992. – 151 с.

55. Г е т м а н о в а Е. Е., К о с т а р е в Д. Б., С е м е р и ч Ю. С. Обучающие компьютерные программы по курсу общей физики // Образование и виртуальность. – 2000. Сб. научных работ 4-й Междунар. конф. Укр. ассоциации дист. образования. – Харьков-Севастополь: УАДО, 2000. – С. 189 – 194.

56. Г и б б с Дж. У. Термодинамика. Статистическая механика. – М.: Наука, 1982. – 584 с.

57. Г и р и л о в с ь к а І. В. Алгоритмізація процесу навчання учнів розв'язувати стереометричні задачі на побудову // Зб. наук. праць КПДПУ: Серія педагогічна: Дидактики дисциплін природознавчо-математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський: КПДПУ, інф.-вид. відділ, 2000. – Вып. 6. – С. 142 – 147.

58. Г о н ч а р е н к о С. У., В о л к о в В.В., К о р ш а к Є. В. т а і н. Стандарт шкільної фізичної освіти // Фізика та астрономія в школі, 1997. – № 2. – С. 2 – 8.

59. Г о н ч а р е н к о С. У. Гуманізація освіти як основний критерій розробки засобів реалізації сучасних технологій навчання // Наук. записки. – Серія: Педагогічні науки. – Засоби реалізації сучасних технологій навчання. – Вип.34. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. Винниченка. – 2001. – С. 3 – 8.

60. Г о н ч а р е н к о С. У. Конкурсні задачі з фізики. – К.: Техніка, 1968. – 450с.

61. Г о н ч а р е н к о С. У., М а л ь о в а н и й Ю. І. Інтегроване навчання. За і проти // Освіта. – 1994. – 16 лютого.

62. Г о н ч а р е н к о С. У. Фізика. Пробний підручник для 9 класу середньої загальноосвітньої школи. – К.: Освіта, 1997. – 431 с.

63. Г о н ч а р е н к о С. У. Фізика. Пробний навчальний посібник для шкіл III ст., гімназій і класів гуманітарного профілю. 10 кл. 2-е вид. – К.:

Освіта, 1996. – 272 с.

64. Г о н ч а р е н к о С. У. Фізика. Пробній навчальний посібник для 11 класу шкіл III ступ., гімназій і ліцеїв гуманітарного профілю. – 2-е видання. – К.: Освіта, 1998, – 287 с.

65. Г о н ч а р е н к о С. У. Формування наукового світогляду учнів під час вивчення фізики. Посібник для вчителя. – К.: Рад. шк., 1990. – 207 с.

66. Г о н ч а р е н к о С. У. Український педагогічний словник. – К.: Либідь, 1997. – 373с.

67. Г о р д и е н к о Т. П., Л а г у н о в И. М. Процесс разработки занятия компьютерного практикума. Материалы VIII межд. конф. "Математика. Компьютер. Образование." – Москва-Пушино: 2001, – С. 100.

68. Г о р с ь к и й В. С. Історія української філософії. Курс лекцій. – К.: Наукова думка, 1997. – 286 с.

69. Г р а б а р ь М. И., К р а с н я н с к а я К. О. Использование математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. – М.: Педагогика, 1977. – 136 с.

70. Г р е б е н ю к О. С., С а б и р о в Н. И. Дидактические условия интеграции целей и содержания процесса обучения СПТУ // Проблемы интеграции процесса обучения СПТУ. Сб. науч. тр. – М.: Изд. АПН СССР, 1983. – 185 с.

71. Г у л к а З., Т у д е с С. Ейдетичні методи у навчанні // Пед. науки. Зб.наук.праць. – Вип. 15. – Ч. 1. – Херсон: Айлант, 2000. – С. 36 – 40.

72. Г у с а к о в с ь к а Т. Педагогічні умови формування інтегрованих знань старшокласників з біології та хімії в позаурочній роботі // Зб. наук. праць. Педагогічні науки. – Херсон; 2000, Вип. XV, ч. 1. – С. 200 – 204.

73. Д а в ы д о в В. В. Проблемы развивающего обучения. – М.: Педагогика, 1986. – 240 с.

74. Д а н и л ю к А. Я. Метаморфозы и перспективы интеграции в образовании // Педагогика, 1998. – № 2. – С. 8 – 12.

75. Д е Б о н о Э. Латеральное мышление: Пер. с англ. – Спб.: Питер

Паблішинг, 1997. – 320 с. – (Мастера психологии).

76. Д е п е н ч у к А. П. Преемственность в развитии естествознания. – К.: Наукова думка, 1988. –128 с.

77. Державна національна програма "Освіта: Україна ХХІ століття".– К.: Райдуга, 1994. – 61 с.

78. Д з ю б е н к о М. І. 11 серпня 1999 року – сонячне затемнення // Пульсар, 1999. – №6–7. – С.11.

79. Д і с т е р в е г А. Избранные педагогические сочинения. – М.: Учпедгиз, 1956.

80. Е р ё м к и н А. И. Система межпредметных связей в высшей школе: Аспект подготовки учителя. – Харьков: Высшая школа, 1984. – 152 с.

81. З а к с Л. Статистическое оценивание / Пер. с нем. В.Н.Варыгина. Под ред. Ю.П.Адлера, В.Г.Горского. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.

82. З а п о р о ж е ц ь О. В. Психологія. – К.: Радянська школа, 1967. – 222 с.

83. Збірник різнорівневих завдань для державної підсумкової атестації з фізики /За ред. І. М. Г е л ь ф г а т а . – Харків: "Гімназія", 2002. – 104 с.

84. З в е р е в И. Д. Взаимосвязь учебных предметов. – М.: Знание, 1977. – 64 с.

85. З в е р е в И. Д., М а к с и м о в а В. Н. Межпредметные связи в современной школе. – М.: Педагогика, 1981. – 160 с.

86. З н а м е н с к и й П. А. Методика преподавания физики в средней школе. – Л. – М.: Учпедгиз, 1947.

87. И л ь и н В. С. Проблемы воспитания потребности в знаниях у школьников: Дис. науч. степени доктора пед. наук. – М., 1971.

88. И л ь и н а Т. А. Структурно-системный подход к организации обучения (Материалы лекций в Политехн. музее). – Вып.І. – М.: Знание, 1972. – 72 с.

89. И л ь ч е н к о В. Р. Перекрёстки физики, химии и биологии. Книга для учащихся. – М.: Просвещение, 1986. – 198 с.

90. К а л о ш и н а И. П. Проблемы формирования технического мышления. – М.: Изд. МГУ, 1974. – 184 с.
91. К а с я н о в а Г. З. Система фізичних задач для розвитку творчих здібностей учнів. – К.: ІЗМН, 1997. – 120 с.
92. К е д р о в Б. М. О психологии научного творчества / Возраст познания. – М.: Молодая гвардия, 1977. – С.111–123.
93. К е д р о в Б. М., С м и р н о в П. В., Ю д и н Б. Г. Системное выражение общего взаимодействия наук // Науки в их взаимосвязи. – М.: Наука, 1988. – С. 3 – 11.
94. К и р и к Л. А. Фізика – 10. Різномірні самостійні та контрольні роботи. – Харків: "Гімназія", 2002. – 192 с.
95. К л а й н М. Математика – утрата определённости. – М.: Мир, 1984. – 446 с.
96. К л е й н Ф. Элементарная математика с точки зрения высшей: В 2-х томах. Т.1. Арифметика. Алгебра. Анализ: Пер. с нем. / Под ред. В.Г. Болтянского. – 4-е изд. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 432 с.
97. К л е т е н и к Д. В. Сборник задач по аналитической геометрии. – М.: Наука, 1978. – 254 с.
98. К л и м о в Е. А. Индивидуальный стиль деятельности в зависимости от типологических свойств нервной системы. – Казань, 1969. – 171 с.
99. К о в а л е н к о В. Г., С л о д з и н с ь к и й І. Ф. Математична символіка: Посібник для самоосвіти вчителів. – К.: Рад. школа, 1985. – 80 с.
100. К о в а л ё в С. В. Подготовка старшеклассников к семейной жизни: тесты, опросники, ролевые игры: Книга для учителя. – М.: Просвещение, 1991. – 134 с.
101. К о й ч у Б. Деякі методичні прийоми реалізації розвиваючого навчання // Математика в школі, 1999. №1. – С. 28 – 30.
102. К о з л о в с ь к а І. М. Теоретико-методологічні аспекти інтеграції знань учнів професійно-технічної школи (дидактичні основи). – Львів: Світ, 1999. – 301 с.

103. Колмогоров А. М. Алгебра и начала анализа. Учебное пособие для 10-11 класса. – М.: Просвещение, 1990.
104. Коменский Я. А. Избранные педагогические сочинения. – М.: Гос. уч. пед. издат., 1955. – 665 с.
105. Кондратюк В. Л., Волос М. М., Бабин І. І. Основні тенденції розвитку систем освіти та освітніх технологій в світовій педагогічній практиці // Зб. наук. праць. – Бердянськ: БДПІ, 2001. – С. 46–51.
106. Конфорович А. Г. Атеистическое воспитание в процессе преподавания математики. – М.: Педагогика, 1984. – 160 с.
107. Конфорович А. Г. Нескінченність у математиці. – К.: Рад. школа, 1978. – 93 с.
108. Концепція неперервної фізичної освіти в навчальних закладах України. – К.: Освіта, 1995. – 12 с.
109. Концепція 12-річної середньої загальноосвітньої школи // Освіта 2000. – 30.08. – 6.09. – С.3–6.
110. Кордемский Б. А. Математика изучает случайности. – М.: 1975.
111. Корн Г. и Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968. – 720 с.
112. Коробов Е. Т., Распопов И. В., Шейко С. М. Методы обучения: Учебное пособие. – Дн-ск: ДДУ, 1996, – 84 с.
113. Коробова І. В. Розвиток дивергентного мислення учнів основної школи у навчанні фізики: Автореф. дис. канд. пед. наук. – К. 2000, – 15с.
114. Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. Фізика. Підручник для середньої загальноосвітньої школи. – К.: Перун, 2000. – 232 с.
115. Коршак Є. В., Шатковська Г. І. Значення інтеграції знань у підготовці фахівця // Фізика та астрономія в школі, 2002. – №1. – С. 20–24.
116. Коршак Є. В., Шут М. І., Грищенко Г. П. Проект концепції освіти з фізики та астрономії 12-річної школи // Фізика та астрономія в школі, 2001. – №3. – С. 24–26.
117. Костицын В. Н. Вернуть в педвузы курс начертательной

геометрії // Математика в школі, 1997. – №5. – С. 83 – 85.

118. К о с т ю к Г. С. Навчально-виховний процес і психічний розвиток особистості / Під ред. Л.М. Проколієнко. – К.: Рад.школа, 1989. – 608 с.

119. К о с т ю к Н. Т. Об'єктивна зумовленість і діалектика інтеграції сучасного наукового знання // Вісник Київ.ун-ту. Вип.10. – К., 1978. – С. 35–43.

120. К о т е л ь н і к о в Г. О. Лабораторні роботи з фізики дослідницького характеру у класах з поглибленим вивченням фізики: Автореферат дисертації. – К., 1998. – 26 с.

121. К о т е л ь н і к о в Г. О., С е р г е є в О. В. Експериментальні задачі як засіб залучення учнів до дослідницької роботи на лабораторних заняттях з фізики // Матеріали докладів респ. семінару "Проблеми використання задач у процесі викладання природничо-математичних дисциплін". – Чернігів, ЧОУВВ, 1993. – С. 89 – 91.

122. К о ш к и н Н. И., Ш и р к е в и ч М. Г. Справочник по элементарной физике. – 8-е изд. – М.: Наука. Гл.ред.физико-матем.литературы, 1980. – 208 с.

123. К р а с н о ж о н О. Б. Міжпредметні зв'язки та персональний комп'ютер в методиці навчання математики студентів фізичних спеціальностей // Зб. наук. праць. Матеріали наук. практ. конф. "Інформаційні технології в освіті". – Бердянськ: БДПШ, 2001. – С. 162 – 169.

124. К р е м е н ь В. Г. Особистісно-розвивальне навчання як науковий пріоритет // Рідна школа, 1988. – №11. – С. 53 – 57.

125. К р у т е ц к и й В. А. Психология обучения и воспитания школьников: Пособие для учителей и классных руководителей. – М.: Просвещение, 1976 – 303 с.

126. К р у т о в В. И. Техническая термодинамика. – М.: Высшая школа, 1971. – 472 с.

127. К у л а г и н П. Г. Межпредметные связи в процессе обучения. – М.: Просвещение, 1981. – 95 с.

128. К у л и к о в А. С. Проекционное черчение. Учебное пособие для

вузов. Изд. 5-е. – М.: Машиностроение, 1968. – 208 с.

129. К у р и л е н к о С. П., С е р г е є в О. В. Розвиток теорії навчання фізики як інтегративний процес // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Зб. наук. праць. В 3-х томах. – Кр. Ріг: Вид. відділ НацМетАУ, 2002. – Т.2. – С. 188 – 198.

130. Л а н и н а И. Я. Формирование познавательных интересов учащихся на уроках физики: Книга для учителя. – М.: Просвещение, 1985. – 128 с.

131. Л е н і н В. І. Повне зібрання творів. – Т. 29.

132. Л е о н т ь е в А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Политиздат, 1975, – 304 с.

133. Л е р н е р И. Я. Теория современного процесса обучения, её значение для практики // Сов. педагогика, 1989. – №11. – С. 11 – 17.

134. Л и т в и н е н к о Г. М., В о з н я к Г. М. Математика. Пробний підручник для 6 класу середньої школи. – К.: Освіта, 1996. – 287 с.

135. Л о ш к а р ё в а Н. А. МПС и их роль в формировании знаний и умений школьников: Дисс. канд. пед. наук. – М. – 1967. – 182 с.

136. Л о ш к а р ё в а Н. А. О понятиях и видах межпредметных связей // Сов. педагогика, 1972. – №6. – С. 48 – 56.

137. Л я ш е н к о А. Х. Інтеграція змісту природничо-наукової освіти в загальноосвітній школі // Нива знань, 2000. – №2. – С. 73.

138. Л я ш е н к о О. І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи: Логіко-дидактичні основи. – К.: Генеза, 1996. – 128 с.

139. М а к а р е н к о А. С. Сочинения. Т.4 – М.: АПН РСФСР, 1951. – 374с.

140. М а к о в е ц к и й П. В. Смотри в корень! Сборник любопытных задач и вопросов. – М.: Наука, 1979. – 382 с.

141. М а р к і н а Л. Л. Удосконалення змісту освіти на інтегративній основі // Нива знань, 2000. – №2. – С. 67.

142. М а р ч е н к о О., М і н а є в Ю., Ц и г а н о к М. Вплив системи оцінювання навчальних досягнень на вибір методів навчання // Зб. наук. праць.

Педагогічні науки. Вип. 24. – Херсон: Айлант, 2001. – С. 37 – 44.

143. М а т е м а т и к а в а ф о р и з м а х, в и с л о в л ю в а н н я х // У п о р. Н. В і р ч е н к о. – К.: Вища школа, 1974. – 272 с.

144. М а т ю ш к и н А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. – М.: Педагогика, 1972. – 208 с.

145. М а х м у т о в М. И., А р т е м ь е в а Л. А. Вопросы интегративного потенциала дидактики // Проблемы интеграции процесса обучения в СПТУ: Сб. науч. трудов. – М.: – Изд-во АПН СССР, 1989. – С. 4–42.

146. М а х м у т о в М. И. Современный урок: Вопросы теории. – М.: Педагогика, – 1985. – 184 с.

147. М е г р е В. Пространство любви / Третья книга из серии "Звонящие кедровые России". – М. – Санкт-Петербург: ДИЛЯ, 2000. – С. 156.

148. М е ж у є в В. І., С е р г є є в О. В. Психологічні аспекти використання нових інформаційних технологій у навчанні основ фізики // Зб. наук. праць. Педагогічні науки. Вип. ІХ. – Херсон, 1999. – с. 35 – 40.

149. М е л е д и н Г. В. Физика в задачах. Экзаменационные задачи с решениями: Учебное пособие. – М.: Наука, 1985. – 208 с.

150. М е н ч и н с к а я Н. А. Психология применения знаний к решению учебных задач // Сб. под ред. Н. А. Менчинской. – М.: Изд. АПН РСФСР, 1958. – 416 с.

151. Міжпредметні зв'язки під час вивчення фізики в середній школі. Посібник для вчителів. / За ред. О. В. С е р г є є в а. – К.: Рад. школа, 1979. – 118с.

152. М і н а є в Ю. П. Технологія розвитку критичного мислення при навчанні природничо-математичних дисциплін // Зб. наук. праць. Пед. науки. Вип. 32. – Ч. II – Херсон: Видавництво ХДПУ, 2002. – С. 85 – 90.

153. М и н ч е н к о в Е. Е. Межпредметные связи на основе структур курсов химии и физики. Автореферат дисс. канд. пед. наук. – М., 1968. – 19 с.

154. М о л я к о В. А. Психология конструкторской деятельности. – М.: Педагогика, 1983. – 94 с.

155. М о м о т Л. Л., Г л о м о з д а В. І. Дійовий засіб забезпечення інтегративності навчання // Педагогічна наука – перебудові школи. – К., 1990. – С. 29 – 30.
156. М я к и ш е в Г. Я., Б у х о в ц е в Б. Б. Фізика: Підручник для 10 класу середньої школи. – К.: Рад. школа, 1990. – 256 с.
157. Н а а н Г. И. Понятие бесконечности в математике и космологии / В кн. Бесконечность и Вселенная. – М.: Мысль, 1969. – С. 7 – 77.
158. Н а й д а н В. М., Г р а б о в и й А. К. Використання засобів навчання на уроках хімії: Посібник для вчителів. – К.: Рад. школа, 1988. – 218с.
159. На пути к новой школе. – М.: Педагогика. 1889. – 224 с.
160. Н е д о д а т к о Н. Г. Формування навчально-дослідницьких умінь та їх значення в розвитку творчої особистості учня // Матеріали Міжрегіон. наук.-практ. конф. "Психологическая наука и соврем. учреждения нар. образования" – Запорожье. Наук.-метод. центр, 1994. – С. 52 – 56.
161. Н е ч е т В. І. Особистісно-типологічний підхід до реформування природничої освіти школярів: принципи й проблеми // Наук. записки. – Серія: Педагогічні науки. – Засоби реалізації сучасних технологій навчання.- Вип. 34. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. Винниченка, 2001. – С. 68 – 72.
162. Н и ж н и к В. Г. Вимірювання фізичних величин та обчислення похибок: Методичний посібник для вчителів. – К.: Рад.школа, 1979. – 104 с.
163. Н и ж н и к В.Г., Г р и щ е н к о Г.П., П е р е п е л и ц я В., Ф е д о р у к Т. Просторові моделі під час вивчення газових законів // Фізика та астрономія в школі, 1998. – №3. – С. 30 – 34.
164. Н и ж н и к В. Г., Р о м а н и ш и н а Л. Дидактичні основи інтеграції знань учнів професійних навчально-виховних закладів. // Зб.наук.праць. Педагогічні науки. – Херсон: 2000, вип. XV, ч. I. – С. 175 – 178.
165. Н о в а к О. Ф. Збірник теоретичних задач і вправ з фізики. Посібник для вчителя. –К.: Рад. школа , 1989. – 189 с.
166. Н о в и к о в П. С. Элементы математической логики. – М.: Наука, 1973. – 399 с.

167. Новое педагогическое мышление / Под ред. А.В. Петровского. – М.: Педагогика; 1989. – 280 с.
168. О д о е в с к и й В. Ф. Избранные педагогические сочинения. – М.: Учпедгиз, 1955. – 366 с.
169. О к о н ь В. Введение в общую дидактику. – М.: Высшая школа, 1990. – 381 с.
170. О р с Л. Рефербинг. – К.: Внешторгиздат, 1985.
171. Основы математической статистики. Учебное пособие для институтов физ. культуры / Под ред. В.С. Иванова. – М.: Физкультура и спорт, 1990. – 176 с.
172. О с т а п е н к о А. Мимолётное чудо // Наука и жизнь, 1999. – №7. – С. 51.
173. П а в л е н к о А. І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач (теоретичні основи) – К.: Міжнародна фінансова агенція, 1997. – 177 с.
174. П а в л о в И. Н. Избранные произведения. – М.: АН СССР, 1951. – 620с.
175. П а л ь м Г. А. Психодиагностика в сфере познавательной деятельности студентов // Вестник Дн-ского ун-та. Педагогика и психология. – ДГУ, 1995. – С. 29 – 33.
176. П а щ е н к о В. В. Методи дослідження розумової працездатності і функціональних змін організму учнів під час навчання. // Питання методики дидактичних досліджень. – К.: Вища школа, 1972. – С. 143 – 149.
177. Педагогика / Под ред. Ю.К. Б а б а н с к о г о. – М.: Просвещение, 1983. – 511 с.
178. Педагогика: Учебное пособие для студентов пединститутов / Под ред. Ю.К. Б а б а н с к о г о. – М.: Просвещение, 1988. – 479 с.
179. Педагогика. Учебное пособие для студентов педагогических вузов и педагогических колледжей / Под ред. П и д к а с и с т о г о П. И. – М.: Рос. пед. агенство, 1995. – 638 с.

180. Педагогическое программное средство GRAN: Методические рекомендации / Сост. М.И. Жалдак, А.В. Пеньков. – К.: КГПИ, 1991. – 48 с.
181. П е р е л ь м а н Я. И. Занимательная механика. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1959. – 184 с.
182. П и с а р е в Д. И. Избранные педагогические сочинения. – М.: АПН СССР, 1951. – 413 с.
183. П л а н к М а к с. К столетию со дня рождения. – М.: Наука, 1958. – 279 с.
184. П л а т о н о в К. К., Г о л у б е в Г. Г. Психология. – М.: Высшая школа, 1977. – 384 с.
185. П о в а р С. В. Опыт использования дидактических игр на уроках физики // Вестник Дн-ского ун-та. Педагогика и психология. – Дн-ск: ДГУ, 1995. – С. 128 – 130.
186. П о в а р С. В. Задачі "На конкурс" // Фізика та математика в школі, 2000. – №3, – С. 30 – 34.
187. П о в а р С. В. Доцільність введення в шкільний курс математики гіперболічного параболоїда // Педагогічні науки. Зб. наук. праць.: Вип. 15. – Ч.ІІ. – Херсон: Айлант, 2000. – С. 67 – 73.
188. П о в а р С. В. Завдання для самостійної роботи і контролю знань учнів з основ молекулярно-кінетичної теорії і термодинаміки // Фізика та астрономія в школі, 2001. – №1. – С. 6 – 13.
189. П о в а р С. В. Інтегративні підходи до проблеми розв'язування задач з фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Зб. наук. праць: В 3-х томах. – Кр. Ріг: Вид. відділ КДПУ, 2001. – Т.2. – С. 247–252.
190. П о в а р С. В. Пошуки інтегративного методу геометричного подання ізопроцесів в ідеальному газі // Наук. записки. – Серія: Педагогічні науки. – Засоби реалізації сучасних технологій навчання. – Вип.34. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2001. – С. 152 – 155.
191. П о в а р С. В. Активізація самостійної продуктивної діяльності учнів на уроках фізики (інтегративний підхід) // Зб. наук. праць. Педагогічні

науки. – Вип. 24. – Херсон: Айлант, 2001. – С. 231 – 236.

192. П о в а р С. В. Навчаюча комп'ютерна програма як засіб реалізації інтеграції знань // Зб. наук. праць: – Матеріали наук. практич. конференції "Інформаційні технології в освіті". – Бердянськ: ДЦПУ, 2001. – С. 320 – 325.

193. П о в а р С. В. Завдання для самостійної роботи і контролю знань учнів з кінематики прямолінійного рівнозмінного руху // Фізика та астрономія в школі, 2002. – №2. – С. 9 – 13.

194. П о в а р С. В. З досвіду інтеграції знань з фізики і математики у позаурочній роботі // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Зб. наук. праць: В 3-х томах. – Кр.Ріг: Вид. відділ НацМетАУ, 2002. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 258 – 263.

195. П о в а р С. В. Розробка дидактичної гри "Падаючі кульки" з кінематики. Фізика, 9 клас // Фізика та астрономія в школі, 2002. – №4. – С. 7 – 10.

196. П о в а р С. В. Побудова графіків ізопроцесів в ідеальному газі з використанням гіперболічного параболоїда як засіб формування просторового мислення старшокласників // Матеріали Міжнар. конф. "Сучасні тенденції розвитку природничо-математичної освіти" – Херсон: Вид. ХДПУ, 2002. – С. 230 – 233.

197. П о в а р С. В. Цикл наукової творчості та відтворення його ланок при вивченні фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Зб. наук. праць. Вил. 3. – В 3-х томах. – Кр. Ріг: Вид. відділ НацМетАУ, 2003. – Т.2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 262 – 265.

198. П о в а р С. В. Нетрадиційний підхід до обчислення площі кругового сегмента та серпа через фази перекритості двох кругів одного діаметра // Математика в школі, 2003. – №7. – С. 15 – 21.

199. П о в а р С. В. Завдання для самостійної роботи і контролю знань учнів з динаміки прямолінійного рівнозмінного руху // Фізика та астрономія в школі, 2003. – №6. – С. 2 – 7.

200. П о г о р е л о в А. В. Геометрія. Стереометрія: Підручник для 10-11

кл. середньої школи. – К.: Освіта, 1994. – 328 с.

201. П о н о м а р ё в Я. А. Психология творчества. – М.: Наука, 1976. – 303 с.

202. П о н о м а р ё в Я. А. Фазы творческого процесса. – М.: Педагогика, 1933. – 326 с.

203. П о с п е л о в Н. Н., П о с п е л о в И. Н. Формирование мыслительных операций старшеклассников. – М.: Педагогика, 1989. – 152 с.

204. П о т о ц к и й М. В. Преподавание математики в педагогическом институте. – М.: Просвещение, 1975. – 208 с.

205. Преподавание физики и астрономии в средней школе по новым программам. Пособие для учителей / Под ред. Л.И. Р е з н и к о в а. – М.: Просвещение, 1970. – 111 с.

206. Про математику і математиків. Висловлювання видатних діячів минулого і сучасності / Упор. З о р я А.С., К і р о С.М. – К.: Рад. школа, 1981. – 259 с.

207. Психологія: Підручник для студента вищих навчальних закладів / За ред. Е.Л. Т р о ф и м о в а. – К.: Либідь, 2001. – 560 с.

208. Психологія: Підручник для педагогічних вузів / За ред. Г.С. Костюка. – К.: Рад. школа, 1968. – 571 с.

209. П у а н к а р е А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 560 с.

210. Р а з у м о в с к и й В. Г. Творческие задачи по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1966. – 155 с.

211. Р е з н и к о в Л. И. Научно-педагогические основы построения школьного курса физики // Сов. педагогика. – 1966. – № 9. – С. 38.

212. Р е ш а н о в а В. И. Развитие логического мышления учащихся при обучении физике. Книга для учителя. – М.: Просвещение, 1985. – 93 с.

213. Р е ш е т о в а З. А. Психологические основы профессионального обучения. – М.: МГУ, 1985. – 207 с.

214. Р и м к е в и ч А. И., Р и м к е в и ч П. А. Збірник задач з фізики для 9-11 класів середньої школи. – К.: Освіта, 1993. – 239 с.

215. Р о б е р т И. В., С а м о й л е н к о П. И. Информационные технологии в науке и образовании. Учебно-методическое пособие. – М.: МГЗИ, 1998. – 178 с.

216. Розв'язування задач з фізики. Практикум / За заг. ред. Є.В. Коршака. – К.: Вища школа, 1986. – 311 с.

217. Р о з у м о в с ь к а О. Б., С и в а к О. Д., Я ш и н А. В. Інтегровані уроки в шкільній практиці // Зб. наук. праць. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський, 2000. – Вип. 6. – С. 38 – 101.

218. Р у б и н ш т е й н О. Л. О мышлении и путях его исследования. – М.: Изд-во АПН СССР, 1959. – 197 с.

219. С а в е л ь е в а Л. В. Комплексные межпредметные связи как дидактическое условие осуществления взаимосвязи содержания учебных предметов // Проблемы взаимосвязи общего, политехнического и проф. образования в ср. профтехучилище. – Л-д: ВНИИ ПТО, 1979. – С. 46 – 58.

220. С а м а р и н Ю. А. Очерки психологии ума. – М.: АН РСФСР, 1962. – 504 с.

221. С а м о й л е н к о П. И., С е р г е е в А. В. Развитие дидактики физики как интеграционный процесс // Среднее проф. образование, 1998. – №11–12. – С. 39 – 45.

222. С а м о й л е н к о П. И., С е р г е е в А. В. Развитие дидактики физики как интеграционный процесс // Среднее проф. образование, 1999. – № 1. – С. 36 – 40.

223. С а м о й л е н к о П. И., С е р г е е в А. В. Развитие дидактики физики как интеграционный процесс // Среднее проф. образование, 1999. – № 2. – С. 26 – 33.

224. С а м о й л е н к о П. И., С е р г е е в А. В. Тематическая проверка знаний: кроссворды по физике. – М.: Школа-Пресс, 1999. – 144 с. (Библиотека ж. "Физика в школе". – Вып. 12).

225. С е м е р і к о в С. О. Активізація пізнавальної діяльності студентів при вивченні чисельних методів у об'єктивно-орієнтованій технології

програмування. Диск. канд. пед. наук. – Київ: 2000. – 171 с.

226. С е н а Л. А. Единицы физических величин и их размерности: Учебно-справочное руководство. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 432 с.

227. С е н ь к о С. В. Формирование научного стиля мышления учащихся. – М.: Знание, 1986. – 80 с.

228. С е р г е є в О. В. Інтегральний урок з фізики // Матеріали доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. "Інтеграція елементів змісту освіти". – Полтава: Інст. післядипл. освіти педпрац., 1994. – С. 134 – 135.

229. С е р г е є в А. В. Наблюдения учащихся при изучении физики на второй ступени обучения: Пособие для учителя. – К.: Рад. школа, 1988. – 176с.

230. С е р г е є в О. В., Ш а п о в а л о в а Л. А. Міжпредметні задачі, їх класифікація та місце у вивченні фізики у сучасній загальноосвітній середній школі // Зб. наук. праць. Пед. науки. Вип. 24. – Херсон: Айлант, 2001. – С. 251 – 257.

231. С е р г і є н к о Л. Г. Реалізація професійної спрямованості навчання фізиці на лекційних заняттях // Зб. наук. праць. Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Вип. 3., Т. 2. – Кр. Ріг: Вид. відділ НМетАУ, 2003. – С. 302 – 308.

232. С е ч е н о в И. М. Избранные философские и психологические произведения. – М. – Л-д; Учпедгиз, 1947.

233. Синтез современного научного знания. – М.: Наука, 1979. – 427 с.

234. С к а т к и н М. Н. Проблемы современной дидактики. – М.: Педагогика, 1994 – 95 с.

235. С к у л ь с ь к и й Р. П., Б о н д а р М. І. Проблема об'єктивної оцінки рівня просторово-образного мислення учнів // Питання методики дидактичних досліджень. – К.: Вища школа, 1972. – 152 с.

236. С м и р н о в А. А. Проблемы психологии памяти. – М.: Наука, 1966 – 422 с.

237. С п и р к и н А. Г., Т ю х т и н В. С. О взаимосвязи наук в

современном естествознании // Синтез современного научного знания. – М.: Наука, 1973. – С. 60 – 73.

238. С т а в с к а я Н. Р. Философские вопросы развития современной науки (Социологические и методологические проблемы интеграции науки) – М.: Высшая школа, 1974. – 232 с.

239. С т е п и н В. С. Становление научной теории. – Минск: Изд-во Белорусского ун-та, 1976. – 316 с.

240. С т е ф а н о в Н. Теория и метод в общественных науках. – М.: Просвещение, 1967. – 311 с.

241. С т о л я р е н к о Л. Д. Основы психологии. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 672 с.

242. С у х о м л и н с ь к и й В. Р. Вибрані твори: В 5-ти томах. – Т. 3. – К.: Рад. школа, 1977. – С. 142.

243. Т а л ы з и н а Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний. – М.: Изд. МГУ, 1975. – 343 с.

244. Т е в л і н З. Б. Математика на уроках фізики // Фізика та астрономія в школі, 1998. – М. – С. 18 - 21.

245. Теоретические основы содержания общего среднего образования / Под ред. В.В. Краевского, И.Я. Лернера. – М.: Педагогика, 1983. – 352 с.

246. Теория и методика обучения физики в школе: Общие вопросы: Учебное пособие для студентов высш. пед. учеб. Заведений / Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. – М.: Изд. центр "Академия", 2000. – 368 с.

247. Т е п л о в Б. М. Избранные труды: В 2-х томах. – М.: Наука, 1985.

248. Т и х о м и р о в О. К. Психология мышления. – М.: МГУ, 1984. – 272 с.

249. Т и х о н с ь к а Н. І. Проблеми технології навчання фізичній мові // Зб. наук. праць. Педагогічні науки. – Вип. 9. – Херсон: Айлант, 1999. – С. 50 – 54.

250. Т р о ф и м о в Ю. Л. Техническое творчество в САПР (психологические аспекты) – К.: Высшая школа, 1989. – 181 с.

251. У с о в а А. В. Психолого-дидактические основы формирования у учащихся научных понятий. – Челябинск: ЧГПИ, 1978. – 99 с.
252. У ш и н с ь к и й К. Д. Вибрані педагогічні твори. –К.: Педагогіка. – Т. 1, 1983. – 256 с.
253. Ф е д о р е ц Т. Ф. Межпредметные связи в процессе обучения. – Л-д.: ЛПИ, 1989. – 119 с.
254. Ф ё д о р о в а В. Н., К и р ю ш к и н Д. М. Межпредметные связи. – М.: Педагогика, 1972. – 152 с.
255. Ф е й н м а н Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1978. – 160 с.
256. Философия. Учебник для высших учебных заведений / Под ред. В.П. К о х а н о в с к о г о. – Ростов на Дону: Феникс, 1999. – 573 с.
257. Ф і л о с о ф і я. Навчальний посібник / За. ред. Н а д о л ь н о г о І.Ф. – К.: Вікар, 1999. – 622 с.
258. Ф і ш м а н І. М. Методологічні питання шкільного курсу математики. Посібник для самоосвіти вчителів під ред. д-ра філософ, наук проф. О.І. Кедровського. – К.: Рад. школа 1985. – 72 с.
259. Ф р а н к о І. Я. Із секретів поетичної творчості. – К.: Рад. школа, 1969. – 297 с.
260. Ф у р м а н А. З. Методологічний аналіз системи розвивального навчання // Педагогіка і психологія, 1995. – № 1. – С. 7 – 21.
261. Х о з р а т к у л о в а І. Задоволення базових потреб дитини як фактор становлення особистості // Зб. наук. праць. Педагогічні науки. – Вип. 15. Ч. 1. – Херсон: Айлант, 2000. – С. 47 – 52.
262. Х о л о д н а я М. А., Г е л ь ф м а н Э. Г. Интеллектуальное воспитание личности // Педагогика, 1998. – № 2. – С. 111.
263. Хрестоматия по истории математики / Под ред. А.П. Ю ш к е в и ч а. – М.: Просвещение, 1976. – Кн. 1. – 319 с.
264. Ц з е н Н. В., П а х о м о в Ю. В. Психотренинг (игры и упражнения) – М.: Просвещение, 1988.

265. Чертов А. Г. Физические величины (терминология, определения, обозначения, размерности, единицы). Справочное пособие. – М.: Высшая школа. 1990. – 355 с.

266. Чудновский В. В., Юркевич В. С. Одарённость: дар или испытание. – М.: Знание, 1990. – 80 с.

267. Шаповалова Л. А. Розв'язування задач як засіб реалізації міжпредметних зв'язків фізики і математики // Зб. наук. праць КДПДУ: Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: КДПДУ, інф.-вид. відділ, 2000. – Вип. 6. – С. 199 – 204.

268. Шаповалова Л. А. Формування фізичних понять у процесі розв'язування задач міжпредметного змісту // Зб. наук. праць. Педагогічні науки. Вип. 15. Ч. 1. – Херсон: Айлант, 2000. – С. 184 – 189.

269. Шарко В., Дендеренко О. Проблемно-інтегративний підхід до вивчення фізики як нова технологія // Зб. наук. праць. Педагогічні науки. – Херсон: Айлант, 2000. Вип. 15. Ч. 2. – С. 161 – 168.

270. Шрейдер Ю. А. Логика знаковых систем (элементы семиотики). – М.: Знание, 1974. – № 1. – 64 с.

271. Эйнтейн А. Сборник научных трудов. – М.: Наука, 1965. – Т. 4. – 454 с.

272. Informatics for secondary education. A curriculum for schools. UNESCO. – Paris. 1994. – 35 p.

273. Повар С. В. Взаємозв'язок творчого мислення та інтеграції знань на елементарному рівні // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі: Зб. наук. праць. – Кривий Ріг: Вид. Відділ НМетАУ, 2005, - С. 239-242.

274. Повар С. В. Функціональні зв'язки процесу розв'язування творчого завдання // Фізика та астрономія в школі, 2007. – №2. – С. 17 – 18.

275. Повар С. В. Метод визначення найімовірніших поправок на випадкове угадування відповідей у тестах розпізнавання // Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конференції „Науково-методичні засади

моніторингу якості освіти в педагогічних університетах” –Київ.-2007. –НПУ
ім.. М.П. Драгоманова.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

Школа _____

Дата _____

Клас _____

Прізвище, ім'я _____

ТЕСТ

на рівень працездатності

Таблиця А.1.1

Коректурна таблиця

С Х А В С Х Е В И Х Н А И С Н Х В Х В К С Н А И С В Х В Х Е Н А И С Н Е
 В Х А К В Н Х И В С Н А В С А В С Н А Е К Е А Х В К Е С В С Н А И С А И
 С Н А В Х Н В К Н Х И С Х В Х Е К В Х И В Х Е И С Н Е И Н А И Е Н К Х К
 И К Х Е К В К И С В Х И Х А К Х Н С К А И С В Е К В Х Н А И С Н Х Е К Х
 И С Н А К С К В Х К В Н А В С Н И С Н А И Х А Е Х К И С Н А И К Х Е Х Е
 И С Н А Х К Е К Х В И С Н А И Х В И К Х С Н А И С В Н К Х В А И С Н А Х
 Е К Е Х С Н А К С В Е Е В Е А И С Н А С Н К И В К Х К Е К Н В И С Н К Х В
 Е Х С Н А И С К Е С И К Н А Е С Н К Х К В И Х К А К С А И С Н А Е Х К В Е
 Н В Х К Е А И С Н К А И К Н В Е В Н К В Х А В Е И В И С Н А К А Х В Е И
 В Н А Х И Е Н А И К В И Е А К Е И В А К С В Е И К С Н А В А Х Е С В Н К Е
 С Н К С В Х И Е С В Х К Н К В С К В Е В К Н И Е С А В И Е Х Е В Н А И Е Н
 С Х А В С Х Е В И Х Н А И С Н Х В Х В К С Н А И С В Х В Х Е Н А И С Н Е
 В Х А К В Н Х И В С Н А В С А В С Н А Е К Е А Х В К Е С В С Н А И С А И
 С Н А В Х Н В К Н Х И С В Х Е К В Х И В Х Е И С Н Е И Н А И Е Н К Х К И
 К Х Е К В К И С В Х И Х А К Х Н С К А И С В Е К В Х Н А И С Н Х Е К Х И
 С Н А К С К В Х К В Н А В С Н И С Н А И Х А Е Х К И С Н А И К Х Е Х Е И
 С Н А Х К Е К Х В И С Н А И Х В И

Треба виконати команди учителя:

- 1) почніть викреслювати букву А в рядках коректурної таблиці;
- 2) зупиніться, відмітьте місце зупинки знаком \surd ,
- 3) викреслюйте далі букву А, крім випадків, коли вона стоїть після букви Н;
- 4) зупиніться, відмітьте місце зупинки знаком \surd .

Таблиця А.1.2**Обробка результатів виконання завдання**

Показники			
Час		t_1	t_2
Кількість викреслень		$K_1 =$ $K_{1max} = 73$	$K_2 =$
Помилки викреслень		$\Pi_1 =$	$\Pi_2 =$
Помилки диференціації			$\Pi_3 =$
Кількість викреслень не <i>НА</i>			$\overline{K_2} =$ $\overline{K_{2max}} = 30$
Точність (логічність)	$L = L_1 + L_2$	$L_1 = \frac{K_1}{K_1 + \Pi_1}$	$L_2 = \frac{K_2}{K_2 + \Pi_2 + \Pi_3}$
Об'єм	$Об = Об_1 + Об_2$	$Об_1 = \frac{K_1}{K_{1max}}$	$Об_2 = \frac{K_2}{\overline{K_{2max}}}$
Швидкість	$Ш = Ш_1 + Ш_2$	$Ш_1 = \frac{K_1}{t_1}$	$Ш_2 = \frac{K_2}{t_2}$
Рівень розумової працездатності	$K = Об \cdot Ш \cdot L \cdot 100$	$K =$	

Додаток А.2

Школа _____

Дата _____

Клас _____

Прізвище, ім'я _____

Т Е С Т

на рівень просторово-образного мислення

Відомо, що гелікоптер спочатку піднявся на висоту $h=$ ____, потім полетів горизонтально на відстань $a=$ ____ у напрямку на _____, далі пролетів відстань $b=$ ____ у напрямку на _____.

Завдання 1. Накресліть траєкторію польоту гелікоптера (покажіть якомога більше способів зображення такої траєкторії).

Завдання 2. За цією умовою складіть ряд запитань і дайте на них відповіді.

Таблиця А.2.1

Таблиця обробки результатів виконання завдання 1

Спосіб	Бали	Час	Логічність	Варіативність	Відносна витрата часу	Рівень просторово-образного мислення
1						
2						
3			$L = \frac{P_n}{P}$	$B = \frac{P}{P_{\max}}$	$\mathcal{C} = \frac{t}{t_n}$	$\Pi = \frac{1}{2}(L \cdot \mathcal{C} + B)$
4						
5						
$P=$	$P_n=$	$t=$	$L=$	$B=$	$\mathcal{C}=$	$\Pi=$

Таблиця А.2.2

Варіанти характеристик траєкторії гелікоптера

Варіант	h (м)	a (м), напрям	b (м), напрям
1.	100	300 схід	400 південь
2.	200	400 південь	100 захід
3.	300	500 захід	300 північ
4.	400	600 північ	400 схід
5.	200	100 схід	400 північ
6.	100	200 південь	300 схід
7.	200	300 захід	400 південь
8.	200	400 північ	500 захід
9.	400	500 схід	300 південь
10.	200	600 південь	200 захід
11.	100	400 захід	100 північ
12.	200	400 північ	300 схід
13.	300	500 схід	600 північ
14.	400	400 південь	600 схід
15.	200	100 захід	300 південь
16.	100	500 північ	400 захід
17.	200	600 схід	300 південь
18.	300	200 південь	400 захід
19.	400	300 захід	500 північ
20.	200	100 північ	400 схід
21.	100	400 схід	200 північ
22.	200	400 південь	600 схід
23.	300	300 захід	200 південь
24.	400	600 північ	500 захід
25.	200	200 схід	100 південь
26.	100	300 південь	400 захід
27.	200	200 захід	600 північ
28.	300	500 північ	300 схід
29.	400	600 схід	400 північ
30.	200	500 південь	500 схід

Додаток А.3

Школа _____

Дата _____

Клас _____

Прізвище, ім'я _____

Т Е С Т**на рівень зацікавленості матеріалом уроку****(тест часу)**

Момент часу початку фрагменту уроку: _____.

Момент часу кінця фрагменту уроку: _____.

Дійсний проміжок часу виділеного фрагменту уроку, T : _____.Оцінка учнем цього проміжку часу, t : _____.

Коефіцієнт невідповідності часу для учня, тобто, коефіцієнт рівня зацікавленості матеріалом уроку:

$$K = \frac{t}{T} =$$

Додаток А.4

Школа _____

Дата _____

Клас _____

Прізвище, ім'я _____

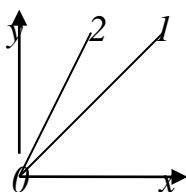
Т Е С Т

на рівень креативності

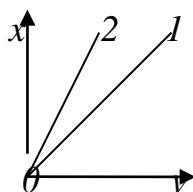
Завдання 1. Визначити, які з даних графіків А, Б, В, Г вашого варіанту завдання можуть відповідати формулі $y = k_1 x$ (1) та формулі $y = k_2 x$ (2), де в рамках y та x розміщуються змінні величини, а k_1 та k_2 – постійні величини, причому $k_2 > k_1 > 0$.

Варіант

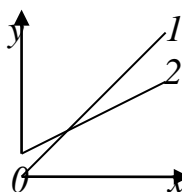
А



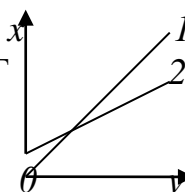
Б



В

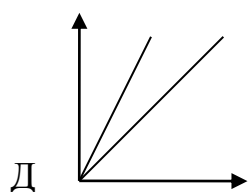


Г

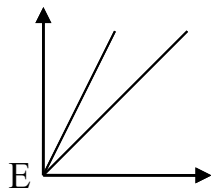


Відповідь: _____ Пояснення: _____

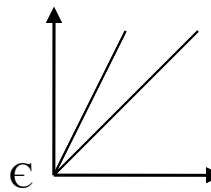
Завдання 2. На рисунках Д, Е, Є, Ж, З, И, І, Ї на осях координат поставити позначення можливих пар фізичних величин та написати рівняння кожного з поданих графіків.



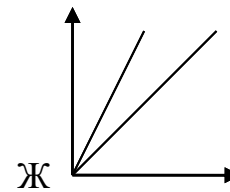
Д



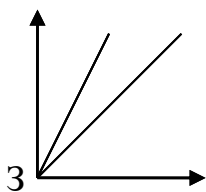
Е



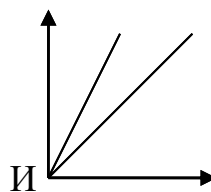
Є



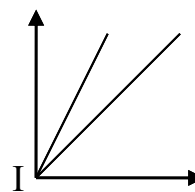
Ж



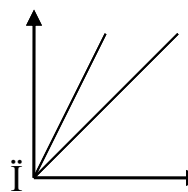
З



И



І



Ї

Сторінка вчителя

Для оцінки відповідей позначимо:

P_{max} – кількість розв’язків, максимально можливих за даних умов задачі;

P – кількість розв’язків, показаних учнем, у тому числі: P_n – правильних, P_n – неправильних, P_o – оригінальних;

T_n – час, відведений на виконання завдання (норма);

T – час, витрачений учнем на виконання завдання (фактичний).

Тоді відповідь можна оцінити за такими показниками: логічність $L=P_n/P$; оригінальність $Op=P_o/P_{max}$; варіативність $B=P_n/P_{max}$; відносні витрати часу $Ч=T/T_n$.

Результати виконання завдань зводимо в таблицю:

	P_{max}	P	P_n	P_o	P_n	T_n	T	L	Op	B	$Ч$
Завдання 1											
Завдання 2											
Всього											

Загальний коефіцієнт креативності визначаємо за формулою:

$$K_{кр} = ((L_1 + L_2) / Ч + (Op_1 + Op_2) + (B_1 + B_2)) / 3 .$$

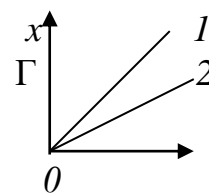
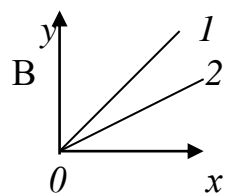
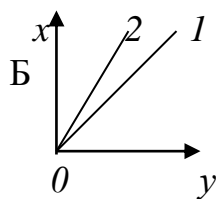
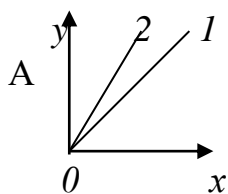
Варіанти графіків до завдання 1 (перестановки з 4 елементів варіанта 1) :

Варіант \ Місце рисунка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
А	1	2	2	2	1	3	3	3	1	4	4	4
Б	2	1	3	3	3	1	2	2	4	1	2	2
В	3	3	1	4	2	2	1	4	2	2	1	3
Г	4	4	4	1	4	4	4	1	3	3	3	1

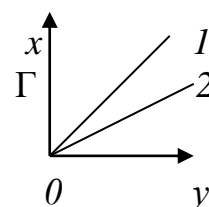
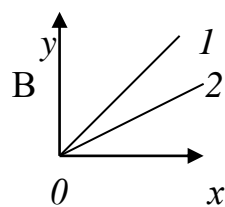
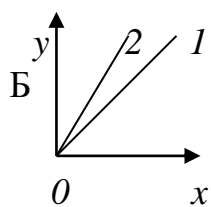
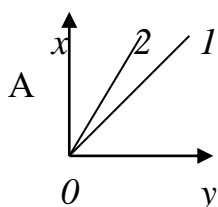
Варіант \ Місце рисунка	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
А	1	2	2	2	1	3	3	3	1	4	4	4
Б	2	1	4	4	3	1	4	4	4	1	3	3
В	4	4	1	3	4	4	1	2	3	3	1	2
Г	3	3	3	1	2	2	2	1	2	2	2	1

Далі подано варіанти графіків до завдання 1.

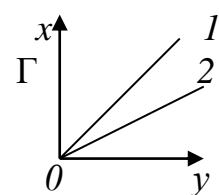
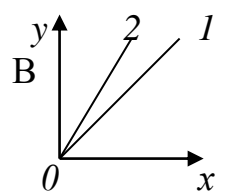
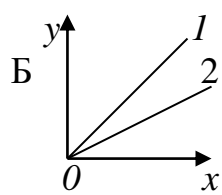
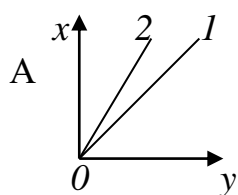
Варіант
1



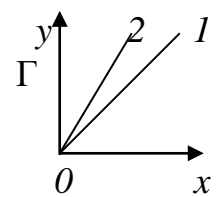
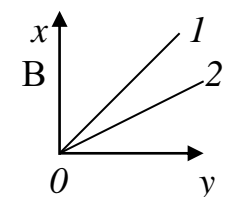
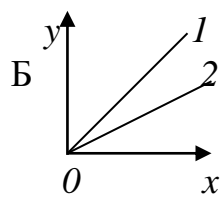
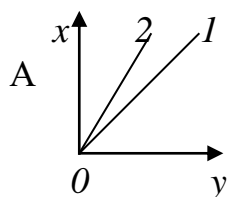
Варіант
2



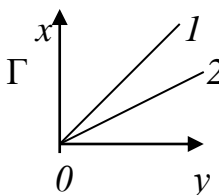
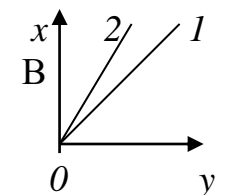
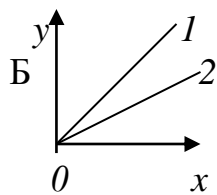
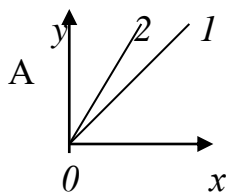
Варіант
3



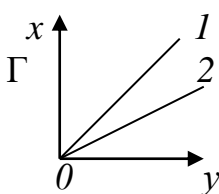
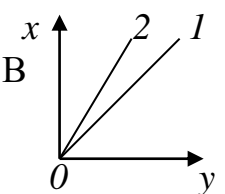
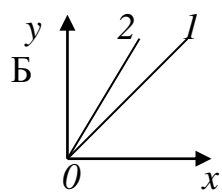
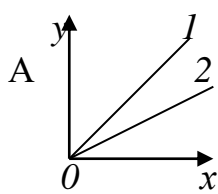
Варіант
4



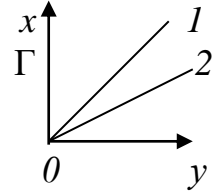
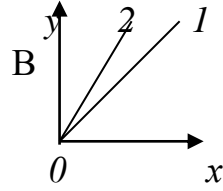
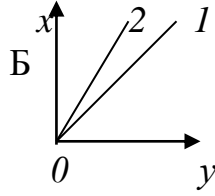
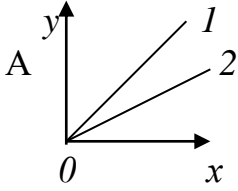
Варіант
5



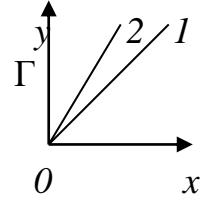
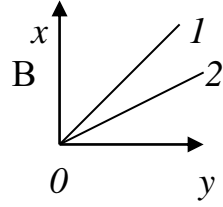
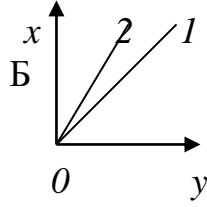
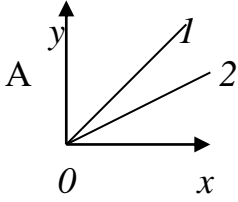
Варіант
6



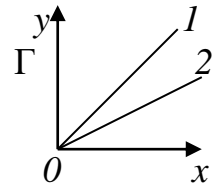
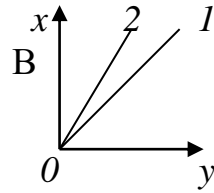
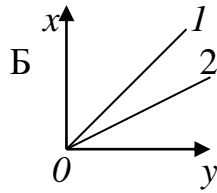
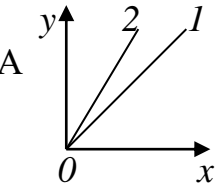
Варіант
7



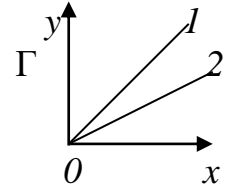
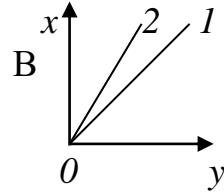
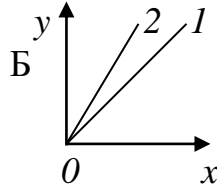
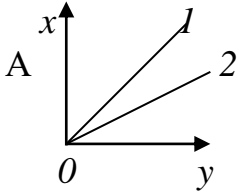
Варіант
8



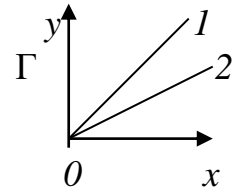
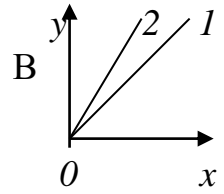
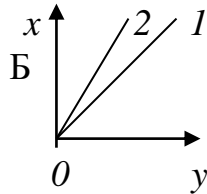
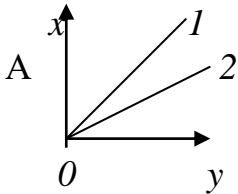
Варіант
9



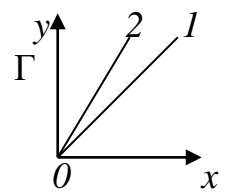
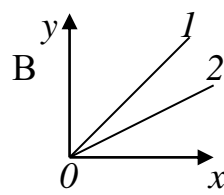
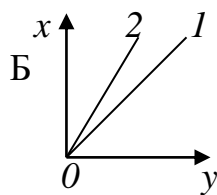
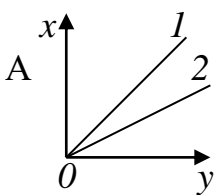
Варіант
10



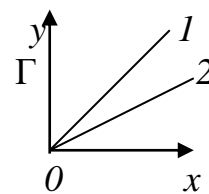
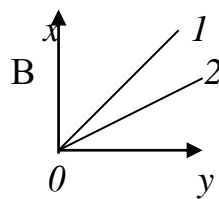
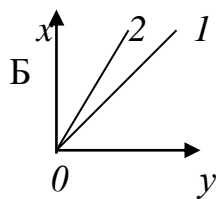
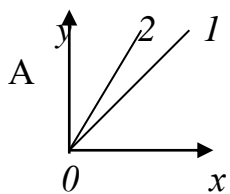
Варіант
11



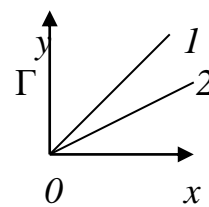
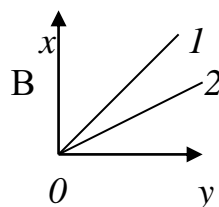
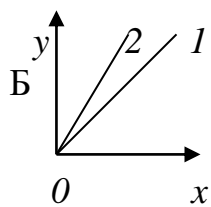
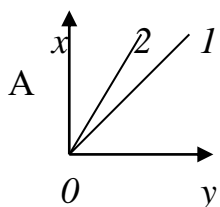
Варіант
12



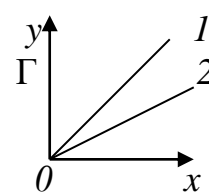
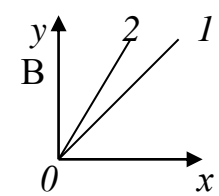
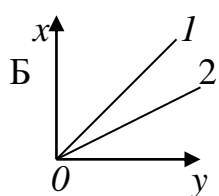
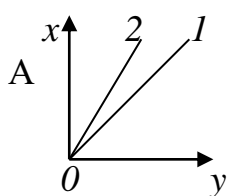
Варіант
13



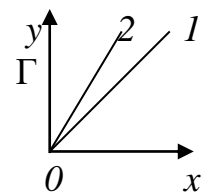
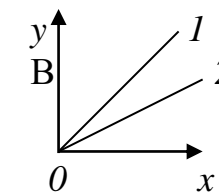
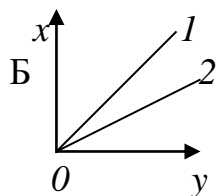
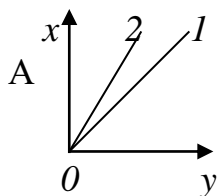
Варіант
14



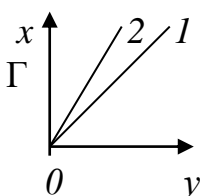
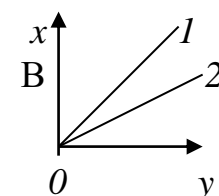
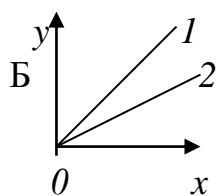
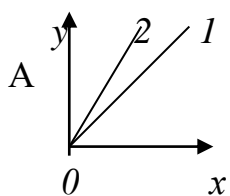
Варіант
15



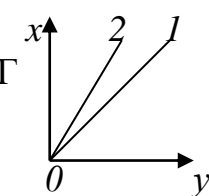
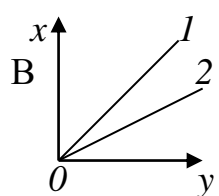
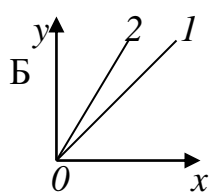
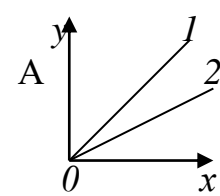
Варіант
16



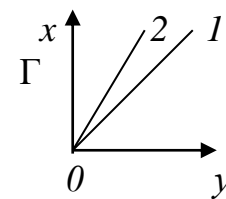
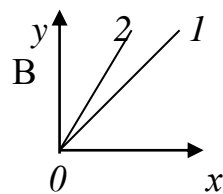
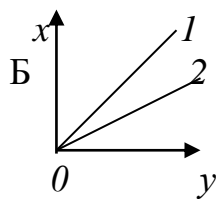
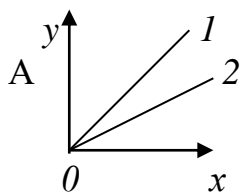
Варіант
17



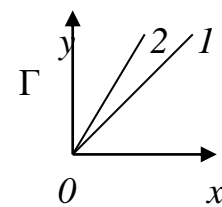
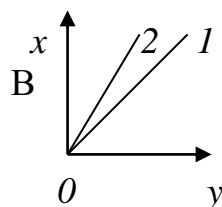
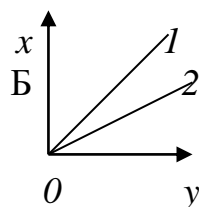
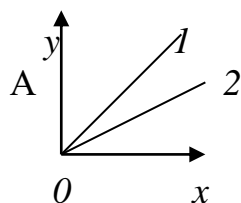
Варіант
18



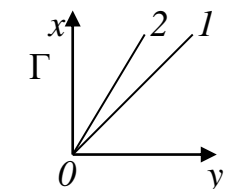
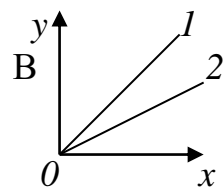
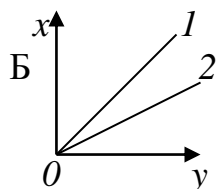
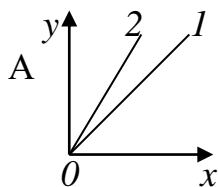
Вариант
19



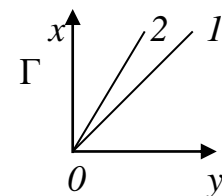
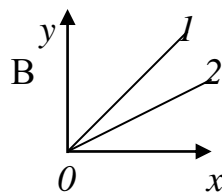
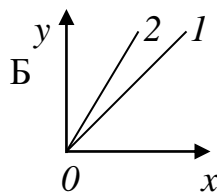
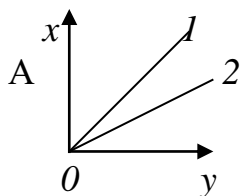
Вариант
20



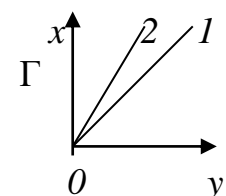
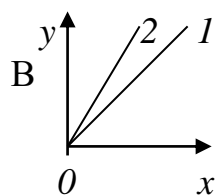
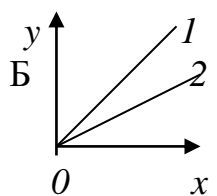
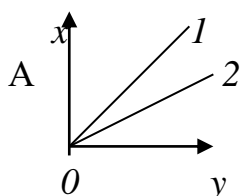
Вариант
21



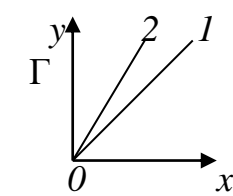
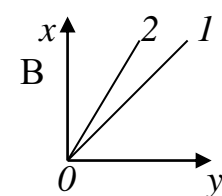
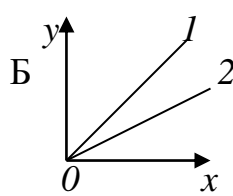
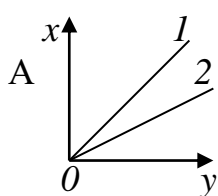
Вариант
22



Вариант
23



Вариант
24



Додаток А.5

Школа _____

Дата _____

Клас _____

Прізвище, ім'я _____

Т Е С Т

на рівень сприйняття учнем нового матеріалу уроку

Вашій увазі пропонується ряд формул та графіків того розділу курсу фізики, який зараз вивчаємо (довідкова таблиця В. __).

З них на даному уроці вивчались Вами вперше:

а) формули за номерами _____, всього $n_1 = \underline{\hspace{2cm}}$;

б) графіки за номерами _____, всього $n_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

Скільки дослідів проводилося на даному уроці і з якою метою?

Всього дослідів $n_3 = \underline{\hspace{2cm}}$.

Коефіцієнт сприйняття (заповнюється вчителем):

$$B = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3} ;$$

де Π_1, Π_2, Π_3 – кількості відповідних елементів, пояснених на уроці фактично.

Додаток Б.1

Школа _____

Дата _____

Клас _____

Прізвище, ім'я _____

А Н К Е Т А**доцільності використання блоків формул і графіків
до розв'язування фізичних задач**

1. Ваше відношення до доцільності використання блоків формул і графіків при розв'язуванні фізичних задач (+ чи -):

2. Ваше відношення до доцільності використання блоків формул і графіків при поясненні вчителем нового матеріалу (+ чи -):

3. Ваші пропозиції щодо вдосконалення цих блоків:

Додаток Б.2

Школа _____

Дата _____

Учитель фізики, математики (підкреслити)

Прізвище, ім'я, по-батькові _____

А Н К Е Т А**доцільності методу гіперболічного параболоїда**

Чи доцільно вводити метод гіперболічного параболоїда в шкільний курс фізики і математики з метою покращення розуміння учнями графіків залежностей виду $z=xy$ між двома величинами при фіксованій третій?

Ваша відповідь на дату анкетування:

05. 200_р. _____

09. 200_р. _____

05. 200_р. _____

Додаток Б.3

Школа, клас _____

Дата _____

Прізвище, ім'я _____

АНКЕТА

сприйняття учнем пояснення нового матеріалу даного уроку

Просимо дати короткі відповіді на запитання:

	$\kappa = \frac{C_i}{P_i}$
1. Які основні питання пояснював учитель?	<input type="checkbox"/> ----- <input type="checkbox"/>
2. Про які нові поняття Ви дізналися на уроці?	<input type="checkbox"/> ----- <input type="checkbox"/>
3. Які досліди демонструвалися на уроці і що ними висвітлювалося?	<input type="checkbox"/> ----- <input type="checkbox"/>
4. Які нові формули були введені на уроці?	<input type="checkbox"/> ----- <input type="checkbox"/>
5. Графіки яких залежностей креслилися на уроці?	<input type="checkbox"/> ----- <input type="checkbox"/>
	$\kappa = \frac{C_1 + \dots + C_5}{P_1 + \dots + P_5}$

Примітка: i – номер запитання; C_i – кількість сприйнятих учнем елементів; P_i – кількість елементів, пояснених на уроці фактично; κ – коефіцієнт сприйняття учнем нового матеріалу.

Додаток Б.4

Школа _____

Дата _____

Клас _____

Прізвище, ім'я _____

А Н К Е Т А**відношення учнів до розв'язування фізичних задач
за допомогою блоків формул і графіків функцій**

Чи полегшується процес складання і розв'язування задач з фізики,
якщо використовуються блоки формул і графіків функцій?

Ваша відповідь на дату анкетування:

09. 200_ р. _____

05. 200_ р. _____

Додаток В.1

Блок графіків з кінематики

(прямолінійний рух зі сталим прискоренням)

<i>j</i> <i>i</i>	<i>a=0</i>	<i>a>0</i>		<i>a<0</i>		<i>a=g=9,81 \frac{м}{с^2}</i>
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Прискорення			$a = \frac{v - v_0}{t}$			
Швидкість	$v = const$ 	$v_{cp} = \frac{s_1 + s_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots}$ 	$v = v_0 + at$ 		$v = v_0 + gt$ 	
Координата	$x = x_0 + vt$ 	$x = x_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$ 			$y = y_0 + v_0t + \frac{gt^2}{2}$ 	
Переміщення	$s = x - x_0$ $s = vt$ 	$s = v_0t + \frac{at^2}{2}$ 	$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ 		$h = v_0t + \frac{gt^2}{2}$ 	
Шлях						

Додаток В.2

Довідкова таблиця В.2

Електростатичне поле

1
$$F_{Kл} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\varepsilon \cdot r^2}$$

2
$$\varepsilon = \frac{F_1}{F_2}$$

$[F]=1\text{Н}$

$[q]=1\text{Кл}$

3
$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

4
$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

5
$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

6
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

7
$$E = k \frac{q}{\varepsilon \cdot r^2}$$

$[E] = \frac{1\text{Н}}{1\text{Кл}} = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

8
$$W_p = qEd$$

9
$$A = W_{p1} - W_{p2} = -\Delta W_p$$

$[W_p] = [A] = 1 \frac{\text{Кл} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} = 1\text{Дж}$

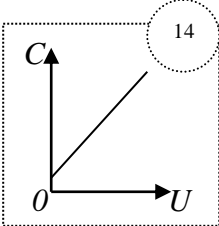
10
$$\varphi = \frac{W}{q} = Ed$$

11
$$\varphi = \frac{W}{q} = Ed$$

12
$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

13
$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

$[\varphi] = [U] = \frac{1\text{Дж}}{1\text{Кл}} = 1\text{В}$

14 

15
$$C = \frac{q}{U}$$

16
$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$$

$[C] = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}} = 1\text{Ф}$

17
$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

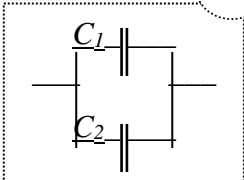
18
$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

19
$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

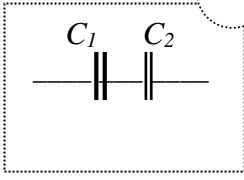
20
$$W_p = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S \cdot E^2 \cdot d}{2}$$

21
$$w_p = \frac{W_p}{V} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2}$$

22
$$w_p = \frac{W_p}{V} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2}$$

23 

24
$$C = C_1 + C_2$$

25 

26
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Додаток В.3

Довідкова таблиця В.3

Закони постійного струму

1 $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

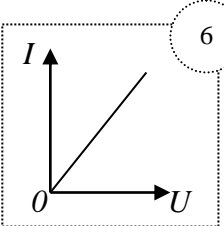
2 $I = en\bar{v}S$

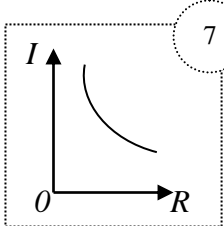
3 $n = \frac{N}{V}$

4 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

$[q] = 1 \text{ Кл}$
 $[I] = 1 \text{ А}$
 $[U] = 1 \text{ В}$

5 $I = \frac{U}{R}$

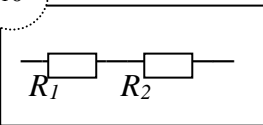
6 

7 

8 $R = \rho \frac{l}{S}$

9 $R = R_0(1 + \alpha t)$

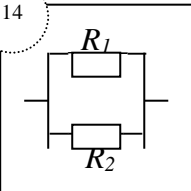
$[R] = \frac{1 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 1 \text{ Ом}$

10 

11 $I = I_1 = I_2$

12 $U = U_1 + U_2$

13 $R = R_1 + R_2$

14 

15 $I = I_1 + I_2$

16 $U = U_1 = U_2$

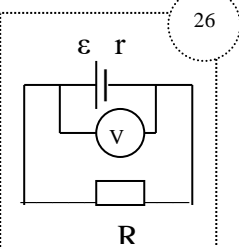
17 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

18 19 20 21 $A = IUt = \frac{U^2 t}{R} = I^2 Rt = Q$

$[A] = [Q] = 1 \text{ А} \cdot \text{В} \cdot \text{с} = 1 \text{ Дж}$

22 23 24 25 $P = \frac{A}{t} = I \cdot U = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$

$[P] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}} = 1 \text{ А} \cdot \text{В} = 1 \text{ Вт}$

26 

27 $\varepsilon = \frac{A_{cm}}{q}$

$[\varepsilon] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$

28 $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$

29 $\varepsilon = IR + Ir = U + Ir$

Додаток Д.1

Тренінг логіки оперування символами

<p>В. 1</p> $\frac{a \cdot b \cdot c}{d \cdot e \cdot f} = \frac{q}{h}$ <p>1) $\diamond\diamond\diamond\diamond = \diamond\diamond\diamond\diamond$</p> <p>2) $a = \frac{\diamond\diamond\diamond\diamond}{\diamond\diamond\diamond}$</p> <p>3) $a \cdot b = \text{_____}$</p> <p>4) $f = \text{_____}$</p> <p>5) $\frac{f}{h} = \text{_____}$</p> <p>6) ...</p> <p>7) ...</p>	<p>В. 2</p> $\frac{m \cdot n \cdot p}{q \cdot s \cdot t} = \frac{x}{y}$ <p>1) $\diamond\diamond\diamond\diamond = \diamond\diamond\diamond\diamond$</p> <p>2) $n = \frac{\diamond\diamond\diamond\diamond}{\diamond\diamond\diamond}$</p> <p>3) $q \cdot s = \text{_____}$</p> <p>4) $y = \text{_____}$</p> <p>5) $\frac{y}{t} = \text{_____}$</p> <p>6) ...</p> <p>7) ...</p>	<p>В. 1</p> $\frac{r \cdot p \cdot q}{l \cdot m \cdot n} = \frac{a}{b}$ <p>1) $\diamond\diamond\diamond\diamond = \diamond\diamond\diamond\diamond$</p> <p>2) $q = \frac{\diamond\diamond\diamond\diamond}{\diamond\diamond\diamond}$</p> <p>3) $l \cdot m = \text{_____}$</p> <p>4) $b \cdot q = \text{_____}$</p> <p>5) $\frac{a}{r} = \text{_____}$</p> <p>6) ...</p> <p>7) ...</p>
<p>В. 1</p> $\frac{k \cdot l \cdot m}{n \cdot p \cdot r} = \frac{s}{t}$ <p>1) $\diamond\diamond\diamond\diamond = \diamond\diamond\diamond\diamond$</p> <p>2) $k = \frac{\diamond\diamond\diamond\diamond}{\diamond\diamond\diamond}$</p> <p>3) $k \cdot l = \text{_____}$</p> <p>4) $r = \text{_____}$</p> <p>5) $\frac{r}{t} = \text{_____}$</p> <p>6) ...</p> <p>7) ...</p>	<p>В. 1</p> $\frac{u \cdot v \cdot w}{x \cdot y \cdot z} = \frac{a}{b}$ <p>1) $\diamond\diamond\diamond\diamond = \diamond\diamond\diamond\diamond$</p> <p>2) $v = \frac{\diamond\diamond\diamond\diamond}{\diamond\diamond\diamond}$</p> <p>3) $x \cdot y = \text{_____}$</p> <p>4) $b = \text{_____}$</p> <p>5) $\frac{b}{u} = \text{_____}$</p> <p>6) ...</p> <p>7) ...</p>	<p>В. 1</p> $\frac{a \cdot b \cdot d}{c \cdot f \cdot g} = \frac{e}{n}$ <p>1) $\diamond\diamond\diamond\diamond = \diamond\diamond\diamond\diamond$</p> <p>2) $b = \frac{\diamond\diamond\diamond\diamond}{\diamond\diamond\diamond}$</p> <p>3) $c \cdot f = \text{_____}$</p> <p>4) $n \cdot d = \text{_____}$</p> <p>5) $\frac{e}{a} = \text{_____}$</p> <p>6) ...</p> <p>7) ...</p>

Додаток Д.2

Тренінг логіки символно-графічного мислення

Вправа 1

Задано постійні величини $k_2 > k_1 > 0$, а в рамках виду \square і \diamond розміщуються взаємозалежні величини.

Визначити, який з графіків відповідає:

а) формулі $\diamond = k_1 \square$ (1)

формулі $\diamond = k_2 \square$ (2) на рис.1;

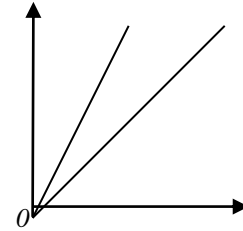


Рис.1

б) формулі $\square = \diamond / k$ (3),

формулі $\square = \diamond / k$ (4) на рис.2;

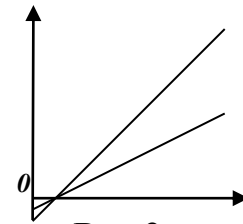


Рис.2

в) формулі $\square = \diamond / k$ (5),

формулі $\square = \diamond / k$ (6) на рис.3

при додатковій умові, що значення змінної \diamond зафіксовано.

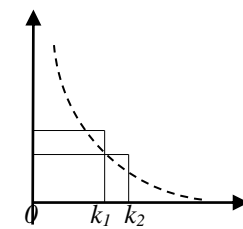


Рис.3

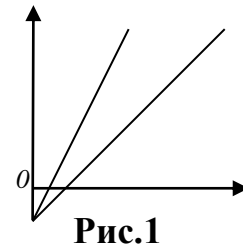
Які з величин \square , \diamond при цьому Ви розмістите на осі абсцис та осі ординат у кожному з випадків а), б), в) ?

Вправа 2

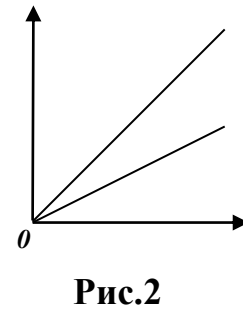
Відомі швидкості рівномірних рухів двох тіл $u_2 > u_1 > 0$.

Визначити, який з графіків відповідає:

- а) формулі $s = u_1 t$ (1)
формулі $s = u_2 t$ (2) на рис.1;

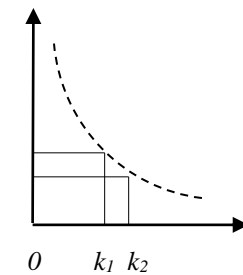


- б) формулі $t = \frac{s}{v_1}$ (3),
формулі $t = \frac{s}{v_2}$ (4) на рис.2;



- в) формулі $t = \frac{s_1}{v_1}$ (5),
формулі $t = \frac{s_1}{v_2}$ (6) на рис.3

при додатковій умові, що обидва тіла пройшли один і той же шлях s_1 .



Які з величин \square , \diamond при цьому Ви розміщуєте на осі абсцис та осі ординат у кожному з випадків а), б), в) ?

Вправа 3

Відомі прискорення рівнозмінних рухів двох тіл $a_2 > a_1 > 0$.

Визначити, який з графіків відповідає:

- а) формулі $v = a_1 t$ (1)
формулі $v = a_2 t$ (2) на рис.1;

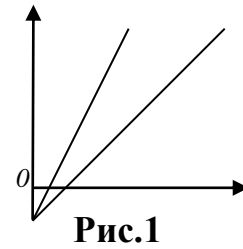


Рис.1

- б) формулі $t = \frac{v}{a_1}$ (3),
формулі $t = \frac{v}{a_2}$ (4) на рис.2;

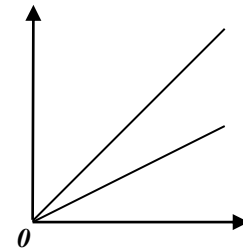


Рис.2

- в) формулі $t = \frac{v_1}{a_1}$ (5),
формулі $t = \frac{v_1}{a_2}$ (6) на рис.3

при додатковій умові, що в кінцевому пункті дані тіла мали одну і ту ж швидкість v_1 .

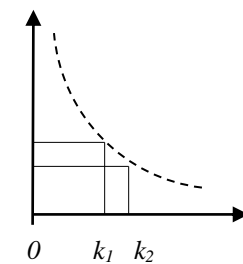
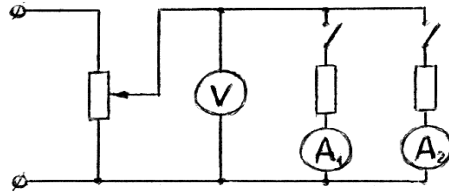


Рис.3

Які з величин v , a , t при цьому Ви розміщуєте на осі абсцис та осі ординат у кожному з випадків а), б), в) ?

Вправа 4

Є два провідника з постійними опорами $R_1 > R_2$, включені в електричне коло з потужним джерелом струму за схемою:



Визначити, який з графіків відповідає:

- а) формулі $U = IR_1$ (1)
формулі $U = IR_2$ (2) на рис.1;

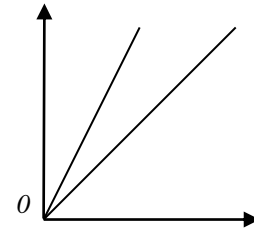


Рис.1

- б) формулі $I = \frac{U}{R_1}$ (3),
формулі $I = \frac{U}{R_2}$ (4) на рис.2;

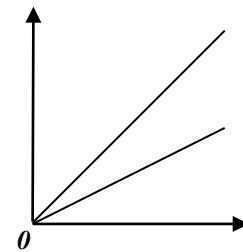


Рис.2

- в) формулі $I = \frac{U_1}{R_1}$ (5),
формулі $I = \frac{U_1}{R_2}$ (6) на рис.3

при додатковій умові, що на опори
подається однакова напруга U_1 .

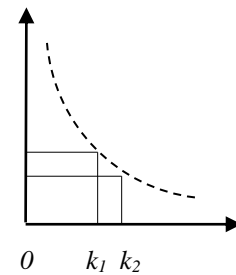


Рис.3

Які з величин U, I, R при цьому Ви розміщуєте на осі абсцис та осі ординат у кожному з випадків а), б), в) ?

Додаток Е.1

**Введення поняття гіперболічного параболоїда
як носія системи графіків**

I. У прямокутній декартовій системі координат Oxz (тобто такій, що має однакові за довжиною одиничні вектори осей Ox та Oz) побудуємо графік таблиці множення на два – як функції

$$\begin{cases} z = x \cdot 2 \\ x = 1, 2, \dots, 10 \end{cases} \quad (\text{рис. Е.1,а}), \quad (1)$$

і графік лінійної залежності

$$\begin{cases} z = 2x \\ x \in \mathbb{R} \end{cases} \quad (\text{рис.Е.1,б}). \quad (2)$$

Зауважимо, що тут кутовий коефіцієнт прямої є $\text{tg } \alpha = 2$.

II. У прямокутній загальній декартовій системі координат $0xz$, де довжина одиничного вектора осі $0x$ збільшена у 4 рази, а осі $0z$ – зменшена у $5/4$ рази, побудуємо графік залежності $z=2x$ (рис. Е.1,в) і графіки залежностей

$$z=x, \quad (3a)$$

$$z=2x, \quad (3б)$$

$$z=4x \quad (\text{рис.Е.1,г}). \quad (3в)$$

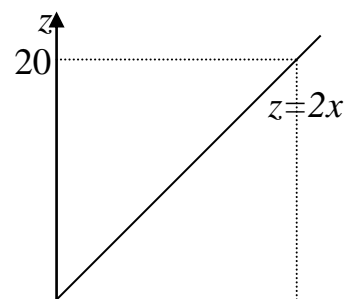
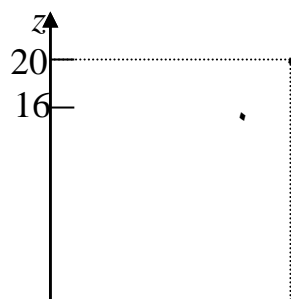
III. Позначивши коефіцієнт при x через y , графіки (3а), (3б), (3в) розмістимо у просторовій прямокутній загальній декартовій системі координат $0xuz$, як показано на рис.Е.1,д.

Одержали сукупність графіків виду

$$\begin{cases} z = xy; \\ \left[\begin{array}{l} y = 1; \\ y = 2; \\ y = 4; \end{array} \right. \end{cases} \quad (4)$$

яка є цілісною системою. Дійсно, ці графіки як елементи системи не просто об'єднані механічно – вони функціонально пов'язані між собою рівнянням (4), тобто утворюють структурні зв'язки і, отже, утворюють не просту сукупність, а цілісну систему.

$x \cdot 2 = z$
$1 \cdot 2 = 2$
$2 \cdot 2 = 4$
$3 \cdot 2 = 6$
$4 \cdot 2 = 8$
.....
$9 \cdot 2 = 18$
$10 \cdot 2 = 20$



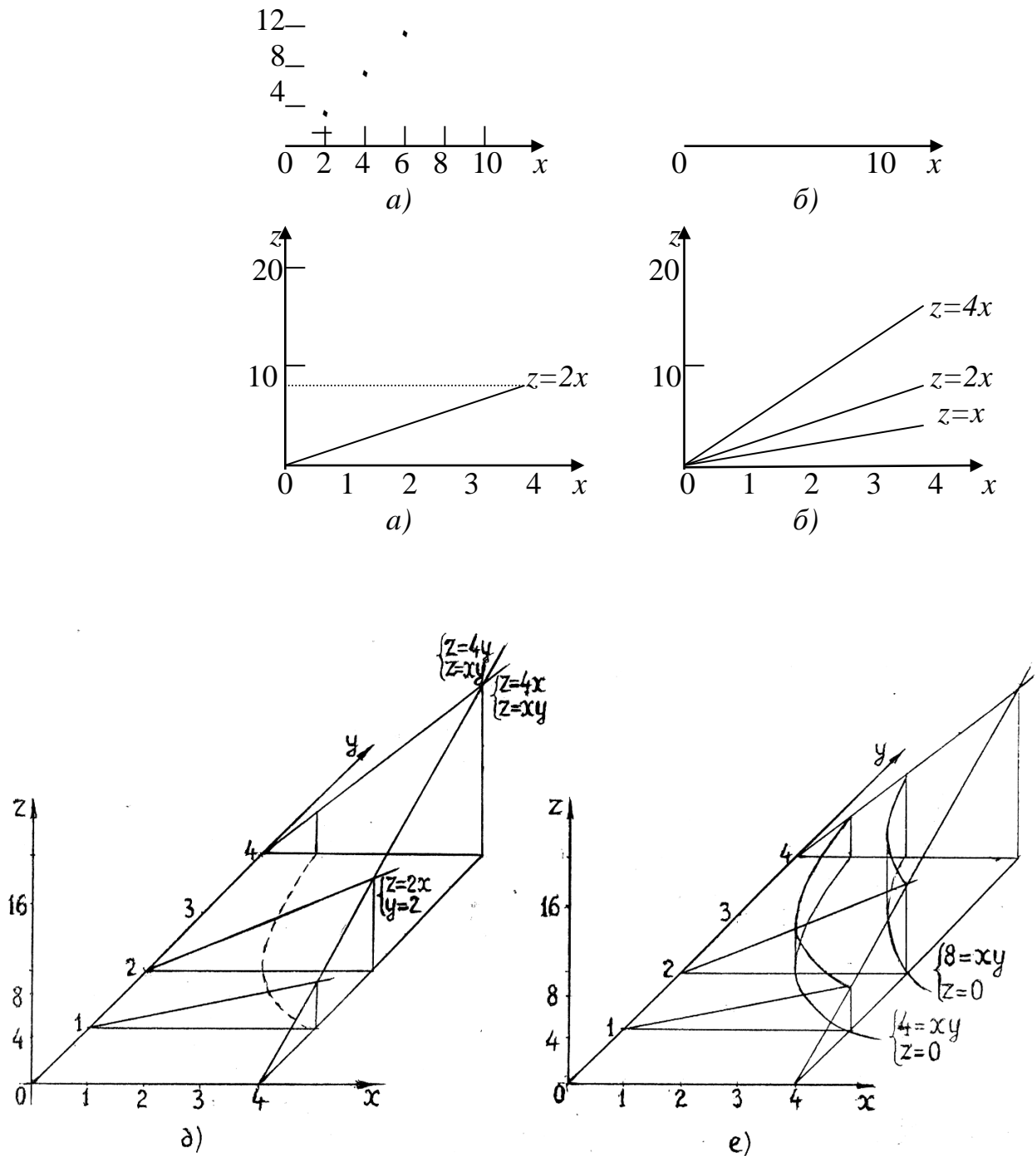


Рис. Е.1. Графіки прямо пропорційної та обернено пропорційної залежностей як лінії на гіперболічному параболоїді

Як підтвердження цьому можемо ще побудувати в цій же системі координат, наприклад, пряму

$$\begin{cases} z = xy, \\ x = 4, \end{cases} \quad (5)$$

і вона перетне кожен з прямих сукупності (4).

Тут фактично ми маємо справу з гіперболічним параболоїдом найпростішого виду, рівняння якого

$$z = xy, \quad (6)$$

а точніше – з перетинами цієї поверхні площинами, паралельними до координатних площин Oxy та Oxz .

IV. Постає питання: а що являтиме собою перетин гіперболічного параболоїда $z=xy$ площиною, паралельною координатній площині Oxy , тобто площиною $z=z_1$?

Візьмемо, наприклад, $z=4$. Маємо $4=xy$, звідки $y = \frac{4}{x}$ – це обернено пропорційна залежність між x та y , зображається гіперболою.

Побудуємо вітку цієї гіперболи у першому октанті системи координат $Oxyz$ за рівнянням

$$\begin{cases} z = xy, \\ x = 4, \end{cases} \quad (7)$$

склавши таблицю значень:

x	1	2	4
$y = \frac{4}{x}$	4	2	1

(рис. Е.1, е)

Проекція цієї вітки на координатну площину Oxy називається лінією даної поверхні (або ізокваною чи ізолінією).

Слід зауважити, що раніше побудовані прямі (4), (5) перетинаються з гіперболою (7), що є підтвердженням цілісності системи графіків, які є перетинами гіперболічного параболоїда $z=xy$ відповідними площинами.

V. Якщо гіперболічний параболоїд $z=xy$ перетнути вертикальною площиною $x=y$ (вісь Oz належить цій площині), то одержимо лінію

$$\begin{cases} x = y, \\ z = xy, \end{cases} \quad \text{що рівносильно} \quad \begin{cases} z = x^2, \\ x = y, \end{cases}$$

звідси бачимо, що це є парабола у просторі $Oxyz$. Проекція параболи (8) на координатну площину Oxz має рівняння $z=x^2$; при $x>0$, $z>0$ маємо тільки одну вітку параболи, яку можна

побудувати за таблицею

x	0	1	2	4
$z = x^2$	0	1	4	16

Тепер зрозуміло, чому поверхня $z=xy$ одержала назву гіперболічний параболоїд.

Таким чином, можемо стверджувати, що у добутку $z=xy$ зміна одного співмножника (наприклад, $y \in \mathbb{R}$ при фіксованому x) породжує пряму лінію, а зміна двох співмножників ($x \in \mathbb{R}$, $y \in \mathbb{R}$) породжує поверхню з назвою гіперболічний параболоїд. Вираз $z=xy$ – це знакова модель, а породжує вона ту чи іншу графічно-наочну модель (через побудову) – лінію чи поверхню. Наочність є зовнішньою опорою внутрішніх розумових дій людини.

У нашому випадку рівняння $z=xy$ асоціюється у нас з гіперболічним параболоїдом – відбувається своєрідне перекодування, семантичний переклад з мови знаків на мову графіків і навпаки. Це здійснюється завдяки інтеграції таких двох найважливіших форм психічного відображення дійсності, як понятійно-знакова і чуттєво-наочна.

Автори виданих в Україні нових шкільних підручників фізики віддають належне ролі графіків у навчанні фізики, подаючи дві-три видозміни фізичного процесу відповідними графіками-ізолініями на одній координатній площині, які подібні паралелям та меридіанам на географічній карті. Системи паралелей та меридіан ми можемо одночасно бачити на глобусі. А, скажімо, системи ізобар, ізохор, ізотерм ідеального газу теж можна одночасно бачити на такій поверхні, як гіперболічний параболоїд. Гіперболічний параболоїд – модель універсальна: при перетині тією чи іншою площиною вона породжує відповідну лінію (пряму, гіперболу чи параболу). Отже, гіперболічний параболоїд є носієм прямих, гіпербол та парабол. Показ на моделі гіперболічного параболоїда ізоліній буде слугувати опорою при вивченні і, особливо, при перетворенні графіків ряду фізичних процесів.

Додаток Е.2

Школа, клас _____

Дата _____

Прізвище, ім'я _____

В П Р А В И

Властивості графіків функцій прямо пропорційної та обернено пропорційної залежностей

1. Заповніть пропущені місця:



а) на основі рисунка Е.2,а: $k = \square$, бо $k = \operatorname{tg} \square = \frac{\square}{\square}$;

б) на основі рисунка Е.2, б: $k = \frac{\square}{\square}$, $k \square \operatorname{tg} \varphi$.

Які назви мають системи координат на цих рисунках?

2. Побудуйте гіперболу $y = \frac{4}{x}$ в системі координат рисунка Е.2,в та рисунка Е.2,г.

3. Виконайте порівняння на основі графіків:

а) рисунка Е.2,д: $k_1 \square k_2$, $\alpha_1 \square \alpha_2$, $\operatorname{tg} \alpha_1 \square \operatorname{tg} \alpha_2$, $\gamma_1 \square \gamma_2$, $k_1 = \square$, $k_2 = \square$;

б) рисунка Е.2,е: $k_1 \square k_2$, $k_1 = \square$, $k_2 = \square$.

4. Чи згодні Ви з наступними висновками

Висновок 1. Якщо у системі координат Oxz маємо рівняння прямих $z = k_1 x$ та $z = k_2 x$ (рис.Е.2,д), де $k_1 < k_2$, то $\alpha_1 < \alpha_2$, тобто чим більше значення кутового коефіцієнта k прямої $z = kx$, тим більший кут її з віссю Ox і, отже, тим менший кут її з віссю Oz (це справедливо для _____ декартової системи координат). (Так. Ні).

Висновок 2. Якщо у системі координат Oxy маємо рівняння гіпербол $y = \frac{k_1}{x}$ та $y = \frac{k_2}{x}$ (рис.Е.2,е), де $k_1 < k_2$, то дійсні півосі їх $OA_1 < OA_2$, тобто чим більший параметр k гіперболи $y = \frac{k}{x}$, тим більша дійсна піввісь цієї гіперболи. (Так. Ні).

Висновок 3. Якщо у системі координат $Oxyz$ маємо систему прямих

$$\begin{cases} z = xy, \\ \left[\begin{array}{l} y = y_1 \\ y = y_2 \end{array} \right. \end{cases} \quad (\text{рис.Е.1,д}),$$

що утворюють з віссю Oz кути γ_1 та γ_2 відповідно, то при $y_1 < y_2$ матимемо $\gamma_1 > \gamma_2$, тобто більшому значенню сталого співмножника у добутку $z = xy$ відповідає менше значення кута відповідної прямої з віссю Oz . (Так. Ні).

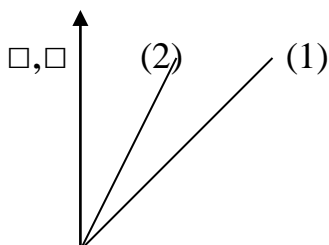
Висновок 4. Якщо у системі координат $Oxyz$ маємо систему гіпербол

$$\begin{cases} z = xy, \\ z = z_1 \\ z = z_2 \end{cases} \quad (\text{рис.Е.1,е}),$$

де $z_1 < z_2$, то $OA_1 < OA_2$ (OA_1 та OA_2 – дійсні півосі відповідних проєкцій гіпербол на площину Oxy), тобто чим більшим буде значення добутку $z=xy$, тим більшою буде дійсна піввісь відповідної гіперболи – лінії рівня (рис.Е.2,е). (Так. Ні).

Додаток Е.3

Вплив фіксованих фізичних величин на крутизну графіків прямої пропорційної залежності у шкільному курсі фізики



0 \longrightarrow \square, \square

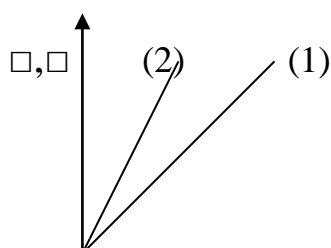
№ п/п	Змінні величини		Фіксована величина	Систе ма коор- динат	Рівняння прямої	Порів- няння
	абсциса	ордината	кутовий коефіцієнт			
1	2	3	4	5	6	7
1	x	y	k	Oxy	(1) $y=k_1x$ (2) $y=k_2x$	$k_1 < k_2$
2	t час	s шлях	v швидкість	Ots	(1) $s=v_1t$ (2) $s=v_2t$	$v_1 < v_2$
3	V об'єм	m маса	ρ густина	OVm	(1) $m=\rho_1V$ (2) $m=\rho_2V$	$\rho_1 < \rho_2$
4	S площа	F сила тиску	p тиск	OSF	(1) $F=p_1S$ (2) $F=p_2S$	$p_1 < p_2$
5	ρ густина	p тиск	h висота рід.	Opp	(1) $p=h_1g\rho$ (2) $p=h_2g\rho$	$h_1 < h_2$
6	V об'єм тіла	F_A сила Архімеда	ρ густина рідини	OVF_A	(1) $F_A=\rho_1gV$ (2) $F_A=\rho_2gV$	$\rho_1 < \rho_2$
7	s шлях	A робота	F сила	OsA	(1) $A=F_1s$ (2) $A=F_2s$	$s_1 < s_2$
8	t час	A робота	N потужність	OtA	(1) $A=N_1t$ (2) $A=N_2t$	$N_1 < N_2$
9	T температура	Q кількість теплоти	m маса	OtQ	(1) $Q=cm_1t$ (2) $Q=cm_2t$	$m_1 < m_2$
10	I сила струму	U напруга	R опір	OIU	(1) $U=R_1I$ (2) $U=R_2I$	$R_1 < R_2$
11	R опір	U напруга	I сила струму	ORU	(1) $U=I_1R$ (2) $U=I_2R$	$I_1 < I_2$
12	t час	v швидкість	a прискорення	Otv	(1) $v=a_1t$ (2) $v=a_2t$	$a_1 < a_2$
1	2	3	4	5	6	7
13	t час	φ кут повороту	ω кутова швидкість	$Ot\varphi$	(1) $\varphi=\omega_1t$ (2) $\varphi=\omega_2t$	$\omega_1 < \omega_2$
14	t час	ω кутова швидкість	ε кутове прискорення	$Ot\omega$	(1) $\omega=\varepsilon_1t$ (2) $\omega=\varepsilon_2t$	$\varepsilon_1 < \varepsilon_2$
15	a прискорення	F сила	m маса	OaF	(1) $F=m_1a$ (2) $F=m_2a$	$m_1 < m_2$

16	x зміна довжини	F сила	k жорсткість	OxF	(1) $F=k_1x$ (2) $F=k_2x$	$k_1 < k_2$
17	E модуль пружності	σ напряга деформації	ε відносне видовження	$O\varepsilon\sigma$	(1) $\sigma=\varepsilon_1 E$ (2) $\sigma=\varepsilon_2 E$	$\varepsilon_1 < \varepsilon_2$
18	l плече	M момент сили	F сила	OIM	(1) $M=F_1 l$ (2) $M=F_2 l$	$F_1 < F_2$
19	v швидкість	N потужність	F сила	OvN	(1) $N=F_1 v$ (2) $N=F_2 v$	$F_1 < F_2$
20	φ кут повороту	A робота	M момент сили	$O\varphi A$	(1) $A=M_1 \varphi$ (2) $A=M_2 \varphi$	$M_1 < M_2$
21	ω кутова швидкість	N потужність	M момент сили	$O\omega N$	(1) $N=M_1 \omega$ (2) $N=M_2 \omega$	$M_1 < M_2$
22	p тиск	T температура	V об'єм	OpT	(1) $vRT=V_1p$ (2) $vRT=V_2p$	$V_1 < V_2$
23	V об'єм	T температура	p тиск	OVT	(1) $vRT=p_1V$ (2) $vRT=p_2V$	$p_1 < p_2$
24	T температура	p тиск	$1/V$	OTV	(1) $p=vRT/V_1$ (2) $p=vRT/V_2$	$V_1 > V_2$
25	T температура	V об'єм	$1/p$	OTV	(1) $V=vRT/p_1$ (2) $V=vRT/p_2$	$p_1 > p_2$
26	V об'єм	m маса вод. пари	f абсолютна вологість	OVm	(1) $m=f_1 V$ (2) $m=f_2 V$	$f_1 < f_2$
27	t час	q заряд	I сила струму	Otq	(1) $q=I_1 t$ (2) $q=I_2 t$	$I_1 < I_2$
28	U напряга	P потужність	I сила струму	OUP	(1) $P=I_1 U$ (2) $P=I_2 U$	$I_1 < I_2$
29	U напряга	q заряд	C ємність конденсатора	OUq	(1) $q=C_1 U$ (2) $q=C_2 U$	$C_1 < C_2$
1	2	3	4	5	6	7
30	d віддаль між пластинами	S площа пластин	C ємність конденсатора	OdS	(1) $\varepsilon S=C_1 d$ (2) $\varepsilon S=C_2 d$	$C_1 < C_2$
31	S площа	Φ магнітний потік	B магнітна індукція	$OS\Phi$	(1) $\Phi=B_1 S$ (2) $\Phi=B_2 S$	$B_1 < B_2$
32	t час	m маса	I сила струму	OIm	(1) $m=kI_1 t$ (2) $m=kI_2 t$	$I_1 < I_2$

33	t час	Φ магнітний потік	\mathcal{E}_i електромагн. індукція	$Ot\Phi$	(1) $\Phi = \mathcal{E}_{i1} t$ (2) $\Phi = \mathcal{E}_{i2} t$	$\mathcal{E}_{i1} < \mathcal{E}_{i2}$
34	D відстань до предмета	f відстань до зображення	Γ збільшення лінзи	Odf	(1) $f = \Gamma_1 d$ (2) $f = \Gamma_2 d$	$\Gamma_1 < \Gamma_2$
35	f_2 фокусна відстань окуляра	f_1 фокусна відстань об'єктива	β збільшення телескопа	Of_2f_1	(1) $f_1 = \beta_1 f_2$ (2) $f_1 = \beta_2 f_2$	$\beta_1 < \beta_2$
36	S площа поверхні	I сила світла	B яскравість джерела	OSI	(1) $I = B_1 S$ (2) $I = B_2 S$	$B_1 < B_2$
37	S площа поверхні	Φ світловий потік	E освітленість поверхні	$OS\Phi$	(1) $\Phi = E_1 S$ (2) $\Phi = E_2 S$	$E_1 < E_2$

Додаток Е.4

Творча робота з інтеграції знань за графічним методом



0 \longrightarrow \square, \square

1

Навести якомога більше відповідей, продовжуючи записи в таблиці:

№ п/п	Змінні величини		Фіксована величина	Систе ма коор- динат	Рівняння прямої	Порів- няння
	абсциса	ордината	кутовий коефіцієнт			
1	x	y	k	Oxy	(3) $y = k_1 x$ (4) $y = k_2 x$	$k_1 < k_2$
2	t час	s шлях	v швидкість	Ots	(1) $s = v_1 t$ (2) $s = v_2 t$	$v_1 < v_2$

Додаток Е.5

Школа, клас _____

Дата _____

Прізвище, ім'я _____

Залікова робота з фізики

Творче завдання

На уроці фізкультури дистанцію 100 м Андрій пробіг за 20 с, Борис – за \square с, В \square а – за \square с. \square

До цієї умови складіть якомога більше запитань та відповідей на них, включаючи побудову графіків.

При необхідності можна включати і додаткові умови.

При оцінюванні роботи учителем будуть враховуватися різноманітні показники:

Таблиця одержаних балів

Запитання	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	Коефіцієнт
Показники		
1. Наявність розв'язку		0,5
2. Логічність		1,0
3. Описовість		0,5
4. Символіка		1,0
5. Інтегрованість		1,0
6. Графічна образність		1,0
7. Аналогії		1,0
8. Варіативність		1,0
9. Оригінальність		4,0
10. Одержання консультації		-1,0
Загальна оцінка		

Додаток Ж 1

**Закономірності побудови проекцій графіків циклу
ізопроесів в ідеальному газі на координатні площини**

I вид циклу

Таблиця Ж.1

Ізолінія	Ізотерма	Ізохора	Ізобара
-----------------	-----------------	----------------	----------------

Система координат			
OpT	катет $\perp OT$, $\parallel Op$, наближений до Op	гіпотенуза – на прямій через т.О	катет $\perp Op$, $\parallel OT$, віддалений від OT
OVT	катет $\perp OT$, $\parallel OV$, наближений до OV	катет $\perp OV$, $\parallel OT$, віддалений від OT	гіпотенуза – на прямій через т.О
OVp	гіпотенуза – гіпербола	катет $\perp OV$, $\parallel Op$, віддалений від Op	катет $\perp Op$, $\parallel OV$, віддалений від OV

Закономірності побудови проєкцій графіка II виду циклу ізопроцесів в ідеальному газі на координатні площини подаються аналогічно, замінивши в таблиці Ж.1 слова “наближений до”, “віддалений від” словами відповідно “віддалений від”, “наближений до”.

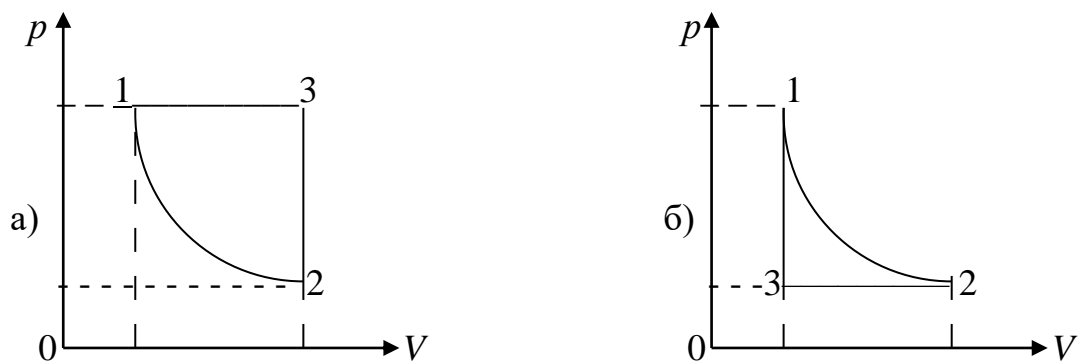


Рис. Ж.1. Перший (а) та другий (б) види циклів ізопроцесів

Додаток Ж.2

Послідовність застосування методу гіперболічного параболоїда для аналізу залежностей виду $z = x y$

1. Встановлення взаємно однозначної відповідності між формулою зв'язку змінних величин у даній задачі і формулою гіперболічного параболоїда $z = x y$.

2. Побудова гіперболічного параболоїда (або використання його моделі) з розміщенням на горизонтальних осях координат рівносильних змінних-співмножників, на вертикальній осі координат – змінної-добутку.

3. Побудова станів (точок) та процесів (ліній) на гіперболічному параболоїді, тобто побудова просторового графіка процесів у даному середовищу (до віднайдення відповіді).

4. У разі потреби – побудова проєкцій просторового графіка процесів на координатні площини з опорою на закономірності побудови – таблицю Додатка Ж.2 як аналог.

5. Зведення опису станів та процесів у таблицю.

Таблиця Ж.2

С т а н и	І з о п р о ц е с и
$A_1 (x, y, z)$	$A_1A_2 ; y=const$
$A_2 (n \cdot x, y, n \cdot z)$	
$A_3 (x, n \cdot y, n \cdot z)$	$A_2A_3 ; z=const$

Додаток Ж.3

Самостійна робота

на побудову і перетворення площинних графіків ізопроцесів

в ідеальному газі

Таблицею Ж.1 задані параметри (V,p) станів А,В,С ідеального газу при $\nu=const$, де розмірності $[V]=1 \text{ м}^3$, $[p]=1 \text{ атм}=1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Вважаючи АВ, ВС,СА ізопроцесами, побудуйте графіки циклу А-В-С-А в системах координат OVp , OpT , OTV .

При побудові вітки гіперболи зверніться до рисунка, де є всі варіанти.

Таблиця Ж.3.1

Вар	А	В	С	Вар	А	В	С
1	1;2	2;1	2;2	16	2;6	4;3	4;6
2	2;8	8;2	8;8	17	1;4	4;1	4;4
3	1;2	2;1	1;1	18	2;4	4;2	2;2
4	3;8	8;3	8;8	19	1;8	8;1	8;8
5	1;3	3;1	1;1	20	2;4	4;2	4;4
6	4;8	8;4	4;4	21	1;6	2;3	2;6
7	1;4	4;1	1;1	22	3;8	4;6	4;8
8	4;8	8;4	4;4	23	2;2	4;1	4;2
9	1;5	5;1	1;1	24	2;8	4;4	4;8
10	2;8	8;2	2;2	25	3;2	6;1	6;2
11	1;6	6;1	1;1	26	1;8	2;4	2;8
12	2;6	6;2	2;2	27	4;2	8;1	8;2
13	1;7	7;1	1;1	28	1;4	2;2	2;4
14	2;6	2;3	4;3	29	4;4	8;2	8;4
15	1;8	8;1	1;1	30	6;4	8;3	8;4



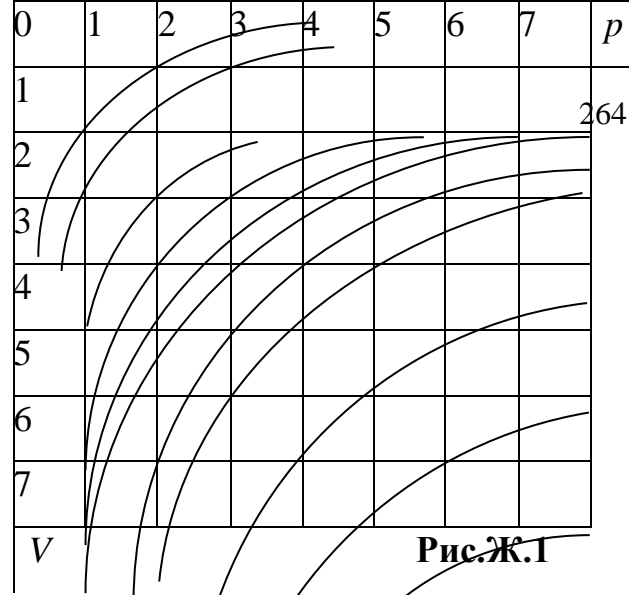
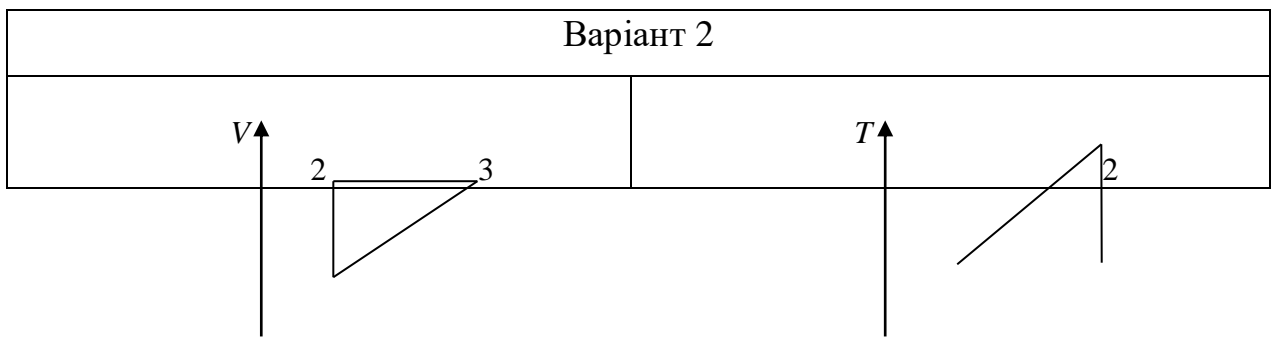
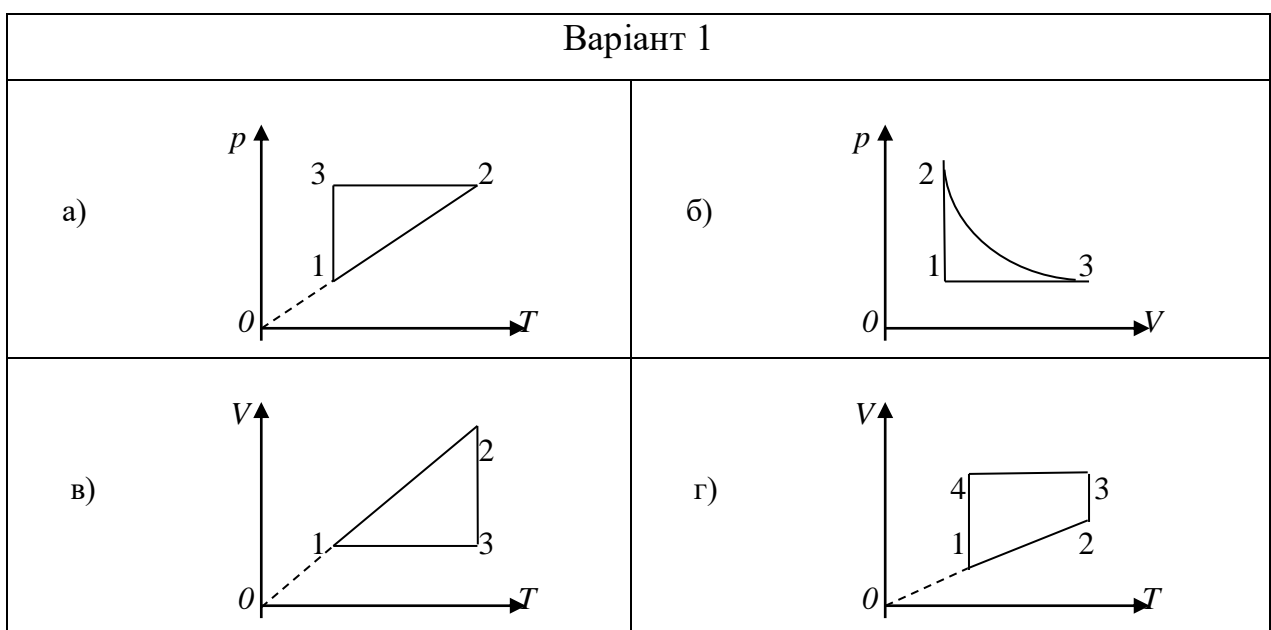


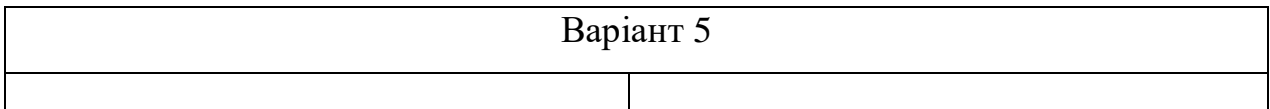
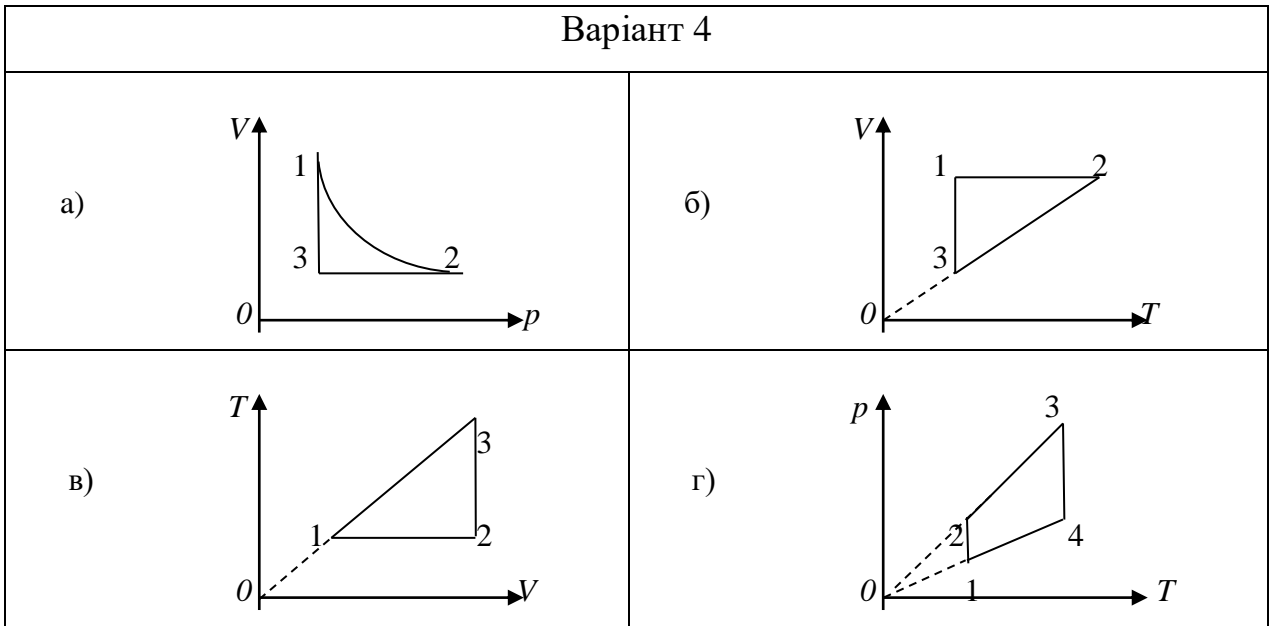
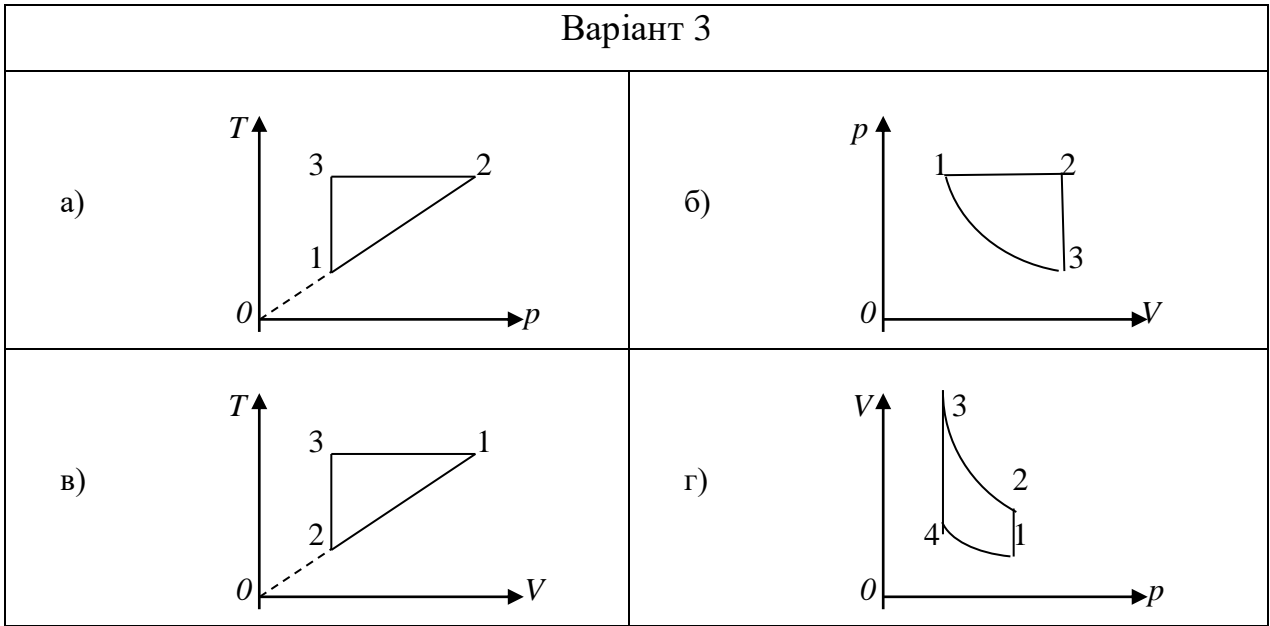
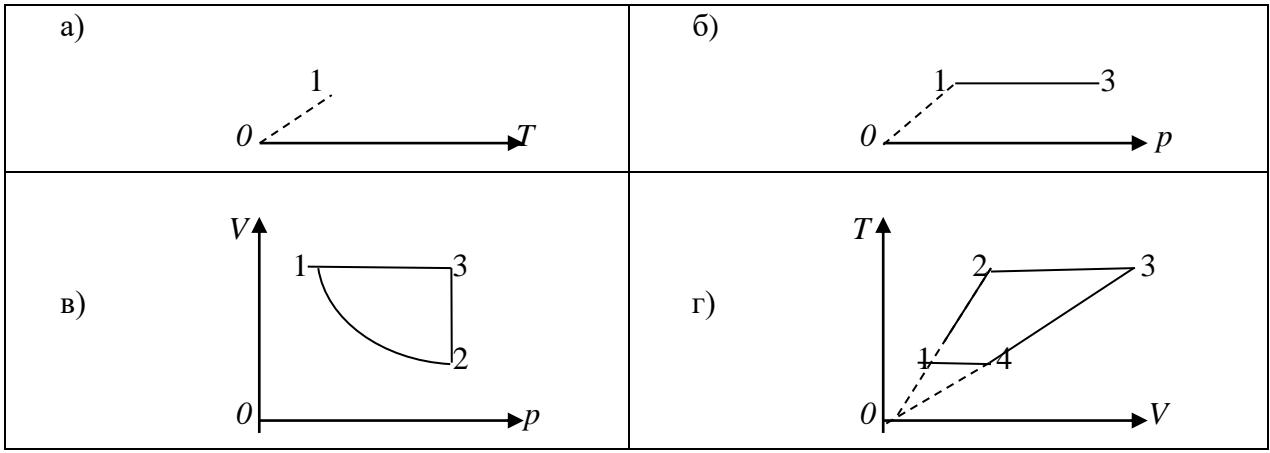
Рис.Ж.1

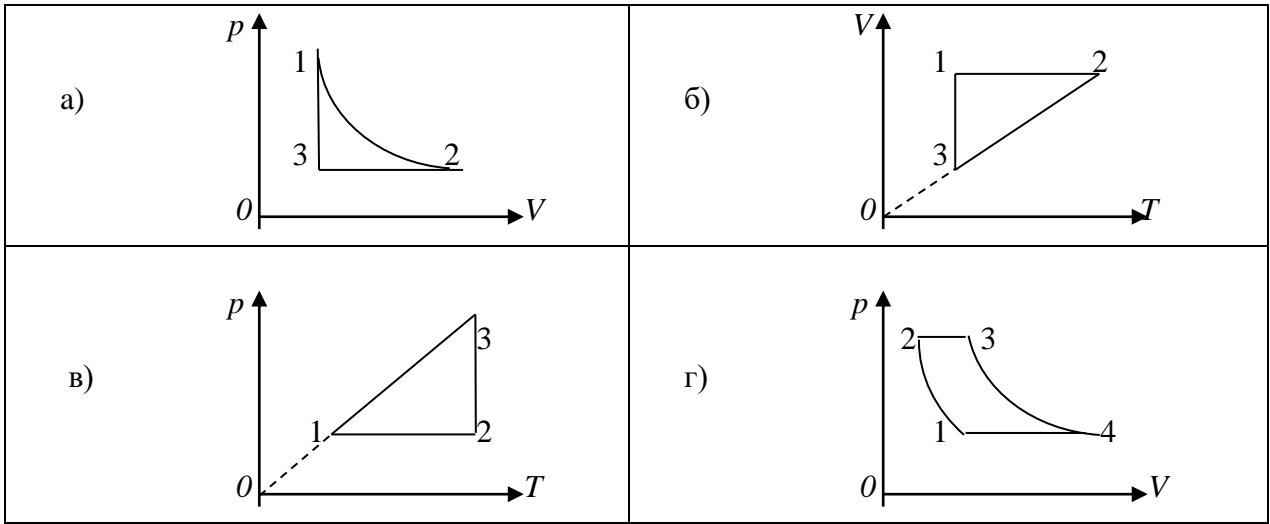
Додаток Ж.4

Самостійна робота достатнього рівня трудності
 “Графіки ізопроесів в ідеальному газі”

З даною кількістю ідеального газу відбувається цикл ізопроесів, поданих рисунком. Побудуйте цей цикл ізопроесів в інших системах координат (до одержання повного комплекту площинних графіків). Дайте логічне обґрунтування.



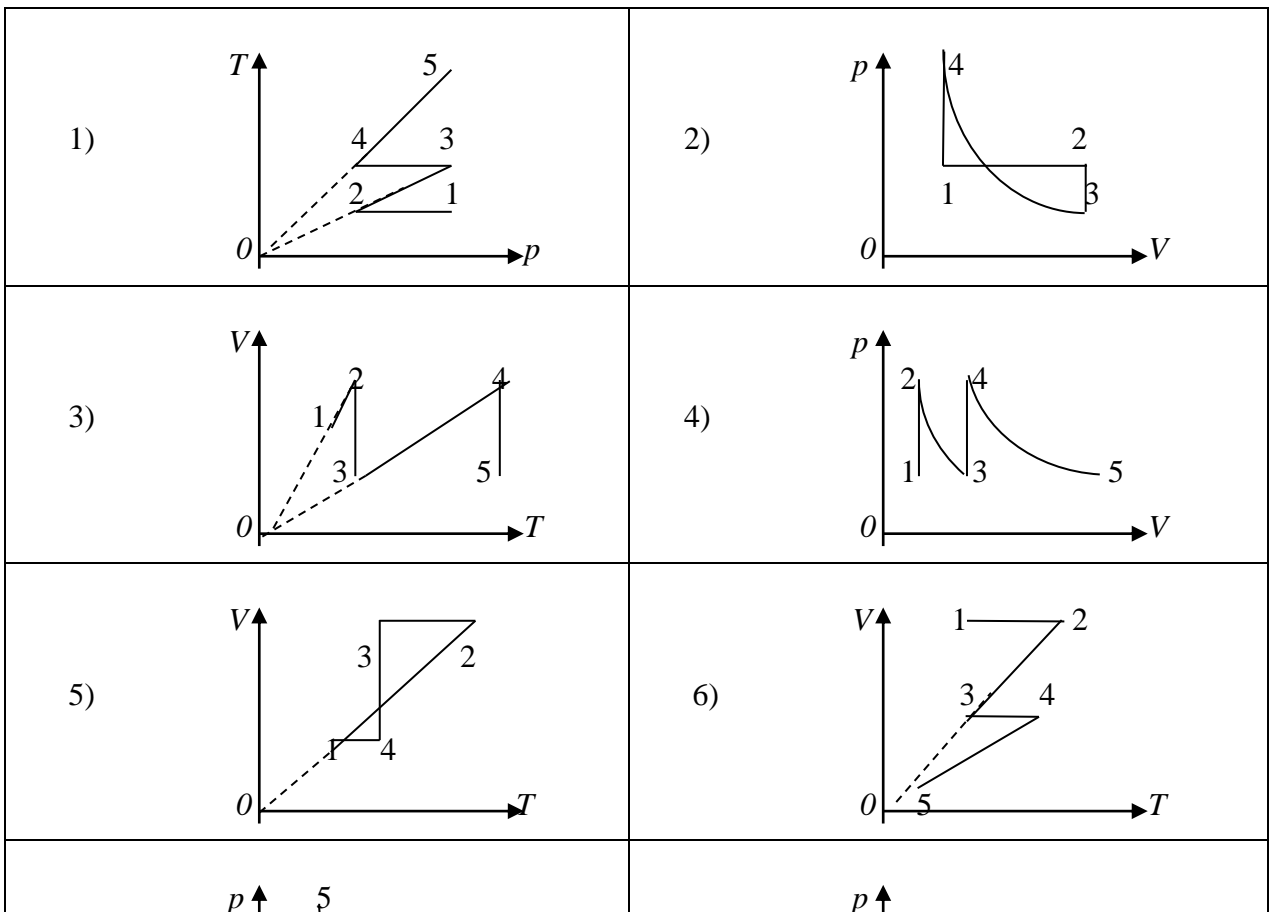


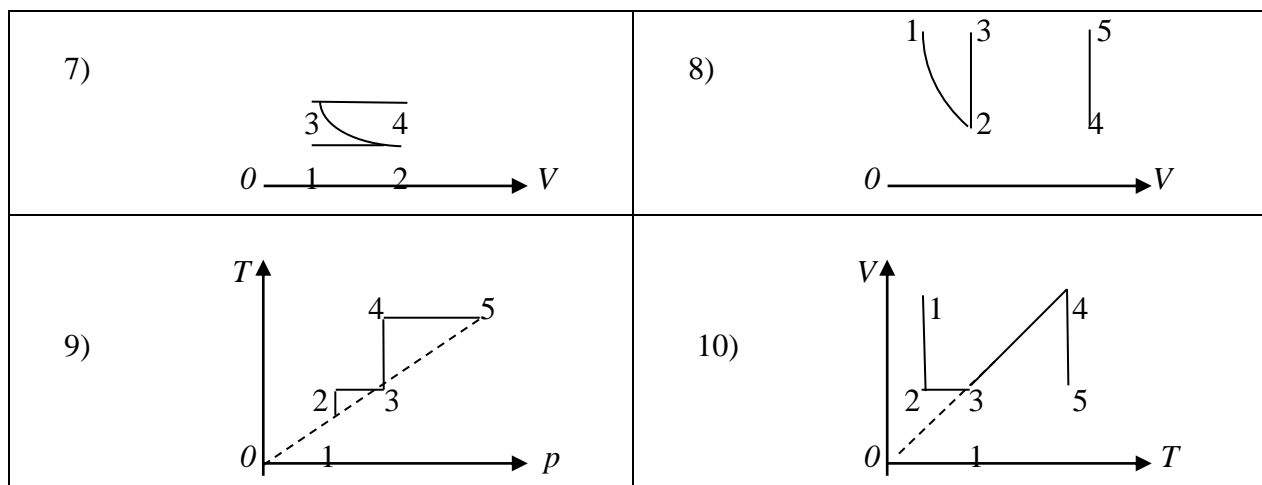


Додаток Ж.5

**Самостійна робота високого рівня трудності
“Графіки ізопроцесів в ідеальному газі”**

Із даною кількістю ідеального газу відбувається цикл ізопроцесів, поданих рисунком. Побудуйте цей цикл ізопроцесів у двох інших системах координат. Дайте логічне обґрунтування.



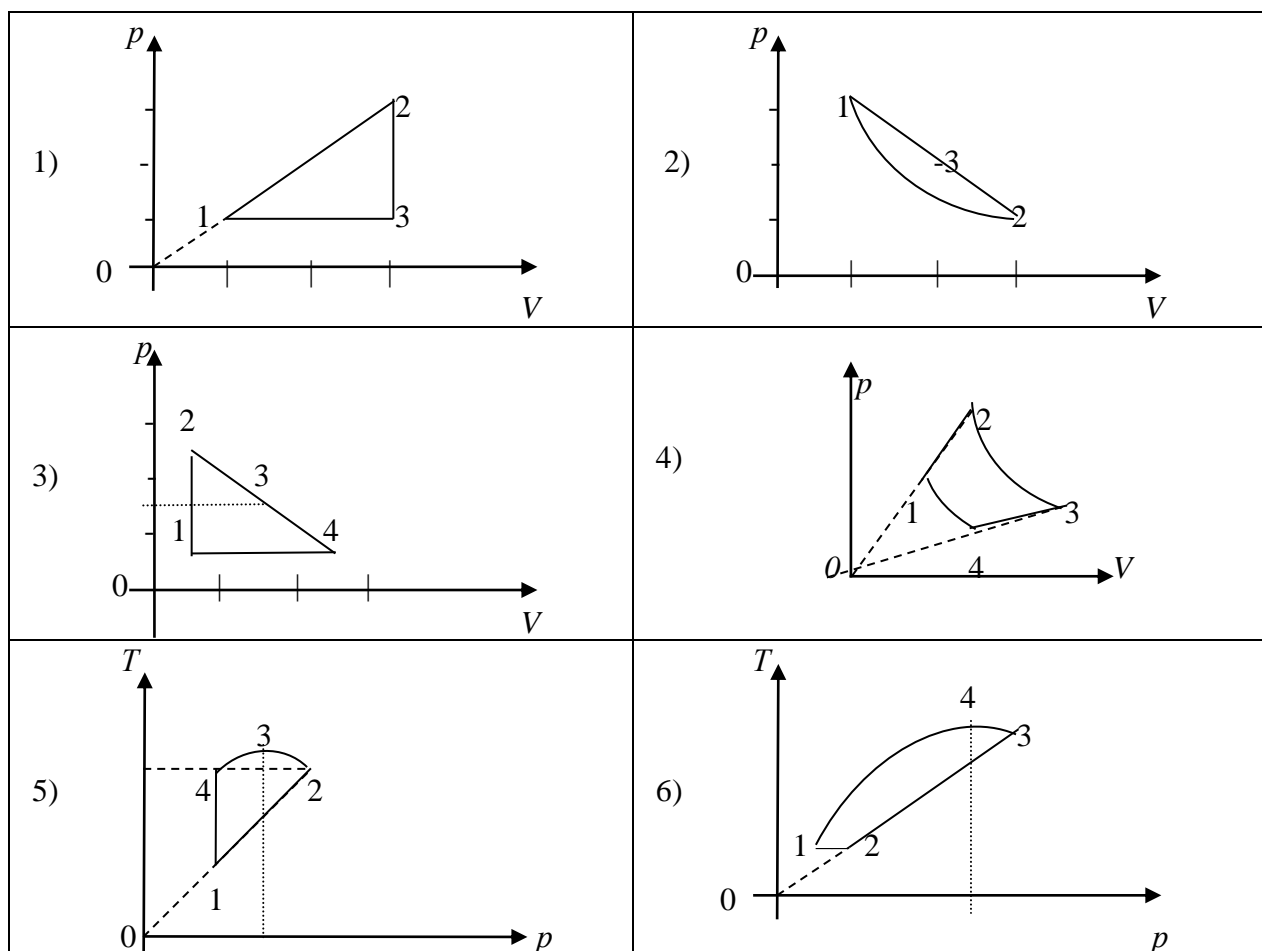


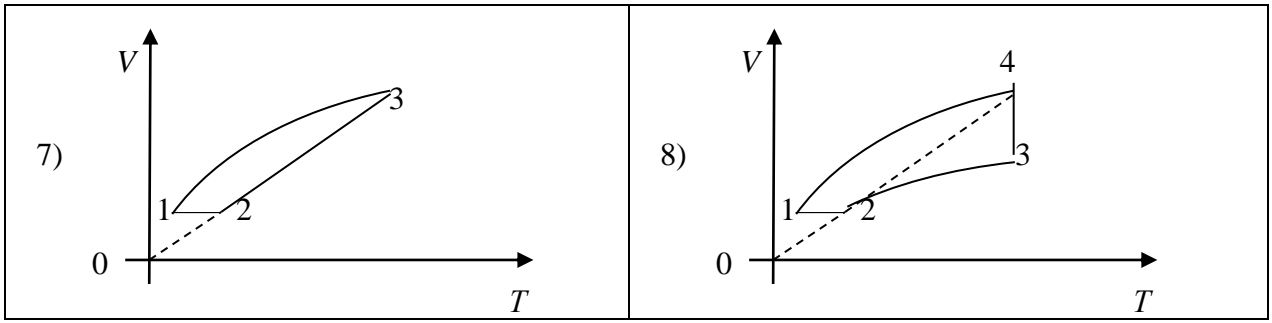
Додаток Ж.6

Творча робота

“Графіки ізопроцесів в ідеальному газі”

Із даною кількістю ідеального газу відбувається цикл ізопроцесів, поданих рисунком. Побудуйте цей цикл ізопроцесів у двох інших системах координат. Дайте логічне обґрунтування.

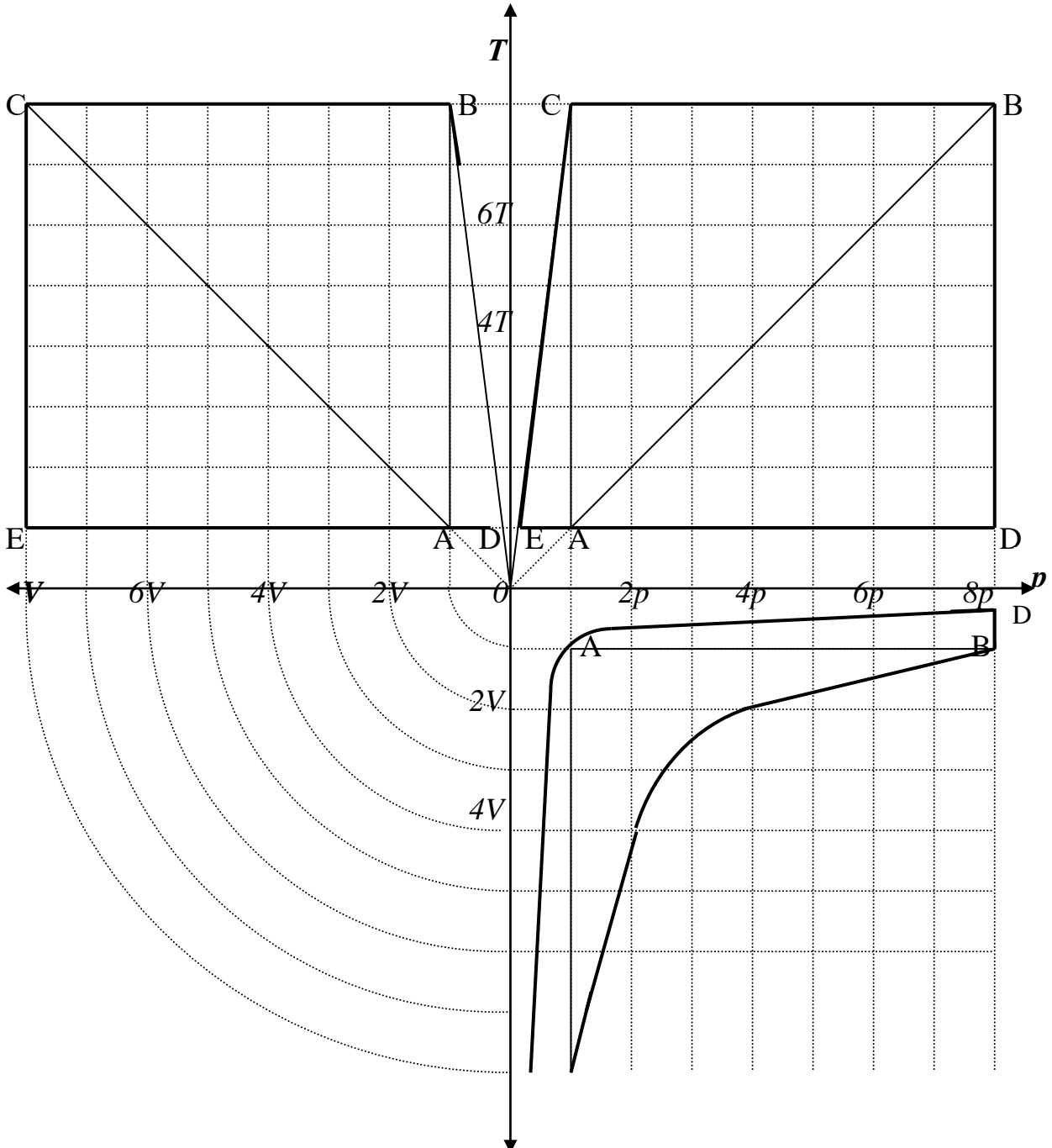




Додаток Ж.7

Закономірності зображення будь-яких станів ідеального газу в системах координат OVp , OpT , OTV

(робота учня 10 класу)



$$8V \text{ E } \text{---} \text{ C}$$

$$V$$

Додаток 3.1

Творча контрольна робота

Основи МКТ, ізопроееси в ідеальному газі

Задача. Ідеальний газ займає об'єм V_1 при тиску p_1 (у стані А). Відомо, що один з цих параметрів газу прийняв нове значення (V_2 – для непарних варіантів, p_2 – для парних варіантів) у результаті певного ізопроеесу при незмінній кількості ν цього газу, значення добутку νR задане.

Треба до цієї умови скласти якомога більше питань, вводячи допоміжні дані при необхідності, та розв'язати їх.

Таблиця варіантів числових даних

Варіанти	νR кДж / К	V_1 м ³	p_1 кПа	p_2 кПа	V_2 м ³
1	1	0,5	500		2,5
2	2	2	300	100	
3	2	2	300		3
4	9	3	900	450	
5	0,5	0,5	150		3
6	1	0,5	800	400	
7	2	1	600		4
8	3	1	900	300	
9	6	3	600		4

10	2	1	600	300	
11	4	2	500		5
12	3	3	300	180	
13	1	0,5	300		1,5
14	1	0,5	400	100	
15	2	1	500		5
16	4	2	800	400	
Варіанти	νR <i>кДж / К</i>	V_1 <i>м³</i>	p_1 <i>кПа</i>	p_2 <i>кПа</i>	V_2 <i>м³</i>
17	1	1	500		2,5
18	2	1	300	100	
19	2	4	300		3
20	9	1,5	900	450	
21	0,5	2	150		3
22	1	0,25	800	400	
23	2	2	600		4
24	3	0,5	900	300	
25	6	6	600		4
26	2	0,5	600	300	
27	4	4	500		5
28	3	1,5	300	180	
29	1	2	300		1,5
30	1	0,25	400	100	
31	2	2	500		5
32	4	1	800	400	

Зразок виконання творчої контрольної роботи

(можливий ряд питань та їх розв'язків)

Задача. Дано: ідеальний газ, $\nu R = 2000$ Дж/К

Стан А	Стан В
$p_1 = 300$ кПа	
$V_1 = 2$ м ³	$V_2 = 6$ м ³

1. Яким може бути ізопроцес АВ ?

а) ізобарний $p_1 = p_2$; б) ізотермічний $T_1 = T_2$ $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

2. Знайти значення тиску p_2 .

а) $p_1 = p_2 = 300$ кПа; б) $p_2 = p_1 V_1 / V_2$, $p_2 = 100$ кПа.

3. Знайти кількість ідеального газу.

$$\nu = \nu R / R, \quad \nu = 240 \text{ моль.}$$

4. Знайти T_1 (у стані А) і T_2 (у стані В).

а) $T_1 = p_1 V_1 / \nu R$, $T_1 = 300$ К; $T_2 = p_2 V_2 / \nu R$, $T_2 = 900$ К;

б) $T_1 = T_2 = 300$ К.

5. Який об'єм V_H займає дана кількість газу за нормальних умов?

$V_H = \nu V_{H,M}$, $V_H = 5,4$ м³, де $V_{H,M} = 22,4 \cdot 10^{-3}$ м³/моль - нормальний молярний об'єм

6. Якої висоти буде паралелепіпед з основою 1 м², який вміщуватиме задану кількість ідеального газу за нормальних умов ?

$$h = V_H / S, \quad h = 5,4 \text{ м.}$$

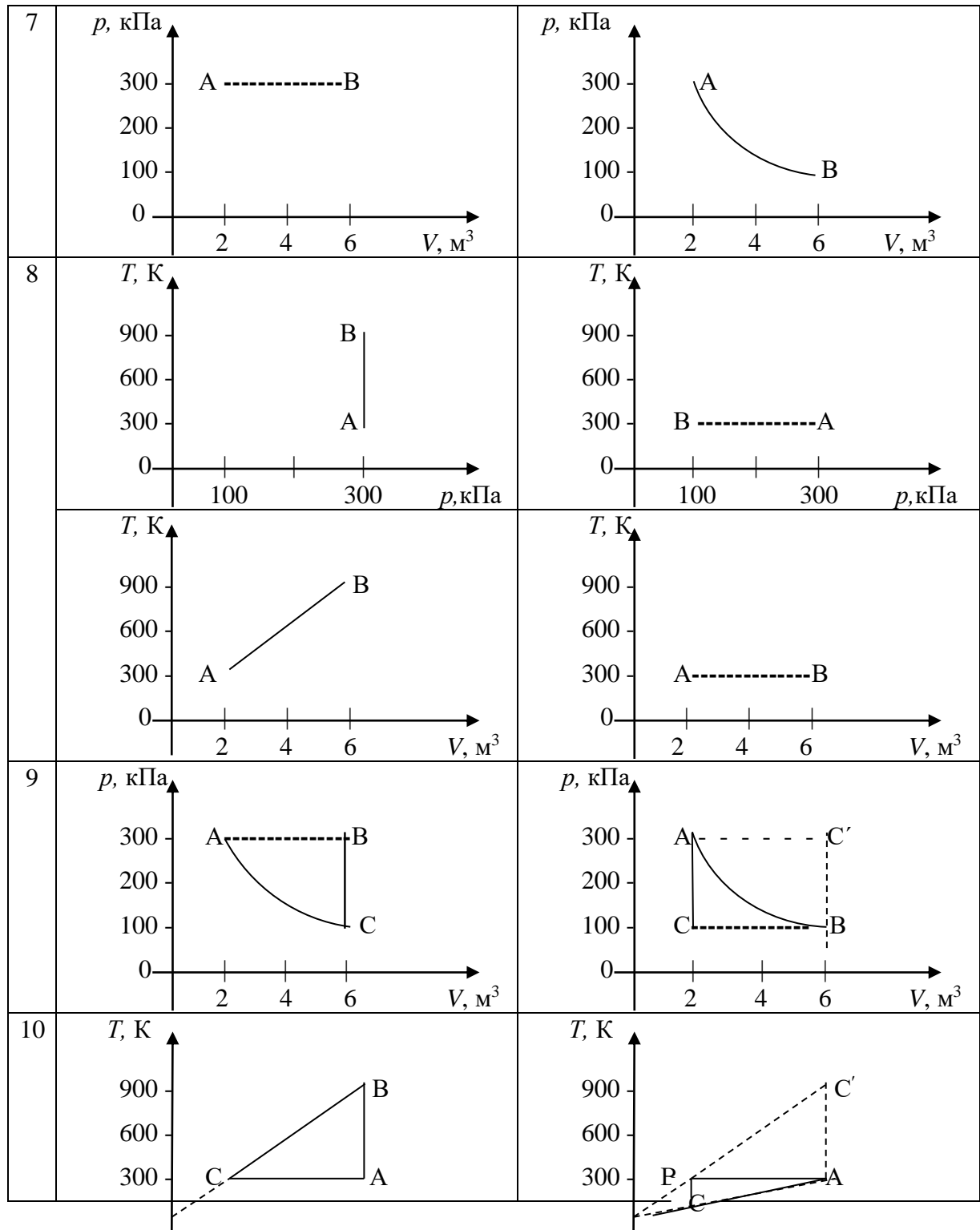
7. Зобразити графічно в координатах OVp даний ізопроцес.

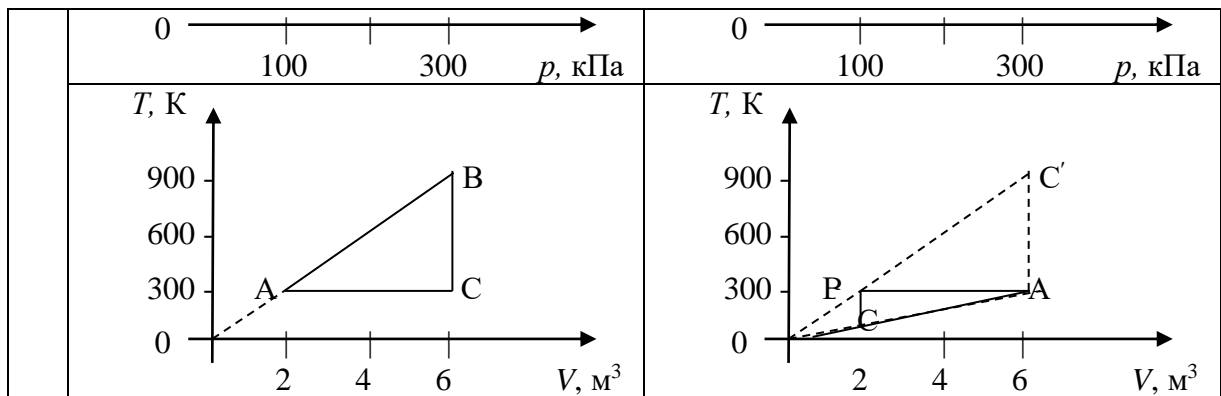
8. Побудувати даний ізопроцес у координатах OpT і OVT .

9. У системі координат OVp до графіка ізопроцесу АВ добудувати графіки ізопроцесів ВС і СА (один варіант).

10. Побудувати графік циклу ізопроцесів АВСА в координатах OpT та OVT .

11. Впевнитись, що графіків 7 – 10 можна було не будувати окремо – їх видно на моделі відповідного гіперболічного параболоїда (рис.2.15).





Додаток 3.2

Творча контрольна робота

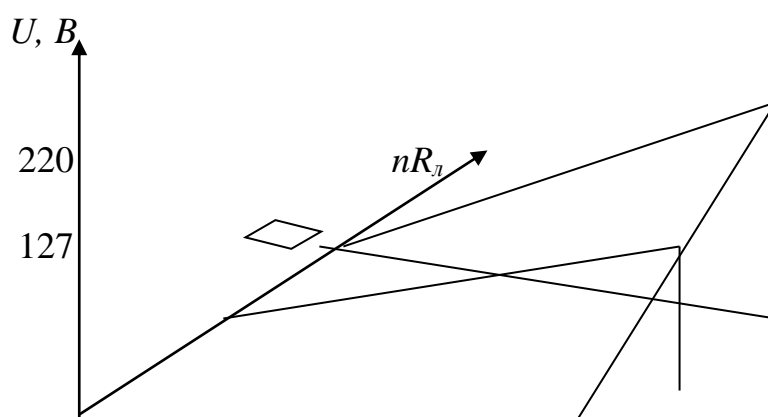
(закон Ома, послідовне з'єднання провідників)

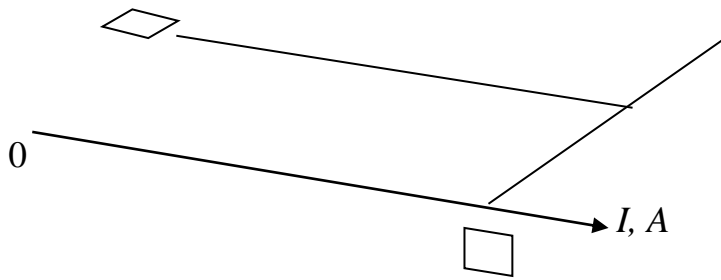
Задача. Маємо гірлянду послідовно з'єднаних однакових електричних ламп у кількості n_l штук, розраховану на напругу мережі $U_1 = 220$ В.

Як потрібно змінити кількість ламп у гірлянді, щоб включати її в мережу з напругою $U_2 = 127$ В, зберігаючи приблизно таку ж яскравість лампи? (Яскравість лампи вважати прямо пропорційною її потужності). Розв'язок перевірити графічно на моделі гіперболічного параболоїда, доповнивши рисунок 3.2. Скласти інші питання та розв'язати їх.

Значення кількості електричних ламп n_l у гірлянді та інші дані вибрати за своїм варіантом з таблиці:

Варіанти		1	2	3	4	5
Параметри лампи	U_l , В	24	12	6,3	3,5	2,5
	I_l , А	0,075	0,13	0,26	0,26	0,15
n_l		10	18	35	63	88





**Рис.3.2. Просторовий графік залежності між величинами,
що описується рівнянням $U = I n R$**

Додаток И.1

ТЕАТРАЛІЗОВАНИЙ УРОК

“Відкриття на зіткненні двох наук”

фізика, 10 клас

Мета:

1. Узагальнити, поглибити та закріпити знання учнів з теми „Закони стану ідеального газу”.
2. Висвітлити процеси інтеграції математики в фізику та фізики в математику з використанням моделей гіперболічного параболоїда.
3. Формувати діалектико-матеріалістичний світогляд учнів під час розгляду ходу інтеграції наук.
4. Закріпити експериментальні вміння учнів.
5. Гуманізувати навчальний процес під час розгляду історії відкриттів.
6. Розвивати креативне мислення під час розв’язування проблемних ситуацій та участі самих учнів у наукових відкриттях, надаючи можливість відчувати радість відкриття.
7. Застосовуючи ігрові методи навчання, сприяти розкріпаченню душі дитини та більш якісному засвоєнню навчального матеріалу.
8. Сприяти створенню позитивної емоційної атмосфери, підвищенню пізнавальної активності учнів.
9. Виховувати патріотизм та інтернаціоналізм на прикладах життєдіяльності вчених.

Обладнання:

Рамки для портретів вчених з підписами; стакан високий скляний; пробірка; вода; колба, закрита корком, з відводом до манометра; манометр рідинний; спиртівка; колба, закрита корком, з відводом горизонтальної скляної трубки, що містить краплину зафарбованої рідини; пано для кріплення плакатів; плакати з формулами та графіками; таблиця Менделєєва; моделі гіперболічного параболоїда.

Структура уроку

1. Актуалізація розумової діяльності.

Сьогодні у нас незвичайний театралізований урок з щойно пройденої десятима класами теми “Закони стану ідеального газу”. Ану, десяті класи, відповідайте, одинадцяті – пригадайте, а дев’яті – послухайте:

- 1) Що таке ідеальний газ ?
- 2) Мова йтиме про ізопроцеси в газах. Що називається ізопроцесом ?
- 3) Які Вам відомі ізопроцеси ?
- 4) Хто, де і коли відкрив закони газового стану і які саме ?

II. Мотивація пізнавальної діяльності.

Що об’єднує цих великих людей? Інтуїція, дивергентне (нестандартне) мислення; їх життя – служіння людству.

Той в одній країні, той в іншій – не сплять ночей і приходять до одного висновку. Отже, істина існує! А як людина її пізнає?...

Так ось і ми з Вами сьогодні будемо учасниками відкриття на зіткненні двох наук – фізики і математики.

Зануримося в історію розвитку цих наук фрагментарно – з щойно пройденої теми “Закони стану ідеального газу”.

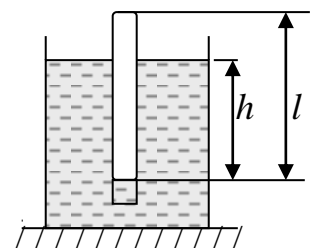
III. Театралізована частина.

(Фізика і математика в “портретах” на сцені).

Бойль (дослід) ...

Маріотт (дослід)...

(На дошку вивішують плакат ①)



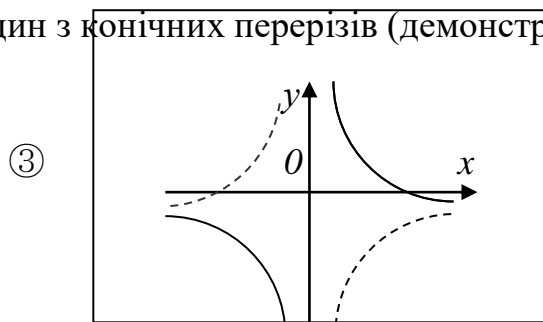
$t=const$				
V	V_1	V_2	...	V_n
p	p_1	p_2	...	p_n

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} \quad \textcircled{1}$$

Інтегратор: Обернено пропорційна залежність ! Так про неї ще писав П'єр Ферма – видатний французький математик ! (Дає плакат $\textcircled{4}$)

$$\textcircled{4} \quad \boxed{y = \frac{C}{x}}, \quad \text{де } C = const, \text{ а } x, y - \text{ змінні величини, які ввів теж}$$

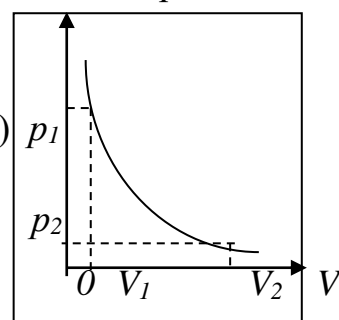
французький математик Рене Декарт. Це ж на його честь прямокутну систему координат назвали декартовою. У ній ця обернено пропорційна залежність зображається так званою гіперболою (дві вітки). Ця лінія відома ще з IV ст.. до нашої ери як один з конічних перерізів (демонструє плакат $\textcircled{3}$):



Маріотт: Так тоді й відкритий нами закон можна аналогічно представити аналітично

$$\textcircled{5} \quad \boxed{p = \frac{C}{V}}$$

$$\textcircled{2a) } \boxed{pV = C = const} \quad \text{та графічно: } \textcircled{2б)}$$



використовуючи таблицю результатів експерименту.

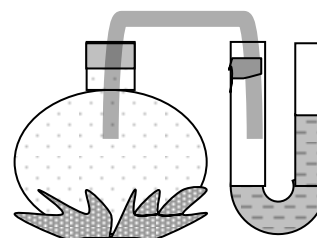
(Маріотт і Бойль потискують руки П'єру Ферма і Рене Декарту)

Вчитель: Інтеграція здійснилась – з'явилась лаконічність і краса виразу фізичного закону.

Шарль: (дослід – таблиця $\textcircled{6}$) ...

$V=const$				
t	t_1	t_2	...	t_n
p	p_1	p_2	...	p_n

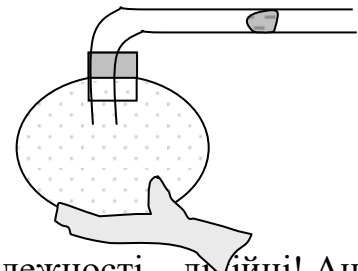
$\textcircled{6}$



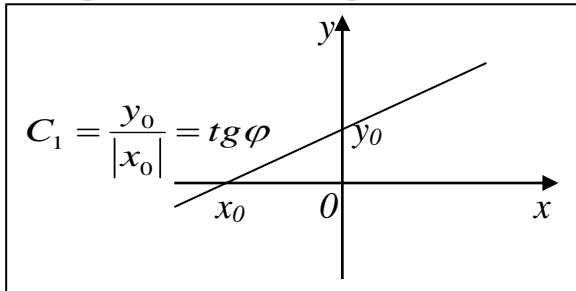
Гей-Люссак: (дослід – таблиця ⑪)...

$p = const$				
t	t_1	t_2	...	t_n
V	V_1	V_2	...	V_n

⑪



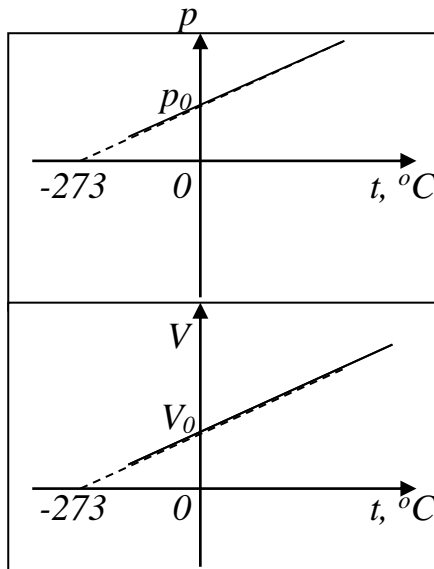
Гей-Люссак: О! Досліджувані Вами і мною залежності – лінійні! Ану, і ми звернемось до Декарта і його послідовників. (Пішов, взяв ⑧, ⑨).



⑧

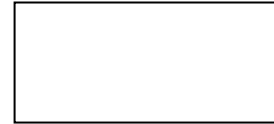
$$y = C_1 x + y_0 \quad ⑨$$

Тоді маємо аналогію, побудовану за таблицею результатів експериментів



⑦

$$p = p_0 + \frac{p_0}{273} t \quad ⑩$$



$$V = V_0 + \frac{V_0}{273} t \quad ⑬$$

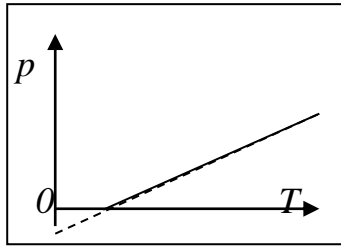
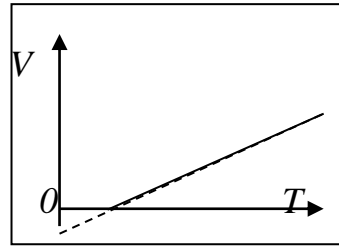
⑫

Вчитель: Як Ви бачите, досягнення математики рано чи пізно можуть бути використані в тій чи іншій галузі науки чи техніки.

Кельвін: (Дивиться, бере пенсне, підходить до ⑦, до ⑫). Ану, куди ж ця похила лінія впирається? Яка ж можлива температура є найменшою? Так, тут -273°C (на ⑦), і тут (на ⑫) теж -273°C ! Так це ж абсолютний нуль температур !!! (пише ⑭) ⑭ $[T] = 1 \text{ K}$, $-273^\circ \text{C} = 0 \text{ K}$, $T = 273 + t$

Інтегратор: До цього ж висновку прийшла і термодинаміка. Тоді простіше записати ⑩ в ⑩_а $p = p_0 \frac{T}{T_0}$ та ⑩_б $p/T = const$, а ⑬ в ⑬_а

$V = V_0 \frac{T}{T_0}$ та ⑬_б $V/T = const$ і зобразити їх:

⑦_а⑫_а

Це ж прямо пропорційна залежність – найпростіший випадок лінійної залежності!

Клапейрон: Шановні ! Так можна ж ці всі три закони (показує ②_а, ⑩_б, ⑬_б) записати стисло — однією формулою ⑮ для 1 кг ідеального газу

$$\textcircled{15} \quad \frac{pV}{T} = const$$

Авогадро: А скільки ж молекул в 1 кг газу?! Для різних газів це ж число різне ! Для хіміків і фізиків доцільно ввести одиницю кількості речовини - моль – таку, що містить однакове число молекул

$$\textcircled{16} \quad N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

Больцман: А енергія однієї молекули? При нагріванні на 1°C кінетична енергія молекули одноатомного ідеального газу збільшиться на

$$\textcircled{16}_a \quad k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

Інтегратор: А для N_A молекул (для 1 моля)

$$\textcircled{16}_b \quad R = k \cdot N_A = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} - \text{універсальна газова стала.}$$

Менделєєв: (Думає, мучиться, задрімав на секунду, повісив таблицю Менделєєва, підходить до ⑮). А що являє собою ця $const$?! Це ж ніщо інше як

$$\textcircled{18} \quad \frac{pV}{T} = \nu R \quad \text{або} \quad \textcircled{18}_a \quad pV = \frac{m}{M} RT \quad \textcircled{18}_b \quad pV = \nu RT$$

Інтегратор: В одній формулі ⑮ інтегровані всі три газові закони: ②_а, ⑩_б, ⑬_б, і їх графіки можна зінтегрувати в один. Тоді Вам буде корисна така інформація.

Леонард Ейлер (біля нього стоїть табличка)

математик
1748 р.
С.Петербург

З стародавніх часів (з IV ст.. до н.е.) математики займалися вивченням перерізів конуса (геометрично), в тому числі ось цими: гіперболами, параболоми, прямими. А я натрапив на нову дивовижну поверхню – сідловидну. Даю їй назву – гіперболічний параболоїд, бо її перерізи – і прямі, і гіперболи, і параболы, а її рівняння :

$$\textcircled{19}_a \quad \frac{X^2}{a^2} - \frac{Y^2}{b^2} = z$$

Це частинний випадок загального рівняння поверхні II порядку

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fxz + Gx + Hy + Kz + L = 0$$

Вигодський М.Я.: (табличка $\boxed{1959 \text{ р.}}$) Ось почитайте в моєму „Довіднику з вищої математики”, як в окремому випадку одержати простіше рівняння гіперболічного параболоїда, повернувши осі координат OX та OY навколо Oz на 45° за годинниковою стрілкою $\textcircled{19}_b \quad \boxed{z = kxy}$

IV. Відкриття.

Вчитель (з табличкою $\boxed{\text{інтегратор}}$): Велике спасибі за такий вид рівняння гіперболічного параболоїда. Мені вдалося віднайти простішу методику побудови цієї поверхні (демонструє моделі, вішає плакат $\textcircled{19}$). А така залежність між трьома величинами нами щойно вивчалась: $pV = \nu RT$, де $\nu R = \frac{pV}{T} = const$ тільки для $p, V, T > 0$, (вішає плакат $\textcircled{20}$).

Тобто ми розглядаємо всі ці газові закони на одній поверхні – гіперболічному параболоїді в I октанті. Так само, як з $\textcircled{15}$ впливають аналітично всі закони $\textcircled{2}_a$, $\textcircled{10}_b$, $\textcircled{13}_b$, так і на гіперболічному параболоїді спостерігаємо системи ізотерм (23), системи ізохор (21_a), (21), системи ізобар (22_a), (22).

Як на глобусі бачимо системи паралелей та меридіанів, так і на гіперболічному параболоїді бачимо системи ізотерм, ізобар, ізохор.

V. Проблемні завдання учням.

1) Які ще лінії (залежності) Ви бачите на моделі гіперболічного параболоїда ?

2) Відмітьте, які з наведених нижче залежностей можна бачити на поверхні гіперболічного параболоїда :

а) таблиця множення ($6=2 \cdot 3$),

б) правила множення відносних чисел ($-6=2 \cdot (-3)$),

в) $s = v \cdot t$,

г) $v = a \cdot t$,

...

VI. Домашнє завдання.

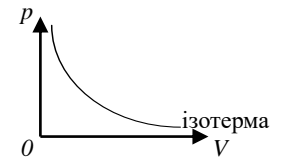
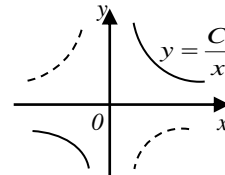
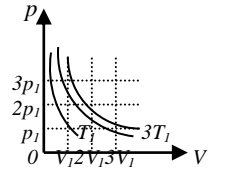
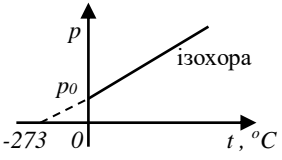
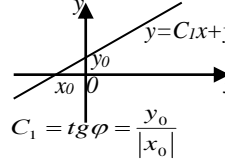
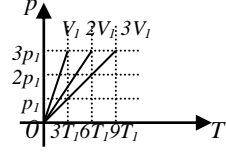
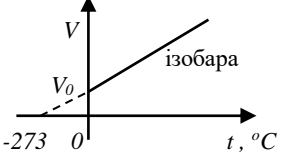
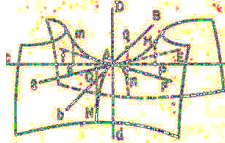
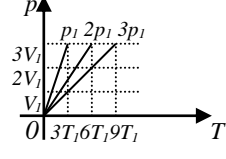
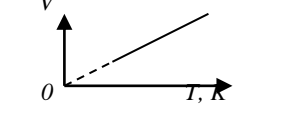
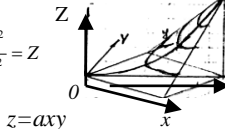
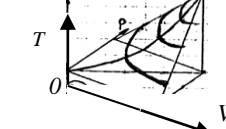
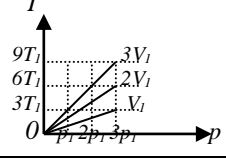
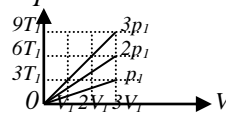
Оголошується конкурс : хто напише найбільшу кількість застосувань цієї поверхні, того чекає винагорода !

VII. Закріплення.

Розв'язування кросворду.

VIII. Підсумки уроку.

Додаток И.2
Порівняльно-узагальнююча довідкова таблиця „Фрагмент інтеграції фізики і математики”
(на прикладі теми „Закони стану ідеального газу”)

		Фізика		Математика		Продукт інтеграції										
Роберт Бойль (1627-1691) англ., 1662 – Едм. Мариотт (1620-1684) фр.аббат, 1676 –	$t=const$ <table border="1"> <tr><td>V</td><td>V₁</td><td>V₂</td><td>...</td><td>V_n</td></tr> <tr><td>p</td><td>p₁</td><td>p₂</td><td>...</td><td>p_n</td></tr> </table> $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1}$	V	V ₁	V ₂	...	V _n	p	p ₁	p ₂	...	p _n	 <p align="center">ізогерма</p>	$pV=C=const$ $p = \frac{C}{V}$ $p = \frac{\nu RT}{V}$	Рене Декарт (1596-1650), фр. 1637 – „Геометрія” П’єр Ферма (1601-1665), фр 1679 – „Isagoge” (вступ до вивч. геом. місць на площині та в просторі)		
	V	V ₁	V ₂	...	V _n											
p	p ₁	p ₂	...	p _n												
Жак Шарль (1746-1823) фр., 1787 –	$V=const$ <table border="1"> <tr><td>t</td><td>t₁</td><td>t₂</td><td>...</td><td>t_n</td></tr> <tr><td>p</td><td>p₁</td><td>p₂</td><td>...</td><td>p_n</td></tr> </table>	t	t ₁	t ₂	...	t _n	p	p ₁	p ₂	...	p _n	 <p align="center">ізохора</p>	$p = p_0 + \frac{p_0}{273}t$ $p = p_0 \Delta T$ $p = \frac{\nu R}{V} T$	Леонард Ейлер (1707 -1783), шв.-рос. 1748 – „Вступ до аналізу неск. малих” „Додаток”.	 <p align="center">$C_1 = tg \varphi = \frac{y_0}{ x_0 }$</p>	
t	t ₁	t ₂	...	t _n												
p	p ₁	p ₂	...	p _n												
Жозеф Гей-Люссак (1778-1850) фр., 1802 –	$p=const$ <table border="1"> <tr><td>t</td><td>t₁</td><td>t₂</td><td>...</td><td>t_n</td></tr> <tr><td>V</td><td>V₁</td><td>V₂</td><td>...</td><td>V_n</td></tr> </table>	t	t ₁	t ₂	...	t _n	V	V ₁	V ₂	...	V _n	 <p align="center">ізобара</p>	$V = V_0 + \frac{V_0}{273}t$ $V = V_0 \Delta T$ $V = \frac{\nu R}{p} T$	Леонард Ейлер (1707 -1783), шв.-рос. 1748 – „Вступ до аналізу неск. малих” „Додаток”.		
t	t ₁	t ₂	...	t _n												
V	V ₁	V ₂	...	V _n												
Саді Карно (1796-1832) фр., 1824 –	У. Кельвін (Томсон) (1824-1907) англ. Людвіг Больцман (1844-1906) австр.		$[T] = K, -273^{\circ}C = 0 K$ $T = 273 + t$ $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$	$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = z$  <p align="center">$z=axy$</p>												
Бенуа Клапейрон (1799-1864) фр. 1840 –	$\frac{pV}{mT} = const$															
Амадео Авогадро (1776-1856) італ. 1811 –	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$															
Дм. Ів. Менделєєв (1834-1907) рос. 1874 –	$pV = \frac{m}{M} RT = \nu RT$															
Дж. В. Гіббс (1839-1903) амер. 1873 –	Графічні методи в термодинаміці															

Додаток К

Метод визначення найімовірніших поправок на випадкове угадання відповідей у тестах розпізнавання

Достовірність оцінки знань – це суттєва умова ефективності тестування.

Коли серед відповідей учня на N тестових запитань є m неправильних, то є ймовірність того, що й серед правильних відповідей є деяка кількість Δ випадково вгаданих відповідей, тобто що навмання вибраними тут є відповіді на $n = m + \Delta$ запитань, а кількість правильних не випадкових відповідей є $N - (m + \Delta)$. Щоб віднайти найімовірніше значення поправки (що у подальшому викладі позначатимемо через Δ), слід враховувати кількість запропонованих відповідей k на кожне запитання тесту та кількість правильних відповідей серед них. Зазвичай – це одна правильна відповідь та $k - 1$ неправильних відповідей. Ми зупинимось на розгляді саме такого випадку. Тоді ймовірність події A , що навмання вибрана відповідь буде неправильною, є $p = (k - 1) / k$, а що правильною – $1 - p = 1 / k$.

Для визначення найімовірніших поправок на вгадування відповідей розглянемо дві взаємозалежні випадкові величини дискретного типу:

Y – кількість тестових запитань, на які учень вибирає відповіді навмання (Y приймає значення n від 0 до N);

X – кількість неправильних відповідей учня (X приймає значення m від 0 до n).

Тоді за умови, що учень на n запитань вибирає відповіді навмання ($Y=n$), ймовірність вибрати m неправильних відповідей буде визначатися біноміальним законом:

$$P_{Y=n}(X = m) = C_n^m p^m (1 - p)^{n-m}, \quad (1)$$

де $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ - число комбінацій (сполучень) з n елементів по m .

Наприклад, при $p = 4/5$, $n = 10$, $m = 8$ матимемо

$$P_{Y=10}(X=8) = C_{10}^8 p^8 (1 - p)^2 = 10 \cdot 9 / (1 \cdot 2) \cdot (4/5)^8 \cdot (1/5)^2 = 0,3.$$

Тобто, якщо на кожне тестове завдання пропонується 5 відповідей, з яких 4 неправильних ($p=4/5$), то ймовірність того, що учень, вибираючи навмання відповіді на 10 запитань, матиме 8 неправильних відповідей, становить 0,3 .

З іншого боку, якщо учитель бачить, що серед N відповідей учня є $X=m$ неправильних, то найімовірніше значення поправки Δ можна знайти, знаючи закон умовного розподілу $P_{X=m}(Y=n)$.

Для його побудови можна спочатку скласти таблицю значень функції (1) (за певних значень p, n, m), бо саме нею визначається зв'язок між X та Y (див. таблицю 1 для випадку $p=4/5$).

Таблиця 1

$\begin{matrix} m \\ n, n_1 \end{matrix}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	1													
1	0,20	0,80												
2	0,04	0,32	0,64											
3	0,01	0,10	0,38	0,51										
4	0,00	0,03	0,15	0,41	0,41									
5	0,00	0,01	0,05	0,20	0,41	0,33								
6	0,00	0,00	0,02	0,08	0,25	0,39	0,26							
7	0,00	0,00	0,00	0,03	0,11	0,28	0,37	0,21						
8	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,15	0,29	0,34	0,17					
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,18	0,30	0,30	0,13				
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,09	0,20	0,30	0,27	0,10			
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,11	0,22	0,30	0,24	0,08		
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,13	0,24	0,28	0,21	0,07	
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,15	0,25	0,27	0,18	0,05
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,09	0,17	0,25	0,25	0,15
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,10	0,19	0,25	0,25
Σ	1,26	1,26	1,24	1,24	1,25	1,26	1,25	1,22	1,23	1,22	1,04	1,00	0,75	0,45
$\Delta =$ $=n-m$	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3
$\Delta_1 =$ $=n_1-m$					1				2				3	

Потім з цієї таблиці можна виокремити значення ймовірностей пар (m, n) при фіксованому $X=m$ і на їх основі побудувати закон умовного розподілу випадкової величини Y :

$$P_{X=m}(Y=n) = P_{Y=n}(X=m) / \sum P_{Y=n}(X=m). \quad (2)$$

При цьому найімовірніші пари (m, n) при фіксованому m таблиці (найвищі ймовірності у стовпцях таблиці 1 виділені жирним шрифтом) залишаються найімовірнішими в умовному розподілі (2) і, отже, можуть слугувати основою для визначення поправок $\Delta = n - m$ та додатково $\Delta_1 = n_1 - m$ у випадках двомодальності розподілу (2) (ми вважаємо, що гуманніше по відношенню до учня буде взяти меншу з двох поправок, тобто Δ).

У таблиці 1 значення Δ і Δ_1 розміщені відповідно у двох останніх рядках. Легко бачити, що числова послідовність значень поправок Δ виражається загальним членом (антьє дробу)

$$\Delta = \left[\frac{|m-1|}{k-1} \right], \quad \leftrightarrow \quad (3)$$

$$\leftrightarrow \Delta = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq m \leq k-1, \\ 1 & \text{при } k-1 < m \leq 2(k-1), \\ 2 & \text{при } 2(k-1) < m \leq 3(k-1), \\ \dots & \end{cases} \quad (3a)$$

а значень поправок Δ_1 – загальним членом

$$\Delta_1 = \frac{m}{k-1} \quad (\text{для } m > 0, \text{ кратних } k-1) \quad (4).$$

Формули (3) і (4) справедливі також для значень $p=1/2$, $p=2/3$, $p=3/4$, $p=5/6$, ..., що можна перевірити за допомогою формули (1) та відповідних їй табличних даних.

Пропонуємо зведену результуючу таблицю 2 найімовірніших значень поправок на випадкове вгадування відповідей у тестах розпізнавання.

Найімовірніші поправки Δ є цілочисельними, а це дає можливість безпосередньо виводити оцінку при кількості завдань, спроектованих на 12-

бальну чи 5-бальну систему оцінювання. При визначенні кількості балів, що зараховується (N_3), працює формула

$$N_3 = \begin{cases} N - (m + \Delta) & \text{при } \Delta \leq N - m, \\ 0 & \text{при } \Delta > N - m. \end{cases}$$

Таблиця 2

$p = \frac{k-1}{k}$	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\frac{1}{2}$	Δ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Δ_l	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	n	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
	n_l	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
$\frac{2}{3}$	Δ	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
	Δ_l		1		2		3		4		5		6	
	n	1	2	4	5	7	8	10	11	13	14	16	17	19
	n_l		3		6		9		12		15		18	
$\frac{3}{4}$	Δ	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4
	Δ_l			1			2			3			4	
	n	1	2	3	5	6	7	9	10	11	13	14	15	17
	n_l			4			8			12			16	
$\frac{4}{5}$	Δ	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3
	Δ_l				1				2				3	
	n	1	2	3	4	6	7	8	9	11	12	13	14	16
	n_l				5				10				15	
$\frac{5}{6}$	Δ	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
	Δ_l					1					2			
	n	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	13	14	15
	n_l					6					12			
...	...													

Додаток Л

**Завдання для самостійної роботи і контролю знань учнів
з кінематики прямолінійного рівно змінного руху**

Є дві однакові металеві кульки; з висоти h_1 пускають першу кульку, а з висоти h_2 - другу кульку; $h_1 > h_2$, падіння кульок вільне. Треба, щоб кульки приземлилися одночасно, тому другу кульку пускають на t_0 пізніше, ніж першу кульку.

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h_1 , м	6	8	10	12	14	16	7	9	11	13	15	17
h_2 , м	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11

Варіант	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
h_1 , м	8	10	12	14	16	18	9	11	13	15	17	19
h_2 , м	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11

Варіант	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
h_1 , м	10	12	14	16	18	20	11	13	15	17	19	21
h_2 , м	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11

При виконанні завдань, що сформульовані далі пропонується:

- 1) для розрахунків значення прискорення вільного падіння взяти 10 м/с^2 ;
- 2) для побудови графіків залежності координати y від часу t руху першої та другої кульок скористатися лівосторонньою системою координат Oty , як на рисунку Л.1, де т.О – точка пуску першої кульки, а вісь Oy спрямована вниз, тобто в напрямі руху кульок; формат збільшити в п'ять разів.

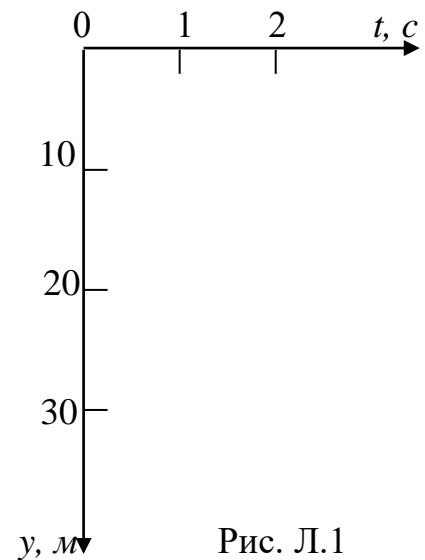


Рис. Л.1

Завдання для кожного варіанта

1. Відмітити правильні відповіді.

1.1. Час польоту першої кульки

t_1 належить проміжку (в секундах)

а	[1,0; 1,3)	
б	[1,3; 1,6)	
в	[1,6; 1,9)	
г	[1,9; 2,2)	
д	іншому проміжку	

1.2. Між моментами пуску

першої та другої кульок проходить

час t_0 , який належить проміжку

(в секундах)

а	[0; 0,3)	
б	[0,3; 0,6)	
в	[0,6; 0,9)	
г	[0,9; 1,2)	
д	іншому проміжку	

2. Побудувати на окремому аркуші міліметрового паперу графіки залежності координати y від часу t руху першої та другої кульок відповідно

$$y = gt^2/2, \quad t \in [0, t_1], \quad (2.1)$$

$$y = h_0 + g(t - t_0)^2/2, \quad t \in [t_0, t_1], \quad (2.2) \quad \text{де } h_0 = h_1 - h_2,$$

тобто для побудови вітки параболу (2.2) достатньо виконати паралельний переніс вітки параболу (2.1) до суміщення її вершини з точкою (t_0, h_0) .

Перевірити, чи узгоджуються відповіді п.1.1 та п.1.2 з графіками функцій (2,1) та (2,2).

3. Побудувати на окремому аркуші міліметрового паперу графіки швидкостей руху першої та другої кульок відповідно

$$y = g t, \quad t \in [0, t_1] \quad (3,1)$$

$$y = g(t - t_0), \quad t \in [t_0, t_1] \quad (3,2)$$

у лівосторонній системі координат $0tv$, розміщеній подібно системі $0th$, що на рис. Л.1.

4. Побудувати графіки прискорення рухів I та II кульок відповідно

$$a = g, \quad t \in (0; t_1] \quad (4,1)$$

$$a = g, \quad t \in (t_0, t_1] \quad (4,2)$$

5. Відмітити правильну відповідь.

5.1. Відстань першої кульки від

землі через 1 секунду після її пуску

лежить у межах (в метрах)

а	[0,5; 4,5)	
б	[4,5; 8,5)	
в	[8,5; 12,5)	
г	[12,5; 16,5)	
д	іншому проміжку	

Відстань першої кульки від землі за одну секунду до приземлення лежить у межах (в метрах)

а	[5; 8)	
б	[8; 11)	
в	[11; 14)	
г	[14; 17)	
д	іншому проміжку	

6. Відмітити правильну відповідь.

6.1. Швидкість першої кульки під час приземлення належить проміжку (в м/с)

а	[10; 13)	
б	[13; 16)	
в	[16; 19)	
г	[19; 22)	
д	іншому проміжку	

6.2. Швидкість другої кульки під час приземлення належить проміжку (в м/с)

а	[3; 6)	
б	[6; 9)	
в	[9; 12)	
г	[12; 15)	
д	іншому проміжку	

6.3. Швидкість першої кульки під час пуску другої кульки належить проміжку (в м/с)

а	[0; 3)	
б	[3; 6)	
в	[6; 9)	
г	[9; 12)	
д	іншому проміжку	

7. Довести, що в прямолінійному рівно змінному русі без початкової швидкості середня швидкість тіла за час руху t дорівнює половині її кінцевої швидкості v_t , тобто $\bar{v} = v_t/2$, та відмітити правильну відповідь:

7.1. Середня швидкість вільного падіння першої кульки \bar{v}_1 знаходиться в межах (в м/с)

а	[5 ; 6,5)	
б	[6,5; 8)	
в	[8 ; 9,5)	
г	[9,5; 11)	
д	іншому проміжку	

7.2. Перша кулька мала миттєву швидкість, рівну \bar{v}_1 , у момент часу, який належить проміжку (в с)

а	[0,5 ; 0,85)	
б	[0,85; 0,8)	
в	[0,8 ; 0,95)	
г	[0,95; 1,1)	
д	іншому проміжку	

7.3. Середня швидкість вільного падіння другої кульки \bar{v}_2 знаходиться в межах (в м/с)

а	[1,5; 3)	
б	[3 ; 4,5)	
в	[4,5; 6)	
г	[6 ; 7,5)	
д	іншому проміжку	

7.4. Друга кулька мала миттєву швидкість, рівну \bar{v}_2 , у момент часу, що лежить у проміжку (в с)

а		
б		
в		
г		
д	іншому проміжку	

8. Довести, що в прямолінійному рівнозмітному русі без початкової швидкості середня швидкість тіла на даному проміжку шляху досягається в момент подолання тілом першої чверті цього проміжку шляху; відмітити правильну відповідь:

8.1. Перша кулька мала миттєву швидкість, рівну \bar{v}_1 , на висоті від землі, що лежить у межах (в м)

а		
б		
в		
г		
д	іншому проміжку	

8.2. Друга кулька мала миттєву швидкість, рівну \bar{v}_2 , на висоті від землі, що лежить у межах (в м)

а		
б		
в		
г		
д	іншому проміжку	

9. Пропонується скласти інші запитання і дати відповіді на них.

10. Пропонується перефразувати текст задачі на інший лад, наприклад, на технічний чи на детективний.

Відповіді

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.1. а б в г	1,1	1,26	1,41	1,55	1,67	1,79	1,18	1,34	1,48	1,61	1,73	1,84
1.2. а б в г	0,65	0,49	0,41	0,37	0,33	0,31	0,74	0,57	0,48	0,43	0,39	0,36
5.1. а б в г	1	3	5	7	9	11	2	4	6	8	10	12
5.2. а б в г	5,95	7,65	9,14	10,5	11,7	12,9	6,83	8,42	9,83	11,1	12,3	13,4
6.1. а б в г	11,0	12,6	14,1	15,5	16,7	17,9	11,8	13,4	14,8	16,1	17,3	18,4
6.2. а б в г	4,47	7,75	10,0	11,8	13,4	14,8	4,47	7,75	10,0	11,8	13,4	14,8
6.3. а б в г	6,5	4,9	4,1	3,7	3,3	3,1	7,4	5,7	4,8	4,3	3,9	3,6
7.1. а б в г	5,48	6,32	7,07	7,74	8,36	8,94	5,92	6,71	7,42	8,06	8,66	9,22
7.2. а б в г	0,55	0,63	0,71	0,77	0,84	0,89	0,59	0,67	0,74	0,81	0,87	0,92
7.3. а б в г	2,24	3,88	5,0	5,92	6,71	7,42	2,24	3,88	5,0	5,92	6,71	7,42
7.4. а б в г	0,22	0,39	0,5	0,59	0,67	0,74	0,22	0,39	0,5	0,59	0,67	0,74
8.1. а б в г	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	5,25	6,75	8,25	9,75	11,2	12,8
8.2. а б в г	0,75	2,25	3,75	5,25	6,75	8,25	0,75	2,25	3,75	5,25	6,75	8,25

Відповіді

Варіант	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.1. а б в г	1,26	1,41	1,55	1,67	1,79	1,89	1,34	148	1,61	1,73	1,84	1,95
1.2. а б в г	0,81	0,64	0,55	0,49	0,45	0,41	0,89	0,71	0,61	0,55	0,5	0,47
5.1. а б в г	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
5.2. а б в г	7,65	9,14	10,5	11,7	12,9	13,9	8,42	9,83	11,1	12,3	13,4	14,5
6.1. а б в г	12,6	14,1	15,5	16,7	17,9	18,9	13,4	14,8	16,1	17,3	18,4	19,5
6.2. а б в г	4,47	7,75	10,0	11,8	13,4	14,8	4,47	7,75	10,0	11,8	13,4	14,8
6.3. а б в г	8,1	6,4	5,5	4,9	4,5	4,1	8,9	7,1	6,1	5,5	5,0	4,7
7.1. а б в г	6,32	7,07	7,24	8,36	8,94	9,48	6,71	7,42	8,06	8,66	9,22	9,70
7.2. а б в г	0,63	0,71	0,72	0,84	0,89	0,95	0,67	0,74	0,81	0,87	0,92	0,97
7.3. а б в г	2,24	3,38	5,0	5,92	6,71	7,42	2,24	3,38	5,0	5,92	6,71	7,42
7.4. а б в г	0,22	0,34	0,5	0,59	0,67	0,74	0,22	0,34	0,5	0,59	0,67	0,74
8.1. а б в г	6,0	7,2	9,0	10,5	12,0	13,5	6,8	8,2	9,7	11,2	12,8	14,2
8.2. а б в г	0,75	2,25	3,75	5,25	6,8	8,2	0,75	2,25	3,75	5,25	6,8	8,2

Відповіді

Варіант	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1.1. а б в г	1,41	1,55	1,67	1,79	1,89	2,0	1,48	1,61	1,73	1,84	1,95	2,05
1.2. а б в г	0,97	0,78	0,67	0,61	0,56	0,52	1,04	0,84	0,79	0,66	0,61	0,57
5.1. а б в г	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
5.2. а б в г	9,14	10,5	11,7	12,9	13,9	15,0	9,83	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5
6.1. а б в г	14,1	15,5	16,7	17,9	18,9	20,0	14,8	16,1	17,8	18,4	19,5	20,5
6.2. а б в г	4,47	7,75	10,0	11,8	13,4	14,8	4,47	7,75	10,0	11,8	13,4	14,8
6.3. а б в г	9,7	7,8	6,7	6,1	5,6	5,2	10,4	8,4	7,9	6,6	6,1	5,7
7.1. а б в г	7,1	7,2	8,4	8,9	9,48	10,0	7,4	8,1	8,7	9,2	9,7	10,2
7.2. а б в г	0,71	0,72	0,84	0,89	0,95	1,0	0,74	0,81	0,87	0,92	0,97	1,02
7.3. а б в г	2,23	3,87	5,0	5,9	6,7	7,4	2,23	3,87	5,0	5,9	6,7	7,4
7.4. а б в г	0,22	0,39	0,5	0,59	0,67	0,74	0,22	0,39	0,5	0,59	0,67	0,74
8.1. а б в г	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	8,2	9,8	11,2	12,8	14,2	15,8
8.2. а б в г	0,75	2,25	3,75	5,25	6,75	8,2	0,75	2,25	3,75	5,25	6,75	8,2

До уваги вчителя

1. У таблиці числа-відповіді представлені без належного округлення для того, щоб бачити, чи правильно учень виконує округлення чисел.

2. Упровадження даної розробки завдань доповнить зміст теми, внесе організованість у процес засвоєння теми, сприятиме розвитку креативності та рефлексії учнів.

Учитель, упроваджуючи дану розробку завдань, створює проблемну ситуацію, наприклад, оголошує виконання індивідуального завдання однією з умов заліку з теми чи оголошує конкурс на краще виконання пунктів 9 та 10 цього завдання, гарантує переможцям принаймні публікацію їхніх робіт у шкільній пресі.

Учитель завчасно забезпечує індивідуальними завданнями кожного учня, узгоджує з учнями графік консультацій.

Такі завдання тестового типу можна використовувати для контролю знань двічі: перший раз – учень графічно визначає приблизну відповідь і вказує інтервал, в який попадає ця відповідь (відмічає її знаком „+” в одній з відведених клітинок таблички), другий раз – дає відповідь за розрахунками.

Одержавши індивідуальне завдання, учень заводить окремий зошит для опрацювання теоретичного і задачного матеріалів та здає цей зошит на перевірку й оцінку в терміни, узгоджені з учителем. На уроці за пропозицією вчителя учень виконує певні тестові завдання на оцінку (при цьому на уроках не виключається робота з іншими посібниками).

Сподіваємось, що учень, зацікавлений поставленою проблемою, охоче візьметься за її розв'язання.

Додаток М

Із історії гіпербол і парабол

Історія гіпербол і парабол цікава як приклад не старіння скарбів людського знання, можливості їх інтегрування у різні галузі знань і діяльності через будь-які проміжки часу.

О.М. Крилов відмічав, що „багато математичних теорій, які здаються дуже абстрагованими і незастосовними, можливо завтра знайдуть собі застосування зовсім неочікувано, а можливо і через дві тисячі років, але всяка істина завжди надає вічний внесок у скарбницю людського знання незалежно від того, коли цією істиною скористаються” [206,с.23].

Так, у дослідженнях Аполлонія Пергського (біля 260-170 р. до н.е.) „Конічні перерізи” у семи книгах з восьми, які уціліли, сформульовано та доведено 387 теорем про властивості еліпса, параболи та гіперболи (ліній другого порядку). Але тільки майже через дві тисячі років теорія Аполлонія була інтегрована у дослідження реальних явищ: І. Кеплер у 1619 році відкрив, що планети рухаються по еліптичних орбітах. У подальшому гіперболи та параболи інтегруються в алгебру (Р. Декарт, (1637), Дж. Вал ліс (1655), Й. Вітт (1659), П. Ферма (1679) та інші). У 1748 році Леонард Ейлер досліджує загальне рівняння поверхонь Π порядку

$$Ap^2 + Bq^2 + Cr^2 + Dpq + Epr + Fqr + Gp + Hq + Ir + K = 0 ,$$

і розглядає окремий випадок поверхні $Ap^2 + Bq^2 = ar$, $A > 0$, $B < 0$, (тут p, q, r - змінні величини; $A^2 + B^2 + C^2 + D^2 + E^2 + F^2 \neq 0$).

Цей окремий випадок поверхні він назвав „параболічно-гіперболічна поверхня” (у подальшому гіперболічний параболоїд, сідлова поверхня); її геометричне зображення, виконане Ейлером у перспективі, подано на рисунку 1.6,а [263,с.244-247].

На цій поверхні, крім гіпербол і парабол, Ейлер виявив також дві дійсні прямі eE та fF . Сімейства прямолінійних твірних цієї поверхні були виявлені

та вивчені У. Брейкенріджем у 1759 р. і більш детально А. Модюї у 1763 р., а потім Г. Монжем та ін.

Вершина гіперболічного параболоїда – так звана сідлова точка; на рисунку 1.6,а – це точка A , що є вершиною двох парабол, з яких одна має спрямованість віток вгору (при $q = 0$), друга – вниз (при $p = 0$). Взагалі для функції двох змінних сідлова точка – це таке значення цієї функції, яке являє собою одночасно мінімум відносно однієї змінної і максимум відносно другої змінної.

Зараз поняття сідлової поверхні знаходить широке застосування, зокрема, у задачах випуклого і лінійного програмування, у теорії ігор.

Як бачимо, ймовірність того, що певне математичне дослідження буде інтегроване у певну галузь знань на певному проміжку часу, залежить від великої кількості чинників, у тому числі і від популяризації цих досліджень серед учнів та студентів, а також від рівня сформованості їх творчого мислення.

Додаток Н

Формування фізико-математичного категорійно-понятійного апарату і мови

Уся мислительна діяльність людини пов'язана з мовою, яка повинна чітко виражати думку, що виникла, і реалізовувати її у спілкуванні з людьми. Отже, формування мови повинно впливати на формування мислення людини.

У школі мова науки формується поступово по мірі вивчення основ наук. Зміст і методи навчання кожного навчального предмету вносять специфіку в мову учнів. Специфіка мови фізики, наприклад, полягає у широкому використанні фізичних величин, їх характеристик, для формулювання законів, теорій, для опису і пояснення фізичних явищ і процесів. Як фізика, так і математика користуються своїми термінологіями. Термін – це слово або словосполучення, яке є точною назвою строго означеного поняття науки, техніки та інших понять. Зміст терміну розкривається означенням поняття, бо останнє вміщує найбільші можливості чіткого виділення об'єкта з усіх інших об'єктів даної науки. Означення розкриває зміст поняття об'єкту за його суттєвими ознаками (для явищ і процесів – особливості їх перебігу, для об'єктів – їхні характерні особливості, наприклад, ізолятор – тіло з високим електричним опором).

У підсумку, учні середньої загальноосвітньої школи за період навчання фізики у цілому повинні оперувати системою термінів, яка включає їх більше 3000. Не менше термінів у їх системі при вивченні шкільного курсу математики. Тому процес оволодіння термінами стикається з певними проблемами, пов'язаними з такою великою кількістю термінів, які треба запам'ятати. Полегшує процес запам'ятання наявність багатьох термінів і понять, інтегрованих з математики у фізику і, навпаки, з фізики в математику. Так, наприклад, загальними для обох предметів є такі поняття і терміни (взяті тільки вибірково): аналогія, аналіз, вектор, взаємодія, вимірювання, гіпотеза, графік, градус, демонстрація, діаграма, дотична, експеримент, енергія, закон, ілюстрація, індукція, інтервал, кількість, коливання, константа, коефіцієнт,

координата, масштаб, метод, модель, момент, об'єкт, парадокс, периметр, період, поле, похідна, рівень, рух, структура, теорія, точність, траєкторія, фактор, характеристика, центр, швидкість, шлях та ін.

Уміння точно визначити поняття або термін, а ще краще – знати правила складання означення – має велике значення як для науки, так і для учнів, які вивчають цю науку. Воно надає мисленню такі важливі якості, як точність, чіткість, визначеність та виробляє логічні вміння: аналіз, порівняння, розрізнення, абстрагування й узагальнення.

Вважається, що учень засвоїв поняття, коли він уміє: точно відтворити означення даного поняття; виділити його істотні ознаки та їх логічну структуру; порівняти близькі поняття одне з одним; побудувати заперечення до даного поняття; підвести той чи інший об'єкт під поняття; включити поняття в систему понять. Отже, формування понять – це є процес, спрямований на свідоме і міцне засвоєння змісту й обсягу понять, на оволодіння вмінням користуватися ними на практиці.

Продуктивне засвоєння наукових термінів не повинне базуватися на механічному запам'ятовуванні і вимагає специфічного підходу до їх вивчення. Учителю варто систематично організовувати продуману та цілеспрямовану термінологічну роботу на уроках фізики, або математики, основу якої складають такі дидактичні принципи:

- науковість пояснення понять (закономірний зв'язок між змістом науки і навчального предмету, знайомство з основними науковими поняттями всіх розділів предмету та з сучасними досягненнями і перспективами розвитку);
- доступність інтерпретації термінів (система термінів повинна базуватися на набутих учнями знаннях, бути достатньою та необхідною для виконання завдань розвитку учнів);
- наочність пояснення термінів (у сприйнятті інформації активну участь беруть якнайбільше органів чуття);
- послідовність введення понять (чітке і логічне подання навчального матеріалу, взаємозв'язок даного уроку з іншими уроками цієї теми);

- цілісність введення понять (вивчення будь-якої одиниці як цілісної системи, що не зводиться до її складових частин);
- поєднання різних форм, засобів і методів у навчанні мови предмету (загально класні, групові й індивідуальні форми роботи; словесні, наочні, практичні, репродуктивні, пошукові методи стимулювання навчальної діяльності, контролю і т.п.);
- створення необхідних умов для усвідомленого запам'ятовування фізичних, математичних і технічних термінів;
- залучення учнів до активної діяльності в процесі вивчення термінів (самостійне добування знань);
- системність роботи з термінами;
- оптимізація розвитку учнів у процесі оперування термінами.

Робота з термінами повинна включати такі методи і прийоми: вимова термінів вголос; засвоєння орфографії нового терміну; виявлення походження (етимології) термінів; запис їх на дошці; тренувальні вправи на оцінку правомірності сполучення певних термінів; морфологічний та фонетичний аналіз термінів; аналітико-синтетичний їх розгляд; дедуктивний та індуктивний шляхи введення нових термінів; використання термінів у різних навчальних ситуаціях, які включають також гру, складання термінологічних словників, термінологічних кросвордів, ребусів та ін.[249, с.50].

Інтеграція знань з фізики і математики впроваджується в процесі застосування їх понять, термінів та методів. При цьому важливо, щоб учні не тільки набували інтегрованих знань, а й використовували ці знання, розкриваючи матеріальне походження понять. Наприклад, надзвичайно істотним є те, що до моменту вивчення похідної в курсі математики учні вже мають уявлення про миттєву швидкість нерівномірного руху з курсу фізики. Важливо, щоб зміст поняття функції, його реальне походження, зв'язок з практикою з'ясувались і на уроках математики, і на уроках фізики. Корисно, щоб на уроках математики розглядалися відомі учням з фізики приклади явищ, які описуються прямою та оберненою пропорційною залежностями, лінійною,

квадратичною функціями, щоб пояснювалося, у чому полягає характерна властивість залежностей, які виражаються показниковою і логарифмічною функціями та тригонометричними функціями, і т.д. А під час вивчення відповідних процесів і явищ на уроках фізики важливо використовувати прийняту в шкільному курсі математики термінологію.

Узгоджене викладання фізики і математики передбачає також використання єдиної символіки для тотожних понять. Жодна розрахункова фізична задача, жодний запис фізичного закону або формули не можуть обійтися без математичної символіки, математичних знаків. Під математичними знаками розуміють умовні позначення, якими скорочено записують математичні поняття і твердження, а також операції над математичними об'єктами. Математичні знаки традиційно називають „символами”. Однак термін „знак” і „символ” не рівнозначні. Символ – умовне позначення будь-якого предмета, поняття або явища. Систему або сукупність логіко-математичних знаків у сучасному шкільному курсі математики називають його символікою.

Розглядають шість класів знаків:

- знаки об'єктів (0, 1, 2 ...; $x, y, z; \alpha, \beta, \gamma; a, b, c; \%, \circ, \sphericalangle, \wedge; V, S, v; \pi, e, \infty; \dots$);
- знаки операцій (+, -, $\cdot, \times, \div; |x|, a^n, \sqrt{}; \log, \ln; \sin, \cos, \operatorname{tg}, \operatorname{ctg}; \lim, !, f', \int, \dots$);
- знаки відношень ($=, >, <, \sim, \in, \dots$);
- знаки відображень (\vec{a} – вектор, f, φ – функції, ...);
- допоміжні знаки ((), [], { }; ; ; ...);
- квантори ($\forall x$ – загальності, „для всіх x ”, $\exists x$ – існування, „існує таке x ”).

Наведемо приклад висловлювання: $(\exists x) (x \in \mathbb{Q} \Rightarrow x^2 = 2)$ – „існує таке раціональне число, квадрат якого дорівнює двом”.

Використання математичних знаків:

- дає змогу за певною формулою знайти числове значення обчислюваного параметра в кожній конкретній ситуації;
- полегшує і робить більш економічним процес наукового дослідження;

· дає змогу автоматизувати багато етапів математичних міркувань, широко використовуючи для цього сучасну обчислювальну техніку (ЕОМ).

Ефективність роботи вчителя на уроках фізики і математики значно підвищується, якщо він організовує активну діяльність учнів, використовуючи засоби знаково-символьної наочності. Виділяють чотири групи таких засобів: функціональну (графіки, формули, рівняння); логіко-генетичну (графи, граф-комплекси); причинно-наслідкову (схеми, таблиці); схематизовану (малюнки, діаграми, ескізи, карти, плани).

Мова науки сьогодні може розцінюватися як своєрідна іноземна мова (для учнів). Тому кожен учитель-предметник має оволодіти загальною методикою навчання мови взагалі і спеціальною методикою навчання мови свого предмету зокрема.

Грамотне, придатне і для фізики, і для математики використання математичної термінології та символіки, узгоджене формування фізичних та математичних понять, використання математичних методів, моделей, прийомів дозволяють сформувати єдину зінтегровану фізико-математичну систему знань.

Додаток О
Фізика і поезія
(авторські вірші)

Автопортрет
(з виступу на Дніпропетровському обласному конкурсі
„Учитель року” 14.02.2001 р.)

Народилась і жила в Кривому Розі,
Там навчалась, творчо йшла за кроком крок.
Вийшла заміж – і в Тарасівці я досі.
Маю двох таких чудових діточок!

Вчителюю в школі вже 13 років
І у вищу категорію ввійшла.
Скільки ж різних самих з фізики уроків
(Традиційних, творчих), ігор провела!

Розвивально-особистісне навчання
Я впроваджую, даючи блок завдань.
Це домашнє на два розділи завдання,
Із них тестові даю для зрізу знань.

Особливу я увагу приділяю
Інтеграції наук, фіз.-мат. ідей,
І цим розвиткові мислення сприяю –
Креативного й логічного в дітей.

Пропоную я гіп. пар-д розглянуть в школі,
Вінтегровані параболи у нім,

І гіперболи, й прямі – їх там доволі.

На гіп. пар-ді зразу бачим їх усі!

Всі ці лінії вивчають в математиці,

Ізотерми, ізобари є у фізиці,

Навіть множення табличка – на гіп. пар-ді цім!

Ну, а зараз я про нього ще і в ліриці!

Ось вірші про свій гіп. пар-д уже складаю,

Бо живу цим відкриттям багато років.

На конференціях про це розповідаю

І проводжу з відкриттям своїм уроки.

Взагалі, вважаю, – до своєї справи

Творчо ми підходити повинні.

Залишатися на місці ми не вправі!

Вчитель! Свою творчість дай дитині!

Гіп. пар-д – гіперболічний параболоїд

В і р ш і – з а д а ч і

* * *

Без лінз, дзеркал, а є в нім толк,
 Бо він з скляних тонких ниток...
 Ним користується народ.
 Чудесний прилад – *світловод!*

* * *

Буваю я екологічно руйнівною,
 Як на поверхню річки, моря хто хлюпне.
 Як на калюжі ж, то милуйтеся ви мною!
 Всі барви є – байдужий не мине!

* * *

* * *

Налила я тату чаю,
 Та гарячий він йому.
 Давай дмухати, бо знає –
 Прохолоне він. Чому?

Ти очі сплющ –
 Крізь вії лампу спробуй бачить.
 Чому ж барвиста
 І чарівна вона наче?

* * *

Ось веселка-*семицвіт*ка
 Всі збрала кольори.
 Чому *сім* – скажи нам швидко.
 Основних, як звісно, *три!*
Хто так вирішив, що *сім?*
 Я поспорить можу з ним!

* * *

Сів під яблунай Ньютон
 Почитати книжку.
 І який відкрив закон,
 Як отримав „шишку”?

Творчий портрет
(з виступу на Дніпропетровському обласному конкурсі
„Учитель року” 2005 р.)

1. Ви уявіть, сама я із Кривбасу,
Та вже в Тарасівці 20-тий рік.
Вже син у вищій школі,
А дочка в 10-тім класі,
Турботливий, коханий чоловік...

А я
у школі
вчителем працюю.
І фізики навчаю я дітей.
І в кожному уроці
Я безліч інтегрую
Філософо-фіз-мат-біо ідей.

2. Ви уявіть, я досі із гіп.-пар-дом
Дослідження свої роблю, творю.
Пісні пишу, танцюю,
Заряджаю творчим жартом.
Люблю дітей, професію люблю!

Любить,
творить
і мислити навчити –
це вчителя мета, мета моя!
А фізики знання
допомагають жити,
Бо „ф’юзіс” – це природа, це життя!

Пам'яті О. В. Сергєєва

*наукового керівника,
завідувача кафедри фізики і методики її викладання ЗДУ,
академіка Міжнародної педагогічної академії,
професора, доктора педагогічних наук*

Була весна. Квітли сади. Пташки співали...

І ось така жахлива мить – його не стало...

Цієї миті ми відраз не зрозуміли,

Але душею вчули, що осиротіли.

Не має меж той біль від гіркоти утрати...

І все життя ми будемо жалкувати,

Що в дні останні не змогли з ним поряд бути.

Та вічна пам'ять нам не дасть його забути!

Людина з літери великої, взірець,

Він був дидакт і методист, і фахівець,

Професор, доктор, фізик і новатор,

Вів за собою, наш фацілітатор.

До нас він ставився, як до своїх дітей.

Учитель, свій вогонь він ніс, мов Прометей.

У його працях – мудрість, працями він жив

І нашим успіхам по-батьківськи радів.

На жаль, короткий час ми разом спілкувались,

Та гарних спогадів на все життя зосталось:

Турбота, гумор, ввічливість, увага,

Тактовність, компетентність і наснага.

Так. Зірка згасла, що світила для людей...

Та не згасає світло величі ідей!

Не згасне й пам'ять в серці всіх, хто його знав,

Читав і слухав, і любив, і поважав.