МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені М.П. ДРАГОМАНОВА

На правах рукопису

КОВАЛЕНКО Катерина Володимирівна

УДК 37.046.14+371.3+53+372.853

ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ

13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

ДИСЕРТАЦІЯ
на здобуття наукового ступеня
кандидата педагогічних наук

Науковий керівник:
доктор педагогічних наук,
професор Сиротюк В.Д.

Київ – 2016

ЗМІСТ

ВСТУП……..……..4

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ГРАФІЧНОГО МЕТОДУ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ ЯК ВАЖЛИВОГО ЧИННИКА ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ.....14

1.1. Формування предметної компетентності – основа розвитку особистості учнів засобами фізики як навчального предмету……..14

1.2. Значення графічного методу у формуванні предметної компетентності учнів…….……...24

1.3. Аналіз сучасного стану використання графічного методу в навчанні фізики в загальноосвітніх навчальних закладах.....……...38

Висновки до розділу 1…….……..……...….50

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ У ПРОЦЕСІ РОЗВ’ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ.....51

2.1. Зміст елементів графічного методу в контексті забезпечення державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів.....51

2.2. Окремі особливості подання графічних залежностей між фізичними величинами в кінематиці.....54

2.3. Узагальнення методичних підходів до використання графічного методу для розв’язування задач з механіки……....……..58

2.4. Використання графічного методу під час вивчення теплових явищ.....76

2.5. Розв'язування графічних задач під час вивчення електромагнітних явищ.....98

2.6. Використання номограми під час розв’язування задач за формулою тонкої лінзи.....109

2.7. Розв'язування графічних задач на факультативних заняттях як етап пропедевтики курсу фізики старшої школи.....112

Висновки до розділу 2.....142

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ.....143

3.1. Постановка та умови проведення педагогічного експерименту……...143

3.2. Аналіз результатів педагогічного експерименту ……...148

Висновки до розділу 3.....173

ВИСНОВКИ……...174

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….....177

ДОДАТКИ……...199

ВСТУП

Пріоритетним завданням сучасної освіти є виховання особистості, здатної застосовувати набуті знання для розв’язання конкретних завдань особистого та суспільного значення. Одним із шляхів розв’язання цієї проблеми є застосування компетентнісного підходу до навчання, на якому ґрунтується новий Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти, який впроваджується в частині базової загальної середньої освіти з 01.09.2013 р. У пояснювальній записці до нової навчальної програми з фізики для 7-9 класів, зазначено, що головна мета навчання фізики в середній школі полягає в розвитку особистості учнів засобами фізики як навчального предмета, зокрема, завдяки формуванню в них предметної компетентності на основі фізичних знань, наукового світогляду й відповідного стилю мислення, розвитку експериментальних умінь і дослідницьких навичок, творчих здібностей і схильності до креативного мислення [185]. Розв'язання проблем підвищення практичної спрямованості шкільної освіти з позиції компетентності учнів створює умови для розвитку індивідуальності учня та його успішної практичної діяльності.

У науково-методичних роботах аналізується суть понять професійної, фахової та предметної компетентностей (О.В. Овчарук, О.І. Пометун, А.В. Хуторської та ін.). Зокрема, у галузі навчання фізики проблему досліджували А.І. Власюк, А.М. Кух, О.П. Пінчук та ін. Проте, незважаючи на збільшення кількості наукових публікацій з проблем компетентнісного підходу, питання предметної компетентності з фізики залишається актуальним, оскільки не з’ясовані всі аспекти її формування на різних етапах навчальної діяльності учнів.

Загальновідомо, що фізика ґрунтується на експерименті, при цьому більшість висновків за результатами експерименту здійснюються на основі графічного матеріалу – за результатами сумісних вимірювань будують графіки залежностей між величинами, за якими встановлюють рівняння

зв’язку між фізичними величинами та інтерпретують їх відповідним чином. Важливо, що за допомогою графіків можна зобразити зміни у фізичній системі для конкретного випадку, тоді як рівняння описує ці зміни в загальному випадку. Для реалізації компетентнісного підходу в навчанні фізики і формування предметної компетентності, зокрема, потрібно навчити учнів читати, розуміти, опрацьовувати, інтерпретувати та будувати графіки.

У навчальній програмі з фізики серед найважливіших умінь, які слід сформувати в учнів, відзначено "уміння інтерпретувати результати експерименту", серед яких, зокрема, "уміння будувати графіки", а також "уміння розв’язувати фізичні задачі графічним методом". У програмі безпосередньо вказано на обов’язкове використання графіків під час вивчення питань кінематики і теплоти.

Окремі методичні підходи до використання графіків у навчанні фізики досліджено у працях таких науковців і методистів, як Б.Р. Андрусенко, О.К. Бабенко, М.М. Борис, О.І. Бугайов, С.П. Величко, Г.О. Грищенко, Л.І. Іванов, Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, Б.Ю. Миргородський, О.Я. Михайлик, В.Г. Нижник, А.В. Примаков, С.В. Повар, Л.І. Резніков, В.Ф. Савченко, І.В. Сальник, В.Д. Сиротюк та ін.

Зокрема, у методичній літературі описано використання графічного методу при формуванні поняття миттєвої швидкості нерівномірного руху за визначальним рівнянням, знаходженні залежності проекції переміщення від часу за графіком залежності проекції миттєвої швидкості від часу, розв’язуванні задач на рівняння теплового балансу, побудові просторових графіків газових законів, моделюванні закону радіоактивного розпаду тощо. Використання графічного методу показало його високу наочність і ефективність. Тому можна припустити, що розв’язування фізичних задач графічним методом сприятиме формуванню предметної компетентності учнів основної школи, якщо:

– використовувати графіки для ілюстрації та пояснення протікання фізичних явищ;

– графічні задачі будуть використовуватись на різних етапах навчальної діяльності учнів;

– зміст графічних задач буде наближеним до реальних умов життєдіяльності людини;

– використовувати графіки при вивченні нового матеріалу, зокрема, при експериментальному виведенні рівняння зв'язку між фізичними величинами, коли буде реалізовано проблемний виклад матеріалу та частково-пошуковий метод навчання;

– використовувати дослідницькі задачі;

– розв'язувати фізичні задачі аналітичним і графічним методом, аналізуючи раціональність використання графічного методу.

Проте, високо оцінюючи роботи науковців і методистів з методики використання графіків, потрібно зазначити, що проблема використання графічного методу розв'язування задач під час вивчення фізики в загальноосвітніх навчальних закладах розроблена недостатньо, відсутні роботи з узагальнення методичних рекомендацій щодо використання графічного методу для розв'язування задач, графічний метод розв'язування фізичних задач не розглядався у контексті компетентнісного підходу, зокрема, не забезпечено формування в учнів основної школи таких важливих складових предметної компетентності, як вміння читати, розуміти, опрацьовувати, інтерпретувати і будувати графіки, у збірниках задач графічні задачі складають малий відсоток від загальної кількості запропонованих, при цьому переважна більшість поданих задач – це задачі з механіки.

Сьогодні нагальною педагогічною проблемою є підвищення рівня предметної компетентності з фізики учнів основної школи. Важливим показником сформованості предметної компетентності з фізики є уміння розв'язувати задачі, здійснювати необхідну кількість послідовних логічних кроків та операцій з метою одержання результатів. Очевидно, що на шляху формування в учнів умінь розв'язувати задачі на особливу увагу заслуговує графічний метод, який дозволяє ефективно здійснювати керування

пізнавальною діяльністю учнів, забезпечує усвідомлення учнями суті задачі, сприяє формуванню аналітичного мислення. Проте сучасний стан розв’язання проблеми формування в учнів основної школи предметної компетентності шляхом розв’язування фізичних задач графічним методом не можна вважати задовільним, зокрема, вимагають розроблення і оновлення методичні підходи до реалізації графічного методу у процесі розв’язування фізичних задач, важливим завданням є створення відповідного методичного забезпечення, що і визначає **актуальність** дисертаційної роботи та зумовлює вибір теми дослідження **"Формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв’язування фізичних задач графічним методом"**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою частиною теми наукового дослідження кафедри теорії та методики навчання фізики і астрономії Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова "Зміст, методи, засоби і форми підготовки майбутнього вчителя" (протокол № 5 від 24 грудня 2008 року).

Тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (протокол № 12 від 26 квітня 2013 року) та узгоджено в бюро Міжвідомчої ради з координації наукових досліджень з педагогічних та психологічних наук в Україні Національної академії педагогічних наук України (протокол № 5 від 28 травня 2013 року).

Об'єкт дослідження: навчально-виховний процес з фізики в основній школі.

Предмет дослідження: формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв’язування фізичних задач графічним методом.

Мета дослідження: теоретичне обґрунтування й розробка методичних підходів до використання графічного методу для розв'язування фізичних задач у процесі компетентнісно зорієнтованого навчання фізики учнів

основної школи та забезпечення педагогічних умов для їх реалізації у навчально-виховному процесі.

Відповідно до об'єкта, предмета та мети роботи визначено такі **завдання дослідження:**

1. Дослідити сучасний стан використання графічного методу розв’язування задач на різних етапах засвоєння фізичного знання в основній школі.

2. Визначити елементи графічного методу, які забезпечують виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів з курсу фізики основної школи, що сприятиме формуванню їх предметної компетентності.

3. Розробити методичні підходи до використання графічного методу у процесі засвоєння знань з курсу фізики основної школи відповідно до визначених елементів графічного методу.

4. Експериментально перевірити ефективність запропонованих методичних підходів до використання графічного методу для розв'язування фізичних задач у процесі компетентнісно зорієнтованого навчання фізики учнів основної школи.

Для досягнення поставленої у роботі мети було використано наступні **теоретичні та емпіричні методи дослідження:**

• *аналіз* науково-методичної літератури, програм, підручників і збірників задач з фізики стосовно використання графічного методу згідно з вимогами до організації навчально-виховного процесу на засадах компетентнісного підходу, існуючих методик використання графічного методу при вивченні фізики в основній школі, зокрема, для розв’язування задач, нерозв’язаних проблем у формуванні пізнавальної діяльності учнів та можливостей їх реалізації, основних напрямів впливу на підвищення ефективності навчально-виховного процесу з фізики; *синтез* – з метою систематизації та узагальнення отриманої інформації; *метод конкретизації* для диференціації та уточнення поняття "предметна компетентність";

• *спостереження* навчально-виховного процесу з фізики з метою визначення закономірностей застосування традиційних методичних підходів до використання графічного методу на різних етапах навчальної діяльності учнів, цілеспрямоване педагогічне спостереження за навчальною діяльністю учнів протягом навчально-виховного процесу з метою вивчення результатів цієї діяльності; *анкетування* – з метою визначення методичних особливостей і чинників формування предметної компетентності учнів з фізики; *тестування* – з метою виявлення проблем у напрямі реалізації компетентнісного підходу у процесі розв'язування фізичних задач графічним методом; *апробація* – з метою визначення педагогічної ефективності запропонованих методичних підходів до формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв'язування фізичних задач графічним методом порівняно з традиційними підходами до вивчення фізики; *підсумковий контроль* – для виявлення рівнів оволодіння учнями графічним методом за умов його вивчення на основі запропонованих методичних підходів; *методи математичної статистики* на етапі обробки результатів комплексного педагогічного експерименту, здійснення експертної оцінки запропонованих елементів графічного методу та методичних підходів до їх вивчення з метою формування предметної компетентності учнів основної школи.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що:

• *вперше запропоновано* методичні підходи до використання графічного методу як чинника формування предметної компетентності з фізики учнів основної школи у процесі розв'язування фізичних задач;

• *вперше запропоновано* методичні підходи до реалізації елементів графічного методу в контексті забезпечення державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів;

• *удосконалено:*

– методику розв'язування фізичних задач графічним методом;

– методику використання графіків та діаграм для пояснення фізичних явищ;

• *набули подальшого розвитку:*

– методика використання номограм при вивченні фізики в школі;

– методичні можливості графічного методу розв’язування фізичних задач у процесі формування предметної компетентності учнів основної та старшої школи;

– методика формування предметної компетентності учнів основної школи у контексті переходу загальноосвітніх навчальних закладів на вивчення фізики за новими навчальними програмами.

Практичне значення одержаних результатів:

• розроблено та впроваджено методичні рекомендації щодо використання графічного методу розв’язування фізичних задач у процесі формування предметної компетентності учнів загальноосвітніх навчальних закладів;

• розроблено методичні підходи до:

– вивчення розривів та зламів на графіках рівнянь зв’язку між фізичними величинами в кінематиці;

– використання номограм для розв’язування фізичних задач при вивченні теплових та електромагнітних явищ, під час розв’язування задач за формулою тонкої лінзи, для обчислення активності радіоактивної речовини;

– використання енергетичних діаграм для ілюстрації закону збереження енергії в механічних і теплових процесах;

– використання динамічних транспарантів для розв’язування задач на застосування рівняння теплового балансу.

Результати дослідження можуть бути використані у навчально-виховному процесі для:

– підвищення рівня самостійності, логічності та творчості мислення учнів;

– реалізації проблемного викладу матеріалу та частково-пошукового методу навчання;

– розширення наочності для пояснення фізичних явищ;

– формування в учнів здатності щодо аналізу результатів фізичного експерименту;

– забезпечення постановки задач дослідницького характеру.

Впровадження результатів дисертаційної роботи. Основні результати дослідження впроваджено у практику навчального процесу спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів № 307 з поглибленим вивченням природничих наук Деснянського району міста Києва (довідка № 291 від 10.10.2014 р.), економіко-правового ліцею ІІ-ІІІ ступенів Деснянського району міста Києва (довідка № 235 від 21.10.2014 р.), Переяслав-Хмельницької загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів № 1 Київської області (довідка № 135 від 09.10.2014 р.), Переяслав-Хмельницької загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів № 3 Київської області (довідка № 160 від 10.10.2014 р.), Щасливського навчально-виховного комплексу, Старинської, Вишенської, Кіровської та Мирненської загальноосвітніх шкіл І-ІІІ ступенів Бориспільського району Київської області (довідка № 01-16/668 від 14.10.2014 р.), загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів № 113 міста Одеси (довідка № 578 від 16.10.2014 р.), Біленьківської загальноосвітньої школи І-ІІ ступенів Білгород-Дністровського району Одеської області (довідка № 94 від 23.10.2014 р.), а також в роботу Інституту післядипломної педагогічної освіти Київського університету імені Б. Грінченка (довідка № 306 від 16.10.2014 р.) та Одеського обласного інституту удосконалення вчителів (довідка № 502 від 14.10.2014 р.).

Особистий внесок здобувача у працях, опублікованих разом із співавторами, полягає у визначенні концептуальних аспектів досліджуваної проблеми, розробці методичних підходів до реалізації компетентнісного підходу у процесі розв’язування фізичних задач графічним методом та впровадженні їх у навчально-виховний процес основної школи.

У статтях [75], [76], [80], [88] автором проаналізовано навчальні програми з фізики та визначено питання, в яких вивчення графічного методу є необхідним, проаналізовано використання графічного методу у сучасних підручниках, описано використання графічного інтегрування для побудови графіка $s_x(t)$ за графіком $v_x(t)$ та для дослідження функціональної залежності $s_x(t)$ для рівноприскореного прямолінійного руху, для випадку падіння тіла на пружину описано та побудовано графіки залежності проекції сил від координати, енергії від координати, запропоновано та розроблено енергетичні діаграми для ілюстрації закону збереження механічної енергії, проаналізовано можливості формування предметної компетентності учнів під час вивчення радіоактивного розпаду, створено номограму для обчислення активності радіоактивної речовини, запропоновано виведення рівняння зв’язку між фізичними величинами для рівноприскореного руху з використанням математичного моделювання.

Апробація результатів дослідження. Результати дисертаційного дослідження обговорено та схвалено на всеукраїнських і міжнародних науково-практичних конференціях: "Друга міжуніверситетська наукова конференція з математики та фізики для студентів та молодих науковців" (Київ, 2011), "Проблеми та шляхи удосконалення педагогічних та психологічних наук" (Львів, 2013), "Педагогіка та психологія: актуальні питання наукових досліджень" (Київ, 2013), "Чернігівські методичні читання" (Чернігів, 2013), "Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти" (Кіровоград, 2013), "Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю" (Кам'янець-Подільський, 2013); на засіданнях постійно діючого Всеукраїнського науково-методичного семінару "Актуальні питання методики навчання фізики і астрономії в середній і вищій школі" (2011-2015 роки) та на щорічних звітних науково-практичних конференціях науково-педагогічних працівників та аспірантів Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (2011–2015 роки).

Публікації. Основні результати дослідження відображено у 14 наукових працях, серед них: 10 статей у виданнях України, зареєстрованих як фахові з педагогічних наук (журнали та збірники наукових праць), з яких 6 одноосібних; стаття у закордонному фаховому виданні; 3 публікації у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (235 найменувань, з них 39 іноземною мовою) та додатків. Повний обсяг дисертації становить 208 сторінок друкованого тексту. Основний зміст викладено на 176 сторінках, дисертація містить 19 таблиць і 118 рисунків.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ГРАФІЧНОГО МЕТОДУ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ ЯК ВАЖЛИВОГО ЧИННИКА ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ

1.1. Формування предметної компетентності – основа розвитку особистості учнів засобами фізики як навчального предмету

Результати навчальної діяльності учнів на всіх етапах шкільної освіти не можуть обмежуватися знаннями, вміннями і навичками, метою навчання має бути сформована предметна компетентність, як загальна здатність, що базується на знаннях, досвіді та цінностях особистості. Вдосконалення освітнього процесу з урахуванням компетентнісного підходу полягає в тому, щоб навчити учнів впевнено застосовувати набуті знання й уміння в конкретних навчальних та життєвих ситуаціях.

Компетентнісно зорієнтований підхід – один із важливих напрямів розвитку змісту освіти в Україні та розвинених країнах світу. Його ідеї були закладені ще в теорії навчання другої половини ХХ століття.

Як пророче писав ще у 1985 р. один із найпопулярніших західних соціологів О. Тоффлер, для виробництва завтрашнього дня будуть потрібні працівники, які володіють цілком новими властивостями. Виникне потреба у людях, які здатні швидко перенавчатися та володіти уявою. При розв’язанні проблем співробітник корпорації завтрашнього дня буде діяти не "за підручником". Він повинен уміти виносити судження і приймати складні оціночні рішення, а не механічно виконувати "спущені з гори розпорядження" [179, 453-454]. Іншими словами, О. Тоффлер мав на увазі саме необхідність формування професійної компетентності для успішної діяльності людини у виробничих структурах майбутнього. Сам термін "компетентність" потрапив у поле зору психологів на початку 80-х років

минулого сторіччя, коли виникли неузгодженості між результатами навчання та потребами ринку праці (США, Канада, Німеччина, Великобританія). Дослідженнями було встановлено, що лише фахових знань, на які була зорієнтована освіта того часу, для успішної діяльності на ринку праці недостатньо.

Швидкий темп науково-технічного прогресу, стрімке вдосконалення технологій практично в усіх галузях виробництва, постійне оновлення інформації та темпи її накопичення зумовили потребу у таких фахівцях, які здатні гнучко й оперативно адаптуватися до нових умов, у змозі швидко аналізувати та інтерпретувати інформацію, приймати рішення щодо її використання тощо. Все це призвело до зміни пріоритетів в освіті, появи поняття "компетентність".

Протягом останнього десятиліття у вітчизняній освіті також збільшується кількість теоретичних підходів до розв’язання проблеми формування компетентної особистості. На сьогодні вже є значна кількість науково-теоретичних і науково-методичних робіт, в яких аналізується суть компетентнісного підходу. Компетентнісний підхід до формування змісту середньої освіти у досвіді зарубіжних країн ретельно проаналізований та описаний, зокрема, в статтях О.В. Овчарук [146], О.І. Пометун [157], О.В. Савченко [168]. Суть понять професійна, фахова та предметна компетентності, зокрема, з фізики, досліджували А.І. Власюк [31], Н.О. Єрмакова [56], А.М Кух [111], О.П. Пінчук [152], [153] та ін. З’ясовано, що питання формування предметної компетентності учнів у змісті навчання фізики стало предметом дослідження в окремих дисертаційних роботах: О.П. Пінчук розроблено систему практико-орієнтованих фізичних задач з використанням засобів мультимедійних технологій, спрямовану на розвиток предметної компетентності учнів із фізики [152], Н.О. Єрмаковою розроблено та науково обґрунтовано методику організації і проведення навчальної практики з фізики, яка спрямована на розвиток фізичної компетентності учнів основної і старшої школи [56].

Девіз компетентнісного підходу: головним є не те, що знає учень, а те, на що він спроможний використати свої знання. Проте на сьогодні існують труднощі у визначенні і трактуванні самого поняття компетентність. Не дивлячись на те, що у Державному стандарті базової та повної середньої освіти [49] чітко сформульовано поняття компетентності, ця проблема залишається предметом наукових дискусій, які віддзеркалюють історичний та культурний спадок кожного суспільства. Разом з цим, спільним на сьогодні для всіх є розуміння компетентності як набутої характеристики особистості, що сприяє успішному входженню молодої людини в життя сучасного суспільства. Компетентною вважається людина авторитетна в тій чи іншій галузі, здатна розв’язувати життєві проблеми, що ґрунтується на знаннях, досвіді, цінностях.

Найбільшого поширення тлумачення поняття „компетентності” у вітчизняній науковій літературі набуло визначення: "Готовність на професійному рівні виконувати свої посадові і фахові обов’язки відповідно до сучасних теоретичних надбань і кращого досвіду, наближення до світових вимог і стандартів" [40, 25]. Компетентність є поєднанням такого рівня науки і практики у діяльності конкретної людини, який дає змогу постійно забезпечувати високий кінцевий результат з мінімальними нервовими і фізичними затратами людини, досягти ефективної організації особистої і колективної праці, є результатом ґрунтовної базової підготовки, творчої діяльності і безперервного підвищення світоглядного, професійного і загальнокультурного рівня в різноманітних формах.

Компетентність – це рівень освіченості, який характеризується здатністю розв’язувати завдання в різних сферах життєдіяльності на базі теоретичних знань. Компетентність побудована на поєднанні взаємовідповідних пізнавальних ставлень і практичних навичок, цінностей, емоцій, поведінкових компонентів, знань і вмінь – всього того, що можна мобілізувати для активної дії [146], [152]. Власне компетентність і полягає у

здатності мобілізувати отримані знання, вміння, досвід і способи поведінки в умовах конкретної ситуації, конкретної діяльності.

У сучасних словниках поняття компетентність трактується як "психологічна чи педагогічна якість, яка означає силу і впевненість, що йде від почуття власної успішності і корисності, що дає людині усвідомити всю власну здатність ефективно взаємодіяти з оточенням" [143, 863].

Узагальнюючи вищесказане, можна сказати, що компетентність є інтегрованим поняттям, яке включає складну системну властивість особистості і характеризує її здатність успішно діяти в різних життєвих ситуаціях, розвивати себе, розв'язувати життєві практичні завдання, виконувати життєві і соціальні ролі, які ґрунтуються на знаннях, уміннях і навичках, особистому досвіді. Сам процес формування і розвитку компетентності залежить від освітньо-культурних та навчальних умов, в яких живе і розвивається особистість.

Аналіз стану дослідження проблеми показує, що переважна більшість авторів використовують і досліджують компетентність особистості з позиції очікуваного результату її розвитку на певному освітньому етапі. Найбільше ця тематика представлена на етапі професійної освіти.

Проблему формування компетентності учнів з фізики у навчально-виховному процесі загальноосвітньої школи досліджено мало. У процесі формування в учнів основної школи предметної компетентності з фізики більшість дослідників акцентують увагу на готовності і здатності застосовувати знання та вміння на практиці при розв'язуванні реальних життєвих проблем. Сформована до закінчення основної школи компетентність є здатністю до створення власного продукту, який виконується і представляється з орієнтації на іншу людину.

Предметна компетентність у широкому розумінні – усвідомлення місця кожної науки у системі знань людства як способу існування кожної науки – розуміння діалектики отримання нових теоретичних знань та їх використання

на практиці, незалежне оперування предметними знаннями та їх критичне осмислення з позицій практики та інших наук.

Термін предметна компетентність у педагогічних дослідженнях найчастіше використовується у випадках, коли розглядається здатність аналізувати і діяти з позиції окремої галузі науки, зокрема фізики. Предметна компетентність – це фактично готовність і здатність людини діяти в конкретній предметній галузі. Предметної компетентності учень набуває при вивченні певного навчального предмету протягом конкретного навчального року або ступеня навчання. Кожна предметна компетентність формується в учня у процесі відповідним чином організованої навчально-пізнавальної діяльності.

На нашу думку, предметна компетентність з фізики – це вміння бачити та застосовувати фізику в реальному житті, розуміти та пояснювати фізичні явища в навколишньому світі, вміти розв’язувати поставлені задачі засобами фізики, встановлювати зв'язки між знаннями та реальною ситуацією, проводити дослідження науковими методами, інтерпретувати отримані результати дослідження, оцінювати похибку вимірювань тощо. Зокрема, на рівні основної школи предметна компетентність полягає у формуванні не лише знань, умінь і навичок учнів з фізики, а й ціннісного ставлення до процесу і результату праці, уміння навчатися та самонавчатися.

Ми погоджуємось із визначеннями понять "компетентність" і "предметна компетентність", наведеними у новому Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти: "компетентність – набута у процесі навчання інтегрована здатність учня, що складається із знань, умінь, досвіду, цінностей і ставлення, що можуть цілісно реалізовуватися на практиці" [49, 3]; "предметна (галузева) компетентність – набутий учнями у процесі навчання досвід специфічної для певного предмета діяльності, пов’язаної із засвоєнням, розумінням і застосуванням нових знань" [49, 4].

Виходячи з всього вищесказаного, предметна компетентність учня з фізики на рівні основної школи – це його особистісна якість, психологічна

готовність впевнено, самостійно і відповідально застосовувати засвоєні теоретичні знання з фізики в різних сферах життєдіяльності, успішно продовжувати вивчення фізики у старшій школі чи у професійно-технічних навчальних закладах. Це якості людини, котрі можна і необхідно сформувати. Саме тому діяльність навчального закладу повинна бути спрямована на формування не лише знань, умінь і навичок учнів, а й здатності учнів діяти в конкретній життєвій ситуації, здатності до самонавчання та впевненості в собі і своїх силах.

Ми погоджуємося із визначеним О.П. Пінчук поняттям "*загальноосвітній рівень предметної компетентності учнів з фізики*" як системна властивість особистості учня, яка виражається в наявності у нього міцних знань з фізики, які відповідають певному ступеню навчання, в умінні застосовувати ці знання для пояснення природних явищ і процесів з позиції розуміння природничо-наукової картини світу, розв’язувати навчальні задачі і завдання практичного змісту, в здатності пов'язувати зміст програмного навчального матеріалу з розвитком технологій" [152, 7].

На думку О.П. Пінчук, одним із критеріїв сформованості компетентності має бути рівень свідомої продуктивної соціально спрямованої ініціативної особистості. Разом з тим, О.П. Пінчук виділяє три компоненти предметної компетентності:

1) мотиваційно-ціннісний компонент (потреба учня в засвоєнні знань, інтерес до предмету);

2) змістово-процесуальний компонент (сукупність спеціальних знань, умінь і навичок учня, які необхідні для досягнення результатів навчальної діяльності з предмету; уміння бачити проблему та вирішувати її в межах певного навчального предмету; здатність учня до самостійного застосування знань в життєвих ситуаціях);

3) рефлексивний компонент (усвідомлення учнем своїх знань, умінь, результатів діяльності, здатність до самоконтролю і самооцінки) [152, 8].

Предметна компетентність забезпечується засобами фізики, її зміст і структура чітко відповідають певним елементам навчального змісту та визначаються на основі державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, які сформульовано в навчальній програмі з фізики для загальноосвітніх навчальних закладів [184], [185]. Предметна компетентність стосується змісту фізики і для її опису використовуються такі ключові поняття: "знає і розуміє", "уміє і застосовує", "виявляє ставлення і оцінює" тощо. "Предметна компетентність як особистісна характеристика учня передбачає реалізацію системи вимог, якими є предметні компетенції:

- пояснювати перебіг фізичних явищ і процесів і з'ясувати їхні закономірності;

- застосовувати основні методи наукового пізнання;

- характеризувати сучасну фізичну картину світу;

- розуміти наукові засади сучасного виробництва, техніки і технологій;

- використовувати набуті знання в повсякденній практичній діяльності;

- оцінювати межі застосування фізичних законів і теорій;

- виявляти ставлення до ролі фізики в розвитку інших природничих наук, техніки і технологій, застосування досягнень фізики для раціонального природокористування та запобігання їх шкідливого впливу на навколишнє природне середовище і організм людини" [185, 1].

Таким чином, для реалізації компетентнісного підходу і формування в учнів основної школи предметної компетентності з фізики ми вбачаємо необхідність:

- задовольнити засобами фізики основні державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів;

- навчити учнів бачити проблему та вирішувати її з використанням знань з фізики, оцінювати свою діяльність та її результати;

- сформувати здатність учня до самостійного застосування знань з фізики в життєвих ситуаціях, здатність до навчання і самонавчання;

- виховати в учнів впевненість в собі і в своїх силах.

Як зазначено в навчальній програмі з фізики, "фізика разом з іншими предметами робить свій внесок у формування ключових компетентностей. Зокрема, науково-природничої компетентності, що є базовою в галузі природознавства. Сприяє розвитку математичної компетентності під час розв'язування розрахункових та графічних задач, інформаційно-комунікаційної, що передбачає уміння використовувати інформаційно-комунікаційні технології, електронні освітні ресурси та відповідні засоби для виконання навчальних проектів, творчих, особистісних і суспільно значущих завдань. Громадянська, загальнокультурна й здоров'язбережувальна компетентності формуються під час вивчення історично-наукового матеріалу, що розкриває процес становлення фізики в Україні як поступову і наполегливу реалізацію ідей видатних представників української фізичної науки. Саме в процесі навчання фізики забезпечується становлення наукового світогляду й відповідного стилю мислення учнів, як основи формування активної життєвої позиції в демократичному суспільстві, орієнтованої на загальнолюдські цінності, дбайливе ставлення до власного здоров'я та здоров'я інших людей, до навколишнього світу" [185, 2].

Отже, можна зробити висновок, що формування предметної компетентності – основа розвитку особистості учнів засобами фізики як навчального предмету, оскільки формування предметної компетентності з фізики впливає на формування наукового світогляду школярів, науково-природничої, математичної, інформаційно-комунікаційної, громадянської, загальнокультурної і здоров'язбережувальної компетентностей. Тому формування предметної компетентності учнів з фізики є актуальною проблемою, особливо в умовах реалізації компетентнісного підходу в освіті, а також переходу на навчання фізики за новими навчальними програмами.

Дуже гостро стоїть питання якості навчання учнів у системі освіти, а також проблема оцінювання рівня компетентності учнів на кожному зі ступенів навчання, що підтверджується результатами останніх вітчизняних та міжнародних моніторингових досліджень (PISA, TIMMES та ін.).

Безпосередньо оцінити компетентність неможливо, тому потрібно оцінювати такі компоненти компетентності, як знання, вміння, навички, які регламентовано державними вимогами до рівня навчальних досягнень учнів і зазначено в навчальній програмі [184], [185], а також вміння їх застосовувати для розв’язування різних типів задач.

Учні часто виявляються не готовими до розв’язання практичних завдань і творчої діяльності, не володіють навичками самостійної навчальної діяльності. Причиною цього є недостатнє використання фізичних задач, які за вимогами компетентнісного підходу повинні бути наближені до реальних умов життєдіяльності людини, спонукати до використання фізичних знань у життєвих ситуаціях.

Доцільність використання задач визначена навчальною програмою, в якій зазначено, що задачі є однією з найважливіших ділянок роботи в системі навчання фізики в школі. Задачі різних типів можна ефективно використовувати на всіх етапах засвоєння фізичного знання: для розвитку інтересу, творчих здібностей і мотивації учнів до навчання фізики, під час постановки проблеми, що потребує розв’язання, у процесі формування нових знань, вироблення практичних умінь учнів, з метою повторення, закріплення, систематизації та узагальнення засвоєного матеріалу, для контролю якості засвоєння навчального матеріалу чи діагностування навчальних досягнень учнів тощо. В умовах особистісно-орієнтованого навчання важливо здійснити відповідний добір фізичних задач, який би враховував пізнавальні можливості й нахили учнів, рівень їх готовності до такої діяльності, розвивав би їхні здібності відповідно до освітніх потреб [185].

Розв'язування задач є невід'ємною складовою частиною навчального процесу, тому що дозволяє формувати і уточнювати фізичні поняття, розвиває фізичне мислення учнів, їх навички застосування знань на практиці. У процесі розв'язування задач формуються працелюбність, допитливість розуму, самостійність у судженнях, виховується інтерес до навчання, загартовується воля і характер, розвиваються вміння аналізувати явища,

узагальнювати відомості про них тощо. Розв'язування задач є способом перевірки і систематизації знань, дає можливість раціонально розширювати, поглиблювати і закріплювати знання, сприяє формуванню світогляду, знайомить з досягненнями науки, техніки тощо.

У методичній літературі під задачами зазвичай розуміють доцільно підібрані вправи, основне призначення яких полягає у вивченні фізичних явищ, формуванні понять, розвитку логічного мислення учнів і прищепленні їм умінь застосовувати свої знання на практиці.

Як зазначали С.Є. Каменецький і В.П. Орєхов, "під поняттям фізична задача в навчальній діяльності звичайно розуміють невелику проблему, яка в загальному випадку розв’язується за допомогою логічних умовисновків, математичних дій та експерименту на основі законів і методів фізики. Загалом на уроках фізики кожне питання, яке виникло у зв’язку з вивченням навчального матеріалу, є для учнів задачею. В широкому розумінні активне цілеспрямоване мислення завжди і є розв’язуванням задач. Розв’язування задач – один із найважливіших засобів розвитку мислення та творчих здібностей учнів" [70, 5]. Велику увагу розв’язуванню задач приділяли С.У. Гончаренко [42], Є.В. Коршак [101], С.М. Пастушенко [150].

Задачі допомагають учням краще зрозуміти навчальний матеріал, а також вчать його застосовувати у практичній діяльності. Фізичні задачі використовуються для створення проблемних ситуацій, пояснення нового матеріалу, формування експериментальних умінь і навичок, перевірки глибини і міцності засвоєння знань, повторення і закріплення матеріалу, розвитку творчих здібностей учнів тощо.

З огляду на все сказане вище потрібно зазначити, що методика навчання має забезпечувати розвиток здатності учнів застосовувати отримані у школі знання і вміння у життєвих ситуаціях, а також створити умови для успішної подальшої навчальної діяльності у галузі фізики. Тому проблема формування предметної компетентності учнів з фізики є важливою та актуальною. У цьому контексті особливої уваги заслуговує питання

формування знань, умінь і навичок учнів як компонентів предметної компетентності у процесі розв’язування фізичних задач, про що свідчать низькі результати складання зовнішнього незалежного оцінювання з фізики випускниками 2015 року – 23,3 % випускників його не склали, тобто отримали кількість балів нижче порогового балу. Крім того, особливої уваги заслуговує графічний метод розв’язування задач, оскільки, як правило, він в учнів викликає труднощі, а без нього повноцінне формування предметної компетентності неможливе. Тому ми ставимо перед собою завдання розробити методику використання графічного методу для розв'язування фізичних задач у процесі компетентнісно зорієнтованого навчання фізики учнів основної школи. Зрозуміло, що сформувати предметну компетентність, лише розв’язуючи задачі графічним методом неможливо, проте оволодіння графічним методом розв’язування фізичних задач є невід'ємною складовою предметної компетентності учнів.

1.2. Значення графічного методу у формуванні предметної компетентності учнів

Важливим чинником в організації навчально-виховного процесу є ознайомлення школярів з основними загальнонауковими методами дослідження. На думку С.У. Гончаренка, навчившись користуватися методами науки, учні не просто пасивно сприймають знання, а самостійно перевіряють їх, переконуючись в істинності цих знань, тобто учні самостійно вчаться здобувати знання [42].

Подальше вдосконалення навчально-виховного процесу в загальноосвітніх навчальних закладах потребує вдумливої роботи над засвоєнням змісту навчальних програм, удосконалення методів навчання, використання в начальному процесі досягнень педагогічної науки. Подальше вдосконалення методів навчання передбачує всебічний розвиток самостійності та ініціативності учнів, ознайомлення їх з методами

дослідження і логікою наукового мислення, закономірностями пізнання. Школа повинна не тільки дати учням теоретичні знання, але й озброїти їх методами дослідження відповідної науки.

При вивченні курсу фізики застосовуються різні методи навчання, які в органічному зв’язку один з одним повинні бути направлені на підготовку учнів до життя, підвищення рівня загальної та політехнічної освіти, на здійснення тісного зв’язку навчання з працею та життям.

Вирішальна роль активізації пізнавальної, творчо-пошукової діяльності, розвитку творчого та креативного мислення учнів належить експериментальному методу навчання, який реалізується у різних видах навчального фізичного експерименту. Навчальний фізичний експеримент як органічна складова методичної системи навчання фізики забезпечує формування в учнів необхідних практичних, дослідницьких умінь і навичок та особистісного досвіду експериментальної діяльності, завдяки яким вони стають спроможними до розв’язання пізнавальних завдань у межах набутих знань. Фізичний експеримент не лише активізує мисленнєву діяльність учнів, що є необхідною передумовою розвитку їх пізнавальної активності, але й викликає стійкий інтерес до досліджуваного явища, сприяє глибшому засвоєнню та усвідомленню фізичних законів, формуванню так званого узагальненого експериментального вміння. Формування такого узагальненого експериментального вміння – процес довготривалий, який вимагає планомірної роботи вчителя й учнів упродовж усього навчання фізики в школі, але основні засади повинні бути закладені ще в основній школі.

Б.Ю. Миргородський, аналізуючи проблеми розвитку шкільного фізичного експерименту, відзначав: "Основу розкриття кількісних сторін у явищах, що вивчаються в школі, становить фізичний експеримент. У зв’язку з цим, особливого значення набувають експерименти, які дають можливість вимірювати, встановлювати кількісні співвідношення між величинами у

вигляді функцій, рівнянь тощо. Такі експерименти – дійовий засіб активізації розумової діяльності учнів на уроках" [124, 12].

Функціональна залежність між фізичними величинами задається трьома способами: 1) табличним; 2) графічним; 3) аналітичним. Графічний метод є найбільш наочним.

Графічний метод дозволяє проводити диференціювання та інтегрування, екстраполяцію та інтерполяцію, визначати екстремум функції, наочно подавати результати сумісних вимірювань та здійснювати пошук оптимального рівняння зв’язку між фізичними величинами, будувати діаграми, епюри, проводити прості математичні обчислення з використанням номограм.

Графічний спосіб подання навчальної інформації має ряд переваг перед іншими. Він сприяє з'ясуванню динаміки явищ та процесів, що складають об’єкт вивчення, дозволяє встановити функціональні залежності між окремими фізичними величинами, що описують конкретні взаємозв’язки і властивості, закони і закономірності цих явищ і процесів, а також відіграє важливу прогностичну функцію у ході виконання досліджень.

Застосування графічного методу при вивченні фізики має плідний вплив на покращення знань учнів, на формування фізичних понять і навичок, на вивчення фізичних залежностей між фізичними величинами і формування експериментальних умінь, а також має велике значення для підготовки учнів до роботи на виробництві, до читання науково-технічної літератури, подальшому самонавчанню.

При вивченні фізики потрібно не тільки показати аналітичне вираження функціональної залежності між величинами, а й показати це графічно, оскільки "графік, – як відмічає Л.І. Рєзніков, – наочно розкриває кількісний "хід" фізичної закономірності у вигляді геометричного образу" [163, 13]. Тільки використовуючи графіки, учні правильно будуть розуміти обернено пропорційну, прямо пропорційну, експоненціальну та інші залежності між фізичними величинами.

Використовуючи графічний метод, можна більш глибоко сформувати в учнів значну кількість фізичних понять. Наприклад, вивчаючи електромагнітні коливання, можна пояснити такі поняття як довжина хвилі, амплітуда коливання, період, резонанс, фаза, зсув фаз можна тільки з допомогою графічного зображення.

Аналізуючи використання графічного методу дослідження явищ і процесів у поєднанні зі шкільним фізичним експериментом, С.П. Величко звертав увагу, що графіки сприяють розвитку наукового стилю мислення школярів і спонукають їх до дослідження явищ і процесів з кількісного боку. У цілій низці лабораторних робіт графік є обов'язковим об'єктом вивчення у ході виконання експериментального дослідження. Користуючись графіками, можна удосконалити процес спостереження і вимірювання, наприклад, у випадку коли експериментальні дані не точно співпадають із заданою кривою. Якщо хід фізичного процесу, який досліджується в лабораторній роботі, невідомий, то графік дає уявлення про нього і дозволяє досить швидко з'ясувати, яка залежність існує між фізичними величинами. Досить важливим є і той момент, що графік дозволяє виконати ряд додаткових розрахунків [29].

В експерименті, коли проводиться пошук порівняно складної залежності, використовують графічне представлення експериментальних даних. Дослідницький експеримент (демонстраційний чи лабораторний) проводять в такому порядку. Спочатку виконують сумісні вимірювання двох і більше неоднорідних величин, між якими треба встановити функціональний зв'язок. Результати таких вимірювань заносять до таблиці – табличний спосіб представлення залежності. Потім за результатами сумісних вимірювань будують графік, який дозволяє наочно представити залежність, і аналізують його [1], [5], [16], [64], [94], [98], [123], [138], [168]. Якщо він не є прямою лінією, то висувають гіпотезу щодо рівняння зв'язку для числових значень величин.

Перевіряють гіпотезу "спрямленням" графіка – будують графік залежності від передбаченої функції аргумента. Діючи так кілька разів, досягають того, щоб графік став прямою лінією [1], [5], [16], [64], [94], [98], [138]. Для відшукання найкращого значення коефіцієнта в прямо пропорційній залежності використовують метод найменших квадратів [172].

Щодо аналітичного подання залежності між величинами потрібно зазначити, що в державних стандартах "розрізняють два типи рівнянь: рівняння для величин, де символи величин позначають їхні значення, та рівняння для числових значень величин. Рівняння для числових значень величин найчастіше є емпіричними формулами, отриманими безпосередньо у фізичному досліді, а їхній вигляд залежить від вибору одиниць. Одиниці всіх величин, використаних у таких рівняннях, мають бути чітко визначені у ньому самому або у контексті" [51, 3].

За ДСТУ 3651.0 – 97 "однорідні фізичні величини можуть бути виражені кількісно, користуючись певною величиною, що її умовно називають одиницею, як добуток цієї одиниці і числа:

$$A = \{A\} \cdot [A],$$

де A – символ величини, $\{A\}$ – числове значення величини A, $[A]$ – одиниця величини A.

Приклади. Однорідні величини: довжина, висота, діаметр, відстань, шлях, довжина хвилі тощо – мають одиницю метр. Якщо довжина хвилі, що відповідає одній з ліній спектру натрію, дорівнює $\lambda = 5{,}896 \cdot 10^{-7}$ м, то λ – символ величини – довжини хвилі; $5{,}896 \cdot 10^{-7}$ – числове значення довжини хвилі, вираженої в метрах; м – позначення одиниці довжини – метра" [51, 3].

У зв'язку із викладеним вище рівнянням для величин є, наприклад, рівняння $\upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t$, а вираз $\{\upsilon_x\} = -4 - 2\{t\}$, де $[\upsilon_x] = \text{м/с}$, а $[t] = \text{с}$, є рівнянням для числових значень величин.

Практично всі графіки, які розглядаються під час вивчення кінематики (і не тільки кінематики), є графічними рівняннями зв'язку між числовими значеннями величин, бо, як правило, в рівнянні для величин є не менше

трьох фізичних величин. Це є суттєвим моментом співставлення аналітичного і графічного способів представлення функціональних залежностей. Аналітичний спосіб є більш загальним.

Разом з тим, зокрема, слід зазначити, що зміна енергії системи, яка в загальному випадку описується аналітичним виразом $\frac{m\upsilon^2}{2} + mgh + \frac{kx^2}{2} = \text{const}$, для кожного окремого випадку є різною. І саме використання графічного методу може відобразити суть та особливості протікання явища, зміни енергії в системі для кожного конкретного випадку.

У методичній літературі рекомендують будувати і просторові графіки, де вказуються залежності між трьома величинами [110], [134], [156]. Зразком є просторові графіки між тиском p, об'ємом V і температурою T під час вивчення газових законів [134]. У посібнику Р. Кубо широко використовують просторові графіки при вивченні термодинаміки [110].

Табличне представлення функціональної залежності має всі аспекти графічного, однак у табличному способі не подана чітко неперервність функції. Для повного опису процесу потрібно складати кілька таблиць, щоб представити третю величину.

Дуже важливим психологічним чинником застосування графічного методу дослідження у шкільному курсі фізики є можливість урахування вікових та індивідуальних особливостей учнів, використання одержаних знань учнів з математики на уроках фізики. Зокрема, на початку вивчення фізики учні сьомого класу вже ознайомлені з буквеними позначеннями, вміють записувати формули, ознайомлені з від'ємними числами і координатною площиною. Вони вміють виконувати дії над цілими і дробовими числами, вимірювати величини, округлювати числа, і знаходити середнє арифметичне значення. У подальшому навчанні математична підготовка учнів доповнюється знаннями про лінійні рівняння та їх системи, вони засвоюють поняття функції та її графічне представлення [159]. Це дає можливість вчителю фізики спиратися на вже сформовані види діяльності.

Програма з математики забезпечує достатню основу для використання графічного методу на уроках фізики, розширюючи уявлення учнів про межі його застосування.

Вивчаючи електричні явища, за допомогою графіків показують залежність опору провідника від довжини при сталій площі поперечного перерізу, залежність опору провідника від його площі поперечного перерізу за сталої довжини, залежність сили струму в провіднику від напруги при сталому опорі тощо. За допомогою графічних ілюстрацій вивчаються такі поняття кінематики як рівномірний рух, нерівномірний рух, рівноприскорений рух; вводяться поняття середньої і миттєвої швидкостей руху тіла.

За допомогою графічного методу представлення залежності між фізичними величинами учні вивчають залежність сили від координати, роботи від часу, зміни кінетичної енергії, потенціальної енергії деформованого тіла та потенціальної енергії піднятого над Землею тіла в замкнених системах, вчаться розв’язувати задачі з термодинаміки, розрізняти ізопроцеси в газах.

Графічні задачі займають важливе місце серед задач у курсі фізики. У навчальній програмі з фізики серед найважливіших питань зазначено "уміння інтерпретувати результати експерименту", серед яких, зокрема, "уміння будувати графіки", та "розв’язування фізичних задач", зокрема, графічним методом [184], [185].

Під графічною задачею розуміють задачу, умова якої задана графічно, задачу, яку можна розв’язати графічним методом, а також задачу, завданням якої є побудова графіка. У своїй дисертаційній роботі А.В. Примаков писав, що графічна задача не обмежується лише побудовою графіка. Це може бути і номограма, і арифметичні дії, виконані на основі даних, одержаних з графіка, і арифметичні дії, виконані графічним способом, і різноманітні графічні побудови [158].

Розв’язання фізичних задач графічним методом є більш раціональним, а часом і єдиним можливим, а використання різновидів графіків дозволяє розширити можливості використання задач дослідницького характеру. Все це сприяє розвитку мислення учнів, осмисленому використанню знань і вмінь під час виконання лабораторних робіт, проведення фізичного експерименту, для задоволення практичних потреб у повсякденному житті та в подальшому вивченні фізики, а значить і підвищенню рівня предметної компетентності учнів.

Важливу роль у процесі формування предметної компетентності відіграє використання діаграм та номограм – різновидів графіків, які набули широкого використання у розв'язуванні фізичних задач графічним методом.

Підкреслюючи різноманіття видів графіків, С.П. Величко зазначав, що графічний спосіб подання інформації у навчальній і практичній діяльності людини охоплює різні графічні зображення, починаючи від діаграм у прямокутній декартовій системі координат і закінчуючи номографією, що здебільшого охоплює зміст курсу математики [30].

У своєму дослідженні графічного методу розв’язування задач А.В. Примаков розглядає різні види графіків, які можуть бути використані для розв’язування фізичних задач графічним методом на різних етапах навчальної діяльності учнів [158]. Саме використання діаграм та номограм, у порівнянні з іншими видами графіків, відкриває широкі можливості для розв’язування фізичних задач дослідницького характеру, опису фізичних явищ та процесів.

При вивченні фізики в середній школі дуже важливим є використання натуральної, образно-опосередкованої, схематичної та символічної наочності. Проте, якщо фізичні явища можна продемонструвати або змоделювати, провівши фізичний експеримент, то зміни енергії під час цих явищ можна лише описати. Функціональну залежність між фізичними величинами можна описати через символічну наочність, задавши її таблично, графічно чи рівнянням зв’язку (аналітично). Аналітичний спосіб задання

функціональної залежності є більш загальним, наприклад, повна механічна енергія замкненої системи, у якій відсутнє тертя, в загальному випадку матиме вигляд: $E = \frac{m\upsilon^2}{2} + mgh + \frac{kx^2}{2}$. Але відповідний графік функціональної залежності можна побудувати лише для конкретного випадку. На графіку можна зобразити зміни кожного виду енергії від координати і роботу сил, що викликали цю зміну, однак графіки безпосередньо не ілюструють причини зміни різних видів енергії та закон збереження енергії. Цю проблему допомагають краще розв'язати енергетичні діаграми, на яких кожен вид енергії для певного етапу подано у вигляді прямокутника з висотою чи шириною, що відповідає значенню енергії у певному масштабі. Діаграми наочніше ілюструють закон збереження енергії, бо безпосередньо показують, що сума всіх видів енергії для кожного етапу залишається сталою [135], [136]. При зміні діаграми одного стану системи на інший можна проілюструвати причини зміни енергії.

За програмою з математики учні ще в шостому класі зображають стовпчасті та кругові діаграми, розв'язують вправи, що передбачають аналіз стовпчастих та кругових діаграм [159]. Одержані на уроках математики знання учні застосовують на уроках географії, зокрема, будують графіки ходу температури за певний період, діаграму хмарності та опадів, аналізують графіки зміни кількості населення, секторні та стовпчикові діаграми особливостей національного складу населення тощо.

З урахуванням міжпредметних зв'язків можна зробити висновок, що використання енергетичних діаграм на уроках фізики не викликатиме в учнів труднощів.

Номографія – розділ математики, в якому вивчаються теорія і методи побудови номограм – графіків, функції яких залежать від кількох змінних. Слово "номографія" має грецьке походження і означає графічне зображення закону. Будь-яка номограма складається з простих елементів: шкал, бінарних полів, сімейств ліній, окремих ліній і точок. Шкали учні зустрічають на

аналогових вимірювальних приладах. Простим прикладом бінарного поля є сітка із паралелей і меридіанів на географічній карті. Поняття сімейства ліній, окремих ліній та точок учні вивчали на уроках геометрії. Все це полегшує процес знайомства учнів з номограмами.

Найбільш поширеними є наступні види номограм: сітчасті, транспарантні, перерахункові, з вирівнюваними точками (рівняння з трьома і більше змінними). Найпростіша транспарантна номограма складається із двох площин – основної площини і прозорого динамічного транспаранта із зображеними на них змінними у вигляді шкал, бінарних полів або сімейств ліній [186].

Методика використання номограм наступна. На шкалах, в полях і сімействах ліній знаходять задані точки або лінії. Далі виконують прості геометричні операції, описані схемою використання, і знаходять значення однієї або декількох шуканих точок на шкалах, в полях чи сімействах ліній, де читають одну або декілька відповідей.

Номограми дозволяють виконати обчислення шляхом простих геометричних операцій і мають широке застосування. Наприклад, номограми використовують для градуювання шкали безміна (рис. 1.1) [142]. Лабораторну роботу "Вимірювання відносної вологості повітря" виконують з використанням номограм [35]. Номограма поперечного масштабу наноситься на окремих металевих лінійках і засобах вимірювальної техніки (наприклад, на транспортирі) і застосовується для вимірювання відстаней на топографічних картах і планах [87].

Для полегшення перетворення одиниць фізичних величин в одиниці СІ можна використати так звані "перерахункові" номограми з логарифмічними шкалами (для забезпечення однієї і тієї ж точності у всьому діапазоні значень), запропоновані Л.Р. Стоцьким. Одну з таких номограм зображено на рис. 1.2: номограма для перетворення одиниць тиску – з міліметрів ртутного стовпчика в кілопаскалі і навпаки [176]. Цей вид номограм допомагає зекономити час, необхідний для перетворення одиниць, що

дозволяє розв’язувати з учнями складні задачі. Зрозуміло, що цей підхід можна реалізувати лише в тому випадку, коли учні вміють перетворювати одиниці фізичних величин.

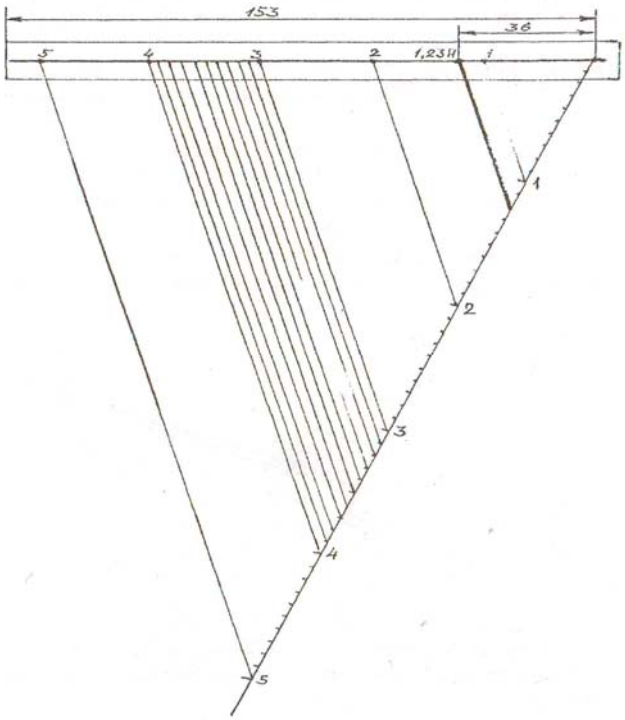


Рис. 1.1

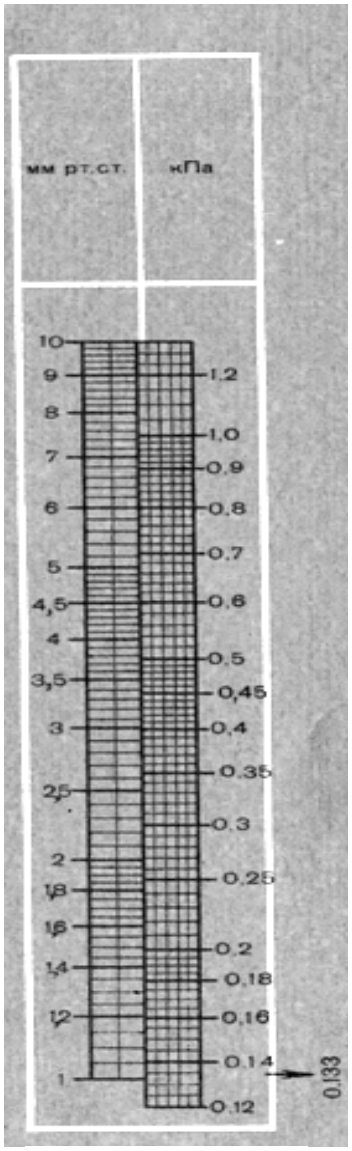


Рис. 1.2

Цінність використання номограм полягає у їх дешевизні, доступності, простоті використання, наочності і швидкості отримання результатів. Так, за допомогою номограм можна виявити вплив одних параметрів на інші, дослідити екстремальні властивості функцій, а також виявити раніше невідомі особливості функціональних залежностей. Ця властивість номограм робить їх корисними у дослідній роботі учнів [186].

Оскільки з поняттям номограм учні не знайомі, тому використання номограм потребує затрат часу для пояснення учням методики роботи з ними. Проте проведений в дослідженні А.В. Примакова педагогічний експеримент показав, що витрати часу компенсуються, учні засвоюють навчальний матеріал, самостійно творчо його модифікують та із задоволенням використовують [158].

Графічна грамотність учнів, пов’язана з умінням використовувати графіки, займає особливе і важливе місце в політехнічному навчанні, в підготовці учнів до роботи на виробництві, в їх професійній підготовці, тому що графічні зображення функціональних залежностей, які лежать в основі різних технологічних установок, споруд і машин, широко розповсюджені. Часто у виробництві використовуються самозаписуючі прилади, які фіксують зміну величини з часом і контролюють виробничі процеси. Наприклад, на електростанції на самозаписувачах ведеться запис різних величин: потужності, напруги, сили струму, температури нагрітої пари, тиску і чистоти пари, використання води, пари і рідкого палива.

За записами приладів можна контролювати різні технологічні процеси, робити висновки щодо роботи агрегатів, перевіряти, чи працює обладнання в заданому режимі, робити важливі висновки про найбільш ефективні умови праці агрегатів і обладнання. Автоматичний запис значень різних фізичних величин ведеться також на стрічках електромеханічних осцилографів або спостерігається на екранах електронних осцилоскопів. Криві, що спостерігаються на їхніх екранах, можуть бути сфотографовані. Самописці використовуються в тепловозах і тролейбусах, де креслиться залежність швидкості від часу.

Графічний метод використовується в медицині. Так, за графіком кардіограми визначають характер роботи серця людини. Будують також графіки температури та тиску з плином часу стаціонарного хворого. Таким чином спостерігають характер зміни цих параметрів і роблять відповідні висновки.

Використання графіків в астрономії дає можливість методом інтерполяції вираховувати проміжні значення величин.

Графічний метод покладений в основу психологічних досліджень (вплив різних факторів на виробництві на працездатність людини). Наприклад, графічно зображується залежність часу отримання і переробки

інформації людиною від її кількості, зміна правильності дій оператора в процесі тренування, вплив шуму на концентрацію уваги.

Широко використовується графічний метод в картографії. Графічний аналіз карт зводиться до побудови за ними різного роду профілів, розрізів, графіків, епюр, діаграм і блок-діаграм. Основне призначення цієї групи прийомів – дати наочне дво- або тривимірне зображення явищ. Графіки будують частіше для виявлення залежності між параметрами явищ. При вивченні різночасових карт часто звертаються до побудови графіків, які показують динаміку розвитку явищ і процесів. Особливим видом графіка є епюра, що відображає різні просторові проекції та перетворення властивостей явища. Блок-діаграми є одним із графічних прийомів загального вивчення карт різного змісту. Завдяки своїй наочності та тривимірності, вони допомагають краще уявити взаємозв'язки між явищами, провести вимірювання та порівняння.

Навчання читати учнів різні графіки, яке безпосередньо пов'язане з курсом фізики, сприяє підготовці учнів до користування самописними приладами на виробництві та в наукових лабораторіях. Якщо учень уміє користуватися графіками, розуміє запис зміни фізичних величин, проведену самописцем, він безпомилково зуміє визначити ціну поділки шкали засобу вимірювальної техніки, зняти його покази з необхідною точністю, провести запис своїх спостережень і вимірювань в таблицю, а потім при необхідності виконати графічну інтерпретацію [163].

Графічний метод ще цікавий учням основної школи, на відміну від учнів старшої школи, як експрес метод визначення якоїсь фізичної величини, оскільки метод візуалізований, це сприяє підвищенню пізнавального інтересу учнів. Крім того, діяльність людини пов'язана із графіками руху транспорту, роботи лікаря чи організації тощо, тому ознайомлення учнів з графічним методом має важливе значення не лише політехнічне значення, а й впливає на формування загальнокультурної компетентності учнів.

Важливість ознайомлення учнів із графічним методом випливає також із психологічного аналізу навчального процесу. У ході широкого застосування графічного методу залучається не лише мислення, пам'ять учнів, а й зір і моторика, формуються і розвиваються навички охайного і швидкого виконання креслення, користування креслярським інструментом тощо. Графічні вправи, які замінюють різні обчислення, потребують меншого логічного напруження, аніж саме обчислення. Тому з метою чергування на уроці різноманітних за логічною складністю форм активної діяльності учнів, графічний метод слід використовувати досить широко.

Використання графічного методу на уроках фізики дає можливість учням більш осмислено використовувати графіки на уроках інших предметів (математики, астрономії, географії, трудового навчання, креслення тощо).

Таким чином, у навчально-виховному процесі з фізики графічний метод може бути використаний:

- для розкриття і розуміння суті залежностей між фізичними величинами , що описують об'єкт вивчення;

- як засіб ілюстрації функціональних залежностей, що встановлюються, вивчаються чи перевіряються, та усвідомлення характеру залежності;

- з метою екстраполяції одержаних результатів, спрощення окремих розрахунків та обчислень;

- з метою активізації пізнавальної діяльності учнів у навчально-виховному процесі;

- для узагальнення і систематизації кола питань, що підпорядковуються певним законам і закономірностям.

Все вищезазначене свідчить про те, що графічний метод має широкий спектр застосування в навчальному процесі, має вагомий потенціал в плані політехнічної освіти і професійної орієнтації школярів, має загальнокультурне значення, допомагає забезпечити виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів та підвищити інтерес учнів до навчання. Тому оволодіння графічним методом розв'язування

фізичних задач є невід'ємною складовою формування предметної компетентності учнів з фізики.

1.3. Аналіз сучасного стану використання графічного методу в навчанні фізики в загальноосвітніх навчальних закладах

На сьогодні є значна кількість посібників, статей, публікацій, присвячених графічному методу у навчанні і викладанні фізики, а також для розв’язування фізичних задач [2], [3], [4], [6], [11], [12], [13], [22], [29], [47], [50], [58], [92], [93], [116], [117], [119], [123], [126], [129], [132] [63]. Використанню графічного методу присвячені також дисертаційні роботи [158], [170].

Найбільш повно графічний метод у викладанні фізики описав Л.І. Рєзніков, який у своїй книзі обґрунтував загальноосвітнє і політехнічне значення графічного методу в шкільному курсі фізики, роль графіків у формуванні фізичних понять, техніку побудови і читання графіків, навів значну кількість графічних задач і вправ з усього курсу фізики [163].

Оригінальні методи розв'язування фізичних задач пропонує А.І. Шапіро, присвячуючи окремий розділ розв’язуванню задач графічним методом. У посібнику розглянуто метод динамічних малюнків, номограм, векторних діаграм, епюр. Задачі підвищеної складності можуть бути запропоновані учням фізико-математичних класів, на фізичних гуртках тощо [192].

Застосуванню графічного методу до розв’язування задач присвячена значна кількість журнальних публікацій. Зокрема, Б.А. Мукушев розглядає графічні задачі на механічні і електричні коливання. Ці задачі дають можливість глибше зрозуміти суть законів коливних процесів і функціональних залежностей між фізичними величинами [129]. А.В. Тимонін подає приклади використання графіків для складання і розв’язування експериментальних фізичних задач з тем: механічний рух, густина речовини,

тиск рідин, робота, теплові та електричні явища. Автор показує, що оскільки учням вже відомі математичні алгоритми, школярі знають пряму і обернену пропорційність і відповідно їм графіки, то використання таких задач не тільки доцільне, а й необхідне [178].

У шкільних підручниках з фізики практично відсутні приклади розв'язку графічних задач і мало вправ для самостійного розв'язування учнями за допомогою графічного методу. Цю проблему зазначав у своїй дисертаційній роботі А.В. Примаков ще у 1997 році [158] і, на жаль, наразі мало що змінилося.

Аналіз підручників з фізики показав, що обов'язковим є використання графіків в кінематиці (рис. 1.3 – 1.7), зокрема, всі автори розглядають графіки руху тіла, швидкості руху тіла [10], [18], [43], [74], [99], [103], [105], [160], [173], [175], проте графічні задачі добре представлені лише в декількох підручниках [10], [43], [74], [103], [105]. Окремо слід відзначити підручники, в яких розглянуто метод графічного інтегрування для визначення пройденого тілом шляху як площі фігури, обмеженої графіком швидкості руху тіла від часу (рис. 1.8, 1.9) [10], [18], [43], [74], [173].

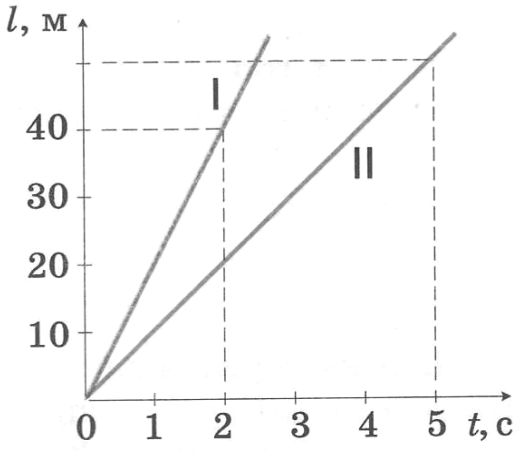


Рис. 1.3

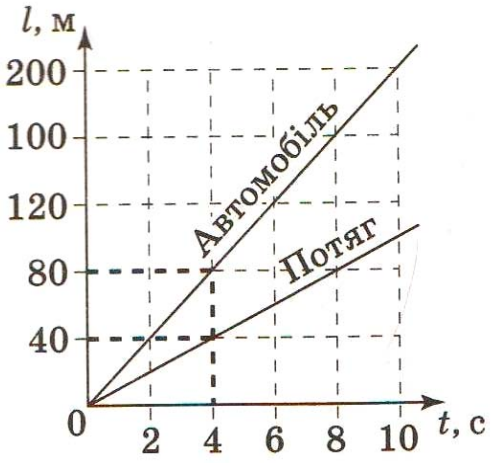


Рис. 1.4

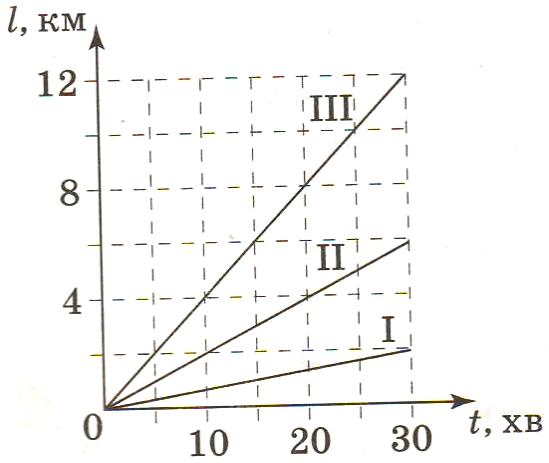


Рис. 1.5

Поняття середньої швидкості нерівномірного прямолінійного руху також пояснюється з використанням графічного методу. Наприклад, в статті О.Бельдяги [12] показано знаходження середньої швидкості руху для нерівномірного прямолінійного руху за графіками рівнянь для числових значень величин $\upsilon_x(t)$ та $s_x(t)$. Для визначення середньої швидкості руху замінюють нерівномірний рух рівномірним на даній ділянці траєкторії (рис. 1.10).

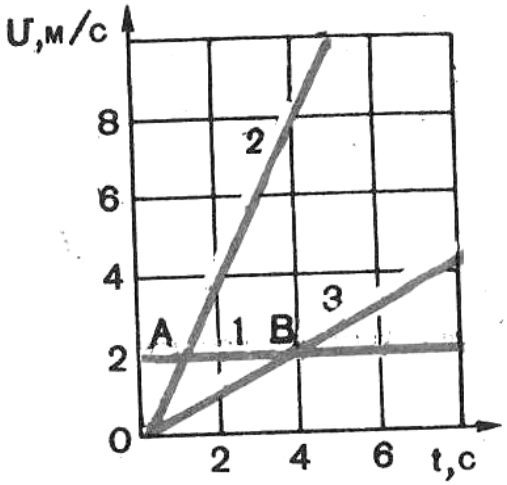


Рис. 1.6

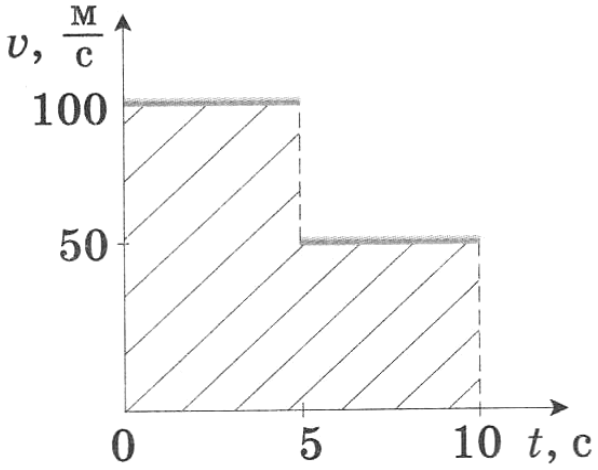


Рис. 1.7

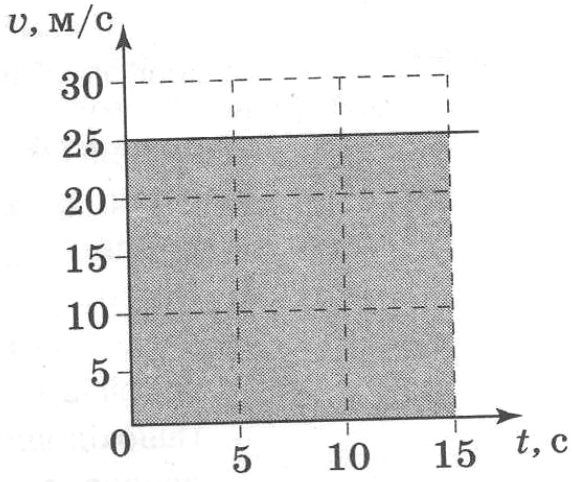


Рис. 1.8

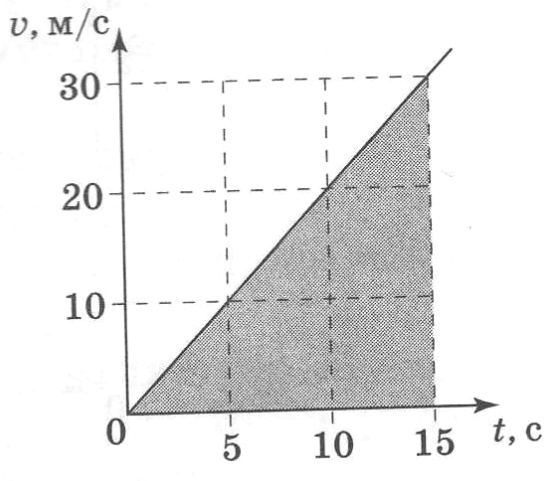


Рис. 1.9

У дидактичних матеріалах [135] пропонуються графічні завдання знаходження середньої швидкості нерівномірних рухів, що удосконалюють

поняття середньої величини. В посібнику для одного "сюжету" у завданні пропонується досить повна система вправ для аналізу рухів, однак і вона потребує доповнення для більш детального аналізу графіків учнями.

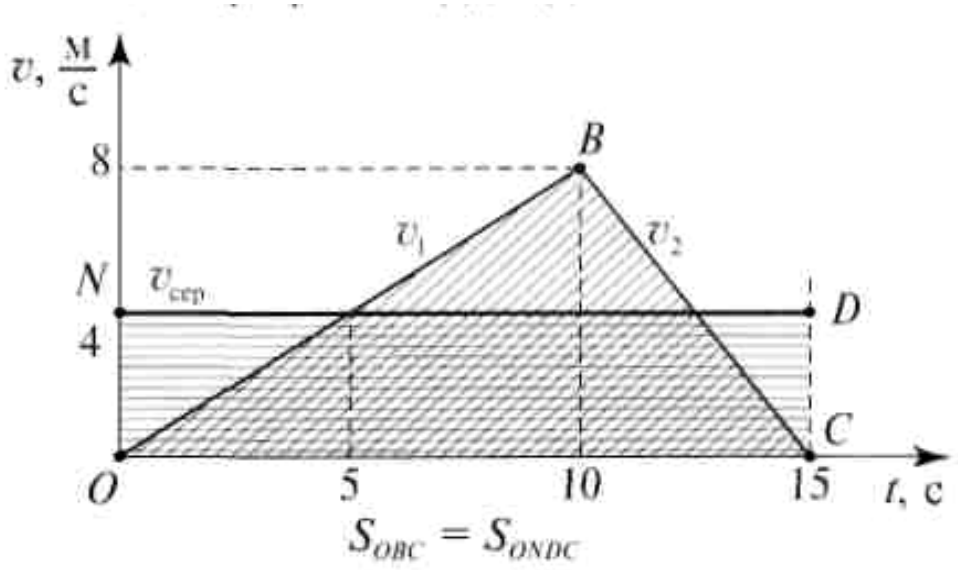


Рис. 1.10

У подальшому вивченні механіки графіки використовуються при розгляді коливальних рухів (рис. 1.11) [43], [74], таких понять як імпульс, робота, потужність (рис.1.12 – 1.14), для демонстрації залежності сили пружності від деформації (рис. 1.15) [10], [103], [105], прискорення вільного падіння від відстані тіла до поверхні Землі (рис. 1.16), для опису особливостей сили тертя спокою (рис. 1.17) [10], [43].

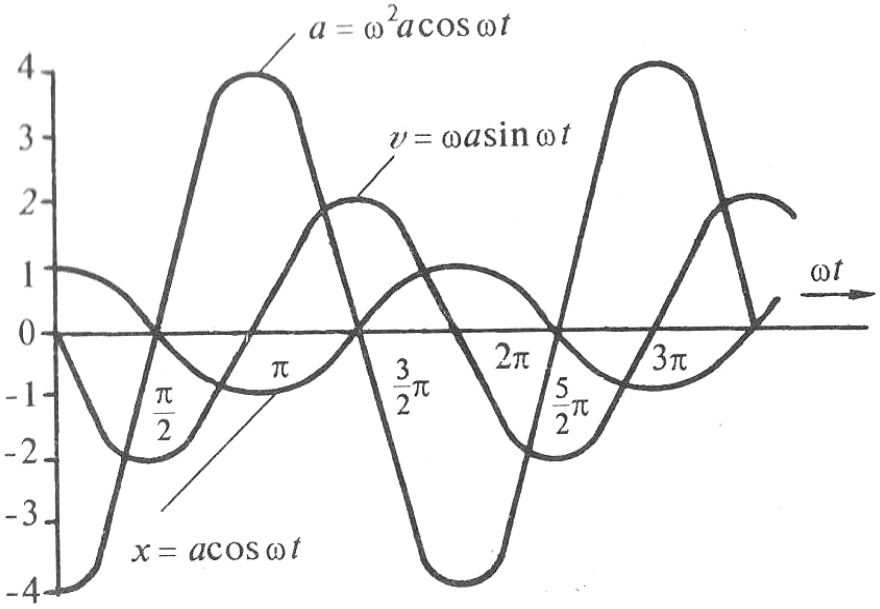
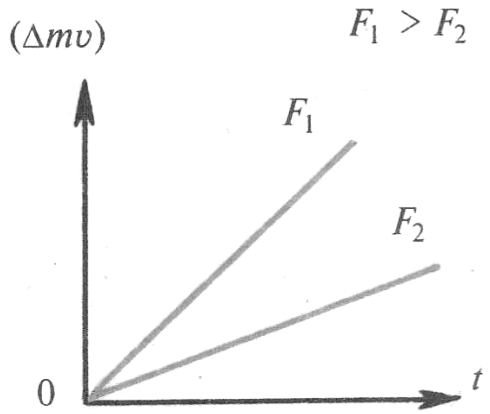
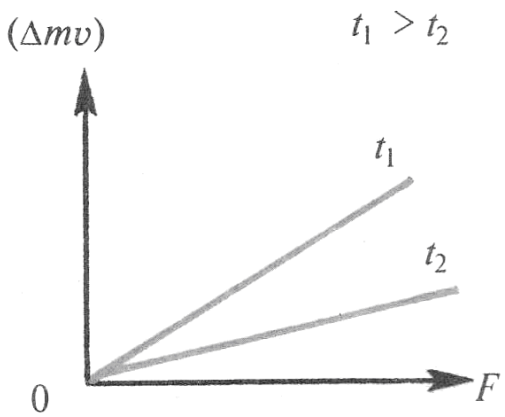


Рис. 1.11



Зміна імпульсу тіла залежить від сили і пропорційна часу дії сили

Рис. 1.12



Зміна імпульсу тіла залежить від часу і пропорційна силі

Рис. 1.13

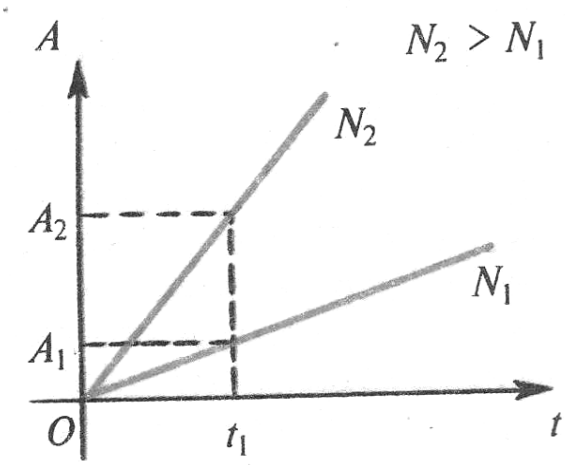


Рис. 1.14

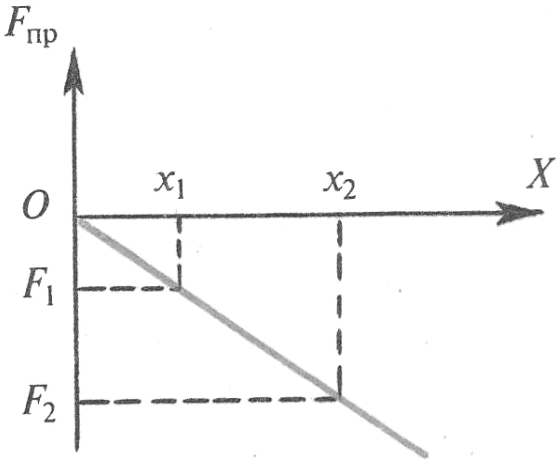


Рис. 1.15

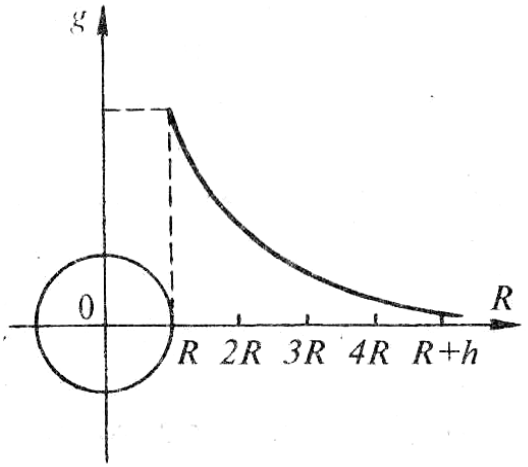


Рис. 1.16



Рис. 1.17

Слід зазначити, що графіки використовуються найбільше саме під час вивчення механіки, дещо менше під час вивчення теплових явищ (рис. 1.18 – 1.21) [18], [100], [105], [160], [161], [173]. Графічні задачі з теплоти представлені мало [18], [161], [173], запропоновані лише з прикладом розв'язування, без задач для самостійного розв'язання [160] або взагалі не представлені [100], [105].

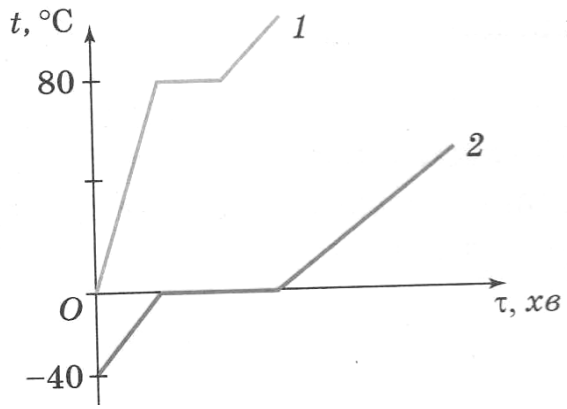


Рис. 1.18

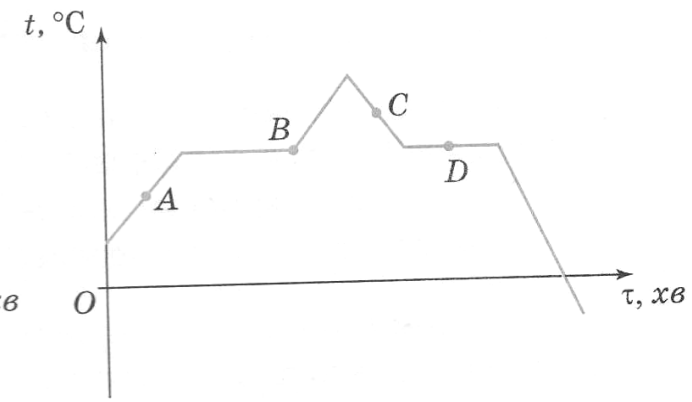


Рис. 1.19

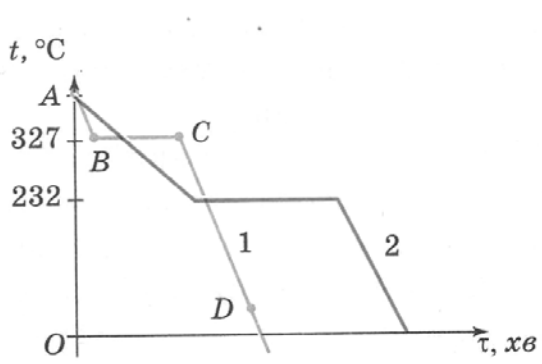


Рис. 1.20

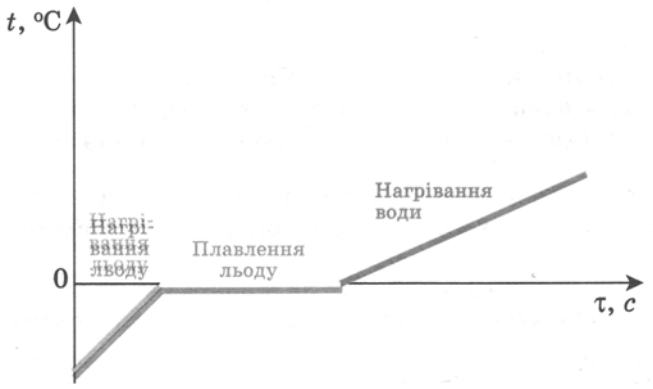


Рис. 1.21

Задачу на економію електроенергії в побуті на прикладі приготування першої страви на плитці з п'ятипозиційним регулятором потужності з використанням графіка залежності потужності електроплитки від часу для кожного етапу приготування страви запропонував О.О. Чінчой [191]. Зміст задачі наближений до реальних умов життєдіяльності людини, однак сама

задача потребує розширення і деталізації системи запитань для більш детального аналізу графіка.

Оскільки в програмі вказано на обов’язкове використання графіків лише під час вивчення механічних і теплових явищ, то при вивченні інших розділів графіки можна зустріти рідко, графічні задачі є лише в декількох підручниках у невеликій кількості [19], [106], [161], [196].

Зокрема, під час вивчення електричних явищ графіки використовуються для ілюстрації залежності сили струму від напруги (рис. 1.22) та від електричного опору (рис. 1.23), електричного опору від температури для металів (рис. 1.24) і напівпровідників (рис. 1.25) [19], [100], [106], [161], [174], [196], а також представлена номограма для визначення опору довільної кількості паралельно з’єднаних провідників (рис. 1.26) з прикладом розв’язання задачі, але без задач для самостійного розв'язку [100], [106].

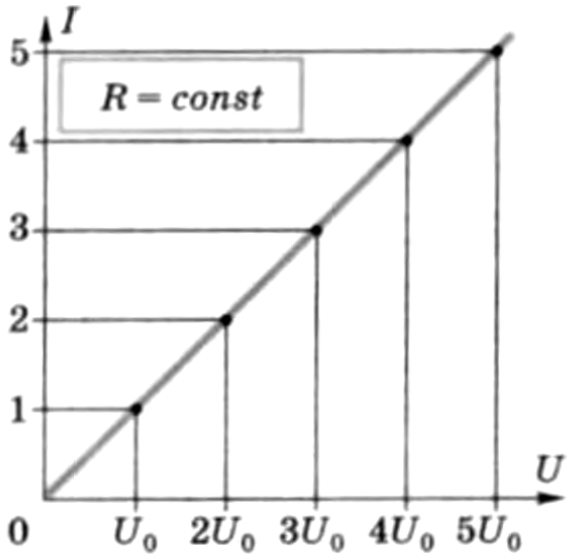


Рис. 1.22

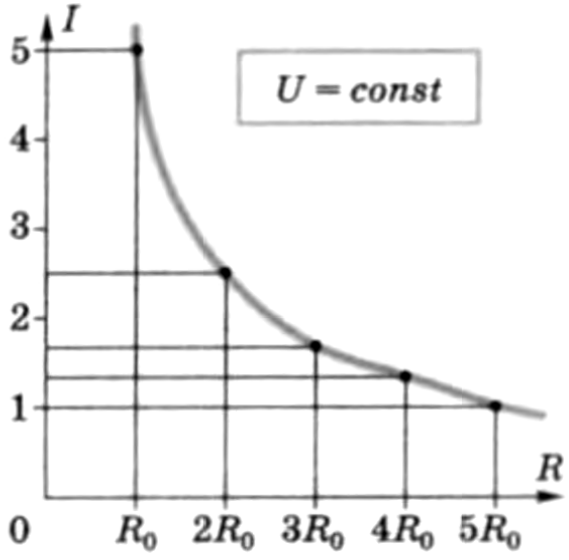


Рис. 1.23

Під час вивчення світлових явищ графіки не використовуються взагалі, графічні задачі полягають лише у побудові зображення в тонкій лінзі, хоча А.В. Примаков розглядає побудову таких креслень як окремий вид графічних задач [158].

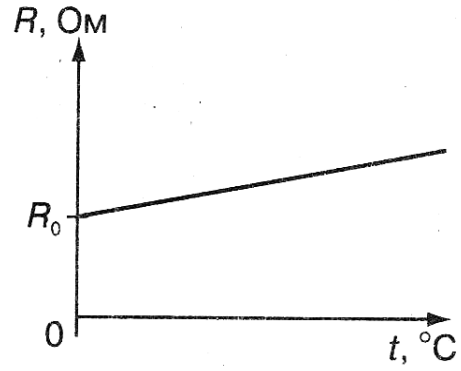


Рис. 1.24

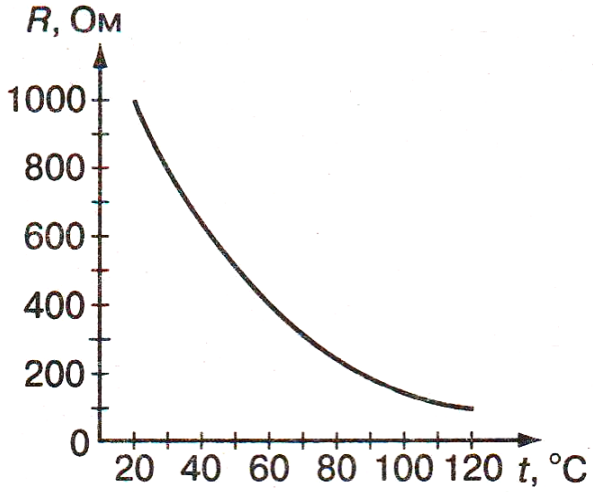


Рис. 1.25

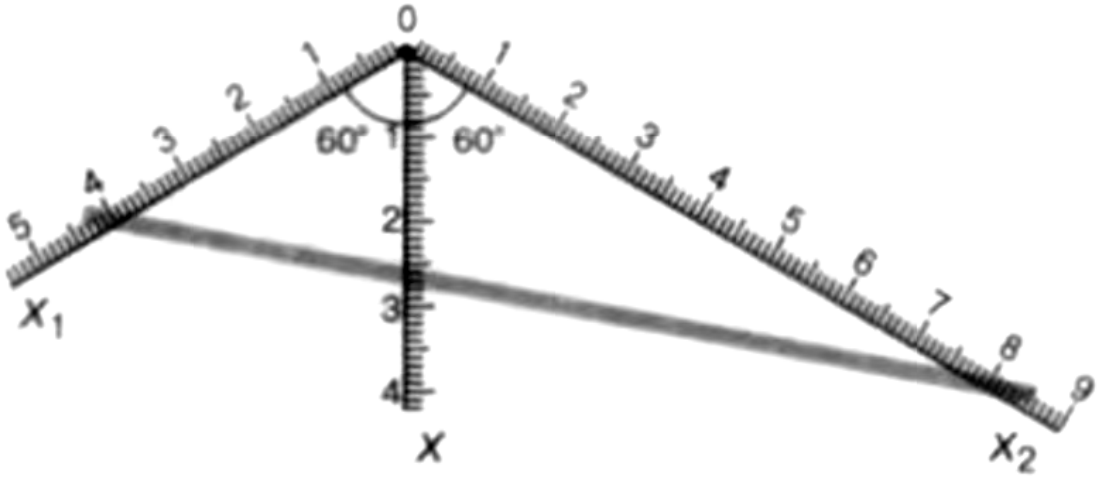


Рис. 1.26

У збірниках задач графічні задачі також представлені мало. Невелика їх кількість з механіки, теплоти, електрики є в сучасних збірниках задач [71], [130], [131]. У збірнику задач А.П. Римкевича графічних задач майже немає, незначна їх кількість є лише в темах розділу "Кінематика" та "Газові закони" [164].

Найбільше графічних задач у збірниках Н.І. Гольдфарба [41] та С.У. Гончаренка [42], а Ю.В. Гофман зазначав, що "графічне розв’язання задач не використовується, оскільки воно, дозволяючи іноді досягти якісної ясності, часто залишає відчуття незадоволеності: з одного боку, у зв’язку з

властивій графікам неточності, а з іншого – у зв’язку з розчаруванням, породженим невмінням або неможливістю розв’язати задачу аналітично" [45, с. 3]. Враховуючи вищесказане, не варто забувати, що розв'язання ряду фізичних задач графічним методом є більш раціональним, а часом і єдиним.

У дисертаційній роботі "Графічний метод розв’язування фізичних задач" А.В. Примаков розглянув різні види графічних задач та описав методичні рекомендації щодо впровадження графічного методу розв’язування фізичних задач в навчальний процес. Було розглянуто такі види графічних задач: якісні, обчислювальні, на побудову графіків, на геометричну побудову, на екстремум, на "метод площ", на "метод графічних оцінок", експериментальні, на застосування номограм, на метод векторів та векторних діаграм, на метод розгорток, на метод епюр, на метод динамічних малюнків, на метод дзеркальних відображень [158]. Слід зазначити, що серед різновидів графічного методу не описано використання енергетичних діаграм та динамічних транспарантів, недостатньо розроблена методика з використання номограм для розв’язування фізичних задач, немає розподілу методичних рекомендацій щодо застосування графічного методу в основній і старшій школі, оскільки існують методи, які з ряду причин не можна застосувати у процесі вивчення фізики в основній школі.

Аналіз наукової та методичної літератури показав, що найкращу інформативність мають графіки, які представляють експериментальні дані сумісних вимірювань. За такими графіками проводиться пошук рівняння для числових значень величин, а, отже, встановлюється функціональна залежність між фізичними величинами. Такий графік вказано у підручнику [19, 186], наприклад, для активності радію (рис. 1.27).

Досить високу інформативність мають графіки, в яких на осях відкладаються не тільки числові значення, а відношення величин, умовні значення величин чи значення величини задається через кількість умовно прийнятого значення, яке позначається через x_0 чи x_1. Такі графіки ми

називатимемо напівкількісними. Наприклад, у підручнику В.Д. Сиротюка графік залежності активності радіонукліда від часу подано напівкількісним (рис. 1.28) [174, 160].

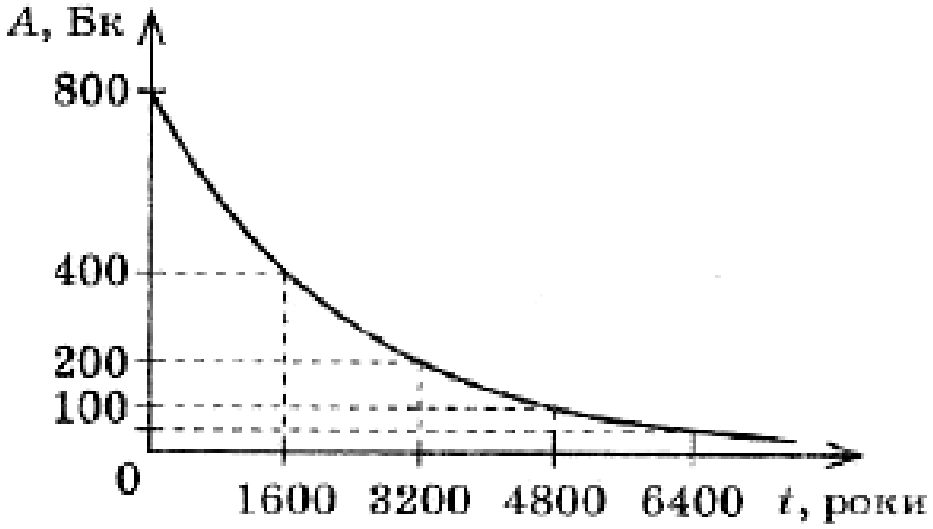


Рис. 1.27

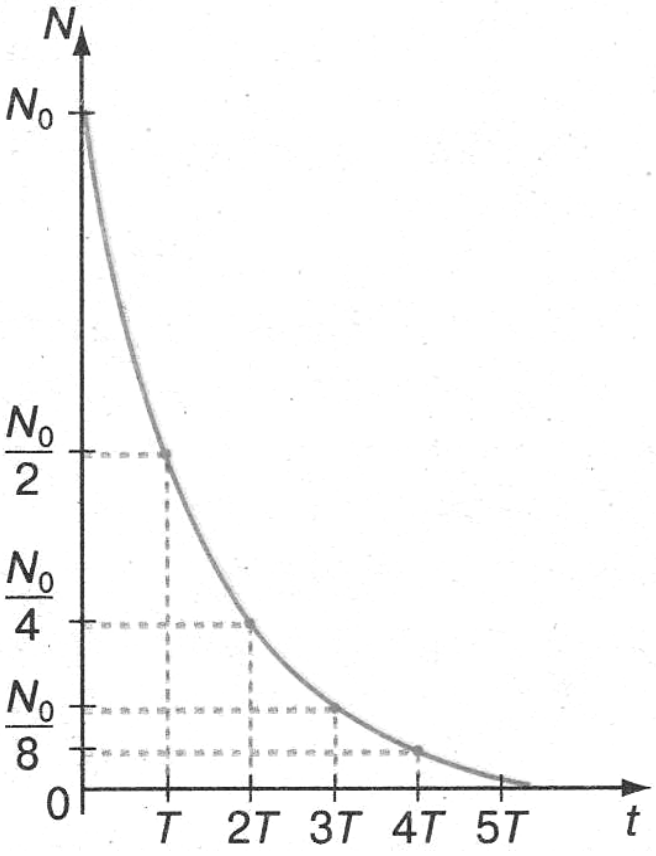


Рис. 1.28

Загалом, аналізуючи використання графіків у підручниках з фізики, можна відмітити наступне:

- як правило, графіки використовуються для наочного представлення функціональної залежності між величинами, яка перед цим була подана учням аналітично. У таких випадках будують схематичні графіки;

- досить високу інформативність мають напівкількісні графіки;

- коли потрібно побудувати кількісний графік, то за аналітичною залежністю з відомими незмінними (сталими) параметрами створюють таблицю значень для двох величин і вже за такою таблицею малюють графік;

- за кількісним графіком можна подати залежність від третьої величини;

- під час виведення функціональної залежності між фізичними величинами з використанням графічного методу реалізується проблемний виклад матеріалу: за результатами сумісних вимірювань будують графіки залежностей між величинами, за якими встановлюють рівняння зв’язку між фізичними величинами та роблять відповідні висновки.

Хоча в науково-методичній літературі широко описано використання графічного методу в навчанні фізики, проте на сьогодні залишаються актуальними наступні питання:

- не приділено достатньо уваги використанню графічного методу під час вивчення фізики в основній школі в рамках компетентнісного підходу;

- відсутні роботи з узагальнення методичних рекомендацій про використання графічного методу для розв’язування задач в основній школі;

- не описано використання енергетичних діаграм;

- недостатньо розроблена методика з використання номограм та динамічних транспарантів для розв’язування фізичних задач;

- у збірниках задач графічні задачі складають малий відсоток від загальної кількості запропонованих, при чому їх переважна більшість з механіки.

Отже, аналіз сучасного стану використання графічного методу в навчанні фізики в основній школі показав необхідність:

- розробки методики розв’язування фізичних задач графічним методом саме на рівні основної школи з метою формування компетентності учнів;

- встановлення елементів графічного методу, вивчення яких задовольнить виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів;

- узагальнення методичних рекомендацій про використання графічного методу для розв’язування задач в основній школі;

- розширення використання номограм та діаграм, динамічних транспарантів, методу графічного інтегрування для розв’язування задач.

Висновки до розділу 1

На основі теоретичного і методичного аналізу законодавчих документів про освіту, навчальної та методичної літератури встановлено:

1. Предметна компетентність учня з фізики на рівні основної школи – це його особистісна якість, готовність впевнено, самостійно і відповідально застосовувати засвоєні теоретичні знання з фізики в різних сферах життєдіяльності, успішно продовжувати вивчення фізики.

2. Предметна компетентність забезпечується засобами фізики, її зміст і структура визначаються на основі державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів. Безпосередньо оцінити компетентність неможливо, тому потрібно оцінювати компоненти компетентності: знання, вміння, навички та здатність їх застосовувати для розв’язування фізичних задач на різних етапах навчальної діяльності учнів.

3. Оволодіння графічним методом розв'язування фізичних задач є невід'ємною складовою формування предметної компетентності учнів з фізики. У навчально-виховному процесі з фізики графічний метод може бути використаний: як засіб ілюстрації, розкриття і розуміння суті та усвідомлення характеру функціональних залежностей між фізичними величинами, що встановлюються, вивчаються чи перевіряються; з метою екстраполяції одержаних результатів, спрощення окремих розрахунків; з метою активізації пізнавальної діяльності учнів; для узагальнення і систематизації знань.

4. Використання графічного методу не реалізовано в повній мірі в основній школі і вимагає: встановлення елементів графічного методу, вивчення яких задовольнить виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, що сприятиме формуванню компетентності учнів; розробки методичних рекомендацій до розв’язування фізичних задач графічним методом на рівні основної школи на основі узагальнення існуючих методичних рекомендацій та розширення використання номограм, діаграм, динамічних транспарантів, методу графічного інтегрування для розв’язування фізичних задач.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ

2.1. Зміст елементів графічного методу в контексті забезпечення державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів

Предметна компетентність забезпечується засобами фізики, її зміст і структура чітко відповідають певним елементам навчального змісту, які визначаються на основі державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, для її опису використовуються такі ключові поняття: "знає і розуміє", "уміє і застосовує", "виявляє ставлення і оцінює" тощо. Відповідно до цього встановлено елементи графічного методу, що забезпечують виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, які чітко регламентовано навчальною програмою з фізики для основної школи [184]. Під елементом графічного методу ми розуміємо можливі випадки використання графіків для забезпечення виконання вимог навчальної програми. Тобто в результаті використання відповідного елементу графічного методу в навчальному процесі з фізики рівень загальноосвітньої підготовки учнів задовольнить державні вимоги, зазначені у навчальній програмі. Результати проведеного аналізу подано в табл. 2.1.

Такі елементи графічного методу, як дослідження функції на екстремуми та монотонність, графічна інтерполяція та екстраполяція не знайшли застосування до розв'язування задач під час вивчення фізики в основній школі. Використання елементів графічного методу, які подано в табл. 2.1, не лише можливе, а й необхідне на різних етапах навчальної діяльності учнів: для створення проблемних ситуацій, пояснення нового матеріалу, формування експериментальних умінь і навичок, перевірки глибини і міцності засвоєння знань, систематизації і узагальнення матеріалу,

розвитку творчих здібностей учнів і може бути відображене у вигляді фізичних задач.

Таблиця 2.1

Елементи графічного методу відповідно до навчальної програми з фізики

№ з/п	**Елементи графічного методу**	**Державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів**
1	2	3
1.	Графічний метод як спосіб задання функціональної залежності	Уміє представляти результати вимірювання у вигляді таблиць і графіків; будувати графіки залежності швидкості руху тіла від часу, пройденого шляху від часу для рівномірного прямолінійного руху; аналізувати графіки руху тіл і визначати за ними його параметри; називає способи вимірювання температури.
2.	Виведення функціональної залежності	Записує формули кількості теплоти, що йде на нагрівання, теплоти згоряння палива, ККД нагрівника, теплоти плавлення, теплоти пароутворення, рівняння теплового балансу.
3.	Поєднання формули з графіком при формуванні фізичних понять, наочне представлення залежності між фізичними величинами	Записує формули пройденого шляху, швидкості рівномірного прямолінійного руху, середньої швидкості, закон Гука, залежність сили пружності від деформації; може описати плавлення і кристалізацію твердих тіл, випаровування і конденсацію рідин, кипіння; може аналізувати графіки теплових процесів, зокрема під час плавлення твердого тіла; формулює закон Ома для ділянки кола, записує формулу залежності опору провідника від його довжини, площі поперечного перерізу.
4.	Графічне диференціювання та інтегрування	Уміє визначати пройдений тілом шлях, швидкість руху.
5.	Використання діаграм для ілюстрації етапів явища	Називає види механічної енергії; наводить приклади перетворення

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
		одного виду механічної енергії в інший; формулює закон збереження механічної енергії;може описати перетворення кінетичної енергії в потенціальну і навпаки; здатний спостерігати перетворення енергії в механічних процесах; може розв'язувати задачі, застосовуючи закон збереження механічної енергії; може описати плавлення і кристалізацію твердих тіл, випаровування і конденсацію рідин, кипіння; перетворення енергії в теплових процесах, тепловий баланс як наслідок закону збереження енергії в теплових процесах; принцип дії теплових машин.
6.	Використання номограм для обчислень	Може робити розрахунки простих електричних кіл, може розв'язувати задачі, застосовуючи формулу тонкої лінзи, рівняння теплового балансу, формулу активності радіонукліда.
7.	Використання динамічних транспарантів для постановки і розв'язування графічних задач	Може розв'язувати задачі, застосовуючи рівняння теплового балансу.
8.	Побудова графіків за результатами сумісних вимірювань	Уміє застосовувати набуті знання у процесі виконання лабораторних робіт.

Розгляд зазначених питань доцільно проводити з використанням графічного методу. Слід зазначити, що найбільш повно розкрити графічний метод як метод наукового пізнання можна лише поєднуючи використання графічного методу для розкриття і розуміння суті залежностей між фізичними величинами, що описують об'єкт вивчення, при встановленні

функціональних залежностей між фізичними величинами, виконанні лабораторних робіт, дослідженні явищ і процесів у поєднанні з шкільним фізичним експериментом, для розв'язування задач, систематизації та узагальненні знань учнів тощо. Графічні задачі різних типів можна ефективно використовувати на всіх етапах засвоєння фізичного знання: у процесі формування нових знань, вироблення практичних умінь, повторення, закріплення, систематизації та узагальнення засвоєного матеріалу тощо.

Доцільність використання задач визначена навчальною програмою, в якій зазначено, що задачі є однією з найважливіших ділянок роботи в системі навчання фізики в школі. В умовах особистісно-орієнтованого навчання важливо здійснити відповідний добір фізичних задач, який би враховував пізнавальні можливості й нахили учнів, рівень їх готовності до такої діяльності, розвивав би їхні здібності відповідно до освітніх потреб. За вимогами компетентнісного підходу задачі повинні бути наближені до реальних умов життєдіяльності людини, спонукати до використання фізичних знань у життєвих ситуаціях.

Отже, за умови відповідного підбору задач вивчення елементів графічного методу (табл. 2.1) дозволить не лише задовольнити потребу в оволодінні учнями графічним методом, а й під час розв'язування фізичних задач на різних етапах навчальної діяльності учнів дозволить врахувати пізнавальні можливості і рівень математичної підготовки учнів, а також розвивати їхні здібності відповідно до потреб компетентнісного підходу в освіті.

2.2. Окремі особливості подання графічних залежностей між фізичними величинами в кінематиці

При вивченні рівномірного руху та нерівномірного, який складається з кількох рівномірних, учні помітили, що на графіках залежності швидкості руху тіла від часу швидкість змінюється миттєво (рис. 2.1) або

стрибкоподібно (рис. 2.2). Учні аналізують ці графіки так: на рис. 2.1 у момент часу 2 хв швидкість руху тіла змінюється миттєво, набуваючи значень від 10 до 20 м/с; на рис. 2.2 в момент часу 4 год швидкість руху тіл також змінюється миттєво і стрибкоподібно, при чому в цей момент часу тіла мають по два значення швидкості руху 60 і 40 км/год та 0 і 30 км/год. Знаючи, що в реальності швидкість змінюється поступово і не може змінитись миттєво, учні задають питання, як правильно будувати такі графіки? Чи можуть бути на графіках розриви та злами?

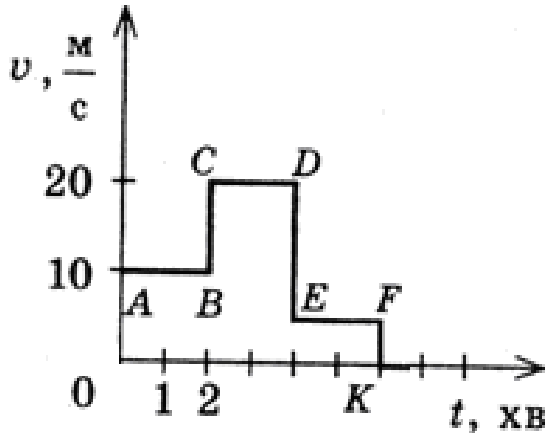


Рис. 2.1

Для того, щоб дати відповідь на поставлені учнями запитання, вчитель повинен розуміти їх з математичної та фізичної точки зору. Проаналізуємо рис. 2.1. З точки зору математики графік може бути будь-яким. При певних значеннях часу функція $\upsilon(t)$ стає багатозначною, тоді як у реальності кожному моменту часу відповідає єдине значення швидкості. З точки зору фізики на рис. 2.1 кожна вертикальна ділянка графіка відповідає рівнозмінному руху з нескінченним додатнім або від'ємним прискоренням і певному моменту часу відповідає множина значень швидкості, що суперечить реальності. Графік може бути таким, коли взаємодія відбувається за кілька хвилин, тобто швидкість змінюється за короткий інтервал часу. З графіком, що на рис. 2.1 можна було б погодитись, якби час був у годинах.

Графік на рис. 2.2 може приймати вигляд, зображений на рис. 2.3, для усунення двозначності функції. В цьому випадку будуть мати місце "виколоті" точки, що допустимо з точки зору математики, але суперечить

фізиці, оскільки в цій ситуації швидкість зростає миттєво з нескінченно великим прискоренням, що неможливо. Проте якщо на графіку, що на рис. 2.2, пунктирні лінії з'єднати суцільними, як це зображено на рис. 2.1, то графік мав би місце, оскільки час подано в годинах, а зміна швидкості відбувається за кілька хвилин, що не суперечить реальності.

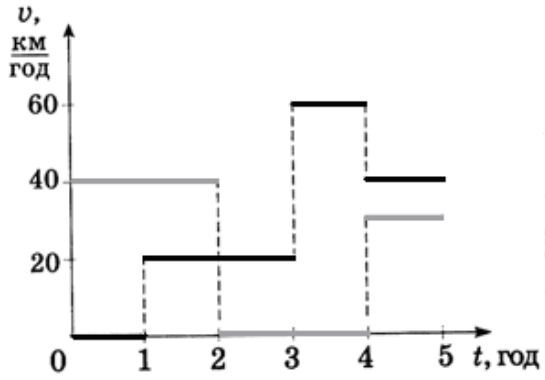


Рис. 2.2

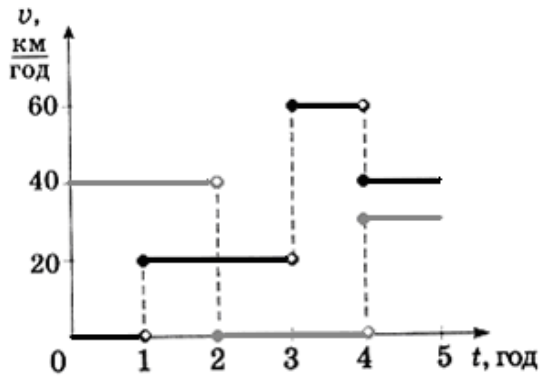


Рис. 2.3

Фактично, якщо на графіку час подано в годинах, то вертикальним лініям на графіку відповідає короткий інтервал часу в кілька хвилин, за який і відбувається зміна швидкості. Таким чином, ми приходимо до висновку, що розривів на графіках бути не повинно, оскільки це суперечить фізичним поняттям. Вертикальні лінії слід будувати лише якщо зміні швидкості відповідає короткий інтервал часу у кілька хвилин, недопустимо, щоб швидкість змінювалася миттєво.

Одним із простих випадків є з'єднання графіків, що відповідають ділянкам рівномірного руху, похилою лінією (рис. 2.4) – від t_1 до t_2 рух буде рівноприскорений. Однак, уже такий простий графік дає розриви на графіку прискорення (рис. 2.5), які викликають такі ж проблеми, що на рис. 2.2. В цих точках неможливо провести дотичну, а значить, відсутня похідна [194]. Графік, що на рис. 2.5, потрібно подати інакше. З точки зору математики він повинен мати вигляд, що на рис. 2.6, бо у точках t_1 і t_2

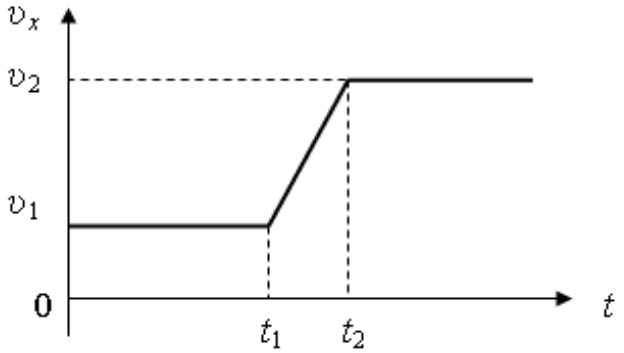


Рис. 2.4

похідна $v_x'(t)$ не існує. Однак з точки зору фізики графік не може мати такого вигляду. Потрібно робити висновок, що на графіках швидкості не може бути також зламів, а це приводить до того, що на графіку прискорення не може бути розривів. З боку динаміки це приведе до того, що сила має змінюватись відповідно.

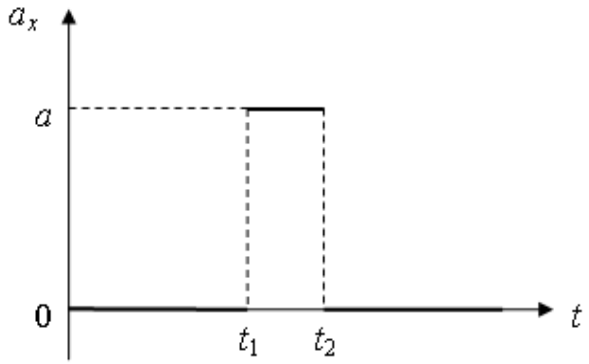


Рис. 2.5

Слід зазначити, що функція залежності швидкості руху від часу повинна бути неперервною і однозначною, а графік цієї функції залежності швидкості руху від часу – мати плавні перегини, а не злами. Тому злами на графіку, що на рис. 2.4, треба замінити плавними лініями, як це показано на рис. 2.7.

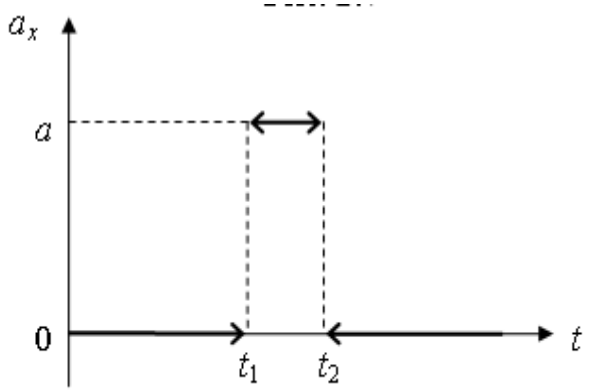


Рис. 2.6

Для учнів основної школи таке пояснення не є зрозумілим та доступним, оскільки вони ще не вивчали математичного аналізу. Але на основі такого аналізу вчитель може зробити висновок про необхідність правильної побудови графіків залежності швидкості руху тіла від часу при вивченні рівномірного руху та нерівномірного, який складається з кількох рівномірних. Оскільки учні вивчають найпростіші види рухів, з ними необхідно аналізувати графіки, пояснюючи, що швидкість тіла не може змінитися миттєво, а тому розривів на графіку бути не може. Розрив на графіку, як це показано на рис. 2.2, відповідає зміні характеру руху і пунктирну лінію слід розуміти як невідому ділянку графіка, рух на цій

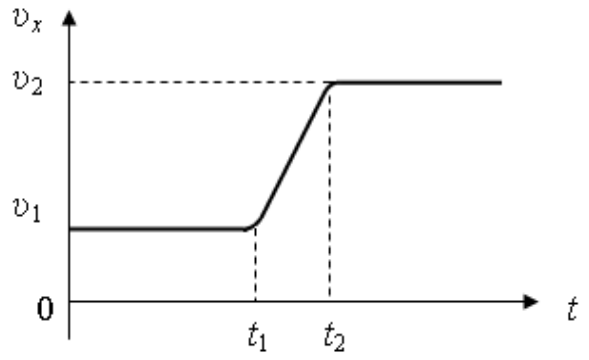


Рис. 2.7

ділянці ми ще не вивчали. Якщо на графіку час подано в годинах, то вертикальним лініям на графіку відповідає короткий інтервал часу в кілька хвилин, за який і відбувається зміна швидкості – вертикальні лінії слід будувати лише для такого випадку, оскільки недопустимо, щоб швидкість змінювалася миттєво. Переконати учнів у цьому можна методом візуалізації за рахунок масштабування відповідних осей. Якщо "розтягнути" графік по осі часу, то зміні швидкості відповідатиме нахилена частина графіка з плавними лініями, зламу на графіку бути не може. Слід також порівняти з учнями швидкості руху тварин, техніки, проаналізувати час, за який вони можуть розігнатись до певної швидкості, і пояснити чому цей час різний.

Такий підхід до вивчення функціональних залежностей в кінематиці має важливе значення для реалізації принципу наступності під час формування понять маса та інертність, оскільки саме у процесі вивчення цих понять учні розуміють, чому тіло не може змінити швидкість миттєво.

2.3. Узагальнення методичних підходів до використання графічного методу для розв’язування задач з механіки

Використання графічного методу під час вивчення механіки в основній школі є важливим для формування предметної компетентності учнів, оскільки це розділ, в якому графічний спосіб задання функціональних залежностей між фізичними величинами представлений найбільше.

Використання графічного методу при вивченні механіки в основній школі безпосередньо зазначено у навчальній програмі з фізики. В результаті навчальної діяльності учні повинні вміти "визначати пройдений тілом шлях, швидкість руху", "представляти результати вимірювань у вигляді таблиці й графіків", "будувати графіки залежності швидкості руху тіла від часу, пройденого шляху від часу для рівномірного прямолінійного руху", "знати і розуміти формулу середньої швидкості, розв’язувати задачі, застосовуючи

формулу середньої швидкості", "виявляти ставлення і оцінювати взаємозв’язок різних способів представлення механічного руху" [184].

Вивчення механіки базується на елементах графічного методу, які забезпечують виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів (табл. 2.1, с. 52). Елементи графічного методу, які використовуються для розв’язування задач з механіки на різних етапах навчальної діяльності учнів внесено до таблиці 2.2.

При вивченні механіки, зокрема кінематики, необхідно сформувати в учнів поняття графічного методу як методу наукового пізнання, як способу задання функціональних залежностей між фізичними величинами. Зокрема, з поняттям графічного методу як методу наукового пізнання учнів треба знайомити на початку вивчення фізики, розглядаючи поряд з експериментальним методом і графічний. Це можливо з огляду на те, що учні вивчають графічні залежності, вчаться будувати графіки на уроках математики у шостому класі. Таким чином, ще на початку вивчення фізики буде використано міжпредметні зв’язки з математикою. Кінематика тісно пов’язана з математикою такими поняттями як координата, переміщення, шлях, швидкість, а також важливими методами, зокрема координатним і векторним. При вивченні елементів кінематики учні використовують знання, одержані з математики, щодо способів задання функціональних залежностей між фізичними величинами: аналітичного, табличного, графічного.

Розглядаючи формули пройденого шляху, швидкості рівномірного прямолінійного руху обов’язково потрібно знайомити учнів із графічним способом задання рівнянь зв’язку між фізичними величинами, вчити учнів читати і аналізувати ці графіки. Використання графічного методу на етапі засвоєння нових знань є важливим, оскільки учні поглиблюють знання про можливості застосування графічного методу, усвідомлюють зв'язок графічного методу з експериментом – використовують графічний метод для унаочнення результатів експерименту, для співвідношення між фізичними величинами, які ми встановлюємо експериментально.

Таблиця 2.2

Використання графічного методу для розв’язування задач з механіки

№ з/п	Державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів	Порядковий номер елементу графічного методу в таблиці 2.1 (с. 52)	Як реалізується		
			вивчення нового матеріалу (проблемний виклад матеріалу)	виконання лабораторних робіт	розв’язування задач
1.	Знає і розуміє формули пройденого шляху, швидкості рівномірного прямолінійного руху, середньої швидкості, закон Гука, залежність сили пружності від деформації.	3	+		
2.	Уміє визначати пройдений тілом шлях, швидкість руху.	4			+
3.	Уміє будувати графіки залежності швидкості руху тіла від часу, пройденого шляху від часу для рівномірного прямолінійного руху.	1, 4			+
4.	Уміє аналізувати графіки руху тіл і визначати за ними його параметри.	1			+
5.	Уміє представляти результати вимірювань у вигляді таблиці і графіків.	1		+	
6.	Знає й розуміє поняття механічної роботи, кінетичної і потенціальної енергії, сутність закону збереження механічної енергії, оцінює прояв закону збереження механічної енергії.	5			+

Потрібно навчити учнів читати і будувати графіки рівномірного прямолінійного руху, представляти результати вимірювання у вигляді таблиць і графіків, визначати середню швидкості руху тіла. Особливу увагу учнів слід звернути на взаємозв'язок способів задання механічного руху, зокрема, наголосити на наочності графічного способу задання функціональної залежності порівняно з аналітичним і табличним.

Розглянемо приклади задач на аналіз рухів, читання та побудову графіків.

Задача 2.1. Три автомобілі перебували в одному пункті і почали рухатися в одному напрямку вздовж прямолінійної траєкторії. Графіки залежності швидкості руху автомобілів від часу подано на рис. 2.8. Дайте відповіді на запитання:

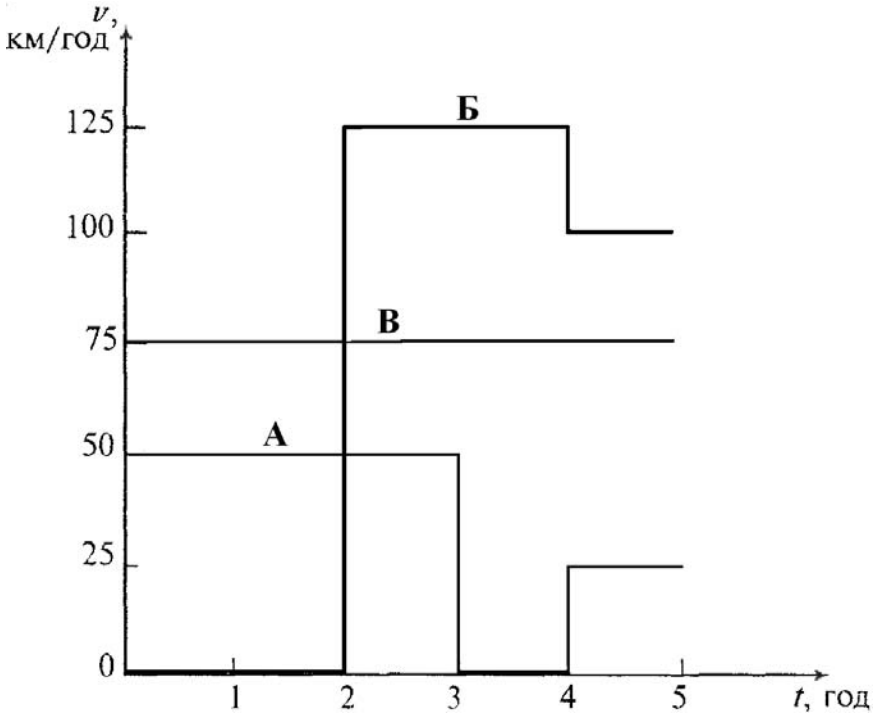


Рис. 2.8

1. Яка швидкість руху автомобілів в момент часу 1 год? 3 год? 5 год?

2. В якого автомобіля швидкість руху була найбільша? найменша? В який момент часу це було?

3. Який шлях пройде кожен автомобіль за 1, 2, 3 і 4 години?

4. Побудуйте графік залежності пройденого шляху від часу для кожного автомобіля.

5. Визначте час і місце зустрічі автомобілів А і Б; А і В; Б і В.

6. Чи зустрінуться всі три автомобілі? Якщо так, то визначте час і місце їх зустрічі.

7. Який із автомобілів не рухався? В який момент часу це було?

8. Яка відстань буде між автомобілями в початковий момент спостереження? через 2 год? через 4 год? через 8 год?

9. В який момент часу відстань між автомобілями А і Б найменша? найбільша?

10. В який момент часу відстань між автомобілями А і В найменша? найбільша?

11. В який момент часу відстань між автомобілями Б і В найменша? найбільша?

12. Яка швидкість руху автомобілів А і Б відносно автомобіля В?

13. Яка середня швидкість руху кожного автомобіля за 2 год? за 3 год? за 4 год? за 5 год?

Таку задачу слід розв’язати з учнями на уроках закріплення і систематизації знань, задачу можна розв’язувати протягом кількох уроків, деякі завдання можуть бути задані учням додому. Розв'язання такої комплексної задачі, яка складається з різнопланових завдань, дозволить зекономити час на читання умови задачі, оскільки умова не змінюється, учні, шукаючи відповіді на поставлені запитання, вчаться читати та аналізувати графіки, розуміють переваги та недоліки графічного методу розв’язування задач.

Доцільно акцентувати увагу учнів та наголосити, що момент часу 0 год не відповідає початку руху автомобілів, а відповідає початку спостереження за ними, оскільки автомобілі не можуть розігнатись до швидкостей 50 і 75 км/год миттєво.

З тих же міркувань слід проаналізувати з учнями, що на графіку швидкості руху автомобілів відсутні розриви, швидкість змінюється не миттєво, а протягом кількох хвилин.

Варто доповнити задачу завданням побудувати на окремій координатній площині графік швидкості руху тіла А за інтервал часу з 3,9 год до 4,1 год (рис. 2.9). Потрібно учнів підвести до того, щоб вони самі розв'язали задачу. Пов'язавши її з реальним життям, задаємо учням запитання: протягом якого часу автомобіль зупиниться? Чи може він зупинитись миттєво? Як буде змінюватись швидкість його руху? Побудувавши такий графік (рис. 2.9), показуємо учням, що у випадку, якщо час подано в годинах, то при зменшенні масштабу по осі часу графік на рис. 2.9 набуває вигляду, що на рис. 2.8. Під час формування понять маса та інертність треба повернутися до цього графіка (рис. 2.8, 2.9) і пояснити учням, чому тіло не може змінити швидкість миттєво.

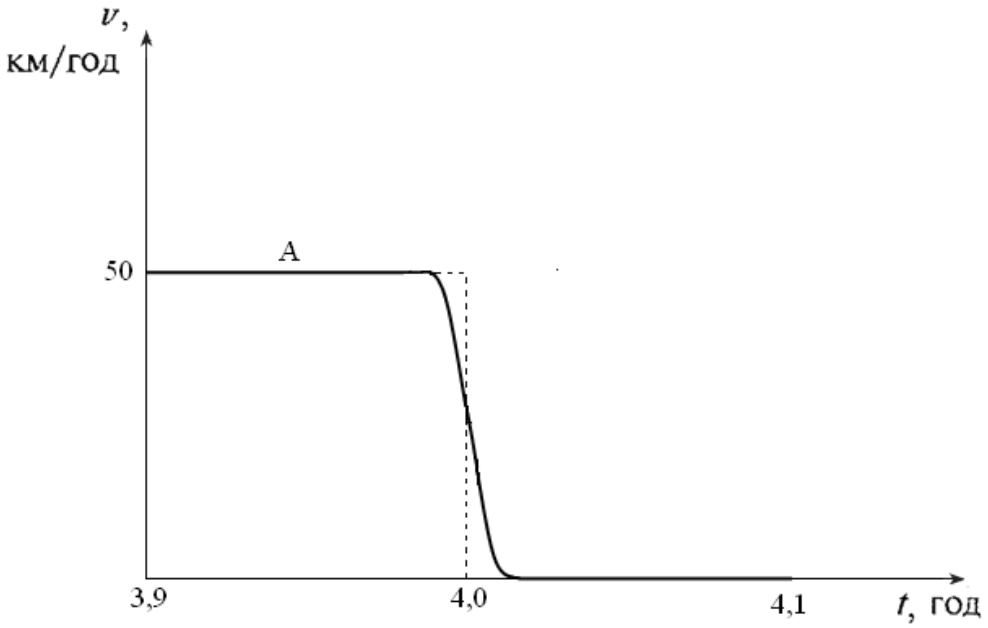


Рис. 2.9

Таким чином, вже на початку вивчення фізики учні вчаться використовувати графічний метод для розв'язування фізичних задач, аналізувати і будувати графіки, що в майбутньому сприятиме розумінню фізичних явищ та функціональних залежностей між фізичними величинами під час вивчення інших розділів фізики, тобто забезпечується реалізація принципу наступності у вивченні фізики.

На практиці добрі результати дає порівняння аналітичного та графічного способу задання однієї і тієї ж залежності. Доповнимо задачу

завданням записати рівняння для числових значень кінематичних величин, про що йшлося в п.1.2 змісту роботи. За графіком, що на рис. 2.8, запишемо аналітичну залежність швидкості руху та шляху від часу автомобіля А. Одержимо:

$$\upsilon = 50 \text{ км/год}, \ 0 \text{ год} \le t \le 3 \text{ год};$$

$$\upsilon = 0 \text{ км/год}, \ 3 \text{ год} < t < 4 \text{ год};$$

$$\upsilon = 25 \text{ км/год}, \ 4 \text{ год} \le t \le 5 \text{ год};$$

$\{l\} = 50 \ \{t\}$, 0 год $\le t \le$ 3 год, де l – шлях, $[l]$ = км; t – час, $[t]$ = год;

$$l = 150 \text{ км}, \ 3 \text{ год} < t < 4 \text{ год};$$

$\{l\} = 150 + 25 \ \{t\}$, 4 год $\le t \le$ 5 год, де l – шлях, $[l]$ = км; t – час, $[t]$ = год.

Учні переконуються, що при зміні характеру руху графічний спосіб задання залежності кінематичних величин від часу (рис. 2.8) є простішим і наочнішим, ніж аналітичний, поданий вище. Більше того, виконання завдань 1-13 аналітичним способом задання функцій є досить складним, громіздким і у порівнянні із графічним методом менш раціональним.

Розв'язавши таку комплексну задачу, учні:

1) навчаться читати графіки;

2) навчаться визначати характер руху (не рухається, рухається, рухається рівномірно);

3) навчаться визначати за графіком значення шляху, швидкості руху;

4) уточнюють поняття середньої швидкості руху;

5) за графічною залежністю швидкості руху від часу будувати графіки залежності шляху від часу;

6) за графіком залежності шляху від часу визначати час і місце зустрічі;

7) порівнювати графіки руху тіл, аналізувати рухи тіл за графіками.

Визначити пройдений тілом шлях можна за допомогою графічного інтегрування. Поняття графічного інтегрування учні в школі не вивчають, проте вчителі повинні знати, що графічне інтегрування – це визначення первісної функції за графіком похідної; використовується для ілюстрації знаходження функціональної залежності проекції переміщення від часу $s_x(t)$

за графіком залежності проекції швидкості від часу $v_x(t)$ для рівномірного і рівноприскореного рухів, роботи сили за графіком залежності проекції сили пружності від координати тощо. У підручнику з фізики зазначено, що "числове значення шляху, який пройшло тіло під час рівномірного руху, дорівнює числовому значенню площі фігури під графіком швидкості. Така властивість притаманна графікам швидкості у разі не тільки рівномірного, але й нерівномірного руху" [18, 19]. Фактично, для визначення шляху, який пройшло тіло за певний час використовують графічне інтегрування, не вживаючи цього терміну.

Наприклад, графічне інтегрування можна використати для визначення шляху, який пройшов автомобіль А (рис. 2.8), побудувати графік шляху та визначити середню швидкість руху автомобіля А за 5 год.

Розглянемо окремо графік швидкості руху автомобіля А (рис. 2.10).

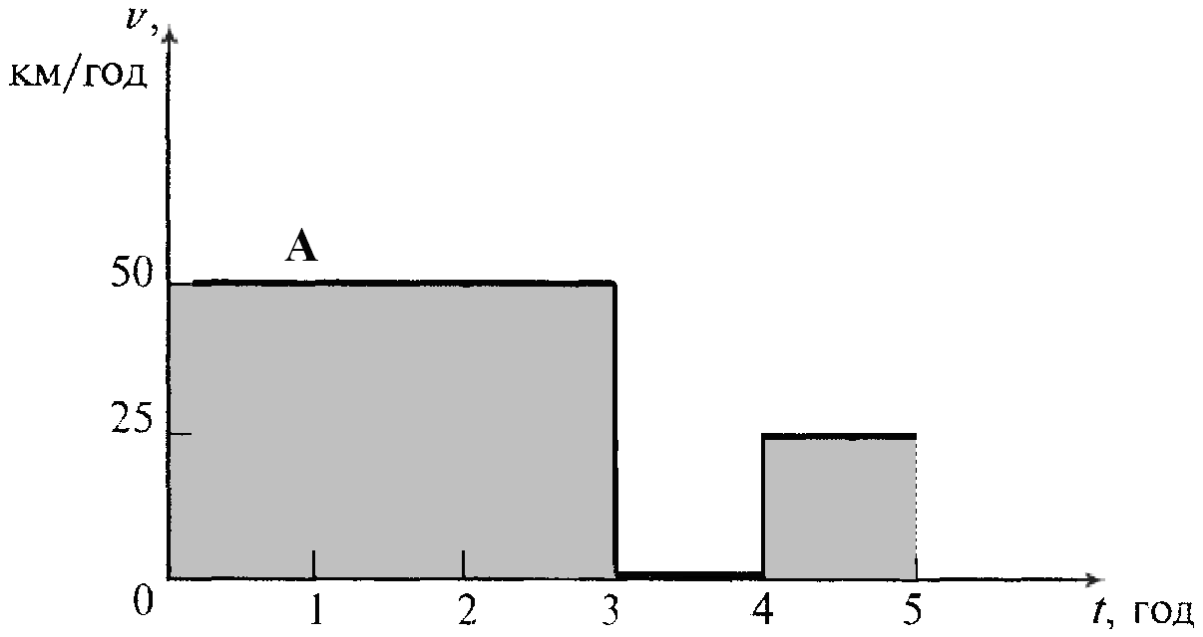


Рис. 2.10

За графіком залежності швидкості руху автомобіля А від часу (рис. 2.10) можна визначити пройдений ним шлях за окремі інтервали часу і побудувати графік залежності пройденого шляху від часу (рис. 2.11), враховуючи, що $l = 0$ при $t = 0$. Пройдений шлях чисельно дорівнює площі фігури, обмеженої графіком швидкості та віссю $0t$ за інтервал часу Δt (рис. 2.10).

Так, за перші 4 год руху автомобіль проходить шлях, що чисельно рівний площі першого зафарбованого прямокутника (рис. 2.10): $l_1 = 50$ км/год·3 год = 150 км; наступну годину автомобіль не рухається, тому $l_2 = 0$, за останню годину руху автомобіль проходить шлях, що чисельно рівний площі другого зафарбованого прямокутника (рис. 2.10): $l_3 = 25$ км/год·1 год = 25 км. Щоб обчислити середню швидкість автомобіля А на всьому шляху, тобто за всі 5 год руху, необхідно весь пройдений шлях поділити на весь час руху. За графіком залежності пройденого шляху від часу (рис. 2.11): $v_c = 175$ км/5 год = 35 км/год.

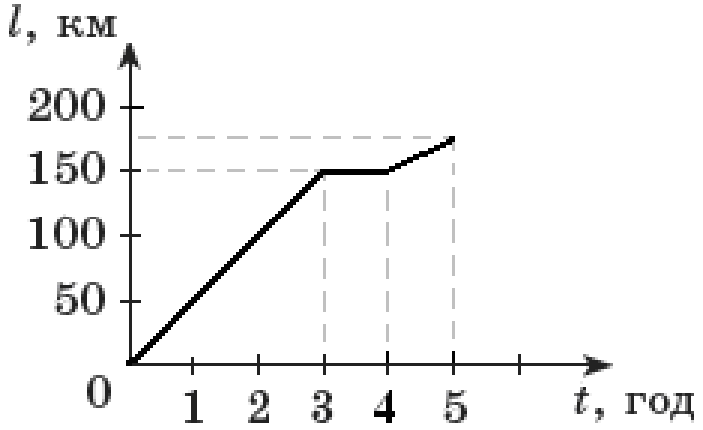


Рис. 2.11

Задача 2.2. Три автомобілі перебували в одному пункті і почали рухатися в одному напрямку вздовж прямолінійної траєкторії. Графіки залежності шляху, пройденого тілами, від часу подано на рис. 2.12.

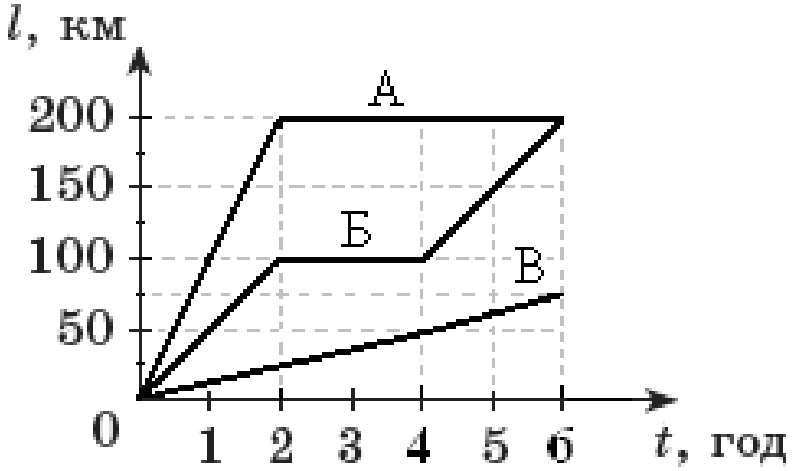


Рис. 2.12

Дайте відповіді на запитання:

1. Скільки часу відбувалось спостереження за рухом автомобілів?

2. Скільки часу рухався кожен з автомобілів?

3. Скільки часу стояв кожен з автомобілів?

4. У якого з автомобілів швидкість найбільша? найменша? В який момент часу це було?

5. Визначте час і місце зустрічі автомобілів. Чи всі автомобілі зустрінуться?

6. Яка відстань від початкогово пункту до кожного з автомобілів в момент часу 1 год? 2 год? 3 год? 4 год? 5 год? 6 год?

7. В який момент часу відстань між автомобілями А і Б найбільша? найменша?

8. В який момент часу відстань між автомобілями А і В найбільша? найменша?

9. В який момент часу відстань між автомобілями Б і В найбільша? найменша?

10. Визначте відстань між автомобілями А і Б, Б і В, А і В через 2 год; 4 год; 5 год.

11. Визначте швидкість руху кожного з автомобілів протягом інтервалів часу 0-2 год, 2-4 год, 4-6 год. Порівняйте одержані значення.

12. Яка середня швидкість руху кожного автомобіля за 2 год? за 4 год? за 6 год?

13. Побудуйте графіки залежності швидкості руху автомобілів від часу.

Дослідження показали, що використання комплексних графічних задач з кількома графіками дає найкращий педагогічний ефект, оскільки:

а) забезпечує всебічне вивчення явища через порівняння різних випадків;

б) дає можливість звести порівняно складну задачу до вправ через спеціально підібрану систему запитань;

в) дає можливість розв’язати одну задачу і зробити загальні висновки;

г) дає можливість систематизувати одержані учнями знання;

д) економно витрачається час, бо вивчення умови задачі зводиться до мінімуму;

е) дає можливість залучити до розв'язку задачі практично всіх учнів.

Задача 2.3. На рис. 2.13 наведено графік швидкості руху автомобіля. Визначте максимальну і середню швидкість руху автомобіля та пройдений ним шлях.

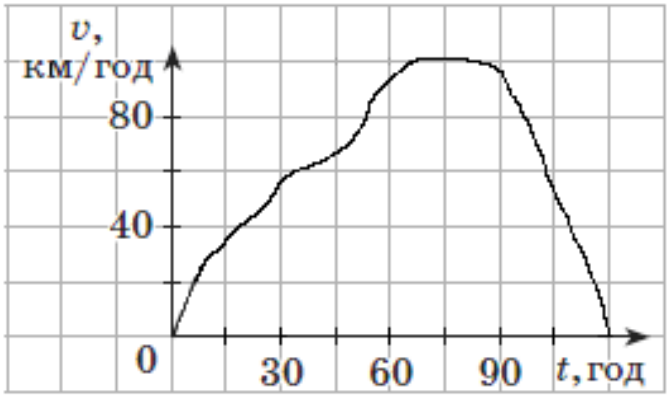


Рис. 2.13

У запропонованій задачі можна визначити шлях, пройдений автомобілем, використовуючи графічне інтегрування. При чому учні основної школи можуть розв’язати таку задачу лише графічним методом, знаючи, що пройдений шлях чисельно дорівнює площі фігури, обмеженої графіком швидкості та віссю часу. Площу фігури можна визначити методом палетки, з яким учні знайомі з курсу природознавства у п’ятому класі і який повторювали на початку вивчення фізики. Знайшовши шлях і знаючи за графіком загальний час руху, учні обчислюють середню швидкість руху автомобіля.

Для систематизації та узагальнення знань учнів про зв'язок між механічною роботою, кінетичною і потенціальною енергією, для розуміння фундаментального характеру закону збереження механічної енергії та його проявів у реальному житті ми пропонуємо використовувати енергетичні діаграми, оскільки саме енергетичні діаграми наочно ілюструють закон збереження енергії, а тому розв’язання задач на аналіз енергетичних діаграм сприяє розумінню учнями фундаментального характеру закону збереження

механічної енергії та його проявів у реальному житті. Для закріплення вивченого на уроці пропонуємо учням завдання на аналіз енергетичних діаграм.

Задача 2.4. На рис. 2.14 зображено етапи падіння кульки з висоти H, а також графік і діаграму зміни її енергії залежно від висоти. Дайте відповіді на запитання:

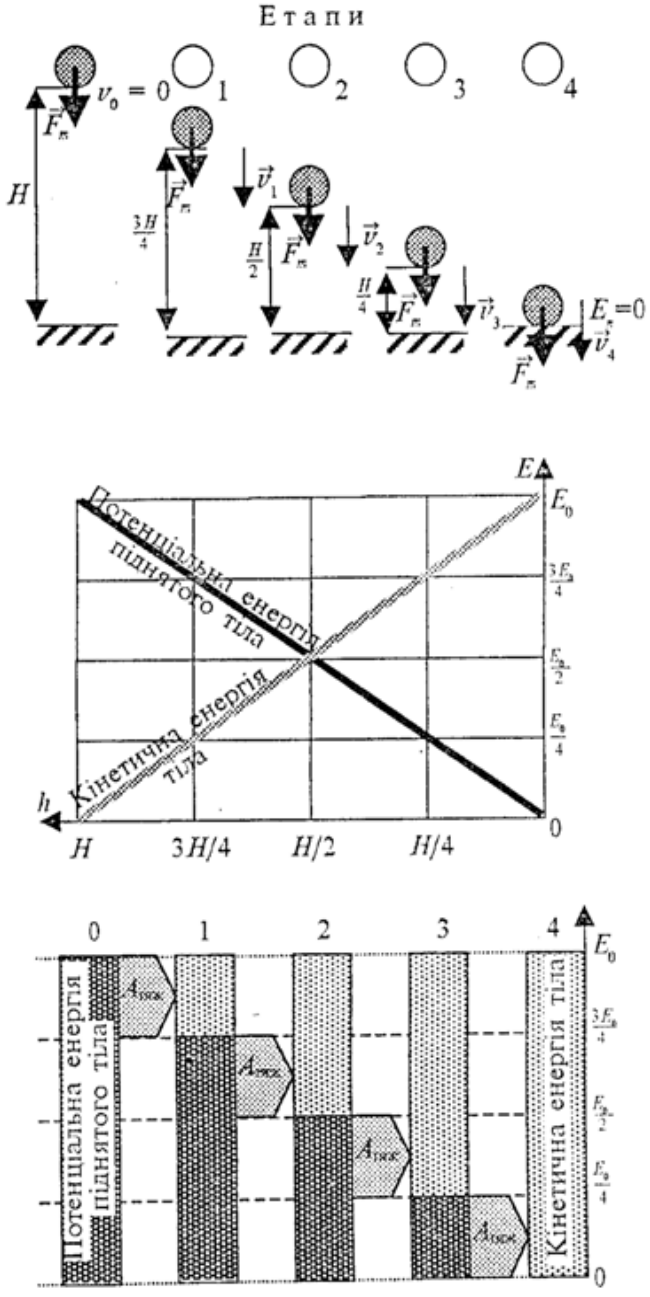


Рис. 2.14

1. Поясніть зміни механічної енергії кульки, які відбуваються на кожному етапі процесу: 0-1, 1-2, 2-3, 3-4.

2. Як змінюється числове значення кожного виду механічної енергії в результаті зміни положення тіла?

3. Як змінюється числове значення повної механічної енергії системи?

4. Механічна робота яких сил приводить до таких змін енергії?

5. Робота є додатною чи від'ємною на кожному етапі процесу?

6. Виконання роботи приводить до збільшення чи зменшення механічної енергії на кожному етапі процесу?

Задача 2.5. На рис. 2.15 зображено етапи налітання кульки на пружину. графік і діаграму змін енергій залежно від положення кульки. Дайте відповіді на запитання, сформульовані в задачі 2.4.

Крім застосування в кінематиці, графіки можна використати для ілюстрації залежностей між фізичними величинами: 1) залежність проекції сили від координати для сили пружності; 2) графічне додавання сил; 3) визначення роботи сили за графіком залежності проекції сили від координати; 4) залежність потенціальної енергії піднятого над Землею тіла, потенціальної енергії деформованої пружини та кінетичної енергії тіла від координати; 5) теорема про потенціальну енергію: робота консервативних сил (тяжіння та пружності) дорівнює зміні потенціальної енергії, взятої з протилежним знаком; 6) теорема про кінетичну енергію: робота результуючої сили дорівнює зміні кінетичної енергії; 7) закон збереження механічної енергії.

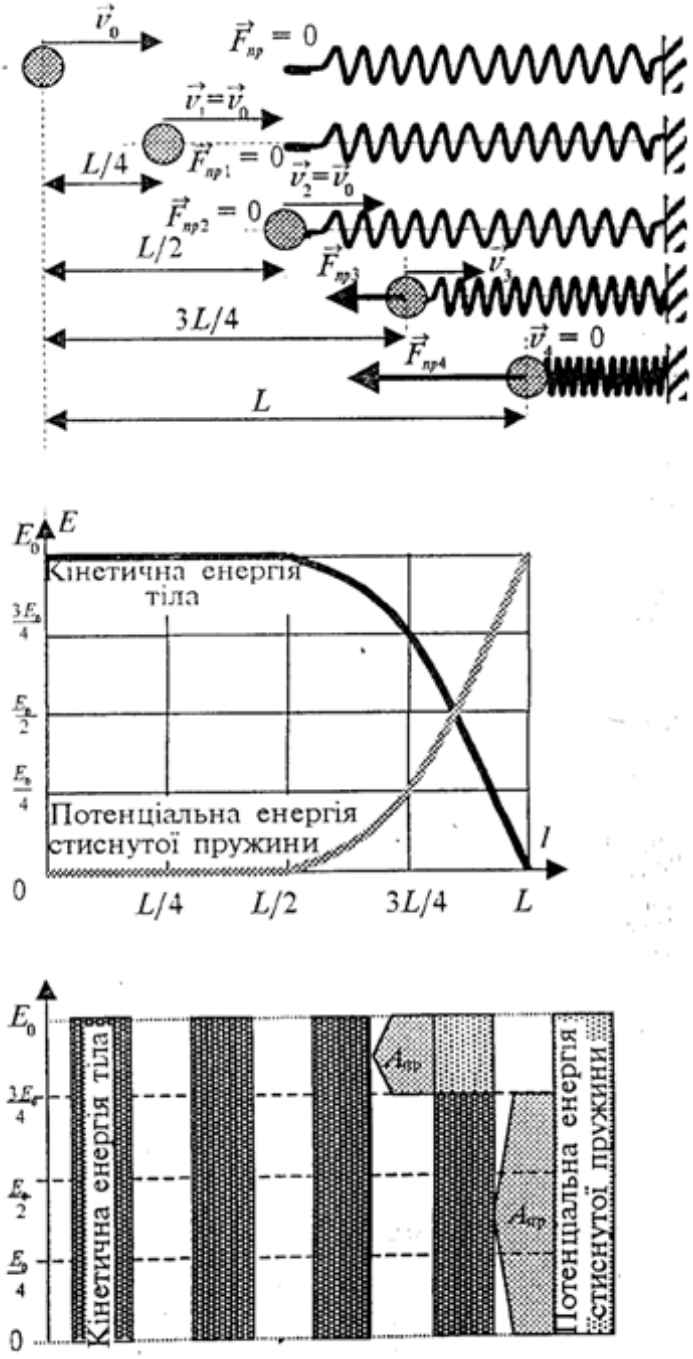


Рис. 2.15

У багатьох випадках під час вивчення функціональних залежностей між фізичними величинами слід будувати не схематичні графіки, а "кількісні" чи "напівкількісні", на осях яких позначені тільки відношення величин [133]; [135]. Розумінню явища та його опису сприяють ілюстрація явища поетапно через серію рисунків та поєднання схематичного

представлення етапів явища з відповідними моментами у графічному представленні функціональних залежностей між величинами, що описують дане явище [135].

При вивченні закону збереження повної механічної енергії необхідно систематизувати знання учнів з кінематики і динаміки. В класах з поглибленим вивченням фізики ми пропонуємо розглянути випадок, коли тіло маси m падає на пружину з висоти $h_1/2$ і при цьому пружина зазнає кінцевої деформації $h_1/2$. Рисунок явища, який розбитого на етапи 1 – 4, і графік залежності сил від координати зображено на рис. 2.16 і 2.17. Ми розглядаємо детальне пояснення поетапної побудови графіків, оскільки вчитель фізики повинен це розуміти. З учнями ми пропонуємо аналізувати готові графіки.

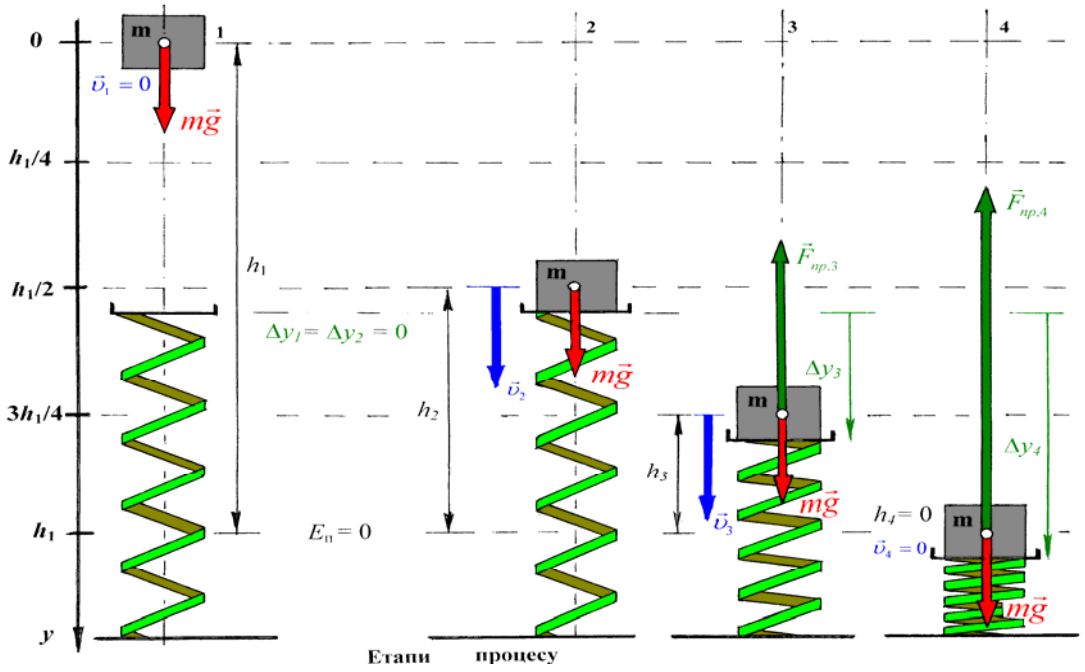
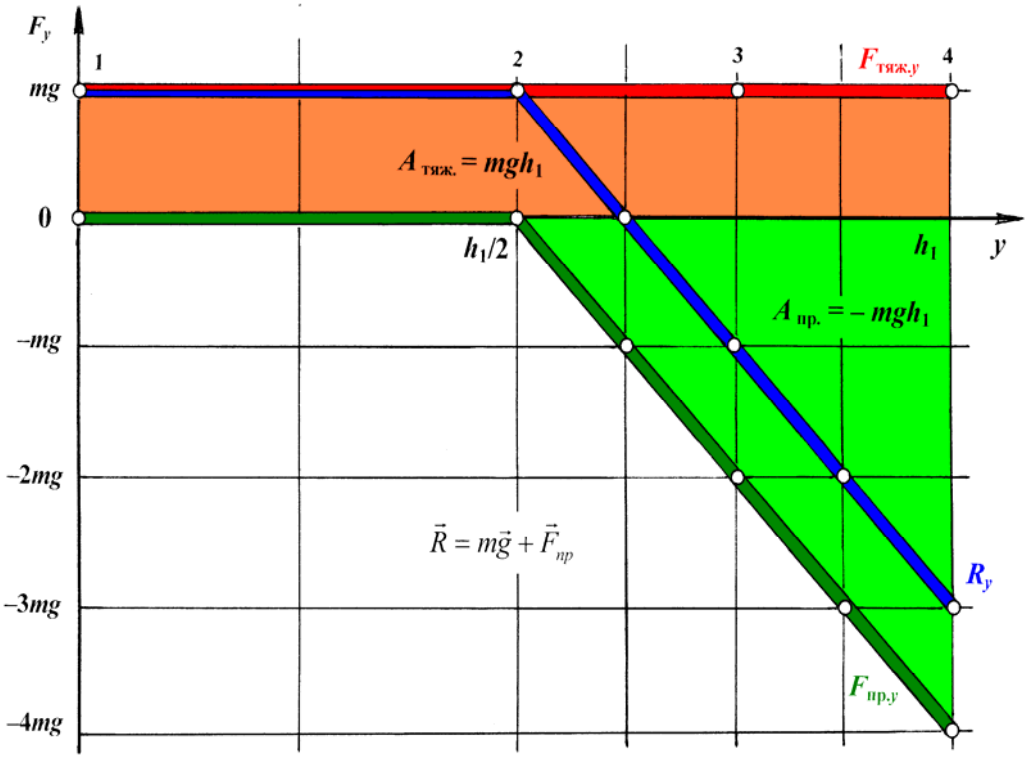


Рис. 2.16

Для опису явища вісь $0y$ напрямлено вниз, а позначка "0" відповідає початковому положенню тіла. Це забезпечило співпадання $0y$ із напрямом переміщення тіла та деформації пружини, додатні значення їх проекцій на цю вісь, а, отже, дало можливість спростити обчислення роботи не тільки кожної сили, а і їх результуючої. Графіки побудовано відповідно до функціональних залежностей $\vec{F}_{тяж.} = m\vec{g}$, $F_{тяж.y} = mg$, $F_{пр.y} = -k\Delta y$. Оскільки $\upsilon_1 = \upsilon_4$ і

$A_{тяж.4} + A_{пр.4} = 0$, то $F_{пр.y4} = -4mg$. Графік побудовано з дотриманням відповідного масштабу для y та F_y і він кількісно ілюструє залежність проекції сил пружності від координати та незалежність сили тяжіння від координати, додавання проекцій сил $R_y = F_{тяж.y} + F_{пр.y}$ та залежність результуючої сили від координати.



Графік залежності проекції сил від координати. Робота сил.

Рис. 2.17

Площа, обмежена графіком проекції сили та віссю 0y чисельно дорівнює механічній роботі кожної із сил на певному проміжку Δy. Точніше виконання роботи при переміщенні тіла. Наприклад, робота сили пружності на кожному етапі: $A_{12} = 0$, $A_{23} = -mgh_1/4$, $A_{34} = -3mgh_1/4$. Тепер можемо побудувати графіки залежності роботи кожної сили від координати за конкретними значеннями роботи при здійсненні того чи іншого переміщення, проекція якого на вісь 0y дорівнює координаті. Графік подано на рис. 2.18. Для спрощення побудови наступних графіків на графіку F_y (y) інтервали $(h_1/2; 3h_1/4)$ та $(3h_1/4; h_1)$ розділені навпіл.

Потрібно відмітити, що при русі тіла вгору рисунок процесу майже відповідатиме зворотному процесу за етапами 4–1, тільки напрям швидкості

$\vec{\upsilon}_3$ і $\vec{\upsilon}_2$ потрібно змінити на протилежні, оскільки напрям руху буде проти обраного ран пряму осі 0y. Графік $F_y(y)$ теж відповідатиме процесу 4–1, а значення робіт всіх трьох сил потрібно змінити на протилежні. Графік, що на рис. 2.18, буде ілюструвати зміну роботи сил з координатою і для процесу 4–1, якщо процес розглядати неперервним 1–2–3–4–3–2–1 і т. д. Так, наприклад, зміна значення роботи сили пружності при переході 4–3 буде дорівнювати $A_{43} = 3mgh_1/4$ і в етапі 3 буде дорівнювати $A_3 = A_4 + \Delta A = -mgh_1 + 3mgh_1/4 = -mgh_1/4$.

За графіком $A(y)$, що на рис. 2.18, можна побудувати графік зміни енергії від координати. Згідно теорем про кінетичну та потенціальну енергії графік залежності кінетичної енергії від координати буде таким же як і $A_{рез.}(y)$, а графіки для потенціальних енергій стануть симетричними відносно 0y до $A_{пр.}(y)$ та $A_{тяж.}(y)$, якщо нульовий рівень потенціальної енергії піднятого над Землею тіла вибрати на рівні $y = 0$. Графіки подано на рис. 2.19.

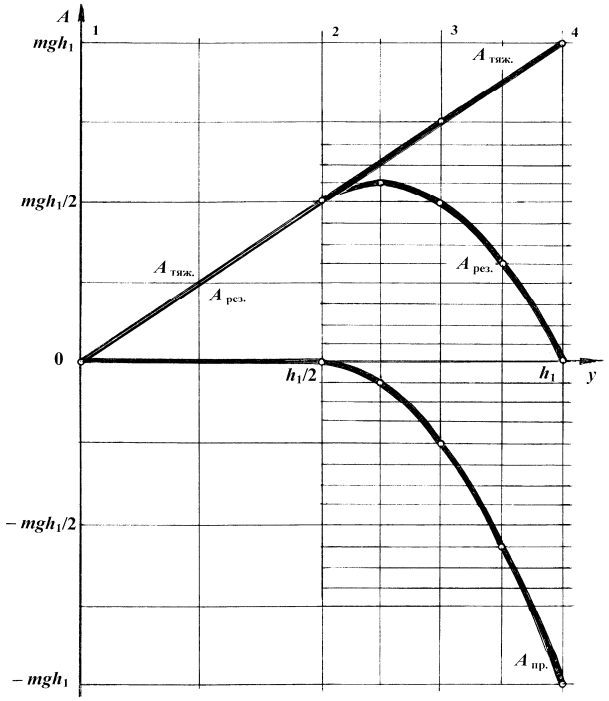


Рис. 2.18

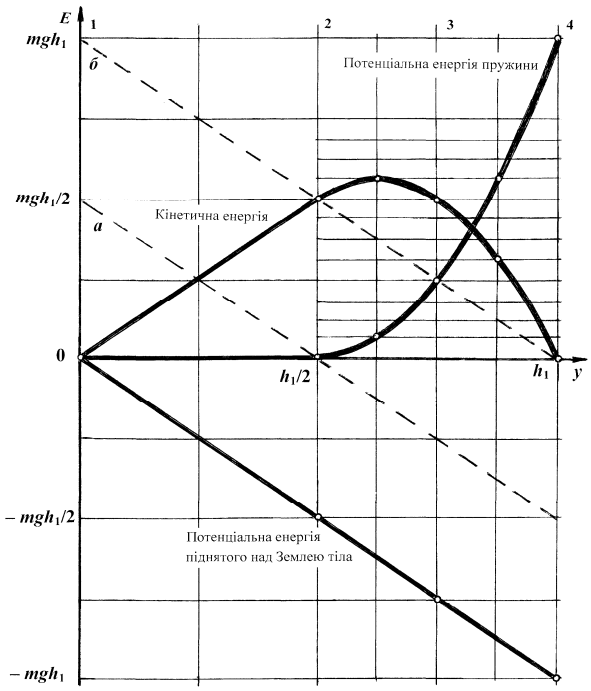


Рис. 2.19

Якщо нульовий рівень потенціальної енергії піднятого над Землею тіла вибрати на рівні $y = h_1 / 2$, то графік зміни відповідної енергії матиме вигляд, що показаний на рис. 2.19 графік *а* пунктиром, коли ж на рівні $y = h_1$, то одержимо графік *б*. Саме такий варіант зображено на графіках, поданих на рис. 2.20. Він є найбільш зрозумілим для учнів, бо повна механічна енергія системи Земля–тіло–пружина буде дорівнювати $E_0 = mgh_1$. Графік ілюструє закон збереження механічної енергії $E_0 = mgh_1 = mgh + m\upsilon^2 / 2 + k\Delta y^2 / 2$ для розглядуваного явища. Зрозуміло, що графік описує рух тіла як вниз так і вгору.

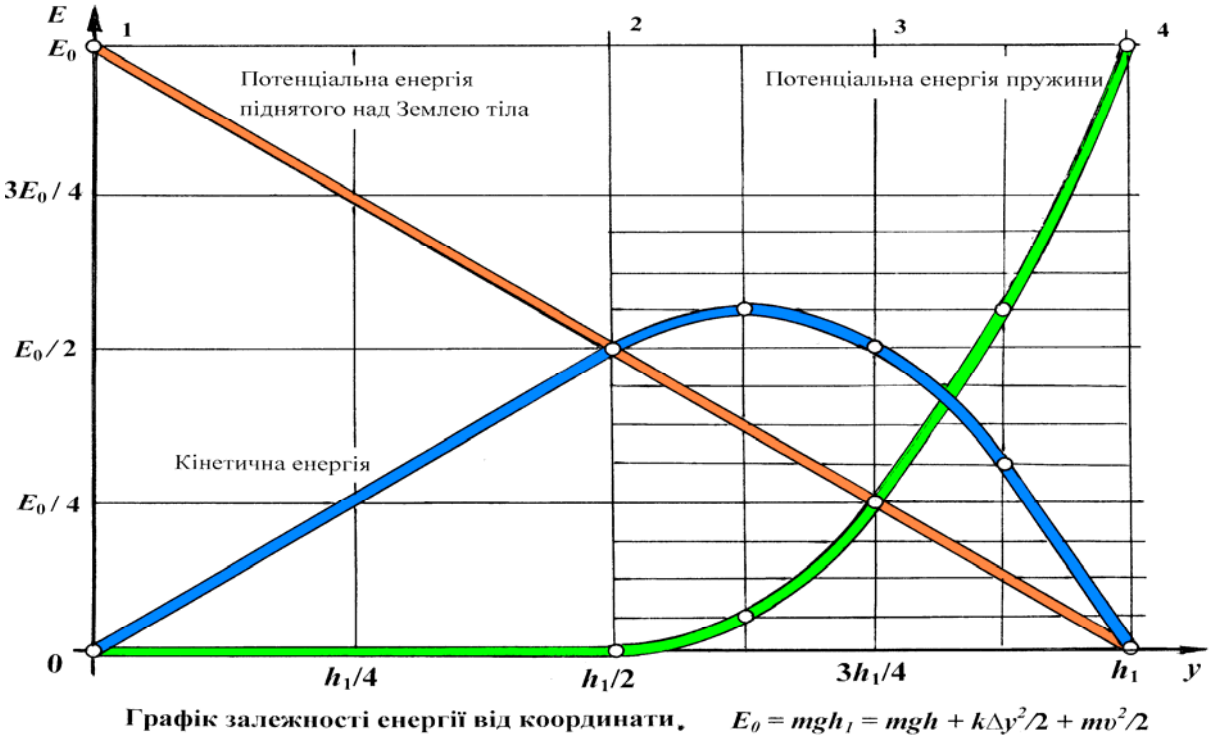
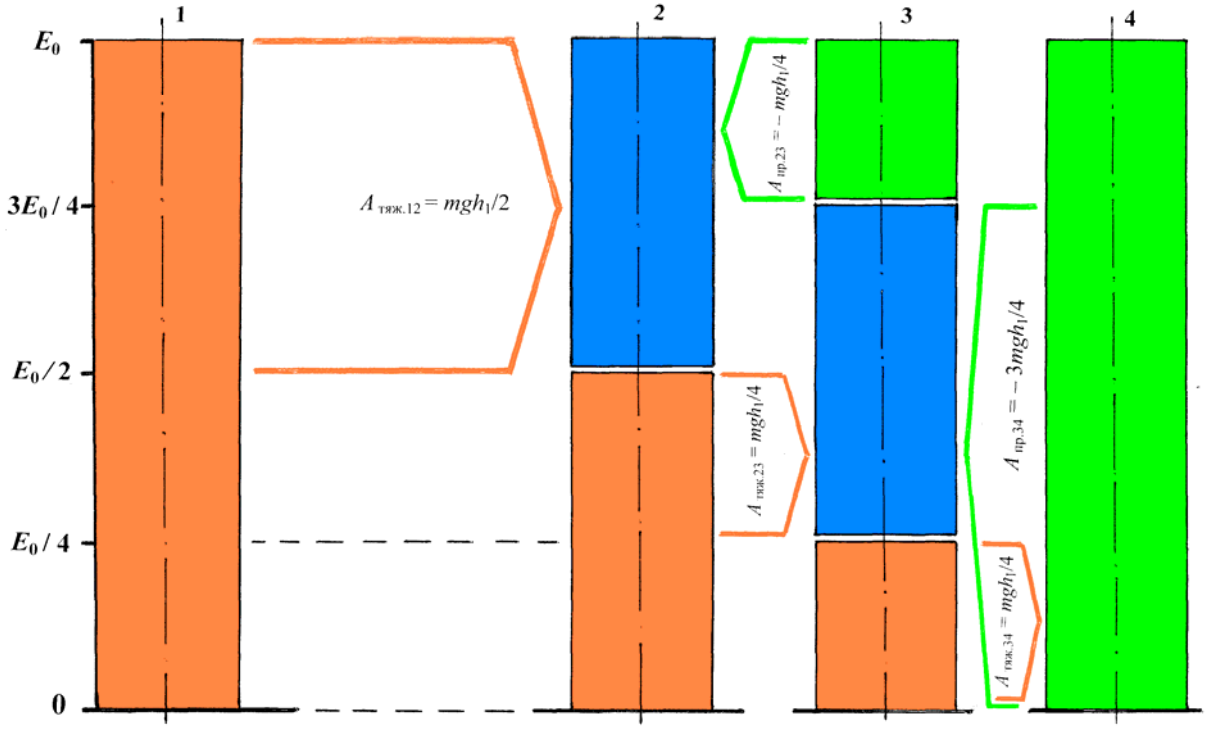


Рис. 2.20

Поєднати графіки $A(y)$ та $E(y)$ у певній мірі дозволяють енергетичні діаграми, які показано рис. 2.21. На діаграмах кожен вид енергії для певного етапу подано у вигляді прямокутника з висотою, що відповідає значенню енергії у певному масштабі. Робота сил на діаграмах представлена у вигляді напрямлених полос, ширина яких відповідає значенню механічної роботи. Коли "стрілка" полоси співпадає з напрямом процесу, то робота відповідної сили вважається додатною, а коли проти – від'ємною. Діаграми наочніше

ілюструють закон збереження механічної енергії, бо безпосередньо показують, що сума всіх видів енергії для кожного етапу явища залишається сталою. Зміна потенціальної енергії дорівнює механічній роботі зовнішніх сил, що викликають цю зміну, взятих з протилежним знаком.



Енергетичні діаграми. Робота сил тяжіння та пружності дорівнює зміні потенціальних енергій взятих з протилежним знаком.

Рис. 2.21

Діаграма показує, що механічна робота сил пружності та тяжіння дорівнює зміні відповідних потенціальних енергій, взятих з протилежним знаком. При цьому ця ж механічна робота дорівнює зміні кінетичної енергії, що відповідає теоремі про її зміну: зміна кінетичної енергії тіла дорівнює роботі зовнішніх сил.

Графіки, подані з використанням прийому кодування кольором (рис. 2.16, 2.17, 2.20, 2.21) можна оформити у вигляді таблиці розміром А4, яка розміщується на стенді "Сьогодні на уроці", як це подано у статті на кольоровій обкладинці журналу [75,49]. Учні матимуть змогу перед уроком самостійно ознайомитись і проаналізувати графіки та діаграми, що сприятиме систематизації знань, одержаних з механіки, та розвитку самостійності та мислення учнів.

Слід зазначити, що поєднання графічного методу з прийомом кодування кольором дуже важливе, оскільки привертає увагу учнів, активізує їх пізнавальну діяльність та допомагає ототожнити одні і ті ж фізичні величини, етапи чи процеси на різних графіках.

Узагальнюючи сказане вище, слід зазначити, що використання елементів графічного методу для розв'язування фізичних задач має досить широке застосування при вивченні механіки: формування в учнів поняття графічного методу як методу наукового пізнання, як способу задання функціональних залежностей між фізичними величинами поряд з аналітичним і табличним; читання, аналіз і побудова графіків залежності кінематичних величин від часу для рівномірного прямолінійного руху, використання графічного методу на етапі засвоєння нових знань у поєднанні з експериментом, представлення результатів вимірювання у вигляді таблиць і графіків, визначення середньої швидкості руху тіла.

Використання комплексних графічних задач з кількома графіками дає найкращий педагогічний ефект, оскільки забезпечує всебічне вивчення явища через порівняння різних випадків, дозволяє звести порівняно складну задачу до вправ через спеціально підібрану систему запитань, сприяє оволодінню учнями вміннями читати, аналізувати та будувати графіки залежності кінематичних величин від часу.

2.4. Використання графічного методу під час вивчення теплових явищ

У навчальній програмі з фізики [184] є вимога про використання графіків при вивченні теплових явищ. Учні повинні "знати і розуміти способи вимірювання температури", "описувати плавлення і кристалізацію твердих тіл, випаровування і конденсацію рідин, кипіння", "аналізувати графіки теплових процесів, зокрема під час плавлення твердого тіла"; можуть описати плавлення і кристалізацію твердих тіл, випаровування і конденсацію

рідин, кипіння; перетворення енергії в теплових процесах, тепловий баланс як наслідок закону збереження енергії в теплових процесах; принцип дії теплових машин", "розв’язувати задачі на рівняння теплового балансу".

Використання графічного методу для розв’язування задач під час вивчення теплових явищ забезпечує виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів (табл. 2.1, с. 52). Відповідні елементи графічного методу внесено до таблиці 2.3.

Під час вивчення теплових явищ обов'язковим є формування в учнів знань щодо способів вимірювання температури. Під час вивчення поняття температура і термометри необхідно пояснити учням, що ступінь нагрітості тіла можна виміряти лише опосередковано. Учням основної школи не можна пояснити всі існуючі способи вимірювання температури, однак варто продемонструвати кілька різних видів термометрів і коротко охарактеризувати у чому полягає їх принцип дії.

Принцип дії різних видів термометрів ґрунтується на фізичних явищах, які залежать від температури: тепловому розширенні рідин, газів, твердих тіл (рідинний, дилатометричний, біметалевий, манометричний термометр), зміні з температурою електричних властивостей речовини (термоелектричний термометр, термометр опору) тощо. Фактично вимірюють фізичну величину, яка залежить від температури, а шкалу термометра градують в одиницях температури.

Для різних речовин залежність електричних властивостей від температури відрізняється, що можна продемонструвати учням у вигляді графічних залежностей (рис. 2.22, 2.23), тому термометри, виготовлені з різних речовин, будуть придатні для використання в неоднаковому температурному діапазоні.

Рідинні термометри теж придатні для використання в неоднаковому температурному діапазоні. Їх призначення буде відрізнятися в залежності від рідини. Наприклад, ртутний термометр зручно використовувати в медицині, він досить точний (ціна поділки 0,1 °С/под.), однак має малі межі

вимірювання. Спиртові термометри менш точні, порівняно з ртутним, але мають більші межі вимірювання, тому використовуються для вимірювання температури навколишнього середовища тощо.

Таблиця 2.3

Використання графічного методу для розв'язування задач під час вивчення теплових явищ

№ з/п	Державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів	Порядковий номер елементу графічного методу в таблиці 2.1 (с. 52)	Як реалізується		
			вивчення нового матеріалу (проблемний виклад матеріалу)	виконання лабораторних робіт	розв'язування задач
1.	Називає способи вимірювання температури.	1	+	+	
2.	Знає і розуміє формули розрахунку кількості теплоти для різних теплових процесів.	2	+		
3.	Може аналізувати графіки теплових процесів.	3			+
4.	Записує рівняння теплового балансу.	3			+
5.	Уміє розв'язувати задачі, застосовуючи рівняння теплового балансу.	6, 7			+
6.	Записує формулу ККД нагрівника, може описати плавлення і кристалізацію твердих тіл, випаровування і конденсацію рідин, кипіння; перетворення енергії в теплових процесах, тепловий баланс як наслідок закону збереження енергії в теплових процесах; принцип дії теплових машин.	2, 5			+

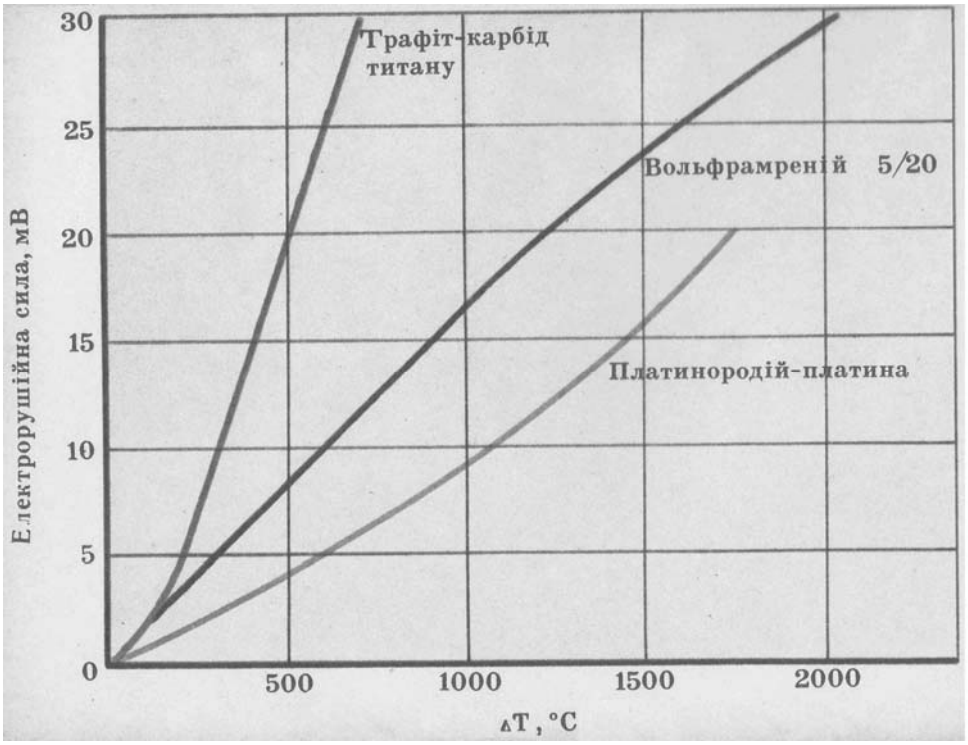


Рис. 2.22

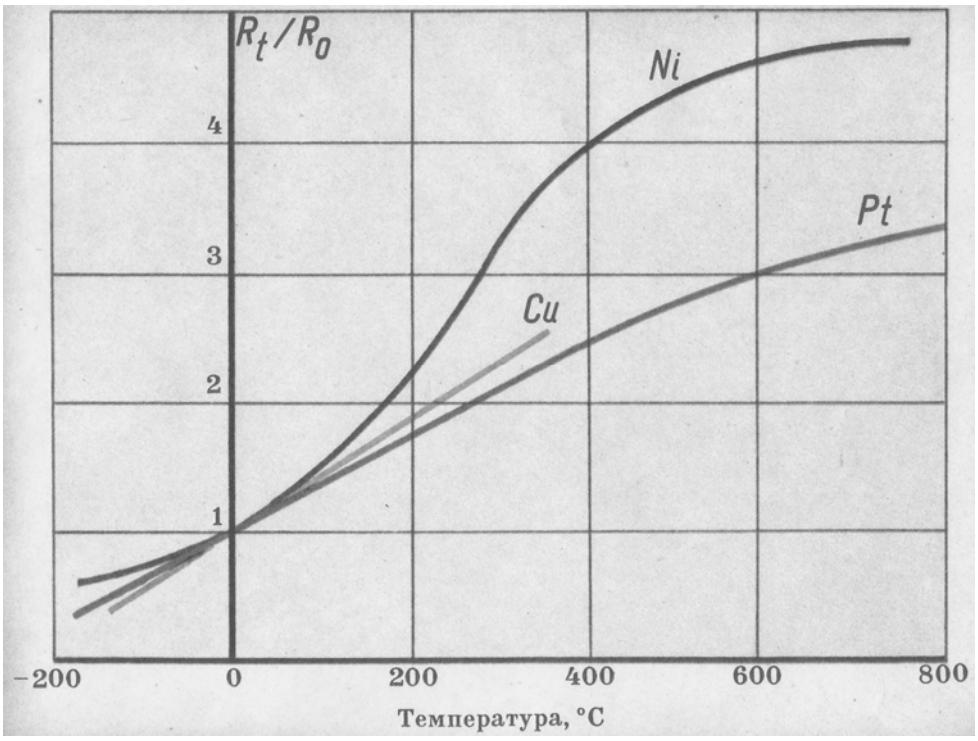


Рис. 2.23

Особливу увагу слід приділяти експериментальному встановленню функціональної залежності між фізичними величинами. Зокрема, формулу розрахунку кількості теплоти при нагріванні важливо встановити з учнями за результатами експериментального дослідження, реалізуючи проблемний

виклад матеріалу і частково-пошуковий метод навчання. За результатами сумісних вимірювань учні будують графіки, за якими роблять висновки про функціональну залежність між величинами.

Для встановлення функціональної залежності $Q = cm(t_2 - t_1)$ можна провести експериментальне дослідження, в якому в трьох однакових термосах електричним нагрівачем потужністю 100 Вт нагрівалися: 1) вода масою 200 г; 2) вода масою 400 г; 3) гліцерин масою 200 г. Результати експериментального дослідження подано в таблиці 2.4. За результатами сумісних вимірювань потрібно встановити залежність $Q(m;t)$. Оскільки учні з поняттям потужності нагрівника будуть знайомитись пізніше, колонку таблиці під назвою "Кількість теплоти" вчитель заповнює самостійно. Після того, як учні знайомляться з поняттям роботи і потужності під час вивчення електрики, необхідно повернутися до цієї задачі і пояснити учням, як обчислювали кількість теплоти.

Таблиця 2.4

Результати експериментального дослідження

№ з/п	Час, с	Кількість теплоти, Дж	Температура, °С		
			вода		гліцерин
			m = 0,20 кг	m = 0,40 кг	m = 0,20 кг
1	0	0	18,0	18,0	18,0
2	60	6000	25,0	21,5	30,5
3	120	12000	32,5	25,5	43,0
4	180	18000	39,5	29,0	55,5

Для встановлення залежності кількості теплоти, необхідної для нагрівання тіла певної маси речовини або її охолодження, від температури потрібно чітко намалювати графік залежності *Q(t)* (рис. 2.24), аналізуючи який, учні робитимуть висновки. Для встановлення залежності між двома величинами, всі інші повинні бути незмінними. Слід зазначити, що графіки для води і гліцерину однакової маси побудовано подвійною лінією, на обох

графіках для води точки позначені хрестиками, на графіку для гліцерину точки позначені кружечками.

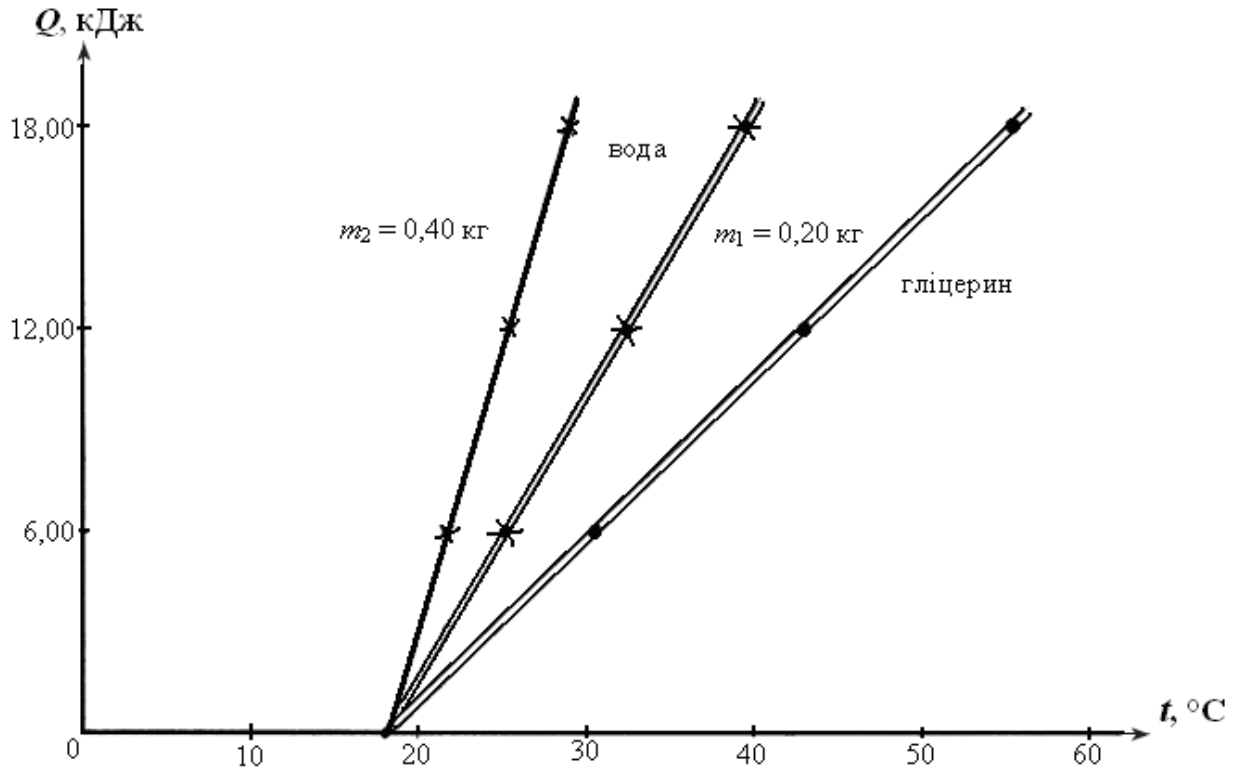


Рис. 2.24

Виведення проводимо в такому порядку:

1. Спочатку знаходимо залежність Q від Δt. Із графіка видно, що Q пропорційне Δt, точніше $\Delta t = t - t_1$, де t_1 = 18 ºС. Щоб нагріти 2 кг води на 7 ºС, потрібно 6 кДж теплоти, на 14,5 ºС – 12 кДж теплоти, на 21,5 ºС – 18 кДж теплоти. При збільшенні Δt в 2 рази кількість теплоти Q зростає в 2 рази, при збільшенні Δt в 3 рази кількість теплоти Q зростає в 3 рази. Для 2 кг гліцерину та 4 кг води спостерігається та ж залежність. Отже: $Q \sim (t - t_1)$.

2. За графіками для води, масою 0,20 кг і 0,40 кг, встановлюємо залежність кількості теплоти від маси. Ставимо завдання знайти залежність $Q(m)$, коли Δt однакова для води. Для нагрівання 2 кг води на 7 ºС потрібно 6 кДж теплоти, а для нагрівання 4 кг води на 7,5 ºС потрібно 12 кДж теплоти. При збільшенні маси води в 2 рази кількість теплоти Q зростає в 2 рази. Отже: Отже, $Q \sim m(t - t_1)$ для однієї й тієї ж речовини.

3. Перевіримо, чи є залежність від роду речовини, що логічно виражається певним коефіцієнтом. Позначимо його *c*. Одержимо:

$$Q = cm(t - t_1).$$

Якщо гіпотеза вірна, то значення *c* в обох дослідах для води повинно бути однаковим, а у води і гліцерину відрізнятись.

4. Обчислимо експериментальне значення коефіцієнта *c* для води і гліцерину за експериментальними даними з табл. 2.4:

$$Q = cm(t - t_1); \;\; c = \frac{Q}{m(t - t_1)}.$$

Для води: c = 18 кДж/(0,4 кг · (29,0 ºС-18,0 ºС)) ≈ 4,1 кДж/(кг · ºС);

c = 18 кДж/(0,2 кг · (39,5 ºС-18,0 ºС)) ≈ 4,2 кДж/(кг · ºС).

Для гліцерину: c = 18 кДж/(0,2 кг · (55,5 ºС-18,0 ºС)) ≈ 2,4 кДж/(кг · ºС).

Отже, гіпотеза вірна. Для того, щоб нагріти на 1 ºС речовини різного роду однакової маси, необхідна неоднакова кількість теплоти. Коефіцієнт *c* називається питома теплоємність речовини – це кількість теплоти, необхідна для нагрівання (охолодження) 1 кг речовини на 1 ºС.

Таким чином, графік, побудований за результатами експериментального дослідження, є джерелом одержання учнями нових знань про залежності між фізичними величинами. Така методика реалізує проблемний виклад матеріалу та частково-пошуковий метод навчання, розвиває мислення учнів та сприяє кращому розумінню не лише нового матеріалу, а й ролі графічного методу в експериментальних дослідженнях, а також готує учнів до використання графічного методу у подальшому вивченні фізики.

Вивчаючи формули розрахунку кількості теплоти для різних теплових процесів, слід обов’язково зображати функціональні залежності графічно, вчити учнів встановлювати відповідність графіка тепловому процесу, що розглядається, аналізувати графіки.

Для аналізу графіків теплових процесів можна розв’язати наступні задачі.

Задача 2.6. На електроплиту поставили посудину з льодом. На рис. 2.25 наведено графік залежності температури льоду від кількості теплоти, яку він отримав від електроплити.

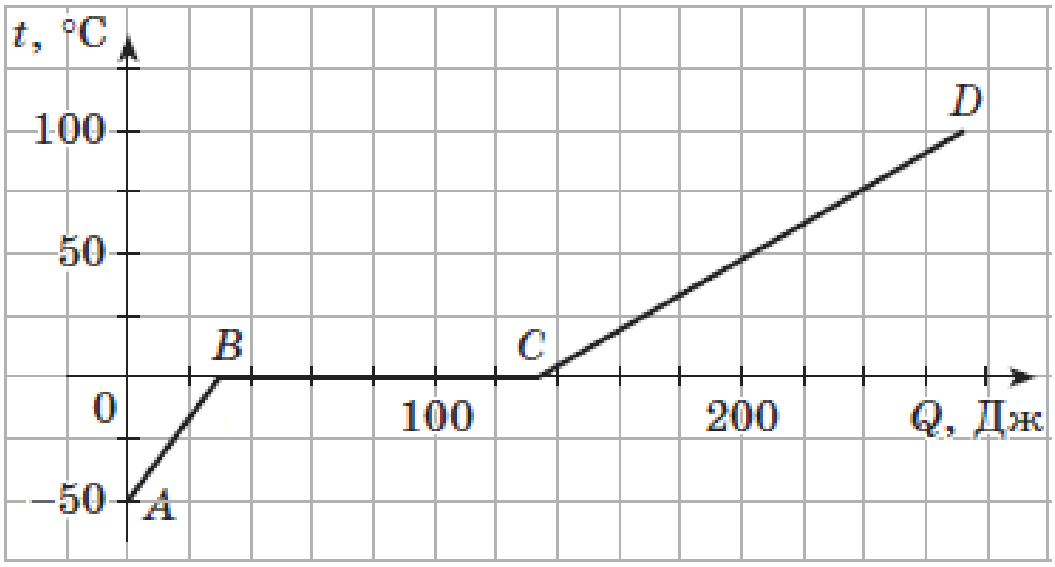


Рис. 2.25

Дайте відповіді на запитання:

1. Яким значенням фізичної величини відповідає 1 поділка на осях графіка?

2. Яка початкова температура льоду?

3. Які ділянки графіка відповідають нагріванню льоду? плавленню льоду? нагріванню води, утвореної з льоду?

4. Чому ділянка CD графіка має менший кут нахилу до осі кількості теплоти, ніж ділянка AB графіка?

5. Яку кількість теплоти надали льоду, щоб нагріти його до 0 ºС?

6. Яку кількість теплоти надали льоду, щоб його розплавити?

7. До якої температури нагріли воду, яка утворилась з льоду?

8. Яку кількість теплоти надали воді для її нагрівання?

9. Яка маса льоду була в посудині?

10. Як за графіком можна обчислити питому теплоту плавлення льоду та питомі теплоємності льоду й води? Що для цього попередньо потрібно знати?

Задача 2.7. Металеву заготівку поміщають у плавильну піч. На рис. 2.26 наведено графік залежності температури заготівки від отриманої нею кількості теплоти. У якому стані (твердому чи рідкому) питома теплоємність металу є більшою? у скільки разів?

Така задача є зайвою, оскільки це вправа. Її доцільно подати як елемент задачі 2.8 (рис. 2.27). Як показали дослідження, використання графічних задач з кількома графіками дає найкращий педагогічний ефект: забезпечує всебічне вивчення явища через порівняння різних випадків; дозволяє розв’язати одну порівняно складну задачу, звівши її до вправ через спеціально підібрану систему запитань, і зробити загальні висновки.

Задача 2.8. Дві металеві заготівки однакової маси по черзі поміщають у плавильну піч. На рис. 2.27 наведено графіки залежності температури заготівок від отриманої ними кількості теплоти.

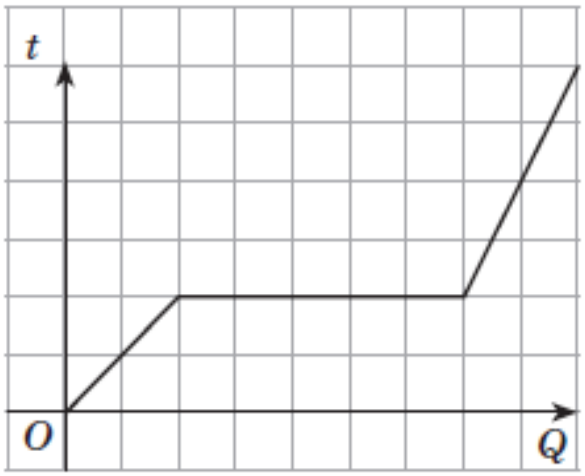


Рис. 2.26

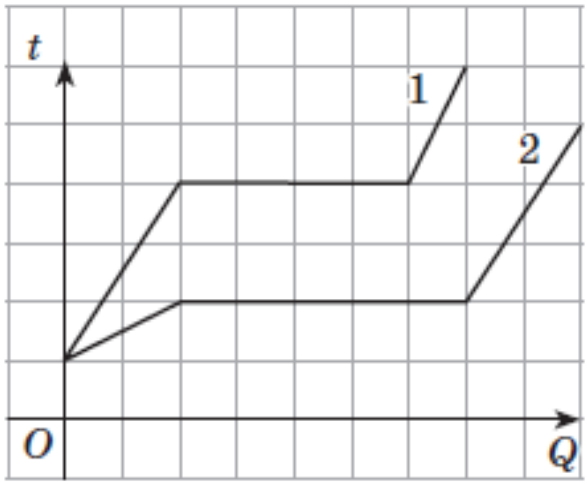


Рис. 2.27

Дайте відповіді на запитання:

1. Який з металів одержав для плавлення більшу кількість теплоти?

2. У якого металу питома теплота плавлення є більшою?

3. Питома теплоємність першого металу є більшою у твердому чи рідкому стані? У скільки разів?

4. Питома теплоємність другого металу є більшою у твердому чи рідкому стані? У скільки разів?

5. Який з металів у твердому стані має більшу питому теплоємність? У скільки разів?

6. Який з металів у рідкому стані має більшу питому теплоємність? У скільки разів?

Формування предметної компетентності учнів неможливе без розв'язування задач. Проте необхідність виконання громіздких обчислень унеможливлює розв'язування ряду задач за браком часу. Спростити обчислення дозволяє використання номограм, що в свою чергу звільняє час для аналізу результатів задачі.

На рис. 2.28 зображено транспарантну номограму для обчислення температури t суміші з двох рідин, що мають різну температуру і масу, але однакову питому теплоємність, за формулою:

$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} \quad (2.1),$$

де m_1 – маса рідини при температурі t_1, m_2 – маса рідини при температурі t_2. Номограма складається із сімейства паралельних прямих, що розміщені на однаковій відстані одна від одної, на основній площині номограми і динамічного транспаранта – прозорої лінійки зі шкалою. Прямі основної площини мають позначки m_1 – вліво від середньої прямої з позначкою 0 і m_2 – вправо від середньої прямої. Шкала транспаранту є одночасно шкалою змінних t_1, t_2 і t.

Для обчислень за номограмою накладають транспарант на основну площину так, щоб точки основної площини, які відповідають значенням m_1 і m_2, співпали відповідно з точками, що відповідають значенням t_2 і t_1 транспаранта. Відповіддю буде позначка точки перетину шкали транспаранта з прямою, яка має позначку 0.

На рис. 2.28 розв'язано задачу, коли змішують дві рідини $m_1 = 8$ кг, $t_1 = 52$ ºС, $m_2 = 10$ кг, $t_2 = 16$ ºС. Відповідь: $t = 32$ ºС.

Зрозуміло, що спочатку необхідно навчити учнів складати рівняння теплового балансу і розв'язувати його відносно ряду невідомих: m_1, m_2, t, t_1,

t_2. Однак слід зазначити, що аналітичне розв'язування рівняння теплового балансу відносно будь-якого невідомого важко дається учням, оскільки потребує належної математичної підготовки, тому розв'язання ряду задач за відносно короткий час є неможливим.

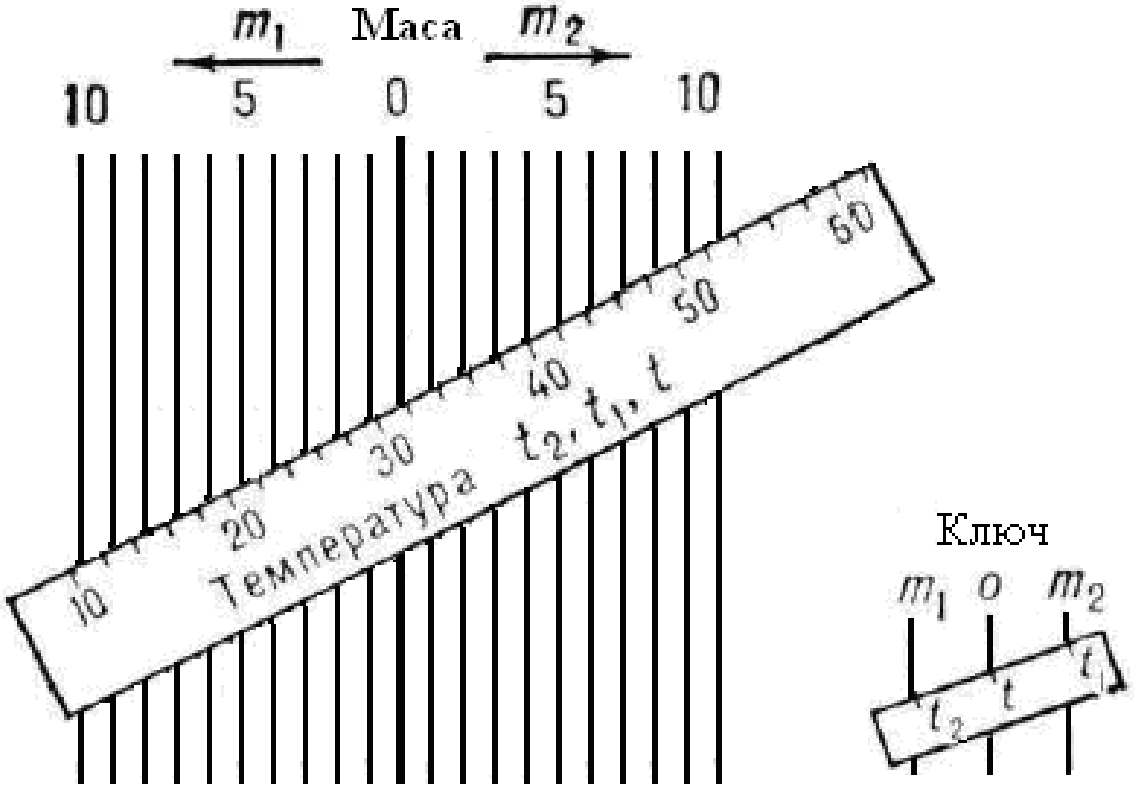


Рис. 2.28

Подана транспарантна номограма дозволяє не лише визначити температуру суміші, а й розв'язати ряд обернених задач, в яких кінцева температура вже відома і необхідно визначити одне з невідомих m_1, m_2, t_1, t_2, і при цьому уникнути громіздких обчислень. Наприклад, за допомогою номограми можна розв'язати наступні задачі і проаналізувати одержані результати. Варто зазначити, що такі задачі слід розв'язувати лише після того, коли учні навчились розв'язувати рівняння теплового балансу.

Задача 2.9. Яку масу холодної води при температурі 20 ºС необхідно додати до гарячого чаю масою 0,50 кг при температурі 60 ºС, щоб охолодити

його до 50 ºС? 44 ºС? 40 ºС? 36 ºС? Вважати, що питомі теплоємності води та гарячого чаю однакові.

Задача 2.10. Скільки холодної води при температурі 12 ºС потрібно додати до 80 л гарячої води при 60 ºС, щоб підготувати ванну з температурою води 30 ºС? 36 ºС? 40 ºС? 50 ºС?

Аналітичне розв’язання таких задач буде громіздким, займатиме багато часу і буде доволі складним для розуміння учнями, особливо в класах з низьким рівнем математичної підготовки. Використання номограми дозволить приблизно оцінити результат, проаналізувати його, уникнувши громіздких обчислень, зекономити час для розв’язування більшої кількості задач. Умови запропонованих задач наближені до реальних життєвих ситуацій. Уміння використовувати номограми для практичного визначення фізичних величин (температури або маси) є складовою компетентної підготовки учня.

Якщо використання номограми (рис. 2.28) є одним із способів розв'язку запропонованих задач поряд з аналітичним, то існує ряд задач, розв’язання яких графічним методом є єдиним зрозумілим учням.

Наведемо приклад розв’язання досить складної комплексної задачі, яка передбачає кілька варіантів перебігу процесу.

Задача 2.11 Шматок льоду масою m_1 і температурою t_1 кидають у калориметр з водою, маса якої m_2, а температура t_2. Визначити, як буде проходити теплообмін, яка температура встановиться в калориметрі в стані термодинамічної рівноваги та скільки буде в калориметрі води і льоду в залежності від конкретних значень величин. Теплоємністю калориметра знехтувати.

Дану задачу можна розв’язати кількома способами, тому що в задачі не можна одразу встановити чи буде плавитись лід, чи замерзатиме вода. Такі способи розв'язку представлені в літературі [4], [137]. Однак всі способи потребують розв’язання рівняння теплового балансу, яке учням восьмого класу важко розв’язувати аналітично в загальному випадку.

Дещо спрощує розв’язання перехід від рівняння зв’язку між фізичними величинами до рівняння зв’язку між числовими значеннями величин, але розв’язання залишиться громіздким, оскільки доведеться кілька разів складати і розв’язувати складні рівняння теплового балансу та перевіряти висунуті гіпотези про хід теплообміну: а) буде плавитись лід? б) чи увесь лід розплавиться? в) буде замерзати вода? г) чи вся вода замерзне? тощо.

Для реалізації компетентнісного підходу в навчанні фізики і формування предметної компетентності потрібно навчити учнів читати, розуміти, опрацьовувати, інтерпретувати та будувати графіки. Оскільки графічне зображення функціональної залежності наочно показує хід процесів, а у навчальній програмі з фізики рекомендовано використання графіків під час вивчення теплових явищ та серед державних вимог до рівня навчальних досягнень учнів зазначено вміння учнів розуміти і аналізувати графіки теплових процесів, розв’яжемо задачу графічно, попередньо уточнивши, що $m_1 = 1{,}0$ кг, $t_1 = -100$ ºС, $m_2 = 1{,}0$ кг, $t_2 = 100$ ºС. Практика показує, що саме графічний метод більш повно розкриває фізичний зміст задачі, є раціональним, зрозумілим і простішим для відтворення учнями [83].

Досить високу інформативність і значний педагогічний ефект під час розв’язування задач дають графіки залежності температури від кількості теплоти, як це пропонують кілька авторів [3], [4], [137], на відміну від графіків залежності температури від часу, які здебільшого можна зустріти в сучасних підручниках та збірниках задач. Розв'яжемо задачу графічно з використанням динамічного транспаранту.

1. Побудуємо в зошиті кількісний графік залежності t від Q при нагріванні льоду масою $m_1 = 1{,}0$ кг від – 100 ºС до 100 ºС (рис. 2.29).

Масштаб обираємо наступний: на осі кількості теплоти 2 клітинки відповідають 100 кДж, а на осі температури 1 клітинка відповідає 20 ºС. Ділянки графіка відповідають нагріванню льоду, його плавленню і нагріванню води, що утворилась з льоду.

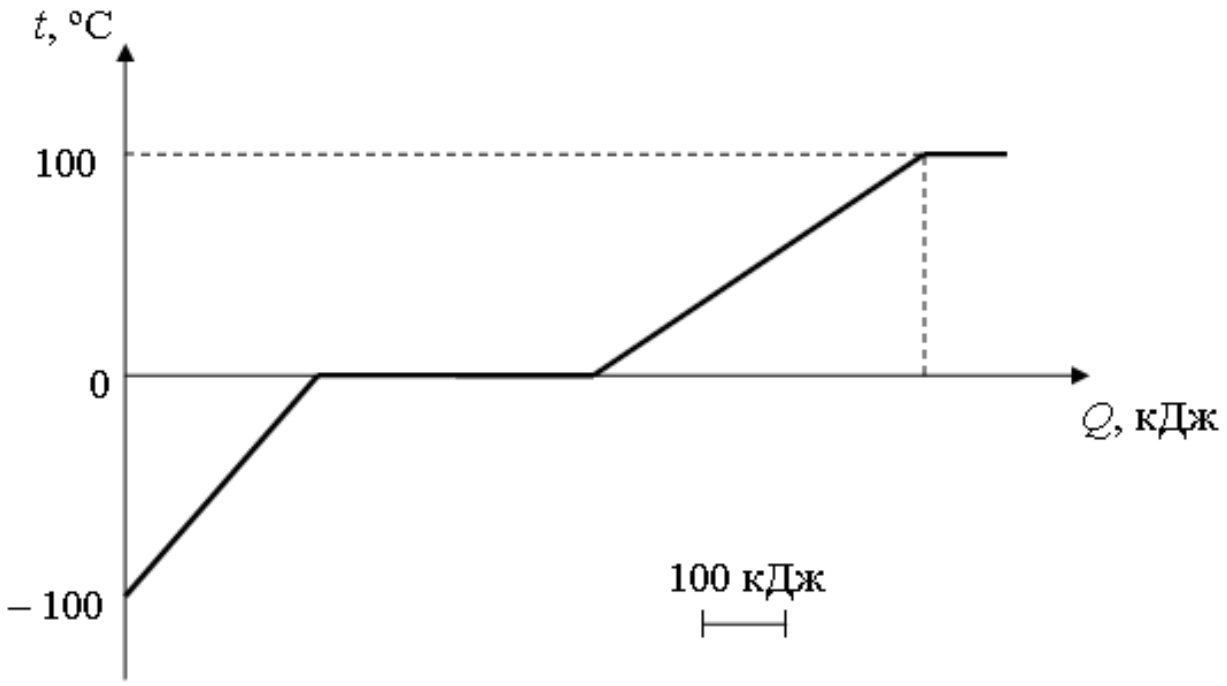


Рис. 2.29

2. Ставимо учням питання: чи можемо побудувати графік залежності t від Q при охолодженні води масою $m_2 = 1{,}0$ кг від 100 ºС до – 100 ºС? Який вигляд матиме цей графік? Чи будуть графіки охолодження води і нагрівання льоду схожими? Чи можна одержати графік для охолодження води із щойно побудованого графіку для нагрівання льоду? Разом з учнями приходимо до висновку, що вигляд графіка для охолодження води буде дзеркально відображеним до графіку для нагрівання льоду відносно осі температури.

3. Перенесемо графік (рис. 2.29) на прозору кальку (шматок файлу), дзеркально відобразивши його відносно осі температури. Одержимо графік залежності t від Q при охолодженні води масою $m_2 = 1{,}0$ кг від 100 ºС до – 100 ºС (рис. 2.30). Ділянки графіка відповідають охолодженню води, її кристалізації і охолодженню льоду, що утворився з води.

Щоб графіки візуально відрізнялись, використовуємо метод кодування кольором. На практиці склалося так, що у випадку $Q > 0$ графік малюємо червоним олівцем, а у випадку $Q < 0$ – синім.

Ми пропонуємо зобразити напрям зростання кількості теплоти стрілкою вліво, як це показано на рис. 2.30, щоб зобразити той факт, що кількості теплоти відповідають від'ємні значення.

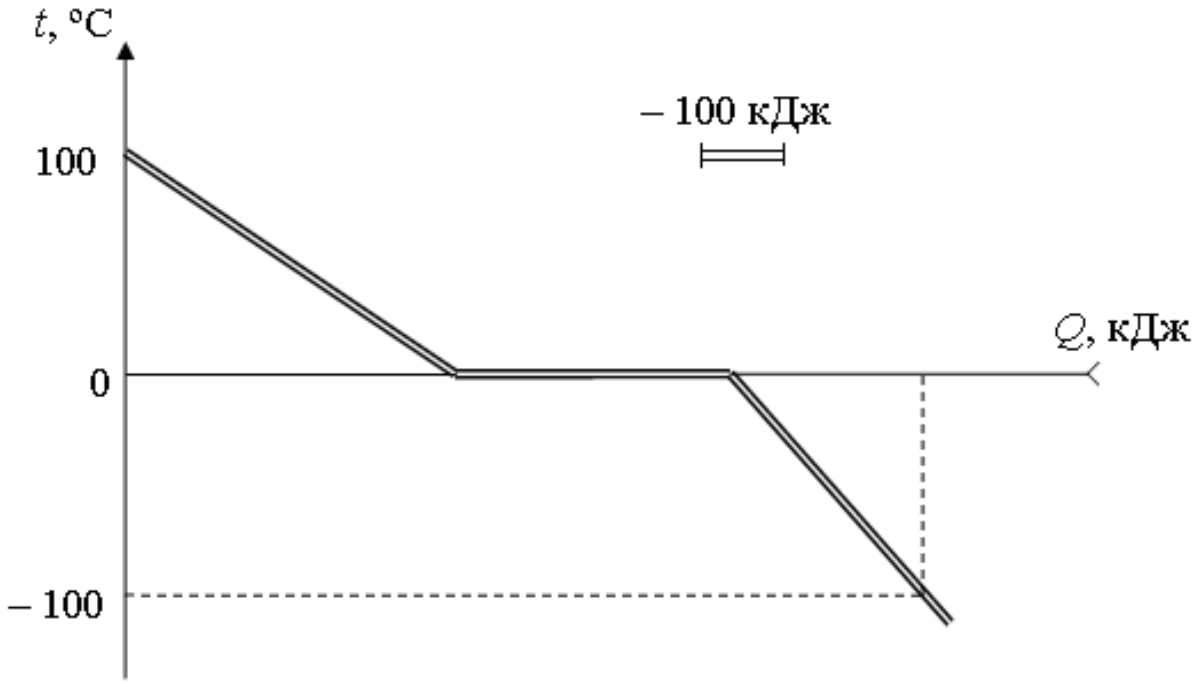


Рис. 2.30

4. Накладемо прозору кальку з графіком (рухомий транспарант) на графік в зошиті (нерухомий транспарант). За точкою перетину графіків (рис. 2 31) можна визначити, як відбувається теплообмін, кінцеву температуру, скільки розплавиться льоду чи скільки замерзне води.

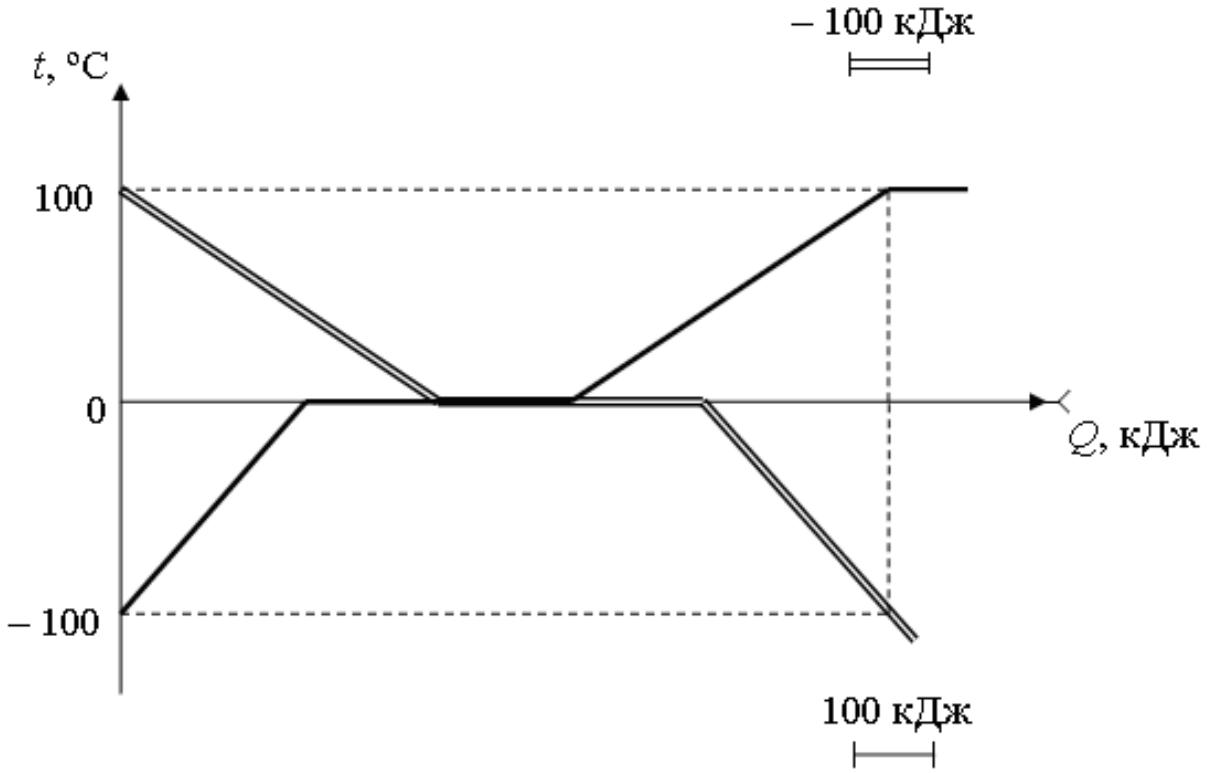


Рис. 2.31

Координата t точки перетину графіків є кінцевою температурою $t = 0$ ºС, яка буде в калориметрі після встановлення теплової рівноваги.

На графіку видно, що лід забирає стільки теплоти, скільки віддає вода. Вода охолоне до 0 ºС і віддасть $Q_1 = c_в\, m_2\, (t - t_2) = -420$ кДж теплоти, а лід нагріється до 0 ºС, забравши $Q_2 = c_л\, m_1\, (t - t_1) = 210$ кДж теплоти, і почне плавиться, але розплавиться не весь.

Записавши рівняння теплового балансу $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$, знайдемо, що на плавлення льоду йде $Q_3 = -Q_1 - Q_2 = 420$ кДж $- 210$ кДж $= 210$ кДж.

Отже, льоду розплавиться $m = Q_3 / \lambda_л \approx 0{,}60$ кг.

Слід зазначити, що з використанням цих динамічних транспарантів аналогічно можна розв'язати задачі, в яких температура льоду $t_1 > -100$ ºС і температура води $t_2 < 100$ ºС. В цьому випадку рухомий транспарант необхідно рухати вздовж горизонтальної осі до осі температури так, щоб відповідний графік перетнув вісь температури в точці, яка відповідає початковій температурі льоду (води).

Змінимо умову попередньої задачі. Нехай температура льоду в калориметрі $t_1 = -10$ ºС. Графічне розв'язання задачі (рис. 2.32) покаже, що весь лід розтане і трохи нагріється тоді, як вода охолоне майже до 0 ºС, але не замерзатиме.

Розглянемо випадок, коли температура води в калориметрі $t_2 = 25$ ºС. Графічне розв'язання задачі (рис. 2.33) покаже, що після встановлення теплової рівноваги в калориметрі буде температура $t = 0$ ºС, лід нагріється до температури плавлення, але плавитись не буде, а вода, охолонувши до температури 0 ºС, частково замерзне. Лід забирає стільки теплоти, скільки віддає вода. Вода охолоне до 0 ºС і віддасть $Q_1 = c_в\, m_2\, (t - t_2) = -105$ кДж теплоти, а лід нагріється до 0 ºС, забравши $Q_2 = c_л\, m_1\, (t - t_1) = 210$ кДж теплоти. Записавши рівняння теплового балансу $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ і розв'язавши його відносно Q_3, знайдемо, що кристалізуючись вода віддасть $Q_3 = -Q_1 - Q_2 = 105$ кДж $- 210$ кДж $= -105$ кДж.

Отже, води замерзне $m = Q_3 / \lambda_л \approx 0{,}30$ кг.

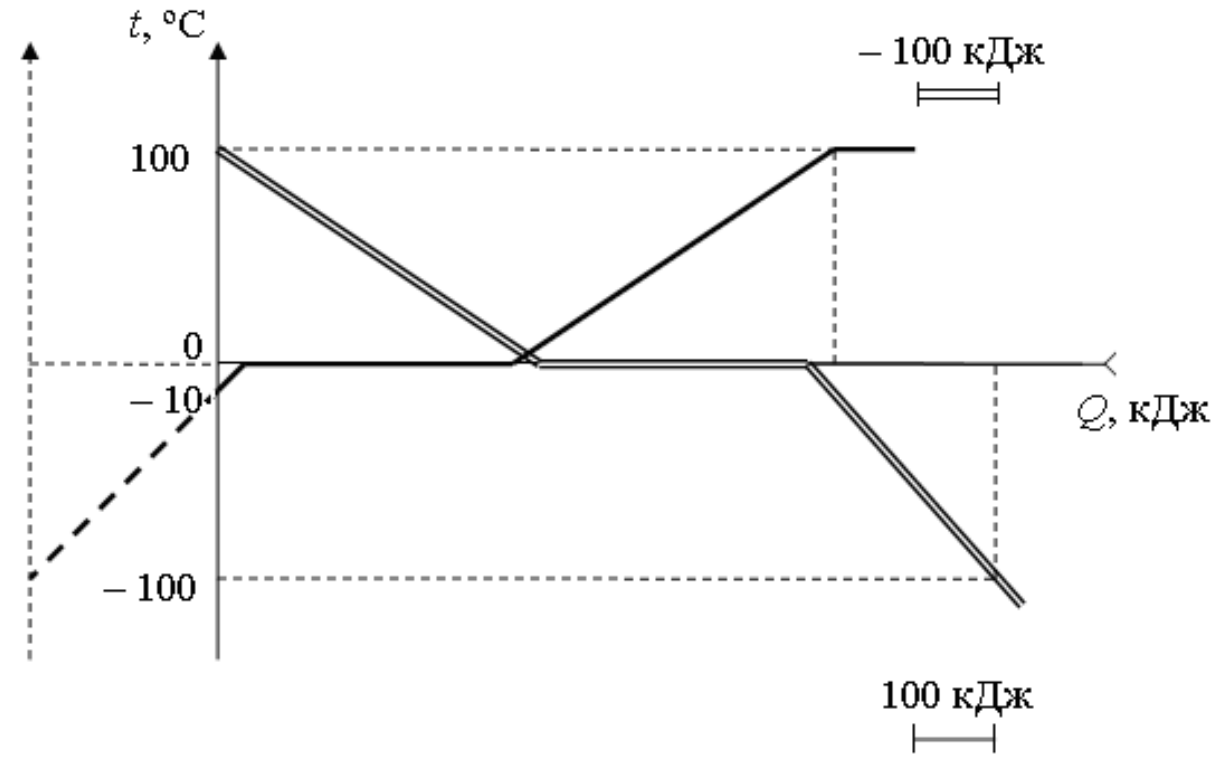


Рис. 2.32

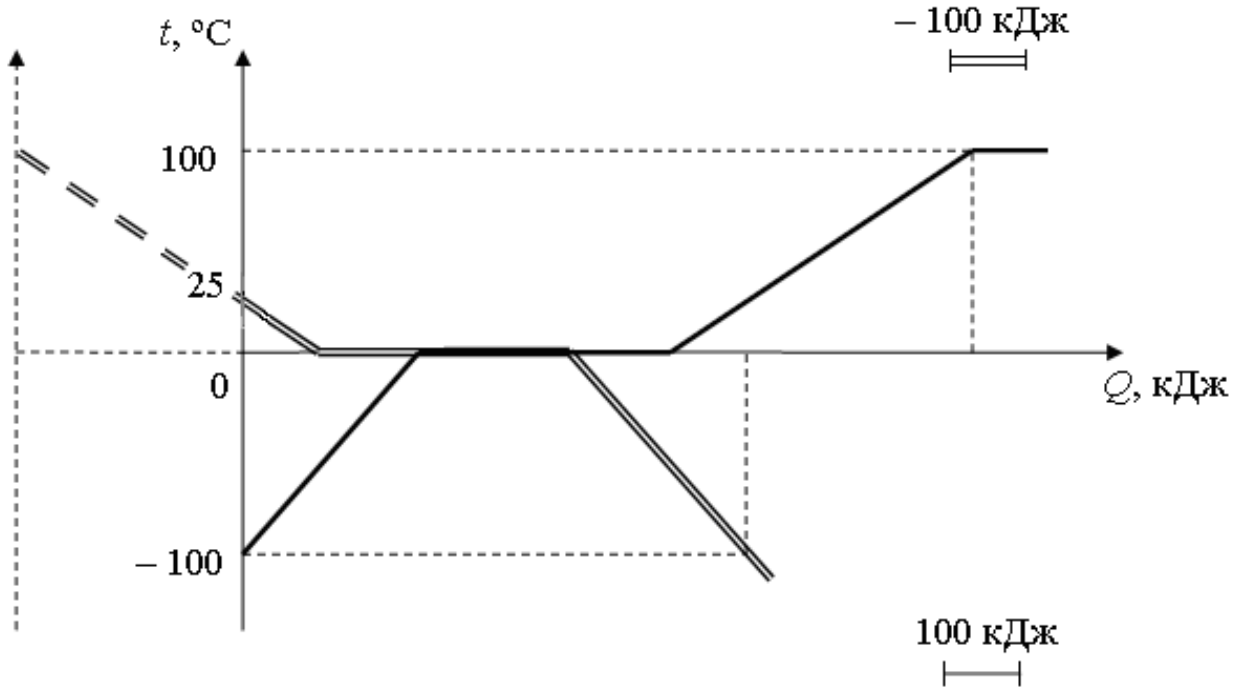


Рис. 2.33

При потребі розв'язок задач можна перевірити кількісно.

При розв’язанні задач на рівняння теплового балансу графічним методом з використанням динамічних транспарантів важливо керувати діяльністю учнів на уроці. Ми рекомендуємо виготовити прозорі динамічні транспаранти для графопроектора, перенісши на прозору плівку чи шматок файлу графіки, які будуватимуть учні (рис. 2.29 і 2.30) та ілюструвати учням на екрані через графопроектор кожен наступний крок розв’язування задачі.

На закріплення використання графічного методу для розв’язування задач на рівняння теплового балансу можна запропонувати учням розв’язати вдома з використанням тих же динамічних транспарантів зворотну задачу.

Задача 2.12. У посудину з окропом масою 1,0 кг кидають шматок льоду масою 1,0 кг. При якій температурі треба взяти лід, щоб: а) половина льоду розтанула? б) щоб весь лід розтанув? в) щоб вся вода замерзла? г) щоб встановилась температура води 40 ºС? 50 ºС? 60 ºС?

Аналізуючи аналітичний і графічний способи розв'язку задач на рівняння теплового балансу, можна зробити висновок, що в запропонованих задачах поєднання графічного і аналітичного методів є більш раціональним, зрозумілим і простішим для відтворення учнями, ніж розв’язування лише аналітичним методом. Перш ніж розв’язувати з учнями такі складні задачі, необхідно їх навчити розв’язувати простіші задачі на рівняння теплового балансу аналітично.

Не менш важливим при вивченні теплових явищ є розуміння учнями сутності закону збереження енергії в теплових процесах, розгляд якого варто проводити з використанням енергетичних діаграм. Використання енергетичних діаграм можливе не лише для ілюстрації закону збереження повної механічної енергії, а і для ілюстрації пояснення зміни різних видів енергії та закону збереження енергії в теплових процесах.

Ми пропонуємо використовувати енергетичні діаграми для ілюстрації змін енергії в теплових процесах, які відбуваються при нагріванні, плавленні (кристалізації), випаровуванні (конденсації) речовини та згорянні палива. Проілюструємо це на прикладі згоряння палива та при виробництві

електричної енергії на тепловій електричній станції. Енергетичні діаграми зміни енергії логічніше зображати вертикальними, оскільки зміни ентропії в необоротних теплових процесах завжди додатні.

На рис. 2.34 зображено діаграму зміни енергії при згорянні палива.

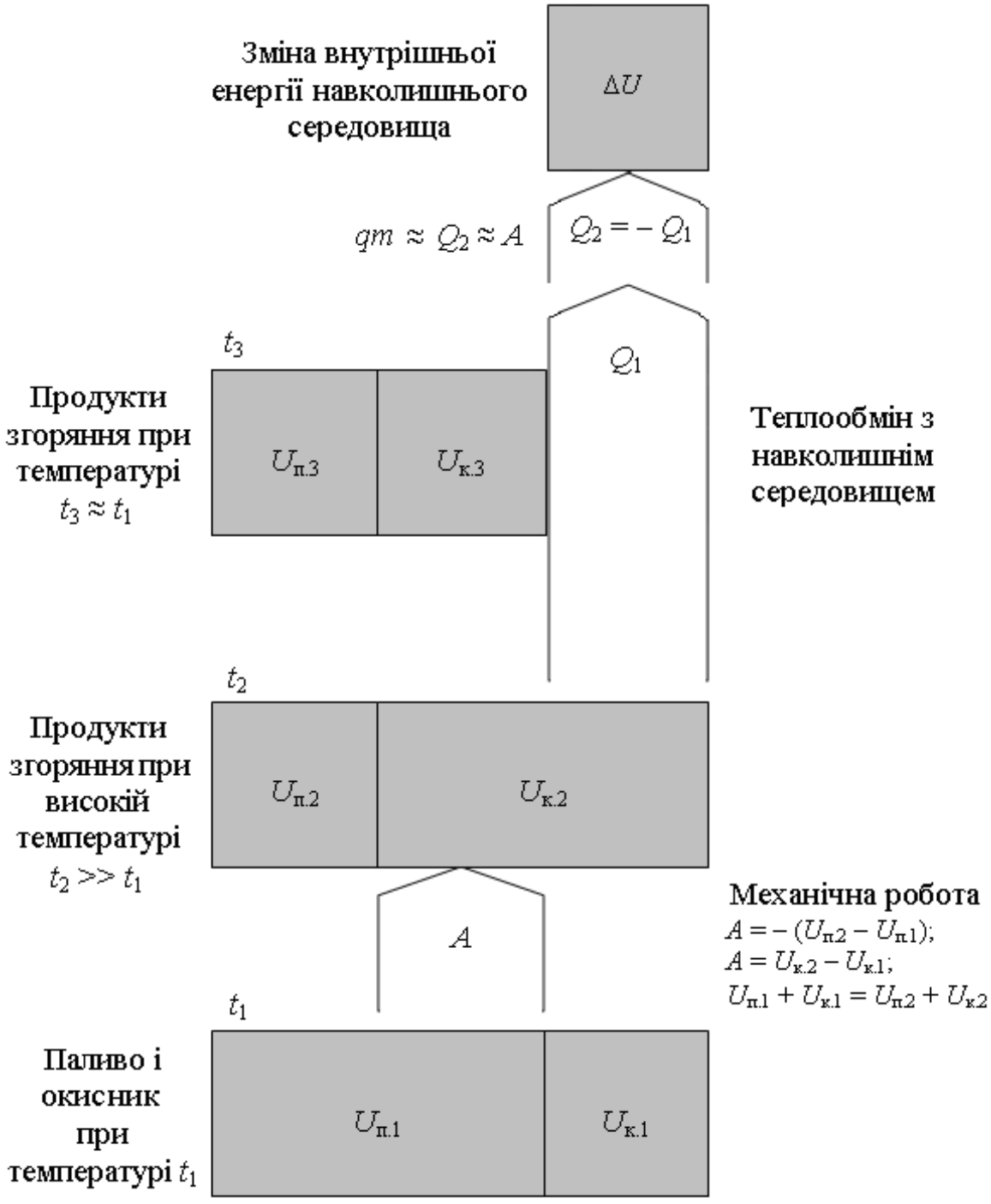


Рис. 2.34

Внутрішню енергію можна змінити двома способами (явищами): механічною роботою і теплообміном. Під час згоряння палива об’єднуються молекули палива і окисника. Потенціальна складова внутрішньої енергії

палива і окисника зменшується від $U_{п.2}$ до $U_{п.2}$. за рахунок механічної роботи A по об'єднанню молекул палива і окисника, яка йде на збільшення кінетичної складової внутрішньої енергії продуктів згоряння від $U_{к.1}$ до $U_{к.2}$.

На скільки зменшилася потенціальна складова внутрішньої енергії, на стільки ж збільшилася її кінетична складова. Збільшенню кінетичної складової внутрішньої енергії відповідає збільшення температури продуктів згоряння від t_1 до t_2, при чому $t_2 >> t_1$.

Робота внутрішніх сил A дорівнює зміні потенціальної енергії, взятої з протилежним знаком:

$$A = -(U_{п.2} - U_{п.1});$$
$$A = U_{к.2} - U_{к.1};$$
$$-(U_{п.2} - U_{п.1}) = U_{к.2} - U_{к.1};$$
$$U_{п.1} + U_{к.1} = U_{п.2} + U_{к.2}.$$

Внаслідок теплообміну з навколишнім середовищем продукти згоряння охолоджуються від температури t_2 до температури навколишнього середовища $t_3 \approx t_1$. Зменшується і кінетична складова внутрішньої енергії від $U_{к2}$ до $U_{к3}$: $U_{к.3} - U_{к.2} = Q_1$.

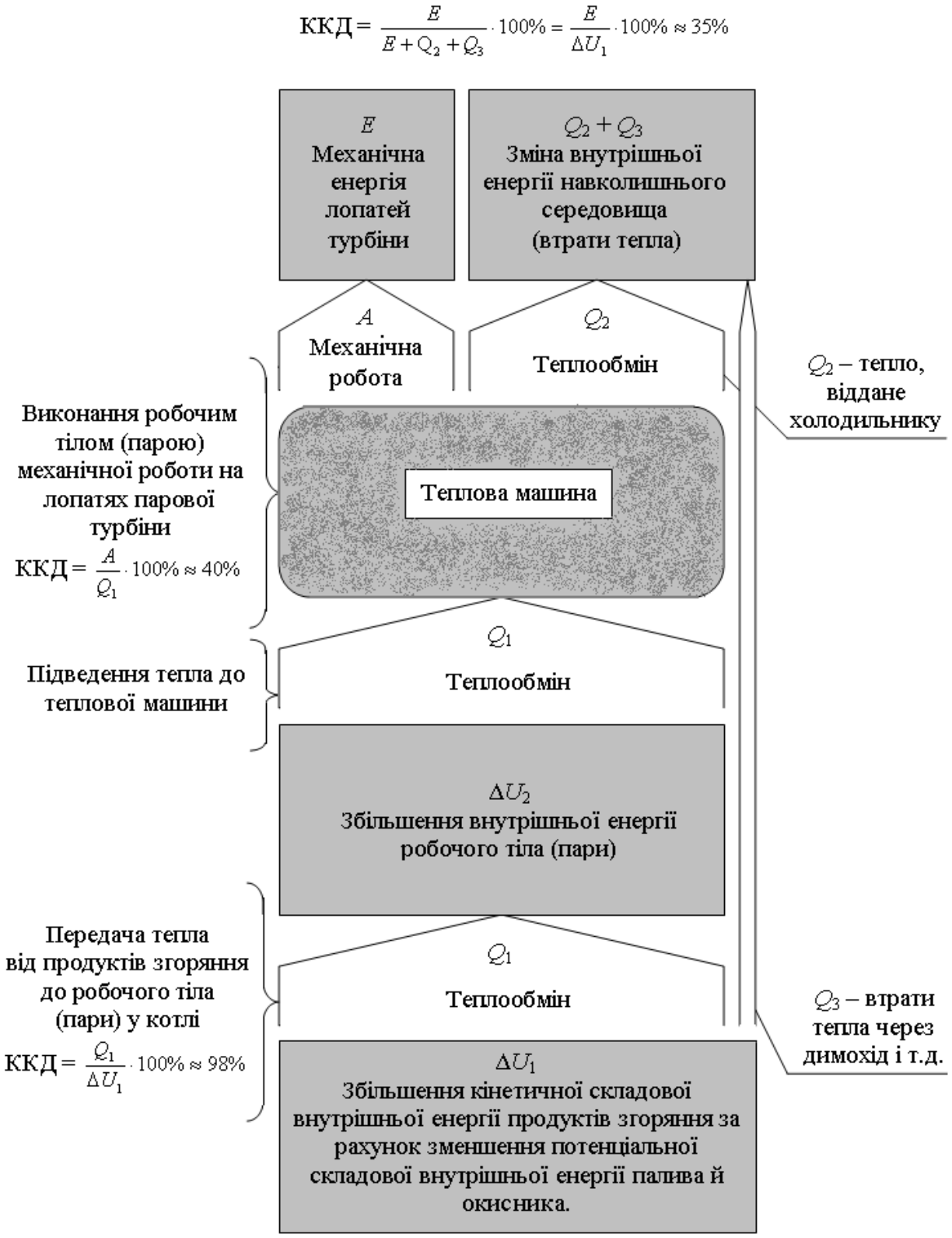
Оскільки $U_{к3} < U_{к2}$, то кількість теплоти $Q_1 < 0$. Продукти згоряння при початковій температурі t_2 віддають тепло навколишньому середовищу.

Навколишнє середовище, навпаки, одержує тепло $Q_2 = -Q_1$. Оскільки $A \approx -Q_1$, то $A \approx Q_2 = qm$. Аналіз діаграми дозволяє зробити такий висновок: питома теплота згоряння палива показує, на скільки потенціальна складова внутрішньої енергії палива з окисником масою 1 кг більша за потенціальну складову внутрішньої енергії продуктів згоряння.

Кожен вид енергії на діаграмах зображено у вигляді прямокутників однакової висоти, ширина яких відповідає енергії в певному масштабі. Сума всіх видів енергії для кожного стану залишається сталою, що ілюструє закон збереження енергії.

Енергетичні діаграми, що ілюструють зміни енергії на тепловій електричній станції показано на рис. 2.35. На діаграмі кожен вид енергії

подано у вигляді прямокутника з шириною, що відповідає значенню енергії в певному масштабі.



Згоряння палива в топці котла – механічна робота по об'єднанню молекул палива і окисника. У процесі зменшується потенціальна складова внутрішньої енергії і на стільки ж збільшується кінетична складова.

Рис. 2.35

Коефіцієнт корисної дії парової турбіни, яку використовують на тепловій електричній станції, дорівнює: ККД = $A/Q_1 = (Q_1 - Q_2)/Q_1 \approx 40\%$, що схематично відображено на діаграмі, оскільки ширина прямокутника, який відповідає механічній енергії парової турбіни, у відповідну кількість разів менша, ніж ширина прямокутника, який відповідає кількості теплоти Q_1, що підводять до теплової машини.

Кожна зміна стану має свій коефіцієнт корисної дії, що також відображено на діаграмі. Механічна енергія лопатей турбіни становить лише 35% від кількості теплоти, яка виділяється під час згоряння палива в топці котла теплової електростанції. Втрати тепла становлять 65%. На діаграмах сума всіх видів енергії для кожного стану залишається сталою, тому вони не лише ілюструють передачу тепла від одного тіла до іншого і виконання механічної роботи, а є ілюстрацією закону збереження енергії.

Енергетичні діаграми ілюструють також зміни енергії при роботі газової турбіни, двигуна внутрішнього згорання, парової машини та реактивного двигуна. Оскільки в кожної з таких машин різний коефіцієнт корисної дії, то і втрати тепла (втрати енергії) теж будуть різними, тому використання енергетичних діаграм сприяє більш повному розумінню учнями поняття коефіцієнта корисної дії теплових машин.

Подані енергетичні діаграми можна розмістити на стенді "Сьогодні на уроці", щоб дати учням можливість самостійно ознайомитись з діаграмами та проаналізувати їх.

Проведені педагогічні дослідження показали, що використання енергетичних діаграм для ілюстрації зміни енергії в теплових процесах сприяє активізації пізнавальної діяльності учнів, розвиває їхнє мислення, наочніше ілюструє зміни енергії для конкретного випадку, ілюструє закон збереження енергії, допомагає учням краще зрозуміти фізичні явища і підвищує результативність навчальної діяльності учнів [81].

Слід звернути увагу на те, що графічний метод дозволяє розв’язати багато різнопланових задач. Оскільки задачі невизначені, то вони вимагають

від учнів дослідження, а саме це сприяє розвитку творчих здібностей і креативного мислення учнів. Розв'язування задач на рівняння теплового балансу графічним методом дозволяє не тільки сформувати в учнів вміння читати, розуміти, опрацьовувати, інтерпретувати і будувати графіки теплових процесів, а довести ці вміння до рівня складової предметної компетентності учнів та реалізувати компетентнісний підхід в навчанні фізики в основній школі.

2.5. Розв'язування графічних задач під час вивчення електромагнітних явищ

У навчальній програмі з фізики безпосередньо не вказано про використання графіків під час вивчення електромагнітних явищ. Проте аналіз підручників показав, що більшість авторів використовує графічний метод для реалізації проблемного викладу матеріалу під час вивчення функціональних залежностей [19], [100], [106], [161], [174], [196]. Так, графічне представлення супроводжує вивчення закону Ома для однорідної ділянки кола, залежності опору провідника від довжини, площі поперечного перерізу та речовини, з якої виготовлено провідник, залежності опору металів і напівпровідників від температури тощо. Виконання лабораторних робіт з електрики полягає у перевірці функціональних залежностей, які відображають закони постійного струму. Перевірка і встановлення функціональних залежностей здійснюється графічним методом.

Вивчення електромагнітних явищ теж можливе з використанням елементів графічного методу, які забезпечують виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів (табл. 2.1, с. 52). Відповідність державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів та використання графічного методу на різних етапах навчальної діяльності учнів подано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Використання графічного методу для розв’язування задач під час вивчення електромагнітних явищ

№ з/п	Державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів	Порядковий номер елементу графічного методу в таблиці 2.1 (с. 52)	Як реалізується		
			вивчення нового матеріалу (проблемний виклад матеріалу)	виконання лабораторних робіт	розв’язування задач
1	2	3	4	5	6
1.	Знає і розуміє закон Ома для ділянки кола, формулу залежності опору провідника від його довжини, площі поперечного перерізу, температури.	3	+		
2	Знає і розуміє формулу опору для паралельного з'єднання, вміє застосовувати набуті знання у процесі розв’язування фізичних задач.	6			+
3.	Вміє розраховувати спожиту електричну енергію.	4, 5			+
4.	Уміє застосовувати набуті знання у процесі виконання лабораторних робіт.	8		+	

Ряд задач можна розв’язати з використанням номограм, зокрема, довести, що при паралельному з'єднанні загальний опір менший від найменшого, проаналізувати, за якого опору потужність найбільша і т.д.

Ряд задач на вивчення законів постійного струму можна розв’язати з використанням номограми з вирівнюваними точками. Номограми з вирівнюваними точками відрізняються від транспарантних номограм,

описаних в пункті 2.4 дисертації, тим, що на динамічному транспаранті відсутня шкала. Для обчислень за номограмою транспарант накладають на основну площину так, щоб точки на шкалах основної площини, які відповідають відомим величинам, лежали на одній прямій. Відповіддю буде значення точки перетину транспаранта із шкалою шуканої величини на основній площині.

На рис. 2.36 зображено номограму з вирівнюваними точками для обчислення опору паралельно з'єднаних провідників $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$ (2.2) та ємності послідовно з'єднаних конденсаторів $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$ (2.3) та обчислення фокусної відстані F збиральної лінзи за формулою тонкої лінзи: $\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$ (2.4), де d – відстань від лінзи до предмета, f – відстань від лінзи до зображення. Наприклад, загальний опір паралельно з'єднаних резисторів опорами R_1 = 4,0 Ом і R_2 = 5,0 Ом становить R = 2,2 Ом (рис. 2.36).

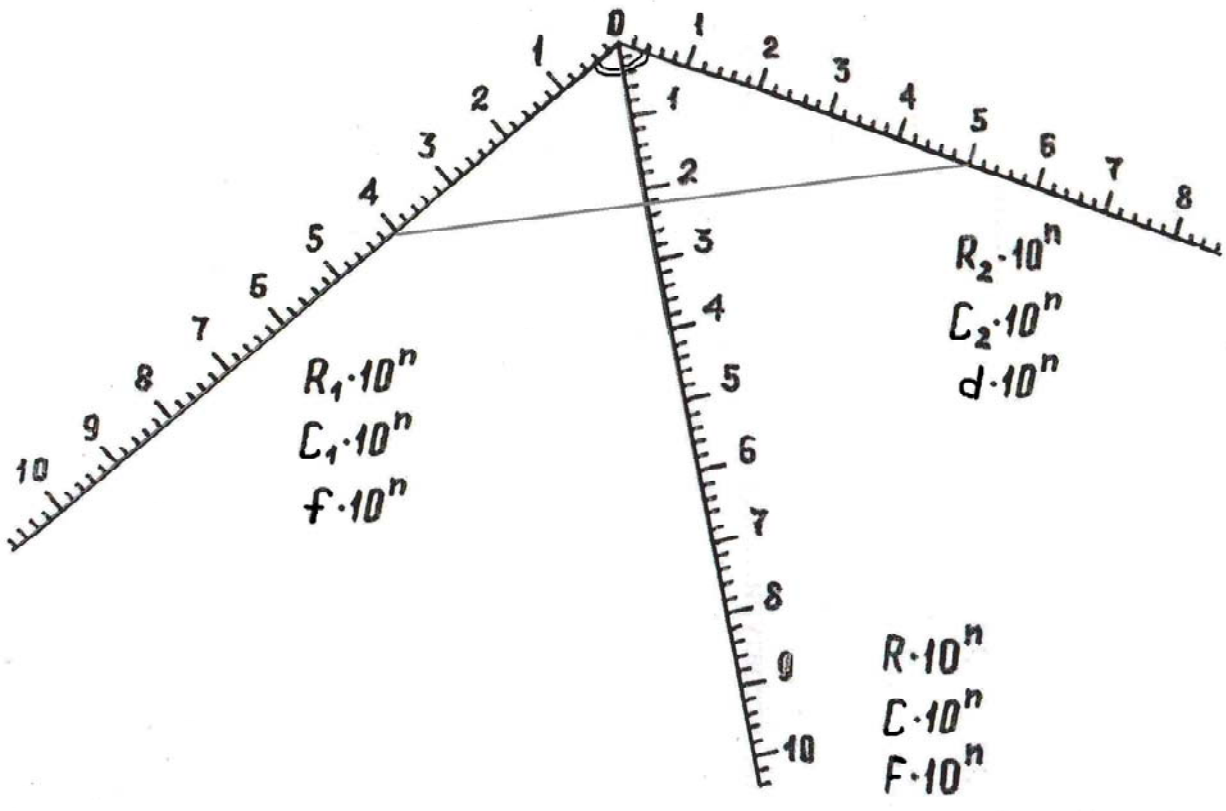


Рис. 2.36

У таблицях Брадіса середня шкала є бісектрисою кута, утвореного двома крайніми шкалами. При цьому шкали не є однаковими – середня шкала відрізняється від двох крайніх [23]. Щоб шкали були рівномірними і однаковими, необхідно щоб кути між шкалами були по 60º кожен.

Ми пропонуємо номограму на рис. 2.36 доповнити ще однією шкалою (рис. 2.37). Таку номограму зручно використовувати для наближеного обчислення опору паралельно з'єднаних провідників або ємності послідовно з'єднаних конденсаторів, якщо елементів більше двох. В цьому випадку спочатку знаходять опір перших двох $\frac{1}{\mathrm{R}_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, далі до цього результату "додають" третій опір $\frac{1}{\mathrm{R}_{1,2,3}} = \frac{1}{R_{1,2}} + \frac{1}{R_3}$ і т.д.

Наприклад, $R_1 = 5{,}0$ Ом, $R_2 = 4{,}0$ Ом, $R_3 = 2{,}0$ Ом. За номограмою (рис. 2.37) $R_{1,2} = 2{,}2$ Ом, $R_{1,2,3} = 1{,}0$ Ом.

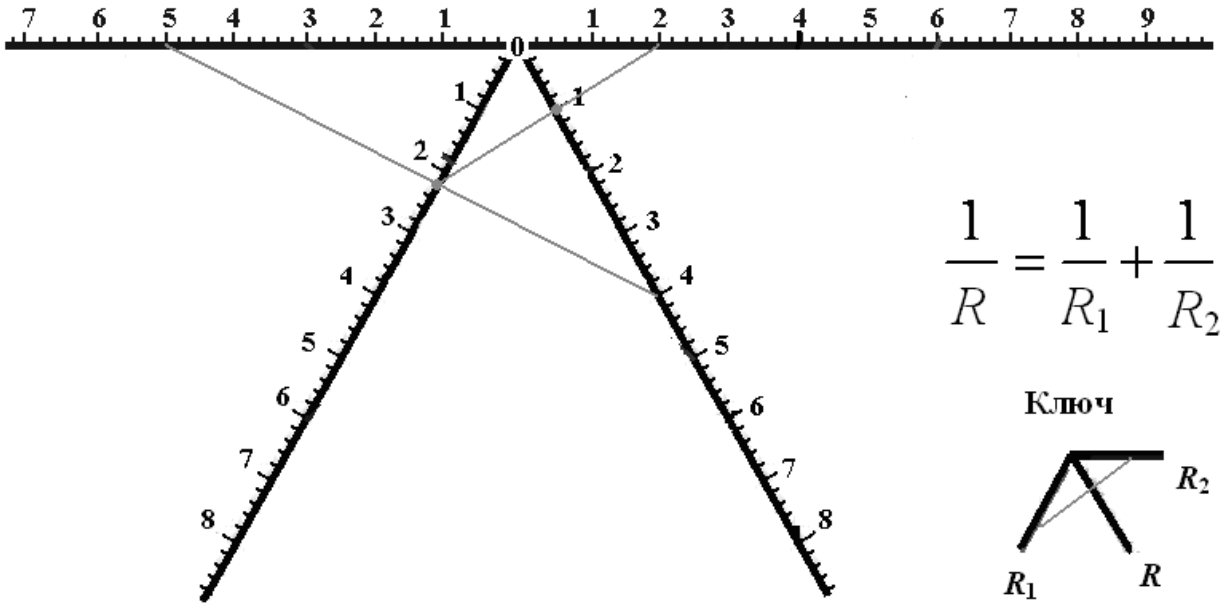


Рис. 2.37

Використовуючи цей вид номограм можна проаналізувати з учнями, що при паралельному з'єднанні провідників результуючий опір завжди менший від найменшого, що видно з попереднього прикладу, тоді як велика

кількість обчислень не дозволяє це продемонструвати аналітично за короткий час при різних кількостях і значеннях опорів. Аналогічний висновок можна зробити і про послідовне з'єднання конденсаторів – результуюча ємність менша від найменшої.

Учні класів з поглибленим вивченням фізики проводять розрахунки простих та розгалужених електричних кіл. Використання номограми дозволить розв’язувати задачі на мішане з'єднання, оскільки не вимагатиме від учнів громіздких обчислень. З використанням номограми (рис. 2.37) можна розв’язати з учнями на уроці наступну задачу.

Задача 2.13. Обчисліть загальний опір контуру, схема якого зображена на рис. 2.38, якщо r = 10 Ом.

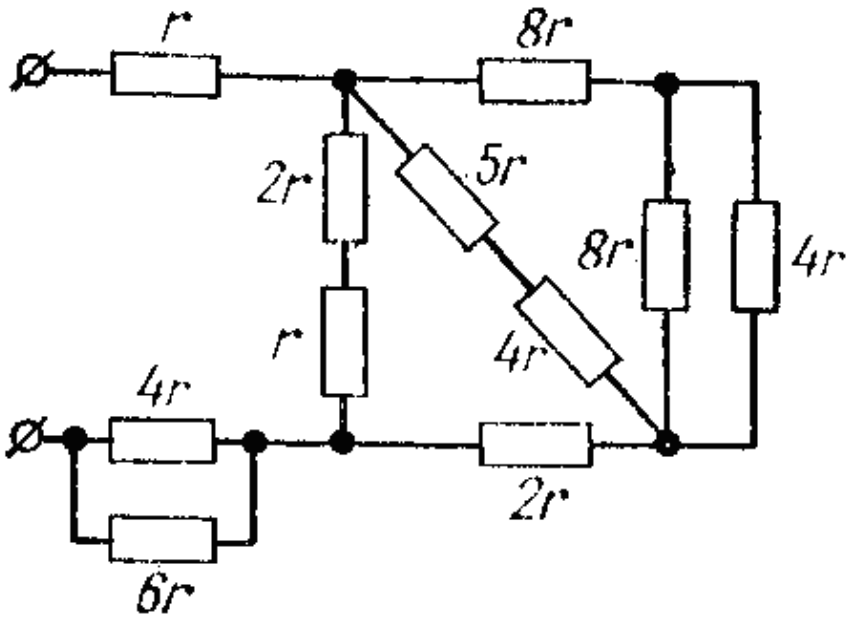


Рис. 2.38

Поступово розв’язуючи задачу, необхідно декілька разів обчислювати загальний опір кількох паралельно з’єднаних резисторів. Без використання номограми цей процес займатиме багато часу, особливо з учнями, в яких низький рівень математичної підготовки, а тому розв’язання такої задачі на уроці стає неможливим. Простіші задачі на мішане з'єднання теж можна розв’язати з використанням номограми (рис. 2.37).

Номограма на рис. 2.39 дозволяє за будь-якими двома відомими величинами знайти інші дві величини.

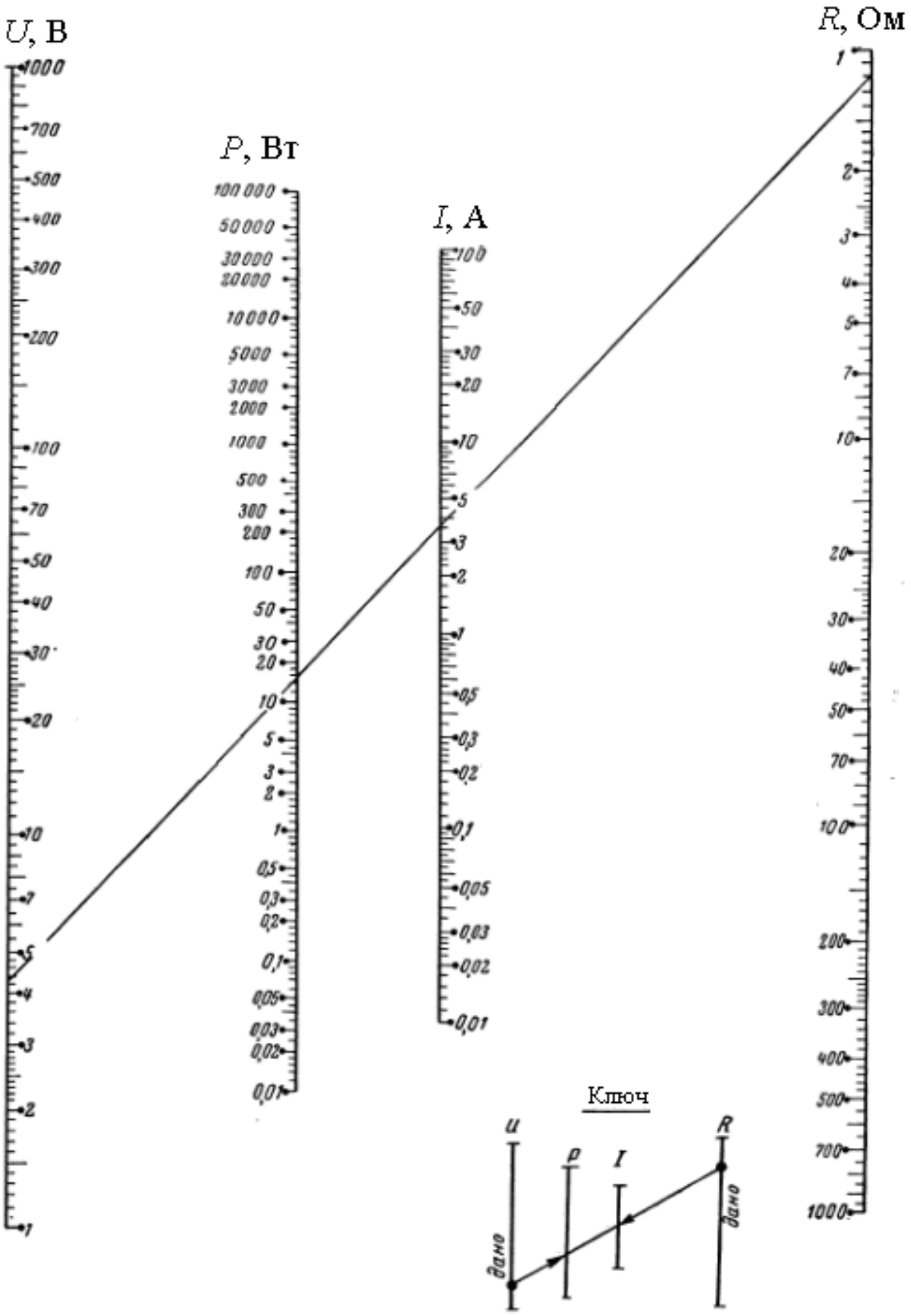


Рис. 2.39

Для цього відомі величини відкладають на відповідних шкалах і точки з’єднують динамічним транспарантом без шкали. Перетин цього динамічного

транспаранту з двома іншими шкалами дасть шукані значення величин.

Наприклад: R = 1,2 Ом, U = 4,3 В. Відповідь: I = 3,6 А, P = 15 Вт [166].

Ми пропонуємо використовувати номограми такого виду для розв'язку ряду задач, наприклад на дослідження джерела струму тощо.

Розглянемо використання графіків для дослідження електричного кола. Пропонується дослідити електричне коло з послідовно з'єднаних джерела напруги, шкільного реостата на 6–8 Ом та вимикача. Для вимірювання сили струму та напруги використовується шкільний амперметр і вольтметр відповідно. Результати сумісних вимірювань та результати обчислень вносять до таблиці.

Задача 2.14. Склавши коло за схемою (рис. 2.40), за результатами сумісних вимірювань I та U дослідити залежність потужності в зовнішньому колі від опору кола $P = f(R)$.

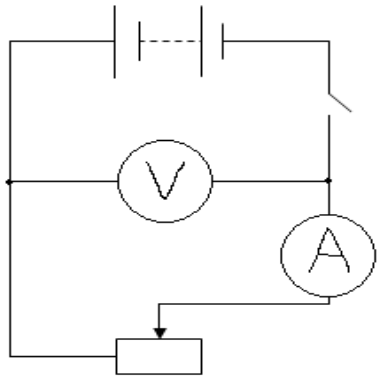


Рис. 2.40

Результати сумісних вимірювань U та I при зміні опору зовнішнього кола R подано в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Результати сумісних вимірювань напруги та сили стуму
і результати обчислень опору зовнішнього кола та потужності

№ з/п	I, А	U, В	R, Ом	P, Вт
1.	0,50	4,0	8	2
2.	0,75	3,5	4,6	2,5
3.	1,00	3,0	3	3
4.	1,25	2,5	2	3,5
5.	1,50	2,0	1,3	3
6.	1,75	1,5	1	2,5
7.	2,00	1,0	0,5	2

Обчислимо потужність $P = IU$ та опір $R = \frac{U}{I}$. У колонки для R та P будемо вносити результати обчислень, які для швидкості та зручності можна наближено оцінити з використанням номограми (рис. 2.39).

За результатами обчислень потужності і опору будуємо графік залежності $P = f(R)$ (рис. 2.41). За побудованим графіком учні бачать, що у функціональній залежності $P = f(R)$ є максимум, тобто максимальна потужність в даному випадку буде $P = 3{,}5$ Вт при значенні опору $R = 2$ Ом, при подальшому збільшенні опору потужність зменшується.

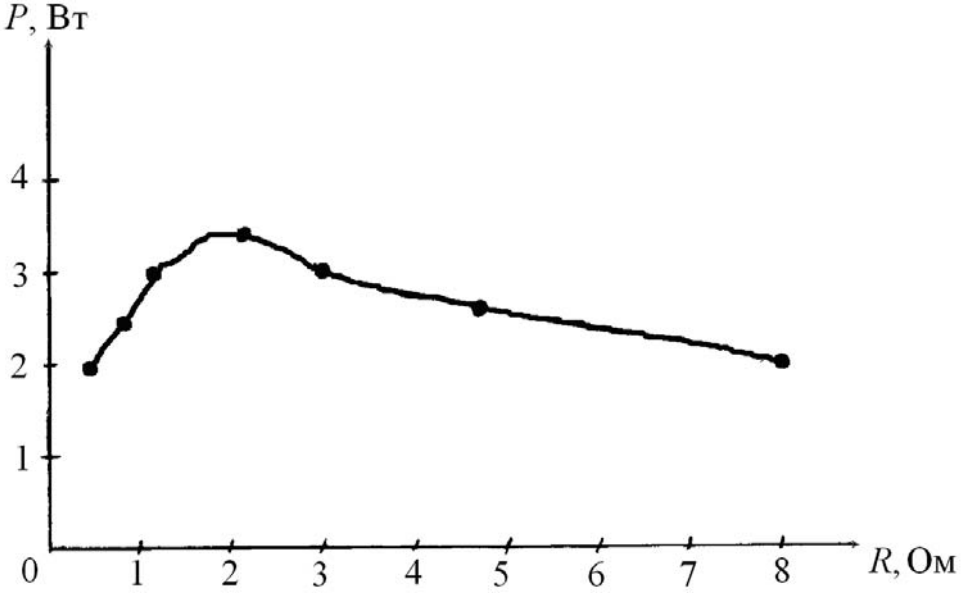


Рис. 2.41

Важливою для формування предметної компетентності учнів є розв’язання і аналіз наступної задачі.

Задача 2.15. На графіку (рис. 2.42) наведено залежність сили струму через автомобільну лампочку від напруги на ній.

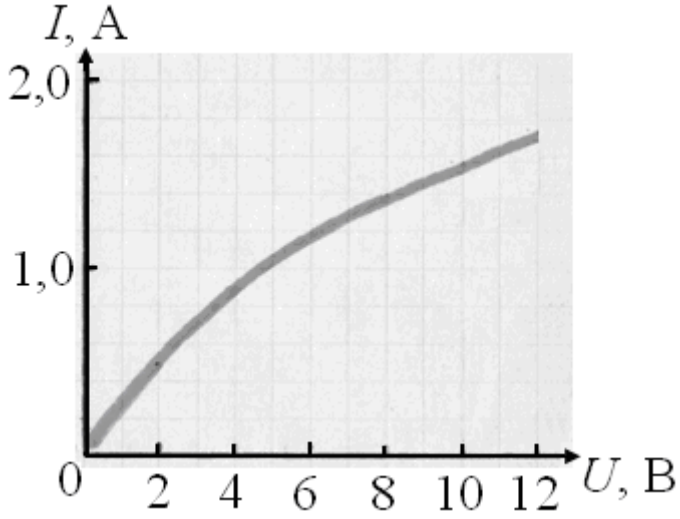


Рис. 2.42

Дайте відповіді на запитання:

1. Чому графік не є прямою лінією?

2. Який опір лампочки, коли напруга на ній 2 В? 4 В? 6 В? 8 В? 10 В? 12 В?

3. Чому опір лампочки змінюється?

4. Чи виконується в цьому випадку закон Ома для однорідної ділянки кола? Чому?

5. Яка потужність лампочки? Як її можна визначати?

Графік побудовано за експериментальними даними, а тому спонукає учнів замислитись над застосуванням знань з фізики в техніці та в повсякденному житті. Необхідно проаналізувати з учнями причини того, що графік має саме такий вигляд.

Розв'язати задачу можна з використанням графічного інтегрування, яке учні застосовували при вивченні механіки. Оскільки залежність не є лінійною, то площу, обмежену графіком, можна знайти за допомогою палетки, яку учні вміють використовувати для вимірювання площі ще з курсу природознавства. Таким чином, розв’язуючи таку задачу, можна активізувати пізнавальну діяльність учнів, систематизувати раніше одержані знання, мотивувати учнів до навчання, що сприятиме формуванню предметної компетентності.

Поряд з поняттям потужності вивчається також поняття роботи електричного струму, закон Джоуля-Ленца, електронагрівальні прилади та лічильник електричної енергії. Систематизувати ці поняття можна, розв’язуючи задачі, зміст яких наближений до реальних умов життєдіяльності людини.

Розглянемо задачу на економію електроенергії в побуті на прикладі приготування борщу з м’ясом на плитці з п’ятипозиційним регулятором потужності з використанням діаграми (графіка залежності потужності електроплитки від часу для кожного етапу приготування страви). Задачі такого типу запропонував О.О. Чінчой [191]. Зміст задачі наближений до

реальних умов життєдіяльності людини, однак ми пропонуємо розширити і деталізувати систему запитань, відповідаючи на які учні робитимуть висновки про можливості економії електричної енергії, вчитимуться розраховувати її вартість, з'ясовуватимуть принцип дії електроплитки з регулятором потужності, тобто застосовуватимуть одержані з фізики знання для реальних життєвих ситуацій.

Задача 2.16. Дано діаграму (графік залежності потужності електроплитки від часу) приготування борщу з м’ясом на плитці з п’ятипозиційним регулятором потужності (рис. 2.43). Така плитка складається з двох нагрівних елементів потужностями 400 Вт і 600 Вт, які можуть вмикатися окремо, послідовно і паралельно.

Дайте відповіді на запитання:

1. Яка потужність електроплитки при ввімкненні нагрівних елементів послідовно?

2. Яка потужність електроплитки при ввімкненні нагрівних елементів паралельно?

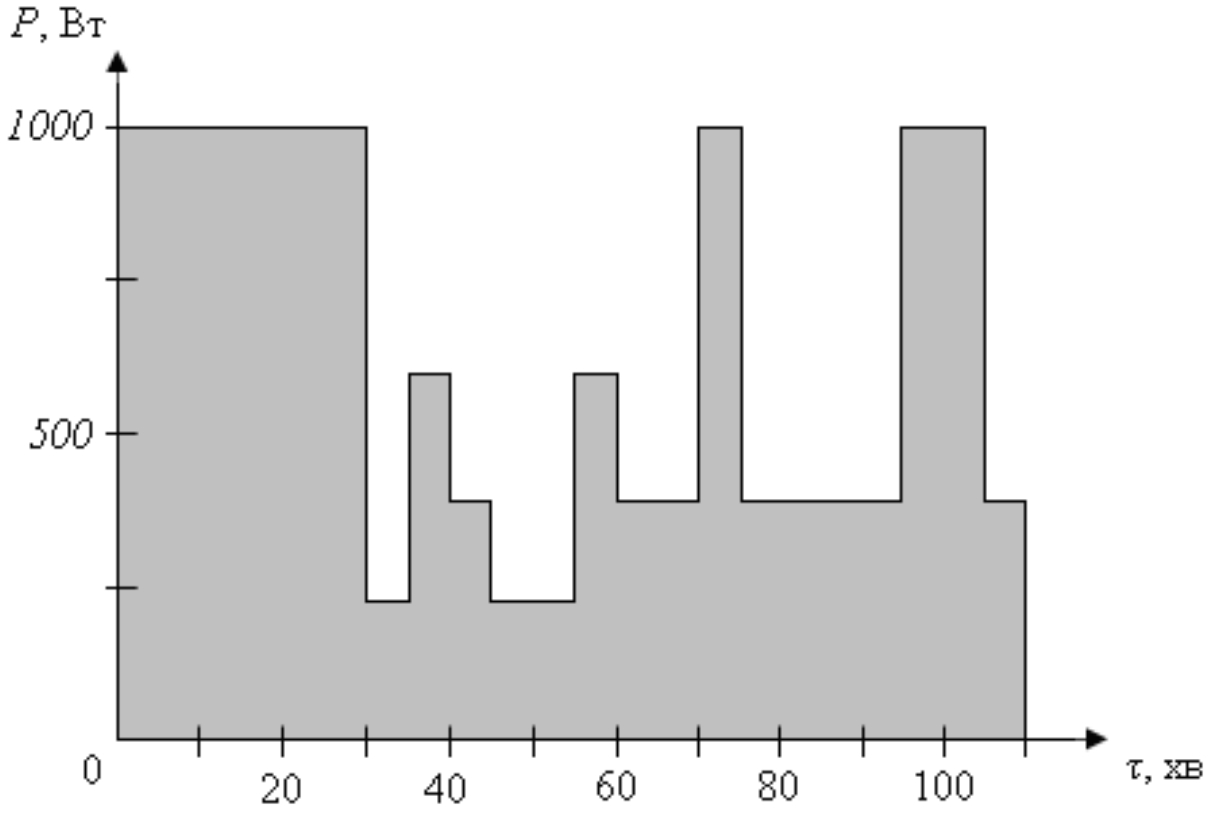


Рис. 2.43

3. Перелічіть значення потужності, які відповідають кожному положенню перемикача плитки у послідовності зростання потужності.

4. Які значення потужності електроплитки використовуються при приготуванні страви?

5. Яке значення потужності електроплитки на початковому етапі приготування страви? Яка послідовність перемикань?

6. Обчисліть кількість енергії окремо для кожного етапу приготування страви.

7. Обчисліть загальну споживану енергію. Виразіть її в кіловат-годинах.

8. Визначте вартість електроенергії (тариф 45,6 коп. за 1 кВт·год).

9. Чому така послідовність операцій під час приготування першої страви?

10. Скільки енергії затратилось би для приготування їжі, якби не було регулятора і потужність електроплитки була б 1000 Вт?

11. Доведіть, чому за відсутності регулятора потужності їжа б не приготувалась швидше.

12. Яка економія енергії? Що було б з використанням електричної енергії, якби не було регулятора?

Із діаграми можна зробити висновок, що на повну потужність конфорку електроплитки вмикають для швидшого розігрівання і доведення рідини до кипіння, а потім процес ведуть на мінімальних і середніх ступенях нагріву, тобто величина потужності не впливає на тривалість технологічного процесу приготування більшої кількості їжі.

Вміння учнів впізнавати фізичні явища у повсякденному житті, використовувати фізичні знання для пояснення особливостей їх перебігу, пояснення принципу дії побутових приладів є елементом предметної компетентності. Тому розв’язання такого типу задач є не тільки доцільним, а й необхідним.

2.6. Використання номограми під час розв'язування задач за формулою тонкої лінзи

Під час вивчення геометричної оптики розв'язання задач можливе з використанням номограми з вирівнюваними точками (рис. 2.37).

Для дослідження положення і розмірів зображення, які дає збиральна лінза, залежно від положення предмета відносно лінзи номограма набуде вигляду, показаному на рис. 2.44. Для розв'язування задач потрібно провести пряму лінію через точки на осях, що відповідають значенням величин, заданих умовою. Точка перетину прямої з віссю, що відповідає шуканій величині, буде розв'язком задачі.

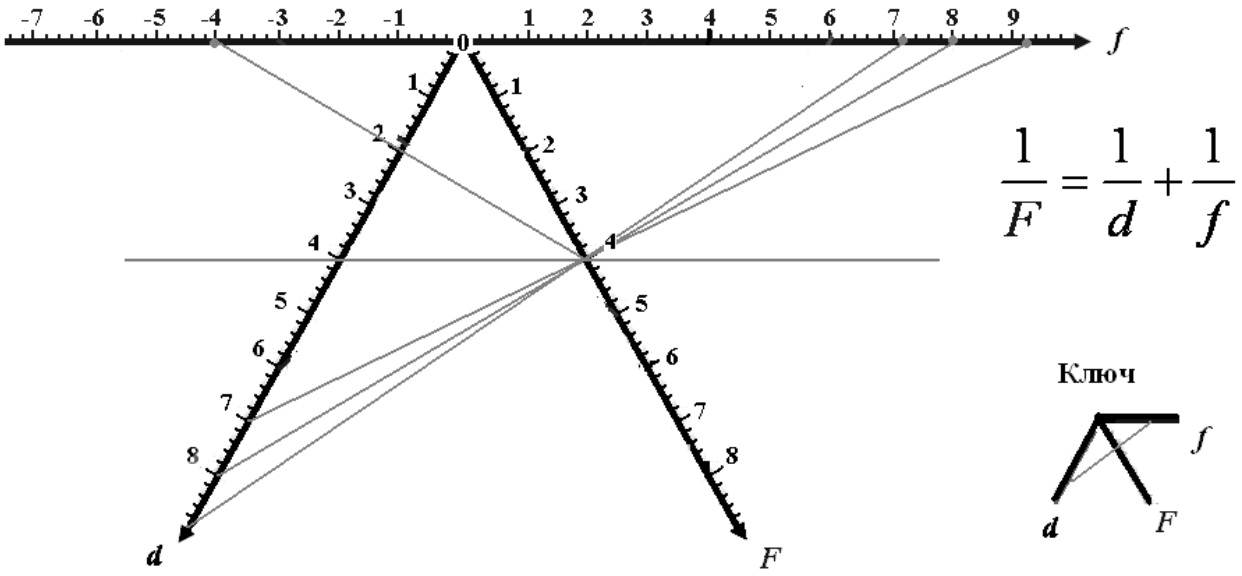


Рис. 2.44

Учням пропонується заповнити табл. 2.7, де значення F і d дано за умовою задачі, колонка значень f заповнюється з використанням номограми (рис. 2.44), а $\Gamma = |f| / d$ – збільшення лінзи, яке обчислюється за допомогою калькулятора.

При $d < F$ значення f знімається зі шкали з від'ємними значеннями. Мінус показує, що зображення уявне, а обчислене значення збільшення Γ показує, що зображення в цьому випадку збільшене. При $d = F$ зображення не

утворюється. В усіх інших випадках зображення дійсне, при чому коли $d > 2F$ – зменшене, $d = 2F$ – таке ж, як і предмет, $F < d < 2F$ – збільшене.

Таблиця 2.7

Результати дослідження положення і розмірів зображення, які дає збиральна лінза, залежно від положення предмета відносно лінзи

	F, 10^{-2} м	d, 10^{-2} м	f, 10^{-2} м	Γ	Характеристика зображення	
					дійсне	уявне
$d > 2F$	4	9	7,2	0,8	+	
$d = 2F$		8	8	1	+	
$F < d < 2F$		7	9,2	1,3	+	
$d = F$		4	∞	–	–	–
$d < F$		2	– 4	2		+

Таке дослідження можна проводити аналітично і побудовою зображення, але тоді доведеться обчислювати і будувати зображення для всіх випадків, у тому числі і проміжних, не занесених до таблиці, а це призведе до збільшення тривалості виконання завдання.

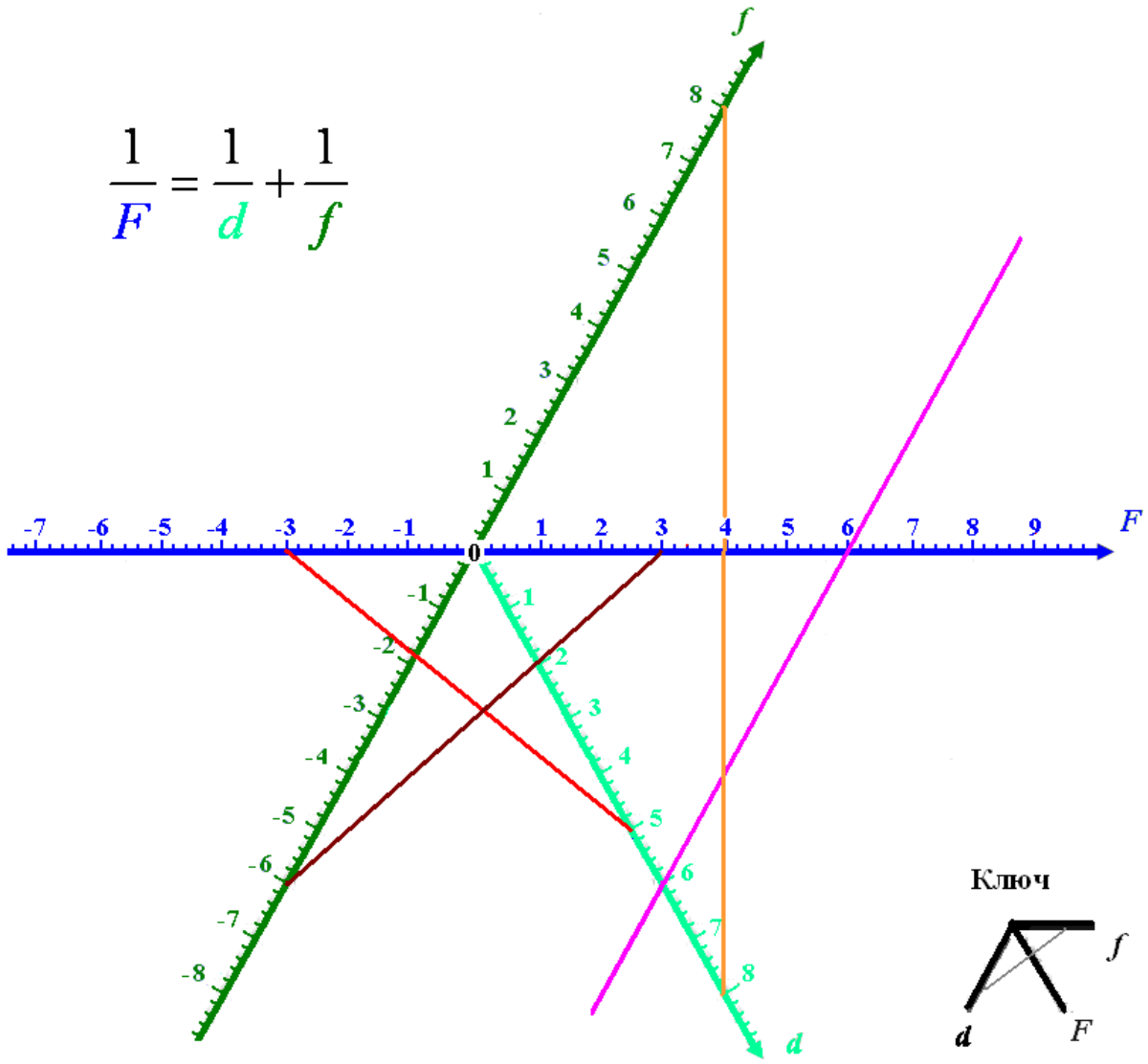
На номограмі на рис. 2.44 можна продовжити вісь фокусної відстані у бік від'ємних значень, щоб номограму можна було використовувати і для розсіювальної лінзи (рис. 2.45).

За допомогою номограми на рис. 2.45, на відміну від номограми на рис. 2.44, можна показати, що всі зображення, які дає розсіювальна лінза, будуть уявними і зменшеними.

Як формула, так і номограма передбачають: $F>0$, коли лінза збиральна; $F<0$, коли лінза розсіювальна; значення d завжди додатне; значення f вважаємо додатнім, коли предмет і зображення перебувають по різні боки від лінзи (дійсне зображення), і від'ємним, якщо з одного боку (зображення уявне).

На рис. 2.45 подано комбінований плакат для ознайомлення учнів із способом використання номограми для наближених розрахунків за формулою тонкої лінзи. Дидактична мета його використання полягає в тому, що він демонструє способи оцінки значень фізичних величин, які входять у формулу тонкої лінзи. На номограмі використано прийом кодування

кольором. Добрі результати дає розміщення такого комбінованого плакату на стенді "Сьогодні на уроці", як це оформлено на кольоровій обкладинці журналу [89, 49]. Це дозволить учням ознайомитись з використанням номограми самостійно.



Приклади:

1. F=4,0 м; d=8,0 м; f–?
f=8,0 м, зображення дійсне.

2. F=3,0·10^{-2} м; d=2,0·10^{-2} м; f–?
f= -6,0·10^{-2} м, зображення уявне.

3. d=2,0·10^{-2} м; f= -6,0·10^{-2} м; F-?
F=3,0·10^{-2} м, лінза збиральна.

4. F= -3,0·10^{-2} м; d=5,0·10^{-2} м; f–?
f=-1,8·10^{-2} м, зображення уявне.

5. d=5,0·10^{-2} м; f=-1,8·10^{-2} м; F-?
F= -3,0·10^{-2} м, лінза розсіювальна.

6. F=6,0·10^{-2} м; d=6,0·10^{-2} м; f–?
зображення не утворюється, $f\to\infty$.

Рис. 2.45

Номограму (рис. 2.45) зручно використовувати для розв’язування наступних задач. За допомогою номограми можна зекономити час, необхідний для обчислень, швидко і наближено оцінивши результат.

Задача 2.17. Відстань від предмета до збиральної лінзи і від лінзи до зображення $d = f = 5{,}0$ см. Які розміри зображення порівняно з розмірами предмета? В скільки разів збільшиться зображення, якщо зменшити відстань від предмета до лінзи на відстань $a = 2{,}0$ см?

Задача 2.18. Джерело світла рухається вздовж головної оптичної осі збиральної лінзи з нескінченності до фокусу. Фокусна відстань лінзи 2,0 см. Дайте відповіді на запитання:

1. Як буде змінюватися відстань від лінзи до зображення?

2. Як будуть змінюватися розміри зображення при наближенні джерела світла до подвійного фокусу? при русі від подвійного фокусу до фокусу?

3. Що буде спостерігатися, коли джерело світла буде у фокусі лінзи?

4. Побудуйте графік залежності відстані зображення від відстані джерела світла до лінзи. Проаналізуйте побудований графік.

Використання номограми для розв’язування задач на формулу тонкої лінзи дозволяє проаналізувати, які зображення утворюються в збиральній і розсіювальній лінзах в залежності від розміщення предмета відносно лінзи, уникнувши обчислень і побудови великої кількості малюнків. Розв'язання запропонованих задач завдяки виконанню наближених обчислень за допомогою номограми стає можливим у класах з низьким рівнем математичної підготовки, що сприяє підвищенню інтересу учнів до вивчення фізики.

2.7. Розв'язування графічних задач на факультативних заняттях як етап пропедевтики курсу фізики старшої школи

Беручи до уваги той факт, що значна кількість учнів після дев'ятого класу вступає до середніх спеціальних навчальних закладів, де програма

старшої школи вивчається у стислому і скороченому вигляді, в старшій школі фізику за рівнем стандарту теж вивчають у стислому вигляді ми пропонуємо розглядати деякі питання з курсу фізики старшої школи на факультативних заняттях. Таким чином в учнів формуватиметься більш повна наукова картина світу, що у свою чергу сприятиме формуванню їх предметної компетентності.

Враховуючи розробку нової Концепції профільного навчання у старшій школі та перехід на вивчення фізики на новими навчальними програмами, запропоновані до вивчення питання вивчатимуться в основній школі.

Проведення фізичного гуртка може бути розглянуто у контексті допрофільної підготовки учнів, передбаченої новою Концепцією профільного навчання у старшій школі. Допрофільна підготовка забезпечує наступність між основною та старшою школою, створює сприятливі умови для успішного подальшого навчання учнів за обраним профілем та для професійної орієнтації школярів.

Під час проведення занять фізичного гуртка у дев'ятому класі ми пропонуємо як приклад пропедевтики курсу фізики старшої школи розглянути застосування графічного методу для розв’язування задач під час вивчення рівноприскореного руху та закону радіоактивного розпаду з метою реалізації допрофільної підготовки учнів.

Фізика нерозривно пов'язана з математикою. Математика не лише є мовою фізики, а й дає фізиці засоби і прийоми обчислення і опрацювання даних, загального і точного вираження залежності між фізичними величинами, які встановлюються в результаті експерименту або теоретичних досліджень.

Використовуючи міжпредметні зв’язки, зокрема, з математики, опираючись на знання учнів про властивості лінійної функції можна створити математичну модель найпростішого рівнозмінного руху. Рівномірний і рівнозмінний рухи є ідеальними фізичними моделями, яким відповідає математична модель – рівняння зв’язку. В основу математичної

моделі покладено рівняння зв'язку між фізичними величинами, які характеризують дане фізичне явище. Практика показала, що для рівнозмінного руху доцільно записувати рівняння залежності швидкості руху тіла від часу.

Створення моделі починаємо з повторення: опису рівномірного прямолінійного руху. Для такого руху характерні такі властивості: $\upsilon = \text{const}$; $\vec{\upsilon} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}$; $\vec{s} = \vec{\upsilon}t$; $x = x_0 + s_x = x_0 + \upsilon_x t$. Графіки залежності проекції швидкості υ_x від часу t та проекції переміщення s_x від часу t подано на рис. 2.46. Слід зазначити, що аналітичні вирази залежностей, подані як рівняння зв'язку між фізичними величинами, мають узагальнений характер, тоді як графічне представлення залежностей, яке відповідає рівнянню зв'язку між числовими значеннями величин, носить конкретний характер.

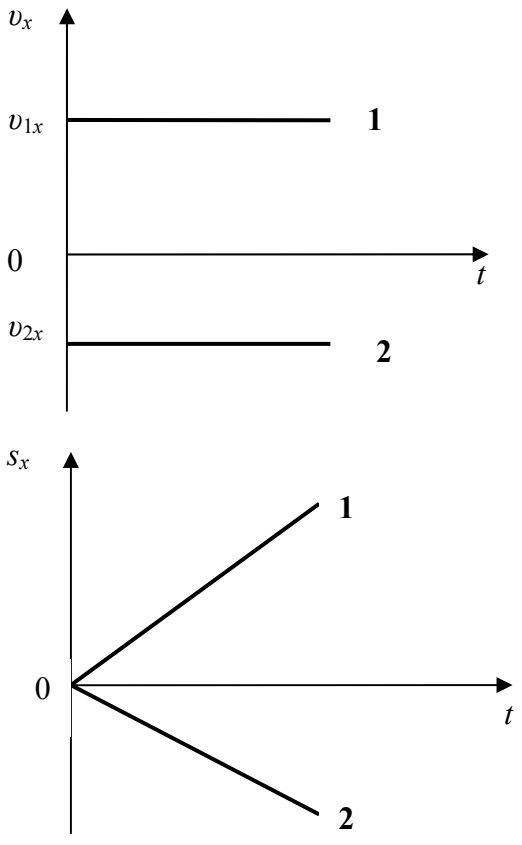


Рис. 2.46

Мотивацію і постановку завдання здійснюємо так. Із повторення матеріалу встановлюємо, що при нерівномірному русі швидкість змінюється з часом. Рівняння зв'язку може мати будь-яку залежність. Повторюємо з учнями функціональні залежності, які вони знають з курсу математики: записуємо рівняння та ілюструємо їх графічно. Визначаємо, яка із залежностей є найпростішою. Обґрунтовуємо вибір найпростішої залежності після $\upsilon = \text{const}$, тим що вона забезпечить не лише наступність, а й прояв нових властивостей руху, які буде важко помітити у складніших рухах.

Отже, зупиняємося на лінійній залежності $y = ax + b$. Тут ми свідомо записуємо саме таке рівняння, а не $y = kx + b$, де k – учні розуміють як кутовий коефіцієнт. У моделі не потрібно наперед встановлювати властивості сталих величин у рівнянні, вони проявляться у процесі дослідження моделі, а тому потрібні загальноприйняті позначення величин *a*, *b*, *c, d*. Вибираємо перші – *a*, *b*.

Функціональну залежність $y = ax + b$ потрібно пристосувати до рівняння зв'язку між миттєвою швидкістю і часом. Встановлюємо з учнями, що є функцією, а що аргументом: швидкості відповідатиме *y*, а часу *x*. Для швидкості розрізняють $\vec{\upsilon}$, $|\vec{\upsilon}| = \upsilon$ та υ_x – швидкість, модуль швидкості та проекцію швидкості на вісь відповідно. Більш загальними є векторні рівняння, що ілюструємо рівняннями зв'язку між величинами для рівномірного прямолінійного руху (наприклад, скалярні рівняння $\upsilon = \text{const}$, $l = \upsilon t$ описують і криволінійний рух, зокрема рівномірний рух по колу). Отже, висуваємо гіпотезу, що $\upsilon = at + b$.

Перевіряємо висунуту гіпотезу. Швидкість – векторна фізична величина, тобто має напрям, тому ліва частина рівняння є векторною. Права частина рівняння теж має представляти вектор. Час – скалярна величина, отже, векторними величинами мають бути *a* та *b*. Отримуємо математичну модель:

$$\vec{\upsilon} = \vec{a}t + \vec{b}\,. \qquad (2.5)$$

Підкреслюємо, що наша діяльність направлена не від об'єкта до моделі, а від моделі до об'єкта. Тому модель повинна задовольняти правила, які є у рівняння зв'язку між фізичними величинами і значеннями величин. Одним із правил є співпадання одиниць величин зліва і справа рівності: якщо зліва швидкість, то і справа у доданків повинні бути одиниці швидкості, а отже, $\vec{a}t$ і $\vec{b}$ повинні визначатись в одиницях швидкості. Отже, [*at*] = 1 м/с, [*b*] = 1 м/с.

Визначимо константу b, значення якої визначається початковими умовами. При $t_0 = 0$ $\vec{b} = \vec{\upsilon}_0$, де $\vec{\upsilon}_0$ – називають початковою швидкістю. Одержимо:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_0 + \vec{a}t \,. \qquad (2.6)$$

За рівнянням (2.1) можна визначити $\vec{\upsilon}$ за будь-яким t. Це є властивість функціональної залежності. При t_1 буде $\vec{\upsilon}_1$ $\left(\vec{\upsilon}_1 = \vec{a}t_1 + \vec{b}\right)$, при t_2 буде $\vec{\upsilon}_2$ $\left(\vec{\upsilon}_2 = \vec{a}t_2 + \vec{b}\right)$ тощо.

Наступним завданням є встановлення властивості руху, яка в математичній моделі представлена величиною $\vec{a}$.

Використаємо властивість рівняння зв'язку, запишемо швидкість руху тіла для двох моментів часу. Оскільки $\vec{\upsilon}_1 = \vec{\upsilon}_0 + \vec{a}t_1$ і $\vec{\upsilon}_2 = \vec{\upsilon}_0 + \vec{a}t_2$, маємо $\vec{\upsilon}_2 - \vec{\upsilon}_1 = \vec{a}\left(t_2 - t_1\right)$, звідки

$$\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon}_2 - \vec{\upsilon}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t} \,. \qquad (2.7)$$

Отже, величина $\vec{a}$ показує зміну швидкості руху тіла за одиницю часу. Її назвали прискоренням. Прискорення – це фізична величина, яка є властивістю механічного руху. Вона дорівнює відношенню зміни швидкості руху до інтервалу часу, за який ця зміна відбулася. Одиниця цієї величини в SI $[a] = (1 \text{ м/с})/1 \text{ с} = 1 \text{ м/с}^2$.

Оскільки прискорення є властивістю руху і воно може бути незмінною величиною, то цей рух назвали "рівноприскореним", якщо швидкість зростає. Якщо швидкість зменшується, то рух називають "рівносповільненим".

Далі доцільно показати учням, що при $\vec{a} = 0$ описуємо $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_0$ – рівномірний прямолінійний рух. Цей момент є важливим, тому що рівняння зв'язку повинно відповідати простішим рухам і складнішим.

Векторне рівняння (2.6), яке є рівнянням швидкості у векторній формі, можна замінити трьома скалярними в проекціях на координатні осі:

$$\upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t\,,$$
$$\upsilon_y = \upsilon_{0y} + a_y t\,, \qquad (2.8)$$
$$\upsilon_z = \upsilon_{0z} + a_z t\,,$$

де υ_x, υ_y, υ_z – проекції $\vec{\upsilon}$, a_x, a_y, a_z – проекції $\vec{a}$ на відповідні осі.

Коли рух прямолінійний, то його можна описати відносно системи відліку, вісь О*x* якої напрямлена вздовж траєкторії руху. Тоді із трьох рівнянь (2.8) одержимо:

$$\upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t\,; \qquad (2.9)$$
$$\upsilon_y = 0\,;\ \upsilon_z = 0\,.$$

На наступному занятті встановлюємо залежність $\vec{s}(t)$ для рівнозмінного руху. Для цього використовуємо графічний спосіб задання рівняння (2.9). Графічне задання скалярного рівняння $\upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t$, навіть схематичного, не має узагальнюючого характеру. Графік представляє залежність для конкретного значення υ_{0x} та a_x. На рис. 2.47 подано всі чотири можливі схематичні графіки рівняння (2.9) і лише для одних і тих же значень $|a_x| = a$, $|\upsilon_{0x}| = \upsilon_0$. Для виведення $\vec{s}(t)$ потрібно розглянути всі можливі варіанти, тільки тоді можна поширити встановлену залежність $s_x = \upsilon_{0x} t + a_x t^2/2$ на всі випадки і тим більше записати векторне рівняння $\vec{s} = \vec{\upsilon}_0 t + \vec{a} t^2/2$.

У підручниках, як правило, вибирають найпростішу залежність, представлену графіком 1 [10]. Покажемо виведення залежності $s_x(t)$, графік $\upsilon_x(t)$ якої позначено 3. На графіку залежності проекції швидкості від часу (рис. 2.47) площа, обмежена графіком, відповідає проекції переміщення s_x за відповідний інтервал часу: $s_x = s_{1x} + s_{2x}$; $s_{1x} = \frac{1}{2}\upsilon_{0x} t_1$;

$$s_{2x} = \frac{1}{2}\upsilon_x (t - t_1) = \frac{1}{2}(\upsilon_{0x} + a_x t)(t - t_1) = \frac{1}{2}\left(\upsilon_{0x} t + a_x t^2 - \upsilon_{0x} t_1 - a_x t t_1\right).$$

У момент часу t_1 проекція швидкості $\upsilon_{1x} = 0$. Одержимо: $0 = \upsilon_{0x} + a_x t_1$, звідки $t_1 = -(\upsilon_{0x} / a_x)$. (Оскільки в даному русі $\upsilon_{0x} > 0$ і $a_x < 0$, то $t > 0$). Врахувавши вираз для t_1 одержимо:

$$s_x = s_{1x} + s_{2x} = \frac{1}{2}\left(\upsilon_{0x} t_1 + \upsilon_{0x} t + a_x t^2 - \upsilon_{0x} t_1 - a_x t t_1\right) = \frac{1}{2}\left(\upsilon_{0x} t + a_x t^2 + \frac{a_x t \upsilon_{0x}}{a_x}\right),$$

$$s_x = \upsilon_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}. \qquad (2.10)$$

Вивівши формулу (2.10) для рухів, графіки проекції швидкості яких 1 і 3, можна вважати, що у випадку 2 і 4 залежність $s_x(t)$ має теж вигляд (2.10). Отже, для прямолінійного рівнозмінного руху:

$$\vec{s} = \vec{\upsilon}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}. \qquad (2.11)$$

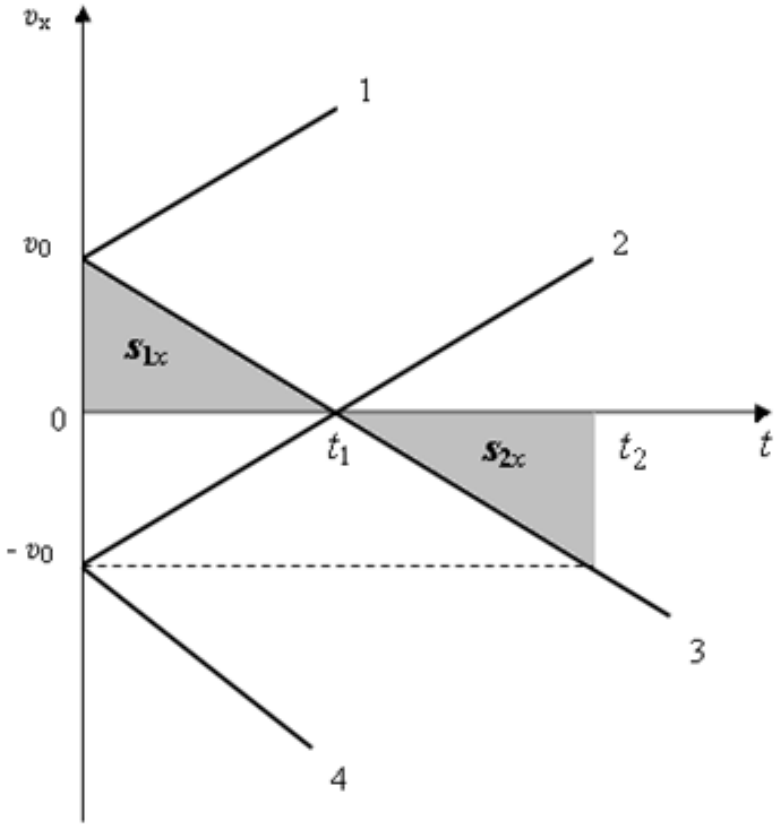


Рис. 2.47

З учнями потрібно розглянути також поширення рівняння (2.11) на будь-який рівнозмінний рух, який описується скалярними рівняннями (2.8). Для кожного із цих рівнянь буде справедлива залежність (2.10), як для $s_x(t)$. Отже,

$$s_y = \upsilon_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2};$$

$$s_z = \upsilon_{0z} t + \frac{a_z t^2}{2}. \qquad (2.12)$$

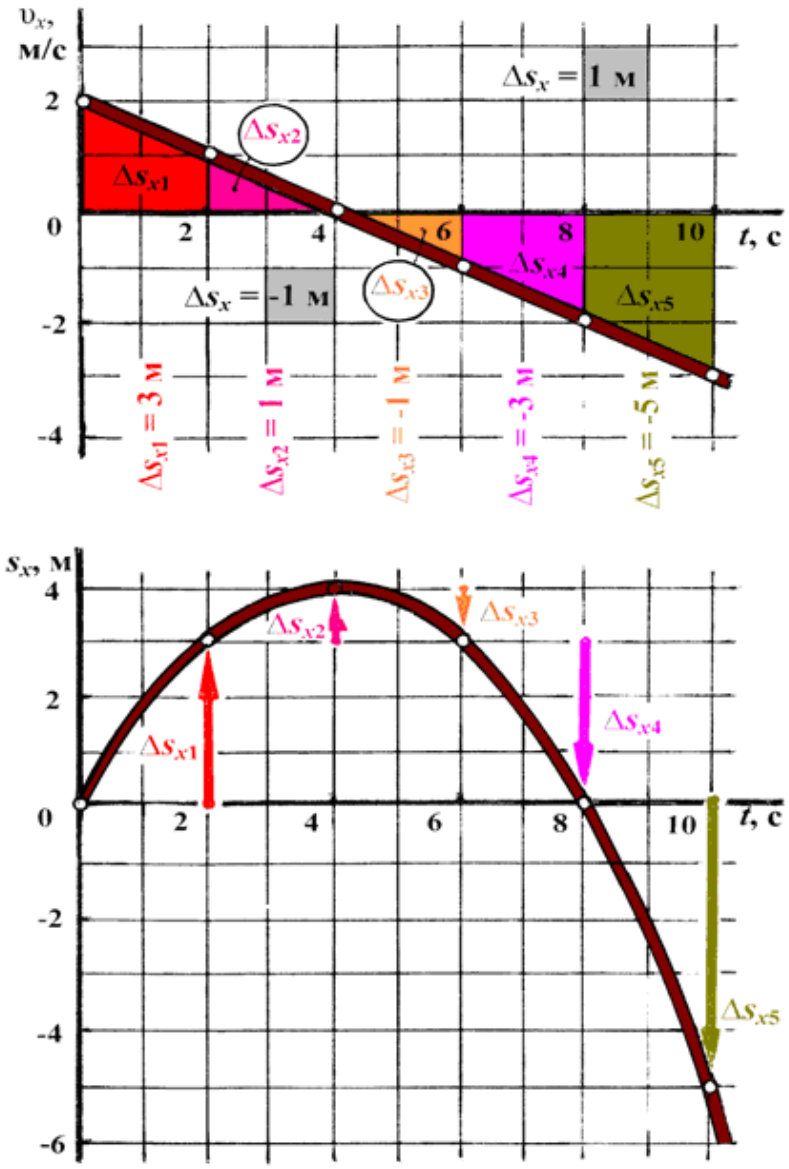
Рівняння (2.10) і (2.12) є проекціями векторного рівняння, яке співпадає з рівнянням (2.11). Отже, рівняння (2.11) є залежністю $s_x(t)$ для будь-якого рівнозмінного руху.

Використання графіків при вивченні закономірностей кінематики є обов'язковим, оскільки наочно ілюструє зміну величин з часом для конкретного явища.

У підручниках з фізики [10], [18], [103], [105], [173], [175] графічний метод дослідженнях використовується в основному як наочне зображення функціональних залежностей між фізичними величинами. Як вже було сказано вище, поняття графічного інтегрування учні не вивчають, але знають, що пройдений тілом шлях чисельно дорівнює площі фігури, обмеженої графіком швидкості руху тіла, про що теж йде мова у підручниках [10], [18], [173], [175].

При вивченні кінематики доцільно використовувати графічне інтегрування для побудови графіків $s_x(t)$ за графіком $\upsilon_x(t)$ та для дослідження функціональної залежності $s_x(t)$ для рівноприскорених прямолінійних рухів. На графіку $\upsilon_x(t)$ площа між графіком та віссю $0t$ за інтервал часу Δt відповідає зміні проекції переміщення Δs_x (також зміні координати Δx).

Якщо, графік $\upsilon_x(t)$ буде кількісним (на осях графіка зображатимуться значення υ_x та t), то за графіком можна визначити зміни переміщення Δs_x за послідовні рівні інтервали часу Δt, а, отже, можна побудувати графік $s_x(t)$, враховуючи, що при $t = 0$ $s_x = 0$. Так, за графіком $\upsilon_x(t)$ для прямолінійного рівноприскореного руху, що на рис. 2.48, площа квадрата (площа однієї клітинки), сторони якого відповідають 1 м/с та 1 с, буде пропорційна проекції переміщення 1 м, якщо лінія графіка буде над віссю $0t$, і -1 м коли графік під віссю.

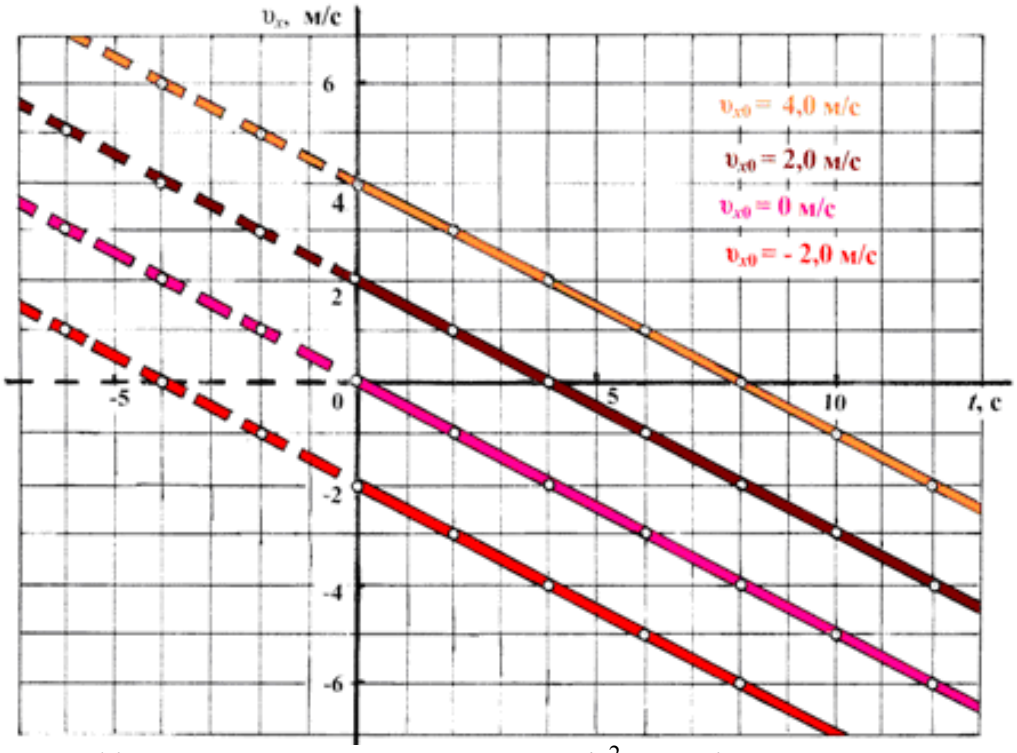


За графіком $\upsilon_x(t)$ побудовано графік $s_x(t)$

Рис. 2.48

Для графічного інтегрування вибрано інтервал часу $\Delta t = 2$ с. За перший інтервал часу 2 с площа між графіком $\upsilon_x(t)$ і $0t$ дорівнює площі трьох клітинок, отже, $\Delta s_{x1} = 3$ м, за другий інтервал часу від 2 с до 4 с – одній клітинці – $\Delta s_{x2} = 1$ м, за третій від 4 с до 6 с – одній клітинці під віссю $0t$ – $\Delta s_{x3} = -1$ м і т. д. На графіку $s_x(t)$ будуємо точку для початку руху коли $t = 0$ і $s_x = 0$. Для $t_1 = 2$ с, одержимо значення $s_{x1} = 0$ м + 3 м = 3 м, для $t_2 = 2$ с + 2 с = 4 с, $s_{x2} = s_{x1} + \Delta s_{x2} = 3$ м + 1 м = 4 м, для $t_3 = 4$ с + 2 с = 6 с, $s_{x3} = s_{x2} + \Delta s_{x3} = 4$ м – 1 м = 3 м і т. д. Одержуємо графік $s_x(t)$ рівноприскореного руху, для якого задано графік $\upsilon_x(t)$ з параметрами $\upsilon_{x0} = 2$ м/с, $a_x = -0{,}5$ м/с^2.

Користуючись таким простим і зручним для учнів способом побудови графіка $s_x(t)$ за графіком $\upsilon_x(t)$ можна дослідити розташування графіка $s_x(t)$ відносно координатних осей для прямолінійного рівноприскореного руху залежно від початкової швидкості руху тіла. На рис. 2.49 і 2.50 показано графіки для чотирьох рухів з однаковим прискоренням і різними початковими швидкостями.



Графіки $\upsilon_x = \upsilon_{x0} + a_x t$ при $a_x = -0{,}5\,\text{м/с}^2$ для різних значень υ_{x0}

Рис. 2.49

Для співставлення одного і того ж руху за графіками $s_x(t)$ та $\upsilon_x(t)$ використано позначення кольорами. Щоб забезпечити відтворення повної картини рівняння зв'язку між проекцією переміщення та часом, на графіках пунктиром зображено частину параболи і для $t < 0$.

Аналіз графіків дає можливість встановити такі ознаки, які можна використати для побудови графіка $s_x(t)$ за графіком $\upsilon_x(t)$:

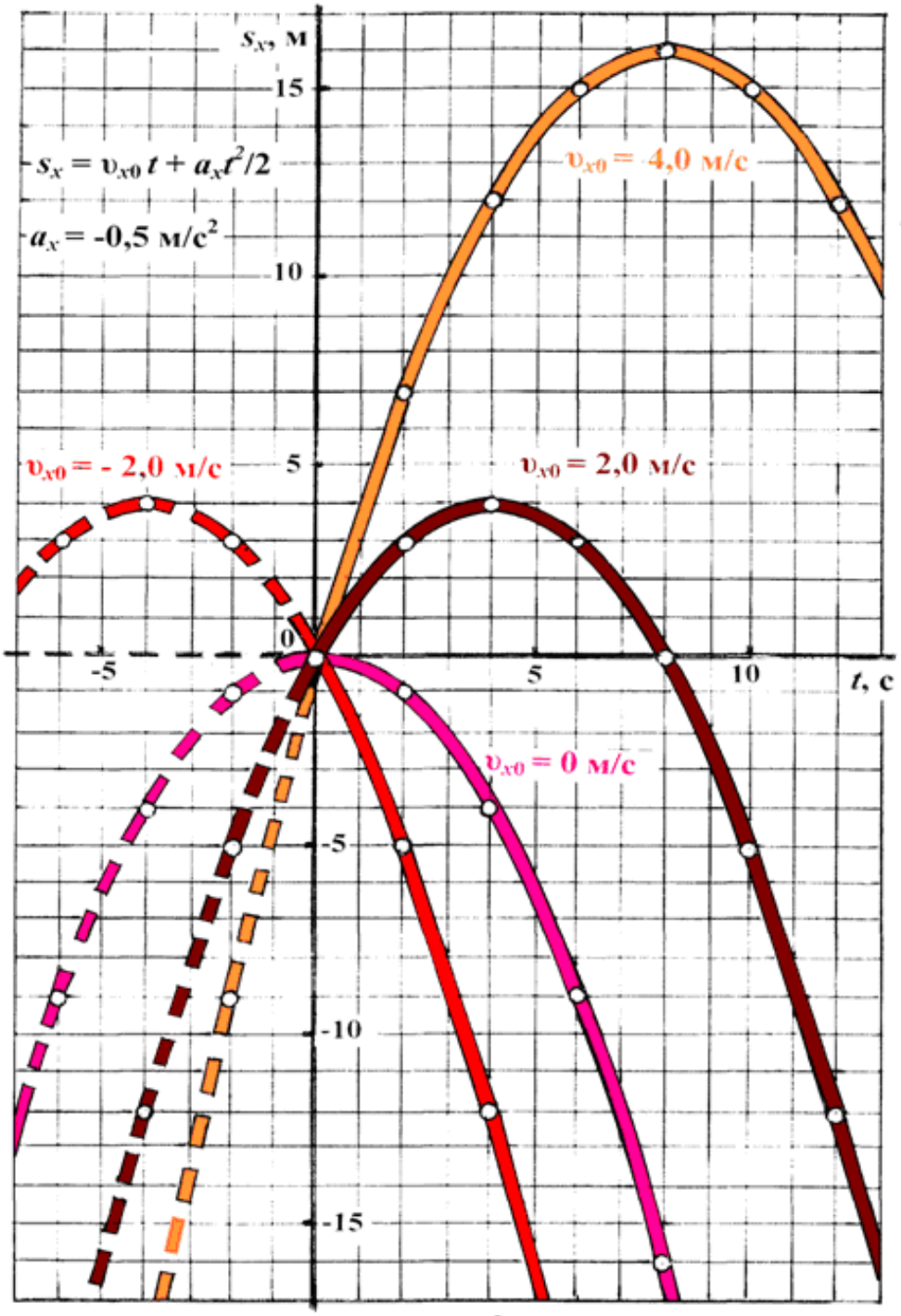
1) графіками є одна і та ж парабола, яка зміщена по вертикалі та горизонталі залежно від значення υ_{x0};

2) графік $s_x(t)$ завжди починається з початку кожної з осей;

3) коли $a_x > 0$, то вітки параболи напрямлені вгору, коли $a_x < 0$ – вниз;

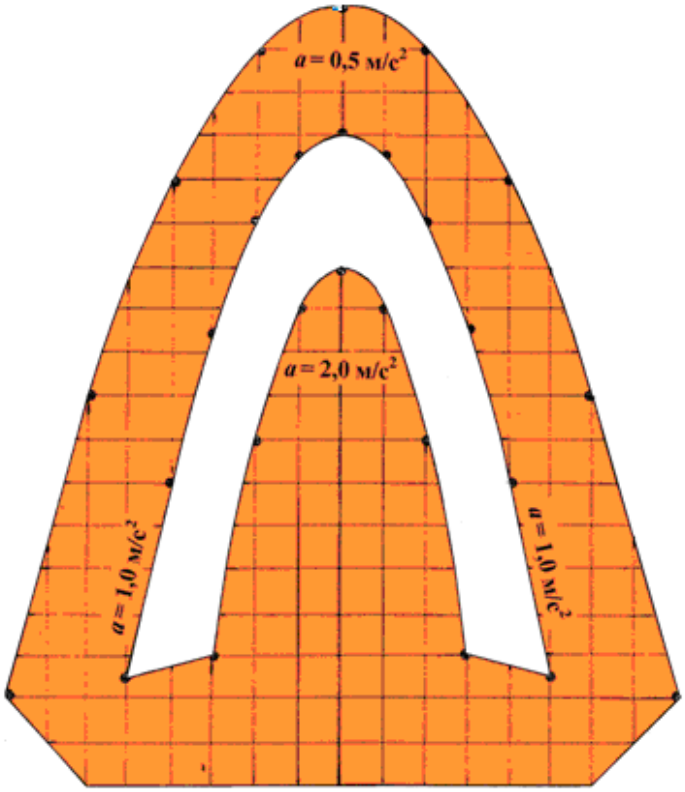
4) при $\upsilon_{x0} = 0$ вершина параболи має координати $t = 0$, $s_{x0} = 0$;

5) коли $\upsilon_{x0} \neq 0$, то параболу для $\upsilon_{x0} = 0$ потрібно спочатку змістити по горизонталі поступально так, щоб вершина параболи відповідала часу, коли $\upsilon_x = 0$ на графіку $\upsilon_x(t)$. Потім її слід перемістити по вертикалі вгору чи вниз, щоб вітка параболи проходила через початок координат графіка.



Графіки $s_x(t)$ при $a_x = -0{,}5$ м/с^2 для різних значень υ_{x0}.
Як впливає значення початкової швидкості на розташування графіка відносно осей координат?
Рис. 2.50

Для побудови графіків з використанням цих ознак доцільно використати трафарети для креслення парабол. Зразок такого трафарету подано на рис. 2.51.



Трафарет для побудови графіків $s_x(t)$ та $x(t)$
для рівноприскорених рухів
Рис. 2.51

Зрозуміло, що трафарет буде "працювати" при дотриманні певних правил. Ми рекомендуємо побудову графіків і вибір масштабу пов'язувати із клітинками зошита, в якому учень виконує завдання. Кількісні графіки та трафарет на рис. 2.48-2.51 побудовано за такими клітинками.

Лекала, подібні до такого трафарету, використовуються в інших сферах життєдіяльності людини: в автомобілебудуванні, суднобудуванні, авіабудуванні, будівництві будинків і доріг, тунелів, в оздоблювальних роботах для виконання архітектурних та інтер’єрних прикрас, для прискорення нанесення льотної зони на льотну карту, за лекалами шиють взуття, виготовляють форми для печива, формується нестандартний вигляд декоративної цегли і ще багато різних деталей і виробів, які повинні бути

абсолютно однаковими за розмірами і конфігурацією. Тому такий підхід для побудови графіків має загальнокультурне значення

Використовуючи запропонований трафарет можна розв'язувати графічні задачі про зустрічні рухи тіл для рівноприскорених рухів.

Наведемо приклад такої задачі: *Три тіла почали рухатися по прямій з одного місця. Графіки $\upsilon_x(t)$ для їх руху подано на рис. 2.52. Побудуйте графіки $s_x(t)$ для цих рухів і визначте місце, час та характер зустрічі тіл.*

За графіком $\upsilon_x(t)$ встановлюємо, що $a_{x\text{а}} = -2$ м/с^2, $a_{x\text{б}} = 1$ м/с^2, $a_{x\text{в}} = 0$ м/с^2. За трафаретами будуємо графіки $s_x(t)$ тіл **а** та **б,** а за зміною проекції переміщення (1 м за кожну секунду) – графік для рівномірного руху тіла **в**.

Графіки подано на рис. 2.53. За точками перетину графіків визначаємо час та місце зустрічі кожної пари тіл.

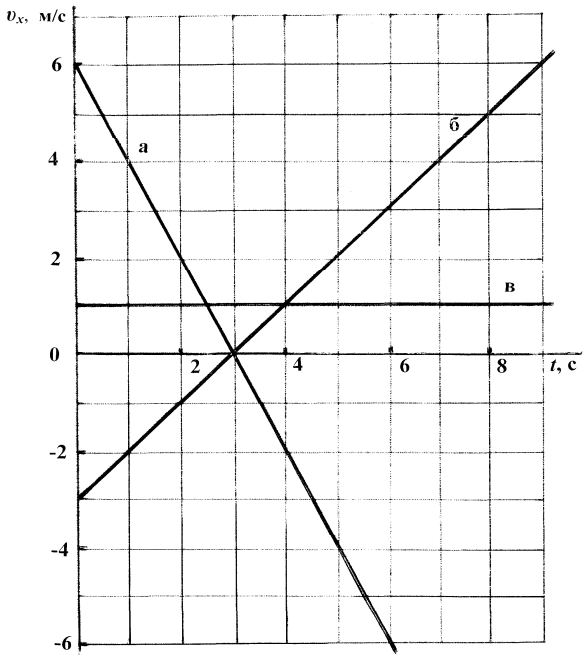


Рис. 2.52

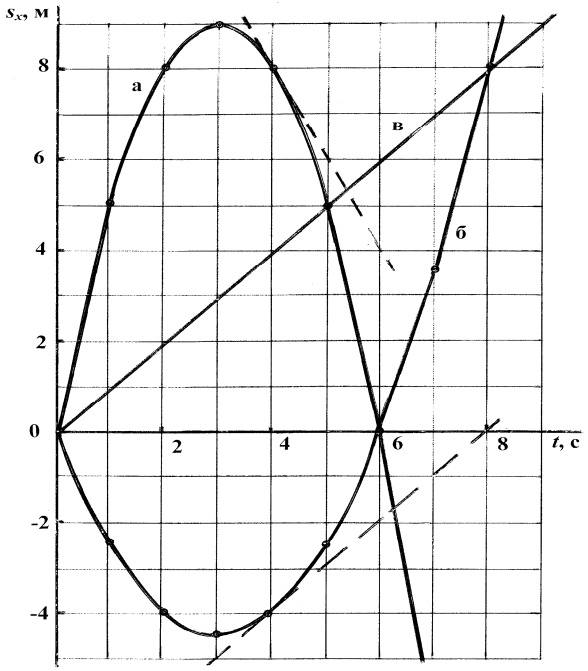


Рис. 2.53

У методичній літературі, як правило, визначають параметр руху a_x та υ_{x0} за графіком $\upsilon_x(t)$. Зрозуміло, що найбільш повну інформацію про рух передає залежність $x(t)$, а, отже, і її графік. Розглянемо можливості знаходження параметрів руху за графіком $s_x(t)$, оскільки для його побудови за графіком $\upsilon_x(t)$ не потрібно початкової умови x_0 і графік $x(t)$ пов'язаний з ним простим зв'язком: $x(t) = x_0 + s_x(t)$. З графіків залежності $\upsilon_x = \upsilon_{x0} + a_x t$ та $\upsilon_x = a_x t$

(рис. 2.54) видно, що за будь-які рівні послідовні інтервали часу Δt переміщення змінюються (збільшуються чи зменшуються) на одне і те ж значення і ця зміна дорівнює $a_x\Delta t^2$: $\Delta s_{x2} - \Delta s_{x1} = \Delta s_{x3} - \Delta s_{x2} = \ldots = a_x\Delta t^2$.

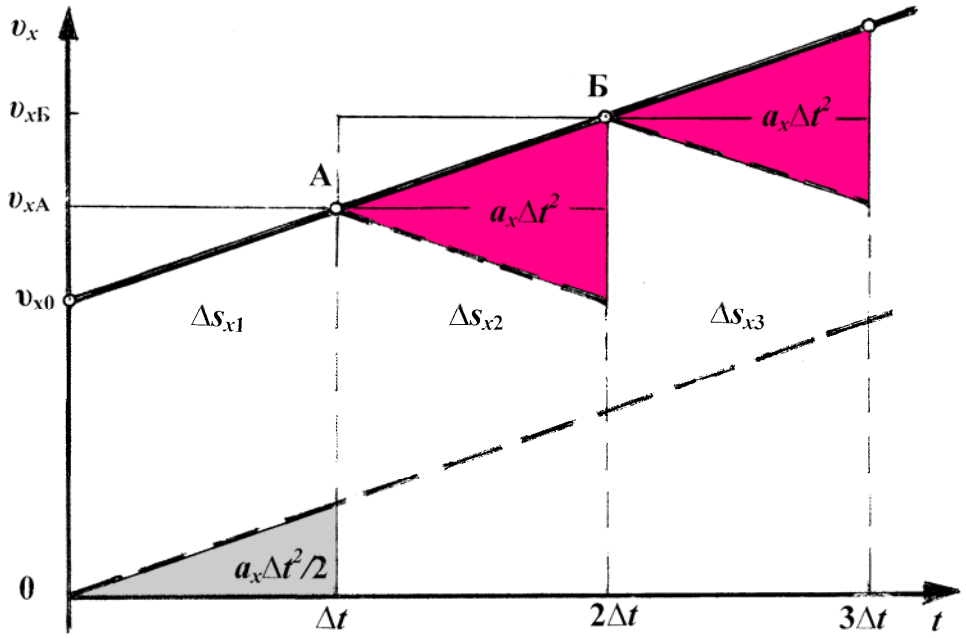


Рис. 2.54

За графіком, що на рис. 2.53, проекція переміщення тіла **а** за першу, другу та третю секунди дорівнюють відповідно 5, 3 та 1 м. Зміна проекції переміщення 3 м – 5 м = 1 м – 3 м= -2 м. Отже, $a_{x\text{а}} = -2$ м/с^2.

Для визначення прискорення руху тіла **б** виберемо для прикладу інші інтервали часу. За третю, четверту і п’яту секунди тіло **б** змістилося на -0,5 м, 0,5 м та 1,5 м. Зміна проекції переміщення 0,5 м – (-0,5 м) = 1,5 м – 0,5 м = 1 м, отже, $a_{x\text{б}} = 1$ м/с^2.

За графіком $s_x(t)$ (чи $x(t)$) можна визначити і проекції миттєвих швидкостей руху. На графіку, який на рис. 2.54, видно, що проекція миттєвої швидкості в точці А графіка ($\upsilon_{x\text{A}}$) дорівнює середній швидкості за інтервал часу від 0 до $2\Delta t$: $\upsilon_{x\text{A}} = (\Delta s_{x1} + \Delta s_{x2})/2\Delta t$. Відповідно одержимо $\upsilon_{x\text{Б}} = (\Delta s_{x2} + \Delta s_{x3})/2\Delta t$.

Використаємо цю закономірність для визначення проекцій миттєвих швидкостей руху тіл **а** та **б** за графіком $s_x(t)$ (рис. 2.54), наприклад, у момент часу, 4 с. За четверту секунду зміна проекції переміщення тіла **а** була -1м, а

тіла **б** 0,5 м, за п’яту секунду – відповідно -3 м та 1,5 м. Значення проекції миттєвої швидкості руху тіла **а** в момент часу 4 с дорівнює (-1 м + (-3 м))/2 с = -2 м/с, а тіла **б** (0,5 м + 1,5 м)/2 с = 1 м/с. Знайдені значення проекцій миттєвих швидкостей співпадають із значеннями, що на графіку $\upsilon_x(t)$ (рис. 2.52). На графіках $s_x(t)$ (рис. 2.53) рух з такими швидкостями буде зображатися дотичними до графіків у відповідних точках, які на рисунку показано пунктирними лініями.

За графіком $s_x(t)$ просто визначити і проекції початкових швидкостей руху: $\upsilon_{x0} = \upsilon_x - a_x t$. Так, для руху тіла **а** і **б** відповідно матимемо $\upsilon_{x0а} = -2$ м/с – (-2 м/с^2) 4 с = 6 м/с і $\upsilon_{x0б} = 1$ м/с – (1 м/с^2) 4 с = -3 м/с.

Програма з фізики безпосередньо не регламентує графічного представлення функціональних залежностей між фізичними величинами при вивченні динаміки та закону збереження повної механічної енергії, проте така наочність використовується в більшій чи меншій мірі у всіх методиках [10], [103], [105], [133], [135], [147], [175].

Використання графіків функціональних залежностей між фізичними величинами сприяє наочному представленню залежностей між величинами і стає основою для встановлення закономірностей між величинами при вивченні динаміки, рівноприскореного руху та законів збереження в механіці.

При вивченні графіків швидкості руху тіла та прискорення руху тіла від часу необхідно проаналізувати з учнями неможливість існування на графіках розривів та зламів. З учнями потрібно аналізувати графіки з точки зору правильної їх побудови. Це потрібно не лише для правильного розуміння учнями графіків з механіки, а й для розуміння понять динаміки, оскільки якщо швидкість змінюється миттєво з нескінченним прискоренням, то це відбувається внаслідок дії на тіло іншого тіла з нескінченною силою, що суперечить реальності.

При вивченні динаміки слід знову повернутися до графіків з механіки і проаналізувати, що при плавних лініях на графіках швидкості та прискорення

руху тіл від часу сила теж змінюється не миттєво, набуваючи скінченних значень. Такий аналіз сприяє ґрунтовному розумінню учнями понять кінематики і динаміки та їх взаємозв'язку.

Враховуючи закономірності, встановлені в п. 2.2 дисертації, можна розглянути з учнями на заняттях фізичного гуртка вже розв'язані складні задачі, проаналізувавши одержані графіки. Для аналізу правильної побудови графіків з механіки розглянемо рух візочка, який рухається рівномірно прямолінійно і налітає на пружину, яка з одного кінця закріплена в стіні (рис. 2.55).

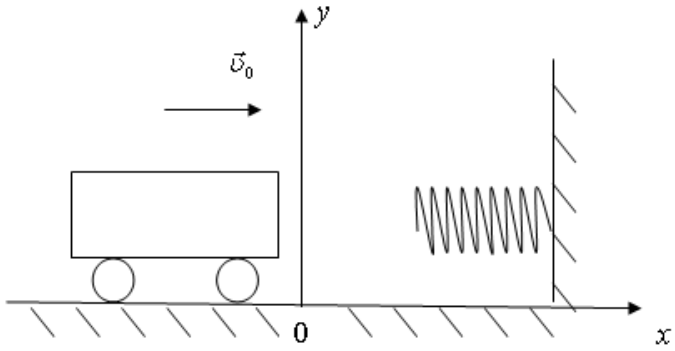


Рис. 2.55

Спершу рух візочка рівномірний зі швидкістю $\vec{\upsilon}_0$, під час взаємодії з пружиною його рух описується законами гармонічних коливань (на графіку ділянка синусоїди), після взаємодії з пружиною рух візка знову рівномірний зі швидкістю $-\vec{\upsilon}_0$, якщо вважати удар візочка об пружину абсолютно пружним.

Прискорення при рівномірному русі дорівнює нулю, а при взаємодії з пружиною поступово зростає зі збільшенням деформації пружини x ($a_x=k\Delta x/m$) до зупинки тіла і поступово зменшується до початку рівномірного руху, де знову набуває значення $a_x=0$. Якщо під час взаємодії з пружиною зміна швидкості руху візочка описується за законом синуса (на графіку швидкості ділянка синусоїди), то, враховуючи, що прискорення є першою похідною швидкості, відповідна йому функціональна залежність $a_x(t)$ буде описуватись законом косинуса (на графіку прискорення ділянка

косинусоїди), при чому графік похідної функції зсувається на $\frac{\pi}{2}$, порівняно з графіком первісної функції.

Відповідні графіки проекції швидкості і прискорення руху від часу наведені на рис. 2.56 і 2.57. Оскільки чим менший час взаємодії при тій же зміні швидкості, тим більше прискорення, тому малому інтервалу часу на графіку повинно відповідати велике значення прискорення. Крім того, зрозумілим для вчителя фізики повинен бути той факт, що використовуючи графічне інтегрування, можна одержати первісну функцію за графіком похідної [76, 7-8], тому дотримання масштабу є важливим.

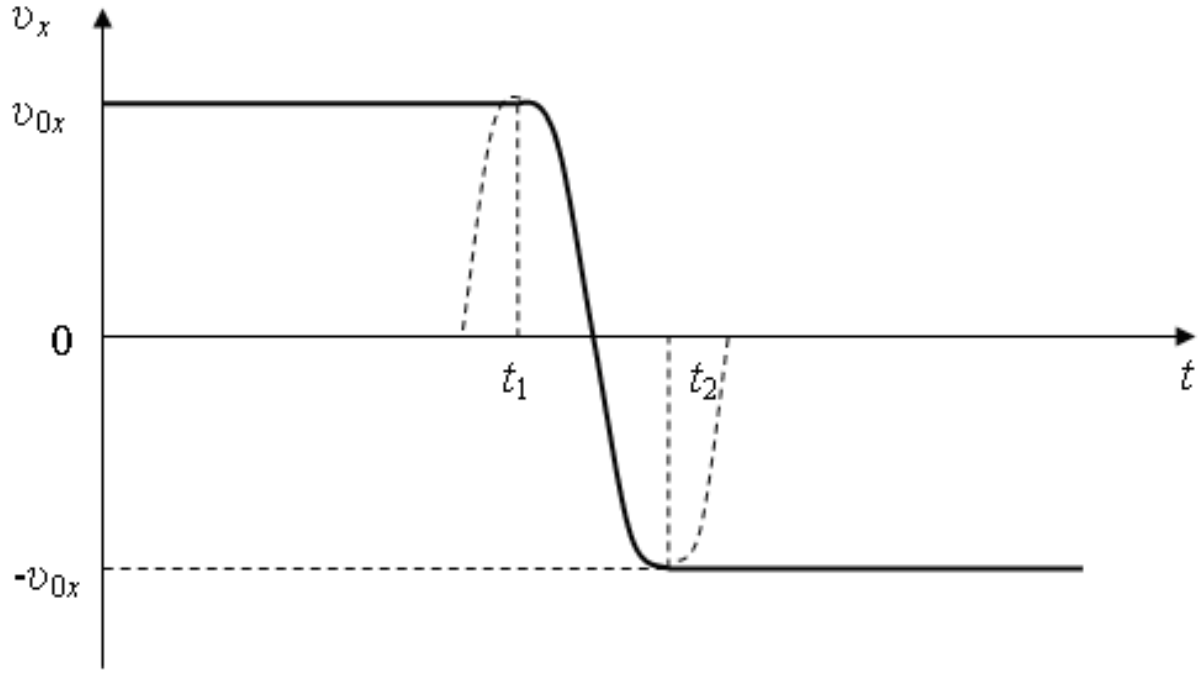


Рис. 2.56

При вивченні механіки аналіз графіків і правильна їх побудова є необхідними, оскільки це сприяє актуалізації пізнавальної діяльності учнів та розвитку їхнього мислення, більш глибокому розумінню явищ, а також питань динаміки майбутньому.

Розгляд задач, які максимально наближені до реальних умов та розв’язання яких вимагає ґрунтовного аналізу з використанням знань з математики та фізики, спонукає учнів застосовувати знання в повсякденному

житті, мотивує їх до вивчення фізики та математики як взаємопов'язаних наук та створює основи для реалізації компетентнісного підходу в освіті.

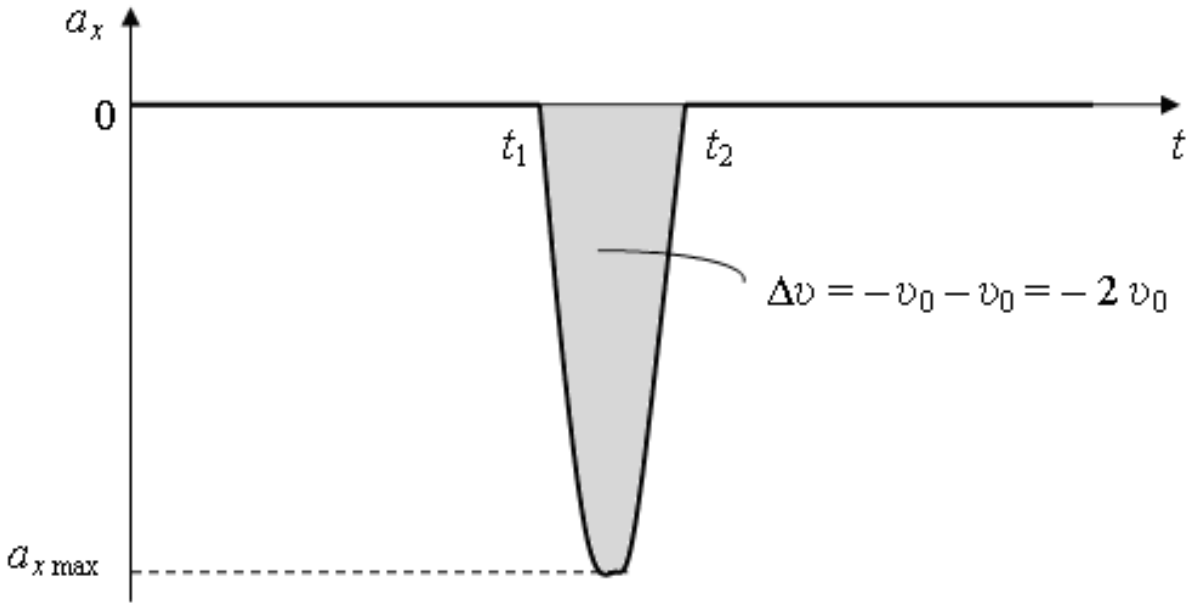


Рис. 2.57

Для аналізу правильної побудови графіків з механіки проаналізуємо з учнями розв'язок складної задачі: падіння кульки на пружинку з певної висоти (рис. 2.58). Розв'язок є детальним для вчителя. З учнями аналізуємо графіки залежності кінематичних величин від часу, побудовані для такого процесу.

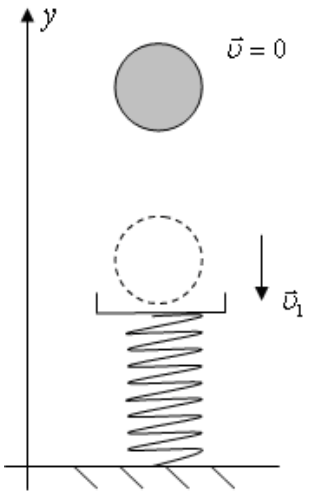


Рис. 2.58

Побудуємо графіки залежності швидкості і прискорення руху кульки від часу. Приймемо початкову швидкість руху кульки рівною нулю. Вісь 0y направлена вгору. Нехай час підльоту кульки до пружинки буде t_1, а при

дотику з пружинкою проекція швидкості руху кульки – υ_1. На графіку $\upsilon_y(t)$ буде ділянка прямої AB (рис. 2.59). Нехай час взаємодії з пружинкою буде τ. Після взаємодії з пружинкою проекція швидкості руху буде $\upsilon_{1\ i}$ далі рух рівноприскорений з прискоренням вільного падіння g – на графіку ділянка прямої FH.

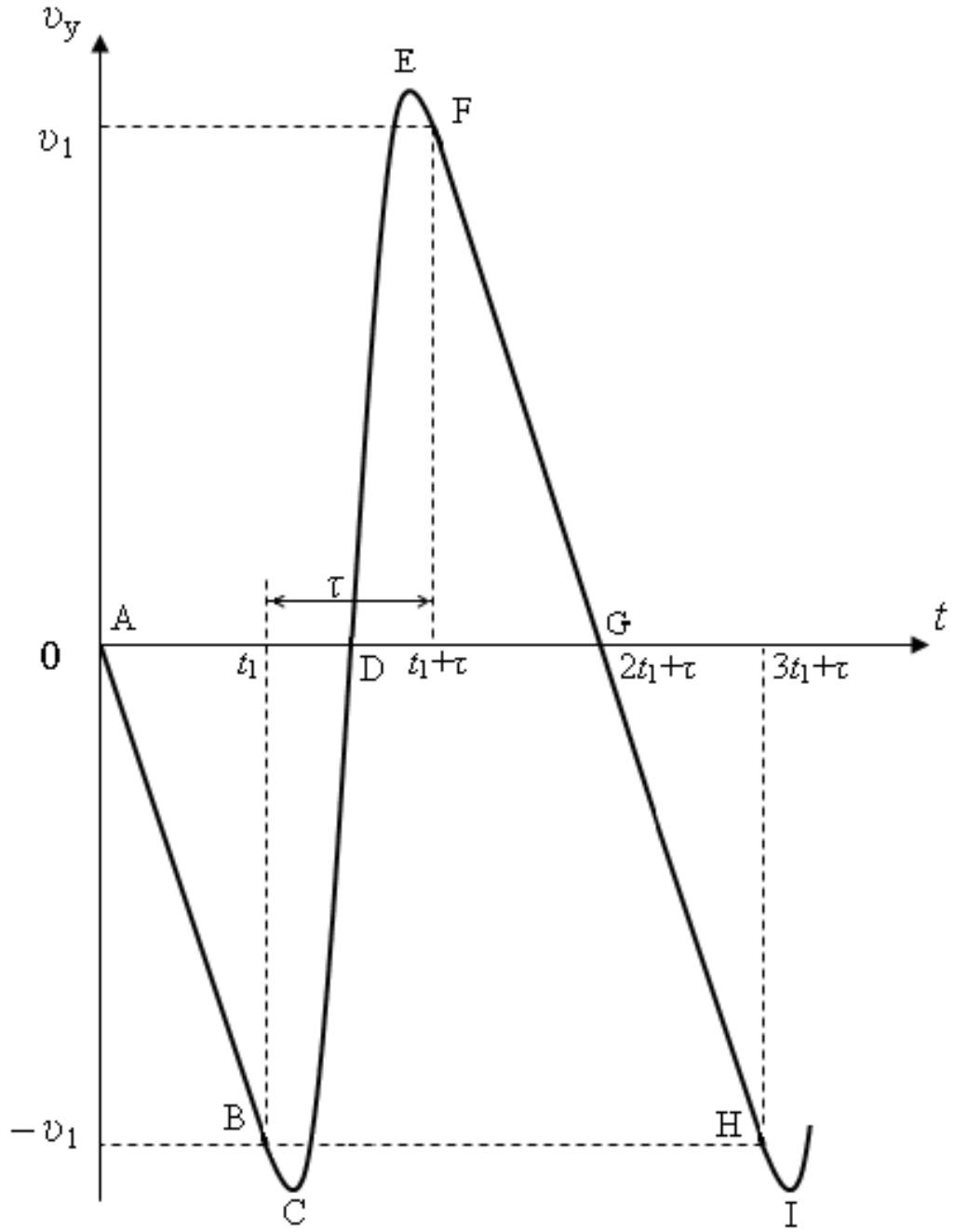


Рис. 2.59

Розглянемо задачу детально, таке пояснення повинен розуміти вчитель фізики для того, щоб мати змогу аналізувати графік, опираючись на знання учнів. Якщо при взаємодії з пружинкою зміна швидкості руху описується

законами синуса, то, враховуючи, що прискорення є першою похідною швидкості, відповідна йому функціональна залежність $a_y(t)$ буде описуватись законом косинуса. Графік похідної зсувається на $\frac{\pi}{2}$ у порівнянні з графіком первісної функції.

На графіку залежності проекції швидкості руху тіла від часу моменту зміни швидкості повинен відповідати не злам, а плавний перехід, щоб в цій точці можна було провести дотичну до графіка функції.

Розглянемо синусоїду на рис. 2.60. Якщо руху кульки при взаємодії з пружинкою буде відповідати ділянка KR синусоїди, то на графіку буде злам. Тому, щоб уникнути подібних протиріч і одержати плавний перехід на графіку, руху кульки при взаємодії з пружинкою повинна відповідати ділянка ML синусоїди.

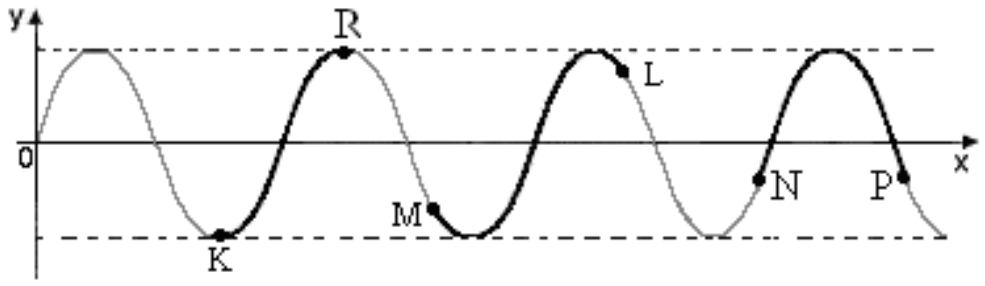


Рис. 2.60

Відповідні графіки проекції швидкості і прискорення руху тіла від часу наведені на рис. 2.59 и 2.61.

Ділянка AB графіків відповідає рівноприскореному руху кульки вниз. Ділянка BF графіка відповідає руху кульки при взаємодії з пружинкою. На ділянці BC графіка швидкість продовжує зростати доки сила пружності пружинки не буде рівною силі тяжіння кульки. Ділянка CD графіка відповідає руху кульки під дією переважаючої сили тяжіння кульки над силою пружності пружинки, яка зростає і досягає максимального значення в момент D. Швидкість руху кульки зменшується і в точці D дорівнює нулю. Після чого деформована пружинка вирівнюється, так як сила пружності пружинки більше сили тяжіння кульки, і швидкість руху кульки збільшується

доки сила пружності і сила тяжіння не будуть рівними, що відповідає точці E на графіку.

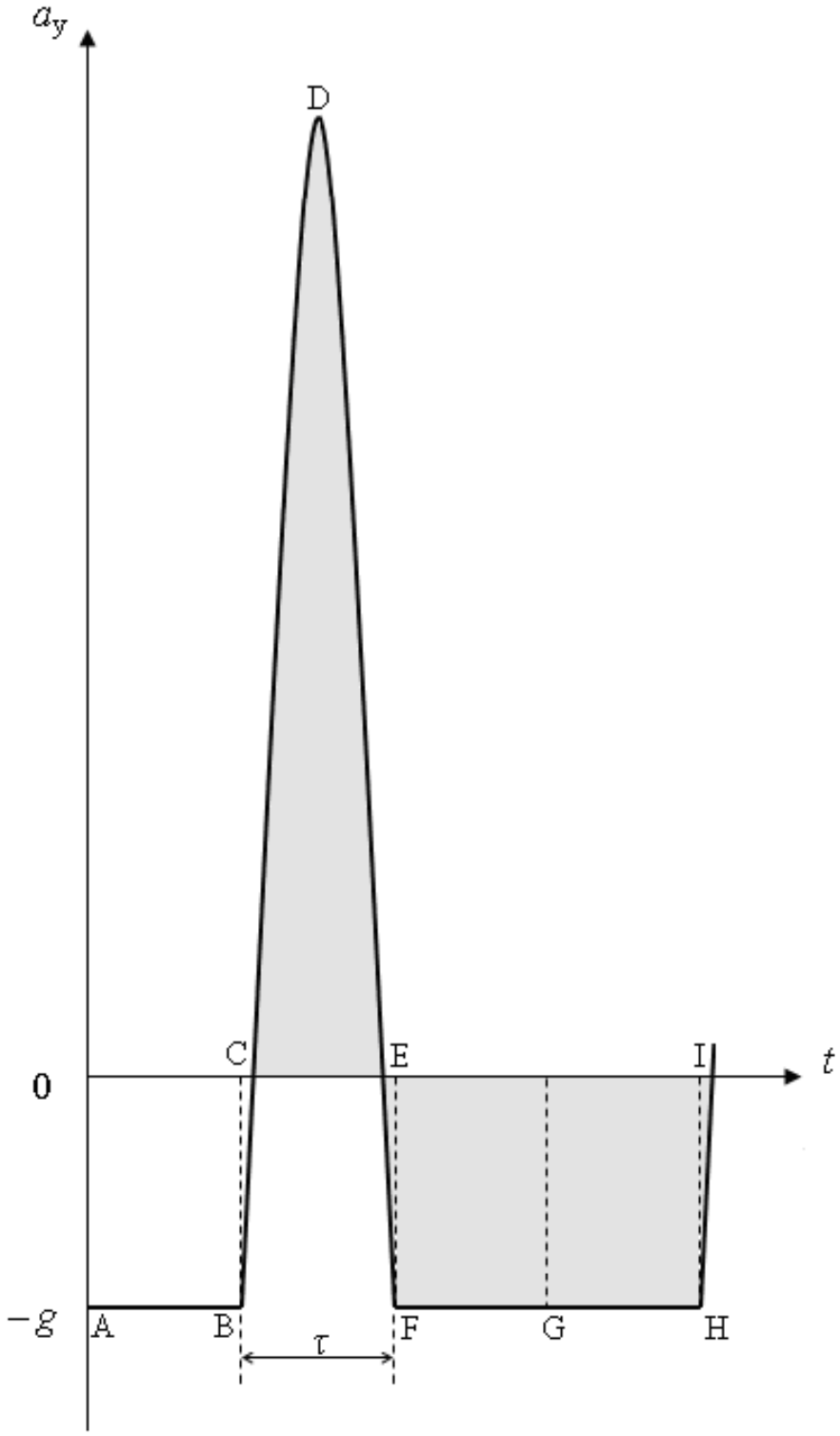


Рис. 2.61

На ділянці EF графіка швидкість руху кульки і пружинки зменшується, так як сила тяжіння буде більше сили пружності пружинки. В точці F пружинка повністю вирівнюється и зупиняється. Кулька продовжує рухатись

вгору під дією сили тяжіння – ділянка FG графіка. Зупинці кульки відповідає точка G на графіку. Після чого рух повторюється.

Чим менше час взаємодії з пружинкою τ при тій же зміні швидкості, тем більше прискорення. Тому малому інтервалу часу τ на графіку повинно відповідати велике значення прискорення. На рис. 2.61 представлено графік залежності прискорення руху кульки від часу $a_y(t)$.

Позначені точки на графіках $a_y(t)$ и $\upsilon_y(t)$ відповідають одним і тим же моментам. Ділянки BCDEF на графіках є ділянками синусоїди. На графіку $a_y(t)$ ділянка синусоїди повинна бути представлена ділянкою NP (рис. 2.60). Площі, обмежені графіком $a_y(t)$ повинні відповідати зміні швидкості руху кульки. Площі під графіком, обмежені точками CDE и EFGHI повинні бути рівні. Крім того, площа фігури, обмеженої графіком прискорення чисельно рівна зміні швидкості за даний інтервал часу, тому дотримання масштабу є важливим.

Розглянутий рух і розв'язок задачі на побудову графіків проекції швидкості і прискорення руху від часу можна оформити у вигляді таблиці розміром А3, яка розміщується на стенді "Сьогодні на уроці". Учні матимуть можливість ознайомиться із розглянутим матеріалом у вільний час, проаналізувати його самостійно. Учні не лише краще засвоюють матеріал, але і розвивають мислення і формують більш глибокі, ґрунтовні знання, що сприяє більшій результативності в подальшому вивченні фізики.

Як показала практика, розгляд задач, максимально наближених до реальних умов, спонукає учнів застосовувати свої знання в повсякденному житті, мотивує їх до вивчення фізики і створює основи для реалізації компетентнісного підходу в освіті.

Окрім рівноприскореного руху, ми вбачаємо необхідність вивчення закону радіоактивного розпаду. У навчальній програмі з фізики зазначено, що учні повинні вміти "формулювати означення активності радіонукліда", "оцінювати активність радіонуклідів за табличними даними", "розв’язувати задачі, застосовуючи формули активності радіонукліда".

Аналіз змісту навчального матеріалу програм з фізики основної школи та підручників [19], [106], [174], [184], [185], [196] показав, що для осмислення учнями явища радіоактивного розпаду, що розкриває розуміння властивостей речовини, потрібно вивчати закон радіоактивного розпаду на якісному рівні. Для розуміння закону учні опираються на знання з фізики, отримані раніше, що є одним із аспектів компетентнісного підходу. Ми пропонуємо використовувати один із різновидів графіків – номограми, які поряд з якісним розглядом явища розкривають кількісні залежності між фізичними величинами.

Практика вивчення розділу показала, що учні, особливо у класах з поглибленим вивченням фізики, запитують про функціональну залежність величин, що характеризує радіоактивний розпад від часу. Слід зазначити, що без вивчення цієї функціональної залежності практично неможлива постановка кількісних задач. Використання номограм є чи не єдиним можливим способом постановки кількісних задач на даному етапі вивчення радіоактивного розпаду, оскільки програма з математики основної школи не передбачає вивчення показникової та логарифмічної функціональних залежностей. Вивчення закону радіоактивного розпаду ускладнюється ще й тим, що відсутній і неможливий навчальний фізичний експеримент.

Функціональна залежність закону радіоактивного розпаду є складною для учнів основної школи і вивчається пізніше. Розв'язання цього протиріччя можливе шляхом використання графічного подання відомої залежності та номограм. Ми пропонуємо для розв'язування задач використовувати метод оцінки співвідношення між фізичними величинами, уникнувши складних математичних розрахунків.

Практика показала, що закон радіоактивного розпаду найдоцільніше показати через зменшення кількості радіоактивних атомів з часом. Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко і В.Ф. Савченко у підручнику [106] зазначають: "Було встановлено, що існує залежність активності радіоактивних нуклідів від часу – закон радіоактивного розпаду. З'ясувалося, що для кожної

радіоактивної речовини існує певний інтервал часу, протягом якого кількість її ядер зменшується вдвоє. Цю величину назвали періодом напіврозпаду T. Тобто якщо в початковий момент часу було N радіоактивних ядер, то за період напіврозпаду T їхня кількість зменшиться вдвоє і дорівнюватиме $N/2$. Ще через такий самий час T їх буде вже $N/4$ і т.д. Цей закон має статистичний характер і тому відображає середній час життя достатньо великої кількості атомних ядер і не може бути застосований для окремих ядер хімічних елементів." [106, 128]. Саме залежність $N(t)$ є найдоступнішою для учнів.

В.Д. Сиротюк у підручнику [174] вказує графік залежності $N(t)$ і навіть вказує його математичну залежність

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \qquad (2.13)$$

яку складно пояснити учням.

Серед згаданих підручників поняття сталої радіоактивного розпаду λ вводять лише автори М.І. Шут, М.Т. Мартинюк, Л.Ю. Благодаренко [196].

Оскільки в навчальній програмі про неї не йдеться, на нашу думку, її вводити не потрібно. По-перше, у розділі вивчається дуже багато нових, досить складних термінів і величин. По-друге, вона безпосередньо зв'язана з періодом напіврозпаду, $\lambda = 0{,}693 / T$. По-третє, розкрити фізичний зміст сталої досить складно, бо "стала розпаду дорівнює відношенню числа ядер атомів цієї речовини, що розпадаються за одиницю часу, до загального числа ядер атомів на початку розпаду" [196, с. 180].

Активність радіонукліда – доцільно вводити пізніше, після вивчення залежності (2.13), бо активність радіонукліда A залежить від N:

$$A = 0{,}693\ N/T, \qquad (2.14)$$

де N – кількість ядер радіонукліда, яка залежить від t. Це ще раз підкреслює необхідність вивчення залежності (2.13).

Звертаємо увагу учнів, що теорію радіоактивного розпаду було запропоновано Резерфордом і Содді [196, 180]. Для експериментального підтвердження закону та ілюстрації його статистичного характеру ми

використали історичний аспект, запропонований в статті [154]. Демонструємо учням результати експерименту, який проводив у 1955 році американський вчений Г. Сіборг, спостерігаючи за розпадом 47 ядер фермію. На рис. 2.62 наведено графік $N(t)$, побудований за результатами досліду (суцільна лінія) [154, 68].

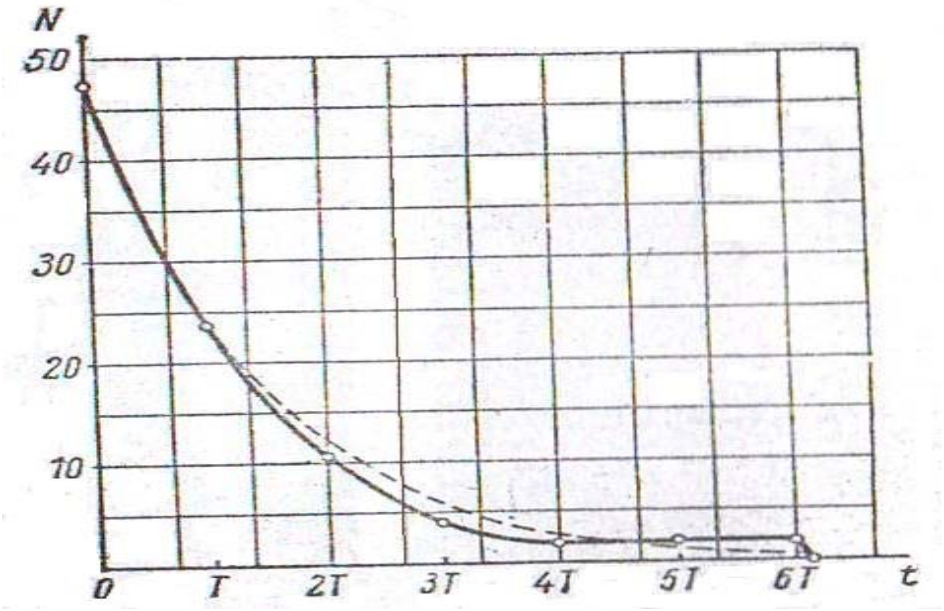


Рис. 2.62

Опираючись на знання учнів з комбінаторики та елементів теорії ймовірностей, які вони одержали на уроках математики, встановлюємо: якщо за інтервал часу T розпадається половина атомів, то ймовірність події за цей інтервал складає 0,5. Визначаємо разом з учнями, яка кількість атомів повинна залишитися при такому значенні імовірності через інтервали часу T, $2T$, ..., $6T$. Одержуємо відповідно числові значення $47 \cdot 0{,}5 = 23{,}5$; $23{,}5 \cdot 0{,}5 = 11{,}75$ і т.д. За цими значеннями проводимо теоретичну лінію для розпаду 47 атомів фермію (пунктирна лінія на графіку, що на рис. 2.62). Різниця між графіками ілюструє статистичний характер закону радіоактивного розпаду [154].

Значний педагогічний ефект дає моделювання закону радіоактивного розпаду [27], [33], [154], точніше моделі аналогії розпаду. Модель, запропонована О.І. Бугайовим та В.І. Савченком, є динамічною [27]. Статистичні моделі базуються на "киданні" монет (орел, решка) [154] та на

"киданні" прозорого кубика, одна з граней якого затемнена [33]. Для кращого розуміння статистичного характеру закону радіоактивного розпаду пропонуємо учням провести вдома експеримент із кидання 47 монет однакової вартості (наприклад, 1 коп.). Спочатку потрібно висипати на плоску м'яку поверхню із коробки 47 монет і порахувати кількість тих монет, які будуть повернуті до гори "гербом". Слід вважати, що ці монети – радіоактивні атоми, що не зазнали розпаду за інтервал часу T. Потрібно зібрати знову до коробки тільки їх, добре струсити, висипати на ту ж поверхню та підрахувати кількість "атомів", які не зазнали розпаду за інтервал часу $2T$. Досліди повторити до того моменту, коли всі "атоми" "розпадуться". Результати експерименту рекомендуємо занести до табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Для запису результатів експерименту

№ з/п	1	2	3				
Час спостереження	0	T	$2T$				
Кількість атомів, що залишилася	47						0

За формулою (2.13) учні не можуть алгебраїчно розв'язати задачі на знаходження N_1 за t_1 чи, навпаки, за t_2 визначити N_2, бо учні не вивчали показникових і логарифмічних функцій. Ставимо їм запитання, чи можна розв'язати дану проблему інакше. Підводимо їх до графічного розв'язку задачі. Показуємо учням, що останню проблему можна розв'язати, використавши графік залежності кількості радіоактивних атомів речовини, що залишились після розпаду, від часу(рис. 2.63) [174]. Таке розв'язання прямої і зворотної задачі можливе кількісно, коли задано N_0 і T, тобто за кількісним графіком, типу графіка, що на рис. 2.63.

Оскільки активність змінюється з часом, знаючи як змінюється середня активність, можемо записати:

$$A_1 \sim \frac{N_0}{2}\cdot\frac{1}{T};\ \ A_2 \sim \frac{N_0}{4}\cdot\frac{1}{T};\ \ A_3 \sim \frac{N_0}{8}\cdot\frac{1}{T};\ \ ...;\ \ A \sim N(\mathrm{t})\cdot\frac{1}{T}.$$

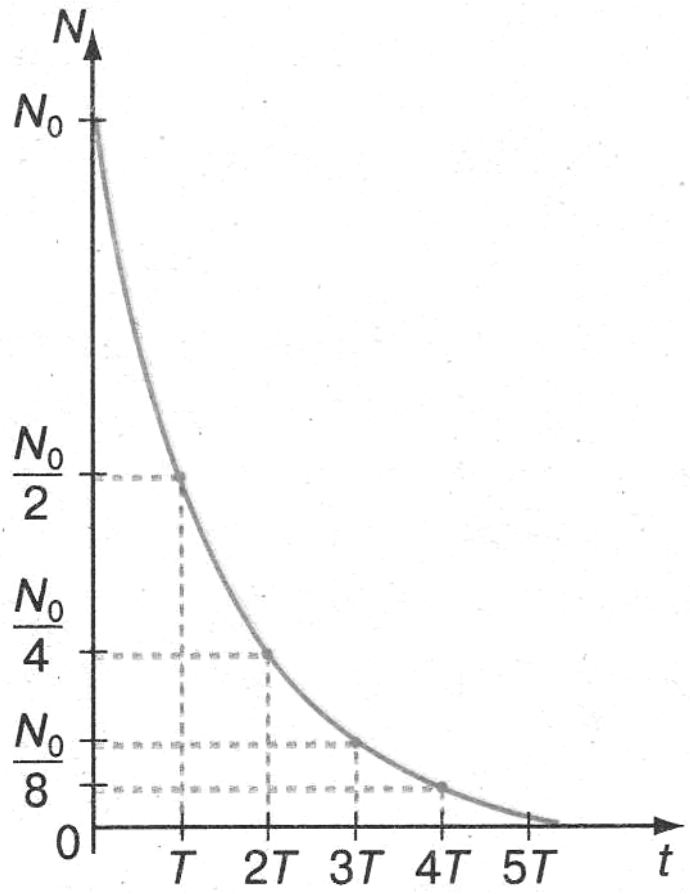


Рис. 2.63

Це означає, що активність радіоактивного зразка змінюється за законом, подібним до радіоактивного розпаду, який задано формулою (2.13).

Точні математичні доведення дають залежність:

$$A = \frac{0{,}693}{T} N; \qquad (2.15)$$

$$A = \frac{0{,}693}{T} 2^{-\frac{t}{T}}. \qquad (2.16)$$

Використання графіків сприяє глибшому розумінню учнями нових функціональних залежностей, однак графік на рис. 2.63 досить незручно використовувати для розв’язування задач. Спростити обчислення і допомогти учням у розв’язуванні задач на даному етапі може використання номограми.

На рис. 2.64 подана номограма з вирівнюваними точками. Для обчислень за номограмою накладають лінійку горизонтально так, щоб вона перетнула точку на шкалі, яка відповідає відомій величині. Відповіддю буде

значення точки перетину лінійки із шкалою шуканої величини. Номограми такого типу запропонував Л.Р. Стоцький для перетворення одиниць фізичних величин [176]. На відміну від аналітичного, графічний метод розв'язування задач не викликає в учнів проблем та не потребує використання калькулятора. За номограмою просто розв'язати пряму задачу (наближено визначити число атомів, які не розпалися за визначений інтервал часу), та зворотну (наближено визначити час, через який не розпалась визначена кількість атомів).

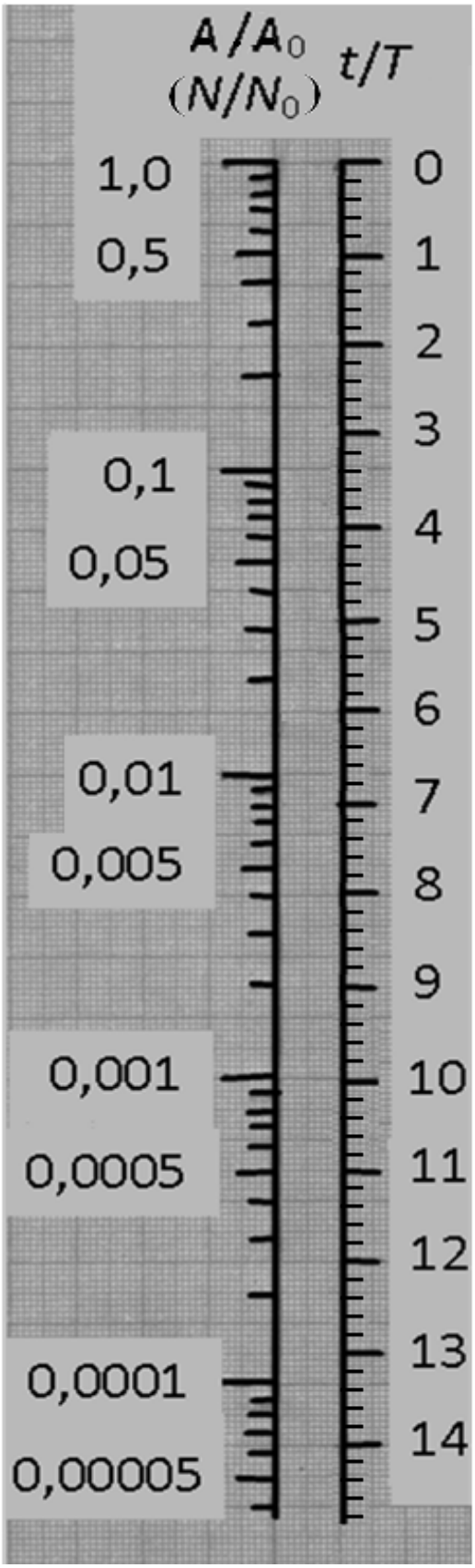


Рис. 2.64

Важливим є те, що на номограмі вказано відношення фізичних величин, а завдання в задачах сформульовано таким чином, що вимагає від учнів не лише приблизно оцінити за номограмою співвідношення між фізичними величинами, а визначати абсолютні значення фізичних величин.

Розглянемо декілька таких задач.

Задача 2.19. Період піврозпаду радіоактивної міді становить 10 хв. Яка частка від початкової її кількості залишиться через 50 хв? через 1,5 год?

За номограмою знаходимо, що за час, що в $t/T = 5$ разів більший від періоду, залишиться $N/N_0 = 0{,}03$ частина атомів, тобто $N = 0{,}03\ N_0$. Аналогічно при $t/T = 9$

залишиться $N = 0{,}002\ N_0$ атомів.

Задача 2.20. Через який час залишиться половина ядер радіонукліда? 1/10? 1/100? 1/1000? 1/10000?

За номограмою знаходимо: $t = T$; $t = 3{,}3T$ $t = 6{,}6T$; $t = 10T$; $t = 13T$ відповідно.

Для розв'язування задач на знаходження активності радіоактивного зразка теж доцільно використати номограму (рис. 2.64). Розглянемо декілька таких задач.

Задача 2.21. Активність радіоактивного зразка Йоду-137, період напіврозпаду якого 8,08 доби, складає $2{,}0 \cdot 10^{10}$ Бк. Яка активність зразка буде через 6 діб? 60 діб? 600 діб?

Покажемо розв’язок одного з випадків. Активність A пропорційна N (2.15). За номограмою визначаємо, що для $t/T = 60/8{,}08 = 7{,}4$ значення $A = 0{,}0060$. Отже, $A = 2{,}0 \cdot 10^{10}$ Бк$\cdot 0{,}0060 = 1{,}2 \cdot 10^{8}$ Бк.

З використанням номограми учні можуть розв'язати зворотну задачу.

Задача 2.22. Через скільки діб активність радіоактивного зразка Йоду-137 буде $1{,}2 \cdot 10^{8}$ Бк, якщо період напіврозпаду його 8,08 доби, а активність в даний момент складає $2{,}0 \cdot 10^{10}$ Бк?

Проведені педагогічні дослідження показали, що розгляд закону радіоактивного розпаду з використанням графічного методу сприяє розвитку мислення учнів та більш змістовному формуванню поняття активності радіоактивного нукліда. Використання номограми дозволяє розв’язувати з учнями кількісні задачі на застосування закону радіоактивного розпаду за відсутності знань учнів з математики про показникові та логарифмічну функції [88].

Аналіз графіків залежності кінематичних величин від часу для складних рухів сприяє розумінню учнями механічних процесів, оскільки саме графік наочно ілюструє зміну величин з часом для конкретного явища.

Використання графіків функціональних залежностей між фізичними величинами є основою для встановлення закономірностей між величинами

при вивченні динаміки, рівноприскореного руху та законів збереження в механіці. Зокрема, формування поняття маси на основі розуміння учнями того факту, що швидкість неможливо змінити миттєво, вчить учнів застосовувати одержані знання для аналізу фізичних явищ у повсякденному житті, що сприяє формуванню предметної компетентності учнів.

Розгляд таких важливих питань, як рівноприскорений рух та закон радіоактивного розпаду, створює сприятливі умови для подальшого вивчення учнями фізики, забезпечує їх впевнене оволодіння навчальним матеріалом та виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, закладає основи для формування наукової картини світу ще на рівні основної школи, дозволяє учням впевнено оволодіти графічним методом та використовувати його в інших галузях науки та сферах життєдіяльності, що у свою чергу сприяє формуванню предметної компетентності учнів.

Висновки до розділу 2

1.На основі аналізу навчальної програми з фізики встановлено елементи графічного методу, що забезпечують виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів основної школи.

2. Розроблено методичні підходи до використання графічного методу в процесі вивчення фізики основної школи відповідно до визначених елементів графічного методу: при вивчення розривів та зламів на графіках рівнянь зв'язку між фізичними величинами в кінематиці; використання номограм для розв'язування фізичних задач при вивченні теплових та електромагнітних явищ, під час розв'язування задач за формулою тонкої лінзи, для обчислення активності радіоактивної речовини; використання енергетичних діаграм для ілюстрації закону збереження енергії в механічних і теплових процесах; використання динамічних транспарантів для розв'язування задач на застосування рівняння теплового балансу. Узагальнено методичні підходи до використання графічного методу для розв'язування задач з механіки.

3. Розроблено методичні рекомендації щодо вивчення рівноприскореного руху та закону радіоактивного розпаду на факультативних заняттях у контексті допрофільної підготовки учнів з метою пропедевтики курсу фізики старшої школи, що забезпечує наступність між основною та старшою школою, закладає основи для успішного профільного навчання учнів і створює передумови для життєвого і професійного самовизначення.

4. Запропоновані методичні підходи до використання графічного методу передбачають розв'язування графічних задач на різних етапах навчальної діяльності учнів, ґрунтуються на принципах системності та наступності, дозволяють учням оволодіти графічним методом та використовувати його в інших сферах життя, а також галузях науки. Все це забезпечує виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів основної школи, закладає основи для формування наукової картини світу, а тому сприяє формуванню предметної компетентності учнів.

РОЗДІЛ 3
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ

3.1. Постановка та умови проведення педагогічного експерименту

Метою педагогічного експерименту була апробація, корекція, відпрацювання запропонованої методики формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв'язування фізичних задач графічним методом. Педагогічний експеримент полягав у дослідженні проблеми доцільності, доступності та ефективності вивчення запропонованих елементів графічного методу під час розв'язування фізичних задач на різних етапах навчальної діяльності учнів у контексті компетентнісного підходу та пошуку методичних рекомендацій, які дають педагогічний ефект близький до оптимального. Основні характеристики експерименту відображені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Етапи педагогічного експерименту

№ з/п	Етап	Цілі	База проведення експерименту	Учасники експерименту, кількість
1	2	3	4	5
1	Констатувальний (2010-2012 роки)	1. Аналіз теорії і практики використання графічного методу для розв'язування фізичних задач. Аналіз Державного стандарту загальної середньої освіти та навчальних програм. Аналіз поняття "предметна компетентність". 2. Тестування учнів для виявлення рівня оволодіння ними графічним методом.	Спеціалізована школа № 307 з поглибленим вивчення природничих наук Деснянського району м. Києва	Учні 8-9 класів, 169 учнів

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
2	Пошуковий (2012–2013 роки)	1. Виявлення можливостей підвищення ефективності використання графічного методу на різних етапах навчальної діяльності учнів. Відбір елементів графічного методу, рекомендованих до вивчення в основній школі, та узгодження їх із державними вимогами до рівня загальноосвітньої підготовки учнів. Розроблення методичних підходів до використання графічного методу для розв'язування фізичних задач з різних розділів фізики. 2. Попередня експертна оцінка інформаційного змісту запропонованих елементів графічного методу. 3. Удосконалення розроблених методичних підходів. 4. Експертна оцінка розроблених методичних підходів.	Фізико-математичний інститут, СШ № 307	Науково-педагогічні працівники та вчителі загальноосвітніх навчальних закладів: 13 викладачів та 18 вчителів.
3	Формувальний (2013–2014 роки)	1. Впровадження розроблених методичних рекомендацій до використання графічного методу для розв'язування фізичних задач у навчально-виховний процес. 2. Визначення ефективності запропонованих методичних підходів та перевірка достовірності одержаних результатів.	Загальноосвітні навчальні заклади	Учні 7-9 класів з 11 шкіл (936 учнів).

Безпосередньо оцінити компетентність неможливо, тому потрібно оцінювати такі компоненти компетентності, як знання, вміння, навички, які

регламентовано державними вимогами до рівня навчальних досягнень учнів і подано в таблиці 2.1 (с. 52), та вміння їх застосовувати для розв’язування різних типів задач.

У ході констатувального експерименту вивчався рівень оволодіння учнями восьмих і дев'ятих класів графічним методом розв’язування задач наприкінці навчального року. Було визначено об'єм знань про графічний метод, якими мають оволодіти учні згідно навчальної програми з фізики, та рівень оволодіння учнями графічним методом.

Для виявлення рівня знань учнів розроблено завдання для восьмого та дев'ятого класів у вигляді тестів на встановлення відповідності та з вибірковими відповідями. Завдання охоплюють знання про графічний метод, якими повинні володіти учні наприкінці навчального року. Перелік запропонованих завдань подано у пункті 3.2 дисертації.

Проблеми оцінювання виконання учнями тестових завдань зводилися до вибору шкали і її відповідності абсолютним показникам. Вибрано дванадцятибальну шкалу оцінювання. Така шкала відповідає оцінюванню навчальних досягнень учнів, тому її зручно використовувати для поділу навчальних досягнень учнів за рівнями: початковий, середній, достатній, високий.

Результати тестування учнів представлено у таблицях та гістограмах інтервального розподілу відсотків учнів, які отримали бали у визначеному інтервалі. Гістограми побудовані для інтервалів у 3 бали, тобто у відповідності до рівня навчальних досягнень учнів: 1-3 бали – початковий рівень, 4-6 балів – середній рівень, 7-9 балів – достатній рівень, 10-12 балів – високий рівень.

Додатково для аналізу рівня оволодіння учнями графічним методом побудовано таблиці та гістограми відсоткового розподілу учнів, які впорались з кожним окремим завданням. Гістограми побудовані для кожного завдання і допомагають проаналізувати, з якими завданнями учні впорались краще, а з якими гірше у відсотковому співвідношенні.

Для оцінювання доцільності запровадження до навчального процесу запропонованих елементів графічного методу та дидактичної оцінки розроблених методичних рекомендацій до використання графічного методу для розв’язування фізичних задач було використано метод експертних оцінок. Суть методу експертних оцінок полягає в проведенні експертами інтуїтивно-логічного аналізу проблеми з кількісними судженнями і формальною обробкою результатів. Одержане в результаті обробки узагальнене судження експертів приймається як розв'язок проблеми. Від експертизи метод експертних оцінок відрізняють дві особливості: науково обґрунтована організація проведення всіх етапів експертизи; застосування кількісних методів при організації експертизи та при оцінюванні суджень експертів і їх обробці. В професійній педагогіці існують великі перспективи застосування методів експертних оцінок при складанні нових планів і програм, оцінці навчальних матеріалів, професійних якостей особистості, прогнозування розвитку спеціальностей тощо [112]. Спочатку експерти заповнили анкету, яка містила опис об'єкту експертизи та прохання вказати характер своєї професійної діяльності. Анкета вказана в додатку 2.

Для оцінювання об'єктів експертизи використано такі дві комбіновані шкали, які поєднують шкалу найменувань з десятибальною шкалою порядку:

1) оцінювання доцільності вивчення в основній школі запропонованих елементів графічного методу, використання номограм під час розв’язування задач на формулу тонкої лінзи та доцільність використання графічного методу під час вивчення рівноприскореного руху та закону радіоактивного розпаду на факультативних заняттях у контексті допрофільної підготовки учнів проводилося за такою шкалою:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Не доцільно			Більше недоцільно, ніж доцільно		Більше доцільно, ніж недоцільно		Доцільність обумовлена вимогами навчальної програми		Доцільність не викликає сумніву	

2) відповідність елементів графічного методу під час вивчення механіки, теплових і електромагнітних явищ державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів оцінювалися за такою шкалою:

0 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Не відповідає		Більше не відповідає, ніж відповідає		Відповідає, частково		Відповідає із зауваженнями		Повністю відповідає	

Всі експерти (31 особа) оцінювали доцільність вивчення графічного методу, зміст його елементів, відповідність запропонованих методичних рекомендацій навчальній програмі з фізики.

Під час формувального експерименту на паралелях сьомого, восьмого, і дев'ятого класів було сформовано експериментальні і контрольні групи. В експериментальних групах впроваджувалися розроблені методичні підходи, в контрольних групах навчання проводилося за традиційною методикою. Інші умови, які здатні впливати на знання, вміння, мотивацію до навчання, набуття готовності та здатності використовувати отримані знання, вміння та навички, були однаковими.

Усього в експерименті брали участь учні 7-9 класів 11 шкіл України: всього 33 експериментальних (936 учнів) та 33 контрольних (936 учнів) груп. Різниця між кількістю учнів експериментальних і контрольних груп кожної паралелі в кожній школі не перевищувала 1-2 учні і загальна кількість учнів експериментальної і контрольної групи виявилася однаковою.

Мінімальну кількість задіяних в експерименті учнів, щоб з імовірністю $P = 0{,}95$ можна було стверджувати, що межа похибки результатів дослідження не перевищує 5 %, визначили, використовуючи теорему Бернуллі за формулою: $n = \frac{t^2 pq}{\varepsilon^2}$, де $p = q = 0{,}5$ – відповідно ймовірності того, що навчання вплинуло або не вплинуло на учня, $\varepsilon = 0{,}05$ – відносна межа похибки результатів експерименту, $t = 1{,}96$. Тобто: мінімальна кількість задіяних в експерименті учнів $n = \frac{(1{,}96)^2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5}{(0{,}05)^2} \approx 384$.

Для визначення ефективності запропонованих методичних підходів щодо використання графічного методу для розв’язування фізичних задач проводився аналіз виконання учнями восьмих та дев'ятих класів експериментальних і контрольних груп наприкінці навчального року тестів, які використовувались у ході констатувального експерименту.

Для перевірки достовірності відмінностей у результатах навчання в експериментальних і контрольних групах було застосовано критерій знаків.

Для визначення рівня засвоєння методів використання динамічних транспарантів, номограм та діаграм проводився аналіз виконання учнями експериментальних груп контрольних робіт. Учні контрольної групи такої контрольної роботи не виконували, оскільки у процесі їх навчання розроблені методичні підходи не використовувалися.

Дослідно-експериментальну роботу проведено в школах міст Києва та Одеси, Київської та Одеської областей, а також в Інститутах підвищення кваліфікації вчителів міст Києва та Одеси.

3.2. Аналіз результатів педагогічного експерименту

Відповідно до етапів проведення педагогічного експерименту у 2010-2012 роках було проведено констатувальний експеримент із учнями восьмих і дев'ятих класів спеціалізованої школи № 307 з поглибленим вивченням природничих наук Деснянського району м. Києва. Проведено тестування учнів кожної паралелі.

Учням восьмого класу було запропоновано наступні шість завдань, кожне з яких оцінювалось в 2 бали.

1. Три автомобілі перебували в одному пункті і почали рухатися в одному напрямку вздовж прямолінійної траєкторії. Графіки залежності шляху, пройденого тілами, від часу подано на рис. 3.1. Дайте відповіді на запитання. **1)** У якого автомобіля швидкість найбільша? найменша? **2)** Хто з автомобілів найдовше рухався? Найдовше стояв? **3)** У скільки разів відстань

від автомобіля А до автомобіля В відрізняється від відстані від автомобіля Б до автомобіля В у момент часу 4 год?

1) а) А; Б; **б)** А; В; **в)** Б; А; **г)** В; Б.

2) а) А; Б; **б)** А; В; **в)** Б; В; **г)** В; А.

3) а) 2; **б)** 3; **в)** 2/3; **г)** 3/2.

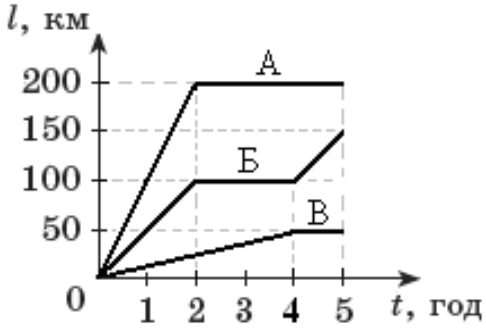
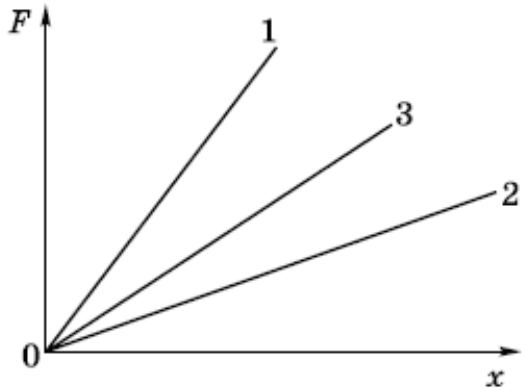


Рис. 3.1

2. На рис. 3.2 наведено графіки залежності сили пружності від деформації для трьох пружин. Яке співвідношення між їхніми жорсткостями?



а) $k_1 < k_2 < k_3$

б) $k_1 < k_3 < k_2$

в) $k_1 > k_2 > k_3$

г) $k_1 > k_3 > k_2$

Рис. 3.2

3. За графіком на рис. 3.3 визначте жорсткість пружини.

а) 200Н/м; **б)** 150 Н/м; **в)** 300 Н/м; **г)** 250 Н/м.

4. На рис. 3.4 зображено графіки залежності температури від отриманої кількості теплоти для двох металевих брусків однакової маси. У якого з металів питома теплоємність є більшою? У скільки разів?

а) 1; в 1,5 рази; **б)** 2; в 2,5 рази; **в)** 1; в 2 рази; **г)** 2; в 3 рази.

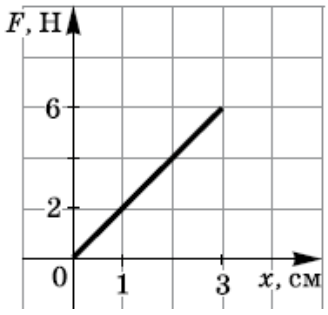


Рис. 3.3

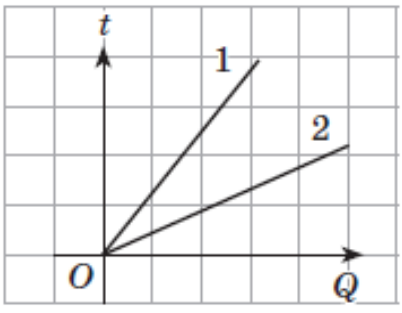


Рис. 3.4

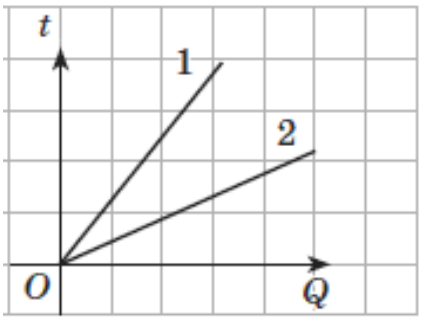


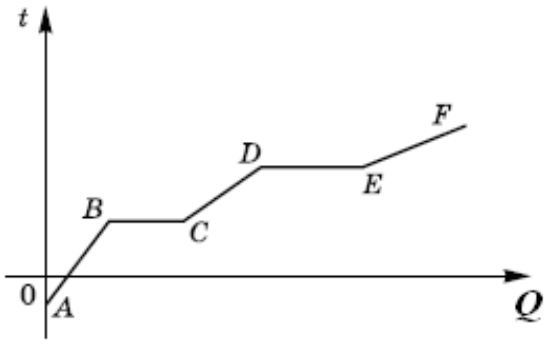
Рис. 3.5

5. На плиту поставили металеву каструлю з водою. Маси каструлі та води є однаковими. Який із графіків залежності температури від отриманої кількості теплоти (рис. 3.5) відповідає воді? У скільки разів відрізняється питома теплоємність води і металу?

а) 1; в 2,5 рази; **б)** 2; в 1,5 рази; **в)** 1; в 2 рази; **г)** 2; в 3 рази.

6. Встановіть відповідність, сполучивши стрілками ділянки графіка та теплові процеси, які їм відповідають.

А) *AB*	1) кипіння
Б) *BC*	2) нагрівання пари
В) *CD*	3) нагрівання тіла у твердому стані
Г) *DE*	4) нагрівання рідини
	5) плавлення



Учням дев'ятого класу було запропоновано наступні шість завдань, кожне з яких оцінювалось в 2 бали.

1. На рис. 3.6 зображені вольт-амперні характеристики двох ніхромових дротин однакової довжини. Яка з дротин має більший опір? Більшу площу поперечного перерізу?

а) 1; 1; **б)** 1; 2; **в)** 2; 1; **г)** 2; 2.

2. Порівняйте температури трьох залізних провідників однакових розмірів, вольт-амперні характеристики яких зображені на рис. 3.7.

а) $t_1>t_2>t_3$; **б)** $t_1<t_2<t_3$; **в)** $t_2<t_3<t_1$; **г)** $t_2>t_3>t_1$.

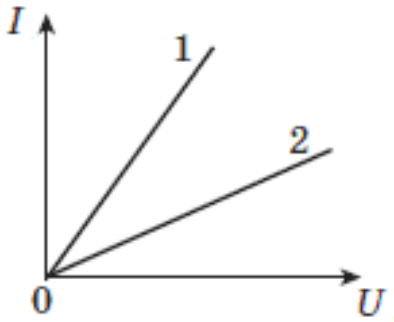


Рис. 3.6

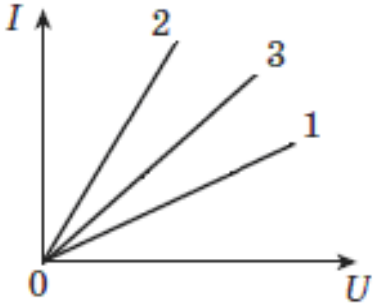


Рис. 3.7

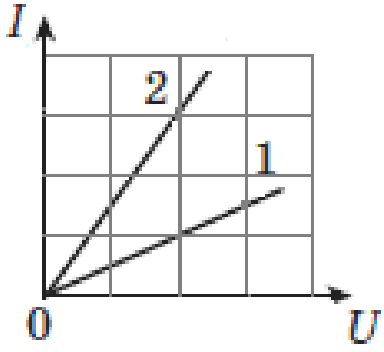


Рис. 3.8

3. На рис. 3.8 зображено графіки залежності сили струму, що проходить крізь фоторезистор, від прикладеної напруги. Який графік відповідає більш освітленому фоторезистору? У скільки разів відрізняються опори фоторезисторів?

а) 1; в 3 рази; **б)** 2; в 3 рази; **в)** 1; в 2 рази; **г)** 2; в 2 рази.

4. На рис. 3.9 зображено графік залежності сили струму в споживачі від напруги. Який заряд проходить через споживач за 10 с за напруги на ньому 10 В? Який опір споживача?

а) 30 Кл; 10 Ом; **б)** 300 Кл; 0,33 Ом; **в)** 3 Кл; 10 Ом; **г)** 0,3 Кл; 0,33 Ом.

5. За графіком залежності сили струму через резистори від напруги (рис. 3.10) визначте опір кожного резистора.

а) 2 Ом; 3 Ом; 2 Ом;

б) 2 Ом; 4 Ом; 8 Ом;

в) 2 Ом; 4 Ом; 1 Ом;

г) 3 Ом; 2 Ом; 1 Ом.

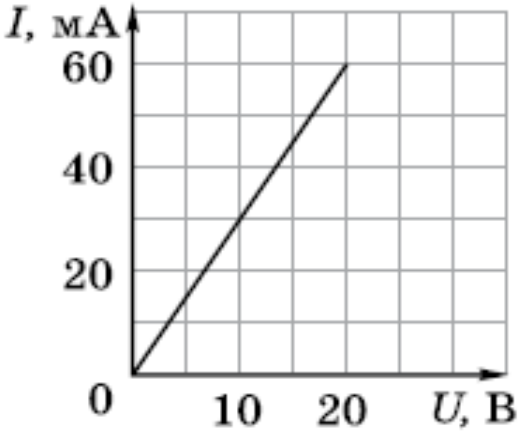


Рис. 3.9

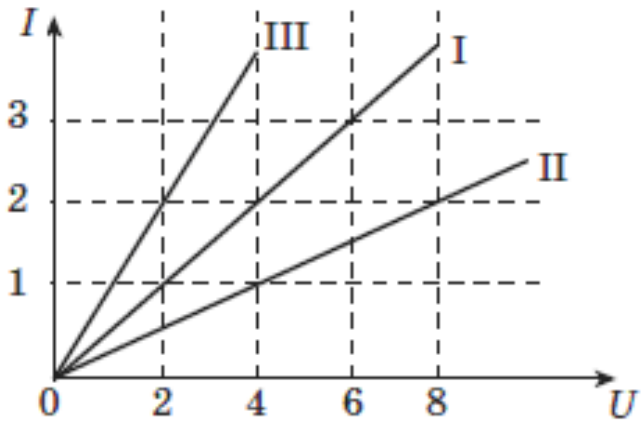
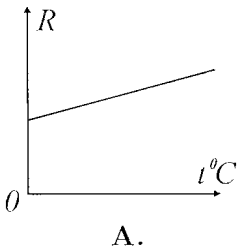


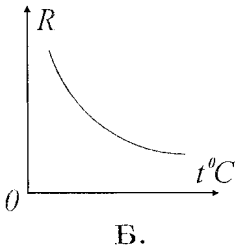
Рис. 3.10

6. Встановіть відповідність між графіком залежності електричного опору від температури та речовиною, якій він відповідає:

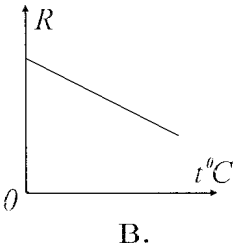
1) напівпровідник; **2)** електроліт; **3)** метал.



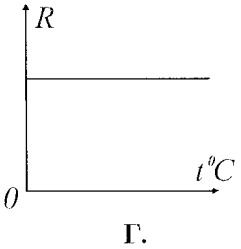
А.



Б.



В.



Г.

1	
2	
3	

За результатами тестування складалися таблиці за такими ознаками: визначалася кількість учнів, які одержали бали від 0 до 12 за інтервалами у 3 бали (табл. 3.2, 3.3).

Таблиця 3.2

Інтервальний розподіл результатів тестування учнів восьмого класу

Рівень навчальних досягнень учнів	**Результати тестування**		
	Кількість учнів	**Відсоток**	**Середній бал**
початковий	3	3,5	6,5
середній	40	46,5	
достатній	35	40,7	
високий	8	9,3	
Разом	86	100	6,5

Таблиця 3.3

Інтервальний розподіл результатів тестування учнів дев'ятого класу

Рівень навчальних досягнень учнів	**Результати тестування**		
	Кількість учнів	**Відсоток**	**Середній бал**
початковий	8	9,6	5,8
середній	37	44,6	
достатній	34	41,0	
високий	4	4,8	
Разом	83	100	5,8

Кожне з шести завдань оцінювалося в 2 бали. Було обчислено також середній бал учнів. Для наочності результати представлено гістограмами, поданими на рис. 3.11 і 3.12. Гістограми побудовані для інтервалів у 3 бали.

Аналіз результатів, поданих в табл. 3.2 і 3.3 дозволив зробити висновок, що учні володіють графічним методом на середньому рівні.

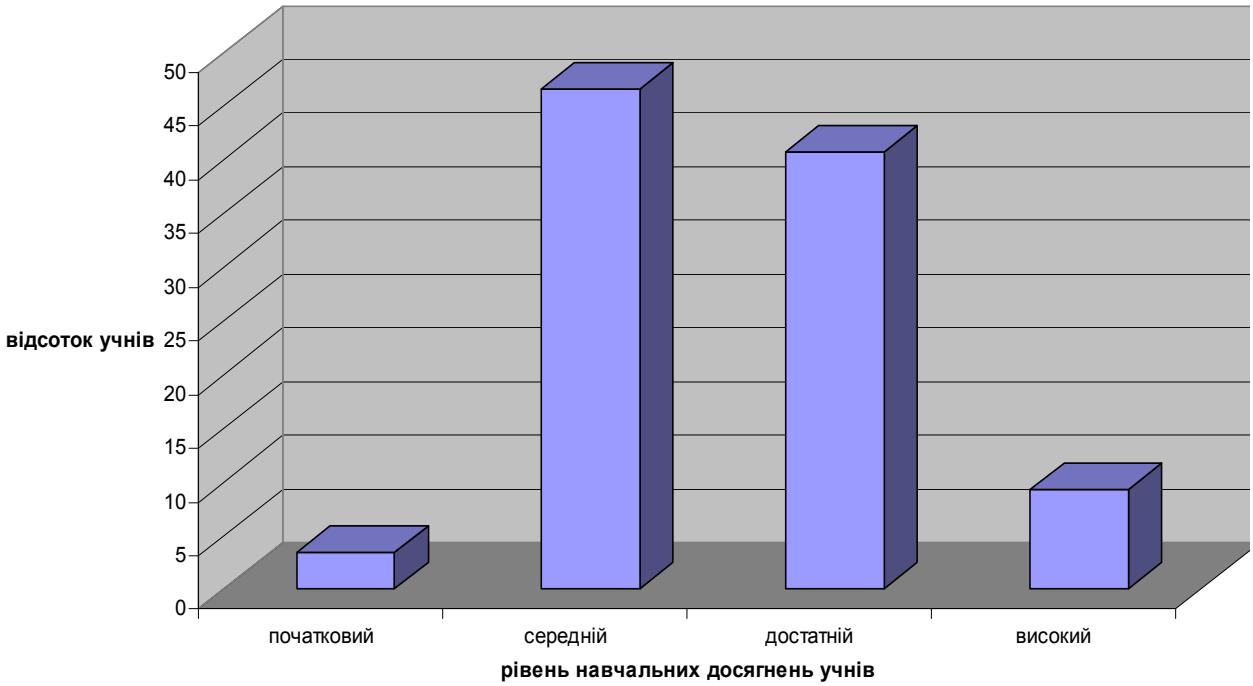


Рис. 3.11. Гістограми інтервального розподілу результатів тестування учнів восьмого класу

Для аналізу рівня оволодіння учнями графічним методом побудовано таблиці (табл. 3.4 і 3.5) відсоткового розподілу учнів, які успішно впорались з кожним окремим завданням.

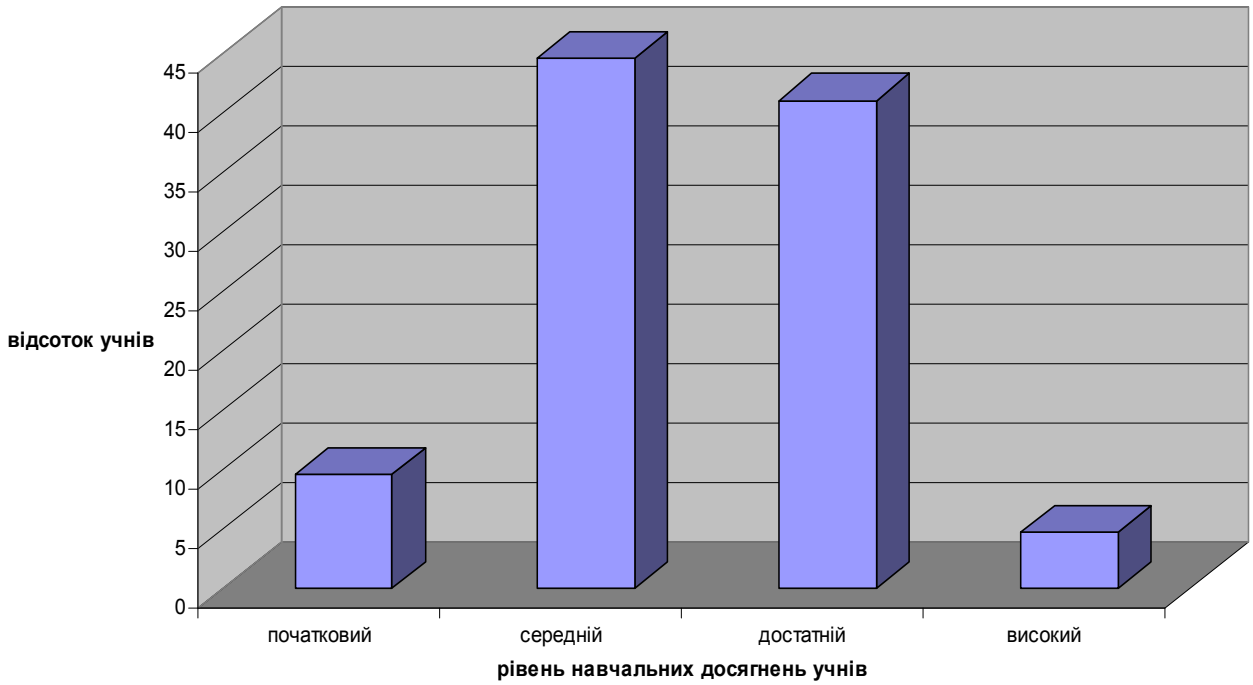


Рис. 3.12. Гістограми інтервального розподілу результатів тестування учнів дев'ятого класу

Таблиця 3.4

Відсотковий розподіл успішного виконання учнями восьмого класу кожного із завдань

	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
К-ть учнів, які вірно виконали завдання	52	8	46	41	34	63
Відсоток	60,5	9,3	53,5	47,7	39,5	75,9

Таблиця 3.5

Відсотковий розподіл успішного виконання учнями дев'ятого класу кожного із завдань

	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
К-ть учнів, які вірно виконали завдання	17	26	23	34	51	64
Відсоток	20,5	31,3	27,7	41,0	61,4	77,1

Для наочності результати було представлено гістограмами, поданими на рис. 3.13 і 3.14. Гістограми побудовані для кожного завдання і допомагають проаналізувати, з якими завданнями учні впорались краще, а з якими гірше у відсотковому співвідношенні.

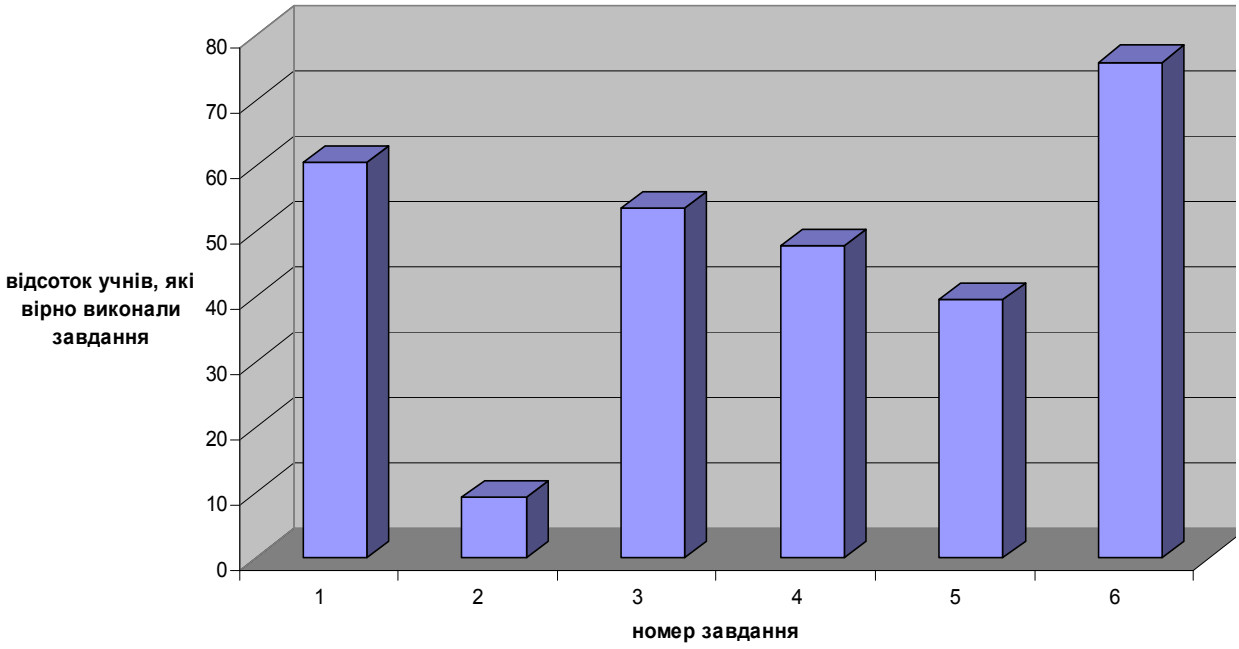


Рис. 3.13. Гістограми відсоткового розподілу успішного виконання учнями восьмого класу кожного із завдань

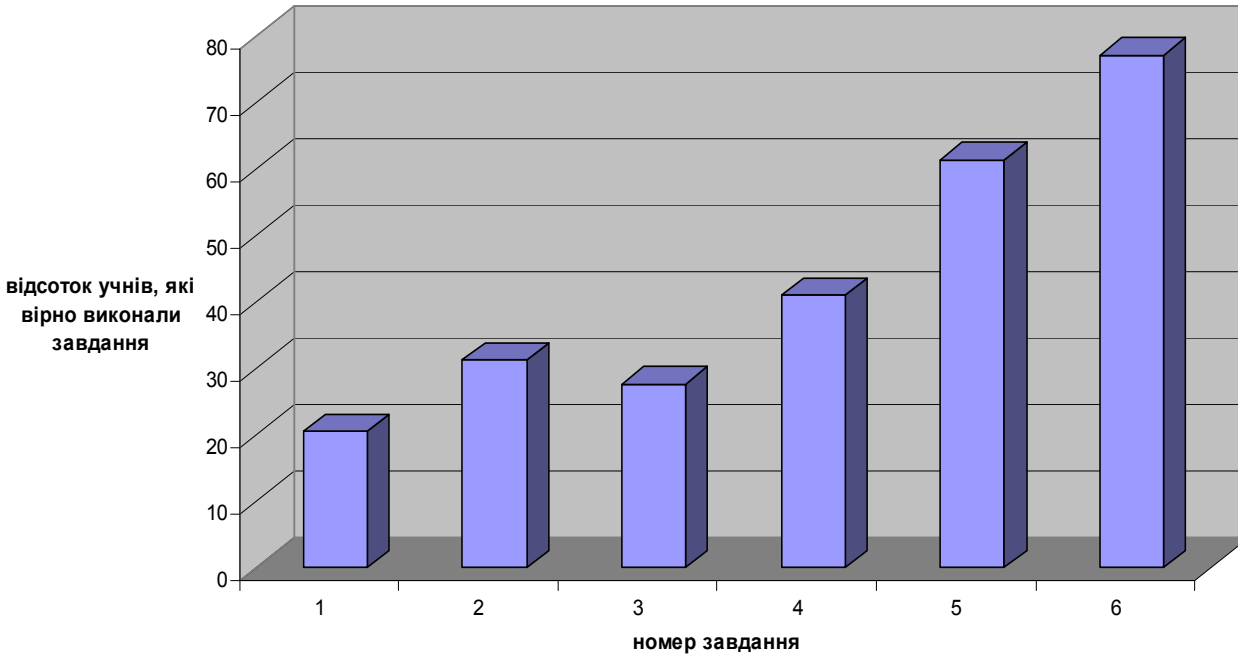


Рис. 3.14. Гістограми відсоткового розподілу успішного виконання учнями дев'ятого класу кожного із завдань

Аналіз результатів, поданих в табл. 3.4 і 3.5 дозволив зробити висновок, що учні краще впорались із завданнями, які вимагають знань про графічний метод, зазначених у навчальній програмі. У восьмому класі це завдання № 1 на аналіз графіка залежності шляху від часу та завдання № 6 на аналіз графіка теплових процесів. У дев'ятому класі таким завданням є завдання № 6 на встановлення відповідності між графіком та речовиною, якій він відповідає. Успішність виконання учнями цього завдання можна пояснити тим, що вивчення залежності опору речовин від температури у підручниках супроводжується графічними ілюстраціями.

Таким чином, проведення констатувального експерименту дозволило сформулювати такі узагальнені висновки:

1. Використання графічного методу в межах питань, безпосередньо зазначених в навчальній програмі, має позитивні результати.

2. Учні вміють використовувати графічний метод для розв’язування фізичних задач на середньому рівні.

3. Існуючі методичні підходи до вивчення графічного методу потребують вдосконалення.

Навчальна програма з фізики для основної школи передбачає використання графіків лише при вивченні механіки та теплоти. Результати пошукового експерименту показали, що для підвищення рівня предметної компетентності учнів основної школи з фізики існує потреба розширити використання графічного методу з інших розділів фізики, а також удосконалити вже існуючі методичні підходи до використання графічного методу під час вивчення зазначених розділів.

У пункті 2.1 дисертації розглянуто елементи графічного методу, які можуть вивчатися в основній школі, та їх відповідність державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів. Для прогнозування доцільності вивчення запропонованих елементів графічного методу у процесі розв'язування фізичних задач, їх корегування, перевірки їх відповідності державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів та доцільності запровадження запропонованих методичних рекомендацій до використання графічного методу для розв'язування фізичних задач проведено експертну оцінку (додаток 2). Попередня експертна оцінка, в якій брали участь 13 науково-педагогічних працівників та 18 вчителів загальноосвітніх навчальних закладів, показала такі результати:

1. Доцільність вивчення в основній школі запропонованих елементів графічного методу, яка оцінювалася за шкалою 1 (див. с. 146), оцінили 74 % експертів. Результати експертної оцінки кожного елементу графічного методу подано в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Результати експертної оцінки щодо доцільності вивчення в основній школі запропонованих елементів графічного методу

Номер елементу	1	2	3	4	5	6	7	8
Середній бал	7,8	8,2	8,6	7,3	8,1	7,4	7,6	7,2

2. За відповідність елементів графічного методу під час вивчення механіки державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, яка оцінювалася за шкалою 2 (див. с. 147), було віддано 80 % голосів

експертів, що обумовило подальшу розробку методичних підходів до використання графічного методу для розв’язування задач з механіки саме у такому форматі. Середній бал за шкалою оцінювання склав 8,2.

3. За відповідність елементів графічного методу під час вивчення теплових явищ державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, яка оцінювалася за шкалою 2 (див. с. 147), було віддано 78 % голосів експертів, що обумовило подальшу розробку методичних підходів до використання графічного методу під час вивчення теплових явищ саме у такому форматі. Середній бал за шкалою оцінювання склав 7,7.

4. За відповідність елементів графічного методу під час вивчення електромагнітних явищ державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів було віддано 72 % голосів експертів, що обумовило подальшу розробку методичних підходів до використання графічного методу під час вивчення електромагнітних явищ саме у такому форматі. Середній бал за шкалою оцінювання склав 7,4.

5. Доцільність використання номограм під час розв’язування задач на формулу тонкої лінзи і проведення факультативних занять за запропонованою методикою оцінили 73% експертів. Середній бал за шкалою оцінювання склав 7,6.

Для оцінки змісту елементів графічного методу визначено склад експертів за такими критеріями: 1) предмет діяльності експерта пов'язаний з проблемами використання графічного методу, застосування його до розв’язування фізичних задач; 2) стаж роботи експерта в навчальному закладі складає не менше 20 років; 3) експерт має вчене звання та наукову ступінь або педагогічне звання та вищу категорію. Враховано також бажання експертів працювати над даною проблемою. За такими критеріями сформовано групу з 13 експертів, з якими обговорено запропоновані методичні рекомендації використання графічного методу у процесі розв’язування фізичних задач графічним методом.

Експертна оцінка інформаційного змісту запропонованих елементів графічного методу та методичних підходів до їх вивчення з метою формування предметної компетентності учнів основної школи викликала жваве обговорення. Зокрема, критики експертів зазнали методичні підходи до аналізу графіків швидкості руху тіла і прискорення руху тіла від часу. Всі зауваження експертів були враховані. Особливо експерти відзначили доцільність використання номограм у процесі розв’язування задач за формулою тонкої лінзи, а також при вивченні радіоактивного розпаду на факультативних заняттях. Доцільність запропонованих методичних підходів до використання графічного методу в навчальному процесі з фізики обґрунтовано необхідністю виконання таких вимог:

1) розв'язування задач є невід'ємною складовою частиною навчального процесу, тому важливо розв’язувати задачі на різних етапах навчальної діяльності учнів;

2) більшість висновків за результатами експерименту здійснюється на основі графічного матеріалу, тому учні повинні вміти читати, розуміти, опрацьовувати, інтерпретувати і будувати графіки;

3) безпосередньо в навчальній програмі зазначено про використання графічного методу для розв’язування фізичних задач;

4) у процесі розв’язування дослідницьких задач формується предметна компетентність учнів, тому розв’язувати такі задачі треба якомога більше;

5) для реалізації компетентнісного підходу необхідно реалізовувати проблемний виклад матеріалу та частково-пошуковий метод навчання.

Під час формувального експерименту (2013–2014 рр.) проводились заняття з учнями сьомих, восьмих, дев'ятих класів загальноосвітніх навчальних закладів за запропонованими методичними підходами. В експерименті брали участь 936 учнів: 306 учнів сьомих класів, 309 учнів восьмих класів і 321 учень дев'ятих класів. В експериментальних групах впроваджувалися розроблені методичні підходи, в контрольних групах навчання проводилося за традиційною методикою. Інші умови, які здатні

впливати на знання, вміння, мотивацію до навчання, набуття готовності та здатності використовувати отримані знання, вміння та навички, були однаковими. Для перевірки результативності навчання та ефективності запропонованих методичних підходів щодо використання графічного методу для розв'язування фізичних задач учні експериментальних і контрольних груп наприкінці навчального року виконали контрольні роботи у формі тестів, які використовувались під час проведення констатувального експерименту. Результати тестування експериментальної і контрольної груп вказані в табл. 3.7 і 3.8, які створені за зразком таблиць 3.2 і 3.3.

Таблиця 3.7

Інтервальний розподіл результатів тестування учнів восьмого класу

Рівень навчальних досягнень учнів	**Експериментальна група**			**Контрольна група**		
	Кількість учнів	**Відсоток**	**Середній бал**	**Кількість учнів**	**Відсоток**	**Середній бал**
початковий	6	1,9	8,1	12	3,9	6,7
середній	51	16,5		146	47,2	
достатній	197	63,8		126	40,8	
високий	55	17,8		25	8,1	
Разом	309	100	8,1	309	100	6,7

Для зручності порівняння результати виконання контрольної роботи учнями представлено на гістограмах (рис. 3.15 і 3.16). Гістограми побудовані для інтервалів у 3 бали.

Таблиця 3.8

Інтервальний розподіл результатів тестування учнів дев'ятого класу

Рівень навчальних досягнень учнів	**Експериментальна група**			**Контрольна група**		
	Кількість учнів	**Відсоток**	**Середній бал**	**Кількість учнів**	**Відсоток**	**Середній бал**
початковий	5	1,6	8,6	14	4,4	6,1
середній	46	14,3		149	46,4	
достатній	219	68,2		141	43,9	
високий	51	15,9		17	5,3	
Разом	321	100	8,6	321	100	6,1

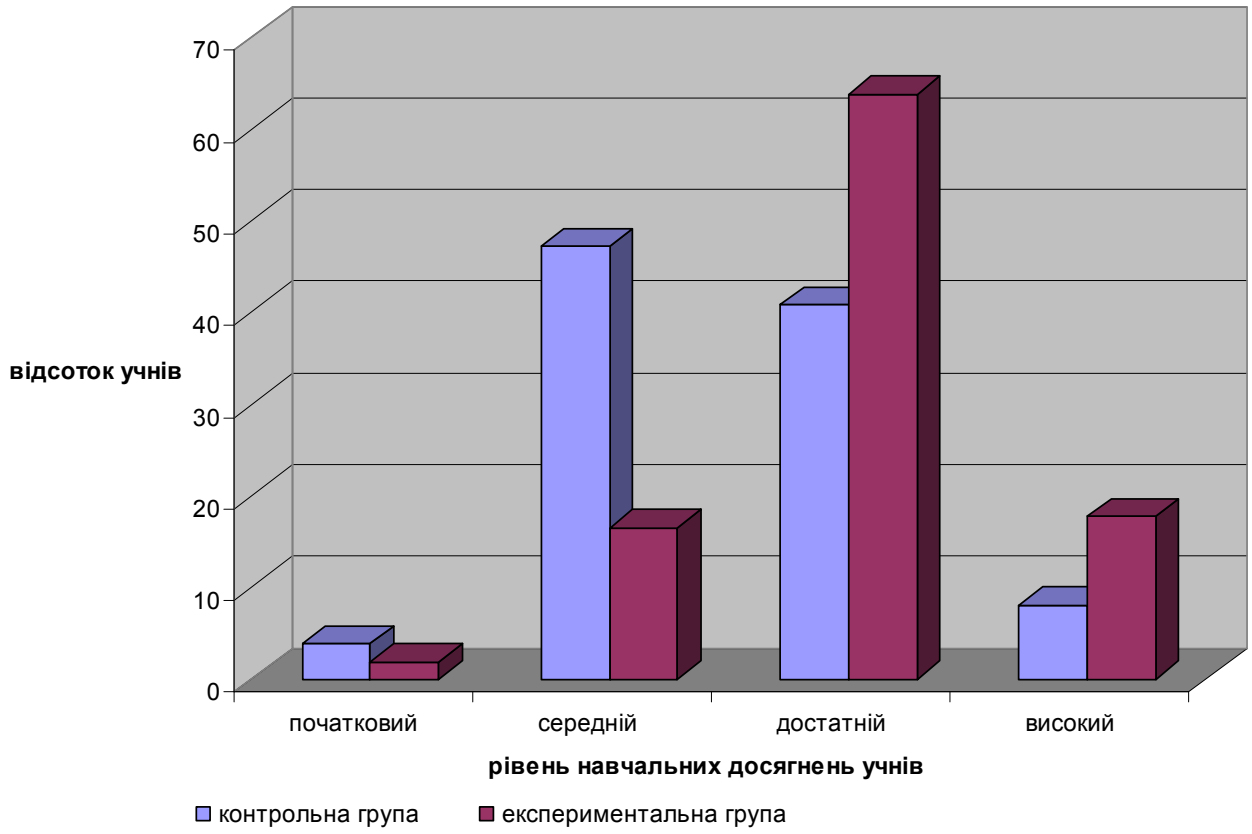


Рис. 3.15. Інтервальний розподіл результатів тестування учнів восьмого класу контрольної і експериментальної груп

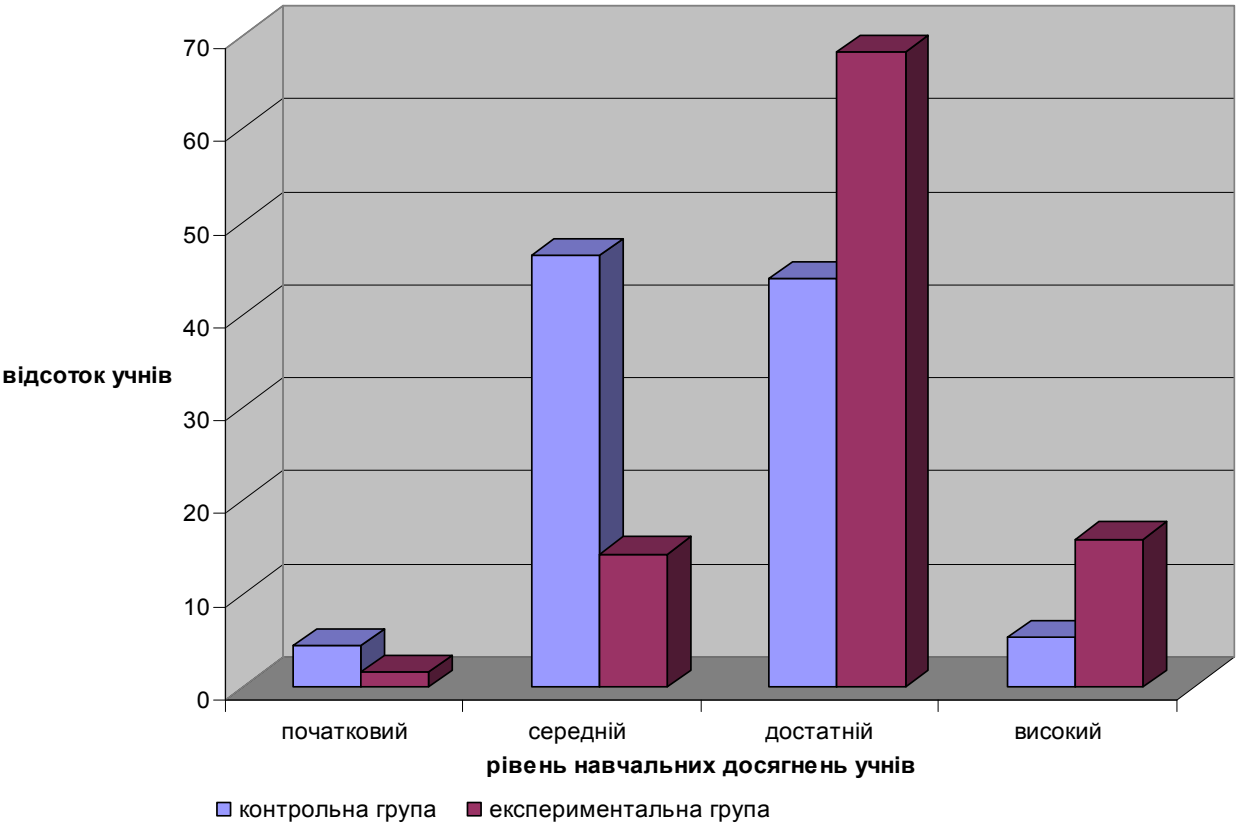


Рис. 3.16. Інтервальний розподіл результатів тестування учнів дев'ятого класу контрольної і експериментальної груп

Як видно з гістограми (рис. 3.15), у експериментальної групи учнів восьмого класу, порівняно з контрольною групою, на 2,0% менше учнів з початковим і на 30,7% менше учнів із середнім рівнем знань, на 23,0% більше учнів з достатнім і на 9,7% більше учнів із високим рівнем знань. Як видно з гістограми (рис. 3.16), у експериментальної групи учнів дев'ятого класу, порівняно з контрольною групою, на 2,8% менше учнів з початковим і на 32,1% менше учнів із середнім рівнем знань, на 24,3% більше учнів з достатнім і на 10,6% більше учнів із високим рівнем знань. Одержані результати свідчать про підвищення якості знань учнів та підвищення їх рівня предметної компетентності, а отже, про ефективність розроблених методичних підходів.

Для перевірки достовірності одержаних експериментальних даних та визначення, чи є випадковою відмінність у результатах навчальної діяльності учнів різних шкіл, які входили до однієї групи, розраховано дисперсію D та середнє квадратичне відхилення σ. Вказана оцінка виконувалась за наступною методикою:

- вибірка даних була отримана для контрольної та експериментальної групи восьмого та дев'ятого класів 11 загальноосвітніх навчальних закладів,

- для кожного рівня навчальних досягнень учнів було обчислено математичне очікування $\bar{x}$ кількості учнів з відповідним рівнем, дисперсію D та середнє квадратичне відхилення σ за наступними формулами:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \,,\; D = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \,,\; \sigma = \sqrt{D} \,.$$

Для початкового рівня навчальних досягнень учнів восьмого класу експериментальної групи було отримано наступні значення: $\bar{x} = 0{,}545455$, $D = 0{,}247934$, $\sigma = 0{,}49793$; для середнього рівня – $\bar{x} = 4{,}636364$, $D = 1{,}140496$, $\sigma = 1{,}06794$; для достатнього рівня – $\bar{x} = 17{,}90909$, $D = 1{,}53719$, $\sigma = 1{,}239835$; для високого рівня – $\bar{x} = 5{,}0$, $D = 0{,}909091$, $\sigma = 0{,}953463$.

Для початкового рівня навчальних досягнень учнів восьмого класу контрольної групи було отримано наступні значення: $\bar{x} = 1{,}0$, $D = 0{,}363636$,

σ = 0,603023; для середнього рівня – $\bar{x}$ = 13,27273, D = 1,652893, σ = 1,285649; для достатнього рівня – $\bar{x}$ = 11,45455, D = 1,157025, σ = 1,075651; для високого рівня – $\bar{x}$ = 2,272727, D = 0,380165, σ = 0,616575.

Для початкового рівня навчальних досягнень учнів дев'ятого класу експериментальної групи було отримано наступні значення: $\bar{x}$ = 0,454545, D = 0,247934, σ = 0,49793; для середнього рівня – $\bar{x}$ = 4,181818, D = 0,694215, σ = 0,833196; для достатнього рівня – $\bar{x}$ = 19,90909, D = 0,991736, σ = 0,995859; для високого рівня – $\bar{x}$ = 4,636364, D = 0,77686, σ = 0,881396.

Для початкового рівня навчальних досягнень учнів дев'ятого класу контрольної групи було отримано наступні значення: $\bar{x}$ = 1,272727, D = 0,198347, σ = 0,445362; для середнього рівня – $\bar{x}$ = 13,54545, D = 0,975207, σ = 0,987525; для достатнього рівня – $\bar{x}$ = 12,81818, D = 0,694215, σ = 0,833196; для високого рівня – $\bar{x}$ = 1,545455, D = 0,247934, σ = 0,49793.

З теореми Чебишева слідує, що якщо з 95% довірчою ймовірністю отримані експериментальні дані лежать в довірчому інтервалі $\bar{x}\pm 2\sigma$, то розподіл учнів кожної з груп за рівнями навчальних досягнень носить характер нормального розподілу. Більш ніж 95% даних потрапляють у вказаний інтервал, тому можна стверджувати, що результати експерименту є достовірними, а відмінність у результатах навчальної діяльності учнів різних шкіл, які входили до однієї групи, є не випадковою [112, 268].

Для перевірки достовірності відмінностей у результатах навчання в експериментальних і контрольних групах застосовано критерій знаків, основою для підрахунку було обрано порядковий номер учнів у кожній з груп. Після підрахунку кількості правильних відповідей кожного з учнів в контрольній і експериментальній групах на паралелі восьмих і дев'ятих класів було визначено результат порівняння кількостей правильних відповідей у вигляді знаків "+", "–", "0".

Для паралелі восьмих класів розглядалось 309 пар чисел, причому знак "+" зустрічався 169 разів, знак "–" 117 раз, знак "0" – 23 рази. Для

паралелі дев'ятих класів розглядалось 321 пара чисел, причому знак "+" зустрічався 173 рази, знак "–" 121 раз, знак "0" – 27 разів.

За допомогою нульової гіпотези було перевірено, чи є випадковою різниця між знаками "+" і "–". Відповідь на нульову гіпотезу можна одержати за допомогою *z*-тесту, використовуючи формулу: $z = \frac{\left| f"+"-n \cdot P\{+\} \right| - 0{,}5}{\sqrt{n\left(P\{+\} \cdot P\{-\}\right)}}$, де f – кількість зустрічей відповідного знаку, P – ймовірність частоти відповідного знаку (в даному випадку $P = 0{,}5$ для обох знаків), n – кількість порівнюваних пар чисел, які відповідають знакам "+" і "–" (кількість знаків "0" не враховується).

В результаті проведення *z*-тесту одержали наступні значення: $z = \frac{\left|169 - 286 \cdot 0{,}5\right| - 0{,}5}{\sqrt{286 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5}} \approx \frac{25{,}5}{8{,}5} = 3$ для паралелі восьмих класів; $z = \frac{\left|173 - 294 \cdot 0{,}5\right| - 0{,}5}{\sqrt{294 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5}} \approx \frac{25{,}5}{8{,}6} \approx 3{,}0$ для паралелі дев'ятих класів. Отже, в обох випадках одержано однакове значення $z = 3$. Із *z*-таблиці видно, що в даному випадку 49,865 % значень знаходиться з одного боку від середнього арифметичного і стільки ж з іншого, відповідно можна стверджувати, що межа похибки результатів дослідження не перевищує 5 % з імовірністю 99,73 % [112].

У зв’язку з тим, що за нині діючою програмою серед запропонованих методик у сьомому класі застосовувалась лише методика використання номограм для розв’язування задач за формулою тонкої лінзи, рівень знань учнів сьомого класу контрольної групи не перевірявся.

Для визначення рівня засвоєння методів використання динамічних транспарантів, номограм та діаграм проводився аналіз виконання учнями сьомих, восьмих і дев'ятих класів експериментальної групи контрольних робіт. Учні контрольної групи такої контрольної роботи не виконували, оскільки у процесі їх навчання розроблені методичні підходи не використовувалися. Учням сьомого класу були запропоновані завдання для

перевірки рівня засвоєння методики використання номограми для розв'язування задач на формулу тонкої лінзи. Виконання завдань передбачало використання номограми (рис. 3.17).

1. Дослідіть за допомогою номограми, яка лінза може давати збільшені уявні зображення? За якої умови? Побудуйте відповідне зображення. Утворене зображення є пряме чи перевернуте?

2. Відстань від предмета до збиральної лінзи і від лінзи до зображення $d = f = 5{,}0$ см. Які розміри зображення порівняно з розмірами предмета? В скільки разів збільшиться зображення, якщо зменшити відстань від предмета до лінзи на відстань $a = 2{,}0$ см?

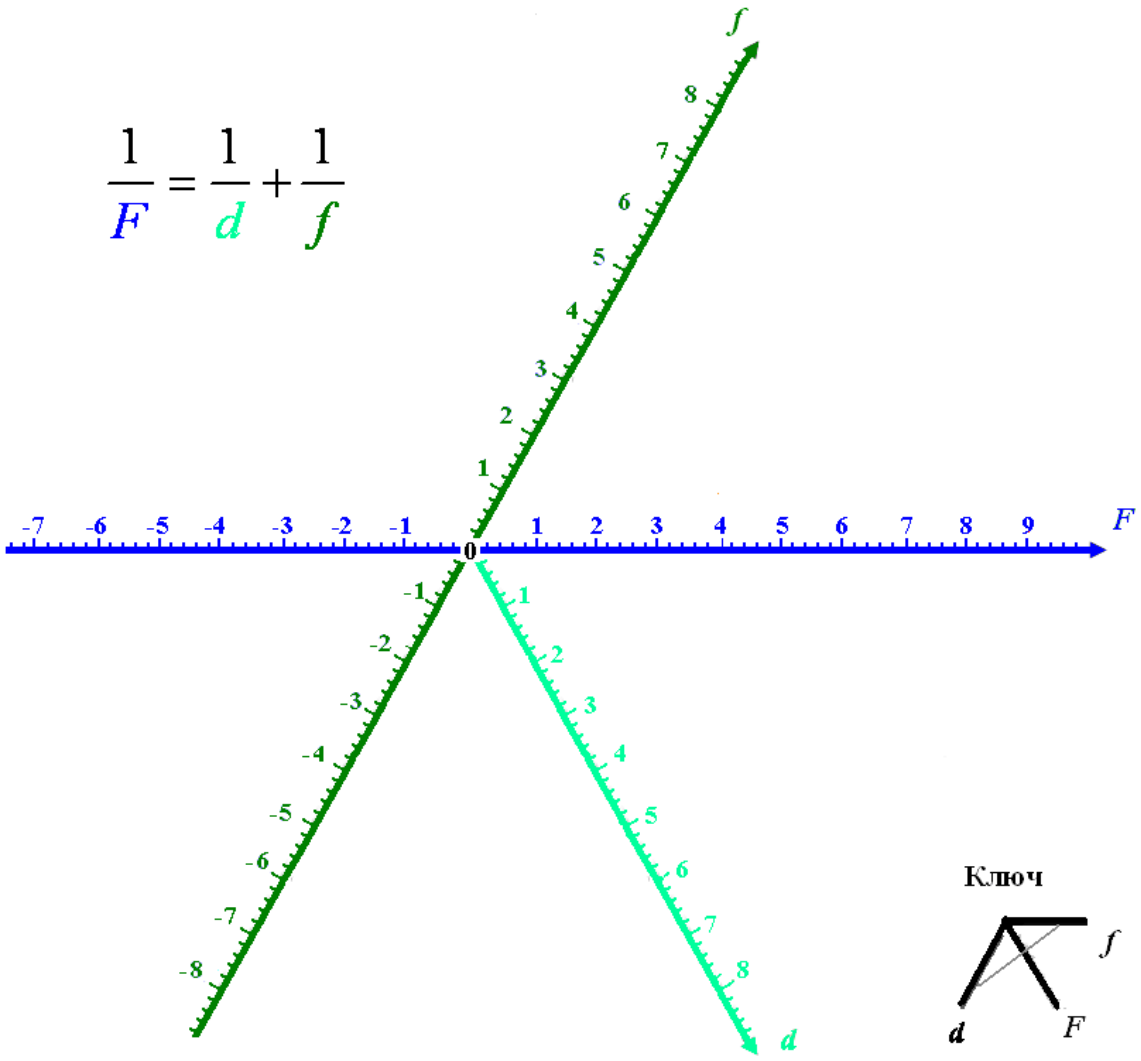


Рис. 3.17

3. Джерело світла рухається вздовж головної оптичної осі збиральної лінзи з нескінченності до фокусу. Фокусна відстань лінзи 2,0 см. Дайте відповіді на запитання:

1. Як буде змінюватися відстань від лінзи до зображення?

2. Як будуть змінюватися розміри зображення при наближенні джерела світла до подвійного фокусу? при русі від подвійного фокусу до фокусу?

3. Що буде спостерігатися, коли джерело світла буде у фокусі лінзи?

4. Побудуйте графік залежності відстані зображення від відстані джерела світла до лінзи. Проаналізуйте побудований графік.

Учням восьмого класу були запропоновані завдання для перевірки рівня засвоєння методики використання енергетичних діаграм в механіці, динамічних транспарантів та номограми для розв'язування задач на рівняння теплового балансу.

1. На рис. 3.18 зображено етапи падіння кульки з висоти *H*. а також графік і діаграму зміни її енергії залежно від висоти. Дайте відповіді на запитання:

1. Поясніть зміни енергії кульки, які відбуваються на

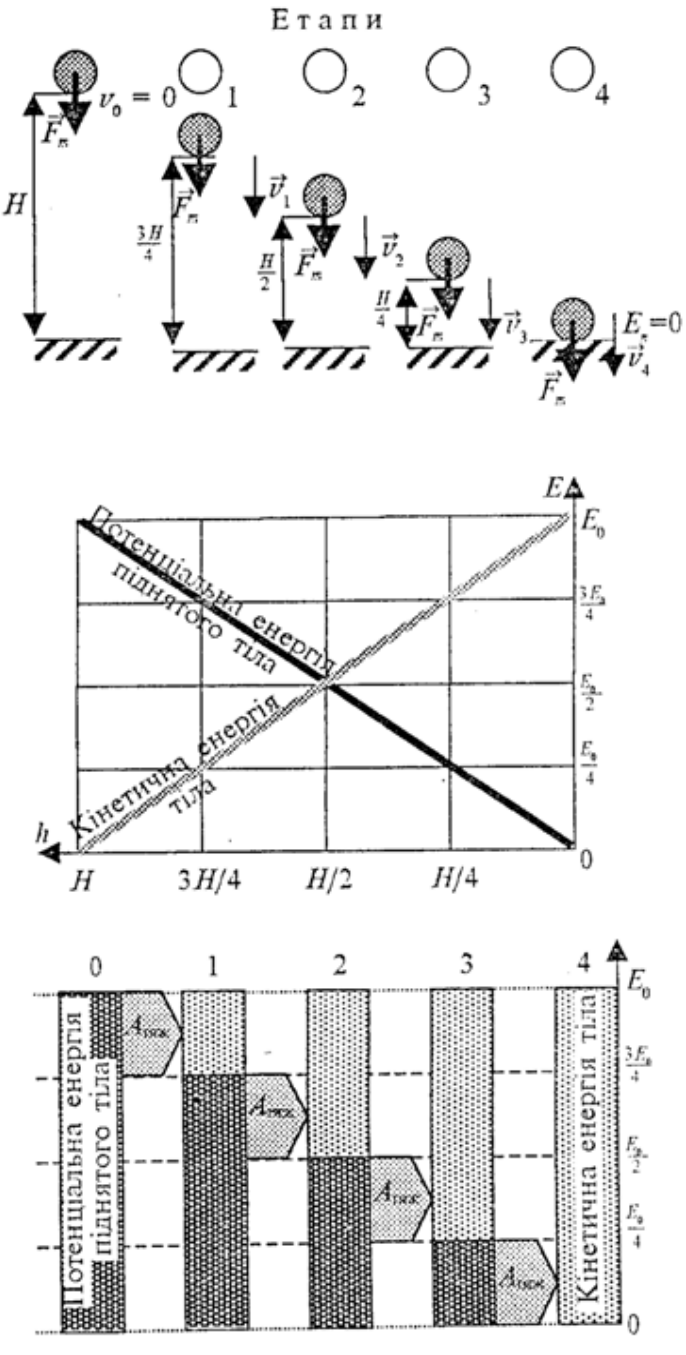


Рис. 3.18

кожному етапі процесу: 0-1, 1-2, 2-3, 3-4.

2. Як змінюється числове значення кожного виду механічної енергії в результаті зміни положення тіла?

3. Як змінюється числове значення повної механічної енергії системи?

4. Механічна робота яких сил приводить до таких змін енергії?

5. Робота є додатною чи від'ємною на кожному етапі процесу?

6. Виконання роботи приводить до збільшення чи зменшення механічної енергії на кожному етапі процесу?

2. Яку масу холодної води при температурі 20 ºС необхідно додати до гарячого чаю масою 0,50 кг при температурі 60 ºС, щоб охолодити його до 50 ºС? 44 ºС? 40 ºС? 36 ºС? Вважати, що питомі теплоємності води та гарячого чаю однакові.

Виконайте завдання, використовуючи номограму (рис. 3.19).

3. У посудину з окропом масою 1,0 кг кидають шматок льоду масою 1,0 кг. При якій температурі треба взяти лід, щоб: а) половина льоду розтанула? б) щоб весь лід розтанув? в) щоб вся вода замерзла? г) щоб встановилась температура води 40 ºС? 50 ºС? 60 ºС? Розв'яжіть задачу з використанням виготовлених динамічних транспарантів, на яких зображено графіки залежностей $t(Q)$ для нагрівання льоду та охолодження води.

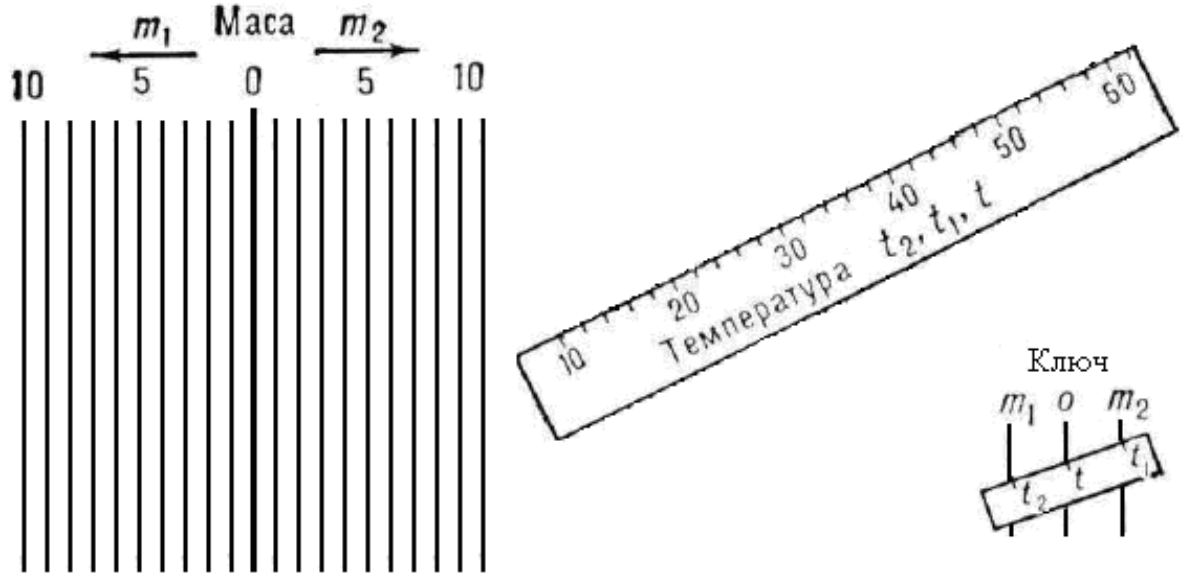


Рис. 3.19

Учням дев'ятого класу були запропоновані завдання для перевірки рівня засвоєння методики використання графічного інтегрування при розв’язуванні задач з електрики та методики використання номограм для обчислення загального опору паралельно з’єднаних провідників і розв’язування задач на активність радіоактивної речовини.

1. Сила струму в провіднику за рівні інтервали часу t_1 спершу рівномірно зростає від 0 до I_1, потім зменшується до $0{,}5I_1$, потім залишається постійною і за мінімальний інтервал часу зменшується до 0. Графік залежності сили струму від часу зображено на рис. 3.20. Який заряд пройшов через поперечний переріз провідника за час, рівний: а) t_1; б) $2t_1$; в) $3t_1$; г) $4t_1$?

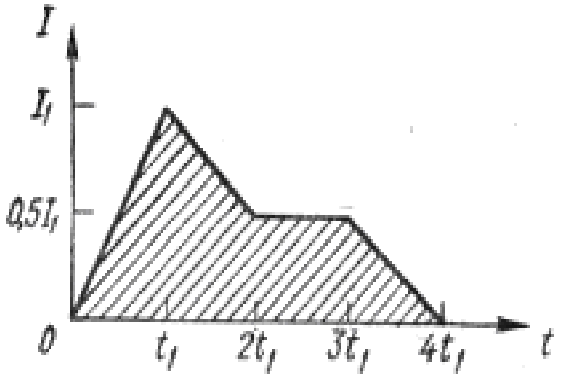


Рис. 3.20

2. Обчисліть загальний опір контуру, схема якого зображена на рис. 3.21, якщо $r = 10$ Ом. Для обчислень використайте номограму, подану на рис. 3.22.

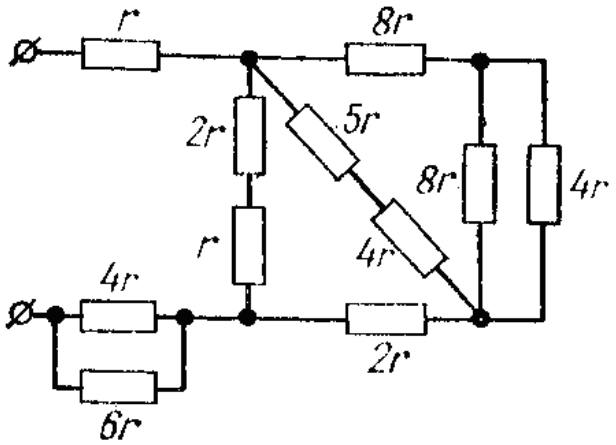


Рис. 3.21

Розв'язання задач № 3, 4 передбачає використання номограми на рис. 3.23.

3. Період піврозпаду Йоду-131 дорівнює 8,0 діб. Яка частина атомів цього ізотопу розпадеться за 32 доби? 40 діб? 56 діб?

4. Через скільки діб активність радіоактивного зразка Йоду-137 буде $1{,}2\cdot10^8$ Бк, якщо період напіврозпаду його 8,08 доби, а активність в даний момент складає $2{,}0\cdot10^{10}$ Бк?

Результати виконання контрольних робіт учнями експериментальної групи наведено у табл. 3.9 – 3.11, які створені за зразком таблиць 3.4 і 3.5.

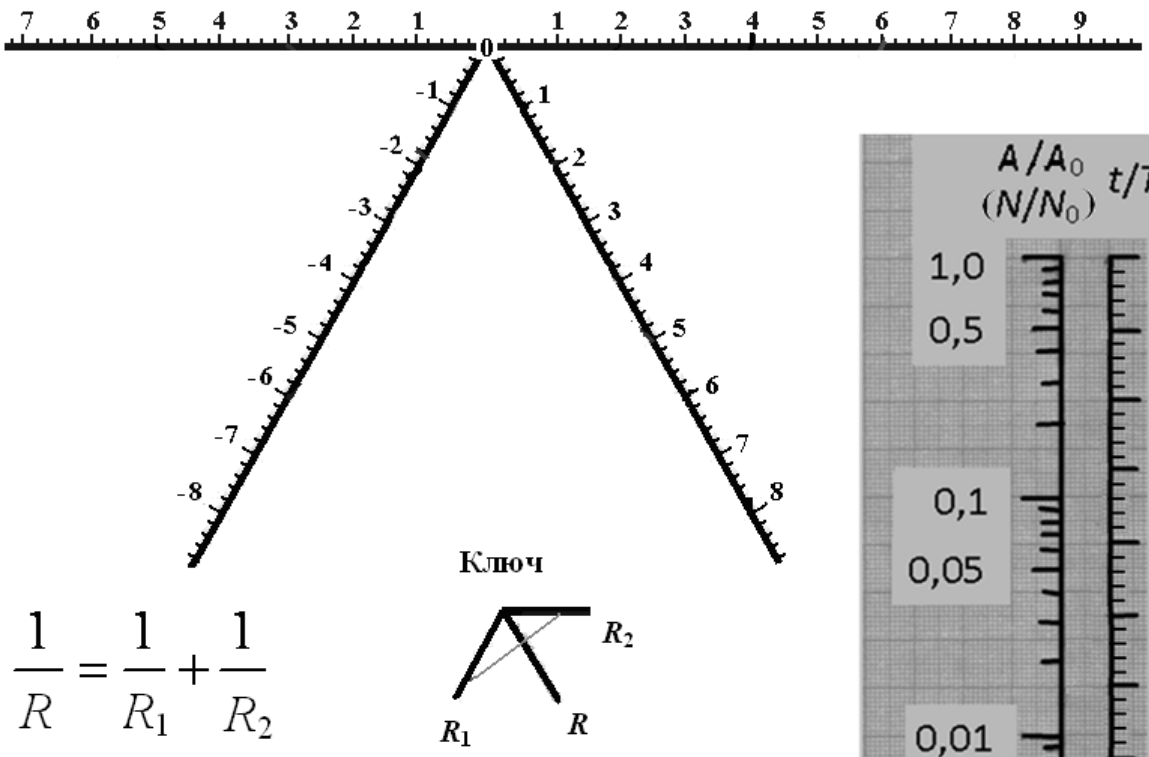


Рис. 3.22

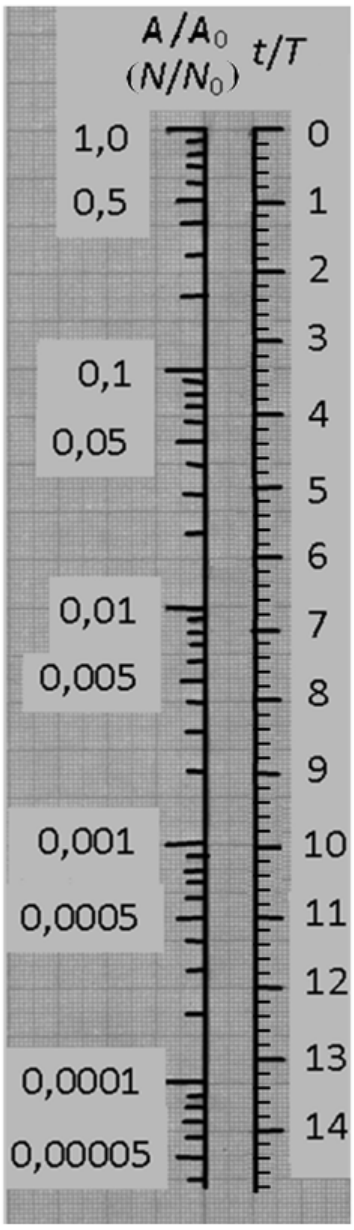


Рис. 3.23

Для наочності відсотковий розподіл успішного виконання учнями кожного із завдань контрольної роботи представлено гістограмами, поданими на рис. 3.24 – 3.26. Аналізуючи гістограми, можна зробити висновок, що учні експериментальної групи засвоїли методики використання графічного методу для розв'язування задач на достатньому рівні, що свідчить про ефективність запропонованих методичних підходів.

Проаналізувавши, з якими завданнями учнями впорались краще, а з якими гірше, можна зробити висновок, що учні засвоїли метод графічного інтегрування і без проблем його застосовують не лише для розв'язування задач з механіки, а й з електрики. Добрі результати дала методика використання номограм, яка одержала схвальні відгуки вчителів та учнів. Зокрема, вчителі відзначали підвищення зацікавленості учнів до розв'язування фізичних задач, учні ж пояснювали це, зокрема, можливістю

розв’язувати досить складні і цікаві задачі, уникаючи складного математичного апарату.

Таблиця 3.9

Відсотковий розподіл успішного виконання учнями сьомого класу кожного із завдань контрольної роботи

	№ 1	**№ 2**	**№ 3**
К-ть учнів, які вірно виконали завдання	232	223	226
Відсоток	75,8	72,9	73,9

Таблиця 3.10

Відсотковий розподіл успішного виконання учнями восьмого класу кожного із завдань контрольної роботи

	№ 1	**№ 2**	**№ 3**
К-ть учнів, які вірно виконали завдання	229	251	217
Відсоток	74,4	81,2	70,2

Таблиця 3.11

Відсотковий розподіл успішного виконання учнями дев'ятого класу кожного із завдань контрольної роботи

	№ 1	**№ 2**	**№ 3**	**№ 4**
К-ть учнів, які вірно виконали завдання	287	246	273	269
Відсоток	89,4	76,6	85,0	83,8

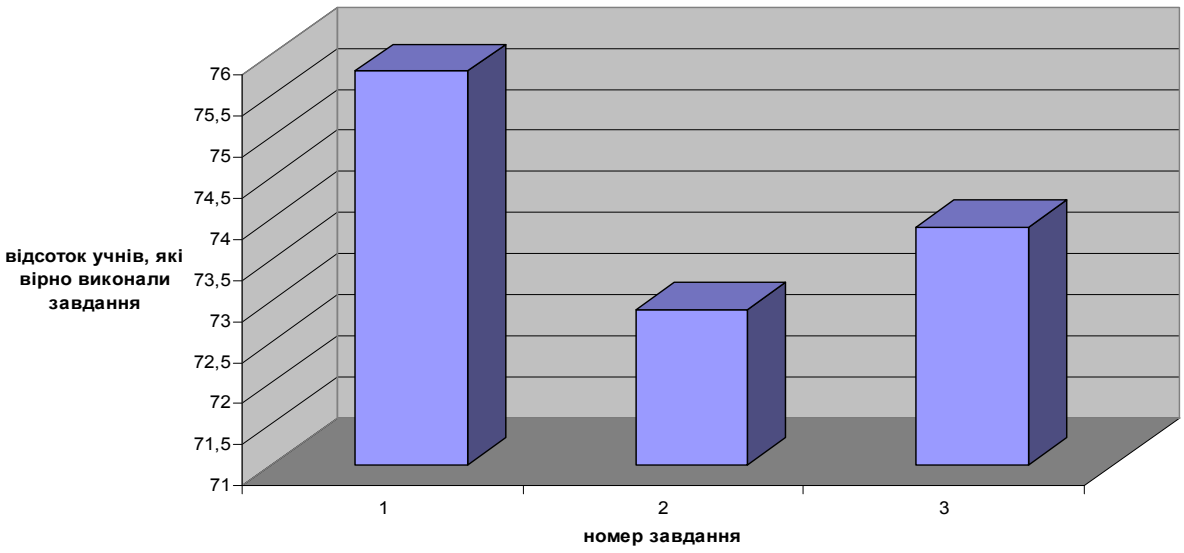


Рис. 3.24. Гістограми відсоткового розподілу успішного виконання учнями сьомого класу кожного із завдань контрольної роботи

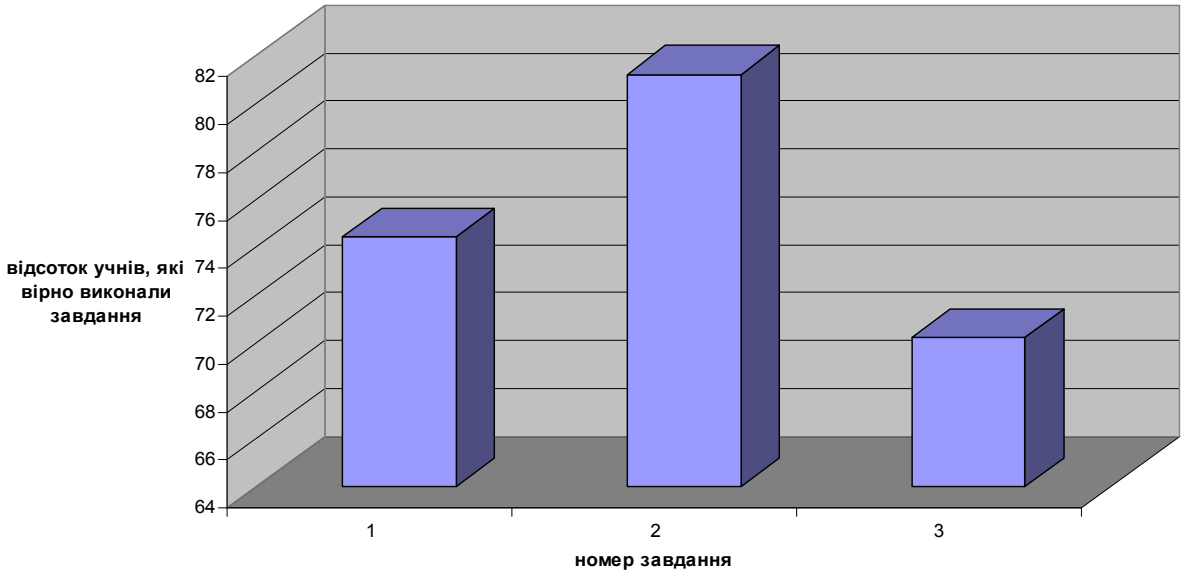


Рис. 3.25. Гістограми відсоткового розподілу успішного виконання учнями восьмого класу кожного із завдань контрольної роботи

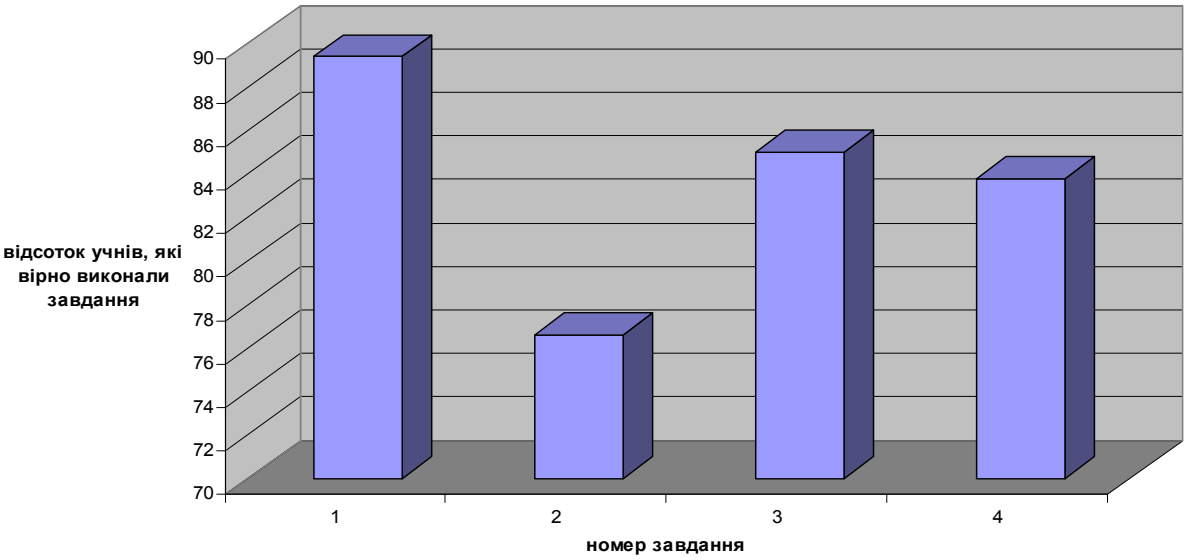


Рис. 3.26. Гістограми відсоткового розподілу успішного виконання учнями дев'ятого класу кожного із завдань контрольної роботи

Порівняно нижчі результати учні показали, розв’язуючи задачу на використання динамічних транспарантів, на використання номограми для обчислення загального опору контуру. Це можна пояснити тим, що вказані завдання вимагають уваги і знань з відповідної теми. При обчисленні загального опору контуру важливо вміти відрізняти послідовне з'єднання від паралельного. Динамічний транспарант взагалі використовується для графічного розв’язування складної задачі дослідницького характеру на

рівняння теплового балансу, тому вимагає ґрунтовного розуміння учнями всіх теплових процесів.

Результати проведеного формувального експерименту підтверджують доступність засвоєння учнями графічного методу та оволодіння ними методикою використання графічного методу для розв’язування фізичних задач.

В 11 школах, де апробувалися елементи методики використання графічного методу у процесі розв’язування фізичних задач, одержано позитивні результати педагогічних експериментів.

Апробація методики в Одеському обласному інституті удосконалення вчителів засвідчила ефективність її розробки. Запропоновані методичні підходи до формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв’язування фізичних задач графічним методом дали змогу розширити можливості використання на уроках задач дослідницького характеру, дозволили спростити обчислення, підвищивши результативність процесу розв’язування задач з учнями, які недостатньо володіють математичним апаратом. Було відзначено важливість використання графічного методу на різних етапах навчальної діяльності учнів, реалізацію принципу наступності, розширення можливостей використання проблемного викладу матеріалу та частково-пошукового методу навчання, що створює умови для розвитку мислення учнів засобами фізики, сприяє розвитку самостійності учнів, допомагає виховати в учнів впевненість в своїх силах та сприяє формуванню в них предметної компетентності.

Схвальні відгуки надійшли з Інституту післядипломної педагогічної освіти Київського університету імені Б. Грінченка, де також апробувалися розроблені методичні підходи до формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв’язування фізичних задач графічним методом. Було відзначено важливість використання графічного методу на різних етапах навчальної діяльності учнів, оскільки запропоновані методичні підходи сприяють підвищенню рівня самостійності, логічності та творчості

мислення учнів, реалізації проблемного викладу матеріалу та частково-пошукового методу навчання, розширенню наочності для пояснення фізичних явищ, забезпеченню здатності учнів аналізувати результати фізичного експерименту, забезпеченню постановки задач дослідницького характеру.

Результати проведеного формувального експерименту підтвердили доступність графічного методу для засвоєння його учнями та підвищення рівня оволодіння ними елементами графічного методу у процесі розв’язування фізичних задач, що сприятиме формуванню предметної компетентності учнів.

Отже, у процесі здійснення педагогічного експерименту було підтверджено ефективність запропонованих методичних підходів до використання графічного методу як чинника формування предметної компетентності з фізики учнів основної школи. Педагогічний експеримент засвідчив, що запропоновані методичні підходи сприяють підвищенню рівня самостійності, логічності та творчості мислення учнів, розширенню наочності для пояснення фізичних явищ, забезпеченню здатності учнів аналізувати результати фізичного експерименту.

Висновки до розділу 3

1. У ході констатувального експерименту проведено аналіз теорії і практики використання графічного методу для розв’язування фізичних задач; аналіз Державного стандарту загальної середньої освіти та навчальних програм; аналіз поняття "предметна компетентність", тестування учнів. Встановлено, що рівень оволодіння учнями графічним методом розв’язування фізичних задач є недостатнім і не в повній мірі забезпечує формування предметної компетентності з фізики.

2. У ході пошукового експерименту здійснено виявлення можливостей підвищення ефективності використання графічного методу для розв’язування фізичних задач на різних етапах навчальної діяльності учнів, здійснено відбір елементів графічного методу, рекомендованих до вивчення в основній школі, та узгоджено їх із державними вимогами до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, розроблено методичні підходи до використання графічного методу для розв’язування фізичних задач з різних розділів фізики у процесі формування предметної компетентності учнів основної школи, проведено експертну оцінку інформаційного змісту елементів графічного методу та методичних рекомендацій до використання графічного методу для розв’язування фізичних задач, яка показала їх відповідність у забезпеченні формування предметної компетентності учнів.

3. Результати комплексного фізичного експерименту показали педагогічну доцільність та ефективність розроблених методичних підходів до формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв’язування фізичних задач графічним методом. Зокрема, у експериментальних групах порівно з контрольними групами кількість учнів з початковим і середнім рівнями навчальних досягнень зменшилась, а з достатнім і високим – збільшилась, що свідчить про підвищення рівня предметної компетентності учнів, а, отже, про педагогічну доцільність та ефективність розроблених методичних підходів.

ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів проведеного дослідження щодо розроблення методичних підходів до формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв’язування фізичних задач графічним методом дає підстави сформулювати такі висновки:

1. За аналізом законодавчих документів про освіту, навчальної та методичної літератури констатовано, що предметна компетентність учня з фізики на рівні основної школи – це його особистісна якість, психологічна готовність впевнено, самостійно і відповідально застосовувати засвоєні теоретичні знання з фізики в різних сферах життєдіяльності, успішно продовжувати вивчення фізики у старшій школі чи у професійно-технічних навчальних закладах. Формування предметної компетентності з фізики впливає на формування наукового світогляду і наукового мислення учнів, а також науково-природничої, математичної, інформаційно-комунікаційної, громадянської, загальнокультурної і здоров’язбережувальної компетентностей. Тому формування предметної компетентності – основа розвитку особистості учнів засобами фізики як навчального предмету. Показано, що графічний метод має широкий спектр застосування в навчальному процесі, вагомий потенціал в плані політехнічної освіти і професійної орієнтації учнів, допомагає забезпечити виконання державних вимог до рівня їх загальноосвітньої підготовки та підвищити мотивацію учнів до навчання. Як наслідок, оволодіння графічним методом розв'язування фізичних задач є невід'ємною складовою предметної компетентності учнів з фізики.

2. Доведено, що використання графічного методу в теорії та методиці навчання фізики не реалізовано в повній мірі і вимагає: 1) визначення елементів графічного методу, оволодіння якими задовольнить виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, що, у свою чергу, сприятиме формуванню предметної компетентності учнів; 2) розробки методичних рекомендацій щодо розв’язування фізичних задач графічним

методом на рівні основної школи та розширенню можливостей використання номограм, діаграм, динамічних транспарантів, а також методу графічного інтегрування.

3. Вперше запропоновано методичні підходи до використання графічного методу як чинника формування предметної компетентності з фізики учнів основної школи у процесі розв’язування фізичних задач. При цьому враховано, що предметна компетентність забезпечується засобами фізики, її зміст і структура чітко відповідають певним елементам навчального змісту, які визначаються на основі державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, а для її опису використовуються такі ключові поняття: "знає і розуміє", "уміє і застосовує", "виявляє ставлення і оцінює".

4. Вперше запропоновано реалізацію елементів графічного методу в контексті забезпечення державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів. Відповідно до цього встановлено елементи графічного методу, які забезпечують виконання державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, які регламентовано навчальною програмою з фізики. Доведено, що найбільш повно використати методичні можливості елементів графічного методу можна лише при умові їх поєднання для ілюстрації, розкриття фізичної суті та усвідомлення характеру функціональних залежностей між фізичними величинами, що встановлюються, вивчаються або перевіряються при виконанні лабораторних робіт, при дослідженні явищ і процесів під час демонстраційного фізичного експерименту, при розв’язуванні задач, систематизації та узагальненні знань учнів тощо.

5. Розроблено методичні підходи до реалізації елементів графічного методу в курсі фізики основної школи, а саме: при вивченні розривів та зламів на графіках рівнянь зв’язку між фізичними величинами в кінематиці; використання номограм для розв’язування фізичних задач при вивченні теплових та електромагнітних явищ; під час розв’язування задач за

формулою тонкої лінзи; для обчислення активності радіоактивної речовини; використання енергетичних діаграм для ілюстрації закону збереження енергії в механічних і теплових процесах; використання динамічних транспарантів для розв'язування задач на застосування рівняння теплового балансу. Розроблено та впроваджено методичні рекомендації щодо використання графічного методу розв'язування фізичних задач у процесі формування предметної компетентності учнів загальноосвітніх навчальних закладів.

6. За результатами комплексного педагогічного експерименту підтверджено, що послідовна реалізація запропонованих методичних підходів до використання графічного методу в навчально-виховному процесі з фізики сприяє формуванню в учнів основної школи предметної компетентності та дозволяє забезпечити державні вимоги до рівня їх загальноосвітньої підготовки. Зокрема, у експериментальних групах порівно з контрольними групами кількість учнів з початковим і середнім рівнями навчальних досягнень зменшилась, а з достатнім і високим – збільшилась, що свідчить про підвищення рівня предметної компетентності учнів основної школи, а, отже, про педагогічну доцільність та ефективність розроблених методичних підходів до формування предметної компетентності учнів основної школи у процесі розв'язування фізичних задач графічним методом.

Результати дослідження можуть бути використані учителями фізики при розробленні робочих програм та тематичному плануванні, у процесі створення завдань для поточного, тематичного та підсумкового контролю, з метою реалізації частково-пошукового методу навчання, а також для проектування задач дослідницького характеру. Наукове дослідження не вичерпує всіх аспектів проблеми та засвідчує необхідність подальшого пошуку шляхів її розв'язання, зокрема, у напрямі створення відповідного навчально-методичного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусенко Б.Р. От эксперимента к эмпиричным формулам / Б.Р. Андрусенко // Физика в школе. – 1965. – № 4. – С. 41-45.

2. Анісімов А. Фізичний зміст рівнянь руху тіл при побудові графіків у задачах з кінематики / А. Анісімов, В. Ятвецький, Л. Ятвецька // Фізика та астрономія в школі. – 1996. – № 1. – С. 28-31.

3. Анісімов А. Графічний метод розв’язування задач на рівняння теплового балансу / А. Анісімов, В. Ятвецький, Л. Ятвецька // Фізика та астрономія в школі. – 1996. – № 2. – С. 17-19.

4. Анісімов А. Як складати і розв’язувати задачі з фізики: навчально-методичний посібник / А. Анісімов, Г. Редько, Г. Толпекіна. – Одеса: Автограф, 2002. – 123 с.

5. Архонтова Р.А. Формирование понятия функции на уроках физики и математики / Р.А. Архонтова, Т.Я. Ишкова // Физика в школе. – 1973. – № 2. – С. 17-18.

6. Бабенко О.К. Графічний метод у викладанні фізики / О.К. Бабенко // Фізика в школі. – К.: Рад. шк., 1949. – С. 110-138.

7. Бабенко О.К. Нариси з методики викладання фізики. Частина 1. Механіка / О.К. Бабенко, М.Й. Розенберг. – К.: Рад. школа, 1955. – 328 с.

8. Базакуца В.А. Одиниці фізичних величин СІ / В.А. Базакуца, О.П. Сук, А.А. Рябчун, І.В. Синельник. – Х.: Прапор, 2000. – 48 с.

9. Баландин Е.С. Международные стандарты ИСО серии 9000-2000: Методические рекомендации по применению / Е.С. Баландин, В.Г. Юдаева. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 90 с.

10. Бар'яхтар В.Г. Фізика. 10 кл. Академічний рівень: підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. / В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова. – Х.: Видавництво "Ранок", 2010. – 256 с.

11. Баштовий В.І. Графічний спосіб одержання знань як засіб активізації пізнавальної діяльності учнів в основній школі: метод. реком. /

В.І. Баштовий, Л.П. Величко, С.П. Величко, І.В. Сальник. – К.: УДПУ, 1997. – 57 с.

12. Бельдяга О. Урок з теми "Рівноприскорений прямолінійний рух. Вільне падіння" (9 клас) / О. Бельдяга // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – № 3. – С. 7-9.

13. Бергер Н.М. Использование графического метода при изучении тепловых и молекулярных явлений в 9 классе / Н.М. Бергер // Физика в школе. – 1972. – № 1. – С. 17.

14. Бергер Н.М. Упражнения на основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов / Н.М. Бергер // Физика в школе. – 1976. – № 6. – С. 82-87.

15. Біляніна О.Я. Алгебра : 8 кл: підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / О.Я. Біляніна, Н.Л. Кінащук, І.М. Черевко. – К.: Генеза, 2008. – 304 с.

16. Блох Л.С. Основные графические методы обработки опытных данных / Л.С. Блох. – М.; Л.: Машгиз, 1951. – 163 с.

17. Божинова Ф.Я. Фізика. 7 клас. Підручник / Ф.Я. Божинова, М.М. Кірюхін, О.О. Кірюхіна. – Харків: Видавництво "Ранок", 2007. – 192 с.

18. Божинова Ф.Я. Фізика. 8 клас: підручник / Ф.Я. Божинова, І.Ю. Ненашев, М.М. Кірюхін. – Х.: Ранок-НТ, 2008. – 256 с.

19. Божинова Ф.Я. Фізика. 9 клас: підручник для загальноосвітніх навчальних закладів / Ф.Я. Божинова, М.М. Кірюхін, О.О. Кірюхіна. – Х.: Видавництво "Ранок", 2009. – 224 с.

20. Бондаровський М.М. Фізичний експеримент в середній школі / М.М. Бондаровський, В.І. Масловський, Б.Ю. Миргородський, В.К. Шабаль. – Т. IV. – Електромагнітні коливання і хвилі. Оптика. Будова атома. – К.: Рад. школа, 1968. – 336 с.

21. Бондарь В.А. Задачи по физике с техническим содержанием / В.А. Бондарь, Д.И. Кульбицкий, В.А. Яковенко. – Минск.: Народная асвета, 1986. – 167 с.

22. Борис М.М. Систематизація та узагальнення знань учнів у процесі вивчення фізики за допомогою графіків / М.М. Борис, Д.С. Столярчук // Комплексне використання дидактичних засобів у навчанні фізики: зб. статей. – К.: Рад. шк., 1983. – С. 41-48.

23. Брадис В.М. Четырехзначные математические таблицы / В.М. Брадис. – М.: Наука, 1973. – 94 с.

24. Бугаев А.И. Лабораторные работы по ядерной физике в практикуме X класса / А.И. Бугаев, В.И. Савченко // Физика в школе. – 1975. – № 2. – С. 74-76.

25. Бугайов О.І. Лабораторна робота з ядерної фізики в X класі / О.І. Бугайов, В.І. Савченко // Фізика в школі: Зб. статей. – К.: Рад. школа, 1976. – С. 41-51.

26. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе: теоретические основы: учебное пособие для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец. / А.И. Бугаев. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.

27. Бугайов О.І. Моделювання закону радіоактивного розпаду / О.І. Бугайов, В.І. Савченко // Методика викладання фізики. Вип. 12. Зб. статей. – К.: Рад. школа, 1977. – С. 131-139.

28. Бурдун Г.Д. Единицы физических величин: справочник / Г.Д. Бурдун, В.А. Базакуца. – Х.: "Вища школа". Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 208 с.

29. Величко С.П., Сальник І.В. Система лабораторних робіт для посилення графічного методу визначення механічних властивостей твердих тіл і матеріалів // Нові технології навчання. – К.: ІЗМН, 1998 – Вип. 22. – С. 142-150.

30. Величко С. Сучасне освітнє середовище та його вплив на природничо-математичну і технічну освіту / С. Величко // Наукові записки. Серія: педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2008. – Вип. 77. – Частина 2. – С. 3-7.

31. Власюк А.І. Досвід реалізації компетентнісного підходу під час навчання фізики / А.І. Власюк // Фізика в школах України. – 2011. – № 5. – С. 5–8.

32. Вознюк М.Ф. Деякі питання удосконалення шкільного фізичного експерименту / М.Ф. Вознюк // Удосконалення форм і методів вивчення фізики: зб. статей. – К.: Рад. школа., 1982. – С. 96-105.

33. Воробей В.І. Створення і використання динамічних транспарантів / В.І. Воробей, М.А. Дарієва, В.О. Коровніков та ін. // Комплексне використання дидактичних засобів у навчанні фізики: зб. статей. – К.: Рад. шк., 1983. – С. 106-115.

34. Выготский Л.С. Педагогическая психология / Л.С. Выготский; под ред. В.В. Давыдова. – М.: Педагогика, 1991. – 480 с.

35. Гайдучок Г.М. Фронтальний експеримент з фізики в 7-11 класах середньої школи: посіб. для вчителя / Г.М. Гайдучок, В.Г. Нижник. – К.: Рад. школа, 1989. – 175 с.

36. Галатюк М.Ю Формування експериментальної компетентності учнів з фізики / М.Ю. Галатюк, В.І. Тищук // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – № 1. – С. 20-23.

37. Гельфгат І.М. Фізика. 7 клас. Збірник задач / І.М. Гельфгат. – 4-е вид. – Харків: Веста, 2009. – 64 с.

38. Генденштейн Л.Е. Фізика. 7 клас. Підручник для середніх загальноосвітніх шкіл. / І.М. Гельфгат. – Харків: Гімназія, 2007. – 208 с.

39. Генденштейн Л.Е. Фізика. 8 клас. Підручник для середніх загальноосвітніх шкіл. / І.М. Гельфгат. – Харків: Гімназія, 2008. – 256 с.

40. Головань М. Компетенція і компетентність: досвід теорії, теорія досвіду / М. Головань // Вища освіта України. – 2008. – № 8. – С. 23-30.

41. Гольдфарб Н.И. Сборник вопросов и задач по физике. / Н.И. Гольдфарб. – 5-е изд. – М.: Высшая школа , 1982. – 351 с.

42. Гончаренко С.У. Конкурсні задачі з фізики / С.У. Гончаренко. – К: Техніка, 1966. – 450 с.

43. Гончаренко С.У. Фізика: пробний підручник для 9 класів середніх загальноосвітніх шкіл, гімназій та класів гуманітарного профілю / С.У. Гончаренко. – К.: Освіта, 2001. – 431 с.

44. Гончаренко С.У. Фізика: підручник для 10 класів середніх загальноосвітніх шкіл / С.У. Гончаренко. – К.: Освіта, 2002. – 319 с.

45. Гофман Ю.В. Законы, формулы, задачи физики / Ю.В. Гофман. – К.: Наукова думка, 1977. – 576 с.

46. Гриценко В. Моделювання статистичних закономірностей на заняттях з фізики / В. Гриценко, В. Савченко // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – № 1. – С. 37-41.

47. Дваченко А.И. Графический способ определения энергии заряженного конденсатора / А.И. Дваченко // Физика в школе. – 1968. – №6. – С. 35.

48. Демкович В.П. Збірник задач з фізики / В.П. Демкович, Л.П. Демкович. – К : Радянська школа, 1976. – 284 с.

49. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mon.gov.ua/content/Освіта/post-derzh-stan-(1).pdf

50. Дроздов В.Б. Графическая интерпритация закона сложения скоростей / В.Б. Дроздов // Физика в школе. – 1982. – №2. – С. 54.

51. ДСТУ 3651.0–97. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. – К.: Держстандарт України, 1998. – 10 с.

52. ДСТУ 3651.1–97. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. – К.: Держстандарт України, 1998. – 76 с.

53. ДСТУ 2681 – 94. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 56 с.

54. Дущенко В.П. Фізичний практикум: навч. посібник для пед. ін-ів / В.П. Дущенко, В.М. Барановський, Н.В. Бережний та ін.; за заг. ред. В.П. Дущенка. – К.: Вища школа, 1981. – 248 с.

55. Евланов Л.Г. Экспертные оценки в управлении / Л.Г. Евланов, В.А. Кутузов. – М.: Економика, 1978. – 133 с.

56. Єрмакова Н.О. Розвиток предметної компетентності учнів основної і старшої школи у процесі навчальної практики з фізики: автореф. дис. … канд. пед. наук.: 13.00.02 / Н.О. Єрмакова. – Кіровогр. держ. пед. ун-т ім.. В. Винниченка. – Кіровоград, 2012. – 20 с.

57. Загальна фізика. Лабораторний практикум: навч. посібник / За заг. ред. І.Т. Горбачука. – К.: Вища школа, 1992. – 509 с.

58. Зайчиков И.А. Графики движения / И.А. Зайчиков // Квант. – 1970. – №6. – с. 33.

59. Засєкіна Т.М. Фізика: підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл.: академ. рівень, профіл. рівень / Т.М. Засєкіна, Д.О. Засекін. – Харків: Сиция, 2012. – 352 с.

60. Зворыкин Б.С. Методика преподавания физики в средней школе. Молекулярная физика. Основы термодинамики: пособие для учителей / Б.С. Зворыкин. – М.: Просвещение, 1975. – 256 с.

61. Збірник програм з профільного навчання для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика та астрономія. 10–12 класи. – Х.: Вид. група "Основа", 2010. – 112 с.

62. Здещиц В. Установка для фронтальної лабораторної роботи "Дослідження корисної потужності та ККД джерела струму" / В. Здещиц, В. Ржепецький // Фізика та астрономія в сучасній школі. – 2012. –№ 4. – С. 37-39.

63. Иванов Д.А. Компетенции и компетентностный подход в современном образовании / Д.А. Иванов // Школьные технологи, 2007. – № 6. – С. 36-40.

64. Иванов Л.И. Ознакомление школьников с элементами экспериментального метода научного исследования / Л.И. Иванов, А.А. Устинов // Физика в школе. – 1974. – № 4. –С. 38-39.

65. Іванов О.С. Задачі з фізики в середній школі: методичний посібник для вчителя / Іванов О.С. – К.: Радянська школа. – 1971. – 168 с.

66. Івах І.В. Методика розв’язування задач з фізики / Івах І.В. – К.: Радянська школа, 1969. – 126 с.

67. Ільченко В.Р. Фізика: підручник для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. / В.Р. Ільченко, С.Г. Куликовський, О.Г. Ільченко. – Полтава: Довкілля, 2007. – 160 с.

68. Кабардин О.Ф. Из опыта преподавания в IX классе раздела "Молекулярная физика" / О.Ф. Кабардин // Физика в школе. – 1975. – № 5. – С. 34-41.

69. Каверина И.И. Реализация компетентностного подхода на уроках в средней общеобразовательной школе [Электронный ресурс] / И.И.Каверина // Интернет-журнал "Эйдос". – 2007. – 22 февраля. – Режим доступа: http:// www.eidos.ru/journal/2007/0222-5.htm

70. Каменецкий С.Е. Методика решения задач по физике в средней школе. Кн. для учителя / С.Е. Каменецкий, В.П. Орехов. – 3-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1987. – 336 с.

71. Карпухіна О.О. Фізика. 10 клас. Академічний рівень. Збірник задач / О.О. Карпухіна, Ф.Я. Божинова, В.В. Хардіков. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Харків: видавництво "Ранок", 2011. – 288 с.

72. Касянова Г.В. Система фізичних задач для розвитку творчих здібностей учнів: навч. пос. / Г.В. Касянова – К.: ШЗМН. – 1997. – 120 с.

73. Кікоїн І.К. Молекулярна фізика: Навчальний посібник для фізичних інститутів і факультетів / І.К. Кікоїн, А.К. Кікоїн – К.: Рад. школа, 1968. – 476 с.

74. Кікоїн І.К. Фізика: підруч. для 9 кл. середн. шк. / І.К. Кікоїн, А.К. Кікоїн – 2-ге вид. – К.: Освіта, 1993. – 208 с.

75. Коваленко К.В. Використання графіків під час вивчення закону збереження механічної енергії в старшій школі / К.В. Коваленко, В.Г. Нижник // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – № 2. – С. 5-6, 49.

76. Коваленко К.В. Графічне інтегрування в старшій школі / К.В. Коваленко, В.Г. Нижник // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – № 3. – С. 7-8, 49.

77. Коваленко К.В. Використання графічного методу для одержання нових знань з фізики в старшій школі / К.В. Коваленко // Друга міжуніверситетська наукова конференція з математики та фізики для студентів та молодих науковців, Київ, 28-29 квітня 2011 р.: Тези допов. – К.: Ін-т математики НАН України, 2011. – С. 175-176.

78. Коваленко К.В. Використання ідеальних фізичних моделей при вивченні графіків функцій механічного руху в загальноосвітніх навчальних закладах / К.В. Коваленко // Проблеми та шляхи удосконалення педагогічних та психологічних наук. Збірник наукових робіт міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 8-9 лютого 2013 року): – Львів: ГО "Львівська педагогічна спільнота", 2013. – С. 106-107.

79. Коваленко К.В. Використання енергетичних діаграм для ілюстрації зміни енергії в теплових процесах / К.В. Коваленко // "Педагогіка та психологія: актуальні питання наукових досліджень": матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, Україна, 16 лютого 2013 року). – Київ: ГО "Київська наукова організація педагогіки та психології", 2013. – С. 27-29.

80. Коваленко К.В. Математичне моделювання під час вивчення рівноприскореного руху / К.В. Коваленко, В.Г. Нижник, О.Г. Нижник // Фізика та астрономія в сучасній школі. – 2013. – №2. – С. 10-12.

81. Коваленко К.В. Використання енергетичних діаграм для ілюстрації зміни енергії у теплових процесах / К.В. Коваленко. // Фізика та астрономія в сучасній школі. – 2013. – №4. – С. 5-7.

82. Коваленко К.В. Про розриви та злами на графіках залежності швидкості та прискорення руху тіл від часу / К.В. Коваленко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. – Випуск 109. – Чернігів: ЧНПУ, 2013. – С. 60-62.

83. Коваленко К.В. Використання динамічних транспарантів для графічного розв’язування задач на рівняння теплового балансу / К.В. Коваленко // Наукові записки. – Випуск 4. – Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2013. – С. 152-155.

84. Коваленко К.В. Методика використання номограм для постановки дослідницьких задач / К.В. Коваленко // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 40. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013. – С. 94-99.

85. Коваленко К.В. Формування предметної компетентності учнів основної школи шляхом розв’язування фізичних задач графічним методом / К.В. Коваленко // Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2013. – Вип. 19: інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. – С. 85-88.

86. Коваленко Е.В. Методика использования графиков при изучении кинематики / Е.В. Коваленко // Socialinis ugjymas Social Education. – Nr. 4(36) / – Ilgalaikiu ir interaktyviu kompetenciju paieska svietime / Long term and interactive competencies search in education. – Specialus numeris / Special edition. – Vilnius: Lietuvos edukologijos universiteto leidykla, 2013. – P. 155-160.

87. Коваленко К.В. Формування основних вимірювальних умінь на перших лабораторних роботах з фізики / К.В. Коваленко, В.Г. Нижник, О.В. Нижник // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 42. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013. – С. 104-109.

88. Коваленко К.В. Методика використання графіків та номограм при вивченні закону радіоактивного розпаду / К.В. Коваленко, В.Г. Нижник // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні

науки: реалії та перспективи. – Випуск 44. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013. – С. 84-89.

89. Коваленко К.В. Універсальна номограма для розв'язування задач на формулу тонкої лінзи / К.В. Коваленко // Фізика та астрономія в рідній школі. – 2014. – № 5. – С. 49.

90. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека з освітньої політики / Під заг. ред. О.В. Овчарук. – К.: "К.І.С.", 2004. – 112 с.

91. Концепція загальної середньої освіти (12-річна школа) // Педагогічна газета. – 2002. – Січень. – №1. – С. 4-7.

92. Корсак К.В. Якісні і графічні задачі з основ електродинаміки, оптики і атомної фізики: пос. для вчителів / К.В. Корсак. – К.: Освіта, 1992. – 125 с.

93. Корсак К.В. Якісні і графічні задачі з молекулярної фізики та електродинаміки: пос. для вчителів / К.В. Корсак. – К.: Освіта, 1990. – 93 с.

94. Коршак Є.В. Фізичний експеримент при вивченні газових законів у середній школі / Є.В. Коршак, В.Г. Нижник // Методика викладання фізики. Вип. 12: зб. статей. – К.: Рад. шк., 1977. – С. 91-103.

95. Коршак Е.В. Эксперимент при введении понятия мгновенной скорости / Е.В. Коршак, В.Г. Нижник, Е.А. Перепелица, А.Я. Михайлик // Физика в школе. – 1978. – № 4. – С. 69-72.

96. Коршак Є.В. Із досвіду вивчення понять роботи, енергії та потенціалу електростатичного поля в 9 класі / Є.В. Коршак, В.Г. Нижник, П.Я. Михайлик // Викладання фізики в школі: зб. статей. – К.: Рад. школа, 1979. – С. 63-72.

97. Коршак Е.В. Измерение сдвига фаз при изучении темы "Электромагнитные колебания. Переменный ток." / Е.В. Коршак, В.Г. Нижник // Физика в школе. – 1979. – № 3. – С. 46-50.

98. Коршак Є.В. Робота фізичного практикуму "Дослідження зсуву фаз між коливаннями сили струму і напруги в послідовному коливальному

контурі" / Є.В. Коршак, В.Г. Нижник // Викладання фізики в школі: зб. статей. – К.: Рад. школа, 1979. – С. 110-115.

99. Коршак Є.В. Фізика–7: підруч. для 7 кл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.; Ірпінь: Перун, 2000. – 160 с.

100. Коршак Є.В. Фізика–8: підруч. для 8 кл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.; Ірпінь: Перун, 2000. – 192 с.

101. Коршак Є. Математичне моделювання під час розвязування фізичних задач / Є. Коршак, Н. Коршак // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – № 3. – С. 10-11.

102. Коршак Є.В. Фізика. 10 кл.: підручник для загальноосвітніх навчальних закладів / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко – К.; Ірпінь: ВТФ "Перун", 2003. – 296 с.

103. Коршак Є.В. Фізика–9: підруч. для 9 кл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко – К.: Ірпінь: Перун, 2005. – 200 с.

104. Коршак Є.В. Фізика, 11 кл.: підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.; Ірпінь: Перун, 2004. – 288 с.

105. Коршак Є.В. Фізика: 8 кл.: підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко – К.: Генеза, 2008. – 208 с.

106. Коршак Є.В. Фізика: 9 кл.: підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко – К.: Генеза, 2009. – 208 с.

107. Коршак Є.В. Фізика: 7 кл.: підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко – К.; Ірпінь: Перун, 2009. – 120 с.

108. Кравчук В. Алгебра: підручник для 7 класу / В. Кравчук, Г. Янченко. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2007. – 224 с.

109. Кравчук В. Алгебра: підручник для 9 класу / В. Кравчук, М. Підручна, Г. Янченко. – Тернопіль: підручники і посібники, 2009. – 256 с.

110. Кубо Р. Термодинамика: Современный курс с заданими и решениями / Р. Кубо, Х. Игимура. – М.: Мир, 1970. – 304 с.

111. Кух А.М. Формування компетентностей в системі ціннісних здобутків учителя фізики / А.М. Кух // Наукові записки. – Випуск 72. – Серія

педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КПДУ ім. В. Винниченка. – 2008. – Частина 2. – С. 74-78.

112. Кыверялг А.А. Методы исследования в профессиональной педагогике / А.А. Кыверялг. – Таллин: "Валгус", 1980. – 334 с.

113. Лебедев О.Е. Компетентностный подход в образовании / О.Е. Лебедев // Школьные технологии. – 2004. – № 5. – С. 3-12.

114. Лернер И.Я. Дидактическая система методов обучения / И.Я. Лернер. – М.: Педагогика, 1961. – 186 с.

115. Лернер И.Я. Проблемное обучение / И.Я. Лернер. – М.: Знание, 1974. – 64 с.

116. Ломов Б.Ф. Формирование графических знаний и навыков у учащихся. / Б.Ф. Ломов. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959. – 98 с.

117. Лукьянов Ю.И. Несколько графических задач по теплоте для VII класса / Ю.И. Лукьянов // Физика в школе. – 1981. – № 5. – С. 68.

118. Ляшенко О.І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи: логіко-дидактичні основи / О.І. Ляшенко. – К.: Генеза, 1996. – 128 с.

119. Макуйлова Т.Н. Решение в VII классе графических задач на тепловые явления / Т.Н. Макуйлова // Физика в школе. – 1982. – № 5. – С. 60.

120. Межпредметные связи естественно-математических дисциплин: пособие для учителей / Под ред. В.Н. Федеровой. – М.: Просвещ., 1980. – 208 с.

121. Мерзляк А.Г. Математика: підручник для 6 класу / А.Г. Мерзляк, В.Б. Полонський, М.С. Якір. – Х.: Гімназія, 2006. – 304 с.

122. Методика преподавания школьного курса физики. Ч.II: учебное пособие / За ред. А.В. Перышкина, С.Е. Каменецкого, Л.А. Ивановой. – М.: МГПИ им. В.И.Ленина, 1980. – 308 с.

123. Миргородский Б.Ю. Экспериментально графические задачи / Б.Ю. Миргородский, Ю.Т. Стеценко // Физика в школе. – 1969. – № 5. – С. 63-65.

124. Миргородський Б.Ю. Проблеми шкільного навчального експерименту з фізики / Б.Ю. Миргородський // Викладання фізики в школі: зб. статей. – К.: Рад. школа, 1978. – С. 10-16.

125. Михайлик П.Я. Методика вивчення теми "Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів" / П.Я. Михайлик // Методика навчання фізики: зб. статей. – К.: Рад. школа. – 1974. – С. 48-54.

126. Михайлик П.Я. Школьный курс физики в графиках / П.Я. Михайлик, О.П. Руденко, М.Г. Гейдельберг. – Полтава: ПДПІ, 1989. – 49 с.

127. Молотков М.Я. Демонстрування функціональних закономірностей кінематики поступального руху / М.Я. Молотков // Викладання фізики в школі: зб. статей. – К. Рад. школа, 1978. – С. 64-68.

128. Молотков М.Я. Демонстрування функціональних закономірностей хвильової оптики в сантиметровому діапазоні радіохвиль / М.Я. Молотков, Й.С. Клейман // Вивчення фізики в школі: зб. статей. – К. Рад. школа, 1986. – С. 122-125.

129. Мукушев Б.А. Графические задачи на колебания / Б.А. Мукушев // Физика в школе. – 1984. – № 5. – С. 38-39.

130. Ненашев І. Ю. Фізика. 8 клас. Збірник задач / І. Ю. Ненашев. – 3-є вид. випр. – Харків: Веста, 2009. – 176 с.

131. Ненашев І. Ю. Фізика. 9 клас. Збірник задач / І. Ю. Ненашев. – Харків: Видавництво «Ранок», 2010. – 144 с.

132. Нижник В.Г. Система графічних вправ при вивченні кінематики в 9-му класі / В.Г. Нижник // Наукові записки: Матеріали звітно-наукової конференції викладачів Українського Державного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова. – К.: УДПУ, 1995. – С. 94-96.

133. Нижник В.Г. Формування понять про енергію на першому ступені вивчення фізики. / В.Г. Нижник // Наукові записки: Матеріали звітно-наукової конференції викладачів Київського державного педагогічного інституту імені М.П.Драгоманова. – К.: КДПІ, 1992. – С. 56-57.

134. Нижник В. Просторові моделі під час вивчення газових законів / В. Нижник, Г. Грищенко, Є. Перепелиця, Г. Федорчук // Фізика та астрономія в школі. – 1998. – № 3. – С. 30-34.

135. Нижник В.Г. Дидактичні матеріали з фізики для 7 класу: посібник для вчителів / В.Г. Нижник, Є.В. Коршак, В.Д. Сиротюк. – К.: Педагогічна преса, 1999. – 84 с.

136. Нижник В.Г. Зміни кінетичної та потенціальної енергії / В.Г. Нижник, Є.В. Коршак, В.Д. Сиротюк // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 4. – С. 57.

137. Нижник В.Г. До методики навчання учнів і студентів розв’язувати комплексні задачі з фізики / В.Г. Нижник, В.Д. Сиротюк, О.М. Шпак // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 9. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. – С. 122-128.

138. Нижник В. Фронтальна лабораторна робота "Дослідження магнітного поля прямого провідника, по якому проходить електричний струм / В. Нижник, О. Цоколенко, С. Цоколенко // Фізика та астрономія в школі. – 2008. – № 2. – С. 15-17.

139. Нижник В.Г. Активізація пізнавальної діяльності учнів під час виведення основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів / В.Г. Нижник, К.В. Коваленко, І.С. Рязанцева // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 19. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2009. – С. 236-240.

140. Нижник В. Значення та числові значення величин у функціональних залежностях / В. Нижник, О. Нижник // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 6. – С. 15-18.

141. Нижник О.В. Правила обчислень за рівняннями зв'язку в розрахункових роботах / О.В. Нижник, В.Г. Нижник // Вісник Чернігівського Національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧНПУ. – 2011. – Вип. 89. – С. 126-128.

142. Нижник В.Г. Експериментальні роботи з використанням побутового та саморобного обладнання / В.Г. Нижник, О.В. Нижник, К.В. Коваленко: посібник для вчителів і студентів. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. – 152 с.

143. Новий тлумачний словник української мови (у трьох томах) / Укладачі: В.В. Яременко, О.М. Сліпушко. – Том 1, А – К. – Київ: вид-во "АКОНІТ", – 2006. – 926 с.

144. Образовательный процесс в начальной, основной и средней школе. Рекомендации по организации опытно-экспериментальной работы / Под. ред. В.В. Гузева. – М.: Сентябрь, 2001. – 140 с.

145. Овчарук О. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека освітньої політики / О. Овчарук. – К.: К.І.С., 2004. – 112 с.

146. Овчарук О.В. Розвиток компетентнісного підходу: стратегічні орієнтири міжнародної спільноти / О.В. Овчарук // Комптентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи. – К.: К.І.С., 2004. – С. 6-15.

147. Орир Дж. Популярная физика / Дж. Орир. – М.: Мир, 1969. – 558 с.

148. Орир Дж. Физика. / Дж. Орир. – М.: Мир, 1981. – Т.1. – 336 с.

149. Осадчук Л.А. Методика преподавания физики: Дидактические основы. / Л.А. Осадчук. – К.; Одесса: Вища школа, 1984. – 350 с.

150. Пастушенко С.М. Розв'язуємо задачі з фізики. У 3 вип. Навч. посіб. для загальноосвітн. навч. закл. / С.М. Пастушенко. – К.: Діал, Кам-Под.: Абетка, 2002. – Вип. 1. Механіка. – 220 с.

151. Петрова Т.С. Как движутся молекулы? / Т.С. Петрова // Квант, 1974. – № 12. – С. 70-71.

152. Пінчук О.П. Формування предметних компетентностей учнів основної школи в процесі навчання фізики засобами мультимедійних технологій: автореф. дис. .. канд. пед. наук.: 13.00.02 / О.П. Пінчук. –

Інститут інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України. – К., 2011. – 17 с.

153. Пінчук О.П. Предметна компетентність з фізики у системі спеціальних компетентностей учнів загальноосвітніх навчальних закладів / О.П. Пінчук. // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. – Випуск 17. – 2011. – С. 165-167

154. Пинский А.А. Модельный эксперимент по молекулярной и ядерной физике / А.А. Пинский, Л.С. Шурыгина // Физика в школе. – 1977. – № 5. – С. 63-68.

155. Плющай І. Формування понять роботи і енергії при вивченні механіки / І. Плющай // Фізика та астрономія в школі. – 1996. – № 1. – С. 31-32.

156. Повар С.В. Інтеграція знань з фізики і математики як засіб формування творчого мислення старшокласників: автореф. дис. …канд. пед. наук: 13.00.02 / С.В. Повар. – НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. – 21 с.

157. Пометун О.І. Теорія та практика послідовної реаліазації компетентнісного підходу в досвіді заруб. країн / О.І. Пометун // Компетентнісний підхід в сучасній освіті. Світовий досвід та українські перспективи. – К.: К.І.С., 2004. – С. 16-25.

158. Примаков А.В. Графічний метод розв'язування фізичних задач: автореф. дис. .. канд. пед. наук: 13.00.02 / А.В. Примаков. – К., 1997. – 24 с.

159. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Математика. 5 – 12 класи. – К.: Ірпінь, 2005. – 64 с.

160. Пьоришкін О.В. Фізика: підруч. для 6-7 кл. сер. шк. / О.В. Пьоришкін, Н.О. Родіна. – 9-те вид. – К.: Радянська школа, 1987. – 320 с.

161. Пьоришкін О.В. Фізика: підруч. для 8 кл. сер. шк. / О.В. Пьоришкін, Н.О. Родіна. – 12-те вид. – К.: Освіта, 1993. – 192 с.

162. Редько Г.В. Задачі на екстремуми у шкільному курсі фізики / Г.В. Редько та ін. – Одеса: ОДПІ, 1992. – 128 с.

163. Резников Л.И. Графический метод в преподавании физики / Л.И. Резников. – М.: Учпедгиз, 1967. – 347 с.

164. Римкевич А.П. Збірник задач з фізики для 8-10 класів середньої школи / А.П. Римкевич, П.А. Римкевич. – 7-е вид. – К.: Рад. школа, 1985. – 176 с.

165. Родигіна І.В. Структура компетентності як педагогічного явища в контексті сучасного навчально-виховного процесу / І.В. Родигіна // Наукова скарбниця освіти Донеччини. – 2011. – № 1. – С. 46-50.

166. Родионов В.М. Сборник номограмм по радиотехнике / В.М. Родионов. – М.: Советское радио, 1953. – 190 с.

167. Розв'язування задач з фізики: практикум / За заг. ред. Є.В. Коршака. – К.: Вища школа, 1986. – 312 с.

168. Савченко О.В. Компетентність особистості на когнітивному рівні / О.В. Савченко // Проблеми сучасної психології: зб. наук. пр. Кам'янець-Поділ. нац. ун-ту ім. І. Огієнка, Ін-ту психології ім. Г.С. Костюка НАПН України. Вип. 25 / [міжнар. редкол.: С.Д. Максименко, Г.О. Балл, В.В. Клименко та ін.; за ред.: С.Д. Максименка, Л.А. Онуфрієва]. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2014. – С .413-427.

169. Самсонова А.В. Методика преподавания кинематики: пособие для учителей / А.В. Самсонова. – К.: Рад.шк., 1987. – 80 с.

170. Сальник І.В. Графічний метод дослідження природних явищ у шкільному курсі фізики: автореф. дис. .. канд.. пед.. наук: 13.00.02 / І.В. Сальник. – НПУ імені М.П. Драгоманова. – К.:, 2000. – 20 с.

171. Сальник І.В. Оптимальне поєднання графічного методу і навчального експерименту при вивченні деформації / І.В. Сальник // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету / Наук. ред. проф. Савченко В.Ф. – Чернігів: 2000. – Вип. 3. – С. 120-123.

172. Свешников А.А. Основы теории ошибок / А.А. Свешников. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1972. – 124 с.

173. Сиротюк В.Д. Фізика: підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл.: / В.Д. Сиротюк. – К.: Зодіак-ЕКО, 2008. – 240 с.

174. Сиротюк В.Д. Фізика: підруч. для 9 кл. загальноосвітніх навчальних закладів / В.Д. Сиротюк. – К.: Зодіак-ЕКО, 2009. – 208 с.

175. Сиротюк В.Д. Фізика: підруч. для 10 кл. загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий. – К.: Освіта, 2010. – 303 с.

176. Стоцкий Л.Р. Физические величины и их единицы: справ. кн. для учителя / Л.Р. Стоцкий. – М.: Просвещение, 1984. – 239 с.

177. Тарасов Л.В. Вопросы и задачи по физике (анализ характерных ошибок поступающих во втузы): учеб. пособие / Л.В. Тарасов, А.Н. Тарасова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 256 с.

178. Тимонин А.В. Задачи для 6-7 кл. с построением графиков / А.В. Тимонин // Физика в школе. – 1976. – № 4. – с. 90.

179. Тоффлер О. Адаптивная корпорация. Новая индустриальная волна на Западе. Онтология / О. Тоффлер; под. ред. В.Л. Иноземцева. – М.: Академия, 1999. – 640 с.

180. Тригг Дж. Решающие эксперименты в современной физике / Дж. Тригг. – М.: Мир, 1974. – 215 с.

181. Трубачова С.Е. Умови реалізації компетентнісного підходу в навчальному процесі / С.Е. Трубачова // Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи. – К.: К.І.С., 2004. – С. 53-56.

182. Турышев И.К. Преподавание физики в 8 классе / И.К. Турышев, Ю.И. Лукьянов. – М.: Просвещение, 1977. – 192 с.

183. Тыщук В.И. Совершенствование методики и техники школьного учебного эксперимента по ядерной физике: автореф. дис. .. канд. пед. наук: 13.00.02 / В.И. Тыщук. – НИИ педагогики УССР. – К., 1985. – 23 с.

184. Фізика. Астрономія. 7-12 класи. Програми для загальноосвітніх навчальних закладів. – К.: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002. – 31 с.

185. Фізика. 7–9 класи. Навчальна програма [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mon.gov.ua/activity/education/zagalna-serednya/navchalni-programy.html

186. Хованский Г.С. Основы номографии / Г.С. Хованский. – М.: Наука, 1976. – 352 с.

187. Хуторской А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты [Электронный ресурс] / А.В. Хуторской // Интернет-журнал "Эйдос". – 2002. – 23 апреля. – Режим доступа: http://www.eidos.ru/journal/2002/0423.htm

188. Хуторской А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А.В. Хуторской // Ученик в общеобразовательной школе. – М.: ИОСО РАО, 2002. – С. 135-157.

189. Цедрик М.С. Физика в графиках / М.С. Цедрик и др. – Минск: Вышейшая школа, 1964. – 128 с.

190. Чепуренко В.Г. Лабораторні роботи з фізики в 8–10 класах / В.Г. Чепуренко, В.Г. Нижник, Г.М. Гайдучок. – К.: Рад. школа, 1976. – 248 с.

191. Чінчой О.О. Дидактичні основи методики й техніки вивчення елементів електротехніки в курсі фізики середньої школи: автореф. дис. .. канд. пед. наук: 13.00.02 / Український державний педагогічний університет – К., 1994. – 24 с.

192. Шапиро А.И. Оригинальные методы решения физических задач: пособие для учителя / А.И. Шапиро, В.А. Бодик. – К.: "Магістр S", 1996. – 160 с.

193. Шишов С.Е. Компетентностный подход к образованию: прихоть или необходимость? / С.Е. Шишов, И.Г. Агапов // Стандарты и мониторинг в образовании. –2002. – № 2. – С. 58-62.

194. Шкіль М.І. Алгебра і початки аналізу: підруч. для 10-11 кл. загальноосвіт. навч. закладів / М.І. Шкіль, З.І. Слєпкань, О.С. Дубинчук. – 2-ге вид. – К.: Зодіак-ЕКО, 2001. – 656 с.

195. Шут М.І. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах: навч. посібник / М.І. Шут, В.П. Сергієнко. – К.: Шкільний світ, 2004. – 128 с.

196. Шут М.І. Фізика: 9 кл.: підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / М.І. Шут, М.Т. Мартинюк, Л.Ю. Благодаренко. – К.; Ірпінь: Перун, 2009. – 224 с.

197. Bate C.D.S. Physics / C.D.S. Bate. – Toronto, Ontario, 1977. – 44 p.

198. Boole W.A. Mathematical Analysis in Physics / W.A. Boole. – London, 1847. –100 p.

199. Cooper L.N. An Introduction to the Meaning and Structure of Physics / L.N. Cooper. – Harper & Row, New York, 1968. – T. 1. – 480 p.

200. Cooper L.N. An Introduction to the Meaning and Structure of Physics / L.N. Cooper. – Evanston, London, 1970. – T. 2. – 382 p.

201. Edmonds Dean S. Cioffari's Experiments in Collage Physics / Dean S. Edmonds. – Lexington, Massachusetts, Toronto, 1988. – 496 p.

202. Feynman R.P. What Do You Care What Other People Think? Further Adventures of a Curious Character / R.P. Feynman. – Toronto, Ontario, 1988. – 255 p.

203. Frank C.F. Physics Education / C.F. Frank. – New York, 1986. – 80 p.

204. Frank C.F. Modern Physics Education / C.F. Frank. – New York, 2006. – 60 p.

205. Hamilton W. General Method in Dynamics / W. Hamilton. – Phil & Trans, Dublin, 1834. – 48 p.

206. Hamilton W. Mathematical and Physical Papers / W. Hamilton. – Phil & Trans, Dublin, 1870. – 88 p.

207. Heath. D.C. New Trends in Physics Teaching / D.C. Heath. – Lexington, Massachusetts, Toronto, 1984. – 196 p.

208. Heath D.C. Physics / D.C. Heath. – Boston, 1967. – 180 p.

209. Holton C. Introduction to the Concepts and Theories of Physical Science /C. Holton. – Wesley, 1952. – 112 p.

210. Holton C. Foundations of Modern Physical Science / C. Holton, D. Roller. – Wesley, 1962. – 55 p.

211. Hooke R. Micrographic / R. Hooke. – London, 1665. – 35 p.

212. Hutton J. Illustrations of the Theory of the Earth / J. Hutton. – Edinburgh, 1802. – 70 p.

213. Kronig R. Textbook of Physics / R. Kronig. – Pergamon Press, New York, 1979. – 150 p.

214. Lepil O. Electronics in school / O. Lepil. – Prague, 1972. – 246 p.

215. Lewis G.N. Physics / G.N. Lewis. – New York, 1984. – 280 p.

216. Lipson H. The Great Experiments in Physics / H. Lipson. – Oliver & Boyd Edinburgh, 1968. – 216 p.

217. Magie W.F. A Source Book in Physics / W.F. Magie // Harvard University Press. – 1963. – P. 12-15.

218. Maxwell J.C. Matter and Motion / J.C. Maxwell. – D. Van Nostrand, 1878. – 224 p.

219. Motte A. Sir Isaac Newton. Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World / A. Motte. – University of California Press, Berkeley, 1962. – 118 p.

220. OECD Programmer for International Student Assessment (PISA) [Electronic resource]. – Aviable from: http:// www.pisa.oecd.org/

221. O'Flanagan M. Michael. Investigating Physical Science / M. Michael O'Flanagan. – Pergamon Press, Oxford, 1981. – 338 p.

222. Orear J. Fundamental Physics / J. Orear. – Wiley, New York, 1961. – 367 p.

223. Powell C.F. Report of Progress in Physics / C.F.Powell // Science, New York, 2005. – P. 11-12.

224. Purcell E.M. Electricity and Magnetism / E.M. Purcell. – McGraw-Hill, New York, 1989. – 198 p.

225. Rogers Eric M. Physics for the Inquiring Mind. In 3 toms / Eric M. Rogers. – Princeton University Press. Princeton, New Jersey, 1966. – 160 p.

226. Russel B. The Principles of Physics / B. Russel. – Cambridge, 1903. – 120 p.

227. Rutherford E. Radioactivity / E. Rutherford. – Cambridge, 1904. – 85 p.

228. Smith Alpheus W. The Elements of Physics / Alpheus W. Smith. – John Wiley & Sons, New York, 1957. – 671 p.

229. Short E. The Concept of Competence: Its Use and Misuse in Education / E. Short. // Journal of Teacher Education, 1995. – № 2. – P. 2–6.

230. Tait P. Methods of Physics / P.Tait. – Cambridge, 1967. – 116 p.

231. Thank C.T. Graphics in Science / C.T. Thank – American Institute of Physics. – New York, 2007. – 85 p.

232. Thomson J.J. Conduction of Electricity through Gases / JJ. Thomson. – Cambridge, 1903. – 35 p.

233. Thomson W. Treatise on Natural Philosophy / W. Thomson. – Cambridge, 1867. – 55 p.

234. Tyndall John. Faraday as a Discoverer / John Tyndall. – London, 1868. – 60 p.

235. Weidner R.T. Sells R.L. Elementary Modern Physics / R.T. Weidner, R.L. Sells. – Boston, 1998. – 78 p.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Склад експертів

Науково-педагогічні працівники

№ з/п	Прізвище, ім'я та по батькові	посада, вч. ступінь	№ з/п	Прізвище, ім'я та по батькові	посада, вч. ступінь
1.	Баштовий В.І.	кандидат пед. наук, професор	8.	**Нижник В.Г.**	кандидат пед. наук, професор
2.	Вознюк М.Ф.	кандидат пед. наук, доцент	9.	**Савченко В.Ф.**	кандидат пед. наук, професор
3.	**Грищенко Г.О.**	кандидат фіз.-мат. наук, професор	10.	**Сальник І.В.**	кандидат пед. наук, доцент
4.	Касянова Г.В.	кандидат пед. наук, доцент	11.	**Сиртюк В.Д.**	доктор пед. наук, професор
5.	Кух А.М.	кандидат пед. наук, доцент	12.	**Толпекіна Г.М.**	кандидат пед. наук, доцент
6.	Мартинюк О.С.	кандидат пед. наук, доцент	13.	**Чінчой О.О.**	кандидат пед. наук, доцент
7.	Мєняйлов С.М.	кандидат пед. наук, доцент			

Вчителі фізики загальноосвітніх навчальних закладів

№ з/п	Прізвище, ім'я та по батькові	категорія, пед. звання	№ з/п	Прізвище, ім'я та по батькові	категорія, пед. звання
1.	**Гавронська І.П.**	вища, вчитель-методист	10.	**Моргун Г.М.**	вища, вчитель-методист
2.	Глава З.І.	вища, старший вчитель	11.	Нагурна І.В.	вища
3.	Дідківська Т.В.	вища, старший вчитель	12.	**Нижник О.Г.**	вища, вчитель-методист
4.	Дениско Л.О.	вища, старший вчитель	13.	Прокоф'єва Л.П.	вища, старший вчитель
5.	Єгорова О.В.	вища	14.	Процюк У.А.	вища, старший вчитель
6.	Клюквіна Т.О.	вища	15.	Рудь З.П.	вища, старший вчитель
7.	**Кузнецова Л.Ю.**	вища, вчитель-методист	16.	Тибольчук І.М.	вища, старший вчитель
8.	Меленевська Н.В.	вища, старший вчитель	17.	**Тибольчук Л.В.**	вища, вчитель-методист
9.	**Михайлова Н.М.**	вища, вчитель-методист	18.	Шевченко М.Г.	вища, старший вчитель

Примітка. Виділено 13 експертів, з якими обговорено запропоновані методичні рекомендації до використання графічного методу у процесі розв'язування фізичних задач графічним методом.

Додаток 2

АНКЕТА

експертної оцінки інформаційного змісту запропонованих елементів графічного методу та методичних підходів до їх вивчення з метою формування предметної компетентності учнів основної школи

Шановні науково-педагогічні працівники та вчителі загальноосвітніх навчальних закладів!
Просимо щиро відповісти на поставлені нами запитання. Ваші відповіді будуть обов'язково враховані при вдосконаленні підготовки учнів основної школи з фізики.

Опис об'єкту експертизи

Подальше вдосконалення навчально-виховного процесу в межах компетентнісного підходу в освіті потребує всебічного розвитку самостійності та ініціативності учнів, ознайомлення їх з методами дослідження і логікою наукового мислення. Вирішальна роль активізації пізнавальної, творчо-пошукової діяльності, розвитку творчого та креативного мислення учнів належить експериментальному методу навчання, який реалізується у різних видах навчального фізичного експерименту.

Більшість висновків за результатами експерименту здійснюється на основі графічного матеріалу – за результатами сумісних вимірювань будують графік залежності між величинами, за яким встановлюють рівняння зв'язку між фізичними величинами та роблять відповідні висновки. Графічний спосіб подання навчальної інформації має ряд переваг перед іншими. Він сприяє з'ясуванню динаміки явищ та процесів, що складають об'єкт вивчення, дозволяє встановити функціональні залежності між окремими фізичними величинами, що описують конкретні взаємозв'язки і властивості, закони і закономірності цих явищ і процесів, а також відіграє важливу прогностичну функцію у ході виконання досліджень.

Розв'язування задач є невід'ємною складовою частиною навчального процесу. Застосування графічного методу при розв'язуванні фізичних задач на різних етапах навчальної діяльності учнів має плідний вплив на покращення знань учнів, на формування фізичних понять і навичок, на вивчення фізичних залежностей між фізичними величинами і формування експериментальних умінь, а також має велике значення для підготовки учнів до роботи на виробництві, до читання науково-технічної літератури, подальшому самонавчанню.

Методика використання графічного методу розв'язування фізичних задач на різних етапах навчальної діяльності має сприяти розвитку мислення та творчих здібностей, здатності учнів застосовувати отримані знання і уміння у життєвих ситуаціях, створити умови для успішної подальшої

навчальної діяльності у галузі фізики, тобто забезпечити формування предметної компетентності як результату навчальної діяльності учнів.

Для забезпечення достовірності колективної експертної оцінки просимо вказати деякі відомості про себе (про характер своєї професійної діяльності).

1. Яку кваліфікацію ви здобули у вищому навчальному закладі? _____
_____

2. За яким напрямком (дисципліною) ви проводите викладацьку діяльність?_____

3. Вкажіть науковий ступінь та вчене звання/ категорію та педагогічне звання?_____
_____

4. Вкажіть стаж роботи в освітній галузі ?_____
_____

5. На скільки Ваша педагогічна діяльність близька до проблеми використання графічного методу у процесі розв’язування фізичних задач? Позначте Ваше ставлення до проблеми із запропонованого нижче переліку предметів діяльності:

а) предмет діяльності не пов'язаний з вказаною проблемою;
б) предмет діяльності пов'язаний опосередковано;
в) предмет діяльності близький;
г) предмет діяльності дуже близький;
д) предмет діяльності пов'язаний з вказаною проблемою.

ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА

1. Оцініть доцільність вивчення в основній школі запропонованих елементів графічного методу, які подано в табл. 1, за такою десятибальною шкалою:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Не доцільно			Більше недоцільно, ніж доцільно		Більше доцільно, ніж недоцільно		Доцільність обумовлена вимогами навчальної програми		Доцільність не викликає сумніву	

При необхідності просимо зайве закреслити, а потрібне додати.

Таблиця 1

Елементи графічного методу відповідно до навчальної програми з фізики

№ з/п	Елементи графічного методу	Державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів
1	2	3
1.	Графічний метод як спосіб задання функціональної залежності	Уміє представляти результати вимірювання у вигляді таблиць і графіків; будувати графіки залежності швидкості руху тіла від часу, пройденого шляху від часу для рівномірного прямолінійного руху; аналізувати графіки руху тіл і визначати за ними його параметри; називає способи вимірювання температури.
2.	Виведення функціональної залежності	Записує формули кількості теплоти, що йде на нагрівання, теплоти згоряння палива, ККД нагрівника, теплоти плавлення, теплоти пароутворення, рівняння теплового балансу.
3.	Поєднання формули з графіком при формуванні фізичних понять, наочне представлення залежності між фізичними величинами	Записує формули пройденого шляху, швидкості рівномірного прямолінійного руху, середньої швидкості, закон Гука, залежність сили пружності від деформації; може описати плавлення і кристалізацію твердих тіл, випаровування і конденсацію рідин, кипіння; може аналізувати графіки теплових процесів, зокрема під час плавлення твердого тіла; формулює закон Ома для ділянки кола, записує формулу залежності опору провідника від його довжини, площі поперечного перерізу.
4.	Графічне диференціювання та інтегрування	Уміє визначати пройдений тілом шлях, швидкість руху.
5.	Використання діаграм для ілюстрації етапів явища	Називає види механічної енергії; наводить приклади перетворення одного виду механічної енергії в інший; формулює закон збереження механічної енергії;

Продовження таблиці 1

1	2	3
		може описати перетворення кінетичної енергії в потенціальну і навпаки, здатний спостерігати перетворення енергії в механічних процесах; може розв'язувати задачі, застосовуючи закон збереження механічної енергії; може описати плавлення і кристалізацію твердих тіл, випаровування і конденсацію рідин, кипіння; перетворення енергії в теплових процесах, тепловий баланс як наслідок закону збереження енергії в теплових процесах; принцип дії теплових машин.
6.	Використання номограм для обчислень	Може робити розрахунки простих електричних кіл, може розв'язувати задачі, застосовуючи формулу тонкої лінзи, рівняння теплового балансу, формулу активності радіонукліда.
7.	Використання динамічних транспарантів для постановки і розв'язування графічних задач	Може розв'язувати задачі, застосовуючи рівняння теплового балансу.
8.	Побудова графіків за результатами сумісних вимірювань	Уміє застосовувати набуті знання у процесі виконання лабораторних робіт.

Оцінку за кожен елемент графічного методу запишіть до таблиці:

Номер елементу	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Бал										

У разі позитивної оцінки змісту елементів графічного методу та позитивного ставлення до використання графічного методу у процесі розв'язування фізичних задач просимо дати відповіді на наступні запитання:

2. Оцініть відповідність елементів графічного методу під час вивчення механіки державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів (табл. 2) за такою десятибальною шкалою:

0 1 2	3 4	5 6	7 8	9 10
Не відповідає	Більше не відповідає, ніж відповідає	Відповідає, частково	Відповідає із зауваженнями	Повністю відповідає

Таблиця 2

№ з/п	Державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів	Порядковий номер елементу графічного методу в таблиці 1	Як реалізується			Ваша оцінка
			вивчення нового матеріалу (проблемний виклад матеріалу)	виконання лабораторних робіт	розв'язування задач	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Знає і розуміє формули пройденого шляху, швидкості рівномірного прямолінійного руху, середньої швидкості, закон Гука, залежність сили пружності від деформації.	3	+			
2.	Уміє визначати пройдений тілом шлях, швидкість руху.	4			+	

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
3.	Уміє будувати графіки залежності швидкості руху тіла від часу, пройденого шляху від часу для рівномірного прямолінійного руху.	1, 4			+	
4.	Уміє аналізувати графіки руху тіл і визначати за ними його параметри.	1			+	
5.	Уміє представляти результати вимірювань у вигляді таблиці і графіків.	1		+		
6.	Знає й розуміє поняття механічної роботи, видів механічної енергії, сутність закону збереження енергії, оцінює прояв закону збереження механічної енергії.	5			+	

3. Оцініть відповідність елементів графічного методу під час вивчення теплових явищ державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів (табл. 3) за такою десятибальною шкалою:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Не відповідає			Більше не відповідає, ніж відповідає		Відповідає, частково		Відповідає із зауваженнями		Повністю відповідає	

Таблиця 3

№ з/п	Державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів	Порядковий номер елементу графічного методу в таблиці 1	Як реалізується			Ваша оцінка
			вивчення нового матеріалу (проблемний виклад матеріалу)	виконання лабораторних робіт	розв'язування задач	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Називає способи вимірювання температури.	1	+	+		
2.	Знає і розуміє формули розрахунку кількості теплоти для різних теплових процесів.	2	+			
3.	Може аналізувати графіки теплових процесів.	3			+	
4.	Записує рівняння теплового балансу.	3			+	
5.	Уміє розв'язувати задачі, застосовуючи рівняння теплового балансу.	6, 7			+	
6.	Записує формулу ККД нагрівника, може описати плавлення і кристалізацію твердих тіл, випаровування і конденсацію рідин, кипіння; перетворення	2, 5			+	

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7
	енергії в теплових процесах, тепловий баланс як наслідок закону збереження енергії в теплових процесах; принцип дії теплових машин.					

4. Оцініть відповідність елементів графічного методу під час вивчення електромагнітних явищ державним вимогам до рівня загальноосвітньої підготовки учнів (табл. 4) за такою десятибальною шкалою:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Не відповідає			Більше не відповідає, ніж відповідає		Відповідає, частково		Відповідає із зауваженнями		Повністю відповідає	

Таблиця 4

№ з/п	Державні вимоги до рівня загальноосвітньої підготовки учнів	Порядковий номер елементу графічного методу в таблиці 1	Як реалізується			Ваша оцінка
			вивчення нового матеріалу (проблемний виклад матеріалу)	виконання лабораторних робіт	розв'язування задач	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Знає і розуміє закон Ома для ділянки кола, формулу залежності опору провідника від його довжини, площі поперечного перерізу, температури.	3	+			

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7
2	Знає і розуміє формулу опору для паралельного з'єднання, вміє застосовувати набуті знання у процесі розв’язування фізичних задач.	6			+	
3.	Вміє розраховувати спожиту електричну енергію.	4, 5			+	
4.	Уміє застосовувати набуті знання у процесі виконання лабораторних робіт.	8		+		

5. Оцініть доцільність використання номограм під час розв’язування задач на формулу тонкої лінзи за такою десятибальною шкалою:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Не доцільно			Більше недоцільно, ніж доцільно		Більше доцільно, ніж недоцільно		Доцільність обумовлена вимогами навчальної програми		Доцільність не викликає сумніву	

6. Оцініть доцільність використання графічного методу під час вивчення рівноприскореного руху та закону радіоактивного розпаду на факультативних заняттях у контексті допрофільної підготовки учнів за такою десятибальною шкалою:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Не доцільно			Більше недоцільно, ніж доцільно		Більше доцільно, ніж недоцільно		Доцільність обумовлена вимогами навчальної програми		Доцільність не викликає сумніву	

Щиро дякуємо за відвертість.