

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ М.П. ДРАГОМАНОВА**

На правах рукопису

КОРСУН Ігор Васильович

УДК 373.5.016:53(043)

**АКТИВІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
СТАРШОКЛАСНИКІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ТВЕРДИХ ТІЛ У КУРСІ ФІЗИКИ**

13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття наукового ступеня
кандидата педагогічних наук

Науковий керівник:

Сиротюк Володимир Дмитрович,
доктор педагогічних наук,
професор

КИЇВ – 2009

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
 РОЗДІЛ I	
АКТИВІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЯК АКТУАЛЬНА ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНА ПРОБЛЕМА МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ..	12
1.1. Висвітлення питання активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у психолого-педагогічній літературі.....	12
1.2. Аналіз підходів до розв’язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у методиці навчання фізики.....	18
1.3. Розробка методичного підходу до розв’язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики.....	22
1.3.1. Психолого-педагогічні основи методичного підходу.....	22
1.3.2. Формування пізнавального інтересу у старшокласників як необхідна умова для розвитку їх пізнавальної активності.....	27
1.3.3. Вибір активних засобів навчання фізики.....	32
1.3.4. Характеристика активних методів навчання фізики.....	40
Висновки до першого розділу.....	54
 РОЗДІЛ II	
МЕТОДИКА АКТИВІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДИХ ТІЛ.....	55
2.1. Загальні засади побудови методики.....	55
2.2. Реалізація розробленого методичного підходу у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл для профільних класів.....	81
2.2.1. Активізація навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення будови твердих тіл.....	81

2.2.2. Аспекти активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення механічних властивостей твердих тіл....	111
2.2.3. Основи активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення теплових властивостей твердих тіл.....	130
2.2.4. Особливості активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення електричних властивостей твердих тіл.....	134
2.2.5. Структура методики активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення магнітних властивостей твердих тіл.....	163
2.2.6. Засоби і методи активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення оптичних властивостей твердих тіл.....	169
Висновки до другого розділу.....	181
 РОЗДІЛ ІІІ	
ОРГАНІЗАЦІЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	
3.1. Визначення рівнів розвитку пізнавальної активності старшокласників.....	182
3.2. Методика проведення педагогічного експерименту.....	185
3.3. Аналіз результатів педагогічного експерименту.....	188
Висновки до третього розділу.....	194
ВИСНОВКИ.....	195
ДОДАТКИ.....	197
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	236

ВСТУП

Актуальність теми. Приєднання України у травні 2005 р. до Болонського процесу передбачає входження нашої країни в єдиний європейський освітній простір із збереженням власних традицій. Принципи діяльності у вищій школі визначають нові орієнтири завдань, що постають перед шкільною освітою. Старшокласники мають уміти самостійно поповнювати власні знання, а тому особливості сучасної педагогічної науки створюють таку атмосферу діяльності вчителя, під час якої він не може навчати та виховувати учнів, не добиваючись розвитку у них пізнавальної активності.

У країнах Західної Європи і США дана проблема розв'язується в основному в рамках індивідуалізації навчання. Навчання через відкриття (discovery learning) доповнює, а часто й замінює навчання шляхом «прямої» передачі знань. Об'єм самостійної роботи учнів може бути різним: від виконання короткочасного завдання до самостійного засвоєння цілого факультативного курсу. У навчанні переважають роботи за вибором, роботи, що індивідуально інструктуються і «пошукові» роботи (роботи за власним планом).

Різні аспекти проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у процесі навчання розкриті у працях психологів К.А. Абульханової-Славської [1], Д.М. Богоявленського [23], Н.К. Вічалковської [33], Л.С. Виготського [42], П.Я. Гальперіна [53], Н.М. Давидюка [75], В.В. Давидова [78], А.В. Кульчицької [141], В.Г. Леонт'єва [153], О.М. Матюшкіна [160], В.А. Петровського [207], С.Л. Рубінштейна [227] та ін., педагогів Л.П. Арістової [10], Т.Л. Архіпової [11], Д.Б. Богоявленської [21], Е.Н. Кабанової-Меллер [99], В.І. Лозової [155], М.І. Махмутова [166], Н.Ф. Тализіної [252], Т.І. Шамової [282], Г.І. Щукіної [300] та ін.

Методика активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у процесі навчання фізики збагатилася завдяки науково-методичним розробкам П.С. Атаманчука [9], О.І. Бугайова [30], С.У. Гончаренка [65-67],

А.А. Давиденка [73, 74], І.Я. Ланіної [148, 149], Р.І. Малафєєва [158], В.Ф. Савченка [230], А.В. Усової [261], М.І. Шута [297] та ін. Проведений аналіз низки науково-методичних та дисертаційних робіт дав змогу зробити висновок, що проблему активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у процесі навчання фізики дослідники вирішують або шляхом застосування окремих засобів та методів навчання (М.В. Головка [58], О.В. Зорька [91], Г.П. Кобель [112], А.В. Рибалко [220], А.М. Сільвейстр [236] та ін.), або досліджують розвиток мислення (П.В. Бєльчев [16], Н.М. Зверєва [90], Л.А. Іванова [96], В.І. Решанова [219], В.Є. Тишков [255] та ін.), залишаючи поза увагою розвиток інших пізнавальних процесів (сприймання, увага, уява, пам'ять). А тому ми погоджуємося з постановкою питання про відсутність єдиного методичного підходу до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики, який б передбачав розвиток усіх названих вище пізнавальних процесів.

Основна особливість розумової діяльності старшокласників – зміна співвідношення між конкретно-образним і абстрактним мисленням на користь останнього. Конкретно-образні (наочні) компоненти мислення не зникають, а зберігаються у пам'яті і розвиваються, продовжуючи відігравати істотну роль у загальній структурі мислення. А тому при обмеженості наочного досвіду гальмується процес виділення абстрактних істотних ознак в об'єкті.

Фізика твердого тіла – наука про будову і властивості твердих тіл. Різні питання, пов'язані із будовою та властивостями твердих тіл, учні вивчають протягом усього шкільного курсу. Відмітимо методичні розробки відповідних тем шкільного курсу, проведені В.К. Бєлим [12], В.М. Даниленком [76], А.В. Касперським [103], Є.В. Коршаком [132], Г.Б. Куперманом [142], Р.П. Кухарчуком [145], В.І. Ліхтманом [150], Д.М. Лонгіновим [156], В.Ф. Савченком [230], С.І. Терещуком [254], Є.Д. Щукіним [299].

Проаналізувавши дані праці, приходимо до висновку про відсутність єдиного підходу до вивчення властивостей твердих тіл у шкільному курсі

фізики. А це призводить до того, що, як показує практика (проведений нами констатувальний експеримент), старшокласники не можуть пояснити ряд властивостей твердих тіл (чому одні тіла проводять електричний струм, тоді як інші є ізоляторами, чому одні тіла намагнічуються, а інші – ні тощо). Робимо припущення, що дана проблема може бути розв'язана шляхом реалізації єдиного підходу до пояснення властивостей твердих тіл, який би ґрунтувався на атомістичному методі їх вивчення.

Багато інформації про будову та властивості твердих тіл учні отримують з уявлень повсякденного життя, але це не означає, що ці поняття легко засвоюються у процесі навчання. Формування багатьох із них потребує здатності до абстрактного мислення, яке у старшокласників ще не достатньо розвинуте. Тому під час вивчення даного навчального матеріалу необхідно використовувати наочність, наводити історичні факти та життєві приклади, тобто спиратися на конкретно-образні компоненти мислення учнів. Звідси випливає, що матеріал, який стосується будови та властивостей твердих тіл є таким, що за своєю строгістю та логічністю побудови у великій мірі сприяє розвитку мислення учнів. Керуючись таким підходом, ми приходимо до думки, що необхідною умовою засвоєння старшокласниками даного навчального матеріалу є розвиток у процесі його вивчення їх пізнавальної активності. А це можливе лише за умови активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників.

Таким чином, ми вважаємо, що проблема прогалин у знаннях учнів з даного матеріалу усунеться, якщо реалізувати у процесі його вивчення методичний підхід до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників, який полягає у тому, що на всіх етапах внутрішнього процесу засвоєння знань (сприймання – осмислення і розуміння – узагальнення – закріплення – застосування на практиці) в учнів розвиваються відповідні пізнавальні процеси та формується пізнавальний інтерес.

Узагальнивши висловлені вище думки, ми приходимо до висновку про

існування суперечності між об'єктивною необхідністю активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення властивостей твердих тіл та відсутністю відповідного навчально-методичного забезпечення. Це й визначає **актуальність теми** дисертаційного дослідження **“Активізація навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення властивостей твердих тіл у курсі фізики”**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до плану наукової роботи кафедри фізики та методики її викладання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка і є складовою частиною науково-дослідної теми “Теоретико-методичні основи професійної підготовки фахівців в умовах реалізації ідей Болонської угоди” (№ державної реєстрації 0108U000536). Нами розроблена визначена частина навчально-методичного забезпечення засад профільного навчання фізики в 10-11-х класах загальноосвітніх навчальних закладів.

Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (протокол № 9 від 26.05.2005 р.) і узгоджена у Раді з координації наукових досліджень у галузі педагогіки і психології в Україні (протокол № 1 від 31.01.2006 р.).

Метою дослідження є розробка методики активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл.

Відповідно до мети дослідження були сформульовані **завдання дослідження:**

1. Проаналізувати стан розробки проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у психолого-педагогічній та науково-методичній літературі.

2. Дослідити існуючі методики вивчення будови та властивостей твердих тіл у курсах фізики старшої школи.

3. Розробити методичний підхід до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики.

4. Реалізувати розроблений методичний підхід у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл для профільних класів.

5. Перевірити під час педагогічного експерименту ефективність і результативність науково-методичних розробок в умовах навчально-виховного процесу.

Об'єктом дослідження є процес навчання фізики в старшій школі.

Предметом дослідження є засоби та методи активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл.

Для досягнення поставленої мети застосовувалися такі **методи дослідження**:

– аналіз, порівняння, узагальнення даних проблеми дослідження на основі вивчення психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, змісту курсів фізики для визначення мети, об'єкта та предмета дослідження;

– моделювання процесу управління навчально-пізнавальною діяльністю старшокласників для розв'язання завдань дослідження;

– педагогічний експеримент для перевірки гіпотези дослідження;

– методи математичної статистики для аналізу результатів педагогічного експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що:

– *вперше розроблений* методичний підхід до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики, який полягає у тому, що на всіх етапах внутрішнього процесу засвоєння знань (сприймання – осмислення і розуміння – узагальнення – закріплення – застосування на практиці) в учнів за допомогою активних засобів та методів навчання розвиваються відповідні пізнавальні

процеси (сприймання, увага, мислення, уява, пам'ять) та формується пізнавальний інтерес;

– *вперше побудовані* загальні засади методики вивчення властивостей твердих тіл, які ґрунтуються на атомістичному методі їх пояснення та використанні активних засобів навчання (історичних відомостей, життєвих прикладів, прикладів практичного використання, прикладів наукових досягнень);

– *удосконалена* методика вивчення будови та властивостей твердих тіл у курсі фізики старшої школи шляхом висвітлення внеску українських учених у розвиток фізики твердого тіла.

Практичне значення одержаних результатів визначається тим, що розроблені:

– науково-обґрунтовані та експериментально перевірені методичні рекомендації для вчителів фізики щодо активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл, які спрямовані на вдосконалення методики вивчення даного навчального матеріалу;

– факультативний курс “Будова та властивості твердих тіл” для учнів 10-11-х класів, основні положення якого викладено у навчальному посібнику “Будова та властивості твердих тіл (факультативний курс)”;

– навчальні посібники “Досягнення українських вчених у дослідженні будови та властивостей твердих тіл”, “Фізика в історичному розвитку”, “Цікаво про будову та властивості твердих тіл”, матеріали яких можуть бути використані у процесі створення підручників для 12-річної старшої профільної школи та навчально-методичних посібників;

– електронні навчальні посібники “Фізика в історичному розвитку” та “Будова та властивості твердих тіл”, які розміщені на сайті Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка за адресою: www.tspu.edu.ua.

Результати дослідження **впроваджені** у практику навчання фізики Тернопільського педагогічного ліцею (довідка №15 від 7 червня 2006 р.), Бучацького колегіуму імені Св. Йосафата Тернопільської області (довідка №10 від 29 травня 2006 р.), Бучацької загальноосвітньої школи I-III ступенів №3 Тернопільської області (довідка №11 від 25 травня 2006 р.), Матвіївської загальноосвітньої школи I-III ступенів Шумського району Тернопільської області (довідка №8 від 25 травня 2006 р.).

Вірогідність і обґрунтованість здобутих наукових результатів дослідження забезпечені методологічними засадами дослідження (положення теорії пізнання, філософії і психології про предметний характер людської діяльності, головні закономірності пізнавального процесу, діяльнісний підхід до розвитку особистості), відповідністю методів дослідження його меті та завданням, результатами педагогічного експерименту, позитивними відгуками педагогів.

Особистий внесок здобувача полягає у побудові методичного підходу до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики. Розроблене науково-методичне забезпечення, яке необхідне для впровадження розробленого методичного підходу у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл, зокрема:

- розроблений зміст історичних відомостей, життєвих прикладів, прикладів практичного використання та прикладів наукових здобутків;
- відібрані біографічні відомості про українських учених та розроблені методичні рекомендації щодо їх висвітлення у курсі фізики старшої школи;
- розроблені комплекти таблиць, які використовувалися на етапі «узагальнення»;
- розроблена відповідна експериментальна база;
- розроблена низка оригінальних інструкцій до лабораторних робіт, які проводилися на етапі «застосування на практиці».

Апробація результатів дослідження здійснювалася на Міжнародній науковій конференції “Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського

процесу” (Кам’янець-Подільський, 2005 р.), на Міжнародній науково-практичній конференції “Чернігівські методичні читання з фізики – 2006” (Чернігів, 2006 р.), на Міжнародній науковій конференції “Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника фізики в світлі сучасної освітньої парадигми” (Кам’янець-Подільський, 2006 р.), на Всеукраїнській науково-практичній конференції “Теорія і практика сучасного природознавства” (Херсон, 2003 р.), на Всеукраїнській науковій конференції студентів та молодих вчених “Перспективи та проблеми наук в умовах глобалізації” (Тернопіль, 2005 р.), на V-й Всеукраїнській науково-методичній конференції “Впровадження нових інформаційних технологій навчання” (Запоріжжя, 2005 р.), на Всеукраїнському науково-методичному семінарі “Актуальні питання методики навчання фізики та астрономії у середній та вищій школах” (Київ, 2006 р.), на засіданнях кафедри теорії та методики навчання фізики і астрономії Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова та кафедри фізики та методики її викладання Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка (2006-2008 рр.).

Публікації. Результати дослідження представлені у 21 праці, із яких: 4 навчальних посібники, 13 статей у наукових фахових виданнях, 4 публікацій у тезах доповідей та матеріалах науково-практичних конференцій.

РОЗДІЛ І

АКТИВІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЯК АКТУАЛЬНА ПСИХОЛОГО- ПЕДАГОГІЧНА ПРОБЛЕМА МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

1.1. Висвітлення питання активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у психолого-педагогічній літературі

Проблема активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів є актуальною на усіх етапах розвитку шкільної освіти, оскільки успішне успішне її розв'язання дає змогу значно підвищити ефективність навчального процесу. Оскільки завдання активізації навчально-пізнавальної діяльності безпосередньо пов'язані з реалізацією дидактичного принципу активності у навчанні, то розкрити сутність поняття «активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів» можна, проаналізувавши, перш за все, поняття «активність».

Саме слово «активність» походить від латинського «activus» і означає «посилену діяльність, діяльний стан» [235, с. 37].

Л.П. Арістова [10] трактувала активність як виявлення перетворювального, творчого ставлення індивіда до об'єктів пізнання і передбачає наявність таких компонентів активності як вибір підходу до об'єктів пізнання, постановку після вибору об'єкта мети, завдання, яке необхідно виконати, перетворення об'єкта у діяльності.

Л.С. Виготський [44] наголошував, що саме активне відношення до дійсності і дій приймаються за ті умови, які дають дійсну можливість для розвитку центральних процесів.

Г.С. Костюк під активністю розумів «здатність змінювати навколишню дійсність відповідно до особистих потреб, поглядів, мети. Як риса особи, активність виявляє себе в енергійній, ініціативній діяльності у праці, у навчанні, у громадському житті, у різних видах творчості, у спорті, в іграх тощо» [137].

С.Л. Рубінштейн зазначав на необхідності розрізнати поняття «активність» і «діяльність» [227, с. 7].

Даний аналіз психолого-педагогічної літератури дає змогу зробити висновок, що активність здебільшого визначається через діяльність, вказує на її характер, на ставлення суб'єкта до діяльності. Виходячи звідси, поняття «активність» у педагогічному розумінні будемо трактувати як рису учня, яка проявляється у стані готовності до самостійної діяльності, у якості здійснення діяльності, а також у здатності до вибору оптимальних шляхів для досягнення поставленої мети. У даному трактуванні найважливішим є аспект співвідношення між активністю та діяльністю, в якій активність формується, розвивається і проявляється.

У психологічній літературі [226] всі види активності умовно поділяють на два граничних типи: адаптивні і продуктивні. Адаптивні типи активності забезпечують формування численних стереотипів, що становлять основу стандартних форм поведінки і діяльності. Типовою формою навчання при адаптивній активності є навчання за зразком. Продуктивні типи активності є основою для виникнення і становлення різних психічних новоутворень, які безпосередньо не є необхідними для адаптації. Для продуктивних видів активності мотивом є пізнавальні потреби, а основою – пізнавальна активність суб'єкта.

Проаналізуємо підходи дослідників до визначення поняття **«пізнавальна активність»**.

Д.В. Вилькєєв [34] розглядав пізнавальну активність як «психічний стан, який виявляється у настрої виконувати інтелектуальні завдання».

А.В. Іоголевич вказував на те, що пізнавальна активність «виявляється в інтенсивному вивченні людиною предметів і явищ дійсності з метою ефективної суспільної реалізації набутих знань. Це складне психічне утворення є результатом переростання інтелектуального, емоційного і вольового стану особистості в нову якість, яка визначається ростом потреб у знаннях і посиленням позитивної мотивації учіння» [98, с. 7].

А.Ф. Лазурський [147] визначав пізнавальну активність як прояв сили або слабкості, бажань і захоплень; здатність до зосередження вольового зусилля; більшу або меншу тривалість останнього; опір зовнішнім впливам.

П.М. Лебедєв наголошував, що «пізнавальна активність – це ініціативне, дійове ставлення учнів до засвоєння знань, а також виявлення ними інтересу, самостійності і вольових зусиль у навчанні» [152, с. 7].

Л.В. Мар'яненко пізнавальною активністю називав “складне психологічне утворення, що є процесом ініціативного перетворення учнем предмета або явища з метою його глибшого пізнання, вдосконалення, Я-вияву особистості у пізнавальній діяльності” [163, с. 23].

Н.А. Половнікова [211] досліджувала вольову та емоційну настроєність суб'єкта як важливий показник активності школяра: готовність і прагнення до енергійного оволодіння знаннями.

І.Ф. Харламов під пізнавальною активністю розумів «стан учня, який характеризується прагненням до навчання, розумовим напруженням і виявом вольових зусиль у процесі опанування знань» [274, с. 31].

Т.І. Шамова [281] розглядала пізнавальну активність учнів як їхню розумову діяльність, яка спрямована на досягнення певного пізнавального результату і як підвищену інтелектуальну орієнтовну реакцію до навчального матеріалу на основі пізнавальної потреби. В іншій праці пізнавальна активність розглядалася як «якість діяльності, в якій проявляється особистість самого учня з його відношенням до змісту, характеру діяльності і бажанням мобілізувати свої морально-вольові зусилля на досягнення навчально-пізнавальної мети» [282, с. 54].

Г.І. Щукіна у поняття пізнавальної активності вкладала «творення особистості, яка виявляє інтелектуальний відгук на процес пізнання, живу участь, розумово-емоційну чуйність у пізнавальному процесі» [300, с. 116].

І.С. Іваськів [92], Л.О. Лісіна [151], М.І. Махмутов [166] розглядають пізнавальну активність як складне інтегративне утворення особистості,

виділяючи у ньому мотиваційний, змістово-операційний та емоційно-вольовий компоненти.

До мотиваційного компоненту входять пізнавальна потреба, пізнавальний інтерес, спрямованість особистості на навчальну діяльність, позитивне ставлення до учіння, надситуативність, пізнавальна ініціатива особистості.

Змістово-операційний компонент складають система провідних знань і способів учіння, усі мислительні операції, пізнавальні процеси, пов'язані з розумовим перетворенням у пізнанні. Про сформованість розумових умінь свідчать здатність учня до самостійної перетворювальної розумової діяльності, яка відбувається за власною ініціативою суб'єкта і виявляє себе в таких розумових діях як: передбачення, ретроспективне бачення, переконструювання у розумовому плані, домислювання, що поглиблює розуміння авторського смислу, перенесення знань в іншу ситуацію, встановлення внутріпредметних і міжпредметних зв'язків, самостійне узагальнення з метою поглибленого пізнання природи явищ, що вивчаються.

Емоційно-вольовий компонент пізнавальної активності охоплює такі якості особистості як старанність, схильність до дискусії, вдумливість, наполегливість у подоланні труднощів, прагнення до самовдосконалення, самокритичність, впевненість у собі, почуття власної гідності, відсутність страху помилитися, вміння організувати свою навчальну діяльність, цілеспрямованість у роботі.

Дослідженнями Л.П. Арістової [10], В.І. Лозової [155], І.Ф. Харламова [274], Т.І. Шамової [282] доведено, що процес становлення і формування пізнавальної активності учнів відбувається через розвиток її структурних компонентів, а це можливо лише за умови активізації їх навчально-пізнавальної діяльності.

У дидактичних дослідженнях є різні тлумачення поняття **«активізація навчально-пізнавальної діяльності»**.

У “Педагогической энциклопедии” [204] вказується, що «активізація процесу навчання – це вибір методів і організаційних форм навчальної роботи, які забезпечують активну і самостійну теоретичну та практичну діяльність школярів у всіх ланках навчального процесу».

Т.І. Шамова під активізацією навчання школярів розуміла «мобілізацію вчителем (за допомогою спеціальних засобів) інтелектуальних, морально-вольових та фізичних сил учнів на досягнення конкретної мети навчання і виховання» [282, с. 35].

Г.І. Щукіна активізацією навчально-пізнавальної діяльності учнів називала «процес, спрямований на посилену спільну навчально-пізнавальну діяльність вчителя і учнів, на спонукання до її енергійного цілеспрямованого здійснення... Активізацію навчання школярів не можна розглядати в сучасних умовах розвитку школи лише як процес управління активністю учня. Це водночас і процес активізації учнем своєї діяльності» [300, с. 116].

М.Я. Ігнатенко [93] вважав необхідним у визначенні поняття «активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів» звернути увагу на різносторонній розвиток учнів, оскільки активізація навчально-пізнавальної діяльності веде до суттєвих змін в особистості учня, новоутворень в його інтелектуальному і моральному розвитку, тобто сприяє становленню учня як суб'єкта діяльності, як індивідуальності.

Проаналізувавши та узагальнивши висловлені вище думки, приходимо до такого трактування поняття «активізація навчально-пізнавальної діяльності».

Активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів – це мобілізація вчителем за допомогою спеціальних засобів інтелектуальних, морально-вольових та фізичних сил учнів на досягнення конкретної мети навчання, виховання і всебічного розвитку школярів.

Спираючись на таке трактування, сходимося на думці про те, що активізація навчально-пізнавальної діяльності – це процес, спрямований на подолання інерції, пасивності та стереотипних форм навчання (викладання і

учіння). У сучасних умовах активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів не може розглядатися лише як керівництво вчителем у процесі викладання активністю учнів, оскільки учні у процесі учіння самостійно активізують власну навчально-пізнавальну діяльність. Іншими словами, активізація навчально-пізнавальної діяльності – процес і результат стимулювання пізнавальної активності учнів.

Таким чином, поєднання висловлених вище думок приводить до таких висновків:

1. Головна мета активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів – підвищення якості навчально-виховного процесу, що досягається шляхом розвитку пізнавальної активності учнів.

2. Процес розвитку пізнавальної активності вимагає спільної роботи вчителя та учнів. Для цього потрібна така організація процесу навчання, яка створювала б передумови вияву пізнавальної активності особистості. А тому активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів вимагає від вчителя застосування таких засобів та методів навчання, які спонукають особу до прояву активності. На уроках це можуть бути ситуації, в яких учні мають вміти:

✓ захищати свою думку, наводити на її захист аргументи, доведення, користуватися здобутими знаннями;

✓ ставити запитання вчителю, товаришам та з'ясовувати незрозуміле, поглиблювати процес пізнання;

✓ рецензувати відповіді товаришів, вносити корективи, давати поради;

✓ ділитися своїми знаннями з іншими;

✓ допомагати товаришам, коли вони відчують труднощі, пояснювати незрозуміле;

✓ виконувати завдання-максимум, розраховане на читання додаткової літератури, першоджерел, на тривалі спостереження;

✓ шукати кілька розв'язків поставленої задачі.

1.2. Аналіз підходів до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у методиці навчання фізики

Проблема активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у процесі навчання фізики була і залишається традиційно актуальною, оскільки нові завдання, що постійно постають перед шкільною освітою потребують не лише перегляду і вдосконалення відомих шляхів активізації, але й і пошуку нових. У методиці фізики дослідники до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів підходили по-різному (табл. 1.1):

Таблиця 1.1

Аналіз підходів до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у методиці фізики

Атаманчук П.С.	перехід від інформаційно-виконавчих до пошуково-креативних схем навчання
Бельчев П.В.	розвиток логічного мислення шляхом використання діагностичних і навчально-корекційних завдань тестового характеру
Благодаренко Л.Ю.	впровадження особистісно-орієнтованого навчання фізики у педагогічних класах фізико-математичного профілю
Гаманюк О.А.	оптимальне поєднання репродуктивної і творчої пізнавальної діяльності
Гуляєва Л.В.	введення у практику проблемно-модульної технології навчання
Коробова І.В.	розвиток дивергентного мислення
Касперський А.В.	реалізація проблемного та самостійного навчання
Лісіна Л.О.	розвиток пізнавальної активності школярів за модульно-розвиваючою технологією

У докторській роботі П.С. Атаманчука [8] побудовано дидактичну модель цілеспрямованого управління формуванням фізичного знання у старшокласників, що базується на раціональній (когнітивна сфера) та

почуттєвій (емоціональноціннісна сфера) засадах діяльності учнів у навчанні фізики. Наголошуючи у структурі пізнавальної активності на єдності логікорационального та емоціональноцінного начал, П.С. Атаманчук обґрунтовує необхідність поступового переходу від інформаційно-виконавчих до пошуково-креативних схем навчання фізики.

П.В. Бельчев [16], базуючись на теоретичній моделі структури фізичної задачі, розробив нові дидактичні засоби розвитку логічного мислення у даному навчанні, комп'ютерне забезпечення та методика їх використання.

У дослідженні Л.Ю. Благодаренко [18] розроблено дидактичні засади побудови технологій особистісно-орієнтованого навчання фізики у педагогічних класах фізико-математичного профілю та показано, що впровадження особистісно-орієнтованого навчання фізики у педагогічних класах фізико-математичного профілю забезпечить підвищення рівня навчальних досягнень учнів, якість засвоєння фундаментальних знань і умінь, усвідомлення учнями своєї особистісної і професійної значущості, їх гуманістичну особистісну орієнтацію.

У роботі О.А. Гаманюк [54] висвітлено теоретико-педагогічні засади розвитку творчої пізнавальної діяльності учнів, розкрито її зв'язки і відносини з репродуктивною пізнавальною діяльністю, їх динаміку, взаємозв'язки і взаємопереходи, розроблено дидактико-методичний і технологічний підходи до вивчення теоретичного матеріалу на підставі оптимального поєднання репродуктивної і творчої пізнавальної діяльності.

Л.В. Гуляєва [72] обґрунтувала необхідність упровадження у практику середньої загальноосвітньої школи проблемно-модульної технології навчання яка включає спеціально перероблений навчальний зміст, особистісно-діяльнісну організацію навчання, перманентний контроль навченості і розвитку школярів. У роботі показано, що реалізація даного підходу у процесі навчання фізики у старших класах сприяє розвитку пошуково-творчих здібностей та самостійного мислення учнів.

І.В. Коробова [131] визначила структурні компоненти дивергентного мислення та показники їх вимірювання, розкривши психолого-педагогічні умови стимулювання розвитку дивергентного мислення учнів на уроках фізики (залучення учнів до творчих форм роботи, організація навчального процесу на основі особистісно-розвиваючого підходу, готовність вчителя до керування процесом формування творчої особистості).

У докторській роботі А.В. Касперського [103] запропоновано концепцію вивчення радіоелектроніки у середній школі за ступеневою системою освіти у шкільному курсі фізики через факультативи, гуртки технічної творчості, інтегровані з фізикою навчальні предмети. У роботі розглянуто форму реалізації дидактичних і методичних принципів через проблемне та самостійне навчання і при цьому зазначається, що проблемне навчання виступає засобом активізації пізнавальної діяльності учнів і студентів у тому випадку, коли наявні суб'єктно-дієвісний метод та самостійна творча діяльність.

Л.О. Лісіна [151] обґрунтувала розвиток пізнавальної активності учнів старших класів у процесі вивчення математики та фізики на основі модульно-розвиваючої технології навчання, що сприяє інтелектуальному розвитку школярів, формуванню у них системних фізико-математичних знань.

У ряді дисертаційних робіт досліджуються різноманітні засоби та методи навчання, що активізують навчально-пізнавальну діяльність учнів у процесі навчання фізики (табл. 1.2). Провівши аналіз даних засобів та методів, сходимося на думці про те, що жодний із них не може бути універсальним, оскільки навчальний процес складний за змістом, типом та формами. Тому потрібно їх збагачувати, систематизовувати та доцільно використовувати у різних ситуаціях. А це, у свою чергу, наводить до висновку про необхідність комплексного застосування засобів та методів навчання для досягнення необхідного рівня активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів.

**Аналіз дидактичних засобів активізації навчально-пізнавальної діяльності
учнів у процесі навчання фізики**

Головко М.В.	використання матеріалів із історії вітчизняної фізики
Закалюжний В.М.	використання техніко-технологічного за змістом навчального матеріалу
Зоряка О.В.	використання елементів цікавої фізики
Кобель Г.П.	використання моделювання
Молодцова В.В.	використання навчального відеозапису
Рибалко А.В.	використання дослідницьких задач
Сільвейстр А.М.	використання новітніх інформаційних технологій (НІТ)

Кожен учитель застосовує у навчальному процесі власні прийоми активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів, але досвід роботи одного вчителя не може бути механічно перенесений іншим учителем, оскільки рівень розвитку пізнавальної активності учнів різний та неоднакова оснащеність фізичних кабінетів. У зв'язку з цим виникає потреба у теоретичному обґрунтуванні методики роботи вчителів у даному напрямку.

Таким чином, робимо висновок про нерозробленість методичного підходу до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики, який полягає у тому, що на всіх етапах внутрішнього процесу засвоєння знань (сприймання – осмислення і розуміння – узагальнення – закріплення – застосування на практиці) в учнів розвиваються відповідні пізнавальні процеси (сприймання, увага, мислення, уява, пам'ять) та формується пізнавальний інтерес.

1.3. Розробка методичного підходу до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики

1.3.1. Психолого-педагогічні основи методичного підходу.

Методологічною основою процесу навчання є наукова теорія пізнання¹, яка вивчає природу наукового пізнання і його можливості, головні закономірності пізнавального процесу, форми й методи пізнання людиною навколишньої дійсності, умови істинності пізнання.

Процеси навчання і наукового пізнання єднає їх спрямованість на пізнання істини законів і закономірностей об'єктивної дійсності. І навчання, і пізнання відбуваються за схемою: живе спостереження об'єкта навчання чи пізнання – осмислення істотних властивостей, особливостей, зв'язків цього об'єкта – застосування здобутих знань на практиці чи у навчанні або перевірка здобутого у процесі пізнання знання на практиці [264, с. 84]. А тому навчально-пізнавальна діяльність учнів – це спеціально організований (учнями або вчителем) процес пізнання, результатом якого є знання, уміння й навички, якими опанують учні.

Виходячи звідси, психолого-педагогічні основи спроектованого методичного підходу до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики базуються на врахуванні того факту, що внутрішній процес засвоєння знань учнями включає у себе



Рис. 1.1. Етапи внутрішнього процесу засвоєння знань.

¹ Пізнання – процес цілеспрямованого відображення об'єктивної реальності у свідомості людей [264, с. 84].

наступні ланки: сприймання – осмислення і розуміння – узагальнення – закріплення – застосування на практиці [264, с. 93].

На кожному із етапів засвоєння знань (рис. 1.1) старшокласники залучають відповідні пізнавальні процеси (сприймання, увага, мислення, уява, пам'ять), а тому завдання активізації їх навчально-пізнавальної діяльності певною мірою зводиться до активізації пізнавальних процесів на кожному із цих етапів.

Сприймання – відображення предметів та явищ навколишнього світу, що діють у даний момент на органи чуття людини [264, с. 93]. Результатом сприймання є цілісний образ об'єкту. Однак сприймання не зводиться до простого додавання відчуттів, а складає якісно новий рівень чуттєвого пізнання дійсності, оскільки доповнюється і опосередковується наявними в особистості знаннями, її минулим досвідом.

Сприймання характеризується своєю предметністю, цілісністю, структурністю, константністю і осмисленістю.

Предметність сприймання виявляється в тому, що властивості предмета відображаються в образі не ізольовано, а як належні предмету, тобто, в акті об'єктивації. Ця властивість є не природженою, а набутою особливістю людини. В її формуванні провідну роль відіграють рух і дотик.

Цілісність є другою особливістю сприймання. На відміну від відчуття, яке є мономодальним, сприймання є полімодальним: воно формується на основі сумісної діяльності ряду аналізаторів, об'єднаних у функціональну систему. Цілісний образ виникає на основі узагальнення знань про окремі властивості предмету, що отримуються у вигляді окремих відчуттів.

З цілісністю перцептивного образу тісно пов'язана його структурність, яка полягає в тому що сприймання не просто конгломерат відчуттів, а у ньому відображаються відношення різних властивостей і частин предмету, тобто його структура. Вона формується у людини протягом певного часу. Так, читаючи окреме слово, читач сприймає його як цілісне після сприймання його літер.

Четвертою характерною особливістю сприймання є константність. Під нею розуміють відносну постійність розмірів, форми і кольору предметів, що сприймаються, при зміні відстані, положення спостерігача, освітленості предмету. У житті умови сприймання предметів безперервно змінюються. Відповідно змінюються і перцептивні процеси, але образ предмета залишається відносно постійним.

П'ятою характерною особливістю сприймання є осмисленість. Сприймаючи предмети і явища дійсності, людина тлумачить їх у відповідність із наявними знаннями і практичним досвідом. Сприймання людини тісно пов'язане з мисленням. Сприйняти об'єкт, це значить виділити його з оточення і мислено назвати його, тобто віднести до певного класу предметів. Тоді, коли це відразу зробити не вдається, у процесі сприймання відбувається динамічний пошук найкращої інтерпретації наявної інформації. Це можна помітити при сприйманні багатозначних малюнків, у яких по чергово суб'єктом сприймаються то фігура, то фон.

Аналіз наведених властивостей сприймання дав змогу сформулювати умови викладу нового навчального матеріалу, дотримання яких дасть змогу учням найефективніше сприймати інформацію на уроці фізики. У процесі викладу нового навчального матеріалу педагогу слід прагнути, щоб:

- ✓ навчальний матеріал був лаконічно викладений;
- ✓ навчальна інформація була узагальнена і уніфікована;
- ✓ увага акцентувалася на основних смислових моментах;
- ✓ новий навчальний матеріал мав чітку, зрозумілу і легку для запам'ятовування структуру;
- ✓ новий навчальний матеріал був «очищений» від зайвої інформації.

Особливо важливе на етапі сприймання перше враження учнів від навчальної інформації (явище імпринтингу), яке надовго залишиться в їх свідомості. А враховуючи той факт, що 90% інформації людина одержує через зоровий апарат, вчителю особливу увагу слід приділити візуальному представленню навчальної інформації.

Пропонований учням у процесі навчання фізики наочний матеріал повинен бути вільним від зайвих деталей. Слід пам'ятати, що перевантаження ілюстративним матеріалом, про який вчитель не буде нічого говорити на уроці, може призвести до негативного ефекту – учні не засвоюють і необхідного. Словесні коментарії повинні полегшувати поєднання окремих елементів матеріалу у цілісний образ.

Осмислення навчального матеріалу – процес розумової діяльності, спрямований на розкриття істотних ознак, якостей предметів, явищ і процесів та формулювання теоретичних понять, ідей, законів [264, с. 93]. Глибина осмислення навчального матеріалу залежить від того, наскільки він є зрозумілим для учнів, тобто від якості розуміння.

Л.А. Іванова [96] виділяє три рівні розвитку мислення: рівень розуміння, рівень логічного мислення і рівень творчого мислення.

Розуміння – це аналітико-синтетична діяльність, спрямована на засвоєння готової інформації [96, с. 9]. У ході викладу нового матеріалу учитель не лише повідомляє нові факти, але й аналізує результати дослідів, будує теоретичні доведення, виводить нові висновки. Всі розумові операції (аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення), прийоми розумової діяльності (означення, класифікація, порівняння) та прийоми логічних доведень у ході пояснення матеріалу вчитель виконує самостійно. Перед учнями стоїть проста задача: прослідкувати за логічністю, незаперечністю, доведеністю висновків.

Розумова активність учнів потрібна і при вивченні тексту. Необхідно виділити головну думку параграфа, прослідкувати за переконливістю її доведення, зрозуміти логіку суджень, послідовність і етапи виведення формули, порівняти конкретні приклади та факти із положеннями, що доводяться. Так як пояснення вчителя зазвичай розраховано на рівень розвитку конкретного класу, а в підручнику це зробити неможливо, то, як правило, засвоєння тексту підручника потребує від учнів більших розумових зусиль, ніж засвоєння пояснення вчителя.

Глибоке розуміння учнями матеріалу, що повідомляється, є умовою засвоєння ними знань і одночасно основою для розвитку їх мислення та пізнавальних можливостей. Саме у процесі розуміння учні засвоюють досвід проведення розумової діяльності.

Під **логічним мисленням** розуміють процес самостійного розв'язування пізнавальних задач [96, с. 10]. Логічне мислення, як і розуміння, теж є аналітико-синтетичною діяльністю, але між ними є суттєва відмінність за джерелом, дидактичною функцією і суб'єктивним переживанням. У процесі логічного мислення учні самостійно приходять до нових висновків, тоді як суть розуміння полягає у пізнаванні, усвідомленні і фіксації того, що сприймається і засвоюється. На логічному рівні розвитку мислення старшокласники повинні вміти самостійно аналізувати об'єкти, порівнювати їх властивості та результати окремих дослідів, будувати узагальнення, виконувати класифікацію, доведення, пояснення, виводити формули та їх аналізувати, виявляти експериментальні залежності. А тому вчитель повинен організувати розумову діяльність учнів на уроці таким чином, щоб забезпечити виконання учнями цих дій.

Для **творчого мислення** характерні швидка актуалізація необхідних знань, здатність до висловлювання інтуїтивних суджень, розв'язування задач в умовах неповної детермінованості. У навчальному процесі до творчих необхідно відносити ті завдання, принцип виконання яких не вказаний, а тому часто невідомий учням явно. Він має бути сформульований ними самостійно у ході аналізу завдання.

При **узагальненні** навчального матеріалу вчителю потрібно звертати особливу увагу на найважливіші ознаки предметів, явищ, процесів. Слід підбирати матеріал таким чином, щоб він сприяв розкриттю істотних ознак явищ і понять. Розрізняють два види абстрагування: виділення істотних ознак (позитивне абстрагування) та виділення і відхилення неістотних ознак (негативне абстрагування). У ряді випадків осмислення і узагальнення залежить від того, наскільки вчитель уміє поєднувати позитивне і негативне

абстрагування. Повноцінне осмислення і узагальнення можливе за умови, що воно базується на достатніх наукових знаннях, які дозволяють широко використати порівняння, аналогію і доказовість. Основу систематизації знань складає класифікація фактів, явищ, процесів.

Закріплення навчального матеріалу залежить від його кількості і якості, емоційного стану учнів. У закріпленні матеріалу важливе значення має первинне, поточне і узагальнююче повторення.

До організації повторення ставляться такі вимоги:

- ✓ повторення має бути цілеспрямованим, мати певну мотивацію;
- ✓ повторення має бути правильно розподілено в часі;
- ✓ повторення навчального матеріалу має бути по частинах або в цілому залежно від остаточного результату;
- ✓ недопущення механічного запам'ятовування.

Застосування на практиці є заключним етапом внутрішнього процесу засвоєння знань. Це процес здійснення переходу від абстрактного до конкретного. Застосування знань на практиці досягається різноманітними способами, самостійними роботами, на лабораторних і практичних заняттях. Міцному засвоєнню знань сприяє застосування їх у розв'язуванні різних варіативних задач.

Таким чином, запропонований методичний підхід до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників передбачає на кожному із етапів внутрішнього процесу засвоєння знань (сприймання, осмислення і розуміння, узагальнення, закріплення, застосування на практиці) розвиток у старшокласників відповідних пізнавальних процесів (сприймання, увага, мислення, уява, пам'ять). Ефективність засвоєння знань залежить від мотивації навчально-пізнавальної діяльності учнів.

1.3.2. Формування пізнавального інтересу у старшокласників як необхідна умова для розвитку їх пізнавальної активності. Процес формування пізнавальної активності особистості старшокласника має

декілька етапів: залучення у навчально-пізнавальну діяльність, функціонування розумових та емоційних процесів при опануванні знань, умінь та навичок, прояв вольових зусиль для засвоєння складного навчального матеріалу, закріплення звички розумово працювати, поступовий розвиток потреби у такій праці, яка вимагає напруження думки, почуттів і волі. Пізнавальна активність виникає і формується у процесі навчальної діяльності, а з іншого боку розгортання пізнавальної активності підносить цю діяльність особистості на новий рівень.

Внутрішніми стимулами пізнавальної активності виступають пізнавальні потреби. Учень не зможе усвідомити і зробити власним надбанням навчальний матеріал, якщо не відчує потреби у його вивченні і не виявить розумового напруження. Саме тому все більшого значення набуває орієнтація навчання на всебічний розвиток учнів, на озброєння їх уміннями самостійно здобувати знання.

А тому необхідною умовою формування пізнавальної активності постає **мотивація**², яка спонукає особистість до активності: постановки нового завдання, мети; з'ясування нової проблеми, включаючи її актуалізацію і об'єктивацію; визначення способів розв'язання проблеми.

Поняття мотивації включає в себе усі види спонукань: мотиви, потреби, інтереси, прагнення, цілі, мотиваційні установки. Мотивація пронизує основні структурні утворення особистості: спрямованість, характер, здібності, емоційно-вольову сферу, психічні процеси. Для прояву активності необхідна наявність у мотиваційному компоненті суперечності між дійсним і бажаним, між прагненням до активності і можливостями його реалізації. Саме в такій діяльності учні можуть проявити найбільшу працездатність, наполегливість, цілеспрямованість, тобто активність. Внутрішніми стимулами пізнавальної активності виступають пізнавальні потреби, тобто потреби у набутті нових знань та у поглибленні вже набутих.

² Під терміном мотивація розуміється сукупність рушійних сил діяльності особистості.

Мотиви навчально-пізнавальної діяльності класифікують як пізнавальні та соціальні [264, с. 95].

Соціальні мотиви за своїм походженням і змістом виходять за межі суто навчального процесу і пов'язані з широкими суспільними взаємовідносинами старшокласників.

Пізнавальні мотиви закладені у самому процесі навчання. Йдеться про допитливість, інтерес до знань, потребу у розумовій діяльності, у пізнання, розширенні знань про навколишню дійсність, про різноманітні інтелектуальні почуття (здивування, сумнів), прагнення здобути нові знання, уміння й навички, застосовувати і вдосконалювати свої пізнавальні можливості, інтелектуальні здібності. Розвиток даного виду мотивів пов'язаний із формуванням пізнавального інтересу.

Пізнавальний інтерес – це особлива вибіркова спрямованість особистості, спрямована на область пізнання, на її предметну сторону і на процес оволодіння знаннями [148, с. 4]. У цю галузь людина прагне проникнути для того, щоб її вивчити, оволодіти її цінностями.

Особливості інтересу у тому, що він відображає єдність об'єктивного та суб'єктивного. А тому цілеспрямоване виховання інтересу може спиратися на об'єктивні властивості явищ, процесів дійсності, які привертають увагу учнів. Спираючись на інтерес та знаючи, що становить суб'єктивно важливе значення для учня, можна, таким чином, будувати навчальний процес, щоб викликати, закріплювати та вдосконалювати пізнавальні інтереси учнів. Отже, формуючи пізнавальний інтерес, учитель забезпечує сприятливу атмосферу навчального процесу.

Методистами [155] доведено, що пізнавальний інтерес проникає у кожний компонент навчально-пізнавальної діяльності, створюючи сприятливий клімат для учіння, підвищуючи його ефективність. Супроводжуючи увесь процес діяльності школярів, пізнавальний інтерес сприяє становленню їх як суб'єктів учіння. В умовах навчання пізнавальний інтерес виражається схильністю учнів до навчання, до пізнавальної діяльності

у галузі одного або декількох предметів. Таким чином, інтерес у навчанні можна вважати своєрідним епіцентром активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів.

Водночас пізнавальний інтерес – це глибоко особистісне утворення, що не зводиться до окремих властивостей чи проявів. Його психологічну природу складають нероздільний комплекс життєвоважливих для особистості процесів (інтелектуальних, емоційних, вольових). Спираючись на інтерес, вчитель може розраховувати на те, що він сприяє інтелектуальній активності, емоційному підйомові, вольовим прагненням школяра. Саме пізнавальний інтерес та комплекс пов'язаних із ним станів особистості і утворює внутрішнє середовище учня, необхідне для повноцінного навчання.

Пізнавальні інтереси старшокласників розміщуються в околі найактуальніших питань, які він осмислює. Робота із старшокласниками в області формування їх пізнавальних інтересів – це поглиблення всієї системи навчально-виховного процесу з формування особистості. Ця система потребує:

- ✓ глибокого вивчення інтересів учнів, збагачення їх соціальними, громадянськими, колективними, моральними мотивами;
- ✓ підвищення відповідальності вчителів за стан викладання предметів;
- ✓ залучення молоді до методів наукового пізнання, що сприяє поглибленню інтересу до пізнання;
- ✓ збільшення кількості творчих робіт.

У методичній літературі [148] вказується на те, що І.П. Павлов пов'язував появу інтересу з безумовним орієнтаційним рефлексом: “Що таке?” Цей рефлекс відповідає ситуативному інтересу, який може слугувати мотивом діяльності. Головне у ньому – новизна інформації. Але не все нове, що зустрічається на шляху учнів, стає предметом їх інтересів. Пізнавальна спрямованість учнів носить вибірковий характер. Коли ті чи інші поняття, предмети чи явища становлять для школярів життєву значущість, то вони із

захопленням займається навчально-пізнавальною діяльністю. В іншому випадку інтереси школярів будуть носити поверхневий характер.

Прослідкуємо динаміку формування пізнавального інтересу школярів до фізики як навчального предмету. І.Я. Ланіна [148] пропонує таку схема: цікавість – здивування – активна допитливість і намагання зрозуміти – міцні знання та науковий пошук (рис. 1.2).

На перших стадіях – цікавості та здивування – в учнів виникає ситуативний інтерес, який проявляється при демонструванні ефектного досліду, наведенні цікавого життєвого прикладу, прослуховуванні захоплюючої розповіді з історії фізики тощо. Цікавість як початкова стадія пізнавальної спрямованості особистості школяра, характеризується тим, що його об'єктом є не зміст предмета, а чисто зовнішні моменти уроку – обладнання, майстерність вчителя, форми роботи на уроці.

У міру збагачення запасу конкретних фактів у процесі навчально-пізнавальної діяльності відбувається об'єктивація інтересу: учень надає все більшого значення об'єкту свого інтересу. Цікавість переростає у активну допитливість. Тут на перший план виступає установка на пізнання. Тому прояв допитливості тісно пов'язаний із самим змістом навчально-пізнавальної діяльності.

Стадія – намагання зрозуміти – характеризується прагненням учнів глибше ознайомитися з об'єктом чи явищем. На цій стадії учні багато запитують, сперечаються, намагаються самостійно знайти відповіді на свої запитання та запитання товаришів. Учителю слід таким чином організувати



Рис. 1.2. Схема утворення пізнавального інтересу.

викладення матеріалу, щоб підтримати в учнів прагнення взяти нове, відчувати радість від процесу пізнання.

Стадія міцних знань пов'язана з вольовими зусиллями учнів та застосуванням знань на практиці.

Науковий пошук – найвища стадія розвитку пізнавального інтересу, на якій старшокласники вже самостійно ставлять перед собою задачі та їх вирішують.

У процесі навчання фізики змінюється об'єкт інтересу учнів. На початку це факти, досліди, явища; потім – можливість їх пояснення; далі – їх глибокий аналіз та теоретичне узагальнення.

Таким чином, фундаментом активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників на уроках фізики є сформований у них пізнавальний інтерес. Активізація пізнавальних процесів та формування пізнавального інтересу здійснюється за допомогою активних засобів та методів навчання фізики.

1.3.3. Вибір активних засобів навчання фізики. Активними засобами³ та методами⁴ навчання фізики будемо вважати ті, які сприяють розвитку мотиваційної, змістово-операційної та емоційно-вольової компонент пізнавальної активності старшокласників.

У методичній літературі [283] виділено такі групи засобів навчання фізики:

- ✓ вербальні – усне слово вчителя, друкований текст тощо;
- ✓ наочні – таблиці, діаграми, малюнки, графіки, реальні об'єкти тощо;
- ✓ спеціальні – пристрої, прилади тощо;
- ✓ технічні – екранні, звукові, комбіновані тощо.

³ Під засобами навчання фізики розуміють джерела інформації, за допомогою яких учитель учить, а учні вчаться [283, с. 33].

⁴ Під методами навчання фізики розуміють способи діяльності, які використовуються вчителем і учнями в їх сумісній і взаємопов'язаній роботі, спрямованій на досягнення цілей навчання [283, с. 25].

І.Я. Ланіна [148] формулює такі критерії цікавості змісту навчального матеріалу на уроках фізики:

- ✓ життєва важливість знань;
- ✓ вивчення відомого матеріалу під новим кутом зору;
- ✓ використання на уроках відомостей із історії фізики;
- ✓ новизна навчального матеріалу, несподіваність багатьох висновків та законів;
- ✓ залучення учнів до сучасних наукових досягнень.

Взявши до уваги дані критерії і проаналізувавши виділені групи засобів навчання фізики, нами відібрані активні засоби навчання фізики (рис. 1.3):



Рис. 1.3. Активні засоби навчання фізики.

Життєві приклади. Пізнавальний інтерес буде лише тоді мати міцну основу для свого розвитку, коли зв'язок між змістом навчального матеріалу та його значенням у житті знайде постійне місце в системі уроків [205, 206, 253, 276]. Увагу учнів завжди привертає застосування теоретичних знань, отриманих на уроці, для пояснення явищ оточуючого світу. Адже останній, наука і техніка наповнені різноманітними фізичними явищами, якими керують фізичні закони. Учні мають вміти спостерігати. У місті, на березі водойми, у лісі чи у полі – скрізь у них може виникнути багато цікавих та різноманітних питань. Необхідно, щоб старшокласники вміли розпізнати і пояснювати фізичні явища. Ефективним у даному випадку є використання задач-рисуноків (наприклад, рис. 2.2., рис. 2.3).

Приклади практичного використання дають змогу вчителю показати учням значущість застосування фізичних знань [25, 171]. Завдяки цьому учні переконуються, що саме завдяки розвитку фізики став можливий високий розвиток технічного прогресу. Це, у свою чергу, сприяє майбутній профорієнтації старшокласників.

Приклади наукових досягнень. Старшокласники проявляють великий інтерес до сучасного стану науки [230]. Одним із засобів пробудження і підтримування пізнавального інтересу є створення проблемних ситуацій у ході навчання і розгортання на їх основі активної навчально-пізнавальної діяльності. Суперечності, що виникають під час створення проблемних ситуацій, слугують мотивом навчально-пізнавальної діяльності, оскільки вони пробуджують прагнення зрозуміти суть, розкрити ці суперечності. У цьому випадку активна пошукова діяльність учнів підтримується безпосереднім, глибоким, внутрішнім інтересом.

НІТ. Сьогодні активно впроваджуються у навчальний процес фізики новітні інформаційні технології (НІТ) – технології переробки, поширення та надання інформації за допомогою комп'ютера. Успішне використання комп'ютера у навчальному процесі неможливе без відповідного програмного забезпечення. Вирішенню проблеми використання НІТ у процесі навчання

фізики присвячені дисертаційні дослідження О.С. Мартинюка [162], В.П. Муляра [187], Ю.М. Орищина [197], А.М. Сільвейстра [236].

Аналіз комп'ютерних програмних засобів показує що, незважаючи на велике різноманіття існуючих комп'ютерних навчальних програмних засобів (НПЗ), більшість із них орієнтовані на самостійне вивчення фізики учнем. А тому їх використання на уроці є непростю задачею для вчителя, перш за все, через невідповідність цих програм структурі та організаційним формам навчального процесу. Таким чином, постає проблема розробки відповідного програмного забезпечення, яке дало б змогу оптимізувати процес навчання фізики у середній школі.

Яскрава наочність, виразність і, головне, динамічність та сконцентрованість викладу – характерні особливості НПЗ. На відміну від статичних малюнків, картин та ілюстрацій, які подають чуттєвий образ в одному просторовому положенні та під визначеним кутом зору відтворюють об'єкти, явища та процеси у динаміці, у їх діалектичному зв'язку та взаємообумовленості. Послідовність кадрів та чергування планів ведуть думку учнів від конкретного до загального, від частини до цілого і таким чином являють собою важливий засіб аналізу та синтезу. Завдяки тривимірній проекції, інтерактивності демонстрацій, можливості зупинки динамічної сцени в будь-який момент, можливості плавної зміни положення об'єкту відносно спостерігача, безпосередньому керуванню параметрами явища, комп'ютерні демонстрації дають можливість виділити суттєве та основне, зосередити на ньому увагу учнів, забезпечити аналіз та синтез під час сприймання об'єктів та явищ і тим самим полегшити формування конкретних уявлень та понять. Це, у свою чергу, активізує в учнів процеси сприймання, осмислення і розуміння.

Історичний матеріал. У дисертаційному дослідженні М.І. Садового [231] реалізовано ідею виявлення джерел історичної реконструкції і становлення сучасних фундаментальних теорій, що дало змогу в історично-генетичному аспекті розглянути становлення фундаментальних основ науки

фізики та теорії її пізнання крізь призму філософського, методологічного і психолого-педагогічного з'ясування природи пізнання і сутності знання як багатоаспектного феномена.

З історії фізики можна підібрати чимало фактів, які сприятимуть розвитку пізнавальної активності учнів на уроці [117, 126, 168]. М.В. Головка [62] виділяє такі критерії до відбору історичного матеріалу з урахуванням впливу його на оновлення змісту освіти:

- відповідність сучасним дидактичним принципам;
- органічна пов'язаність з навчальною програмою;
- доступність для розуміння та відповідність рівню знань;
- вираження розвитку фізики з огляду на її сучасний стан;
- сприяння підвищенню ефективності засвоєння знань;
- сприяння розвитку інтересу до фізики як до предмету та науки;
- сприяння гуманізації освіти;
- сприяння вихованню національної свідомості.

Виходячи звідси, можна зробити висновок, що основний історичний матеріал, який заслуговує на введення до курсу фізики, це, у першу чергу, ті питання, які забезпечують розкриття еволюції найважливіших ідей фізичної науки. У цьому полягає основний принцип до відбору історичного матеріалу у зв'язку з пізнавальною метою його використання у процесі навчання фізики.

У методичній літературі [186] виділено такі форми використання історичного матеріалу у процесі навчання фізики:

- ✓ виклад матеріалу в історичній послідовності;
- ✓ ознайомчі історичні огляди, які виступають засобом обґрунтування нових знань;
- ✓ підсумкові історичні огляди, які виступають засобом систематизації та узагальнення знань;
- ✓ описи експериментів;

- ✓ біографії вчених і фрагментарні історичні відомості, які виступають засобом виховання особистості;
- ✓ задачі з історичним змістом, які виконують навчальну та пізнавальну функцію;
- ✓ демонстрація моделей різних історичних приладів.

Зауважимо, що такий поділ історичного матеріалу не є повною його класифікацією, але він відображає певною мірою різноманітність форм його використання у процесі навчання фізики.

Сформульовані вище критерії відбору та виділені форми використання історичного матеріалу у процесі навчання фізики послугували основою для створення нами навчального посібника “Фізика в історичному розвитку” [128], який містить історичні огляди усіх розділів шкільного курсу фізики.

Важливо, щоб українська молодь знала вчених своєї держави, основні напрями їх наукової діяльності і наукові здобутки. Методика викладання курсу фізики із уведенням елементів історичних відомостей про здобутки українських вчених буде стимулювати пробудженню національної самосвідомості учнів та викликати у них інтерес до пошуків внеску українських вчених у розвиток фізичної науки. Тому розробка змісту шкільної освіти, який служив би засобом патріотичного виховання учнів, є однією із актуальних проблем педагогічної науки і практики. Вирішенню цієї проблеми присвячено дисертаційні дослідження М.В. Головка [58], Ю.В. Дятлова [87], В.С. Костюка [136], О.М. Рокіцького [224], Н.П. Форостяної [273] та науково-методичні роботи Р.І. Августина [2], Б.М. Андріанова [7], В.А. Шендеровського [292].

Відразу постає питання про «пов’язаність з українством». М.І. Шут, Н.П. Форостяна [298] проводять таку класифікацію:

1. «Українські вчені», які народилися і працювали (або працюють) на українській землі.
2. «Українські вчені іноземного походження», які працювали (або працюють) на теренах України.

3. «Іноземні вчені українського походження», які народилися в Україні, але працювали (або працюють) за її межами.

Одним із важливих напрямків висвітлення здобутків українських вчених у шкільному курсі фізики є ознайомлення учнів із діяльністю видатних вчених, життя яких пов'язане з рідним краєм [210]. Так, на Полтавщині народилися М. Остроградський, Ю. Кондратюк, на Тернопільщині – О. Смакула, на Львівщині – О. Стасів і т. д.

Крім виховання патріотизму історичний матеріал виконує ще одну досить важливу функцію – виховання гуманності у молоді [28]. Сьогодні досить загострилася проблема співвідношення раціонального та морального у особистості людини, а для багатьох ідеалом є «ділова людина», «професіонал». Безперечно, це все добре, але «ділова людина» має бути перш за все Людиною, а потім вже професіоналом. У протилежному випадку не може бути мови про побудову будь-якого цивілізованого суспільства. Саме тому особливе місце серед форм використання історичного матеріалу належить біографіям вчених, які можуть висвітлюватися як у достатньо повному викладі, так і у фрагментарних біографічних відомостях.

У наших роботах [116, 118, 123, 167, 170] показано, що ознайомлення із діяльністю українських вчених дає змогу реалізувати національний компонент у навчанні фізики, забезпечивши цим самим патріотичне виховання молоді.

Однак педагог має бути уважним у виборі матеріалів і форм його викладу, оскільки наголошення на внеску вчених певного народу у розвиток науки ні в якому випадку не повинно стати причиною національної ворожнечі. А тому слід завжди керуватися принципом, що фізика, як і будь-яка інша наука, є інтернаціональною наукою, а тому повинна об'єднувати, а не роз'єднувати народи і бути фундаментом миру на планеті (!)

Наочність. Я.А. Коменський говорив: «Треба показувати речі... і, з другого боку, треба вчити висловлювати словами все, що бачиш..., щоб мова і думка завжди йшли паралельно і розвивались би, таким чином, разом» [115].

К.Д. Ушинський наголошував: «Надаючи... навчанню форм, фарб, звуків – одне слово, роблячи його доступним найбільшому числу відчуттів дитини, ми робимо, разом з тим, наше навчання доступним...» [262].

Природа наділила людину п'ятьма органами відчуттів для сприймання оточуючого її реального світу. Більша частина інформації, що сприймає людина, надходить до неї через зоровий канал сприймання, який має найбільшу пропускну можливість. Адже пропускну можливість зорового аналізатора майже у 100 разів вища, ніж слухового, і це треба враховувати при проведенні навчального процесу. А тому для створення образу в свідомості учнів шляхом словесного (усного чи письмового) викладу необхідно значно більше часу, ніж для створення його за допомогою засобів наочності, оскільки зоровий образ сприймається із усіма деталями практично відразу.

В.І. Євдокімов [88], виходячи із принципу, що основне призначення засобів наочності на уроці фізики – сприяти більш глибокому та повнішому пізнанню дійсності і, приймаючи до уваги, що пізнання – це відображення у свідомості об'єктивно існуючої дійсності, природною основою для класифікації засобів наочності вважав спосіб відображення дійсності. За цією основою всі засоби наочності, що використовуються у процесі навчання фізики, поділяють на натуральні та образотворчі.

Натуральні засоби наочності включають реальні об'єкти та явища. Показ таких засобів наочності виступає для учнів частиною живої дійсності, знайомлячи із останньою у такій звичайній формі, у якій вона існує. Це дає змогу збагатити власний досвід учнів, отримати необхідні уявлення. Але цим не вичерпується роль та значення натуральної наочності. Реальні окремі об'єкти та явища, які вивчаються на уроках, виступають носіями загального, істотного. Шляхом співставлення та порівняння, знаходження загального та відмінного, за допомогою умовиводів виділяються у об'єктах та явищах істотні риси, відокремлюється другорядне. Таким чином, ми активізуємо не лише увагу, але й мислення учнів.

У той же час під час уроку не завжди можна демонструвати натуральні об'єкти і явища (шкідливість для здоров'я, малі чи великі розміри тощо). А тому застосування натуральних засобів наочності не можна вважати ідеальним, оскільки у них не завжди чітко та переконливо відображаються ті ознаки, які потрібні для розкриття суті. У таких випадках використовують образотворчі засоби наочності (рис. 1.4):

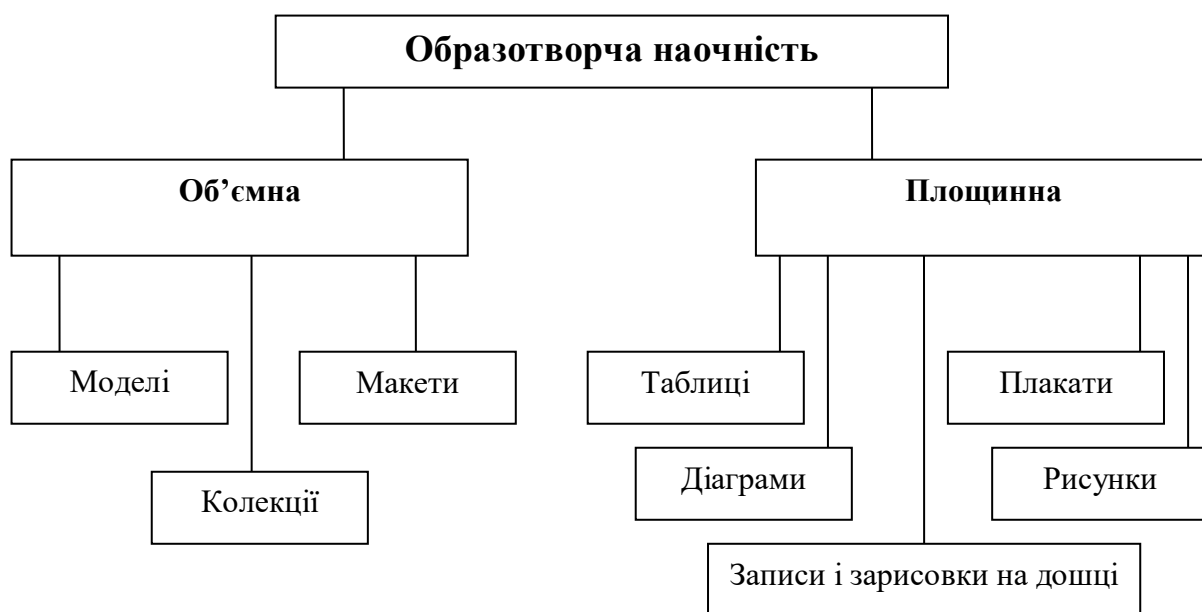


Рис. 1.4. Використання образотворчих засобів наочності на уроках фізики.

1.3.4. Характеристика активних методів навчання фізики. Кожний метод навчання може бути описаний і розкритий через різноманітність прийомів, що використовуються під час його реалізації. А тому удосконалення методів навчання фізики відбувається не тільки шляхом розробки та впровадження у практику навчання нових методів, а й шляхом удосконалення прийомів навчання.

У дидактиці [264] існують такі класифікації методів навчання (табл. 1.3):

Класифікація методів навчання фізики

Основа класифікації	Групи методів
Характер пізнавальної діяльності (М. Скаткін, І. Лернер)	Пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, проблемного викладу матеріалу, евристичний, дослідницький
Джерело знань (С. Петровський, Е. Галант)	Словесні, наочні, практичні
Дидактичні завдання (М. Данилов, Б. Єсіпов)	Засвоєння нових знань, формування умінь та навичок, застосування отриманих знань, умінь та навичок на практиці
Цілісний підхід до навчально-пізнавальної діяльності (Ю. Бабанський)	Стимулювання, організації та контролю навчально-пізнавальної діяльності
Методологія науки	Теоретичні, емпіричні

Класифікуючи методи навчання фізики за характером навчально-пізнавальної діяльності старшокласників, виділяють п'ять методів навчання фізики:

1. Пояснювально-ілюстративний (шкільна лекція, пояснення, робота з підручником, демонстрації тощо).
2. Репродуктивний (відтворення знань і способів дій, діяльність за алгоритмом, програмоване навчання).
3. Проблемний виклад.
4. Евристичний (частково-пошуковий).
5. Дослідницький.

Проаналізувавши виділену вище групу методів навчання та взявши до уваги те, що провідним критерієм при доборі методів і прийомів навчання має

бути міра їх впливу на розвиток мислення старшокласників [96], нами відібрані такі активні методи навчання фізики (рис. 1.5):

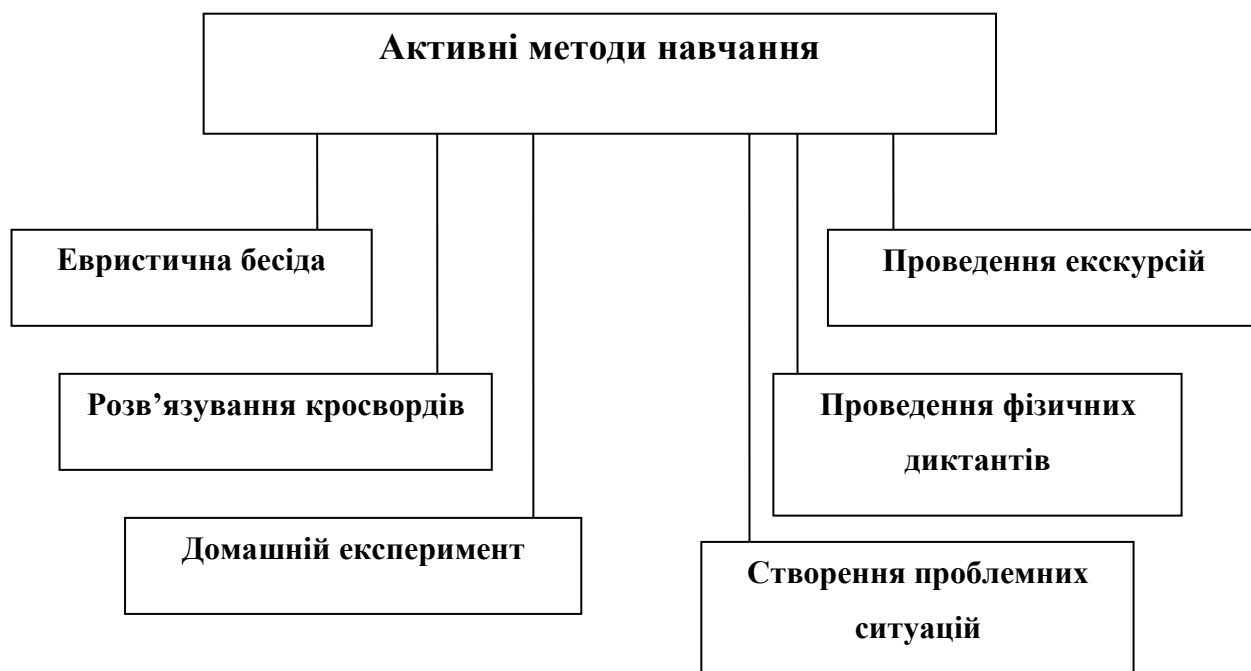


Рис. 1.5. Активні методи навчання фізики

(при відборі використаний критерій Л. Іванової про необхідність впливу методу навчання на розвиток мислення учнів).

Евристична бесіда. Для розвитку логічного мислення учнів у процесі навчання необхідно надати їм можливість самостійно проводити аналіз, синтез, узагальнення, порівняння, будувати індуктивні та дедуктивні умовиводи. Така можливість для учнів створюється при вивченні матеріалу методом евристичної бесіди [96, с. 89]. Однак слід пам'ятати, що не всяка бесіда активізує навчально-пізнавальну діяльність, сприяючи розвиткові їх мислення. Інколи вчитель ставить учням запитання на відтворення засвоєних раніше знань. А тому всі ці питання звернуті до пам'яті учня і потребують лише відтворення вже відомих знань. Таким чином, активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів визначається характером запитань, що задаються. Евристична бесіда активізує навчально-пізнавальну діяльність

учнів, якщо питання розраховані на мислення учнів, їх аналітико-синтетичну діяльність, якщо вони спрямовані на отримання індуктивного чи дедуктивного висновків.

Слід відмітити, що у практиці навчання евристична бесіда, крім запитань, розрахованих на розумову діяльність логічного рівня, може включати (і досить часто включає) запитання і завдання, які потребують від учнів висловлювань інтуїтивного характеру (здогадки, висунення всеможливих припущень). Ці частково-пошукові завдання надають евристичній бесіді дослідницького характеру.

Розвиток мислення учнів знаходиться у прямій залежності від характеру тих пізнавальних задач, які стоять перед ними. Якщо учням пропонувати для аналізу лише досліди та дослідні факти і тим самим вчити їх робити лише індуктивні висновки, то у них буде формуватися лише конкретно-образне мислення. Для формування в учнів абстрактного мислення необхідно вчити їх робити дедуктивні умовиводи, даючи теоретичне пояснення фактів та дослідів. Вчитель має взяти за правило, що чим слабше розвинуте мислення учнів, тим частіше їх потрібно долучати до аналізу матеріалу, вимагати від них активної участі у побудові ланцюга умовиводів, що веде до індуктивних та дедуктивних висновків. Тільки таким шляхом можна добитися успіху у засвоєнні учнями навчального матеріалу та у розвитку їх мислення. Адже усі риси особистостей учнів розвиваються лише у процесі їх діяльності.

Проведення екскурсій. Яким би чином не були використані у процесі навчання фізики всі види наочності, учні не зможуть отримати повних уявлень про реальні об'єкти та явища без безпосереднього знайомства із ними у натуральному вигляді – під час проведення екскурсій [94].

Зазвичай, методика проведення екскурсії включає такі структурні елементи:

- ✓ уточнення мети, завдань та складання плану проведення;
- ✓ вступна бесіда екскурсовода;

- ✓ огляд об'єктів та знайомство із явищами;
- ✓ підбиття підсумків;
- ✓ опрацювання та використання екскурсійного матеріалу.

Розв'язування кросвордів виступає ефективним методом активізації навчально-пізнавальну діяльності старшокласників у процесі закріплення знань, оскільки дає змогу у ігровій формі узагальнити та систематизувати знання учнів.

Проведення фізичних диктантів окрім активізації навчально-пізнавальну діяльності старшокласників у процесі проведення обліку та контролю знань, навичок та умінь, дає змогу отримати оперативну об'єктивну інформацію про хід засвоєння навчального матеріалу, що дозволяє педагогу скоректувати свою діяльність.

Домашній експеримент. Розвиток пізнавальної активності старшокласників на уроках фізики багато у чому залежить від правильної постановки та організації самостійних спостережень та дослідів. Результати дисертаційного дослідження М.П. Руденка [228] свідчать, що домашній експеримент з фізики, який є складовою частиною системи шкільного фізичного експерименту, може бути успішно використаний для активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів.

Під час проведення домашнього експерименту вдається досягнути максимальної самостійності роботи учнів, а отже, і максимальної активізації їхньої діяльності. Це, у свою чергу, сприяє кращому засвоєнню навчального матеріалу, зміцненню знань учнів. У ході проведення домашнього експерименту учні детальніше ознайомлюються з побутовими приладами, з використанням фізичних знань у повсякденному житті, розширюючи свій світогляд. Такі завдання значно підвищують емоційність навчання, розвивають в учнів інтерес до фізики і техніки, пробуджують творчу думку та інтерес до винахідництва, вчать самостійно проводити дослідження і спостерігати явища, доповнюючи класний експеримент тими дослідями, які не можуть бути проведені у шкільних умовах.

Створення **проблемних ситуацій** передбачає залучення учнів до такої діяльності, в ході якої вони стикаються із фактами, які протирічать їх життєвому досвіду, складеній системі знань. Спостережувана ними невідповідність досліджуваного явища із встановленими законами пробуджує в учнів бажання до пошуку причин цього розходження. Таким чином, проблемна ситуація, на відміну від проблеми, передбачає залучення до неї учнів. Суть її – суб'єктивний психологічний стан, переживання пізнавальних труднощів, які одночасно супроводжуються розумінням того, що істина знаходиться десь поряд, потрібно лише трішки поміркувати. Таким чином, ввести учнів у проблемну ситуацію – це значить наштовхнути їх на протилежності.

У методичній літературі [96] виділено такі прийоми створення проблемних ситуацій:

- ✓ зв'язок із життям;
- ✓ евристичне використання експерименту;
- ✓ евристичне використання задач.

Проблема (проблемне запитання, задача) існує об'єктивно і незалежно від суб'єкта, який має її пізнати. Для того, щоб в учня виникла потреба в її розв'язанні, ця проблема має бути не лише зрозуміла ним (засвоєна), але й має отримати його особистісну оцінку (проблема має стати для учня важливою). Саме тому при традиційній формі навчання потрібно не лише формулювати пізнавальні задачі уроку (проблеми), але й викликати в учнів пізнавальний інтерес до них (розповідь про життєву важливість питання, про історію відкриття тощо).

Дослідженням Л.С. Виготського [44] встановлено, що навчання тільки тоді ефективне, коли йде попереду розвитку школяра. Тоді воно спонукає до «життя» цілу низку функцій, що знаходяться у стадії дозрівання і лежать у зоні найближчого розвитку учня. Зона найближчого розвитку, в якій можливе співробітництво вчителя із учнем, складається із двох зон: зони актуального навчання, в якій у даний момент вчитель тільки і може реально надати

допомогу тому чи іншому учневі, і зони творчої самостійності, в якій учень самостійно екстраполює засвоєні у співробітництві з вчителем знання, уміння й навички. Розвиваюча ефективність навчання прямо пропорційна до площі створеної ним зони творчої самостійності.

Взявши до уваги результати дослідження Л. Виготського, нами виділені такі активні методи навчання фізики (рис. 1.6):



Рис. 1.6. Активні методи навчання

(при відборі використаний критерій Л. Виготського про те, що навчання тільки тоді ефективне, коли йде попереду розвитку учнів).

Залучення учнів до постановки демонстраційного експерименту. Фізичний експеримент завжди відігравав і продовжує відіграти важливу роль у навчанні фізики у середній школі [47, 289]. Як правило, у практиці викладання шкільного курсу фізики поширені ілюстративні демонстрації та досліди, які розкривають суть певного фізичного явища. Однак, учні при

цьому залишаються досить часто лише пасивними спостерігачами, не включаючись повністю у процес навчання, а тому у даному випадку досить мала увага приділяється розвитку мислення та творчої уяви. Тоді, як у зарубіжній школі переважають використання дослідницьких методів. На уроках учні самостійно, використовуючи історичний матеріал, під керівництвом учителя «відкривають» давно вже відкриті фізичні закони, відтворюючи різноманітні історичні досліди. При цьому школяр відчуває себе «першовідкривачем», що сприяє утвердженню його як особистості. Таким чином, на уроці створюються сприятливі умови для того, щоб учень, активно працюючи, не тільки тренував пам'ять й накопичував інформацію, а й розвивав мислення і творчу уяву. А тому завдання вітчизняного вчителя фізики полягає у тому, яким чином перетворити учнів із пасивних спостерігачів на активних учасників навчального процесу.

Для досягнення цієї мети ми пропонуємо розроблену та апробовану нами наступну методику [257]: група учнів-гуртківців на факультативних заняттях під керівництвом вчителя готують демонстрації, а потім на уроках їх самостійно проводять. Переваги запропонованої методики постановки демонстраційного експерименту полягають у наступному:

- ✓ учні більш зосереджено і строго проводять спостереження;
- ✓ учні свідомо засвоюють знання;
- ✓ учні мають змогу набути необхідних умінь та навичок проведення демонстрацій;
- ✓ учні вивчають будову й принцип дії фізичних приладів;
- ✓ учні набувають навичок та вмінь користування фізичними приладами;
- ✓ учні набувають впевненості у своїх силах;
- ✓ учні вчаться шукати джерело знань у навколишніх явищах.

Залучення учнів до складання фізичних задач. Основним недоліком існуючої методики розв'язування задач те, що учнів навчають розв'язувати задачі за конкретним зразком, не розкриваючи загальних прийомів

розв'язування, загальних методів мислення, в процесі якого з'ясовуються фізичні залежності і найхарактерніші зв'язки. Інакше кажучи, учням показують, як розв'язати задачу, тоді як треба навчити їх активно мислити й самостійно знаходити розв'язок. Розв'язувати кілька прямих простих задач⁵ не завжди доцільно, бо в учнів може закріпитися такий стереотип у мисленні, від якого важко буде відмовитися при розв'язуванні нестереотипної задачі.

А тому замість загальноприйнятої методики, за якою учнів навчають розв'язувати задачі (рис. 1.7):

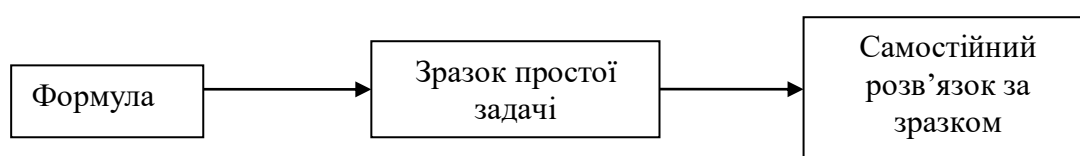


Рис. 1.7. Загальноприйнята методика розв'язування задач.

ми пропонуємо наступну (рис. 1.8):

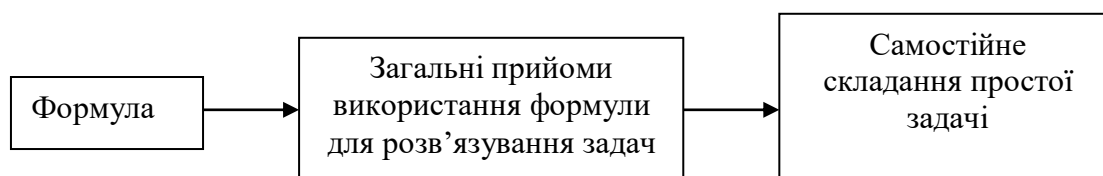


Рис. 1.8. Запропонована методика розв'язування задач.

Постановка запитань учнями та рецензування відповідей однокласниками. Постановка запитань учнями у процесі навчання фізики – один із показників виявлення активності їх навчально-пізнавальної діяльності. Здебільшого ця форма є результатом творчого мислення, індивідуального підходу до навколишньої дійсності, особистого погляду на світ. Кожне поставлене учнем запитання є наслідком його активної розумової

⁵ Прості задачі (прямі й обернені) – це такі задачі, розв'язання яких зводиться до підстановки готових даних умови у відповідну фізичну формулу.

діяльності, здатністю правильно визначити й поставити часткову або загальну проблему, вмінням правильно й фізично грамотно її сформулювати.

Проведений нами аналіз усних відповідей (у процесі проведення констатувального педагогічного експерименту) на уроках фізики дав змогу зробити такий висновок: значна кількість учнів не вміє логічно будувати свою відповідь, тобто у певній послідовності описувати фізичне явище, розкривати зміст фізичної величини, формулювати фізичний закон, викладати основні положення фізичної теорії, пояснювати будову й принцип дії фізичного приладу. Дана проблема частково досліджується у роботі М.В. Каленика [105], де увага акцентується на формуванні поняття фізичної величини.

Усе сказане у попередньому абзаці приводить до висновку, що у старшокласників недостатньо сформовані уміння та навички самостійної роботи із навчальною літературою. Сформульовані нижче рекомендації слугують орієнтаційною основою у процесі набуття учнями нових знань і одночасно виконують роль планів узагальненого характеру при побудові відповідей.

Що треба знати про явище?

1. Зовнішні ознаки явища.
2. Умови, за яких перебігає явище.
3. Суть явища та механізм його перебігу, тобто необхідно пояснити дане явище, виходячи із сучасних наукових теорій.
4. Визначення явища.
5. Зв'язок даного явища із іншими явищами.
6. Кількісні характеристики явища (величини, які характеризують явище, зв'язок між ними, формули, що виражають цей зв'язок).
7. Використання явища на практиці.
8. Способи попередження шкідливої дії явища.

Що треба знати про величини?

1. Назвати явище чи властивість тіла, що характеризує дана величина.
2. Означення величини.
3. Визначальна формула (для похідної величини – формулу, яка виражає зв'язок даної величини із іншими).
4. Вказати: скалярна чи векторна величина.
5. Одиниці вимірювання цієї величини.
6. Способи вимірювання величини.

Що треба знати про закон?

1. Назвати явище чи величини, між якими закон виражає зв'язок.
2. Формулювання закону.
3. Математичний вираз закону.
4. Досліди, які підтверджують справедливість закону.
5. Врахування та використання закону на практиці.
6. Межі застосування закону (для IX-X класів).

Що треба знати про теорію?

1. Дослідні факти, які слугують основою для розроблення теорії (емпіричний базис теорії).
2. Основні поняття теорії.
3. Основні положення (принципи) теорії.
4. Математичний апарат теорії (основні рівняння).
5. Коло явищ, що пояснюється даною теорією.
6. Явища та властивості тіл, які не передбачаються теорією.

Що треба знати про прилад?

1. Призначення приладу.
2. Принцип дії приладу.
3. Схема конструкції приладу (основні частини приладу, їх взаємодія).
4. Правила користування приладом.
5. Область застосування приладу.

У додатку А наведено приклади застосування даних схем у процесі вивчення електричних властивостей твердих тіл.

Виступи учнів із доповідями. Цікавим та ефективним методом активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів при закріпленні знань є уроки-семінари. На них обговорюється вивчене, ведеться дискусія. Такі уроки можуть бути організовані по-різному, в залежності від того, яку мету ставить перед собою вчитель. Методика проведення уроку-семінара вимагає від вчителя певної педагогічної майстерності. Потрібно так організувати навчально-пізнавальну діяльність учнів, щоб не лише дати можливість виступити якомога більшій кількості учнів, але й стимулювати дебати, дискусію, створити умови, щоб кожен учень міг би відстоювати свою точку зору. При цьому вчителю слід пропонувати учням додаткові запитання для обговорення. Відповіді учнів слід оцінювати у кінці уроку, щоб не знижувати рівень пізнавального інтересу, що виник у школярів.

Виготовлення саморобних приладів. Унаочнення навчального процесу має важливе значення для наближення школи до життя, бо дає можливість за допомогою різних засобів унаочнення показати, де і як застосовуються закони і явища, що їх вивчають учні, ознайомити їх із основами сучасного виробництва. На уроках фізики широко використовується демонстраційний експеримент, що підвищує інтерес до предмета, полегшує розуміння явищ і законів, сприяє закріпленню знань.

Проте ефект буде набагато вагоміший, якщо залучати учнів до виготовлення фізичних приладів [121]. У процесі такої діяльності активізуються пізнавальні процеси (спостереження, увага, мислення, пам'ять, уява), розвиваються творча ініціатива та винахідливість. Крім того, використання саморобних приладів частково розв'язує проблему забезпечення шкіл необхідним фізичним приладдям.

Взаємодопомога під час проведення лабораторного практикуму. Традиційна форма проведення лабораторного практикуму досить часто має такий вигляд: учні розподіляються по групах, в яких один учень виконує

необхідну роботу із приладами, другий проводить розрахунки, а третій та четвертий учні лише спостерігають за діями однокласників.

Для усунення описаних вище недоліків у процесі проведення лабораторного практикуму нами запропонована методика, яка полягає у наступному: на першому занятті вчитель пояснює окремо кожній групі учнів процес виконання однієї лабораторної роботи практикуму, а на наступних заняттях учні вже консультують один одного. У процесі такого пояснення відбувається своєрідне закріплення вивченого на попередніх заняття, оскільки передача знань відбувається під час спілкування між самими учнями («інфекційний» характер передачі інформації).

Активна навчально-пізнавальна діяльність старшокласників із виконання експерименту має включати уміння та навички:

- ✓ самостійно формулювати мету досліджу;
- ✓ виявляти умови, які необхідні для постановки досліджу;
- ✓ проектувати експеримент;
- ✓ добирати необхідні прилади та матеріали;
- ✓ збирати експериментальну установку та створювати необхідні умови

для виконання дослідів;

- ✓ виконувати вимірювання;
- ✓ проводити спостереження;
- ✓ фіксувати результати вимірювань та спостережень;
- ✓ математично опрацьовувати результати вимірювань;
- ✓ аналізувати результати та формулювати висновки.

Таким чином, основу розробленого методичного підходу до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики складає сформований у них пізнавальний інтерес. На цьому базисі в учнів на усіх етапах внутрішнього процесу засвоєння знань активізуються відповідні пізнавальні процеси. Усе це досягається шляхом застосування активних засобів та методів навчання (рис. 1.9):

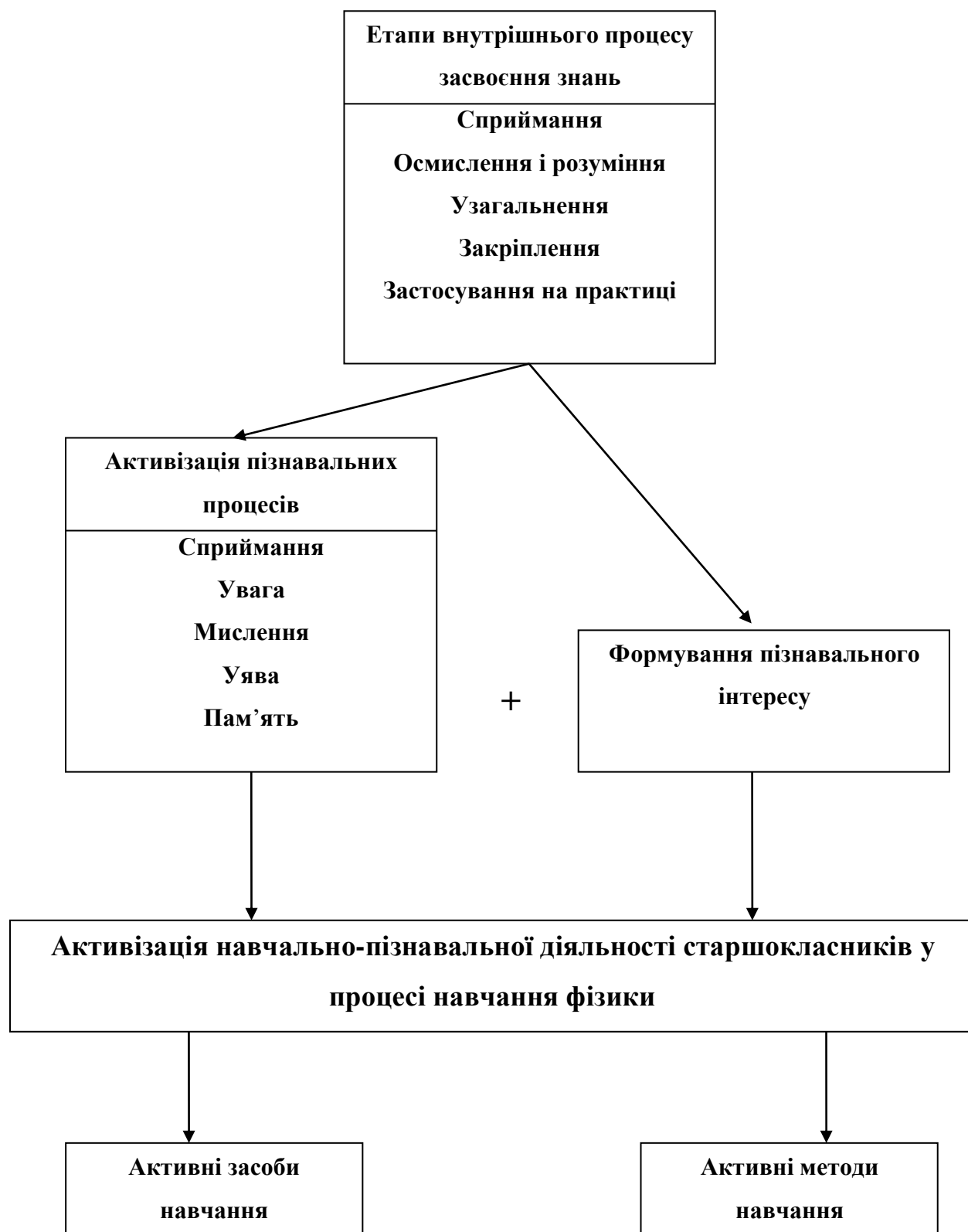


Рис. 1.9. Структура методичного підходу до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики.

Висновки до першого розділу

1. Аналіз стану розроблення проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у психолого-педагогічній літературі дав змогу побудувати концепцію дослідження про те, що рушійною силою процесу пізнання є внутрішні суперечності між постійно зростаючим обсягом навчальної інформації і вимогами до її засвоєння та наявними можливостями учнів. Таким чином, перетворення знань учнів в їх ідейні переконання досягається лише за умови, коли вони всебічно усвідомлюють матеріал, який вивчається, коли висновки і узагальнення є результатом їх власних розумових зусиль та позитивних емоційних переживань. Це можливо лише у процесі активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів.

2. Основоположним поняттям дослідження є «пізнавальна активність». Проаналізувавши різні підходи до означення цього поняття, ми прийшли до висновку, що пізнавальна активність – складне інтегративне утворення особистості учня, в структуру якого входять мотиваційна, змістово-операційна і емоційно-вольова компоненти. Процес становлення і формування пізнавальної активності старшокласників відбувається через розвиток її структурних компонентів, а це можливо лише у процесі активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів.

3. Розроблений методичний підхід до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики передбачає формування у них пізнавального інтересу та розвиток відповідних пізнавальних процесів на усіх етапах внутрішнього процесу засвоєння знань, що досягається шляхом застосування активних засобів та методів навчання.

РОЗДІЛ II

МЕТОДИКА АКТИВІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДИХ ТІЛ

2.1. Загальні засади побудови методики

Із давніх-давен люди, борючись за своє існування, змушені були шукати у природі засоби праці і захисту. Із каміння люди навчилися будувати житло, а кам'яну сіль вживали в їжу. У сиву давнину було освоєно самородну мідь, відкрито сплав міді і цинку – латунь, сплав міді і олова – бронзу, що дало змогу поліпшити знаряддя праці і зброю, виготовляти прикраси. На зміну кам'яному прийшов бронзовий вік розвитку людства. Понад три тисячоліття тому відбувся великий еволюційний стрибок – залізний вік. Люди навчилися добувати залізо і виробляти з нього різні речі.

Люди наділяли кристали містичними властивостями: здатністю впливати на долю, зціляти від усіляких хвороб і продовжувати молодість. Тривалий час мінерали залишались незрозумілими, таємничими утвореннями. Можливість практичного застосування одних мінералів і краса інших спонукали людей вивчати їх, що дало змогу дослідити деякі властивості мінералів: форму, колір, міцність, розчинність. Так виникло два підходи до пояснення властивостей твердих тіл: макроскопічний та атомістичний, які сьогодні доповнюють один одного.

При макроскопічному, або феноменологічному підході (із грецької – “що описує явища”) деталі будови твердих тіл не приймаються до уваги – отримані висновки просто не потребують цього.

Вже древні знали, що для того, щоб шматки заліза намагнітилися, то слід їх розмістити поблизу речовини, що виявляє магнітну дію. У. Гільберт помітив, що залізний стержень можна намагнітити, якщо його розмістити вздовж лінії північ-південь земного магнітного поля, а потім постукувати по ньому молотком. Для пояснення цього факту необхідний був атомістичний підхід.

На початку минулого століття П. Вейс висунув гіпотезу, яка пояснювала намагнічування феромагнітного зразка під дією зовнішнього магнітного поля. Вчений припустив, що кожна невелика частина зразка складається із намагнічених від природи областей – доменів. Однакові напрямки намагніченості окремих доменів різні і у всьому зразку вони компенсують один одного. Якщо на зразок починає діяти зовнішнє магнітне поле, то напрямки намагніченості кожного домену змінюються, намагаючись стати паралельними до напрямку поля, і таким чином у зразку виникає результуюча намагніченість. Дану теорію розробив Є.М. Ліфшиц.

Властивості твердих тіл науковці досліджують, спостерігаючи за поведінкою зразків в умовах їх механічного навантаження, при зміні їх температури, при впливі на них електричних та магнітних полів, різноманітних випромінювань – світла, Х-променів, пучка електронів, нейтронів тощо. Найцікавішим є те, що значна частина лабораторного обладнання для вивчення властивостей твердих тіл складається із твердотільних матеріалів. Усі наукові дослідження властивостей твердих тіл необхідні для розробки нових матеріалів та технічних установок.

Різні питання, пов'язані із властивостями твердих тіл, учні вивчають протягом усього курсу фізики (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Приклади вивчення властивостей твердих тіл у курсі фізики старшої школи

Механічні властивості	Пружність, пластичність, крихкість, міцність, твердість тіл
Теплові властивості	Теплоємність речовин
Електричні властивості	Електростатична індукція провідників; поляризація діелектриків; провідність діелектриків, металів, напівпровідників; робота виходу металів
Магнітні властивості	Магнітна проникність речовин
Оптичні властивості	Відбивання, поглинання, пропускання, заломлення світла

Проаналізувавши науково-методичну літературу [6, 56, 100-102, 108, 144, 157, 202, 232, 265, 267, 268, 271, 294], навчальні програми [214-216] і навчальні підручники [133-135] та врахувавши той факт, що у фізиці твердого тіла історично склалися два підходи до вивчення властивостей твердих тіл (макроскопічний та атомістичний), нами сформульовано загальні засади побудови методики активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення властивостей твердих тіл.

Атомістичний підхід до вивчення властивостей твердих тіл полягав у тому, що механічні, теплові, електричні, магнітні, оптичні властивості твердих тіл вивчалися на основі їх будови (табл. 2.2):

Таблиця 2.2

Вивчення властивостей твердих тіл на основі їх будови

Механічні властивості	Деформація: сили взаємодії між складовими кристала
Теплові властивості	Теплопровідність: метали (електрони провідності), діелектрики (коливання структурних елементів у кристалах)
Електричні властивості	Електронна теорія провідності
Магнітні властивості	Домени
Оптичні властивості	Взаємодія електромагнітної хвилі з складовими речовини

Тверді тіла оточують людей від початку їх існування і люди досліджують протягом усього цього часу властивості твердих тіл, намагаючись їх пояснити, використати та змінити для покращення свого життя. Взнявши ці факти до уваги, акцент у виборі активних засобів навчання зроблено на використанні:

- ✓ історичних відомостей (табл. 2.3);
- ✓ життєвих прикладів (табл. 2.4);
- ✓ прикладів практичного використання (табл. 2.5);
- ✓ прикладів наукових досягнень (табл. 2.6).

Таблиця 2.3

Приклади історичних дослідів із дослідження будови та властивостей твердих тіл

Будова твердих тіл	Досліди М. Лауе	Доведення гратчастої структури кристалів (1912 р.)
Механічні властивості	Досліди Р. Гука	Встановлення закону: “Яке видовження, така і сила” (1676 р.)
Теплові властивості	Досліди П. Дюлонга і А. Пті	Встановлення закону, згідно із яким добуток питомої теплоємності і атомної маси для простих речовин у кристалічному стані є величиною сталою (1819 р.)
Електричні властивості	Досліди Е. Ріке	Доведення того факту, що електричний струм у металах не зумовлений рухом йонів (1912 р.)
Магнітні властивості	Гіпотеза А. Ампера	Висловлення гіпотези про те, що магнітні властивості магнетиків зумовлені замкнутими елементарними струмами, які існують всередині частинок цих речовин (1820 р.)
Оптичні властивості	Досліди Е. Малюса	Відкриття поляризації світла (1810 р.)

Таблиця 2.4

Життєві приклади

Механічні властивості	У чому причина великої міцності стебла тростини?
Теплові властивості	Чому металевий предмет на дотик холодніший, ніж дерев'яний?
Електричні властивості	Як пояснити різне пошкодження стовбурів листяних та смолянистих дерев блискавкою?
Магнітні властивості	Як запобігти намагнічуванню сталевих механізмів годинника?
Оптичні властивості	Як пояснити дію «одностороннього» дзеркала?

Приклади практичного використання властивостей твердих тіл

Міцність	Машинобудування
Поляризація діелектриків	Електрети
Провідність діелектриків, металів, напівпровідників	Ізолятори, провідники, напівпровідники
Робота виходу металів	Напівпровідникові фотоелементи
Магнітна проникність речовини	Радіотехніка
Відбивання світла	Волоконна оптика

Таблиця 2.6

Приклади наукових досягнень у дослідженні властивостей твердих тіл

Механічні властивості	Створення надміцних кристалів – «вусів»
Теплові властивості	Створення інвару
Електричні властивості	Відкриття явища надізоляції
Магнітні властивості	Відкриття явища «гігантського магнетоопору»
Оптичні властивості	Створення «плазмонного» покриття

У класах загальноосвітнього профілю навчання акцент в активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників робився на формуванні в учнів пізнавального інтересу до фізики як до навчального предмету (наведення історичних відомостей, життєвих прикладів (**додаток Б**), використання наочності, демонстрація проблемних дослідів). У класах технологічного профілю навчання методика активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників ускладнювалася ширшим висвітленням прикладів практичного використання властивостей твердих тіл (**додаток В**), а у класах фізико-математичного профілю навчання – наукових досягнень у дослідженні властивостей твердих тіл (**додаток Д**).

У класах технологічного та фізико-математичного профілів навчання використовувалися активні методи навчання, відібрані за критерієм Л.С. Виготського: залучення учнів до проведення демонстраційного експерименту та складання задач, виступи із доповідями, постановка запитань учнями, рецензування відповідей однокласниками, виготовлення саморобних приладів.

Розглянемо основні аспекти реалізації розробленого методичного підходу у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл.

Сприймання. Активізація уваги старшокласників досягалася шляхом використання наочності [70] та постановки проблемних ситуацій (наведення історичних відомостей, життєвих прикладів, демонстрування проблемних дослідів).

Історичний матеріал, виступаючи активним засобом навчання (активізував увагу, мислення), давав змогу познайомити старшокласників із методами дослідження будови та властивостей твердих тіл [121]. Відтворюючи історичні досліди, учні відчували себе свого роду «першовідкривачами», а тому на уроці створювалися сприятливі умови для того, щоб учні, активно працюючи, утверджували себе як особистості (розвивався емоційно-вольовий компонент пізнавальної активності).

Висвітлення здобутків українських учених у дослідженні будови та властивостей твердих тіл (табл. 2.7) сприяло розвитку національної свідомості учнів та спонукало їх до самостійного пошуку даних про внесок вітчизняних вчених у фізичну науку. На уроках учні виступали із відповідними доповідями, які потім обговорювалися.

Метою створеного навчального посібника “Досягнення українських вчених у дослідженні будови та властивостей твердих тіл” [122] є висвітлення внеску українських учених у розвиток фізики твердого тіла та розроблення методичних рекомендацій щодо уведення цих відомостей у шкільний та вузівський курси фізики.

Приклади висвітлення внеску українських учених у дослідження будови та властивостей твердих тіл у шкільному курсі фізики

Тема	Вчений	Наукові здобутки
Будова кристалічних тіл	Ф. Моїсеєнко (1754-1781)	Виходить за межі описової мінералогії, висловлюючи гіпотезу про вплив природних умов кристалізації, температури та хімічних домішок на формування кристалів
Вирощування кристалів	Ю. Вульф (1863-1925)	Розробив спосіб вирощування кристалів із розплавів, сконструювавши кристалізатор, названий кристалізатором Вульфа
Вирощування кристалів	Л. Шубніков (1901-1937)	Розробив новий спосіб вирощування монокристалів із розплавів, названий методом Обреїмова-Шубнікова
Вирощування кристалів	О. Стасів (1903-1985)	Розробив новий спосіб вирощування із розплавів домішкових монокристалів, названий методом Стасіва-Тельтова
Вирощування кристалів	О. Смакула (1900-1983)	Узагальнив та систематизував здобутки вчених у методиці вирощування кристалів, написавши підручник “Монокристали. Ріст та виготовлення”
Кристалічна ґратка	Г. Вороний (1868-1908)	Досліджував проблему щільної упаковки простору кулями

Поліморфізм	О. Лейпунський (1903-1972)	Вперше теоретично встановив умови переходу графіту у алмаз, відкрив метод, що є основою сучасного синтезування штучних алмазів
Механічні властивості твердих тіл	С. Тимошенко (1878-1972)	Запропонував методику визначення модуля Юнга для гуми
Одержання матеріалів із наперед заданими фізичними властивостями	І. Феценко-Чопівський (1884-1945)	Досліджував вплив деформацій та температури оточуючого середовища на властивості металів
Теплові властивості твердих тіл	В. Данилов (1902-1954)	Встановив, що під час плавлення твердих тіл зникає кристалічна ґратка, але взаємне розміщення атомів не стає довільним, а атоми виявляються об'єднаними у такі групи, в яких їх взаємне розміщення є енергетично вигідним.
Провідність напівпровідників	В. Лашкар'єв (1903-1974)	Один із першовідкривачів р-п – переходу у напівпровідниках типу «мідь-окис міді»
Магнітні властивості речовин	М. Пильчиков (1857-1908)	У 1883 р. провів геофізичні дослідження Курської магнітної аномалії та відкрив ряд її нових районів
Хімічна дія світла	О. Стасів (1903-1985)	Розробив теорію процесу утворення прихованого фотографічного зображення (модель Стасіва-Тельтова)

Фотоефект	П. Борзяк (1903-2000)	У 1951 р. відкрив екситонне поглинання світла напівпровідниковими плівками, у 1952 р. відкрив інтерференційний спосіб збільшення ефективності фотокатодів.
Інтерференція світла	О. Смакула (1900-1983)	Винайшов метод просвітлення оптики

Осмислення і розуміння. Активізація мислення учнів відбувалася у процесі розв'язання поставлених на етапі сприймання проблемних ситуацій.

1. Аналіз життєвих прикладів [130, с. 37-40].

Небезпечна блискавка

Демонструємо учням фотографію блискавки (рис. 2.1) та розповідаємо про природу її утворення.

Блискавка – електричний розряд, який виникає у повітрі між хмарами або між землею і хмарами внаслідок утворення різниці потенціалів між електронно-неоднорідними осередками у самій хмарі або між землею і хмарою. Небо та земна поверхня нагадують собою модель конденсатора, де вони є пластинами, між якими можуть утворюватись розряди. Під час звичайного дощу у процесі падіння водяні краплі при проходженні через перенасичене вологою повітря у напрямку до землі мають тенденцію до збільшення маси. Збільшуючи свій діаметр під дією прискорення вільного падіння, крапля збільшує свою швидкість. При цьому відбувається дуже незначна часткова втрата електронів молекулами води, які розміщені на поверхні крапель. Від поверхневих молекул води в краплі



Рис. 2.1. Фотографія блискавки.

поступово починають відриватись електрони. Відділення електронів від крапель води призводить до того, що краплі набувають позитивного заряду, який є дуже незначним за своєю величиною. Позитивно заряджені краплі несуть свій заряд до поверхні землі і при падінні на її поверхню віддають його. На противагу позитивним зарядам, які покидають місце свого виникнення у вигляді позитивно заряджених крапель, електрони, що залишились в повітрі, відірвавшись від крапель, створюють від'ємний заряд в атмосфері. Ці електрони по мірі свого накопичення, за законом притягання різнойменних зарядів, починають стрімко рухатись до поверхні позитивно зарядженої землі. Вільні від молекул електрони починають рухатись, утворюючи інтенсивні канали руху електронів з повітря до землі з поступовим наростанням інтенсивності руху. У певний момент виникає розряд.

Провівши ці пояснення, демонструємо учням інший рисунок (рис. 2.2) і ставимо запитання: хлопчик чи дівчинка почувують себе у більшій безпеці?

Учні вже знають, що блискавка може виникнути між хмарами і між хмарою та предметом на землі. У останньому випадку електричний розряд утворюється між хмариною та зарядом протилежного знаку на земній поверхні. Найбільш інтенсивні потоки електронів з неба стікають на земну поверхню через найбільш виступаючі ділянки земної поверхні. А тому безпечніше знаходитися під невеликим кущем чи у западині, але не під високим деревом. Хлопчик перебуває у безпечнішому місці.

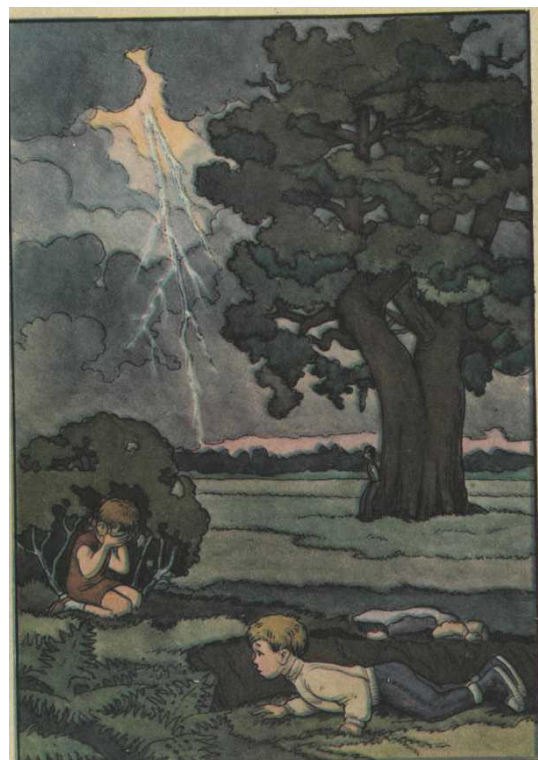


Рис. 2.2. Де безпечніше?

В ураженні дерев блискавкою велике значення має як будова кореня, так і електричний опір стовбура дерева. Відомо, що природна напруга навколо нас становить близько 130 В на 1 м. Тоді, наприклад, до дерева заввишки 10 м і глибиною залягання коренів 5 м постійно прикладена напруга близько 2000 В. Деревя із коренями, що проникають у глибокі водоносні шари ґрунту, краще заземлені, а тому на них накопичуються більша кількість заряду, який має знак, протилежний до знаку заряду хмар. Так, наприклад, у дуба корені глибоко йдуть у ґрунт, тому він найчастіше за інші дерева уражується блискавкою.

Демонструємо учням інший рисунок (рис. 2.3) і пропонуємо пояснити різне пошкодження стовбурів листяних та смолянистих дерев блискавкою.

Стовбур дерева у різних ділянках має різний електричний опір. Серцевина стовбурів листяних дерев має менший опір, ніж кора і підкорковий шар. Блискавка, попавши в дерево, створює у ньому електричний струм, який, проходячи по серцевині стовбура, викликає закипання соку. Утворена пара під великим тиском із середини розриває стовбур дерева. Серцевина смолянистих дерев (ялини, сосни) має більший опір, ніж кора та підкорковий шар, тому електричний струм, викликаний блискавкою, проходить в основному по зовнішньому шару стовбура, пошкоджуючи його.

Старшокласники із власного досвіду вже знають, що захистом від блискавок слугують громовідводи, створення яких у свій час врятувало від пожеж сотні дерев'яних будинків. Пропонуємо учням пояснити принцип дії



Рис. 2.3. Як пояснити різне пошкодження дерев блискавкою?

громовідводу, виходячи із отриманих знань про природу утворення блискавки. Принцип дії громовідводу (рис. 2.4) полягає у тому, що провідник, як правило товстий металевий дріт, що проходить від даху і до поверхні землі, забезпечує «наближення» позитивного заряду в небо, створюючи шлях «відтоку» для вільних електронів, що стрімко наближаються з неба до поверхні землі і на своєму шляху обирають траєкторії польоту, де провідники будуть мати найменший опір.

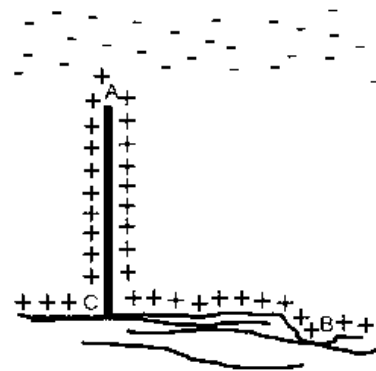


Рис. 2.4. Громовідвід.

Аналіз даних життєвих прикладів дав змогу намітити досить важливий напрямок використання розробленої методичної системи у процесі вивчення властивостей твердих тіл. Мова йде про безпеку життєдіяльності людини. Адже саме наведення та аналіз конкретних життєвих ситуацій дасть змогу зменшити кількість підлітків, уражених електричним струмом та блискавкою. Велику роль у даному випадку відіграють історичні відомості. Це можуть бути розповіді вчителя про трагічну загибель від удару блискавки Г. Ріхмана та небезпечні для життя дослідження природи блискавки, проведені Б. Франкліном. Таким чином, наведення подібних життєвих прикладів та історичних відомостей доповнюватиме правила техніки безпеки і привчатиме учнів цінувати власне здоров'я та життя.

2. Аналіз історичних відомостей [128, с. 228-230].

Цікава знахідка

Історія винайдення гальванічного елемента розпочинається із 1750У 1786 р. італійським анатомом Л. Гальвані було проведено цікаві досліди, які стали основою для написаної ним праці – “Трактат про сили електрики”. Скептично сприйнявши існування «тваринної» електрики», італійський фізик дослідів свого співвітчизника. У результаті серії дослідів у 1800 р. А. Вольта винайшов перше джерела електричного струму – «вольтів стовп». Винахід

Вольта являв собою циліндричний стовпчик, що складався із декількох десятків цинкових і срібних кружечків, розділених змоченими у розчині солі суконними кружечками. Замінивши суконні кружечки послідовно з'єднаними скляними банками, які містили соляний чи слабкий кислотний розчин, вчений сконструював першу електричну батарею. Але розглянемо інші історичні факти.

У працях античних істориків не раз згадувалися дивовижні майстри, піддані єгипетської цариці Клеопатри, які вміли покривати різні вироби, головним чином культові предмети, тонким шаром золота й срібла. Однак цей процес, названий у наші дні гальванопластикою, неможливий без використання електроенергії.

Усі здогади здавалися сумнівними, доки в 1936 р. австрійський археолог В. Кеніг, який вів розкопки в Іраці, не знайшов дивний предмет. Це була глиняна посудина завдовжки 28 см, всередині якої був мідний циліндр і окислений залізний брусок. Вік посудини становив приблизно дві тисячі років. У когось з учених майнула думка: «А чи не є це ... електрична батарейка?» І справді, з'ясувалося, що до рук археологів потрапив справжнісінький гальванічний елемент.

Незабаром недалеко від місця першої знахідки знайшли ще кілька посудин, з'єднаних залізними й мідними стержнями. Це вже була справжня гальванічна батарея! Серія дослідів, проведених з реконструйованою знахідкою, підтвердила це припущення. Заповнюючи циліндр найбільш доступними рідинами – вином, морською водою й оцтом, отримали електричний струм силою до $0,5\text{ A}$ і напругою до $0,5\text{ B}$, який міг проходити до 18 днів. Річ зрозуміла: якщо кілька таких елементів підключити до гальванічної ванни, то процес гальванопластики стане реальним, і для позолочення маленької фігурки потрібно буде не більш як дві години.

3. Аналіз проблемних дослідів⁶.

Залежність опору металевих провідників від температури

У демонстраційній установці (рис. 2.5) використовувався цифровий амперметр та демонстраційний вольтметр із додатковим опором на 15 В. Встановивши у колі певну напругу (так, щоб лампа розжарювалась слабо), за показами амперметра та вольтметра пропонували учням визначити опір спіралі лампи.

Потім дисплей амперметра закривали аркушем картону, а напругу збільшували у два рази. Учням пропонувалося встановити, яку силу струму тепер показує амперметр. Учні давали відповідь, що сила струму також має зрости у два рази. Відкривався дисплей амперметра і учні переконувалися у тому, що сила струму у колі зростає, але не у два рази, як повинно було б бути за законом Ома для ділянки кола.



Рис. 2.5. Демонстрація проблемного досліду
“Залежність опору металевих провідників від температури”.

⁶ Під проблемним дослідом будемо розуміти такий експеримент, який виявляє невідповідність між наявними в учнів знаннями і тими вимогами, які висуваються у процесі розв’язування нових навчальних завдань.

Вчитель: якщо ми збільшили напругу у два рази, то для того, щоб збільшилася сила струму у два рази, опір ділянки мав би зрости у скільки разів?

Учні: опір ділянки кола мав би зрости у два рази.

Вчитель: подивіться уважно на ділянку кола, а саме на електричну лампочку, на якій ми проводили вимірювання. Чи були у ній якісь зміни у першому та другому випадках?

Учні: лампочка у другому випадку світила яскравіше.

Вчитель: і який висновок із цього можна зробити про температуру вольфрамової спіралі лампи?

Учні: очевидно що її температура у другому випадку вища.

Вчитель: саме зміна температури вольфрамової спіралі лампочки є причиною неоднакової зміни сили струму.

Проведений далі аналіз формули для визначення опору провідників ($R = \rho \frac{l}{S}$) та умов проведення досліду приводив учнів до думки про залежність опору спіралі лампи від температури.

Узагальнення. Активізація навчально-пізнавальної діяльності старшокласників здійснювалася шляхом використання площинних засобів наочності: узагальнюючих таблиць та плакатів [70]. Узагальнюючі таблиці систематизували матеріал про характерні особливості властивостей твердих тіл та їх практичне використання (наприклад, табл. 2.12). Плакати містили схеми історичних дослідів та схеми пояснення властивостей твердих тіл, виходячи із їх будови (додаток Е).

Закріплення. Ефективними методами навчання на даному етапі процесу засвоєння знань були розв'язування кросвордів, проведення фізичних диктантів, використання домашнього експерименту і НІТ.

Пропонуємо приклад кросворду, який розв'язували старшокласники у процесі закріплення навчального матеріалу із розділу “Електричне поле” (10 кл.):

	1													
2														
	3													
	4													
	5													
6														
	7													
8														
9														
	10													
11														
	12													
13														
	14													
15														

По горизонталі:

1. ... – процес, під час якого тіла набувають електричних властивостей.
2. ... – стабільна елементарна частинка із негативним зарядом.
3. ... – прилад для вимірювання електричного заряду.
4. ... – одиниця електричного заряду.
5. ... заряджене тіло – одна із моделей, якою користуються в електростатиці.
6. Позитивний заряд завжди має ...
7. Тіла із ... зарядами відштовхуються.
8. Поле, в усіх точках якого на заряджене тіло діє однакова сила, називають ...
9. Лінії, за допомогою яких зображають дію електричного поля, називають ...
10. ... – силова характеристика електричного поля.
11. Ємність конденсаторів можна збільшити шляхом ... з'єднання.

12. Один із творців першого конденсатора.
13. ... не мають вільних носіїв зарядів.
14. ... – система двох провідників, розділених діелектриком.
15. Одиниця вимірювання ємності.

По вертикалі: Розділ фізики, який вивчає електромагнітні явища.

Старшокласники із великим пізнавальним інтересом проводили експеримент у домашніх умовах (рис. 2.6), а потім обговорювали отримані результати на заняттях. Домашні експериментальні завдання давали максимальний ефект коли вони були індивідуальні (кожному учневі пропонувалися окремі завдання), або коли були диференційовані. У додатку **Ж** наведено приклади даних завдань.



Рис. 2.6. Кристали кухонної солі, вирощені учнями.

Описані у пункті 1.3.3 форми використання історичного матеріалів на уроках фізики знайшли відображення у розробленому нами на мові HTML у середовищі Front Page електронному навчальному посібнику (ЕНП) “Фізика в історичному розвитку”.

Матеріал останнього охоплює усі розділи шкільного курсу фізики: “Механіка”, “Молекулярна фізика”, “Електрика”, “Оптика”, “Теорія відносності”, “Квантова фізика”, “Атомна фізика” (додаток З).

Кожний розділ має однакове меню, яке складається із підрозділів: “Дослідження явищ”, “Встановлення законів”, “Винайдення приладів”, “Вчені”.

Підрозділ меню “Дослідження явищ” знайомить учнів із фізичними явищами на якісному рівні.

Увійшовши до підрозділі меню “Встановлення законів” учні мають змогу “дослідити” фізичні явища на кількісному рівні.

Підрозділ меню “Винайдення приладів” знайомить учнів із практичним використанням фізичних явищ та законів.

Підрозділ меню “Вчені” має два підпункти “Українські вчені” та “Зарубіжні вчені”. У тексті трьох попередніх підрозділів є гіперпосилання на даний підрозділ.

Описані у другому розділі дидактичні матеріали, використання яких у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл підвищує рівень розвитку пізнавальної активності старшокласників, знайшли своє відображення у ЕНП “Будова та властивості твердих тіл”.

Матеріал посібника поділений на розділи: “Будова твердих тіл”, “Механічні властивості твердих тіл”, “Теплові властивості твердих тіл”, “Електричні властивості твердих тіл”, “Магнітні властивості твердих тіл”, “Оптичні властивості твердих тіл” (додаток З).

Кожний із розділів має меню, яке складається із підрозділів:

- “Теорія” (програмовані питання: матеріал навчального посібника “Будова та властивості твердих тіл” [129]);
- “Демонстрації” (фото демонстрацій та їх пояснення, у тексті підрозділу “Теорія” є гіперпосилання на матеріал даного підрозділу);
- “Історичні відомості” (описи історичних дослідів із дослідження будови та властивостей твердих тіл: матеріал із навчального посібника “Фізика в історичному розвитку” [128]);
- “Здобутки українських вчених” (висвітлення здобутків українських вчених тіл: матеріал навчального посібника “Досягнення українських вчених у дослідженні будови та властивостей твердих тіл” [122]);
- “Життєві приклади” (аналіз життєвих прикладів, пов’язаних із будовою та властивостями твердих тіл: матеріал навчального посібника “Цікаво про будову та властивості твердих тіл” [130]);
- “Практичне використання” (аналіз прикладів практичного використання: матеріал навчального посібника “Цікаво про будову та властивості твердих тіл” [130]);
- “Лабораторні роботи” (розроблені інструкції до лабораторних робіт: матеріал навчального посібника “Будова та властивості твердих тіл” [129]);

- “Домашній експеримент” (підібрані завдання для проведення домашнього експерименту);
- “Завдання” (підібрані завдання для самоперевірки);
- “Термінологічний словник” (визначення понять, які зустрічаються у підрозділі “Теорія”, у тексті підрозділу “Теорія” є гіперпосилання на матеріал даного підрозділу).

Учням, які вивчали фізику у класах фізико-математичного профілю, ставилися завдання типу: виділити зворотні і незворотні явища та явища переносу; встановити прямі та зворотні зв'язки.

Зворотні і незворотні явища та явища переносу⁷. Коли після прикладеної механічної напруги тверде тіло повертається до попередньої форми, то механічна властивість – пружність – є прикладом зворотного явища. При переході межі пружності тверде тіло лише частково повертається у попереднє положення. Це є наслідком пластичної деформації – явища переносу. Збільшення прикладеної механічної напруги призводить до руйнування твердого тіла – незворотного явища.

Аналогічним чином можна класифікувати деякі теплові властивості твердих тіл. Якщо гарячий зразок з'єднати із холодним, то тепло від гарячого зразка буде «перетікати» до холодного до тих пір, доки температури обох зразків не зрівноважуться. Якщо нагрітий таким чином зразок у свою чергу з'єднати із іншим холодним зразком, то тепло почне витікати із нього. Очевидно, що кожне тіло володіє здатністю до поглинання тепла – теплоємністю – і при відповідних умовах воно повертає поглинену кількість тепла. Таким чином, теплоємність – приклад зворотного явища, а теплопровідність – явища переносу.

⁷ Явища переносу – явища, які пов'язані із фактичним переміщенням чого-небудь. У твердих тілах це перенесення електричних зарядів (електропровідність), тепла енергія (теплопровідність) тощо.

Тверде тіло при нагріванні до достатньо високої температури може розплавитися, поглинаючи при цьому досить велику кількість тепла. Якщо розплавлений матеріал охолоджувати, то він знову затвердне, повертаючи поглинене тепло. Із такої точки зору передачі тепла плавлення – зворотне явище. Але у той ж час тверде тіло втрачає свою основну механічну властивість – твердість, а тому для твердого тіла процес плавлення – незворотне явище.

Прокласифікуємо деякі електричні явища у твердих тілах. Затиснемо між двома металевими пластинами тонку пластинку слюди, а потім під'єднаємо кожен із металевих пластинок за допомогою провідників до гальванічного елемента. При цьому ми виявимо, що електричний струм не буде проходити через слюду. При під'єднанні металевих пластинок до гальванічного елемента виникає лише початковий імпульс струму, який поляризує слюду. Якщо після цього, від'єднавши провідники від гальванічного елемента, доторкнутися ними один до одного, то імпульс струму пройде по них у зворотному напрямку і розрядить пластинку слюди. Така діелектрична поляризація відбувається у всіх ізоляторах і є прикладом зворотного електричного явища.

Візьмемо джерело струму, яке призведе до “просочування” електричного струму через ізолятор, особливо коли ізолятор нагрітий. Іншими словами, досить висока напруга поступово “проштовхує” електричні заряди через ізолятор. Подальше підвищення напруги викличе іскру, яка пройде через тверде тіло – ізолятор, залишивши незворотні зміни.

Усе сказане про зворотні і незворотні явища та явища переносу відображено у таблиці 2.8:

Таблиця 2.8

Класифікація механічних, теплових та електричних властивостей твердих тіл

Властивості	Зворотні явища	Явища переносу	Незворотні явища
Механічні	пружна деформація	пластична деформація	розрив
Теплові	теплоємність	теплопровідність	плавлення

Електричні	поляризація	електропровідність	діелектричний пробій
------------	-------------	--------------------	----------------------

Прямі і зворотні зв'язки. Механічні, теплові та електричні властивості існують не ізольовано один від одного. У 1927 р. було відкрито новий чудовий сплав – інвар – залізо-нікельова сталь, що містить 35-37% нікелю. Коефіцієнт теплового розширення інвару дуже малий, його можна порівняти тільки з коефіцієнтом розширення кварцу. За допомогою спеціальної термічної обробки коефіцієнт теплового розширення інвару можна зробити від'ємним. Розширення твердого тіла при нагріванні – приклад впливу теплових властивостей на механічні: зміна температури викликає деформацію. Ф. Епінус встановив, що мінерал турмалін електризується при нагріванні, відкривши явище піроелектрики. Подібні прямі зв'язки існують між багатьма властивостями твердих тіл. Але більшу практичну цінність мають зворотні зв'язки.

У 1880 р брати П'єр та Жак Кюрі відкрили ще один зв'язок між зворотними властивостями у багатьох кристалах. Вчені виявили, що кристали кварцу та сегнетової солі можна поляризувати за допомогою механічного впливу. Пізніше було встановлено, що прикладена до кристала електрична напруга змінює його форму. А тому вимірявши величину одного із цих ефектів, немає необхідності вимірювати величину іншого. На рис. 2.7 відображено можливі зворотні зв'язки між механічними, тепловими та

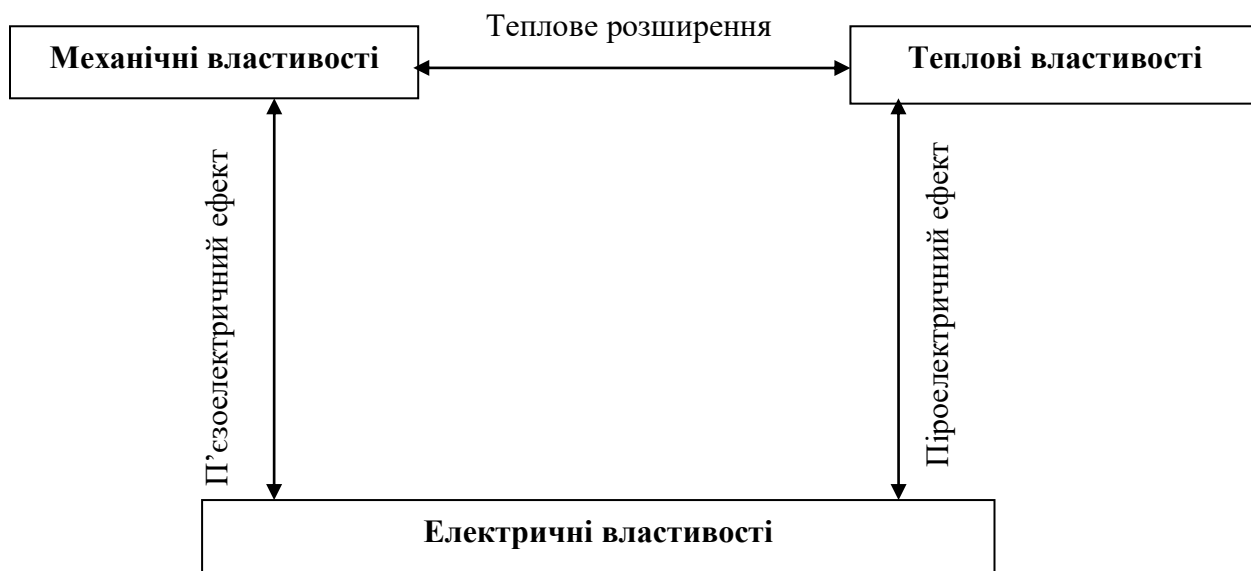


Рис. 2.7. Зворотні властивості твердих тіл.

електричними властивостями твердих тіл.

Застосування на практиці. Рівень розвитку пізнавальної активності старшокласників підвищувався шляхом проведення екскурсій, застосуванням НІТ у процесі проведення лабораторних робіт, під час конструювання задач, виготовлення саморобних приладів і випуску шкільної газети.

Нами була проведена екскурсія учнів 10-го класу у лабораторію випробовування матеріалів, що розміщена у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка. На заняттях учні вже засвоїли основні теоретичні питання теми, а на екскурсії вони могли виробити певні практичні уміння та навички.

Екскурсія у лабораторію випробовування матеріалів

На занятті, що передує екскурсії, вчитель пояснив зміст та цілі екскурсії.

Екскурсія проводилася за наступним планом:

1. Вступне слово вчителя.
2. Ознайомлення з будовою та принципом роботи розривної машини.
3. Ознайомлення з будовою та принципом роботи преса Брінелля.
4. Дослідження отриманих діаграм розтягу.

Основна увага учнів приділялася розкриттю фізичних основ методів дослідження матеріалів. Після короткої розповіді про завдання і роль механічної лабораторії старшокласникам демонстрували дію розривної машини для дослідження



Рис. 2.8. Розривна машина.

зразків (рис. 2.8). За допомогою цієї машини встановлюють найпростіші оцінки механічних властивостей і контролюють метал. При цьому визначають межу міцності зразка.

Наступним об'єктом екскурсії був прес Брінелля (рис. 2.9). На уроках фізики учні дізналися, що діаграма розтягу є характеристикою механічних властивостей металів. На екскурсії старшокласники спостерігають, як практично отримують діаграму розтягу, тобто як відбувається кріплення зразків, як створюється механічне зусилля, як вимірюється величина деформацій зразка та механічна напруга у ньому. Зверталася увага учнів на пристрій, який дозволяє автоматично креслити діаграму розтягу. Учням було запропоновано за отриманою у лабораторії діаграмою розтягу визначити модуль пружності, межу текучості та межу міцності металу.



Рис. 2.9. Прес Брінелля.

Щоб активізувати навчально-пізнавальну діяльність старшокласників під час екскурсії, їм демонстрували діаграми розтягу різних матеріалів,

отриманих на одному аркуші паперу. Аналізуючи їх, учні відповідали на такі питання:

1. Який із досліджуваних матеріалів більш пластичний?
2. У якого матеріалу більша межа міцності?
3. В якому матеріалі раніше розпочинаються пластичні деформації?
4. Який із матеріалів сильніше чинить опір пружним деформаціям?

У процесі підсумкової бесіди учням ставили такі запитання:

1. Яким чином випробовують тверді тіла на розтяг?

2. Як визначають величину деформації зразка при випробовуванні на розтяг?
3. Як визначають пластичність матеріалів?
4. Чому при розрахунку на міцність враховують допустимі напруги, а не межу міцності?
5. У чому проявляється зміцнення металу при пластичних деформаціях?

Сьогодні у навчальному процесі все частіше використовують цифрові установки (рис. 2.10). Працюючи за такою установкою на лабораторній роботі, старшокласники лише натискають відповідні кнопки для отримання необхідного результату. Звичайно, це економить затрачений час на уроці і отримані результати є точними. Але учні залишаються лише пасивними спостерігачами у процесі виконання даної лабораторної роботи, а це призводить до того, що вони не вміють складати електричні кола, визначати ціну поділки та значення відповідної величини, що вимірюється тощо. А тому проведення даної лабораторної за цифровою установкою не сприяє повною мірою формуванню практичних та експериментальних умінь та навичок.



Рис. 2.10. Цифрова лабораторна установка “Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діода”.



Рис. 2.11. Лабораторна установка “Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діода”, складена учнями.

Результати проведеного нами педагогічного експерименту дали змогу зробити висновок, що набагато продуктивнішою є форма проведення лабораторних робіт, коли учні самі складають електричні кола (рис. 2.11), а не працюють вже за готовими установками. При цьому навчально-пізнавальна діяльність старшокласників активізувалася шляхом використання навчальних презентацій (додаток 3), що давало змогу учням повторити навчальний матеріал, зрозуміти хід лабораторної роботи та дотримуватися порядку її виконання, порівняти отримані результати із вірними.

Рівень пізнавальної активності старшокласників у процесі проведення лабораторних робіт підвищувався шляхом ознайомлення їх із будовою та принципом роботи різних приладів (прес Брінелля) та у процесі самостійного виготовлення вимірювальних приладів (прикладний гоніометр).

Робота із виготовлення фізичних приладів нами була організована у Тернопільському педагогічному ліцеї. Під час роботи на факультативі та у гуртку ліцеїстами виготовлено ряд моделей історичних приладів (рис. 2.12-2.16), дія яких демонструвалися як на уроках, так і на вечорах цікавої фізики. Нашими дослідженнями [121] показано, що діяльність даного виду сприяє розвитку мотиваційної, змістово-операційної і емоційно-вольової компонент пізнавальної активності учнів. Систематична робота з виготовлення моделей історичних приладів дала змогу створити шкільний музей історії фізики.

Основні принципи вибору моделей історичних приладів:

- а) відповідність фізичних основ дії моделі навчальному матеріалу;
- б) наочність і цінність демонстрації даного явища за допомогою моделі;
- в) простота виготовлення (в умовах навчального закладу) і можливість використання доступних матеріалів.

Експериментальна база запропонованої методики не потребувала технічно складного обладнання. А це одночасно розв'язує і проблему

забезпечення фізичних кабінетів приладами. Оскільки учитель може або власноруч, або разом із учнями виготовити необхідне обладнання.

Ефективним активним методом був випуск шкільної газети, де учні розміщували тези своїх доповідей. Випуск шкільної газети сприяв розвитку мотиваційної та емоційно-вольової компонент пізнавальної активності старшокласників.



Рис. 2.12. «Вольтів стовп».



Рис. 2.13. Пірометр
Мушенбрука.



Рис. 2.14. Електрометр
Ріхмана.



Рис. 2.15. Модель крутильних терезів
Кулона.



Рис. 2.16. Генератор Ван дер
Граафа.

2.2. Реалізація розробленого методичного підходу у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл для профільних класів

2.2.1. Активізація навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення будови твердих тіл

10-й клас

УНІВЕРСАЛЬНИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛІ

Розділ “Основи молекулярно-кінетичної теорії”

Кристалічні та аморфні тіла. Природне і штучне утворення кристалів. Поняття про рідкі кристали.

Кристалічні та аморфні тіла. Вивчення даного питання розпочинали із актуалізації знань учнів про агрегатні стани речовини: тверде тіло – це агрегатний стан речовини, що характеризується сталістю форми і об’єму. Далі розповідаємо про те, що **тверді тіла** поділяють на кристалічні та аморфні. Причина такого поділу у відмінностях будови, а тому і властивостей.

Активізує сприймання нового матеріалу демонстрація колекції “Тверді тіла, яку можна проводити проектуючи на екран за допомогою епідіаскопа зображення наклеєних на аркуші паперу кристалів кухонної солі, кварцу, мідного купоросу, цукру, сірки та шматків аморфних тіл (скла, янтарю, пластмас). Проведення даної демонстрації є ефективнішим, коли учні самі за допомогою лупи розглядають дану колекцію (рис. 2.17).



Рис. 2.17. Колекція “Тверді тіла”.

Ставимо учням запитання: «Що відмінного у будові кристалічних та аморфних тіл?» Учні звертають увагу на те, що на відміну від аморфних тіл **кристалічні тіла** мають правильну форму многогранників (кристали кухонної солі мають форму куба, кристали льоду – шестикутної призми). Усе сказане ілюструємо зарисовками на дошці многогранників кристалів (рис. 2.18).

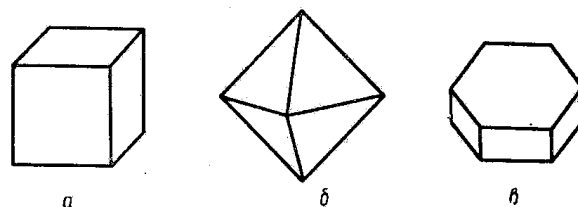


Рис. 2.18. Многогранники кристалів кам'яної солі *a*, алмазу *б*, льоду *в*.

Розповідаємо учням, що вперше кристали – мінерали – були описані близько чотирьох тисяч років тому в Китаї, Індії, Вавилоні, Єгипті. У міру нагромадження знань про кристали дедалі частіше поставало питання про їх многогранну форму і характерні властивості. Спостереження, досліди та гіпотези про атомну будову речовини навели вчених на думку про те, що наявність певної правильної геометричної форми кристала зумовлюється тим, що частинки, з яких утворюється кристал, розміщені не безладно, а у певному, характерному для даного кристала, порядку. Для наочного зображення закономірностей у розташуванні частинок, використовуємо модель просторової кристалічної ґратки (рис. 2.19).



Рис. 2.19. Модель просторової кристалічної ґратки.

Знайомлячи учнів із будовою та властивостями **аморфних тіл** (слово аморфний означає «позбавлений форми»), наголошуємо, що у них, на відміну від кристалів, немає строгого порядку у розміщенні атомів. До таких речовин належать як природні (смоли, янтар), так і штучні сполуки (плавлений кварц, скло).

Модель для демонстрації руху частинок у аморфних тілах (рис. 2.20) була виготовлена учнями на фізичному гуртку. У картонній основі

просвердлено не менше двадцяти отворів. Через кожен пару отворів протягнуто нитку так, щоб висіли обидва її кінці. До кожного з яких прикріплено кульки однакового розміру, але трохи різної маси. Картонна основа посередині підвішена до штатива за допомогою гумової трубки, прикріпленою до середини.

Коли всю цю конструкцію трохи відтягнути вниз, то кульки дрижатимуть, зміщуючись одна відносно одної. Це і демонструватиме поведінку частинок в аморфному тілі. Відхиливши дощечку сильніше і посиливши дрижання кульок, продемонструємо поведінку частинок рідини.

При короткочасній дії аморфні тіла поведуть себе як тверді тіла (розколюються), а при довготривалій – як рідини (течуть).

При низьких температурах вони за своїми властивостями нагадують тверді тіла, а при низьких – рідини.

Аморфні тіла не мають певної температури плавлення. Цю властивість демонструємо, розм'якшуючи у гарячій воді віск і згинаючи у полум'ї спиртівки скляну трубку. Пояснюємо учням, що скло у сильно нагрітому стані володіє хорошою пластичністю, а тому із нього виготовляють хімічні колби, склянки, пляшки, колби електричних лампочок тощо.

Закріплення вивченого матеріалу проводимо у процесі обговорення питання: «Чи може речовина переходити із кристалічного стану у аморфний і навпаки?» Учні наводять приклад цукру, який зазвичай знаходиться у кристалічному стані, а коли його розплавити і охолодити, то переходить у аморфний стан – стає прозорим скловидним тілом (так званий «льодянець»).



Рис. 2.20. Модель для демонстрації руху частинок в аморфному тілі.

Через деякий час аморфний цукор втрачає прозорість і знову стає кристалічним.

Вивчення питання про **природне і штучне утворення кристалів** розпочинаємо із аналізу проблемної ситуації [130, с. 8]. Відомо, що якось зимового вечора 1773 р. в одному із будинків Санкт-Петербурга відбувався бал. У приміщенні було дуже багато людей, і стало так жарко і задушно, що присутні почали втрачати свідомість. Квартирок у вікнах у той час ще не робили. Один із присутніх шпагою вибив скло у вікні, і в усьому приміщенні пішов сніг. Учням пропонувалося пояснити дане явище.

Відшукати старшокласникам відповідь на поставлене запитання допомагає демонстрація “Ріст кристалів”. Кадрове скло графопроєктора накриваємо скляною пластинкою, на яку кладемо таблетку сухого пального і отримуємо на екрані чітке зображення контуру таблетки. Після цього таблетку сухого пального забираємо і з торця запалюємо. Через 8...10 с тушимо сухе пальне і кладемо його на скло проєкційного апарата. У міру охолодження на поверхні таблетки сухого пального починають з’являтися кристалики у формі голок.

Після спостереження процесу утворення кристалів учні вже могли пояснити проблемну ситуацію, описану попередньо. А причина була у тому, що від дихання багатьох людей утворилася велика кількість водяної пари, і коли через вибите вікно увірвалося холодне повітря, ця пара швидко охолола, утворивши кристалики снігу.

Пояснюємо старшокласниками, що саме тому на морозі „пара йде з рота”. Це кристалізується пара, яку видихає людина. Вії, вуса, борода людей на морозі покриваються інеєм – нальотом снігових кристалів. У природі таким способом утворюються сніжинки – кристали льоду. Хмари у небі – це також скупчення льодяних кристаликів або ж крапель води, що утворилися з водяної пари води, яка піднімається від землі.

Звертаємо увагу старшокласників на те, що виростити красивий кристал правильної форми із рівними гранями досить складно. І над розв’язанням цієї

проблеми, яка цікавила дослідників кристалів протягом кількох століть, працювали також і українські вчені [122, с. 20-30]. Так, уродженець Тернопільщини О. Смакула (1900-1983) є автором чудового підручника „Монокристали. Ріст та виготовлення” (1962). У 1951 р. О. Смакула заснував у Массачусетському технологічному інституті (США) лабораторію із вирощування та дослідження властивостей кристалів.

Формування поняття про **рідкі кристали** розпочинали із розповіді про історію їх відкриття [128, с. 200-206]. Сьогодні відомо понад 3000 речовин, які перебувають у цьому специфічному стані. Просторова молекулярна структура цих речовин відрізняється як від строгого порядку кристалів, так і від повної відсутності у розташуванні молекул, що характерно для аморфних тіл. Для рідких кристалів характерні мутність, мала в'язкість, чутливість до зміни фізико-хімічного складу середовища. Завдяки останній властивості рідкі кристали знаходять широке застосування на практиці (датчики, індикатори).

Закріплювали на практиці знання учнів про будову твердих тіл у формі проведення лабораторної роботи “Виготовлення прикладного гоніометра та вимірювання кутів між гранями кристалів” [Додаток II].

10-й клас

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ

Розділ “Основи молекулярно-кінетичної теорії”

Будова кристалів. Поліморфізм. Монокристали і полікрystalли. Щільна упаковка частинок у кристалах. Просторові ґратки. Елементарна комірka. Симетрія кристалів. Типи зв'язку. Дефекти у кристалах. Утворення кристалів у природі та способи отримання їх у техніці. Способи керування механічними властивостями твердих тіл.

Поняття про рідкі кристали. Кристали і життя. Аморфні тіла та їх властивості.

Питання про **будову кристалів** вивчаємо в історичній послідовності [128, с. 176-188], що висвітлюється у доповідях учнів.

У 1665 р. англійський фізик Р. Гук (1635-1703), досліджуючи кристали різних речовин, дійшов висновку, що геометрична форма кристалів

пояснюється компонуванням малих кульових частинок, які дотикаються одна до одної.

У 1690 р. нідерландський вчений Х. Гюйгенс (1629-1695) висловив припущення, що властивості кристалів можна пояснити закономірністю їх внутрішньої будови (рис. 2.21).

Російський учений М. Ломоносов (1711-1765) висловив думку про те, що кристали складаються із дрібних частинок сферичної форми («корпускул»), які притягаються одна до одної.

Пізніше французький кристалограф Р.Ж. Гаюї (1743-1822) в основу будови кристалів поклав поліедричні молекули, що суцільно заповнюють простір (рис. 2.22). Аналогічно легенді про «яблуко Ньютона» існує легенда, яку наводить біограф Гаюї, про виникнення в ученого ідеї про структуру кристалів.

Якось, перебуваючи в гостях, вчений випадково впустив на підлогу друзу кристалів кальциту. Кристали розкололися на багаточисельні куски правильної ромбоедричної форми. Вже вдома Гаюї розколов усі кристали кальцитів із власної колекції. Шматки кристалів розколювалися на все дрібніші ромбоедри. Побачивши це, дослідник мінералів вигукнув: “Усе знайдено!”.

У 1813 р. англійський дослідник У. Волластон (1766–1828) запропонував замінити «паралелепіеди Гаюї» кульками чи звичайними математичними точками – центрами цих кульок.

Найближче до розуміння істинної

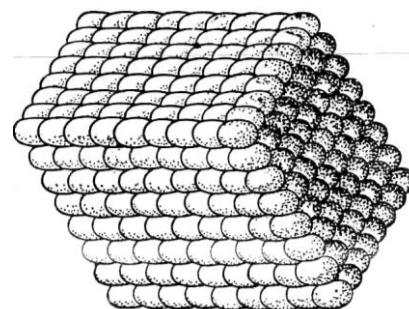


Рис. 2.21. Структура кристала ісландського шпату, за Гюйгенсом.

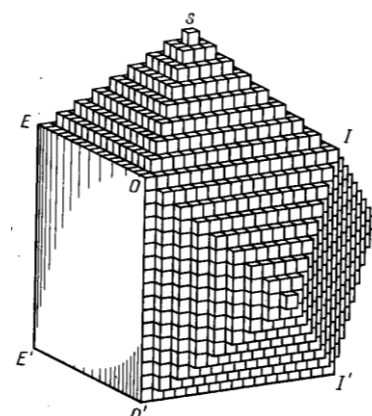


Рис. 2.22. Модель кристала із „цеглинок”, за Гаюї.

структури кристалів підійшов французький фізик О. Браве (1811-1863), який довів, що у кожному з паралельних напрямків частинки розміщені паралельно, замінивши «паралелепіеди Гаюї» центрами їх ваги. Таким чином, Браве у 1850 р. висловив припущення, згідно якого атоми у кристалах впорядковані у просторову ґратку (теорія Браве). Але дана гіпотеза потребувала експериментального підтвердження.

Перші експерименти у даному напрямку були здійснені у 1912 р. лауреатом Нобелівської премії, німецьким фізиком М. Лауе (1879-1960) разом із співробітниками. Для того, щоб познайомити учнів із основною ідеєю дослідів Лауе, ми спиралися на знання старшокласників про властивості Х-променів, які вони мають із повсякденного життя (Х-промені – це промені, що мають властивість проникати усередину непрозорих предметів).

Макс фон Лауе був добре знайомий з теорією Браве, згідно якої атоми у кристалах впорядковані у просторові ґратки. Вчений припустив, що якщо атоми у кристалах розміщені впорядковано, то вони утворюють множини площин, на яких розміщені частинки. Дані площини, які для Х-променів є своєрідними «дзеркалами», досить зручно зобразити на моделях кубічних ґраток (рис. 2.23).

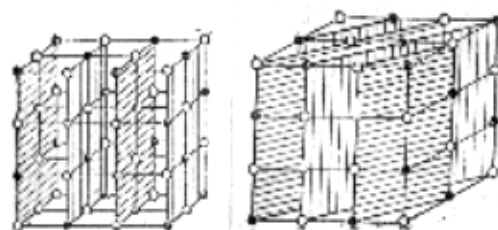


Рис. 2.23. Множини площин кристалічних ґраток.

Якщо припустити, що кожний атом (чи молекула) займає об'єм V , то значить об'єм грам-атома дорівнює $N_A V$ ($N_A = 6,06 \cdot 10^{23}$), а тому густина речовини

$$\rho = \frac{M}{N_A V} \quad (2.1). \quad \text{Для алмазу } \rho = 3,5 \text{ г/см}^3,$$

$M = 12 \text{ г}$. Обчислимо об'єм, який припадає на один атом алмазу: $V = 5,5 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$. Таким чином, у кубічному сантиметрі алмазу повинно розміститися 10^{24} атомів; значить, вздовж атомного ряду довжиною в

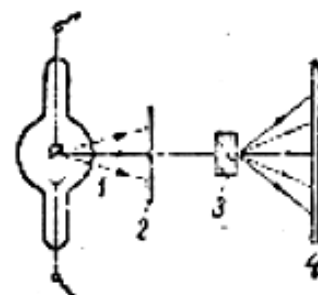


Рис. 2.24. Схема експериментальної установки.

сантиметр повинно поміститися 10^8 атомів. А це означає, що відстані між атомами у гратці алмазу повинні бути порядку 10^{-8} см.

Лауе доручив своїм співробітникам Фрідріху та Кніппінгу провести експериментальну перевірку своєї теорії. Для цієї мети була створена установка, схема якої зображена на рис. 2.24.

Пучок 1 X-променів через отвір в ширмі 2, пройшовши через монокристал 3, потрапляв на фотопластинку 4.

Промені, відбиті від атомних площин, утворювали на фотопластинці зображення у вигляді точок (рис. 2.25). Впорядкованість у розміщенні точок на отриманих зображеннях є доведенням впорядкованості розміщення атомів в кристалі. Лауеграма аморфної речовини являла розмиту пляму, отриману в результаті відбивання X-променів від безладно розміщених атомів.

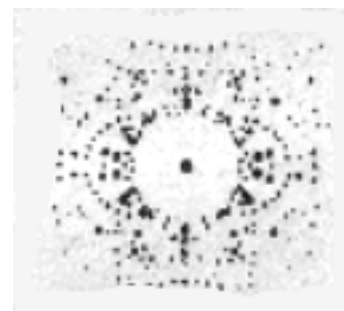


Рис. 2.25. Лауеграма.

Слід відмітити важливу роль досліджень Лауе, вказавши на те, що за розміщенням точок на лауеграмі та їх інтенсивністю можна обчислити відстані між атомами у кристалі, встановивши таким чином його будову. Метод рентгенівського структурного аналізу кристалів було розроблено в 1913-1914 рр. англійськими вченими У. Бреггом (1862-1942) і У. Бреггом (1890-1971) та незалежно від них Г. Вульфом (1863-1925), уродженцем українського містечка Ніжин. Цим вченим вдалося розшифрувати першу кристалічну структуру (*NaCl*).

Наочне уявлення про внутрішню структуру кристалів дає іонний мікропроектор, винайдений у 1951 р.

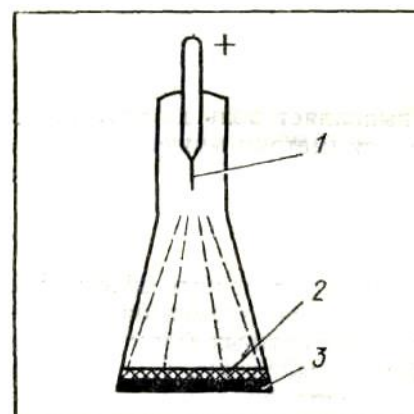


Рис. 2.26. Схема будови іонного мікропроектора:

- 1 – голка (анод);
- 2 – люмінесцентний екран;
- 3 – катод.

(рис. 2.26). У скляному балоні розміщують кристал певного металу у вигляді тонкої голки 1 діаметром біля 10^{-5} - 10^{-6} см. Навпроти вістря розміщують люмінесцентний екран 2, здатний світитися при бомбардуванні швидкими частинками. Після ретельної відкачки повітря із балона у нього вводять невелику кількість гелію, приклавши між голкою та екраном високу напругу (біля 30000 В).

Коли атоми гелію співударяються із вістрям позитивно зарядженої голки, то від них відривається по одному електрону і вони стають позитивними іонами. Найчастіше співударяння атомів гелію відбувається із виступаючими ділянками поверхні вістря (окремими атомами чи групами атомів металу). Тому іонізація гелію відбувається переважно біля цих виступів. Від кожного виступа-атома іон за іоном летить по прямих у напрямку негативно зарядженого катода 3. При ударах об екран вони викликають його свічення, створюючи збільшене до 10^7 разів зображення поверхні вістря.

Таким чином, для кристалічних тілах характерна впорядкованість у розміщенні частинок – далекий порядок. Зміст його полягає в тому, що вздовж якоїсь уявної прямої, проведеної через центри частинок, аналогічне їх розміщення повторюється багато (тисяч і мільйонів) разів (так стоїть справа лише в ідеальних кристалах, у реальних кристалах, як буде показано далі, з ряду причин такий порядок порушується). При плавленні, звичайно, далекий порядок зникає, а при випаровуванні зникає і ближній порядок.

Анізотропія кристалів.

Звертаємо увагу учнів на те, що істинність теорії підтверджується у тому випадку, якщо висновки, які слідують із неї відповідають вже відомим фактам. На рис. 2.27 схематично зображено розташування частинок у одному із

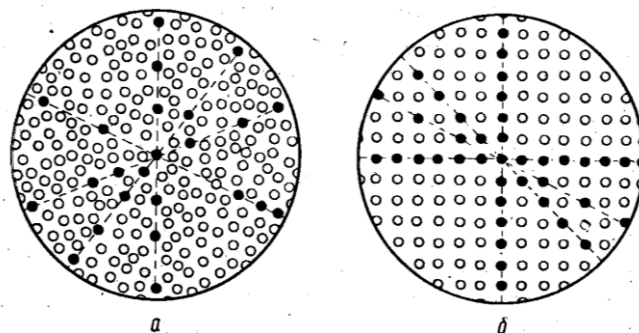


Рис. 2.27. Перерізи аморфного тіла (а) та кристала (б).

перерізів аморфного тіла (рис. 2.27, а) та кристала (рис. 2.27, б).

Якщо на обох рисунках через центр перерізу провести кілька прямих, то у перерізі аморфного тіла внаслідок хаотичного розташування частинок на кожній із прямих міститься у середньому однакова кількість частинок, а у перерізі кристалічного тіла – різна. Саме впорядкованість будови кристалів пояснює той факт, що у кристалах у різних напрямках зустрічається різне число частинок. Тому властивості кристалів у різних напрямках можуть бути різними.

Наголошуємо, що анізотропія притаманна не усім кристалам, а лише монокристалам. Більшість твердих тіл – це полікристали. Кожному кристалу, який входить у склад полікристалу, притаманна анізотропія тих чи інших властивостей. Однак полікристали зазвичай ізотропні, оскільки монокристали у них зрослися хаотично.

Найбільш загальною анізотропією для усіх кристалів є анізотропія росту, а анізотропія механічних, теплових, електричних, магнітних, оптичних властивостей притаманна монокристалам не всіх речовин. На уроці демонструємо хоча б один із випадків анізотропії.

Анізотропію механічних властивостей (міцності), яка притаманна багатьом кристалам, демонструємо, розколюючи кристали слюди. При цьому слюда розщеплюється на пластинки. Розповідаємо, що вперше анізотропію міцності спостерігав у 1669 р. професор Копенгагенського університету Е. Бартолін (1625-1698) у кристалах ісландського шпату – прозорого мінералу, привезеного із Ісландії [128, с. 189]. Досліджуючи цей мінерал, вчений відкрив у ньому властивість спайності, тобто здатність при ударі розколюватися на многогранники однакової форми, а також явище подвійного променезаломлення світла. Результати своїх робіт Бартолін опублікував у Лейпцизі, Копенгагені, Лондоні. Але до цих важливих наукових відкриттів Англійське Королівське товариство поставилось з недовірою, вважаючи їх випадковими. Тому вони були надовго забуті і лише через 20 з лишнім років, у 1691 р., Х. Гюйгенс (1628–1695) підтвердив

правильність відкриття Бартоліна, спостерігаючи явище подвійного променезаломлення у кристалах кварцу.

Причиною подвійного променезаломлення є анізотропія швидкості світла в кристалах. Вузький пучок світла, заломлюючись у кристалі дає два пучки, що йдуть по трохі різних напрямках (рис. 2.28). Після виходу з кристала обидва пучки мають напрями, паралельні початковому, і якщо пучки досить вузькі, а кристал досить товстий то вони просторово розділені (рис. 2.29). При розгляданні через такий кристал якого-небудь об'єкта оком, об'єкт двоїться.

Явище подвійного променезаломлення (світла) старшокласники спостерігають, розглядаючи через кристал ісландського шпату нанесену на аркуш білого паперу точку. При цьому старшокласники бачать дві точки.

Знайомлячи учнів із анізотропією теплових властивостей кристалів, розповідаємо, що у 1847-1850 рр. французький дослідник Ш. Сенармон (1808-1850) проводив наступні досліді: він покривав грані кристала тонким однаковим шаром воску, а потім доторкався до нього кінцем розжареної срібної дротини

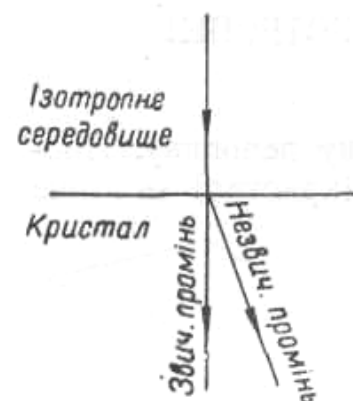


Рис. 2.28. Відхилення незвичайного променя при нормальному падінні світла на заломну грань кристала.

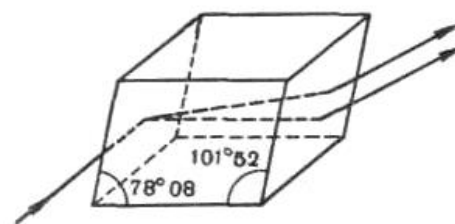


Рис. 2.29. Явище подвійного променезаломлення в кристалі ісландського шпату.

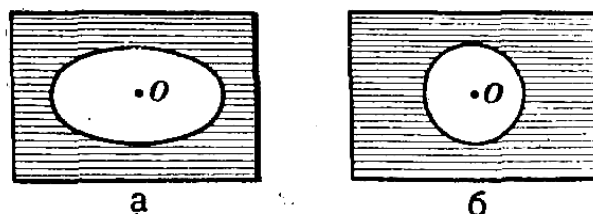


Рис. 2.30. Результати дослідів Сенармона із воском.

Отримані при цьому ямки, що утворювалися у процесі танення воску, набували в контурів еліпсів (рис 2.30, а) або кругів (рис. 2.30, б) [129, С.189-190].

Анізотропію

електричних властивостей кристалів (односторонню провідність у кристалах) відкрив у 1906 р. німецький фізик К. Браун (1850 –1918), що призвело

до створення детектора. Електричну анізотропію демонструємо за допомогою досліду, електричну схему якого зображено на рис. 2.31. Якщо замкнути вимикачем електричне коло, то в одному випадку лампочка спалахує, а якщо поміняти місцями кінці діода у схемі для повторного спостереження, то лампочка погасне.

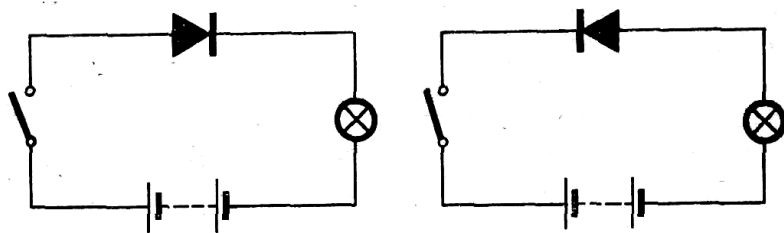


Рис. 2.31. Схеми електричних кіл для демонстрації електричної анізотропії.

Щільна упаковка частинок у кристалах. Просторові ґратки.

Демонструючи старшокласникам вже згадувані моделі кристалічних ґраток (рис. 2.19), наголошуємо, що їх призначення – наочно зображувати просторове розміщення частинок у ґратці [119].

Така будова моделей допомагає з'ясувати просторове розміщення частинок, їх періодичність, дальній порядок, валентні кути (кути між лініями зв'язків частинок). Разом з тим, прийняті у моделях пропорційні відношення між розмірами кульок і відстанями між ними, не відповідають дійсності. Справа в тому, що ядра атомів у 105 разів менші за відстані між ними. Отже, якщо дотримуватись таких пропорцій і вибрати розміри кульок, які було б добре видно учням у класі, то відстані між кульками треба взяти такі, що дорівнюють кільком кілометрам!



Рис. 2.32. Модель щільного пакування частинок.

Насправді, кульки не можуть бути і моделями частинок. Для цього вони повинні не розділятися проміжками, а, навпаки, доторкатися одна до одної, частково перекриваючись і проникаючи одна в одну.

А тому, щоб в учнів не склалось уявлення, що кристалічна гратка так само пориста, як і її модель, нами демонструвалася спочатку модель щільного пакування частинок (рис. 2.32). Ця модель була виготовлена самими учнями із пінопласту.

Після вивчення учнями щільного пакування частинок, звертаємо їх увагу на те, що структуру різних кристалів можна зобразити схематично, враховуючи лише взаємне розміщення частинок.

Якщо мислено провести прямі через центри щільно упакованих частинок у кристалі (рис. 2.33), а потім ці частинки мислено забрати, то утвориться загальновідома просторова кристалічна гратка (рис. 2.34), яка пунктиром була зображена на рис. 2.33.

Моделі, у яких кульки з'єднані стержнями, можуть сформувати в учнів неправильне уявлення про незмінність відстаней між частинками у кристалах. Частинки завжди пов'язані одна з одною, вони не коливаються ізольовано відносно нерухомих в просторі положень рівноваги, а при зміщенні однієї з них зміщуються сусідні, тобто коливання однієї частинки передаються сусіднім – по кристалу проходить хвиля зміщення частинок. Тому ми використовували

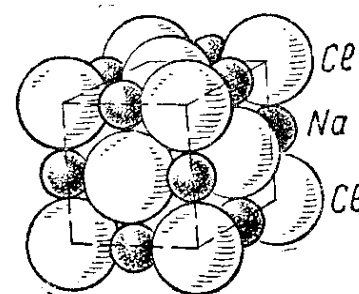


Рис. 2.33. Модель щільного пакування.

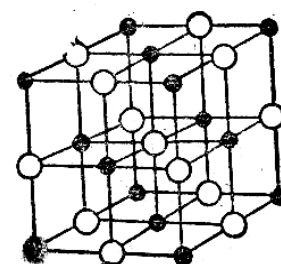


Рис. 2.34. Модель просторової кристалічної гратки.

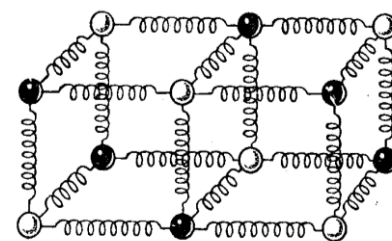


Рис. 2.35. Динамічна модель кристалічної гратки.

для демонстрацій моделі, де кульки з'єднані пружинами і можуть рухатися – динамічні механічні моделі просторових кристалічних ґраток (рис. 2.35).

Одним із дослідників будови кристалічної ґратки був відомий український математик Г.Ф. Вороний (1868-1908), який вивчав проблему щільного пакування простору кулями [122, с. 141-153].

Закріплюємо вивчений матеріал, запропонувавши старшокласникам вияснити будову кристала звичайної кухонної солі $NaCl$ [125, с. 200-201]. У навчальній літературі можна побачити рисунок, на якому зображені дві кульки, що торкаються одна одної. Одна кулька зображує атом натрію, друга – атом хлору, а разом кульки зображають молекулу солі $NaCl$. Виявляється, що цей рисунок є помилкою. Молекули $NaCl$ солі не існує. Рисунок лише у дещо спотвореній формі ілюструє той незаперечний факт, що до складу кухонної солі завжди входить однакова кількість атомів Na і Cl . Найменшою одиницею складу кухонної солі є пара атомів Na і Cl . Але жодна пара атомів всередині будь-якого кристалика солі не утворює фізично виділеного об'єкту, молекули. Дослідження будови кристалу кухонної солі за допомогою X-променів показали, що кожний атом хлору має шість цілком рівноправних сусідів – атомів натрію. У свою чергу, кожний атом натрію оточений шістьма атомами хлору, які абсолютно однаково взаємодіють з атомом натрію. Однак оскільки жодна пара $Na-Cl$ фізично не виділена, то це й означає, що в кристалі кухонної солі молекул $NaCl$ не існує. Вони існують лише формально – як найдрібніші порції складу солі.

Тоді може молекул взагалі не існує? Ні, звичайно, молекули є, але вони досить рідко зустрічаються у світі неорганічних кристалів і в розчинах неорганічних речовин. З молекул побудовані елементарні гази і органічні сполуки. Тому учням пояснюємо, що правильно буде говорити, що усі тверді тіла складаються із частинок, а для кожного окремого випадку слід уточнити, з яких саме (молекул, атомів, йонів).

Вивчення питання про **елементарну комірку** розпочинаємо із актуалізації знань учнів про дальній порядок у розміщенні частинок у

кристалі. Оскільки існує дальній порядок, то немає змісту для вивчення властивостей кристалів використовувати зразки, що мають макроскопічні розміри. Оскільки в 1 см^3 кристала міститься біля 10^{23} атомів, то набагато простіше досліджувати розміщення атомів у мінімальному об'ємі кристала, який повністю відображає всі його структурні властивості. Такий мінімальний об'єм називають елементарною коміркою кристала. Кристал макроскопічних розмірів, який складений із великої кількості елементарних комірок, схожий на стіну будинку, яка складена з цеглин.

Давши дані пояснення та означення, зарисовуємо на дошці приклади елементарних комірок (рис. 2.36).

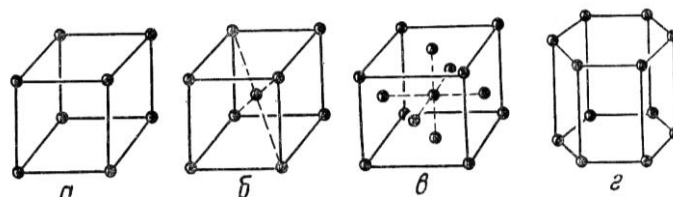


Рис. 2.36. Приклади простих елементарних комірок (а – куб, б – об'ємноцентрований куб, в – гранецентрований куб, г – гексагональна призма).

Для закріплення вивченого матеріалу пропонували старшокласникам оцінити розміри найпростішої елементарної комірки [129, с. 46-47]. Кристал хлористого цезію CsCl складається із

комірок, які мають форму куба, у вершинах якого розміщені іони хлору, а у центрі – іон цезію. Можна оцінити відстань між іонами у такій гратці. Маса кіломоля хлористого цезію $m=168 \text{ кг}$, а його густина $\rho=4 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$. Отже,

молекули одного кіломоля хлористого цезію займають об'єм $V_0 = \frac{m}{\rho}$ (2.2),

$$V_0 = 42 \times 10^{-3}, [V_0] = \text{м}^3.$$

Число іонів цезію дорівнює числу комірок. Оскільки, число молекул у одному кіломолі будь-якої речовини дорівнює: $N_A = 6 \times 10^{26}$ (число Авогадро),

то об'єм однієї комірки кристала хлористого цезію дорівнює: $V = \frac{V_0}{N_A}$ (2.3);

$V = 7 \times 10^{-29}, [V_0] = \text{м}^3$. Оскільки комірка кубічна, то сторона куба дорівнює відстані між іонами хлору, тобто наближено $4 \times 10^{-10} \text{ м}$.

Поняття про поліморфізм. Увагу учнів активізує розповідь про історію винайдення штучних алмазів [128, с. 190-193]. Алмази рідко зустрічаються у природі. Вони в 200 разів дорожчі від золота. 80% добутих природних алмазів і майже всі штучні алмази використовуються в металообробній промисловості.

Мабуть чи не перші наукові дослідження з алмазами провів Р. Бойль (1627-1691), який, нагрівши кристали алмазу до високої температури, помітив, що алмаз зник, залишивши «їдку пару». Приблизно тоді ж І. Ньютон (1643-1727) встановив, що ці кристали мають досить високий показник заломлення світла. Приголомшене відкриття було зроблено в середині XVIII ст. французьким хіміком А. Лавуазьє (1743-1794), який спалив у повітрі куски алмазу і довів, що «їдка пара», яка при цьому утворюється і яку спостерігав Бойль, є нічим іншим, як вуглекислий газ. Мабуть, проведені дослідження коштували Лавуаз'є досить дорого, проте слава окупила їх. У результаті цих дослідів наука вперше довідалася, що алмаз – чистий вуглець. Але усі роботи із синтезу алмазів не приносили остаточного успіху.

Вперше теоретично умови переходу графіту в алмаз були встановлені лише в 1938-1939 рр. академіком АН УРСР О.І. Лейпунським (1903-1972), який тоді працював в Українському фізико-технічному інституті (1929-1941), а пізніше – в Інституті фізики АН УРСР (1941-1952). Відкритий ним метод одержання штучних алмазів є основою сучасних методів їх синтезування. Лейпунський показав, що всі пошуки синтетичних алмазів проводилися в умовах, коли графіт виявлявся більш стійкою формою вуглецю, ніж алмаз. Вчений писав, що для отримання штучних алмазів спочатку потрібно нагріти графіт не менше, ніж до температури 2000°C, щоб атоми вуглецю могли переходити з місця на місце, а потім вуглець слід стиснути тиском, не меншим ніж 60000 атмосфер. Лейпунський розпочав експериментальні роботи із реалізації своїх теоретичних досліджень, але Друга світова війна стала на перешкоді задумам вченого.

Вперше штучні алмази були одержані у Швеції у 1953 р. На Україні розробка промислової технології синтезування алмазів була проведена у лабораторії під керівництвом професора В. Бакуля (1908-1978) в Українському науково-дослідному інституті синтетичних надтвердих матеріалів, де вже в жовтні 1961 р. вчені отримали першу партію синтетичних алмазів. Безпосередньо, в умовах Науково-дослідного інституту протягом 1961–1965 рр. було створено перше промислове виробництво штучних алмазів. У 1966 р. у Полтаві було завершено будівництво заводу синтетичних алмазів, який виявився на той час одним із найбільших у світі.

Найбільш яскравим прикладом поліморфізму є Карбон, який існує у двох модифікаціях – графіті та алмазі: у першому випадку атоми Карбону утворюють м'яке, чорне, непрозоре тіло, а у другому – тверде та прозоре (рис. 2.37).

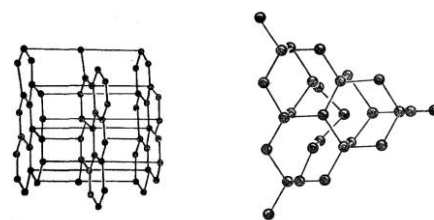


Рис. 2.37. Кристалічні ґратки графіту та алмазу.

Розповідь про поліморфні переходи ілюструємо дослідом Бреґга [129, с. 63-64]. Між двома штативами натягуємо відрізок сталювого дроту довжиною 2-3 м і діаметром 0,4-0,6 мм (рис. 2.38). Посередині дротини прикріплюємо покажчик із тонкої жести, навпроти нього розміщуємо вертикально лінійку. Дротину нагріваємо за допомогою електричного струму, величину якого регулюємо за допомогою реостата чи автотрансформатора. У міру нагрівання дротини її довжина збільшується, а тому вона провисає (учні з курсу фізики 8-го класу знають про кількість тепла, що виділяється провідником із струмом та про об'ємне розширення твердих тіл при нагріванні).

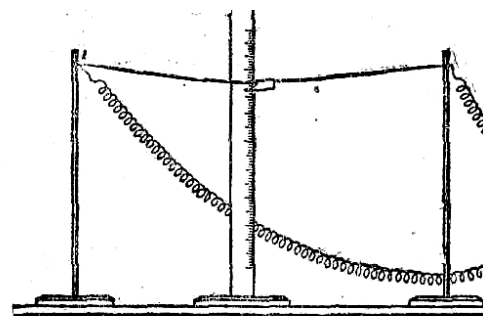


Рис. 2.38. Рисунок, що ілюструє поліморфні переходи (дослід Бреґга).

Після того, як температура дротина нагріється до температури 900°C-950°C (при цьому вона набуває майже білого кольору), струм вимикаємо. При поступовому охолодженні дротини вона скорочується, що добре видно із підняття покажчика. Однак після зниження температури до деякої величини (910°C) відбувається швидке її самонагрівання, а тому вона розширюється і провисає. Це пояснюють наступним чином: сталевий дротини являє собою сплав Карбону і Феруму, а у якійсь точці відбувається перехід від однієї кристалічної структури Феруму до іншої.

У точці такого поліморфного переходу γ -Fe (рис. 2.39) у α -Fe (рис. 2.40) відбувається

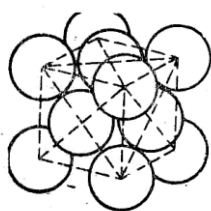


Рис. 2.39. Гратка та упаковка частинок γ -Fe.

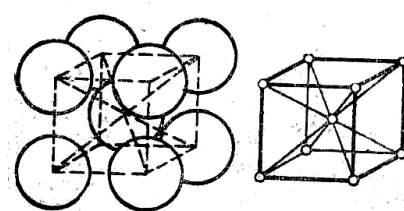


Рис. 2.40. Гратка та упаковка частинок α -Fe.

перекристалізація, а учні знають, що при кристалізації виділяється

певна кількість тепла. При подальшому охолодженні дротина буде скорочуватися.

Активізує навчально-пізнавальну діяльність старшокласників у процесі вивчення питання про **симетрію кристалів** розповідь про розвиток досліджень у даному напрямку [129, с. 47-60]. Цікавість учнів викликає повідомлення про те, що у Мадриді в знаменитій картинній галереї Прадо стоїть скульптура із мармуру, яка зображує вродливу жінку. Надпис на фундаменті свідчить, що перед нами статуя богині симетрії. Існування такої скульптури є доведенням того, що поняття «симетрія», як і саме слово, з'явилися давним-давно і задовго до того, як симетрія стала предметом дослідження науки.

Вдалим є дотепне визначення поняття «симетрія» видатного німецького математика Г. Вейля (1885–1955), який все життя цікавився проблемами симетрії і який присвятив їй свою останню працю. Згідно з Вейлем симетричним називається такий предмет, який можна якось змінювати і

дістати в результаті те саме, з чого починали. А строге визначення поняття у фізиці: симетрія – це наявність у об'єктів, процесів та явищ таких фізичних характеристик, які залишаються незмінними (інваріантними) відносно певних перетворень.

Одним із перших вчених, хто дав початок науковому вченню про симетрію кристалів, був Р. Гаюї (1743-1822), який у 1815 р. сформулював загальне уявлення про симетрію на прикладі прямокутного паралелепіпеда («цеглини»), із сукупності яких, на його думку, складаються кристали (рис. 2.41).

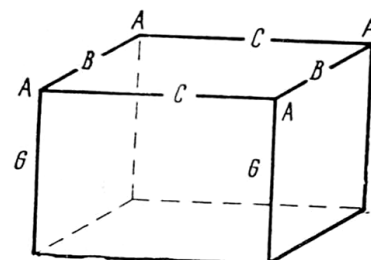


Рис. 2.41. Прямокутний паралелепіпед, за Гаюї.

У такому прямокутного паралелепіпеді довжини ребер B , C і G різні, а рівні лише ребра, позначені однаковими буквами, взяті попарно. Спостерігається ідентичність і між кутами, однієї і тієї ж грані. Однак кут CAB не ідентичний CAG (бо ребро B відрізняється від ребра G). У паралелепіпеді кожна грань має собі протилежну, яка лежить паралельно до першої, дорівнює їй і ідентична за напрямком. Гаюї застосував ідею симетрії не лише до форми, а й до фізичних властивостей кристалів: електропровідності, теплопровідності, показника заломлення світла.

Розглядаємо три найпростіші елементи симетрії, які прослідковуються у кристалах: вісь симетрії, площина симетрії, центр симетрії.

Типи зв'язку. При викладі даного питання ми враховуємо той факт, що даний навчальний матеріал учні вивчали на уроках хімії, а тому потрібно його лише узагальнити (табл. 2.9).

Звертаємо увагу учнів не лише на відмінні, але й спільні риси, які характеризують кожний вид зв'язку:

- ✓ між частинками діють одночасно і сили взаємного притягання, і сили взаємного відштовхування, сили взаємодії є рівнодійними цих двох сил;

✓ сили відштовхування зі зменшенням відстані між частинками збільшуються швидше, ніж сили притягання;

✓ на відстанях, менших від відстаней, які відповідають положенню рівноваги, переважають сили відштовхування, а на більших – сили притягання. На відстанях, які в багато разів перевищують відстані, що відповідають рівноважному стану тіла, сили взаємодії дорівнюють нулю (крім зв'язків Ван-дер-Ваальса);

✓ всі зв'язки, крім зв'язків Ван-дер-Ваальса, короткодіючі.

Таблиця 2.9

**Класифікація кристалів за типом хімічного зв'язку
між складовими частинками**

Тип зв'язку	Йонний	Ковалентний	Металічний	Молекулярний
Приклад	Кухонна сіль	Алмаз	Метали	«Сухий лід»
Складові частинки	Різнойменні іони	Атоми	Позитивні іони	Молекули
Характер зв'язку	Електростатичне притягання	Кожні два атоми зв'язані парою електронів	Позитивні іони, зцементовані усуспільненими електронами	Сили Ван дер Ваальса
Енергія зв'язку	$\approx 10^5$ Дж/моль	$\approx 10^6$ Дж/моль	$\approx 10^5$ Дж/моль	$\approx 10^3$ Дж/моль
Характерні властивості	Висока температура плавлення, погана електропровідність (через відсутність вільних носіїв), прозорість	Висока твердість, велике тепло сублимації	Висока теплопровідність та електропровідність, оптична непрозорість, блиск	Невелика міцність та температура плавлення, значне теплове розширення

кристалічної ґратки, які називають вакансіями (рис. 2.42, в). Ці обидві теорії увійшли в фізику під назвами «дефектів за Френкелем» і «дефектів типу Шотткі». Як показали експериментальні дослідження ті та інші види дефектів зустрічаються у природі, але в різних речовинах.

Дослідженням вакансій займався український кристалофізик, уродженець Львівщини О. Стасів (1903-1985) – дійсний член НТШ і Українського Інженерного товариства, почесний член Німецького фотографічного товариства, один із фундаторів міжнародного журналу з ФТТ “Physica Status Solidi” та автор посібника з кристалофізики “Електронні та іонні процеси в іонних кристалах” [122, с. 95-102]. У Берліні в 1951 р. Стасів заснував Інститут кристалофізики Німецької Академії наук, який був відомим у Європі центром кристалофізичних досліджень.

Серед дефектів кристалічної ґратки виділяють лінійні дефекти – дислокації. Найпоширенішими серед дислокацій є крайові і гвинтові дислокації. Крайова дислокація являє собою обрив однієї з атомних площин усередині кристала (рис. 2.43). Демонструємо старшокласникам зошит, відриваємо частину одного із аркушів і закриваємо зошит. Край цього обірваного аркуша моделює крайову, або лінійну дислокацію. У випадку гвинтової дислокації окремі атомні площини виявляються зсунутими на деякій відстані відносно інших на певну величину. Утворена цими площинами гвинтова поверхня нагадує собою гвинтові сходи.

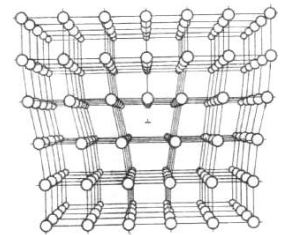


Рис. 2.43. Розміщення атомів у кристалі поблизу крайової дислокації.

Способи керування механічними властивостями твердих тіл. Акцентуємо увагу учнів на тому факті, що виникнення теорії дислокацій (1934 р.) мало вирішальне значення для розвитку ФТТ [129, с. 75-76]. У роботах Я. Френкеля і Т. Конторової (1938 р.) вперше було висловлено припущення про динаміку переміщення дислокацій. Це мало важливе практичне значення. Щоб створити міцні матеріали, потрібно було знайти

способи зменшення числа дислокацій або зменшити їх рухливість. Виявилося, що перешкодою, яка гальмує рух дислокацій, можуть бути самі дислокації! Хоча дислокації знижують міцність кристалів, але коли їх багато, то це має зворотну дію: при дії зовнішньої сили кожній дислокації доводиться проходити через велику кількість інших дислокацій, а тому її рухливість зменшується. Піддаючи метал механічній обробці, збільшують кількість дислокацій і тим самим підвищують міцність металів.

Утворення кристалів у природі та способи отримання їх у техніці.

Учні із власного досвіду знають про симетрію сніжинок. Пропонуємо учням пояснити даний факт [130, с. 11]. Чому сніжинки мають форму шестикутника або шестикутної зірочки? Чому всі шість кінців сніжинки абсолютно однакові?

Розповідаємо старшокласникам, що перше наукове трактування ця проблема отримала у праці німецького фізика та астронома І. Кеплера (1571-1630) “Про шестикутний сніг”, де показано, що сніжинки підкоряються законам геометрії – усі вони мають форму правильних шестикутників, тобто діє закон сталості кутів.

Сучасній науці відомо, що форма сніжинки відображає форму молекул, з яких вона складається. Кут між гранями сніжинки становить 120°C , тому в молекулі води H_2O два атоми Гідрогену утворюють кут близько 120°C з вершиною в атомі Оксигену. Довершеність найдрібніших деталей сніжинки пов’язана із процесом росту кристалів у результаті осідання пари води на поверхню, що коливається під час її падіння. Природа кристалічних форм є наслідком як внутрішньої структури, так і зовнішнього середовища, що утворює кристал.

Гексагональна структура сніжинок визначається гексагональною упаковкою молекул води, які утворюють сніжинку. Як тільки виникає початковий «зародковий» кристал, молекули води збираються в його кутах і повільно наростають, утворюючи «гілочки» сніжинки. Форма сніжинки залежить від швидкості її падіння, температури і концентрації водних парів.

Але конкретний характер цих залежностей мало вивчений. Симетрія сніжинок свідчить про те, що умови приєднання молекул і росту гілок в межах одної сніжинки повинні бути всюди однакові.

Наявність у кристалів плоских граней пояснюємо за допомогою рисунка чи моделі, які ілюструють кристал у процесі росту (рис. 2.44). Очевидно, що при утворенні кристала атоми скоріше будуть приєднуватися у точці *A*, а не у точках *B* і *C*.

Це можна пояснити тим, що в точці *A* на атом, який приєднується буде діяти з трьох сторін, а не з двох чи з однієї, як у точках *B* і *C*. По суті сама форма монокристала – це наслідок анізотропії його росту.

Знайомимо учнів із гіпотезою кристалографа Дж. Франк, який припустив, що кристал росте не паралельними шарами, а гвинтовими сходами, спіраллю (рис. 2.45) [129, с. 41-42]. Кристал при рості, ніби, накручується сам на себе, просуваючись вперед на сходинку. До цієї гіпотези, заслуханої у 1948 р. на конференції, присвяченій проблемам росту кристалів, вчені спочатку віднеслись з недовірою, але дослідники на гранях кристалів виявили справді спіральні виступи. Цю ж теорію висунув ще у 1945 р. на засіданні Академії наук у Москві учень А. Шубнікова Г. Леммлейн.

Активізує увагу учнів розповідь про внесок українських вчених у методику вирощування кристалів [122, с. 12-30]. Дослідники з давніх-давен вміли вирощувати кристали, але довгий час не могли пояснити сам процес їх утворення. Досить вагомий внесок у наукове пояснення процесу утворення кристалів зробив Товій Ловіц (1757-1804), праці якого довгий час були

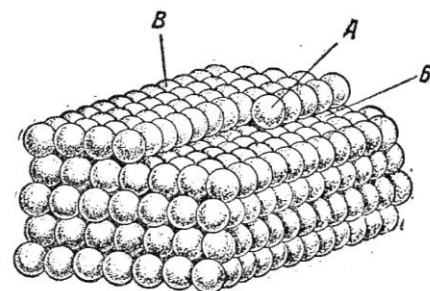


Рис. 2.44. Схема процесу росту кристала.

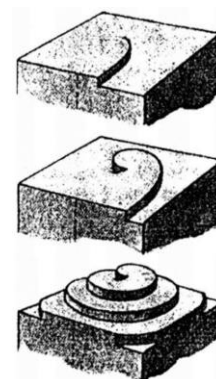


Рис. 2.45. Ілюстрація до гіпотези Франка.

несправедливо забуті дослідниками. На думку вченого, кристали з розчину можна виділити, по-перше, шляхом випаровування розчину, тобто створенням необхідного для початку кристалізації перенасичення, а, по-друге, – шляхом охолодження розчину.

Значного розвитку наукові ідеї Ловіца отримали у докторській дисертації Ю. Вульфа (1863-1925) “До питання про швидкості росту та розчинення кристалічних граней”, яка була успішно ним захищена у 1896 р. у Одеському університеті. Перша частина роботи присвячена утворенню конвекційних потоків. Коли кристал росте з розчину, то найближча частина розчину, яка прилягає до кристала, віддає йому частину розчину. При цьому, ця найближча ділянка стає легшою від іншого розчину і піднімається над кристалом у вигляді вертикального потоку. Взамін цієї області до кристала надходить новий більш густіший розчин, причому зверху його найменше. Такі конвекційні потоки Вульфа вдалося сфотографувати. Їх зумовлює дія сили тяжіння і ці потоки створюють неоднакові умови росту кристала у різних напрямках. У випадку, коли кристал росте з розплаву, ці потоки утворюються із іншої причини: процес кристалізації супроводжується виділенням певної кількості тепла, внаслідок чого розігріта рідина, стаючи більш легкою, утворює вертикальний потік над кристалом, а на її місце приходить нова більш холодна рідина.

Для того, щоб виключити вплив конвекційних потоків на кристал, який росте, Вульф сконструював кристалізатор: посудина з розчином оберталася навколо горизонтальної осі, на якій був закріплений кристал (рис. 2.46).

Внаслідок цього через кожні пів-оберта верхня та нижня частини сторони кристалу міняються місцями, а тому дія конвекційних потоків на кристал усувається.

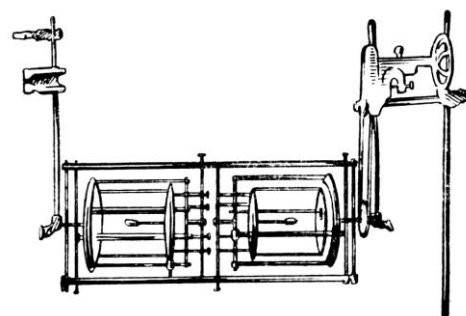


Рис. 2.46. Кристалізатор Вульфа.

Кристали можна вирощувати як з розчину, так із пари та розплаву. Саме над останнім способом вирощування кристалів, вперше запропонованим і детально вивченим у 1903 р Г. Тамманом, працював Л. Шубніков (1901-1937) – український вчений, професор Харківського університету. Л. Шубніков разом з І. Обреїмовим розробив новий метод вирощування монокристалів із розплавів (метод Обреїмова-Шубнікова). Шубнікову вдалося виростити найчистіші (з мінімальною кількістю домішок) на той час монокристали вісмуту. Шубніков був організатором і першим керівником Кріогенної лабораторії Харківського фізико-технічного інституту (ХФТІ). Здійснив низку відкриттів, зокрема, у фізиці низьких температур (у 1931 р. отримав рідкий водень, а наступного року – рідкий гелій). Вчений зумів би зробити ще набагато більше, якби його несправедливо не звинуватили та стратили.

На рис. 2.47 зображено схему установку, за допомогою якої Шубнікову вдалося виростити найчистіші на той час монокристали вісмуту. Розплавлений метал наливався у скляну трубку із тонким відтягнутим запаєним кінцем. Повітря із трубки викачувалося і трубка запаювалася та вставлялася у піч. Температура печі підтримувалася трохи вищою, ніж температура плавлення металу. Відтягнутий кінець трубки, що виступав із печі, охолоджувався холодним потоком повітря, а тому метал у ньому застигав і починав кристалізуватися. Кінець трубки досить вузький, а тому у ньому утворюється та росте лише один кристал. Оскільки температура розплаву у трубці над кристаликом увесь час вища, ніж температура плавлення, то ніякі інші кристалики у розплаві не утворюються. При подальшому охолодженні кристал, що росте, поступово заповнює усю трубку.

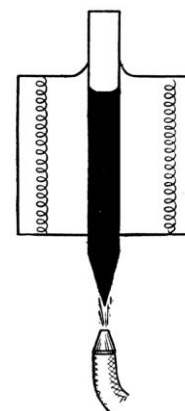


Рис. 2.47. Схема установки Обреїмова-Шубнікова.

Методом Обреїмова-Шубнікова вдавалося вирощувати монокристали олова, вісмуту, кадмію, алюмінію, магнію та інших металів довжиною до 30 см і діаметром 1-30 мм.

Вивчення питання про **рідкі кристали** розпочинаємо із розповіді про глюоризм – лікувальний живопис, який з'явився завдяки синтезу науки і мистецтва. Доктор технічних наук, професор Г. Сергеев запропонував оригінальні прилади для діагностики та лікування різних захворювань. Разом з дружиною Ю. Вороною ними розроблені полімерні речовини – рідкі кристали, близькі за своїми характеристиками до живого організму. Цим лікувальним складом, як лаком, покривають картини, виконані із гвоздик, троянд, спілої горобини. Від таких картин надходить свіжість та ніжний аромат. Лікувальний ефект створює полімерне покриття. Речовини зберігають свою молекулярну структуру і довговічність квіткової гами – це підсилює емоційну реакцію організму. Крім цього, вони мають ще й молекулярне випромінювання, яке сприймається клітинами організму. Лікувальний ефект був перевірений за допомогою високочутливих приладів.

Далі пояснюємо учням, що за типом просторової структури розрізняють нематичні, смектичні та холестеричні рідкі кристали. Для перших характерний далекий орієнтаційний порядок, але порядку у розташуванні центрів цих молекул немає (рис. 2.48, а). Другі впорядковані за напрямом своїх поздовжніх осей молекули (рис. 2.48, б). У кристалах третього типу всі молекули кожного шару орієнтовані паралельно площині цього шару. При підвищенні температури анізотропія рідких кристалів поступово зменшується, бо зменшується орієнтаційна впорядкованість моле-

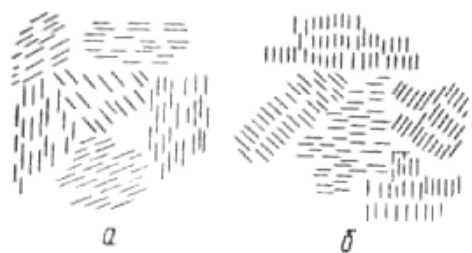


Рис. 2.48. Схематичне зображення будови нематичних і смектичних кристалів.

кул. При нагріванні рідких кристалів спостерігається типова послідовність фазових переходів: кристал – смектична фаза – нематична фаза – аморфна рідина.

Узагальнюємо вивчений матеріал про рідкі кристали за допомогою таблиці (табл. 2.10):

Таблиця 2.10

Будова і властивості рідких кристалів

Будова	Специфічний стан речовини, якому властиві ознаки як рідини, так і кристала. Розрізняють три основні типи рідких кристалів: смектичні, нематичні, холестеричні. У нематичних рідких кристалах (від грец. «нема» – нитка) молекули схожі на нитки і присутній далекий орієнтаційний порядок. У смектичних рідких кристалах (від грец. «смеґма» – мило) рівень впорядкованості вищий (молекули смектика згруповані у шари). У холестеричних рідких кристалах всі молекули кожного шару орієнтовані паралельно площині цього шару.
Властивості	1. Анізотропія. 2. Мутність (через подвійне променезаломлення). 3. Мала в'язкість.
Практичне використання	Прикладом смектика є розчин мила у воді. Шари молекул мила легко ковзають один відносно одного, забираючи із шкіри бруд. Властивість холестеричних рідких кристалів змінювати колір у разі зміни температури використовують у медицині: індикатори зміни температури тіла (для визначення ділянок тіла з підвищеною температурою) і в техніці: (датчики для перетворення невидимого випромінювання від нагрітих тіл у видиме зображення). Найпопулярніше поле для використання рідких кристалів – рідкокристалічні дисплеї. Принцип дії таких пристроїв заснований на ефекті електричного переходу Фредерікса – переорієнтації молекул рідкого кристалу в комірці за наявності прикладеної до цієї комірки напруги.

Кристали і життя. У багатьох галузях людської діяльності використовуються нині кристали, а мозок людини і тварини – складна

кристалічна структура, в основі якої є рідкі кристали. Кристал, як правило, є символом неживої природи. Однак, межу між живим і неживим встановити досить складно і поняття «кристал» та «життя» не заперечують один одного [169].

Вчені встановили, що молекули дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) несуть у собі повну інформацію про будову і розвиток усього живого організму. У 1953 р. англійські дослідники Джеймс Уолт і Френсіс Крік відкрили структуру цієї загадкової молекули. Вони з картону та металу виготовили модель ДНК, яка складається із двох спіральних ланцюгів. Сенсацією стало те, що принцип будови ДНК однаковий для усіх живих організмів від бактерій до людини. За це відкриття, яке стало першим кроком на шляху пізнання законів життя, вчені отримали Нобелівську премію.

Молекула ДНК являє собою подвійну спіраль, яка складається із невеликого числа порівняно простих молекулярних сполук, що повторюються у строго визначеному для даного виду порядку. Діаметр молекули ДНК дорівнює 2×10^{-9} м, а довжина може досягати декількох сантиметрів. Такі гігантські молекули з точки зору фізики розглядаються як особливий вид твердого тіла – одновимірні аперіодичні кристали.

Вивчення будови та властивостей **аморфних тіл** розпочинаємо із демонстрації моделі лінійної молекули поліетилену (рис. 2.49), вказуючи при цьому, що в аморфних тілах молекули розміщені не зовсім хаотично. За допомогою Х-променів було виявлено певну впорядкованість у розміщенні близьких молекул (як у рідин). Цей своєрідний порядок відносно близьких сусідів називається близьким порядком. Він зникає у міру віддалення від розглядуваної молекули (атома).

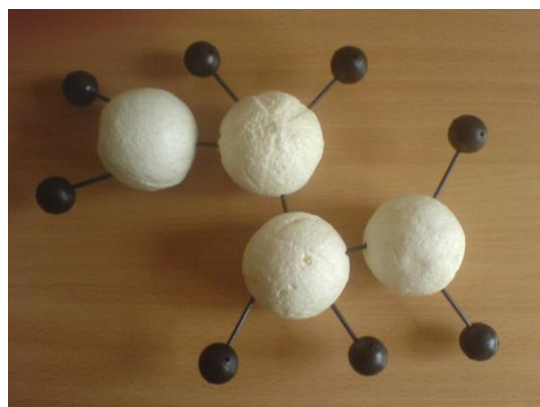


Рис. 2.49. Модель лінійної молекули поліетилену.

Вказуємо на відмінності у властивостях між кристалічними та аморфними тілами. Крім того, що аморфні тіла ізотропні, а кристалічні – анізотропні, спостерігаються ще відмінності при переході рідини у твердий аморфний стан або відповідно у кристалічний стан. З рідкого стану в твердий аморфна речовина переходить не при визначеній температурі, як це буває у кристалічних тіл, а поступово – у деякому інтервалі температур (існує інтервал розм'якшування, який для звичайних стекол становить від 500°C до 1000°C). Запас енергії у аморфному тілі набагато більший, ніж у кристалічному. А тому аморфний стан є нестійкий і тіло намагається перейти у стабільну кристалічну структуру із мінімальною внутрішньою енергією.

Узагальнюємо вивчений матеріал про будову та властивості аморфних твердих тіл за допомогою таблиці (табл. 2.11):

Таблиця 2.11

Будова та властивості аморфних твердих тіл

Будова	Ближній порядок, що зумовлює ізотропію властивостей. Аморфний стан нестійкий: через деякий час аморфна речовина переходить у кристалічний стан.
Властивості	<ol style="list-style-type: none"> 1. Відсутність певної температури плавлення. 2. В'язкість аморфних речовин під час нагрівання зменшується; вони переходять у рідкий стан, розм'якшуючись поступово. 3. Пластичність, тобто відсутність межі пружності.
Практичне використання	<p>Полімери – високомолекулярні сполуки, відносна молекулярна маса яких може змінюватися від декількох тисяч до мільйонів. До них належать такі природні речовини, як бавовна, шерсть, дерево, шкіра, натуральний шовк, каучук, ебоніт тощо. Із біополімерів (білків, нуклеїнових кислот) побудовано клітини всіх живих організмів. Величезну кількість полімерних матеріалів видобувають штучно: віскозний шовк, синтетичний каучук, целофан, органічне скло, поліетилен, пластичні маси, штучні волокна, епоксидні смоли тощо. Завдяки введенню до полімерів домішок, можна створювати речовини з високою твердістю, легкістю, вогнестійкістю тощо.</p>

2.2.2. Аспекти активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення механічних властивостей твердих тіл

9-й клас

РОЗДІЛ “ОСНОВИ ДИНАМІКИ”

Сила пружності. Закон Гука.

Вивчення даного матеріалу розпочинаємо із наведення відповідних життєвих прикладів. Так, учні з досвіду роботи у шкільній майстерні знають, що тупляться леза рубанка та зубила під час обробки відповідно дерева та металу. Далі демонструємо процес забивання цвяха у дошку за допомогою дерев'яної бруска. На бруску залишаються відповідні сліди. Але на практиці зазвичай користуються молотком.

Демонструючи дані досліди, підводимо учнів до висновку про те, що для обробки матеріалів підбирають тіла, виготовлені із таких матеріалів, деформація яких незначна. Пояснюємо учням, що на практиці ми маємо справу з настільки малими деформаціями, що їх важко помітити. Але у великих конструкціях деформації є значними. Так, канати, на яких висить міст через протоку Форт у Шотландії, при дожині 3 км розтягнуті на 3 м.

Активізує сприймання нового матеріалу дослід з пружиною (рис. 2.50). Учні спостерігають, що коли до пружини підвісити вантаж, то під дією сили тяжіння останній разом з із пружиною почне рухатися, але згодом зупиниться. Пропонуємо учням пояснити причину зупинки вантажу.

Аналізуючи даний дослід учні, приходять до висновку, що на вантаж, крім сили тяжіння, діє інша сила, напрямлена вгору. Ця сила отримала назву **сили пружності**. Пояснюємо, що у нашому досліді чим більший розтяг пружини, тим більша сила пружності, і коли вона дорівнюватиме силі тяжіння, яка діє на вантаж, то останній зупиняється. Важливо, щоб учні усвідомили, що деформується не



Рис. 2.50. Демонстрація дії сили пружності.

тільки пружина, а й досліджуване тіло. Можна показати, наприклад, як деформується наповнена повітрям гумова куля, покладена на пружину.

Розвитку пізнавального інтересу учнів сприяє опис історії відкриття **закону Гука** [128, с. 27-31].

У 1676 р. англійський фізик Р. Гук (1635-1703) встановив відомий закон. Для цього вчений виготовляв пружину із металевої (сталльної або латунної) дротини із довільною кількістю кілець. Закріпивши один кінець виготовленої пружини на цвяху, до іншого кінця дослідник підвішував вантаж, що розтягував пружину на певну довжину, яка фіксувалася (рис. 2.51).

Гук встановив, що вантаж однієї визначеної маси розтягує пружину на одну визначену міру довжини, два таких самих вантажі – на дві міри, три – на три і т. д. У випадку із годинниковою пружиною вчений фіксував кут, на який повертається коліща під дією шовкової нитки із вантажем. Аналогічні вимірювання вчений провів із струною та шматком дерева. На основі усіх цих вимірювань Гук робить висновок, що “яке видовження, така і сила”. На сучасній, строгішій фізичній мові це означає, що видовження тіла прямо пропорційне до сили, яка розтягує тіло.

Після подання даного історичного матеріалу пропонуємо учням відтворити частину дослідів Гука за допомогою пружини і різноважків. Отримані експериментальні результати учні записують у зошит та аналізують.

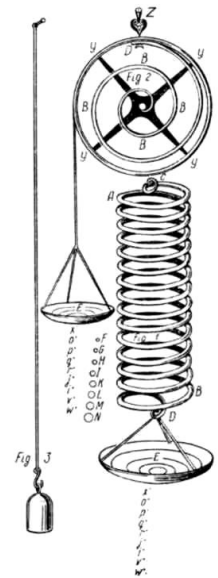


Рис. 2.51. Ілюстрація до дослідів Р. Гука.

10-й клас

УНІВЕРСАЛЬНИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛІ

Розділ “Основи молекулярно-кінетичної теорії”

Механічні властивості твердих тіл і матеріалів: пружність, міцність, пластичність. Види деформацій. Створення матеріалів із заданими фізичними властивостями.

Механічні властивості твердих тіл і матеріалів: пружність, міцність, пластичність. Актуалізуємо знання учнів про силу пружності, деформацію та закон Гука, здобуті учнями у 9-му класі, зазначаючи, що деформації, які зникають у тілі після припинення дії зовнішніх сил, називають **пружними**, а деформації, які залишаються у тілі після припинення дії зовнішніх сил, – **залишковими**.

Сказане ілюструємо за допомогою демонстрації “Пружна і залишкова деформації”, яку проводимо наступним чином: на демонстраційному столі закріплюємо лещата із двома пластинами однакової довжини та ширини –



стальною та свинцевою. Після цього пропонуємо комусь з учнів несильно зігнути пластини і відпустити

Рис. 2.52. Демонстрація “Пружна і залишкова деформації”: стальна пластина випрямилася після припинення дії зовнішньої сили, а свинцева – залишилася зігнутою.

(звичайно, це може зробити і вчитель, але, якщо зробить учень, то дослід буде переконливішим). Після припинення дії сили стальна пластина випрямляється, а свинцева пластина залишається зігнутою (рис. 2.52).

Властивість матеріалу, яка полягає у тому, що тіла, які виготовлені із нього, під дією зовнішніх сил деформуються, а після припинення їх дії відновлюють свою форму та об’єм, називають **пружністю**. У свою чергу,

залишкова деформація характеризує властивість матеріалу, яка називається **пластичністю**.

Пружність та пластичність притаманна усім твердим тілам. Пояснюємо учням, що поділ тіл на пружні й пластичні тіла – відносний. Якщо розтягувати сталеву пружину, то можна помітити, що при слабкому розтягу вона повністю відновлює розмір і форму, а при значних – у пружині спостерігаються залишкові деформації.

Для демонстрації пластичності виготовляємо із пластиліну брусок і розміщуємо його на двох опорах (рис. 2.53). Якщо на середину бруска покласти вантаж, то доки навантаження невелике, старшокласники не помічають зміни форми бруска. При подальшому збільшенні навантаження у певний момент брусок прогинається і стає криволінійним. Якщо забрати вантаж, то криволінійна форма бруска зберігається.



Рис. 2.53. Демонстрація “Пластичні властивості твердих тіл”:

після припинення дії зовнішньої сили брусок із пластиліну зберігає надану форму.

При нагріванні пластичність багатьох пружних тіл збільшується. Стальному бруску, нагрітому до такої температури, при якій він починає світитися, можна надати будь-якої форми, яка зберігається після охолодження. Цю властивість використовують для виготовлення рейок, труб, листів тощо. При охолодженні пластичність твердих тіл зменшується, а їх пружність збільшується.

Після проведення даних демонстрацій пояснюємо учням механізм виникнення деформації твердих тіл. Кожна частинка у кристалі (молекула, атом чи йон) перебуває у певному положенні рівноваги, в якому сили відштовхування і притягання з боку інших частинок, які утворюють кристал, однакові.

Але якщо якась зовнішня сила змістить частинку трохи вбік від її положення рівноваги, то відразу ж якась із цих сил перевищить решту. Якщо тіло розтягувати (рис. 2.54), то відстані між частинками кристала збільшуються, при цьому сили притягання починають переважати сили відштовхування і прагнуть повернути частинки у попереднє положення рівноваги.

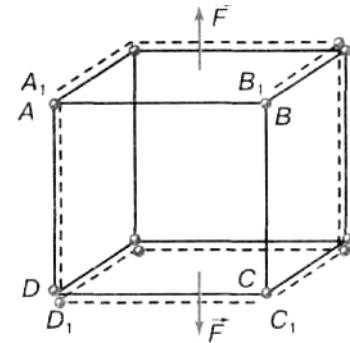


Рис. 2.54. Модель, що демонструє розтяг твердого тіла.

Навпаки, якщо тіло стискати (рис. 2.55) і тим самим зближати частинки, то переважатимуть сили відштовхування, які прагнуть повернути частинки у початкове положення рівноваги.

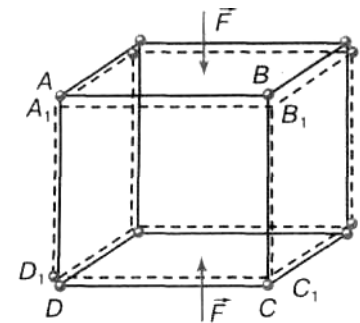


Рис. 2.55. Модель, що демонструє стиск твердого тіла.

Спостерігати і безпосередньо вимірювати сили, які діють на окремі частинки, не можна. Але якщо зовнішні сили зміщують частину тіла, змінюючи його форму та розміри (тобто спричиняють деформацію тіла), то і протидіючі їм внутрішні сили – сили пружності – діятимуть на ту саму частину тіла, прагнучи ліквідувати зміну його форми чи розмірів, що виникли у результаті дії зовнішніх сил. Таким чином, сили пружності, які фіксуються, є рівнодійними дуже великої кількості сил взаємодії між окремими частинками тіла.

При введенні поняття про **міцність** знайомимо учнів із роботами з дослідження міцності, які проводив М.О. Умов (1846-1915) – російський фізик, який протягом 22 років попрацював у Новоросійському університеті в Одесі [122, с. 39-40]. На лекції вченого, які він завжди супроводжував демонстраціями, приходили студенти не лише фізико-математичного, але й інших факультетів. Це можна пояснити хоча б тим, що свої лекції Умов завжди супроводжував дослідями, що демонстрували, яку роль має певний фізичний закон у розумінні явищ у організмі людини.

Так, намагаючись показати значення форми тіла для його механічних властивостей, Умов демонстрував дослід на ілюстрацію трубчатої будови кісток. Вчений брав аркуш паперу AA і, поклавши його на дві трубки BB , як це зображено на рис. 2.56, розміщував посередині різноважок P , який змушував прогинатися аркуш. Коли із цього ж аркуша зробити трубку, то виявляється, що для його деформації потрібний значно більший вантаж Q (рис. 2.57).

Старшокласники із великим інтересом відтворюють досліди Умова (рис. 2.58).

Розповідаємо учням, що серед пружних деформацій за зміною форми тіла

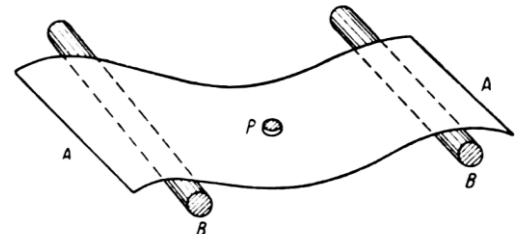


Рис. 2.56. Демонстрація прогину аркуша, за Умовим.

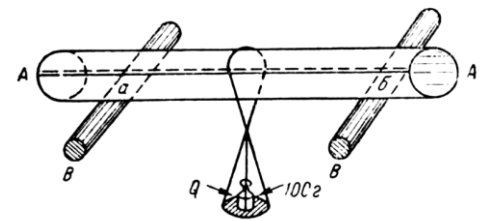


Рис. 2.57. Демонстрація прогину трубки із аркуша, за Умовим.



Рис. 2.58. Демонстрація дослідів Умова.

розрізняють п'ять основних видів: розтяг, стиск, зсув, кручення, згин. Для демонстрації цих видів деформацій використовуємо модель твердого тіла, що складається із дерев'яних пластинок, які скріплені між собою однаковими пружинами (рис. 2.59).

На дошці зарисовуємо модель кожного виду деформації (рис. 2.60) та пропонуємо учням навести приклади.

При деформації розтягу і стиску пластинки залишаються паралельними одна одній і відстань між кожною парою пластин змінюється на однакову величину (рис. 2.60, б, в). На практиці розтягу зазнають троси підйомних кранів, канатних доріг, буксирні троси, струни музичних інструментів. Стиску зазнають колони, стіни, фундаменти будинків.

Деформацію зсуву отримуємо, зміщуючи верхню пластину паралельно до самої себе і тримаючи нерухомою нижню (рис. 2.60, г). При цьому всі пластини змістяться таким чином, що відстань між ними залишиться незмінною. Деформації зсуву зазнають болти, що з'єднують металеві конструкції, ножиці при розрізанні паперу.

Деформацію кручення спостерігаємо при повороті верхньої пластини моделі навколо вертикальної осі. У даному випадку відстані між пластинами не змінюється, але точки пластин, які раніше лежали на одній прямій, тепер не розміщуються на одній прямій. Дана деформація виникає при загвинчуванні гайок, при роботі валів машини.

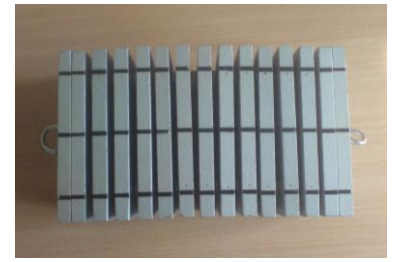


Рис. 2.59. Модель для демонстрації видів деформації.

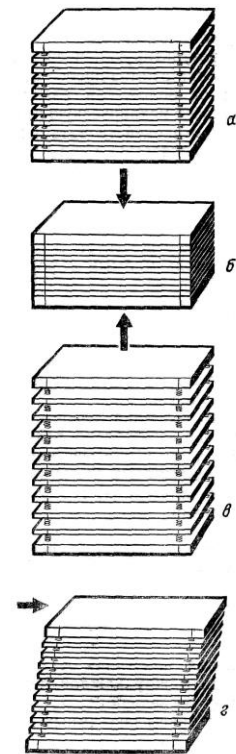


Рис. 2.60. Модель твердого тіла:
а – недеформованого, б –
підданого деформації стиску, в
– розтягу, г – зсуву.

Деформацію згину демонструємо, закріпивши одну нижню пластину у штативі, а до протилежної пластини підвісивши вантаж (рис. 2.61). Згину зазнають балки перекриттів у спорудах та у мостах, що опираються на опори.

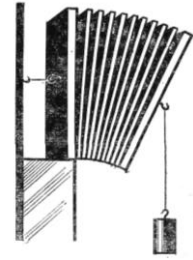


Рис. 2.61. Моделювання деформація згину.

У випадку відсутності заводської моделі твердого тіла використовуємо саморобні прилади для моделювання різних видів пружних деформацій (рис. 2.62).

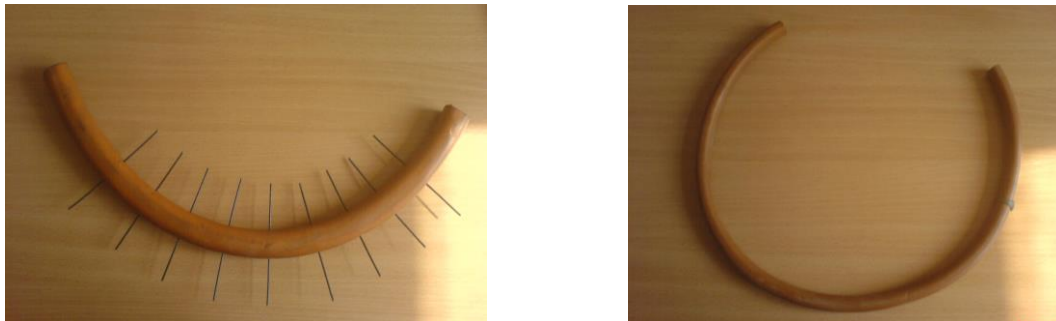


Рис. 2.62. Саморобні прилади для моделювання різних видів пружної деформацій: гумова трубка із шпичками та гумова трубка із каблучкою.

Звертаємо увагу учнів на той факт, що деформація згину зводиться до деформацій стиску і розтягу, що виникають у різних частинах тіла. Посередині тіла розміщений шар, який не зазнає ні розтягу, ні стиску. Цей шар називають нейтральним. Оскільки нейтральні шари зазнають значно меншої деформації, ніж інші частини тіла, то деталі машин і конструкцій, які зазнають згину, економічно вигідно виготовляти порожнистими (рис. 2.63).

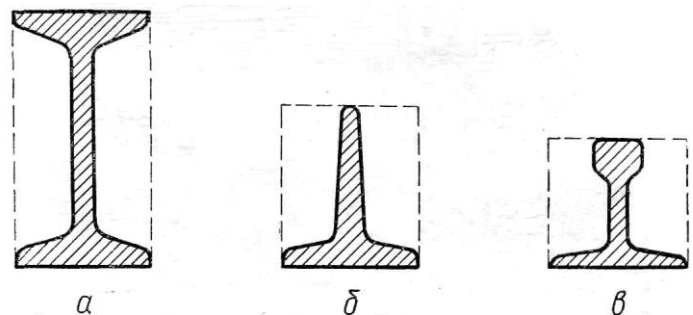


Рис. 2.63. Перерізи: а – двохтаврової балки, б – однотоаврової балки, в – рельси.

Наприклад, трубка із зовнішнім радіусом $R=1.2\text{ см}$ і внутрішнім $r=0,75\text{ см}$ прогинається так, як суцільний брусок квадратного перерізу із стороною $a=2\text{ см}$. А кількість матеріалу, витраченого на таку ж трубку, у 1,5 разів менша, ніж на брусок такої ж довжини.

Узагальнюємо вивчений матеріал про деформації, застосовуючи метод рецензування відповідей однокласниками. Для цього учням повідомляли про те, що людське тіло зазнає достатнього механічного навантаження від власної ваги та м'язевих зусиль, які виникають під час трудової діяльності. Старшокласникам пропонувалося навести приклади частин тіла на відповідний вид деформації. Однокласники під керівництвом вчителя приймали участь у обговоренні відповідей. Наводимо приклади відповідей учнів.

- Деформація стиску: хребтовий стовп, нижні кінцівки.
- Деформація розтягу: верхні кінцівки, зв'язки, сухожилля, м'язи.
- Деформація згину: хребет, кістки тазу, кінцівок.
- Деформація кручення: шия при повороті голови, тулуб у поясниці та кістки рук при повороті.

Цікавість учнів викликає повідомлення про те, що опір крученню досить швидко зростає із збільшенням товщини, а тому органи, які розраховані на виконання крутильних рухів, як правило, довгі та тонкі (шия птахи, тіло змії).

Знайомлячи учнів із методами **створення матеріалів із заданими фізичними властивостями**, розповідаємо, що пластичні властивості металів широко використовуються при їх обробленні тиском: при прокатуванні, протягуванні, штампуванні, куванні тощо [129, с. 101-103].

Куванням називається оброблення металу тиском, внаслідок чого змінюється як його зовнішня форма, так і структура металу. Існують два види кування: вільне кування і кування у штампах. Типовим прикладом використання кування є художнє ковальство.

Штапування деталей звичайно проводиться за допомогою сталених штампів на пресах і молотах (механічних або гідравлічних). Лист металу кладуть між двома половинками форми: штампом і матрицею (рис. 2.64). Гідравлічний чи інший спеціальний прес тисне на штамп. Металевий лист вигинається і в результаті залишкової деформації набирає необхідної форми. Штапувати можна різні матеріали: сталь, латунь, алюміній, пластмасу, картон. Штапуванням виготовляють посуд, частини корпусів автомобілів і літаків, деталі для годинникових механізмів тощо.



Рис. 2.64. Схема штапування.

Протягуванням називається такий вид оброблення тиском, при якому метал протягується через ряд дедалі менших отворів у металевих пластинах (рис. 2.65). Отвори мають форму конусів, зроблених у твердій сталі. Протягуванням виготовляють різні сорти дроту та труби малого діаметра.

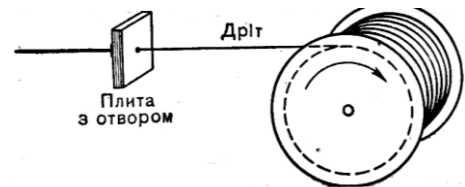


Рис. 2.65. Схема протягування.

Прокатування забезпечує потрібний профіль металу. Процес прокатування полягає у тому, що нагрітий вилівок або заготовка – болванка пропускається між обертовими валиками прокатного стану (рис. 2.66). При цьому відбувається зміна форм заготовки, а також зменшення поперечного перерізу і збільшення її

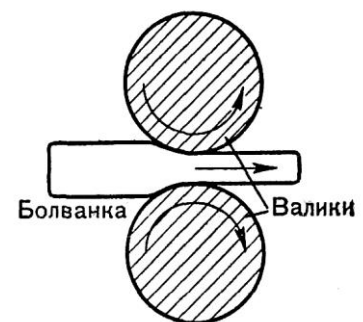


Рис. 2.66. Схема прокатування.

довжини до заданого розміру. Метал, нагрітий до високої температури, звичайно має велику пластичність, а тому легко піддається деформації. Холодне прокатування застосовується тільки при виготовленні тонких

виробів (металеві стрічки, листи для пружин тощо). Продукцією прокатування є або готові вироби (рейки, балки), або заготовки для наступної обробки куванням, штампуванням, протягуванням або різанням.

Свій доробок у створення матеріалів із заданими фізичними властивостями внесли і продовжують вносити українські вчені [122, с. 45-48]. Так, відомим у свій час знавцем у металографії та термічній обробці металів був професор І. Фещенко-Чопівський (1884-1945), який зумів організувати в НТШ у Львові наукове угруповання на зразок наукової школи (Євген Перхорович, Микола Дубовицький). Іван Фещенко-Чопівський – дійсний член НТШ, член-кореспондент Академії технічних наук у Варшаві, автор біля 140 наукових праць, з них 23 монографії. Його роботи присвячені дослідженню будови металів та механічних сплавів, впливу деформацій та температури оточуючого середовища на властивості металів.

Закріплюємо на практиці отримані знання старшокласників про механічні властивості твердих тіл у процесі виконання лабораторної роботи “Визначення модуля пружності гуми”. Перед виконанням даної лабораторної роботи учням давали завдання самостійно сконструювати задачу, в якій пропонувалося б визначити модуль Юнга.

Дротина завдовжки 10 м і площею поперечного перерізу $0,75\text{ мм}^2$ при розтязі силою 100 Н видовжилася на 1 см . Який модуль Юнга для матеріалу, з якого виготовлена дротина?

Із виразу $\frac{\Delta l}{l} = \frac{F}{SE}$ (2.4) отримаємо формулу для визначення E : $E = \frac{Fl}{S\Delta l}$

(2.5). Отже, якщо виміряти F , l , S , Δl , то можна експериментально визначити модуль пружності E .

Важливо, щоб учні експериментальне значення для модуля пружності гуми порівняли із табличним значенням і вказали на причини розходження між ними.

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ

Розділ “Основи молекулярно-кінетичної теорії”

Деформація. Напруга. Механічні властивості твердих тіл: пружність, міцність, пластичність, крихкість.

Діаграма розтягу. Одержання матеріалів із заданими механічними властивостями.

Пропонуємо старшокласникам проаналізувати формулу для визначення величини абсолютного видовження Δl : $\Delta l = l - l_0$ (2.6). Учні приходять до висновку, що абсолютне видовження при розтягу має додатне значення, а при стиску – від’ємне. Пояснюємо, що іншою характеристикою даних видів деформації є відносне видовження ε : $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ (2.7).

Після цього наголошуємо, що досліди із розтягу зразків твердих тіл однакової довжини, але із різною площею поперечних перерізів показують, що при однаковій величині діючої сили абсолютне та відносне видовження обернено пропорційні до площ поперечних перерізів. А тому доцільно ввести поняття **механічної напруги** σ – величини, яка дорівнює відношенню прикладеної сили F , що діє на зразок, до площі поперечного перерізу S :

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (2.8), \quad [\sigma] = \text{Па}.$$

Актуалізуємо знання учнів про закон Гука, за яким для усіх видів пружних деформацій $F = k/x$ (2.9). Наголошуємо, що під F розуміють не рівнодійну всіх внутрішніх сил пружності, що виникають у здеформованому тілі, а рівну, але протилежно напрямлену їм рівнодійну зовнішніх сил.

Вказуємо, що при однаковій силі F величина деформації x залежить не лише від властивостей матеріалу, але й від геометричних розмірів і форми конструкції. Наводимо приклад: якщо з однаковою силою розтягувати сталевий дріт, а потім намотану з нього пружину, то результат буде суттєво різним – пружина видовжиться на багато більшу величину, ніж дротина.

Позначивши x через Δl , вираз (2.9) запишемо у вигляді: $F = k\Delta l$ (2.10).

Поділивши обидві частини останньої рівності на $S \times l$, отримаємо: $\frac{F}{S} = k \frac{\Delta l}{l}$

(2.11). Використовуючи формулу (2.8) останній вираз, можна записати

наступним чином: $\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}$ (2.12), де значення $\frac{lk}{S} = E$ (2.13) називають

модулем Юнга. Таким чином, остаточно отримаємо: $\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}$ (2.14). Останній вираз називають рівнянням **закону Гука**, що визначає залежність деформації від механічної напруги.

Аналізуючи дане рівняння, учні встановлюють фізичний зміст модуля Юнга: якщо $\sigma = E$, то $\frac{\Delta l}{l} = 1$, а оскільки $\Delta l = l - l_0$ (2.6), то це значить, що $l = 2l_0$.

Таким чином, старшокласники приходять до висновку, що модуль Юнга чисельно дорівнює значенню механічної напруги, при якому подвоюються розміри тіла (у випадку розтягу – подвоюється довжина). Учні визначають

розмірність модуля Юнга: $[E] = \left[\frac{lk}{S} \right] = \frac{M \times N}{M^2 \times M} = \frac{N}{M^2}$.

Далі аналізуємо проблемну ситуацію [130, с. 23]. У часи Другої світової війни під час танкових боїв на Курській дузі німецькі війська прорвали радянську оборону і вклинились у неї на 6-8 км. Командування фронтом вчасно ввело в бій резервні частини танкових полків, і ворога було розгромлено. Чому ж противнику вдалось зробити раптовий прорив? У цих боях разом із нашими прославленими танками КВ, ІС, Т-34 брали участь також англійські танки “Матільда”. Під час бою німецькі танкісти помітили, що навіть пряме влучення снарядів у радянські танки не виводило їх з ладу, а влучення снарядів легкої артилерії у танки “Матільда” призводило до повного знищення машин. Фашистські танкісти скористалися з цього і перенесли вогонь на “Матільди”, повністю знищивши їх.

Чому ж радянські танки вистоювали у боях, а англійські танки “Матільда” – ні? Вся справа у міцності сталюї броні танків. Радянська металургія у воєнний час зуміла виготовити для танкової промисловості міцну сталь, а англійська сталь, як виявилось, характеризувалась малою

міцністю. Міцність радянських машин визначалася ще й тим, що броньована обшивка для танків виготовлялась методом зварювання швів, а танки “Матільда” виготовлялись за старим методом – шви з’єднувались заклепками. Броня радянських танків у той час була міцною за рахунок товщини та якості броні (ні німці, ні англійці не вміли будувати машини, які могли б нести на собі таку масу металу броні).

1 січня 1934 р. із ініціативи Є. Патона (1870-1953) був створений Інститут електрозварювання АН УРСР [122, с. 47-48]. Безпосередньо під керівництвом Є. Патона розвивалися дослідження з автоматизації дугового зварювання. У 1939-1940 рр. була завершена розробка методу високопродуктивного автоматичного зварювання під флюсом. Інститут розробив технологію зварювання броньованої сталі, що дало можливість створити поточне механізоване виробництво бронекорпусів танків.

Аналіз даної проблемної ситуації підводить учнів до думки, що перша вимога, яка ставиться до всякої споруди або виробу, – це міцність. Напруга, при якій матеріал, що зазнає деформації, руйнується, називається **межею міцності**.

Цілком очевидно, що у різних спорудах для уникнення полонів і руйнувань не можна навантажувати деталі так, щоб напруга дорівнювала або була близькою до межі міцності. Число, яке показує, у скільки разів межа міцності більша від допустимої напруги, називається запасом міцності. Для сталі, наприклад, беруть запас міцності у середньому від 2,5 до 4, для заліза від 4 до 5, для чавуну від 6 до 8, для дерева від 8 до 10. Величину запасу міцності вибирають залежно від споруди та від характеру навантаження, якого вона зазнає. При стаціонарних навантаженнях запас міцності менший, ніж при змінних навантаженнях, а тому запас міцності особливо великий у спорудах, які зазнають різних ударів.

Метали мають вищу міцність порівняно з іншими матеріалами, тому деталі машин та механізмів зазвичай виготовляють з металів. Для виготовлення різальних та інших інструментів застосовуються спеціальні

інструментальні сталі. Вимірювальні інструменти, наприклад, виготовляють з особливих сортів сталі, до складу яких входять домішки хрому, нікелю, молібдену, марганцю. Після гартування сталь такого складу має підвищену міцність.

Закріплюємо знання учнів про міцність, навівши приклад рослини манжетки звичайної, листки якої мають складчасту форму (рис. 2.67) [130, с. 20-22]. Аналогічну форму мають і листки бука. Дана форма надає листкам додактованої жорсткості та міцності.

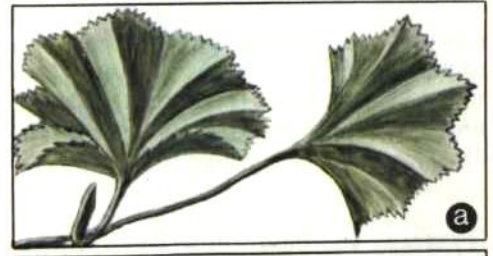


Рис. 2.67. Листки манжетки звичайної.

Зрозуміти учням дані «загадки природи» допомагає демонстрація досліду із аркушем паперу (рис 2.68). Для цього беремо чотири книги приблизно однакової товщини і кладемо на них аркуш паперу таким чином, щоб він утворював своєрідний місток. Коли на останній покласти брусок, то аркуш не витримує маси бруска і прогинається. Якщо скласти із аркуша паперу складчасту конструкцію, то тепер той ж самий аркуш паперу не прогинається під масою бруска.



Рис. 2.68. Демонстрація залежності міцності зразка від його форми.

Зарисовуємо на дошці відповідні схеми (рис. 2.69) і пропонуємо учням пояснити даний дослід. У першому випадку, коли аркуш паперу був гладеньким, то сила ваги вантажу P і сила реакції опори R вигинали матеріал товщиною d . У другому випадку (коли була створена складчаста структура) ті ж сили діяли на матеріал, але його товщина L була набагато більшою.

Пізнавальний інтерес в учнів викликає розповідь про те, що для сучасної архітектури і будівельної техніки характерна увага до найкращих зразків живої природи. Основним вимогами для цих галузей діяльності людини є міцність та легкість, що може бути забезпечене шляхом застосування у будівництві сталей, залізобетону, алюмінію, армоцементну, пластмас. Широкого застосування набувають просторові гратчасті системи. Їх прототипами є каркаси стебла рослини чи ствола дерева, системи прожилок листка і гратка корневих волосин. Італійський інженер П. Нерві використав принцип будови листка дерева у перекритті зали Туринської виставки, завдяки чому легка і тонка конструкція перекриває без опор 98-метровий проліт (рис. 2.70).

Узагальнюємо знання учнів про пружність, пластичність та міцність у процесі аналізу **діаграму розтягу** (рис. 2.71). На прямій OA – деформація пружна. На відрізку AB пропорційність дещо порушується, але деформація

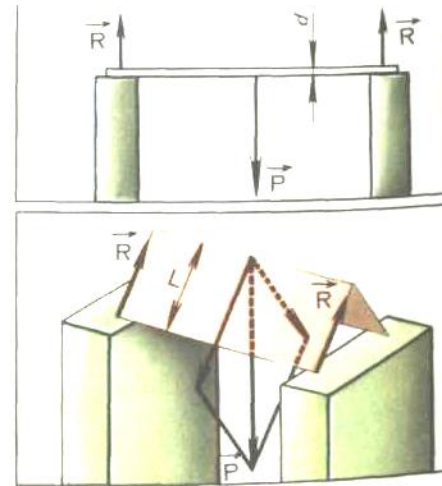


Рис. 2.69. Рисунок, що ілюструє залежність міцності зразка від його форми.

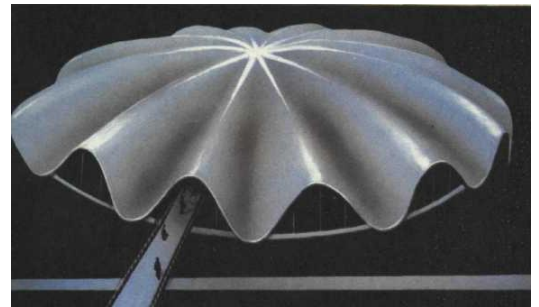


Рис. 2.70. Перекриття зали Туринської виставки (діаметр 98 м).

ще залишається пружною. Ділянка AB невелика і зазвичай для металів деформації є пружними, якщо $\epsilon < 0,2\%$. При напругах, які перевищують межу пружності, зразок після зняття навантаження не відновлює свою форму. Учні вже знають, що такі деформації називають залишковими чи пластичними.

Мірою залишкової деформації є

відрізок $\epsilon_{зал}$ на осі абсцис. У області пластичної деформації (ділянка BCD) деформація відбувається майже без збільшення напруги. На горизонтальній ділянці CD матеріал немов би тече. Матеріали, у яких область текучості CD значна, можуть без руйнування зазнавати великі деформації. Як видно із діаграми розтягу, для подальшого збільшення деформації потрібно знову збільшити напругу (ділянка DE). Після точки E крива йде вниз і все подальша деформація аж до розриву відбувається при все меншій напрузі. Найбільша напруга $\sigma_{міцн.}$ (точка E), яку ще може витримати зразок без руйнування, називають межею міцності. Чим більша межа міцності, тим матеріал міцніший.

Якщо область текучості матеріалу майже відсутня, то останній без руйнування може витримати лише невеликі деформації. Такі матеріали називають **крихкими**. Порівнюючи діаграми розтягу чавуну і сталі, зображених на рис. 2.72, старшокласники видно, що ці матеріали приблизно однаково поведуть себе у області пружних деформацій. Але на відміну від сталі, що має значну область пластичної деформації, у чавуна ця область досить мала. Тому чавун набагато крихкіший від сталі. Учні пропонується назвати приклади крихких матеріалів: скло, цегла, бетон.

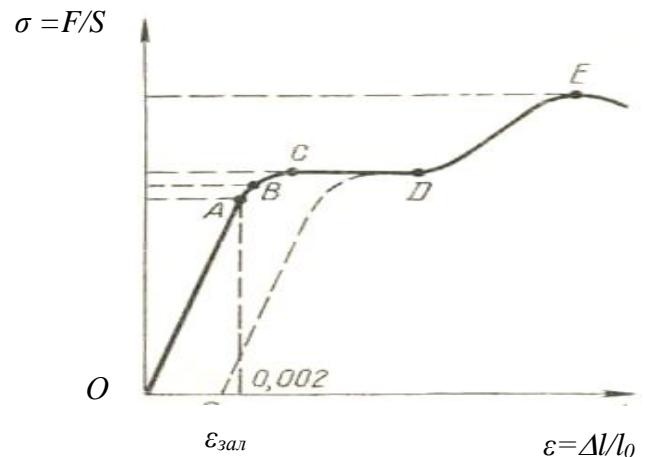


Рис. 2.71. Діаграма розтягу
(A — $\sigma_{\text{пропорц.}}$, B — $\sigma_{\text{пружн.}}$, C — $\sigma_{\text{текуч.}}$, E — $\sigma_{\text{міцн.}}$)

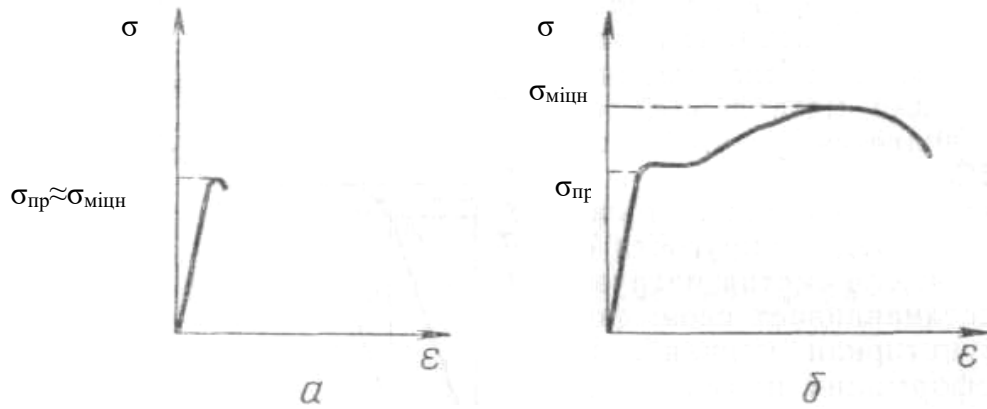


Рис. 2.72. Діаграми розтягу: а) чавуну; б) сталі.

Підсумком вивчення матеріалу про пружність, пластичність та крихкість є самостійне заповнення учнями у зошитах таблиці (табл. 2.12):

Таблиця 2.12

Класифікація твердих тіл за механічними властивостями

Тип	Характерні ознаки	Приклади
Пружні	Тверді тіла, які відновлюють форму та об'єм після припинення дії зовнішніх сил	Метали (при $\varepsilon < 0,2\%$)
Пластичні	Тверді тіла, які під дією зовнішніх сил змінюють свою форму та розміри, зберігаючи отриману деформацію, не руйнуючись.	Гума, пластилін
Крихкі	Тверді тіла, які руйнуються під дією зовнішніх сил без помітної пластичної деформації	Чавун, цегла, бетон, скло

Звертаємо увагу старшокласників на той факт, що не всі механічні властивості можливо описати за допомогою діаграми розтягу. Важливою характеристикою матеріалу є **твердість**. Знайомимо учнів із історією розвитку вчення про дослідження твердості [128, с. 196-199]. Використовуючи «метод подряпин» можна стверджувати, що із двох тіл твердішим вважають той, який залишає подряпину на поверхні іншого. Для перевірки цього твердження пропонуємо учням провести краєм шматка скла по поверхні мідної пластини. За допомогою мідної пластини неможливо отримати подряпину на склі. А тому скло є твердішим за мідь.

Узагальнюємо вивчений матеріал про механічні властивості твердих тіл за допомогою таблиці (табл. 2.13):

Таблиця 2.13

Механічні властивості твердих тіл

Назва	Характерні ознаки	Способи створення матеріалів
Пружність	Властивість твердих тіл відновлювати форму та об'єм після припинення дії зовнішніх сил	1) одержання однорідних матеріалів із оптимальною густиною дислокацій:
Пластичність	Властивість твердих тіл під дією зовнішніх сил, змінювати свою форму та розміри, зберігаючи отриману деформацію, не руйнуючись.	✓ легування (введення невеликої кількості домішок, які взаємодіючи із дислокаціями, утруднюють їх рух);
Крихкість	Властивість твердих тіл руйнуватися під дією зовнішніх сил без помітної пластичної деформації	✓ загартування (створення дрібнозернистої структури, що ускладнює рух дислокацій); ✓ наклеп (кування, прокатування, кування, штампування, розтяг, що викликає збільшення кількості дислокацій, утруднюючи їх рух);
Міцність	Властивість твердих тіл, не руйнуючись, чинити опір дії зовнішніх сил	2) створення матеріалів із мінімальною кількістю дислокацій.
Твердість	Властивість твердих тіл чинити опір деформуванню при місцевій силовій дії на їх поверхню	

Закріплюємо на практиці матеріал про механічні властивості твердих тіл у процесі проведення лабораторних робіт “Визначення модуля пружності гуми” [ЕНП “Будова та властивості твердих тіл”], “Визначення твердості тіл методом Мооса” та “Визначення твердості сталі до та після гартування” [124].

2.2.3. Основи активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення теплових властивостей твердих тіл

10-й клас

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ

Розділ “Основи термодинаміки”

Теплоємність. Теплоємності за сталих тиску і об’єму.

Вивчення даного матеріалу розпочинаємо із актуалізації знань старшокласників, які

вони отримали у 8-му класі у процесі вивчення розділу “Теплові явища”.

Демонструючи досліди із кулею Гравізанда

(рис. 2.73), звертаємо

увагу учнів на факт розширення отвору:

отвори і порожнини у

речовині зазнають такого самого теплового розширення, як і суцільні тіла.

Пропонуємо старшокласникам відповісти на такі запитання:

1. Як змінюється просвіт кільця під час рівномірного нагрівання?
2. При рівномірному нагріванні посудини товщина її стінок збільшується. Як змінюється при цьому внутрішній об’єм посудини?
3. Яким чином мала б розширювати куля, якби вона була виготовлена із монокристала?

Виходячи із основ внутрішньої будови твердих тіл, факт розширення твердих тіл при нагріванні пояснюємо учням наступним чином. При підвищенні температури твердого тіла та відповідному збільшенні швидкості руху складових частин тіла (атомів, йонів та молекул) величина рівноважних станів між цими частинками залишається незмінною. Але при теплових коливаннях зміщення частинок при їх віддаленні одна від одної перевищує зміщення при зближенні частинок. При зростанні температури розмах



Рис. 2.73. Досліди із кулею Гравізанда.

теплових коливань частинок твердого тіла збільшується за рахунок збільшення їх зміщень при віддаленні частинок, а тому середня (за часом) відстань між частинками збільшується. Отже, причиною теплового розширення твердих тіл є той факт, що із зміною відстані сили відштовхування та сили притягання змінюються неоднаково.

Демонструємо старшокласникам схему, що моделює структуру графіту (рис. 2.74), у якого розширення вздовж вертикальної осі у 14 разів більше, ніж у напрямках, які поперечні до цієї осі. Аналізуючи дану модель, учні приходять до висновку, що всередині шарів зв'язки між атомами сильні, а між шарами – відносно слабкі. Виходячи звідси, відстані між шарами збільшуються досить легко, а тому вздовж головної осі кристал розширюється набагато легше, ніж у площинах самих шарів.

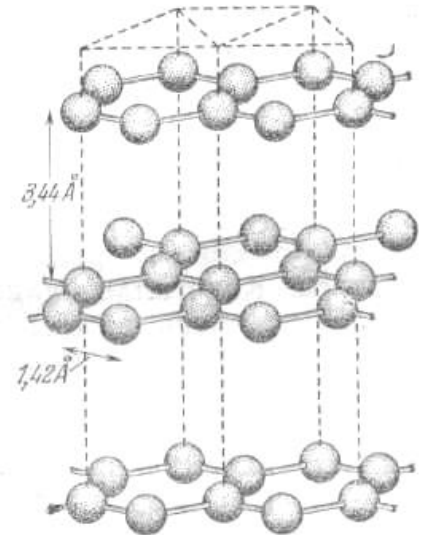


Рис. 2.74. Модель структури графіту.

Приблизна рівність молярних теплоємностей різних елементів у твердому стані було помічена ще у 1819 р. французькими фізиками П. Дюлонгом (1785-1838) і А. Пті (1791-1820). Метод Дюлонга і Пті базувався на вимірюванні швидкості охолодження речовин. Якщо деяку кількість речовини помістити у однакові посудини і нагріти, то швидкість наступної втрати ними тепла повинна залежати від перевищення температури нагрітої речовини над температурою оточуючого середовища. Тому, порівнюючи швидкості зміни температури різних речовин, можна співставити їх питомі теплоємності. Помноживши питому теплоємність, виміряну для певної речовини, на її атомну масу, вчені помітили сталість цього добутку. Дана закономірність являє собою перше узагальнення у ФТТ. Демонструємо учням таблицю, де відображено результати експериментів Дюлонга і Пті (табл. 2.14):

Отримані результати експериментів Дюлонга і Шті

Хімічний елемент	Питома теплоємність	Атомна маса	Добуток
Вісмут	0,0288	13,300	0,3830
Свинець	0,0293	12,950	0,3794
Золото	0,0298	12,430	0,3704
Платина	0,0314	11,160	0,3740
Олово	0,0514	7,350	0,3779
Срібло	0,0557	6,750	0,3759
Цинк	0,0927	4,030	0,3736
Телур	0,0912	4,030	0,3675
Купрум	0,0949	3,957	0,3755
Нікель	0,1035	3,690	0,3819
Ферум	0,1100	3,392	0,3731
Кобальт	0,1498	2,460	0,3685
Сірка	0,1880	2,011	0,3780

Далі вивчення матеріалу проводимо у формі евристичної бесіди. Кількісними характеристиками теплового розширення є коефіцієнтами лінійного та об'ємного розширення. Із-за малості величини коефіцієнта об'ємного розширення твердих тіл роботою, яка здійснюється ними при нагріванні при постійному тиску, можна знехтувати і вважати, що теплоємності при постійному об'ємі C_v і постійному тиску C_p практично співпадають.

Нехтуючи роботою, яка виконується при розширенні твердого тіла у результаті нагрівання ($\Delta A \sim 0$), можна вважати, що кількість тепла ΔQ , передана твердому тілу при нагріванні його на ΔT градусів, дорівнює зміні внутрішньої енергії твердого тіла ΔU : $\Delta Q = \Delta U$.

Атоми, із яких складаються кристали, займають незмінні місця у вузлах кристалічної ґратки і не можуть рухатися поступово. Єдиний вид руху, який можуть здійснювати атоми у кристалах, – це коливання. Враховуючи, що коливання у атомах можуть відбуватися у будь-якому напрямку у просторі,

ми підводимо учнів до думки, що кожний атом або молекула у твердому тілі володіють трьома коливальними ступенями. Оскільки при збудженні коливань відбувається збільшення двох видів енергії – кінетичної і потенціальної, то на одну вільну коливальну ступінь припадає енергія, яка у 2 рази більша, ніж на одну вільну ступінь поступального руху, тобто $2 \times \frac{1}{2} kT = kT$. Повна енергія коливального руху однієї молекули дорівнює $3kT$. Звідси зміна внутрішньої енергії твердого тіла при зміні його температури на величину ΔT дорівнює: $\Delta U = 3k \times \Delta T \times N$ (2.15), де k – стала Больцмана, ΔT – зміна температури твердого тіла, N – число атомів у твердому тілі.

Питома теплоємність речовини у твердому стані дорівнює: $c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T} = \frac{\Delta U}{m \Delta T} = \frac{3k \Delta T N}{m \Delta T} = 3kn$ (2.16), де n – число атомів в одиниці маси речовини.

Теплоємність 1 кмоль речовини у твердому стані дорівнює: $C = cm = 3kn\mu = 3kN_A = 3R$ (2.17). Підставивши числове значення для R , отримаємо $C \approx 25 \times 10^3 \text{ Дж/кмоль} \cdot \text{град}^\circ$.

Звертаємо увагу старшокласників на той факт, що для справедливості закону Дюлонга-Пті необхідно, щоб енергії теплового руху вистачало для збудження всіх можливих типів коливань у твердому тілі. При низьких температурах деякі з коливань не збуджуються.

Вивчення даного питання завершуємо, вказавши на недоліки класичної теорії теплоємності твердих тіл:

1. Атомні теплоємності бору та водню у твердому стані значно відрізняються від значень $3R$.

2. Згідно закону рівнорозподілу енергії, внутрішня енергія металевого твердого тіла повинна складатися із енергії теплових коливань атомів кристалічної ґратки і енергії теплового руху вільних електронів. Звідси теплоємність 1 кмоль металу мала б бути більшою теплоємності 1 кмоль діелектрика на величину теплоємності електронного газу. Експериментальні результати такої різниці не зафіксували.

2.2.4. Особливості активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення електричних властивостей твердих тіл

10-й клас

УНІВЕРСАЛЬНИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛІ

Розділ “Електричне поле”

Провідники в електричному полі. Електростатичний захист. Дія електричного поля на живі організми.

Електроємність. Конденсатор. Види конденсаторів та їх використання в техніці. Послідовне та паралельне з'єднання конденсаторів.

Діелектрики в електричному полі. Діелектрична проникність.

На початку вивчення даного питання актуалізуємо знання учнів, які вже знають, що за проявом електричних властивостей тверді тіла поділяють на провідники та діелектрики. **Провідниками** називають тіла, через які електричні заряди можуть переходити від зарядженого тіла до незарядженого. Здатність провідників пропускати через себе електричні заряди пояснюється наявністю у них вільних носіїв зарядів. **Діелектриками** (чи ізоляторами) називають такі тіла, через які електричні заряди не можуть переходити від зарядженого тіла до незарядженого. Старшокласники називають приклади провідників (метали) та діелектриків (скло, сухе дерево, папір).

Пропонуємо учням розв'язати наступну задачу [130, с. 35]. Якось одного разу два брати вирішили відтворити найдавніший дослід із електрики. Вони прочитали у книзі, що стародавні греки натирали янтар шерстю й намагалися збагнути, чому янтар притягає легенькі предмети. Брати без проблем відтворили цей дослід: янтарна намистина, натерта шматком шерстяної тканини, притягувала клаптики паперу. Через кілька днів до братів у гості прийшов їх товариш і вони вирішили йому продемонструвати дослід із електризації. Але це скільки брати не натирали шерстяною тканиною намистину янтарю, остання не притягувала ні найменшого клаптика паперу. У чому проблема?

Учні висловлюють різноманітні здогадки, серед яких є і правильна. Справа у тому, що дослід відтворювався, коли надворі була різна погода:

сонячна та дощова. У суху погоду на поверхні янтарю накопичуються заряди, а у дощову – утворюються тонесенькі плівки вологи, які призводять до стікання електричного заряду з поверхні діелектрика.

Провідники у електричному полі. Наявність вільних електричних зарядів у провідниках демонструємо за допомогою наступного досліду. Встановимо на вістря металеву пластину (рис. 2.75). З'єднавши провідником пластину із стержнем електрометра, переконуємо учнів, що перша не має електричного заряду. Тепер наелектризуємо ебонітову паличку і піднесемо до одного кінця пластини. Остання повертається на вістрі, притягуючись до зарядженої палички. Звідси можна зробити висновок, що на тому кінці пластини, який розміщений ближче до ебонітової палички, з'явився електричний заряд, протилежний за знаком до заряду палички.



Рис. 2.75. Демонстрація “Електростатична індукція провідників”.

Пояснюємо учням, що якщо на одному із кінців пластини під дією електричного поля зарядженої палички з'явився позитивний електричний заряд, то на другому кінці у відповідності із законом збереження електричного заряду повинен з'явитися рівний йому за модулем від'ємний електричний заряд.

Таким чином, проведений дослід показав, що дві частини провідника, розділеного в електричному полі, володіють електричними зарядами. Ці заряди рівні за модулем і протилежні за знаком. Усе сказане зарисовуємо на дошці (рис. 2.76).

Явище розділення різнойменних зарядів у провіднику, поміщеному у

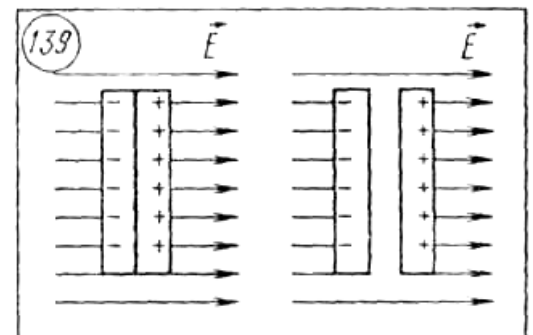


Рис. 2.76. До пояснення явища електростатичної індукції

електричному полі, називають явищем **електростатичної індукції**.

При внесенні провідника у електричне поле провідника вільні електрони у ньому починають рухатися. Перерозподіл зарядів викликає зміну електричного поля. Рух зарядів зупиняється лише тоді, коли напруженість електричного поля у провіднику буде дорівнювати нулю. Вільні заряди перестають переміщуватися вздовж поверхні провідника при досягненні такого розподілу, при якому вектор напруженості електричного поля улюбій точці перпендикулярний до поверхні тіла. Тому в електричному полі поверхня провідника будь-якої форми є екіпотенціальною поверхнею.

Діелектрики в електричному полі. Проводимо наступний дослід

Встановимо метрову дерев'яну лінійку на підставці, що забезпечує можливість обертання навколо вертикальної осі (рис. 2.77). Для цього нами у ролі такої підставки використано електричну лампу. Піднесемо до метрової лінійки наелектризовану ебонітову паличку. Дослід покаже, що лінійка притягується до зарядженого тіла подібно до металеві пластини.



Рис. 2.77. Демонстрація “Поляризація діелектриків”.

Пояснюємо даний дослід. У діелектрику, поміщеному у електричне поле, заряди не розділяються, а отже у ньому немає вільних зарядів. Притягання незарядженого тіла із діелектрика до зарядженого пояснюється тим, що в електричному полі відбувається **поляризація діелектрика**, тобто зміщення у протилежні напрямки різнойменних зв'язаних зарядів, що входять у склад атомів та молекул тіла. У результаті поляризації на поверхні провідника з'являються зв'язані заряди. Усе

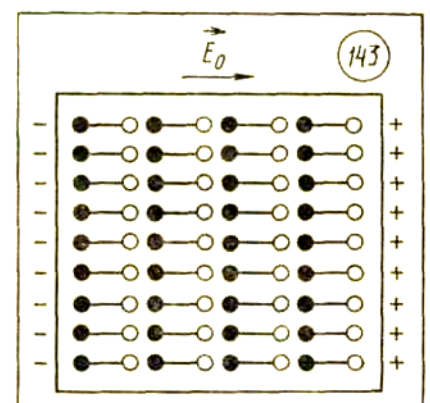


Рис. 2.78. До пояснення явища поляризації діелектриків.

сказане зарисовуємо на дошці (рис. 2.78).

Ці заряди зумовлюють взаємодію нейтральних та заряджених тіл. Вектор напруженості електричного поля E_{II} , створеного зв'язаними зарядами на поверхні діелектрика, напрямлений всередину діелектрика протилежно вектору напруженості E_0 зовнішнього електричного поля, що викликає поляризацію. Напруженість електричного поля E всередині діелектрика рівна: $E = E_0 + E_{II}$.

Фізична величина, яка чисельно рівна відношенню модуля напруженості E_0 електричного поля у вакуумі до модуля напруженості E електричного поля у однорідному діелектрику, називають **діелектричною проникністю** речовини ε : $\varepsilon = \frac{E_0}{E}$ (2.17).

Звертаємо увагу учнів на той факт, що зменшення напруженості електричного поля у діелектрику у ε разів порівняно із напруженістю поля у вакуумі призводить до такого ж зменшення взаємодії точкових зарядів у діелектрику. Тому закон Кулона у випадку взаємодії електричних зарядів у діелектрику має вигляд: $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \times \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}$ (2.18).

Вивчення питання про **конденсатори** розпочинаємо із постановки задачі. Пропонуємо учням розрахувати ємність земної кулі. Знаючи, що електроємність відокремленого кулеподібного провідника дорівнює в сантиметрах його радіусу, учні без проблем знаходять: $C_{Землі} \approx 6400 \text{ км} \approx 6,4 \cdot 10^8 \text{ см} \approx 710 \text{ мкФ}$. Після розрахунків демонструємо конденсатор величиною із наперсток, на якому вказана ємність 1000 мкФ . Вже створена проблемна ситуація.

Пояснюємо старшокласникам, що способи розділення різнойменних електричних зарядів – електризація при стиканні та електростатична індукція – дають змогу отримати на поверхні тіла лише порівняно невелике число вільних електричних зарядів. Для накопичення значної кількості різнойменних електричних зарядів застосовують конденсатори.

Конденсатор – це система із двох провідників, розділених шаром діелектрика, товщина якого мала порівняно із розмірами провідників. Так, наприклад, дві плоскі металеві пластини, розміщені паралельно і розділені шаром діелектрика, утворюють плоский конденсатор. Якщо пластинам плоского конденсатора надати рівні за модулем заряди протилежного знаку, то напруженість електричного поля між пластинами буде у два рази більшою, ніж напруженість поля у однієї пластини. Поза пластинами напруженість електричного поля рівна нулю, оскільки рівні заряди різного знаку на двох пластинах створюють поза пластинами електричні поля, напруженості яких рівні за модулями, але протилежні за напрямками.

Аналізуючи формулу для визначення електроємності конденсатора $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ (2.19) підводимо старшокласників до висновку, що електроємність конденсатора C можна збільшити шляхом збільшення площі його пластин S , зменшення відстані між ними d та застосуванням діелектриків із великими значеннями діелектричної проникності ϵ .

Виходячи із економії матеріалів металеві електроди конденсаторів зазвичай виготовляються у вигляді тонкої фольги. У якості діелектрика використовують парафіновий папір, полістирол, слюду, кераміку тощо. Тому за типом діелектрика, що використовується, конденсаторами поділяють на паперові, полістирольні, слюдяні, керамічні. Поряд із конденсаторами сталої електроємності у практиці застосовують конденсатори змінної електроємності, де остання змінюється регулюванням взаємного положення пластин.



Рис. 2.79. Стенд “Кондесатори”.

Узагальнюємо матеріал про конденсатори шляхом демонстрації стенда “Конденсатори” (рис. 2.79), виготовленого старшокласниками на факультативному занятті.

Закріплюємо вивчений матеріал про поведінку твердих тіл у електричному полі під час самостійного заповнення учнями відповідної таблиці (табл. 2.15):

Таблиця 2.15

Класифікація твердих тіл за поведінкою в електричному полі

Тип	Характерні ознаки	Практичне використання
Провідники	На кінцях провідника індукуються рівні за модулем електричні заряди, тому напруженість поля всередині провідника стає рівною нулю	Електростатичний захист
Діелектрики	Поляризуються, у результаті чого напруженість електричного поля усередині діелектрика послаблюється в ϵ разів	Виготовлення конденсаторів

10-й клас

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ

Розділ “Електричне поле”

Провідники в електричному полі. Діелектрики в електричному полі. Діелектрична проникність. Механізм поляризації діелектриків. Електроємність. Електроємність плоского конденсатора. Послідовне та паралельне з’єднання конденсаторів.

Електрети і сегнетоелектрики. П’єзоелектричний ефект та його застосування в техніці.

Вивчення питання про механізм поляризації діелектриків розпочинаємо із демонстрації наступного досліду Демонстраційний конденсатор приєднуємо до електрометра (рис. 2.80) і заряджаємо. Якщо помістити між пластинами конденсатора діелектрик (пластину оргскла), то електрометр покаже зменшення напруги. Чому? Учні припускають, що на пластинах зменшилися заряди. Але це не так. В цьому легко переконатись,

вийнявши пластину оргскла: напруга між пластинками конденсатора знову зросте до попередньої величини.

Пояснюємо учням, що зміна напруги між пластинками конденсатора пояснюється перерозподілом заряджених частинок речовини діелектрика. Відбувається таке переміщення заряджених частинок, при якому в діелектрику проявляється внутрішнє електричне поле, вектор напруженості якого напрямлений назустріч вектору напруженості зовнішнього поля (поля між

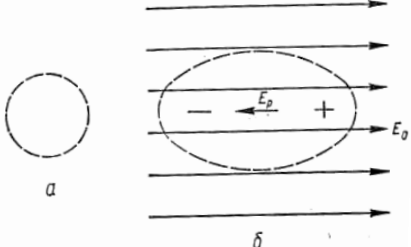
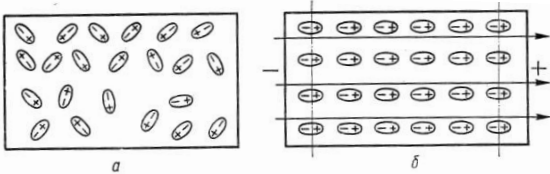
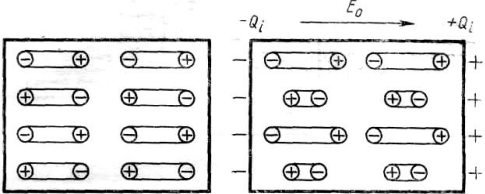


Рис. 2.80. Демонстрація поляризації діелектриків.

пластинками конденсатора). Внаслідок цього напруженість E поля між пластинками конденсатора в присутності діелектрика буде у ϵ разів меншою від напруженості E_0 між пластинами, коли діелектрика між ними немає. Це й зумовлює зменшення різниці потенціалів між пластинами конденсатора.

Існує три види поляризації діелектриків: електронна, дипольна і йонна. Механізми утворення кожного із них пояснюємо, використовуючи таблицю (табл. 2.16), проаналізувавши яку учні мають відповісти на запитання: “що спільного у орієнтації молекул діелектриків в усіх трьох випадках поляризації?” В усіх трьох випадках поляризації позитивно заряджені частинки зміщуються в напрямку поля, а негативні – проти поля. Це зміщення тим більше, чим більша напруженість поля E_0 . Якщо збільшувати напруженість зовнішнього поля, то настане момент, коли диполь почне руйнуватися. Електричні заряди стануть вільними і, рухаючись всередині діелектрика, створять електричний струм, який зруйнує кристалічну ґратку. Таке явище називають **пробоєм діелектрика**. У наш час, коли доводиться мати справу з досить високими напругами, виняткового значення набуває проблема створення високоякісних ізоляційних матеріалів, які стійкі проти пробоїв при високих напругах.

Види поляризації діелектриків

Тип поляризації	Тип діелектрика	Механізм поляризації
Електронна поляризація	Неполярні діелектрики	<p>Молекули діелектрика стають диполями при його поміщенні в електричне поле. Внаслідок цього центр позитивних зарядів у молекулі зсувається на деяку відстань від центра від'ємних зарядів. Присутня у атомах, молекулах, йонах будь-якого діелектрика.</p> 
Дипольна поляризація	Діелектрики із жорсткими диполями	<p>Орієнтація дипольних молекул діелектрика при його поміщенні в електричне поле.</p> 
Іонна поляризація	Діелектрики із м'якими диполями	<p>При поміщенні діелектрика в електричне поле йони підґраток зміщуються відносно одна одної у протилежних напрямках, внаслідок чого на протилежних гранях кристала переважають йони одного знака.</p> 

Закріплюємо знання учнів про механізм поляризації діелектриків за допомогою постановки запитання: чи може існувати середовище без будь-якої поляризації? Таким середовищем може бути середовище, не зайняте речовиною (вакуум), оскільки лише у вакуумі немає ні йонів, ні молекул, ні атомів з їх електронними оболонками, що можуть поляризуватися. Відносна діелектрична проникність вакууму дорівнює одиниці.

Вивчення питання про **електрети** розпочинаємо із постановки наступного досліду. Заряджаємо батарею конденсаторів і потім її розряджаємо, закоротивши клема провідником. Через декілька хвилин знову закорочуємо клема батареї. Учні спостерігають іскровий розряд ще раз.

Пояснюємо учням, що у багатьох діелектриках поляризація не зникає відразу після усунення зовнішнього електричного поля. Походження залишкової поляризації обумовлено тим, що у твердих діелектриків як орієнтація, так і руйнування орієнтації молекулярних диполів утруднені тепловим рухом.

Активізує навчально-пізнавальну діяльність старшокласників розповідь про один випадок, який трапився під час Другої світової війни [130, с. 36-37]. Одного разу американські солдати вибили із укріпленого району японські війська. Взявши у руки японський телефонний апарат, американський зв'язківець не зміг відшукати клем, до яких підключають батареї живлення та й самі батареї живлення були відсутні. Яким чином працювали дані телефонні апарати?

Розібравши апарати, американські солдати побачили всередині бруски воску. Дослідження вчених показали, що японці розтоплювали віск у ванночці і поміщали його у сильне електричне поле між пластинами конденсатора. Рухомі молекули воску поверталися так, що їх позитивно заряджені кінці направлені до негативної пластини, а негативно заряджені – до позитивної. Коли віск застигав у електричному полі, то він зберігав таке впорядковане розташування молекул, отримавши електричний заряд, що зберігався довгий час.

Час збереження поляризації без помітного її зменшення у різних електретів різний. У багатьох випадках даний час вимірюється десятиліттями. До електретів відносять багато відомих діелектриків: скло, плексиглас, ебоніт, каніфоль, парафін, нейлон. Але якість цих електретів невелика. Хорошими електретними властивостями володіють суміші воску та смоли. Перший надійний електрет був виготовлений у 1922 р. японським фізиком Егучі. Він розплавив суміш воску та смоли та повільно охолодив її до кімнатної температури в електричному полі.

Повідомляємо учням, що існують речовини, які у певному температурному інтервалі володіють великим значенням відносної діелектричної проникності ϵ . Ці величини називають **сегнетоелектриками**. Так, при кімнатній температурі ϵ сегнетової солі досягає 10000, а при зростанні температури на кілька градусів – різко падає. Основні властивості сегнетоелектриків були вивчені у 30-х роках минулого століття. І. Курчатовим і П. Кобеко на кристалах сегнетової солі. Пізніше було відкрито та досліджено біля 80 сегнетоелектриків.

У кристалах сегнетоелектрика присутні мікроскопічні області, у яких диполі молекул орієнтовані однаково і за відсутності електричного поля. У зовнішньому полі орієнтуються відразу цілі поляризовані області. Цим і пояснюється велике значення ϵ . Внесення сегнетоелектрика в електричне поле призводить до того, що в частині його областей всі диполі орієнтуються вздовж ліній напруженості (рис. 2.81). При плавному збільшенні напруженості електричного поля відбувається почергова орієнтація однієї області за іншою, тобто поляризація збільшується не плавно, а

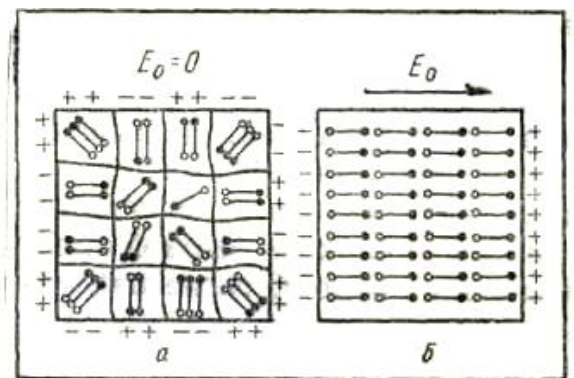


Рис. 2.81. Схема доменної структури сегнетоелектрика:

а – за відсутності електричного поля;

б – у сильному електричному полі

сегнетоелектрик стає одним великим доменом.

стрибками (ефект Баркгаузена). У достатньо сильному електричному полі може бути завершена орієнтація усіх областей. При зменшенні напруженості зовнішнього поля до нуля індукована поляризація в сегнетоелектрику частково зберігається із-за того, що багато областей зберігають створену електричним полем орієнтацію.

Залишкова поляризація сегнетоелектриків зовні ніяк не проявляється, оскільки поверхневі заряди нейтралізуються йонами із атмосфери і вільними носіями зарядів, які присутні у кожному діелектрику. Можна виявити лише зміну залишкової поляризації.

Закріплюємо вивчений матеріал про сегнетоелектрики постановкою запитання: “яким чином усунути залишкову поляризацію?” Для усунення залишкової поляризації у сегнетоелектрику його необхідно помістити в електричне поле протилежного напрямку.

Розповідаємо старшокласникам, що у 1880 р французькі дослідники П'єр і Жак Кюрі дослідили явище **п'єзоефекту**, яке було відкрите у 1817 р. Р. Гаюї у кристалах кальциту. Вчені встановили, що коли стискати кристал кварцу, то на його кінцях виникають електричні заряди. Про цей ефект вчені згадали під час Першої світової війни, коли співвітчизник винахідників П. Ланжевен у 1917 р. сконструював ехолот, який являв собою кварцовий випромінювач, що посилав у воду ультразвукові коливання. Коли у воді нічого не було, то звуки губилися у глибині. Коли ж на їхньому шляху був корпус підводного човна, то вони відбивалися від нього, потрапляючи до приймального апарата.

Розглядаємо процес утворення п'єзоелектричного ефекту, використовуючи відповідні зарисовки на дошці (рис. 2.82). Уявимо вирізану із кварцу пластинку, поміщену між

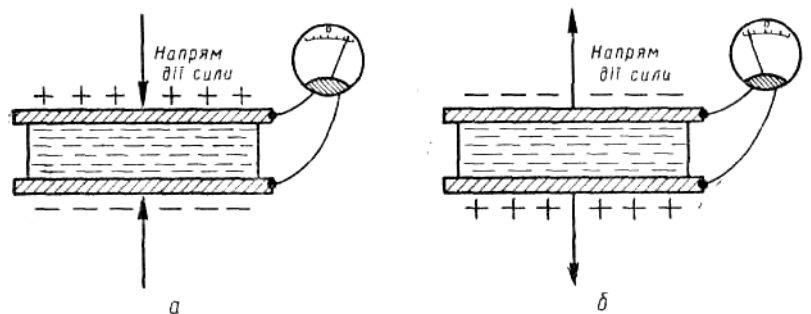


Рис. 2.82. До пояснення механізму утворення п'єзоелектричного ефекту.

двома металевими електродами. Якщо цю пластину стискати, то із її стиском на електродах з'являються однакові за величиною, але різні за знаком заряди. Це можна помітити, приєднавши до електродів електрометр – прилад для виявлення електричного заряду (рис. 2.82, а). При розтязі пластинки стрілка електрометра відхилиться у протилежний бік (рис. 2.82, б).

П'єзоелектричний ефект спостерігається лише в речовин, кристалічна гратка яких складається з позитивних і негативних іонів, а кристали не мають центра симетрії (кристали кварцу, турмаліну, сегнетової солі, цукру).

Для пояснення процесу виникнення п'єзоелектричного ефекту зобразимо у спрощеному вигляді елементарну комірку кристалічної гратки (SiO_2) у вигляді правильного шестикутника, у вершинах якого поперемінно розміщені позитивні йони кремнію Si і по два негативних йони кисню O_2

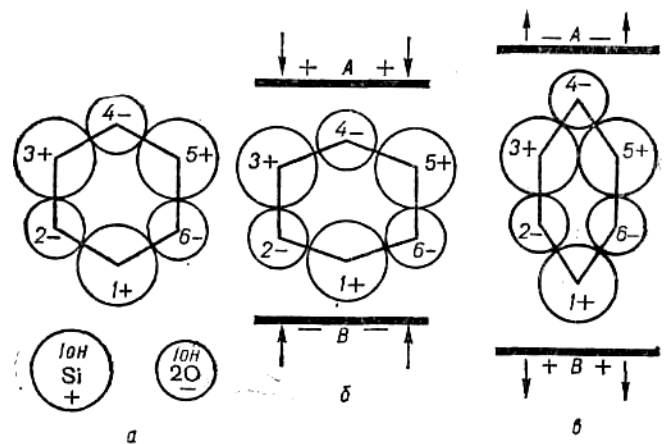


Рис. 2.83. Схеми пояснення процесу п'єзоелектричного ефекту.

(рис. 2.83, а). Заряд йона кремнію дорівнює $+4e$, заряд пари йонів кисню – $-4e$. Легко переконатися, що центри позитивних зарядів трьох йонів кремнію і негативних зарядів трьох пар йонів кисню зосереджені в одній точці, яка міститься у центрі шестикутника. Отже, така елементарна комірка не є поляризованою.

Припустимо тепер, що цей структурний елемент стискається так, як показано стрілками на рис. 2.83, б. Тоді йони 1 кремнію Si і йони 4 кисню O_2 втиснуться всередину шестикутника. При цьому центр позитивних зарядів кристала підніметься вгору, а центр негативних зарядів опуститься вниз. Внаслідок цього елементарна комірка поляризується, і на поверхні A утвориться позитивний заряд, а на поверхні B – негативний. У випадку розтягу кристалічної структури йон 1 кремнію Si опуститься вниз, а йон 4

кисню O_2 підніметься вгору (рис. 2.83, в). При цьому знаки зарядів на пластинках A і B зміняться на протилежні.

Проаналізувавши рис. 2.82, учні приходять до висновку, що коли до кристала кварцу прикласти зовнішнє електричне поле, то під його впливом кристал змінюватиме свої розміри: стискатиметься, якщо поле напрямлене знизу вгору, і розтягуватиметься, коли напрям поля зміниться на протилежний (зворотний п'єзоелектричний ефект).

Узагальнюємо вивчений матеріал про поляризацію у процесі самостійного заповнення старшокласниками відповідної таблиці (табл. 2.17):

Таблиця 2.17

Класифікація твердих тіл за поведінкою в електричному полі

Тип	Характерні ознаки	Практичне використання
Електрети	Діелектрики, які довгий час зберігають поляризацію після усунення зовнішнього електричного поля і створюють у навколишньому просторі власне електричне поле	Обчислювальна техніка, електровимірвальні прилади, техніка зв'язку
Сегнетоелектрики	Діелектрики, які у визначеному інтервалі температур та за відсутності зовнішніх електричних полів мають спонтанну (самовільну) поляризацію	Взаємне перетворення звукових і електричних сигналів, вимірювання температури та тиску, приймачі електромагнітних хвиль і лазери
П'єзоелектрики	Діелектрики, у яких під дією механічних деформацій на протилежних гранях з'являються електричні заряди різного знаку	П'єзоелектричні датчики, перетворювачі, адаптори

10-й клас

УНІВЕРСАЛЬНИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛІ

Розділ “Електричний струм у різних середовищах”

Електричний струм у металах. Основні положення електронної теорії провідності металів. Залежність опору від температури. Надпровідність.

Електричний струм у напівпровідниках. Електропровідність напівпровідників.

Терморезистор. Власна і домішкова провідності напівпровідників. Електронно-дірковий перехід. Напівпровідниковий діод. Транзистор. Застосування напівпровідникових приладів. Інтегральні схеми.

Електричний струм у металах та напівпровідниках вивчається на основі класичної електронної теорії. Дана теорія виходить із уявлень про електрон як про заряджену кульку, на яку діє електричне поле. При цьому опір провідника розглядається як наслідок пружних співударів, яких зазнає електрон при своєму русі, підкорюючись законам механіки Ньютона. Уявлення про кристалічну будову твердих тіл слугують основою для побудови гіпотези про механізм їх провідності. Вважається, що кристалічна ґратка металів побудована із позитивних йонів, що втратили один або декілька електронів. Електрони мають можливість вільно переміщатися між вузлами ґратки. Класична електронна теорія дає змогу математично вивести закони Ома та Джоуля-Ленца.

Початок вивчення питання про струм у твердих тілах пов'язаний із деякими труднощами, які полягають у тому, що експериментальні факти, які лежать в основі електронної теорії металів, у зв'язку із своєю технічною складністю, не можуть бути отримані із шкільного фізичного експерименту. Даний недолік частково можна подолати шляхом використання відповідного історичного матеріалу (досліди Ріке, Толмена-Стюарта). А тому вивчення питання про **електричний струм у металах** розпочинаємо із описів історичних дослідів.

Дослід Е. Ріке показав, що провідність металів не обумовлена рухом іонів в електричному полі. Для цього фізик пришліфував своїми торцевими поверхнями посередині двох мідних циліндрів один алюмінієвий. Через ці

три циліндри близько року пропускався електричний струм у одному напрямку (рис. 2.84).

За цей час у електричному колі пройшла велика кількість електрики, рівна $3,5 \cdot 10^6$ Кл. Оскільки атомні маси міді та алюмінію різні, то у випадку йонної провідності маса циліндрів у результаті проходження мала б змінюватися і різниця становила б порядок 1 кг.

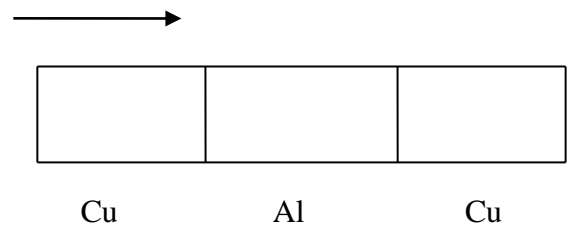


Рис. 2.84. Схема досліду Ріке.

Детальне зважування циліндрів до та після досліду показало, що маса циліндрів залишилася незмінною. Даному факту залишалось лише одне пояснення: електричний струм не обумовлений рухом йонів (інакше відбувалося б перенесення речовини). Але потрібний був експеримент, який б довів, що електричний струм у металах обумовлений направленим переміщенням електронів.

Ідея експерименту, що давав змогу встановити природу носіїв заряду у металах, була вперше запропонована у Росії у 1913 р. Л.І. Мандельштамом і М.Д. Паралаксі, а здійснили експеримент у Англії у 1916 р. Р. Толмен і Т. Стюарт.

Знайомимо учнів із ідеєю експерименту. Якщо електрони у металі вільні, то при тормозінні провідника, який рухається із великою швидкістю, вони повинні рухатися за інерцією, тобто у заторможеному провіднику повинен виникнути інерційний струм. Наводимо аналогію: при різкому тормозінні автобуса пасажери за інерцією починають рухатися вперед.

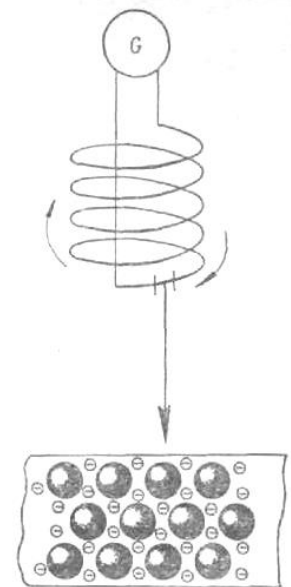


Рис. 2.85. Схема дослідної установки Толмена і Стюарта.

Дослід проводився наступним чином. Котушка із великою кількістю витків мідного дроту, з'єднана із гальванометром, приводилася у швидке обертання (рис. 2.85). При різкому тормозінні котушки спостерігався короткочасний струм. За відкидом стрілки гальванометра було встановлено, що, по-перше, при тормозінні провідника струм обумовлений інерційним рухом носіїв від'ємних зарядів; по-друге, що відношення заряду до маси заряду (e/m) у межах допустимої похибки досліду співпадає із тією величиною, знайденою для електрона іншим способом ($1,77 \cdot 10^{11}$ Кл/кг). Таким чином, було експериментально доведено гіпотезу про електронну провідність металів.

Питання про залежність опору металів від температури вивчаємо у процесі аналізу відповідного проблемного досліду, описаного у підрозділі 2.1.

Механізм виникнення **електричного струму у напівпровідниках** та розглядаємо за допомогою схем (Додаток Е).

Знайомимо старшокласників із здобутками українського фізика В. Лашкарьова (1903-1974), який у 1941 р. опублікував праці, де описав процес виникнення $p-n$ – переходу на прикладі розподілу мідь-окис міді [122, с. 41-43]. Даний діод, який використовувався у військових польових радіостанціях, випускався на військовому заводі в Уфі під керівництвом В. Лашкарьова у часи Другої світової війни. Праці Лашкарьова на 7 років випередили повідомлення американських вчених Дж. Бардіна і У. Браттейна про винахід транзистора. А тому В. Лашкарьов по праву мав би отримати Нобелівську премію “За дослідження напівпровідників та відкриття транзисторного ефекту”, якої у 1956 р. були удостоєні Дж. Бардін, У. Браттейн і Б. Шоклі. У 2002 р. ім'я В. Лашкарьова привласнене заснованому ним у 1960 р. Інституту напівпровідників НАН України.

Пояснюємо учням, чому при нагріванні напівпровідника його опір зменшується. Питома електропровідність σ будь-якого матеріалу за електронною теорією прямо пропорційна до кількості носіїв заряду n в одиниці об'єму, величині заряду одного носія e і рухливості носія u

(швидкості його напрямленого руху в електричному полі напруженістю I В/см): $\sigma = neu$ (2.33).

При нагріванні напівпровідника збільшується концентрація носіїв заряду, оскільки при більш інтенсивному хаотичному русі кількість розривів ковалентних зв'язків зростає. Зменшення опору напівпровідника при нагріванні можна виразити графічно (рис. 2.86). Майже в усіх напівпровідників рухливість вільних електронів більша від рухливості дірок («зв'язаних» електронів провідності).

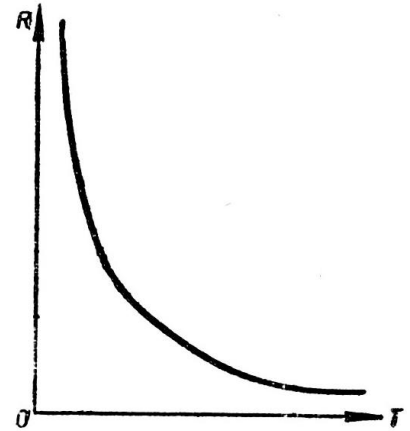


Рис. 2.86. Графік залежності опору напівпровідників від температури.

Наприклад, у германію рухливість електронів дорівнює $3600 \text{ см}^2/\text{В} \times \text{с}$, а дірок – $1700 \text{ см}^2/\text{В} \times \text{с}$. А тому внесок електронної і дірчастої провідностей у загальну провідність напівпровідника неоднакова.

При збільшенні концентрації домішок, введених до напівпровідника, збільшується концентрація носіїв заряду в ньому, а тому опір напівпровідника при цьому зменшується.

Закріплюємо знання учнів про провідність напівпровідників у процесі розгляду питання про опір напівпровідника при будь-якій сталій температурі. Опір залишається незмінним, оскільки у напівпровіднику одночасно протікають два процеси: розриви ковалентних зв'язків і утворення пар електрон-дірка і обернений процес рекомбінації, тобто зіткнення вільних електронів з дірками і відновлення розірваних ковалентних зв'язків. Обидва ці процеси є наслідком безладного теплового руху і при динамічній рівновазі компенсують один одного. При зміні температури у той чи інший бік переважає один із процесів, що призводить до зміни опору напівпровідника аж до встановлення нової динамічної рівноваги, що відповідає даній температурі.

Явище зменшення опору із зростанням температури у напівпровідниках використано для виготовлення напівпровідникових нелінійних опорів – варісторів, які практично безінерційні і призначені для захисту високовольтних ліній електропередачі від перенапруг під час грози.

Систематизують знання старшокласників про провідність напівпровідників проведення підсумкового історичного огляду “Вивчення напівпровідників” [128, с. 284-289] та доповіді “Про використання напівпровідників” [130, с. 46-47], під час яких заслуховуються та обговорюються однокласниками відповідні повідомлення учнів.

Узагальнюємо вивчений матеріал про провідність електричного струму твердими тілами у процесі самостійного заповнення учнями відповідної таблиці (табл. 2.18):

Таблиця 2.18

Класифікація твердих тіл за провідністю електричного струму

Тип	Характерні ознаки	Практичне використання
Діелектрики	Тіла, у яких концентрація вільних носіїв струму дуже мала, а тому вони не проводять електричний струм.	Ізолятори
Метали	Тіла, які характеризуються великою електропровідністю, яка з підвищенням температури зменшується.	Провідники
Напівпровідники	Тіла, у яких: 1) електропровідність залежить від зовнішніх умов (температура, опромінення, домішки тощо); 2) з підвищенням температури електропровідність різко зростає; 3) електропровідність здійснюється за рахунок як електронів, так і дірок.	Напівпровідникові прилади

10-й клас

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ

Розділ “Електричний струм у різних середовищах”

Основні положення електронної теорії провідності металів. Швидкість упорядкованого руху електронів у провіднику. Залежність опору від температури. Надпровідність.

Електричний струм у напівпровідниках. Електропровідність напівпровідників та її залежність від температури та освітленості. Власна і домішкова провідності напівпровідників. Термо- і фоторезистори. Електронно-дірковий перехід. Напівпровідниковий діод. Транзистор. Застосування напівпровідникових приладів. Інтегральні схеми та їх використання в мікропроцесорній техніці. Нанотехнології.

Виведення закону Ома на основі електронної теорії провідності металів важливе тим, що переконує старшокласників у правильності цієї теорії. Учні, записуючи на дошці відповідні етапи виведення, приймають активну участь у навчальному процесі.

Якщо металевий провідник приєднати до джерела напруги, то всередині провідника виникне електричне поле із напруженістю E . Це означає, що на кожний електрон у провіднику буде діяти сила F : $F = Ee$ (2.21). Під дією цієї сили вільні електрони, здійснюючи хаотичний тепловий рух між вузлами ґратки, будуть отримувати деякий імпульс, а отже і приріст швидкості у напрямку напруженості електричного поля.

Для більш наочного уявлення механізму провідності учням повідомляємо про співвідношення між середньою швидкістю теплового руху електронів та швидкістю їх дрейфу в електричному полі. Середня теплова швидкість електронів при температурі 20°C становить порядок тисяч кілометрів за секунду, тоді як швидкість дрейфу електронів зазвичай не перевищує долей міліметра за секунду.

Виведемо залежність сили струму від напруженості електричного поля. Позначивши середню довжину пробігу електронів λ (середню відстань, яку проходить електрон до зіткнення із вузлом кристалічної ґратки), а середню

швидкість їх теплового руху v , визначимо середній час τ , протягом якого на електрон діє сила зі сторони електричного поля: $\tau = \frac{\lambda}{v}$ (2.22).

Знаючи цей час, визначимо імпульс $m\Delta v$, який отримує електрон, рухаючись рівноприскорено у проміжку між двома співударями: $F\tau = eE\frac{\lambda}{v} = m\Delta v$ (2.23), де m – маса електрона, Δv – приріст швидкості його руху у напрямку, протилежному напруженості поля.

Оскільки величина упорядкованої швидкості електрона змінюється між двома послідовними співударями від 0 до Δv , то середня швидкість дрейфу електронів u дорівнює: $u = \frac{\Delta v}{2} = \frac{eE\lambda}{2mv}$ (2.24).

Якщо у кожній одиниці об'єму металевго провідника міститься n вільних електронів, то можна розрахувати величину струму у провіднику. За означенням сила струму у провіднику дорівнює кількості заряду, яка проходить через поперечний його переріз за 1 с. Кількість заряду q визначимо, помноживши заряд електрона e на концентрацію вільних електронів n та на об'єм V , який займають електрони, що перемістилися за 1 с: $q = neV$ (2.25). Оскільки об'єм V дорівнює площі поперечного перерізу S провідника, помноженій на довжину переміщення електронів за час 1 с, то останню формулу запишемо наступним чином: $q = neSl$ (2.26), де S – поперечний переріз провідника, l – переміщення електронів у напрямку струму за час дрейфу τ .

Знаючи середню швидкість дрейфу електронів u , попередню формулу запишемо у такому вигляді: $q = neSu\tau$ (2.27).

Звідси отримаємо математичний вираз для величини струму I :

$I = \frac{q}{\tau} = neSu$ (2.28). Підставляючи у цю формулу вираз для визначення

швидкості дрейфу u (2.24), отримаємо: $I = neS\frac{eE\lambda}{2mv} = \frac{ne^2\lambda}{2mv}SE$ (2.25).

У формулі (2.25) всі величини для вибраного металу незмінні при постійній температурі, а тому позначимо вираз $\frac{2mv}{ne^2\lambda}$ буквою ρ . Тоді вираз

$$(2.25) \text{ прийме вигляд: } I = \frac{1}{\rho} SE \quad (2.26).$$

Тикам чином, ми отримали прямо пропорційну залежність сили струму у металевому провіднику від напруженості електричного поля.

Для отримання виразу закону Ома у відомій для учнів із курсу фізики 8-го класу формі праву частину виразу (2.26) розділимо та помножимо на

$$\text{довжину провідника: } I = \frac{El}{\rho \frac{l}{S}} \quad (2.27).$$

Враховуючи, що у металевому провіднику поле однорідне, тобто напруженість E у всіх точках однакова, отримаємо: $El=U$ (2.28). А

$$\text{тому } I = \frac{U}{\rho \frac{l}{S}} \quad (2.29).$$

Так як величини l , S , ρ постійні для даного провідника, то вираз $\rho \frac{l}{S}$ позначимо буквою R . Тоді формула (2.29) прийме кінцевий вигляд:

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.30).$$

Теоретичне виведення закону Ома для ділянки кола учні перевіряють експериментально (рис. 2.87).



Рис. 2.87. До перевірки закону Ома для ділянки кола.

Результати дослідів учні заносять у таблицю (табл. 2.19):

Таблиця 2.19

Результати дослідів

U, В	2	4	6	8	10	12	14
I, А	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8

Узагальнюємо знання із даного матеріалу у процесі обговорення доповідей учнів про роботи Е. Деві, Г. Ома, Г. Кірхгофа [128, с. 256-263].

Пояснюємо учням, що опір металевих провідників зумовлюється двома причинами: наявністю дефектів у реальних металевих кристалах (дислокацій, вакансій тощо) і тепловим рухом іонів. Опір металевих провідників тим більший, чим інтенсивніше коливаються іони, тобто чим вища температура провідника. Таким чином, опір R реального металу дорівнює: $R=R_1(T)+R_2$ (2.31), де $R_1(T)$ залежить від температури, прямує до нуля при наближенні T до абсолютного нуля, а R_2 називають структурним опором, викликаним дефектами кристала.

Пропонуємо учням, проаналізувавши формулу (2.31), відповісти на такі запитання:

– Яке значення набуде величина R_1 , якщо металічний провідник буде знаходитися при абсолютному нулі температури?

– Значення буде прямувати до нуля.

– Яке значення набуде величина R_2 , якщо б вдалося отримати металічний провідник без дефектів?

– Якби вдалося створити металічний провідник із ідеальною структурою, то б останній при абсолютному нулі температури не повинен мати опору.

Розповідаємо, що досліджуючи властивості металевих провідників, нідерландський фізик Г. Камерлінг-Оннес у 1911 р. виявив, що деякі метали можуть практично повністю втрачати опір навіть і у тому разі коли кристалічна гратка цих металів не є ідеальною і температура на кілька

градусів перевищує абсолютний нуль. Для в'яснення цього явища вчений розміщував між полюсами електромагніту кільце із ртуті у твердому стані. У кільці виникав індукційний струм, який при звичайних умовах досить швидко затухав. Однак при охолодженні ртуті рідким гелієм до температури, нижчої за 4,15 К, опір ртуті різко спадав до нуля, й індукційний струм продовжував йти у провіднику протягом кількох діб без помітного послаблення. Це явище отримало назву **надпровідність**. Пізніше було відкрито, що надпровідність спостерігається не лише у ртуті, а й у багатьох інших металів наприклад, у свинцю, олова, цинку, алюмінію. При цьому опір зникає раптово, стрибком при певній температурі, що називається критичною.

Знайомимо учнів із практичним застосуванням явища надпровідності, розповідаючи про будову та принцип роботи надпровідникового соленоїда [130, с. 49-50]. Обмотка останнього виготовлена з надпровідникового дроту з високою критичною температурою (наприклад із сплаву ніобій-олово або ніобій-цирконій). Усю обмотку вміщують у посудину з рідким гелієм. За таких умов електричний опір обмотки прямує до нуля, що дає можливість підтримувати у ній значний струм. Дане явище знайшло застосування у створенні надпровідникових магнітів, які являють собою соленоїди або електромагніти з надпровідною обмоткою. Струм, циркулюючи по них без затрати енергії практично як завгодно довго, створює сильне магнітне поле (напруженість вища 10000 ерстед). Обмірковуються проекти потужних надпровідних магнітів для керування термоядерними реакціями.

Учені працюють над створенням надпровідних матеріалів, які виявлятимуть надпровідність навіть при кімнатних температурах. Якщо цього вдасться досягти, то явище надпровідності знайде широке застосування для передачі електроенергії на великі відстані без істотних втрат у підвідних провідниках.

Узагальнюємо знання учнів про механізми струму у напівпровідниках, організовуючи обговорення доповіді однокласника на тему “Запис інформації на флеш-пам’ять” [130, с. 48-49].

11-й клас

УНІВЕРСАЛЬНИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛІ

Розділ “Світлові кванти”

Фотоелектричний ефект та його закони. Рівняння фотоелектричного ефекту. Вакуумний та напівпровідниковий фотоелементи. Застосування фотоелектричного ефекту у техніці.

Хімічна дія світла та її використання.

11-й клас

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ

Розділ “Світлові кванти”

Фотоелектричний ефект і його закони. Рівняння фотоелектричного ефекту. Застосування фотоелектричного ефекту у техніці.

Хімічна дія світла та її використання.

Вивчення питання про

фотоелектричний ефект розпочинаємо із розповіді про історію відкриття даного явища [128, с. 378-380]. Те, що світло вириває частинки, які мають негативний електричний заряд, доведено дослідом російського вченого О. Столетова (1839-1896). Суть дослідів полягала у освітленні

простору між пластинкою P і сіткою C , унаслідок чого гальванометр фіксував виникнення електричного струму (рис. 2.88).

Учні відтворюють дослід Столетова, демонструючи явище розряду цинкової пластинки в результаті освітлення її ртутно-кварцовою лампою (рис. 2.89).

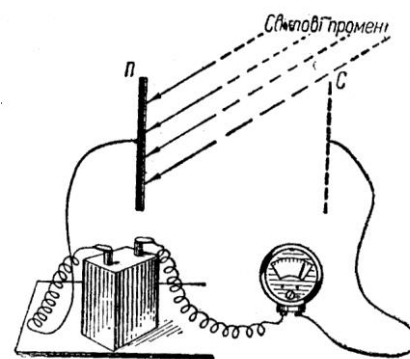


Рис. 2.88. Схема досліду Столетова.



Рис. 2.89. Демонстрування явища зовнішнього фотоелектричного ефекту.

Звертаємо увагу учнів на такі результати експерименту:

1. Розряджаються під дією світла тільки негативно заряджені тіла.
2. Розряд починається одночасно із початком освітлення, тобто фотоефект є безінерційний явищем.
3. Скло, що поставлене на шляху світлового пучка, припиняє розряд. Це дає підставу зробити припущення про залежність фотоефекту від частоти падаючого світла.

Повне пояснення фотоефекту у 1905 р. дав А. Айнштейн (за це вчений був удостоєний Нобелівської премії), розвиваючи далі ідеї Планка про переривчастість випромінювання світла. У експериментальних законах фотоефекту Айнштейн побачив докази того, що світло має переривчасту структуру і поглинається окремими порціями. Він висловив припущення, що фотоефект відбувається внаслідок поглинання електроном одного кванта, а інші кванти не можуть брати участі в цьому процесі. А. Айнштейн записав рівняння фотоефекту, яке являє собою застосування закону збереження енергії для даного явища: $h\nu = \frac{mv^2}{2} + A$ (2.32), де A – робота виходу. Енергія кванта має бути не меншою, ніж A ($h\nu \geq A$).

Для пояснення поняття **роботи виходу** актуалізуємо знання учнів про кристалічну будову металів. Кожний вільний електрон у металі перебуває у електричному полі позитивних іонів кристалічної ґратки та у полі решти електронів. Наближено можна вважати, що поле позитивних іонів у будь-якій точці всередині металу скомпенсоване полем негативних зарядів решти електронів, крім даного. А тому напруженість сумарного поля, в якому перебуває вільний електрон, дорівнює нулю.

При падінні на поверхню металу світлового випромінювання електрони, які розташовані біля поверхні металу, безперервно виходять назовні. Але при цьому увесь шматок металу заряджається позитивно, а тому втягує ці електрони назад, тобто ґратки із позитивних іонів обволікаються тонким шаром негативних електронів (рис. 2.91), і на всій поверхні металу

утворюється подвійний електричний шар (рис. 2.92). Цей подвійний шар є своєрідним конденсатором товщиною d , який перешкоджає виходу нових електронів із середини назовні.

Таким чином, вільні електрони металу не є «вільними» у повному розумінні слова. Термін “вільний” слід розуміти так: електрон вільний, бо не зв’язаний із окремим атомом, а належить усьому кристалу, він перебуває у зоні провідності, а тому має можливість підвищувати свою енергію, створюючи електричний струм у металі.

Щоб вийти з металу, такий електрон повинен виконати роботу A проти сил електричного електричного поля подвійного шару: $A=e\varphi$ (2.32), де e – заряд електрона, φ – різниця потенціалів подвійного електричного шару.

Фотоелементи перетворюють енергію світлового випромінювання в енергію електричного струму. Промисловість виготовляє фотоелементи двох типів – вакуумні та напівпровідникові.

Вакуумний фотоелемент складається із скляної колби з глибоким вакуумом, що має два електричні виводи (рис. 2.93). Внутрішня поверхня колби частково покрита тонким шаром металу. Це покриття слугує катодом фотоелемента. При освітленні катода із нього вириваються електрони. Електрони рухаються під дією електричного поля до анода. У колі фотоелемента виникає електричний струм, сила струму якого пропорційна до потужності світлового випромінювання.

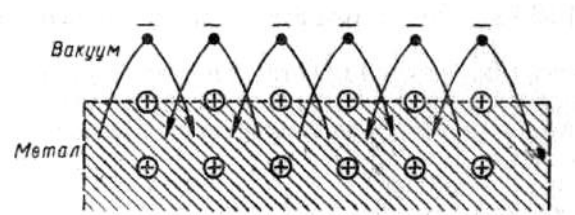


Рис. 2.91. Вихід електронів із поверхні металу.

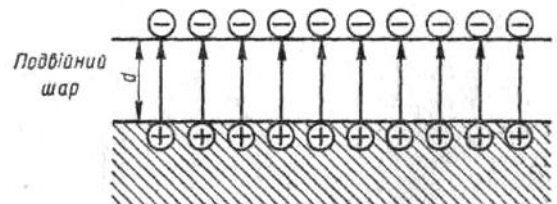


Рис. 2.92. До пояснення процесу утворення подвійного шару.



Рис. 2.93. Вакуумний фотоелемент.

Теорію внутрішнього фотоефекту створив український вчений В.Є. Лашкар'юв (1903-1974). Напівпровідниковий фотоелемент являє собою кристал кремнію чи іншого напівпровідника із дірковою провідністю, у якому створюється тонкий шар із електронною провідністю (рис. 2.94). На межі поділу цих шарів виникає $p-n$ -перехід. При освітленні напівпровідникового кристала у результаті поглинання світла відбувається зміна розподілів електронів та дірок за енергіями.



Рис. 2.94. Напівпровідниковий фотоелемент.

Даний процес носить назву внутрішнього фотоефекту. У результаті внутрішнього фотоефекту збільшується кількість вільних електронів та дірок напівпровідника, відбувається їх розподіл на межі $p-n$ -переходу. При з'єднанні протилежних шарів напівпровідникового фотоелемента провідником у колі виникає електричний струм, сила струму якого пропорційна до потужності світлового потоку.

Напівпровідникові фотоелементи широко використовуються у космічних апаратах у якості енергетичних установок, за допомогою яких енергія сонячного випромінювання перетворюється в електричну енергію. Наприклад, у вимірювальній радіотехнічній апаратурі третього штучного супутника Землі, який літав два роки, було використано більше 4000 кремнієвих фотоелементів. Сучасний фотоелемент для космічного апарату складається з декількох $p-n$ – переходів ($AlGaAs-GaAs$), кожен з яких вловлює світло певного спектру. Такі сонячні елементи досягають найвищої ефективності – 35%.

У США сконструйовані мікроскопічні радіоприймачі, вмонтовані в оправу окулярів від сонця. Джерелом електроенергії для живлення такого приймача є мініатюрна сонячна батарея. Дужки окулярів виконують роль навушників. Але найменші приймачі подібного класу виготовляють у

Німеччині: їх носять на вухах як кліпси і вони приймають радіостанції на відстані до 25 км.

Узагальнюємо вивчений матеріал про типи фото ефекту у твердих тілах⁸ у процесі самостійного заповнення учнями відповідної таблиці (табл. 2.20):

Таблиця 2.20

Типи фото ефекту та його практичне застосування

Тип фото ефекту	Характерні особливості	Практичне застосування
Зовнішній фото ефект	<p>Явище виривання електронів з поверхні металу під дією освітлення.</p> <p>Основні закони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) фотострум насичення пропорційний освітленості фотокатода (встановив О. Столетов у 1888 р.); 2) енергія вибитих електронів залежить лише від частоти падаючого світла; 3) явище безінерційне. <p>Описується законом Айнштейна:</p> $h\nu = \frac{mv^2}{2} + A,$ <p>де ν – частота падаючого світла, v – швидкість електронів масою m, які вилітають, A – робота виходу металу.</p>	Вакуумні та газонаповнені фотоелементи
Внутрішній фото ефект	<p>Явище збільшення електропровідності напівпровідника за рахунок електронів, вирваних з молекул або атомів під дією світла. Електрони залишаються у речовині.</p> <p>Відбувається за умови, якщо $h\nu = \Delta\varepsilon + \chi$, де $\Delta\varepsilon$ – ширина забороненої зони, χ – стала матеріалу.</p>	Напівпровідникові фотоелементи: фотоопори, фотодіоди, сонячні батареї

⁸ Питання про вентильний ефект не вивчається у шкільному курсі.

У процесі вивчення питання про **хімічну дію світла та її використання** навчально-пізнавальну діяльність старшокласників активізуємо під час аналізу продемонстрованого досліду із пояснення принципу роботи окулярів-хамелеонів (рис. 2.95) [130, с. 54].

У склі, із якого зроблені такі окуляри, наявні маленькі кристали, чутливі до освітлення, наприклад, кристали бромистого срібла $AgBr$. Останні являють собою іонні кристали, кристалічні ґратки яких утворені чергуванням катіонів срібла Ag^+ та іонів Br^- , які утримуються на своїх місцях електричними силами притягання між різнойменними зарядами. Під дією світла іони срібла перетворюються у атоми, і скло темніє. Але атоми срібла й надалі залишаються поблизу іонів броміду, тому як тільки світло стає менш яскравим, то відбувається рекомбінація, і прозорість скла поновлюється.



Рис. 2.95. Окуляри-хамелеони змінюють свою прозорість у залежності від освітлення.

Далі пояснюємо учнями, що фотоматеріали на основі срібла, зазвичай, містять кристали бромистого срібла $AgBr$, які розподілені у тонкому шарі желатинової емульсії, нанесеної на скляну пластинку, плівку чи папір. Під дією світла у кристалі бромистого срібла $AgBr$ утворюються нейтральні атоми срібла і броміду. Атоми срібла концентруються поблизу дефектів кристалічної ґратки і утворюють там маленькі кристали металічного срібла – центри прихованого фотографічного зображення.

Учнів, які вивчали фізику у класах фізико-математичного профілю, знайомимо із моделлю Стасіва-Тельтова, яка пояснює процес утворення прихованого фотографічного зображення [122, с. 103-115].

2.2.5. Структура методики активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення магнітних властивостей твердих тіл

10-й клас

УНІВЕРСАЛЬНИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛІ

Розділ “Магнітне поле”

Магнітні властивості речовини. Феромагнетики. Магнітна проникність. Магнітний запис інформації.

10-й клас

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ

Розділ “Магнітне поле”

Магнітні властивості речовини. Феромагнетики. Магнітна проникність. Магнітний запис інформації.

Вивчення **магнітних властивостей** речовини розпочинаємо із аналізу історичних відомостей [128, с. 238-241]. Так, відомо що недалеко від міста Сіань у Східному Китаї знаходиться гробниця імператора Цінь Шіхуанді, який заснував у III ст. до н. е. могутню імперію Цінь. За стародавньою легендою, ніхто не міг відкрити ворота гробниці: варто було мечем доторкнутися до них, і вже жодному богатиреві не під силу було відірвати його від залізної поверхні.

А нещодавно вчені виявили документ, написаний у 1406 р. У ньому є рядки, присвячені палацу імператора Цінь Шіхуанді: «Воїн у залізній броні не міг пройти через ворота палацу, які притягували чи відштовхували його з такою силою, яку ніхто не міг подолати». Зіставляючи два джерела – стародавню легенду і документ, залишається припустити, що двері гробниці, як і ворота палацу, було виготовлено з металу, що мав магнітні властивості. Китайські вчені обстежили зразки піщаних порід з берегів річки, на якій стоїть Сіань. Виявилось, що вони містять досить концентровані магнітні оксиди.

Активізував навчально-пізнавальну діяльність старшокласників дослід із банкнотою. Доларову банкноту підносимо до сильного магніту (рис. 2.96). Банкнота притягувалася до одного із полюсів магніту.

Учні здогадувалися, що фарба доларової купюри містить матеріал (солі Феруму), який володіє магнітними властивостями. Учням пропонувалося провести аналогічний дослід із українськими купюрами.

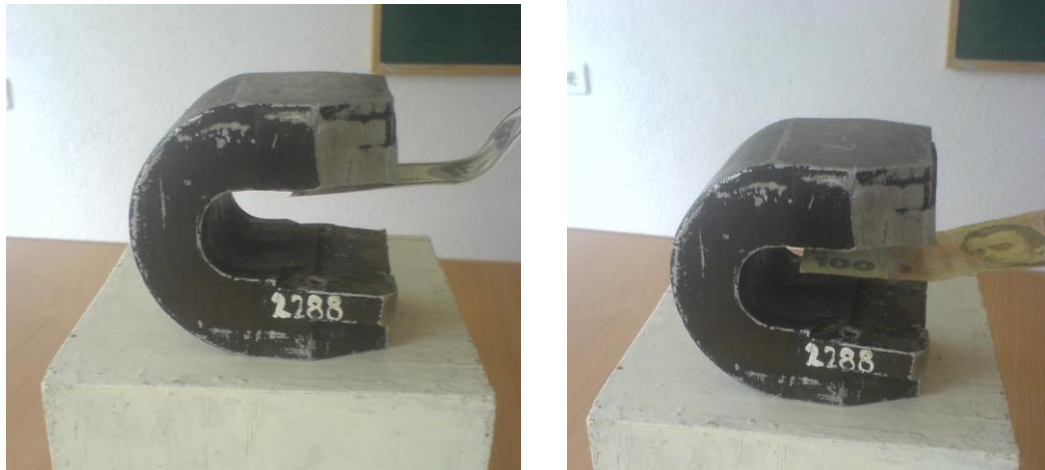


Рис. 2.96. Дослід із притяганням банкноти до магніту.

Вводимо поняття **магнетика** як речовини, яка може намагнічуватися у зовнішньому магнітному полі і тим самим змінювати це поле.

Далі старшокласники аналізували результати продемонстрованого дослід. Поміщуємо поблизу нерухомого соленоїда рамку (рис. 2.97). При пропусканні струму в соленоїді і в рамці у результаті магнітної взаємодії струмів рамка буде притягуватися до соленоїда. Якщо помістити всередину соленоїда залізний стержень, то зміщення рамки значно збільшиться. Пропонуємо учням пояснити причину зміщення рамки.

Учні приходять до висновку, що внесення залізного стержня підсилило індукцію магнітного поля соленоїда. А це означає, що залізний стержень створює власне магнітне поле, спрямоване у ту ж сторону, що і магнітне поле соленоїда.

Провівши аналогічні досліди із нікелевим, скляним, фарфоровим та дерев'яним стержнями, переконуємо учнів, що значне підсилення магнітного поля викликає лише нікель.

Пояснюємо, що **феромагнетиками** називають речовини, що значно підсилюють зовнішнє магнітне поле.

Величину, що показує, у скільки разів індукція магнітного поля у речовині B відрізняється від індукції магнітного поля у вакуумі B_0 називають відносною **магнітною проникністю**: $\mu = \frac{B}{B_0}$ (2.39).

У феромагнетиків значення магнітної проникності досягає декілька десятків, сотень і навіть тисяч одиниць. До феромагнетиків належать Ферум, Кобальт, нікель, гадоліній, ферити. Феромагнетики використовують в якості сердечників для трансформаторів і електромагнітів, для виготовлення постійних магнітів, у радіотехніці (телеграф, телефон).

Далі розповідаємо, що детально проведені досліди із не феритовими речовинами показали, що багато із них (наприклад, літій, натрій, алюміній, ебоніт) створюють слабе магнітне поле, яке за напрямком співпадає із зовнішнім полем. Такі речовини називають **парамагнетиками**. Магнітна проникність найбільш сильних парамагнетиків трохи більша одиниці (1,00036 у платини).

Надзвичайно мала намагнічуваність слабомагнітних речовин виключає будь-яку можливість використовувати їх у ролі магнітних матеріалів. Звичайно, це викликає в учнів цілком законне запитання про практичну цінність досліджень магнітних властивостей слабомагнітних речовин. Тому



Рис. 2.97. До введення поняття про феромагнетики.

пояснюємо, що дослідження парамагнітних властивостей речовини допомагають вивчати внутрішню будову й властивості різних тіл і сприяють поліпшенню різних технологічних процесів. Так, пропущена через магнітне поле вода не дає накипу в котлах електростанцій. Бетон, замішаний на такій воді, стає набагато міцнішим і водонепроникним. Намагнічена вода підвищує схожість і врожайність сільськогосподарських культур.

Інша група неферитових речовин при поміщенні їх у магнітне поле створює невелике за величиною зустрічне магнітне поле, послаблюючи цим самим зовнішнє поле. Такі речовини називають **діамагнетиками**. До них відносять срібло, свинець, кварц та інші. Зменшення магнітного поля у діамагнетиках незначне (магнітна проникність найсильнішого діамагнетика – вісмуту – дорівнює 0,999824).

Знайомимо старшокласників із гіпотезою А. Ампера, згідно із якою магнітні властивості обумовлені елементарними замкнутими струмами, які циркулюють всередині невеликих частинок цієї речовини – атомів, молекул або їх груп. Не вдаючись у природу цих елементарних струмів, для спрощення будемо вважати, що ці струми однакові. Тоді кожна молекула речовини характеризується магнітним моментом $\lambda = i\Delta S$ (2.40), де i – елементарний молекулярний струм, ΔS – площа його контуру. Якщо магнетик не намагнічений, то молекулярні струми орієнтовані хаотично, а тому їх сумарне магнітне поле дорівнює нулю. Під дією магнітного поля B_0 , створюваного зовнішніми струмами, відбуваються різні процеси намагнічування речовини і при цьому виникає додаткове усереднене поле молекулярних струмів B_1 , так, що сумарне поле, яке діє у магнетику, характеризується магнітною індукцією $B = B_0 + B_1$ (2.41).

Високу магнітну проникність феромагнетиків пояснюємо особливостями їх кристалічної будови. **Домен** – області феромагнетика, в яких атоми розміщуються впорядковано. Така область нагадує маленький постійний магнітик. Він має власне магнітне поле як результат накладання магнітних полів, що входять в домен.

Гіпотезу про існування у феромагнетиків доменів висловив фізик П. Вейс і тому домени називають областями Вейса. Демонструємо модель доменної структури феромагнетиків (рис. 2.98).

Глибоке і міцне засвоєння навчального матеріалу можливе лише тоді, коли учні матимуть переконливий доказ існування доменів. Проте розміри доменів (порядку 10^2 - 10^3 см) не дають змоги їх експериментально зафіксувати у шкільних умовах. А тому демонструємо фотографії, отримані у спеціальних лабораторіях (рис. 2.99). Для отримання даних фотографій добре відполіровану поверхню феромагнетика поливають в'язкою рідиною, у якій зависли феромагнітні частинки. З часом частинки осідають на поверхню, утворюючи фігури. Форма фігур дає уявлення про форми зрізу доменів та їх взаємне розміщення.

Закріплюємо вивчений матеріал про домени у процесі аналізу досліду, що демонструє наявність у феромагнетиків точки Кюрі (рис. 2.100). Старшокласники здогадуються, що оскільки висока магнітна проникність феромагнетиків пояснюється наявністю у них доменів, то останні при певній температурі руйнуються.

При магнітному запису інформації у такт із звуковими коливаннями намагнічуються окремі ділянки носія, що рухається через магнітне поле. Поле створюється магнітною головкою, через обмотку якої проходять посилені електричні струми мікрофону. При відтворенні відбувається зворотне перетворення: рухома магнітна фонограма порушує в магнітній головці



Рис. 2.98. Модель доменної структури феромагнетика

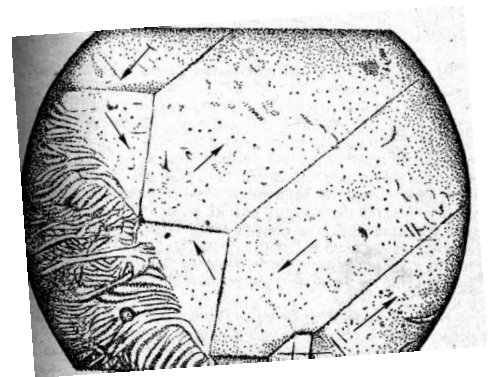


Рис. 2.99. Розміщення доменів у намагніченому феромагнетикі.

електричні сигнали. Перший апарат для магнітного звукозапису на сталевий дріт (телеграфон) був запропонований у 1898 р. датським інженером В. Паульсенем. З 40-50-х рр. ХХ-го ст. набув поширення магнітний звукозапис на магнітну стрічку.

Магнітна головка зчитування-запису є найважливішим елементом вінчестера. Учні заслуховують та обговорюють доповідь однокласника на тему “Магнітний запис інформації на вінчестер” [130, с. 64], актуальність якої пояснюється тим фактом, що базою для вдосконалення вінчестерів є розвиток технології магнітного запису.



Рис. 2.100. Демонстрація точки Кюрі.

Узагальнюємо вивчений матеріал про магнітні властивості речовини у процесі самостійного заповнення учнями відповідної таблиці (табл. 2.21):

Таблиця 2.21

Класифікація твердих тіл за магнітними властивостями

Тип	Характерні особливості	Практичне використання
Феромагнетики	Тіла, які при поміщенні їх у магнітне поле значно підсилюють зовнішнє магнітне поле ($\mu \gg 1$)	Електро- і радіотехніка, приладобудування, акустика, електроніка
Парамагнетики	Тіла, які при поміщенні їх у магнітне поле створюють слабе магнітне поле, яке за напрямком співпадає із зовнішнім полем ($\mu > 1$)	Намагнічування води
Діамагнетики	Тіла, які при поміщенні їх у магнітне поле створюють слабе зустрічне магнітне поле, послаблюючи зовнішнє поле ($\mu < 1$)	Вивчення внутрішньої будови і властивостей речовин

2.2.6. Засоби і методи активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення оптичних властивостей твердих тіл

11-й клас

УНІВЕРСАЛЬНИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛІ

Розділ “Електромагнітні хвилі”

Закони відбивання та заломлення світла. Повне відбивання.

Інтерференція світла та її застосування в техніці. Дифракція світла. Дифракційні ґратки. Дисперсія світла. Поляризація світла.

11-й клас

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ

Розділ “Світлові хвилі та оптичні прилади”

Інтерференція світла. Дифракція світла. Дифракційні ґратки. Поляризація світла та її застосування у техніці.

Закони геометричної оптики. Плоске і сферичне дзеркала. Повне відбивання. Лінза.

Вивчення питання про відбивання світла твердими тілами розпочинаємо із демонстрації та аналізу наступного досліду. Розміщуємо прямокутник сірого картону на аркуші білого паперу, а потім той самий прямокутник розміщуємо на шматку зеленого оксамиту (рис. 2.101).



Рис. 2.101. Демонстрація “Відбивання світла твердими тілами”.

Ставимо старшокласникам запитання: чому у першому випадку картон нам здається темним, а у другому – світлим?

Учні приходять до думки, що у першому випадку білий аркуш паперу відбиває світло сильніше, ніж сірий картон, і картон на листку паперу нам буде здатися темним. Якщо цей ж квадратик картону покласти на оксамит, який слабо відбиває світло, то перший нам буде здаватися світлим.

Підсумовуємо: той факт, що ми бачимо тіла, пов'язаний із тим, що вони по-різному поглинають, відбивають і пропускають світло, яке падає на них. Якщо деяке тіло відбиває світло сильніше, ніж оточуючі його тіла, то воно буде для нас здаватися світлим на темному фоні. Якщо ж тіло відбиває менше світло, ніж оточуючі його тіла, то воно буде здаватися нам темним.

Повертаючись до аналізу попереднього досліду, зауважуємо, що оксамит є слабо відбиваючою поверхнею ($r=0,002:0,01$), а тому сірий картон нам здавався світлим.

Для учнів, які вивчали фізику у класах фізико-математичного профілю, вводили поняття коефіцієнтів відбивання, поглинання і пропускання світла твердими тілами.

Як при відбиванні, так і пропусканні світла розрізняють напрямлене (дзеркальне) та дифузне (розсіювальне) відбивання і пропускання. Саме завдяки цим явищам світло, яке падає на предмет, розсіюється у різні сторони і ми отримуємо можливість бачити цей предмет із будь-якої сторони. Оскільки поверхні екранів та багатьох інших освітлювальних приладів близькі до дифузно відбиваючих поверхонь, то вивчення даного явища представляє собою великий практичний інтерес. Пропонуємо учням навести приклад дифузно відбиваючої поверхні: матовий білий папір для рисування ($r=0,7\div 0,8$). Досить високий коефіцієнт відбивання ($r=0,96$) мають дифузно відбиваючі поверхні, покриті окисом магнію (білий порошок, який отримують при згорянні металу магнію).

Для металів властиве досить велике поглинання і практично не пропускання світла. Це обумовлено наявністю у них вільних електронів, які під дією світлової хвилі приводяться у рух – у металі виникають швидкозмінні струми, які супроводжуються виділенням ленц-джоулевого тепла. У результаті поглинання світла металами енергія світлової хвилі швидко зменшується, перетворюючись у внутрішню енергію метала.

Помітне пропускання можна виявити лише через дуже тонкі металеві плівки, товщина яких не набагато перевищує довжину світлової хвилі. Так,

тонкі плівки золота здаються у прохідному світлі зеленими, а срібла – фіолетовими.

Поряд із великим поглинанням метали характеризуються високою відбивальною здатністю. Коефіцієнт відбивання світла r великою мірою залежить від стану поверхні металу: незначні сліди корозії помітно знижують відбивальну здатність. Тому алюміній, який є досить стійким по відношенню до корозії, робить його придатним для виготовлення дзеркал, що використовуються у різних оптичних приладах.

Узагальнюємо вивчений матеріал, запропонувавши учням пояснити факт маскування у тваринному світі. Тварини, які мешкають у пустелі, переважно мають характерний жовтуватий «колір пустелі», а тварини Півночі наділені білим забарвленням, яке робить їх малопомітним на фоні снігу. На фоні зеленої трави досить складно розрізнити коника-стрибунця, а у товщі води – рибину. Більше того, тварини змінюють своє маскуєче забарвлення відповідно до змін забарвлення оточуючого середовища. Наприклад, сріблясто-білий горностай, малопомітний на фоні білого снігу, кожної весни отримує нову шубку рудого кольору, яка зливається із забарвленням землі.

Найбільш досконалим маскуванням є підбір такого забарвлення тварини, для якого коефіцієнт відбивання для усіх довжин хвиль буде мати те саме значення, що і у оточуючого середовища. Люди запозичили у тваринного світу мистецтво маскування. Прикладом є використання захисного кольору для забарвлення форми солдат та військової техніки.

Цікавість учнів викликає демонстрація прозорого тіла опущеного у склянку із водою (рис. 2.102).

Якщо опустити прозоре тіло (наприклад, скляну деталь) у середовище (воду) із схожим абсолютним **показником**



Рис. 2.102. Демонстрація прозорого тіла у склянці із водою.

заломлення n , то світлові промені пройдуть через нього, не змінюючи свого напрямку та інтенсивності (показник заломлення води підбираємо дослідним шляхом, підсолюючи воду). А тому дане тіло буде невидимим.

Пояснюємо учням, що відмінності швидкості світла у речовині від швидкості у вакуумі зумовлена взаємодією електромагнітних хвиль із атомами речовини. Характер і ступінь цієї взаємодії залежать як від будови речовини, так і від частоти електромагнітних коливань. Таким чином, оптична густина середовища пов'язана із швидкістю світла в даному середовищі. Чим менша швидкість світла в середовищі, тим більша оптична густина середовища. Це і є причиною відмінностей у показниках заломлення для світлових хвиль різної частоти, яким відповідає зорове відчуття різного кольору.

Вивчаючи заломлення світла, німецький астроном і фізик І. Кеплер (1571-1630) встановив, що для скла кут заломлення не перевищує 42° . Звідси він робить висновок, що якщо світло спрямувати із скла у повітря під кутом, що більший за це число, то світловий промінь не перейде із скла у повітря, а повністю відіб'ється. Відкрите явище отримало назву явища **повного відбивання світла**. Демонструємо учням дію світильника (рис. 2.103), принцип роботи якого побудований на використанні даного явища [130, с. 68-69].

Явище повного відбивання світла своє практичне застосування у волоконній оптиці. Окреме волокно (рис. 2.104) складається із скляної світлопровідної серцевини 1 із



Рис. 2.103. Світловолокно – основна складова світильника.

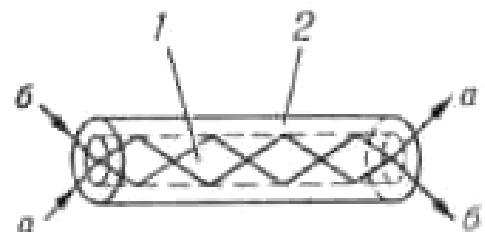


Рис. 2.104. Хід світлових променів а і б у циліндричному волокні: 1 – серцевина; 2 – оболонка.

великим значенням показника заломлення і 2 із малим значенням показника заломлення. Внаслідок цього на поверхні розділу серцевини і оболонки промені *a* і *b* зазнають повного внутрішнього відбивання і поширюються вздовж волокна.

Сукупність великої кількості волокон, кінці яких зварені разом називають волоконним джгутом. При впорядкованому розміщенні вхідних і вихідних торців окремих волокон джгут слугує для передачі зображень, а при хаотичному – світлових потоків. Волоконні системи знайшли застосування у медицині, фотографії, техніці зв'язку, електронно-оптичних системах.

Закріплюємо вивчений матеріал про відбивання, поглинання, пропускання та заломлення світла у процесі пояснення того, що усі ці процеси обумовлені взаємодією електромагнітних хвиль із атомами речовини. Ця взаємодія, як і будь-яка інша, підлягає законові збереження енергії. Енергія хвиль, які падають на межу поділу двох середовищ, частково повертається у перше середовище у вигляді відбитого світла, частково вбирається другим середовищем, перетворюючись в його внутрішню енергію, і частково пропускається першим середовищем, поширюючись у другому у вигляді заломленого світла.

У процесі вивчення питання про **дзеркала** навчально-пізнавальну діяльність старшокласників активізуємо у процесі аналізу легенди про Архімеда [128, с. 339-340]. Досить поширеною є легенда про те, що древньогрецький вчений Архімед (287-212 рр. до н.е.) при захисті рідних Сіракуз від римлян за допомогою увігнутих дзеркал спалив ворожу флотилію. Якщо подивитися на цю легенду із наукової точки зору, то нічого неможливого і фантастичного тут немає (вважаємо, що температура загоряння просмоленого дерева дорівнює приблизно 530°C). Як показали дослідження вчених⁹ для того, щоб Архімеду вдалося здійснити цей намір, потрібно, щоб розміри дзеркала були порядку 700 м^2 , і при цьому відбиті від різних частин сонячні промені повинні збиратися в одній точці, що вже

⁹ С.Г. Семенчинский. Линзы, зеркала и Архимед /Квант. – 1974.– №12. – С. 23-26.

становило значні труднощі. І виявляється, що це ще не все! Положенням зайчика від такого дзеркала не можна керувати. Щоб зробити це можливим, то потрібно було передбачити можливість зміни фокусної відстані такого величезного дзеркала, причому час такої перебудови мав би бути досить коротким. Чи міг Архімед у той час сконструювати такий прилад? Скоріше всього, що ні!

Але у вченого був інший вихід. Він міг вистроїти на фортечних стінах Сіракуз декілька тисяч чоловік із дзеркалами (достатньо 1400 чоловік із дзеркалами площею по $0,5 \text{ м}^2$), які б спрямували “зайчики” від своїх дзеркал у наперед домовлене місце. Звичайно, якщо б римляни знали, для чого на стіни міста виходять тисячі людей із дзеркалами, то вони б, стріляючи з галер, розігнали б їх. Але римляни цього не знали!

Дану гіпотезу легенди було експериментально доведено у 1973 р. грецьким фізиком Іонасом Сакасом у Афіньському порту. Кожний із 70 воїнів тримав у руках відполірований лист міді розміром $150 \times 90 \text{ см}$. Спрямувавши відбите сонячне проміння у одну точку на борту дерев'яної копії римського корабля, після кількох невдалих спроб вдалося підпалити корабель, що знаходився на відстані 200 м від берега.

Знайомимо учнів із технологією виготовлення дзеркал. Основним матеріалом, який використовується для виготовлення лінз, призм та інших оптичних деталей, є оптичне скло. Складовою останнього є кремнезем SiO_2 , до якого додаються окиси інших елементів: натрію, калію, барію алюмінію, бору та ін. А тому оптичні властивості такого скла (у першу чергу показник заломлення) можуть змінюватися у залежності від роду домішок та їх кількості. Після відливання скла майбутня робоча поверхня дзеркала ретельно шліфується, а потім полірується. На підготовлену таким чином скляну пластину із оберненої сторони наноситься відбивальний шар металічного срібла, який виділяють хімічно із розчину AgNO_3 . Така конструкція, захищена зазвичай із задньої сторони лаком, а потім картоном чи деревом, а з передньої – склом, є досить міцною. Для виготовлення

оптичних дзеркал, тобто дзеркал, які слугують для наукових дослідів, відбивальний шар металу наноситься ззовні на скляну пластинку шляхом розпилювання на поліровану поверхню тонких шарів срібла чи алюмінію.

У багатьох детективних фільмах використовують «односторонні» дзеркала, через які можна бачити лише у одному напрямку (рис. 2.105). Учням пропонувалося пояснити принцип дії такого дзеркала.



Рис. 2.105. «Одностороннє» дзеркало.

Своєрідні «односторонні» дзеркала є у будь-якій квартирі. У яскраво сонячний день через закрите вікно із кімнати добре видно вулицю. А побачити із вулиці кімнату складно. Перехожий може побачити лише своє відображення. Увечері, коли на вулиці темно, а у кімнаті світло, з вулиці можна побачити кімнату, але роздивитися вулицю можна лише, наблизившись впритул до скла.

Дія більшості «односторонніх» дзеркал побудована таким чином, що одна із їх сторін (наприклад, кімната, де допитується злочинець) освітлена яскравіше, ніж інша (наприклад, кімната, де знаходяться свідки). Частина світла, що падає на скло із яскраво освітленої кімнати, відбивається передньою та задньою поверхнями скла. Якщо із другої сторони скла достатньо темно, то звинувачений бачить лише відбите світло і скло йому здається дзеркальним, оскільки слабке зображення зникає на фоні потужного світлового потоку, відбитого склом. Дзеркальний ефект підсилюється, якщо скло покрите тонким шаром металу, який, як учні вже знають, характеризується високою відбивальною здатністю. Завдяки чому збільшується кількість світла, відбитого до злочинця, а одночасно кількість прохідного світла є достатньою для спостереження.

Основна деталь оптичних приладів – **лінза** – являє собою зазвичай скляне тіло, обмежене із двох сторін сферичними поверхнями. Лінзи можуть бути виготовлені не лише із скла, а із будь-якого прозорої речовини. У деяких приладах, наприклад, використовуються лінзи із кварцу, кам'яної солі тощо.

Узагальнюємо знання старшокласників про оптичні властивості твердих тіл у процесі самостійного заповнення учнями таблиці (табл. 2.22):

Таблиця 2.22

Оптичні властивості твердих тіл

Назва	Характерні особливості	Практичне використання
Відбивання світла	Коефіцієнт відбивання r : $r = \frac{F_r}{F_i}$, де F_r – відбитий світловий потік, F_i – падаючий світловий потік	Дзеркала, поворотні призми, волоконна оптика
Поглинання світла	Коефіцієнт поглинання a : $a = \frac{F_a}{F_i}$, де F_a – поглинутий світловий потік, F_i – падаючий світловий потік	Люксметри, експонетри
Пропускання світла	Коефіцієнт пропускання t : $t = \frac{F_t}{F_i}$, де F_t – пропущений світловий потік, F_i – падаючий світловий потік Метали не пропускають світла.	Оптичні прилади: окуляри, лупа, мікроскоп, бінокль, підзорна труба, телескоп
Заломлення світла	Характеризується абсолютним показником заломлення.	

Закріплюємо на практиці вивчений матеріал про оптичні властивості твердих тіл у процесі проведення лабораторної роботи “Визначення показника заломлення скла за допомогою мікроскопа” [ЕНП “Будова та властивості твердих тіл”].

Оптичні властивості твердих тіл (відбивання, поглинання, пропускання і заломлення світла) та властивість оптичної анізотропії дає змогу пояснити

практичне використання явищ інтерференції, дифракції, дисперсії та поляризації світла (табл. 2.23):

Таблиця 2.23

Використання оптичних властивостей твердих тіл для пояснення практичного застосування явищ інтерференції, дифракції, поляризації та дисперсії світла

Назва явища	Практичне використання явища
Інтерференція світла	Просвітлення оптики
Дифракція світла	Дифракційні ґратки, роздільна здатність оптичних приладів, голографія
Поляризація світла	Поляризатори, дослідження механічних напруг у деталях машин і конструкцій
Дисперсія світла	Спектральні прилади

Пояснюємо учням, що практичне застосування явища інтерференції лежить в основі **просвітлення оптики** [130, с. 69-70]. Суть даного методу полягає у збільшенні прозорості деталей оптичних систем (лінз, оптичних призм) шляхом нанесення на їх поверхню тонкого шару певної речовини (або декілька шарів) із показником заломлення, який менший за показник заломлення матеріалу оптичної деталі. Просвітлення оптики – результат інтерференції світла, яке відбивається від передньої та задньої меж цього шару (плівки, що просвітлюється). При певному підборі речовини та товщини плівки для визначеного кута падіння і визначеної довжини хвилі світла відбиті світлові хвилі можуть повністю погасити одна одну. Оскільки найбільшій чутливості людського ока відповідає центральна частина видимої ділянки спектру з $\lambda=555 \text{ нм}$, то товщину плівки у більшості випадків підбирають рівною $\frac{1}{4}$ вказаної довжини хвилі.

Розповідаємо, що саме винахід українського вченого О. Смакули сприяв розвитку досліджень у даному напрямку [123, с. 83-88]. У 1937 р. вчений зробив і запатентував винахід невідбивного шару для лінз. О. Смакула дослідив, що нанесення відповідного тонкого шару на лінзу набагато

підвищує її просвітлення. При цьому значно зменшується відбивання світла від поверхні, а тому набагато збільшується контрастність зображення.

Знайомимо учнів із процесом виготовлення **дифракційних ґраток** [131, с. 70]. Дифракційна ґратка має володіти малим періодом і великою кількістю смуг. Смуги повинні бути строго паралельними між собою і ширина смуг кожного сорту (прозорих і непрозорих) має бути строго однаковою (рівність ширини прозорих і непрозорих смуг не є обов'язковою).

Дифракційні ґратки отримують, проводячи тонким різцем паралельні штрихи на поверхні металевого дзеркала (відбивальної ґратки), причому штрихи, які розкидають світло у всі сторони, виконують роль темних смуг, а нетронуті місця дзеркала – роль світлих. Для виготовлення прозорих ґраток можна креслити штрихи на поверхні скляної пластинки. Але при кресленні по склу різець тупиться і тому складно забезпечити рівність штрихів.

Пропонуємо учням поміркувати над тим, яким чином вдається виготовити високоякісні дифракційні ґратки. Прозорі дифракційні ґратки виготовляються у вигляді відбитків із спеціальних пластичних матеріалів із металевої дзеркальної ґратки. Такі ґратки (їх називають репліками) є відносно недорогими.

Вивчення питання про **поляризацію світла** розпочинаємо із аналізу історії відкриття даного явища [129, с. 188]. Одного разу французький фізик Е. Малюс (1775-1812) розглядав крізь кристал ісландського шпату вікна Люксембурзького палацу, освітлені сонцем, що заходило і розважався тим, як подвоюється те, що він бачить. У очі Малюса попадали промені, відбиті від вікон Люксембурзького палацу. Обертаючи кристал, Малюс помітив, що при повороті кристала блиск відбитих променів зникав, хоча кристал і далі пропускав світло невідбитим. Яким чином пояснити відкриття Малюса?

Старшокласники приходять до висновку, що відбите від вікон світло було частково поляризоване, а тому воно або пропускалося, або не пропускалося кристалом в залежності від його положення.

Природне світло не є поляризованим. Але попадаючи на пластинку турмаліну, виходить із неї цілком поляризованим. Якщо на шляху такого пучка, який пройшов крізь поляризатор, поставити другу пластинку турмаліну (аналізатор), то інтенсивність пучка, що пройшов крізь аналізатор, залежить від орієнтації аналізатора відносно поляризатора і визначається за законом Малюса: $I=I_0\cos^2\alpha$ (2.42), де I_0 – інтенсивність пучка, який падає на аналізатор, I_0 – інтенсивність вихідного пучка, α – кут повороту площини поляризатора відносно площини аналізатора. При $\alpha=0$ інтенсивність максимальна, а при $\alpha=90^\circ$ інтенсивність дорівнює нулеві.

Дію поляризатора й аналізатора пояснюємо за допомогою механічної моделі (рис. 2.106). Мотузка, що коливається у одній площині, наприклад, у вертикальній, може слугувати моделлю поляризованої світлової хвилі. Дві дощини, розділені вузькою щілиною, відіграють роль моделі турмаліна: коливання мотузки, напрямлені вздовж щілини, легко проходять через щілину, коливання, перпендикулярні до щілини, – затримуються.

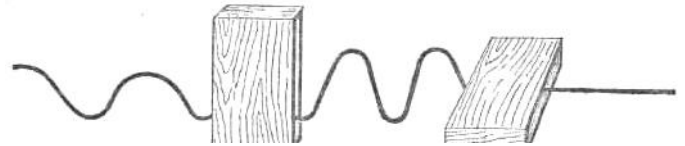


Рис. 2.106. Механічна модель явища поляризації.

В останній час значного поширення набули **поляроїдів**. Вони являють собою плівку прозорого матеріалу, на яку нанесені (впресовані) тонким шаром мікроскопічні кристалики. Для цього використовують сірчаноокислий йод-хінін, який називається герпатитом. Усі кристалики розміщені паралельно один до одного, а тому однаково поляризують світло, що проходить через плівку. Зручності, зумовлені тим, що поляроїд являє собою тонкий лист, його можна виготовити значних розмірів і відносна дешевизна, пояснюють широке застосування цього приладу в усіх тих випадках, коли не потрібний особливо високий ступінь поляризації. Недолік поляроїдів пов'язаний із суттєвою зміною спектрального складу світла, яке проходить

через нього. Поляроїди застосовують як поляризаційні світлофільтри (наприклад, для захисту очей шоферів від дії світла зустрічних машин).

Учнів, які вивчали фізику у класах фізико-математичного профілю, знайомили із принципом дії поляроїдів. Для цього актуалізували знання старшокласників про оптичну анізотропію. Кристали, що мають лише один напрям, вздовж якого не спостерігається подвійне променезаломлення, називають одновісними. Дія поляроїдів ґрунтується на явищі дихроїзму, яке полягає у тому, що одновісні кристали по-різному поглинають звичайний і незвичайний промені, які виникають внаслідок подвійного променезаломлення. Виготовляють поляроїди і без використання кристалів, наприклад, шляхом розтягу полімерних плівок (дихроїзм виникає внаслідок однакової орієнтації витягнутих у одному напрямку молекул полімеру).

Розповідаємо про практичне застосування поляризованого світла для дослідження механічних напруг у деталях машин і конструкцій [130, с. 71-72]. Для цього розміщують між двома поляроїдами шматок скла чи прозорої пластмаси. Речовина аморфна, а тому світло не поляризується. Якщо стискати цей матеріал, то у ньому у тих місцях, де накопичуються напруження, спостерігається явище подвійного променезаломлення. А тому при розгляді зразка у поляризованому світлі, буде видно різнокольорові смуги. Колір, розміщення і форма смуг дають уявлення про те, яким чином розміщені напруги у матеріалі.

Для того, щоб знати, яким чином розміщені напруги у конструкції із металу, роблять модель цієї конструкції із прозорого матеріалу і досліджують її у поляризованому світлі. За появою окраски у поляризованому світлі виділяють ненадійні місця і вчасно виправляють конструкцію.

Висновки до другого розділу

1. Реалізовано розроблений методичний підхід у процесі вивчення будови твердих тіл та їх механічних, теплових, електричних, магнітних та оптичних властивостей для класів загальноосвітнього, технологічного та фізико-математичного профілів навчання.

2. Ефективність засвоєння знань залежить від сформованості у старшокласників пізнавального інтересу. Викликати короткочасний пізнавальний інтерес зазвичай нескладно (ефектно проведений дослід, застосування наочності тощо). Перед вчителем стоїть набагато складніше завдання – викликати стійкий пізнавальний інтерес до фізики як до навчального предмету та як до науки. Саме на це і спрямовується розроблена методика активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл.

3. Вибір активних засобів навчання дав змогу поєднати «гуманітарний потенціал» шкільного курсу фізики (використання історичних відомостей, зокрема, висвітлення здобутків українських вчених, наведення життєвих прикладів) разом із його «технічним потенціалом» (наведення прикладів практичного використання, висвітлення наукових досягнень). Це сприяло формуванню у старшокласників пізнавального інтересу до фізики як до навчального предмету та як до науки.

РОЗДІЛ ІІІ

ОРГАНІЗАЦІЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

3.1. Визначення рівнів розвитку пізнавальної активності старшокласників

Мета педагогічного експерименту полягала у перевірці доцільності використання розробленої методики активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у навчально-виховному процесі. Це дало б змогу перевірити **гіпотезу дослідження** про те, що реалізація методичного підходу у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл підвищить рівень розвитку пізнавальної активності старшокласників.

В основу методики вимірювання рівнів розвитку пізнавальної активності було покладено діагностичну методику експертного оцінювання учнів учителями, розроблену Л.В. Мар'яненко [164]. Дана методика спрямована на діагностику сформованості структурних компонентів пізнавальної активності: мотиваційної, змістово-операційної та емоційно-вольової.

У **додатку К** містяться анкети для визначення основних виявів пізнавальної активності учнів та діагностичний бланк експертного оцінювання пізнавальної активності учня вчителем.

У дисертаційному дослідженні М.Я. Ігнатенка [93] встановлено три рангові градації критеріїв оцінювання рівнів пізнавальної активності старшокласників:

- ✓ низький рівень розвитку пізнавальної активності;
- ✓ середній рівень розвитку пізнавальної активності;
- ✓ високий рівень розвитку пізнавальної активності.

Низький рівень розвитку пізнавальної активності характеризується:

- ✓ неохочим прийняттям мети діяльності, часто з примусом орієнтування на мету діяльності лише після додаткового роз'яснення;

- ✓ нерозумінням соціальної значущості фізики, відсутністю почуття обов'язку і відповідальності, внаслідок чого учень проявляє байдуже ставлення до навчально-пізнавальної діяльності на уроках фізики;

- ✓ наявністю прогалин у знаннях, уміннях і навичках, алгоритми розв'язання задач складаються лише за зразком, часто з помилками, аналогічна картина і із застосуванням засвоєних знань на практиці;

- ✓ допущенням помилок у процесі виконання мислительних операцій аналізу, синтезу, порівняння, аналогії, узагальнення, конкретизації, виділенні істотного, класифікації, навіть при наявності допомоги ззовні;

- ✓ відсутністю самостійного вибору раціональних способів виконання завдань;

- ✓ відкладанням учнем виконання завдання без вагомих на те причин, оскільки учень легко піддається чинникам відволікання;

- ✓ нестійкістю волевих зусиль, відсутністю ініціативи, інтересу до поглибленого вивчення матеріалу, невпевненістю у своїх можливостях, відсутністю задоволення від навчання.

Середній рівень розвитку пізнавальної активності виділяється тим, що:

- ✓ соціальну значущість фізики учень розуміє, але почуття обов'язку і відповідальності не сформовані остаточно, відношення до навчально-пізнавальної діяльності залежить від виду діяльності і навчальної теми;

- ✓ запропонована мета діяльності приймається, як правило, легко, самостійно ж ставиться переважно найближча, причому після надання незначної допомоги ззовні, орієнтування на неї здійснюється після нагадування;

- ✓ елементарні задачі розв'язуються правильно, хоча і не завжди легко, при створенні візуальних образів і складанні алгоритмів порівняно складних задач виникають труднощі, які долаються із незначною допомогою, засвоєні знання застосовуються правильно у стандартних ситуаціях, в змінених ситуаціях виникають труднощі; аналогічна картина – у процесі виконання мислительних операцій;

✓ способи і засоби діяльності учень вибирає переважно самостійно, проте вони не завжди виявляються раціональними, зусилля для досягнення пізнавальної мети проявляє, але іноді лише при наявності додаткових стимулів, сприятливі умови для пізнавальної діяльності створює епізодично, для коригування діяльності вимагається незначна допомога ззовні.

Високий рівень розвитку пізнавальної активності визначається тим, що:

✓ наявне глибоке розуміння соціальної значущості знань з фізики при сформованості почуття обов'язку і відповідальності, внаслідок чого завжди проявляється активне відношення до навчально-пізнавальної діяльності, а нерідко і пізнавальна потреба до її окремих видів, тем, запитань;

✓ мета діяльності приймається усвідомлено і легко (як найближча, так і перспективна), орієнтація на неї здійснюється постійно, без нагадування;

✓ елементарні задачі розв'язуються легко і правильно, без особливих труднощів створюються візуальні образи і складаються алгоритми розв'язання складних задач; аналогічна картина і із застосуванням знань у стандартних та змінених ситуаціях, при виконанні інтелектуальних операцій, виділенні суттєвого, класифікації;

✓ вибрані самостійно способи і засоби діяльності майже завжди раціональні;

✓ учні відзначаються сталістю зусиль, спрямованих на досягнення пізнавальних цілей, систематично створюються сприятливі умови для діяльності шляхом подолання чинників відволікання, без істотної допомоги ззовні коригують результати і способи діяльності на основі самоконтролю.

Всебічному розвитку учнів в найбільшій мірі відповідають високий та середній рівні розвитку пізнавальної активності. Низький рівень вказує на відставання у формуванні мотиваційних, інтелектуальних та вольових якостей особистості, що дає підстави говорити про серйозні труднощі учнів у процесі навчально-пізнавальної діяльності.

3.2. Методика проведення педагогічного експерименту

Педагогічний експеримент проводився протягом 2002-2006 рр. у три етапи:

- ✓ перший етап – констатувальний експеримент (2002-2003 рр.);
- ✓ другий етап – навчальний експеримент (2004-2005 рр.);
- ✓ третій етап – контрольний експеримент (2006 р.).

Експериментальною базою для проведення експерименту були класи загальноосвітнього профілю (ЗГ), технологічного та фізико-математичного профілів (ТФ). У педагогічному експерименті взяли участь 15 класів (365 учнів) контрольної групи (КГ) і 15 класів (362 учні) експериментальної групи (ЕГ), із яких – 330 учнів ЗГ профілю та 397 учнів ТФ профілів:

1. Тернопільський педагогічний ліцей (м. Тернопіль) із десятима та одинадцятима класами технологічного та фізико-математичного профілів навчання (загальна кількість учнів – 180 чоловік; учителі фізики – Пістун Петро Федорович, заслужений учитель України; Федчишин Ольга Михайлівна).

2. Бучацький колегіум імені Святого Йосафата (м. Бучач, Тернопільська область) із десятима та одинадцятима класами універсального та технологічного профілів навчання фізики (загальна кількість учнів – 217 чоловік; учитель фізики – Чайківський Ігор Володимирович, учитель вищої категорії).

3. Бучацька загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів №3 (м. Бучач, Тернопільська область) із паралельними десятима та одинадцятима класами (загальна кількість учнів – 180 чоловік; учителі фізики – Чайківська Галина Володимирівна, Андрієшин Андрій Тарасович).

4. Матвіївська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів (с. Матвіївці, Шумський район, Тернопільська область) із паралельними десятима та одинадцятима класами (загальна кількість учнів – 150 чоловік; учитель фізики – Пришляк Василь Володимирович).

У ході констатувального експерименту (2002 р.) на основі діагностичної методики експертного оцінювання учнів учителями, проведених спостережень, результатів індивідуальних бесід з учнями і вчителями ми отримали оцінку рівнів розвитку пізнавальної активності старшокласників КГ та ЕГ у процесі навчання фізики. Це дало змогу зробити висновок про те, що рівень розвитку пізнавальної активності старшокласників є недостатній для успішного засвоєння даного навчального матеріалу з фізики. Тому необхідна цілеспрямована робота учителя із формування і розвитку пізнавальної активності учнів, що є запорукою підвищення якості засвоєння навчального матеріалу, розвитку мислення і творчих здібностей школярів.

Усі ці факти у подальшому були підтвержені у ході спостереження за діяльністю учнів на уроках та у ході аналізу усних відповідей учнів біля дошки та письмових відповідей при написанні контрольних робіт. Приклади тестових завдань містяться у **додатку Л**.

Результати констатувального експерименту дали змогу встановити такі факти:

1. Недостатній розвиток мотиваційної складової пізнавальної активності негативно позначається на навчально-пізнавальній діяльності учнів.

2. Програмований матеріал учні, як правило, відтворюють несвідомо, напам'ять, буквально його зазубрюючи. Під час розв'язування задач більшість учнів записують набір формул, які певною мірою стосуються умови задачі, а потім «комбінують» їх в надії знайти правильний розв'язок.

3. Більшість учнів не навчені самостійно здобувати знання (користуватися літературою, проводити спостереження, досліди, розв'язувати задачі), а тому віддавали перевагу неактивним методам навчання.

Таким чином, констатувальний експеримент показав, що недостатній рівень розвитку пізнавальної активності учнів на уроці у кінцевому результаті негативно позначається на рівні та якості знань учнів. Аналіз результатів констатувального експерименту дав змогу намітити напрямки вдосконалення

методики вивчення будови та властивостей твердих тіл шляхом реалізації розробленої методики.

Для перевірки доступності і ефективності запропонованої методики активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів на другому етапі (2004-2005 рр.) експериментального дослідження проводився навчальний експеримент. У класах КГ навчання проводилось за традиційною методикою, а у класах ЕГ – за розробленою нами методикою.

Учні ЕГ працювали за програмою із широким застосуванням різноманітних засобів та методів навчання, що активізували відповідні пізнавальні процеси старшокласників на усіх етапах внутрішнього процесу засвоєння знань (сприймання, осмислення і розуміння, узагальнення, закріплення, застосування на практиці) та сприяли формуванню пізнавального інтересу учнів.

Усі інші чинники, які впливали на процес навчально-пізнавальної діяльності учнів, ми намагалися вирівняти (добір експериментальних класів і шкіл, оснащеність класів фізичним обладнанням, заняття по можливості проводилися одними і тими ж вчителями).

На третьому етапові (2006 рр.) експериментального дослідження проводився контрольний експеримент. Аналіз результатів контрольного експерименту дав змогу зробити висновок про те, що у старшокласників ЕГ спостерігалось значне підвищення рівня розвитку пізнавальної активності учнів.

Старшокласники проявляли інтерес до навчального матеріалу, що виражався відповідним змістом запитань до вчителя та товаришів, у зверненні до додаткової літератури.

Розв'язування задач супроводжувалося аналізом описаних в умовах фізичних явищ та процесів, що свідчило про глибокі, усвідомлені та міцні знання.

Більш високим виявився рівень сформованості в учнів умінь та навичок самостійної роботи із навчальною літературою, практичних та експериментальних умінь та навичок.

Старшокласники навчилися самостійно підбирати необхідне для фізичного експерименту обладнання, вибирати оптимальний варіант для його проведення згідно із планом, складеним самостійно. Учнями було розроблено ряд саморобних приладів для проведення фізичного експерименту.

3.3. Аналіз результатів педагогічного експерименту

Оцінка отриманих результатів педагогічного експерименту була проведена на основі визначення рівня розвитку пізнавальної активності учнів. У ході проведення педагогічного експерименту нами проводилися вимірювання у порядковій шкалі із L градаціями ($L=3$). Методика визначення співпадань та розбіжностей для експериментальних результатів, виміряних у порядковій шкалі полягала у наступному.

На початку проведення аналізу результатів педагогічного експерименту було сформульовано статистичні гіпотези:

- ✓ гіпотеза про відсутність відмінностей (нульова гіпотеза);
- ✓ гіпотеза про значущість відмінностей (альтернативна гіпотеза).

Для прийняття рішення про те, яку із гіпотез (нульову чи альтернативну) слід визнати, застосуємо критерій згоди Пірсона, який полягає у тому, що за міру розходження між теоретичним та емпіричним розподілами беруть величину $\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i^* - m_i)^2}{m_i}$ (3.1), де $m_1^*, m_2^*, \dots, m_k^*$ – емпіричні частоти, m_1, m_2, \dots, m_k – теоретичні частоти відповідних значень x_1, x_2, \dots, x_k ознаки x функції $f(x)$.

Тобто, на основі інформації про результати експерименту обчислювалося число, назване емпіричним значенням критерію. Це число порівнювалося із табличним значенням (критичне значення критерію). Якщо

емпіричне значення критерію менше або рівне критичному, то приймається нульова гіпотеза – вважається, що на заданому рівні значущості α (у педагогічних дослідженнях зазвичай $\alpha=0,05$) характеристики КГ і ЕГ співпадають. У іншому випадку, якщо емпіричне значення критерію виявляється строго більшим за критичне, то нульова гіпотеза відкидається і приймається альтернативна гіпотеза – характеристики КГ і ЕГ вважаються різними із достовірністю відмінностей $1-\alpha$.

Для даних, виміряних у порядковій шкалі (табл. 3.1, 3.2), нами використовувався критерій однорідності χ^2 (критерій згоди Пірсона), емпіричне значення якого обчислюється за такою формулою:

$$\chi_{em}^2 = N \times M \times \sum_{i=1}^L \frac{\left(\frac{n_i}{N} - \frac{m_i}{M} \right)^2}{\frac{n_i + m_i}{N + M}} \quad (3.2), \text{ де}$$

i – рівень розвитку пізнавальної активності учнів («низький», «середній», «високий»); $L=3$;

N – кількість учнів ЕГ; M – кількість учнів КГ;

n_i – кількість учнів ЕГ, які отримали бали, що відповідають i -му рівню розвитку пізнавальної активності; m_i – кількість учнів КГ, які отримали бали, що відповідають i -му рівню розвитку пізнавальної активності.

Алгоритм визначення достовірності співпадань та розбіжностей для експериментальних результатів, виміряних у порядковій шкалі, полягає у такому:

1. Обчислити для порівнюваних вибірок χ_{em}^2 – емпіричне значення критерію χ^2 за формулою (3.2).

2. Порівняти це значення із критичним значенням $\chi_{0,05}^2$: якщо $\chi_{em}^2 \leq \chi_{0,05}^2$, то зробити висновок: «характеристики відповідних вибірок співпадають із рівнем значимості 0,05», якщо $\chi_{em}^2 > \chi_{0,05}^2$, то зробити висновок: «достовірність відмінностей характеристик порівнюваних вибірок складає 95%».

Результати розподілу учнів КЕ та ЕГ за рівнями розвитку пізнавальної активності після проведення констатувального та навчального експериментів наведені у табл. 3.1 і табл. 3.2:

Таблиця 3.1

Результати вимірювань рівнів розвитку пізнавальної активності у КГ та ЕГ

Рівень розвитку пізнавальної активності	Констатувальний експеримент (учнів)						Контрольний експеримент (учнів)					
	КГ			ЕГ			КГ			ЕГ		
	ЗГ	ТФ		ЗГ	ТФ		ЗГ	ТФ		ЗГ	ТФ	
Низький	81	27	108	78	29	107	87	25	112	58	5	63
Середній	52	116	168	50	115	165	53	115	168	61	131	192
Високий	35	54	89	34	56	90	32	53	85	39	68	107

Таблиця 3.2

Результати вимірювань рівнів розвитку пізнавальної активності у КГ та ЕГ

Рівень розвитку пізнавальної активності	Констатувальний експеримент (%)		Контрольний експеримент (%)	
	КГ	ЕГ	КГ	ЕГ
	Низький	29,5	29,5	30,7
Середній	46,0	45,6	46,4	53,0
Високий	24,5	24,9	22,9	29,7

Гістограми результатів педагогічного експерименту подано на рис. 3.1:

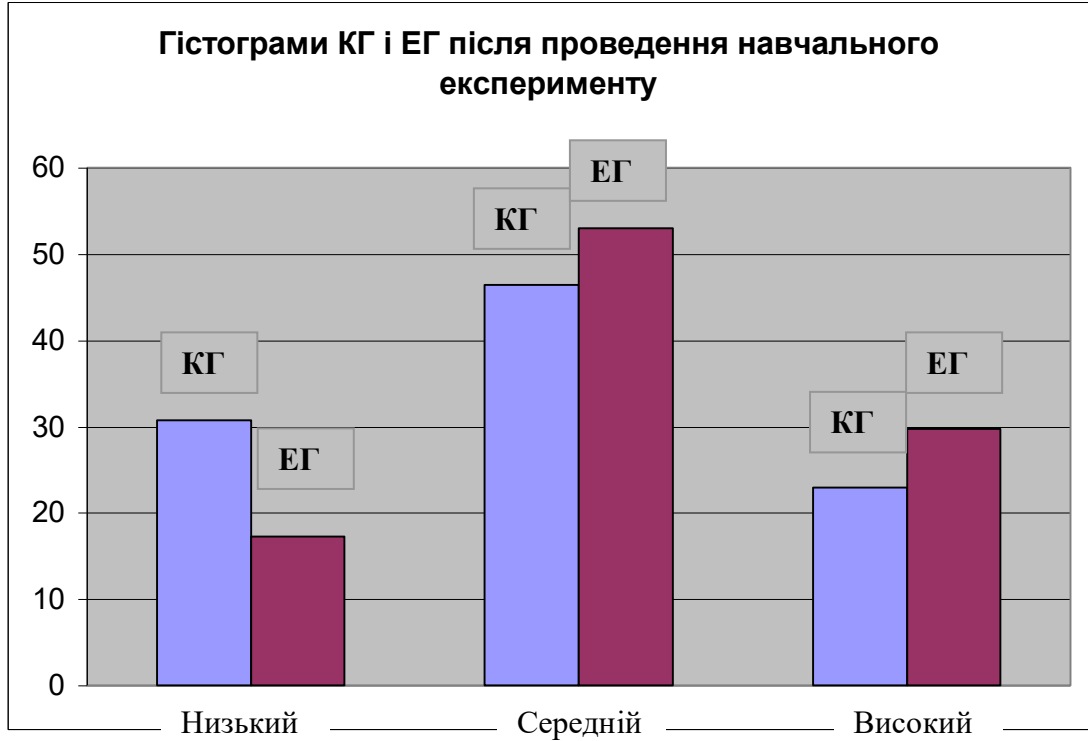
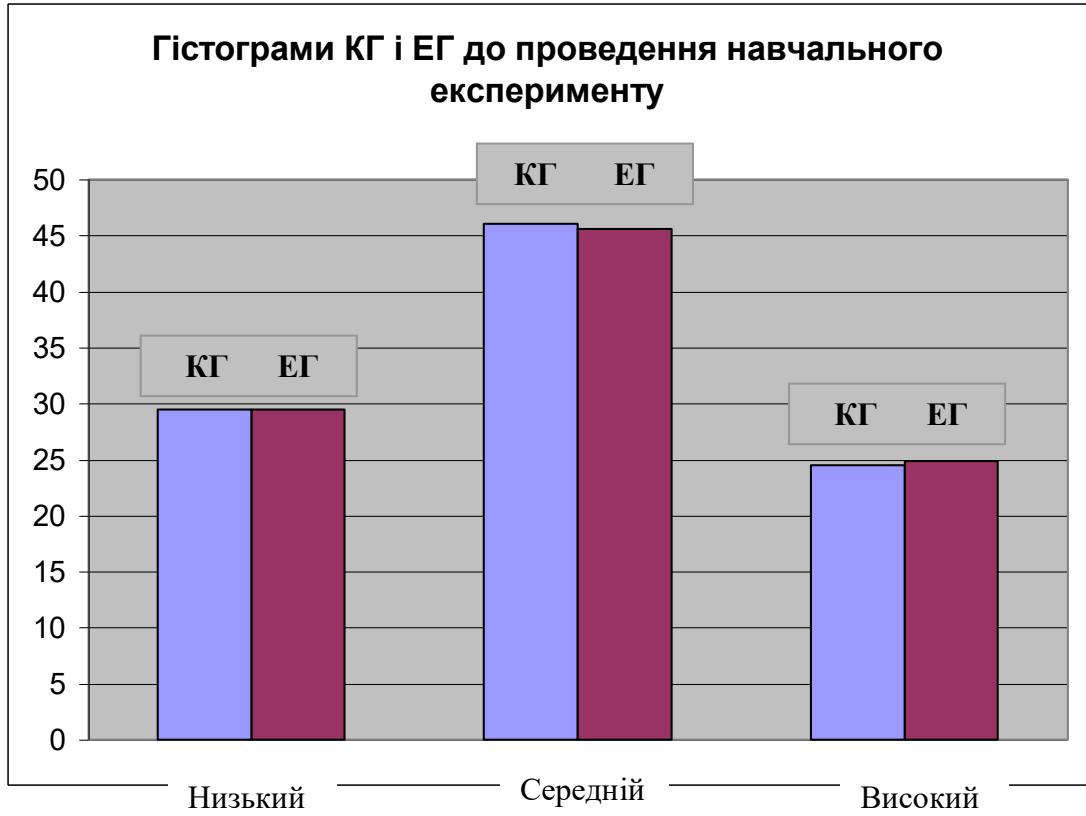


Рис. 3.1. Гістограми результатів педагогічного експерименту.

Застосуємо описаний вище алгоритм визначення достовірності співпадань та розбіжностей для отриманих експериментальних результатів.

Спочатку обчислюємо за формулою (3.2) емпіричне значення критерію χ_{em}^2 . Наприклад, після проведення контрольного експерименту ми отримали наступні результати відповідно у ЕГ та КГ:

$N=362$; $n_1=63$, $n_2=192$, $n_3=107$ (тобто 63 учні продемонстрували «низький» рівень пізнавальної активності, 192 учні продемонстрували «середній» рівень пізнавальної активності, 107 учнів продемонстрували «високий» рівень пізнавальної активності);

$M=365$; $m_1=112$, $m_2=168$, $m_3=85$ (тобто 112 учнів продемонстрували «низький» рівень пізнавальної активності, 168 учнів продемонстрували «середній» рівень пізнавальної активності, 85 учнів продемонстрували «високий» рівень пізнавальної активності).

Підставляючи ці дані у формулу (3.2), отримаємо:

$$\chi_{em}^2 = 362 \times 365 \times \left[\frac{\left(\frac{63}{362} - \frac{112}{365}\right)^2}{\frac{63+112}{362+365}} + \frac{\left(\frac{192}{362} - \frac{168}{365}\right)^2}{\frac{192+168}{362+365}} + \frac{\left(\frac{107}{362} - \frac{85}{365}\right)^2}{\frac{107+85}{362+365}} \right] = 61.$$

Аналогічним чином обчислюємо всі інші із 12 можливих значень критерію χ_{em}^2 . Отримані результати обчислень наведено у таблиці 3.3. Комірки таблиці містять відповідні емпіричні значення для критерія χ^2 , що відповідають відповідно КГ та ЕГ до та після проведення навчального експерименту. Наприклад, емпіричне значення χ^2 , отримане при порівнянні характеристик КГ та ЕГ після проведення констатувального експерименту дорівнює 0,04.

Із табл. 3.3 видно, що характеристики всіх порівнюваних вибірок, крім ЕГ і КГ після проведення контрольного експерименту, співпадають із рівнем значущості 0,05 ($\chi_{0,05}^2=5,99$). Так, як $\chi_{em}^2=610 > 5,99 = \chi_{0,05}^2$, то «достовірність відмінностей характеристик ЕГ та КГ після проведення контрольного експерименту складає 95%».

Результати обчислень $\chi^2_{e.m}$

	Констатувальний експеримент КГ	Констатувальний експеримент ЕГ	Контрольний експеримент КГ	Контрольний експеримент ЕГ
Констатувальний експеримент КГ	–	0,04	0,05	5,60
Констатувальний експеримент ЕГ	0,04	–	0,06	4,52
Контрольний експеримент КГ	0,05	0,06	–	6,10
Контрольний експеримент ЕГ	5,60	4,52	6,10	–

Отже, нульову гіпотезу про відсутність відмінностей слід відкинути і прийняти альтернативну гіпотезу, згідно із якою розходження між теоретичними та емпіричними розподілами зумовлене не випадковими, а істотними причинами. Таким чином, початкові (до початку проведення педагогічного експерименту) характеристики ЕГ та КГ співпадають, а кінцеві (після проведення педагогічного експерименту) – відрізняються. Тому можемо зробити висновок, що даний ефект змін зумовлений впровадженням розробленої методики активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл.

Висновки до третього розділу

1. Результати проведеного констатувального експерименту дали змогу зробити висновок про те, що недостатній рівень розвитку пізнавальної активності старшокласників негативно позначається на успішності засвоєння даного навчального матеріалу.

2. У процесі навчального експерименту навчання у класах КГ проводилось за традиційною методикою, а у класах ЕГ – за розробленою методикою.

3. Аналіз результатів проведеного контрольного експерименту, проведений за допомогою методів математичної статистики дав змогу підтвердити гіпотезу дослідження про те, що реалізація методичного підходу у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл підвищить рівень розвитку пізнавальної активності старшокласників, а це, у свою чергу, позитивно позначається на рівні та якості знань.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження були вирішені всі поставлені завдання, що дало змогу зробити наступні **висновки**:

1. В умовах становлення 12-річної шкільної освіти актуальною є розробка навчально-методичного забезпечення засад профільного навчання фізики. Фізика твердого тіла складає основу сучасної техніки, а тому вивчення у шкільному курсі навчального матеріалу, що стосується будови та властивостей твердих тіл, є важливою складовою підготовки майбутніх фахівців у різних галузях.

2. Вперше розроблено методичний підхід до розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі навчання фізики, який полягає у тому, що на всіх етапах внутрішнього процесу засвоєння знань (сприймання – осмислення і розуміння – узагальнення – закріплення – застосування на практиці) в учнів за допомогою активних засобів та методів навчання розвиваються відповідні пізнавальні процеси (сприймання, увага, мислення, уява, пам'ять) та формується пізнавальний інтерес.

3. Обґрунтовано, що рівень розвитку пізнавальної активності старшокласників підвищується шляхом застосування активних засобів навчання фізики (використання історичного матеріалу, наочності, наведення життєвих прикладів, прикладів практичного використання, висвітлення наукових досягнень) та активних методів навчання фізики (створення проблемних ситуацій, евристична бесіда, проведення фізичних диктантів, проведення екскурсій, розв'язування кросвордів, використання домашнього експерименту, залучення учнів до проведення демонстраційного експерименту та складання задач, рецензування відповідей однокласниками, виступи учнів із доповідями, виготовлення саморобних приладів).

4. Реалізовано розроблений методичний підхід за допомогою активних засобів та методів навчання фізики у процесі вивчення будови твердих тіл та їх механічних, теплових, електричних, магнітних та оптичних властивостей

для класів загальноосвітнього, технологічного та фізико-математичного профілів навчання. У класах загальноосвітнього профілю навчання застосування активних засобів навчання (використання історичних відомостей, наведення життєвих прикладів) формувало у старшокласників мотиваційний компонент пізнавальної активності (розвивався пізнавальний інтерес до фізики як до навчального предмету). Наведення прикладів практичного використання та наукових досягнень у дослідженні будови та властивостей твердих тіл розвивало в старшокласників технологічного та фізико-математичного профілів навчання пізнавальний інтерес до фізики як до науки.

5. Доведено, що під час вивчення даного навчального матеріалу використання активних методів навчання формувало в старшокласників змістово-операційний компонент пізнавальної активності, оскільки це сприяло розвитку у них інтелектуалізації сприймання, концентрації уваги, абстрактності мислення, творчості уяви, логічності пам'яті та виробленню індивідуального стилю розумової діяльності.

6. Підтверджено, що висвітлення внеску українських учених у розвиток фізики твердого тіла формувало в старшокласників емоційно-вольовий компонент пізнавальної активності та виступало ефективним засобом виховання у них національної свідомості.

7. Переверено під час педагогічного експерименту ефективність і результативність науково-методичних розробок в умовах навчально-виховного процесу, що дало змогу підтвердити гіпотезу дослідження про те, що реалізація розробленого методичного підходу у процесі вивчення будови та властивостей твердих тіл підвищить рівень розвитку пізнавальної активності старшокласників.

Перспективою подальшого розвитку дослідження може бути реалізація розробленого методичного підходу для розв'язання проблеми активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників у процесі вивчення інших розділів фізики, згідно програм для 12-річної профільної школи.

ДОДАТКИ

Додаток А

Приклади застосування узагальнених планів

Явище:

Електричний струм

Зовнішні ознаки: теплова, хімічна і магнітна дії.

Умови перебігання:

- 1) наявність рухомих електричних зарядів;
- 2) дія сторонніх електричних сил.

Визначення явища: електричним струмом називають напрямлене переміщення електричних зарядів.

Кількісні характеристики: сила струму.

Використання на практиці: різноманітні сфери функціонування людини.

Способи попередження шкідливої дії: знання правил безпеки.

Величина:

Сила струму

Визначає кількісну характеристику електричного струму.

Означення: під силою струму I розуміють кількість електрики q , що проходить за одиницю часу t через поперечний переріз провідника.

Визначальна формула: $I=q/t$, де I – сила струму, q – кількість електрики, t – час.

Скалярна величина.

Одиниці вимірювання: За один ампер (1 A) взято силу такого постійного струму, який, проходячи двома тонкими прямими і паралельними провідниками, розміщеними у вакуумі на відстані 1 м один від одного, викликає на ділянці 1 м провідника силу взаємодії $2 \times 10^{-7}\text{ Н}$.

Способи вимірювання: амперметр.

Закон:**Закон Джоуля-Ленца**

Виражає зв'язок між електричними та тепловими явищами у провіднику при проходженні по ньому струму.

Формулювання закону: кількість тепла Q , що виділяється у провіднику під час проходження по ньому струму, пропорційна до квадрата сили струму I , опорів провідника R й часові проходження струму Δt .

Математичний вираз закону: $Q=I^2R\Delta t$, де Q – кількість тепла, що виділяється у провіднику, I – сила струму у провіднику, R – опір провідника, Δt – час проходження струму.

Досліди, які підтверджують справедливість закону: досліди Дж. Джоуля (1841 р.) і Е. Ленца (1842).

Врахування та використання закону на практиці: нагрівальні прилади, електрозварювання.

Межі застосування закону: $I \sim U$.

Теорія:**Електронна теорія провідності металів**

Дослідні факти: досліди Ріке, Толмена-Стюарта.

Основні поняття: “електронний газ”, “іони”.

Основні положення:

1) у металах іони не приймають участі у перенесенні електричних зарядів (у протилежному випадку струм би супроводжувався перенесенням речовини);

2) електричний струм обумовлений впорядкованим рухом вільних електронів (наявність інерційного струму);

Теорією пояснюються теплопровідність та опір провідника, закони Ома та Джоуля-Ленца.

Прилад: Амперметр

Призначення приладу: амперметр – прилад для вимірювання сили струму; бувають демонстраційні (рис. А.1), лабораторні (рис. А.2) та технічні (рис. А.3); шкалу амперметрів градуюють у амперах, кілоамперах, міліамперах або мікроамперах у відповідності із межами вимірювання.



Рис. А.1. Демонстраційний амперметр.



Рис. А.2. Лабораторний амперметр.



Рис. А.3. Технічний амперметр.

Принцип дії приладу: магнітоелектрична і електромагнітна системи.

Схеми конструкції приладу:

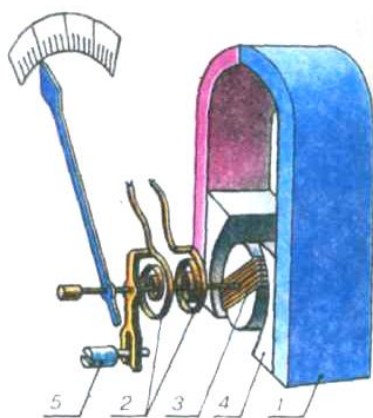


Рис. А.4. Вимірювальний механізм приладів магнітоелектричної системи:
1 – постійний магніт; 2 – пружинки; 3 – рамка із певною кількістю витків; 4 – полюси постійного магніту; 5 – коректор.

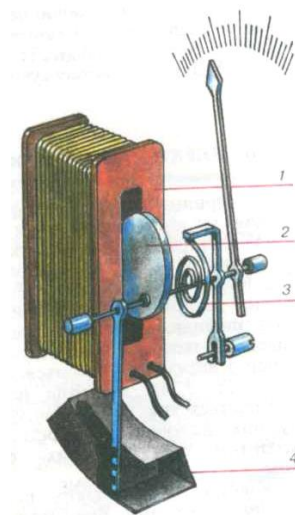


Рис. А.5. Вимірювальний механізм приладів електромагнітної системи:
1 – нерухома котушка, 2 – сердечник, 3 – пружинка, 4 – демпфери.

Додаток Б

Використання життєвих прикладів

Про «будівельну техніку» у світі живої природи

Будівельне мистецтво природи і людей розвиваються по одному і тому ж принципу – економії матеріалів і енергії. Здавна подив людей викликали різноманітні конструкції живої природи, для яких характерними є сполучення легкості та міцності.

Викликає захоплення конструкція житла бджіл (рис. Б.1). Бджолині стільники – воскові конструкції бджіл, які призначені для збереження запасів меду, вирощування потомства та проживання бджолиної сім'ї.

Бджолині стільники побудовані за типом двохшарової упаковки. Даний тип характерний для металів магнію, берилію, цинку, кадмію, талію, гафнію, стронцію.

Розміри атомів та відстаней між ними для кожного із цих металів різні, але співвідношення висоти елементарної комірки структури до її висоти складає 1,633. Бджоли будують свої стільники за таким ж співвідношенням сторін комірки. Шестикутна форма є найбільш економічною та ефективною фігурою для будівництва стільників. Спосіб кріплення кожної із комірок не передбачає яких-небудь зазорів та нестиковок у всіх трьох вимірах. А тому на будівництво однієї комірки витрачається мінімум воску і конструкція є найміцнішою.

Спосіб конструювання, що нагадує ткацтво, використовується для створення гнізд, коконів, пасток. Павутина



Рис. Б.1. Бджолині стільники – найдосконаліші конструкції комах.



Рис. Б.2. Дивують легкість та витонченість павутини.

відрізняється великою міцністю при малій масі (рис. Б.2).

Шовк павука – незвичайний матеріал. Нитка павутини товщиною із олівець може зупинити літак «Бойнг-747», який летить на повній швидкості. Середній діаметр нитки павука-кругопряда становить близько $0,15$ мм. Нитка павутини розривається під власною вагою при її довжині $45-72$ км. Дана нитка не лише досить міцна, але й пружна, оскільки може бути розтягнута на $30-40\%$ перш ніж обірветься. Для порівняння: сталь може бути розтягнута на 8% , а нейлон – на 20% . Людина ще не може створити такий матеріал, не дивлячись на всі технологічні досягнення.

Тростина звичайна – багаторічний злак висотою до 3 м, який росте на болотах та по берегам рік (рис. Б.3). При цьому діаметр рослини у нижній частині досягає всього 15 мм. У стебла жита це відношення ще менше: $1/500$. А між тим стебло несе ще й вантаж (колос), маса якого може бути у $1,5$ рази більшим, ніж маса самого стебла. Все це свідчить про незвичайну міцність стебла. Сильна буря може вирвати із корнем дерево, але лише пригинає до землі тонке стебло злаку.

Важливу роль у даному випадку має пустотілість стебла. При вигині внутрішня область стебла (якщо вона була б заповнена) всеодно б не деформувалася. У той же час речовина, яка б заповнювала цю внутрішню частину, збільшувала б загальну масу стебла, що підвищувало б вигинаючі та стискаючі сили. Таким чином, з точки зору можливості чинити опір деформаціям пустотілий циліндр кращий суцільного.



Рис. Б.3. Відношення діаметра стебла тростини до її висоти: $1/200$.



Рис. Б.4. Стебло являє собою гнучку конструкцію завдяки пустотілим циліндрам, які з'єднані

Слід також врахувати, що стебло являє собою не один, а кілька пустотілих циліндрів, поставлених один на одній. Вузли, які з'єднують ці циліндри, є своєрідними демпферами, завдяки чому стебло є досить гнучкою конструкцією. Цифрами 1, 2, 3 на рис. Б.4 позначено три кулеподібних вузла, які забезпечують гнучкість стебла. Від вузла 1 доверху йде колос, а від інших вузлів починається листки.

Якщо розглянути поперечні розрізи стебла злаку і фабричної труби (рис. Б.5), то можна виділити ряд подібностей у їх конструкціях.

Призначення труби у тому, щоб створювати тягу та відводити шкідливі гази подалі від земної поверхні. По стеблу рослини вгору від коренів піднімаються розчини мінеральних речовин та вода. Як і труба, так і стебло знаходяться під дією однотипних статичних та динамічних навантажень – власної ваги, вітру тощо. У цьому і полягають і причини конструктивної схожості труби та стебла. Обидві конструкції порожнисті. Поздовжня арматура труби розміщена по периферії усього околу. Роль спіральної арматури у стеблі відіграє шкіра.

Не дивлячись на дуже малу товщину (близько 0,3 мм) шкаралупа курячого яйця (ри. Б.6) досить міцна. У цьому можна переконатися, натискаючи на кінці яйця долонями. Основна причина міцності шкаралупи яйця – її геометрична форма, при якій зусилля, що прикладене ззовні у якій-небудь точці передається на всю поверхню. Це можна пояснити за допомогою арки, складеної із каміння, вважаючи, що форма



Рис. Б.5. Конструкція фабричної труби нагадує будову стебла рослини.



Рис. Б.6. Шкаралупа курячого яйця складається із семи шарів, кожний із яких виконує свою функцію.

арки нагадує форму шкаралупи курячого яйця у розрізі (рис. Б.7).

Нехай на верхній камінь A діє сила F , напрямлена вертикально вниз. Під дією даної сили камінь A не зсунеться вниз, а лише сильніше притиснеться до сусідніх каменів B і C , тиснувши на їх бокові стінки із силами F_1 і F_2 відповідно. У свою чергу, камені B і C передадуть тиск на інші камені. Тому силам, які тиснуть на арку із зовнішньої сторони, досить складно зруйнувати дану конструкцію.

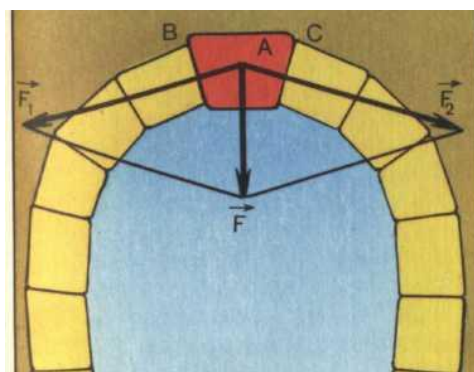


Рис. Б.7. Форма арки нагадує форму шкаралупи курячого яйця.

Проте дана конструкція досить легко руйнується під дією сили із внутрішньої сторони. Недарма шкаралупа яйця витримує вагу курки, але легко руйнується під дією дзьоба пташеняти.

Створюючи ту чи іншу конструкцію, природа вирішує кілька задач – враховується необхідний опір зовнішньому фізичному впливу середовища, забезпечує рослин водою, повітрям, сонцем. Всі ці задачі вирішуються комплексно, підкорюючись загальній задачі, загальному ритмові життя організму. У світі рослин складно зустріти вільно підвішені водопровідні капіляри. Крім задачі рівномірного і постійного забезпечення водою, капіляри виконують і механічну функцію, створюючи опір впливу зовнішнього середовища. А тому можна зробити припущення про те, що захист від шкідливого зовнішнього впливу може бути знайдений при вивченні покривних тканин рослин та тварин. Можемо припустити, що будівниче мистецтво, озброєне біонікою, створить світ конструкцій більш природний та досконалий.

Додаток В

Приклади практичного використання

Про Останківську вежу

Останківська телевізійна вежа у Москві – одна з найвищих споруд у світі (рис. В.1). Вежа висотою 540 м споруджена за проектом конструктора Н. Нікітіна може витримати ураган зі швидкістю вітру 43 м/с. За статистикою у Московській області такий ураган можливий один раз у 2200 років. Основна частина вежі побудована із залізобетону. Точні розрахунки дали змогу розмістити вежу на маленькому порівняно із висотою фундаменті – залізобетонній шайбі діаметром 70 м, шириною 8 м, товщиною 3,5 м.

Залізобетонний конус низу вежі розрізаний арками на десять лап. Це не архітектурна прикраса. Розрахунки показали, що з'єднання суцільного конуса основи вежі, який змінює свої розміри при коливаннях температури, із фундаментом, що знаходиться при постійній температурі, призвели б до тріскання останнього. Лапи і арки потрібні для того, щоб підвищити здатність основи вежі до пружних деформацій.

У трубчате бетонне тіло вежі закладені у натягнутому стані 150 сталевих канатів діаметром 38 мм із розривною межею кожного 1120 Кн. Ці сталеві струни стискають бетон верхньої частини вежі із зусиллям 95000 Кн, а нижньої – із зусиллям 38000 Кн. Такий залізобетон називають попередньо напруженим. Звичайний бетон володіє значно меншою міцністю на розтяг, ніж на стиск, а у сталевих тросів міцність на розтяг велика, але відсутня міцність на стиск. Попередньо напружений залізобетон позбавлений обох цих недоліків. Він володіє міцністю на стиск звичайного бетону і має набагато більшу порівняно із останнім міцність на розтяг.



Рис. В.1. Останківська вежа.

За рахунок того, що обернена до Сонця сторона вежі днем нагрівається, відбувається видовження освітленої її сторони і прогин вежі у тіньову сторону. При цьому відхилення вершини вежі від вертикального напрямку складає 2,5 м, а інколи при спільній дії вітру та температури відхилення складає 5 м. Лише вночі у безвітряну погоду вежа стоїть вертикально.

Про ресори

Пружні властивості матеріалів використовуються не лише у будівництві, але і у автоконструюванні. Наочним прикладом є ресора автомобіля, який зазнає значних змінних деформацій при русі автомобіля по нерівній дорозі (рис. В.2).

Ресора складається із окремих листків різної довжини спеціальної сталі, яка володіє високими значеннями межі пружності.

Пірамідальна і пластинчаста конструкція забезпечує ресорі

змінний коефіцієнт жорсткості, який збільшується при збільшенні навантаження. У міру збільшення навантаження у роботу вступає все більше число листів.

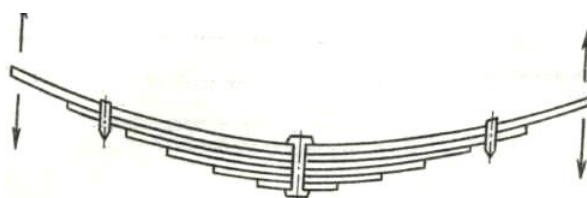


Рис. В.2. Схема будови ресори.

Створення псевдосплавів

Гази, які утворюються при згорянні твердого палива у ракетному двигуні, витікають із сопла при температурі 4000°C. Це вище, ніж температура плавлення найтугоплавкішого металу – вольфраму (3380°C). За яких умов сопло, виготовлене із вольфраму, буде надійно працювати?

Один із перспективних шляхів розвитку матеріалознавства – створення композиційних матеріалів (композитів). Типовий приклад композиту – залізобетон. Інший приклад композиту – матеріал, отриманий із порошків міді та графіту, який володіє поряд із хорошою електропровідністю малим тертям, що дало змогу використовувати цей матеріал для ковзункових контактів.

Сопло для ракетного двигуна виготовляють не із суцільного, а із пористого вольфраму. Цього досягають методом порошкової металургії, коли вольфрамовий порошок пресують і спікають. У результаті отримують вольфрам у вигляді пористої губки. Змінюючи режими пресування і спікання, регулюють кількість і розміри пор. Потім пористий вольфрам пропитують легкоплавким металом – міддю чи сріблом. Отриманий композит буде псевдосплавом «вольфрам – мідь» або «вольфрам – срібло». Матеріал називають псевдосплавом тому, що у ньому перемішування компонентів на атомному рівні не відбувається.

Розглянемо зміни, які відбуваються у псевдосплаві «вольфрам – мідь» при нагріванні. Спочатку температура буде збільшуватися до тих пір, доки не досягне температури плавлення міді (1083°C). Після того як вся мідь розплавиться, температура псевдосплава знову почне підвищуватися. При температурі кипіння міді 2595°C температура псевдосплаву знову зупиниться, і доки вся мідь не випарується, не підвищиться. Температура газів, утворених при згорянні палива, може перевищувати температуру плавлення вольфраму, але метал плавитися не буде, тому що у нього буде відбирати тепло кип'яча мідь, температура якої нижча за температуру плавлення вольфраму.

Про електрофільтри

Димарі заводів, фабрик, теплових електростанцій викидають багато диму, який забруднює і отруює повітря. Для очищення повітря від диму застосовують електрофільтри – металеві циліндри, по осі яких натягнуто провід, заряджений негативно. Циліндри мають позитивний заряд. Під дією електричного поля, яке створене всередині циліндра, дрібні частинки, що заряджені негативно, рухаються до стінок і осідають на них. Із стінок пил і сажу періодично зчищають. За добу з електрофільтра середніх розмірів збирають кілька тонн пилу і сажі. На одному із цементних заводів за 12 років електричний фільтр «зловив» 340000 т цементного пилу.

Додаток Д
Висвітлення наукових досягнень

Таблиця Д.1

**Вручення Нобелівських премій з фізики та хімії за успіхи у дослідженні
будови та властивостей твердих тіл**

Рік присудження	Лауреати	Наукові здобутки
1914 р.	М. Лауе	Відкриття дифракції Х-променів у кристалах
1915 р.	У. унн і У. Брегг	Значний внесок у вивчення структури кристалів за допомогою Х-променів
1920 р.	Ш. Гійом	Точні вимірювання в фізиці – відкриття аномалій у нікелевих сталевих сплавах
1921 р.	А. Айнштейн	Відкриття закону фотоелектричного ефекту
1923 р.	Р. Міллікен	Експерименти з визначення елементарного електричного заряду і фотоелектричного ефекту
1928 р.	О. Річардсон	Відкриття явища термоемісії та встановлення закону, який названий його іменем
1937 р.	К. Девіс і Дж. Томсон	Відкриття явищ інтерференції при відбиванні електронів від кристалів
1946 р.	Дж. Самнер (хімія)	Відкриття властивостей кристалізації ферментів
1956 р.	Б. Шоклі, Дж. Бардін, У. Браттейн	Дослідження напівпровідників та відкриття транзисторного ефекту
1970 р.	Л. Неель	Дослідження та фундаментальні відкриття, що стосуються антиферромагнетизму та магнетизму, які знайшли важливе застосування у ФТТ
1973 р.	Л. Есакі А. Джайєвер Б. Джозефсон	Відкриття явища тунелювання у твердих тілах Експериментальне дослідження явища тунелювання у напівпровідниках та надпровідниках Теоретичні дослідження надпровідності та тунелювання

Продовження таблиці Д.1

1982 р	А. Круг (хімія)	Розробка методу кристалографічної електронної мікроскопії і пояснення структури біологічно-важливих комплексів нуклеїнова кислота-білок
1985 р.	Дж. Карл і Г. Хауптман (хімія)	Розробка прямих методів визначення структури кристалів
1987 р.	Г. Беднорц і О. Мюллер	Відкриття надпровідності у керамічних матеріалах
1991 р.	П. Жиль де Жен	Виявлення того, що методи, які застосовані для вивчення явищ упорядкованості у простих системах, можуть бути узагальнені на рідкі кристали й полімери
2000 р.	Ж. Алфьоров і Г. Кремер Дж. Кілбі	Розробки у напівпровідниковій техніці Дослідження в області інтегральних схем
2000 р.	А. Хігер, А. Мак-Діармід і Х. Сіракава (хімія)	Відкриття провідності у полімерах
2003 р.	А. Абрикосов, В. Гінзбург, Е. Леггет	Створення теорії надпровідності другого роду і теорії надтекучості рідкого гелію-3
2007 р.	А. Фер і П. Грюнберг Г. Ертль (хімія)	Роботи про вплив магнетизму на електро-провідність, що дозволило збільшити щільність запису інформації на твердих дисках комп'ютерів (метод отримав назву «гігантський магнетоопір») Дослідження хімічних процесів на твердих поверхнях, що дає змогу краще зрозуміти, зокрема, динаміку процесів утворення іржі, принципи роботи паливних елементів та автомобільних каталізаторів; це зробить двигуни екологічно чистішими

Про надізоляцію

У січні 2001 р., досліджуючи явище надпровідності, наукові працівники Інституту фізики напівпровідників Російської АН (м. Новосибірськ) Т. Батуріна та А. Миронов зіштовхнулися із антиподом надпровідності – надізоляцією. Досліди проводилися на надтонких плівках нітриду титану. До речі, цією речовиною покривають металеві зубні протези, що забезпечує їх міцність і надає характерного «золотого» блиску. При наднизьких температурах нітрид поводить себе як надпровідник (по ньому протікає струм практично без опору). Але варто зменшити товщину плівки до нанорозмірів, як матеріал раптово втрачає свої надпровідні властивості. Вчені встановили, що у деяких випадках опір плівки стрибком збільшувався у мільйон разів.

Нове фізичне явище відкриває дорогу до створення нового класу матеріалів. Наприклад, створення «надкондесаторів» чи електричних батарей, які не розряджаються із часом і можуть зберігатися тривалий час.

Про гігантський магнетоопір

«Гігантський магнетоопір» – явище значного зменшення в магнітному полі опору багатошарової структури, що складається із тонкого неферомагнітного шару, затиснутого між двома шарами феромагнетика. Опір плівки у магнітному полі зменшується максимум у два рази. Проте, зважаючи на те, що звичайний магнітоопір призводить щонайбільше до 5% зміни, то ефект, який спостерігається у плівках, справді значний. Гігантський магнетоопір спостерігається у тонкій плівці немагнітного матеріалу, затиснутого між шарами з феромагнетика. Зазвичай, немагнітним матеріалом служить хром, феромагнітним – залізо. Товщина плівки – 1-2 нм, що відповідає 2-5 періодам кристалічної ґратки. Коли зовнішнього магнітного поля немає, намагніченість феромагнітних шарів протилежна, внаслідок слабкої антиферомагнітної взаємодії. У магнітному полі напрямок магнітних моментів обох шарів співпадає. Явище гігантського магнетоопору використовується в магнітних головках сучасних жорстких дисків.

Про нанотехнології

Експериментатори з університету Берклі в Каліфорнії (США) змогли збільшити місткість звичайного DVD-диска у сотні разів. Один новий диск, місткістю 1400 гігабайтів, замінює три тисячі DVD-дисків. Такий обсяг дозволяє, наприклад, записати на одному диску дані про все населення земної кулі.

Як відомо, роль літер на компакт-диску відіграє послідовність «крапок», які по-різному відбивають світло. Це так званий двійковий запис, де кожна «крапка» є або нулем, або одиницею. Низка таких знаків і шифрує необхідні дані: звук, зображення тощо.

На дисках нового типу кожний знак даних записано на площі в три нанометри. Щоб зчитувати ці дані, потрібно було досягти ідеальної якості поверхні. Це й було перешкодою для того, щоб створити такий диск раніше.

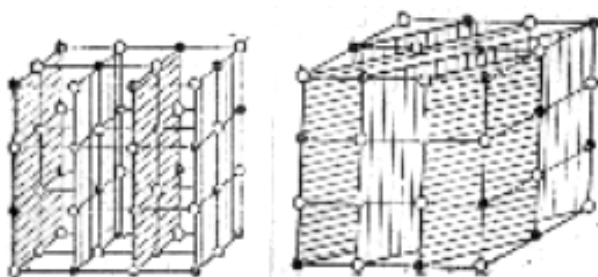
Науковці досягли такого результату завдяки використанню сапфіру. Сапфір – стабільний кристал, який після спеціальної обробки набуває потрібних характеристик. Чим більш упорядкована структура матеріалу, тим легше вносити до неї зміни. Це можна порівняти із записом на чистому аркуші. Чим чистішою та рівнішою є поверхня паперу і чим дрібнішим є текст, то тим більше даних можна записати. У цифровому записі найкращий «папір» – це спеціальне тривке скло – кварц або штучний сапфір. До речі, Харківський інститут монокристалів НАН України виготовляє якісні штучні сапфіри, які експортують у багато країн.

Фахівці з США використали спеціальну термообробку сапфірів, після якої вони набувають рельєфної структури, схожої на вінілову пластинку. На цю «матрицю» наносять шар полімеру, який потім і стане компакт-диском. Адже сапфірові диски були б надзвичайно дорогими. При роботі з дисками нового типу використовують лазерний промінь, який є набагато «вужчим» – з меншою довжиною хвилі, – ніж при роботі з звичайними DVD-дисками.

Додаток Е

Приклади використання плакатів

Будова твердих кристалічних тіл



Множини площин кристалічних ґраток.

Якщо припустити, що атоми в кристалах розміщені впорядковано, то вони утворюють множини площин, на яких розміщені частинки.

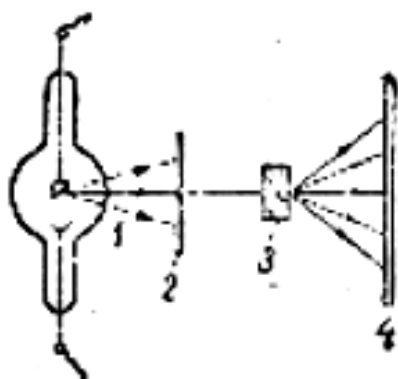
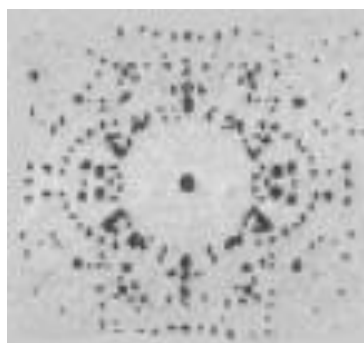


Схема експериментальної установки

Лауе (1912 р.).

Пучок X -променів через отвір в ширмі 2, пройшовши через монокристал 3, потрапляє на фотопластинку 4.



Лауеграма.

Промені, відбиті від різних атомних площин, утворювали на фотопластинці зображення у вигляді темних точок, розміщених симетрично.

Провідність металів

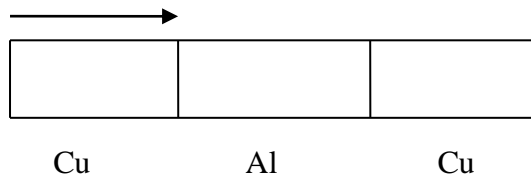


Схема досліду Ріке (1912 р.).

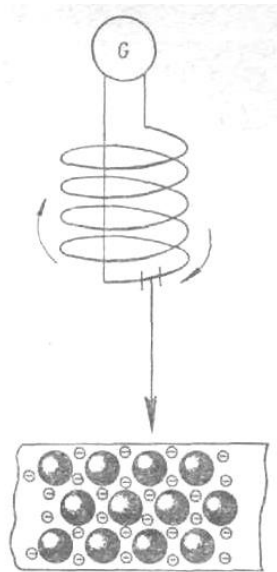
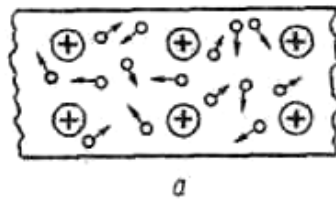
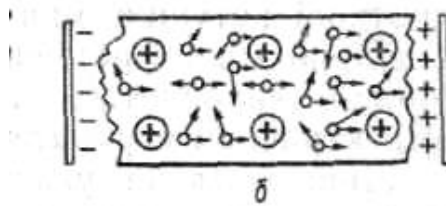


Схема установки Толмена і Стюарта (1916).



a



б

Схеми, що ілюструють рух електронів у металі.

Провідність металів не обумовлена рухом іонів в електричному полі.

У заторможеному провіднику, який рухався із великою швидкістю, виникає індукційний струм.

а – сумарний заряд вільних електронів у металі дорівнює заряду іонів, а тому провідник за відсутності електричного поля не буде заряджений.

б – металевий провідник, поміщений у електричне поле: вільні електрони почнуть у ньому рухатися у напрямі дії сил поля, але хаотичний рух при цьому зберігатиметься.

Провідність напівпровідників

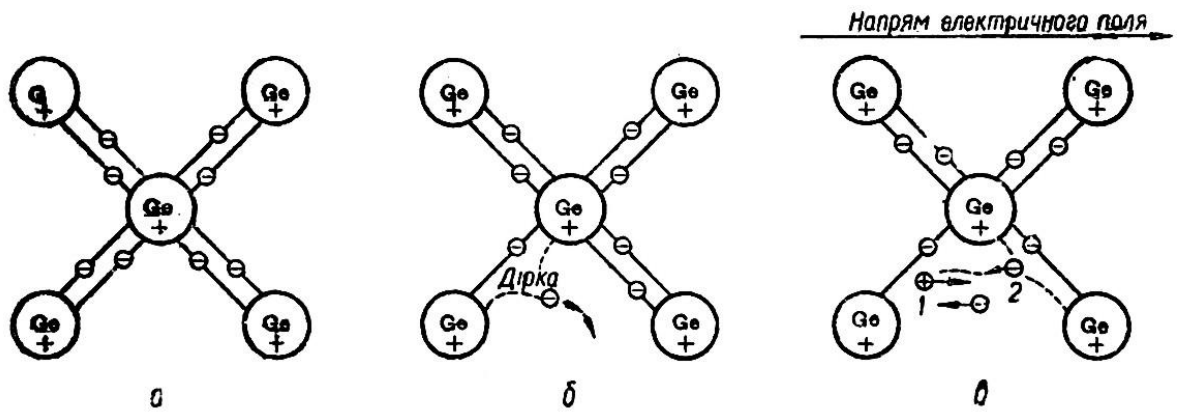


Схема виникнення власної провідності у напівпровіднику.

а – ґратка ідеально чистого Германію за дуже низької температури (біля абсолютного нуля);

б – розрив ковалентного зв'язку при нагріванні та утворення вільного електрона і дірки при нагріванні напівпровідника до звичайних (кімнатних) температур;

в – напрямлений рух дірки: заповнення електроном зв'язку 1 і розрив зв'язку 2 із утворенням у цьому місці дірки.

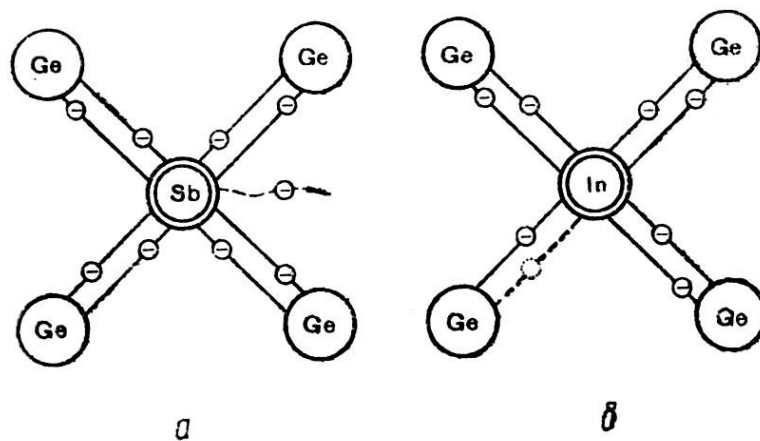


Схема виникнення домішкової провідності у напівпровіднику.

а – п'ятивалентна Сурма в Германію є джерелом вільних електронів (донорна домішка);

б – трьохвалентний Індій утворює в Германію дірки (акцепторна домішка).

Виникнення p - n -переходу у напівпровідниках

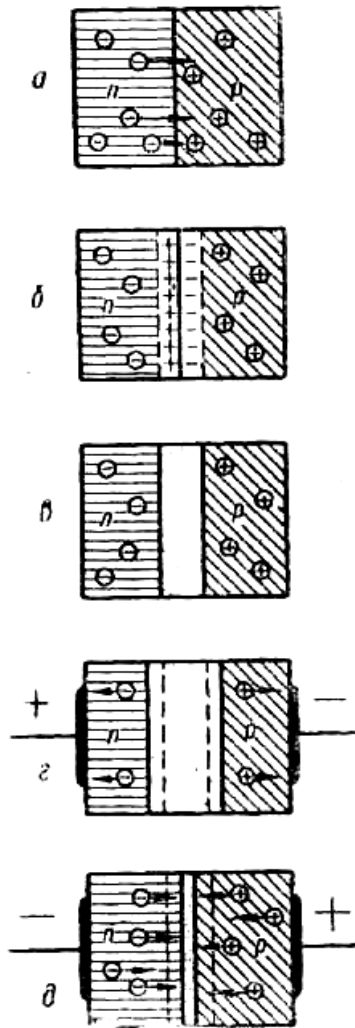


Схема утворення p - n -переходу.

а – дифузія вільних електронів з n - у p -частину напівпровідника (внаслідок цього тонкий шар n -частини збіднюється на електрони провідності);

б – утворення електричного поля p - n -переходу некомпенсованими об'ємними зарядами;

в – збіднена вільними носіями заряду частина p - n -переходу;

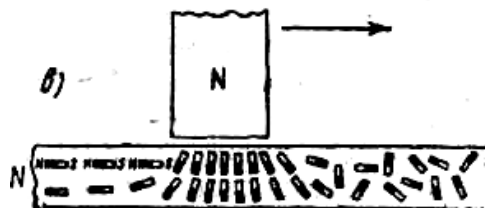
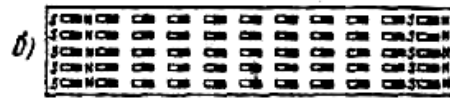
г – збільшення товщини запірного шару (запірний напрям струму);

д – заповнення запірного шару носіями заряду (при зміні полярності напруги, прикладеної до напівпровідника з p - n -переходом).

Виготовлення штучних магнітів



Найпростіший спосіб отримання штучного магніту – натирання сталю зразка від центру до кінців протилежними полюсами природних чи інших штучних магнітів.

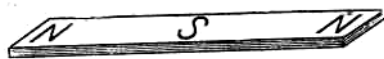


а – розміщення атомних магнітків у немагніченій зразку сталі;

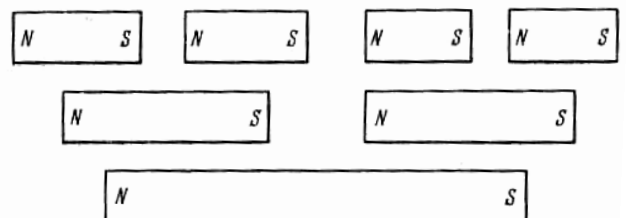
б – розміщення атомних магнітків у намагніченій зразку сталі;

в – дія полюса магніта на атомні магнітики намагніченої сталі.

Схеми, що ілюструють розміщення магнітків у полосці сталі.



Магніт із однаковими полюсами на кінцях має протилежний полюс посередині.



При поділі магніту на частини не можна отримати магніт із одним полюсом.

Додаток Ж

Приклади домашніх експериментальних завдань

Теплові властивості твердих тіл

1. Виясніть, із якого матеріалу виготовлено стіни вашого будинку, підлога, стеля, дах. Чому саме із цих матеріалів (належать ці матеріали до хороших чи поганих провідників тепла)? Виміряйте приблизно товщину стін. Чим вона обумовлена? Яка ширина внутрішніх стін? Навіщо двері інколи оббивають волоком? Де тепліше у кімнаті: біля підлоги чи біля стелі? Чому?

2. Виясніть, де в елементах електронагрівальних приладів (праски, плитки, чайника) використовують гарні провідники тепла, а де погані?

3. Розгляньте калориметр і дайте відповіді на запитання:

а) чому у калориметра дві склянки – зовнішня і внутрішня?

б) чому склянки роблять металевими (із тонкої листової міді, латуні чи алюмінію)?

в) як здійснюється теплова ізоляція у калориметрі?

4.

А. Виготовити калориметр (у ролі внутрішньої посудини можна використати одноразовий стаканчик) і визначити за його допомогою питому теплоємність шматочка каменя (граніту, мармуру тощо).

В. Визначити питому теплоємність скла, з якого виготовлена склянка для чаю.

С. Як, маючи термометр та калориметр з водою, визначити, до якої температури був нагрітий на електроплитці болт. Бажано взяти болт масою 20-50 г.

Електричні властивості твердих тіл

1. Які провідники та ізолятори електрики Ви зустрічаєте у домашніх умовах? Відповідь оформіть у вигляді таблиці.

2. Складіть гальванічний елемент, вставивши залізну та цинкову пластини (чи дротини) у сиру картоплини. Перевірте його дії за допомогою

гальванометра. Визначіть знаки полюсів елемента. Як залежить дія такого гальванічного елемента від глибини занурення пластин?

3. За паспортними даними до електричних приладів, які є у розпорядженні у Вашому помешканні, проробіть розрахунки, наведені у таблиці Ж.1:

Таблиця Ж.1

Звітна таблиця

Фізична величина	Холодильник	Телевізор	Магнітофон	Електричний камін
Потужність, Вт				
Напруга, В				
Сила струму, А				
Робота струму у приладі за 1 год, кВт·год				
Вартість електроенергії, що споживається за 1 кВт·год				

Магнітні властивості твердих тіл

1. Розгляньте компас і поясніть чому його корпус виготовлено із пластмаси, міді, алюмінію, а не із сталі?

2. Виясніть, як за допомогою компаса перевірити зроблений предмет із звичайної сталі чи із нержавіючої?

3. Виготовити компас з намагніченої голки, опущеної на поверхню води у широкій посудині на легкому поплавці. Визначити полюси стрілки (голки) виготовленого компаса.

4. Взяти дві швейні голки, одну з яких намагнітити від постійного магніту. Визначити, чи намагнічена друга голка.

Додаток 3

Приклади використання НІТ

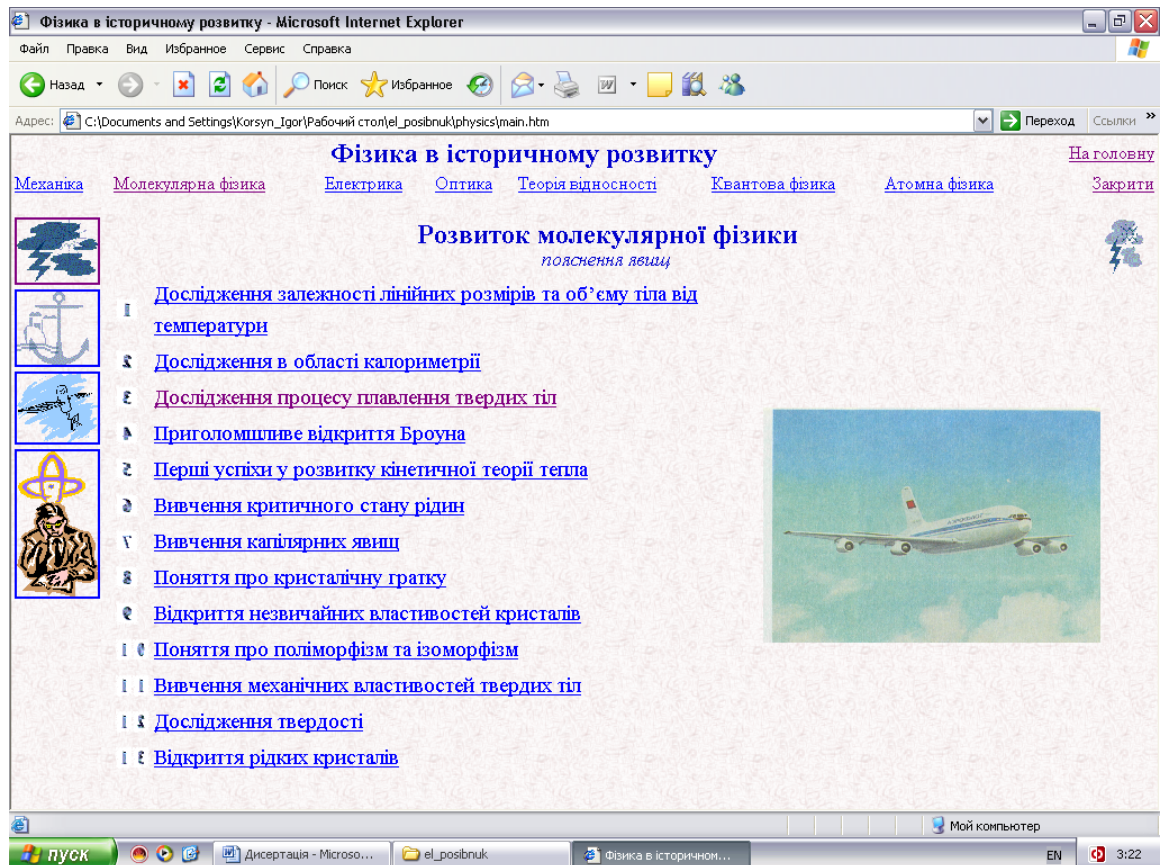
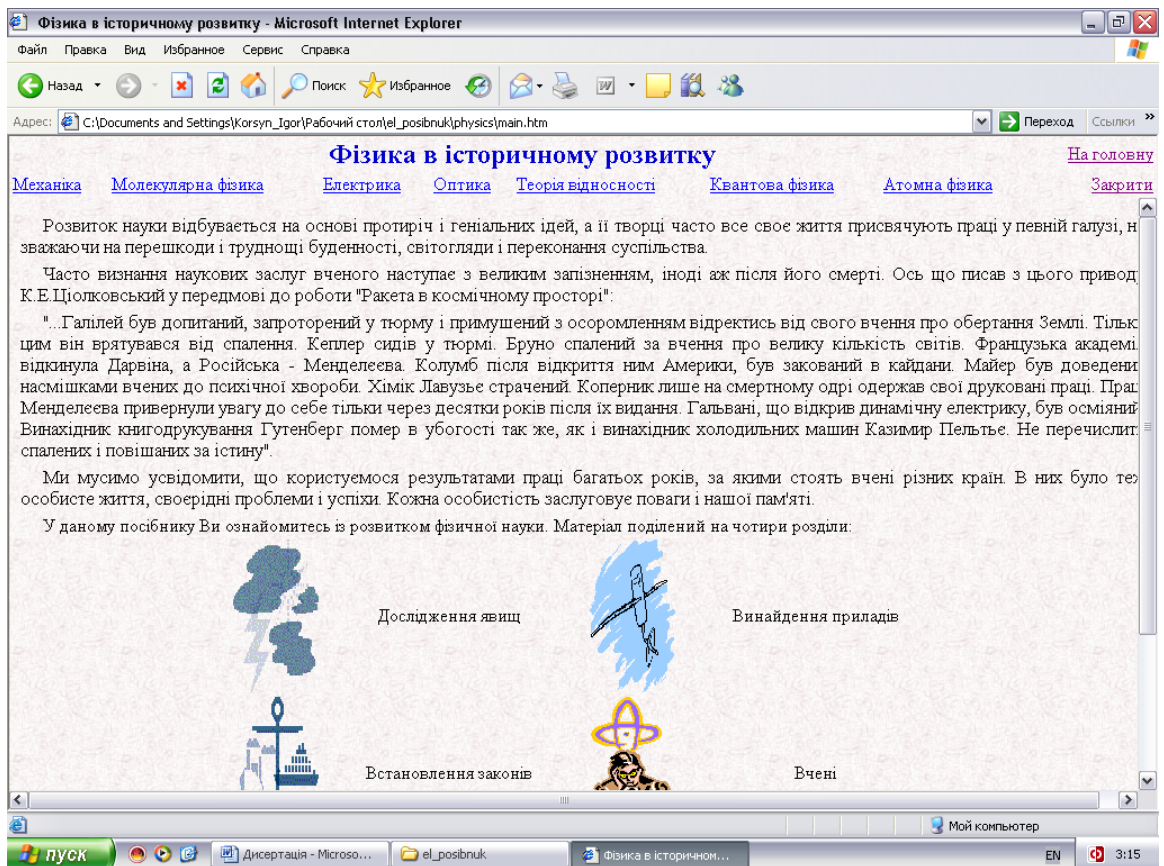


Рис. 3.1. Сторінки ЕНП “Фізика в історичному розвитку”.

Будова та властивості твердих тіл - Microsoft Internet Explorer


Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

Назад Поиск Избранное

Адрес: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Korsyn_Igor/Рабочий%20стол/html/enter.htm#

Будова	
Механічні властивості	
Теплові властивості	
Електричні властивості	Теорія
Магнітні властивості	Демонстрації
Оптичні властивості	Історичні відомості
	Здобутки українських вчених
	Життєві приклади
	Практичне застосування
	Домашній експеримент
	Завдання
	Термінологічний словник

Фізика твердого тіла - наука про будову і властивості твердих тіл. У цій області науки працює більше половини усіх фізиків планети. Це пояснюється тим, що фізика твердого тіла являє основну частину фундаменту сучасної техніки. У будь-якій її галузі використовуються властивості твердих тіл: механічні, теплові, електричні, магнітні, оптичні.



CN Tower (Торонто, Канада) - найвища споруда у світі. Її висота складає 553,33 метра.

file:///C:/Documents%20and%20Settings/Korsyn_Igor/Рабочий%20стол/html/enter.htm#

Мой компьютер

ПУСК

Дисертация - Microso... html Будова та властиво... EN 2:38

Будова та властивості твердих тіл - Microsoft Internet Explorer


Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

Назад Поиск Избранное

Адрес: C:\Documents and Settings\Korsyn_Igor\Рабочий стол\html\5-2-3.htm

Будова	
Механічні властивості	
Теплові властивості	
Електричні властивості	
Магнітні властивості	
Оптичні властивості	

Демонстрації



Демонстрація "Модель доменної структури ферромагнетика"

file:///C:/Documents%20and%20Settings/Korsyn_Igor/Рабочий%20стол/html/5-2-3.htm#

Мой компьютер

ПУСК

Дисертация - Microso... html Будова та властиво... EN 3:25

Рис. 3.2. Сторінки ЕНП “Будова і властивості твердих тіл”.

*Навчальна презентація лабораторної роботи
 “Зняття вольт-амперної характеристики
 напівпровідникового діода”*

ЗНЯТТЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ДІОДА



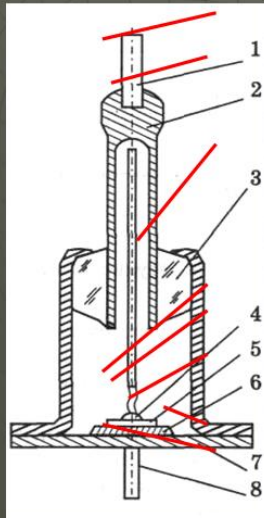
Лабораторна робота

Обладнання

- ◆ діод напівпровідниковий
- ◆ випрямляч
- ◆ амперметр постійного струму
- ◆ вольтметр постійного струму
- ◆ реостат повзунковий
- ◆ ключ
- ◆ комплект з'єднувальних провідників



Будова напівпровідникового діода Д7Ж



1 Монокристалічна пластинка германію – 5

2 Крапля індію – 4

На межі цих областей утворився електронно-дірковий перехід (p-p) з однобічною провідністю

3 Олово – 6

4 Металевий корпус – 7

5 Контактний вихід, з'єднаний з германієм – 1

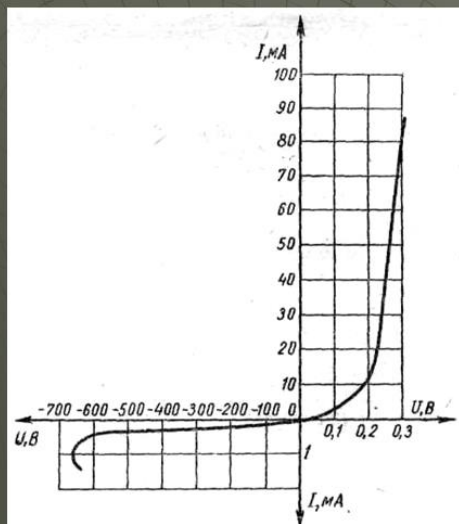
6 Контактний вихід, з'єднаний з індієм – 8

7 Металева трубка – 2

8 Скляний ізолятор – 3

Виводи діода підведені на панелі до двох затискачів, позначених знаками "+" і "-".

Мета роботи



дослідити залежності сил прямого і зворотного струмів діода від прикладених до нього напруг і побудувати графіки цих залежностей

Завдання 1

Дослідження залежності сили прямого струму від прикладеної до діода напруги

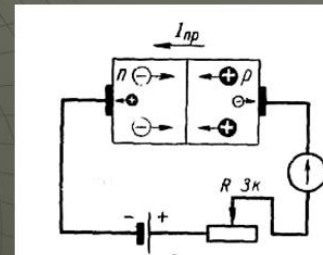
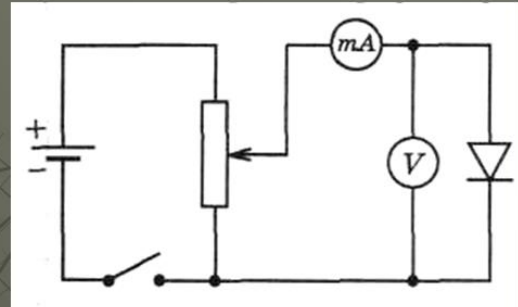


Схема вмикання діода у напрямку пропускання струму

Завдання 2

Дослідження залежності сили зворотного струму від прикладеної до діода напруги

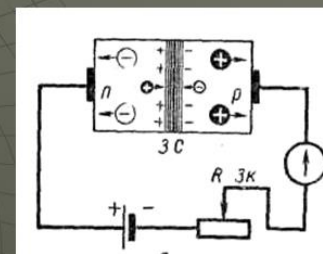
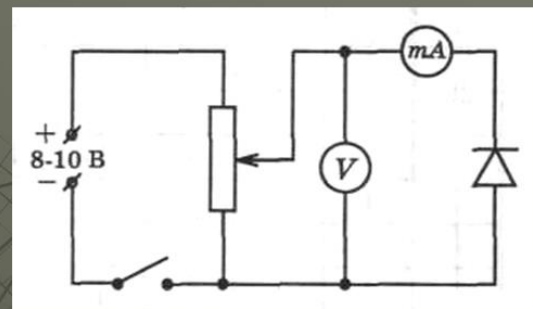


Схема вмикання діода у напрямку запирання струму

Отримані дані

Прямий струм

$U_{\text{пряма}}, \text{ В}$	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,67	0,72
$I_{\text{прямий}}, \text{ мкА}$	1	3	12	104	980	2970	7490

Обернений струм

$U_{\text{обернена}}, \text{ В}$	1,58	3,02	8,05	13,20	18,20	23,20	36,90
$I_{\text{оберн.}}, \text{ мкА}$	1	4	11	17	21	25	34



Лабораторна робота “Виготовлення прикладного гоніометра та вимірювання кутів між гранями кристалів”

Мета лабораторної роботи: перевірити закон сталості кутів за допомогою прикладного гоніометра.

Обладнання: дві лінійки із отворами, транспортер, кристали ісландського шпату та кварцу, гвинт, гайка.

Теоретичні відомості

Для кристалів справедливий закон сталості кутів (закон Стено-Ломоносова-де Ліля), який стверджує, що в усіх кристалах речовини однієї і тієї самої будови за однакових фізико-хімічних умов кути між відповідними гранями (ребрами) рівні (наприклад А, Б, В у кристалів кварцу ϵ і δ на рис. И.1).

М. Ломоносов і Н. Стено для того, щоб виміряти кути кристала, прикладали його до аркуша паперу, обмальовуючи його грані, а Роме де Ліль зміг виміряти кути кристалів за допомогою гоніометра, винайденого його учнем Каранжо у другій половині XVIII ст.

Гоніометр – прилад для вимірювання кутів між гранями кристалів. На практиці застосовується декілька видів гоніометрів. Найбільш простим є прикладний гоніометр (рис. И.2), який являє собою транспортер із двома лінійками (точність вимірювання до 30').

У 1809 р. англійський дослідник

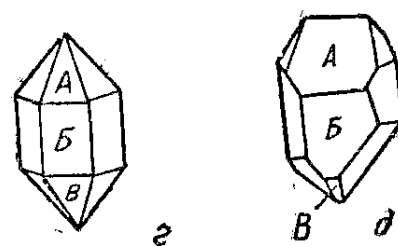


Рис. И.1. Многогранники кристалів кварцу.

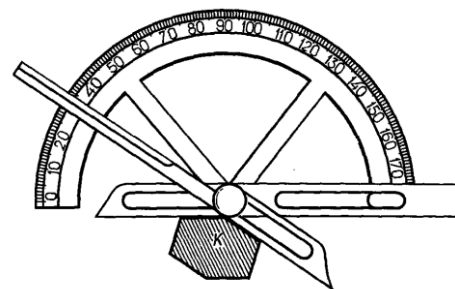


Рис. И.2. Прикладний гоніометр Каранжо.

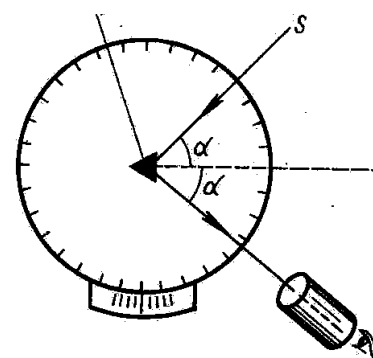


Рис. И.3. Відбивальний гоніометр Волластона.

У. Волластон сконструював відбивальний гоніометр, дія якого ґрунтувалася на відбиванні вузького світлового променя від граней кристала, що досліджується (рис. И.3). На кристал, розміщений на осі диску, спрямовувався пучок світла, який грані кристала відбивали. У зорову трубу спостерігали «зайчик», тобто відбиток від грані кристала. Повертаючи кристал можна було впіймати «зайчик» від іншої грані і відрахувати кут між двома гранями по шкалі на крузі гоніометра.

Найбільш досконалим є винайдений у наприкінці ХІХ ст теодолітний гоніометр Є. Федорова (точність вимірювання від $1'$ до $20'$), у якому кристал обертався одночасно навколо двох осей – вертикальної та горизонтальної (рис. И.4).

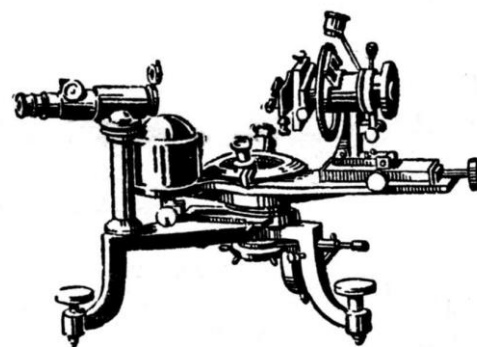


Рис. И.4. Теодолітний гоніометр Федорова

Хід роботи

1. Виготовити прикладний гоніометр, з'єднавши дві лінійки між собою за допомогою гвинта та гайки (рис. И.5).

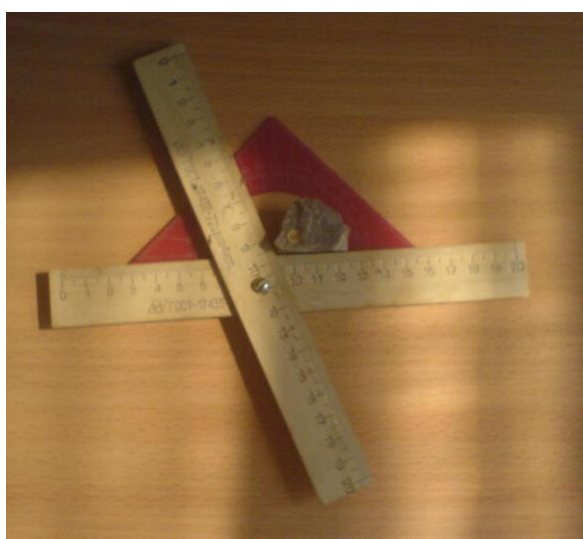


Рис. И.5. Саморобний прикладний гоніометр.

2. Виміряти кути між гранями. Для цього прикласти кристал до однієї із лінійок у точку з'єднання таким чином, щоб грань кристала була перпендикулярна до площини лінійки. Повернути другу лінійку до зіткнення її з другою гранню кристала, що перетинається із першою. Закріпити взаємне положення лінійок гвинтом і вимірюємо величину кута між ними за допомогою транспортира. Слідкувати, щоб між гранями кристала і лінійками не було щілини.

3. Виміряти кути між іншими гранями, що перетинаються, того ж кристала.

4. Виміряти кути між гранями інших кристалів.

5. Занести результати вимірювань у звітну таблицю (табл. II.1).

6. Порівняти результати усіх вимірювань, визначити можливі причини похибок у вимірюваннях, сформулювати висновок.

Таблиця II.1

Звітна таблиця

Зразок	Кути між гранями					
Кварц №1						
Кварц №2						
Кварц №3						
Ісландський шпат №1						
Ісландський шпат №2						
Ісландський шпат №3						

Додаток К

Визначення основних виявів пізнавальної активності учнів та бланк експертного оцінювання пізнавальної активності учня вчителем

У наступному списку перераховано вияви пізнавальної активності учня, у процесі його роботи на уроці, а також при виконанні самостійних і домашніх навчальних завдань.

Слід після кожного уроку і після кожної перевірки самостійного завдання, що відноситься до цього уроку, оцінити роботу учня за вказаними нижче параметрами. Якщо помічено прояв у одного учня якоїсь із перелічених особливостей (під час відповіді, перевірки домашньої роботи, у процесі пояснення нового матеріалу), необхідно відзначити помічений вияв знаком «+» у відповідному пункті.

- 1) Учень виявлена пізнавальна ініціатива – прагнення учня пізнати те чи інше явище за власним бажанням, глибше його з'ясувати.
- 2) Учень виявлена пізнавальна надситуативність (тобто здійснено ніби «вихід» за межі заданого, наприклад, учень за власною ініціативою зробив більше, ніж від нього вимагалось).
- 3) Учень підкреслив основну думку, виділив суттєве (у тексті, задачі, відповіді тощо).
- 4) Учень проаналізував якесь явище, поняття, твердження.
- 5) Учень провів порівняння якихось понять, явищ (виділив подібність, відмінність).
- 6) Учень зробив висновок, узагальнення, підвів підсумок.
- 7) Учень провів систематизацію навчального матеріалу (явищ, понять).
- 8) Учень здійснив конкретизацію якогось абстрактного положення, поняття, навів власний приклад.

- 9) Учень здійснив постановку проблеми, тобто «побачив» у тому, що вивчається, нову для себе проблему.
- 10) Учень підібрав аналогію¹⁰ до поняття чи явища, що вивчається.
- 11) Учень висловив задум із приводу вирішення якоїсь проблеми чи розв'язання певної задачі.
- 12) Учень висловив здогад про якусь закономірність.
- 13) Учень висловив власну думку із певного приводу.
- 14) Учень висловив оригінальну власну думку.
- 15) Учень висловив помилкову, але власну думку.
- 16) Учень висловив критичне зауваження з приводу якогось твердження, чи методу розв'язання задачі.
- 17) Учень виявив логічну невідповідність у тексті, у відповідях інших учнів, у поясненні учителя.
- 18) Учень логічно довів якесь твердження, положення.
- 19) Учень логічно спростував те чи інше твердження.
- 20) Учень задав запитання на уточнення змісту, уточнення логічних взаємозв'язків, взаємозалежностей; запитання-припущення (запитання-гіпотеза, запитання-здогад).
- 21) Учень взяв участь у суперечці, дискусії, діалозі.
- 22) Учень взяв конструктивну участь у обговоренні плану розв'язання задачі чи доведення теореми (взяти конструктивну участь - означає висловити таку думку, яка б сприяла просуванню в розв'язанні задачі).

¹⁰ Аналогія – це знаходження подібності між об'єктами за абстрактною ознакою. Використання аналогій є основою для здогадок, гіпотез. У процесі міркування за аналогією здійснюються і актуалізуються оригінальні і ефективні логічні зв'язки.

23) Учень дав означення поняття за власною ініціативою або за завданням учителя.

24) Учень дав пояснення поняттю чи тлумачення певного твердження.

25) При поясненні того чи іншого поняття чи твердження учень спирався на власний досвід.

26) Учень спирався на більш загальні теорії при поясненні менш загальних понять.

27) Учень передав певний зміст своїми словами.

28) Учень здійснив активне оперування словом, в основі якого лежить бачення за абстрактним поняттям реальних відношень.

29) Учень здійснив розумову екстраполяцію, тобто «домислювання» ідеї, думки автора чи недомовленого учителем (наприклад, учень продовжив розвивати чиясь думку, доводити якусь твердження).

30) Учень здійснив мислену антиципацію («забігання вперед», тобто учень попередньо робить самостійно висновки).

31) Учень здійснив перетворення матеріалу, тобто переконструювання змістовних одиниць за певним критерієм для глибшого осмислення чи з іншою продуктивною метою.

32) Учень виявив активність у сприйнятті нового матеріалу при поясненні (стежив за ходом логічних міркувань учителя, задавав по ходу викладу матеріалу запитання тощо).

33) Учень продемонстрував «сприйнятливність» до нових знань, тобто невідкладно здійснив оперування новими знаннями.

Оцінка рівнів пізнавальної активності

	Показники пізнавальної активності	Рівень сформованості (бали)
1	Уміння визначати поняття	
2	Уміння виділяти головне	
3	Уміння аналізувати матеріал	
4	Сформованість операцій порівняння	
5	узагальнення	
6	абстрагування	
7	Уміння встановлювати причинно-наслідкові зв'язки	
8	Уміння систематизувати матеріал	
9	Уміння встановлювати внутріпредметні і міжпредметні зв'язки	
10	Уміння доводити або спростовувати	
11	Антиципація (передбачення, прогноз) – уміння передбачати, екстраполювати події, явища	
12	Уміння активного перенесення знань в інші ситуації	
13	Самостійність мислення – уміння самостійно робити висновки, самостійно використовувати вивчений матеріал	
14	Критичність мислення – прагнення піддавати сумніву матеріал, що засвоюється	

15	Конструктивність мислення – вміння знаходити найбільш раціональні шляхи розв’язання завдань, проблем суперечностей	
16	Перетворювальність мислення – прагнення до перетворення, переконструювання матеріалу, що засвоюється, з метою його більш поглибленого осмислення	
17	Проблемність мислення – чутливість до суперечностей, які становлять основу проблеми, вміння помічати, ставити, формулювати проблему	
18	Сміливість мислення – подолання суб’єктивного страху при знаходженні оригінального рішення	
19	Глибина мислення – уміння встановлювати істотні причинно-наслідкові відношення, «проникати» у сутність явищ	
20	Широта мислення – уміння розглядати явище, що вивчається, з різних точок зору, бачити різні підходи та шляхи розв’язання проблеми	
21	Гнучкість мислення – уміння встановлювати «прямі» та «зворотні» оригінальні зв’язки при узагальненні	
22	Загальна спрямованість на навчання (настроєність на учіння)	
23	Позитивне ставлення до навчання	
24	Наявність пізнавального інтересу до предмета , зумовленого усвідомленням значущості для учня цього предмета	
25	Сформованість пізнавальної потреби – стану необхідності для учня участі у навчально-пізнавальній діяльності	
26	Прояв пізнавальної ініціативи	

27	Прояв пізнавальної надситуативності – самостійного та усвідомленого виходу учнем за межі поставленого вчителем завдання, розв'язання учнем за власною ініціативою додаткових завдань	
28	Старанність	
29	Вдумливість	
30	Наполегливість	
31	Схильність до дискусії	
32	Прагнення до самовдосконалення	
33	Самокритичність – схильність визнавати власні недоліки	
34	Впевненість у собі	
35	Почуття власної гідності	
36	Відсутність страху помилитися	
37	Вміння відстоювати власну позицію	
38	Прагнення до самовираження	
39	Ініціативність – схильність особистості проявити пізнавальну та інтелектуальну ініціативу	
40	Організованість у навчальній діяльності	

1	Змістово-операційний компонент(1–21)	
	а) прийоми мислення(1-12)	
	б) властивості мислення (12-21)	
	в) базові знання	
	(середній бал)	
2	Мотиваційний компонент (22-27)	
3	Емоційно-вольовий компонент (28-40)	
4	Загальний показник пізнавальної активності	

Оцінки ставляться за п'ятибальною шкалою:

1 бал – якість не розвинена, або вміння не сформоване;

2 бали – якість або вміння проявляють себе рідко, що безпосередньо позначається на діяльності;

3 бали – властивість або вміння помітні в діяльності, проявляються, проте не завжди ефективні;

4 бали – уміння ефективно, але його ще можна вдосконалювати;

5 балів – уміння сформоване, ефективно в навчальній діяльності, рефлексується учнем.

Градація рівнів розвитку пізнавальної активності:

1-2 (балів) – низький рівень;

3-4 (балів) – середній рівень;

5 балів – високий рівень.

Для кожного класу визначали кількість учнів відповідно до трьохгрангової градації рівнів розвитку пізнавальної активності.

Додаток Л

Приклади тестових завдань

Механічні властивості твердих тіл

1. Як коротко Гук сформулював свій закон?
 - А. Яка сила, таке і видовження.
 - Б. Видовження дорівнює силі.
 - В. Яке видовження, така і сила.
 - Г. Інша.
2. Хто вперше охарактеризував пружність як властивість самого матеріалу?
 - А. Роберт Гук.
 - В. Томас Юнг.
 - Б. Георг Ом.
 - Г. Інша.
3. Хто із українських вчених, працюючи у США, зробив вагомий внесок у розвиток теорії пружності?
 - А. О. Смакула.
 - В. С. Тимошенко.
 - Б. О. Стасів.
 - Г. Інша.
4. На візку лежать мішки із вовною. Як зручніше привести візок у рух: прикладаючи силу до мішків, до візка чи по-іншому?
 - А. До мішка.
 - Б. До візка (не потрібно витрачати енергію на деформацію).
 - В. У точку дотику мішка і візка.
 - Г. Інша.
5. Зниження температури збільшує жорсткість пружин (матеріал стає твердішим). Чому ж тоді у час сильних морозів деталі машин ламаються частіше?
 - А. На морозі метал стає твердішим, але водночас стає крихкішим.
 - Б. На морозі метал стає твердішим, але водночас стає пластичнішим.
 - В. На морозі метал стає твердішим, але водночас деформується.
 - Г. Інша.

6. Чому для виготовлення кам'яних знарядь люди користувалися кременем і обсидіаном, а не більш поширеними піщаниками?

А. Ці камені мають більшу твердість.

Б. Ці камені мають більшу міцність.

В. Ці камені мають більшу пластичність.

Г. Інша.

7. Для виготовлення метрових валів – суцільного та порожнистого – витратили однакову кількість матеріалу. Який із них міцніший?

А. Суцільний.

В. Порожнистий.

Б. Не має значення.

Г. Інша.

8. Яка основна перевага знарядь праці із заліза перед знаряддями: а) з дерева і кості; б) з каменю?

А. метал менш твердий; залізні вироби крихкі.

Б. метал більш твердий; залізні вироби крихкі.

В. метал більш твердий; залізні вироби не крихкі.

Г. Інша.

9. Латунний гвинт вкручують в стальну гайку при кімнатній температурі. Полегшується чи утруднюється цей процес при підвищенні температури?

А. Утруднюється, бо $\beta_{\text{латуні}} > \beta_{\text{сталі}}$.

Б. Утруднюється, бо $\beta_{\text{латуні}} < \beta_{\text{сталі}}$.

Б. Не зміниться.

Г. Інша.

10. Як змінюється пружність та пластичність твердих тіл при охолодженні?

А. Пружність та пластичність не змінюється.

Б. Пружність зменшується, а пластичність залишається без змін.

В. Пружність збільшується, а пластичність зменшується.

Г. Інша.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абульханова-Славская К.А. Типология активности личности / К.А. Абульханова-Славская // Психологический журнал. – 1985. – Т. 6, №5.. – С. 3-8.
2. Августин Р. Фізики української діаспори у світовій науці / Р. Августин. – Тернопіль: Астон, 2002. – 122 с.
3. Аксиоми для нащадків: Українські імена у світовій науці: збірник нарисів / Упорядник О.К. Романчук. – Львів: Каменяр, 1991. – 246 с.
4. Аксиоми для нащадків: Українські імена у світовій науці: збірник нарисів / Упорядник О.К. Романчук. – Львів: Меморіал, 1992. – 544 с.
5. Актуальные вопросы формирования интереса в обучении / Под ред. Г.И. Шукиной. – М.: Просвещ., 1984. – 176 с.
6. Алан Холден. Что такое ФТТ: Основы современной физики твердого тела / Алан Холден; пер. с англ. Ю.Г. Рудого под ред. и с предисл. А.А. Гусева. – М.: Мир, 1971. – 270 с.
7. Андрианов Б.М. Нариси з історії розвитку фізики в Україні: навч. посібн. / Б.М. Андрианов. – Вінниця: ВДП, 1995. – 138 с.
8. Атаманчук П.С. Теорія і методика управління пізнавальною діяльністю старшокласників у навчанні фізики: дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Атаманчук Петро Сергійович. – К., 2000. – 470 с.
9. Атаманчук П.С. Управління процесом навчально-пізнавальної діяльності / П.С. Атаманчук. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, 1997. – 136 с.
10. Аристова Л.П. Активность учения школьников / Л.П. Аристова. – М.: Просвещ., 1968. – 139 с.
11. Архіпова Т.Л. Активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів 7-9 класів у процесі вивчення геометрії з використанням комп'ютера: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Архіпова Тетяна Леонідівна. – К., 2002. – 236 с.
12. Белый В.К. Методика организации и изучения факультативного спецкурса “Строение и свойства твердых тел”: автореф. дисс. на соискание

ученой степени канд. пед. наук: спец. 13.00.02. “Теория и методика обучения физики” / В.К. Белый. – К., 1974. – 18 с.

13.Беляков В.А. Новое в физике кристаллов / В.А. Беляков. – М.: Знание, 1976. – 64 с.

14.Березюк С.О. Уроки з фізики в ІХ класі. Молекулярна фізика і теплота: метод. посібн. для учител. / С.О. Березюк, В.Г. Баленко, Д.Д. Кузема. – К.: Рад. шк., 1956. – 329 с.

15.Беркова Л.В. Дидактические условия воспитания мотивации учебной деятельности старшеклассников: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. пед. наук: спец. 13.00.01. “Общая педагогика, история педагогики и образования” / Л.В. Беркова. – Челябинск, 2000. – 20 с.

16.Бельчев П.В. Розвиток логічного мислення учнів основної школи у процесі навчання фізики: дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Бельчев Павло Васильович. – К., 2005.– 214 с.

17.Білий М.С. Домашні досліди і спостереження з фізики / М.С. Білий. – К.: Рад. шк., 1952. – 112 с.

18.Благодаренко Л.Ю. Особистісно-орієнтоване навчання фізики в педагогічних класах: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Благодаренко Людмила Юріївна. – К., 2003. – 222 с.

19.Бобошко К.К. Цікава електротехніка / К.К. Бобошко. – К.: Рад. шк., 1965. – 188 с.

20.Богданов Р.В. От молекулы к кристаллу / Р.В. Богданов. – Л.: Химия, 1972. – 128 с.

21.Богоявленская Д.Б. Определение понятия активность как необходимое условие эффективного формирования данного качества личности / Д.Б. Богоявленская // Актуальные проблемы формирования и воспитания активности: тезисы докладов. – Рига, 1979. – С. 17-19.

22.Богоявленская Д.Б. Интеллектуальная активность как проблема творчества / Д.Б. Богоявленская. – Ростов: Изд-во Ростов. ун-та, 1983. – 183 с.

- 23.Богоявленский Д.Н. Психология усвоения знаний в школе / Д.Н. Богоявленский, Н.А. Менчинская. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959. – 347 с.
- 24.Большая книга экспериментов для школьников / Под ред. А. Мейяни. – М.: РОСМЭН –ПРЕСС, 2004. – 260 с.
- 25.Бонн И. Кристаллы: их роль в природе и науке / И. Бонн. – М.: Мир, 1970. – 312 с.
- 26.Бондаревский В.Б. Воспитание интереса к знаниям и потребности к самообразованию: кн. для учит. / В.Б. Бондаревский. – М.: Просвещ., 1985. – 144 с.
- 27.Боровой А.А. Законы электромагнетизма / А.А. Боровой, Э.Б. Финкельштейн, А.Н. Херувимов. – М.: Наука, 1970. – 165 с.
- 28.Братерська-Дронь М. Гуманізація наукових знань у ХХ столітті / М. Братерська-Дронь // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – №5. – С. 53-55.
- 29.Браверман Э.М. Развивающее обучение на занятиях по физике / Э.М. Браверман // Физика в школе. – 1998. – №1. – С. 23-28.
- 30.Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе. Теоретические основы: учебн. пособ. для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец. / А.И. Бугаев. – М.: Просвещ., 1981. – 288 с.
- 31.Буйницька О. Елементи цікавої фізики та експерименту під час вивчення фізики / О.Буйницька // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – №2. – С. 41-44.
- 32.Буров В.А. Методика изучения полупроводников в школе / В.А. Буров. – М.: Просвещ., 1965. – 155 с.
- 33.Вічалковська Н.К. Активізація розвитку допитливості школярів підліткового віку: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. психол. наук: спец. 19.00.07. “Вікова та педагогічна психологія” / Н.К. Вічалковська. – Луцьк, 2003. – 18 с.

34. Вилькеев Д.В. Познавательная деятельность учащихся при проблемном характере обучения основам наук в школе / Д.В. Вилькеев. – Казань, 1967. – С. 9.

35. Ванєєв А.А. Викладання фізики в 9 класі за новою програмою: посібн. для вчит. / А.А. Ванєєв, Е.Д. Корж, В.П. Орехов. – К.: Рад. шк., 1973. – 186 с.

36. Вистинь Л.К. Жидкие кристаллы / Л.К. Вистинь, И.Г. Чистяков. – М.: Знание, 1975. – 64 с.

37. Возрастные и индивидуальные особенности образного мышления учащихся / Под ред. И.С. Якиманской. – М.: Просвещ., 1989. – 222 с.

38. Возрастная и педагогическая психология / Под ред. А.В. Петровского. – М.: Просвещ., 1973. – 288 с.

39. Возрастная и педагогическая психология / Под ред. М.В. Гамезо и др. – М.: Просвещ., 1984. – 256 с.

40. Воловик П.М. Теорія ймовірностей і математична статистика в педагогіці / П.М. Воловик. – К., 1969. – 221 с.

41. Волковысский Р.Ю. Определение физических понятий и величин: пособ. для учит. / Р.Ю. Волковысский. – М.: Просвещ., 1976. – 48 с.

42. Восприятие и деятельность / Под ред. А.Н. Леонтьева. – М.: Из-во Моск. универс., 1976. – 319 с.

43. Выготский Л.С. Избранные психологические исследования / Л.С. Выготский. – М.: АПН РСФСР, 1956. – 520 с.

44. Выготский Л.С. Мышление и речь: собрание сочинений / Л.С. Выготский. – М.: АПН РСФСР, 1982. – Т. 2 – 486 с.

45. Выготский Л.С. Педагогическая психология / Л.С. Выготский; под ред. В.В. Давыдова. – М.: Педагогика, 1991. – 479 с.

46. Выготский Л.С. Развитие высших психических функций / Л.С. Выготский. – М.: АПН РСФСР, 1960. – 500 с.

47.Гайдук С.М. Науково-методичні засади створення та використання навчального комплексу з оптики: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Гайдук Станіслав Микитович. – Кривий Ріг, 2002. – 178 с.

48.Гальперин П.Я. К исследованию интеллектуального развития ребенка / П.Я. Гальперин // Вопросы психологи. – 1969. – №1. – С. 32-37.

49.Гальперин П.Я. Введение в психологию / П.Я. Гальперин. – М.: МГУ, 1976. – 150 с.

50.Гальперин П.Я. Основные результаты исследований по проблеме формирования умственных действий и понятий / П.Я. Гальперин. – М.: Наука, 1965. – 347 с.

51.Гальперин П.Я. Психология мышления и учение о поэтапном развитии умственных действий: исследование мышления в советской психологии / П.Я. Гальперин. – М.: Наука, 1966. – 255 с.

52.Гальперин П.Я. Управляемое формирование психических процессов / П.Я. Гальперин. – М.: МГУ, 1977. – 198 с.

53.Гальперин П.Я. Управление познавательной деятельностью учащихся / П.Я. Гальперин, Н.Ф. Талызина. – М.: Педагог., 1992. – 262 с.

54.Гаманюк О.А. Розвиток пізнавальної діяльності учнів у процесі вивчення природничо-математичних дисциплін 7-8 класів: дис... канд. пед. наук: 13.00.09 / Гаманюк Ольга Анатоліївна. – Краматорськ, 2001. – 198 с.

55.Гатауллин Ш.Л. Изучение полупроводников в курсе физики средней школы: пособ. для учит. / Ш.Л. Гатауллин. – М.: Просвещ., 1964. – 74 с.

56.Гегузин Я.Е. Живой кристалл / Я.Е. Гегузин. – М.: Наука, 1981. – 191 с.

57.Гладких В.И. Индивидуальный подход и воспитание активности / В.И. Гладких // Тезисы докл. конференц. по проблемам воспитания познавательной активности и самостоятельности школьников в процессе обучения. – Казань, 1979. – С. 31-32.

58. Головка М.В. Історія вітчизняної фізики та астрономії в курсі фізики середньої загальноосвітньої школи: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Головка Микола Васильович. – К., 2000. – 179 с.

59. Головка М.В. Використання матеріалів з історії вітчизняної науки при вивченні фізики та астрономії / М.В. Головка. – К.: ТОВ “Міжнародна фінансова агенція”, 1998. – 93 с.

60. Головка М.В. Вітчизняна фізика та астрономія в минулому тисячолітті / М.В. Головка // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №2. – С. 49-53.

61. Головка М.В. Роль елементів історизму під час вивчення фізики / М.В. Головка // Фізика та астрономія в школі. – 1996. – №2. – С. 45-47.

62. Головка М.В. Оновлення змісту шкільної фізичної освіти з використанням матеріалів з історії вітчизняної науки / М.В. Головка // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – №1. – С. 12-16.

63. Головка М.В. Українські вчені-фізики за кордоном / М.В. Головка // Фізика та астрономія в школі. – 1999. – №2. – С. 41-43.

64. Гончаренко С.У. Фізика: Підручник для 10 кл. середньої загальноосвітньої школи / С.У. Гончаренко. – К.: Освіта, 2002. – 319 с.

65. Гончаренко С.У. Фізика для допитливих. Молекулярна фізика / С.У. Гончаренко. – К.: Техніка, 1973. – 320 с.

66. Гончаренко С.У. Книжка для читання з фізики / С.У. Гончаренко. – К.: Рад. шк., 1981. – 238 с.

67. Гончаренко С.У. Книжка для читання з фізики: Електромагнітні явища: 8кл. / С.У. Гончаренко. – К.: Рад.шк., 1989. – 255 с.

68. Горошко Ю.В. Активізація пізнавальної діяльності учнів на уроках математики з використанням НІТ / Ю.В. Горошко, А.В. Пеньков // Проблеми інформатизації освіти. – К.: УДПУ, 1994. – С. 47-54.

69. Грабарь М.И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях: непараметрические методы / М.И. Грабарь, К.А. Краснянская. – М.: Просвещ., 1977. – 136 с.

70. Григорчук О.М. Вплив наочності на розвиток мислення учнів / О.М. Григорчук, **І.В. Корсун** // Науковий часопис Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Серія №5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 12: збірник наукових праць. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2008. – С. 83-90.

71. Гурин В.Г. Воспитание активности старшеклассников / В.Г. Гурин. – Ростов, 1974. – С. 13.

72. Гуляєва Л.В. Проблемно-модульний підхід до вивчення фізики в сучасній загальноосвітній школі: дис... канд.. пед. наук: 13.00.02 / Гуляєва Людмила Володимирівна. – К., 2000. – 190 с.

73. Давиденко А.А. Творча діяльність учнів при розв'язуванні винахідницьких задач / А.А. Давиденко // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №3. – С. 10-13.

74. Давиденко А.А. Творча діяльність учнів при розробці вимірювальних приладів / А.А. Давиденко // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №5. – С. 36-37.

75. Давидюк Н.М. Психологічні умови активізації творчої навчально-пізнавальної діяльності студентів у процесі вивчення психологічних дисциплін: автореф. дис на здобуття наук. ступеня канд. психол. наук: спец. 19.00.07. “Вікова та педагогічна психологія” / Н.М. Давидюк. – Чернівці, 2002. – 20 с.

76. Даниленко В.М. Что такое твердое тело? / В.М. Даниленко. – К.: Акад. наук., 1963. – 63 с.

77. Давыдов В.В. Виды обобщения в обучении / В.В. Давыдов. – М.: Педагогика, 1972. – 423 с.

78. Давыдов В.В. Проблемы развивающего обучения: опыт теоретического и экспериментального психологического исследования / В.В. Давыдов. – М.: Педагогика, 1986. – 240 с.

79. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. – М.: Интор, 1996. – 544 с.

80. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе / Под ред. А.А. Покровского. – М.: Просвещ., 1978. – Ч. 1: Механика, молекулярная физика, основы термодинамики. – 351 с.

81. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе / Под ред. А.А. Покровского. – М.: Просвещ., 1979. – Ч. 2: Колебания и волны. Оптика. Физика атома. – 288 с.

82. Джеймс Т. Теория фотографического процесса / Джеймс Т.; пер. с 4-го амер. изд. под ред. А.Л. Картужинского. – Л: Химия, 1980. – 672 с.

83. Джеймс Т. Основы теории фотографического процесса и / Джеймс Т. и Хининс Дж.; пер. с англ. К.И. Мархилевича и А.С. Хейнмана под ред. К.В. Чибисова. – М.: Из-во инн. лит., 1954. – 280 с.

84. Долбенко Т.О. Активізація пізнавальної діяльності підлітків / Т.О. Долбенко. – К: Аратта, 2003. – 244 с.

85. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики (с древнейших времен до конца XVIII века) / Я.Г. Дорфман. – М.: Наука, 1974. – 352 с.

86. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики (с начала XIX до середины XX вв.) / Я.Г. Дорфман. – М.: Наука, 1979. – 317 с.

87. Дятлов Ю.В. Діяльність Миколи Пильчикова в контексті розвитку фізичних досліджень: дис... канд. іст. наук: 07.00.07 / Дятлов Юрій Володимирович. – Чернігів, 2004. – 211 с.

88. Евдокимов В.И. Научные основы повышения эффективности обучения средствами наглядности: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. пед. наук: спец. 13.00.01. “Общая педагогика, история педагогики и образования” / В.И. Евдокимов. – К., 1990. – 31 с.

89. Закалюжний В.М. Техніко-технологічний компонент змісту курсу фізики старшої школи як засіб формування пізнавальної мотивації учнів: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Закалюжний Віктор Михайлович. – К., 2006. – 214 с.

90. Зверева Н.М. Активізація мислення учащихся при закріпленні знань / Н.М. Зверева // Фізика в школі. – 1975. – №2. – С. 42-45.

91. Зорька О.В. Елементи цікавої фізики як засіб формування пізнавального інтересу: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Зорька Олександр Васильович. – К., 1995. – 153 с.

92. Іваськів І.С. Активізація навчально-пізнавальної діяльності учнів на основі систем штучного інтелекту при навчанні інформатики в старшій школі: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Іваськів Ігор Степанович. – К., 2000. – 191 с.

93. Ігнатенко М.Я. Методологічні та методичні основи активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів старших класів при вивченні математики: дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Ігнатенко Микола Якович. – К., 1997. – 299 с.

94. Ілляшенко Г.Ю. Виробничі екскурсії в курсі фізики: посібн. для вчител. / Г.Ю. Ілляшенко. – К.: Рад. шк., 1959. – 123 с.

95. Історія Академії наук Української РСР / Редкол.: Б.Є. Патон (голов. ред.) та ін. – К.: Наук. думка, 1982. – 859 с.

96. Іванова Л.А. Активизация познавательной деятельности учащихся при изучении физики / Л.А. Иванова. – М.: Просвещ., 1982. – 160 с.

97. Ильин В.С. История физики: учебн. пособ. для студ. высш. пед. учеб. завед. / В.С. Ильин. – М.: Академия, 2003. – 272 с.

98. Иоголевич А.В. Диагностика уровней познавательной активности старших школьников / А.В. Иоголевич // Новые исследования в педагогических науках. – М.: Педагог., 1976. – №2. – С. 3-11.

99. Кабанова-Меллер Е.Н. Учебная деятельность и развивающее обучение / Е.Н. Кабанова-Меллер. – М.: Знание, 1981. – 96 с.

100. Кабардин О.Ф. Факультативный курс физики. 9 кл.: пособ. для учащ. / О.Ф. Кабардин, С.И. Кабардина, Н.И. Шефер. – М.: Просвещ., 1974. – 224 с.

101. Кабардин О.Ф. Факультативный курс физики. 10 кл.: пособ. для учащ. / О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов, Н.И. Шефер. – М.: Просвещ., 1979. – 191 с.

102. Каганов М.И. Вехи истории физики твердого тела / М.И. Каганов, В.Я. Френкель. – М.: Знание, 1981. – 64 с.

103. Касперський А.В. Радіоелектроніка в системі формування фізичних і технічних знань у середніх загальноосвітніх та вищих педагогічних навчальних закладах: дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Касперський Анатолій Володимирович. – К., 2003. – 523 с.

104. Карпушев А.В. Активизация учебно-познавательной деятельности учащихся в процессе изучения фундаментальных физических теорий в старших классах средней школы: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. пед. наук: спец. 13.00.02. “Теория и методика обучения физики” / А.В. Карпушев. – Челябинск, 1999. – 18 с.

105. Каленик М.В. Формування поняття фізичної величини в учнів основної школи: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Каленик Михайло Вікторович. – К., 2000. – 208 с.

106. Каюков В.І. Патріотичне виховання учнів загальноосвітньої школи на героїчних традиціях українського народу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.01. “Загальна педагогіка та історія педагогіки” / В.І. Каюков. – Кіровоград, 1996. – 21 с.

107. Киренский Л.В. Магнетизм / Л.В. Киренский. – М.: Просвещ., 1967. – 195 с.

108. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Киттель Ч. – М.: Наука, 1978. – 791 с.

109. Китайгородский А.И. Порядок и беспорядок в мире атомов / А.И. Китайгородский. – М.: Гос. из-во техн.-теор. лит., 1956. – 139 с.

110. Клименко Л.О. Гуманітаризація навчання фізики в загальноосвітній школі при вивчення оптичних явищ: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Клименко Людмила Олександрівна. – К., 2003. – 179 с.

111. Книга для чтения з фізики: Молекулярна фізика і теплота / Уклали М.А. Пушкарьов і Є. П. Чорний. – К., 1958. – 215 с.

112. Кобель Г.П. Моделювання як засіб активізації пізнавальної діяльності учнів на уроках фізики: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Кобель Григорій Петрович. – Луцьк, 1995. – 251 с.

113. Ковалев А.Г. Психология личности / А.Г. Ковалев. – М.: Просвещ., 1970. – С. 101-115.

114. Колтун Марк. Мир Физики / Колтун Марк. – М.: Детская литерат., 1984. – 271 с.

115. Коменский Я.А. Избр. пед. соч. / Я.А. Коменский. – М.: Просвещ., 1939. – Т. 1. – С. 89.

116. **Корсун І.В.** Українські вчені-дослідники властивостей кристалів / І.В. Корсун // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції [“Україна наукова’2003”], (Дніпропетровськ-Черкаси, 16-20 червня 2003 р.). – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2003. – Том 7. Історія. – С. 42-44.

117. **Корсун І.** Історизм як джерело формування пізнавальних інтересів учнів на уроках фізики / І.В. Корсун // Збірник наукових доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції [“Теорія і практика сучасного природознавства”], (Херсон, 6-8 жовтня 2003 р.). – М-во освіти і науки України, Херсонський державний університет. – Херсон: Терра, 2003. – С. 75-76.

118. **Корсун І.В.** Використання історичних відомостей як засіб виховання при навчанні фізики / І.В. Корсун // Матеріали II-ї Міжнародної науково-практичної конференції [“Динаміка наукових досліджень’2003”], (Дніпропетровськ-Київ-Львів, 20-27 жовтня 2003 р.). – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2003. – Том 31. Педагогіка. – С. 10-11.

119. **Корсун І.** Про особливості демонстрацій моделей кристалічних ґраток / І. Корсун // Наукові записки: збірник наукових статей Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Випуск LIII (педагогічні, історичні та фізико-математичні науки). – Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2003. – С. 155-159.

120. **Корсун І.** Історизм як засіб обґрунтування нових знань / І. Корсун, В. Мацюк, В. Чопик // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: педагогіка. – Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2003. – №4. – С. 145-151.

121. **Корсун І.** Виготовлення історичних приладів як засіб розвитку мислення та творчої уяви учнів на уроках фізики / І. Корсун // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – №1. – С. 31-33.

122. **Корсун І.В.** Досягнення українських вчених у дослідженні будови та властивостей твердих тіл: навч. посібн. / І.В. Корсун. – Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2005. – 159 с.

123. **Корсун І.В.** Історизм як засіб формування національного самоусвідомлення учнів у процесі вивчення шкільного курсу фізики / І.В. Корсун, В.Д. Сиротюк // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: К-ПДУ, 2005. – Випуск 11. – С. 41-42.

124. **Корсун І.В.** Лабораторні роботи з вивчення властивостей твердих тіл: “Визначення твердості тіл” і “Визначення твердості сталі до та після гартування” / І.В. Корсун, В.А. Лавренчук, В.Д. Сиротюк // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ ім. Т.Г. Шевченка, 2005. – Випуск 30. – С. 131-136.

125. **Корсун І.В.** Про формування деяких неправильних уявлень учнів про будову твердих кристалічних тіл / І.В. Корсун, В.Д. Сиротюк // Збірник доповідей учасників V-ї конференції [“Впровадження нових інформаційних технологій навчання”], (Запоріжжя, 9-10 грудня 2005 р.). – М-во освіти і науки України, Запорізька державна інженерна академія. – Запоріжжя: ЗДІА, 2005. – С. 199-203.

126. **Корсун І.В.** Історизм як ефективний засіб активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів на різних етапах навчання фізики / І.В. Корсун, В.А. Лавренчук // Вісник Чернігівського державного педагогічного

університету ім. Т.Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ ім. Т.Г. Шевченка, 2006. – Випуск 36 (1). – С. 23-28.

127. **Корсун І.В.** Роль методів та організаційних форм навчання в активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників / І.В. Корсун, В.Д. Сиротюк // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: К-ПДУ, 2006. – Випуск 12. – С. 283-285.

128. **Корсун І.В.** Фізика в історичному розвитку: навч. посібн. / І.В. Корсун. – Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2006. – 440 с.

129. **Корсун І.В.** Будова та властивості твердих тіл (факультативний курс): навч. посібн. / І.В. Корсун. – Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2006. – 154 с.

130. **Корсун І.В.** Цікаво про будову та властивості твердих тіл: навч. посібн. / І.В. Корсун. – Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 75 с.

131. Коробова І.В. Розвиток дивергентного мислення учнів основної школи у навчанні фізики: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Коробова Ірина Володимирівна. – К., 2000. – 200 с.

132. Коршак Є.В. Напівпровідники в демонстраційному фізичному експерименті: посібн. для вчител. / Є.В. Коршак. – К.: Рад. школа, 1967. – 127 с.

133. Коршак Є.В. Фізика, 9 кл.: підручник для загальноосвітн. навч. закладів. – 2-ге вид., переробл та доповн. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.; Ірпінь: Перун, 2003. – 212 с.

134. Коршак Є.В. Фізика, 10 кл.: підручник для загальноосвітн. навч. закладів. – 2-ге вид., переробл та доповн. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.; Ірпінь: Перун, 2003. – 296 с.

135. Коршак Є.В. Фізика, 11 кл.: підручник для загальноосвітн. навч. закладів. – 2-ге вид., переробл та доповн. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.; Ірпінь: Перун, 2004. – 288 с.

136. Костюк В.С. Патриотическое воспитание учащихся в процессе обучения физики в средней общеобразовательной школе (на основе использования исторического и краеведческого материала): автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. пед. наук: спец. 13.00.01. “Общая педагогика, история педагогики и образования” / В.С. Костюк. – К., 1987. – 24 с.
137. Костюк Г.С. Мышление / Г.С. Костюк // Педагогическая энциклопедия в 4-х т. – М.: Просвещ., 1964. – Т. 2. – С. 516.
138. Кордун Г.Г. Історія фізики / Г.Г. Кордун. – К.: Вища шк. – 1974. – 224 с.
139. Кудрявцев П.С. История физики. Ч. 1. / П.С. Кудрявцев. – М.: Учпедгиз, 1956. – 560 с.
140. Кудрявцев П.С. История физики. Ч. 2. / П.С. Кудрявцев. – М.: Учпедгиз, 1957. – 550 с.
141. Кульчицька А.В. Активізація пізнавальних інтересів учнів-випускників загальноосвітніх шкіл: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. психол. наук: спец. 19.00.07. “Вікова та педагогічна психологія” / А. В. Кульчицька. – К., 2000. – 18 с.
142. Куперман Г.Б. Изучение свойств твердого тела в курсе физики средней школы / Г.Б. Куперман. – М.: Учпедгиз, 1962. – 91 с.
143. Купрін М.Я. Задачі і запитання з фізики: посібн. для вчит. / М.Я. Купрін. – К.: Рад шк., 1957. – 58 с.
144. Курик М.В. Фізика твердого тіла: навч. посібн. / М.В. Курик, В.М. Цмоць. – К.: Вища шк., 1985. – 246 с.
145. Кухарчук Р.П. Розвиток творчих здібностей учнів при вивченні елементів електроніки на уроках фізики і в позаурочній роботі: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Кухарчук Роман Павлович. – К., 2004. – 283 с.
146. Круглицький М.М. Міцність через руйнування / М.М. Круглицький. – К.: Наук. думка, 1972. – 174 с.
147. Лазурский А.Ф. Классификация личностей / А.Ф. Лазурский. – Л.: Госиздат, 1925. – 68 с.

148. Ланина И.Я. Формирование познавательных интересов учащихся на уроках физики: кн. для учит. / И.Я. Ланина. – М.: Просвещ., 1985. – 128 с.

149. Ланина И.Я. Не уроком единым: Развитие интереса к физике / И.Я. Ланина. – М.: Просвещ., 1991. – 223 с.

150. Лихтман В.И. Новое в учении о твердом теле / В.И. Лихтман // Физика в школе. – 1960. – №3. – С. 12-19.

151. Лісіна Л.О. Розвиток пізнавальної активності школярів старших класів у процесі вивчення предметів фізико-математичного циклу: дис... канд. пед. наук: 13.00.09 / Лісіна Лариса Олександрівна. – Запоріжжя, 2000. – 208 с.

152. Лебедев П.М. Поняття пізнавальної активності учнів і шляхи її вимірювання / П.М. Лебедев // Радянська школа. – 1970. – №9. – С. 6-11.

153. Леонтьев В.Г. Психологические механизмы мотивации учебной деятельности: автореф. дисс. на соискание ученой степени докт. психол. наук: спец. 19.00.07. “Вековая и педагогическая психология” / В.Г. Леонтьев. – Тбилиси, 1989. – 19 с.

154. Лещинський О.П. Розвиток змісту шкільного курсу фізики у Великій Британії, Німеччині та США (XIX-XX ст.): дис... д-ра пед. наук: 13.00.01 / Лещинський Олександр Петрович. – Черкаси, 2005. – 431 с.

155. Лозова В.І. Пізнавальна активність школярів / В.І. Лозова. – Х.: Основа, 1990. – 88 с.

156. Лонгинов Д.Н. К изучению темы “Свойства твердых тел” / Д.Н. Лонгинов // Физика в школе. – 1967. – №1. – С. 88-91.

157. Мазуренко Д.М. Електронна теорія речовини: підручн. для фізико-матем. факульт. педагог. інстит. / Д.М. Мазуренко. – К.: Вища шк., 1969. – 175 с.

158. Малафеев Р.И. Активизация познавательной деятельности учащихся при демонстрации опытов [На уроках физики] / Р.И. Малафеев. // Физика в школе. – 2003. – №7. – С. 20-23.

159. Макаренко Д.А. Наочність у викладанні молекулярної фізики: посібн. для вчит. / Д.А. Макаренко, В.Т. Чернишевський. – К.: Рад. шк., 1975. – 125 с.

160. Матюшкин А.М. Психологическая структура, динамика и развитие познавательной активности / А.М. Матюшкин // Вопросы психологии. – 1982. – №4. – С. 5-17.

161. Марио Льоцци. История физики / Марио Льоцци; пер. с итал. Э.Л. Бурштейна. – М.: Мир, 1970. – 463 с.

162. Мартинюк О.С. Засоби сучасної електроніки й комп'ютерної техніки в навчальному експерименті з фізики: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Мартинюк Олександр Семенович. – Луцьк, 2000. – 175 с.

163. Мар'яненко Л.В. Особливості структурної організації пізнавальної активності учнів / Л.В. Мар'яненко // Вісник АН України. Серія: педагогіка і психологія. – 1997. – № 1. – С. 14-23.

164. Мар'яненко Л.В. Психологічні умови формування пізнавальної активності слабовстигаючих старшокласників: дис... канд. пед. наук: 13.00.01 / Л.В. Мар'яненко. – К., 1992. – 203 с.

165. Махмутов М.И. Организация проблемного обучения в школе / М.И. Махмутов. – М.: Просвещ., 1977. – 149 с.

166. Махмутов М.И. Развитие познавательной активности и самостоятельности учащихся / М.И. Махмутов. – Казань, 1963. – С. 44.

167. Мацюк В. Маловідомі сторінки історії розвитку кристалографії / В. Мацюк, **І. Корсун** // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: педагогіка. – Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2002. – №8. – С. 59-61.

168. Мацюк В. Використання історичного матеріалу під час вивчення теми “Кристалічні тверді тіла” / В. Мацюк, **І. Корсун** // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: педагогіка. – Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2002. – №11. – С. 88-90.

169. Мацюк В. Тема “Кристали і життя” у змісті поглибленого курсу фізики середньої школи / В. Мацюк, **І. Корсун** // Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету ім. В. Винниченка. Серія: педагогічні науки. – Кіровоград: КДПУ ім. В. Винниченка, 2003. – №51. – С. 37-40.

170. Мацюк В. До сторіччя від дня народження О. Стасіва / В. Мацюк, **І. Корсун** // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – №4. – С. 54-55.

171. Межпредметные связи курса физики в средней школе / Под ред. Ю.И. Дика, И.К. Турышева. – М.: Просвещ., 1987. – 190 с.

172. Методика викладання фізики / За ред. М.Й. Розенберга. – К.: Рад. шк., 1969. – 267 с.

173. Методика викладання фізики: республіканський науково-метод. збірн. / Гол. ред. М.Й. Розенберг. – К.: Рад. шк., 1970. – 211 с.

174. Методика викладання фізики / [Альбін К.А., Білий М.С., Гончаренко С.У. та ін.]. – К.: Вища шк., 1970. – 296 с.

175. Методика преподавания физики в средней школе. Молекулярная физика. Основы электродинамики: пособ. для учит. / Под ред. С.Я. Шамаша. – М.: Просвещ., 1975. – 256 с.

176. Методика преподавания физики в средней школе. Оптика. Строение атома: пособ. для учит. / Под ред. Л.И. Резникова. – М.: Просвещ., 1963. – 302 с.

177. Методика факультативных занятий по физике: пособ. для учит. / Под ред. О.Ф. Кабардина. – М.: Просвещ., 1980. – 190 с.

178. Миз К., Джеймс Т. Теория фотографического процесса / Миз К., Джеймс Т.; пер. с англ. – Л.: Химия, 1973. – 672 с.

179. Миргородський Б.Ю. Демонстраційний експеримент з фізики. Молекулярна фізика / Б.Ю. Миргородський, В.К. Шабаль. – К.: Рад. шк., 1982. – 140 с.

180. Миргородський Б.Ю. Шкільний фізичний експеримент / Б.Ю. Миргородський. – К.: Рад. шк., 1972. – 198 с.

181. Млодзеевский А.Б. Молекулярная физика / А.Б. Млодзеевский. – М-Л.: Гос. из-во техн.-теор. лит., 1941. – 271 с.
182. Молодцова В.В. Развитие самостоятельной работы учнів з підручником фізики за допомогою навчального відеозапису: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.02. “Теорія і методика навчання фізики” / В.В. Молодцова. – К., 2000. – 20 с.
183. Моляко В.А. Психология решения школьниками творческих задач / В.А. Моляко. – К.: Рад. шк., 1983. – 94 с.
184. Мочалова Н. Технология предупреждения и ликвидации пробелов в знаниях школьников / Н. Мочалова // Народное образование. – 2001. – №1. – С. 127-133.
185. Мощанский В.М. Формування світогляду учнів під час вивчення фізики: посібн. для вчит. / В.М. Мощанский. – К.: Рад. шк., 1981. – 144 с.
186. Мощанский В.Н. История физики в средней школе / В.Н. Мощанский, Е.В. Савелова. – М.: Просвещ., 1981. – 205 с.
187. Муляр В.П. Засоби інформаційних технологій у вивченні питань квантової фізики в середній школі: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Муляр Вадим Петрович. – Луцьк, 1999. – 221 с.
188. Мурач М.М. Математика в світі кристалів / М.М. Мурач. – К.: Освіта, 1991. – 190 с.
189. Мякишев Г.Я. Фізика: підр. для 10 кл. серед. шк. / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев. – К.: Рад. шк., 1990. – 256 с.
190. Нижник В.Г. Вимірювання фізичних величин: навч. наочн. посібн. / В.Г. Нижник, О.Г. Нижник. – К.: Рад. шк., 1987. – 40 табл. з методичн. рекомендац.
191. Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи) / Д.А. Новиков. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
192. Новиков М.М. Структура і міцність кристалічних речовин / М.М. Новиков. – К.: Рад. шк., 1968. – 136 с.

193. Новохотько Л. Конференція “У світі кристалів” / Л. Новохотько // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №1. – С. 37-44.
194. Овчаренко Ф.Д. Світ непомічених гігантів / Ф.Д. Овчаренко, О.Л. Алексеев. – К.: Рад. шк., 1981. – 102 с.
195. Опыты в домашней лаборатории. / Под ред. И.К. Кикоина. – М.: Наука, 1981. – 144 с.
196. Орехов В.П. Преподавание физики в 9 классе средней школы / В.П. Орехов, Э.Д. Корж. – М.: Просвещ., 1986. – 175 с.
197. Оришин Ю.М. Теорія і практика вдосконалення курсу загальної фізики засобами сучасного навчального фізичного експерименту: дис... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Оришин Юрій Михайлович.– К., 2006. – 367 с.
198. Осадчук Л.А. Методика преподавания физики: учебн. пособ. для студ. универс. и пединст. / Л.А. Осадчук. – К.: Вища шк., 1984. – 351 с.
199. Основы методики преподавания физики. Общие вопросы. / Под ред. Л.И. Резникова, А.В. Перышкина, П.А. Знаменского. – М.: Просвещ., 1965. – 374 с.
200. Основы методики преподавания физики / Под ред. Перышкина А.В., Разумовского В.Г., Фабриканта В.А. – М.: Просвещ., 1983. – 398 с.
201. Очерки по истории математики и физики на Украине: сборн. научн. труд. / Отв. ред. И.З. Штокало. – К.: Наук. думка, 1978. – 172 с.
202. Павлов П.В. Физика твердого тела: учебн. для студ. вузов / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – Нижний Новгород, 1993. – 490 с.
203. Педагогічна психологія: навч. посібник / За заг. ред. Л.М. Проколієнко, Д.Ф. Ніколенка. – К.: Вища школа, 1991. – 183 с.
204. Педагогическая энциклопедия в 4-х т. – М.: Просвещ., 1964. – Т. 1. – С. 59.
205. Перельман Я.И. Занимательная физика. Кн. 1. / Я.И. Перельман. – М.: Наука, 1986. – 224 с.

206. Перельман Я.И. Занимательная физика. Кн. 2. / Я.И. Перельман. – М.: Наука, 1986. – 272 с.
207. Петровский В.А. К психологии активности личности / В.А. Петровский // Вопросы психологии. – 1975. – №3. – С. 26-39.
208. Петухова И.А. Проблема отношения интеллектуальной инициативы и общих умственных способностей: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. психол. наук: спец. 19.00.07. “Вековая и педагогическая психология” / И.А. Петухова. – М., 1976. – 19 с.
209. Планування навчально-виховного процесу з фізики у 9-11 класах середньої школи: посібн. для вчит. / За ред. О.І. Бугайова. – К.: Рад. шк., 1989. – 260 с.
210. Повернення із забуття: Невідомі імена видатних фізиків і математиків, вихідців з Тернопільщини – дійсних членів НТШ / [Августин Р., Буган Ю., Бачинський Ю., Возняк Г.]. – Тернопіль, 1995. – 78 с.
211. Половникова Н.А. О воспитании познавательной самостоятельности / Н.А. Половникова. – Казань, 1968. – С. 25.
212. Покровский С.Ф. Опыты и наблюдения в домашних заданиях по физике: пособ. для учител. / С.Ф. Покровский. – М., 1963. – 413 с.
213. Покровский О.А. Фронтальні лабораторні заняття з фізики в середній школі: посібн. для викладач. / О.А. Покровский, Б.С. Зворикін. – К.: Рад шк., 1954. – 183 с.
214. Програми для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика, 7-11 класи. Астрономія, 11 клас / [Бугайов О., Закота Л., Костюкевич Д., Мартинюк М.]. – К.: Шкільний Світ, 2001. – 115 с.
215. Програми для профільних класів загальноосвітніх навчальних закладів з українською мовою навчання. Фізика 10-11 класи. / [О. Бугайов, М. Головка, Л. Закота та ін.]. – К.: Педагогічна преса, 2004. – 19 с.
216. Програма “Фізика. Астрономія, 7-12 кл.” – Режим доступу: http://www.mon.gov.ua/education/average/new_pr/fizika_astronom.doc.

217. Разумовский В.Г. Изучение электроники в курсе физики средней школы: пособ. для учит. / В.Г. Разумовский, С.Я. Шамаш. – М.: Просвещ., 1968. – 156 с.

218. Раскин Н.М. Федор Петрович Моисеенко – минералог XVIII века. / Н.М. Раскин, И.И. Шафрановский. – Л.: Наука, 1974. – 178 с.

219. Решанова В.И. Развитие логического мышления учащихся при обучении физике: кн. для учит. / В.И. Решанова. – М.: Просвещ., 1985. – 92 с.

220. Рибалко А.В. Система дослідницьких задач як засіб розвитку продуктивного мислення старшокласників у навчанні фізики: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Рибалко Андрій Володимирович. – Рівне, 2007. – 282 с.

221. Рич В.И. Накопченная история искусственных алмазов / В.И. Рич, М.Б. Черненко. – М.: Наука, 1976. – 137 с.

222. Розв'язування навчальних задач з фізики: питання теорії та методики / За заг. ред. Є.В. Коршака. – К.: НПУ ім. М. Драгоманова, 2004. – 185 с.

223. Розенберг М.Й. Методика навчання фізики в середній школі. Молекулярна фізика. Основи електродинаміки: посібн. для вчит. / М.Й. Розенберг. – К.: Рад. шк., 1973. – 237 с.

224. Рокіцький О.М. Іван Пулюй у світовій науці й культурі: дис... канд. іст. наук: 07.00.07 / Рокіцький Олександр Михайлович. – Тернопіль, 2002. – 175 с.

225. Россель Ж. Общая физика / Жан Россель; пер. с франц. под ред. К.П. Яковлева. – М.: Мир, 1964. – 507 с.

226. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии / С.Л. Рубинштейн. – М.: Госучпедиздат Мин-ва просвещения, 1946. – 704 с.

227. Рубинштейн С.Л. О мышлении и путях его исследования / С.Л. Рубинштейн. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 146 с.

228. Руденко М.П. Домашній експеримент в навчанні фізики учнів основної школи: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Руденко Микола Петрович. – К., 2000. – 180 с.

229. Савченко В.Ф. Фізика в школі і науково-технічний прогрес: посібн. для вчител. / В.Ф. Савченко. – К.: Рад. школа, 1978. – 128 с.

230. Савченко В.Ф. Вивчення електромагнетизму в середній школі: посібн. для вчител. / В.Ф. Савченко. – К.: Рад. школа, 1985. – 127 с.

231. Садовий М.І. Теоретичні та методичні основи становлення та розвитку фундаментальних ідей дискретності та неперервності в курсі фізики загальноосвітньої школи: дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Садовий Микола Ілліч. – К., 2001. – 364 с.

232. Серговський Ю.В. Будова та властивості речовини: навч. посібн. для факульт. занять з фізики в ІХ і Х кл. / Ю.В. Серговський. – К.: Рад. шк., 1972. – 165 с.

233. Сердинский В.Г. Экскурсии по физике в средней школе: Из опыта работы: пособ. для учит. / В.Г. Сердинский. – М.: Просвещ., 1980. – 175 с.

234. Сичевська З.В. Вивчення основ молекулярно-кінетичної теорії і термодинаміки в середній школі: посібн. для вчит. / З.В. Сичевська. – К.: Рад. шк., 1979. – 160 с.

235. Словник іншомовних слів [за ред. О.С. Мельничука]. – К.: Головна редакція УРЕ, 1985. – 966 с.

236. Сільвейстр А.М. Активізація пізнавальної діяльності учнів на уроках вивчення нового навчального матеріалу з електродинаміки з застосуванням комп'ютера: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Сільвейстр Анатолій Миколайович. – Вінниця, 2000. – 230 с.

237. Смакула О. Монокристали / За ред. В. Мозирського, В. Шендеровського. – К.: Рада, 2000. – 427 с.

238. Смирнов Г.В. Незвичайне у звичайному / Г.В. Смирнов. – К.: Молодь, 1963, – 154 с.

239. Собаєва О.В. Активізація пізнавальної діяльності студентів в умовах дистанційного навчання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.09. “Теорія навчання” / О.В. Собаєва. – Харків, 2001. – 19 с.

240. Соколов І.І. Курс фізики: підручн. для середн. школи. VIII клас. Ч. I. / І.І. Соколов. – К.: Рад. шк., 1950. – 223 с.
241. Соколов І.І. Курс фізики: підручн. для середн. школи. IX клас. Ч. II. / І.І. Соколов. – К.: Рад. шк., 1950. – 223 с.
242. Соколов І.І. Курс фізики: Підручн. для середн. школи. X клас. / І.І. Соколов. – К.: Рад. шк., 1953. – 328 с.
243. Сонин А.С. Дорога длиною в век: Из истории открытия и исследования жидких кристаллов / А.С. Сонин. – М.: Наука, 1998. – 222 с.
244. Спасский Б.И. Вопросы методологии и историзма в курсе физики средней школы / Б.И. Спасский. – М.: Просвещ., 1975. – 95 с.
245. Спасский Б.И. История физики. Ч. 1. / Б.И.Спасский. – [Изд. второе]. – М.: Высш. шк., 1977. – 320 с.
246. Спасский Б.И. История физики. Ч. 2. / Б.И. Спасский. – [Изд. второе]. – М.: Высш. шк., 1977. – 320 с.
247. Спасский Б.И. Физика в ее развитии / Б.И. Спасский. – М.: Просвещ., 1979. – 208 с.
248. Стефанишина В.И. Пути улучшения организации занятий по физике в средней школе: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. пед. наук: спец. 13.00.02. “Теория и методика обучения физики” / В.И. Стефанишина. – К., 1971. – 21 с.
249. Стюарт А.Т. Вечное движение электронов и атомов в кристаллах / А.Т. Стюарт. – М.: Мир, 1966. – 155 с.
250. Сухомлинський В.О. Вибрані твори в п'яти томах. / В.О. Сухомлинський. – К., 1976. – Т. 2. – С. 465.
251. Талызина Н.Ф. Теория поэтапного формирования умственных действий и проблема развития мышления / Н.Ф. Талызина // Советская педагогика. – 1987. – №1. – С. 28-32.
252. Талызина Н.Ф. Формирование познавательной деятельности учащихся / Н.Ф. Талызина. – М.: Знание, 1983. – 96 с.

253. Тарасов Л.В. Физика в природе: кн. для учащ. / Л.В. Тарасов. – М.: Просвещ., 1988. – 350 с.
254. Терещук С.І. Методична система вивчення будови і властивостей речовини в курсі фізики основної школи: дис...канд. пед. наук: 13.00.02 / Терещук Сергій Іванович. – К., 2003. – 200 с.
255. Тишков В.Е. Активизация мыслительной деятельности учащихся на уроках физики / В.Е. Тишков // Развитие одаренности детей. – М., 1997. – С. 89-93.
256. Тригг Дж. Физика XX века: ключевые эксперименты / Тригг Дж.; пер. с англ. Ю.Г. Рудого под ред. В.С. Эдельмана. – М.: Мир, 1978. – 376 с.
257. Удосконалення методики проведення шкільного фізичного демонстраційного експерименту / [Андрієвський В., **Корсун І.**, Мацюк В., Чопик В.] // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – №3. – С. 40-42.
258. Уокер Дж. Физический фейерверк / Уокер Дж.; пер. с англ. А.С. Доброславского под ред. И.Ш. Слободецкого. – М.: Мир, 1979. – 286 с.
259. Управление познавательной деятельностью учащихся / [под. ред. Н.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной]. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 262 с.
260. Усова А.В. Учебные конференции и семинары по физике в средней школе / А.В. Усова, А.А. Бобров. – М.: Просвещ., 1975. – 215 с.
261. Усова А.В. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики / А.В. Усова, А.А. Бобров. – М.: Просвещ., 1988. – 112 с.
262. Ушинский К.Д. Сочинения. / К.Д. Ушинский. – М.: Просвещ., 1950. – Т. 10. – С. 429.
263. Ушинський К.Д. Твори. / К.Д. Ушинський. – К.: Рад. шк., 1954. – Т. II. – С. 61.
264. Фіцула М.М. Педагогіка: навч. посібн. / М.М. Фіцула. – К.: Академвидав, 2005. – 560 с.
265. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Физика сплошных сред. / Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс М. – М.: Мир, 1966. – 290 с.

266. Физика: учебн. для средн. школы / Перев. с англ. под ред. А.С. Ахматова. – М.: Наука, 1965. – 900 с.
267. Физика твердого тела: энциклопедический словарь / [гл. ред. В.Г. Барьяхтар]. – К.: Наук. думка, 1996. – Т. I. – 656 с.
268. Физика твердого тела: энциклопедический словарь / [гл. ред. В.Г. Барьяхтар]. – К.: Наук. думка, 1998. – Т. II. – 648 с.
269. Физические основы фотографической чувствительности: сборник статей / [под ред. А.С. Хейнмана]. – М.: Ин. лит., 1953. – 412 с.
270. Философский словарь / [под. ред. И.Т. Фролова]. – М.: Политиздат, 1981. – 445 с.
271. Фонкич М.Є. Нові розділи шкільного курсу фізики: метод. посібн. для вчит. / М.Є. Фонкич. – К.: Рад. шк., 1971. – 149 с.
272. Формирование учебной деятельности / [под. ред. В. Давыдова, А. Маркова, И. Лапнера]. – М.: Педагогика, 1982. – 216 с.
273. Форостяна Н.П. Історичні аспекти у вивченні молекулярної фізики в середніх загальноосвітніх навчальних закладах України: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Форостяна Нінель Петрівна. – К., 2002. – 192 с.
274. Харламов И.Ф. Активизация учения школьников / И.Ф. Харламов. – Минск: Народная асвета, 1970. – 158 с.
275. Хвольсон О.Д. Курс физики. Том первый / О.Д. Хвольсон. – Л.-М.: Гос. техн.-теор. из-во, 1933. – 642 с.
276. Хилькевич С.С. Физика вокруг нас / О.С. Хилькевич. – М.: Наука, 1985. – 160 с.
277. Храмов Ю.А. История формирования и развития физических школ на Украине / Ю.А. Храмов. – К.: Феникс, 1993. – 214 с.
278. Храмов В.А. Физики: Биографический справочник / Ю.А. Храмов. – М.: Наука, 1983. – 396 с.
279. Храмов Ю.А. Научные школы в физике / Ю.А. Храмов. – К.: Наукова думка, 1987. – 400 с.

280. Хрестоматия по ощущению и восприятию: учебн. пособ. для студент. / [под ред. Ю.Б. Гиппенрейтера, М.Б. Михалевской]. – М.: Из-во Моск. у-та, 1975. – 400 с.

281. Шамова Т.И. Проблемность – стимул познавательной активности / Т.И. Шамова // Народное образование. – 1966. – №3. – С. 32.

282. Шамова Т.И. Активизация учения школьников / Т.И. Шамова. – М.: Просвещ., 1982. – 208 с.

283. Шарко В.Д. Сучасний урок фізики: технологічний аспект: посібн. для вчит. і студент. / В.Д. Шарко. – К., 2005. – 220 с.

284. Шаскольская М.П. Кристаллы / М.П. Шаскольская. – М.: Наука, 1978. – 208 с.

285. Шаромова Віра. Фізика та астрономія у школі: українознавчий аспект. Позакласні заходи. Частина перша / Шаромова Віра. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2008. – 224 с.

286. Шафрановский И.И. История кристаллографии до XIX века. / И.И. Шафрановский. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 284 с.

287. Шафрановский И.И. История кристаллографии. XIX век. / И.И. Шафрановский. – Л.: Наука, 1980. – 323 с.

288. Шахмаев Н.М. Физический эксперимент по физике в средней школе: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика / Н.М. Шахмаев, В.Ф. Шилов. – М.: Просвещ., 1989. – 255 с.

289. Швай М.І. Управління процесом навчання в основній школі засобами шкільного фізичного експерименту: дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Швай Роксоляна-Марія Іванівна. – К., 2001. – 205 с.

290. Шилова И.А. Ознакомление учащихся с методами научного исследования на материале истории физики / И.А. Шилова // Физика в школе. – 1981. – №4. – С. 35–39.

291. Шифрин Ф.Ш. Некоторые трудные вопросы преподавания физики / Ф.Ш. Шифрин. – М.: Просвещ., 1966. – 150 с.

292. Шендеровський В.А. Нехай не гасне світ науки / В.А. Шендеровський; за ред. Е. Бабчук. – К., 2003. – 416 с.
293. Шкіль К.Т. Самостійна робота учнів з фізики у 8-10 класах: посібн. для вчит. / К.Т. Шкіль, Є.В. Коршак. – К.: Рад. шк., 1976. – 143 с.
294. Школьникам о современной физике: Электромагнетизм. Твёрдое тело / [сост. В.Н. Руденко]. – М.: Просвещ., 1982. – 144 с.
295. Шубников А.В. У истоков кристаллографии / А.В. Шубников. – М.: Наука, 1972. – 51 с.
296. Шульга М.С. Молекулярна фізика і термодинаміка в демонстраційних дослідах / М.С. Шульга. – К.: Рад. шк., 1974. – 175 с.
297. Шут М.І. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах: навч. посібн. / М.І. Шут, В.П. Сергієнко. – К.: Шкільний світ, 2004. – 128 с.
298. Шут М.І. Вибрані питання історії молекулярної фізики (XVIII-початок XX ст.): навч. посібн. / М.І. Шут, Н.П. Форостяна. – К.: Шлях, 2003. – 152 с.
299. Щукин Е.Д. Развитие представлений о межатомных взаимодействиях при изучении свойств твердых тел и жидкостях / Е.Д. Щукин, Г.Б. Куперман // Физика в школе. – 1967. – № 6. – С. 51-58.
300. Щукина Г.И. Активизация познавательной деятельности учащихся в учебном процессе: учебн. пособ. для студентов пед. ин-тов. / Г.И. Щукина. – М.: Просвещ., 1979. – 160 с.
301. Щукина Г.И. Проблема познавательного интереса в педагогике / Г.И. Щукина. – М.: Педагогика, 1971. – 352 с.
302. Щукина Г.И. Роль деятельности в учебном процессе / Г.И. Щукина. – М. Просвещ., 1986. – С. 135.