

**Управління освіти і науки  
Рівненської обласної державної адміністрації  
Рівненська Мала академія наук учнівської молоді  
Відділення фізики та астрономії**

# **ФІЗИКА**

**Методичні рекомендації  
до написання  
науково-дослідницьких робіт**

Рівне - 2012

УДК 53(07)  
ББК 22.3я7  
Ф 503

Галатюк Ю.М., Галатюк М.Ю., Шевчук В.П., Тимощук А.І.

**Фізика. Методичні рекомендації до написання учнівських науково-дослідницьких робіт.** – Рівне: РМАНУМ, 2012. – 64 с.

Дизайн та верстка: Кравцова Т.В.

Рецензенти: *Тищук В.І.* – кандидат педагогічних наук, професор, завідувач кафедри методики викладання фізики і хімії Рівненського державного гуманітарного університету;

*Рибалко А.В.* – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики Національного університету водного господарства і природокористування.

*Розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри методики викладання фізики та хімії Рівненського державного гуманітарного університету, (протокол №6 від 15 березня 2012 р.)*

У методичному посібнику розкриваються теоретичні та методичні основи організації дослідницької роботи учнів з фізики в контексті діяльності Малої академії наук. Посібник призначений для учнів загальноосвітніх шкіл, слухачів, кандидатів та дійсних членів МАН, вчителів фізики та астрономії, студентів природничих спеціальностей педагогічних університетів.

© Галатюк Ю.М., Галатюк М.Ю., Шевчук В.П., Тимощук А.І.

© Рівненська Мала академія наук учнівської молоді, 2012

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>4</b>
<b>РОЗДІЛ I. Теоретичні аспекти організації науково-дослідницької діяльності учнів з фізики в системі Малої академії наук України .....</b>	<b>8</b>
1.1. Основи методології науково-дослідницької діяльності .....	8
1.2. Основні відомості про конкурс-захист в системі МАН та напрями наукових досліджень учнів .....	12
1.3. Основні положення щодо організації та проведення учнівського дослідження .....	16
1.4. Підготовка до наукового дослідження та його виконання .....	21
<b>РОЗДІЛ 2. Методичні особливості організації науково-дослідницької діяльності учнів з фізики в системі МАН .....</b>	<b>23</b>
2.1. Предмет фізики .....	23
2.2. Обробка й оформлення результатів вимірювань .....	25
2.3. Поради щодо підготовки та проведення експерименту .....	29
2.4. Методи обробки й аналіз результатів експерименту .....	32
2.5. Поради щодо вибору методів проведення теоретичного дослідження .....	35
2.6. Етапи написання науково-дослідницької роботи .....	36
2.7. Евристичні засоби, плани-орієнтири для виконання пізнавальних дій у процесі наукового дослідження з фізики .....	37
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>60</b>

## ВСТУП

Час, у який ми живемо, – час змін, інновацій, інтелекту диктує свої умови життя, висуває нові вимоги до людини. Якісно нові зміни в суспільстві переконують, що найбільшою цінністю є неповторна людська особистість з її нахилами, вподобаннями, обдаруваннями. Отже виявлення розумової обдарованості (інтелектуальної і творчої), спеціальних здібностей у дітей, їх розвиток і реалізація є однією з актуальних проблем на сучасному етапі розвитку педагогічної теорії та практики.

Концепція модернізації освіти акцентує увагу педагогів і науковців на підготовці молодих громадян, які швидко виявляють проблеми, знаходять способи їх вирішення, самостійно здійснюють професійний вибір, прогнозують можливі наслідки, вирізняються мобільністю, конструктивністю, відповідальністю за майбутнє України. На формування таких якостей особистості спрямована дослідницька діяльність.

У структурі навчання посилюється увага до засвоєння способів діяльності та підвищення їх технологічності, створення умов для активної соціальної дії, творчої навчально-пізнавальної, дослідницької діяльності.

Відповідно до цього, сучасні світові тенденції в розвитку освіти свідчать про впровадження нової освітянської парадигми, яка на противагу традиційній інформаційно-ілюстративній функції навчання пропагує інноваційно-творчу, орієнтовану не тільки на зміст або процес, а на кінцевий результат. Підтвердженням цього є широке впровадження у педагогічну практику розвинутих країн компетентнісного підходу щодо визначення цілей і завдань навчально-виховного процесу та оцінки його результатів.

Компетентнісний підхід спрямований на розвиток в учнів ключових і предметних компетентностей. Як наслідок, актуальною постає про-

блема розробки нових дидактичних систем, які б сприяли активному впровадженню компетентісно орієнтованого підходу в навчальний процес. До таких розробок необхідно віднести дидактичну систему розвитку навчально-пізнавальної компетентності старшокласників у процесі вивчення природничих предметів, яка на даний час активно розробляється та впроваджується в навчально-виховний процес [4, 5]. У діяльнісному компоненті цієї системи важливе місце займає позакласна науково-дослідницька діяльність учнів, яка не може бути повноцінно реалізована без участі старшокласників у МАН. Адже саме науково-дослідницька діяльність учнів є запорукою оволодіння творчим компонентом навчально-пізнавальної компетенції, який інтеріоризується в компетентнісний досвід юного науковця.

Кожна людина, яка обирає для себе шлях науковця, звичайно, прагне досягти вершин у певній галузі знання, зробити наукове відкриття. Участь у конкурсі-захисті наукових робіт МАН можна вважати першою сходинкою на цьому шляху. І найкращих результатів у вибраній галузі досягають обдаровані діти. Обдарованість – це сукупність здібностей, які дозволяють індивіду досягати вагомих результатів в одному або декількох видах діяльності. Обдарованість – складне, багатогранне явище. Кожна обдарована дитина потребує особливого підходу. Саме тому навчання і виховання обдарованих учнів необхідно здійснювати з урахуванням наступних дидактичних принципів:

- індивідуалізації і диференціації навчання;
- довіри і підтримки;
- залучення обдарованих учнів до участі у житті навчального закладу.

Важливою практичною проблемою є виявлення потенційних можливостей розвитку учня. Система роботи з виявлення обдарованих дітей включає в себе:

- попередню діагностику сформованості інтелектуальних умінь;
- спостереження за роботою учнів на уроках фізики та під час позакласних заходів;
- аналіз результатів виконання самостійних, лабораторних, творчих робіт;
- аналіз результатів участі учнів в олімпіадах, турнірах, інтелектуальних змаганнях, конкурсах тощо.

Однією з форм роботи з творчо обдарованою молоддю є Мала академія наук України, де виховано багато талановитих учених, державних діячів, творчих особистостей за різними фахами. Результатом плідного навчання учня в МАН є написання під керівництвом науковця або учителя науково-дослідницької роботи, з якою учні виступають на наукових конференціях, захищають під час конкурсу-захисту.

Одним із головних завдань Малої академії наук учнівської молоді є виявлення, розвиток і підтримка обдарованої молоді, стимулювання її творчого потенціалу, розвиток наукової та дослідницько-експериментальної діяльності вихованців (учнів, слухачів).

У процесі модернізації освіти все більше уваги приділяється виявленню і підтримці обдарованих і талановитих дітей. У наукових товариствах, секціях МАН такі діти отримують можливість спілкування з ровесниками, захопленими вирішеннями сучасних наукових проблем. Здійснення наукового пошуку, участь старшокласників у конференціях різного рівня з презентацією результатів власної дослідницької діяльності, сприяє реалізації учнями особистісного потенціалу, отриманню схвалення й підтримки відомими вченими як місцевого, так і всеукраїнського рівня.

У даному посібнику зібрано матеріали, практичні та теоретичні рекомендації для написання науково-дослідницьких робіт у системі МАН України з теоретичної та експериментальної фізики: прави-

ла написання, компоновання, оформлення роботи, основні аспекти наукового дослідження, рекомендації щодо проведення експерименту тощо. Методичні рекомендації розраховані на організаторів науково-дослідницької роботи з учнями: вчителів, керівників гуртків, методистів, керівників наукових товариств та ін.

# РОЗДІЛ I. Теоретичні аспекти організації науково-дослідницької діяльності учнів з фізики в системі Малої академії наук України

## 1.1. Основи методології науково-дослідницької діяльності

Виникнення науки як сфери людської діяльності тісно пов'язано зі зростанням інтелекту людей. Коли задоволено перші потреби людини (здебільшого за рахунок праці), активізується друга рушійна сила прогресу – цікавість, цікавість до самого себе, однолітків, навколишнього середовища, до природи. Саме тому виокремлюють дві сфери людського інтересу – матеріальна (прагнення до комфорту) і духовна (прагнення задовільнити цікавість). До духовної сфери діяльності відноситься мистецтво, сфера послуг, наука. Вони забезпечують інтелектуальне збагачення суспільства. Поняття науки ґрунтується на її змісті та функціях у суспільстві.

Наука – соціально значуща сфера людської діяльності, функцією якої є вироблення й використання теоретично систематизованих об'єктивних знань про дійсність. Наука є складовою інтелектуальної й духовної культури суспільства. Поняття «наука» містить у собі як діяльність зі здобування нового знання, так і результат цієї діяльності – сукупність набутих на даний час наукових знань. Як система знань, наука охоплює не лише фактичні дані про предмети навколишнього світу, людської думки та дії, не лише закони і принципи вивчення об'єктів, а й певні форми і способи усвідомлення їх. Цим самим наука виступає як форма суспільної свідомості. Розриваючи закономірні зв'язки дійсності, наука відображає їх в абстрактних поняттях чи схемах, які повною мірою відповідають дійсності [2].

Безпосередньою метою науки є вивчення, пояснення та передбачення процесів і явищ дійсності, які є предметом її дослідження.



Наука вивчає різні рівні системної організації й форми руху матерії з погляду пізнання істотних властивостей явищ, встановлення їх законів, різних причинних залежностей і взаємодій з метою управління природними й соціальними процесами, передбачення характеру та напрямку їх перебігу, створення нових технологій і розвитку виробництва.

Центральним поняттям науки є *знання* – перевірений практикою результат пізнання дійсності, адекватне її відбиття у свідомості людини. Саме процес руху людської думки від незнання до знання називають *пізнанням*. Головною *функцією науки* є пізнання об'єктивного світу. Наука створена для безпосереднього вивчення суттєвих сторін усіх явищ природи, суспільства і мислення.

*Теорія* – найбільш висока форма узагальнення та систематизації знань; це вчення про узагальнений досвід, практику, що формують наукові принципи та методи, які дозволяють узагальнити, пізнати існуючі процеси та явища, проаналізувати вплив різних факторів та запропонувати рекомендації щодо їх використання у практичній діяльності людей. Структурні елементи наукової теорії – це факти, категорії, аксіоми, постулати, принципи, поняття, судження, умовиводи, закони та ін. Теорія повинна відповідати таким основним вимогам: адекватність описуваному об'єкту чи явищу; повнота опису певної галузі та необхідність пояснення взаємозв'язків між різними компонентами теорії; відсутність внутрішніх суперечностей і відповідність дослідним даним.

*Закони* відображають найсуттєвіші, стійкі, об'єктивні внутрішні зв'язки у природі, суспільстві та мисленні. Закони відображають співвідношення понять, категорій.

*Наукове дослідження* – це вивчення явищ і процесів, аналіз впливу на них різних факторів, а також вивчення взаємодії між явищами з метою одержати переконливо доведені та корисні для науки і

практики рішення з максимальним ефектом.

В основі здійснення кожного наукового дослідження лежить *методологія*, що являє собою сукупність пізнавальних засобів, методів, прийомів та їх певна послідовність, прийнята при розробці наукового дослідження. В кінцевому результаті методологія – це план-схема вирішення поставленого науково-дослідного завдання.

Історично склалось так, що існують дві категорії наукових досліджень: *фундаментальні та прикладні*.

*Фундаментальні* дослідження виконуються для того щоб пізнати закони, що спрямовують поведінку і взаємодію основних структур природи, суспільства чи мислення без конкретного їх використання чи застосування.

*Прикладні* дослідження передбачають встановлення можливостей для застосування результатів фундаментальних досліджень у процесі розв'язання пізнавальних і соціально-практичних проблем. Фундаментальні дослідження визначають перспективи розвитку науки, освіти, техніки і виробництва на багато років уперед і є основою науково-технічного прогресу. Тому, як правило, наукові результати фундаментальної науки випереджають прикладні дослідження і створюють для них теоретичну основу. Цим самим забезпечуються належні умови для безперервного і невпинного соціального й науково-технічного прогресу.

Успішність виконання науково-дослідницької роботи значною мірою залежить від уміння вибирати найрезультативніші методи дослідження, оскільки саме вони дають змогу досягти поставленої в роботі мети. Розглянемо деякі з методів.

*Спостереження* є активним пізнавальним процесом, який спирається, перш за все, на роботу органів чуття людини та її предметну матеріальну діяльність. Це метод, який виступає, як правило, в якості одного з елементів у складі інших емпіричних методів.

Успішне виконання наміченого плану спостережень багато в чому залежить від умінь спостерігати і від правильної оцінки фактів та явищ, які спостерігаються.

*Вимірювання* – це процес визначення, на основі певної процедури, кількісного значення деякої величини за допомогою одиниці вимірювання. Цінність вимірювання полягає в тому що вона дає точні, кількісно визначені відомості про оточуючу дійсність.

*Експеримент* – це відтворення та вивчення природних явищ, процесів, тіл тощо в штучно створених лабораторних умовах з метою їх дослідження без впливу ускладнюючих супутніх обставин і факторів. Експериментальне вивчення об'єктів порівняно зі спостереженням має суттєві переваги:

- у процесі експерименту є можливість вивчати окреме явище в «чистому вигляді»;
- експеримент дає змогу досліджувати властивості об'єктів у екстремальних умовах, тобто в таких, яких у природі може й не бути;
- важливою перевагою експерименту є його повторюваність.

У повсякденній діяльності та в науці спостереження мають приводити до результатів, які не залежать від волі, почуттів чи бажань суб'єктів. Для того щоб стати основою наступних теоретичних і практичних дій, ці спостереження повинні нести інформацію про об'єктивні властивості та відношення реально існуючих предметів і явищ.

Основною метою експерименту є перевірка теоретичних положень (підтвердження робочої гіпотези), а також ширше і глибше вивчення теми наукового дослідження. Експеримент має бути проведений по можливості в найкоротші терміни, з мінімальними матеріальними затратами та найвищої якості здобутих результатів.

Залежно від теми науково-дослідницької роботи обсяг експе-

рименту може бути різним: в одному випадку для підтвердження робочої гіпотези достатньо лабораторного експерименту, в іншому ж випадку доводиться проводити серію пошукових експериментальних досліджень.

## **1.2. Основні відомості про конкурс-захист в системі МАН та напрями наукових досліджень учнів**

Організаторами Малої академії наук України є Міністерство освіти і науки України та Академія наук України. Основні завдання, покладені на МАН, визначаються Державною науковою програмою «Освіта України XXI століття»:

- виявляти, розвивати і підтримувати таланти та обдарування учнівської молоді;
- сприяти поглибленню освіти учнів через залучення їх до творчої діяльності;
- пропагувати наукові дослідження серед молоді;
- створювати умови для творчого самоствердження учнівської молоді та забезпечення підтримки юних науковців.

Рішенням Рівненської обласної ради від 11 серпня 2006 року створено обласний комунальний позашкільний навчальний заклад «Рівненська Мала академія наук учнівської молоді» Рівненської обласної ради (скорочено РМАНУМ). Саме ця установа координує діяльність і здійснює організаційно-методичне забезпечення науково-дослідницької діяльності учнівської молоді в Рівненській області. Одним з напрямків роботи РМАНУМ є підготовка та проведення II етапу Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів-членів Малої академії наук України.

Для підвищення об'єктивності під час аналізу конкурсних робіт і визначення переможців конкурсу необхідна уніфікація вимог і

підходів до підготовки, написання і захисту науково-дослідницьких робіт. Але це не означає, що науково-дослідницька теоретична або експериментальна робота, яка представляється на конкурс, обмежується рамками певних тематик. Інваріантність спрощує порівняння робіт, а варіативність відтворює концепцію дослідника. В основі роботи має бути закладена певна наукова ідея, а автор повинен відобразити в ній власну позицію дослідника.

Наукова робота в МАН – це перша творча робота, яку самостійно виконує учень на базі знань, умінь і навичок, набутих під час вивчення навчальних предметів у школі чи позашкільних закладах. У процесі виконання науково-дослідницької роботи учень, мабуть, уперше отримує не лише право, а й обов'язок самостійно вирішувати певне коло питань, пов'язаних з її виконанням.

У системі МАН конкурс-захист науково-дослідницьких робіт проводиться у три етапи:

I етап – безпосередньо у районах та містах обласного підпорядкування до 1 лютого поточного року;

II етап проводиться Рівненською Малою академією наук учнівської молоді протягом лютого поточного року;

III етап проводиться у м. Києві в березні-квітні поточного року. Загальне керівництво з підготовки та проведення конкурсу здійснює Міністерство освіти і науки України, загальну координацію – позашкільний начальний заклад “Мала академія наук учнівської молоді”.

У конкурсній-захисті беруть участь, як правило, учні 9-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів та учні, вихованці, слухачі (відповідного віку) позашкільних, професійно-технічних, вищих I-II рівня акредитації навчальних закладів, які активно займаються науково-дослідницькою діяльністю або бажають провести дослідження з обраної теми.

Програмою конкурсу-захисту передбачено:

- *заочне оцінювання науково-дослідницьких робіт;*
- *оцінювання навчальних досягнень учасників з базових дисциплін;*
- *захист науково-дослідницьких робіт.*

На *заочне оцінювання* подається рукопис науково-дослідницької роботи обсягом до 30 сторінок тексту формату А4. Вимоги до структури та оформлення рукопису дивись в розділі 1.5 даного посібника.

*Оцінювання навчальних досягнень* учнів з базових дисциплін відбувається у формі написання контрольних випробувань з *фізики* відповідно до віку учасника, тобто учні 9(8) класу пишуть контрольні за 9 клас, учні 10 класів – за десятий, одинадцятикласники – за шкільною програмою з фізики 11 класу.

Безпосередньо *захист науково-дослідницьких робіт* проходить окремо в кожній секції у формі доповіді. Для захисту роботи учню надається до 10 хвилин, для відповіді на запитання членів журі та опонентів – до 3 хвилин.

Учні, які посіли перше місце в секції, представляють в подальшому Рівненську область на заключному, третьому етапі в Києві. Призери III етапу отримують стипендію голови Рівненської обласної державної адміністрації протягом наступного навчального року (з вересня по серпень) за умови, якщо вони залишаються на навчання в закладах Рівненської області, або вступають у вищі навчальні заклади, які територіально розташовані в Рівненській області.

Для ефективної підготовки учнів-членів МАН при Рівненській Малій академії наук працюють гуртки відповідно до напрямків роботи наукових секцій МАН, в тому числі і гуртки секцій фізики. Упродовж останніх років налагоджено активну співпрацю із провідними університетами області:

- Національним університетом водного господарства та природокористування;

- Національним університетом «Острозька академія»;
- Рівненським державним гуманітарним університетом;
- Міжнародним економіко-гуманітарним університетом імені академіка С. Дем'янчука.

Учнівські дослідження в галузі фізики проводяться у двох секціях відділення фізики і астрономії МАН за наступними напрямками: теоретична фізика; експериментальна фізика.

Сучасні фізичні дослідження поділяються на велику кількість галузей, з яких можна виокремити 4 найоб'ємніші:

1. Фізика конденсованих речовин, дослідження у якій сконцентровані на вивченні твердих тіл та рідин; основними областями дослідження є:

- 1.1. фізика твердого тіла;
- 1.2. фізика полімерів;
- 1.3. гідродинаміка;
- 1.4. фізика плазми;
- 1.5. надпровідність;
- 1.6. фізика рідин;
- 1.7. фізика неупорядкованих систем тощо

2. Атомна, молекулярна фізика та оптика, де основними напрямками досліджень є:

- 2.1. будова речовини і її зміна під впливом зовнішніх факторів;
- 2.2. явища переносу (дифузія, теплопровідність, в'язкість);
- 2.3. фазова рівновага і процеси фазових переходів;
- 2.4. поверхневі явища;
- 2.5. статистична фізика;
- 2.6. фізична хімія;
- 2.7. теорія атома;
- 2.8. атомна спектроскопія;
- 2.9. фізика атомних та йонних зіткнень;

- 2.10. природа світла;
- 2.11. інтерференція і дифракція;
- 2.12. кристалооптика, оптоелектроніка;
- 2.13. квантова оптика;
- 2.14. фотоніка тощо
- 3. Фізика елементарних частинок (також відома як фізика високих енергій), основними напрямками досліджень у якій є:
  - 3.1. квантова теорія поля;
  - 3.2. побудова Стандартної моделі;
  - 3.3. ядерні реакції;
  - 3.4. фізика реакторів;
  - 3.5. термоядерний синтез і т.д.
- 4. Астрофізика, що за напрямками досліджень поділяється на:
  - 4.1. космологію;
  - 4.2. планетологію;
  - 4.3. фізику плазми;
  - 4.4. теорію відносності;
  - 4.5. фізику зір тощо.

### **1.3. Основні положення щодо організації та проведення учнівського дослідження**

Структура наукового дослідження може бути спрощено подана, зокрема, як ланцюжок типу:



Під *науковою проблемою* розуміють питання, відповідь на яке не міститься в накопичених суспільством знаннях. Одним питанням проблема практично ніколи не вичерпується. Вона є цілою системою, що складається з центрального питання (яке є суттю пробле-



ми і часто з нею ототожнюється) і деяких допоміжних питань, дати відповідь на які необхідно для того, щоб отримати відповідь на основне питання.

Учнівське дослідження складається з наступних етапів: постановка проблеми; вивчення джерел, які містять теоретичну інформацію, що стосується даної проблеми; підбір методів дослідження і практичне оволодіння ними; отримання власних теоретичних чи експериментальних матеріалів, їх аналіз і узагальнення; наукові коментарі; висновки авторів дослідження.

Постановка проблеми передбачає виконання наступних дій:

- *формулювання проблеми*, тобто постановка центрального питання проблеми; фіксація тієї суперечності, яка лягла в основу проблеми; опис очікуваних результатів;

- *конкретизація проблеми* (розщеплення проблеми на питання, без відповідей на які не можна отримати відповіді на основне проблемне питання; групування питань, що складають проблему; обмеження області вивчення відповідно до проблем дослідження і можливостей дослідника);

- *Оцінка проблеми* (виявлення всіх умов, необхідних для вирішення проблем, включаючи методи, засоби, прийоми, методики; перевірка наявності можливостей і передумов; з'ясування ступеня проблемності, тобто співвідношення відомого і невідомого у тій інформації, яку необхідно використати для вирішення проблеми; знаходження серед уже



вирішених проблем аналогічних тій, що вирішується; віднесення проблеми до певного типу);

– *обґрунтування* (встановлення ціннісних, змістовних і гносеологічних зв'язків даної проблеми з іншими проблемами; наведення аргументів на користь реальної проблеми, її постановки та вирішення; висунення великої кількості заперечень супроти проблеми; об'єктивний синтез результатів, отриманих на стадії обґрунтування);

– *позначення* (переклад проблеми на іншу наукову або повсякденну мову; підбір понять, які найточніше фіксують зміст проблеми)

Першою реакцією на проблему є *гіпотеза*. Як правило, для пояснення одного й того ж самого об'єкта, зазвичай, висувають кілька гіпотез. Гіпотеза є імовірним знанням, тому категоричність в оцінці гіпотез неприпустима.

Важливе значення для вибору гіпотези має чітке розуміння тих вимог, виконання яких робить гіпотезу правомірною. Гіпотеза повинна: пояснювати всі факти, для вивчення яких вона висувається; мати чітке однозначне формулювання; бути такою, що її принципово можна перевірити, тобто наслідкам, які з неї випливають, повинні відповідати певні практичні ефекти; будуватися за принципом максимальної можливої простоти; бути логічно несуперечливою.

Отже, хід наукового дослідження можна подати у вигляді логічної схеми, зображеної праворуч.

Обґрунтування актуальності обраної теми – початковий етап будь-якого дослідження. Необхідно досить стисло та чітко висвітлити актуальність теми дослідження, з іншого боку варто пам'ятати, що формулювання проблемної ситуації – дуже важлива частина вступу.

Після обґрунтування актуальності теми визначають об'єкт і предмет дослідження. Чим конкретніше сформульована проблема, тим

легше визначити об'єкт і предмет дослідження. *Об'єкт дослідження* – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію і яке обране для вивчення. *Предмет дослідження* – це те, що знаходиться в межах об'єкта дослідження в певному аспекті розгляду.

Об'єкт і предмет дослідження – категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне і часткове. В об'єкті виділяється та частина, яка є предметом дослідження. На предмет дослідження спрямована основна увага дослідника. Саме предмет дослідження визначає тему наукової праці, яка позначається на титульній сторінці як заголовок. *Об'єктом дослідження* є вся сукупність зв'язків, відношень різних аспектів теорії і практики науки, яка слугує джерелом необхідної інформації для дослідника. *Предмет дослідження* – це тільки суттєві зв'язки та відношення, які підлягають безпосередньому вивченню в даній праці, вони є головними, визначальними для конкретного дослідження.

Наступним кроком є формування *мети дослідження* та *виділення конкретних завдань*, які потрібно виконати. Зазвичай, мета дослідження відображає спрямованість наукового пошуку на отримання нових знань. Постановку завдань необхідно робити як можна ретельніше.

Наступний етап – *відпрацювання гіпотези* і теоретичних передумов дослідження. Учнем формулюється гіпотеза, що лаконічно та стисло відображає суть і внутрішню логіку наукового пошуку, визначає «індивідуальність» усієї роботи. Гіпотеза – це обґрунтоване припущення про можливі способи розв'язування визначеної проблеми. Для того, щоб гіпотезу сформулювати, треба добре знати об'єкт дослідження. Лише за умови старанного вивчення характерних рис фізичних явищ можна висловити гіпотетичне положення, яке вимагає подальшої перевірки і висувається як своєрідний висновок про існування проблеми. Для правильної побудови гіпотези

перш за все треба пам'ятати, що вона має бути конкретною. Під конкретністю розуміється її глибина, відповідність меті та завданню дослідження. Причому у формулюванні гіпотези мають чітко виділятися ті положення, які необхідно доводити і захищати. Звідси випливає, що гіпотеза є найважливішим елементом дослідження.

Дуже важливим етапом наукового дослідження є *вибір методів дослідження*, які слугують інструментом у здобуванні фактичного матеріалу та є необхідною умовою досягнення поставленої в науковій роботі мети. Методика дослідження відповідає на запитання: як, яким способом проводити дослідження? Методика характеризує об'єкт і предмет дослідження, вказує на кількість дослідів (експериментів) для необхідної їх точності й надійності, визначає умови проведення досліджень, дає вказівки щодо застосування приладів, апаратури та про порядок проведення експерименту, запис його результатів, способи обробки, оформлення даних.

Проведення та опис процесу дослідження – основна частина наукової роботи з фізики. Найважливішою складовою частиною наукових досліджень з фізики є *експеримент*.

Наступний етап роботи включає *обробку та аналіз результатів дослідження*, яке проводиться згідно з розробленими методиками. Важливим етапом наукового дослідження є *обговорення отриманих результатів*, яке проводиться під час захисту науково-дослідницької роботи, коли дається колективна оцінка теоретичної та практичної цінності виконаних досліджень.

Заключним етапом наукового дослідження є *висновки*, які містять те нове й суттєве, що складає наукові й практичні результати виконаної наукової роботи. У висновках треба коротко й чітко дати вичерпну оцінку результатам дослідження та визначити шляхи подальших досліджень.

Учнівські наукові роботи можна умовно поділити на типи, зображені на схемі:



*Експериментальними* є роботи, в яких представлено результати досліджень, отримані учнями під час їхньої безпосередньої роботи на експериментальних установках з вивчення фізичних властивостей речовин. Результати досліджень пояснюються на основі порівнянь з відомими раніше або на основі відомих теорій чи закономірностей.

*Експериментально-теоретичні* – це роботи, в яких учні вчать моделювати результати дослідів з метою їх аналітичного опису (тлумачення).

*Теоретичними* називають роботи, в яких на базі узагальнюючих побудов учні вчать адекватно відтворювати навколишній світ.

*Реферативні* – це роботи, в яких аналізуються відомі з літературних джерел явища, закони, закономірності, факти і на основі аналізу опрацьованого матеріалу учень робить власні висновки.

#### **1.4. Підготовка до наукового дослідження та його виконання**

Дослідницька робота учнів повинна демонструвати їхні знання і вміння в галузі конкретного предмета, вміння працювати з першоджерелами, використовувати різні необхідні методи дослідження, здатність до систематизації і структурування наявного матеріалу, вміння узагальнювати та аналізувати, робити висновки, порівнювати різноманітні властивості, давати оцінку подіям і явищам.

Вибір і формулювання теми – це початковий і надзвичайно важливий етап кожного дослідження. Тема має бути актуальною, тоб-

то практично корисною і представляти інтерес у науковому сенсі. Заголовок дослідження повинен бути коротким і за можливості давати максимум інформації про його зміст. Найчастішою помилкою учнів є вибір «широких» неконкретизованих тем – вони, як правило, виявляються поверхневими і не до кінця проробленими через надзвичайно велику кількість фактичного матеріалу. Роботи, які базуються на вузькій тематиці – розробляються більш глибоко і детально, а тому носять характер завершених. Вибираючи тему дослідження, необхідно керуватися кількома правилами: тема повинна бути цікавою, захоплювати увагу дослідника, відповідати його віковим особливостям та науковим інтересам; тема має бути розкрита, розв'язок її повинен принести реальну користь (отримання нових корисних знань, умінь, навичок, розвиток інтелекту, реалізація дослідницької потреби); тема повинна відзначатися оригінальністю, може містити елемент несподіванки; робота над дослідженням повинна вимагати від учня реалізації здатності нестандартних підходів до традиційних предметів і явищ.

## РОЗДІЛ 2. Методичні особливості організації науково-дослідницької діяльності учнів з фізики в системі МАН

### 2.1. Предмет фізики

Фізика – наука, яка вивчає найбільш загальні та фундаментальні закономірності, що визначають структуру і еволюцію матеріального світу; природнича наука, яка досліджує загальні властивості матерії та явищ у ній, а також виявляє загальні закони, які керують цими явищами. У сучасному розумінні поняття «фізика» замінене на «фізичні науки».

Фізику з поміж інших наук вирізняє чіткий поділ на теорію та експеримент, тому учені-фізики, як правило, займаються або теоретичними, або експериментальними дослідженнями в тій чи іншій галузі. Тобто теоретики займаються пошуком і розробкою теоретичних моделей, які могли б пояснити наявні експериментальні результати і передбачити нові, тоді як експериментатори організовують власні практичні дослідження для перевірки теоретичних висновків своїх колег.

Отже, незважаючи на існування двох чітко визначених напрямів, вони тісно пов'язані між собою. Тому значні події у фізичних науках найчастіше відбуваються саме тоді, коли експериментатори виявляють, що відомі теорії не можуть пояснити отриманих у експерименті результатів, що в свою чергу потребує пошуку нових або зміни існуючих фізичних теорій.

На сучасному етапі розвитку фізичної науки математичний апарат, який є основою теоретичних методів дослідження, в більшості випадків надто складний для фізика-експериментатора. З іншого боку, рівень складності сучасних фізичних приладів чи лабораторних установок може не залишити шансів на успіх для добре обізнаного в теорії спеціаліста. З появою потужної комп'ютерної підтримки

(як апаратної, так і програмної) у проведенні обчислень виокремився новий клас фізиків, які займаються комп'ютерним моделюванням фізичних процесів і розробкою програмного забезпечення. Сучасне програмне забезпечення надає можливість здійснювати складні фізичні розрахунки, що дозволяє фахівцям у різних галузях отримувати результати високого рівня точності за відносно короткий проміжок часу. Ще однією перевагою сучасного програмного забезпечення є спроможність аналізувати величезні масиви інформації, моделювати процеси, вивчення яких на необхідному рівні іншим методом було б неефективним, а часто і зовсім неможливим.

Як відомо, фізичний експеримент – це спосіб пізнання природи, який полягає в можливості вивчення природних явищ у спеціально створених для цього умовах. Загальновідомо, що предметом вивчення теоретичної фізики є дослідження математичних моделей природи, тоді як фізичний експеримент досліджує, власне, саму природу та природні процеси в ній. Адже саме неузгодженість з результатом фізичного експерименту є критерієм помилковості фізичної теорії або її незастосовності до оточуючого світу. Зворотне твердження не є правильним: узгодженість із експериментом не може бути доведенням правильності теорії. Тобто головним критерієм вірності теорії є її підтвердження експериментом.

Зазвичай експеримент проводиться в межах наукового дослідження і слугує для перевірки висунутої гіпотези, встановлення причинно-наслідкових зв'язків. Експеримент є фундаментом для застосування емпіричного підходу до процесу пізнання. Зрештою, в більшості випадках проведення експерименту дозволяє підтвердити істинність наукової теорії та абстрагуватися від псевдонаукових.

Якщо ж брати до уваги проведення комп'ютерного експерименту, то його можна вважати видом дослідницької діяльності лише умовно, тому що він не відображає природні процеси або явища, а тільки являє собою чисельну реалізацію створеної математичної моделі.



## 2.2. Обробка й оформлення результатів вимірювань

Фізика – точна експериментальна наука, в основі якої лежать спостереження фізичних процесів і вимірювання фізичних величин. Виміряти фізичну величину – означає знайти її істинне числове значення.

Вимірювання поділяються на прямі й опосередковані. У прямих вимірюваннях значення величини знаходять безпосередньо з досліду за допомогою вимірювального приладу, проградуйованого в одиницях вимірювання. Прикладом прямих вимірювань можуть бути вимірювання довжин, маси, напруги, сили струму тощо.

Однак у більшості випадків доводиться мати справу з опосередкованими вимірюваннями, коли шукана величина розраховується за формулою, в яку входять інші величини, в тому числі і знайдені прямими вимірюваннями. Прикладом опосередкованих вимірювань може бути знаходження питомого опору провідника чи потужності в колі постійного струму.

Під час проведення досліджень кожен експериментатор прагне отримати якомога точніше відображення фізичних властивостей об'єкта у вигляді числових значень конкретних фізичних величин. Такі значення величин, які відтворюють властивості об'єкта досліджень, називають істинним значенням фізичної величини. Істинні значення фізичних величин не залежать від засобів їх пізнання. Ці значення фізичних величин і є тією абсолютною істиною, до якої ми прагнемо, намагаючись виразити їх у вигляді чисел.

Мета вимірювання – отримання точного числового значення вимірюваної величини. Однак при будь-яких вимірюваннях, як би старанно вони не виконувались, одержуються не істинні, а наближені значення величин. Тобто, фізичні вимірювання завжди виконуються з певними похибками. Похибки обумовлені як недосконалістю приладів, так і методик вимірювань та залежать не лише від самого

значення величини, а й від засобів і методів вимірювання, від навичок та індивідуальних якостей експериментатора. Зрозуміло, що чим менша похибка, тим більша точність вимірювання. Залежно від причин виникнення всі похибки прийнято поділяти на *систематичні*, *випадкові* та *промахи*.

*Систематичні похибки* – це складові похибок вимірювання, які залишаються при повторних вимірюваннях. Вони сталі або закономірно змінюються, мають один і той самий знак, тобто, призводять тільки або до завищення значення вимірюваної величини, або тільки до заниження. Виникають систематичні похибки найчастіше через недосконалість методів вимірювання, вплив навколишнього середовища, використання для розрахунків недостовірних констант тощо. Наприклад, якщо стрілка приладу не збігається з нульовою поділкою в початковому положенні, то під час вимірювань матимуть місце неправильні значення вимірюваної величини і ця помилка систематично буде повторюватися при наступних вимірюваннях. До систематичних похибок відносяться також похибки вимірювальних приладів. Ці похибки оцінюються в результаті порівняння показів приладу з показами іншого, еталонного приладу.

*Промахи* – це похибки, які істотно перевищують похибки, очікувані за даних умов. Промахи, зазвичай, обумовлені недбалими діями експериментатора і явно спотворюють результат вимірювання, наприклад, неправильний відлік за шкалою, помилка запису результату вимірювання, порушення електричних контактів під час вимірювання та ін. Першою ознакою результату з допущенням промаху є його різка відмінність від результатів інших вимірювань. Тому промахи похибки легко виявляються під час повторних вимірювань.

*Випадкові похибки* – це похибки, які під час повторних вимірювань однієї і тієї самої величини за незмінних умов мають різні значення та знаки. Випадкові похибки спричиняються безліччю не-

контрольованих причин, індивідуальний вплив кожної з яких на результат вимірювання є порівняно невеликим і має випадковий характер, наприклад, коливання напруги в мережі, зміна тиску, температури повітря, нагрівання та охолодження деяких деталей під час вимірювання та ін.

Отже, випадкові похибки – це сума багатьох невеликих і незалежних одна від одної випадкових величин, які можуть збільшувати чи зменшувати значення вимірюваної величини. Вони підлягають законам теорії ймовірності для випадкових явищ. Їх неможливо уникнути, але можна оцінити за допомогою теорії випадкових похибок, створеної на основі теорії ймовірностей.

Докладніше про види похибок і способи їх обчислення можна дізнатися звернувшись до спеціальних наукових джерел.

У результаті розрахунків учень може отримати як цілі, так і дробові числа з багатьма знаками, а отже існує потреба в раціональному записі таких чисел. На практиці прийнято використовувати операцію «заокруглення» чисел. Для заокруглення необхідно визначити сумнівну цифру. Сумнівна – це така цифра в числі, розряд якої збігається з розрядом похибки. Отже, числа заокруглюються до того розряду, який має похибка вимірювання.

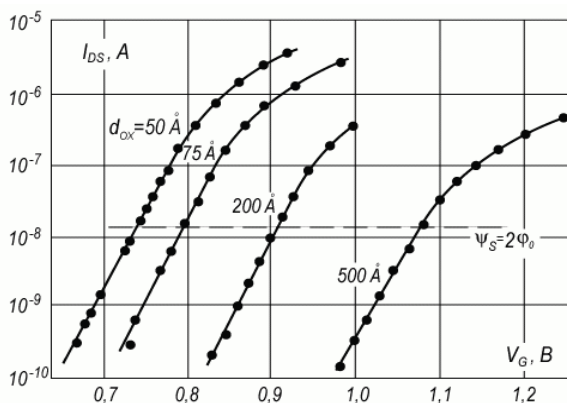
За допомогою *таблиць* подаються як функціональні залежності, так і дані, між якими немає прямого функціонального зв'язку, але які треба порівнювати. Так, наприклад, у довідниках у вигляді таблиць подаються фізичні константи та інші дані (густина речовини, питомий опір, діелектрична проникність, показник заломлення тощо). У таблиці часто записують також проміжні дані розрахунків, що полегшує обробку результатів вимірювань.

Наприклад, таблиця з результатами вимірювання залежності густини рідин від температури, може виглядати так:

Рідина	Температура, °С							
	-20	0	20	40	60	80	100	120
Азотна кислота, 50%	--	1334	1310	1287	1263	1238	1212	1186
Бензол	--	-900	879	858	836	815	793	769

Графічне подання результатів вимірювань є досить поширеним завдяки його наочності. Криву на графіку розміщують так, щоб найповніше використати площу, зайняту графіком. Для цього вибирають масштаб на осях координат. Причому відлік не обов'язково повинен починатися з нуля. Одиниці відліку мають бути зручними для користування. Експериментальні точки на графіку слід позначати виразно. Лінія графіка проводиться не від точки до точки, а плавно поміж точками так, щоб їх кількість зверху і знизу кривої була приблизно однаковою.

Для прикладу зображений графік залежності сили струму витоку від напруги на затворі в передпороговій області МДН-транзистора (від словосполучення «метал-діелектрик-напівпровідник») з різною товщиною підзатворного діелектрика:



Варто звернути увагу на такі особливості:

- поділки на осях, як правило, мають бути рівномірними. В окремих випадках поділки можуть бути нерівномірні, в логарифмічному або в напівлогарифмічному масштабі;
- розміри експериментальної точки підбираються так, щоб вони одночасно визначили й абсолютну похибку вимірювань. Якщо це з певних причин неможливо, то похибка вказується на площині малюнка;
- частота експериментальних точок на графіку відповідає кроку вимірювань у досліді. Отже, плануючи проведення дослідів, необхідно уважно порівняти інтервали зняття показів на приладах. Це буде запорукою того, що «цікаві ефекти» і можливі відкриття не зникнуть з поля вашого зору.

Ще одна порада: проробивши дослід, одразу проведіть обчислення. Це інколи застереже вас від промахів.

### **2.3. Поради щодо підготовки та проведення експерименту**

Оскільки експериментальні роботи з фізики займають найважливіше місце серед всіх видів дослідницької діяльності учнів у секціях відділення фізики та астрономії МАН, то саме окремі питання методики організації та проведення експериментальних досліджень будуть корисними юним науковцям-дослідникам.

*Методологія експерименту* – це загальна структура (проект) експерименту, тобто постановка і послідовність виконання експериментальних досліджень. Методологія експерименту передбачає такі етапи: *розробку плану-програми експерименту, оцінку вимірювань і вибір засобів для проведення експерименту; математичне планування експерименту з одночасним проведенням експериментального дослідження, обробкою та аналізом здобутих даних.*

До плану-програми входять: назва теми дослідження, робоча

гіпотеза, методика експерименту, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, а також роботи з конструювання та виготовлення приладів, апаратів, пристроїв. Основу плану-програми складає методика експерименту. Методика є системою прийомів або способів для послідовного найефективнішого здійснення експериментального дослідження. До неї входить мета і завдання експерименту; вибір варіативних факторів; обґрунтування засобів і необхідної кількості вимірювань; опис проведення експерименту; обґрунтування способів обробки та аналізу результатів експерименту.

Визначення мети і завдань експерименту – один із найважливіших етапів. *Мету і завдання експерименту обґрунтовують на основі аналізу інформації, гіпотези й теоретичних розробок.* Здобута наукова інформація під час підготовки літературного огляду дає підстави судити про очікувані закономірності досліджуваного процесу, а отже, і визначити завдання експерименту. Кількість завдань не повинна бути надто великою. Для конкретного експерименту оптимальною кількістю є 3–4 завдання.

Як правило вивчають процес залежно від однієї змінної за умови, що інші характеристики є сталими. Такий принцип проведення експерименту виправдовує себе лише в тих випадках, коли змінних характеристик небагато, наприклад, 1–3.

*Обґрунтування засобів вимірювань* – це вибір необхідних для спостережень і вимірювань приладів, обладнання, машин, апаратів тощо. У першу чергу використовують стандартні машини і прилади. В окремих випадках виникає потреба в додатковому конструюванні й виготовленні приладів, апаратів, установок, стендів, машин для розробки теми. До засобів вимірювань відносять вимірювальний інструмент, вимірювальні прилади та установки.

Вимірювальним приладом називають засіб вимірювання, призначений для здобуття певної інформації про вимірювану величину в

зручній для експериментатора формі. У цих приладах вимірювана величина перетворюється в показ або сигнал. За способом підрахунку значення вимірюваної величини їх поділяють на *показуючі* та *реєструючі*.

Найбільшого поширення набули показуючі аналогові прилади, підрахункові пристрої яких складаються зі шкали та покажчика. Ці прилади дають покази без будь-яких додаткових операцій експериментатора. Однак вони мають більші похибки, ніж цифрові. Зручнішими є показуючі цифрові прилади (механічні, електронні тощо).

Реєструючі прилади бувають самописними, друкувальними і електронними (також у поєднанні з комп'ютером).

*Вимірювальна установка* (стенд) є лабораторною системою, що складається з основних і допоміжних засобів вимірювань, призначених для вимірювання однієї або кількох величин.

До установки входять різні прилади та перетворювачі. *Перетворювачі* призначені для одно- або багатоступеневого перетворення сигналу до такого рівня, щоб його можна було зафіксувати вимірювальним механізмом. Перетворювачі, які збільшують у кілька разів на виході величину без зміни її фізичної суті, називають масштабними перетворювачами (трансформатори, електронні підсилювачі тощо). Вони набули найбільшого поширення. Є також перетворювачі, які вхідний сигнал можуть перетворювати, змінюючи фізичну суть.

Вимірювальні установки можуть виробляти також сигнали, що є зручними не тільки для знімання показів, а й для автоматичної обробки результатів за допомогою комп'ютера, узгодженого з установкою. Вимірювальні прилади характеризуються *значенням похибки, точністю, стабільністю вимірювань і чутливістю*. Під час комплектування установки підбирають прилади, для яких ці характеристики приблизно однакові, оскільки, як відомо, систематична похибка

установки буде завжди визначатися похибкою приладу з найнижчою точністю.

Найпоширенішим способом перевірки приладів та оцінки їх експлуатаційних характеристик є спосіб порівняння приладу із зразковим або вимірювання ними характеристик еталонних зразків.

*Проведення експерименту* є найважливішим і найбільш трудомістким етапом. Експериментальні роботи слід проводити відповідно до плану-програми і методики експерименту. Необхідно виконувати вимоги інструкцій з техніки безпеки, пожежної безпеки, санітарії. Молодий науковець повинен уміти організувати робоче місце, керуючись принципами наукової організації праці.

Особливе місце належить аналізу результатів експерименту. Аналіз експерименту – це творча частина дослідження. Інколи за цифрами важко чітко уявити фізичну суть процесу. Тому вимагається особливо ретельне співставлення фактів, причин, що зумовили хід того чи іншого процесу, і встановлення адекватності гіпотези та експерименту.

#### **2.4. Методи обробки й аналіз результатів експерименту**

Будь-який експеримент може здійснюватися як безпосередньо з об'єктом, так і з *моделлю*. Адже кожний реальний фізичний процес залежить від багатьох факторів. Під час спостереження або вимірювання, можливо, не вдасться зафіксувати всі фактори. Для того щоб найповніше зрозуміти процес, треба мати велику кількість спостережень і вимірювань. Виділити головне, а потім дослідити процеси або явища за допомогою великої кількості не систематизованої інформації важко. Тому таку інформацію намагаються «сконцентрувати» в деякому абстрактному понятті – *моделі*.

Модель – це зображення у зручній формі великої кількості інформації про досліджуваний об'єкт, яка відтворює його будову,



властивості, принцип дії. Модель знаходиться в певній відповідності з об'єктом, може замінити його під час дослідження і дає змогу здобути інформацію про досліджуваний об'єкт. Використання моделей допускає застосування експериментального методу дослідження до таких об'єктів, безпосереднє оперування якими ускладнене або навіть неможливе. Тому моделювання є особливим методом, який набув широкого використання в науці.

Розрізняють *фізичне* і *математичне моделювання*. При *фізичному моделюванні* фізика явищ в об'єкті й моделі та їх математичні залежності однакові. При *математичному моделюванні* фізика явищ може бути різною, а математичні залежності однакові. Математичне моделювання має велику цінність, коли виникає необхідність вивчити особливо складні процеси.

Під час побудови моделі властивості об'єкта і сам об'єкт, як правило, спрощують, узагальнюють. Чим ближчою є модель до оригіналу, тим вдаліше вона описує об'єкт, тим ефективнішим є теоретичне дослідження і тим реальніше здобуті результати підтверджують гіпотезу дослідження.

Моделі можуть бути фізичні, математичні, комп'ютерні.

*Фізичні моделі* дають змогу наочно уявляти процеси, що відбуваються у досліджуваному об'єкті. За допомогою фізичних моделей можна вивчати вплив окремих параметрів на перебіг фізичних процесів. *Математичні моделі* дають змогу кількісно досліджувати явища, що важко піддаються вивченню на фізичних моделях. *Комп'ютерні моделі* дають змогу точніше і наочніше моделювати реальні явища та процеси, отримувати кількісну оцінку невідомого параметра без проведення реального експерименту.

Стандартних рекомендацій щодо вибору й побудови моделей не існує. Модель має відображати суттєві явища процесу. Дрібні фактори, надмірна деталізація, другорядні явища тощо лише усклад-

нують модель, утруднюють теоретичні дослідження, роблять їх громіздкими, нецілеспрямованими. Тому модель має бути оптимальною за своєю складністю, бажано наочною, але головне – достатньо адекватною, тобто має описувати закономірності досліджуваного явища з точністю, яка вимагається. Природно, що при побудові моделі необхідно враховувати особливості досліджуваного явища: лінійність і нелінійність, детермінованість і випадковість, неперервність і дискретність тощо.

В окремих випадках модель досліджуваного явища може бути обмежена лише описом суті. Однак із накопиченням наукових даних, поступово методи дослідження таких явищ будуть замінюватися математичними. Це закономірно, оскільки наука може досягати найбільшої досконалості лише при широкому використанні математичних методів.

Досліджуючи фізичні моделі, що описують функціональні зв'язки, використовують *аналітичні методи*, за допомогою яких встановлюють математичну залежність між параметрами моделі. Ці методи дають змогу глибоко та всебічно вивчити досліджувані процеси, встановити точні кількісні зв'язки між аргументами і функціями, глибоко проаналізувати досліджувані явища. Аналітичні залежності забезпечують вивчення процесів у загальному вигляді на основі функціонального аналізу рівнянь і є математичною моделлю процесів. Математична модель може бути подана у вигляді функції, рівняння, системи диференціальних або інтегральних рівнянь. Такі моделі зазвичай містять велику кількість інформації. Використання математичних моделей є одним з основних методів сучасного наукового дослідження. Тому надзвичайно продуктивно здійснювати поєднання аналітичних та експериментальних методів дослідження. На основі експериментальних даних підбирають алгебраїчні вирази, які називають емпіричними формулами. Ці формули використовую-

ють для аналізу вимірних величин. Вони мають бути простими і точно відповідати експериментальним даним у межах зміни аргументу. Емпіричні формули є наближеними виразами аналітичних формул. Теоретичні й експериментальні дані порівнюють методом співставлення відповідних графіків. Критеріями співставлення можуть бути мінімальні, середні та максимальні відхилення експериментальних результатів від даних, які встановлено шляхом розрахунку на основі теоретичних залежностей.

## **2.5. Поради щодо вибору методів проведення теоретичного дослідження**

Процес абстрагування в системі логічного мислення тісно пов'язаний з іншими методами дослідження і, перш за все, – з *аналізом та синтезом*. *Аналіз* – це метод наукового дослідження, який полягає в уявному розкладанні предмета на складові частини. *Синтез* – це з'єднання в результаті аналізу частин у ціле.

Методи аналізу та синтезу в науковій творчості органічно пов'язані між собою і можуть набувати різних форм. Залежно від властивостей об'єкта, що вивчається, застосовується аналіз і синтез різного роду.

Для дослідження складних об'єктів, що розвиваються, застосовується *історичний метод*. Він використовується там, де так чи інакше предметом дослідження стає історія об'єкта. З методів теоретичного дослідження розглянемо *метод узагальнення до рівня абстрактного, а від нього до конкретного*. Узагальнення до рівня абстрактного, а від нього до конкретного є загальною формою руху наукового пізнання, законом відображення дійсності в мисленні. Згідно з цим методом процес пізнання неначе розділяється на два відносно самостійних етапи.

На першому етапі відбувається перехід від чуттєво-конкретного, від справді конкретного до його абстрактного визначення. Єдиний

об'єкт розчленовується, описується за допомогою множини понять і суджень.

Другим етапом процесу пізнання є перехід від абстрактного до конкретного. Суть його полягає в русі думки від абстрактних визначень об'єкта, тобто від абстрактного в пізнанні до конкретного. На цьому етапі відновлюється вихідна цілісність об'єкта. Він відтворюється у всій своїй багатогранності, але вже в мисленні.

Поряд із загальними науково-дослідницькими методами важливе місце в підготовці молоді до творчої та дослідницької діяльності займає самостійне вивчення наукової літератури.

## **2.6. Етапи написання науково-дослідницької роботи**

Наукова робота з фізики, підготовлена в системі МАН України – це творча наукова робота учня, яка виконується самостійно та базується на знаннях, уміннях і навичках, здобутих під час шкільного та позашкільного вивчення фізики, а також на результатах експериментальних досліджень, отриманих на базі ВНЗ.

Науково-дослідницька робота з теоретичної фізики допомагає учневі систематизувати отримані теоретичні знання з вивченої дисципліни, перевірити якість цих знань; оволодіти первинними навичками проведення сучасних досліджень. Робота з експериментальної фізики також дозволяє слухачеві МАН розвинути і удосконалити практичні знання та вміння під час проведення експериментальних досліджень. Завданням керівника є: навчити учня самостійно осмислювати проблему, творчо, критично її досліджувати; вміння збирати, аналізувати і систематизувати літературні джерела; здатність застосовувати отримані знання при вирішенні практичних завдань; формулювати висновки, пропозиції та рекомендації з предмета дослідження. Все це в майбутньому допоможе учневі в навчанні у ВНЗ.

Науково-дослідницька робота з фізики має свою специфіку, але й разом з тим підпорядковується загальним правилам написання науково-дослідницьких робіт. Щодо структури, методики їх написання та оформлення вони мають подібні риси, тому будуть проаналізовані спільно.

### *Алгоритм написання науково-дослідницької роботи*



## **2.7. Евристичні засоби, плани-орієнтири для виконання пізнавальних дій у процесі наукового дослідження з фізики**

Узагальнені плани-орієнтири допоможуть скорегувати дії старшокласників у процесі здійснення наукових досліджень, вказати вірний шлях вирішення різноманітних навчальних проблем, а також будуть опорою для вчителя в моделюванні тематичних навчально-пізнавальних завдань. Плани-орієнтири покликані вдосконалити процес розвитку навчально-пізнавальної компетентності старшокласників у процесі вивчення фізики.

## *Структура знань про наукову теорію*

Наукова теорія – це форма логічного узагальнення практичного досвіду, яка описує і пояснює об’єкти та явища, а також складає окрему науку або її частину. В наукову теорію входять органічно поєднанні та вірогідні наукові знання про погляди, концепції, факти, закони та закономірності, поняття, властивості, що характеризують об’єкт або явище, як цілісність. За допомогою наукової теорії описуються практичні результати досліджень. Тісне поєднання наукової теорії й практики взаємодоповнюють і розвивають одна одну.

Структура наукової теорії складається з двох елементів – формального (математичного апарату) й описового. Формальний елемент включає символи, рівняння, формули, величини, константи, схеми, графіки тощо. До описового елемента входять правила, закони, принципи, положення, які пояснюють і вкладають зміст у формальний елемент наукової теорії.

Зародження та розвиток наукової теорії відбувається по замкнутому колу, який представлений логічним ланцюжком на рис. 1.



Рис.1 Схема виникнення та розвитку наукової теорії

### *Узагальнений план вивчення наукової теорії.*

1. З якими особистостями та історичними фактами пов'язується розробка наукової теорії.
2. Експериментальні факти, які лягли в основу побудови наукової теорії.
3. Явища, сукупність принципів, понять і положень, що входять у наукову теорію.
4. Серцевина теорії – її математичний апарат: величини, константи, формули, рівняння тощо.
5. Явища, які пояснюються розробленою теорією.
6. Межі застосування теорії.
6. Досліди, які підтверджують окремі складові теорії та саму теорію.

### ***Спостереження явища. Нагромадження фактів***

Спостереження – це цілеспрямований, спеціально організований процес сприймання природних (реальних) явищ, об'єктів навколишньої дійсності. Спостереження, які здійснюються в спеціально обладнаних лабораторіях, відображають наближені до дійсності моделі тих чи інших явищ і об'єктів, вони є штучно організованими. Як правило, спостереження організовані в лабораторіях є спрощеними та здійснюються під цілковитим контролем учителя чи учнів. Слід зауважити, що спостереження за явищами та об'єктами в лабораторних умовах не завжди сприяють можливості належним чином дослідити всі грані та властивості явища (об'єкта). Інколи, проведення спостереження може вимагати великих затрат у часі, що потребує в спостерігача терпіння, зібраності, умінь і навичок помічати і фіксувати наявні зміни в об'єкті (явищі). Розвиток умінь і навичок вести спостереження допомагає сприймати і пізнавати навколишню дійсність на більш якісному рівні, не зали-

шати поза увагою найменших дрібниць, які впливають на результат спостереження.

1. Сформулюйте мету спостереження, виходячи з умови і вимоги завдання.

2. Визначте предмет спостереження. Дайте відповідь на запитання: що будете спостерігати?

3. Створіть необхідні умови для спостереження.

4. Розробіть план спостереження, при потребі запишіть його у зошит.

5. Виберіть спосіб спостереження.

Спостереження може здійснюватись безпосередньо (візуально) або із застосуванням певних пристроїв: фотоапарата, магнітофона, відеокамери та ін.

6. Виберіть спосіб кодування інформації, яку Ви будете отримувати у процесі спостереження.

Є різні способи фіксації інформації: словесні записи, записи результатів вимірювань, виконання замальовок, побудова графіків, схем, таблиць тощо.

7. Під час кодування інформації звертайте увагу не тільки на те, як спостережуване явище чи процес відбувається в часі, але й за яких умов.

8. Пам'ятайте, що мета спостереження – найбільш детально і точно зафіксувати ознаки і особливості спостережуваних процесів і явищ.

### ***Аналіз фактів, отриманих у результаті спостереження***

**Аналіз** – це розумова операція розчленування складного об'єкта на його частини або характеристики; виділення окремих елементів, ознак об'єкта з метою подальшого їх вивчення. Аналіз тісно пов'язаний з іншою розумовою операцією, яка називається



синтезом.

1. Визначте ціль розумової операції, об'єкт, який підлягає аналізу.
2. Уявно розчленуйте об'єкт, явище на складові частини, які мають функціональне значення, за необхідності об'єднайте їх в блоки.
3. Знайдіть у виділених частинах (блоках) наявні особливості, деталі.
4. Виберіть і дослідіть ті складові частини об'єкта, які є носіями необхідних (значущих) властивостей, від яких залежить досягнення поставленої цілі.
5. Визначте зв'язки, взаємовідношення між значущими властивостями окремих частин (блоків).
6. Виконайте перевірку на відповідність поставленої цілі розумової операції з отриманим результатом.
7. Сформулюйте висновок.

**Синтез** – це логічна операція об'єднання у єдине ціле окремих частин, властивостей досліджуваного об'єкта, виділених у результаті аналізу. Аналіз і синтез лежать в основі єдиного аналітико-синтетичного методу пізнання. На основі результатів аналізу і синтезу виконуються такі розумові операції, як порівняння і узагальнення.

1. Визначте ціль розумової операції, об'єкт, який підлягає синтезу.
2. З'ясуйте на основі чого, за допомогою яких властивостей відбувається поєднання частин в ціле.
3. Дослідіть властивості окремих частин об'єкта (явища).
4. Віднайдіть зв'язки між окремими частинами об'єкта (явища).
5. Дослідіть вплив властивостей окремих частин об'єкта (явища) на наявність зв'язків, які зумовлюють виникнення (існування) об'єкта (явища), як цілісності.
6. Об'єднайте, узагальніть отримані дані.

**Порівняння** – це розумова операція, яка ґрунтується на

встановленні подібності і відмінності між об'єктами за певними ознаками. Під час порівняння виділяють спільні і відмінні, істотні і неістотні ознаки явищ і предметів.

Слід мати на увазі, що будь-яка істотна ознака або властивість є спільною для певного класу об'єктів, але не всяка спільна ознака є істотною.

**Умови порівняння:**

1. Порівняння здійснюється у випадку однорідних об'єктів.
2. Порівняння має здійснюватись за істотними ознаками.
3. Під час порівняння об'єктів слід дотримуватися такої послідовності:

- виділити ознаки об'єктів, що порівнюються;
- встановити спільні та істотні ознаки об'єктів;
- виділити одну з істотних ознак як основу для порівняння.

Істотна ознака, що вибрана за основу порівняння, може бути кількісною або якісною. Якщо це кількісна характеристика, то необхідно вибрати одиничний зразок (мірило), за допомогою якого буде здійснюватись порівняння.

**Узагальнення** – це об'єднання предметів і явищ за їхніми спільними й істотними ознакам.

Розумова операція узагальнення тісно пов'язана з операцією порівняння. Адже, щоб об'єднати предмети за їхніми спільними ознаками, то спочатку потрібно їх порівняти.

*План здійснення узагальнення*

1. Визначте ціль узагальнення.
2. Виділіть головне, основний зміст, родові та видові ознаки в об'єктах, що узагальнюються.
3. Визначте основні факти, характеристики, співвідношення між об'єктами.
4. Порівняйте їх між собою, визначте спільне, фундаментальне, що лягло б в основу узагальнення.

5. Здійсніть перехід від видових ознак об'єктів до родових, шляхом виключення видових ознак об'єктів.

6. Сформулюйте на основі узагальнення висновок (спільну закономірність, фундаментальну ідею і т. д.).

**Систематизація** – це розумова діяльність, яка полягає в об'єднанні за певними ознаками схожості об'єктів, предметів, понять тощо, згідно з певною процедурою.

Систематизація як спосіб вивчення об'єктів шляхом об'єднання (організації) їх у систему, може виражатися у вигляді таких форм, як узагальнюючі таблиці, структурно-логічні схеми, опорні та структурні конспекти, діаграми та ін. Окремий вид систематизації складає класифікація, яка зводиться до поєднання об'єктів у відповідні групи, на основі попередньо встановлених подібностей та відмінностей об'єктів. При здійсненні класифікації відшукуються в об'єктах важливі спільні (родові) ознаки, властивості, які дозволяють об'єднати об'єкти в системну цілісність.

**Класифікація** – логічна операція, яка полягає в поєднанні об'єктів на основі певних суттєвих ознак, що дає можливість виділити важливе, загальне, за допомогою якого об'єкти поєднуються в цілісність (систему). Об'єднання об'єктів у систему здійснюється на основі родових ознак, які є спільними для кожного об'єкта та видових ознак – специфічних відмінностей між об'єктами.

1. Визначте ціль класифікації.

2. Дайте характеристику класу.

3. Виберіть ознаку або властивість, на основі якої буде здійснюватись класифікація.

4. Проведіть поділ на класи (групи) на основі спільної ознаки, властивості та ін.

5. Встановіть наявність зв'язків між об'єктами (явищами, процесами), які складають окремо виділений клас (групу).

6. Упорядкуйте виділені класи (групи) згідно з поставленою ціллю класифікації.

7. Перевірте результати класифікації. Зробіть висновки.

**Аналогія** (з грец. ἀναλογία – відповідність) – логічна операція, яка дозволяє встановити схожість між відмінними об'єктами, явищами на основі їхніх спільних ознак, властивостей, взаємовідношень. Порівнюючи між собою два предмети, в яких виявлено схожість за одними ознаками, аналогія дозволяє зробити припущення, про схожість порівнюваних предметів за рядом інших ознак.

Наводячи аналогії, потрібно пам'ятати, що до будь-якої аналогії входять дві частини – відоме та невідоме. Відомі властивості й закономірності протікання одного явища є лише засобом для пошуку взаємозв'язків між властивостями, характеристиками величин, що складають інше явище.

#### *План застосування аналогії*

1. Виберіть два або декілька об'єктів, між якими необхідно навести аналогію.
2. Виділіть властивості, ознаки, якими володіє кожен з об'єктів.
3. Порівняйте властивості й ознаки одного об'єкта з властивостями й ознаками іншого об'єкта.

Наприклад, об'єкт 1 володіє властивостями: 1а, 1б, 1с, 1д. Об'єкт 2 володіє властивостями 2а, 2с, 2д. Порівнюючи властивості двох об'єктів доходимо висновку, що об'єкт 2, цілком можливо, володіє властивістю 2б.

**Абстрагування** – логічна операція, яка полягає в розумовому спрощенні досліджуваного об'єкта (явища), з метою зосередження уваги на його основних (необхідних) сторонах. Абстрагування дозволяє відійти в думці від неважливих, властивостей, зв'язків, взаємовідношень предметів, таким чином, виділити декілька істотних рис, які цікавлять дослідника.

1. Визначте ціль абстрагування.

2. Уточніть, за необхідності доповніть фактичні знання про досліджуваний об'єкт (явище).

3. Виділіть головні (суттєві) в даному випадку ознаки, властивості, зв'язки об'єкта.

4. Охарактеризуйте об'єкт з використанням тільки виділених вами головних ознак, властивостей зв'язків.

Серед основних видів абстрагування виділяються:

– ототожнення, яке полягає в утворенні об'єкта або поняття в наслідок об'єднання предметів шляхом встановлення між ними відношення рівності, при цьому, лишаючи осторонь певні індивідуальні особливості предметів;

– ізолювання – відокремлення відношень, ознак і властивостей, які нерозривно доповнюють (є елементом) певного об'єкта чи предмета.

### ***Встановлення причинно-наслідкових зв'язків між фактами шляхом індуктивного узагальнення***

Індуктивний умовивід або **індукція** – це отримання загального висновку з одиничних часткових фактів. Індукція є способом узагальнення.

**Неповна індукція** – це такий вид індуктивного умовиводу, коли загальний висновок отримується з фактів, які не охоплюють усіх випадків явища, яке вивчається.

Наприклад, провівши експериментальні дослідження, встановили такі факти:

1. Алюміній є метал, який володіє високою теплопровідністю.
2. Мідь є метал, який володіє високою теплопровідністю.
3. Сталь є метал, який володіє високою теплопровідністю.

Узагальнюючи ці три експериментальні факти методом неповної індукції, можна зробити висновок, що всі метали мають високу теплопровідність.

Слід пам'ятати, що індуктивне узагальнення, зроблене на основі небагатьох фактів або на основі неістотних властивостей не завжди може бути правильним.

**Повна індукція** – це отримання індуктивного висновку, коли сукупність фактів, на основі яких він був зроблений, охоплює усі випадки досліджуваного явища. Наприклад, щоб зробити висновок на основі повної індукції про те, що всі метали володіють високою теплопровідністю, потрібно усіх їх експериментально дослідити на теплопровідність.

Між окремими фізичними явищами (фактами) існують причинно-наслідкові зв'язки.

**Причиною** називають явище, яке є необхідним для виникнення іншого явища, що називається наслідком першого.

Слід пам'ятати:

- якщо спостережувані випадки досліджуваного явища мають лише якусь одну обставину, то ця обставина є причиною цього явища;
- якщо окремі випадки, у яких спостерігається і не спостерігається явище, відрізняються лише однією обставиною, то ця обставина і є причиною явища;
- якщо виникнення одного явища щоразу зумовлює виникнення іншого явища, то перше з них є причиною другого.

***Формулювання проблеми дослідження***

1. Сформулюйте запитання, які виникли після спостереження явища, нагромадження фактів та їх аналізу.
2. Проаналізуйте ці запитання. Чи на всі з них Ви можете відразу дати відповідь?
3. Встановіть логічні зв'язки між запитаннями. Чи не можна їх узагальнити, об'єднати в одне-два?
4. Сформулюйте узагальнене запитання у вигляді задачі.

**Задача** – це проблема, викладена у словесній, знаковій формі.

5. Проаналізуйте, чи сформульована проблема (задача) є коректною, чи достатньо даних для її розв'язання.

### *Розв'язування проблеми дискурсивним шляхом*

**Дискурсивний** шлях мислення – це шлях послідовних, зв'язаних міркувань, у якому кожна наступна думка логічно впливає з попередньої на основі застосування вже набутих знань.

1. Пам'ятайте, що застосувати знання при розв'язуванні фізичної проблеми (задачі) означає, насамперед, знайти ті правила, закони, теорії, які лежать в основі фактів, явищ, процесів, що досліджуються.

2. Використайте метод дедуктивних міркувань.

**Дедукція** – це метод дослідження, який полягає у переході від загального до конкретного. Це одна із форм умовиводу, коли на основі загального правила з одних суджень, які вважаються істинними, виводиться нове правильне судження.

Прикладом простого дедуктивного умовиводу є силогізм.

**Силогізм** – це дедуктивний умовивід, у якому з двох суджень, що називаються засновками, одержують зумовлене ними третє судження – висновок. Наприклад: усі метали є провідниками електричного струму. Мідь – метал. Отже, мідь проводить електричний струм.

3. Потрібно пам'ятати, що метод дедуктивних умовиводів тісно пов'язаний з методом індуктивних узагальнень.

4. Пригадайте фізичний зміст усіх термінів, а також відповідних їм понять, які використовувались Вами під час опису і аналізу досліджуваного явища.

5. Використайте причинно-наслідкові зв'язки між фізичними явищами, поняттями, що відображені у відомих положеннях, законах,

закономірностях, формулах.

**Ідеальні моделі.** Модель – це відображення реального об’єкта дослідження. Під моделлю розуміють уявну або матеріально реалізовану систему, яка, відображаючи або відтворюючи об’єкт дослідження, здатна замінити його так, що її вивчення дозволяє отримати нову інформацію про цей об’єкт. Тобто модель перебуває у певних взаємовідносинах з іншою системою, яка називається оригіналом [галат калапуша штоф].

Під ідеальною моделлю будемо розуміти мислено створену (абстрактну) копію оригіналу, яка існує в уяві, свідомості дослідника та покликана творчо вирішити проблемну ситуацію. Ідеальні моделі створюються з метою оцінити, зрозуміти та досягнути багатогранність і всю повноту справжнього (реального) об’єкта. До ідеальних моделей відносяться вміння висувати гіпотезу або припущення, наводити аналогію.

Зазначимо, що крім ідеальних моделей широко використовуються практичні (знакові) моделі. До практичного моделювання відносяться конструювання макетів реальних об’єктів, географічні карти, структурні схеми, графічні моделі та ін.

У процесі моделювання необхідно дотримуватись таких умов:

- а) відображення – між моделлю й оригіналом зберігаються відношення подібності;
- б) репрезентації – модель - це засіб наукового пізнання, який є заміником досліджуваного об’єкта;
- в) екстраполяції – вивчення моделі дозволяє одержати інформацію про оригінал.

#### *План створення ідеальної моделі об’єкта*

1. Поставте ціль створення ідеальної моделі.
2. Підберіть необхідний оригінал (реальний об’єкт), на основі якого створюватиметься ідеальна модель.



3. Зберіть основні (необхідні) факти про досліджуваний об'єкт або явище. До цих фактів, зазвичай, входять: характеристика об'єкта, його властивості, структура, взаємовідношення (зв'язки), в яких перебуває об'єкт з іншими об'єктами або явищами тощо.

Збір фактів здійснюється двома способами. Перший спосіб - шляхом постановки експериментів, спостережень над об'єктом (явищем), з метою отримання експериментальних фактів, а другим – шляхом аналізу теоретичного матеріалу, який відомий про реальний об'єкт (явище) на момент створення ідеальної моделі.

4. Зібравши необхідну кількість фактів про об'єкт (явище), створіть ідеальну модель оригіналу в першому наближенні.

5. Поставте експеримент над оригінальним об'єктом (явищем) і зіставте отримані результати з побудованою моделлю в першому наближенні. Перевірте, чи підтвердили результати експерименту створену модель у першому наближенні. Якщо створена модель у першому наближенні підтвердилась експериментально, тоді вона зберігається. У випадку невідповідності моделі першого наближення до існуючого оригіналу, здійсніть необхідні уточнення моделі та вдоскональте її. Якщо створена модель уточненню не підлягає створіть нову.

Вдосконалення неякісної моделі та створення нової проведіть згідно схеми зворотного зв'язку (повторіть пункти 3, 4, 5 спочатку).

6. Уточнення моделі, за схемою зворотного зв'язку, проведіть необхідну кількість разів.

Створена модель вважається якісною, якщо її властивості відповідають основним властивостям об'єкта (явища) оригіналу, які є найсуттєвішими для вашого дослідження.

### ***Висунення гіпотези. Формулювання наслідків***

**Гіпотеза** – це припущення, яке пояснює факти, отримані у

результаті спостереження, але істинність цього припущення потребує доведення.

Довести істинність гіпотези – це означає встановити, що наслідки, які випливають з неї, підтверджуються експериментально.

**Наслідки** – це висновки, які логічно випливають з гіпотези та відомих теоретичних положень (законів, явищ, теорій).

Висунути гіпотезу – це значить сформулювати припущення про найбільш ймовірні причинно-наслідкові зв'язки, які існують між, встановленими у результаті спостереження фактами і вже відомими теоретичними положеннями, фактами, явищами.

1. Якщо важко відразу висунути гіпотезу, то сформулюйте спочатку декілька першочергових здогадок, керуючись інтуїцією.

**Інтуїтивне мислення** відрізняється від логічного (дискурсивного) тим, що його логічні кроки чітко не виражені, тому інтуїтивне вирішення проблеми, як правило, не має строгого логічного обґрунтування.

2. Проаналізуйте висунуті здогадки, відкиньте наперед неприйнятні.

3. На основі висунутих здогадок сформулюйте одну-дві робочі гіпотези.

**Робоча гіпотеза** – це припущення, яке не можна легко відхилити і в той же час легко довести його істинність.

4. Зробіть логічне обґрунтування робочих гіпотез на основі набутих знань.

5. Робочі гіпотези не повинні суперечити відомим теоретичним положенням, законам, явищам. Вони завжди з ними логічно пов'язані.

6. Зробіть чітке, уточнене, остаточне формулювання гіпотези.

7. Сформулюйте наслідки, які логічно випливають з гіпотези.

8. Виберіть один або декілька наслідків, істинність яких можна перевірити експериментально.

### *Моделювання експерименту для перевірки гіпотези*

Розробити модель експерименту – це означає скласти план його проведення, продумати способи фіксації інформації, отримуваної в процесі проведення досліду (результатів вимірювань і обчислень), визначити, які для цього необхідні прилади та матеріали.

1. Сформулюйте мету експерименту.
2. Розробіть схему-модель експерименту: уточніть і конкретизуйте залежність між якими явищами, фізичними величинами потрібно перевірити, що потрібно спостерігати, у якій послідовності виконувати дії.
3. Складіть план дій, які будуть виконуватися у ході проведення експерименту.
4. Передбачте, які таблиці, малюнки, графіки, схеми потрібно буде виконувати у ході експерименту.
5. Складіть перелік приладів і матеріалів, необхідних для проведення експерименту.
6. Складіть схему установки і проаналізуйте умови її роботи, уточніть всі етапи проведення експерименту.

### *Проведення експерименту і аналіз його результатів*

1. Складіть експериментальну установку.
2. Під час розміщення приладів стежте, щоб одні прилади не впливали на роботу інших.
3. Прилади повинні бути розміщені у положенні, що відповідає їхньому робочому стану.
4. Під час складання і використання експериментальної установки дотримуйтесь правил техніки безпеки.
5. Якщо експериментальна установка готова до роботи, то виконайте експеримент згідно з планом.
6. Результати вимірювань фізичних величин, отримані в ході ек-

сперименту, записуйте у таблицю з точною вказівкою одиниць їх вимірювання.

7. Результати експерименту повинні бути представлені, якщо це доцільно, у вигляді графіків. Це дозволяє краще осмислити фізичний зміст отриманих результатів, якісно здійснити аналіз.
8. Зробіть аналіз результатів експерименту. Чи підтверджуються наслідки, які були сформульовані на основі гіпотези? Якщо наслідки підтверджуються результатами експерименту, то сформульована гіпотеза є істинною.

### ***Метод аналізу найменувань одиниць розмірності фізичних величин***

У фізиці більшість фізичних величин крім чисельного значення мають також розмірність. Розрізняють основні одиниці розмірності і похідні. До основних відносяться одиниця довжини – метр ( $m$ ), маси – кілограм ( $kg$ ), часу – секунда ( $s$ ), температури – Кельвін ( $K$ ), сили електричного струму – Ампер ( $A$ ).

Ці одиниці утворюють Міжнародну систему одиниць, скорочено СІ ( $SI$  – *S*ysteme *I*nternational). Одиниці розмірності інших фізичних величин є похідними, їх можна визначити через основні. Для цього можна запропонувати такий алгоритм.

Будь-яка фізична формула виражає співвідношення між фізичними величинами і відповідно між їхніми одиницями розмірності. Це значить, що якщо фізична рівність (формула) є правильною, то й розмірність з обох сторін рівності має бути однаковою. На цьому ґрунтується простий і надійний метод, за допомогою якого у більшості випадків вдається вивести чи перевірити шукану формулу. Цей метод називається аналізом розмірності і дозволяє отримати правильну формулу з точністю до безрозмірного множника.

Продемонструємо механізм використання методу найменувань одиниць розмірності для отримання основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу.

Виходячи з моделі пояснення тиску газу як наслідку ударів молекул об стінку посудини, неважко висловити припущення, що тиск  $P$  залежить від густини газу і від проекції швидкості молекул  $v_x$  на вісь  $x$ , перпендикулярну до стінки.

На основі сформульованого вище припущення можна записати:

$$P \sim \rho^k \cdot v_x^q, \quad (1)$$

де  $k$  і  $q$  – невідомі показники. Тепер залишається перевірити найменування розмірності правої і лівої частин. Найменування одиниці розмірності тиску  $Pa = H \cdot M^{-2} = \kappa z \cdot M^{-1} \cdot c^{-2}$ . Найменування одиниці розмірності добутку  $\rho^k \cdot v_x^q$ :  $(\kappa z \cdot M^{-3})^k (M \cdot c^{-1})^q = \kappa z^k \cdot M^{-3k+q} \cdot c^{-q}$ . Прирівнюємо найменування розмірності правої і лівої частин співвідношення (1):

$$\kappa z \cdot M^{-1} \cdot c^{-2} = \kappa z^k \cdot M^{-3k+q} \cdot c^{-q}.$$

Оскільки розмірності з обох сторін мають бути однакові, то можна прирівняти показники:

- довжина – м:  $l = 3k+q$ ;
- час – с:  $-2 = -q$ ;
- маса – кг:  $l = k$ .

Звідки  $k = 1$ ;  $q = 2$ . Підставляючи отримані значення у співвідношення (1), отримуємо рівність:

$$P = k \rho v_x^2,$$

де  $k$  – безрозмірний коефіцієнт. Як відомо,  $k=1$ .

Якщо врахувати, що густина газу  $\rho = m_o \cdot n$ , де  $m_o$  – маса молекули,  $n$  – концентрація молекул, то отримуємо співвідношення

$$P \sim m_o \cdot n \cdot v_x^2,$$

де  $v_x^2$  – середнє значення квадрата проекції швидкості молекул

газу на вісь  $x$ . Як відомо,  $v_x^2 = \frac{1}{3}\bar{v}^2$ , де  $\bar{v}$  – середня квадратична швидкість.

Таким чином, використовуючи метод аналізу найменувань одиниць розмірності, ми отримали основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу:

$$P = \frac{1}{3} m_o n \bar{v}^2 .$$

### ***Передбачення і узагальнення результатів експерименту шляхом інтерполяції та екстраполяції***

*Інтерполяція* – це прийом узагальнення і передбачення результатів експерименту, з допомогою якого за таблицею, що містить експериментальні числові дані, можна знайти проміжні результати, яких нема безпосередньо в таблиці.

Цей прийом застосовується також в математиці для знаходження наближених значень функції у точках, що знаходяться між точками, для яких значення функції відоме.

Продемонструємо застосування інтерполяції на конкретному прикладі.

Під час дослідження залежності видовження пружини  $x$  від величини прикладеної сили  $F$ , були отримані результати, наведені в таблиці:

<i>№</i>	<i>F, Н</i>	<i>x, м</i>
1	1	0,02
2	2	0,04
3	3	0,06

У даному випадку, застосовуючи метод інтерполяції можна передбачити видовження пружини, для значень сили  $1,5\text{ Н}$ ,  $2,5\text{ Н}$ . Результати експерименту дозволяють встановити інваріантність

відношення  $\frac{F}{x}$ , тобто прямо пропорційну залежність  $F \sim x$ , що

відповідає закону Гука.

Отже, величина деформації пружини для проміжних значень сили має бути відповідно рівна:  $0,03\text{ м}$ ;  $0,05\text{ м}$ .

*Екстраполяція* – прийом узагальнення і передбачення результатів експерименту, який дозволяє за рядом числових значень, отриманих в результаті експерименту, передбачити результати експерименту, які виходять за межі даного ряду.

Екстраполяція також використовується в математиці для наближеного знаходження за рядом даних значень функції інших її значень, що містяться поза цим рядом.

Застосовуючи прийом екстраполяції до наведеного вище прикладу, можна передбачати, величину видовження пружини, коли значення прикладеної сили виходить за межі ряду значень, які були отримані в експерименті. Наприклад, для значення сили  $5\text{ Н}$  величина видовження має бути  $0,1\text{ м}$ , для сили  $6\text{ Н}$  –  $0,12\text{ м}$ .

Проте, потрібно пам'ятати, що не завжди результати екстраполяції можуть бути правильними, тобто підтверджуватись експериментом. Не виключена можливість, що в наведеному прикладі під час прикладання сили  $5\text{ Н}$  або  $6\text{ Н}$ , пружина буде мати залишкову деформацію, тобто пряма пропорційність  $F \sim x$  не буде виконуватись, а отже, і результати, наведеної вище екстраполяції, будуть неправильними.

Треба зазначити, що прийоми інтерполяції і екстраполяції тісно

пов'язані з методом індуктивного узагальнення.

**Цілепокладання.** Ціль – усвідомлений образ (предметна проекція) передбачуваного корисного результату, на досягнення якого спрямовані дії людини. З поставленими цілями взаємопов'язані задачі. Кожна ціль є задачею по відношенню до цілей, що стоять вище. Задача – це ціль, яка задана певними умовами.

Цілепокладання – це усвідомлений процес виявлення та постановки цілей і задач на окремих етапах навчально-пізнавальної діяльності. Цілепокладання виражається умінням планувати власну навчально-пізнавальну діяльність, ставити, за необхідності вправно перебудувати ближні цілі з метою успішного досягнення стратегічних (далекоглядних) цілей.

#### *План цілепокладання*

1. Визначте предмет цілі.
2. Встановіть власний зв'язок з предметом цілі.
3. Усвідомте образ передбачуваного корисного результату власної навчально-пізнавальної діяльності, співставте його з предметом цілі.
4. Сформулюйте ціль.
5. Передбачте й спрогнозуйте процес досягнення цілі.
6. Підберіть необхідні засоби для досягнення цілі.
7. Порівняйте отриманий результат з поставленою ціллю.
8. Відкоригуйте поставлену ціль.

**Опис.** Опис фактів – істотна функція і разом з тим важливий етап розвитку наукового пізнання. Власне, факти науці не були б потрібні, якби вони не піддавалися в ній опису. За допомогою опису відбувається фіксування даних, які отримано в процесі експерименту. Опис – це вміння здійснювати перекодування отриманих експериментальних фактів за допомогою графіків, символів, таблиць,



діаграм, схем із метою переходу на теоретичний рівень дослідження об'єкта (явища).

### *План здійснення опису*

1. Виберіть об'єкт (явище), яке підлягатиме опису.
2. Визначте ціль опису.
3. Створіть умови, які необхідні для здійснення опису.
4. Виберіть раціональний спосіб кодування отримуваної інформації (графік, таблиця, схема, малюнок та ін.).
5. Зафіксуйте отриману інформацію.
6. Зіставте зафіксовану інформацію з поставленою ціллю опису.

**Доведення.** Доведення – це складний прийом мисленої діяльності по встановленим правилам, який полягає в системному обґрунтуванні певного твердження шляхом встановлення між ним та іншими судженнями і твердженнями (прийнятих за істинні) необхідних логічних зв'язків. Початком доведення слугує висунення тези – твердження, яке необхідно довести спираючись на сукупність пов'язаних між собою аргументів.

Аргументи – це судження, істинність яких не потребує доведення. Аргументи, які використовуються в доведенні мають бути підтверджені та перевірені науковою теорією і практикою.

При доведенні доцільно користуватися одним із його способів: індуктивним, дедуктивним, індуктивно-дедуктивним або за аналогією.

Орієнтовна процедура здійснення доведення передбачає виконання наступної послідовності дій:

1. Встановіть, що необхідно довести.
2. Сформулюйте означення основних понять, законів, які фігурують у тезі, яка потребує доведення.
3. Визначте джерела (факти) та істинні твердження, якими будете користуватися для аргументації.

4. Виберіть раціональний спосіб доведення.
5. Виділіть суттєві факти, які підтверджують вивід, систематизуйте їх.
6. Логічно та зв'язано побудуйте ланцюжок з необхідних фактів і тверджень, з яких складається ваше доведення.
7. Виясніть, чи всі аргументи вичерпано.
8. Перевірте ланцюжок істинних тверджень на наявність фактів і аргументів, які суперечать тезі, що доводиться.

**Вимірювання.** Вимірювання полягає у визначенні невідомої величини шляхом її порівняння з еталоном (величиною прийнятою за одиницю). Здійснення вимірювань відбувається за допомогою відповідних засобів, до яких відносяться різноманітні вимірювальні прилади.

Потреба вимірювати виникає при виконанні різноманітних практичних завдань і дослідів, а саме: розв'язуванні експериментальних і винахідницьких задач, робіт лабораторного практикуму, спостереженні тощо.

#### *План здійснення вимірювання*

1. Сформулюйте ціль вимірювання (встановіть, яку величину необхідно виміряти).
2. Встановіть об'єкт, якому належить вимірювана величина.
3. Виберіть найбільш раціональний спосіб вимірювання з усіх можливих.
4. Підготуйте необхідні засоби (необхідні прилади) для виконання вимірювання.
5. Ознайомтесь з правилами експлуатації та технікою безпеки при використанні необхідного обладнання.
6. Встановіть і налаштуйте вимірювальне обладнання.
7. Проведіть вимірювання шуканих величин необхідну кількість разів.

8. Занотуйте результати вимірювань.
9. Підрахуйте похибку вимірювань.
10. Сформулюйте висновок.

**Рефлексія діяльності.** Рефлексія (від лат. reflexio – відображення, звернення назад) – це усвідомлення й аналіз власних вчинків і дій.

#### *План здійснення рефлексії*

1. Зробіть зупинку процесу виконання завдання при виникненні труднощів на одному з його етапів. Наприклад, якщо в процесі розв’язування задачі з фізики виникли непередбачувані складності, тоді розв’язок задачі необхідно відкласти й зосередити власну увагу на доопрацюванні попередніх етапів (вже пройдених) даної задачі.

2. Відтворіть подумки (за необхідності на папері) послідовність виконаних пізнавальних дій, до етапу, на якому виникли труднощі. Здійсніть пошук прихованих (латентних) причин, приділіть увагу несуттєвим, на ваш погляд, моментам, які в процесі розв’язку залишилися поза увагою.

3. Зосередьтесь на ретельному вивченні послідовності виконаних дій. З’ясуйте, наскільки виконані дії були правильними, ефективними, раціональними, продуктивними й такими, що відповідали поставленим цілям.

4. Сформулюйте результати рефлексії, а саме:

– знайдені неточності, помилки та некоректності, допущені на окремих етапах виконання завдання;

– ідеї, пропозиції, відповіді на запитання: “Як успішно завершити виконуване завдання?”

– усвідомлення допущених помилок, з метою запобігання їх повторенню в майбутньому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атаманчук П. С. Управління процесом навчально-пізнавальної діяльності / Атаманчук П. С. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний інститут, 1997. – 136 с.
2. Буряк В. К. Самостоятельная работа учащихся: Кн. для учителя / Буряк В. К. – М. : Просвещение, 1984. – 64 с.
3. Галатюк Ю. М. Дослідницька робота учнів з фізики / Ю. М. Галатюк, В. І. Тишук. – Х.: Вид. група «Основа»: «Триада+», 2007. – 192 с.
4. Галатюк М. Ю. Модель навчально-пізнавальної компетентності у контексті вивчення природничих предметів / М. Ю. Галатюк // Наукові записки. – Випуск 98 – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2011. – С. 21–26.
5. Галатюк М. Ю. Формування експериментальної компоненти у контексті розвитку навчально-пізнавальної компетентності старшокласників / М. Ю. Галатюк // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна. Вип. 16. – Кам'янець-Подільський, 2010. – С. 143–145.
6. Голобородько В. В. Наукова робота учнів / Гнедашев В. М. Програма організації науково-дослідницької діяльності учнів. – Х.: Вид. група «Основа», 2005. – 208 с.
7. Иванова Л. И. Ознакомление школьников с элементами научного исследования / Л. И. Иванова, А. А. Устинова // Физика в школе. – 1974. – №1. – С. 48–53.
8. Ковальчук В. В. Основи наукових досліджень: Навч. посібник / В. В. Ковальчук, Л. М. Моїсєєв. – [Вид. 2-е, доп. і перероб.]. – К. : Видавничий дім «Професіонал», 2004. – 208 с.
9. Ковбасенко Л. І. Організаційно-педагогічні основи діяльності

- сучасного позашкільного навчального закладу. Методичний посібник / Ковбасенко Л. І. – К. : Знання, 2000 р. – 245 с.
10. Крушельницька О. В. Методологія і організація наукових досліджень: Навч. Посібник / Крушельницька О. В. – К.: Кондор, 2003. – 192 с.
11. Лозова В. І. Пізнавальна активність школярів: Спецкурс з дидактики / Лозова В. І. –Х.: Основа, 1990. – 89 с.
12. Організація роботи з обдарованими дітьми в системі Малої академії наук: Збірник інструктивно-методичних матеріалів / [Богдан С. К., Малімон Л. Я.]. – Луцьк : Твердиня, 2007. – 63 с.
13. Паламарчук В. Ф. Як виростити інтелектуала / Паламарчук В. Ф. – Тернопіль: “Навчальна книга – Богдан”, 2000. – 152 с.
14. Пономарев Я. А. Фазы творческого процесса / Я. А. Пономарев // Исследование проблем психологи творчества. – М.: Педагогика, 1983. – 326 с.
15. Сидоренко В. К. Основи наукових досліджень / В. К. Сидоренко, П. В. Дмитренко – К. : Дініт – 2000 р. – 259 с.
16. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень / Цехмістрова Г. С. – К.: «Слово», 2003 р. – 240 с.
17. Шейко В. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності / В. М. Шейко, Н. Н. Кушнарченко. – К.: Генеза, 2005 р. – 307 с.
18. Шут М.І. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах: Навчальний посібник / М. І. Шут, В. П. Сергієнко – К.: Шкільний світ, 2004. – 128 с.
19. Як підготувати і захистити дисертацію на здобуття наукового ступеня. Методичні поради / [Автор упорядник Л. А. Пономаренко]. –К.: Редакція «Бюлетеня Вищої атестаційної комісії України», 1999 р. – 80 с.