

Міністерство освіти і науки України
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Кафедра фізики та інформаційних систем

«До захисту допускаю»

Завідувач кафедри фізики та інформаційних систем,
кандидат фізико-математичних наук, доцент

_____ Віталій ГОЛЬСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

**Вивчення властивостей електромагнітних
хвиль у шкільному курсі фізики**

Спеціальність 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)
Предметна спеціальність: 014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)
Додаткова предметна спеціальність: 014.04 Середня освіта (Математика)

Магістерська робота

на здобуття кваліфікації

**Магістр середньої освіти. Вчитель фізики та астрономії, викладач закладу
фахової передвищої, вищої освіти, вчитель математики**

Автор роботи:

КИБАЛЮК Марія Іванівна

підпис

Науковий керівник:

доктор фізико-математичних наук, професор

СТОЛЯРЧУК Ігор Дмитрович

підпис

Дрогобич, 2025

АНОТАЦІЯ

Кибалюк М.І. Вивчення властивостей електромагнітних хвиль у шкільному курсі фізики. Магістерська робота, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Дрогобич, 2025 р.

В роботі представлено методикау використання демонстраційного експерименту при вивченні властивостей електромагнітних хвиль в курсі фізики в закладах загальної середньої освіти. Проаналізовано прийоми та методи використання демонстрацій, розроблено методичні підходи до їх використання у процесі засвоєння навчального матеріалу. Показано ефективність використання блок-схем при узагальненні та систематизації знань учнів при вивченні властивостей електромагнітних хвиль.

ABSTRACT

Kybalyuk M.I. Study of the properties of electromagnetic waves in the school physics course. Master's thesis, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, 2025.

The work presents the methodology for using a demonstration experiment in studying the properties of electromagnetic waves in a physics course in secondary education schools. The techniques and methods of using demonstrations are analyzed, methodological approaches to their use in the process of learning educational material are developed. The effectiveness of using flowcharts in generalizing and systematizing students' knowledge in studying the properties of electromagnetic waves is shown.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ I. Педагогічні аспекти використання демонстраційного експерименту в процесі вивчення фізики	8
I.1. Навчальний шкільний експеримент як засіб підвищення ефективності засвоєння знань учнів з фізики в закладах загальної середньої освіти	8
I.2. Використання знаково-символічної наочності при узагальненні та систематизації знань учнів.....	12
Розділ II. Хвильові властивості електромагнітних хвиль та методика їх вивчення в закладах загальної середньої освіти	20
II.1. Вивчення властивостей електромагнітних хвиль у шкільному курсі фізики.....	20
II.2. Методика вивчення хвильових властивостей електромагнітних хвиль на прикладі дифракції.....	30
II.3. Узагальнення і систематизація знань учнів про хвильову природу світла при допомозі знаково-символічної наочності.....	37
Висновки	42
Список використаних джерел	42

ВСТУП

Шкільний курс фізики відіграє одну з основних ролей при формуванні творчої особистості, здатної застосовувати набуті знання та вміння, готової до самоосвіти впродовж всього життя. Тому процес навчання фізики повинен спрямовуватися на формування в учнів умінь досліджувати природні явища на основі наукового способу мислення та правильних наукових уявлень про навколишній світ і фізичну картину світу.

Процес навчання фізики повинен спрямовуватися на формування в учнів умінь досліджувати природні явища на основі наукового способу мислення та правильних наукових уявлень про навколишній світ і фізичну картину світу. При цьому вибір методів навчання обумовлений не тільки змістом матеріалу, але й пізнавальними можливостями учнів, які визначаються віковими особливостями. Необхідно пам'ятати також про те, що методи навчання не можна розглядати поза їх змістом, а потрібно використовувати у їхньому оптимальному поєднанні.

Питання оптимального вибору методів навчання детально розглянуто в педагогічній та методичній літературі [1, 2]. При цьому вибір методів навчання обумовлений не тільки змістом матеріалу, але й пізнавальними можливостями учнів, які визначаються віковими особливостями.

Тема «Електромагнітні хвилі» є однією з ключових у шкільному курсі фізики, оскільки лежить в основі розуміння радіозв'язку, телебачення, роботи антен і хвильових процесів у технічних системах тощо. Її опанування вимагає високого рівня наочності, адже більшість властивостей електромагнітних хвиль неможливо безпосередньо спостерігати без спеціальних приладів. Тому демонстраційний експеримент має вирішальне значення для формування в учнів глибоких і стійких знань з цієї теми.

Як відомо, демонстраційний експеримент посідає провідне місце в методичній системі навчання фізики, адже він забезпечує наочність навчання,

формує в учнів уявлення про реальний перебіг фізичних явищ і сприяє глибшому засвоєнню теоретичних положень.

В той же час, серед різноманіття методів значна роль належить також узагальненню і систематизації знань учнів. Зумовлено це не тільки тим, що збільшилась кількість понять, якими повинні володіти учні, але й наявністю більш глибоких і численних зв'язків між ними. Крім цього, проблема узагальнення і систематизація знань учнів в даний час набуває важливого значення у зв'язку з завданням підвищення наукового рівня викладання основ фізики в школі, піднесення ролі навчання в розвитку мислення учнів, у формуванні у них наукового світогляду.

Саме це і визначає актуальність та мету даної роботи.

Основна мета дослідження полягала у визначенні методичних шляхів підвищення ефективності вивчення властивостей електромагнітних хвиль в закладах загальної середньої освіти.

Об'єктом дослідження був обраний навчальний процес з фізики в аспекті впливу на його результати демонстраційного експерименту та систематизації знань при вивченні властивостей електромагнітних хвиль.

Предметом дослідження є систематизація і узагальнення знань при вивченні властивостей електромагнітних хвиль як невід'ємної складової частини процесу навчання.

У відповідності до поставленої мети визначені завдання дослідження:

1. Виявити психолого-педагогічні особливості застосування демонстраційного експерименту та узагальнення і систематизації знань при вивченні властивостей електромагнітних хвиль в шкільному курсі фізики;
2. Вивчити стан проблеми використання шкільного навчального експерименту при вивченні властивостей електромагнітних хвиль на практиці.
3. Виявити ефективні прийоми і методи використання демонстраційного експерименту та знаково-символічної наочності при узагальненні і систематизації знань учнів про властивості електромагнітних хвиль.

Матеріали дослідження доповідались і отримали позитивну оцінку на XII-й Міжнародній науково-практичній конференції викладачів та студентів факультету фізики, математики, економіки та інноваційних технологій Дрогобицького державного педагогічного університету ім. І. Франка (м. Дрогобич, 2025);

Розділ I. Педагогічні аспекти використання навчального шкільного експерименту в процесі вивчення фізики

Навчальний фізичний експеримент є одним із ключових компонентів шкільного курсу фізики, оскільки він забезпечує єдність теорії та практики й сприяє формуванню в учнів наукового способу пізнання світу. Через експеримент учні безпосередньо знайомляться з фізичними явищами, спостерігають їх перебіг, встановлюють причинно-наслідкові зв'язки та перевіряють справедливість фізичних законів. Саме він сприяє розвитку спостережливості, логічного мислення, умінню аналізувати результати та робити висновки.

Важливе значення фізичного навчального експерименту полягає також у підвищенні ефективності та глибини розуміння абстрактних теоретичних положень, дозволяє конкретизувати їх зміст і сприяє глибшому засвоєнню навчального матеріалу. Експеримент виступає опорою для пояснення нових тем і узагальнення вивченого.

I.1. Демонстраційний експеримент як засіб підвищення ефективності засвоєння знань учнів з фізики в закладах загальної середньої освіти

Фізика – експериментальна наука, закони якої ми пізнаємо при вивченні оточуючого нас світу. Це зумовлює надзвичайну важливість відтворення фізичних явищ, процесів та закономірностей у формі експерименту при її вивченні у закладах загальної середньої освіти. Це однозначно вказує на те, що основним засобом наочності при вивченні фізики повинна бути постановка демонстраційних дослідів. Такі досліді не тільки сприятимуть підвищенню інтересу учнів до вивчення навчального матеріалу, але й полегшують його сприймання, розуміння та засвоєння.

Метод навчального фізичного експерименту є одним із провідних у викладанні фізики, що відображено і в сучасних навчальних програмах для закладів загальної середньої освіти України [3–5]. Наукове осмислення явищ і процесів, отриманих у результаті експериментальної діяльності, ґрунтується не лише на математичних обчисленнях, а й на використанні наочних засобів, за допомогою яких здійснюється узагальнення та систематизація інформації у вигляді відповідних висновків і встановлених закономірностей [6–8].

Навчальний експеримент – це відтворення за допомогою спеціальних приладів фізичних явищ на уроці. Тому, він служить одночасно і джерелом знань, і методом навчання, і видом наочності. Він дозволяє успішно і ефективно формувати в учнів конкретні образи, які ефективно і адекватно відображають у їх свідомості реально існуючі фізичні явища, процеси та закони. Для забезпечення глибоких і міцних знань, формування у випускників закладів загальної середньої освіти практичних вмінь та навиків, необхідна координація в застосуванні різних видів навчального експерименту.

Система сучасного навчального фізичного експерименту включає такі чотири його види:

- демонстраційний експеримент (демонстраційні досліди);
- фронтальні лабораторні роботи, досліди і спостереження;
- фізичний практикум;
- позакласні досліди і спостереження.

Демонстраційний експеримент посідає провідне місце в методичній системі навчання фізики, адже він забезпечує наочність навчання, формує в учнів уявлення про реальний перебіг фізичних явищ і сприяє глибшому засвоєнню теоретичних положень. У науково-методичних джерелах демонстраційний експеримент трактується як спеціально організований показ фізичного явища або процесу, який учитель здійснює з метою пояснення нового матеріалу, підтвердження дії фізичних законів чи створення проблемної

ситуації. На відміну від лабораторних робіт чи робіт фізичного практикуму, демонстраційний експеримент проводиться вчителем або за його активної участі, а його основне призначення полягає у стимулюванні пізнавального інтересу учнів та створенні візуального підґрунтя для формування фізичних понять і розуміння суті явищ, процесів та законів.

Демонстраційний експеримент вимагає від вчителя високої майстерності як експериментатора, що зумовлене використанням у навчальному процесі сучасного обладнання та забезпечення видимості його учням всього класу. Демонстраційні досліді сприяють осмисленню фізичних явищ і формуванню фізичних понять, конкретизують та роблять зрозумілими судження і висновки вчителя при поясненні нового матеріалу чи при узагальненні і систематизації знань та викликають в учнів інтерес до вивчення фізики. Демонстрації привчають учнів шукати джерело знань з фізики в явищах природи. Демонстраційні досліді є органічною частиною уроку. Вони можуть слугувати як вихідний елемент для пояснення, мобілізації уваги учнів, створення проблемної ситуації так і ілюструвати та супроводжувати розповідь, бесіду, пояснення навчального матеріалу. Також їх необхідно використовувати вчителям для постановки та розв'язування експериментальних задач.

В той же час вчителю необхідно пам'ятати про основні методичні вимоги до демонстраційних дослідів. Вони повинні захоплювати увагу учнів тільки на певний проміжок часу, необхідний і достатній для розв'язання навчальної задачі. Час демонстрації повинен бути підібраний таким чином, щоб увага учнів була зосереджена на демонстрації та не розсіювалась. Основні вимоги до демонстрацій можна сформулювати наступним чином:

учні повинні бути підготовленим до сприйняття дослідів, тобто демонстрація повинна викликати зацікавлення шляхом з'ясування її мети. Демонстрація дослідів без з'ясування її мети не ефективна. Тому, перед проведенням дослідів вчителю необхідно з'ясувати його призначення та вказати

шляхи досягнення мети, використовуючи різноманітні педагогічні методи та прийоми;

Якщо демонстраційний дослід є складним, то для підвищення його ефективності можна зробити демонстрації поетапно, визначивши мету кожного із цих етапів. Наприклад, вивчаючи закон Ома для ділянки кола можна провести дослід в два етапи: перший при $R = \text{const}$ та $I \sim U$; другий : $U = \text{const}$ та $I \sim 1/R$.

демонстраційна установка повинна бути, по можливості, простою;
демонстраційний дослід повинен бути добре видимий всім учням класу;

темп демонстрації повинен відповідати темпу усного пояснення з боку вчителя і швидкості сприйняття учнями навчального матеріалу.

Якщо явище протікає швидше, ніж його встигають сприймати учні – дослід варто повторити (наприклад спостереження іскрового розряду). Одночасно вчителю варто пам'ятати, що непомірно розтягнута демонстрація знижує зацікавлення учнів, і, відповідно, їх сприйняття та призводить до втрати навчального часу.

демонстраційна установка повинна бути надійною, що зводить до мінімуму ймовірність невдачі на уроці.

На сьогоднішній день у закладах освіти України є і педагогічне програмне забезпечення з фізики і розроблена методика його використання. Переважна більшість цього програмного забезпечення і методик його застосування присвячена імітаційному експерименту. Проте, не применшуючи важливості та необхідності імітаційного моделювання, потрібно наголосити, що фізика, і в закладах загальної середньої освіти зокрема, – експериментальна наука. Будь-який імітаційний експеримент не зможе в повній мірі замінити оригінального. Імітаційний експеримент слід застосовувати там, де не має можливості провести реальне дослідження, або з метою моделювання перед

реальним експериментом. Тобто, основним видом експериментальної навчальної діяльності в школі був, є і повинен бути реальний експеримент.

У сучасній школі демонстраційні експерименти органічно поєднуються з цифровими технологіями, зокрема віртуальними лабораторіями та симуляторами. Таке об'єднання розширює можливості уроку та дозволяє моделювати явища, що складно або неможливо провести у звичайному кабінеті. Це робить демонстрації ще більш ефективними і доступнішими. Окрім того, цифрові технології забезпечують багаторазове повторення експериментів та аналіз даних, що сприяє глибшому засвоєнню матеріалу і розвитку дослідницьких компетентностей.

І.2. Використання знаково-символічної наочності при узагальненні та систематизації знань учнів

Значний об'єм навчальної інформації з фізики, яку повинні засвоїти учні, вимагає його періодичної систематизації та узагальнення, концентрації уваги учнів на найбільш суттєвому, основному.

Проблемі системності особливу увагу приділяв К.Д. Ушинський. У своїх працях він підкреслював, що "тільки система, звичайно, розумна, яка виходить зі самої сутності предметів, дає нам владу над нашими знаннями" [2]. Ушинський не тільки вимагав від вчителів застосовувати принцип систематичності в процесі навчання, але й надавав великого значення виробленню в учнів вміння самостійно узагальнювати і систематизувати вивчені процеси та явища.

Я. А. Коменський також неодноразово у своїх працях підкреслював необхідність дотримання послідовності при вивченні матеріалу: "Всі знання, — писав він, — повинні розміщуватися таким чином, щоб наступне завжди базувалося на попередньому, а попереднє закріплювалося наступним" [1].

В наш час проблема систематизації та узагальнення знань розробляється дидактиками, методистами, психологами головним чином у зв'язку з дослідженням питань озброєння учнів систематизованими знаннями. Зокрема, ньому питанню у своїх працях приділили увагу Д.Н.Богоявленський, Л.С. Готський, П.Я.Гальперін, В.В. Давидов, М.А. Данилов, Б.П. Єсіпов та інші.

Незважаючи на достатньо велику увагу, яка проявляється до систематизації і узагальнення знань, не можна сказати, що вона повністю вирішена. Так, аналіз педагогічної літератури дозволяє зробити висновок про те, що до цього часу не має єдиної точки зору щодо визначення понять "систематизація" і "узагальнення" стосовно процесу пізнання.

Найбільш повним і завершеним видається означення систематизації, яке наводять А.В. Усова та В.В. Завьянов у своїх працях, присвячених систематизації знань [9]. Вони розуміють під систематизацією "розумову діяльність", в процесі якої об'єкти вивчення організуються у визначену систему на основі вибраного принципу.

В процесі пізнання систематизація важлива не сама по собі, важливий її кінцевий результат — система знань. Саме вона визначає якість знань. Мета визначає вибір систематизуючої ознаки, виступає основною передумовою в процесі наукового і навчального пізнання, організовує діяльність людини.

Систематизація тісно пов'язана з класифікацією, тобто розподілом об'єктів по групах на основі встановленої подібності та відмінності між ними (як приклад можна навести класифікацію видів механічного руху). Однак, як відмічають автори [10], систематизація не зводиться до класифікації. До систематизації також призводить встановлення причинно-наслідкових зв'язків і співвідношень між вивченими фактами, виділення основних одиниць матеріалу, що дозволяє розглядати конкретний об'єкт як частину цілої системи. Систематизації передують аналіз, синтез, узагальнення, порівняння, результати яких використовуються і підсумовуються в систематизації.

В навчальному процесі систематизація знань учнів здійснюється на різних рівнях: на рівні понять, законів, фізичних теорій.

На початковому етапі вивчення систематизація знань здійснюється на рівні фактів, окремих понять (нижчий рівень). На наступному етапі навчання вирішується задача формування в учнів системи знань більш високого рівня - рівня законів, теорій, фізичної картини світу.

Систематизація тісно пов'язана з узагальненням. Наведемо кілька означень цього поняття, які зустрічаються в науковій літературі [10-14]:

"Узагальнення - один з процесів пізнання, який полягає в розумовому виділенні і об'єднанні загальних суттєвих рис предметів чи явищ дійсності. Під узагальненням розуміють також результат цього процесу".

"Узагальнення - це розумовий перехід від окремих ознак, одиничних предметів до ознак, які належать цілим групам цих предметів".

З порівняння наведених означень можна зробити висновок про те, що узагальнення і систематизація реалізуються в результаті розумової діяльності.

Систематизація і узагальнення починаються з розгляду декількох елементів знань, але систематизація направлена на виявлення зв'язків між ними, визначення субординації, функціональних залежностей, тобто побудова системи на основі вибраного принципу, в той час як узагальнення в окремих елементах виділяє загальні, суттєві для них риси.

В процесі пізнання систематизація і узагальнення взаємодоповнюють одне одного в досягненні єдиної цілі, побудови системи загальних понять, придбанні глибоких знань про матеріальну дійсність.

Однак учні не завжди активно включаються в процес узагальнення. Так, Г.Д. Кирилова виділяє наступні принципи цього явища [15]:

1) узагальнення будуються на вузькій конкретній базі тому, що досліджуваний фактичний матеріал не дає можливості виділити всі необхідні ознаки і зв'язки, систему операцій при визначеному способі діяльності. Фактичний матеріал використовується, як ілюстрація до загальних понять без достатнього аналізу. Методи навчання, які застосовуються, не дозволяють учневі в конкретному змісті виявити притаманні йому зразки та залежності, тому учням повідомляються готові узагальнення;

2) навчання створює багату конкретну основу, однак вона стає базою для формування широких узагальнень. Це можна аргументувати тим, що фактичний матеріал вивчається сам по собі поза загальною ідеєю, загальним

принципом. Він розглядається поза зв'язком з іншими питаннями у змісті навчального предмету;

3) в результаті недостатньої аналітично-розумової активності учнів, так як їх діяльність в основному носить виконавчий характер і переслідує мету забезпечити відтворення змісту вивчення у відповідності з заданим зразком.

Вчитель повинен чітко уявити собі всю систему понять, які потрібно засвоїти учням, взаємозв'язки між ними, знати, які поняття являються вихідними, для утворення наступних понять.

Перш ніж приступити до систематизації і узагальнення понять, законів, доцільно добре продумати які види знаково-символьної наочності варто використовувати, на які знання учнів треба спиратися, як і на які слід дати пояснення.

За допомогою цієї наочності можна систематизувати і узагальнити фактичний матеріал, що розглядається в темі чи розділі. Головне завдання уроків систематизації - вироблення в свідомості учнів системи знань, встановлення причинно-наслідкових зв'язків і відношень між вивченими фактами, виділення основних ознак, розгляд конкретного об'єкта як частини цілої системи.

Для організації процесів систематизації та узагальнення здобутих учнями знань необхідне виконання наступних дидактичних умов.

1. Постановка вчителем мети - забезпечити засвоєння учнями системи загальних понять:

- на конкретному занятті;
- в процесі вивчення теми, розділу курсу.

2 Вибір рівня узагальнення і систематизації знань у відповідності до поставленої мети.

3. Ознайомлення учнів з основними структурними елементами системи знань (наукові факти, поняття, закони, теорії, фізична картина світу), розкриття суттєвих зв'язків і співвідношень між ними.

4. Цілеспрямоване навчання учнів методам і прийомам систематизації і загальнення набутих знань.

Ознайомлення учнів з різними видами знаково-символьної наочності (формули, рівняння, графіки, таблиці, блок-схеми), яка використовується при узагальненні і систематизації знань.

Використання різноманітних методів оперативного контролю з метою виявлення рівня сформованості в учнів системи знань і вмінь самостійно систематизувати і узагальнити знання.

Проблема організації і систематизації діяльності учнів в процесі вивчення фізики знайшла відображення в працях А.У. Бугайова, В.В. Мулта-новського, Н.Г. Сорокіної та інших.

Окремі прийоми організації систематизації і узагальнення знань на основі знаково-символьної наочності наведені в статтях М.М. Бориса, Д.С. Столярчука, Н.Г. Сорокіної, А.В. Самсонової, А.В. Усової, В.В. Завьялова та інших.

Всі ці дослідження сприяли вдосконаленню методики використання знаково-символьної наочності в процесі систематизації і узагальнення, підвищенню якості знань учнів, розвитку в них творчого мислення.

Загальний підхід до систематизації знань полягає в наступному:

- розпізнанні виду елемента системи знань і представленні його як підсистеми;
- встановленні структури, характеру взаємозв'язку компонентів в даній підсистемі знань;
- розкритті тенденцій, перспектив даної підсистеми знань в розгляді її як елемента інших більш ширших систем.

А.В. Усова, В.В. Завьялов виділяють наступні прийоми систематизації знань учнів [9]:

1. Складання таблиць з формулами, які виражають взаємозв'язок фізичних величин.

2. Побудова класифікаційних схем, за допомогою яких виражаються співвідношення підпорядкування (між видовими і родовими поняттями, які мають найбільший загальний характер).

3. Використання методу граф, який дозволяє в наочній, стислій формі виразити логіко-генетичний зв'язок між поняттями та послідовність їх формування в учнів.

4. Побудова таблиць, в яких у визначеній системі представлені властивості тіл та основні методи застосування їх в техніці.

Система прийомів організації і систематизації знань учнів не вичерпується перерахованими прийомами і може бути доповнена. Розглянемо деякі з них:

1. Складання зведених таблиць, в яких навчальний матеріал з теми чи розділу відображений за допомогою різних знаків і символів, визначену систему на основі вибраної ознаки.

2. Другим прийомом, який можна рекомендувати для систематизації і узагальнення знань, є побудова блок-схем, в яких за допомогою блоків, які містять різну знаково-символьну наочність, складається логічна схема навчального матеріалу в певній послідовності. Блок-схеми, створені в присутності учнів, сприяють розвитку у школярів систематизованої діяльності.

Мостом перекинутим від знань в поняттях до конкретних практичних задач, називає блок-схеми М.В. Кудрявцев [5].

Аналізуючи вище вказані функції, можна зробити висновок про те, що і функції прийняті і для знаково-символьної наочності. До них слід додати, по застосування принципу системності розкриває ще одну функцію наочності - вона служить засобом систематизації і узагальнення знань учнів.

Знаково-символічна наочність в процесі систематизації і узагальнення знань може мати різне призначення в залежності від дидактичної цілі її

застосування. На початку вивчення теми чи розділу вона сприяє виділенню в об'єкта суттєвих ознак, зосередженню на них уваги учнів і, таким чином, засвоєнню чітких уявлень і понять. Цей процес є свого роду систематизацією і узагальненням, але він носить локальний характер і відноситься до окремих об'єктів.

При закріпленні знань, коли учні вже володіють певною базою знань, вони можуть пов'язувати новий матеріал з вже відомим.

Тут знаково-символьна наочність виконує самостійну роль. Вона направляє свідомість учнів, їх мислення на розкриття в комплексі вивченого, на встановлення закономірних зв'язків і відношень, на виконання на цій основі суті явищ і процесів, сприяє систематизації знань учнів, тим самим підвищує темп вивчення матеріалу і якість знань, збільшує об'єм самостійної роботи учнів.

При застосуванні знаково-символьної наочності для систематизації і узагальнення знань потрібно врахувати зміст навчального матеріалу. Вона повинна застосовуватись тільки тоді, коли це необхідно для досягнення конкретної дидактичної мети, тобто застосування знаково-символьної наочності не повинно перетворюватися в самоціль.

Визначивши мету та вибравши вид знаково-символьної наочності на уроці, необхідно продумати характер пояснення та систематизації навчального матеріалу вчителем.

Плануючи урок, вчитель повинен:

- виділити вид знаково-символьної наочності, якій найбільш підходить для розв'язку поставленої задачі;
- конкретизувати і уточнити застосування задачі;
- визначити місце відібраного виду цієї наочності на уроці;
- продумати методику роботи з цим видом знаково-символьної наочності при систематизації і узагальненні знань на уроці.

Розділ II. Властивості електромагнітних хвиль та методика їх вивчення в закладах загальної середньої освіти

Вивченню теми «Електромагнітні хвилі» належить одна із фундаментальних ролей у курсі фізики, адже учні знайомляться із однією із форм матерії, а саме електромагнітним полем. При цьому закладаються не тільки основи радіотехніки (її теоретичної частини), але й основи вивчення хвильової оптики [16].

У навчальній програмі для 10–11 класів, затвердженій Міністерством освіти і науки України (МОН), передбачено вивчення розділу «Електромагнітні коливання і хвилі» як складову шкільного курсу фізики [4,5]. Саме через цю програму учні отримують системну підготовку до розуміння природи електромагнітних процесів, що є фундаментом для подальшого вивчення електродинаміки та оптики. Згідно з планом, вивчення теми відбувається після засвоєння базових понять електрики й магнетизму — це дозволяє закласти міцну теоретичну основу. Така послідовність дає змогу не просто ознайомитися з хвилями як окремим явищем, а інтегрувати їх у загальну картину фізики. У підсумку, програма гарантує, що тема хвиль буде опрацьована на достатньому рівні в межах шкільного курсу.

Підручники з фізики для 11 класу, зокрема «Фізика і астрономія» (рівень стандарту для 11 класу закладів загальної середньої освіти) авторів Головки М.В та ін., охоплюють розділ «Коливання та хвилі», у якому детально розглядаються основні характеристики хвиль: довжина хвилі, частота, період, швидкість поширення [17]. Учні знайомляться з поняттями, що описують хвильову природу, і вчать застосовувати ці величини для аналізу фізичних явищ. Даний підручник структурований так, що теорія супроводжується схемами, графіками та поясненнями, що полегшують розуміння. Це допомагає закріпити фундаментальні уявлення про хвильові процеси до переходу до

вивчення електромагнітних хвиль. Таким чином, базові хвильові поняття — не ізольовані теми, а підґрунтя для подальшого вивчення електромагнітних хвиль.

У контексті електромагнітних хвиль у підручниках обговорюється їхня хвильова природа: хвилі не потребують матеріального середовища, як механічні, і поширюються самостійно у вакуумі чи речовині. Наприклад, підручник «Фізика і астрономія» (рівень стандарту для 11 класу закладів загальної середньої освіти) Сиротюка В.Д. та Мірошніченка Ю.Б. наводить пояснення, чому світло, радіохвилі і мікрохвилі — це прояви одного і того ж фундаментального явища [18].

Завдяки такому поясненню учні розуміють, що хвильова природа світла є універсальною, незалежно від частоти або довжини хвилі. Це дає змогу сприймати електромагнітне випромінювання як єдине явище з різними проявами. Також підкреслюється, що електромагнітні хвилі — це одна з основних форм перенесення енергії та інформації, що має практичне значення. Окремо в курсі передбачено вивчення спектра електромагнітних хвиль — від радіохвиль до гамма-випромінювання. Так, підручник «Фізика і астрономія» (рівень стандарту для 11 класу закладів загальної середньої освіти) авторів Засєкіна Т.М. та Засєкіна Д.О. містить розділ, де розглядаються діапазони хвиль, їх частота, відповідні джерела та приклади застосування в техніці, природі та повсякденному житті [19].

Учні дізнаються, що мікрохвилі, видиме світло, інфрачервоне, ультрафіолет, рентгенівське та інші випромінювання — частина єдиного спектра з різними характеристиками. Такий підхід формує комплексне уявлення про хвилі, їх різноманіття та зв'язок із технологіями. Завдяки цьому теми, які на перший погляд можуть здаватися ізольованими, об'єднуються у цілісну картину. Пояснення спектру допомагає учням зрозуміти, чому деякі хвилі можна бачити, інші — ні, і як вони використовуються в радіозв'язку, медицині або звичайних пристроях.

Важливо, що під час вивчення електромагнітних хвиль у шкільному курсі завдання не обмежуються лише теоретичним ознайомленням. Наприкінці розділів у підручниках передбачені лабораторні роботи, задачі та приклади застосування. Наприклад, підручник Головка М.В. містить завдання, які вимагають проаналізувати вплив довжини хвилі та частоти на енергію хвилі або розрахувати параметри хвилі для конкретних джерел [17]. Такі вправи допомагають закріпити теоретичні знання та розвинути навички вирішення задач, аналізу, прогнозування. Завдання також стимулюють самостійну роботу учнів — вони аналізують, порівнюють, формулюють висновки. Це сприяє не просто пам'ятанню фактів, а формуванню наукового мислення.

Крім того, шкільна програма та підручники надають увагу демонстраціям і наочностям як засобам пояснення електромагнітних хвиль і їх властивостей. Це особливо корисно для візуалізації абстрактних явищ: наприклад, хвильового характеру світла або поведінки хвиль у різних середовищах. У підручнику Засекої Т.М. передбачено ілюстрації, схеми, приклади природних і технічних застосувань [19]. Такі візуальні засоби допомагають учням краще уявити, як поширюються хвилі, як змінюються їх параметри, і чим вони відрізняються один від одного. Завдяки цьому абстрактні поняття стають доступнішими, а навчання — ефективнішим.

Для забезпечення цілісного розуміння теми підручники також включають пояснення реальних застосувань електромагнітних хвиль — у телекомунікаціях, медицині, радіолокації, побутовій техніці. Наприклад, підручник Сиротюка В.Д. пояснює, як мікрохвилі використовують у побутових пристроях, а радіохвилі — у комунікаційних системах [18]. Це дозволяє учням оцінити практичне значення вивченого матеріалу і побачити зв'язок між фізикою та сучасними технологіями. Такий підхід мотивує учнів і робить навчання більш прикладним і цікавим.

Ще одним важливим аспектом є інтеграція з іншими розділами курсу — з електродинамікою, оптикою, атомною фізикою. Завдяки цьому учні бачать, що

електромагнітні хвилі — не окрема «тема-точка», а частина більшої системи фізичних знань. Наприклад, при вивченні оптики звертається увага на хвильову природу світла, при електродинаміці — на зв'язок полів і хвиль. Це формує цілісне уявлення про фізичну картину світу. Підручники з 11 класу побудовані саме на такій інтеграції знань. Таким чином, вивчення хвиль готує учнів до подальшого розуміння складніших фізичних тем та явищ.

Важливо, що підручники передбачають поступове ускладнення матеріалу: від базових понять і простих прикладів до більш складних тем — розрахунків, спектральних співвідношень, застосувань у техніці. Наприклад, підручник Засекіної Т.М. поступово переходить від опису хвиль до аналізу їхніх властивостей у різних середовищах та впливу параметрів на хвильові процеси [19]. Такий підхід допомагає учням поступово перейти від рівня «зрозумів — повторив» до рівня «проаналізував — застосував». Це сприяє формуванню глибокого, стійкого розуміння теми.

Завершальним етапом у вивченні теми є узагальнення та систематизація знань — підведення підсумків, співставлення властивостей хвиль, аналіз спектра, обговорення практичних застосувань. До цього етапу підручники пропонують питання для повторення, задачі на узагальнення, а також рекомендації для подальшого самостійного вивчення. Такий підсумковий огляд допомагає закріпити матеріал у пам'яті та сприяє глибинному розумінню теми. У результаті учні отримують не просто набір фактів, а системну картину, яка може бути використана для подальшого навчання або практичної діяльності.

Отже, вивчення властивостей електромагнітних хвиль у шкільному курсі фізики подається послідовно, комплексно та з оглядом на методичні, пізнавальні й практичні аспекти. Використання підручників, які відповідають державній програмі, дає змогу забезпечити як теоретичну, так і практичну підготовку учнів. Такий підхід сприяє формуванню у школярів глибокого, цілісного розуміння природи електромагнітних хвиль, їх властивостей та ролі в сучасному світі.

Однією із основних труднощів, з якими стикаються вчителі при вивченні даної теми, полягає в неможливості використати для пояснення навчального матеріалу рівняння Максвелла через їх математичну складність. Разом з тим, принципові положення теорії Максвелла не можуть бути описані якісно без застосування математичного апарату. Інша трудність при вивченні даної теми – неможливість застосувати модельний механізм, який застосовується при вивченні механічних хвиль. Адже саме моделювання та наочність дозволяє пояснити процес поширення механічних хвиль.

Вивчення даної теми можна та варто розпочати з повторення питань електромагнетизму, які розглядалися раніше. Зокрема, учням відомо, що заряджене тіло створює електричне поле. Якщо заряд нерухомий, то поле, створене ним, є незмінним в часі. Якщо ж заряди рухаються рівномірно, тобто існує постійний струм, то навколо провідника створюється постійне магнітне поле. В обидвох цих випадках електричне і магнітне поле є незмінними в часі. Необхідно наголосити учням, що при нерухомих зарядах або при постійному струмі напруженість електричного та магнітного (чи індукція магнітного поля) полів в часі не змінюється і електромагнітна хвиля виникнути не може. Тобто, можна зробити перший висновок: електромагнітна хвиля може виникнути тільки при наявності змінного в часі електричного чи магнітного полів.

Підкреслюємо, щоб розглянути механізм виникнення електромагнітної хвилі на якісному рівні, не застосовуючи рівнянь Максвелла, необхідно звернутись до явища електромагнітної індукції. В даному випадку слід наголосити учням, що за теорією Максвелла наявність провідника в даному випадку є несуттєвим, а явище електромагнітної індукції зводиться до того, що змінне магнітне поле збуджує навколо себе вихрове електричне поле. На дошці чи на слайді наводимо рис.2.1 , за допомогою якого показуємо напрям силових ліній індукційного електричного поля і повторюємо правило Ленца.

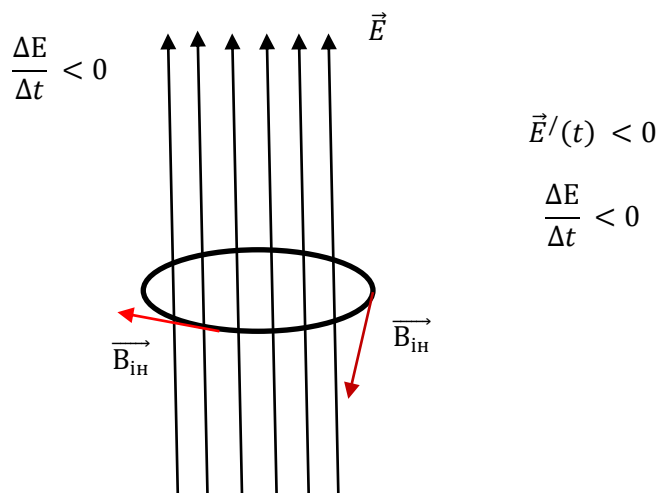
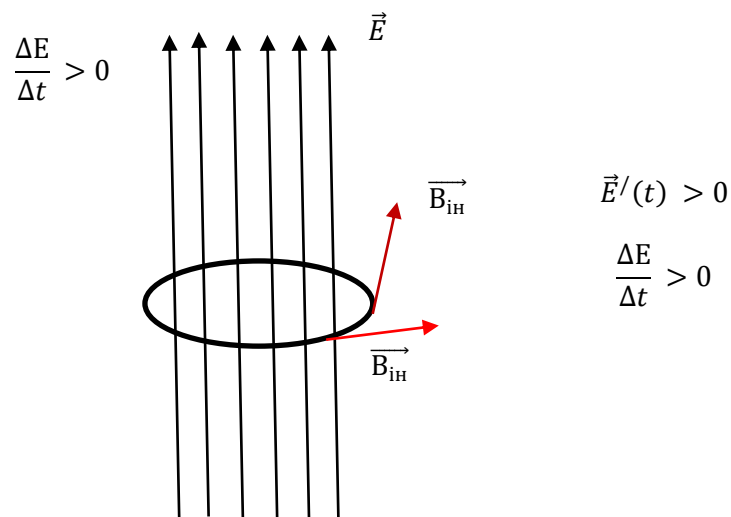


Рис.2. 1. Напрямок ліній індукційного поля

Далі пояснюємо про узагальнення, яке зробив Максвелл – магнітне поле може збуджуватись не тільки рухомими електричними зарядами, але і довільним змінним в часі електричним полем (струмами зміщення, як назвав їх Максвелл). Звертаємо увагу учнів на той факт, що напрям індукційного магнітного поля визначається правилом, протилежним до того, яке справедливе для індукційного електричного поля (рис.2.2).

Слід наголосити, що теорія Максвелла показує, що джерелом змінного електричного поля може бути або електричний заряд, що рухається з прискоренням, або магнітне поле, що змінюється в часі. В свою чергу, поява магнітного поля пов'язана з рухомими електричними зарядами, або змінними магнітними полями. Якщо ж поля є стаціонарними, $\vec{E} \wedge (t) = \vec{B} \wedge (t) = 0$, то електричне та магнітне поле незалежні одне від одного.

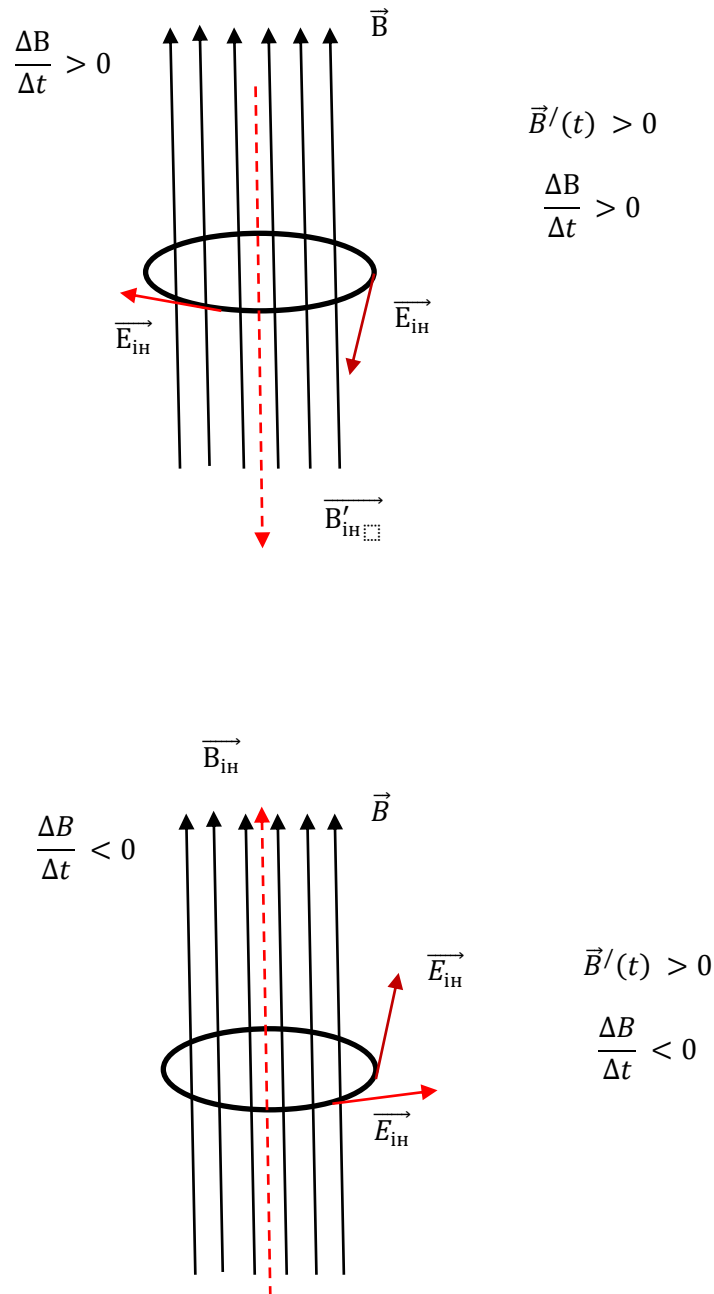


Рис.2. 2. Визначення напрямку індукційного магнітного поля.

Із теорії Максвелла випливає також, що збудження електричного поля, що виникло в якій-небудь точці простору, переміщується від однієї точки до іншої. Так проходить поширення електромагнітної хвилі. Слід також наголосити, що електромагнітне поле існує незалежно від вибору системи відліку. У різних системах відліку дії електричного і магнітного полів (\vec{E} та \vec{B}) окремо можуть бути різними, але їх спільна дія (сила $\vec{F} = q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B})$) залишається тією самою. Електричне та магнітне поле доцільно розглядати як різні сторони того самого явища. В залежності від того, в якій системі відліку розглядаються електромагнітні процеси, виявляються ті чи інші сторони цього єдиного цілого. Виходячи із сказаного вище, припустимо, що в деякій точці простору електричне поле змінюється за гармонічним законом $E = E_0 \cos[\omega t]$. Електромагнітна хвиля поширюється із скінченною швидкістю, отже, в якій-небудь точці, яка віддалена від першої на відстань x , також виникнуть гармонічні коливання. Але коливання у цій другій точці будуть запізнюватись відносно коливань у першій точці на час поширення хвилі $\Delta t = x/v$. А значить, коливання у цій точці відбуватимуться по закону:

$$E = E_0 \cos[\omega(t - \Delta t)] = E_0 \cos[\omega(t - x/v)] \quad (2.1)$$

Дане рівняння (2.1), по суті, є рівнянням плоскої хвилі. Поширення електромагнітної хвилі в просторі необхідно представити учням графічно, враховуючи взаємну перпендикулярність електричного та магнітного полів а також їх перпендикулярність до напрямку поширення. Ця сукупність полів і переносить в просторі енергію та імпульс електромагнітної хвилі.

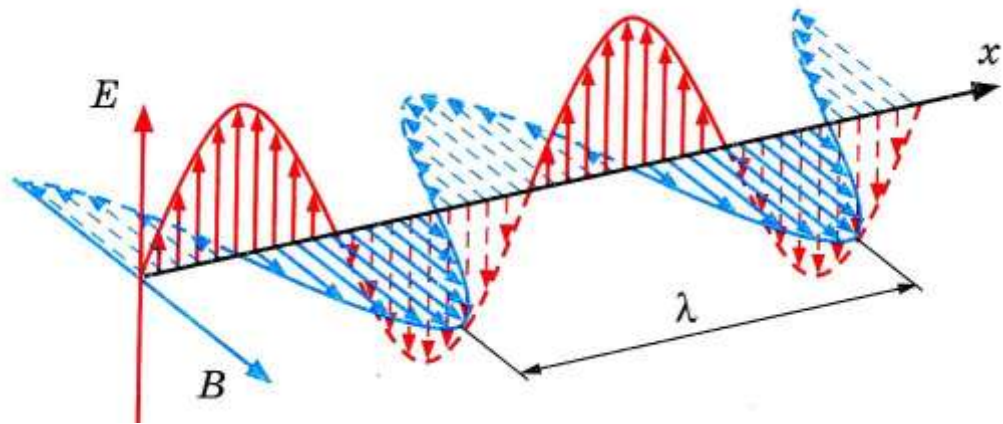


Рис.2.3 Графічне зображення поширення електромагнітної хвилі в просторі.

При аналізі характеру розповсюдження електромагнітних хвиль важливо, щоб учні засвоїли такі основні положення:

- навколо джерела електромагнітних хвиль відбувається періодична зміна характеристик електричного та магнітного полів (\vec{E} і \vec{B});
- амплітуда коливань енергії електричного і магнітного полів у кожній точці рівні, а коливання векторів \vec{E} та \vec{B} співпадають за фазою;
- напрям коливань векторів \vec{E} та \vec{B} взаємноперпендикулярний, а також перпендикулярний до напрямку поширення хвилі, що дозволяє зробити висновок про поперечність електромагнітної хвилі;
- електромагнітна хвиля поширюється як у вакуумі так і у речовині;
- швидкість електромагнітних хвиль у вакуумі дорівнює $c = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$, а у середовищі $v = c/\sqrt{\epsilon\mu} = 1/\sqrt{(\epsilon_0 \mu_0) / \epsilon\mu}$

Окрім теоретичного розгляду даного питання, слід обов'язково ознайомити учнів із експериментальним підтвердженням теорії Максвелла, зробленого Г. Герцем. Приступаючи до експериментів із дослідження електромагнітних хвиль, Герц не був переконаний у правильності теорії Максвелла. Скоріш він схилився до теорії Г. Гельмгольца, що відкидала ідею існування струмів зміщення та можливість існування електромагнітних хвиль.

Для проведення досліду Герц сконструював прилад, що приніс йому світову славу і вважається класикою експериментального підтвердження існування електромагнітних хвиль (рис. 2. 4). В якості коливального контура він використав так звані диполі. Джерелом живлення вібратора у дослідах Герца була індукційна котушка К. Диполь Герца Д1 складався із двох стержнів П1 та П2, які закінчувались кульками. На протилежних кінцях стержнів були надіті ковпачки С1 та С2, переміщаючи які можна було змінювати ємність контура. Другий диполь Д2 мав аналогіну будову і розміщувався паралельно першому. При появі іскри в проміжку А вібратор Д1 випромінював електромагнітні хвилі, які приймалися резонатором Д2. Налаштування резонатора в резонанс проводилась переміщенням ковпачків С1 та С2. При резонансі в проміжку В з'являлась іскра, яку можна було виявити візуально. Змінюючи положення резонатора Герц також визначав напруженість електромагнітного поля. Знаючи період коливань, який визначався за відомою ємністю та індуктивністю, Герц визначив швидкість поширення електромагнітної хвилі та повністю підтвердив теорію Максвелла.

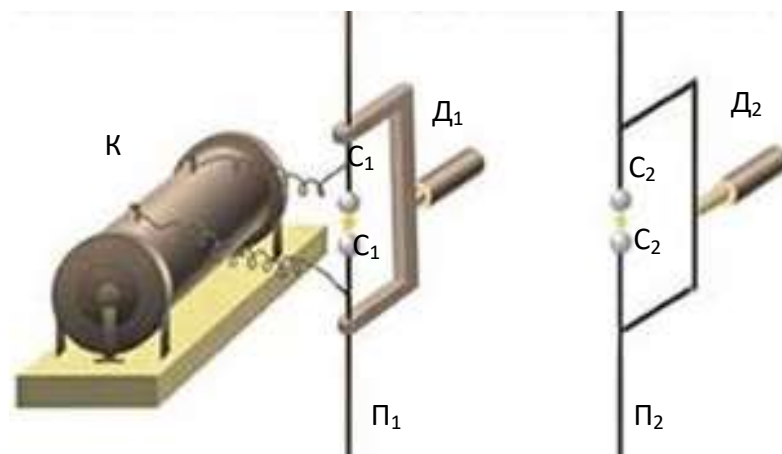


Рис.2.4. Прилад Герца для дослідження електромагнітних хвиль.

II.2 Методика вивчення хвильових властивостей електромагнітних хвиль на прикладі дифракції

Теорія електромагнітних хвиль дозволила пояснити з єдиної точки зору багато різноманітних явищ. Із цієї теорії також випливав ще один, надзвичайно важливий висновок. Користуючись числовими значеннями, які були отримані при вимірюванні чисто електричних величин (сил взаємодії між зарядами та струмами), Максвелл зміг обчислити швидкість, з якою поширювались електромагнітні хвилі. Результат виявився неочікуваним – вона співпала із швидкістю поширення світла, яка була виміряна оптичними способами. Максвелл висунув гіпотезу, що світло являє собою електромагнітну хвилю і є лише різновидністю електромагнітних хвиль у певному діапазоні частот. Досліди Герца (описані в попередньому параграфі, п.ІІ.1) виступили додатковим експериментальним підтвердженням даного припущення.

Довжини світлових хвиль лежать в діапазоні від 400 до 760 нм (або в діапазоні частот від $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц до $3,9 \cdot 10^{14}$ Гц). Більш ширший інтервал довжин хвиль від 1 нм до 1 мм (умовно), що охоплює ультрафіолетовий та інфрачервоний діапазон, називається оптичним випромінюванням.

Розділ «Оптика», який розпочинається вивченням світлових хвиль, є одним із найскладніших і найважливіших у курсі фізики. Під час його вивчення учні ознайомлюються із проблемами неперервних і дискретних електромагнітних полів, пересвідчуються у наявності глибоких зв'язків між електромагнітними, оптичними та атомними процесами, дізнаються про те, що світло поширюється із скінченною швидкістю, має енергію, імпульс, масу та чинить тиск на тіла. Навчальний матеріал цього розділу тісно пов'язаний з ідеями інших розділів курсу фізики, де вивчаються механічні та електромагнітні коливання та хвильові процеси. Саме ці розділи сформували базис, необхідний для вивчення хвильових властивостей світла: гармонічне коливання, вимушене коливання, додавання коливань, хвилі та промені, когерентність, інтерференція та дифракція хвиль, відбивання і заломлення

хвиль. Потрібно також зазначити, що вивчення хвильової оптики вимагає також знання основних понять і законів геометричної оптики.

Яскравим доказом хвильової природи світла є явище інтерференції. Проте подальший розвиток уявлень та дослідження хвильової природи електромагнітних хвиль і, зокрема, світла відбувся після спостереження явища дифракції.

При вивченні явищ дифракції вчителю слід наголосити учням, що дифракція світлових хвиль відбувається на предметах любых розмірів, а не тільки співвимірних із довжиною хвилі. Якщо через d позначити характерний розмір перешкоди (товщина нитки, діаметр отвору або диска тощо), а відстань від предмета до точки спостереження через L , то виявляється, що явище дифракції спостерігається добре на відстані $L \geq \frac{d^2}{\lambda}$. Якщо $L \ll \frac{d^2}{\lambda}$, то дифракція практично не спостерігається, а в результаті отримується різка тінь. Дана умова, по суті, визначає границі застосування геометричної оптики.

Пояснення дифракції світла базується на принципі Гюйгенса-Френеля.

Гюйгенс сформулював загальний принцип, згідно якого відбувається поширення електромагнітних хвиль. Цей принцип є не що інше як правило, що дозволяє, виходячи із положення хвильового фронту в будь який момент часу, знайти положення хвильового фронту для найближчого моменту часу. Згідно цього принципу кожна точку середовища, яку досягла хвиля, можна розглядати як джерело вторинних сферичних хвиль, що поширюються у всіх напрямках із швидкістю, властивою даному середовищу. Огинаюча поверхня, тобто поверхня, дотична всіх сферичних вторинних хвиль у положенні, якого вони досягнуть в момент часу t і є хвильовим фронтом у цей момент часу (рис.2.5).

Запозичивши від Гюйгенса ідею вторинних хвиль, Френель застосував до них закони інтерференції, а саме:

- вторинні елементарні хвилі, що виходять із точок того самого хвильового фронту когерентні, оскільки всі точки фронту коливаються із тією самою частотою і в однаковій фазі;

- вторинні хвилі, які є когерентними, інтерферують і розподіл енергії в області дифракції є результатом накладання коливань;
- можна сказати, що прямолінійність поширення світлових пучків у однорідному середовищі є результатом інтерференції вторинних хвиль.

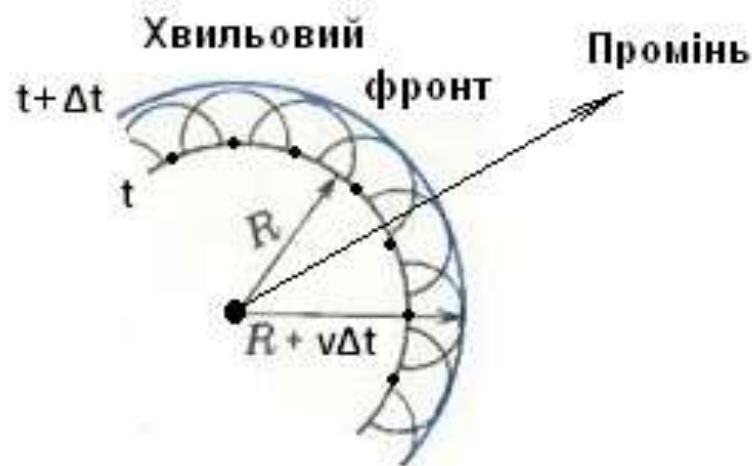


Рис.2.5. Поширення електромагнітної хвилі згідно принципу Гюйгенса.

При проходженні через неоднорідне середовище електромагнітна хвиля не буде поширюватись прямолінійно, а буде розсіюватись в сторони, або зазнавати відбивання, заломлення тощо. Таким чином, всі основні закони геометричної оптики пояснювались із хвильової точки зору за принципом Гюйгенса-Френеля. Найбільш важливою є та обставина, що за допомогою цього принципу можна пояснити як відбуваються оптичні явища, за умови, коли закони геометричної оптики перестають бути справедливими. Найпростіший випадок відхилення від законів прямолінійного поширення можна спостерігати при проходженні світла крізь дуже малий отвір. Світло, в даному випадку, по краях отвору відхиляється в боки, огинаючи краї.

Явище огинання перешкод світловими хвилями, які поширюються в неоднорідному середовищі (отвір в екрані, межа непрозорих тіл тощо) або явище відхилення світла від законів прямолінійного поширення, тобто огинання перешкод називається дифракцією світла.

Пояснення явищу дифракції дається виключно з точки зору хвильової теорії. Справді, розподіл світла, що спостерігається в кожному випадку, є результатом інтерференції вторинних хвиль. Розглянемо, наприклад, проходження світлового потоку крізь круглий отвір ДД в екрані (рис.2.6), це так звана дифракція Френеля від круглого отвору.

Для того, щоб розрахувати розподіл енергії в точці О, застосуємо такий допоміжний прийом. Проведемо з точки О конічні поверхні ОКЛ, OMN, OPQ і т.д. до перетину із поверхнею сферичної хвилі ДСД. Довжину твірних виберемо так, щоб $OL = OC + \frac{\lambda}{2}$, $ON = OL + \frac{\lambda}{2}$, $OQ = ON + \frac{\lambda}{2}$ і т.д. Інакше кажучи, відстань від точок С, L, N, Q до точки О зростає на довжину півхвилі світла ($\frac{\lambda}{2}$), що падає на отвір. Таким чином, поверхня хвилі ДСД розіб'ється

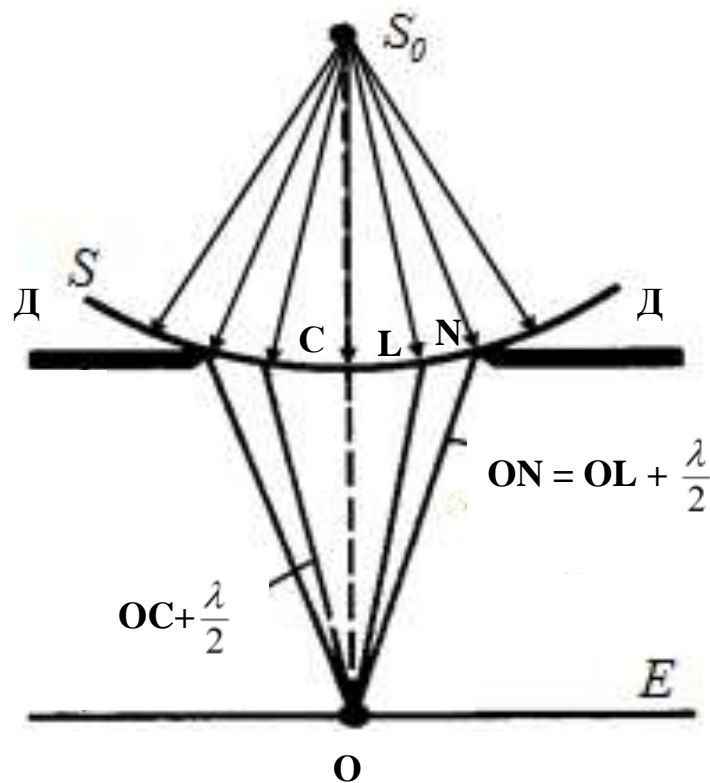


Рис.2. 6. Дифракція Френеля на круглому отворі.

на кільцеві зони. Площі цих зон мало відрізняються одна від одної, бо ОС значно більша $\frac{\lambda}{2}$. Проте їх дія в точці О є різною. Різниця ходу між якою небудь точкою першої зони і, відповідно, точкою другої зони дорівнює $\frac{\lambda}{2}$. Тому світлові хвилі від першої і другої зон, дійшовши до т. О, взаємно послаблюватимуться. Таким чином в т. О дія першої зони практично знищуватиметься дією другої зони. Такі самі міркування покажуть, що дія в т. О третьої зони протилежна дії другої, дія четвертої – протилежна дії третьої і т.д. Тобто, дії сусідніх зон практично знищують одна одну. Якщо отвір ДД такий, що в ньому вміщується всього дві зони, то в т. О майже не буде світла (енергії), бо дві сусідні зони взаємно послаблюють одна одну. Якщо ж отвір ДД вміщуватиме три зони, то в т. О повинно бути світло, оскільки третя зона послабить дію другої і т. О буде освітлена неослабленою дією першої зони. В результаті світла центральна точка буде охоплена темним кільцем, за яким знову спостерігається просвітлення (рис.2. 7). В загальному випадку, при парному числі зон у центрі буде темна пляма, оточена світлими і темними кільцями, що чергуються, а при непарному числі зон – зворотня картина.

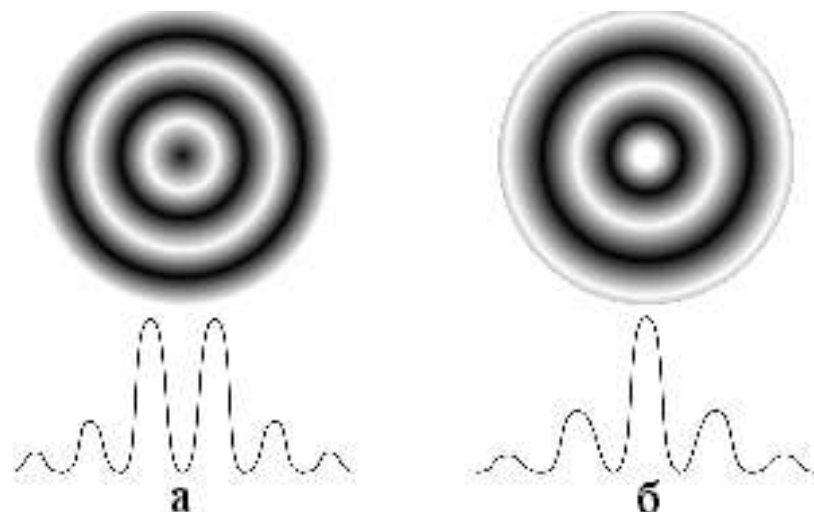


Рис. 2 7. Дифракційна картина від круглого отвору та розподіл енергії в спектрі:
а) при парному числі зон; б) при непарному числі зон.

Розміри цих кілець залежать від діаметра отвору і при достатньо великому діаметрі чергування темних і світлих кілець біля центра стає таким тісним, що спостерігач перестає їх розрізняти і практично не спостерігає явища дифракції. Положення максимумів та мінімумів, які складають дифракційну картину, як ми бачимо, залежить від довжини світлової хвилі. Тому, при спостереженнях в складному, наприклад білому, світлі де представлені різні довжини хвиль, дифракційні максимуми різних кольорів будуть на різних місцях, тобто при явищі дифракції відбувається розклад складного світла. Практично найбільш цікавий випадок, де такий розклад відіграє важливу роль. Здійснюється при допомозі так званих дифракційних ґраток.

Найпростіша дифракційна ґратка являє собою плоскопаралельну пластинку, на якій чергуються вузькі прозорі та непрозорі полоси, паралельні між собою (рис.2. 8). Суму ширини прозорої b (відбиваючої) та непрозорої c (розсіюючої) полоски прийнято називати періодом ґратки $d = b + c$

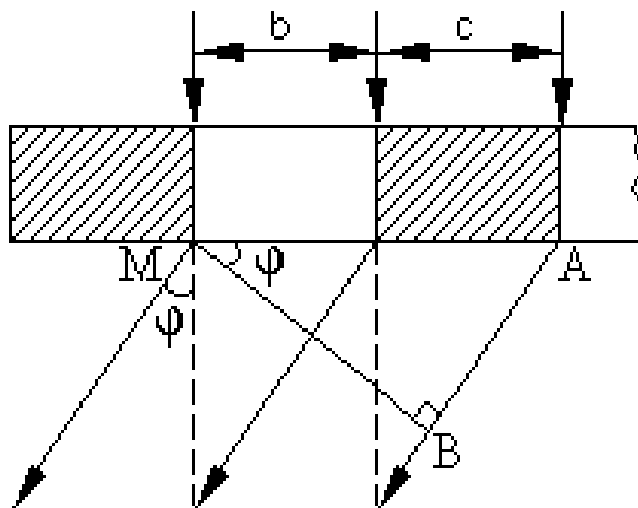


Рис. 2. 8 . Елемент дифракційної ґратки та хід променів у ньому.

Припустимо, що на дифракційну ґратку, перпендикулярно до її поверхні, падає світло довжиною λ . Фронт відхиленої хвилі є площина MB , перпендикулярна до променів, що дифрагували. Різниця ходу променів AB , що

йдуть від відповідних отворів, мають однакові значення. Для отримання формули дифракційної ґратки необхідно розглянути трикутник МВА. Щоб усі пучки підсилювали один одного необхідно, щоб у різниці ходу АВ вміщалося ціле число довжин хвиль. $AB = AM \cdot \sin \varphi$, звідки $AB = d \sin \varphi$. Якщо $AB = k\lambda$, то отримуємо умови максимуму і мінімуму:

$$\text{якщо } d \sin \varphi = k\lambda - \text{max}$$

$$\text{якщо } d \sin \varphi = (2k+1) \frac{\lambda}{2} - \text{min, де } k = 0, 1, 2, \dots$$

Ці умови також дозволяють знайти ті значення кута φ , тобто ті напрямки, при яких будуть спостерігатись максимуми світла з довжиною хвилі λ .

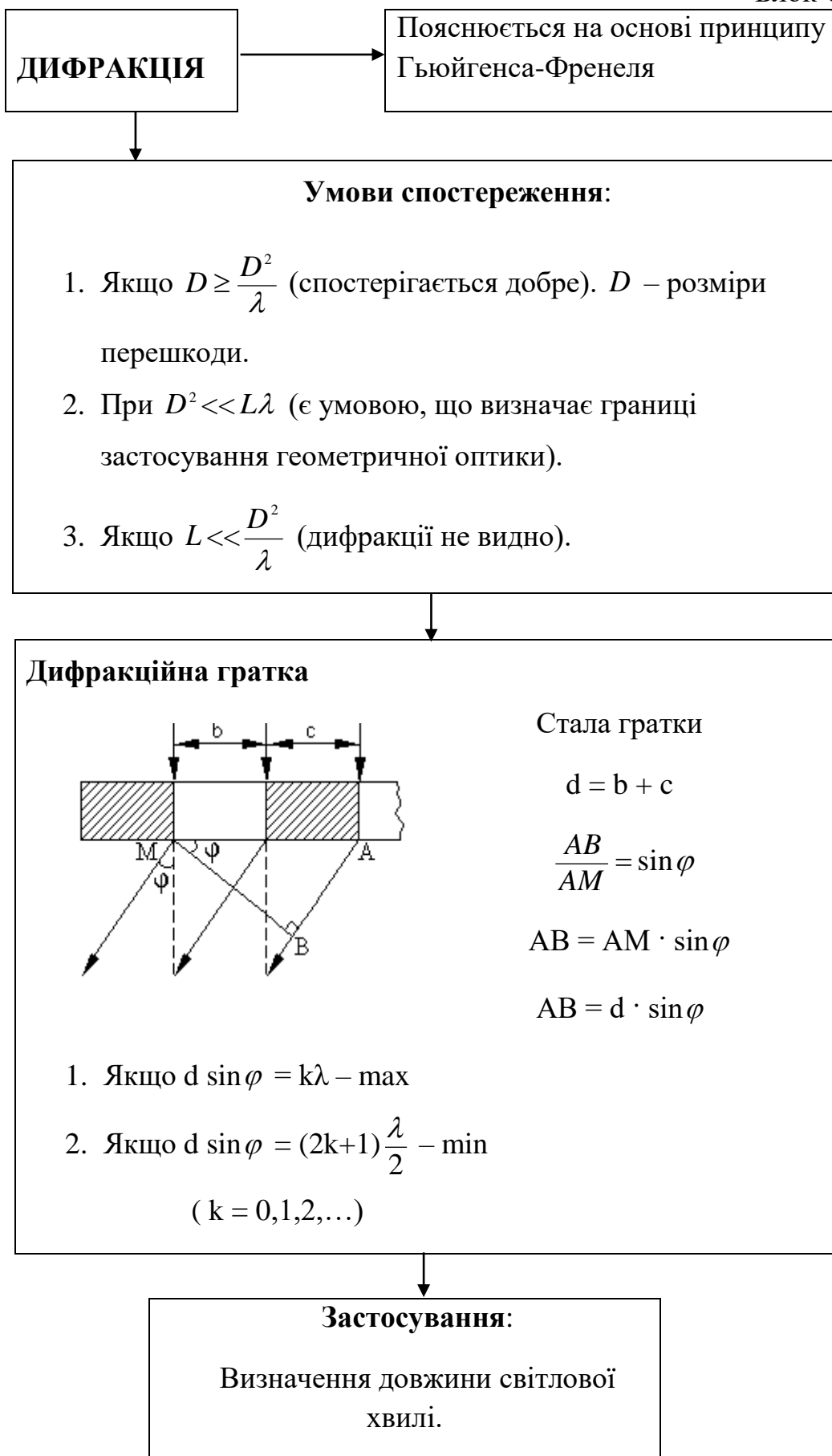
Ці кути знайдемо із формули $\sin \varphi = k \frac{\lambda}{d}$.

II.3. Узагальнення і систематизація знань учнів про хвильову природу світла при допомозі знаково-символічної наочності

Впровадження в навчальний процес уроків систематизації і узагальнення знань, згідно з програмами, затвердженими МОН України [3-5], сприяє всебічному розвитку самостійності та ініціативності учнів, ознайомленню їх з методами дослідження і логікою наукового мислення, закономірностями пізнання, формуванням фізичної картини світу.

Для узагальнення і систематизації знань учнів при вивченні явища дифракції світла в 11 класі доцільно скористатись заготовленою блок-схемою 2.1. Один із учнів пригадує та ще раз з'ясовує принцип Гьюйгенса: будь яка точка середовища, до якої дійшло збурення, сама стає джерелом вторинних хвиль і поверхня, дотична до всіх вторинних хвиль являє собою хвильову поверхню в даний момент часу. Це дає можливість пояснити якісно картину дифракції світлових (електромагнітних) хвиль. Інший учень формулює доповнення, зроблене Френелем – хвильова поверхня в любий момент часу являє собою не просто обвідну вторинних хвиль, а є результатом їх інтерференції. Це доповнення дає змогу кількісно описати явище дифракції і пояснити на основі хвильових властивостей прямолінійність поширення світла. Наступний учень з'ясовує умови спостереження дифракції, інший – пояснює явище дифракції за допомогою дифракційної ґратки. Такий аналіз корисний тим, що дозволяє ще раз повторити та закріпити основні положення інтерференції світла, а також ознайомитись з точним методом вимірювання довжини світлової хвилі. У висновках слід наголосити, що дифракція відбувається на предметах любых розмірів, а не тільки співвимірних з довжиною хвилі.

Заповнена з учнями блок-схема 2.1 допоможе узагальнити і систематизувати знання з теми «Дифракція світла», а також може бути використана при підготовці до складання ЗНО чи ДПА з фізики.



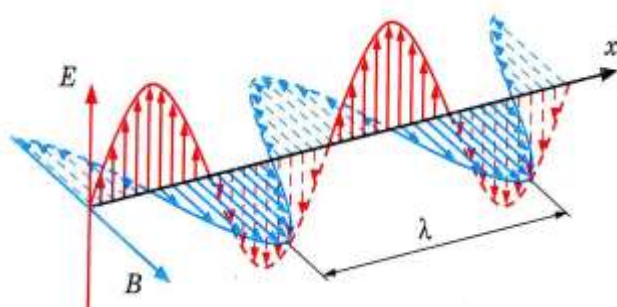
Наступним етапом формування в учнів міцних знань та розуміння сутності електромагнітних хвиль, їх властивостей є узагальнення та систематизація їх знань в аспекті загальної характеристики електромагнітних хвиль. З цією метою, на нашу думку, доцільно скористатись блок-схемою 2.2, яка описує загальні властивості (особливості, чи притаманні риси) електромагнітних хвиль.

У відповідності з програмами [26-28], учні знайомляться із властивостями механічних, а пізніше й електромагнітних хвиль вже у 7- 9 класах. Основні поняття, які там вивчаються на початковому етапі, а саме при вивченні механічних хвиль, – поперечні і повздовжні хвилі, довжина хвилі і її зв'язок із швидкістю хвилі (поширення) та періодом (частотою), служить основою для формування аналогічних понять, що характеризують електромагнітні хвилі. Таким чином на прикладі електромагнітних хвиль (включаючи і оптичний діапазон) завершується формування загального уявлення про хвильові властивості, які широко розповсюджені в природі та відіграють надзвичайно важливу роль в науці та техніці.

Звідси випливає доцільність при вивченні електромагнітних хвиль розкрити спільність всіх хвильових явищ (механічних, електромагнітних) незалежно від властивостей середовища, в якому поширюються ці хвилі. Це потребує широкого застосування методу аналогій, як при теоретичному розгляді явищ, так і при експериментальному. Разом з тим необхідний показ принципів відмінностей механічних та електромагнітних хвиль, щоб уникнути небезпеки виникнення «механічних» уявлень. В цьому плані повинні бути розкриті такі принципові особливості хвиль різної природи [29]:

- механічні хвилі можуть виникати тільки у речовині (пружне середовище), електромагнітні хвилі можливі й у вакуумі;
- механічні хвилі можуть бути як повздовжніми так і поперечними, а електромагнітні хвилі виключно поперечні;

Електромагнітна хвиля



Швидкість поширення в непровідному, нейтральному та неферомагнітному середовищі задається рівнянням:

$$v = c \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}, \text{ де } c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$$

Рівняння плоскої синусоїдальної хвилі

$$E = E_0 \cos \omega(t - \Delta t) = E_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

Аналіз характеру поширення електромагнітних хвиль:

- навколо джерела хвиль відбувається періодична зміна характеристик електричного і магнітного полів (\vec{E} та \vec{B});
- амплітуди коливань енергії електричного і магнітного полів в кожній точці рівні, а коливання векторів поля співпадають по фазі;
- напрямки коливань \vec{E} та \vec{B} взаємно перпендикулярні, хвилі поперечні;
- електромагнітні хвилі поширюються у вакуумі аналогічно, як і у будь якій речовині;

Властивості електромагнітних хвиль:

- вектори \vec{E} , \vec{B} та \vec{v} взаємно перпендикулярні та утворюють правогвинтову систему, незалежно від будь якої координатної системи;
- в електромагнітній хвилі вектори \vec{E} та \vec{B} коливаються завжди в однакових фазах, а взаємозв'язок між їх миттєвими значеннями (\vec{E} та \vec{B}) в довільній точці задається співвідношенням $E = vB$;
- електромагнітні хвилі відбиваються і заломлюються при падінні на поверхню тіла;
- електромагнітним хвилям властива інтерференція, дифракція та поляризація;

- швидкість пружних хвиль визначається властивостями середовища (модуль пружності і густина), але в системі відліку, що рухається відносно середовища, швидкість хвилі змінюється за класичним законом додавання швидкостей. Швидкість електромагнітної хвилі у вакуумі не залежить від стану руху джерела або приймача, тобто є інваріантна відносно системи відліку.

Далі доцільно провести узагальнення і систематизацію знань учнів стосовно вивченого матеріалу, провівши класифікацію механічних та електромагнітних хвиль, використавши з цією метою блок-схему 2.3.

Для проведення такого узагальнення та систематизації знань варто залучити максимальну кількість учнів класу, коли один учень характеризує, скажімо, хвилі за характером руху частинок у процесі поширення хвилі, інший за характером переносу енергії. При цьому вчитель, залучаючи інших учнів, наголошує сам, чи дає можливість зробити це іншим учням, про особливостях даних процесів. Опісля проводиться класифікація хвиль в залежності від природи хвиль. Таким чином, до даного процесу залучаються всі учні класу, заповнюється повністю блок-схема, що сприяє активізації знань учнів, систематизуються їх знання з такої надзвичайно важливого та фундаментального питання фізики.

ВИСНОВКИ

- Ефективність розуміння та засвоєння учнями властивостей електромагнітних хвиль значно покращується, коли теоретичний розгляд підкріплюється демонстраційним експериментом;
- Продемонстровано ефективність використання знаково- символічної наочності, зокрема рисунків та блок-схем при вивченні властивостей електромагнітних хвиль, що дозволяє навчити учнів глибокому аналізу, вмінню зіставляти та визначати взаємовідношення між фізичними величинами, явищами, процесами та поняттями, а також для систематизації та узагальнення знань учнів з даного розділу фізики.
- Проведення нами дослідження показало, що блок-схеми є зручним засобом для систематизації і узагальнення знань учнів, активізації їх пізнавальної діяльності. Особливо корисно застосовувати їх в старших класах під час вивчення на уроках великих за об'ємом навчального матеріалу тем.

Список використаних джерел

1. Ушинський К.Д. Вибрані педагогічні твори: В 2-х т. / Редкол.: В.Н. Столетов (голова) та ін. - Т 2. - К.: Рад. школа, 1983. - 359 с.
2. Малафіїк І. В. Дидактика новітньої школи. – К.Слово, 2015. – 632 с.
3. Фізика. 7–9 класи. Навчальна програма [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mon.gov.ua/activity/education/zagalna-serednya/navchalni-programy.html>
4. Фізика і астрономія. Навчальні програми для 10-11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту, профільний рівень). Авторський колектив під керівництвом Ляшенка О. І. // <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv/fizika-i-astronomiya-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lyashenka-o-i>
5. Фізика. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту, профільний рівень) Авторський колектив під керівництвом Локтева В.М. // <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf>
6. Комплексне використання дидактичних засобів у навчанні фізики. Зб. статей / За ред. Є. В. Коршака. – К.: Рад. школа, 1983. – 132 с.
7. G. Leinhardt, O. Zaslavsky, Mary Kay Stein. Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching // Review of Educational Research. - Spring 1990. – 60 (1). – p. 1 – 64.
8. Ляшенко О.І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи: логіко-дидактичні основи / О.І. Ляшенко. – К.: Генеза, 1996. – 128 с.
9. Савченко Л. Г. Демонстрації з фізики: методичний посібник. – Київ: Педагогічна преса, 2012. — 200 с.
10. Садовий М. І. Вибрані питання загальної методики навчання фізики / М. І. Садовий. — Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013.
11. Сиротюк В. Д. Загальний курс фізики: Оптика. — К.: Вища школа, 2003.

— 456 с.

11. Фейнман Р. Лекції з фізики: У 3 т. Т. 2: Простір. Час. Рух. Пер. з англ. — М.: Мір, 1978. — 512 с.
12. Шарко В. Д. Компетентнісно-орієнтоване навчання учнів фізики як методична проблема / В. Д. Шарко — Херсон, 2015.
12. Шут М.І. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах: навч. посібник / М.І. Шут, В.П. Сергієнко. — К.: Шкільний світ, 2004. — 128 с.
13. Систематизація й узагальнення знань, умінь і навиків учнів з фізики у 8-10 класах за допомогою графіків. Методичні рекомендації вчителям фізики / Столярчук Д.С., Борис М.М., Іванова В.Р., Гончар О.Г. - Львів. — 1980, 43 с.
14. Столярчук Д.С., Столярчук І.Д. Уроки узагальнення і систематизації знань учнів з фізики в X-XI класах загальноосвітньої школи: навчально-методичний посібник Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2012. — 112с.
15. Мисечко Є. М. Методика вивчення електромагнітних коливань і хвиль. Дніпро, 2017
16. Кадченко В. М. Експерименти з хвильової оптики : навчальний посібник. Київ, 2024
17. Головка М. В. Фізика і астрономія : підручник для 11 класу. Київ : Освіта, 2019, 288 с.
18. Сиротюк, В. І. Фізика і астрономія 11 клас: підручник для закладів загальної середньої освіти. Київ: Ранок, 2020, 368 с.
19. Засекіна, Т. М. Фізика і астрономія 11 клас: підручник для закладів загальної середньої освіти. Київ: Генеза, 2018, 272 с.