

4. Кислова М.А. Поняття компетентнісного підходу та ключові компетентності при навчанні вищій математиці / М.А.Кислова // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий ріг: КрНУ. – 2012. – Випуск 31. – С.3-6.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 2. / Савельев И.В. – М.: Наука, 1982. – 80с.

Надійшла до редколегії 20.02.2017.

УДК 378.147.31

ТАРАН В.Г., к.ф.-м.н., доцент
 ГУБАРЄВ С.В., к.т.н., доцент
 ТРУСЄЄВА Н.О., к.ф.-м.н., доцент
 ГУРІН І.В., студент

Дніпродзержинський державний технічний університет, м. Кам'янське

ХВИЛЬОВА ПРИРОДА СВІТЛА ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА КОНЦЕПЦІЯ ВИВЧЕННЯ РОЗДІЛІВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ, ХВИЛЬНОЇ ТА КВАНТОВОЇ ОПТИКИ В КУРСІ ФІЗИКИ ВНЗ

Вступ. Традиційна специфіка вивчення «Оптики» в загальному курсі фізики вищих навчальних закладів полягає в тому, що різноманіття властивостей світла і прояв відповідних оптичних законів розглядають як матеріал трьох окремих розділів на основі різних концептуальних підходів: геометрична (променева оптика) базується на принципі Ферма, зокрема використовуючи поняття оптичної довжини шляху променів; хвильова оптика – на суто хвильових властивостях електромагнітних випромінювань; квантова оптика – на корпускулярних властивостях світла [1-3]. Такий підхід з самого початку вивчення оптики розсіює увагу студентів і формує його сприйняття з різних концептуальних принципів, ускладнюючи розуміння відповідних фізичних законів.

Постановка задачі. Виходячи із сказаного вище, при викладенні матеріалу розділу оптики не раціонально штучно розмежовувати природу світла в серії оптичних явищ, а розглядати їх в концепції єдиної хвильової його суті, подаючи оптичні закони виключно на основі ствердження електромагнітної природи, починаючи з шкали електромагнітних хвиль і закінчуючи, включно, гіпотезою Планка та властивостями хвильової природи фотонів.

Результати роботи. Як правило, вивчення оптики розпочинається з розгляду законів розповсюдження світла в однорідних і неоднорідних середовищах на основі формальних принципів геометричної оптики. При цьому фізична сутність очевидних явищ відбивання, заломлення, прямолінійного променевого поширення світла залишається нерозкритою. Багаторічний досвід показує, що, починаючи з геометричної оптики, тематику занять, як правило лекційних, необхідно будувати таким чином, щоб виведення законів та тлумачення понятійних формул базувалось на концепції хвильової природи світла (табл.1).

Таблиця 1 – Теми розділу «Оптика», оптичні явища та хвильові властивості світла

№ п/п	Тема	Хвильові ознаки	Кількість годин	
			лекції	практичні заняття
1	2	3	4	5
1	Вступ. Світло як електромагнітна хвиля	Рівняння світлової хвилі. Довжина хвилі λ , частота ν та амплітуда A світлових коливань	1	
2	Фотометрія. Енергетичні характеристики світла	Світловий потік Φ як потік енергії Пойтінга електромагнітної хвилі. Спектральна густина енергії як випромінювальна здатність тіла $\Gamma_{T,\lambda}$	1	1

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
3	Геометрична оптика. Оптичні прилади	Світловий промінь як нормаль до хвильового фронту. Швидкість світла як швидкість електромагнітної хвилі згідно з теорією Максвелла. Довжина хвилі λ в середовищах з різними показниками заломлення « n ». Виведення законів відбивання та заломлення світла з його хвильової природи	1	2
4	Дисперсія світла	Розкладання світла на спектр як залежність показника заломлення $n(\nu)$ від частоти світлової хвилі. Колір світла як хвилі різної частоти ν	1	1
5	Інтерференція світла	Поняття інтерференції світла як результат суперпозиції світлових хвиль з різними фазами коливань. Інтерференційні спектри як результат залежності координат максимумів освітленості від частоти ν коливань світлової хвилі. Метод Юнга створення когерентних джерел. Обарвлення тонких плівок при інтерференції	2	2
6	Дифракція світла	Огинання променями перешкод як деформація хвильового фронту світлової хвилі. Теорія дифракції Гюйгенса-Френеля як багатопроменева інтерференція вторинних хвиль будь-якої природи. Розкладання білого світла в спектр при дифракції світлових хвиль різної частоти	2	2
7	Поляризація світла	Теорія поляризації як наслідок поперечного характеру світлової хвилі. Закони Малюса та Брюстера як наслідок поперечності світлової хвилі	2	1
8	Взаємодія світла з речовиною. Квантова оптика	Дослід Боте для фотона як уривку електромагнітної хвилі (хвильового цугу). Модель утворення фотона випромінюваного атомом. Хвильова гіпотеза Планка для енергії фотона. Маса та імпульс фотона в залежності від частоти ν . Корпускулярно-хвильовий дуалізм світла	4	4

В межах можливостей навчальних закладів (навчально-лабораторної бази) для експериментального встановлення хвильових властивостей світла можна запропонувати навчально-лабораторні заняття студентів відповідного змістового переліку (табл.2).

Таблиця 2 – Тематика лабораторних робіт з розділу «Оптика» загального курсу фізики

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
О1	Вивчення фотометричних законів освітленості	4,0
О3	Вивчення дисперсії світла за допомогою лінзи	4,0
О4	Вивчення дисперсії світла за допомогою спектроскопу	4,0

Продовження таблиці 2

1	2	3
O9	Вивчення поглинання світла в речовині	4,0
O5	Вивчення інтерференції світла від двох когерентних джерел (дослід Юнга)	4,0
O6	Визначення радіуса кривини плоско-випуклої лінзи за допомогою кілець Ньютона	4,0
O7	Вивчення дифракції світла на дифракційній ґратці	4,0
O8	Вивчення поляризації світла	4,0
K2	Вивчення гелій-неонового лазера та законів геометричної оптики з його допомогою	4,0
K11	Вивчення спектра атома водню	4,0
K12	Вивчення зовнішнього фотоелекту за допомогою вакуумного фотоелементу	4,0
K13	Визначення сталої Стефана-Больцмана за допомогою оптичного пірометра	4,0
K10	Вивчення закономірностей випромінювання нагрітих тіл	4,0

Кількість годин на виконання лабораторних робіт розрахована згідно з умовами індивідуального їх виконання за графіком загального семестрового навантаження в обсязі 16-32 академгодин.

Одним з найбільш ефективних дидактичних засобів вивчення оптичних закономірностей на основі хвильових властивостей світла є наочне їх представлення малюнками (кресленнями) на аудиторній дошці або з використанням мультимедійного устаткування (рис.1-3).

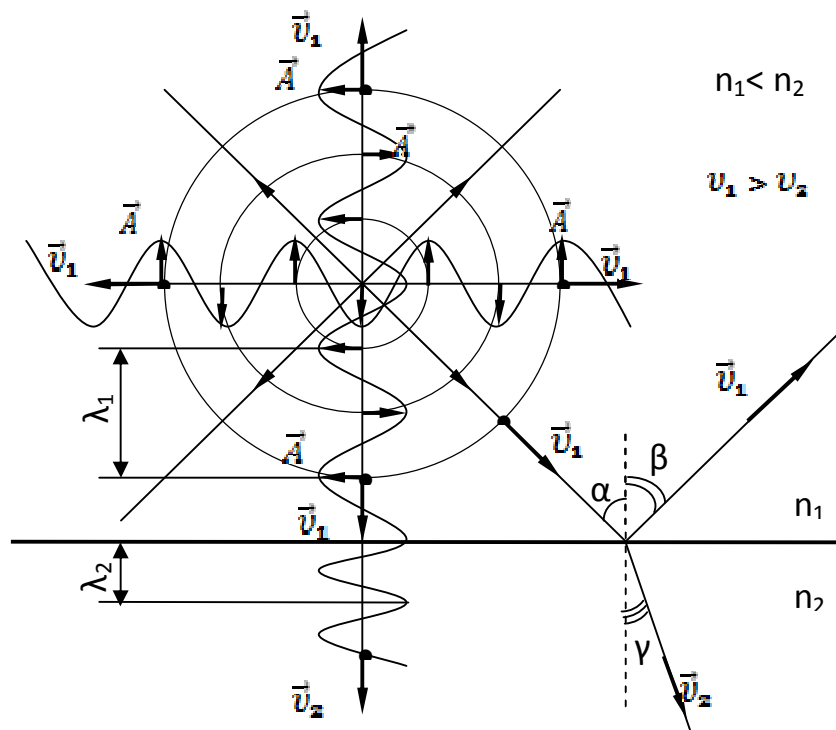


Рисунок 1 – Приклад наочного зображення системи світлових хвиль, їх фронтів та променів від точкового джерела на межі розділу середовищ

Наприклад: закони прямолінійного розповсюдження світла, його відбивання та заломлення можна проілюструвати зображенням системи ліній хвильового фронту та

світлових променів, які за законами поперечних хвильових процесів ортогональні до площини розташування вектора світлових коливань (рис.1).

Пояснюючи закономірності геометричної оптики, необхідно звернути особливу увагу студентів на ортогональність променів світла до поверхні фронту світлових хвиль як в однорідному середовищі, так і при переході з одного середовища в інше з різними показниками заломлення. Пояснення законів відбивання і заломлення світла доцільно давати на основі залежності швидкості розповсюдження світлових хвиль $v(n) = \frac{c}{n}$ та їх

довжини $\lambda(n) = \frac{\lambda_0}{n}$ від показника заломлення середовища n , враховуючи, що мінімальна відстань між хвильовими фронтами з однаковою фазою дорівнює довжині хвилі λ .

В розділі «Дисперсія світла» необхідно наголосити, що природне світло являє собою суперпозицію некогерентних електромагнітних хвиль суцільного діапазону $\lambda_0 = 0,4 \div 0,75$ мкм і при проходженні через призму Ньютона за законом заломлення розкладається на промені різної частоти ν (кольору). Доцільно наголосити, що колір світла визначається саме частотою світла ν , а не його довжиною хвилі λ .

При можливості в програму курсу доцільно ввести тему теорії дисперсії як результат взаємодії електричної складової світлової хвилі з речовиною.

Інтерференція та дифракція як розділи виключно хвильових властивостей світла даються студентам традиційно згідно з методикою базових підручників [1-3]. Але на наш погляд, буде доцільним детально розглянути принцип Гюйгенса-Френеля на прикладі дифракції в непаралельних променях (метод зон Френеля), де альтернативно доводиться як закон прямолінійного розповсюдження світла, так і закономірність формування дифракційної картини від непрозорої перешкоди в результаті багатопроменевої інтерференції в системі точкових джерел первинного фронту світлової хвилі. Як приклад такого розгляду, доцільно наочно надати креслення деформації хвильового фронту світлової хвилі на межі непрозорої перешкоди та механізм її огинання світлом (рис.2).

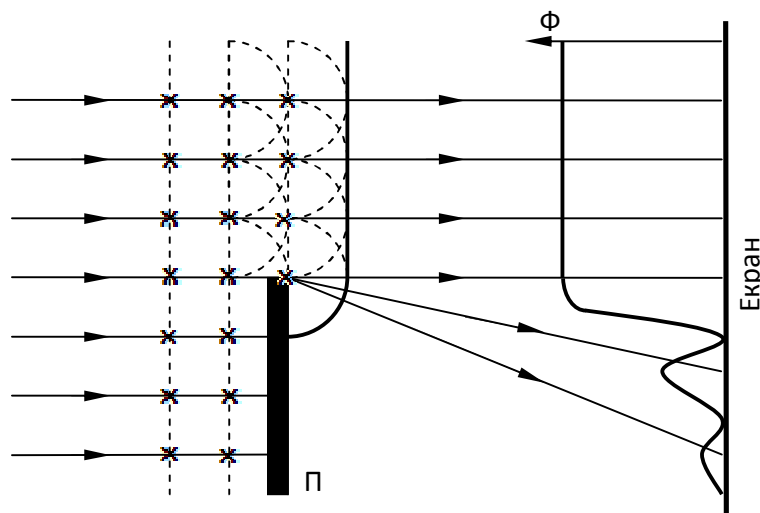


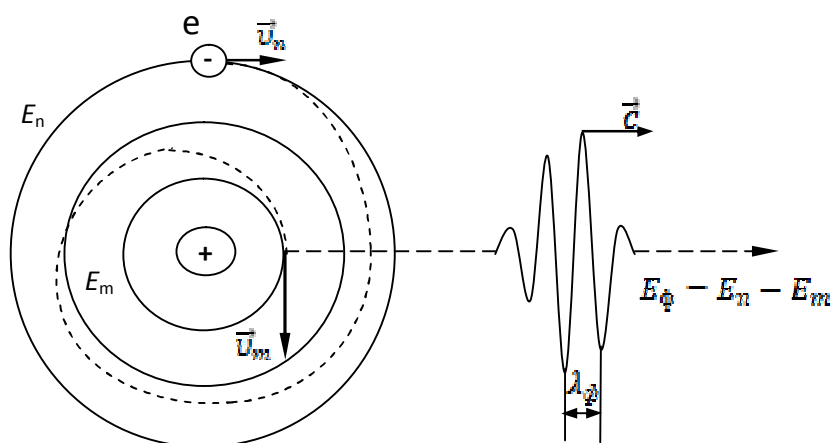
Рисунок 2 – Варіант наочного представлення механізму деформації хвильового фронту і розподілу світлового потоку Φ при дифракції на межі перешкоди Π

Якщо перешкода обмежена в розмірах (круглий диск), то за перешкодою спостерігається дифракційна картина у вигляді концентричних кіл інтерференції вторинних світлових хвиль.

Таким чином, розділи фотометрії, променевої оптики, дисперсії, інтерференції та дифракції засвоюються студентами з точки зору хвильової природи та властивостей

світла. При цьому доцільно звернути увагу на інваріантність законів інтерференції світла при різних способах створення когерентних джерел в явищах відбивання світла, його заломлення та дифракції, що об'єднує закони розповсюдження світла на основі його хвильової електромагнітної природи.

Концептуальним рубежем розгляду природи світла є його квантова природа, що покладена в основу пояснення явищ взаємодії світла з речовиною. Квантові властивості світла, які безперечно встановлені експериментально в ряді фізичних явищ і підтверджені теоретично, також необхідно довести студентам на основі хвильової природи світла. Гіпотеза М.Планка порційності світлового випромінювання сприймається у свідомості студентів як протиріччя з безперервністю хвильового процесу, що в період становлення квантової природи світла не сприймалась навіть елітою наукової спільноти. На наш погляд, корпускулярно-хвильову природу світла як випромінювання окремих атомів легко пояснити наочним, нехай навіть дуже узагальненим процесом переходу орбітальних електронів атома з верхніх енергетичних рівнів на нижчі за проміжок часу порядку $\tau \sim 10^{-9}$ с. (рис.3), де $c\tau \approx 10^{-1}$ м можна вважати за класичний «розмір фотона». Такий підхід не суперечить ні хвильовій, ні корпускулярній природі світла і легко сприймається студентами у формі принципу корпускулярно-хвильового дуалізму.



v_n – швидкість електрона на енергетичному рівні E_n

v_m – швидкість електрона на енергетичному рівні E_m

Рисунок 3 – Наочне представлення процесу формування фотона, випромінюваного атомом при переході електрона з рівня E_n на рівень E_m

Таким чином, в термін 28 академгодин за різними формами навчання можна забезпечити продуктивне засвоєння студентами розділу оптики як фундаментальної основи фахових компетентностей матеріалознавства [4], оптичних методів вимірювання та контролю якості продукції виробництва підприємств.

Висновки. Показано, що викладення розділу оптики раціонально і продуктивно вести в концепції єдиної хвильової природи світла.

Наочно продемонстровано, що всі оптичні явища найбільш зрозуміло можна пояснювати і аналітично доводити їх закономірності, виходячи з хвильових явищ.

Запропоновано наочний варіант представлення процесу утворення фотонів атомами як окремих некогерентних хвильових складових порцій макроскопічного світлового потоку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2 / И.В.Савельев. – М.: Наука, 1978. – 480с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.3 / И.В.Савельев. – М.: Наука, 1982. – 304с.

3. Бушок Г.Ф. Курс фізики. Т.3 / Г.Ф.Бушок, Є.Ф.Венгер. – К.: Вища школа, 2003. – 311с.
4. Пономаренко Е.В. Анализ современного состояния методики преподавания физики в высшей школе: компетентностный подход / Е.В.Пономаренко, В.П.Бондаренко // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 10. – С.207-210.

Надійшла до редколегії 04.04.2017.

УДК 378.147:31

ТРУССЄВА Н.О., к.ф.-м.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ» В КУРСІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Вступ. Перехід вищих навчальних закладів на кредитно-модульну систему потребує також переробки освітніх і робочих програм, що пов'язано з логічним розмежуванням матеріалу, конкретизацією висновків і узагальнень кожної теми курсу. Ключовим при цьому є значення відбору та акцентування уваги на основні та специфічні поняття узагальнюючих факторів та фізичних особливостей, які обумовлюють багатоваріантність явища або процесу [1].

Постановка задачі. Задачею викладача є правильна імплементація попереднього досвіду студента з вивчення спорідненого матеріалу: математичних законів і теорем, на яких базується фізична теорія, акцентування уваги на визначенні та розумінні явищ, що вивчались раніше, а також застосування теорії диференціальних рівнянь та наочного уявлення фізичних процесів [2, 3].

Крім того, в пізнавальній діяльності студентів важливо сформувавши загальний підхід для фізичних явищ різної природи, наприклад, такий загальний підхід можна застосувати для вивчення коливань та хвиль різної природи (механічних та електромагнітних).

Результати роботи. У зв'язку зі скороченням лекційних годин курсу загальної фізики доцільно вивчати теми «Механічні коливання та хвилі» і «Електромагнітні коливання та хвилі» не окремо у відповідних розділах «Механіка» та «Електромагнетизм», а спільно після розділу «Електромагнетизм». Крім економії часу, таке викладання дозволяє наочно, порівнюючи з механічними коливаннями, представити більш важкі для розуміння студентами процеси, що відбуваються в електромагнітних коливальних системах.

Викладання лекційного матеріалу теми «Коливання та хвилі» слід починати на основі єдиного підходу до вивчення коливань різної природи, які описуються однаково за виглядом диференціальними рівняннями [4]. Єдиний підхід дозволяє виявити спільність фізичних явищ різної природи та методів їх теоретичного та експериментального дослідження, що сприяє формуванню матеріалістичного погляду на єдність природи, єдність багатьох закономірностей об'єктивних процесів, що описуються математичними рівняннями.

Після характеристики коливань за способом збудження і за способом математичного опису у вигляді табл.1 наводиться електромеханічна аналогія, де порівнюються простіші механічні і електромагнітні коливальні системи та фізичні величини, що їх характеризують.

Далі, вивчаючи незагасаючі коливання, в залежності від спеціальності майбутніх інженерів більш детально розглядаємо процеси і рівняння, які відносяться або до механічної, або до електромагнітної систем (табл.2), а для іншого виду системи результати аналізу записуються по аналогії з отриманими. Наприклад, для студентів-механіків, за-