

Аналіз таблиці показує, що існують і певні розбіжності в переліку дидактичних засобів і прийомів, які застосовуються різними авторами. Це дозволяє зробити висновок про необхідність детальнішого дослідження проблеми.

Список використаних джерел:

1. *Знаменский П.А.* Методика преподавания физики в средней школе. – Л.: Учпедгиз, 1954. – 552 с.
2. *Великий тлумачний словник сучасної української мови.* – К., Ірпінь: ВТФ “Перун”, 2005. – 1728 с.
3. *Бугаев А.И.* Методика преподавания физики в средней школе. Теоретические основы. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.
4. *Зайченко І.В.* Про деякі проблеми вивчення фізики у творчості Я.А.Коменського // Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні. Матеріали науково-практичної конференції. – Чернігів: ЧДПУ, 1998. – 174 с.
5. *Исаченкова Л.А., Лецицкий Ю.Д.* Физика: Учеб. Пособие для 7-го класса... – Мн.: Нар. асвета, 1998. – 192 с.

6. *Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б.* Физика: Учеб. пособие для 10 кл. ... – М.: Просвещение, 1999. – 222 с.
7. *Physik – plus. Klasse 7. Ausgabe Brandenburg.* – Cornelsen, Volk und Wissen Verlag.
8. *Бугайов О.І., Мартинюк М.Т., Смолянець В.В.* Фізика. Астрономія: Пробн. підручник для 8 кл. серед. школи / За ред. проф. О.І.Бугайова. – К.: Освіта, 1996. – 367 с.
9. *Коршак С.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф.* Фізика, 11 кл.: Підр. для загальноосвіт. навч. закл. – К.; Ірпінь: ВТФ “Перун”, 2004. – 288 с.
10. *Гончаренко С.У.* Фізика: Підруч. для 11 кл. серед. загальноосв. шк.. – К.: Освіта, 2002. – 319 с.

The article covers an analysis of the problems of content and structure of the textbooks in physics for secondary school.

Key words: textbook, physics, didactic facilities, requirements to the textbooks.

Отримано: 3.03.2006.

УДК 537

Б.А. Сусь¹, М.І. Шут², Т.Г. Січкач²

¹Національний технічний університет “КПІ”

²Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

ПРОБЛЕМИ ДИФРАКЦІЇ В РАМКАХ УЯВЛЕНЬ ДВОЇСТОЇ ПРИРОДИ СВІТЛА

Подано дидактичний аспект розгляду проблеми дифракції світла з позицій його дуалізму.

Ключові слова: дифракція, інтерференція, фотон, зонна пластинка, світлова хвиля.

Вступ. Світло має двоїсту природу – корпускулярну і хвильову, що підтверджується експериментально і не дає ніяких підстав для сумніву. Ще Ньютон розглядав світло як потік частинок і таке уявлення довгий час влаштовувало вчених. Тим більше, що ряд дослідів, таких як фотоефект, тиск світла, незаперечно доводили, що світло – це частинки. Відкриття явища інтерференції світла Томасом Юнгом суттєво змінило уявлення про світло, – інтерференція незаперечно доводила, що світло – це хвилі. Однак ці два підходи – корпускулярний і хвильовий – неможливо було взаємно узгодити, бо за тодішніми уявленнями хвилі – це явище просторове і для їх поширення необхідне середовище, тоді як частинка – локалізована в просторі. Тому сто років тому перед фізиками постала велика проблема: що ж таке світло? Проблема була настільки серйозною, що, як дотепно висловився англійський фізик Уільям Брегг, фізики повинні були по понеділках, середах, п'ятницях вважати, що світло – це частинки, а в інші дні тижня – що це хвилі. Ейнштейн висунув гіпотезу, що світло не тільки випромінюється квантами – порціями, як було запропоновано Планком, але й поширюється як частинки, які у 1929 р. американський фізик-хімік Гілберт Ньютон Льюїс назвав фотонами. Ця гіпотеза дістала наочне підтвердження в спеціально поставленому досліді Боте по випромінюванню фотонів атомами в результаті флуоресценції під дією X-променів невеликої інтенсивності (рис.1) [1]. Ідея дослідів полягала в тому, що при дії на металеву фольгу X-променів з енергією $h\nu_1$ виникає вторинне X-випромінювання з енергією фотонів $h\nu_2$, яке фіксується лічильниками L_1 і L_2 з протилежних сторін фольги Φ за допомогою записуючих механізмів M_1 і M_2 . Якби атом випромінював хвилю, вона поширювалася би в усі сторони і лічильники спрацьовували б одночасно. Дослід показав, що лічильники спрацьовують не одночасно, а незалежно і безладно. Це означає, що атом випромінює фотон як частинку, що має імпульс \vec{p} і рухається в одному певному напрямку.

Отже, світло виявляло як корпускулярні, так і хвильові властивості. В цій си-

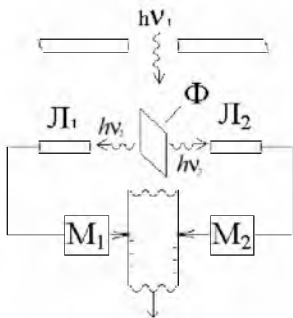


Рис. 1

туації виникла ідея об'єднати здавалося б несумісні точки зору – хвильову і корпускулярну. Її автором був Луї де Бройль, морський офіцер, перед яким відкривалась висока військова кар'єра, але який вибрав фізику. Де Бройль побачив, що двоїстість природи світла закладена в одній формулі, у яку входять як хвильовий параметр λ – довжина хвилі, так і корпускулярний m_ϕ – маса фотона:

$\lambda = h/m_\phi c$, де c – швидкість фотона. Однак де Бройль пішов значно далі. У 1924 р. він висунув гіпотезу, що дуалізм властивий не тільки для світла, а він має універсальне значення – усі частинки речовини поряд з корпускулярними мають також хвильові властивості. Гіпотеза де Бройля дістала блискуче експериментальне підтвердження і хвильові властивості знайшли широке застосування в науці і техніці. Цей стан значною мірою призвів до виникнення нової області фізики, яку спочатку назвали хвильовою, а пізніше квантовою механікою. Квантова механіка пояснює двоїстість як властивість природи мікросвіту.

Проблемний погляд на двоїстість природи світла.

Немає потреби брати під сумнів висновок щодо двоїстої природи світла, оскільки вона очевидна. Однак спробуємо знайти таку точку зору, при якій хвильові і корпускулярні властивості світла сприймалися б не суперечливо, а звично, природно і зрозуміло для наших уявлень. Для цього розглянемо традиційні класичні питання фізики, що стосуються світла, використовуючи відомий у навчанні так званий проблемний підхід. Тобто такий підхід, коли в процесі навчання виокремлюється проблема, яка видається осяжною для розв'язання, і відшукується спосіб її розв'язання. Підійдемо проблемно до класичних питань випромінювання світла і поширення світлових хвиль у відповідності з принципом Гюйгенса-Френеля. Для цього розглянемо дифракцію світла з точки зору як хвильової так і квантової природи світла.

Нехай від точкового джерела O в усі сторони поширюються світлові хвилі (рис. 2). Хвильова поверхня S – поверхня в просторі, де коливання знаходяться в однаковій фазі – у даному випадку сферична. З точки зору хвильової теорії, за принципом Гюйгенса, кожна точка хвильової поверхні є джерелом нових хвиль, тому в точці K вплив точкового джерела можна розглядати як дію всієї хвильової поверхні S . У відповідності з принципом Гюйгенса-Френеля інтенсивність світла в точці K визначається хвилями, що приходять від кожного елемента хвильової поверхні S із врахуванням їх різниці фаз.

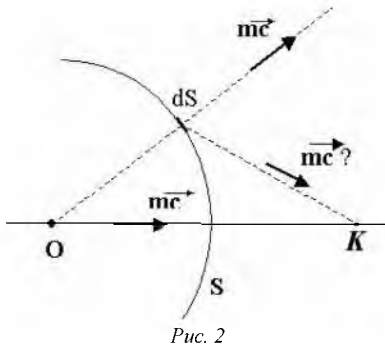


Рис. 2

За квантовою теорією світло випромінюється квантами (порціями) і поширюється як частинки – фотони. У випадку точкового джерела O фотони випромінюються в усі сторони (рис. 2). Кожен фотон має імпульс $\vec{p} = m\vec{c}$, де m –

релятивістська (динамічна) маса фотона, c – його швидкість. За законом збереження імпульсу в області елемента хвильової поверхні dS фотон не може змінити напрямку свого руху. Також не може він “розмножитись” на багато фотонів, які б поширювались в різні сторони від елемента dS . Це означає, що елемент поверхні dS не може стати джерелом нових хвиль від якого фотон може потрапити в точку спостереження K . Отже, з точки зору квантової теорії принцип Гюйгенса не діє. Не діє також і принцип Гюйгенса-Френеля, у відповідності з яким в точці K додаються хвилі, що приходять від усіх елементів хвильової поверхні S із врахуванням їх різниці фаз.

Таким чином, порівнюючи хвильовий і корпускулярний підходи до світла, бачимо, що їх результати не узгоджуються. Однак фізичні явища не залежать від того, яким способом ми їх описуємо. Тому очевидно, що існує проблема в розумінні механізму поширення світлових хвиль і її необхідно розв’язати. З цією метою проаналізуємо процес випромінювання фотонів, їх поширення і їх дію в точці спостереження.

Мусимо зазначити, що фотони – це частинки особливі. Як будь-які інші частинки вони мають масу (релятивістську) й імпульс. Але для фотонів притаманна ще одна важлива характеристика, яка відображає їх хвильові властивості. Це фаза. Дійсно, фотони поширюються як частинки, однак, потрапляючи, наприклад, від двох когерентних джерел в ту чи іншу точку простору, вони дають те, що ми називаємо інтерференційною картиною – системою максимумів чи мінімумів, що залежить від різниці фаз. Отже, робимо висновок, що **фотони – це частинки, для яких властива фаза**. Оскільки фаза є характеристикою коливального процесу, це значить, що фотони є частинками, що знаходяться в коливальному стані. Причому, цей коливальний стан фотона як окремої частинки – внутрішній коливальний процес. Розглядаючи фотон як частинку, що колюється, легко і несуперечливо можемо пояснити поширення світлових хвиль від точкового джерела, зберігаючи при цьому традиційні поняття і визначення.

Отже, нехай точкове джерело O випромінює в усі сторони величезну кількість фотонів-частинок, які коливаються з різними фазами. З-поміж них можна вибрати фотони, фази коливальних яких однакові. Ці фотони й утворюють хвильову поверхню, в даному випадку сферичну. На рис. 3 схематично зображено дві сусідні хвильові поверхні S і S_1 , де коливання фотонів відбуваються з протилежними фазами.

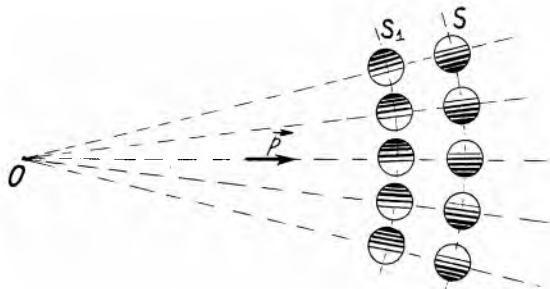


Рис. 3

Розглядаючи фотони як частинки, що коливаються, з точки зору квантової теорії світла легко і зрозуміло можемо пояснити такі хвильові явища як інтерференція і дифракція.

Дійсно, нехай світло від точкового джерела O падає на отвір у перепоні Π (рис. 4). На краях отвору відбувається дифракція, в результаті чого в області тіні (в точці P_1) спостерігається максимум (чи мінімум) інтенсивності.

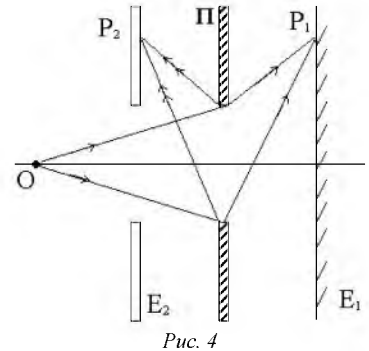


Рис. 4

Традиційно, з точки зору хвильової теорії, дифракція трактується як “огинання” променями різких країв перепони, тобто відхилення від прямолінійного поширення і заходження в область тіні. Зауважимо, що таке визначення дифракції не можна вважати коректним, оскільки в нашому випадку (рис. 4) аналогічна дифракційна картина також виникає на екрані E_2 з протилежного боку, що не можна назвати ані відхиленням від прямолінійного поширення, ані заходженням в область тіні.

З точки зору квантової теорії спостереження дифракційної картини в точках P_1 і P_2 слід розглядати як результат інтерференції фотонів, що перевипромінюються різкими краями перепони Π в різні сторони при попаданні на них світла. Потрапляючи на перепону, фотони спричинюють коливальний рух електронів, які випромінюють фотони вже в різні сторони, зокрема в область тіні (точка P_1), а також і в зворотному напрямку (в точку P_2). Оскільки коливання фотонів є когерентними, утворюються відповідні інтерференційні картини.

Як бачимо, дифракція, це лише різновид способів одержання когерентних “хвиль” і спостереження відповідної інтерференційної картини. В даному випадку когерентними джерелами є краї перепони, де відбувається перевипромінювання фотонів.

В основу дифракційних явищ покладений метод зон Френеля. У цьому методі хвильова поверхня розбивається на зони Френеля таким чином, що світло від сусідніх зон приходить у точку K у протифазі, де й спостерігається результуюча дія всієї хвильової поверхні S (рис. 5). З точки зору хвильової природи світла метод зон Френеля приводить до висновку, що можливі так звані “зонні пластинки”. Дійсно, якщо прикрити зони, які випромінюють світло у протифазі (наприклад, усі непарні), то в точку K (рис. 5) буде потрапляти світло тільки від парних зон, тобто з однаковою фазою, і матиме місце його взаємне підсилення.

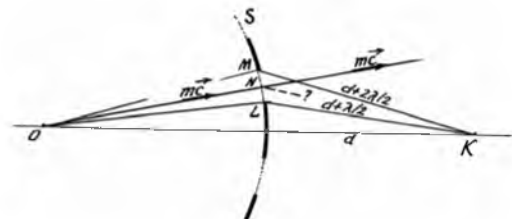


Рис. 5

В літературі робляться висновки, що зонні пластинки такого типу дають можливість підсилити інтенсивність світла в декілька разів, тобто можуть діяти як збирна лінза [2]. Однак такі висновки стають зовсім некоректними, якщо розглядати дію зонних пластинок з точки зору квантової природи світла. Дійсно, в такому випадку фотон не може доходити в точку K від кожного елемента відкритої зони, наприклад, з точки N (рис. 5), оскільки він не може змінити свого напрямку руху. Лише на краях зони, тобто в точках M і L може відбутися зміна імпульсу фотона і внаслідок перевипромінювання фотони можуть потрапити в точку K . Але у відповідності з побудовою зон Френеля випромінювання із точок M і L буде у протифазі, отже його підсилення неможливе.

Підсилення світла за допомогою зонних пластинок можливе, однак для цього їх конструкція повинна бути такою, щоб на краях перевипромінювання відбувалося в однакових фазах, а для цього необхідно прикривати і залишати відкритими в парі дві сусідні зони (рис. 6). За таких умов у точці K буде спостерігатись "підсилення" світла, однак це будуть дифраговані промені, інтенсивність яких набагато менша, ніж інтенсивність світла від неприкритого джерела. В такому випадку зонна пластинка – це дифракційна ґратка. Таким чином, з точки зору квантової теорії світла ідея зонних пластинок не є коректною.

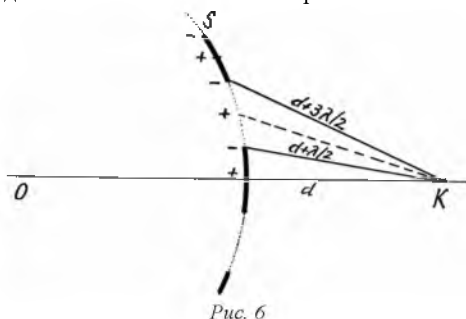


Рис. 6

Висновки. Розглянувши проблемно питання природи світлових хвиль, характеру їх поширення, ми дійшли висновку, що світло – це потік фотонів, які є особливими частинками, що мають масу й імпульс, але які, на відміну від звичайних, перебувають у коливальному стані. Потік фотонів як частинок, що коливаються, можна розглядати як поширення світлової хвилі. Розгляд дифракції світла з точки зору його хвильової і корпускулярної природи дає суперечливі результати, що є підставою для обговорення в рамках проблемного навчання.

Список використаних джерел:

1. Савельев И.В. Курс общей физики, Т. 3. – М.: Наука, 1979. – С.38.
2. Ландсберг Г.С. Оптика. – М., 1976. – С.155.

The didactics aspect of consideration of problem of diffraction of light is considered from positions of his dualism.

Key words: diffraction, interference, photon, zoneplate, light wave.

Отримано: 26.08.2006.

УДК 53(07)

О.М. Трифонова

Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ СТАЛИХ – ЯК ЧИННИК ВІДПОВІДНОСТІ ЗМІСТУ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ДИДАКТИЧНИМ ПРИНЦИПАМ

В статті аналізується відповідність змісту навчального курсу фізики до дидактичних принципів науковості, наступності та послідовності, пропонується варіант експериментального визначення універсальної фізичної сталої.

Ключові слова: дидактичні принципи, фізичні сталі, експериментальне вивчення.

Без дотримання загальних закономірностей і принципів теорії навчання і виховання неможливо правильно конкретизувати процес навчання фізики на різних освітніх рівнях [3, с.19]. Фізика, як жодна інша наука, глибоко впливає на соціальні, етичні й світоглядні запити людей. Усе це потребує відмови від вузькопредметного підходу до вивчення фізики як у школі, так і у вищих навчальних закладах.

Під час формування фізичних знань варто використовувати деякі принципи інтегрування змісту освіти. До таких принципів належить і принцип забезпечення цілісності сприйняття образу світу і далі – принцип концентричності в засвоєнні цілісної картини світу [5].

За аналізом змісту навчальних курсів фізики для профільної школи ще спостерігаються певна фрагментарність викладок і обґрунтувань фізичних теорій, понять, явищ. Водночас, коли учень чи студент вступає у взаємодію з таким досліджуванним фізичним явищем, наприклад, намагається осмислено сприйняти зміст і виконати лабораторну роботу, при цьому досліджуване явище не завжди представляється цілісно обґрунтованим, що відбиває ціннісне ставлення студента чи учня до дій, до явища, його осмислення та розуміння.

Однак, під час трансформації наукової системи знань у навчальну багато зв'язків між елементами знань розриваються. Формуванню чи відновленню цих зв'язків у свідомості учнів і студентів сприяє методологія фізичної науки. Недооцінювання методологічних аспектів фізики, зокрема, не дозволяє встановлювати певні кількісні закономірності, використовувати в процесі навчання строгий математичний апарат. Це впливає на процес знаходження і виконання експериментальних завдань, а відповідно і встановлення загальних принципів, експериментальної їх перевірки. Разом з тим виконання дидактичних принципів, зокрема, принципу науковості – необхідна умова забезпечення відповідності змісту навчального матеріалу стану сучасних наукових знань: правильного глумачення основних фізичних понять на сучасному рівні науки; глибоке теоретичне обґрунтування всіх фізичних явищ і процесів, що вивчаються; розкриття причин виникнення фізичних явищ і процесів, визначення залежності і зв'язків між ними; узагаль-

нення і систематизація матеріалу, встановлення загальних і відмінних рис, що характеризують фізичні явища, їх порівняння; ознайомлення учнів з методами фізичної науки, з розвитком наукових уявлень про будову матерії та ін.; забезпечення зв'язку теорії з практикою [4].

Також фізичні знання повинні сприйматись в певній послідовності та системі. Виконанню цієї задачі і слугує впровадження дидактичного принципу системності та послідовності при вивченні фізики, який складають наступні положення [3, с.24-25]:

1. Зміст фізичних знань для різних освітніх рівнів і послідовність оволодіння ними визначається навчальними планами і програмами.
2. Систематичність і послідовність вивчення матеріалу забезпечується його плановим розподілом за розділами, темами, а також ступенями (рівнями) вивчення.
3. Процес навчання будується шляхом систематичного викладу знань у відповідності зі структурою і логікою фізичної науки та на основі дидактичних правил: від відомого до невідомого, від простого до складного, від конкретного до загального і т.д., з широким використанням відповідних методів та прийомів навчання.
4. Принципу систематичності та послідовності дотримуються в процесі виконання різних видів навчальних робіт в тому числі і при відборі змістовних одиниць навчальних курсів.

Таким чином, зміст навчальних курсів фізики і методика їх вивчення мають керуватись концепцією цілісного відображення фізичної науки у навчальному процесі, відповідності загальним дидактичним принципам.

Аналізуючи структуру і зміст курсів вивчення квантової фізики за програмами середніх і вищих навчальних закладів, варто відмітити ряд змістовних одиниць, які складають основи обох курсів і характеризують якість реалізації принципів науковості, послідовності і наступності в процесі навчання фізики. За аналізом оцінки реалізації дидактичних принципів нами відмічено наявність певної неадекватності щодо відображення ряду основних питань в