



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ
ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ВИКЛАДАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН В МЕДИЧНИХ ОСВІТНІХ ЗАКЛАДАХ

Матеріали
Х Міжрегіональної науково-методичної
інтернет-конференції



5–6 грудня

Харків — 2017

УДК 378.011

А.В. Колєснікова, С.І. Лапта

*Харківський національний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди
м. Харків*

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ ТА КОГЕРЕНТНІСТЬ» У СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

nastia0702@ukr.net

Науково-технічний прогрес та перехід у середній школі до нового змісту освіти спричинив актуальність більш глибокого вивчення учнями фізичної оптики. Цій темі присвячена значна увага дослідників, що відображено й у роботах останнього часу [1, 2]. Однак зважаючи на фундаментальну значимість цієї теми, доцільно повернутись до неї знову. Фізична оптика відноситься до завершальних розділів фізики у середній школі. В ній вивчаються хвильові та квантові властивості світла, які проявляються при взаємодії світла з речовиною, нерозривно пов'язані з сучасною фізикою.

Значення фізичної оптики важко переоцінити для загальної освіти учнів. Вони знайомляться з тим, що світло розповсюджується з кінцевою швидкістю, має енергію, спричиняє тиск, має імпульс і масу.

За сучасними фізичними уявленнями світло володіє не тільки хвильовими властивостями, але і властивостями частинок-фотонів. В свою чергу, і речовина має корпускулярно-хвильові властивості. Енергія і імпульс фотонів зконцентрована в тих місцях, куди в даний момент потрапляють фотони, а розподіл останніх у просторі визначається хвильовими властивостями світла. Ймовірність влучення фотона в різні точки простору пропорційна квадрату амплітуди, тобто інтенсивності світла в цьому місці. Тому при вивченні фізичної оптики учні знайомляться з питаннями сучасної фізики.

Фізична оптика досліджує природу світла: явища інтерференції, дифракції і поляризації світла, дисперсії і розсіювання світла, фотоелектричний ефект, фотохімічні дії, люмінесценцію, тиск світла тощо. Фізична оптика пояснює закони геометричної оптики і визначає межі її застосування.

Безпосереднім доказом хвильової природи світла є його інтерференція, яка відноситься до найбільш важливих фізичних принципів. Вона вказує на обмеженість закону незалежності світлових пучків.

Інтерференційна картина отримана при дослідженні довільного випромінювання доводить, що воно має хвильову природу. Тому учні мають знати, що інтерференція з якою вони знайомляться у фізичній оптиці проявляється у різних за своєю природою хвильових процесах. При цьому вона проявляється тільки при суперпозиції когерентних хвиль, які випромінюються когерентними джерелами.

Явище дифракції також підтверджує хвильову природу світла та дає уявлення про те, що за певних умов порушується прямолінійність його поширення.

Серед фундаментальних понять сучасної фізичної оптики, як, когерентність, монохроматичність, дисперсія, дифракція, поляризація тощо, які дещо складні для засвоєння учнями, особливо важливе місце в викладанні

займають когерентність та інтерференція хвиль. Тому доцільно спинитися на них більш докладно.

Під когерентними, розуміють такі джерела коливань, які збуджують коливання з однаковою частотою і з постійною в часі різницею фаз. Ця різниця може мати різні значення, але вона має бути сталою у часі.

Когерентність доцільно демонструвати учням на хвильовій ванні, у якій встановлено два жорстко пов'язані між собою вібратори (стрижні, занурені у воду). Такі два однакові вібратори будуть когерентними джерелами хвиль на поверхні води з нульовою різницею фаз їх коливань. Щоб мати їх різницю фаз відмінною від нуля треба зробити один з вібраторів коротшим за першого. Тоді він зануриться в воду дещо пізніше першого і обидві системи хвиль будуть поширюватися з деякою сталою різницею фаз.

Коливання кожної точки поверхні води характеризуються трьома параметрами: амплитудою, частотою і фазою. У визначенні когерентності хвиль входять лише дві останні величини. Від різниці амплітуд залежить лише різкість інтерференційної картини. Різниця амплітуд повинна бути такою, щоб за інтенсивністю коливань можна було відрізнити максимуми від мінімумів. Інакше інтерференційна картина буде розмитою. Коли амплітуда одного з коливань, дорівнює нулю, хвильове поле створюється одним джерелом, тобто інтерференції немає.

У когерентних джерелах при рівності частот різниця фаз може мати значення не тільки від 0 до 2π , але й до $2n\pi$, де n – ціле число. Останній випадок практично має місце, коли джерело коливань посиляє цуг хвиль (групу хвиль) через кілька періодів n після початку коливання першого джерела. Якщо два джерела коливань посиляють цуги хвиль однакової частоти, що перетинаються в одній точці простору, то для отримання інтерференційного поля необхідно, щоб вони перекривали один одного у часі й слідували один за одним через рівні проміжки часу. Лише у цьому разі картина інтерференції буде стійкою.

Початкові фази кожного з цугів хвиль I_1 (першого цугу від першого джерела), I_2 (першого цугу від другого джерела) можуть бути різними. Однак при когерентності синхронно змінюються фази відповідних цугів II_1 (другого цугу від першого джерела), II_2 (другого цугу від другого джерела) другої "черги". На хвильовій ванні поодинокі імпульси від двох вібраторів утворюються при одному зануренні вібраторів у воду, а дві системи цугів – при коливаннях цих вібраторів з інтервалом часу, значно більшим періоду коливань T .

Отже, для отримання інтерференції різниця фаз у кожній точці має бути сталою у часі, однак у різних точках зрушення фаз, взагалі кажучи, може бути неоднаковим. Воно має такі ж самі значення в усіх точках максимуму або мінімуму світла однієї й тієї ж інтерференційної смуги. Якщо ж джерела некогерентні, то в точці, куди приходять хвилі від них, різниця фаз у даний момент часу має певне значення, але потім вона так швидко змінюється, що очі спостерігача не в змозі простежити за зміщенням інтерференційних смуг і сприймає середню інтенсивність коливань в області.

Якщо різниця фаз хвиль у точці є сталою $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = const$, то інтенсивність результуючих коливань у ній дорівнює

$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta \varphi$, тобто взагалі вона відмінна від суми інтенсивностей складових коливань: $I \neq I_1 + I_2$. Однак, якщо різниця фаз хвиль у точці $\Delta \varphi$ неперервно змінюється, то середнє значення $\cos \Delta \varphi$ за велике число коливань дорівнює нулю і інтенсивність результуючих коливань стає рівною сумі інтенсивностей: $I = I_1 + I_2$.

Хоча умова когерентності є однаковою для хвиль різної фізичної природи, способи отримання когерентних джерел коливань принципово відрізняються у випадках звуку й світла. Для отримання когерентних звукових хвиль можна скористатися двома незалежними джерелами звуку, які здійснюють коливання з постійною різницею фаз. Незалежні ж джерела світла не дають когерентних хвиль.

Світло випромінюють атоми та молекули речовини. Вони в результаті поглинання квантів випромінювання переходять з нормального стану в збуджений. При зворотному переході вони випромінюють фотони. У будь-який момент часу одні атоми переводяться в збуджений стан, інші, навпаки, переходять в нормальний стан. Процес випромінювання атомом триває дуже короткий час ($\sim 10^{-8} \text{ с}$), в результаті утворюється цуг хвиль деякої довжини.

Якщо такі цуги хвиль випромінюються послідовно один за одним, то, очевидно, що це відбувається незалежно, і тому їх початкові фази як завгодно змінюються. Тобто, ці цуги некогерентні. Некогерентними є також дві групи хвиль, якщо вони випромінюються двома незалежними один від одного атомами. Початкові фази їх коливань і хвиль можуть змінюватися від одного акту випромінювання до іншого як завгодно, хаотично.

Щоб отримати когерентні світлові коливання і хвилі треба випромінювання від одного і того ж атома розділити на дві групи хвиль шляхом віддзеркалення або заломлення. Ці хвилі спричинені одним атомом в одному й тому ж акті випромінювання. Тому у них однакові частоти та постійна різниця фаз. Та ж умова зберігається для іншої пари цугів хвиль наступного акту випромінювання того ж атома. Нарешті, це ж справедливо для довільного атома тіла, що випромінює світло. Кожна пара цугів когерентна, і тому всі вони дадуть сталу в часі картину інтерференції.

Література

1. Садовий М.І. Вибрані питання загальної методики навчання фізики / М. І. Садовий, В.П. Вовкотруб, О.М. Трифонова. – Кіровоград; ПП Центр оперативної поліграфії “Авангард”, 2013. – 252 с.
2. Єнін В. Поєднання вивчення хвильової та геометричної оптики в класах з поглибленим вивченням фізики / Віктор Єнін, Василь Савченко // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 3. – С. 39–42.