

Богдан СУСЬ (м. Київ)

Стаття присвячена суперечливим питанням фізики. В статті розкрито перспективи подальших досліджень у галузі фізики та проаналізовані традиційні фундаментальні проблеми фізики.

Ключові слова: фізика, перспективи розвитку фізики, фундаментальні проблеми фізики.

Статья посвящена спорным вопросам физики. В статье раскрыты перспективы дальнейших исследований в области физики и проанализированы традиционные фундаментальные проблемы физики.

Ключевые слова: физика, перспективы развития физики, фундаментальные проблемы физики.

The article is devoted controversial physics. In the article the prospects for further research in physics and analyzed fundamental problems of traditional physics.

Keywords: physics, physics development prospects, fundamental problems of physics.

ПРИРОДА

Подивись навколо себе, –
Скрізь розкинулась Земля.
І пливе в безмежнім небі
Нікуди й нізвідкіля.

На Землі звелися гори,
Розстелилися поля,
Розлилися на простори
Океани і моря.

Джунглі зеленню буяють,
Тягнуться в Тайгу ліси,
Міцно Землю обтискають
Кригосніжні полюси.

Разом з Місяцем і Сонцем,
Поміж зоряні світи
Кружеля у вічній танці
Нескінченній віки.

Гори височать красою,
Морем вічність колиха,
Вітер мчить від неспокою
І, втомившись, затиша.

І усе те є природа, –
Світ, в якому живемо,
Тому нам потрібно знати
З чого все це й що воно.

Ми є частиною Всесвіту, який знаходиться у безперервному русі. Це нежива природа, але в ній виникло живе. *Живе відрізняється від неживого тим, що воно перебуває у розвитку. Розвиватися – це властивість живого.* І як тільки живе перестає розвиватися, воно стає неживим. Тому *в природі йде безперервний процес розвитку живого і проникнення його в сфери неживої матерії.* Це стосується як найпростіших форм живого, так і складних систем і найвищої його форми – суспільства.

Люди як окремі індивіди і як члени спільноти також прагнуть до розвитку, хоча, можливо, й не усвідомлюють, чому вони повинні розвиватися. Існує якийсь колективний розум, який спонукає їх до цього в усі історичні часи. І незважаючи на страшні хвороби, війни, голод, стихійні катаклізми, людство все-таки розвивається. Нині фактично кожна людина має мобільний телефон, радіо,

телевізор, звичним і необхідним стає комп'ютер. Люди вже побували на Місяці, досягнули інших планет. Сто років тому про таке не було підстав навіть думати. Ми не знаємо навіть творів фантастики, де б передбачались наші нинішні досягнення. А що буде через наступні 100 років? Теж не можемо навіть уявити?

З іншого боку, сто років тому ніхто з людей не думав про екологію. Тепер це актуальна проблема для людей на шляху їх розвитку. Проблеми екології хвилюють людство. Знову діє колективний розум.

А тепер погляньмо на дуже далеку перспективу. Сонце і Земля існують десь біля 4,5 млрд. років. Тут зародилося життя. Але Сонце не вічне. Термоядерні процеси на Сонці завершаться, воно стане так званим «червоним гігантом», дуже розшириться. Так що ще через 4,5 млрд. років *Земля буде непридатною для життя*. Життя на Землі стане неможливим. Однак важко уявити, що людство погодиться з припиненням життя. Воно буде шукати вихід. І хоч підсвідомо, вже це робить. Звичайно, для окремої людини це щось неймовірно далеке від потреб кожного дня, бо їй потрібно просто жити, і вона перейнята життєвими проблемами. Але існує колективний розум, можливо у вигляді інстинкту, який все-таки стимулює *розвиток* людства.

Чому розвиток такий необхідний? Навкруги – неосяжний космос. Якщо Земля – наша, своя, близька, то космос – чужий і жорстокий. І в тому далекому майбутньому нам, людям, ніхто не допоможе. Самі собі маємо давати раду. А для цього *мусимо розвиватися*. Важко навіть уявити якого розвитку людство досягне в майбутньому, але воно повинно створити системи, придатні для життя не однієї людини, а для життя багатьох-багатьох поколінь і, таким чином, добратися до планет інших зірок, щоб продовжити життя. Ці зірки дуже далеко. Навіть від найближчої зірки світло йде 4 роки. Якби промінь світла пустити навколо Землі, то за одну секунду він обійшов би 7-8 разів. Зрозуміло, що без наукового розвитку такі проблеми не розв'язати. Звичайно, розвиток повинен бути всебічним. Всі науки будуть важливі. Але без розв'язання фізичних проблем, не буде про що й думати. Бо йдеться про знання природи. А це справа фізики як науки про природу. Тому можемо стверджувати, що *фізика – найважливіша з наук для майбутнього*. Наші уявлення про природу невпинно

розвиваються, вдосконалюються існуючі і виробляються нові поняття, які виражають суть фізичних явищ і процесів, що необхідно для з'ясування фізичних проблем, які вчені намагаються розв'язати. Однак є проблеми фундаментального характеру, причому світоглядні, які не вдається розв'язати протягом багатьох поколінь.

Традиційні фундаментальні проблеми фізики.

Це добре відомі фундаментальні питання, на які немає відповіді:

1. За сучасними уявленнями в основі світу є субстанція, яку ми назвали матерія. І відомо, що матерія перебуває у двох видах – речовини і поля. Речовина – це добре відомі для нас тіла – вода, камінь, пісок, космічні тіла – Місяць, зорі. І ще важливо, що матерія перебуває в нескінченному русі. Проблемне питання: чи є така форма руху як взаємний перехід матерії з одного виду в інший?

2. Інший вид матерії – поле. Ми знаємо електричне, магнітне, електромагнітне, гравітаційне поля. Зокрема, електромагнітні поля – це так звані електромагнітні хвилі – світло, радіохвилі, гамма випромінювання. Відомо, що світло має двоїсту природу – це хвилі і частинки водночас. Але хвилі – явище просторове, а частинка – локалізована. І це в один і той самий час. Як так може бути?

3. Інша проблема: якщо світло – це хвилі, то в якому середовищі вони поширюються? Якщо світло – це частинки, то де тут коливний процес?

4. Відомо, що електромагнітна хвиля – це коливання електричного і магнітного полів, які мають енергію. Проблемне питання: у що перетворюється енергія електромагнітної хвилі в процесі коливань? Відповіді немає.

5. Є таке явище у фізиці як дифракція, коли світло, потрапляючи на перешкоду, заходить в область тіні. Традиційно дифракція розглядається як явище хвильове. Але дифракція не розглядається з точки зору корпускулярного підходу. До того ж, корпускулярний підхід суперечить хвильовому! Чому?

6. Рівномірний рух частинки у квантовій механіці розглядається як хвиля де Бройля. Але невідомо, де у хвилі де Бройля коливний процес?

7. Ми знаємо два види взаємодії між тілами – через середовище і через обмін частинками. Обидва види дають відштовхування. А який механізм гравітаційного притягування?

Розглянемо детальніше суть цих проблем.

Відомо, що ядерна бомба працює на основі поділу ядра урану на частини і при цьому спостерігається зникнення частини маси ядра – так званий «дефект маси». Насправді ж маса безслідно не зникає, бо з'являється гамма-випромінювання, що є іншим видом матерії – полем. Також відомо, що при зустрічі електрона і позитрона відбувається їх анігіляція і утворюється гаммаквант. Відомі досліди й про зворотній перехід: при зіткненні двох гаммаквантів вони зникають, але утворюються електрон і позитрон. Однак це окремі акти переходу речовини в поле або поля в речовину. Проблемне питання в тому, *чи існує перехід одного виду матерії в інший як неперервний процес, як форма руху?* Чи існує така форма руху?

Покажемо, що наочним прикладом переходу речовини в поле і поля в речовину є електромагнітні хвилі, зокрема світло. У фізиці незаперечно відомо, що світло має двоїсту природу – воно є хвилею і частинками водночас. Проте тут проявляється суперечність.

Сумніву в тому, що світло є хвилею і частинками водночас – нема, але проблема в тому, що ці два поняття суперечать одне одному

Дійсно, за існуючими традиційними уявленнями *хвиля – явище просторове і для її поширення потрібне середовище* (наприклад, звук поширюється в повітрі). А що є середовищем для поширення світла? Але якщо світло є частинкою, то вона вже не розсосереджена в просторі, а локально обмежена. І *для поширення частинки якимсь середовищем не потрібне*. Все це означає незавершеність наших уявлень про світло, недосконалість понять і термінів, що їх визначають. Причину такого проблемного стану зі світлом ми вбачаємо в тому, що *у фізиці непоміченим залишився важливий вид хвильового процесу, обумовлений специфічною формою руху*. Фактично завжди мова йде про хвилі в середовищі, але не розглядається *хвильовий процес, пов'язаний з потоком частинок, що коливаються*.

Завжди розглядаються хвилі в середовищі, але не розглядається хвильовий процес, пов'язаний з потоком частинок, що коливаються.

Тому для з'ясування проблеми і її розв'язання доцільно розглянути розвиток уявлень і понять в історичному аспекті, розуміння їх вченими у різний час. Потрібна також переоцінка термінів, що теж дуже важливо, особливо, коли це стосується навчання.

Розвиток уявлень про світло. Ньютон розумів світло як потік корпускул (частинок), що вільно поширюються в просторі і за різні кольори відповідають різні корпускули. Таким чином, він заклав основу для корпускулярної теорії світла. Ця корпускулярна теорія світла запанувала у фізиці.

Однак після відкриття Юнгом явища інтерференції світла, стало зрозумілим, що світло – це хвилі, оскільки інтерференція – явище хвильове.

На рис. 1, а показано, як на місці перекриття двох хвиль виникає інтерференційна картина максимумів і мінімумів коливань.



[Интерференция волн
koi.tspu.ru/waves/ch4_7.htm](http://koi.tspu.ru/waves/ch4_7.htm)

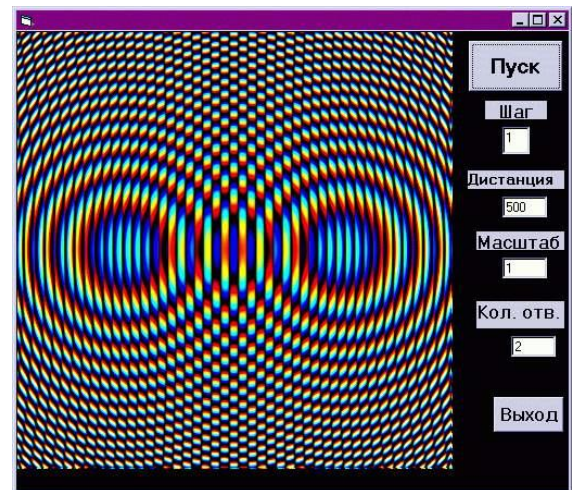


Рис. 1, а

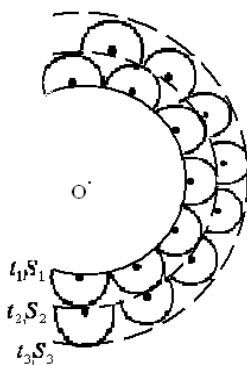


Рис. 1, б.

Гюйгенс сформулював принцип поширення світлових хвиль: *кожна точка хвильової поверхні є джерелом нових хвиль* (рис. 1, б). І треба зазначити, що хвильова теорія світла утвердилась на тривалий час, так що й нині вона є основою для пояснення хвильових явищ.

Проте хвильова теорія має суттєві недоліки – вона не змогла пояснити *механізму* поширення світлових хвиль. Для пояснення було введено поняття ефіру, який ніби-то заповнює увесь простір і є середовищем для поширення

світла. Але було незрозуміло, як в ефірі можуть поширюватись поперечні коливання. Хвильова теорія також не могла пояснити явища фотоефекту, зокрема існування «червоної границі» – вибивання світлом електронів з металу. Світло з короткою довжиною хвилі (фіолетове) вибивало електрони, а більшої довжини – з боку червоної частини спектру – фотоефекту не давало навіть при великій інтенсивності. Це спричинило *повернення до корпускулярної теорії світла*. Світло знову стали розглядати як потік частинок – фотонів. Корпускулярну природу електромагнітних хвиль дуже наочно підтвердив дослід Боте (рис. 2) [1, с. 38].

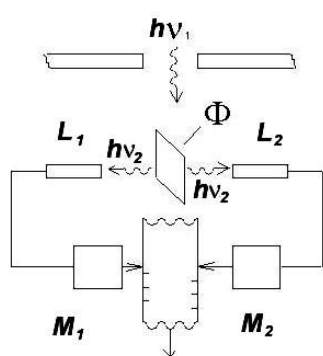


Рис. 2.

Під дією X -променів невеликої інтенсивності з частотою ν_1 атоми фольги Φ в результаті флуоресценції перевипромінюють фотони з енергією $h\nu_2$. Ці кванти вторинного X -випромінювання фіксуються лічильниками L_1 і L_2 з протилежних сторін металевої фольги Φ за допомогою записуючих механізмів M_1 і M_2 . Спрацьовування механізмів M_1 і M_2 відбувається не одночасно, як це повинно було б бути, якби від атома поширювалась в усі сторони хвиля, а незалежно і безладно. Це означає, що атом випромінює фотон як частинку, що має «імпульс» $\vec{p}$ і рухається в одному напрямку.

Але корпускулярний підхід щодо пояснення природи світла кардинально суперечив хвильовому підходу і, зокрема, принципу Гюйгенса.

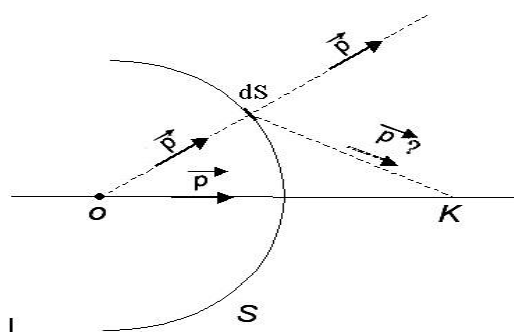


Рис. 3.

Дійсно, за хвильовою теорією у відповідності з принципом Гюйгенса коливання від елемента хвильової поверхні dS можуть потрапити в точку спостереження K (рис. 3), тоді як з точки зору корпускулярної теорії

таке не можливе, бо фотон має
«імпульс» $\vec{p}$ і змінити його напрям
в абстрактній точці dS не може.

Фізика опинилась в стані суперечності, коли для пояснення хвильових властивостей світла доводилось використовувати хвильовий підхід, а для пояснення корпускулярних – корпускулярний. Треба відмітити, що такий стан існує протягом сотні років, і ці два різні підходи не узгоджені й тепер. Це означає, що якась з теорій містить елементи неспроможності.

***Фізика опинилась в стані суперечності,
коли для пояснення хвильових властивостей світла доводилось використовувати
хвильовий підхід, а для пояснення корпускулярних – корпускулярний***

Проблему двоїстості природи світла добре розумів Ейнштейн. Аналізуючи результати численних досліджень, в 1954 р. він писав [2, с. 215]:

«Що таке світло – хвиля чи ливень світлових корпускул?... Схоже, що немає ніяких шансів послідовно описати світлові явища, вибравши тільки яку-небудь одну з двох можливих теорій. Стан такий, що ми повинні застосовувати іноді одну теорію, а іноді – другу... Ми зустрілися з трудністю нового типу. Маємо дві протилежні картини реальності, але ні одна з теорій окремо не пояснює всіх світлових явищ, тоді як сумісно вони їх пояснюють».

Ейнштейн розумів складність пояснення двоїстості природи світла, що виражено в його висловлюванні: *«Усе життя я буду думати про те, що таке світло»*. Очевидно, в той час важко було уявити поширення хвиль без гіпотетичного середовища «ефіру». Проблема ще й ускладнювалась тим, що світлові хвилі – поперечні. Однак ми знаємо, що Ейнштейн, створюючи спеціальну теорію відносності, відмовився від поняття ефіру. Але проблема залишилась і нині, на що звертає увагу Г. Лінднер: *«Хвильовій теорії не вистачає вирішальної ланки: носія, чи середовища, в якому поширюються світлові хвилі – про нього теорія замовчує! Це головне питання в теорії світла старанно обминається, на нього накладене «табу»»* [3].

***«Хвильовій теорії не вистачає вирішальної ланки: носія, чи середовища,
в якому поширюються світлові хвилі – про нього теорія замовчує!
Це головне питання в теорії світла старанно обминається ...»***

З корпускулярної точки зору ґрунтовно розглянуто природу світла у фундаментальній праці Л.Д. Ландау «Квантовая электродинамика» [4, с. 29]:

*«Опис поля як сукупності фотонів є єдиним описом, цілком адекватним фізичному змісту електромагнітного поля в квантовій теорії.
Воно замінює класичний опис за допомогою напруженості поля.
...Ми можемо розглядати вільне електромагнітне поле як сукупність частинок, кожна з яких має енергію $W = h\nu$ і імпульс $k = nh\nu/c$ ».*

Як бачимо, Ландау електромагнітне поле представляє як сукупність частинок, для яких, у відповідності з гіпотезою Планка, властива частота ν .

Але виникає питання: а про яку частоту йдеться? Стосовно цього навіть гіпотези нема. Фотони називаються *частинками*, але в такому представлені відсутня така найважливіша характеристика частинок як маса m .

Слід відзначити, що Ландау, розглядаючи поле як сукупність частинок, дуже близько підійшов до відповіді на питання, як усунути суперечність у твердженні, що частинка світла локалізована, а хвиля – явище просторове. Однак висновку такого не було зроблено.

Слід звернути увагу також на те, що в підході Ландау не конкретизовано, з якими саме коливаннями пов'язана частота, як через фотони представляються електромагнітні хвилі, як ці хвилі реалізуються із сукупності фотонів. Не розкрита *природа і характер коливань фотонів*. Відповідь на ці фундаментальні питання не сформульована. Тобто, Ландау розглядає світло абстрактно, виходячи тільки з корпускулярної природи у відповідності з висловлюванням Ейнштейна.

Нема також відповіді на ще одне фундаментальне питання, яке виникає з теорії електромагнітних хвиль Максвелла: *у що перетворюється енергія електромагнітної хвилі, коли вона змінюється в процесі коливань? Адже існує закон збереження енергії!*

*У що перетворюється енергія електромагнітної хвилі,
коли вона змінюється в процесі коливань?
Адже існує закон збереження енергії!*

Дійсно, коливання електричного (E) і магнітного (H) полів в ЕМХ відбуваються в одній фазі:

$$E_y = E_{0y} \cos(\omega t - kx + \psi_1),$$

$$H_z = H_{0z} \cos(\omega t - kx + \psi_2).$$

Тобто, (E) і (H) разом зростають і разом зменшуються (рис. 4).

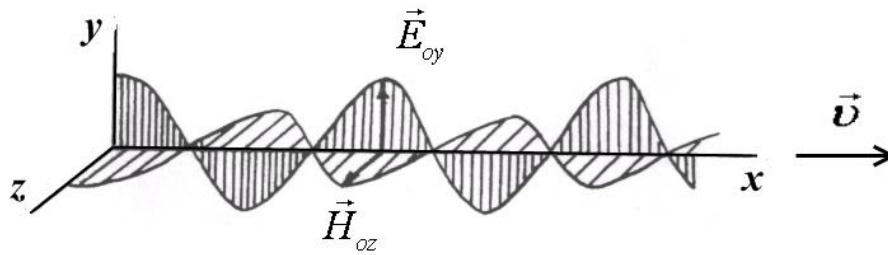


Рис. 4.

Тому енергія електричного поля переходить в енергію магнітного поля, як це має місце в коливальному контурі, не може. Отже, відповідь треба шукати, бо питання природи електромагнітних хвиль і, зокрема, світла не з'ясовані й нині. Вони є проблемними і потребують дослідження. Будемо розглядати фотон як особливу частинку – частинку, яка перебуває в коливальному стані.

Фотон як система з власними коливаннями. Будь-які коливання є наслідком зміни енергії коливальної системи. Оскільки коливання електричного і магнітного полів у ЕМХ відбуваються в одній фазі, то енергія електричного поля переходить в енергію магнітного поля і навпаки не може. Який же тип коливань реалізується у випадку зі світлом? Ми знаємо ще один процес, пов'язаний зі зміною енергії, у відповідності зі співвідношенням $W = c^2 m$, яке визначає перехід одного виду матерії в інший – поля (енергії) в речовину (масу) і навпаки. Тому залишається припустити, що в ЕМХ відбувається саме такий вид коливального руху. Як показано в роботі [5], електромагнітна хвиля являє собою форму руху типу: $\Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \dots$

Також залишилось відкритим питання узгодження хвильової і корпускулярної природи світла. Тому традиційно й донині корпускулярні і хвильові властивості світла у навчальних посібниках розглядаються окремо, з усіма існуючими суперечностями і навіть без спроби їх узгодження.

*Корпускулярні і хвильові властивості світла
у навчальних посібниках розглядаються окремо,
з усіма існуючими суперечностями і навіть без спроби їх узгодження.*

А явище дифракції навіть в найновіших навчальних посібниках розглядається *тільки з точки зору хвильової природи світла* і ніде не досліджується з корпускулярної точки зору. Ось деякі нові видання навчальних посібників:

- Кингсеп А.С. Курс общей физики: [учебн. пос. для вузов]. / А.С. Кингсеп, Г.Р. Локшин, О.А. Ольхов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – Т. 1. – С. 584.
- Бутиков Е.И. Физика: Электродинамика; Оптика. / Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 277.
- Алешкевич В.А. Курс общей физики. Оптика / В.А. Алешкевич – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – С. 121.
- Paul A. Tipler. Physics for scientists and engineers. With modern physics / Paul A. Tipler, Gene Moska. – New York. 2008 by W.H. Freeman and Company. – P. 1150.

Більше того, дифракція трактується як суто хвильове явище, тоді як воно більшою мірою є явищем корпускулярним. Покажемо це на прикладах.

Дифракція з точки зору хвильової природи світла. Світло від точкового джерела O поширюється у вигляді хвиль. З точки зору хвильової теорії, у відповідності з принципом Гюйгенса, кожен елемент хвильової поверхні розглядається як джерело нових хвиль. Таким чином, джерело світла замінюється хвильовою поверхнею, що світиться [6, с. 277; 7, с. 121].

Для пояснення дифракції хвильова поверхня розбивається на зони Френеля, які враховують різницю фаз променів завдяки різній довжині їх ходу у точку спостереження K (рис. 5).

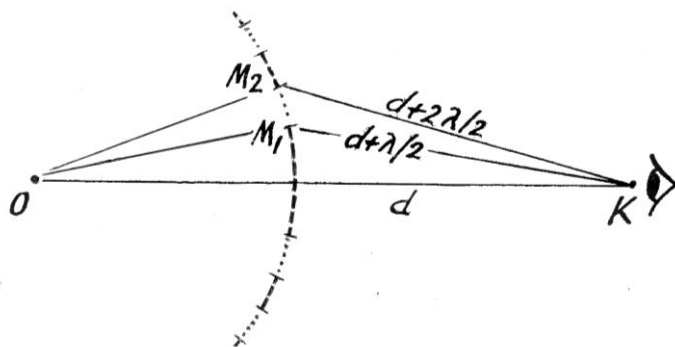


Рис. 5.

В результаті у точці K має місце інтерференція променів від усіх елементів хвильової поверхні. Відповідно проводиться розрахунок дифракційної картини: кожна зона Френеля розбивається на нескінченно малі елементи і знаходиться результат дії всіх елементів для всіх зон у точці спостереження. Отже, особливістю принципу Гюйгенса-Френеля є те, що *джерело світла замінюється хвильовою поверхнею, яка світиться*.

Спроба ж дати пояснення явища дифракції на основі корпускулярного підходу призводить до суперечності з хвильовим підходом.

Дифракція світла з точки зору корпускулярних уявлень. З точки зору корпускулярного підходу світло – це потік фотонів. Фотон як частинка має

«імпульс», і оскільки існує закон збереження «імпульсу», то це необхідно враховувати при розгляді явища дифракції. Бо наявність «імпульсу» у фотона суперечить принципу Гюйгенса стосовно поширення хвиль. За принципом Гюйгенса кожен елемент хвильової поверхні є джерелом нових хвиль. Однак фотон, дійшовши до елемента хвильової поверхні dS (рис. 6), за законом збереження «імпульсу» $\vec{p}$ не може змінити напрямку свого руху і не може потрапити в точку спостереження K . А це суперечить принципу Гюйгенса.

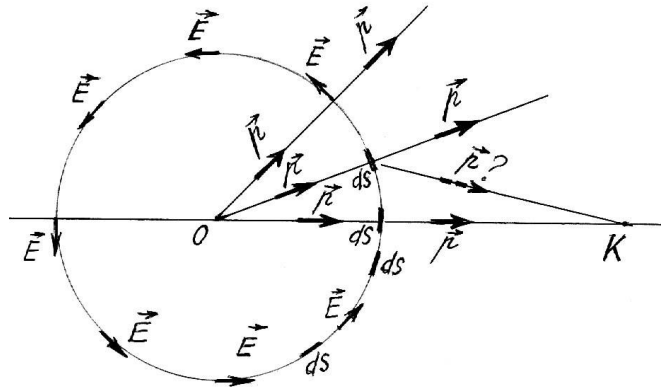


Рис. 6

Однак, якщо фотон потрапить на край зонної пластинки (в точки M чи L), то відбудеться взаємодія фотона з перепорою і перевипромінення в якомусь напрямку, зокрема й у напрямку K (рис. 7).

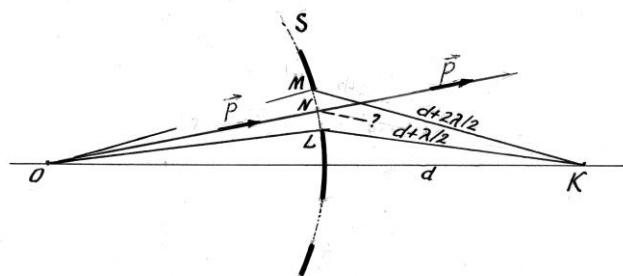


Рис. 7

Виходить, що з точки зору корпускулярного підходу для світла принцип Гюйгенса не має реального фізичного змісту, а значить розрахунки і пояснення дифракційних ефектів, зроблені на основі принципу Гюйгенса, мають формальний і абстрактний характер. В результаті хвильовий і квантовий підходи щодо описування одного й того ж явища знаходяться в суперечності. Однак висновки стосовно фізичного явища не залежать від способу описування. Тому необхідно шукати пояснення, яке б не призводило до суперечливих результатів.

*З точки зору корпускулярного підходу
для світла принцип Гюйгенса
не має реального фізичного змісту*

*Хвильовий і квантовий підходи
щодо описування одного й того ж явища знаходяться в
суперечності.*

Узгодженість хвильового і корпускулярного підходів. Звернемо увагу на ту обставину, що дифракційна картина спостерігається при дотриманні важливих умов – *краї перепони повинні бути різкими!* Це має принципове значення, бо саме різкі краї перепони визначають наявність дифракції як явища. Наприклад, якщо прикрити хвильову поверхню зонними пластинками (на рис. 7 жирні частини хвильової поверхні), то фотон, у відповідності із законом збереження «імпульсу», пройде крізь відкриту зону $M-L$, не змінивши напрямку руху, але на краях щілини в точках M і L відбудеться перевипромінювання фотона, і він може потрапити в будь-яку точку, зокрема і в точку K .

Таким чином, *краї перепони в точках M і L стають когерентними джерелами, які створюють інтерференційну картину і в точці K дають певне значення інтенсивності (максимум чи мінімум).* Різкість країв перепони має принципове значення, оскільки лише за таких умов забезпечується «точковість» джерел і виразність інтерференційної (дифракційної) картини.

Зауважимо, що випромінюючими елементами, тобто когерентними джерелами при дифракції, є не відкриті частини хвильової поверхні $M-L$, а саме краї зонної пластинки (точки M і L), де відбувається перевипромінювання світла. Так, що дифракція з точки зору корпускулярного розгляду обумовлена не випромінюванням відкритих ділянок перепони, як це пояснюється при хвильовому підході, а різкими краями перепони.

Хвилі де Бройля. Неадекватна назва фізичного явища спричинила також неясність і суперечності в тлумаченні іншого поняття – *хвиль де Бройля*, які становлять основу такої науки як *квантова механіка*. Хвилею де Бройля називається частинка, яка рухається з великою швидкістю v . Термін «*хвиля де Бройля*» насправді є жаргоном, і ця назва не відображає фізичного змісту. Дійсно, зрозуміти, чому частинка, яка рухається рівномірно зі сталою швидкістю, є

хвилею, дуже проблематично. Де тут коливання, де частота коливань, що є довжиною хвилі? Зрозуміти це на основі традиційних фізичних понять неможливо. Ми заходимо в область абстрактних міркувань. Причина такого стану знову ж таки має історичні корені. Де Бройль міркував формально: якщо світло (фотон) має двоїсту природу, то може й будь-яка частинка має «хвильові» властивості? Якщо довжина хвилі світла $\lambda = \frac{h}{p}$, то аналогічно можна визначити

довжину хвилі для частинки, що рухається: $\lambda_d = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$. Гіпотеза «хвиль де

Бройля» набула визнання, тому що одержала експериментальне підтвердження. Насправді ж йдеться не про якісь абстрактні хвилі частинки, а про реальний коливний процес у самій частинці, яка рухається зі швидкістю v . І справа не в тому, що частинка рухається зі швидкістю v , а в тому, що цю *швидкість частинка набуває в результаті прискорення*. Характеристикою руху є кількість руху: $K = m \cdot v$. Якщо на тіло діє сила, виникає зміна *кількості руху*: $dK = F dt$. Зміна кількості руху за одиницю часу називається силою, що діє на тіло:

$$F = \frac{dK}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt}.$$

Як бачимо, при дії сили на тіло змінюється його швидкість і маса. Робота сили при переміщенні тіла на відстань dx :

$$dA = F dx = \left(m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt} \right) \cdot dx = m \frac{dv}{dt} dx + v \frac{dm}{dt} \cdot dx.$$

Тобто, робота сили йде на зміну швидкості dv , а також на зміну маси тіла dm . Цей приріст маси, що виникає в процесі надання енергії тілу, називатимемо динамічною (традиційно сумарну динамічну масу і масу спокою називають релятивістською).

Робота сили, яка прискорює рух тіла, йде на зміну швидкості dv , а також на зміну маси тіла dm

Отже, робота по переміщенню тіла йде на збільшення кінетичної енергії і на зростання маси тіла. *І саме зростання релятивістської (динамічної) маси тіла запускає механізм коливного процесу*. Дійсно, у відповідності із залежністю $\Delta W = c^2 \Delta m$ при прискоренні частинки збільшується її енергія ΔW , і зростає маса Δm . Коли ж частинка набуває сталої швидкості v , маса перестає зростати. Але

оскільки це маса змінна (динамічна), вона у відповідності з рівнянням $\Delta W = c^2 \Delta m$ далі починає зменшуватися, збільшуватися і виникає коливний процес типу $\Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \dots$

Таким чином, *прискорена мікрочастинка* переходить у коливний стан, при якому відбувається пульсація маси і енергії, так що вже рухається не просто частинка, а частинка специфічна, яка, переміщуючись поступально, перебуває ще й у коливному русі. Така частинка з пульсуючою масою і енергією є хвилею де Бройля.

Виникнення коливного процесу можна модельно продемонструвати за допомогою маятника. Наприклад, в машині, яка рухається рівноmäßig, на нитці підвішуємо кульку. Кулька не коливається. Підкреслимо – кулька разом з машиною рухається зі швидкістю v , але коливань немає. На рис. 8 показаний кадр відеозйомки, який демонструє, що коли машина рухається рівноmäßig, коливань нема. Але за гіпотезою де Бройля таке тіло (частинка) є хвилею де Бройля, тобто воно перебуває у якомусь абстрактному коливному процесі. В чому ж суть цього коливного процесу в хвилі де Бройля?

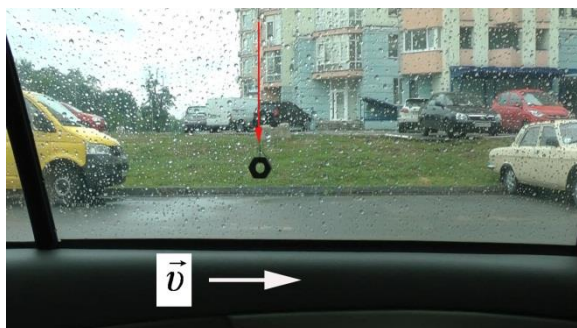


Рис. 8.



Рис. 9.

Вся справа в тому, що *частинка просто так зі швидкістю v не рухається* – вона цю швидкість повинна набути в результаті прискорення. При прискоренні машини кулька відхиляється, і цим створюються умови для виникнення коливного процесу. Коли ж машина виходить на сталу швидкість, тіло приходить в коливальний рух. Елемент процесу прискорення представлений кадром на рис. 9.

Висновки. Фізика – наука світоглядна, наука про природу, і перед нею в майбутньому стоять надзавдання у розв’язанні проблем перенесення життя на інші світи. Тому сама фізика повинна розвиватися. Перед фізикою стоїть ряд

традиційних проблемних актуальних питань світобудови, не розв'язаних в минулому столітті, зокрема суперечливих питань двоїстості природи матерії, її руху і перетворення з одного виду в інший, двоїстості природи електромагнітних хвиль. У фізиці непоміченим залишився важливий вид хвильового руху типу енергія-маса-енергія-маса-... Ці проблемні питання повинні бути предметом розгляду вивченні фізики у загальноосвітній і вищій школі.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Савельев И.В. Курс общей физики. / Савельев И.В. – М.: Наука, 1979. – Т. 3. – 304 с.
2. Эйнштейн А. Эволюция физики / А. Эйнштейн, Л. Инфельд. – М.: Наука. 1965. – 326 с.
3. Линднер Г. Картины современной физики / Г. Линднер. – М.: Мир, 1977. – С. 30.
4. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. / Л.Д. Ландау, В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. – М.: Наука, 1989. – Т. IV. Квантовая электродинамика. – 728 с.
5. Sus' B.A. Unusual interpretation of traditional physics problems. The third scientific-methodological edition / B.A. Sus', B.B. Sus', O.B. Kravchenko. – Kyiv: PC «Prosvita», 2012. – 121 pages.
6. Бутиков Е.И. Физика: Электродинамика; Оптика. / Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2008. – С. 277.
7. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Оптика / В.А. Алешкевич – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2010. – С. 121.

Сусь Богдан Арсентійович – доктор педагогічних наук, професор кафедри фізики Військового інституту телекомунікацій та інформатизації.

Коло наукових інтересів: дидактика фізики та проблемні питання фізики.