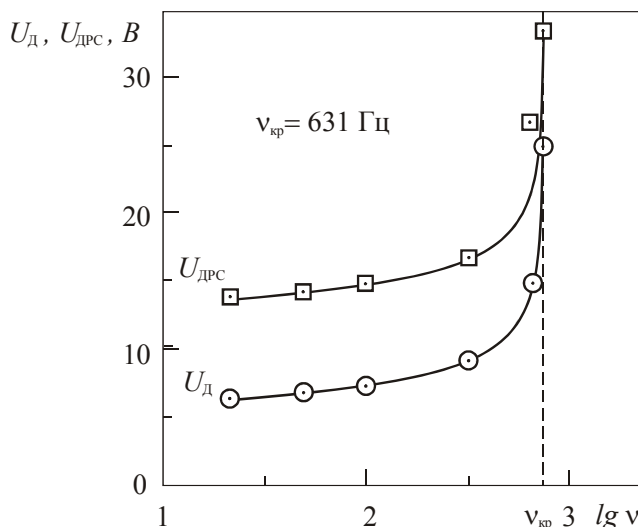


До електродів комірки, що знаходиться під об'єктивом мікроскопа, приєднується звуковий генератор. Вимірювання починаються з частоти 20 Гц. Поступово збільшуючи напругу, помічають її значення, при якій спочатку з'являються домени (U_d), потім її значення, при якій починається динамічне розсіяння світла ($U_{дрс}$). Аналогічні вимірювання виконують для інших частот. За одержаними даними будуються графіки $U_d = f_1(\nu)$ і $U_{дрс} = f_2(\nu)$, з яких визначається критична частота $\nu_{кр}$.

Як приклад, на мал. 4 подано частотну залежність напруг U_d і $U_{дрс}$ для зразка, який є сумішшю (1:1) нематичних рідких кристалів п-метоксibenзиліден-п'-н-бутіланіліна (МББА) і п-етоксibenзиліден-п'-н-бутіланіліна (ЕББА). Частота, при якій значення напруг U_d і $U_{дрс}$ починають різко зростати, відповідає критичній. Якщо цілеспрямовано змінювати питому електропровідність нематичних рідких кристалів іонними домішками, то, відповідно, будуть змінюватися значення критичної частоти. Це указує на досить простий спосіб оцінювання чистоти рідкокристалічних матеріалів цього класу за значеннями $\nu_{кр}$.



Мал. 4. Частотна залежність напруг U_d і $U_{дрс}$ для суміші нематичних рідких кристалів МББА і ЕББА

Таким чином, розглянута лабораторна робота не тільки ознайомлює студентів із електрооптичними ефектами в нематичних рідких кристалах під впливом струму провідності, допомагає зрозуміти механізми цих явищ на основі законів і понять загальної фізики, але й показує приклади застосування наукових здобутків для розв'язку прикладних задач.

Література

1. Гриценко М.І., Ситников О.П. Лабораторний практикум «Фізика рідких кристалів» для фізичних спеціальностей педагогічних вузів // Наук. вісник Миколаївського держ. пед. ун-ту. Вип. 1. — Миколаїв: МДПУ, 1999. — С. 22-26.
2. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. — М.: Наука, 1978. — 384 с.
3. Гребенкин М.Ф., Иващенко А.В. Жидкокристаллические материалы. — М.: Химия, 1989. — 288 с.
4. Helfrich W. Elastizitat und hydrodynamik flussiger kristalle // Ber. Bunsen. Phys. Chem. — 1974. — Bd. 78, № 9. — S. 886-890.
5. Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов: Учеб. пособие для студентов вузов. — М.: Наука, 1983. — 320 с.

УДК 537.86

Сусь Б.А.

Національний технічний університет України «КПІ»

Шут М.І.

Національний педагогічний університет ім. М.П.Драгоманова

Класичні фізичні ефекти з точки зору квантово-коливної теорії світла

Вступ. При підготовці фахівців з фізики у вищих навчальних закладах важливе місце у методиці займає метод проблемного навчання. Значні можливості цей метод має при вивченні теми електромагнітних хвиль і зокрема властивостей світла, оскільки розуміння природи світла є не тільки навчальною проблемою, але також проблемою наукового пізнання. В статті з точки зору проблемного підходу розглядаються класичні фізичні ефекти, зокрема ефект Доплера для світла.

Постановка проблеми. Відомо, що світло має двоїсту природу — хвильову і корпускулярну. Про те, що світло — це хвилі, однозначно свідчать явища інтерференції і дифракції. В той же час корпускулярні властивості підтверджуються явищем фотоефекту, наявністю у фотона імпульсу, що приводить до тиску світла, наявністю маси, що обумовлює притягування його до великих мас. Однак трактування, що світло — це хвилі і частинки одночасно містить елементи невизначеності і суперечності, оскільки частинка локалізована, тоді як хвиля — явище просторове. Ці суперечності виявляються при порівняльному розгляді класичних питань фізики, наприклад, дифракції, з точки зору хвильової і квантової природи світла. Так, виходячи з хвильової

природи, у відповідності з принципом Гюйгенса-Френеля за допомогою зонних пластинок можливе значне підсилення інтенсивності світла, тоді як з точки зору квантового підходу — такого не може бути [1].

Узгодити хвильові і квантові властивості світла без протиріч вдається за допомогою квантово-коливної теорії світла, згідно з якою світло розглядається як потік фотонів — особливих частинок, що перебувають у коливальному стані і для яких властива фаза [2]. Особливості фотона виявляються також у природі його коливань, — це частинка, з якою відбуваються коливання, обумовлені взаємним еквівалентним перетворенням енергії поля в масу і навпаки у відповідності з законом $W = c^2 m$.

Дослідження проблеми. Для поширення хвиль необхідне середовище — повітря, вода, тверде тіло. Трактуючи ж світло як потік частинок не потребує якого-небудь середовища для його поширення, тому виникає необхідність пояснення з цієї точки зору відомих фізичних ефектів, які традиційно мають хвильову природу. Зокрема це стосується дослідів Майкельсона, Фізо, ефекту Доплера. Пояснення дослідів Майкельсона і Фізо дані в роботі [3], тому ми детальніше зупинимося на трактуванні ефекту Доплера.

Ефект Доплера полягає у зміні частоти коливань при русі джерела або приймача коливань відносно середовища і спостерігається також при поширенні електромагнітних хвиль, зокрема світла [4].

У класичному випадку поширення хвиль (наприклад, акустичних) відбувається у середовищі, тому зміна частоти коливань залежить від руху джерела чи приймача відносно середовища. Дійсно, уявімо, що два нерухомих джерела D_1 і D_2 одночасно випромінюють сигнали з однаковою частотою, які поширюються в середовищі у напрямку нерухомих приймачів P_1 і P_2 . Нехай на час випромінювання другого сигналу перші сигнали від обох джерел дійшли до положення I (рис.1). Другий сигнал випромінюється теж одночасно двома джерелами, однак джерело D_2 рухається зі швидкістю v , тому його сигнал буде випромінений з положення $2'$, яке ближче до першого сигналу, ніж для джерела D_1 , що не рухається. Відповідно відстань l_1 між двома сусідніми сигналами від джерела D_1 буде більша від відстані l_2 , коли джерело рухається. Отже, сигнали від джерела D_2 будуть сприйматися приймачем з більшою частотою, ніж сигнали від джерела D_1 , хоч випромінюються вони через однаковий час.

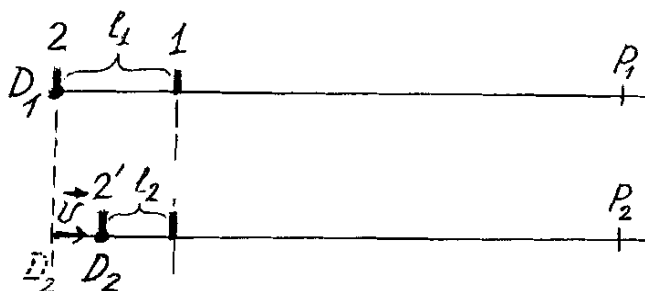


Рис.1.

При віддаленні джерела навпаки, — порівняно з нерухомим станом сигнал посилатиметься джерелом увесь час з більшої відстані і доходить до приймача пізніше, що сприйматиметься як зменшення частоти.

Цілков подібна ситуація виникає при русі приймача відносно середовища. В цьому випадку сигнал доходить до приймача швидше, якщо приймач рухається назустріч джерелу (що сприймається як збільшення частоти), і з затримкою — коли приймач віддаляється (зменшення частоти).

Згідно з сучасними уявленнями світло не розглядається як коливання якогось середовища (ефіру, вакууму). Відсутність ефіру доведена дослідями Майкельсона (якби існував ефір як середовище, за допомогою якого передаються світлові коливання, то його можна було б прийняти за абсолютну систему відліку, а такої абсолютної системи не існує). Тому для світла потрібне інше тлумачення ефекту Доплера, яке визначається тільки відносним рухом джерела і приймача без участі середовища в перенесенні хвиль (тут ми не розглядаємо поширення світла в речовині — воді, склі тощо, оскільки там механізм поширення дещо інший).

Пояснення ефекту Доплера для світла будемо розглядати на основі квантово-коливної теорії світла, основні засади якої викладені в [2]. Згідно з цією теорією світло розглядається як потік фотонів — специфічних частинок, що перебувають у коливному стані. З фотоном відбуваються внутрішні коливання, обумовлені еквівалентними перетвореннями типу енергія — маса — енергія — маса... Таким чином, фотони поширюються в просторі зі швидкістю світла, коливаючись. Тобто, для них властива фаза, що характеризує коливальний процес. Сукупність великої кількості фотонів, що коливаються, можна розглядати як хвильовий процес. Зокрема, набір фотонів з однаковою фазою можна представити як хвильову поверхню S (рис.2).

Отже, поширення світлової хвилі слід розглядати як потік фотонів і можна охарактеризувати за рухом однієї частинки, тобто окремого фотона. З цієї точки зору й розглянемо ефект Доплера.

Розглянемо два однакових джерела D_1 і D_2 , які одночасно випромінюють фотони. Джерело D_1 і

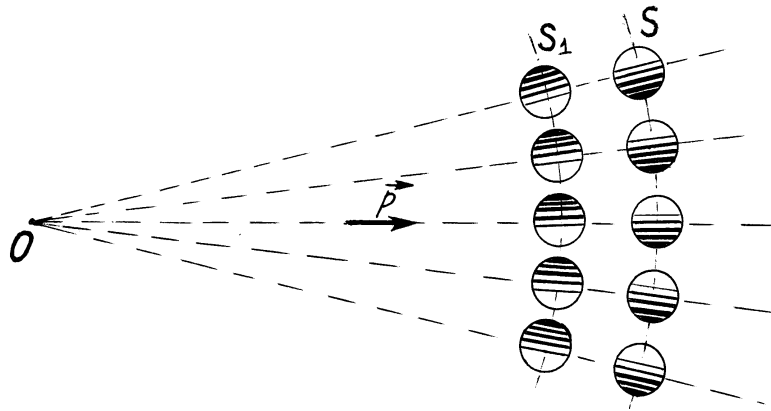


Рис.2.

приймач P одне відносно одного не рухаються, тоді як джерело D_2 відносно приймача рухається зі швидкістю v . Джерело (атом) випромінює фотон як частинку, що коливається.

Процес випромінювання не є моментальним, а триває певний час. Поширюючись у просторі, фотон коливається. Процес поглинання фотона приймачем (атомом) також триває певний час і зміна його стану сприймається з певною частотою.

На рис.3 схематично показано формування двох фотонів при одночасному їх випромінненні нерухомим джерелом D_1 (рис.3а) і джерелом D_2 (рис.3б), що рухається в напрямку приймача. Нехай в момент, коли закінчується формування фотонів, вони (їх початок) перемістилися в положення 1. Оскільки джерело D_2 рухається зі швидкістю v , то закінчення формування фотона, що ним випромінюється, буде відповідати положенню 2. Тобто початок і кінець шляху, на якому відбувається одне коливання («довжина хвилі»), тут буде меншим, ніж у випадку, коли джерело не рухається. Приймачем це буде сприйнято як зменшення частоти.

Якщо ж джерело D віддаляється від приймача, то закінчення формування фотона перенесеться в положення 3, тобто, відбуватиметься на більшому проміжку шляху. Приймач це сприйме як меншу частоту коливань (рис.3в).

Подібно відбувається процес зміни частоти у випадку, коли приймач рухається відносно джерела. Якщо приймач рухається назустріч фотону, то відстань, яку він проходить в процесі поглинання фотона, буде меншою, що сприймається як збільшення частоти. І навпаки, при віддаленні приймача цей процес подовжується, що еквівалентно зменшенню частоти.

Висновок. Ефект Доплера для світла має специфічне пояснення порівняно з поширенням хвиль у середовищі. Він є виявом взаємодії приймача або джерела світла, що рухаються одне відносно одного, з носієм світла фотоном як частинкою, що являє собою коливальну систему.

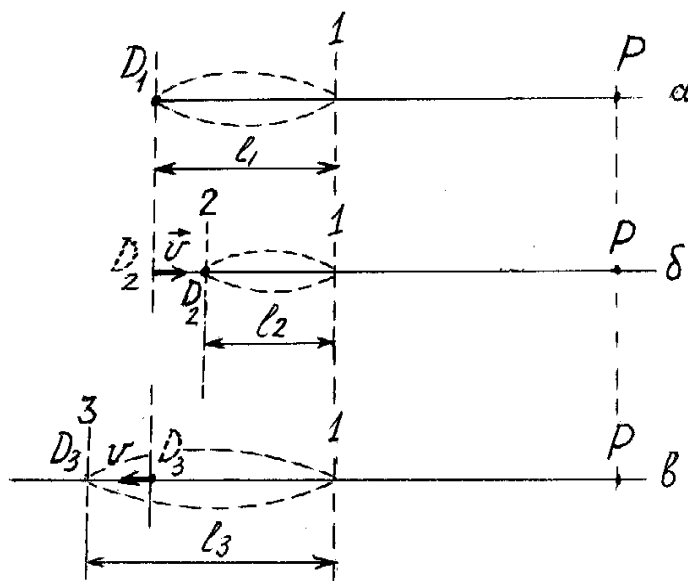


Рис.3.

Література

1. Б.А.Сусь Неспроможність ідеї зонних пластинок з точки зору квантової теорії світла // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». —К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2002. -Вип.4.- С.117.
2. Сусь Б.А., Коломоець В.В., Шут М.І. Фотон як особлива частинка двоїстої природи // Збірн. наук. праць: Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: — Кривий Ріг: НМетАУ, 2004. — Вип.4. —С.394-399.
3. Б.А.Сусь Дослід Фізо з точки зору квантово-коливної теорії світла // Збірн. наук. праць військового інституту телекомунікацій і інформатизації НТУУ «КПІ». -К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2003. — Вип.6. — С.125-129
4. Д.В.Сивухин. Курс общей физики. Оптика. -М.: Наука, 1985. —С. 262.

Історія фізики та астрономії. Науково-методичні засади навчання фізики в середній школі

УДК 53(091)

Анісімов І.О., Левитський С.М.

Національний Київський університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ

Н.Д.Моргуліс – засновник київської наукової школи фізичної електроніки (до сторіччя з дня народження)

У травні 2004р. виповнюється сто років з дня народження Наума Давидовича Моргуліса – визначного українського вченого, члена-кореспондента АН УРСР, організатора і керівника Київської наукової школи фізичної електроніки.

Наум Давидович народився в 1904 році в м. Летичеві Хмельницької області, але все своє свідоме життя прожив у Києві. У 1926р. він закінчив фізичне відділення Київського інституту народної освіти і рік пропрацював викладачем робітничих профтехкурсів.

У 1927р. Н.Д.Моргуліс вступив до аспірантури науково-дослідної кафедри фізики, яка згодом була перетворена на Інститут фізики АН УРСР. Тоді ж він розпочав свою педагогічну діяльність як викладач Київського Політехнічного інституту, а з 1932р. як професор Київського державного університету. Тут він створив і очолив з 1937р. спеціалізацію і кафедру електрофізики (згодом перейменовану на кафедру фізичної електроніки), яку він і очолював до своєї смерті в 1976 році.

В Інституті фізики Н.Д.Моргуліс працював до 1961р, створивши і очоливши там відділ фізичної електроніки. Наукове звання професора він одержав в 1934р, у 1936р. захистив докторську дисертацію, а у 1939р. був обраний членом-кореспондентом Академії Наук УРСР.

На початку і на протязі всієї своєї наукової діяльності Наум Давидович мав тісні наукові контакти з Ленінградською школою фізичної електроніки, створеною і керованою акад. А.Ф.Іоффе, від якого він завжди одержував поради і підтримку.

Н.Д.Моргуліс розпочав діяльність в галузі фізичної електроніки в період, коли ця наука бурхливо розвивалась. Перші його наукові публікації, що з'явилися наприкінці 20-х та на початку 30-х років, були присвячені вивченню емісійних властивостей вольфрамів та торійованих термоелектронних катодів, які використовувались у тодішніх перших вітчизняних радіолампах, а також процесам у фотокатодах перших фотоелементів. Свій інтерес до емісійних явищ він зберіг протягом багатьох наступних років, зробивши вагомий внесок у вивчення фізичних процесів у термоемісійних та фотоелектричних катодах.

Принципова і фундаментальна ідея про напівпровідникову природу ефективних емітерів електронів, що її Н.Д.Моргуліс висловив ще в 1936р. стосовно оксидного катоду, здобула у його подальших роботах та роботах його учнів всебічне експериментальне та теоретичне обґрунтування. Розвиваючи уявлення про напівпровідникову природу електронних емітерів, Н.Д.Моргуліс на початку 50-х років сформулював плідну концепцію про вплив особливостей зонної структури напівпровідників на їхні емісійні властивості. Ця концепція дала можливість глибше зрозуміти механізми роботи не тільки термоелектронних катодів, але й фотоелектронних, вторинно-електронних та автоелектронних катодів і, зокрема, привела до створення першої теорії тунельної емісії з напівпровідників.

Дуже важливим напрямом, у якому Київська наукова школа з фізичної електроніки досягла значних успіхів, були дослідження поверхневих явищ. Впровадження у практику досліджень надвисоковакуумної техніки (а Київська школа виступила в СРСР ініціатором впровадження у лабораторну практику технології надвисокого вакууму), створили передумови для вивчення явищ на поверхнях в чистих умовах. Саме застосування технології високого вакууму лягли в основу всіх подальших експериментальних досліджень фізичних явищ на поверхні твердих тіл. Зокрема, поєднання надвисоковакуумної технології з методикою дифракції повільних електронів, електронної спектроскопії і мас-спектрометрії, впроваджене у дослідницьку роботу в університеті та в Інституті фізики, дозволило з'ясувати природу багатьох адсорбційних процесів, що