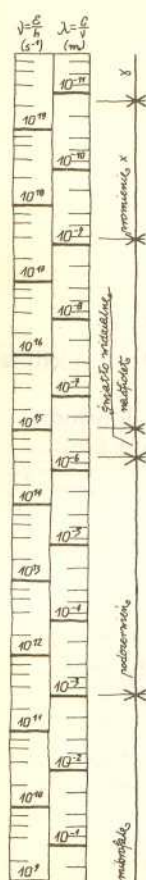


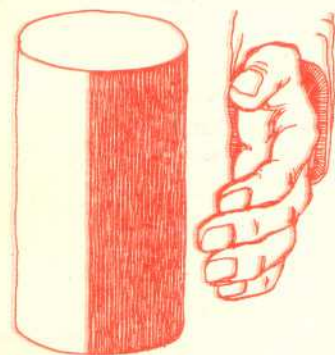
Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią (I)

Część I. Podstawowe fakty doświadczalne

Doc. dr Jerzy GINTER



Rys. 1 Widmo promieniowania elektromagnetycznego



Rys. 2

1. Wstęp. Przez ostatnie dwa wieki jednym z najbardziej fascynujących problemów fizyki jest oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią. Bez przesady można powiedzieć, że zagadnienie to leży u podstaw co najmniej dwóch wielkich teorii fizycznych: maxwellowskiej elektrodynamiki klasycznej i mechaniki kwantowej — zespolonych obecnie w elektrodynamice kwantowej. W ciągu wieloletnich badań udało się uzyskać bardzo piękny i jednolity obraz omawianych problemów. Serce po prostu się kraje, kiedy uzmysłwić sobie, jak niesłychanie mało z tego wszystkiego przedostało się do programu szkolnego.

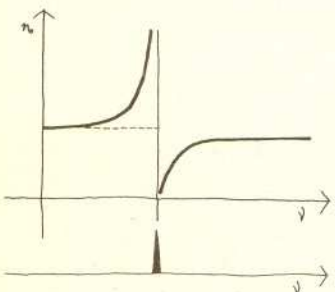
W krótkim cyklu artykułów ograniczymy się niemal wyłącznie do omówienia związków, łączących trzy zjawiska: *pochłanianie*, *emisję* i *złamanie promieniowania elektromagnetycznego* (w tym jako przypadek szczególny — światła widzialnego). Dla przypomnienia i ułatwienia na rys. 1 przedstawione jest widmo promieniowania elektromagnetycznego w szerokim zakresie częstości. Rozpoczniemy od przypadku, kiedy mamy do czynienia ze stosunkowo wąskimi liniami absorpcyjnymi.

2. Absorpcja i emisja. Istnieje bezpośredni związek między absorpcją i emisją światła. Jeśli dla jakiejś częstości (długości fali) ciało silnie absorbuje promieniowanie elektromagnetyczne, to — w odpowiednich warunkach — będzie je dla tej samej częstości silnie emitować. Jeżeli zdolność absorpcyjna jest niewielka, niewielka jest i zdolność emisyjna.

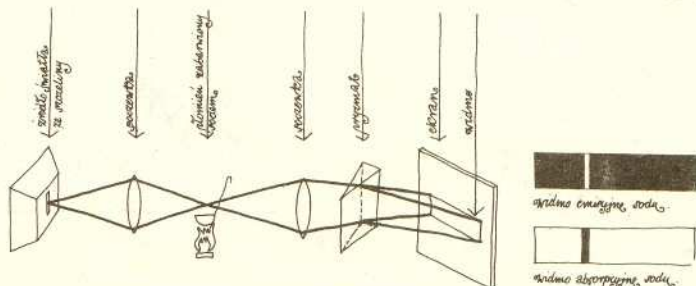
To sformułowanie może się wydawać paradoksalne. Niemniej nawet w programie szkolnym omawia się wiele zjawisk, które je potwierdzają. Oto dwa ogólnie znane przykłady:

a. Powszechnie wiadomo, że ciała czarne silnie pochłaniają promieniowanie elektromagnetyczne podczerwone (które, nie wiadomo dlaczego, stale nazywa się ciepłym), natomiast ciała białe lub srebrne pochłaniają promieniowanie słabo. Dlatego na przykład wagony chłodnie malowane są na biało, a nowoczesne kombinezony strażackie mają powierzchnię metalizowaną. Wiadomo także, że ciała czarne lepiej emitują promieniowanie podczerwone niż ciała srebrne. Demonstruje się to na przykład za pomocą puszki metalowej, mającej jedną część powierzchni metaliczną, a drugą poczerzoną. Puszke taką wypełnia się gorącą wodą lub gorącym olejem. Wystarczy zbliżyć rękę (rys. 2), aby przekonać się, że strona czarna silniej „grzeje” niż srebrna. Dlatego też srebrzy się termosy: cienka warstewka metalu słabo emituje i absorbuje promieniowanie elektromagnetyczne, a przez to wymiana energii (przepływ ciepła) jest mała.

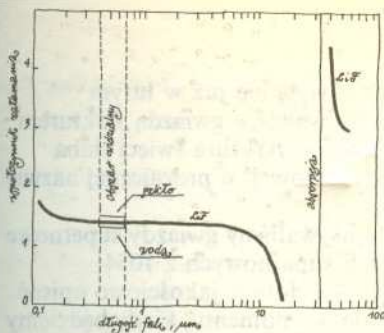
b. Odpowiednio pobudzone pary sodu wysyłają intensywne żółto-pomarańczowe promieniowanie widzialne. Każdy wie to doskonale — wystarczy posypać solą kuchenną (chlorkiem sodu) palnik gazowy, a natychmiast pojawia się charakterystyczne zabarwienie płomienia. Ten sam typ świecenia występuje w powszechnie stosowanych ulicznych lampach sodowych. Z drugiej strony wiadomo, że pary sodu silnie pochłaniają promieniowanie o tej samej częstości. Rys. 3 przedstawia schemat doświadczenia, w którym można to zademonstrować. Wystarczy przepuścić światło białe przez dostatecznie grubą warstwę płomienia palącego się sodu. W widmie, zaobserwowanym w spektrometrze, pojawia się na tle widma ciągłego ciemny prążek dokładnie w tym miejscu, gdzie obserwowalibyśmy jasny prążek przy obserwacji tylko samego świecącego płomienia.



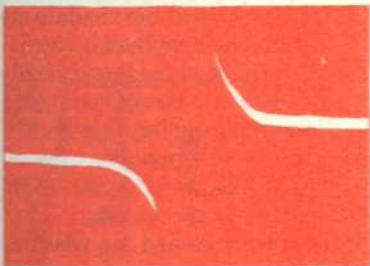
Rys. 4 Schematycznie przedstawiony przebieg współczynnika załamania i absorpcji jako funkcji częstości



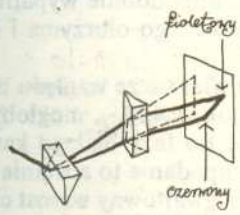
Rys. 3.



Rys. 5 Zależność współczynnika załamania od długości fali dla kryształu fluorku litu (LiF). Dla porównania dorysowano zależności tego współczynnika od długości fali dla szkła i wody w zakresie widzialnym



Rys. 6



Rys. 7

Tego samego rodzaju linie absorpcyjne pojawiają się w widmie Słońca. Białe promieniowanie pochodzące z wnętrza Słońca przechodzi przez rozrzedzone warstwy atmosfery Słońca. Występujące tam pary sodu absorbują charakterystyczne promieniowanie — w widmie słonecznym pojawia się ciemna linia, zwana linią D Fraunhofera (inne linie Fraunhofera pochodzą od innych pierwiastków atmosfery Słońca).

Oprócz dwóch omówionych przykładów można byłoby przytaczać dziesiątki podobnych. Wszystkie one świadczą o tym, że pomiędzy zjawiskami emisji i pochłaniania promieniowania elektromagnetycznego zachodzi istotny, „wewnętrzny” związek.

3. Absorpcja i załamanie. Rzadko zwraca się uwagę na związek pomiędzy zjawiskami pochłaniania i załamania promieniowania elektromagnetycznego. Tymczasem taki związek istnieje! Ograniczymy się tylko do przypadku, kiedy występują wyraźne i oddzielone od siebie linie absorpcyjne (jak dla wspomnianych powyżej par sodu). W okolicy takiej linii współczynnik załamania zmienia się w charakterystyczny sposób, schematycznie przedstawiony na rys. 4. Ze wzrostem częstości współczynnik załamania rośnie, przy przekroczeniu częstości odpowiadającej absorpcji gwałtownie spada, a potem znowu rośnie. Przebieg taki obserwujemy, niezależnie od tego, czy mamy do czynienia z gazem, cieczą czy ciałem stałym — oczywiście jeżeli dla badanej substancji obserwuje się wyraźną linię absorpcyjną. Rysunki 5 i 6 przedstawiają wyniki doświadczeń dla dwóch różnych przypadków.

a. Rys. 5 przedstawia zależność współczynnika załamania od częstości dla kryształu fluorku litu (LiF). Pomiary prowadzono w podczerwieni, obszarze widzialnym i nadfiolecie. Linie absorpcyjne występują w miejscach, wskazanych strzałkami. Obserwowano zmiany wartości współczynnika załamania od 0,2 do 4,5! Warto zwrócić uwagę, że w obszarze widzialnym nic specjalnego się nie dzieje. Dla porównania — w tym właśnie obszarze — zostały dorysowane przebiegi współczynnika załamania dla wody i szkła.

b. Rys. 6 przedstawia zdjęcie uzyskane metodą „skrzyżowanych pryzmatów”, schematycznie przedstawioną na rys. 7. Światło widzialne na rys. 6 odchylone było poziomo przez zwykły pryzmat szklany, a pionowo przez płomień palnika sodowego w kształcie pryzmatu. Charakter odchylenia w okolicy linii absorpcyjnej wskazuje, że współczynnik załamania par sodu bardzo silnie się zmienia właśnie w tym obszarze (mamy tu wyraźne załamanie dla gazu!).

Przykłady takie, jak dwa powyżej przedstawione można byłoby dowolnie mnożyć. Wynika z nich jedno: musi istnieć jakiś istotny związek pomiędzy zjawiskami pochłaniania i załamania światła.

Aby zrozumieć związek pomiędzy pochłanianiem, emisją i załamaniem światła musielibyśmy wiedzieć, jaki jest mikroskopowy mechanizm omawianych zjawisk. Innymi słowy — „co się dzieje w środku” substancji oddziałującej z promieniowaniem. O tym opowiemy już w następnym artykule.



Zadania

Redaguje mgr Krzysztof S. NOWIŃSKI

M 286. Jaka jest największa liczba hetmanów, które można ustawić na szachownicy tak, by każdy szachował dokładnie jednego z pozostałych?

Rozwiązanie na str. 10

M 287. Pierwiastkami równania $ax^2 + bx + c = 0$ są $\cos t_1$ i $\cos t_2$. Wyznaczyć w zależności od a , b i c współczynniki równania $Ax^2 + Bx + C = 0$, którego pierwiastkami są $\cos 2t_1$ i $\cos 2t_2$.

Rozwiązanie na str. 8

M 288. W trapezie o podstawach \overline{AB} i \overline{CD} mamy $AB = AC = AD = p$, $BC = q$. Znaleźć długość drugiej przekątnej \overline{BD} .

Rozwiązanie na str. 9

Redaguje mgr Tomasz TRATKIEWICZ

F 108. Spirala grzejna podłączona jest do sieci o stałym napięciu, zapewniającym słabe świecenie zwojów. Gdy drut został rozprostowany, świecenie zanikło, mimo iż pobór mocy ze źródła nie dość że nie zmalał, lecz wręcz przeciwnie — nieco wzrósł. Wyjaśnić zaobserwowany efekt. Rozwiązanie na str. 6

F 109. Do źródła siły elektromotorycznej o stałym napięciu podłączono drut żelazny, który wskutek tego lekko rozżarzył się. Gdy część drutu zanurzono w zimnej wodzie, reszta rozżarzyła się mocniej. Dlaczego? Rozwiązanie na str. 16