

przez powierzchnię leżącą całkowicie na zewnątrz ładunku wynosi 0. Dzięki zasadzie superpozycji wynik słuszny jest też dla wielu ładunków

$$\Phi \left(\begin{array}{l} \text{przez dowolną zam-} \\ \text{kniętą powierzchnię} \end{array} \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \text{Suma ładunków obejmowanych przez tę powierzchnię}$$

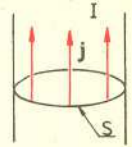
$$\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} Q_{\text{całkowite}}$$

Dwa podane prawa ujęte w ramkę są równoważne prawu Coulomba i zasadzie superpozycji. W celu sformułowania praw magnetyzmu trzeba wprowadzić gęstość prądu. Jeśli prąd I płynie „równomiernie” wzdłuż przewodu o przekroju S , to wektorem gęstości prądu nazywamy

$$j = \frac{I}{S},$$

skąd

$$I = jS.$$



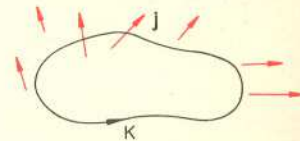
Jeśli rozkład jest nierównomierny, to gęstość prądu określamy dla małego fragmentu przewodu tak, by ładunek przepływający na sekundę przez ten fragment wynosił $j_n \Delta S_n$. W rezultacie całkowite natężenie prądu płynącego przez duży płat wynosi

$$I = \text{Strumień } j \text{ (przez ten płat)}$$

A oto podstawowe prawa magnetyzmu

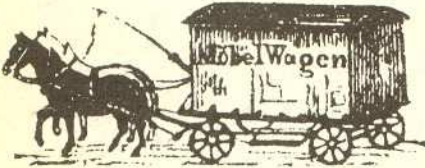
$$\text{Strumień } B \text{ (przez dowolną zamkniętą powierzchnię)} = 0$$

$$\text{Krążenie } B \text{ (wzdłuż konturu } K) = \mu_0 \times \text{Strumień } j \text{ (przez płat rozpięty na } K)$$



Pierwsze z powyższych praw nazywa się często prawem niewystępowania „ładunków” magnetycznych, drugie nazywa się prawem Ampere’a. Podstawą tych praw są oczywiście badania eksperymentalne. Analogiczne prawa elektrostatyki robią wrażenie udowodnionych, a to dlatego, że istnieje inne równoważne, wcześniej odkryte sformułowanie Coulomba, wzięte wprost z doświadczenia. Nie zmienia to jednak istoty rzeczy.

Cztery podane w ramach prawa są podsumowaniem badań doświadczalnych dotyczących niezależnych od czasu pól elektrycznych i magnetycznych. Polami zależnymi od czasu zajmiemy się w następnym artykule.



Laboratorium w domu

Do czego mogą służyć żyłki, czyli rzecz o interferencji

Mgr Andrzej GOŁĘBIEWSKI

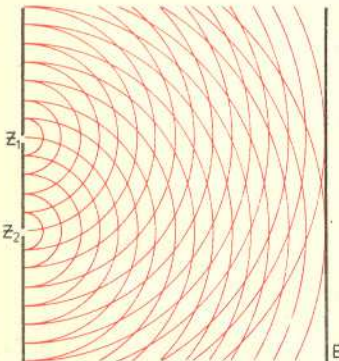
NIECO TEORII

Światło ma naturę falową. Takie kategoryczne stwierdzenie musi wywołać odruch niewiary w każdym wnikliwym umyśle.

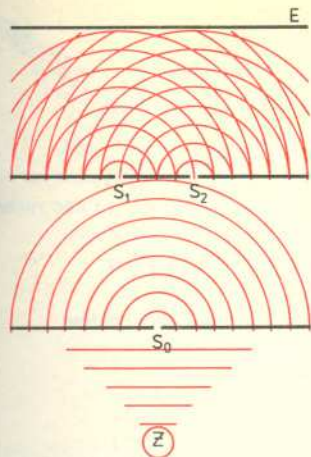
Bo jakie są dowody?

Żeby rozwiązać Wasze wątpliwości, proponuję powtórzyć doświadczenie, które w 1807 roku opisał Tomasz Young. Wykazał on wówczas, że światło wywołuje takie same efekty, jak fale mechaniczne obserwowane na przykład na wodzie. Chodzi mianowicie o zjawisko interferencji, której mechanizm krótko przypomnę.

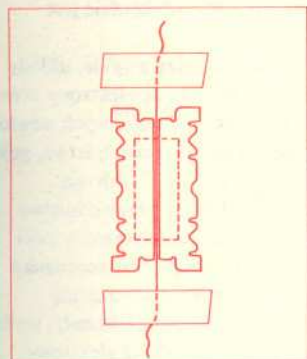
Jeżeli dwa ciągi fal pochodzące z dwóch różnych źródeł punktowych Z_1 i Z_2 na rys. 1 spotykają się, to w pewnych miejscach następuje wzmocnienie a w innych wygaszenie ich amplitud. Miejsca



Rys. 1



Rys. 2
 Z — źródło rozciągłe
 S_0 — szczelina oświetlająca
 S_1, S_2 — przesłona z dwiema szczelinami
 E — ekran



Rys. 3

te nazywamy odpowiednio maksimami, gdy spotykają się dwa grzbiety, i minimami, gdy spotyka się grzbiet z doliną. Regularny rozkład maksimów i minimów wzdłuż przesłony-ekranu (E) nosi nazwę obrazu interferencyjnego. Widzimy wówczas serię powtarzających się ciemnych i jasnych prążków.

Warunkiem powstania takiego obrazu jest spójność obu ciągów fal, to znaczy zgodność w każdej chwili czasu różnicy faz wynikającej z różnicy dróg. Innymi słowy, jeżeli chcemy, aby interferencje powtarzały się zawsze w tych samych miejscach, to odstęp czasu między nadejściami jednej i drugiej grupy fal muszą być zawsze takie same.

Stosując dwa źródła, nawet punktowe, nie spełnimy powyższego warunku, gdyż wysyłają one niezależne ciągi fal. Zresztą optyka nie dysponuje punktowymi źródłami światła. Źródła są zawsze rozciągłe, składają się z wielu mikroźródeł.

Dodatkowo sytuację komplikuje fakt, że w warunkach domowych nie możecie stosować światła monochromatycznego, czyli o jednej tylko długości fali, i zdani jesteście na światło białe zawierające fale o różnych długościach. W obrazie interferencyjnym prążki są wówczas barwne a liczba ich jest niewielka.

Czy w takim razie nie należy zrezygnować z doświadczenia?

PORA NA ŻYLETKI

Aby spełnić warunek spójności można posłużyć się specjalną szczeliną oświetlającą. Popatrzcie na rys. 2. W przedstawionym układzie rolę źródła światła spójnego spełnia szczelina S_0 wydzielająca wąską wiązkę światła. Szczeliny S_1 i S_2 są tym bardziej źródłami spójnymi. Właśnie do wykonania tych szczelin potrzebne Wam będą żyłki przelamane wzdłuż dłuższej osi. W grubym kartonie lub tekturze o wymiarach 150×80 mm wytnijcie w środku otwór 20×10 mm. Połówkę żyłki przyklejcie do kartonu używając taśmy samoklejącej tak, aby zakrywała otwór do połowy i ostrzem była zwrócona ku środkowi. Tak samo postąpicie z drugą połówką, pozostawiając między ostrzami szczelinę o szerokości około 0,1 mm. Dla ustalenia tego ostatniego wymiaru można posłużyć się inną żyłką wsuwając ją między krawędzie przyklejanych połówek. Od tej chwili jesteście posiadaczami szczeliny oświetlającej.

Potrzebna jest teraz przesłona z dwiema szczelinami. Jej wykonanie jest bardziej skomplikowane. Należy wyciąć jeszcze jeden kartonik i sporządzić jeszcze jedną szczelinę oświetlającą, taką jak opisana wyżej. Przez jej środek trzeba przeprowadzić równoległe do krawędzi żyłek cienki drucik miedziany o grubości około 0,05 mm lub po prostu włos, który po naciągnięciu musi być przyklejony. Włos dzieli szczelinę wzdłuż na dwie części. Ta operacja wymaga pewnej zręczności i cierpliwości. Do kontroli równoległego ustawienia krawędzi żyłek i włosa przydatna jest lupa. Przygotowanie szczelin przedstawia rys. 3.

I WRESZCIE DOŚWIADCZENIE

Schemat rozmieszczenia części składowych układu doświadczalnego przedstawia rys. 4. Jako źródła światła Z najlepiej użyć rzutnika do przezroczy lub innej odpowiednio silnej lampy naświetlającej. Jeżeli nie jest to możliwe, musi wystarczyć zwykła lampa biurowa z żarówką 100–150 W, na którą nakładamy stożek z nieprzezroczystego kartonu wierzchołkiem w kierunku szczelin. Wierzchołek obcinamy tak, aby powstał otwór o średnicy około 10 mm. Źródło światła, szczelina oświetlająca S_0 i przesłona z dwiema szczelinami S powinny znajdować się na jednakowej wysokości mierząc od stołu, na którym je ustawiamy. Jako podstawkę możecie użyć na przykład kostek styropianu z nacięciami zrobionymi piłką do metalu. Wiązka światła powinna biec od źródła przez szczeliny wzdłuż linii prostej. Odległość między częściami zestawu należy dobrać doświadczalnie.

Arkusze kartonu z bloku technicznego może stanowić ekran E. Jeżeli układ będzie dobrze ustawiony, zobaczycie na nim kilka jednakowej jasności prążków interferencyjnych. Znacznie lepiej jest zastosować jako ekran matową szybę. Obserwacje przeprowadza się wówczas patrząc w stronę źródła światła.

UWAGI KOŃCOWE

Jestem pewien, że wszyscy, którzy podjęli trud przygotowania i przeprowadzenia eksperymentu, spokojnie spojrzą na pierwsze zdanie niniejszego artykułu.

Nie spoczywajcie jednak na laurach!

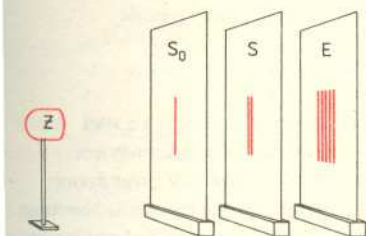
Proponuję rozszerzyć wiadomości z tego zakresu.

A oto problemy do rozgrzyzenia:

1. Ustawcie na drodze promieni biegnących w zestawie filtr barwny np. od aparatu fotograficznego lub powiększalnika. Jakie widzicie zmiany w widmie? Jak wyjaśnić to zjawisko?
2. Wykonajcie jeszcze jedną szczelinę oświetlającą. Ustawcie ją w miejscu przesłony z dwiema szczelinami. Zobaczycie na ekranie tzw. obraz dyfrakcyjny. Czym różni się on od obrazu interferencyjnego? Obserwacji można także dokonać patrząc przez szczelinę w kierunku źródła światła.
3. Dlaczego w doświadczeniu szerokość szczelin musi być taka mała?
4. Czy światło wywołuje zjawiska charakterystyczne tylko dla fal?

Sięgnijcie do literatury!

Życzę powodzenia.



Rys. 4