

Korpuskularna teoria interferencji światła

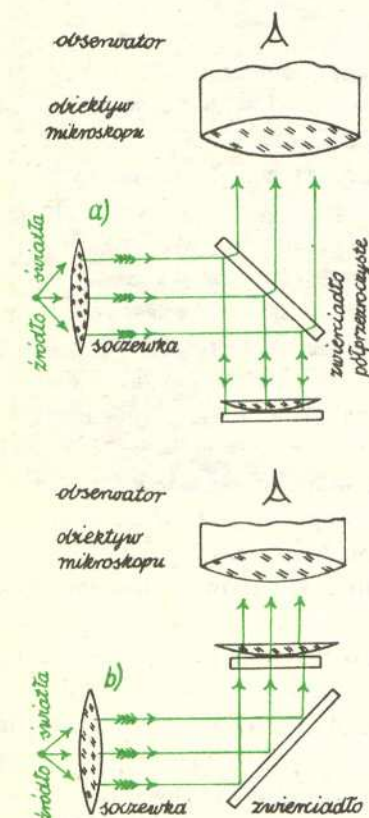
Dr Zbigniew PŁOCHOCKI

Panuje dziś pogląd, że zjawiska interferencji światła (to znaczy nakładania się wiązek świetlnych ze wzmocnieniem lub osłabieniem) można wyjaśnić jedynie za pomocą falowej teorii światła. Albo odwrotnie, zjawiska te świadczą o falowej naturze światła. Na gruncie teorii falowej wzmocnianie lub osłabianie się wiązek świetlnych tłumaczymy nakładaniem się fal świetlnych w fazach zgodnych lub przeciwnych. Korpuskularna teoria światła zjawisk tego rodzaju wyjaśnić nie może, niemożliwe jest bowiem — rozumiemy — by na przykład w punkcie, do którego strzela się z dwu karabinów maszynowych pociski „wygaszały się” wzajemnie; pada tam dwa razy więcej pocisków w porównaniu z sytuacją, gdy strzelałby do tego punktu tylko jeden karabin maszynowy. A więc strumienie cząstek „wzmacniają się”.

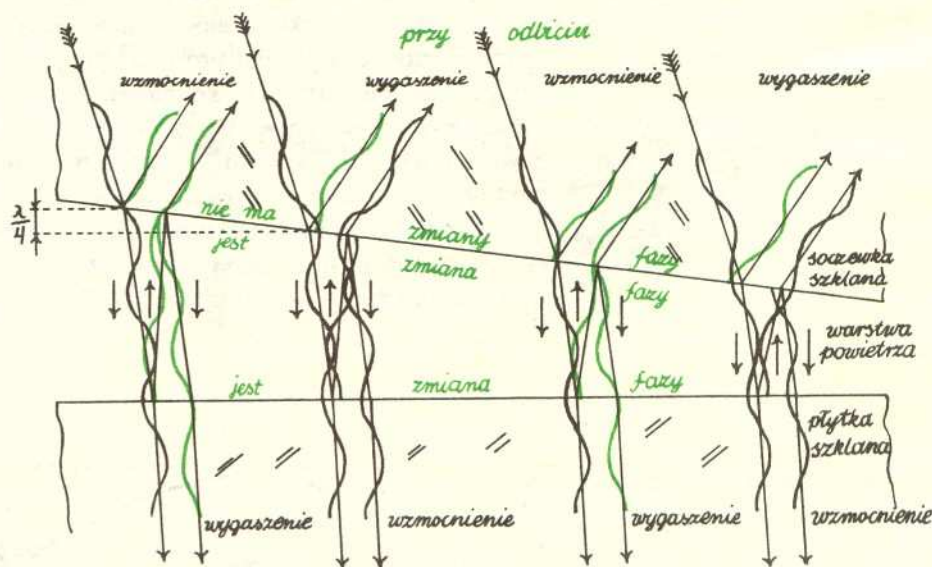
Istotnie, teoria korpuskularna światła, w której światło traktuje się jako strumienie cząstek, nie pozwala skonstruować jednolitego schematu, w ramach którego można byłoby wyjaśnić wszystkie zjawiska interferencji światła. Teoria falowa natomiast taki schemat zbudować pozwala. Dlatego właśnie mamy prawo powiedzieć, że interferencja światła świadczy o jego falowej naturze.

Jak zapewne Czytelnikowi wiadomo, obie koncepcje: falowa i korpuskularna narodziły się w XVII wieku. Pierwsza powstała za sprawą R. Hooke'a i Ch. Huyghensa i przybrała postać w miarę zwartej teorii dopiero w pierwszym dwudziestolecu XIX wieku, głównie dzięki Th. Youngowi i A. J. Fresnelowi. Pierwszą korpuskularną teorię światła zaproponował angielski fizyk Isaac Newton w 1675 r. Rozwinął ją w swym dziele *Optics*, wydanym w 1703 r. Teoria ta, uznawana przez cały wiek XVIII, musiała w XIX wieku ustąpić teorii falowej, by na początku XX w. odrodzić się w postaci kwantowej teorii światła A. Einsteina. Właśnie w tym traktacie podał Newton wyjaśnienie jednego zjawiska, w którym mamy do czynienia z interferencją światła, mianowicie pierścieni Newtona (odkrytych wprawdzie przez R. Boyle'a w 1663 r., a nazwanych potem pierścieniami Newtona, gdyż właśnie Newton po raz pierwszy zbadał je dokładnie). Było to zresztą jedyne zjawisko tego typu zbadane dokładnie w tamtych czasach.

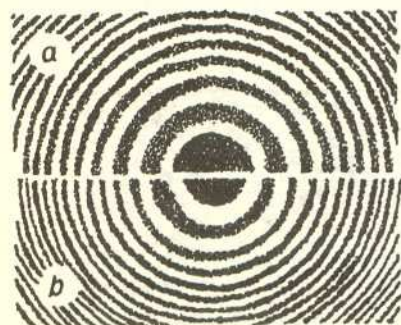
Najpierw słów kilka o samym zjawisku. Powstaje ono, gdy mamy do czynienia z odbiciem światła od górnej i dolnej powierzchni cieniutkiej warstewki powietrza o zmiennej grubości między płaską płytką szklaną a soczewką szklaną (rys. 1).



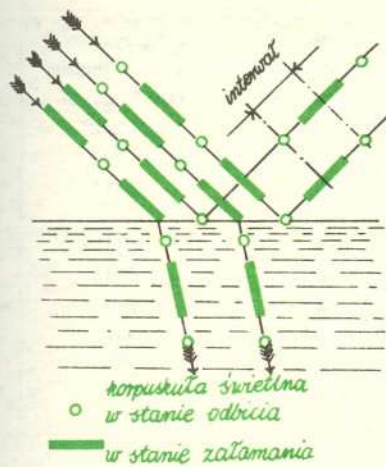
Rys. 1. Układ do obserwacji pierścieni Newtona: a — „z góry”, tzn. w świetle odbitym; b — „z dołu”, tzn. w świetle przechodzącym



Rys. 3. Mechanizm powstawania pierścieni według falowej teorii światła. Fale wzmocniają się w tych kierunkach, w których biegą w fazach zgodnych (obserwator widzi jasny krążek); wygaszają się natomiast w tych kierunkach, w których biegą w fazach przeciwnych (do obserwatora nic nie dociera, czyli widzi on ciemny krążek). Dla pełnego zrozumienia zjawisk trzeba pamiętać, że w szkłe fala świetlna odbija się od powierzchni oddzielającej szkło od powietrza — bez zmiany fazy; podczas odbicia od tej powierzchni, w przypadku gdy fala świetlna pada z powietrza, następuje skokowa zmiana jej fazy o π ; załamanie fali świetlnej następuje w obu przypadkach bez zmiany fazy



Rys. 2. Pierścienie Newtona obserwowane w świetle odbitym przy użyciu światła: a — czerwonego, b — niebieskiego

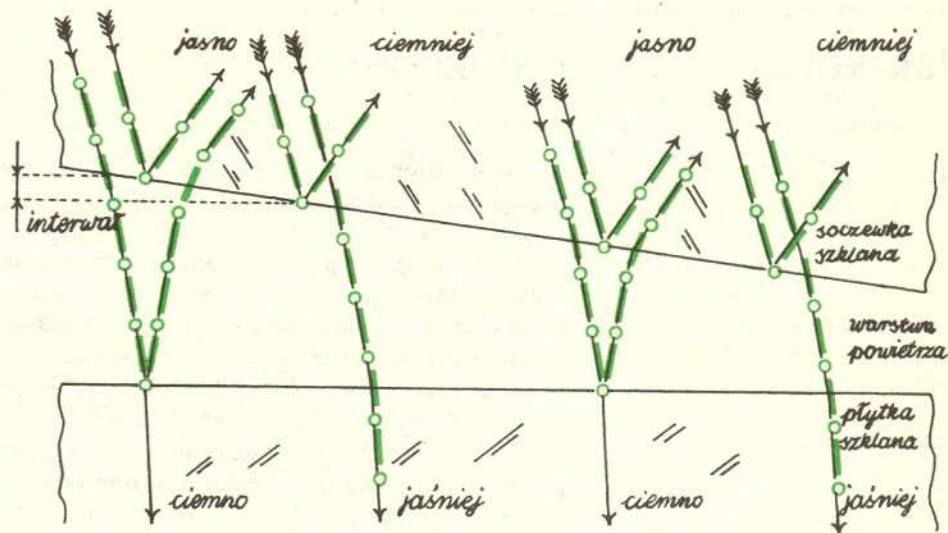


Rys. 4. Rozdzielanie się wiązki padającej na odbitą i załamana — według Newtona

Obserwator widzi wtedy barwne koła (rys. 2). Falowa teoria światła tłumaczy to zjawisko interferencją wiązek światła odbitych od dolnej powierzchni soczewki i od górnej powierzchni płytki szklanej (rys. 3).

A jak zjawisko tłumaczył Newton? Powstawanie okresowej i symetrycznej struktury (barwnej), jaką są pierścienie, nasunęło mu myśl, że cząstki świetlne cechuje pewien periodyczny proces wewnętrzny, w wyniku którego przechodzą one od stanu łatwego odbicia do stanu łatwego załamania. Zachowują się więc niczym talerze koziołkujące dokola osi prostopadłej do kierunku ich ruchu: kiedy na powierzchnię na przykład wody padną płasko, odbiją się od niej, kiedy zaś padną krawędzią, wnikną do drugiego ośrodka (rys. 4). Długość odcinka, jaki przebywa korpuskuła świetlna między stanem łatwego odbicia i stanem łatwego załamania, nazwał Newton interwałem (odpowiada to dokładnie jednej czwartej długości fali w obrazie falowym światła).

Co się dzieje z korpuskułami Newtona w układzie jak na rys. 1? Na dolną powierzchnię soczewki padają cząstki świetlne w różnych stanach. Te, które padną w stanie łatwego odbicia — odbiją się. Do warstewki powietrza wnikną tylko te, które w chwili padania były w stanie łatwego załamania (rys. 5). Biegąc dalej, spotkają powierzchnię płytki szklanej. Zależnie od długości drogi, jaką przebyły w powietrzu, trafią na powierzchnię płytki albo w stanie łatwego odbicia (wtedy odbiją się, po czym znów przejdą łatwo przez dolną powierzchnię soczewki do oka obserwatora), albo w stanie łatwego załamania. W tym drugim przypadku pobiegą dalej do oka obserwatora patrzącego „z dołu”. W świetle odbitym obserwator będzie widział na zmianę jasne i ciemniejsze krążki (pierścienie), natomiast w świetle przechodzącym (rys. 1b) — odwrotnie: ciemne i jasne.



Rys. 5. Mechanizm powstawania pierścieni według korpuskularnej teorii światła Newtona

Powstawanie pierścieni barwnych tłumaczył Newton tym, że światło różnej barwy cechuje się różną wartością interwału. I na podstawie pomiarów promieni krążków różnej barwy wyznaczył doświadczalnie wartości interwału dla światła różnej barwy. Były to, nawiasem mówiąc, pierwsze pomiary długości fali światła widzialnego różnej barwy.

Przykład ten jest wielce pouczający, wskazuje bowiem, że pojedyncze zjawisko można czasem wyjaśnić za pomocą dwóch przeciwstawnych teorii.

Wyjaśnienie jednego tylko konkretnego zjawiska za pomocą danej teorii nie może więc być uznane za kryterium poprawności tej teorii. Kryterium takie może stanowić dopiero fakt wyjaśnienia zespołu zjawisk. To zatem, że teoria jest zgodna z jednym faktem doświadczalnym, może o niczym jeszcze nie świadczyć. Konieczna jest zgodność teorii z faktami doświadczalnymi (koniecznie w liczbie mnogiej!). Dlatego konfrontację z faktami doświadczalnymi wytrzymać może trwale tylko teoria dostatecznie wszechstronna, a jej pozycja w fizyce będzie tym trwalsza, im więcej faktów doświadczalnych pozwala ona wyjaśnić.

| Barwa | Cztery interwały (wyniki Newtona, wyrażone w nano- metrach) | Rzeczywista wartość długości fali (w nano- metrach) |
|---|--|--|
| fioletowa (granica widzialnej części widma) | 406 | 393 |
| między fioletową a indygo | 439 | 426 |
| „ indygo a błękitną | 459 | 454 |
| „ błękitną a zieloną | 492 | 492 |
| „ zieloną a żółtą | 532 | 536 |
| „ żółtą a pomarańczową | 571 | 587 |
| „ pomarańczową a czerwoną | 596 | 647 |
| czerwona (granica widzialnej części widma?) | 645 | 760 |

Zestawienie wyników pomiarów długości fali światła widzialnego różnej barwy, dokonanych przez Newtona, z wynikami nowoczesnych pomiarów (wg Wawiłowa):
 Prawdopodobne przyczyny rozbieżności są dwie: 1° Newton, wyznaczając wartości interwału, opierał się na przybliżonych relacjach matematycznych; 2° nie udało się dokładnie ustalić ścisłej odpowiedniości między nazwami barw, które stosowano w czasach Newtona, a nazwami stosowanymi obecnie (dlatego nie wiadomo dokładnie, jakie wartości długości fali przyporządkować nazwom barw stosowanym przez Newtona).

Jak konstruować wielokąty foremne

Jak skonstruować trójkąt równoboczny lub kwadrat — wie każdy. Z konstrukcją pięcioboku foremnego jest już gorzej; niewielu umie to zrobić bez zaglądania do książki. Sześciobok — znów łatwo: konstruuje się trójkąty równoboczne i z nich składa się sześciokąt. Jeśli jednak zażądać konstrukcji siedmioboku, otrzyma się prawdopodobnie odpowiedź, że to niemożliwe, popartą być może odesłaniem do licznych podręczników, w których ten fakt jest udowodniony, np. do książki J. Browkina *Wybrane zagadnienia algebry*, str. 168. Nie będziemy jednak słuchać tych wszystkich mądrych ludzi i postaramy się ów siedmiobok skonstruować. Sukces, jaki osiągniemy, nie świadczy o tym, że matematyka jest sprzeczna, a tylko o tym, że mówiąc o poszczególnych problemach matematycznych pozostawiamy cały szereg założeń w domysłach.

Czytelnik prawdopodobnie nie miał żadnych wątpliwości, że mówiąc o konstrukcji mamy na myśli konstrukcje klasyczne, to znaczy wykonalne przy pomocy cyrkla i linijki. Gdyby tak było, to istotnie nie potrafilibyśmy podać konstrukcji siedmiokąta foremnego.

Skonstruujemy tę figurę przy pomocy przyrządu nieklasycznego, a mianowicie paska papieru. Przygotujmy wąski pasek papieru. Aby się wygodnie konstruowało, pasek powinien być przynajmniej dziesięć razy dłuższy niż szerszy. Na pasku należy zawiązać supełek. Po zaciągnięciu i spłaszczeniu wychodzi pięciokąt foremny. Aby otrzymać sześciobok foremny, trzeba wziąć dwa takie paski i związać węzłem płaskim. Żaden harcerz nie będzie miał najmniejszej trudności, inni mogą sobie dopomóc rysunkiem. Przystąpimy teraz do konstrukcji siedmioboku. Związujemy na taśmie, tak jak przy otrzymywaniu pięcioboku, supełek, ale przed zaciągnięciem przewlekamy taśmę przez pętelkę jeszcze raz. Teraz po zaciągnięciu i spłaszczeniu (uwaga: taśma może się pociąć i porwać) otrzymamy żądany siedmiobok.

Wreszcie dla ośmioboku, który robimy z dwu taśm, wygodnie jest zacząć od zaciągnięcia pętli i rozplaszczania jednej taśmy w sposób przedstawiony na rysunku, a dopiero następnie przewlec odpowiednio drugą taśmę.

Czy posługując się tą metodą można konstruować wielokąty foremne o większej liczbie boków?

