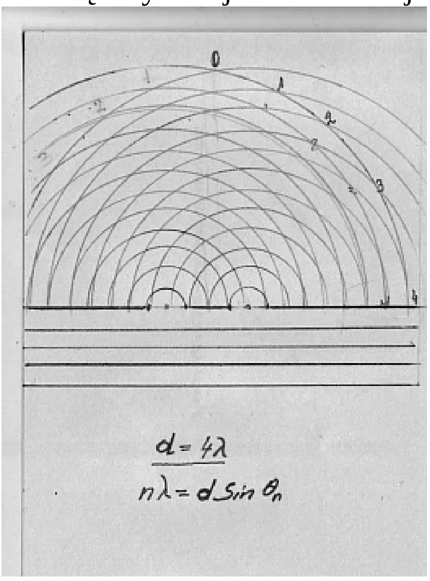
Scenariusz lekcji
Czy światło ma naturę falową? Doświadczenie Younga.
Wojciech Dindorf
Elżbieta Krawczyk

Cele lekcji – nasze oczekiwania:
Chcemy, aby uczeń:
- postrzegał doświadczenie jako ostateczne rozstrzygnięcie słuszności teorii i w tych kategoriach doceniał historyczne znaczenie doświadczenia Younga;
- umiał na podstawie modelu znaleźć występujące prawidłowości;
- umiał dokonać uogólnienia swoich spostrzeżeń;
- rozumiał i znał warunek na powstanie prążków *n*-tego rzędu dla dwóch szczelin i dla siatki dyfrakcyjnej.

Proponujemy skopiować na folię model fali elementarnej (dodatek na końcu). Przy korzystaniu z rzutnika potrzebujemy dwie kopie. Jeśli mamy możliwość, to proponujemy rozdać po jednej folii i jednej kopii na papierze dla każdej pary uczniów.

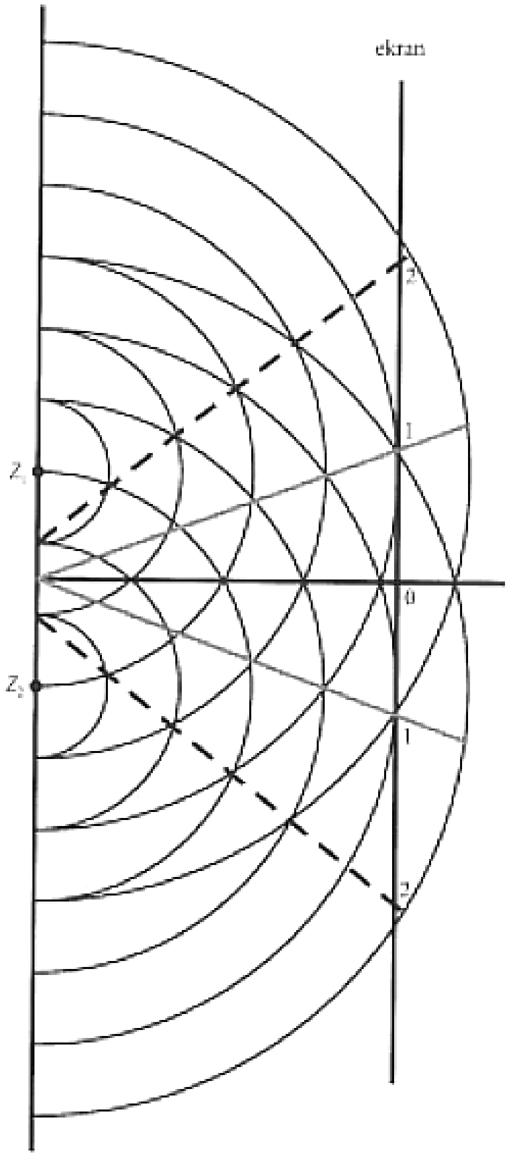
Przebieg lekcji:
Spór o naturę światła. Wstęp historyczny, wspominamy poglądy Newtona i Huygensa. Pytamy o zjawiska charakterystyczne dla ruchu falowego. Uczniowie przypominają, co wiedzą o dyfrakcji i interferencji fal.



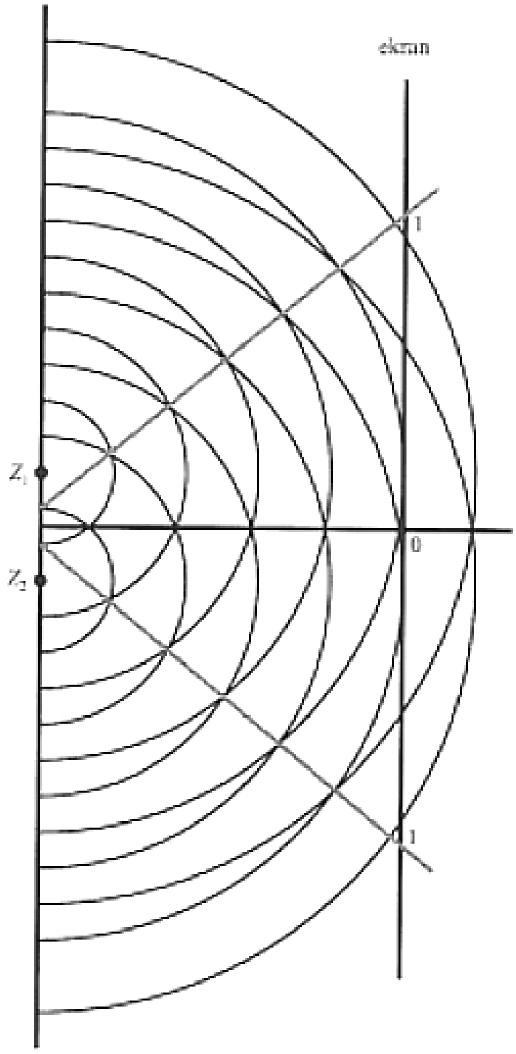
Jeśli chcemy stwierdzić, czy światło wykazuje naturę falową, trzeba zbadać, czy ulega ono dyfrakcji i interferencji. Takie stwierdzenie powinno być wynikiem wstępnej części lekcji.
Zwolennikiem teorii falowej był Thomas Young. Prosimy uczniów, aby w domu skorzystali z podręcznika i zapoznali się z pracą i życiem Younga.
Young wykonał doświadczenie potwierdzające zachodzenie zjawiska dyfrakcji i interferencji światła. Jeśli mamy w pracowni laser, to pokazujemy doświadczenie z dwoma szczelinami. Jeśli nie mamy lasera, modelujemy to doświadczenie na wodzie.
Zwracamy uwagę na to, że odstęp między szczelinami musi być większy, niż długość fali, oraz na konieczność spójności fal pochodzących z obu „źródeł”.
Przechodzimy do pracy z foliogramami.

Doświadczenie modelowe 1.
Układamy folię na papierze z takimi samymi półkolami jak na folii. Rozsuwamy „źródła”, ustalając niewielką odległość między szczelinami (np. 4λ – czyli 4 odległości między półkolami). W możliwie dużej odległości od szczelin kładziemy czystą kartkę papieru równolegle do linii łączącej szczeliny. Ta kartka to ekran, na krawędzi którego zaznaczamy ołówkiem miejsca maksymalnego oświetlenia.
Zaznaczmy prążek zerowy i numerujemy w prawo i w lewo od niego prążki pierwszego, drugiego, itd. rzędu.

Zmieniamy odległość między szczelinami i powtarzamy doświadczenie, zaznaczając nowe położenia maksimów. Uczniowie dostrzegają zależność pomiędzy odległością szczelin a odległościami między prążkami. (rys. 1 i 2)



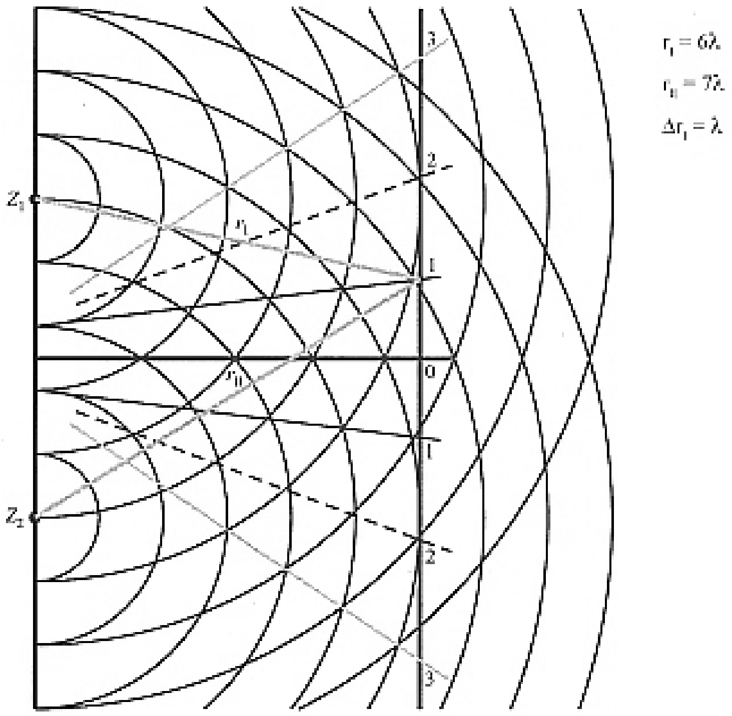
rys. 1



rys. 2

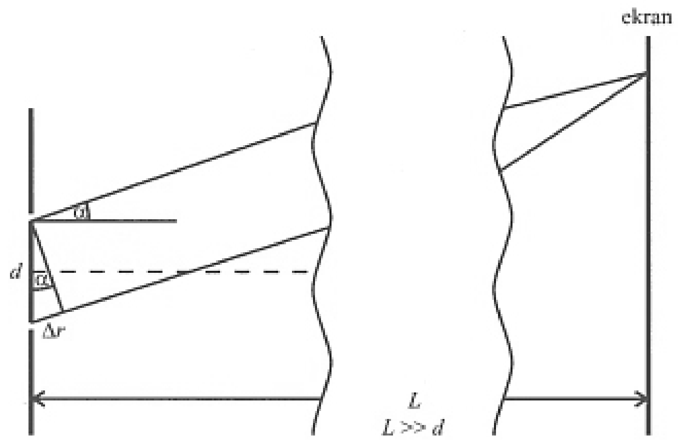
Powstanie środkowego jasnego prążka jest łatwe do wyjaśnienia: fazy są zgodne, bo przebyte drogi są jednakowe.

Doświadczenie modelowe 2.
Sprawdzamy na modelu, jaka będzie różnica dróg dla prążków drugiego i trzeciego rzędu.



rys. 3

Uogólniamy wnioski:
Różnica dróg przy prążku *n*-tego rzędu wynosić musi $n\lambda$.



rys. 4

Jaka jest zależność różnicy dróg optycznych od odległości między szczelinami? (rys. 4)

$$\Delta r_1 = d \sin \alpha_1$$

$$\Delta r_n = d \sin \alpha_n$$

A zatem dla kierunku, w którym nastąpi wzmocnienie, mamy:

$$d \sin \alpha_n = n\lambda$$

Sprawdzamy słuszność tej zależności na modelu dla dowolnego maksimum przez liczenie ilości długości fal, o jakie przesunięte są względem siebie fale wychodzące z obu szczelin.
Pytamy: a co się stanie, gdy fala trafi na więcej niż dwie szczeliny?
Taka sytuacja jest nawet wygodna. Więcej szczelin, więcej energii dotrze do ekranu. Będzie jaśniej. A prążki? Jeśli mamy siatkę dyfrakcyjną i laser, pokazujemy efekt. Maksima

powstaną w tym samym kierunku, co przy dwóch szczelinach. Jeśli bowiem dwie szczeliny dają pierwsze maksimum pod określonym kątem, to szczelina trzecia z drugą (gdy odległość między szczelinami jest taka sama) też. Biegnąc w tym samym kierunku, wzmocnią się wzajemnie. Nasz związek pozwalający określić kierunek dla kolejnych maksimów będzie taki sam dla dwóch, jak i dla wielu szczelin – zwanych siatką dyfrakcyjną:

$$d \sin \alpha_n = n\lambda$$

Warto powiedzieć, że od czasów Younga nauczyliśmy się sporządzać tysiące szczelin na milimetrze. Zwróćmy też uwagę, że korzystając z naszej siatki dyfrakcyjnej, „zatrudniliśmy" tylko jej nieznaczny fragment, ale – co łatwo sprawdzić – przesuwając siatką w płaszczyźnie równoległej do ekranu żadnych zmian w „widmie" nie odnotowujemy. Jeżeli zmienimy położenie ekranu, zauważamy, że linie maksimów zagęszczają się, gdy ekran zbliżamy do siatki, lub oddalają się, gdy ekran oddalamy – tak jak należało się spodziewać, patrząc na nasz dwuszczelinowy model.

Na koniec lekcji można pokazać, że siatka dyfrakcyjna musi rozszczepiać światło białe. Najprościej pokazać to, odwzorowując na ekranie wąską szczelinę sporządzoną na ramce do przeźroczy. Ustawiona w strumieniu światła z rzutnika siatka dyfrakcyjna da na ekranie kilka rzędów widma rozmieszczonego symetrycznie względem białej szczeliny. Najbliżej centralnej białej linii będzie fiolet, najdalej czerwień. To wynika z zależności. Przy stałej wielkości d im krótsza fala, tym mniejsze odchylenie od linii centralnej. Zaznaczyć można, że dzisiejsze spektroskopy posługują się siatkami dyfrakcyjnymi, a nie pryzmatami.