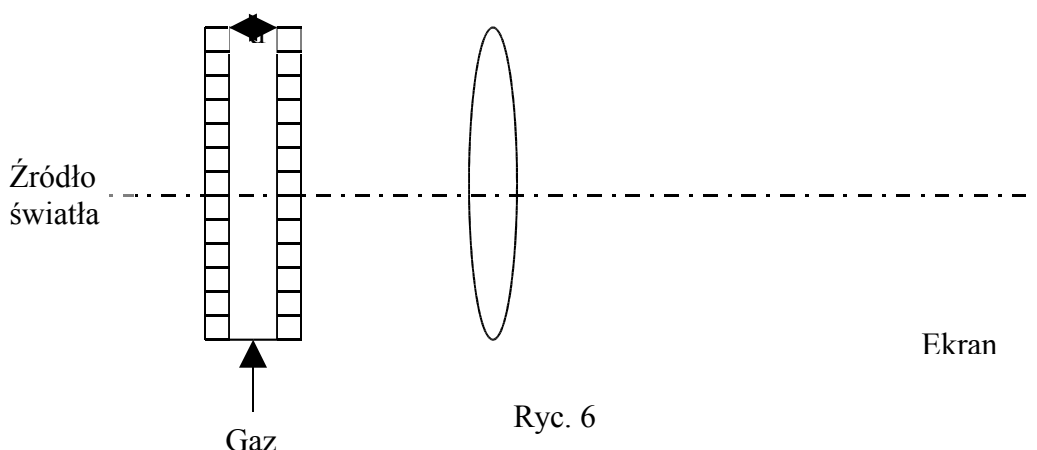


## XLIV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP II

### Zadania teoretyczne

#### ZADANIE T3

Na rysunku 6 jest przedstawiony układ optyczny mogący służyć do pomiaru współczynnika załamania światła. Składa się on z punkтового źródła światła monochromatycznego,



Ryc. 6

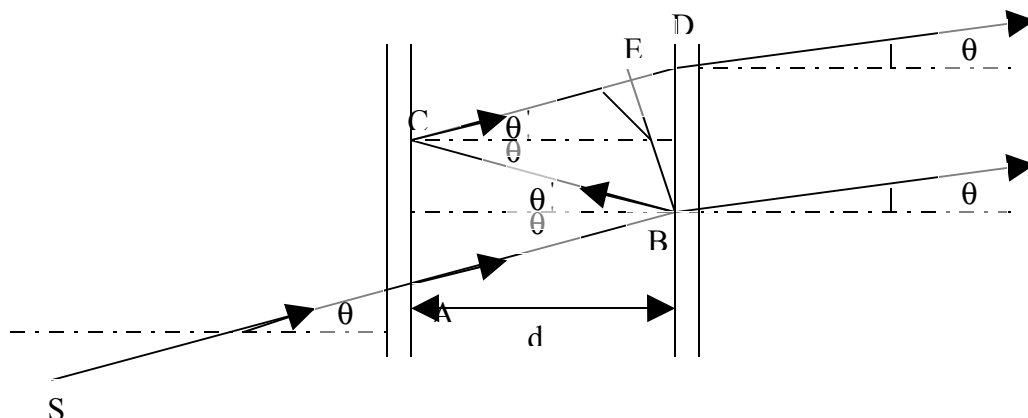
dwu płaskich płytek szklanych, pomiędzy którymi znajduje się badany gaz oraz soczewki i ekranu ustawionego w płaszczyźnie ogniskowej soczewki. Powierzchnie obu płytek są pokryte od strony wewnętrznej cienką, półprzezroczystą warstwą metalu. Na skutek odbić pomiędzy płytkami, na ekranie obserwuje się obraz interferencyjny składający się z szeregu współśrodkowych, na przemian jasnych i ciemnych pierścieni. Odbicia od powierzchni nie pokrytych warstwą metalu można zaniedbać.

Wykorzystując wyżej opisany układ przeprowadzono następujące doświadczenie. Spomiędzy płytek odpompowano gaz, a na ekranie zaznaczono położenie jednego z jasnych prążków. Następnie, obserwując prążki, pomiędzy płytki powoli wpuszczono powietrze o pewnej ustalonej temperaturze  $T_0$ , aż do uzyskania pewnego ciśnienia  $p_0$ . Stwierdzono, że przez punkt zaznaczony na ekranie przesunęło się  $N = 11$  ciemnych prążków po czym na tym punkcie zatrzymał się jasny prążek. Oblicz wartość współczynnika załamania powietrza pod ciśnieniem  $p_0$  w temperaturze  $T_0$ , jeżeli odległość pomiędzy płytkami wynosiła  $d = 1,04$  cm, a lampa emitowała światło o długości fali w próżni  $\lambda_0 = 5461 \cdot 10^{-8}$  cm.

Zakładamy, że warunki doświadczenia opisanego w zadaniu są takie, iż można stosować prawa ważne dla soczewek cienkich (wiązka przyosiowa, wszystkie kąty małe) oraz płytki nie ulegają deformacji podczas odpompowywania powietrza.

#### ROZWIĄZANIE ZADANIA T3

Rozważmy promień światła wychodzący ze źródła pod pewnym, bardzo małym kątem  $\theta$  do osi optycznej układu, ryc. 7.



Możemy przyjąć, że w warunkach próżni, lub gdy powietrze wypełnia komorę przestrzeń między płytkami), kąt  $\theta'$  jest w przybliżeniu równy kątowi  $\theta$ , a zatem ma również bardzo małą wartość,  $\theta' \ll 1$ . Różnica dróg optycznych pomiędzy promieniem wychodzącym z komory w punkcie B, a promieniem odbitym, wychodzącym w punkcie D, wynosi

$$BCD - ED = \frac{2d}{\cos\theta} - \frac{2d \sin^2 \theta'}{\cos\theta'} = 2d \cos\theta' \quad (1)$$

Warunkiem interferencji rozważanych promieni jest równość

$$2d \cos\theta' = m\lambda \quad (2)$$

gdzie  $\lambda$  jest długością fali światła rozchodzącego się wewnątrz komory, zaś  $m$  jest liczbą całkowitą. Dla małych kątów  $\theta' \ll 1$  można zastąpić warunek (2) przybliżonym równaniem  $2d = m\lambda$ , stąd

$$m = \frac{2d}{\lambda}. \quad (3)$$

Gdyby w przedstawionym układzie optycznym nie było soczewki skupiającej, to rozważane promienie interferowałyby w dużej odległości od komory. W obecności soczewki interferencja zachodzi w płaszczyźnie ogniskowej soczewki, tzn. w miejscach przecinania się promieni wychodzących z soczewki, które przed załamaniem biegły równolegle.

Długość fali  $\lambda$  zależy od warunków, w jakich znajduje się powietrze w komorze. Podczas wpuszczania powietrza do komory długość fali zmienia się od wartości  $\lambda = \lambda_0$  w próżni, do wartości  $\lambda = \lambda_1$  w powietrzu pod ciśnieniem  $p_0$ , o temperaturze  $T_0$ . Zmiana długości fali  $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_0$  jest przyczyną zmiany liczby  $m$  o  $\Delta m$ , równej w przybliżeniu (zgodnie z regułą obliczania różniczki funkcji  $m = f(r)$ ) (3))

$$\Delta m = - \frac{2d}{\lambda_0^2} \Delta\lambda, \quad (4)$$

Skąd dla  $\Delta m = N$  mamy

$$\Delta\lambda = -N \frac{\lambda_0^2}{2d}, \quad (5)$$

Współczynnik załamania światła w gazie można wyrazić jako stosunek prędkości światła rozchodzącego się w próżni do prędkości światła w gazie. Mamy zatem dla gazu znajdującego się między płytkami

$$n = \frac{c}{v} = \frac{v\lambda_0}{v\lambda_1} = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \Delta\lambda}. \quad (6)$$

Po podstawieniu (5) do wyrażenia (6) otrzymujemy dla danych  $N = 11$ ,  $\lambda_0 = 5461 \cdot 10^{-8}$  cm oraz  $d = 1,04$  cm następującą wartość współczynnika załamania powietrza znajdującego się w temperaturze  $T_0$  pod ciśnieniem  $p_0$ :

$$N = \frac{1}{1 - (N\lambda_0 / 2d)} \cong 1 + \frac{N\lambda_0}{2d} \cong 1,00029.$$

Urządzenie, przy pomocy którego można dokładnie wyznaczyć długość fali światła rozchodzącego się w badanym gazie lub próżni, nosi nazwę interferometru Fabry'ego – Perota. Schemat urządzenia przedstawia rycina 6.

Źródło:  
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole”  
Komitet Główny Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szc.pl](http://www.of.szc.pl)