XXVIII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP II
Zadanie doświadczalne.

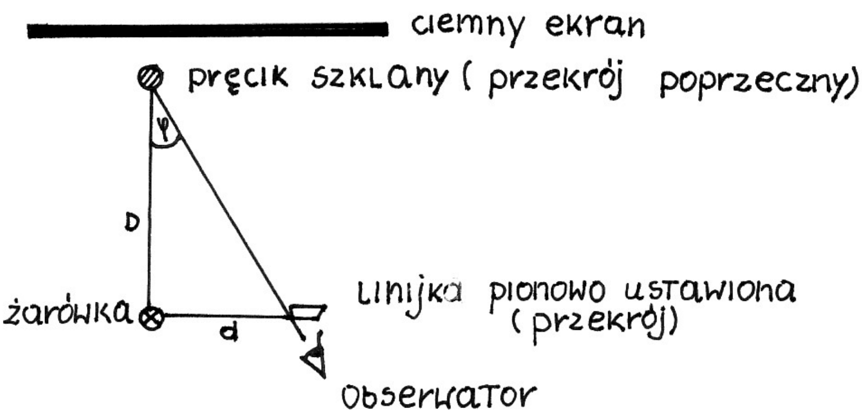
ZADANIE D1

Nazwa zadania: „Wyznaczanie współczynnika załamania światła”

Mając do dyspozycji: przezroczysty, okrągły pręcik szklany (bagietkę), żarówkę, baterię, kawałek plasteliny, linijkę i papier milimetrowy, wyznacz współczynnik załamania światła czerwonego dla materiału, z którego wykonano pręt.

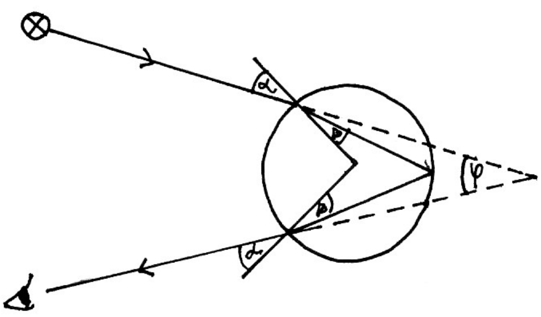
ROZWIĄZANIE ZADANIA D1

Zadanie to rozwiązuje się w układzie przedstawionym na rysunku 1. Należy znaleźć takie położenie krawędzi linijki, żeby widać było obok niej czerwony refleks.



Rys. 1.

Światło padające na pręcik pod kątem α, załamuje się pod kątem β i po jednokrotnym wewnętrznym odbiciu (niecałkowitym) opuszcza pręcik załamując się jeszcze raz na jego powierzchni. Kąt pomiędzy promieniem padającym, a promieniem wychodzącym z pręcika wynosi φ (rys. 2).



Rys. 2.

Ilość światła padającego na jednostkę kąta α w przedziale katów *(α, α+dα)* oznaczamy przez *P(α)*. Podobnie, ilość światła wychodzącego z kuli, przypadającą na jednostkę kąta φ w przedziale katów *(φ, φ + d*φ) oznaczamy przez *R (*φ). Mamy oczywiście:

$$R(\varphi)d\varphi = P(\alpha)\, A(\alpha)d\alpha. \tag{1}$$

A(α) oznacza tu ilość światła z przedziału kątów (*α, α + dα),* która trafia do przedziału katów *(*φ*,* φ + *d*φ*).* Wielkość ta jest różna od zera (i jedności), gdyż na powierzchni kuleczki światło jest częściowo odbijane, a częściowo przepuszczane.
Z (1) mamy

$$R(\varphi) = \frac{P(\alpha)A(\alpha)}{\frac{d\varphi}{d\alpha}}. \tag{2}$$

Widać stąd, że *R (*φ*) przy* $\frac{d\varphi}{d\alpha} = 0$ ma osobliwość. W praktyce osobliwość ta jest rozmywana przez efekty dyfrakcyjne i inne, ale dla uproszczenia możemy je zaniedbać.

Zjawisko silnego wzmocnienia promienia światła o określonej barwie nie zajdzie, jak można się łatwo przekonać dla promieni przechodzących przez pręcik bez wewnętrznego odbicia.

Z prostych rozważań geometrycznych (patrz rysunek 90) można znaleźć, że

$$\varphi = 4\beta - 2\alpha$$

Jednocześnie z prawa Snelliusa mamy

$$\sin\alpha = n\sin\beta.$$

Skąd po zróżniczkowaniu względem α

$$\cos\alpha = n\cos\beta\,\frac{d\beta}{d\alpha},$$

czyli

$$\frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{\cos\alpha}{n\cos\beta}.$$

Obliczamy pochodną

$$\frac{d\varphi}{d\alpha} = \frac{4d\beta}{d\alpha} - 2 = \frac{4\cos\alpha}{n\cos\beta} - 2.$$

Z warunku $\frac{d\varphi}{d\alpha} = 0$ po prostych przekształceniach z wykorzystaniem prawa Snelliusa otrzymujemy:

$$\frac{2\cos\alpha}{n\cos\beta} = 1, \qquad \sin^2\alpha = \frac{\left(4-n^2\right)}{3}$$

oraz

$$\sin^2\beta = \frac{4-n^2}{3n^2},$$

skąd

$$\varphi = 4\arcsin\sqrt{\frac{4-n^2}{3n^2}} - 2\arcsin\sqrt{\frac{4-n^2}{3}}.$$

Wyrażenie można przekształcić korzystając z zależności trygonometrycznych do postaci

$$\cos\varphi = \frac{2n^6 + 3n^4 + 96n^2 - 128}{27n^4},$$

ale do wykonania zadania nie jest to potrzebne. Widać, że w układzie pokazanym na rysunku 89 możemy zmierzyć kąt φ lub jakąś funkcję trygonometryczną. Korzystając z wyprowadzonej zależności φ od n należy sporządzić wykres φ od *n* lub *cos* φ od *n* w spodziewanym dla szkła przedziale wartości i szukaną wartość odczytać z wykresu.

A oto przebieg czynności. Na stole pokrytym arkuszem papieru milimetrowego za pomocą plasteliny umocowujemy pionowo pręcik szklany. W odległości około 1 m umieszczamy baterię z przymocowaną żarówką. Patrzymy na pręcik szklany z kierunku zaznaczonego na rysunku. Do ustalenia kąta odpowiadającego refleksowi wykorzystujemy pionowo ustawioną linijkę i zaznaczamy jej położenie na papierze milimetrowym. Znając *d* i *D* wyznaczamy *cos* φ*.*

Pomiaru należy dokonać dla refleksów występujących po obu stronach pręcika – wzięcie średniej wartości kąta z takich pomiarów poprawia dokładność.

A oto przykładowe wyniki pomiarów :

cos φ *= 0,9357.*

Na podstawie tabeli

N	cos φ
1,51	0,9275
1,52	0,9330
1,53	0,9382
1,54	0,9431
1,55	0,9477
1,56	0,9519

Przez interpolację otrzymujemy n = 1,525.

Punktacja.

W dostępnym źródle brak propozycji punktacji.

Źródło:
Zadanie pochodzi z Olimpiady fizyczne XXVII – XXVIII" [1977/78 – 1978/79
oprac. Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki
WSiP, 1983

Komitet Okregowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl