

XXXIII OLIMPIADA FIZYCZNA
(1983/1984)
ZAWODY I STOPNIA

Zadanie doświadczalne – D

Nazwa – Wyznaczanie współczynnika załamania gliceryny korzystając z polaryzatora.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

– Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki, Krystyna Pniewska:

Fizyka w Szkole nr 5, 1984

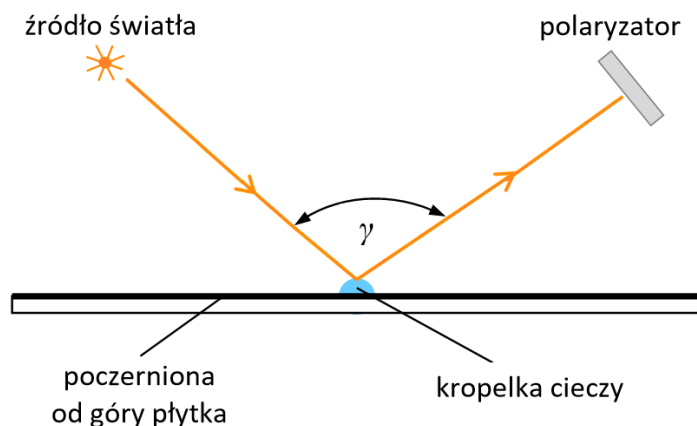
– T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Mając do dyspozycji polaryzator, źródło światła, kroplę gliceryny umieszczoną na poczernionym szkiełku, przyrządy do pomiaru długości lub kątów oraz statyw, wyznacz współczynnik załamania gliceryny.

Uwaga: Jako polaryzatora można użyć pryzmatu Nicola, okularów polaryzacyjnych, polaryzatora odbiciowego bądź stosu polaryzacyjnego (dwa ostatnie przyrządy można łatwo wykonać samemu).

Rozwiązanie zadania D – XXXIII OF, stopień I

Zaproponowany zestaw przyrządów, wśród których jest polaryzator, sugeruje metodę wyznaczenia współczynnika załamania gliceryny przez pomiar kąta Brewstera w następującym układzie doświadczalnym. Na zaczernionej płytce szklanej umieszczona jest kropla badanej cieczy (rys. 1).



Rys. 1¹

Wiązka światła padając na kroplę cieczy, pada na jej powierzchnię pod różnymi kątami, a więc i światło odbite rozchodzi się we wszystkich kierunkach. Obserwując przy użyciu analizatora odbite od powierzchni kropli w dowolnym kierunku światło, można zauważyć przy zmianie ustawienia płaszczyzny polaryzacji analizatora, częściowe wygaszenie. Stopień tego wygaszenia zależy nie tylko od kąta ustawienia płaszczyzny polaryzacji analizatora, ale również od kąta γ pod jakim zachodzi obserwacja.

Ponieważ światło odbite od kropli cieczy rozchodzi się w różnych kierunkach (w zależności od punktu padania na powierzchnię, kropli), dla dowolnie ustawionego źródła światła zawsze można znaleźć takie położenie analizatora w przestrzeni (w płaszczyźnie padania), że przy zmianie płaszczyzny polaryzacji analizatora następuje całkowite wygaszenie promienia odbitego, to znaczy, że promień odbity jest całkowicie spolaryzowany. Wtedy kąt γ jest równy podwojonemu kątowi Brewstera φ_{Br} . Współczynnik załamania cieczy dany jest wówczas zależnością

$$n = \operatorname{tg}(\varphi_{Br}) = \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right).$$

W celu wyznaczenia kąta Brewstera należy znać kąt α i kąt β tj. kierunki wiązki padającej oraz całkowicie spolaryzowanej wiązki odbitej w stosunku do płaszczyzny płytki.

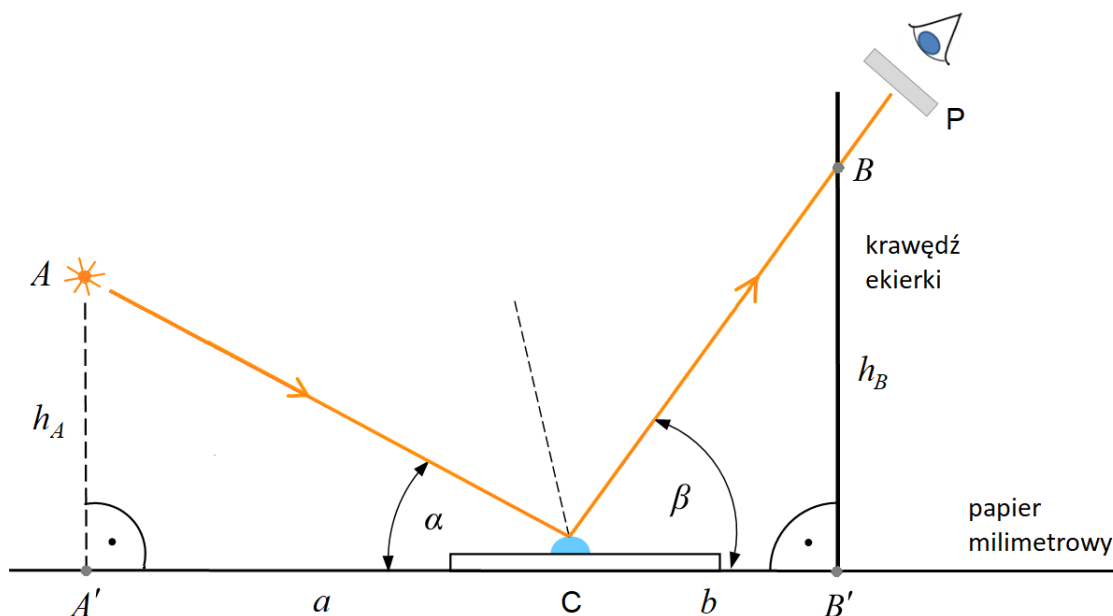
Na rysunku 2 podano układ przygotowany do pomiaru:

- A – punkt świecący,
- B' – punkt zamocowania ekierki ze skalą prostopadłą do płaszczyzny płytki,
- C – miejsce umieszczenia kropli cieczy na płytce,
- P – polaryzator w roli analizatora.

Kąty α i β wyznacza się przez pomiar, przy pomocy ekierki i papieru milimetrowego, odpowiednich odległości:

¹Opracowując zad. do bazy zadań KGOF wykonany rys. został częściowo pokolorowany (przyp. red.).

- h_A – wzniesienie źródła światła,
 h_B – wysokość punktu B (odczyt na skali ekierki),
 a – odległość punktu A' od kropki,
 b – odległość krawędzi ekierki od kropki.

Rys. 2²

W celu dokładniejszego wyznaczenia kąta β , na płytkę można nakropić kilka kropelek cieczy (na jednej prostej zgodnej z osią układu) położonych blisko siebie. W ten sposób można łatwiej dopasować kierunek całkowitej polaryzacji odbitego promienia świetlnego; pozwala to również dokładniej oszacować błąd³.

Ważne jest, aby powierzchnia kropki była z dobrym przybliżeniem powierzchnią kuli, a więc aby kropla się „nie rozlewała”. Uzyskuje się to jedynie dla kropelek gliceryny o średnicy nie większej niż 2-3 mm. Poczernione szkło pozwala uniknąć dodatkowych refleksów świetlnych z otoczenia.

Podana metoda pozwala uzyskać dokładność wyniku wynoszącą kilka procent.

Warto podkreślić, że ze względu na kształt kulistej kropki nie zachodzi potrzeba poruszania źródłem światła i szukania takiego położenia, dla którego kąty $\alpha = \beta$. Nie jest też konieczne oświetlenie wiązką równoległą, bowiem dla każdego położenia źródła znajdzie się taki fragment powierzchni kropki, który będzie odbijał wiązkę światła w pożądanym kierunku.

Używanie ekranu, znacznie pogarsza dokładność obserwacji. Korzystanie z ekranu jest jedynie uzasadnione i konieczne jeżeli jako źródła światła używa się lasera i bezpośrednia obserwacja wiązki odbitej jest niebezpieczna, a natężenie światła jest na tyle duże, że wszelkie zmiany natężenia są dobrze widoczne na ekranie. Jednak należy zauważyć, że laser emituje światło częściowo bądź całkowicie spolaryzowane!

Komentarz

²Zob. przypis poprzedni (przyp. red.).

³Słowo „błąd” było używane w znaczeniu obecnej niepewności a „błąd maksymalny” – niepewności granicznej.

Problematykę tą od 1993 r. reguluje *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, u nas w nauczaniu od 2018 r. *Rekomendacja Polskiego Towarzystwa Fizycznego dotycząca nauczania o opracowywaniu wyników pomiarów w szkołach* – www2022.ptf.net.pl/programy/edukacja/rekomendacja (przyp. red.).

Większość uczniów znalazła dobry sposób rozwiązania przez wyznaczenie kąta Brewstera. Poszczególne prace różniły się głównie jakością pomiarów i analizą wyników.

Bardzo wielu uczniów traktowało kroplę jako dużą ilość cieczy, z której można utworzyć płaską powierzchnię. Kroplę „rozpłaszczano”, mieszała się ona wtedy z sadzą.

Wielu uczniów używało również ekranu, co znacznie pogarszało dokładność obserwacji.

Niewielu uczniów wykazało umiejętność przeprowadzenia oceny i rachunku błędu. Nawet ci uczniowie, którzy wykonali serię pomiarów i obliczali współczynnik załamania jako średnią z kilkunastu pomiarów jako błąd pomiaru⁴ obliczali różnicę między otrzymaną wartością, a wartością tablicową.

⁴Zob. trzeci przypis (przyp. red.).