

Kacper Kulczycki

Zadanie 59
Wyznaczanie współczynnika załamania
powietrza przy użyciu interferometru Michelsona

Warszawa 2002

Wstęp

Celem doświadczenia było wyznaczenie zależności współczynnika załamania powietrza od ciśnienia, oraz znalezienie jego wartości dla warunków normalnych.

Teoria

$$(n - 1)2L = k\lambda \quad \text{wz. 1}$$

$$\Delta n = \frac{\lambda}{2L} \quad \text{wz. 2}$$

$$p = A n + B \quad \text{wz. 3}$$

$$n_N = \frac{p_N - B}{A} \quad \text{wz. 4}$$

gdzie:

n – współczynnik załamania,

L – różnica dróg przebytych przez światło w interferometrze (długość komórki próżniowej),

λ - długość fali świetlnej, k – współczynnik proporcjonalności ($k \in \mathbf{N}_+$)

Δn – różnica między kolejnymi współczynnikami załamania dla których powstaje ten sam obraz interferencyjny,

p – ciśnienie atmosferyczne,

A, B – współczynniki (założenie ! $p(n)$ – zależność liniowa)

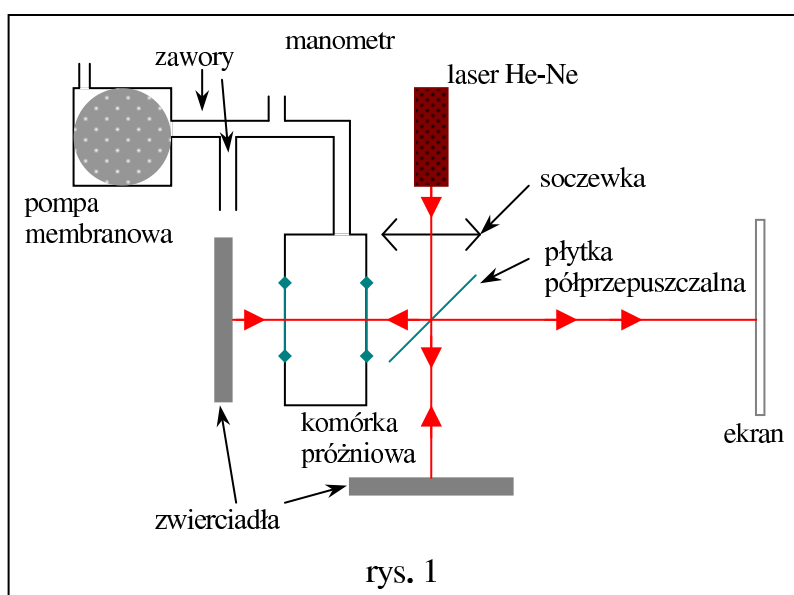
n_N - współczynnik załamania powietrza w warunkach normalnych, p_N – ciśnienie normalne powietrza.

Przebieg doświadczenia

Układ pomiarowy przedstawia rys. 1. Wymiary komórki próżniowej zostały zmierzone suwmiarką. Temperatura w pomieszczeniu odczytana została z termometru, a do odczytania ciśnienia atmosferycznego posłużył barometr.

W celu odpompowania powietrza z komórki należało zamknąć zawór dozujący, otworzyć zawór odcinający i włączyć pompę. Gdy manometr wskazywał -1 należało zamknąć zawór odcinający i wyłączyć pompę.

Pomiar dokonywany był w następujący sposób:



Przy rozszczelnionym zaworze dozującym obserwowane były na ekranie, zmiany obrazu interferencyjnego. W momencie pojawiania się w centrum kolejnego minimum rejestrowane było wskazanie manometru.

Wyniki i wnioski

Długość fali światła laserowego:

$$\lambda = 632,8 \text{ nm}$$

Długość komórki próżniowej:

$$L = 26,5 \pm 0,5 \text{ mm}$$

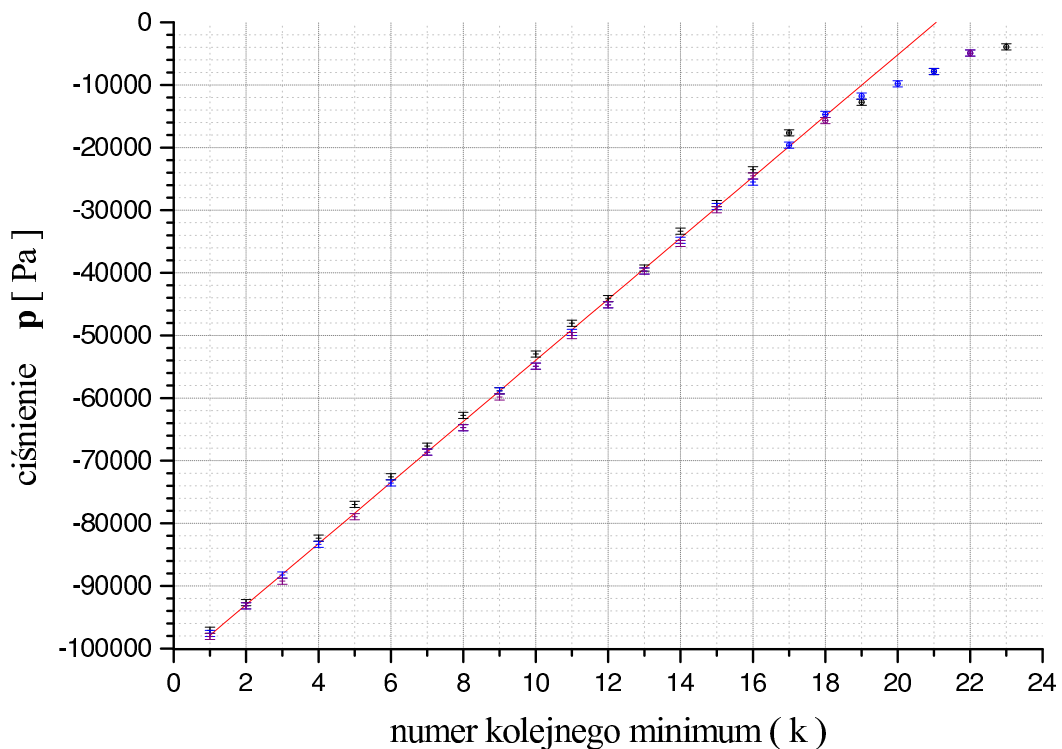
Temperatura w pomieszczeniu:

$$T = 21,5 \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ciśnienie atmosferyczne:

$$p_a = 99,33 \pm 001 \text{ hPa}$$

Uzyskane wyniki pomiarów ciśnień prezentuje wykres:



Widać że końcowe punkty świadczą o pewnej relaksacji układu (nie były brane pod uwagę przy dopasowywaniu prostej).

Punkty dla odróżnienia trzech serii pomiarowych zostały, zaznaczone różnymi kolorami
W wyniku dopasowania prostej (analogicznie do wz.3):

$$A_k = 4880 \pm 22 \text{ Pa}$$

$$B_k = -102760 \pm 240 \text{ Pa}$$

Wiemy jednak ze wz. 1 że:

$$k = \frac{(n-1)L^2}{\lambda}$$

Czyli dla $k = 21$, $p = 0$ (właściwie to nie 0 ale p_a – jednak manometr wyskalowany był tak, że mierzył względne ciśnienia, w komórce próżniowej, od zera czyli ciśnienia atmosferycznego „w ujemną stronę ciśnień”), czyli ostatecznie $n = 1 + (0,0002507 \pm 0,0000047)$ i jest to wartość współczynnika załamania dla ciśnienia atmosferycznego.

Aby uzyskać zależność zamienić na funkcję $p(n)$ należy przekształcić stałe A_k i B_k .
Czyli:

$$p = A_k k + B_k = A_k \frac{(n-1)L^2}{\lambda} + B_k = A_k n \frac{2L}{\lambda} + B_k - A_k \frac{2L}{\lambda} = A n + B \Rightarrow$$
$$\Rightarrow A = A_k \frac{2L}{\lambda} \quad \text{oraz} \quad B = B_k - A_k \frac{2L}{\lambda}$$

$$\mathbf{A = 408700000 \pm 7900000 \text{ Pa}}$$

$$\mathbf{B = -408800000 \pm 7900000 \text{ Pa}}$$

Czyli widać że dla $n = 1$ ciśnienie atmosferyczne musi wynosić 1000 hPa (minus wynika z przyjętej konwencji)

czyli ze wz. 4:

$$\mathbf{n_N = 1,000 \pm 0,027}$$

Przyrównując do wartości tablicowej (dla $\lambda = 632,8 \text{ nm}$) równej $n_N = 1,0002921$ (bez uwzględniania zawartości pary wodnej) należy stwierdzić że doświadczenie potwierdziło wynik tablicowy co do rzędu wielkości, ale było zbyt mało czułe by stwierdzić jakiegokolwiek odchylenia od normy.

Natomiast badanie liniowej zależności $p(k)$ i $p(n)$ dało zadowalające rezultaty (choć końcowe punkty pomiarowe w seriach potwierdziły raczej asymptotyczne ustalanie się ciśnienia atmosferycznego w komórce próżniowej).