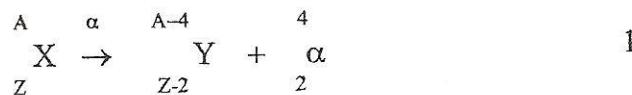


(1) WYZNACZANIE ENERGII MAKSYMALNEJ PROMIENIOWANIA β METODĄ ABSORPCYJNĄ

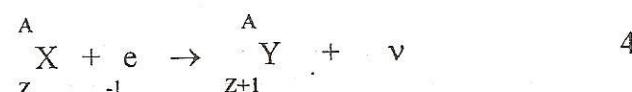
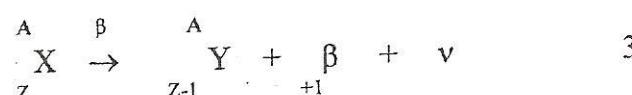
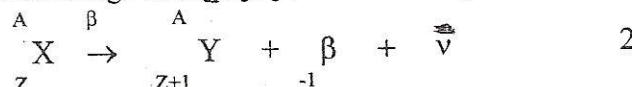
Promieniowanie jonizujące czyli powodujące jonizację materii przez którą przechodzi, powstaje w wyniku rozpadów niestabilnych jąder atomowych.

W przyrodzie występują dwa rodzaje rozpadów:

1. Rozpad α w wyniku którego jądro emisuje cząstkę α będącą całkowicie zjonizowanym jądrem helu.



2. Rozpad β w wyniku którego następuje jedna z trzech przemian jądrowych:



Wszystkim rozpadom może towarzyszyć emisja promieniowania elektromagnetycznego γ . Cechą charakterystyczną rozpadu β^- reakcja 2 jest to, że emitowane przez jądra elektrony mają energię zmieniającą się od zera do wartości maksymalnej, a widmo energetyczne ma charakter ciągły.

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie energii maksymalnej promieniowania β z krzywej pochłaniania. W wyniku oddziaływania elektronów z materią tracą one energię, głównymi procesami są tutaj jonizacja, zderzenia elastyczne i nieelastyczne z jądrami i elektronami oraz występowanie promieniowania hamowania podczas przejścia elektronów przez materię. Zależność ilości przechodzących przez absorbent o grubości x elektronów promieniowania β jest funkcją wykładniczą:

$$I = I_0 * \exp(-\mu * x). \quad 5$$

Pomiary ilości elektronów dokonujemy licznikiem okienkowym Geigera-Müllera. Aparatura pomiarowa składa się z: licznika, zasilacza wysokiego napięcia, wzmacniacza i przelicznika impulsów.

PRZEBIEG ĆWICZENIA:

1. Włączyć zasilanie aparatury.
2. Sprawdzić czy regulator zasilacza wysokiego napięcia jest ustawiony na minimum powinna palić się czerwona dioda.
3. Ustawić zasilanie wysokiego napięcia na 350 V.
4. Ustawić na przeliczniku czas pomiaru 10 minut i wykonać pomiar tła.
5. Umieścić za pomocą pensety preparat promieniotwórczy w domku ołowianym.

WYZNACZANIE MODULU YOUNGA

2

1. Obciążyć wstępnie drut, by wyprostować jego zgęcia (obciążenie to zależy od średnicy drutu, czyli jego wytrzymałości; granica wytrzymałości stali na zerwanie $W = 370-1800 \text{ N/mm}^2$).
2. Zmierzyć śrubą mikrometryczną średnicę $2r$ drutu dziesięciokrotnie w różnych miejscach.
3. Zmierzyć długość początkową drutu l_0 .
4. Ustać zero czujnika i wyznaczyć zależność $m / \Delta l$:

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| $m [\text{kg}]$ | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0 |
| $\Delta l [\text{mm}]$ | | | | | | | | | | | |

gdzie m - masa powodująca wydłużenie drutu,

Δl - wskazanie czujnika.

5. Zapisać błędy bezwzględne poszczególnych pomiarów: średnicy $2\Delta r$, długości Δl_0 , wydłużenia $\Delta (\Delta l)$.

6. Opracowanie wyników (w domu).

Wg prawa Hooke'a dla rozciągania $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l_0}$ (1)

i w zakresie odkształceń liniowych wykresem równ. (1) powinna być linia prosta przechodząca przez początek układu współrzędnych.

- a) Sprawdzamy tę zależność w formie $F = A \Delta l$ (2)

gdzie $F = mg$, natomiast $A = ES / l_0$.

Jeśli na wykresie punkty pomiarowe układają się w pobliżu prostej, przystępujemy do ilościowej analizy wyników. Punkty odpowiadające tzw. „ błędem grubym” usuwamy z danych.

- b) Metodą najmniejszych kwadratów (in. wyrównawczą Gaussa) obliczamy nachylenie A prostej (2) i błąd tego nachylenia ΔA .

c) Moduł Younga obliczamy ze wzoru $E = A l_0 / S = A l_0 / (\pi r^2)$,

gdzie r jest średnim promieniem drutu.

- d) Obliczamy błąd modułu Younga metodą różniczkowania $\ln E$:

$$\left| \frac{\Delta E}{E} \right| = \left| \frac{\Delta A}{A} \right| + \left| \frac{\Delta l_0}{l_0} \right| + 2 \left| \frac{\Delta r}{r} \right|; \quad \left| \Delta E \right| = \left| \frac{\Delta E}{E} \right| E$$

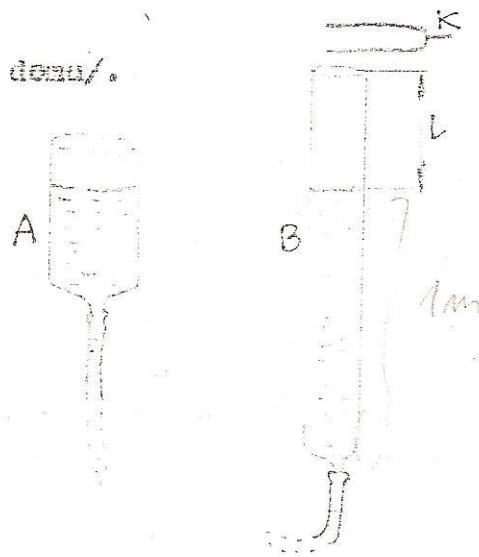
- e) Dla porównania obliczamy błąd względny modułu Younga dla jednego z punktów, np.: dla $m=1,5 \text{ kg}$:

$$\left| \frac{\Delta E}{E} \right| = \left| \frac{\Delta F}{F} \right| + \left| \frac{\Delta l_0}{l_0} \right| + 2 \left| \frac{\Delta r}{r} \right| + \left| \frac{\Delta(\Delta l)}{\Delta L} \right| \quad \text{gdzie } \Delta F = 0$$

- f) Zapisujemy wynik i oceniamy słownie „nasze dzieło”.

(3) WYZNACZANIE PRĘDKOŚCI DZIAŁKÓW
W POWIETRZU METODĄ QUINONEGO

1. Uderzyć w kamerton K i opuszczając wolno zbiornik A "szpapę" położenie menisku w rurze B, przy którym następuje pierwszy rezonans. Znaczyć odległość l_1 tego menisku od końca rury.
2. Powtórzyć czynności z pktu 1 przy ruchu zbiornika A w górze. Opisaną procedurę powtórzyć 5 razy, uzyskując 10 pomiarów l_1 .
3. Jak w pktach 1 i 2 "szukamy" drugiego rezonansu przy odległości $l_2 \approx 3 l_1$ (dlaczego?). Uzyskujemy 10 wyników dla l_2 .
4. Zapisać częstotliwość drgań kamertona temperaturę T i błędy Δl_1 , Δl_2 i ΔT .
5. Upracowanie wyników (w danu).



W rezonansie powtarza się w rurze B fala stojąca, której dolny koniec (przy menisku) jest szersze wężem a górny strzalką. Rezonansowa długość rury spełnia więc warunek:

$$l_n = \frac{\lambda}{4} \cdot n / 2n - 1 \quad n = 1, 2, \dots$$

Dla $n=1$: $l_1 = \frac{\lambda}{4}$, dla $n=2$: $l_2 = \frac{3}{2}\lambda$, więc

$$\lambda = 2(l_2 - l_1)$$

Cząsteczka dźwięku w powietrzu wynosi więc

$$V = \lambda \cdot f = 2(l_2 - l_1) \cdot f$$

Obliczyć średnią wartość $l_1 + l_2$ i obliczyć prędkość V .

Roznaczyć błąd wielkości V :

$$\left| \frac{\Delta V}{V} \right| = \left| \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{l_2 - l_1} \right| + \left| \frac{\Delta f}{f} \right|, \quad \Delta V = \left| \frac{\Delta V}{V} \right| \cdot V$$

gdzie $\Delta f = 0$

8. Ze wzoru Laplace'a na prędkość glosu w gazie

$$V = \sqrt{\frac{2\delta p}{\rho}}$$

wyliczyć wykładek adiabaty γ powietrza:

$$\gamma = \frac{P V^2}{\rho}$$

gdzie ρ - gęstość powietrza w danych warunkach ciśnienia P i temperatury T .

Ponieważ ze wzoru Clapeyriona /wykaż/

$$\frac{P}{\rho} = \frac{RT}{M}$$

dany

$$\gamma = \frac{RT}{M}$$

gdzie $\mu = 20,00 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ dla powietrza.

9. Obliczyć błąd γ :

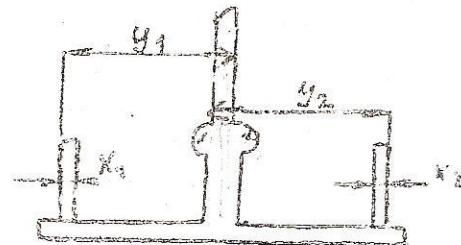
$$\left| \frac{\Delta \gamma}{\gamma} \right| = 2 \left| \frac{\Delta V}{V} \right| + \left| \frac{\Delta T}{T} \right| \text{ i } \Delta \gamma = \left| \frac{\Delta \gamma}{\gamma} \right| \cdot \gamma$$

WYZNACZANIE MODUŁU SZTYWNOŚCI NA SKRECANIE

(4)

METODA DYNAMICZNA

1. Zmierzyć długość drutu L.
2. Zmierzyć średnicę drutu $2r$ w 10 różnych miejscach.
3. Zwymiarować wibrator i zmierzyć średnicę krążków $2r_k$ i ich masę.
4. Wyznaczyć czas t_0 określonej liczby n okresów drgań wibratora nieobciążonego (zna z jedna para krążków). Dobrać n jak największe. Pomiar powtórzyć jeszcze dwa razy.



5. Dołożyć drugą parę krążków (wibrator obciążony) i wyznaczyć trzykrotnie czas t liczby n wahnień.
6. Zapisać bezwzględne błędy poszczególnych pomiarów: długości drutu ΔL , średnicy $2\Delta r$, średnicy krążka $2\Delta r_k$, jego masy $\Delta m = 0$, czasu $\Delta t_0 = \Delta t$, wymiarów wibratora Δx i Δy .
7. Opracowanie wyników (w domu).

Wzór prawa Hooke'a dla skręcania $p = K \cdot \alpha$,

gdzie p - ciśnienie styczne do dowolnego przekroju skręcanego drutu,

α - średnie odkształcenie skrętne,

K - moduł sztywności na skręcanie.

Można postać (Dryński), że w naszym przypadku zachodzą drgania torsyjne z okresem

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

gdzie J - moment bezwładności wibratora,

D - zw. moment kierujący drutu i $K = 2LD / (\pi r^4)$ (2)

Stosując (1) dwukrotnie: raz dla wibratora nieobciążonego z T_0 i J_0 , a drugi raz dla obciążonego z T i $J_0 + J$, mamy po przekształceniach:

$$K = \frac{8\pi L J}{r^4 (T - T_0)(T + T_0)}$$

a) Obliczyć średni promień drutu r .

b) Obliczyć średnią odległość osi krążka od osi drutu R :

$$R = \frac{1}{2} (P_1 + R_2)$$

gdzie $R_i = y_i \cdot x_i / 2 - r/2$, $i = 1, 2$

c) Obliczyć moment bezwładności wibratora z pomocą tw. Steinera:

$$J = 2(mr_k^2/2 + mR^2) = m(r_k^2 + 2R^2)$$

d) Obliczyć okresy drgań wibratora $T_0 = t_0/n$ oraz $T = t/n$.

e) Obliczyć moduł sztywności K .

f) Obliczyć błędy względny i bezwzględny:

$$\left| \frac{\Delta K}{K} \right| = \left| \frac{\Delta L}{L} \right| + \left| \frac{\Delta J}{J} \right| + 4 \left| \frac{\Delta r}{r} \right| + \left| \frac{2\Delta T}{T - T_0} \right| + \left| \frac{2\Delta T}{T + T_0} \right|$$

gdzie $\Delta T = \Delta t/n$

$$\Delta J = m [2r_k \Delta r_k + 4R \Delta R]$$

$$\Delta R = \Delta y + \Delta x/2 + \Delta t/2$$

g) Zapisujemy wynik oraz przeprowadzamy słowną ocenę błędu.

METODA WYRÓWNAWCZA GAUSSA

Ma zastosowanie do ilościowej analizy liniowej zależności y/x , gdy podane są eksperymentalnie wyznaczone pary liczb (x_i, y_i) .

Jeśli zależność tę zapiszemy w postaci $y=ax+b$, to metoda pozwala znaleźć odpowiednio dopasowane nachylenie a i wartość b . Kryterium jest tu minimalizacja sumy kwadratów odchyleń poszczególnych pomiarów od wartości proponowanej przez metodę. Szczegóły w Szydłowskim (str. 54).

Mamy wówczas:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ei} Y_i}{\sum_{i=1}^n X_{ei}^2} \quad \dots \quad (1)$$

$$\bar{b} = \bar{y} - \bar{a}\bar{x} \quad \dots \quad (2)$$

oraz

$$\Delta \bar{a} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{(n-2)\sum_{i=1}^n X_{ei}^2}} \quad (1a)$$

$$\Delta \bar{b} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n(n-2)}} + \left(\bar{x} \cdot \Delta \bar{a} \right)^2$$

gdzie n jest liczbą punktów pomiarowych, a pozostałe wielkości obliczamy ze wzorów:

$$x_{ei} = x_i - \bar{x} \quad (3)$$

$$y_{ei} = y_i - \bar{y} \quad (4)$$

$$\varepsilon_i = y_{ei} - \bar{a}x_{ei} \quad (5)$$

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n \quad (6)$$

$$\bar{y} = \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) / n \quad (7)$$

Aby obliczyć sumy występujące w (1) i (1a) wygodnie jest wypełnić następującą tabelkę:

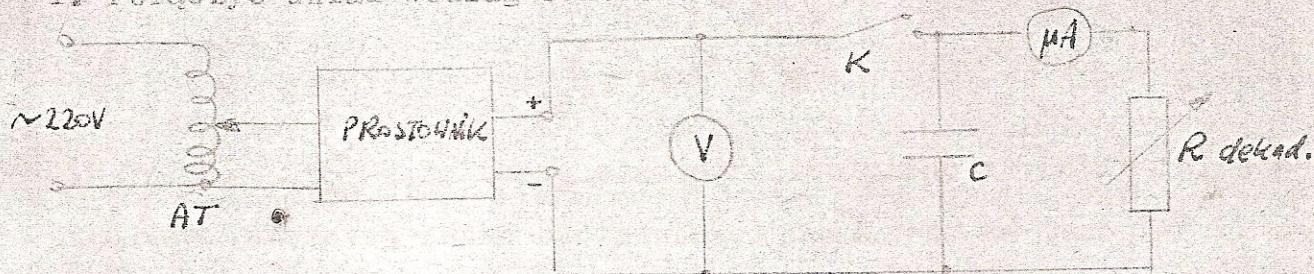
| i | y_i | x_i | x_{ei} | $x_{ei} \cdot y_i$ | x_{ei}^2 |
|---|------------|------------|----------|--------------------|-----------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| " | | | | | |
| " | | | | | |
| n | | | | | |
| | $\sum y_i$ | $\sum x_i$ | | $\sum x_{ei} y_i$ | $\sum x_{ei}^2$ |

a następnie dokonać sumowania we wskazanych kolumnach.

(5)

WYZNACZANIE ŁADUNIU KONDENSATORA Z KRZYWEJ ROZŁADOWANIA

1. Połączysz układ według schematu:



2. Dla ustalonego napięcia U wyliczyć taką wartość oporu dekadowego R_z , aby nie przekroczyć zakresu mikroamperomierza $J_0 = 300\mu\text{A}$:

$$R_z = \frac{U}{J_0}$$

gdzie U - zmierzane napięcie, zaś opór wewnętrzny przyrządu w I przybliżeniu zaniedbano.

3. Ustawić opornicę dekadową na R_z .

4. Zamknąć wyłącznik K i dopasować oporność R opornicy dekadowej do takiej wartości, by uzyskać pełne wychylenie $300\mu\text{A}$. Zapisać R oraz U .

5. Podzielić przedział prądowy $/0 - I_0/$ na 15 punktów I_k , gdzie $k=0, 1, \dots$

6. Naładować kondensator C przez zwarcie wyłącznika K , następnie zmierzyć czas od chwili zwolnienia wyłącznika K /początek rozładowania/ do chwili, gdy wskazówka przyrządu mija położenie I_1 . Pomiar powtórzyć jeszcze dwukrotnie, stale sprawdzając, czy pomiar zaczyna się od wartości $I_0 = 300\mu\text{A}$.

7. Powtórzyć czynności z punktu 6 dla kolejnych wartości k . Wyniki wpisać do tabelki:

| k | $I_k [\mu\text{A}]$ | $t_k [\text{s}]$ | $t_{k \text{ śr}} [\text{s}]$ |
|-----|---------------------|------------------|-------------------------------|
| 0 | 300 | | |
| 1 | 280 | | |
| 2 | 260 | | |
| 3 | 240 | | |
| ... | ... | | |
| 14 | 20 | | |
| 15 | 0 | | |

8. Zapisać dane przyrządów pomiarowych /klase, zakres, działyki/ oraz błędy ΔR i Δt .

9. Opracowanie wyników /w domu/:

Prąd rozładowania I kondensatora przez opór R zmienia się wg równania:

$$I = I_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \quad \dots \dots \dots (1)$$

Z drugiej strony z definicji natężenia prądu $I = \frac{dq}{dt}$, skąd ładunek zgromadzony na okładkach kondensatora można wyznaczyć całką

$$q = \int_0^{\infty} I dt \quad \dots \dots \dots (2)$$

W sensie geometrycznym całka ta równa jest polu pod wykresem $I(t)$.

10. Obliczyć średnie czasy $t_{\text{k}} \text{ sr}$ i na papierze mm sporządzić wykres prądu rozładowania jako funkcji czasu - $I(t)$. Na jeden punkt pomiarowy nanieś prostokąt błędu /patrz rys./.

11. Wyznaczyć pole powierzchni zawartej pod wykresem $S [\text{mm}^2]$.

12. Wyznaczyć stałą wykresu $\alpha = \frac{I_0 \cdot t_0}{S_0} [\text{C/mm}^2]$. Jest ona oczywiście zależna od skali na osiach /rys./.

13. Obliczyć ładunek kondensatora $q = \alpha \cdot S [\text{C}]$.

14. Obliczyć pojemność kondensatora $C = q/U [\mu\text{F}]$.

15. Obliczyć błędy metodą różniczkowania logarytmu naturalnego:

$$\left| \frac{\Delta C}{C} \right| = \left| \frac{\Delta q}{q} \right| + \left| \frac{\Delta U}{U} \right| \quad \left| \frac{\Delta U}{q} \right| = \left| \frac{\Delta \alpha}{\alpha} \right| + \left| \frac{\Delta S}{S} \right| \quad \Delta U = \sqrt{(\Delta U_1)^2 + (\Delta U_2)^2}$$

gdzie $\Delta U_1 = \frac{\text{klatka} \cdot \text{zakres}}{100}$, $\Delta U_2 = \frac{\text{zakres}}{\text{c-działek}}$, $\Delta \alpha = 0$, $\Delta C = \left| \frac{\Delta C}{C} \right| \cdot C$.

16. Metodą wyrównawczą Gaussa wyznaczyć wykładnik $a = -1/RC$ funkcji (1) oraz błąd tego wykładnika Δa /na komputerze/.

17. Obliczyć pojemność kondensatora $C = -1/Ra$.

18. Obliczyć błąd pojemności

$$\left| \frac{\Delta C}{C} \right| = \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \left| \frac{\Delta R}{R} \right| \quad \text{i} \quad \Delta C = \left| \frac{\Delta C}{C} \right| \cdot C$$

19. Zestawić wyniki uzyskane obiema metodami:

metoda całkowania graficznego $C = (\dots \pm \dots) \mu\text{F}$

metoda wyrównawcza Gaussa $C = (\dots \pm \dots) \mu\text{F}$

(6)

WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA LEPKOŚCI CIECZY
METODĄ STOKESA

Jeżeli zanurzymy w cieczy metalową kulę, która jest przez ciecz zwilżana, to kula zostaje pokryta cienką warstwą cieczy. Jeżeli kula jest w ruchu, to unosi ona warstwę przylegającą cieczy, która na skutek tarcia wewnętrznego wprawia w ruch następujące warstwy. Po pewnym czasie ustala się gradient prędkości warstw cieczy w kierunku prostopadłym do kierunku ruchu kulki. Siła F , która ten gradient wywołała, nazywamy siłą tarcia wewnętrznego lub siłą lepkości. Jest ona skierowana przeciwnie do prędkości warstw cieczy i ma wartość wynikającą z prawa Newtona:

$$F = \eta \cdot \frac{dv}{dx} \cdot S ,$$

gdzie: η - jest współczynnikiem lepkości dynamicznej

$\frac{dv}{dx}$ - jest gradientem prędkości warstw cieczy

S - jest powierzchnią warstw cieczy

Z powyższej formuły wynika, że jednostką współczynnika lepkości jest w SI:

$$[\eta] = \frac{N \cdot m}{\frac{m}{s^2} \cdot m^2} = \frac{N \cdot s}{m^2}$$

Z przedstawionych wyżej powodów na kulę poruszającą się w cieczy działa siła hamująca zależna od współczynnika lepkości cieczy, opisana wzorem Stokesa:

$$T = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

gdzie: η - współczynnik lepkości cieczy,

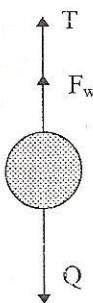
r - promień poruszającej się kuli,

v - prędkość kuli.

Na kulę opadającą w ośrodku lepkim działają trzy siły:

- ciężar kulki $Q = mg$,
- siła wyporu cieczy F_w ,
- siła oporu lepkiego T .

Pokazuje to rysunek:



Wypadkowa siła działająca na spadającą w ośrodku lepkim kulę dana będzie następującą zależnością: (patrz rys.)

$$F = Q - F_w - T$$

$$F = mg - F_w - 6\pi\eta rv$$

Ponieważ siła oporu lepkiego zależy od prędkości, więc po uzyskaniu przez kulę pewnej granicznej prędkości siła oporu lepkiego będzie równa sile powodująccej ruch, to jest sile ciężkości minus siła wyporu, a siła wypadkowa będzie się równać 0. W wyniku tego otrzymamy następującą zależność:

$$mg - F_w - 6\pi\eta rv = 0$$

gdzie: $F_w = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 \rho \cdot g$

ρ - gęstość cieczy

Wyliczając z tych zależności współczynnik lepkości otrzymujemy:

$$\eta = \frac{g(m - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho)}{6\pi rv}$$

Pomiaru lepkości gliceryny dokonujemy przy pomocy viskozymetru Stokesa przedstawionym na rysunku:

Najistotniejszą częścią wiskozymetru jest próbówka 4 wypełniona gliceryną i przymocowana do statywu 1. Na ścianach bocznych próbówki wytrawione są dwie rysy obserwacyjne - górna 3 i dolna 6. Poprzez tuleję 2 wrzucamy kulki śrutowe do próbówki 4, do wyjmowania śrutowego służy sito 7. Przed pomiarem należy upewnić się, czy poziom gliceryny w próbówce jest ok. 5 cm powyżej górnej rysy.

Z uwagi na to, że próbówka posiada skończoną średnicę należy do wzoru na lepkość wprowadzić poprawkę. Będzie miał on teraz postać:

$$\eta = \frac{g(m - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho)}{6 \pi r} \frac{t}{l} \frac{1}{1 + 2,4 \frac{r}{R}}$$

Przebieg ćwiczenia:

- 1/ Wybieramy 10 kulek śrutowe ołówkowe i mierzmy 3 razy średnicę każdej z nich śrubą mikrometryczną
- 2/ Pamiętając aby nie pomylić kolejności ważymy każdą z nich
- 3/ Przez otwór centrujący korka próbówki wrzucamy kolejno kulki mierząc czas opadania między rysami
- 4/ Wyznaczamy odległość l między rysami
- 5/ Wyznaczamy średnicę próbówki 2R

Wyniki zapisujemy w tabeli

| NR KULKI | SREDNICA KULKI | | | MASA KULKI | m | CZAS OPADANIA | t |
|-------------|----------------|---|---|---------------|---|------------------|---|
| | 1 | 2 | 3 | | | | |
| | | | | | | | |

Odległość między rysami, l =
 Średnica próbówki, 2R =

Obliczenia:

- 1/ Dla każdej kulki wyznaczamy współczynnik lepkości gliceryny
- 2/ Wyznaczamy średnią wartość współczynnika lepkości gliceryny i średnie odchylenie standartowe
- 3/ Z tablic dla poziomu istotności $\alpha=0,7$ i $n=10$ pomiarów odczytujemy współczynnik Studenta-Fiszera i wyznaczamy błąd pomiaru
- 4/ Zapisać (wynik \pm błąd)

BADANIE PRZBIEGÓW ZMIENNYCH PRZYPOMOCY OSCYLOSKOPU

Układ pomiarowy składa się z oscyloskopu i dwu generatorów funkcyjnych. Sygnał z pierwszego generatora podawany jest na wejście kanału 1 oscyloskopu CH1 a sygnał z drugiego generatora na wejście kanału 2 oscyloskopu CH2.

Pomiar amplitudy:

Ustawiamy oscyloskop na pracę jednokanałową. W sekcji płyty czołowej Vertical powinien być podświetlony przycisk CH1 lub CH2. W zależności od tego w którym kanale wykonujemy pomiary ustawiamy dowolną amplitudę sygnału wyjściowego Pokrętłem amplitude pierwszego lub drugiego generatora. Pokrętłem scale w sekcji Vertical ustawiamy tak oscyloskop aby obraz sygnału całkowicie mieścił się w pionie na ekranie przyrządu, natomiast pokrętłem scale w sekcji Horyzontal dobieramy szerokość obrazu tak aby najdogodniej zmierzyć wysokość sygnału.

Napięcie będzie dane zależnością:

$$U=D \cdot H$$

Gdzie U – wartość napięcia.

D – współczynnik odchyłania pionowego odczytany z ekranu oscyloskopu.

H – wysokość przebiegu sygnału na ekranie oscyloskopu.

Pomiary wykonać dla pięciu dowolnych napięć.

Pomiar okresu:

Ustawimy oscyloskop na pracę jednokanałową. Wysokość sygnału pionową sygnału dobieramy w ten sposób pokrętlami amplitude na generatorze i scale w sekcji Vertical aby pomiar długości przebiegu był najdogodniejszy. Przyciskami znajdującymi się w górnej części płyty czołowej generatora zmieniamy skokowo zakres częstotliwości sygnału natomiast pokrętłem frequency zmieniamy częstotliwość w sposób ciągły. Dla pięciu dowolnych częstotliwości w zakresie od 100Hz do 1MHz wykonać pomiary okresu drgań sinusoidalnych.

Okres będzie dany zależnością:

$$T=L \cdot P$$

Gdzie T – okres drgań

L – odległość między punktami o tej samej fazie odczytana z ekranu oscyloskopu

P – podstawa czasu odczytana z ekranu oscyloskopu.

Składanie drgań prostych:

Ustawiamy w pierwszym i drugim kanale tą samą wysokość sygnału. Częstotliwość generatora podającego sygnał na pierwszy kanał ustawiamy na 200 Hz, natomiast częstotliwość drugiego na 180 Hz. Na oscyloskopie ustawiamy funkcję dodawania impulsów pokrętłem scale w sekcji Horyzontal tak dobieramy podstawę czasu aby zmierzyć okres dudnień.

Sprawdzamy czy okres ten spełnia zależność:

$$T_0 = 1/(v_1 - v_2)$$

Pomiary powtarzamy dla częstotliwości w drugim kanale 185 Hz, 190 Hz i 195 Hz.

Składanie drgań drgań wzajemnie prostopadłych – krzywe Lissajous.

Weźmy drgania wzajemnie prostopadłe których stosunek częstotliwości jest liczbą wymierną:

$$X = A \cos(2\pi v_1 t + \phi)$$

$$Y = A \cos(2\pi v_2 t)$$

Drgania wypadkowe tworzą krzywe zamknięte tzw. Krzywe Lissajous. Okresem krzywej Lissajous nazywamy czas po którym obie współrzędne przyjmują wartości początkowe. Do najprostszych krzywych Lissajous należą prosta, elipsa i okrąg zależnie od ϕ gdy $v_1/v_2=1$. Aby wykonać obserwację krzywych Lissajous na wejścia oscyloskopu podajemy sygnały o jednakowych częstotliwościach i amplitudach. Przestawiamy oscyloskop na tryb pracy X-Y. Dostrajając jeden z generatorów uzyskujemy stabilny obraz krzywej Lissajous. Następnie przerysowujemy obraz. Procedurę powtarzamy dla stosunków częstotliwości 1:2, 1:3, 2:3, 3:4, oraz 2:1, 3:1, 3:2, 4:3.

(8)

WYZNACZANIE MOMENTÓW BEZWŁADNOŚCI

1. Wyznaczyć masę m pręta.
2. Wyznaczyć długość pręta l i odległość osi obrotu od środka masy x.
3. Wyznaczyć czas t liczby n okresów /możliwie dużej/.
Pomiar powtórzyć trzykrotnie.
4. Zapisać błędy poszczególnych pomiarów: masy Δm , długości Δl i Δx , czasu Δt .
5. Wyznaczyć masę krążka.
6. Wyznaczyć promień R krążka i odległość osi obrotu od środka masy d.
7. Zmierzyć czas t liczby n wahnięć tarczy /3 razy/.
8. Zapisać błędy bezwzględne poszczególnych pomiarów: masy Δm , odległości ΔR i Δd , czasu Δt .
9. Opracowanie wyników /w domu/.

Moment bezwładności względem danej osi obrotu obliczyć można przez sumę całkową po objętości całej bryły,

$$I = \int r^2 dm.$$

Dla osi środkowej otrzymuje się w przypadku walca

$$I_s = \frac{1}{2} mR^2,$$

a w przypadku pręta

$$I_s = \frac{1}{12} ml^2$$

Stosując twierdzenie Steinera o momencie bezwładności względem osi równoległych mamy:

$$I_o = I_s + m \cdot a^2$$

gdzie I_o - moment bezwładności względem osi nieśrodowej

a - odległość obu osi

a/ Obliczenie momentu bezwładności pręta ze wzoru:

$$I_o = \frac{1}{12} ml^2 + mx^2 = m \left(\frac{1}{12} l^2 + x^2 \right)$$

b/ Obliczenie momentu bezwładności krążka ze wzoru:

$$I_o = \frac{1}{2} mR^2 + md^2 = m \left(\frac{1}{2} R^2 + d^2 \right)$$

Bryły zawieszone na poziomej osi obrotu, nie przechodzącej przez środek masy, wykonują drgania z okresem

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_0}{mga}}$$

gdzie a - odległość osi obrotu od środka masy.

Ze wzoru tego wynika

$$I_0 = \frac{mga T^2}{4\pi^2} \quad (1)$$

c/ Obliczyć średni okres drgań dla pręta i tarczy $T = t/n$

d/ Obliczyć momenty bezwładności pręta i tarczy ze wzoru (1), dla wahadła fizycznego

e/ Obliczyć błąd względny i bezwzględny:

$$\left. \begin{aligned} \Delta I_{\text{pręta}} &= \Delta m \left(\frac{1}{12} l^2 + x^2 \right) + m \left(l \cdot \Delta l + 2x \cdot \Delta x \right) \\ \Delta I_{\text{tarczy}} &= \Delta m \left(\frac{1}{2} R^2 + d^2 \right) + m \left(R \cdot \Delta R + 2d \cdot \Delta d \right) \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{ze} \\ \text{wzoru} \end{array}$$

$$\left| \frac{\Delta I}{I} \right| = \left| \frac{\Delta m}{m} \right| + \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + 2 \left| \frac{\Delta T}{T} \right| \quad \text{metoda wahadła fizycznego}$$

$$\text{gdzie } a = \begin{cases} x \text{ dla pręta} \\ d \text{ dla tarczy} \end{cases} \quad \text{i} \quad \Delta T = \frac{\Delta t}{n}.$$

f/ Zestawić uzyskane wyniki w tabelce

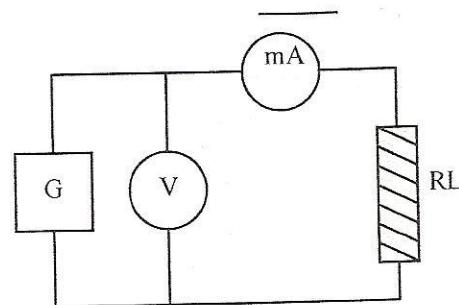
| | Ze wzoru | Metoda wahadła |
|--------|-----------|-------------------|
| Pręt | ... ± ... | ... ± ... |
| Tarcza | ... ± ... | ... ± ... |

g/ Ocena słowna błędu.

9

WYZNACZANIE INDUKCYJNOŚCI CEWKI METODĄ ZAWADY

1. Zmontować układ pomiarowy według schematu:



gdzie:
 G - generator napięcia sinusoidalnego
 V - woltomierz prądu zmiennego
 mA - amperomierz prądu zmiennego
 RL - badana zwojnicza.

2. Ustawić zakres woltomierza na 10V, a amperomierza na 100mA w trybie prądu zmiennego. Odczytać i zapisać klasę i liczbę działek obu przyrządów. Dla podanej przez prowadzącego częstotliwości f wyznaczyć charakterystykę prądowo - napięciową cewki zmieniając napięcie z krokiem 1V. Wyniki wpisać do tabeli I. Po wykonaniu pomiarów wyłączyć generator i odłączyć go z sieci, a przełącznik amperomierza przestawić w położenie „off”.

Tabela I.

| U [V] | J [mA] |
|---------|----------|
| 0 | 0 |
| 1 | |
| 2 | |
| ... | |
| ... | |
| ... | |

3. Zmienić układ pomiarowy przez zastąpienie generatora prądu zmiennego zasilaczem prądu stałego.
 4. Ustawić zakres woltomierza na 2,5V, amperomierza na 100mA - prądu stałego. Zapisać klasę i liczbę działek obu przyrządów.

5. Zdjąć charakterystykę prądowo - napięciową cewki dla prądu stałego z krokiem napięciowym 0,25V. Wyniki zapisać w tabeli II:

Tabela II.

| U [V] | J [mA] |
|-------|--------|
| 0 | 0 |
| 0,25 | |
| 0,50 | |
| | |

6. Opracowanie wyników (w domu):

Opór obwodu dla prądu zmiennego, zwany zawadą, oblicza się ze wzoru

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} ,$$

gdzie R jest tzw. oporem omowym (rezystancją), którą obwód stanowi dla prądu stałego, L jest współczynnikiem samoindukcji (indukcyjnością) obwodu, a C jego pojemność. Wielkość ω , zwana częstotliwością kątową albo pulsacją, zależy od częstotliwości f prądu zmiennego:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Ponieważ w obwodzie mamy cewkę, której pojemność $C = 0$, więc otrzymujemy równość, z której wyznaczamy indukcyjność:

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 \cdot L^2} \Rightarrow L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{2 \cdot \pi \cdot f} . \quad (1)$$

- a) Sporządzić wykres $J = f(U)$ dla prądu zmiennego (tabela I) i odrzucić ewentualne błędy grube.
- b) Sporządzić wykres $J = f(U)$ dla prądu stałego (tabela II) i odrzucić ewentualne błędy grube.
- c) Metodą regresji liniowej wyznaczyć zawadę Z i jej błąd bezwzględny ΔZ z tabeli I oraz opór R i jego błąd bezwzględny ΔR z tabeli II. Należy przy tym zwrócić uwagę na dobór zmiennych: jeżeli y jest napięciem U, x - natężeniem prądu J, to nachylenie a jest wówczas oporem mierzonym w $V/mA = k\Omega = 1000\Omega$.
- d) Wyliczyć współczynnik samoindukcji L ze wzoru (1).

e) Obliczyć błąd bezwzględny ΔL metodą różniczki zupełnej wg formuły ogólnej

$$\Delta L = \left| \frac{\partial L}{\partial Z} \right| \cdot \Delta Z + \left| \frac{\partial L}{\partial R} \right| \cdot \Delta R + \left| \frac{\partial L}{\partial f} \right| \cdot \Delta f ,$$

gdzie Δf jest bezwzględnym błędem częstotliwości, równym 2,5% wartości nastawionej na generatorze.

f) Zaokrąglić błąd ΔL i następnie wynik obliczeń L do 1 lub 2 cyfr znaczących, zwracając przy tym uwagę na zgodność rzędów obu wielkości.

g) Zapisać wynik

$$L = (\dots \pm \dots) mH$$

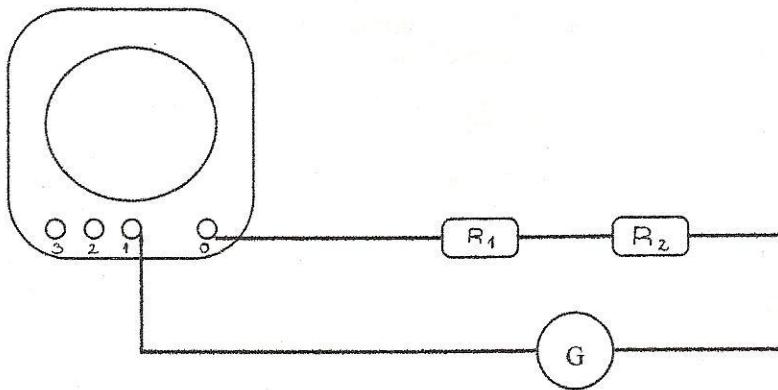
h) Obliczyć błąd względny (procentowy) i dokonać oceny słownej opracowania.

WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA PRZEWODNICTWA

CIEPLNEGO CIAŁ STAŁYCH

(10)

1. Połączyć układ wg schematu.



2. Włączyć oświetlacz galwanometru i ustawić plamkę na 0 (na czas regulacji należy rozewrzeć wyjście galwanometru).
3. Włączyć do sieci termostaty. Sprawdzić czy w termostacie od strony szkła świeci się kontrolka grzałki i czy termometr nastawny jest ustawiony w przedziale $(85-95)^{\circ}\text{C}$.
4. Po około 10 minutach rozpocząć odczytywanie prądów termoelektrycznych i_1 , i_2 , i_3 z poszczególnych styków. Na czas pomiarów galwanometr nie może być zwarty! wyniki zapisujemy w tabelce. Pomiary powtarzamy co 5 minut i kończymy, gdy wyniki w kolumnach powtórzą się 3 razy. Wówczas układ jest w stanie stacjonarnym.

| i_1 | i_2 | i_3 |
|-------|-------|-------|
| dz. | dz. | dz. |
| | | |

5. Dokonać pomiaru grubości płytak. Dla sprawdzenia równoległości podstawi zmierzyć każdą grubość trzykrotnie w miejscach przesuniętych względem siebie o 120°

$$d_m = \quad (\text{marmuru})$$

$$d_c = \quad (\text{cegły})$$

$$d_s = \quad (\text{szkła})$$

6. Zanotować błędy poszczególnych pomiarów:

$$\Delta i_1 = \quad \Delta i_2 = \quad \Delta i_3 = 0,5 \text{ działki}$$

$$\Delta d_m = \quad \Delta d_c = \quad \Delta d_s =$$

7. Opracowanie wyników (w domu).

Dla ustalonego rozkładu temperatur wzdłuż jednorodnego ciała prąd cieplny płynący przez przekrój tego ciała opisuje prawo Fouriera:

$$Q = \lambda \cdot \frac{dT}{dx} \cdot S \cdot \tau \quad (1)$$

gdzie: Q - ilość ciepła przepływająca przez powierzchnię S w czasie τ ,

$\frac{dT}{dx}$ - gradient (spad) temperatury wzdłuż osi ciała,

λ - współczynnik przewodnictwa cieplnego ciała.

Jeżeli spad temperatury ma charakter jednostajny, to $\frac{dT}{dx} = \text{const.}$ i można napisać w miejsce (1):

$$\frac{Q}{S \cdot \tau} = \lambda \cdot \frac{\Delta T}{d} \quad (2)$$

gdzie: $\Delta T = T - T_0$ jest różnicą temperatur między końcami ciała o długości d .

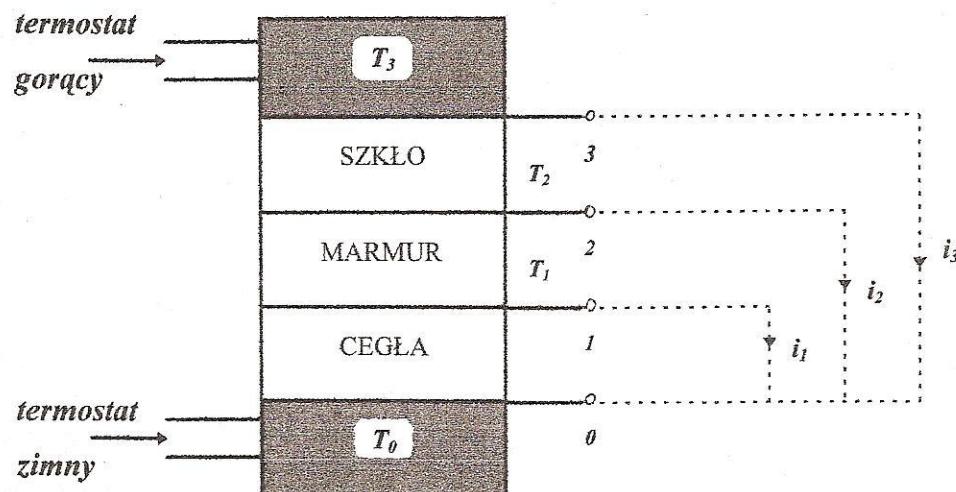
W ćwiczeniu występuje stosunek 3 ciał o jednakowych polach przekroju S , zatem w stanie ustalonym lewe strony równania (2) są dla każdego ciała równe. Porównując strony prawe mamy:

$$\lambda_c \cdot \frac{T_1 - T_0}{d_c} = \lambda_m \cdot \frac{T_2 - T_1}{d_m} = \lambda_s \cdot \frac{T_3 - T_2}{d_s} \quad (3)$$

Różnice temperatur można wyrazić przez różnice odpowiednich prądów, gdyż w teorii efektu termoelektrycznego wiadomo, iż:

$$i = \text{const} \cdot \Delta T \quad (4)$$

(natężenie prądu termoelektrycznego jest proporcjonalne do różnicy temperatur spoin termopary).



Na podstawie rysunku i (4) możemy więc napisać:

$$T_1 - T_0 = \text{const} \cdot i_1$$

$$T_2 - T_1 = \text{const} \cdot (i_2 - i_1)$$

$$T_3 - T_2 = \text{const} \cdot (i_3 - i_2)$$

Podstawiając (5) do (3) otrzymujemy równania:

$$\lambda_c = \lambda_m \cdot \frac{i_2 - i_1}{i_1} \cdot \frac{d_c}{d_m} \quad (6)$$

$$\lambda_s = \lambda_m \cdot \frac{i_2 - i_1}{i_3 - i_2} \cdot \frac{d_s}{d_m}$$

gdzie: $\lambda_m = 2,8 \frac{W}{mK}$

a) Obliczyć średnie grubości płytak

b) Obliczyć współczynnik przewodnictwa cieplnego cegły i szkła z (6).

Do obliczeń wziąć prądy z ostatniego wiersza tabelki (odpowiadająca ustalonemu rozkładowi T).

c) Obliczyć błąd względny współczynnika λ ze wzoru:

$$\left| \frac{\Delta \lambda_c}{\lambda_c} \right| = \left| \frac{\Delta i_2 + \Delta i_1}{i_2 - i_1} \right| + \left| \frac{\Delta i_1}{i_1} \right| + \left| \frac{\Delta d_c}{d_c} \right| + \left| \frac{\Delta d_m}{d_m} \right|$$

$$\left| \frac{\Delta \lambda_s}{\lambda_s} \right| = \left| \frac{\Delta i_2 + \Delta i_1}{i_2 - i_1} \right| + \left| \frac{\Delta i_3 + \Delta i_2}{i_3 - i_2} \right| + \left| \frac{\Delta d_s}{d_s} \right| + \left| \frac{\Delta d_m}{d_m} \right|$$

d) Obliczyć błędy bezwzględne $\Delta \lambda_c$ i $\Delta \lambda_s$ oraz zaokrąglić je do dwóch miejsc po przecinku.

e) Zaokrąglić wynik do tego samego rzędu dokładności jak błąd i zapisać

$$\lambda_c = / \pm / \frac{W}{mK}$$

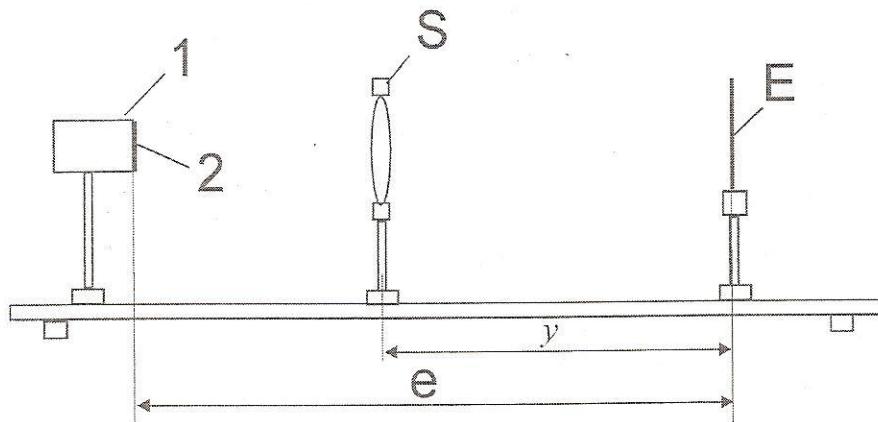
$$\lambda_s = / \pm / \frac{W}{mK}$$

f) Przeprowadzić słowną ocenę błędu.

Wyznaczanie ogniskowych soczewek metodą Bessela.

(11)

Stanowisko pomiarowe składa się z ławy optycznej przedstawionej na rysunku.



Układ pomiarowy: 1-źródło światła, 2- płaszczyzna przedmiotu, S- soczewka, E- ekran
(plaszczyna obrazu)

Przebieg pomiarów:

1. Ustawić układ pomiarowy jak na podanym rysunku 5 z soczewką skupiającą, przy czym odległość e powinna wynosić około 50 cm wyznaczamy dokładnie odległość e.
2. Przesuwając soczewkę w kierunku ekranu znaleźć takie jej położenie y_1 , aby na ekranie widoczny był powiększony ostry obraz przedmiotu. Zmierzyć y_1 z dokładnością $\pm 1\text{mm}$.
3. Przesuwając dalej soczewkę w kierunku ekranu przy niezmienionym e znaleźć drugie jej położenie y_2 takie, aby na ekranie powstał ostry pomniejszony obraz przedmiotu. Zmierzyć y_2 z dokładnością $\pm 1\text{mm}$.
4. Czynności wymienione w punkcie 2 i 3 powtórzyć 5 razy i wyniki pomiarów należy zestawić w tabeli.

| Odległość ekranu od przedmiotu e | Odległość soczewki od ekranu y_1 | Odległość soczewki od ekranu y_2 | $d = y_1 - y_2$ |
|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Na ławie umieszczamy dodatkową soczewkę rozpraszającą powtarzamy czynności wymienione w punktach 1 – 4 .

Obliczenia:

Korzystając z zależności:

$$f = \frac{e^2 - d^2}{4 * l}$$

Obliczamy ogniskową soczewki skupiającej i układu soczewek.

Wyliczamy ich wartości średnie.

Z zależności:

$$f_2 = \frac{f_u f_l}{f_u - f_l}$$

wyliczamy ogniskową soczewki rozpraszającej.

Rysując na wykresie zależność odległości obrazu od soczewki i przedmiotu od soczewki wyznaczmy graficznie ogniskową soczewki.

Obliczamy niepewności wyznaczonych ogniskowych.

(12)

WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA LEPKOŚCI POWIETRZA

1. Napełniamy butlę wodą do 2/3 jej pojemności.
“Butlę napełnia się przy otwartej rurce odpowietrzającej!”
2. Podstawiamy zlewkę i otwieramy zawór butli. Po ustaleniu się różnicy poziomów wody w manometrze (ok.3 cm) podstawiamy menzurkę i rozpoczynamy pomiar czasu wypływu określonej objętości wody (np. 500 cm³).
3. Pomiary powtarzamy 10-krotnie.

Tabela pomiarowa

promień rurki kapilarnej $r = 0,375 \text{ mm}$

długość rurki kapilarnej $l = \dots \text{ mm}$

temperatura otoczenia $T = \dots ^\circ\text{C}$

dokładność skali termometru $\Delta T = \dots ^\circ\text{C}$

ciśnienie atmosferyczne $p = \dots \text{ mm Hg}$

dokładność pomiaru ciśnienia $\Delta p = \dots \text{ mm Hg}$

objętość wody $V = \dots \text{ cm}^3$

| Lp. | Czas wypływu τ [s] | Różnica poziomów Δh [cm] |
|-----|-------------------------|----------------------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

4. Dla każdego pomiaru obliczamy współczynnik lepkości powietrza

$$\eta = \frac{\pi \rho_w g r^4}{8 l V} \cdot \tau \cdot \Delta h$$

gdzie: ρ_w - gęstość wody (w danej temperaturze)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - przyspieszenie ziemskie.

5. Obliczamy błąd wyznaczenia współczynnika lepkości (dla każdego pomiaru oddzielnie).
6. Obliczamy średnią ważoną współczynnika lepkości powietrza oraz błąd średniej ważonej.