

Zadanie T1

Układ optyczny składa się z dwóch cienkich, płaskowklęsłych soczewek szklanych, między którymi znajduje się woda — rysunek 1. W powietrzu ogniskowa układu wynosi f_1 , a w wodzie jest ona równa f_2 . Czy na podstawie tych danych można obliczyć współczynnik załamania światła w wodzie lub szkłe względem powietrza? Jeśli tak, to podaj odpowiednie wyrażenia.

rys. 1



Rozwiązanie zadania T1

Wykorzystamy:

a) Wzór na ogniskową soczewki o promieniach krzywizny R_A i R_B :

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_m}{n_o} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right),$$

gdzie n_m jest (bezwzględnym) współczynnikiem załamania materiału, z którego wykonana jest soczewka, a n_o jest (bezwzględnym) współczynnikiem załamania ośrodka otaczającego soczewkę.

b) Fakt, że zdolność skupiająca (odwrotność ogniskowej) układu blisko położonych soczewek jest równa sumie zdolności skupiających poszczególnych soczewek tego układu:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_a} + \frac{1}{f_b} + \dots$$

Oznaczmy wewnętrzne promienie krzywizny soczewek rozważanych w zadaniu przez R_1 i R_2 . W powietrzu układ można uznać za zestaw trzech blisko położonych soczewek. Uwzględniając, że krzywizna soczewki wklęsłej jest ujemna, na podstawie punktów a) i b) dostajemy:

$$\frac{1}{f_1} = (n_s - 1) \left(-\frac{1}{R_1} \right) + (n_w - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) + (n_s - 1) \left(-\frac{1}{R_2} \right) = (n_s - n_w) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (1)$$

gdzie n_s i n_w są współczynnikami załamania szkła i wody względem powietrza, a f_1 ogniskową rozważanego układu.

W wodzie mamy układ dwóch soczewek, którego ogniskową f_2 wyznaczamy w analogiczny sposób:

$$\frac{1}{f_2} = \left(\frac{n_s}{n_w} - 1 \right) \left(-\frac{1}{R_1} \right) + \left(\frac{n_s}{n_w} - 1 \right) \left(-\frac{1}{R_2} \right) = \left(\frac{n_s - n_w}{n_w} \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (2)$$

Jak widać, możemy stąd obliczyć współczynnik załamania wody względem powietrza:

$$n_w = \frac{f_2}{f_1}.$$

Aby otrzymać współczynnik załamania szkła względem powietrza, potrzebna jest dodatkowo znajomość promieni R_1 i R_2 (lub tylko sumy $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$).

Punktacja

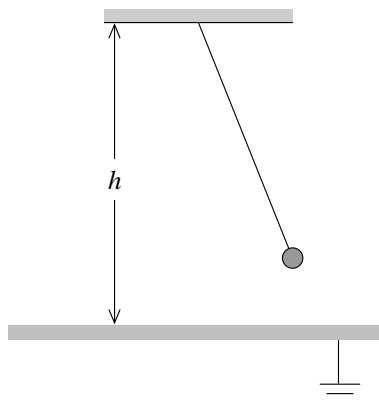
Wzór (1) lub równoważny 4 pkt.

Wzór (2) lub równoważny 4 pkt.

Wynik końcowy 2 pkt.

Zadanie T2

W odległości h od nieskończonej, przewodzącej i uziemionej płaszczyzny zaczepiono wahadło matematyczne z kulką o pewnej masie i ładunku elektrycznym — rysunek 2. Dla jakiej długości wahadła okres wahań będzie największy? Pomiń wpływ pola grawitacyjnego.

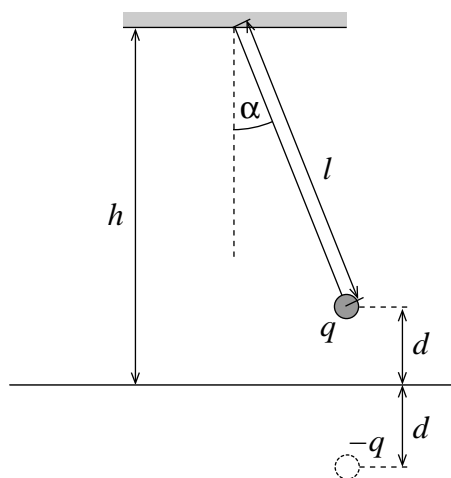


rys. 2

Rozwiązanie zadania T2

Siła działająca na kulkę jest siłą elektrostatyczną (zakładamy, że kulka porusza się na tyle wolno, że możemy stosować przybliżenie elektrostatyczne) pochodząca od układu ładunków wyindukowanych na płaszczyźnie.

W przypadku czysto statycznym, pole elektryczne tuż nad powierzchnią przewodnika powinno być do niej prostopadłe. Ten warunek będzie spełniony, jeśli pole od ładunków wyindukowanych będzie takie, jak pole pochodzące od ładunku obrazowego, znajdującego się pod płaszczyzną, rys. 3. Zatem siła przyciągania (przyciągania, bo ładunek obra-



rys. 3

zowy ma przeciwny znak, niż ładunek rzeczywisty) płaszczyzny i kulki jest równa sile przyciągania kulki i jej obrazu:

$$F = \frac{kq^2}{(2d)^2}, \quad (1)$$

gdzie d jest odległością kulki od płaszczyzny, q – jej ładunkiem, a $k = 1/(4\pi\epsilon_0)$. Znając siłę, możemy napisać równanie ruchu wahadła o długości l :

$$ml^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{kq^2}{4d^2} l \sin \alpha = -\frac{kq^2 l}{4(h - l \cos \alpha)^2} \sin \alpha, \quad (2)$$

gdzie m jest masą kulki, a α – kątem odchylenia wahadła od pionu. Stosując przybliżenie małych drgań (w tym przypadku sprowadza się ono do przyjęcia $\sin \alpha \approx \alpha$, $\cos \alpha \approx 1$) otrzymujemy okres drgań wahadła:

$$T = \frac{4\pi}{g} \sqrt{\frac{ml}{k}}(h - l). \quad (3)$$

Jest on maksymalny dla

$$l = \frac{h}{3}. \quad (4)$$

Punktacja

Wzór (1) lub równoważny 3 pkt.

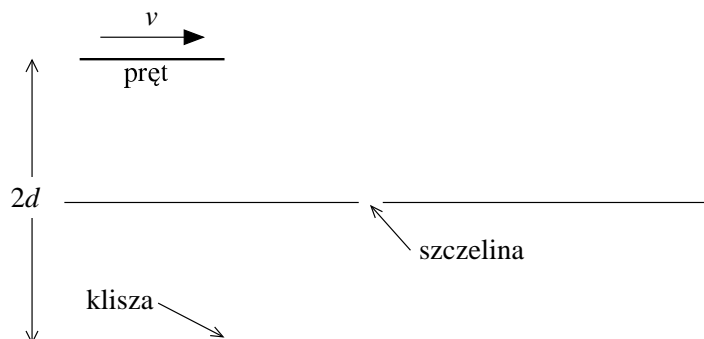
Wzór (2) lub równoważny (dopuszczalne jest również zastosowanie przybliżeń przed jawnym wypisaniem równania ruchu) 3 pkt.

Wzór (3) 2 pkt.

Wzór (4) 2 pkt.

Zadanie T3

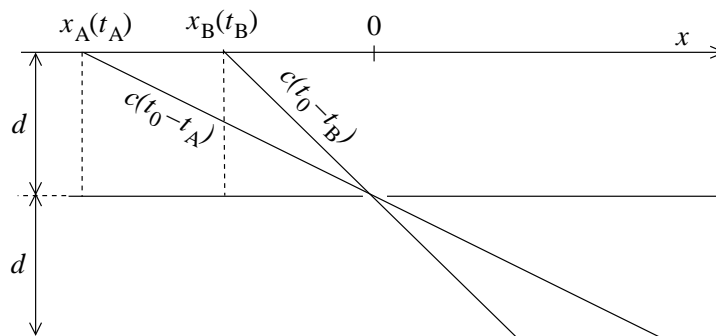
Pręt o długości spoczynkowej $l = 1$ m porusza się z relatywistyczną prędkością $v = 0.9c$ (c — prędkość światła) wzdłuż swojej osi, w odległości $2d = 2$ m od nieruchomej kliszy fotograficznej — rysunek 4. W połowie odległości między prętem a kliszą znajduje się przesłona z wąską szczeliną, która otwiera się na bardzo krótko w chwilach $t_1 = -1$ s i $t_2 = 1$ s. Jakie będą długości pręta zarejestrowane na kliszy na kolejnych zdjęciach? Przyjmij, że w chwili $t = 0$ tylny koniec pręta znajdował się dokładnie nad przesłoną.



rys. 4

Rozwiązanie zadania T3

Wprowadźmy nieruchomą względem przesłony oś x , która pokrywa się z prostą, wzdłuż której porusza się pręt i przyjmijmy, że początek tej osi znajduje się dokładnie nad szczeliną w przesłonie (rys. 5). W chwili t , ze względu na skrócenie Lorentza, współrzędne



rys. 5

$x_A(t)$ i $x_B(t)$ końców pręta A i B na nieruchomej osi x dane są zależnościami:

$$x_A(t) = vt, \quad (1)$$

$$x_B(t) = vt + l\gamma, \quad (2)$$

gdzie $\gamma = \sqrt{1 - (v/c)^2}$.

W danej chwili t_0 do szczeliny dociera światło wyemitowane przez końce pręta A i B w różnych chwilach t_A i t_B , w których współrzędne tych końców wynosiły odpowiednio $x_{A0} = x_A(t_A)$ i $x_{B0} = x_B(t_B)$. Jeśli w chwili t_0 szczelina jest otwarta, to na kliszy rejestrowany jest obraz pręta o długości

$$l' = x_{B0} - x_{A0}, \quad (3)$$

ponieważ oś x i klisza są umieszczone symetrycznie względem przesłony.

Z rysunku 1 oraz równań (1) i (2) wynika, że spełnione są następujące układy równań:

$$\begin{cases} x_{A0} = vt_A \\ c(t_0 - t_A) = \sqrt{x_{A0}^2 + d^2} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} x_{B0} = vt_B + l\gamma \\ c(t_0 - t_B) = \sqrt{x_{B0}^2 + d^2} \end{cases} \quad (5)$$

z których możemy wyliczyć x_{A0} i x_{B0} . Eliminując t_A z układu (4) dostajemy równanie kwadratowe

$$x_{A0}^2\gamma^2 - 2vt_0x_{A0} + \frac{v^2}{c^2}(t_0^2c^2 - d^2) = 0, \quad (6)$$

skąd

$$x_{A0} = \frac{vt_0 \pm (v/c)\sqrt{v^2t_0^2 + \gamma^2d^2}}{\gamma^2}. \quad (7)$$

Wybieramy rozwiązanie ze znakiem "–", aby spełnić warunek $x_{A0} < vt_0$ (x_{A0} odpowiada chwili t_A , w której z końca pręta A zostało wyemitowane światło, które dotrze do szczeliny w późniejszej chwili t_0). W analogiczny sposób wyznaczamy wartość x_{B0} z układu (5):

$$x_{B0} = \frac{vt_0 + \gamma l - (v/c)\sqrt{(vt_0 + \gamma l)^2 + \gamma^2d^2}}{\gamma^2}. \quad (8)$$

Po podstawieniu x_{A0} i x_{B0} do równania (3) otrzymujemy ostatecznie

$$l' = \frac{1}{\gamma^2} \left[\gamma l - \frac{v}{c} \left(\sqrt{v^2t_0^2 + \gamma^2d^2} - \sqrt{(vt_0 + \gamma l)^2 + \gamma^2d^2} \right) \right] \quad (9)$$

Dla wartości l , v i d podanych w treści zadania, otrzymujemy w chwilach $t_0 = t_1 = -1$ s i $t_0 = t_2 = 1$ s długości obrazu pręta na kliszy równe odpowiednio

$$4,36\text{m i } 0,23\text{m}. \quad (10)$$

Punktacja

Układy równań (4) i (5) wraz z wcześniejszą analizą maks. 5pkt
 Rozwiązanie układów, tzn. równania (7) i (8) maks. 3pkt
 Wynik końcowy (9) 1pkt
 Wyniki liczbowe (11) 1pkt

Uwaga

W ostatnim zdaniu treści zadania powinno być **dokładnie nad szczeliną**, a nie *dokładnie nad przesłoną*. Dlatego rozwiązania, w których uczeń przyjmuje w chwili t_1 inne położenie pręta, niż przyjęto w rozwiązaniu wzorcowym, należy uznać za poprawne.

Zadanie D1

Masz do dyspozycji:

- kamerton, z pudłem rezonansowym, o częstotliwości 440 Hz (a^1) lub zbliżonej,
- cztery obciążniki o równych masach, które można sztywno zamocować do ramion kamertonu,
- mikrofon,
- oscyloskop,
- stoper.

- 1) Wyznacz czas połowicznego zaniku amplitudy drgań kamertonu.
- 2) Zmierz czasy połowicznego zaniku amplitudy drgań po zamocowaniu do jednego z ramion kamertonu l , a do drugiego p obciążników, gdzie $(l, p) = (1, 0), (1, 1), (2, 0), (2, 1), (2, 2), (3, 0), (3, 1), (4, 0)$. Obciążniki należy mocować w równej odległości od końców ramion kamertonu.
- 3) Przedyskutuj zauważone prawidłowości.

Uwaga!

- a) Do pomiarów wybierz kamerton o jak najdłuższym czasie zaniku drgań.
- b) Jako obciążników możesz użyć np. spinaczy biurowych lub kawałków drutu miedzianego o masie zbliżonej do 0,5 g każdy.
- c) Zamiast zwykłego oscyloskopu możesz użyć komputera z zainstalowaną kartą dźwiękową i odpowiednim programem. Możesz, na przykład, wykorzystać program *Winscope* dostępny na stronie Olimpiady Fizycznej: <http://www.kgof.edu.pl/of53/winscope/> lub program *Oscyloskop* dostępny na płycie CD dołączonej do podręcznika: J. Blinowski, W. Zielicz, *Fizyka z astronomią. Kształcenie w zakresie rozszerzonym*, tom. I, WSiP, Warszawa 2002 (i 2003, II wydanie).

Rozwiązanie zadania D1

Dysponując mikrofonem oraz oscyloskopem lub komputerem z odpowiednim oprogramowaniem, można rejestrować zmiany amplitudy sygnałów akustycznych, o których mowa w zadaniu. Umieszczając mikrofon w pobliżu pobudzonego do drgań kamertonu należy mierzyć czas, po jakim amplituda emitowanego przez kamerton dźwięku zmniejszy się do połowy.

Opis pomiarów

Wykonując pomiary należy odpowiednio dobierać odległość kamertonu od mikrofonu oraz poziom wzmacnienia w taki sposób, aby uniknąć nasycenia sygnału na ekranie oscyloskopu (komputera). Po wzbudzeniu kamertonu odczekujemy aż amplituda osiągnie, pewną wartość A_0 i dopiero wtedy włączamy stoper. Wyłączamy go w chwili, gdy amplituda osiągnie wartość $A_0/2$. Powtarzamy pomiar kilka razy. Następnie wyznaczamy wartość średnią czasu połowicznego zaniku $T_{1/2}$ i jego niepewność pomiarową $\delta T_{1/2}$. Przykładowo, dla nieobciążonego kamertonu uzyskano wartości $\{5,9 \text{ s}; 6,3\text{s}; 5,6\text{s}; 5,8\text{s}; 5,9\text{s}\}$, co daje wartość średnią $T_{1/2} = 5,9 \text{ s}$ z błędem

$\delta T_{1/2} = 0,1 \text{ s}$. Przykładowe wyniki pomiarów dla różnych wartości i konfiguracji obciążeń ramion kamertonu zebrano w tabeli.

	p = 0	p = 1	p = 2
l = 0	5,9±0,1		
l = 1	4,6±0,2	5,6±0,3	
l = 2	3,5±0,2	4,3±0,2	5,6±0,3
l = 3	2,7±0,2	3,6±0,2	
l = 4	2,4±0,2		

Tabela 1. Średnie wartości czasu połowicznego zaniku drgań kamertonu w sekundach.

Otrzymane wyniki sugerują, że symetryczne obciążenie kamertonu zmienia czas połowicznego zaniku w znacznie mniejszym stopniu niż obciążenie niesymetryczne. Konfiguracje, dla których obciążenie ramion jest symetryczne tzn.: (0,0), (1,1), (2,2) wykazują zbliżone czasy zaniku (5,6 – 5,9 s), pomimo, że odpowiada to różnym masom obciążenia. Natomiast konfiguracje o identycznych masach obciążenia, ale niesymetrycznych obciążeniach, np. grupa (2,0) i (1,1), (3,0) i (2,1) lub grupa (4,0), (3,1), (2,2) wykazują różne czasy zaniku. Asymetryczne obciążenie powoduje powstawanie w kamertonie drgań, które nie mają węzła w miejscu jego mocowania do podstawy. Wywołuje to szybszy przekaz energii do pudła rezonansowego, a zatem szybszy zanik drgań podstawowych kamertonu. W przypadku, gdy pomiary wykonywane są przy użyciu programu komputerowego umożliwiającego obserwację widma częstotliwości drgań można zauważyć, że przy niesymetrycznym obciążeniu kamertonu pojawiają się niezerowe amplitudy drgań o częstotliwościach bliskich zeru. Jest to bezpośredni dowód na to, że oprócz częstotliwości własnej pojawiają się w kamertonie drgania o innej częstotliwości.

Uzyskanie czytelnej zależności od obciążenia kamertonu wymaga takiego dobrania masy obciążników, aby zmiany czasu zaniku dla obciążeń niesymetrycznych nie były zbyt duże. Bardzo ważne jest sztywne przymocowanie obciążników do ramion kamertonu. W przypadku, gdy są one „luźne” starty energii mogą być na tyle duże, że drgania zanikać będą bardzo szybko i efekty związane z symetrią obciążenia zostaną zamaskowane.

Proponowana punktacja

- 1) Pomysł pomiaru zaniku drgań przy użyciu oscyloskopu. do 4pkt.
- 2) Wykonanie pomiarów wartości średnich i niepewności pomiarowej czasu zaniku amplitudy drgań dla wszystkich konfiguracji podanych w treści zadania (po jednym punkcie z konfigurację) do 9 pkt.
- 3) Wykonanie tabeli pozwalającej na zauważenie prawidłowości w zależności czasu zaniku od konfiguracji obciążenia do 2 pkt.
- 4) Prawidłowe wyjaśnienie uzyskanych wyników dla symetrycznych i niesymetrycznych obciążeń ramion kamertonu do 5 pkt.

Zadanie D2

Przyrządź galaretkę rozpuszczając 2 łyżeczki żelatyny w 1”2 szklanki wrzątku.

Masz do dyspozycji:

- stężałą galaretkę,
- płaską wąską linijkę,
- nóż,
- stoper.

Wyznacz moduł sztywności galaretki w temperaturze pokojowej.

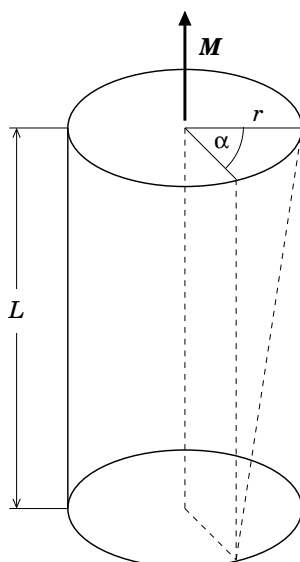
Uwaga!

a) Możesz przyjąć, że gęstość galaretki wynosi 1 gcm^3 .

b) W przypadku idealnie sprężystych odkształceń jednorodnego walca o długości L i promieniu r , którego dolna podstawa jest unieruchomiona, a górna skrecona jest o kąt α pod wpływem momentu siły M (patrz rysunek 6), obowiązuje związek:

$$M = \frac{\pi G r^4}{2L} \alpha ,$$

gdzie G — moduł sztywności materiału z jakiego wykonany jest walec.

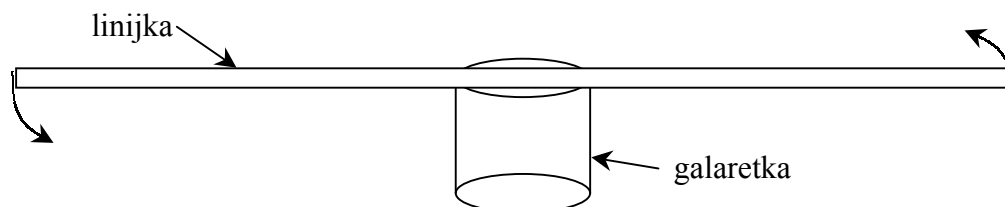


rys. 6

Rozwiązanie zadania D2

Część teoretyczna

Moduł sztywności galaretki można wyznaczyć badając częstotliwość drgań skrętnych układu utworzonego z linijki umieszczonej na walcu wykrojonym z galaretki (rys. 1).



Rys. 1

Zgodnie z II zasadą dynamiki Newtona spełnione jest równanie:

$$(I + \gamma I_g) \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -M \quad (1)$$

gdzie M - wartość momentu sił działających na linijkę, I - moment bezwładności linijki, I_g - moment bezwładności walca z galaretki, γI_g - efektywny moment bezwładności walca z galaretki.

Konieczność wprowadzenia w równaniu (1) efektywnego momentu bezwładności walca wynika z tego, że jego podstawa jest zamocowana. Ponieważ wkład do energii kinetycznej "plasterka" walca maleje wraz ze zbliżaniem się "plasterka" do unieruchomionej podstawy, to moment bezwładności walca zamocowanego z jednej strony jest mniejszy niż moment bezwładności walca obracającego się swobodnie. Dlatego $\gamma < 1$. Jak się okaże w części doświadczalnej, wpływ momentu bezwładności walca z galaretki na uzyskane wyniki można będzie pominąć i znajomość dokładnej wartości współczynnika γ nie jest konieczna.

Podstawiając za moment siły M wyrażenie podane we wskazówce, z równania (1) dostajemy okres drgań układu:

$$T = \sqrt{\frac{8\pi L(I + \gamma I_g)}{Gr^4}} \quad (2)$$

Biorąc pod uwagę, że linijka jest długa i wąska, jej moment bezwładności można obliczyć korzystając ze wzoru na moment bezwładności cienkiego pręta:

$$I = \frac{1}{12} ml^2, \quad (3)$$

gdzie m i l oznaczają odpowiednio masę i długość linijki.

Moment bezwładności walca wynosi

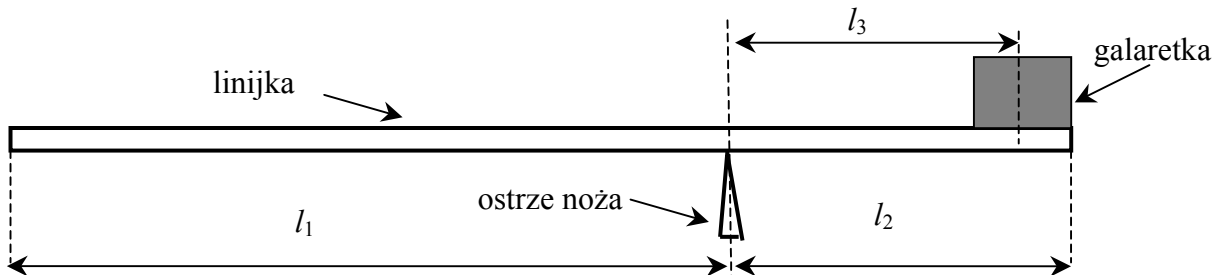
$$I_g = \frac{1}{2} m_G r^2, \quad (4)$$

gdzie m_G oraz r - odpowiednio masa i promień walca z galaretki.

Po podstawieniu związków (3) i (4) do wzoru (2) otrzymujemy wyrażenie wiążące moduł sztywności G galaretki z okresem drgań układu:

$$G = \frac{2\pi L}{3r^4 T^2} (ml^2 + 6\gamma m_G r^2) \quad (5)$$

Zatem, znając okres T drgań skrętnych linijki umieszczonej na walcu, wymiary i masę walca z galaretki oraz długość l i masę linijki m , można wyznaczyć moduł sztywności galaretki. Wymiary walca można zmierzyć linijką, zaś masę linijki można wyznaczyć konstruując wagę. Na jednym z końców linijki podpartej na ostrzu noża można umieścić prostopadłościenną kostkę z galaretki. Przesuwając punkt podparcia linijki znajdziemy położenie równowagi układu (rys. 2).



Rys. 2

W warunkach równowagi

$$\eta l_1 \frac{l_1}{2} = \eta l_2 \frac{l_2}{2} + m_G l_3, \quad (5)$$

gdzie η - gęstość liniowa linijki. Po przekształceniu związku (5) dostajemy

$$\eta = \frac{2m_G l_3}{l_1^2 - l_2^2}, \quad (6)$$

skąd masa linijki

$$m = \eta(l_1 + l_2) = \frac{2m_G l_3}{l_1 - l_2} \quad (7)$$

Część doświadczalna

Z galaretki wycięto nożem walec o wysokości $L = (3,0 \pm 0,1)$ cm i promieniu $r = (1 \pm 0,1)$ cm. Następnie wykonano kilka pomiarów okresu drgań skrętnych linijki umieszczonej na tym walcu. Na ich podstawie wyznaczono wartość średnią i niepewność pomiarową okresu drgań $T = (2,1 \pm 0,2)$ s.

Do wyznaczenia masy linijki użyto kostki galaretki o wymiarach $2,5 \times 2 \times 2$ cm (określonych z dokładnością $0,1$ cm). Przyjmując, że gęstość galaretki wynosi 1 g/cm^3 obliczono masę galaretki $m_G = (10,0 \pm 1,4)$ g. Po umieszczeniu kostki galaretki na końcu linijki podpartej na ostrzu noża uzyskano równowagę układu dla odległości $l_1 = (29 \pm 0,2)$ cm, $l_2 = (16 \pm 0,2)$ cm, $l_3 = (15 \pm 0,2)$ cm (rys. 2). Po podstawieniu danych doświadczalnych do wzoru (7) otrzymano masę linijki $m = (23 \pm 5)$ g.

Moment bezwładności walca z galaretki $I_g = (4,5 \pm 1,0) \text{ g} \cdot \text{cm}^2$ wyznaczono na podstawie jego wymiarów. Ponieważ jest on znacznie mniejszy od momentu bezwładności linijki, $I = (3,9 \pm 0,9) \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$, to można go pominąć w dalszych obliczeniach.

Po podstawieniu danych doświadczalnych do wzoru (5) uzyskujemy moduł sztywności galaretki $G = (7 \pm 4) \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$. Duża niepewność pomiarowa wynika głównie z niedokładności określenia wymiarów brył wycinanych z galaretki, a w szczególności promienia r walca z galaretki. Można ją zmniejszyć przygotowując walec z galaretki w naczyniu o gładkich ściankach. Należy wziąć również pod uwagę to, że własności sprężyste

galaretki zmieniają się z upływem czasu i zależą od tego, w jakiej temperaturze jest ona przechowywana.

Proponowana punktacja

Część teoretyczna

- 1) Pomysł wykorzystania układu drgającego (linijka na walcu z galaretki) do 3 pkt.
- 2) Wyprowadzenie związków teoretycznych pozwalających wyznaczyć moduł sztywności galaretki do 4 pkt.
- 3) Uwzględnienie we wzorze (1) poprawki związanej z momentem bezwładności galaretki do 1 pkt.
- 3) Znalezienie sposobu wyznaczenia masy (momentu bezwładności) linijki. do 2 pkt.

Część doświadczalna

- 1) Wyznaczenie masy linijki do 3 pkt.
- 2) Pomiar częstotliwości drgań skrętnych linijki do 4 pkt.
- 3) Oszacowanie poprawki związanej z momentem bezwładności galaretki do 1 pkt.
- 3) Uzyskanie poprawnego wyniku i dyskusja niepewności pomiarowych do 2 pkt.

Zadanie D3

Rozważmy sprężyste odkształcenie gumki o długości c i prostokątnym przekroju poprzecznym o wymiarach $a \times b$. Jeśli na gumkę działać będzie siła rozciągająca wzdłuż c , to zmianie ulegnie nie tylko jej wymiar c o δc , ale także jej wymiary poprzeczne a i b , odpowiednio o δa i δb .

Zakładamy, że dla małych odkształceń gumy zachodzą następujące związki:

$$\frac{\delta a}{a} = \frac{\delta b}{b} = -\sigma \frac{\delta c}{c},$$

gdzie σ — bezwymiarowa stała.

Mając do dyspozycji:

- długie kawałki gumy o przekroju poprzecznym w kształcie prostokąta o wymiarach co najmniej 1×3 mm,
- statyw,
- kilka ciężarków (np. z zestawu odważników do szkolnej wagi laboratoryjnej),
- kawałek sznurka lub drutu umożliwiającego zawieszenie ciężarków na gumie,
- linijkę,
- suwmiarkę,

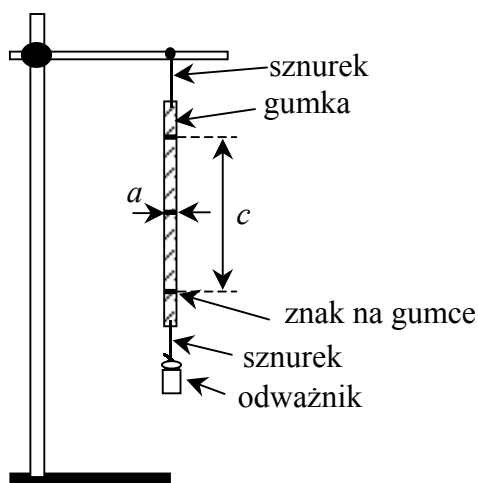
wyznacz stałą σ dla gumy.

(Dla ciał izotropowych stała σ nazywana jest współczynnikiem Poissona i wraz z modułem Younga w pełni określa własności sprężyste materiału.)

Uwaga! Do doświadczenia możesz użyć gumy modelarskiej lub gumek dostępnych na stoiskach z artykułami gospodarstwa domowego.

Rozwiązanie zadania D3

Z treści zadania wynika, że aby wyznaczyć wartość stałej Poissona dla gumy należy zmierzyć zmianę wymiarów poprzecznych gumki (δa i δb) towarzyszącą jej wydłużeniu o δc . Pomiary można przeprowadzić w układzie przedstawionym schematycznie na Rys. 1.



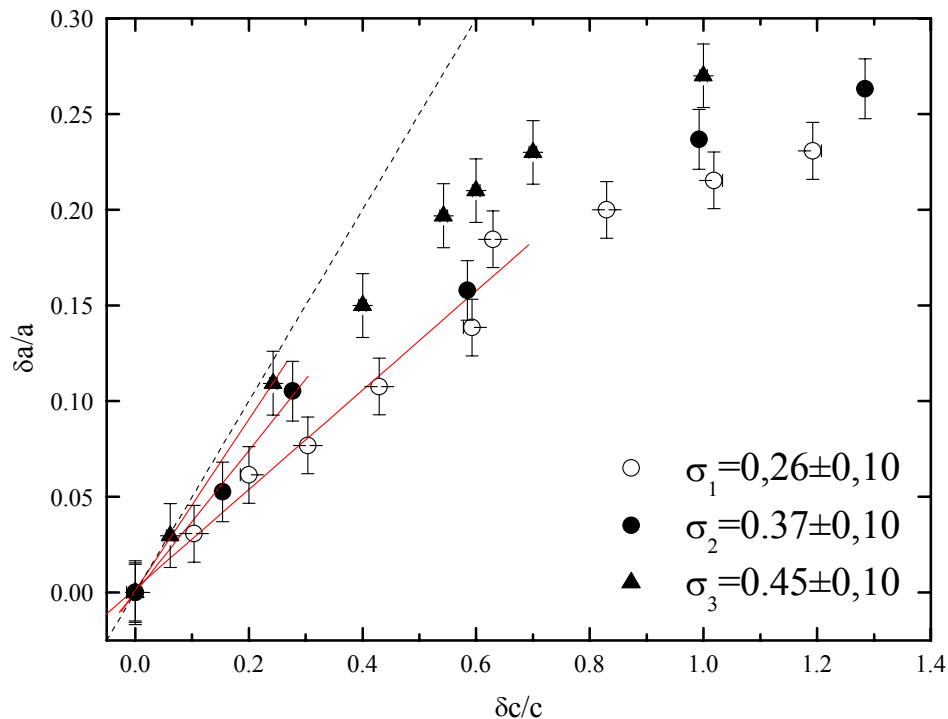
Rys. 1

Wykonanie doświadczenia

W doświadczeniu wykonanym przez recenzenta użyto kilku gumek o wymiarach przekroju poprzecznego 3,2 x 1,2 mm i długości 10 - 15 cm, zakupionych sklepie z artykułami gospodarstwa domowego. Gumki te różniły się kolorem i datą produkcji. Każdą gumkę mocowano sznurkiem do statywu, a na jej końcu wiązano sznurek, na którym zawieszano niewielki obciążnik, aby się wyprostowała. W pewnej odległości od końców gumki zaznaczono obszar przeznaczony do badań, w którym nie było zniekształceń wywołanych mocowaniem. Używając odpowiednio suwmiarki i linijki, notowano początkową długość badanego obszaru gumki c_0 oraz szerokość początkową gumki a_0 . Dla uzyskania większej dokładności do pomiarów wybierano większy z wymiarów poprzecznych gumki. Przywiązując do gumki kolejne obciążniki mierzono długość wybranego do badań obszaru gumki oraz szerokość gumki w wybranym miejscu, w środkowej jej części (Rys. 1). Zwracano uwagę, aby gumka nie była ściskana szczękami suwmiarki.

Opracowanie danych

Obliczamy wartości względne zmian szerokości i długości gumki: $\delta a / a_0 = (a - a_0) / a_0$, $\delta c / c_0 = (c - c_0) / c_0$. Przykładowe wyniki pomiarów dla różnych gumek przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2

Z rys. 2 wynika, że własności sprężyste gumek różnią się znacznie. Ponadto widać, że dla względnych zmian długości $\Delta c/c_0 > 0,5$, zmiany szerokości $\Delta a/a$ gumki stają się nieliniowe. Dopasowanie prostych do danych doświadczalnych dla niewielkich wydłużeń daje, dla różnych gumek, wartość współczynnika Poissona w zakresie od 0,2-0,5. Rozrzut uzyskanych wartości wynika z różnic w składzie (jednorodność, barwniki) oraz wieku gumek użytych do doświadczeń. Błędy pojedynczych punktów pomiarowych wynikają głównie z niedokładności pomiaru zmian szerokości gumki.

Proponowana punktacja

- 1) Opis układu doświadczalnego umożliwiającego wyznaczenie zmiany wymiarów podłużnych i poprzecznych gumki. do 3 pkt.
- 2) Wykonanie pomiarów zmian wymiarów gumki dla różnych obciążeń (omówienie szczegółów eksperymentalnych, liczba punktów pomiarowych) do 7 pkt.
- 3) Wyznaczenie wartości współczynnika Poissona oraz dyskusja otrzymanych rezultatów
 - a) wykonanie wykresu zależności względnych zmian szerokości od względnych zmian długości, zauważenie nieliniowości, do 4 pkt.,
 - b) dopasowanie proste do liniowej części zależności do 4 pkt.
 - c) uzyskanie poprawnego wyniku, dyskusja niepewności pomiarowych do 2 pkt.