

Ćwiczenie Nr 208

Temat: Wyznaczanie momentu bezwładności za pomocą przyrządu Hartle'a

I. Literatura:

1. D.Halliday, R.Resnick, Fizyka, t.1, PWN, W-wa,
2. A.Dietlaf, B.Jaworski, Kurs fizyki, t.1, PWN, W-wa 1980,
4. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, praca zbiorowa pod red.T.Rewaja, PWN, W-wa 1978.
5. Instrukcja obsługi suwmiarki: <http://labor.zut.edu.pl/> w zakładce INSTRUKCJE

II. Tematy teoretyczne:

1. Definicja i sposoby wyznaczania momentu bezwładności brył sztywnych.
2. Energia kinetyczna bryły sztywnej w ruchu obrotowym. Zasada zachowania energii. Zmiana energii mechanicznej pod wpływem siły tarcia.

III. Metoda pomiaru:

Stosując zasadę zachowania energii do układu doświadczalnego z przyrządem Hartle'a otrzymuje się wyrażenie, z którego można wyznaczyć całkowity moment bezwładności (I_c). Jest on sumą momentu bezwładności badanej tarczy (I) oraz momentu bezwładności obracających się części przyrządu (I_o)- bez tarcz.

$$I_c = I + I_o = \frac{r^2}{t_2^2 - t_1^2} \left[\frac{g}{2h} (m_1 - m_2) \cdot t_1^2 t_2^2 + m_2 t_1^2 - m_1 t_2^2 \right]$$

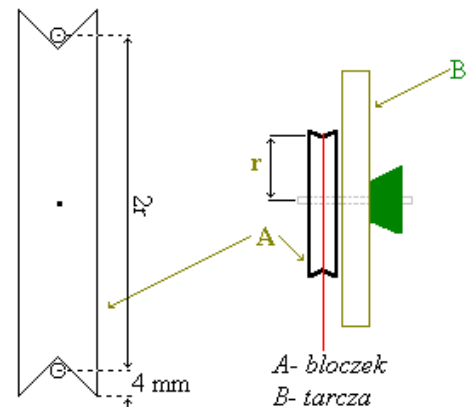
gdzie: r - promień bębna, h - odległość między górną i dolną fotokomórką równa drodze opadania ciężarka, m_1, m_2 - masy ciężarków, t_1, t_2 - czas opadania ciężarka pierwszego i drugiego.

IV. Zestaw pomiarowy:

Przyrząd Hartle'a, badane tarcze, suwmiarka, stoper (wbudowany w przyrząd), dwa ciężarki, waga laboratoryjna, komplet odważników. Brakujące przyrządy wypożyczyć w pok. **619** i tam też zważyć tarcze i ciężarki.

V. Wykonanie ćwiczenia:

1. Zmierzyć suwmiarką (trzykrotnie) średnicę $2r_b$. Aby wyznaczyć promień bębna przyrządu r (błoczek z nawiniętą nitką) należy uwzględnić głębokość rowka ($s=4,5\text{mm}$) oraz grubość nitki ($x \approx 1\text{mm}$) zgodnie z rysunkiem: $2r=2r_b-2s+x$
2. Wyznaczyć promienie (R_1, \dots, R_5) badanych tarcz. (mierząc trzykrotnie suwmiarką średnice $2R$),
3. Wyznaczyć masy (M_1, \dots, M_5) badanych tarcz i masy m_1, m_2 ciężarków. Skorzystać z wagi w pok. 619.
4. Zamocować pierwszą tarczę na osi bębna.
5. Wykonać pomiary czasu opadania ciężarka. W tym celu:



- a) włączyć przyrząd przyciskiem "CETb",
- b) odczytać i zapisać wysokość położenia górnej zaporę świetlną.
- c) zawiesić ciężarek o masie m_1 na nitce,
- d) zwolnić hamulec przyciskiem "Пык" i nawinąć nitkę na blok tak, aby zwisający na nitce ciężarek przechodził centralnie zarówno przez górną jak i przez dolną zaporę świetlną. W razie potrzeby wypoziomować przyrząd wkręcając - wykręcając jego nóżki,
- e) ustalić położenie ciężarka tuż nad górną zaporą świetlną i wyłączyć (wycisnąć) przycisk „Пык”,
- f) skasować wskazania czasomierza przyciskiem ”СБРОС”
- g) wcisnąć ponownie przycisk „Пык”,
- h) gdy ciężarek opadnie- odczytać i zapisać wskazania czasomierza,
- i) wcisnąć przycisk "СБРОС" (hamulec zostaje zwolniony- można ponownie nawinąć nitkę na blok),

Uwaga: Ponieważ na dokładność pomiaru mają wpływ różne, trudne do wyeliminowania czynniki (np. zahaczanie nitki o bęben i in.) należy dla każdej tarczy i ciężarka powtarzać pomiary czasu do chwili uzyskania trzech czasów różniących się od siebie nie więcej niż o 0,1s.

- j) pomiary z punktów "g" do "i" powtórzyć trzykrotnie,
 - k) powyższe pomiary powtórzyć dla pozostałych tarcz oraz przyrządu bez tarcz.
6. Pomiary z punktu 5 g-l powtórzyć stosując ciężarek m_2 . Wyniki pomiarów i obliczeń umieścić w tabeli takiej jak na końcu tej instrukcji.

7. Obliczyć momenty bezwładności obracających się części przyrządu wraz z tarczami (I_c) (z wzoru powyżej) oraz moment bezwładności I_o samego przyrządu Hartle'a, bez tarcz (wzór poniżej):

$$I_o = \frac{r^2}{t_2'^2 - t_1'^2} \left[\frac{g}{2h} (m_1 - m_2) \cdot t_1'^2 t_2'^2 + m_2 t_1'^2 - m_1 t_2'^2 \right]$$

t_1' jest czasem opadania odważnika m_1 , a t_2' - odważnika m_2 , gdy na przyrządzie nie ma tarcz,

8. Obliczyć momenty bezwładności dla badanych tarcz ($I = I_c - I_o$),
 9. Obliczyć momenty bezwładności tarcz ze wzoru teoretycznego

$$I' = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2$$

10. Na podstawie wyników otrzymanych w punktach 8 i 9 przedstawić na wspólnym wykresie zależności $\frac{I}{M} = f(R^2)$ oraz $\frac{I'}{M} = f(R^2)$ (oczekujemy, że punkty będą układać się na prostych).
 11. Obliczyć niepewności pomiarowe. Ze względu na to, że wzory służące do obliczenia I oraz I_o są dość złożone i obliczenie niepewności byłoby bardzo żmudne proszę ograniczyć się do obliczenia niepewności wyznaczenia momentu bezwładności ze wzoru teoretycznego.

$$u(I') = I' \cdot \sqrt{\frac{u^2(M)}{M^2} + \frac{4 \cdot u^2(R)}{R^2}}$$

Nr tarczy	t_1 [s]	t_2 [s]	I_c [kg·m ²]	I_o [kg·m ²]	$I = I_c - I_o$ [kg·m ²]	I/M [m ²]	M [kg]	$d=2R$ [m]	R^2 [m ²]	I' [kg·m ²]	I'/M [m ²]
1				●●●●●●●●							
	$t_{\dot{s}r} >$										
2				●●●●●●●●							
	$t_{\dot{s}r} >$										
3				●●●●●●●●							
	$t_{\dot{s}r} >$										
4				●●●●●●●●							
	$t_{\dot{s}r} >$										
5				●●●●●●●●							
	$t_{\dot{s}r} >$										
Bez tarczy			●●●●●●●●		●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●			●●●●●●●●	●●●●●●●●
	$t_{\dot{s}r} >$										
h =.....				m ₁ =.....				m ₂ =.....			