

Ćwiczenie Nr 205.

Temat: Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła rewersyjnego.

I. Literatura:

1. Andrzej Januszajtis, Fizyka dla politechnik, t.I, PWN, W-wa 1977.
2. Szczepan Szczeniowski, Fizyka dośw., cz.1, PWN, W-wa, 1977.
3. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, pod red.T.Rewaja, PWN, W-wa 1978.
4. Instrukcja obsługi suwmiarki: <http://labor.zut.edu.pl/> w zakładce INSTRUKCJE

II. Tematy teoretyczne:

1. Prawo powszechnego ciężenia, pole grawitacyjne Ziemi, różnica między polem centralnym i jednorodnym, przyspieszenie ziemskie.
2. Drgania harmoniczne proste, wahadło matematyczne, wahadło fizyczne. długość zredukowana wahadła fizycznego, wahadło rewersyjne, środek masy.

III. Metoda pomiarowa:

Przyspieszenie ziemskie jest obliczane ze wzoru na okres drgań wahadła matematycznego:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_{zr}}{g}}, \text{ gdzie } l_{zr} \text{ jest długością zredukowaną wahadła fizycznego (rewersyjnego).}$$

III. Zestaw pomiarowy:

Wahadło rewersyjne, stoper, suwmiarka.

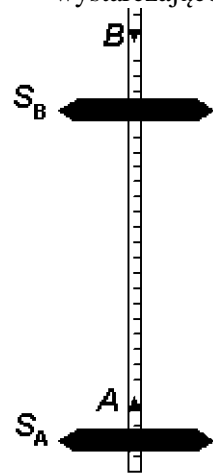
IV. Obsługa przyrządu:

1. Włącz przyrząd przyciskiem "CETb",
2. Przycisk "СБРОС" rozpoczyna pomiar kasując równocześnie poprzednie wskazania wyświetlacza cyfrowego,
3. Przycisk "СТОП" kończy zliczanie liczby okresów i czasu, ale dopiero po zakończeniu trwającego właśnie drgania.

V. Wykonanie ćwiczenia:

A. Wahadło rewersyjne.

1. Ustal położenie "soczewek" S_a i S_b na pręcie tak, aby znajdowały się po przeciwnych stronach środka pręta (aby ostrze A- to, umieszczone pomiędzy soczewkami- można było przesunąć po pręcie w wystarczająco szerokim zakresie).



**OD TEJ CHWILI NIE WOLNO ZMIENIAĆ
POŁOŻENIA SOCZEWEK.**

2. Zawieś wahadło na ostrzu B (to, umieszczone na zewnątrz soczewek) i ustaw zapórę świetlną tak, aby dolny koniec pręta przecinał ją.

3. Wychyl wahadło z położenia równowagi o bardzo mały kąt (**Ważne!**). Koniec wahadła nie powinien w trakcie drgań wychylać się poza obudowę bariery świetlnej dalej niż jego grubość.
4. Zmierz czas trwania dużej liczby okresów (np. 25). Pomiar powtórz pięciokrotnie.
5. Ustaw drugie ostrze (**A**) w maksymalnej odległości od ostrza **B**. (**tuż przy soczewce S_a**)
6. Zmierz suwmiarką odległość l_{AB} między ostrzami **A** i **B**.
7. Zawieś wahadło na ostrzu **A**. Skoryguj ustawienie zapory świetlnej tak, aby pręt przecinał strumień światła.
8. Zmierz pięciokrotnie czas trwania dużej ilości okresów.
9. Przesuń ostrze **A** (w tej chwili jest to ostrze górne) o ok. **0,5cm** w kierunku ostrza **B**
10. Powtarzaj czynności z punktów 6-7-8 tak długo, aż okres drgań na ostrzu **A** będzie większy od okresu drgań wahadła zawieszonoego na ostrzu **B** (zmierzonego w punkcie 3).
11. Wyniki umieść w tabeli 1:

Tabela 1.

Ilość drgań 25														
OSTRZE B							OSTRZE A							
t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	t_4 [s]	t_5 [s]	t_{sr} [s]	T_B [s]	l_{AB} [m]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	t_4 [s]	t_5 [s]	t_{sr} [s]	T_A [s]

B. Wahadło matematyczne

1. Oszacuj wstępnie wartość długości zredukowanej wahadła rewersyjnego. W tym celu z **tabeli 1** wybierz dwie sąsiednie wartości l_{AB} , dla których okres na ostrzu **B** zawarty jest pomiędzy okresami zmierzonymi na ostrzu **A**. Oblicz wartość średnią z tych długości. Będzie to przybliżona wartość długości zredukowanej. Zapisz ją w **tabeli 2** jako l_m .
2. Zmieniając za pomocą pokrętła długość nici ustal taką długość wahadła matematycznego, aby była ona równa wartości obliczonej w punkcie 1.
Uwaga: Długość wahadła mierzymy od środka kulki do punktu zawieszenia. Patrz rysunek obok.
3. Ustal położenie bariery świetlnej tak, aby zwisająca swobodnie kulka przysłaniała strumień światła padający na fotokomórkę znajdującą się z prawej strony bariery.
4. Spowoduj wahanie kulki wychylając ją z położenia równowagi o niewielki kąt (w trakcie wahań kulka nie powinna wychodzić poza obręb bariery dalej, niż na wielkość swojej średnicy).
5. Zmierz pięciokrotnie czas 25 wahań kulki.
6. Oblicz okres drgań wahadła matematycznego (T_m w tabeli 2) oraz okres drgań wahadła fizycznego zawieszonoego na ostrzu B (T_B w tabeli 1). Porównując te wartości oceń czy prawidłowo zostały przeprowadzone pomiary prowadzące do wyznaczenia długości zredukowanej.

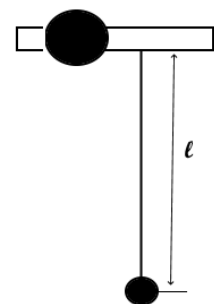


Tabela 2.

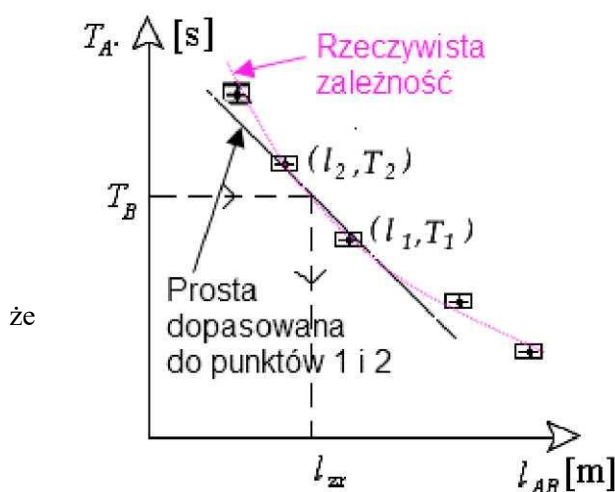
t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	t_4 [s]	t_5 [s]	t_{sr} [s]	T_m [s]	l_m [m]

l_m - długość wahadła matematycznego;

T_m - okres wahadła matematycznego.

VI. Opracowanie wyników pomiarów;

1. Sporządź wykres zależności $T_A(l_{AB})$. Znajdź dwie wartości okresu T_A pomiędzy którymi zawiera się okres T_B i przeprowadź prostą przechodzącą przez te punkty. Czynność ta ma na celu znalezienie punktu, dla którego $T_A = T_B$ przy założeniu, że zależność $T(l)$ jest dla blisko położonych punktów liniowa. (*) Prosta ta będzie miała równanie:



$$T = a \cdot l + b \text{ gdzie}$$

$$a = \frac{T_2 - T_1}{l_2 - l_1}; \quad b = \frac{T_2 \cdot l_1 - T_1 \cdot l_2}{l_1 - l_2}$$

Linia przerywana na rysunku obrazuje fakt, długość zredukowana jest równa odległości między dwiema osiami obrotu (dwoma ostrzami), dla których okres drgań jest taki sam ($T_A = T_B$).

Po wyznaczeniu współczynników a oraz b , wyznaczyć długość zredukowaną ze wzoru:

$$l_{zr} = \frac{T_B - b}{a}$$

$$u(l_{zr}) = \frac{u(T_B)}{a}$$

Niepewność $u(l_{zr})$ obliczamy ze wzoru:

(pomijamy niepewności wyznaczenia współczynników a i b , gdyż ich wkład w niepewność $u(l_{zr})$ jest niewielki, natomiast wymaga dość złożonych obliczeń)

Niepewność całkowita $u_A(T_B)$ powinna zawierać zarówno niepewność typu A (oznaczona poniżej jako $u(T_A)$) jak i typu B (oznaczona jako $u_B(T_B)$) Niepewność tę obliczyć należy ze wzoru:

$$u(T_B) = \sqrt{(u_A(T_B))^2 + (u_B(T_B))^2} = \sqrt{(u_A(T_B))^2 + \left(\frac{\Delta T_B}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$\Delta T_B = (0,01/25)_s$, $u_A(T_B) = u(t)/25$ (bo mierzymy czas 25 drgań).

$u(t)$ to odchylenie standardowe średniego czasu policzone dla pomiarów czasu na ostrzu **B**:

$$u(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\bar{t} - t_i)^2}{5 \cdot 4}} \quad (\text{dla 5 powtórzeń pomiaru czasu})$$

2. Wylicz wartość przyspieszenia ziemskiego g z wzoru:

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l_{zr}}{T_B^2}$$

3. Wyznacz niepewność pomiarową $u(g)$:

$$u(g) = g \cdot \sqrt{\left[\frac{u(l_{zr})}{l_{zr}} \right]^2 + \left[\frac{2 \cdot u(T_B)}{T_B} \right]^2}$$

4. Wynik przedstaw w postaci:

$$g = g(u(g))$$

[Np. $x=71(5)cm$ oznacza, że $x = 71 cm$ a $u(x) = 5 cm$]