

## 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:

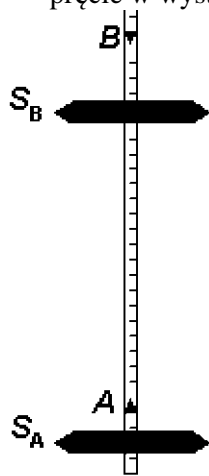
Wahadło rewersyjne, stoper, suwmiarka (wypożyczyć ją w pok. 619).

### IV. Obsługa przyrządu:

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

### V. Wykonanie ćwiczenia:

1. Ustalić 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. Zawiesić wahadło na ostrzu **B** ( to, umieszczone na zewnątrz soczewek) i ustawić zaparę świetlną tak, aby dolny koniec pręta przecinał ją.
3. Zmierzyć czas trwania dużej liczby okresów (np. 25). Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.
4. Ustawić drugie ostrze (**A**) w maksymalnej odległości od ostrza **B**. (**tuż przy soczewce  $S_a$** )
5. Zmierzyć odległość  $I_{AB}$  między ostrzami **A** i **B**.

6. Zawiesić wahadło na ostrzu **A**. Skorygować ustawienie zapory świetlnej tak, aby pręt przecinał strumień światła.
7. Zmierzyć pięciokrotnie czas trwania dużej ilości okresów.
8. Przesunąć ostrze **A** (w tej chwili jest to ostrze górne) o ok. **0,5cm** w kierunku ostrza **B**
9. Powtarzać 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).
10. Wyniki zebrać w tabeli:

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]

11. Sporządzić wykres zależności  $T_A(l_{AB})$ . Znaleźć dwie wartości okresu  $T_A$  pomiędzy którymi zawiera się okres  $T_B$  i przeprowadzić 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**:

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

12.. Wylizzyć wartość przyspieszenia ziemskiego  $g$  z wzoru:

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

13.. Wyznaczyć niepewność pomiarową  $u(g)$ :

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

14. Wynik przedstawić w postaci:

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

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