

POMIAR STAŁEJ GRAWITACJI G (WAŻENIE ZIEMI) 19

Uwaga!

Urządzenie do pomiaru stałej grawitacji jest niezwykle delikatne i wrażliwe na wstrząsy. Bardzo cienka i droga nić metalowa, na której zawieszono jest wahadło, może urwać się przy nieostrożnym postępowaniu. Dlatego zabrania się studentom podejmowania prób regulacji przyrządu (wagi skręceń i kul) a nawet jego dotykania. Koszty ewentualnej naprawy wagi pokryje sprawca uszkodzenia. Nieostrożna manipulacja spowoduje także dodatkowe drgania wahadła, co utrudni i wydłuży czas pomiaru. Dlatego zmiany położenia dużych kul może dokonać tylko prowadzący ćwiczenie.

I. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

Prawo ciążenia powszechnego. Sposoby wyznaczania stałej grawitacji ze szczególnym uwzględnieniem metody wagi Cavendisha.

II. POMIARY

Ruch wahadła obserwujemy za pomocą wiązki światła laserowego, która odbija się od zwierciadła przyrządu i pada na skalę.

1. Obserwujemy początek ruchu plamki świetlnej na skali wychyleń. Prosimy prowadzącego zajęcia o przesunięcie dużych kul w pierwsze skrajne położenie. Ta operacja musi być dokonana bardzo ostrożnie gdyż stuknięcie dużą kulą o osłonę szklaną spowoduje dodatkowe drgania plamki i utrudni obserwację ruchu wahadła przez dłuższy czas.
2. Zapisujemy w odstępach 30 sekundowych kolejne położenia plamki na skali, przez czas trwania dwu pełnych okresów wahadła. Trwa to ok. 30 minut. Następnie prosimy prowadzącego zajęcia o przesunięcie dużych kul w drugie skrajne położenie i ponownie rejestrujemy ruch plamki świetlnej, przez taki sam okres czasu.

III. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

1. Sporządzamy wykres ruchu wahadła. Na jego podstawie obliczamy położenia środka wahań b_{01} i b_{02} (równoważne położeniu wahadła po zaniku oscylacji), dla pierwszego i drugiego ustawienia dużych mas M . Dla pierwszego ustawienia korzystamy ze wzoru:

$$b_{01} = \frac{\frac{b_1 + b_3}{2} + b_2}{2} = \frac{b_1}{4} + \frac{b_2}{2} + \frac{b_3}{4} \quad (12)$$

gdzie b_1 , b_2 , i b_3 to wartości odpowiadające kolejnym maksimum i minimum wychylenia. Podobny wzór obowiązuje do wyznaczenia b_{02} , z tym, że za b_1 , b_2 , i b_3 podstawiamy odpowiednie wartości otrzymane z drugiej części wykresu.

2. Różnicę wartości $b_{01} - b_{02} = \Delta b$ podstawiamy do wzoru (11) i obliczamy stałą grawitacji G . Przyjmujemy, że masa M dużej kuli jest równa 1,5 kilograma, odległość małej kulki m od osi obrotu d jest równa 0,05 metra, a odległość r pomiędzy środkami mas M i m w położeniu równowagi wynosi 0,047 metra. Przy ruchu wahadła odległość ta zmienia się jedynie o ok. 2% i zmiany wartości r można pominąć. Odległość L zwierciadła od ekranu wynosi 0,86m.
3. Znając siłę F_c , z jaką Ziemia przyciąga masę 1 kg, znajdującą się na jej powierzchni ($F_c = mg$, $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$) oszacuj na podstawie wzoru (1) masę Ziemi M_z i porównaj z wartością podaną w tablicach fizycznych ($M_z = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$).

4. Zakładamy, że na dokładność wyznaczenia wartości G mają wpływ głównie dokładność wyznaczenia wartości Δb i okresu drgań T . Pozostałe wielkości występujące we wzorze (11) są podane przez producenta z precyzją pozwalającą zaniedbać ich wpływ na wartość stałej grawitacji. Wtedy wzór (11) możemy zapisać w postaci

$$G = \frac{A \Delta b}{T^2} \quad \text{gdzie } A = \frac{\pi^2 r^2 d}{ML}$$

Analizujemy wykres ruchu wahadła i szacujemy dokładność, z jaką możemy wyznaczyć poszczególne wartości b_1 , b_2 i b_3 (na podstawie rozrzutu punktów w najbliższym otoczeniu maksimów i minimów, a następnie obliczamy niepewność wyznaczenia wartości Δb , czyli $u(\Delta b)$.

Podobnie, na podstawie wykresu drgań wahadła (położenia kolejnych maksimów i minimów) szacujemy niepewność wyznaczenia okresu, czyli $u(T)$. Wtedy niepewność $u(G)$ można wyznaczyć ze wzoru:

$$U(G)/G = u(\Delta b)/\Delta b + 2 u(T)/T$$

IV. LITERATURA

- [1]. A. Wróblewski, J. Zakrzewski, Wstęp do Fizyki, tom II, cz. 1 PWN Warszawa 1989 str. 317 i nast.
 [2]. H. Szydłowski, Pracownia Fizyczna, PWN Warszawa 1999.