

Ćwiczenie nr 14

**WYZNACZANIE PRZYSPIESZENIA ZIEMSKIEGO PRZY UŻYCIU WAHADŁA REWERSYJNEGO**

**I. WSTĘP**

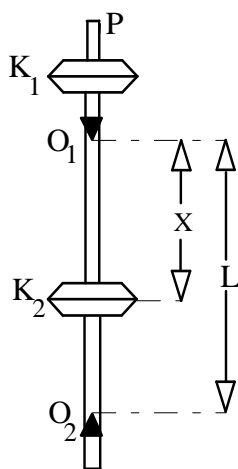
Okres drgań  $T$  wahadła matematycznego (punkt materialny o masie  $m$ , zawieszony na nieważkiej i nierozciągliwej nici o długości  $l$ ), dany jest wzorem:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

Znając okres drgań  $T$  i długość  $l$  wahadła, można obliczyć wartość przyspieszenia, które uzyskują ciała spadające swobodnie w danym miejscu na powierzchni Ziemi, czyli wartość przyspieszenia ziemskiego  $g$ . Wahadło matematyczne jest abstrakcją i w praktyce bywa zastępowane przez kulkę o realnym rozmiarze, zawieszoną na zwykłej nici lub na drucie. Powoduje to dodatkowe błędy przy wyznaczaniu przyspieszenia ziemskiego  $g$ . Dlatego też, aby tę wielkość wyznaczyć dokładniej, wykorzystuje się grawitacyjne wahadła fizyczne, to jest ciała sztywne, wykonujące ruch periodyczny wokół osi poziomej. Okres drgań wahadła fizycznego jest równy:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}} \quad (2)$$

gdzie  $J$  – oznacza moment bezwładności wahadła względem osi obrotu, a  $D$  - tzw. moment kierujący. Obliczenie momentu bezwładności i wyznaczenie momentu kierującego dla wahadeł o dowolnym kształcie może być bardzo skomplikowane. Te trudności można ominąć wykorzystując tzw. wahadło rewersyjne (wahadło Katera, patrz rysunek obok).



**Wahadło Katera**

**II. OPIS EKSPERYMENTU**

Wahadło rewersyjne składa się z pręta  $P$ , na którym można przesuwając dwie masy w postaci krążków  $K_1$  i  $K_2$ . W tym eksperymencie krążek  $K_1$  pozostaje w tym samym położeniu, a krążek  $K_2$  może być przesuwany pomiędzy ostrzami  $O_1$  i  $O_2$ , oddalonymi od siebie o  $L$ . Odległość obu ostrzy może być wyznaczona z dużą dokładnością np. za pomocą specjalnej suwmiarki. Pręt  $P$  może być zawieszony na jednym albo na drugim ostrzu. Dowiedziono (patrz np. H. Szydłowski: Pracownia fizyczna, PWN Warszawa 1997), że można znaleźć takie położenie krążka  $K_2$  na pręcie, przy którym okresy drgań wahadła zawieszzonego na ostrzach  $O_1$  i  $O_2$  są takie same, czyli  $T_1 = T_2$ . Wtedy odległość  $L$  obu ostrzy, zwana długością zredukowaną, jest równa długości idealnego wahadła matematycznego o takim samym okresie. W takim przypadku nie musimy znać, ani obliczać momentu bezwładności  $J$  wahadła, ani momentu kierującego  $D$ . Wystarczy podstawić  $L$  i  $T_1 = T_2$  do wzoru (1) i wyznaczyć  $g$ . Dokładność wyznaczenia wartości  $g$  tą metodą jest wysoka, ze względu na precyzyjne określenie długości  $L$  wahadła zredukowanego i dokładniejsze wyznaczenie jego okresu na podstawie punktu przecięcia dwu krzywych (patrz punkt III.4).

### III. POMIARY

- 1) Zawiesić wahadło na ostrzu  $O_1$ , pobudzić je do drgań o małej amplitudzie i wyznaczyć okres jego drgań (przez pomiar 20 - tu wahnień).
- 2) Zmieniając co 4 cm odległość  $x$  krążka  $K_2$  od ostrza  $O_1$ , wyznaczyć okresy drgań dla każdego z tych położań.
- 3) Zawiesić wahadło na ostrzu  $O_2$ , i powtórzyć czynności z punktu 2.
- 4) Sporządzić na jednym rysunku wykresy zależności okresów drgań w funkcji odległości  $x$ , dla obu zawieszonań. Odczytać wartość  $x$  w punkcie przecięcia obu krzywych, dla którego okresy drgań  $T_1$  i  $T_2$  przy obu zawieszonań są identyczne. Zanotować wartość tych okresów.
- 5) Ustawić krążek  $K_2$  dokładnie w tym położeniu i sprawdzić, czy okres drgań wahadła jest zgodny z wyznaczonym na podstawie wykresu. Jeśli rozbieżność jest duża, należy powtórzyć pomiar.
- 6) Ustawić długość zawieszonaego na tym samym statywie wahadła „matematycznego” na wartość długości zredukowanaej  $L$  i zmierzyć jego okres drgań.

### IV. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Na podstawie wzoru (1) wyznaczyć wartości przyspieszenia ziemskiego otrzymane z pomiarów dla wahadła rewersyjnego i „matematycznego”. Porównać otrzymane wyniki i wyciągnąć wnioski. Obliczyć niepewność standardową  $u(g)$  korzystając ze wzoru:

$$u(g)/g = u(L)/L + 2 u(T)/T$$

Przyjąć  $u(L) = 0,5 \text{ mm}$

$u(T) = 0,2 \text{ s}$  przy pomiarze ręcznym.

0,005 przy pomiarze elektronicznym.

### V. LITERATURA

[1]. H. Szydłowski - “Pracownia fizyczna” wyd. 9, PWN Warszawa, 1999

[2]. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki część II, wyd 2, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1999.

### VI. ZAGADNIENIA DO KOŁOKWIUM

Dynamika bryły sztywnej.

Ruch harmoniczny prosty.

Wahadła: matematyczne; fizyczne ze szczególnym uwzględnieniem wahadła rewersyjnego.