

Ćwiczenie zerowe:

Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego g z wykorzystaniem wahadła matematycznego

Rolę wahadła matematycznego odegra w tym przypadku mały ciężarek zawieszony na nierozciągliwej i cienkiej (o znikomej wadze) nici, której długość jest znacząco większa w porównaniu z rozmiarami ciężarka. Przyspieszenie ziemskie wyznaczymy znając wzór na okres drgań wahadła matematycznego

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{stąd} \quad g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} - \text{wzór roboczy}$$

przy czym T to okres drgań (czas od maksymalnego wychylenia w jedną stronę, np. w lewo, poprzez wychylenie maksymalne w prawo i z powrotem w lewo), L to długość wahadła (odległość od miejsca zawieszenia nici do środka ciężkości zawieszonego ciężarka), zaś g jest przyspieszeniem ziemskim, którego wartość spodziewana dla Krakowa to ok. $9,811 \text{ m/s}^2$.

POMIARY I OBLICZENIA

1. Zmierz długość wahadła $L = \dots\dots\dots$ (jednostka)

Najmniejsza działka przyrządu to $\Delta L = \dots\dots\dots$ (jedn.)

Za niepewność typu B pojedynczego pomiaru przyjmij najmniejszą działkę przyrządu x 2:

$$u_B(L) = \dots\dots\dots \text{ (jedn.)}$$

Oblicz **niepewność względną** pomiaru długości wahadła

$$\frac{u_B(L)}{L} = \dots\dots\dots \text{ (bez jedn.)}$$

2. Zmierz 10-krotnie czas trwania 10 okresów dla małych wahań wahadła i wypełnij poniższą tabelę (kąt wychylenia $\theta < 5$ stopni = $\dots\dots\dots$ rad.):

Numer pomiaru	Czas t 10 okresów	Czas jednego okresu	Kwadrat odchyłki od średniej	Niepewność standardową typu A średniego okresu liczymy ze wzoru: $u_A(T_{\text{sr}}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (T_i - T_{\text{sr}})^2}{N(N-1)}} =$
i	$t[\text{s}]$	$T_i = t/N [\text{s}]$	$(T_i - T_{\text{sr}})^2 [\text{s}^2]$	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
$N=10$		$T_{\text{sr}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i =$	$\sum_{i=1}^N (T_i - T_{\text{sr}})^2 =$	

Niepewność względna średniego okresu:
$$\frac{u_A(T_{\text{sr}})}{T_{\text{sr}}} =$$

Przyspieszenie ziemskie:
$$g = \frac{4\pi L}{T_{\text{sr}}^2} =$$

Aby obliczyć niepewność tak wyznaczonego przyspieszenia korzystamy z **prawa przenoszenia niepewności (niepewność typu c)**:

$$u_c(g) = \sqrt{\left[\frac{\partial g}{\partial L}(L, T_{\text{sr}}) u_B(L) \right]^2 + \left[\frac{\partial g}{\partial T}(L, T_{\text{sr}}) u_A(T_{\text{sr}}) \right]^2} \quad (*)$$

Podaj wzory na pochodne, następnie oblicz i wpisz ich wartości:

$$\frac{\partial g}{\partial L}(L, T_{\text{sr}}) =$$

$$\frac{\partial g}{\partial T}(L, T_{\text{sr}}) =$$

Oblicz wartości wyrażeń:

(a)
$$\frac{\partial g}{\partial L}(L, T_{\text{sr}}) u_B(L) =$$

(b)
$$\frac{\partial g}{\partial T}(L, T_{\text{sr}}) u_A(T_{\text{sr}}) =$$

Odpowiedz na pytanie: Który składnik sumy we wzorze (*) jest dominujący, czy może są one tego samego rzędu?

Podstaw wartości (a) i (b) do wzoru (*) i oblicz $u_c(g) =$

Oblicz niepewność rozszerzoną $U_c(g) =$

Po odpowiednim zaokrągleniu obu niepewności i wyniku zapisz go dwoma sposobami:

1. Sposób: $g =$, $u_c(g) =$ 2. Sposób: $g = (\dots \pm \dots) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
--

Oblicz w procentach względną niepewność pomiaru g :
$$\frac{u_c(g)}{g} =$$