

# 3a

## NIEPEWNOŚCI POMIAROWE NA PRZYKŁADZIE BADANIA OKRESU DRGAŃ WAHADŁA MATEMATYCZNEGO

### 1. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

- Ruch drgający harmoniczny.
- Wahadło matematyczne - przybliżenie małych wychyleń.
- Niepewność pomiaru, niepewność standardowa, niepewność maksymalna.

### 2. POMIARY

**Zadanie 1.** Pomiar okresu drgań wahadeł w zależności od ich długości.

- a) Zmierzyć średnice kulek wahadeł za pomocą suwmiarki. Pomiar wykonać co najmniej sześciokrotnie w różnych kierunkach.
- b) Ustawić nici wahadeł na 0,5 m (przy użyciu miarki milimetrowej) i zmierzyć kolejno czas trwania 50 okresów każdego z nich.
- c) Pomiary powtórzyć dla długości nici 0,75 m i 1,0 m.

**Zadanie 2.** Porównanie zależności wyniku pomiaru od jego wielokrotności.

- a) Dla jednej kulki ustawić nić wahadła na ok. 0,1-0,15 m i zmierzyć raz czas trwania 20 okresów.
- b) Dla tego samego ustawienia zbadać 20 razy czas trwania 1 okresu.
- c) Ustawić nić na długość 1 m i powtórzyć pomiary z punktów a) i b).

### 3. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

**Zadanie 1.** Pomiar okresu drgań wahadeł w zależności od ich długości.

- 1) Obliczyć promień (wartość średnia z pomiarów średnic) każdej kulki.
- 2) Wyznaczyć dokładną długość wahadła  $l$  (długość nici + promień kulki).
- 3) Wyznaczyć okres  $T$  wahadeł dla różnych jego długości.
- 4) Obliczyć przyspieszenie ziemskie dla wszystkich zmierzonych długości wahadła (0,5 m; 0,75 m; 1 m) obu kulek. W tym celu należy skorzystać z zależności:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

- 5) Wyznaczyć maksymalną niepewność pomiarową długości wahadeł  $\Delta l$  i maksymalną niepewność pomiarową okresu drgań wahadeł  $\Delta T$ . W tym celu należy skorzystać z zależności (wzór 18, Instrukcja ONP):

$$\Delta y = \sum \left| \frac{\partial y}{\partial x} \cdot \Delta x \right|$$

6) Wyznaczyć maksymalną niepewność pomiarową przyspieszenia ziemskiego  $u(g) = \max(g_{\max.} - g_{\text{śr.}}, g_{\text{śr.}} - g_{\min.})$ . W tym celu należy obliczyć wartość średnią ze wszystkich pomiarów i następnie wskazać największą różnicę między  $g_{\text{śr.}}$  a pozostałymi wynikami.

**Zadanie 2.** Porównanie zależności wyniku pomiaru od jego wielokrotności.

- 1) Obliczyć wartość okresu  $T$  z pojedynczego pomiaru czasu 20 wahań (dla wszystkich długości wahadła).
- 2) Obliczyć wartość średnią okresu  $T'$  z wielokrotnych pomiarów 1 wahań (dla wszystkich długości wahadła).
- 3) Wyznaczyć niepewności standardowe pomiaru okresów  $T$  (niepewność wzorcowania) i  $T'$  (odchylenie standardowe średniej arytmetycznej).

$$u(T) = \frac{\Delta T}{\sqrt{3}} \qquad u(T') = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum (T'_i - T'_{\text{śr.}})^2}$$

- 4) Wyciągnąć wnioski odnośnie do wpływu metody pomiaru zjawiska na wielkość niepewności.

#### 4. LITERATURA

- Henryk Szydłowski - Pracownia Fizyczna.
- Szczepan Szczeniowski - Fizyka Doświadczalna.
- Instrukcja oceny niepewności pomiarów w I Pracowni Fizycznej (ONP)