

4.1.2 Визначення прискорення вільного падіння з допомогою математичного маятника

Детальний опис роботи подано в [8, (робота М-8.2)].

Метою роботи є вивчення закону руху математичного маятника, експериментальне визначення прискорення вільного падіння з допомогою цього маятника.

Робочою формулою розглядуваної роботи є формула для періоду коливань математичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (1.2.1)$$

де g - прискорення вільного падіння у даному місці земної кулі l - довжина маятника.

Мети роботи досягають через вимірювання періоду коливань маятника T за різних довжин нитки маятника l . Сукупні вимірювання пар величин (l, T) дають змогу експериментально відшукати прискорення вільного падіння g .

Розрахункову формулу лабораторної роботи отримаємо після піднесення співвідношення (1.2.1) у квадрат:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l. \quad (1.2.2)$$

Уведемо величину $t_{20} = 20T$. Рекомендована така *таблиця вимірювань*.

N	$l, \text{ м}$	$t_{20}, \text{ с}$	$T, \text{ с}$	$T^2, \text{ с}^2$
1	2	3	4	5
1
		...		
		...		

Метод опрацювання результатів досліджу є аналогічним до попередньої роботи. Отже мінімальне число сукупних вимірювань N (стовпчик 1) має дорівнювати 7. Для кожного значення довжини маятника l (стовпчик 2) слід провести щонайменше $n = 3$ вимірювань часу 20 повних коливань маятника (стовпчик 3).

Увага! Оскільки формула (1.2.1) визначає *період ідеального математичного маятника*, а маятник використаний в роботі (тягарець на нитці) насправді є фізичним, то для зменшення похибок слід дотримуватися таких правил:

- довжина нитки підвісу має бути більшою від 0,5 м;
- максимальне відхилення тягарця від вертикалі має бути меншим ніж 10° .

Увага! Кожне повне коливання маятника розпочинається й закінчується в положенні його первинного відхилення.

Алгоритм опрацювання результатів експерименту

1. Для кожного значення довжин нитки маятника l обчислити середній час 20 повних коливань $\bar{t}_{20} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{20,i}$ та відповідний період коливань $T = \bar{t}_{20} / 20$. Результати розрахунків занести у 4 таблиці.
2. Обчислити відповідні квадрати періодів (стовпчик 5)
3. На міліметровому папері побудувати графік залежності $T^2(l)$. Як впливає з формули (1.2.2) цей графік має бути відрізком прямої.
4. Позначимо $\bar{a} = \text{tg} \alpha$, де α - кут нахилу цієї прямої до осі l . Тоді, згідно формулою (1.2.2) шукане середнє значення прискорення вільного падіння \bar{g} дорівнює

$$\bar{g} = \frac{4\pi^2}{\bar{a}}. \quad (1.2.3)$$

Увага! Передивіться в тексті попередньої роботи корисні поради 1 та 2. Виходячи з обраних масштабів вздовж осей T^2 та l , відшукуйте спочатку \bar{a} , а потім \bar{g} .

5. Оскільки прискорення вільного падіння обчислюється за формулою (1.2.3), то визначення похибки вимірювань слід проводити в два етапи.

На першому з них, слід відшукати похибку величини a . Це робиться аналогічно до попередньої роботи. Використовуючи правила графічного методу опрацювання експериментальних даних сукупних вимірювань (п. 2.3.1 Вступу), на полі графіку $T^2(l)$ проведіть ще дві прямі, одна з яких має кут нахилу α_1 та йде поблизу середини основного графіку (прямої з кутом нахилу α) *крутіше*, ніж ця пряма, а друга пряма – з кутом нахилу α_2 – є *пологішою* від основної прямої й також проходить поблизу середини основного графіку.

Обчисліть величини $a_1 = \text{tg} \alpha_1$ та $a_2 = \text{tg} \alpha_2$.

6. На другому етапі визначення похибки вимірювань спочатку за формулою (29) визначте похибку Δa :

$$\Delta a = \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{N}}. \quad (1.2.4)$$

Потім згідно з правилами обчислення похибок непрямих вимірювань, остаточно обчисліть похибку Δg :

$$\Delta g = \frac{4\pi^2}{\bar{a}^2} \Delta a \quad (1.2.5)$$

7. Запишіть результат вимірювань у стандартному вигляді:

$$g = \bar{g} \pm \Delta g, \quad (1.2.6)$$

8. Перевірте, чи потрапляє $g_{\text{іст}} = 9,81 \text{ м/с}^2$ у довірчий інтервал (1.1.6). Якщо результат перевірки ствердний, то мету роботи досягнуто. Коли ж це не так, то з ймовірністю 0,99(9) ваші вимірювання некоректні та їх слід провести знову.