

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИСКОРЕННЯ ВІЛЬНОГО ПАДІННЯ

ЗА ДОПОМОГОЮ ОБОРОТНОГО МАЯТНИКА

1 МЕТА РОБОТИ

- Ознайомлення з будовою оборотного маятника.
- Визначення за його допомогою прискорення сили тяжіння.

2 ПРИЛАДИ І НЕОБХІДНЕ ПРИЛАДДЯ

- 1 Оборотний маятник.
- 2 Електронний лічильник–секундомір із виносним фотоелектричним датчиком.
- 3 Секундомір.
- 4 Міліметрова лінійка.
- 5 Спеціальна підставка для визначення центра ваги маятника.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ І

МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оборотний маятник – різновид фізичного маятника, який виготовлений у вигляді стержня.

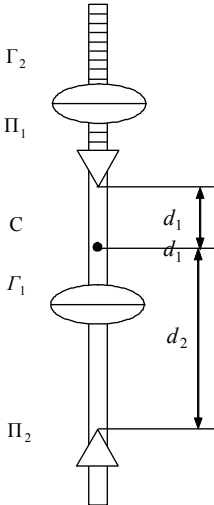


Схема оборотного маятника

Оборотний маятник являє собою сталевий стержень, на якому жорстко закріплені дві опорні призми П₁ й П₂ і вантаж Г₁. Застосування оборотного маятника засновано на властивості взаємності центра коливання і точки підвісу. Якщо підібрати таке положення рухомого вантажу Г₂, щоб періоди коливання оборотного маятника відносно кожної з осей збігалися, то відстань між призмами буде зведеною довжиною даного оборотного маятника, а положення гострої грані другої призми відносно осі підвісу визначить положення центру коливання маятника.

Якщо таке положення вантажу Г₂ відоме, то періоди коливань T₁ і T₂ оборотного маятника однакові:

$$T_1 = T_2 = T = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{mgd_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{mgd_2}} \quad (1)$$

Умовою виконання цієї тотожності, очевидно, є рівність зведених довжин, тобто величин $I_1/(md_1)$ та $I_2/(md_2)$, де d_1 і d_2 – відстані від центра мас маятника до опорних призм Π_1 і Π_2 відповідно. З (1) випливає формула для визначення g :

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} (d_1 + d_2). \quad (2)$$

Тут $(d_1 + d_2)$ – відстань між опорними призмами L , що може бути виміряна з великою точністю.

Насправді точного збігу періодів маятників домогтися майже неможливо, але, використовуючи формули (7) і (8), можна записати:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_c + md_1^2}{mgd_1}}, \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_c + md_2^2}{mgd_2}},$$

звідки

$$g = 4\pi^2 \frac{d_1^2 - d_2^2}{d_1 T_1^2 - d_2 T_2^2} = 4\pi^2 \frac{L}{T_0^2}, \quad (3)$$

де

$$T_0^2 = \frac{d_1 T_1^2 - d_2 T_2^2}{d_1 - d_2} = T_1^2 + \frac{d_2 (T_1 - T_2)(T_1 + T_2)}{d_1 - d_2}. \quad (4)$$

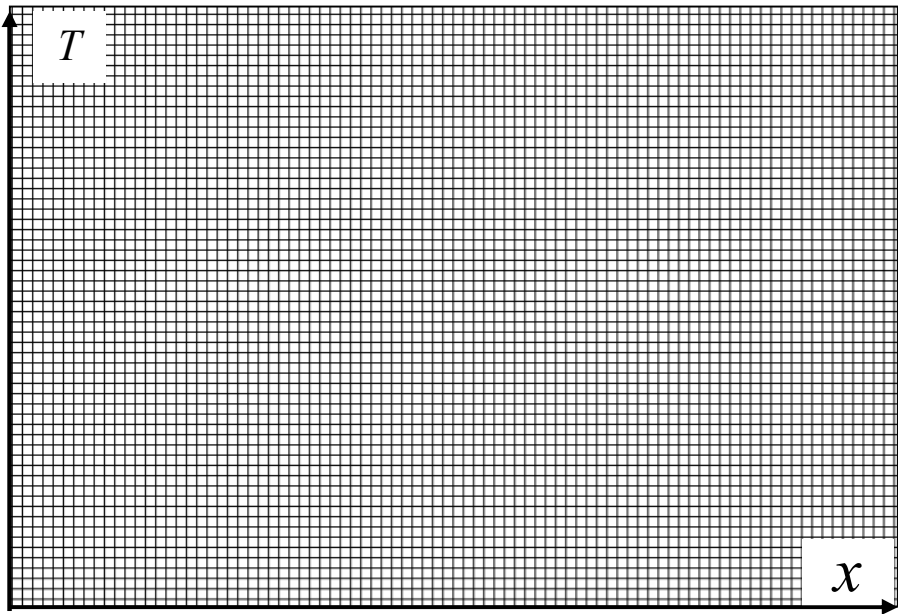
Співвідношення (3) дозволяє визначити величину прискорення сили тяжіння у випадку, якщо періоди коливань T_1 і T_2 дещо відрізняються один від одного.

Для експериментального визначення відстаней d_1 і d_2 використовується, як і при виконанні першої частини роботи, підставка з гострою гранню. Якщо маятник зняти з консолі і зрівноважити на такій підставці, то відстані від центра мас маятника, що знаходиться на такій підставці над гранню, до опорних призм і будуть шуканими відстанями d_1 і d_2 .

Похибка ΔT_0 у визначенні значень T_0 приблизно дорівнює похибці вимірювань періодів коливань маятника і мало залежить від точності, з якою виконується рівність $T_1 = T_2$. Тому при виконанні експерименту досить досягти збігу періодів коливань із точністю до декількох відсотків.

6 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Встановивши маятник на опорну призму Π_1 , обчислити періоди його коливань для різних положень рухомого вантажу Γ_2 на шкалі, пересуваючи при кожному вимірюванні вантаж Γ_2 на 4-5 см. Період коливань маятника визначити, вимірявши двічі час 50 повних коливань. Побудувати графік залежності періоду коливань від положення x вантажу Γ_2 на шкалі.



10 Розвернувши маятник, установити його на другу опорну призму Π_2 . Пересуваючи вантаж Γ_2 у тих же межах, що і при виконанні п.1, визначити періоди коливань маятника для декількох положень вантажу Γ_2 . На побудованому при виконанні п.1 графіку відкласти нові дані. За точкою перетину двох кривих визначити положення вантажу Γ_2 , яке дає найближчі значення періодів T_1 і T_2 .

Таблиця 1

Положення вантажу	Час 50-ти повних коливань			Період
			середнє	

11 Встановити вантаж Γ_2 у цьому положенні та експериментально знайти значення T_1 і T_2 . Кожне значення знаходити за часом 50 повних коливань двічі. Підрахувати середнє значення. Разом з тим переконатися, що за цей час амплітуда маятника помітно (у 2-3 рази) не змінюється.

Таблиця 2

$t_{100} =$	$t_{100} =$
$T_1 = \frac{t_{100}}{100} =$	$T_2 = \frac{t_{100}}{100} =$

12 Зняти маятник із консолі і, обережно поклавши його на спеціальну підставку з гострою гранню, зрівноважити. Виміряти відстані від центра мас маятника до опорних призм d_1 і d_2 (із точністю до міліметра).

$$d_1 =$$

$$d_2 =$$

13 За отриманими даними за формулою $g = 4\pi^2 \frac{d_1^2 - d_2^2}{d_1 T_1^2 - d_2 T_2^2}$ знайти прискорення сили тяжіння.

$$g =$$

14 Оцінити точність отриманих експериментальних даних.

7 ВИСНОВКИ**8 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Дати визначення математичного і фізичного маятників. У чому їхня відмінність?
2. Записати диференціальне рівняння гармонічних коливань. Як виглядає його рішення?
3. Одержати формулу для розрахунку періоду коливань фізичного маятника.
4. Розрахувати чисельно, при якій відстані від центра мас до точки підвісу період коливань мінімальний?
5. Довести теорему Штейнера.
6. Як зміниться хід маятника годинника, якщо точку підвісу розташувати в центрі мас маятника?
7. Який вигляд має диференціальне рівняння, що описує рух фізичного маятника?
8. Чому даний метод визначення прискорення вільного падіння дозволяє отримати результат з великою точністю?
9. Знайти частоти малих коливань однорідного стержня масою m і довжини l у випадку, коли вісь обертання проходить через кінець стержня, його середину, знаходиться на відстані $\frac{1}{4}l$ від центра тяжіння.
10. Вкажіть які величини у випадку фізичного маятника відіграють роль маси і коефіцієнта квазіпружної сили.

Дата виконання лабораторної роботи: _____

Відмітка про виконання лабораторної роботи: _____

Відмітка про захист лабораторної роботи: _____