

Лабораторна робота № 8

ВИВЧЕННЯ ЗАТУХАЮЧИХ КОЛИВАНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОХИЛОГО МАЯТНИКА

Теорія методу та описання експериментальної установки

Похилий маятник являє собою кульку підвішену на тонкій нитці. При відхиленні кульки від положення рівноваги вона починає кататись по похилій площині, яка закріплена на стояку. Стояк можна повертати відносно горизонтальної осі, змінюючи кут нахилу площини коливань маятника. Шкала використовується для відліку значень кута нахилу α . Період та число коливань маятника визначається за допомогою електронного мілісекундоміра, розташованого у блоці прикладів, принцип дії якого описаний у роботах №5-7.

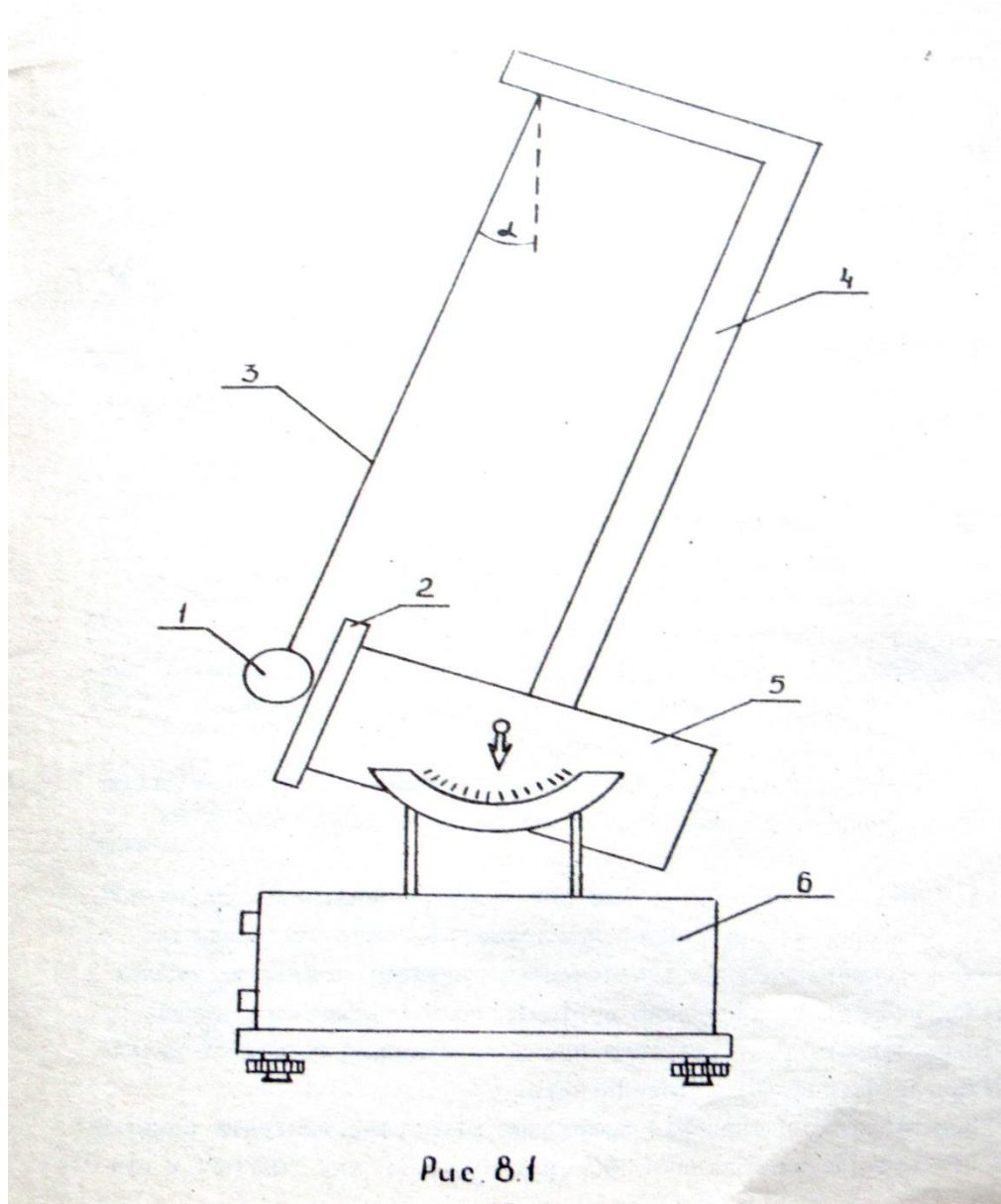


Рис. 8.1

Якщо на тіло масою m , крім квазіпружної сили $F = -kx$, діє сила опору, пропорційна швидкості руху $F_0 = -rV$, то власні коливання тіла будуть затухаючими. Рівняння руху тіла при цьому буде мати вигляд:

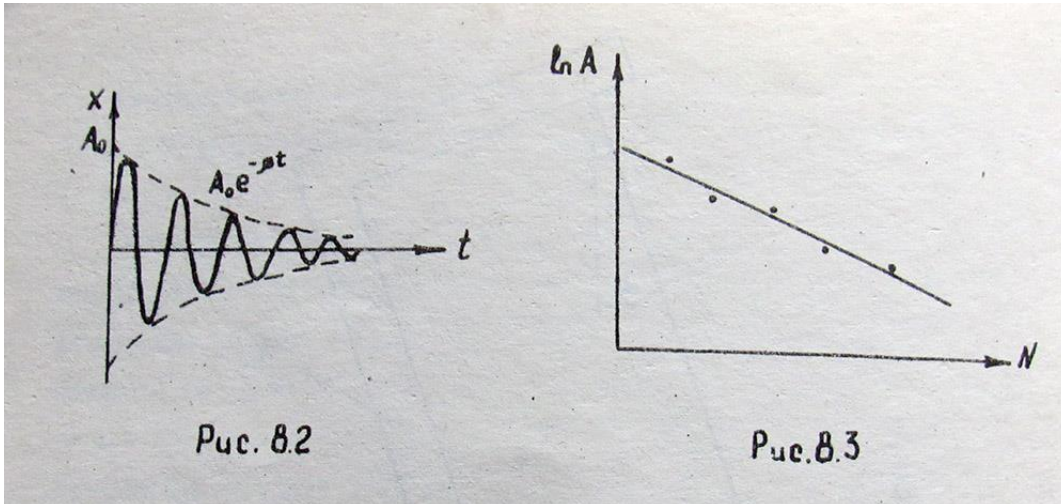
$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -r \frac{dx}{dt} - kx \quad /8.1/$$

Розв'язком цього рівняння є функція:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0) \quad /8.2/$$

Де: ω - циклічна частота коливань. r - коефіцієнт опору, який залежить від коефіцієнта тертя та форми тіла, $\beta = \frac{r}{2m}$ – коефіцієнт затухання. Вираз

$A = A_0 e^{-\beta t}$ має зміст амплітуди коливань, яка зменшується з часом за експоненціальним законом.



Коефіцієнт затухання β є однією з характеристик затухання. Він характеризує зменшення амплітуди коливань з часом. Ще однією характеристикою затухання є логарифмічний декремент затухання λ , який визначається логарифмом відношення амплітуд двох послідовних коливань:

$$\lambda = \ln \frac{A_t}{A_{t+T}} = \beta T \quad /8.3/$$

Підставляючи значення λ з формул /8.3/ у вираз для амплітуди коливань, дістанемо:

$$A = A_0 e^{-\lambda \frac{t}{T}} = A_0 e^{-\lambda N} \quad /8.4/$$

Де N - число здійснених системою коливань.

Прологарифмувавши формулу /8.4/ дістанемо:

$$\ln A = \ln A_0 - \lambda N \quad /8.5/$$

Із співвідношення /8.5/ випливає, що графік залежності $\ln A = f(N)$ повинен являти собою пряму лінію, кутовий коефіцієнт якої дорівнює логарифмічну декремента затухання.

Завдання 1

Вивчення затухаючих коливань та визначення логарифмічного декременту затухання з допомогою похилого маятника

Порядок виконання роботи

1. Встановити кут нахилу площини коливань маятника $\alpha=30^\circ$.
2. Натиснути кнопку «СЕТЬ». При цьому засвічується лампочка фотоелектричного датчика і з'являються нульові покази на шкалах мілісекундоміра і лічильника періодів коливань. Довжину нитки маятника відрегулювати так, щоб при його коливальному русі кулька перетинала оптичну вісь фотодатчика.
3. Відхилити маятник від положення рівноваги, виміряти початковий кут відхилення маятника φ_0 , натиснути кнопку «СБРОС» і відпустити маятник. Відлік часу та числа коливань маятника починається при першому перетині маятника оптичної осі фотодатчика.
4. Виміряти максимальний кут відхилення φ кожного п'ятого коливання. Результати занести до таблиці.
5. Для припинення відліку часу натиснути кнопку «СТОП» у той момент, коли на лічильнику числа коливань з'явиться число $n-1=24$. У цьому випадку відлік часу припиняється після $n=25$ повних коливань.
6. За вказівкою викладача виконати виміри по пп.3-4 для іншого значення кута нахилу площини коливань маятника або змінивши похилу пластинку на стояку установки.
7. Після закінчення експерименту вимкнути установку.

N								
φ								
A								
$\ln A$								

Обробка результатів вимірювання

1. Для кожного досліду підрахувати амплітуду коливань маятника.
2. Побудувати графік залежності $\ln A = f(N)$ і визначити кутовий коефіцієнт $k_\alpha = \lambda$.
3. Підрахувати період коливань маятника $T = \frac{t}{n}$ і за формулою /8.3/ знайти коефіцієнт затухання $\beta = \frac{\lambda}{T}$.
4. Оцінити похибку результатів вимірювань (за вказівкою викладача).

Завдання 2

Вимірювання коефіцієнта тертя за допомогою похилого маятника
При коченні кульки маятника по похилій площині виникає сила тертя:

$$F_T = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

Коефіцієнт тертя μ можна визначити, враховуючи, що зменшення енергії маятника дорівнює:

$$-d\left(\frac{kA^2}{2}\right) = F_T dS \quad /8.6/$$

Нехай $dS = 4AdN$, де $4A$ - шлях, пройдений кулькою за одне коливання, dN – мале число коливань, k – коефіцієнт при квазіпружній силі $F = -\frac{mgs \sin \alpha}{l}$, з формули (8.6) матимемо:

$$\mu = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{4l} \left(-\frac{dA}{dN}\right) \quad /8.7/$$

Якщо амплітуда коливань не за лінійним законом, то $\frac{dA}{dN} \neq \text{const}$, експериментально можна визначити тільки середнє значення коефіцієнта тертя кочення:

$$\langle \mu \rangle = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{4l} \cdot \frac{A_0 - A_N}{N} = \operatorname{tg} \alpha \frac{\varphi_0 - \varphi_N}{4N} \quad /8.7/$$

Де: φ_0 і φ_N - початкова і кінцева амплітуди кути відхилення маятника від положення рівноваги, N - число коливань, α - кут нахилу площини коливань маятника

Порядок виконання роботи

Користуючись інструкцією до виконання завдання 1, виміряти максимальні кути відхилення кожного п'ятого коливання маятника для 2-3 значень кута α нахилу площини його коливань.

Обробка результатів вимірювання

1. Для кожного досліду за формулою /8.7/ обчислити значення коефіцієнта тертя кочення.
2. Оцінити похибку результатів вимірювань (за вказівкою викладача)

Контрольні запитання

1. Розповісти про затухаючі коливання. Які фактори призводять до затухання коливань у системі?
2. Розповісти про характеристики затухаючих коливань.
3. Розповісти про призначення та конструкцію похилого маятника.
4. Як експериментально визначити логарифмічний декремент затухання коливань похилого маятника?
5. Як експериментально визначити коефіцієнт тертя за допомогою похилого маятника?