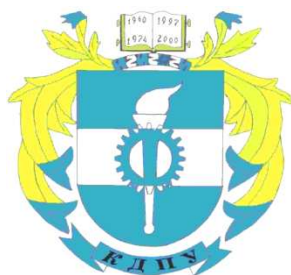


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ФІЗИКА»
«ВИВЧЕННЯ ЗАГАСАЮЧИХ КОЛИВАНЬ
ФІЗИЧНОГО МАЯТНИКА»
(РОЗДІЛ «МЕХАНІКА І МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА»)
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ
ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ

КРЕМЕНЧУК 2011

Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи з навчальної дисципліни «**Фізика**» «Вивчення загасаючих коливань фізичного маятника» (розділ «Механіка і молекулярна фізика») для студентів технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання

Укладач: старш. викл. О.І.Лисенко

Рецензент д.т.н., проф. О.І.Єлізаров

Кафедра фізики

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол №_____ від _____

Заступник голови методичної ради _____доц. С.А.Сергієнко

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1-11

ВИВЧЕННЯ ЗАГАСАЮЧИХ КОЛИВАНЬ ФІЗИЧНОГО МАЯТНИКА

ТЕМА РОБОТИ Механічні загасаючі коливання

МЕТА РОБОТИ Визначення зведеної довжини фізичного маятника, визначення коефіцієнта і логарифмічного декременту загасання та добротності механічних коливань.

ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Фізичний маятник, математичний маятник, посудина з водою, секундомір, лінійка, калькулятор.

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

У кожній реальній коливальній системі наявні сили тертя або інші сили опору, які призводять до загасання коливань - до зменшення їх амплітуди з часом. У результаті дії сил опору відбувається дисипація енергії механічних коливань, тобто розсіювання її в навколишньому середовищі. Якщо амплітуда коливань мала, то зворотня сила F пропорційна відхиленню, а сила опору F_0 першому степеню швидкості:

$$F = -kx, \quad F_0 = -rv_x = -rx .$$

Підставивши ці вирази у другий закон Ньютона, отримаємо диференціальне рівняння загасаючих коливань:

$$mx = -kx - rx$$

або

$$x = 2\beta x + \omega_0^2 x ,$$

де $\beta = r/2m$ – коефіцієнт загасання коливань,

$\omega_0 = 2\pi/T_0 = \sqrt{k/m}$ - циклічна частота власних незагасаючих коливань,

Якщо $\omega_0^2 - \beta^2 > 0$, рівняння (1) має дійсний розв'язок:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0) = A_0 \exp(-\beta t) \cos(\omega t + \varphi_0),$$

де $\omega = 2\pi / T = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ - циклічна частота загасаючих коливань,

A – амплітуда загасаючих коливань у момент часу t ,

A_0 – початкова амплітуда,

φ_0 – початкова фаза.

Через час $\tau = 1/\beta$ $A(\tau) = A_0/e$, тобто амплітуда коливань зменшується в e разів ($e \cong 2,72$). Величину τ називають часом релаксації. Звідси, коефіцієнт загасання β - це величина обернена часу релаксації:

$$\beta = 1/\tau \quad (3)$$

Декрементом загасання θ називають фізичну величину, яка дорівнює відносному зменшенню амплітуди за час одного періоду коливань T :

$$\theta = A(t) / A(t + T)$$

Логарифм цієї величини зветься логарифмічним декрементом загасання:

$$\delta = \ln \theta = \frac{A(t)}{A(t + T)} = \ln \frac{A_0 \exp(-\beta t)}{A_0 \exp[-\beta(t + T)]} = \ln(\exp \beta T) = \beta T.$$

Або, використовуючи формулу (3), одержуємо такий вираз:

$$\delta = \beta T = T / \tau = \frac{1}{\tau / T} = \frac{1}{N_0} \quad (4)$$

Тобто логарифмічний декремент загасання - це величина, обернена числу коливань $N_0 = \tau / T$, протягом яких амплітуда коливань зменшується в e разів.

Добротність коливальної системи - це величина, обернена відносному зменшенню енергії коливань за час одного періоду:

$$Q = \frac{2\pi W(t)}{W(t) - W(t + T)}$$

Якщо $\beta \ll \omega_0$ або $\delta \ll 1$, тоді $T \cong T_0$ і добротність можна знайти за формулою:

$$Q \cong \omega_0 / 2\beta = \pi\tau / T_0 \cong \pi / \delta = \pi N_0 \quad (5)$$

Тобто добротність пропорційна величині N_0 . Чим більша добротність системи, тим менше загасають коливання.

2 МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ

Для лабораторних вимірювань коефіцієнта загасання механічних коливань використовують фізичний маятник. Він складається з масивного тіла 2 і металевої призми 3, опорне ребро якої встановлюється на кронштейні з вирізом (рис. 1).

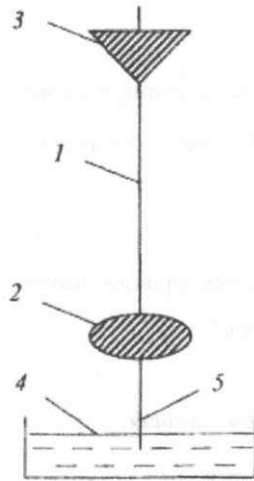


Рис. 1

Вода в посудині 4 відіграє роль в'язкого середовища, пластинка 5 на кінці стрижня 1, яка занурюється у воду, з демпфером для регулювання сили опору F_0 і, таким чином, коефіцієнта згасання β .

Зведеною довжиною фізичною маятника називається довжина математичного маятника з тим самим періодом коливань. Якщо знехтувати силою опору повітря і виміряти період власних незгасаючих коливань T_0 , зведену довжину фізичного маятника L можна знайти за формулою:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L/g},$$

звідси

$$L = \frac{gT_0^2}{4\pi^2}$$

Коефіцієнт загасання β , логарифмічний декремент δ і добротність Q коливальної системи можна визначити з формули (5), вимірявши час релаксації τ та число коливань N_0 за цей час. Відносно похибку вимірювання зведеної довжини фізичного маятника знаходять за формулою:

$$E = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta g}{g} + \frac{2\Delta T_0}{T_0}$$

де $g = 9,80 \text{ м/с}^2$, $\Delta g = 0,005 \text{ м/с}^2$.

3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Встановити на кронштейн опорне ребро 0 призми 3. Відхилити маятник від положення рівноваги на кут 6° - 8° і за допомогою секундоміра виміряти тривалість t для 50-100 повних коливань. Визначити період вільних незагасаючих коливань $T_0 = t/N$. Провести цей дослід 3 рази. Занести результати вимірювань до таблиці результатів роботи.
2. Знайти середнє значення $T_{\text{осер}}$ абсолютну похибку ΔT_0 . За формулою (6) обчислити зведену довжину фізичною маятника L .
3. Знайдене значення зведеної довжини фізичного маятника перевірити за допомогою математичного маятника, для чого відміряти таку довжину підвісу тягаря математичного маятника, яка дорівнює обчисленій зведеній довжині фізичного маятника. Відхилити тягар на 6° - 8° і за допомогою секундоміра виміряти тривалість t для 50-100 повних коливань, після чого знайти період коливань математичного маятника $T_N = t/N$. Повторити ці виміри 3 рази. Результати занести до таблиці. Порівняти знайдені значення $T_{\text{осер}}$ і $T_{\text{Nсер}}$.
4. Занурити пластинку 5 на кінці маятника у воду до позначки на ній і закріпити її в цьому положенні. Відхилити стрижень 1 в положення A_0 і виміряти час релаксації, протягом якого амплітуда коливань зменшиться в e разів ($e \cong 2.72$, $A_B = A_0 / e$), і кількість коливань N_B за цей час. Повторити цей дослід 3 рази. Занести результати вимірювань у таблицю результатів роботи.
5. Знайти $\tau_{\text{сер}}$, $N_{\text{сер}}$. За формулами (3)-(5) обчислити значення коефіцієнта і логарифмічного декременту згасання та добротності коливань. Результати обчислювань занести до таблиці.

Зміст звіту: назва і номер лабораторної роботи, формули (3)-(7), таблиця результатів роботи.

Таблиця результатів роботи											
№ пор.	T_0 с	ΔT с	L м	E %	ΔL м	T_N , с	τ с	N_B	β	δ	Q
1											
2											
3											
сер											

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які коливання називають вільними, які - загасаючими? Чим зумовлене загасання коливань?
2. Складіть диференційне рівняння загасаючих коливань матеріальної точки.
3. Поясніть розв'язок диференційного рівняння загасаючих коливань матеріальної точки.
4. За яких умов загасаючі коливання будуть періодичними, за яких - аперіодичними?
5. За яких умов коливання загасають найбільш швидко?
6. Поясніть фізичний зміст коефіцієнта загасання і логарифмічного декременту загасання коливань.
7. Що таке добротність коливальної системи?
8. Амплітуда коливань за 1 хвилину зменшилась у 2 рази. У скільки разів вона зменшиться за 2 хвилини?
9. Протягом 10 коливань амплітуда зменшилась у 2 рази. Визначіть логарифмічний декремент загасання цих коливань.

10. Добротність коливальної системи $Q=10$, період коливань $T=2$ с. Визначити час релаксації.

Література

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т1. Механика Молекулярная физика, - М.: Наука, 1987.С, 181-216
2. Детлаф А. А., Яворский Б.М Курс физики. -М: Высш. школа,1989, С. 298-314.
3. Трофимова Т. И. Курс физики, -М.: Высш. школа, 1990, С. 219-234.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи з навчальної дисципліни «**Фізика**» «Вивчення загасаючих коливань фізичного маятника» (розділ «Механіка і молекулярна фізика») для студентів технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання

Укладач: старш. викл. О.І.Лисенко

Відповідальний за випуск зав. кафедри фізики О.І.Єлізаров

Підп. до др. _____ . Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600