МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общей физики

Г.С. ЯКУПОВ, А.Х. КУЛЕЕВА.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОГАРИФМИЧЕСКОГО ДЕКРЕМЕНТА ЗАТУХАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 113

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 537.874.74(076.5)
ББК 22.251 я73
Я 49

Рецензент
Доктор физико-математических наук, профессор Н.А.Манаков

Якупов Г.С.
Я 49 **Определение логарифмического декремента затухания. [Текст]: методические указания к лабораторной работе. / Г.С. Якупов, А.Х. Кулеева. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. - 8 с.**

Методические указания включают теоретическое изложение материала, описание методики проведения опыта и контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы №113 «Определение логарифмического декремента затухания» по дисциплине «Физика» для студентов всех специальностей.

ББК 22.251 я73

Лабораторная работа № 113 Определение логарифмического декремента затухания

Цель работы

1 Уяснить теоретические представления о затухающих колебаниях.

2 Экспериментально исследовать затухающие колебания физического маятника при различных условиях.

Введение

Во всякой реальной колебательной системе имеется сила сопротивления, действие которой приводит к уменьшению механической энергии системы. Если убыль энергии не восполняется за счет внешних сил, то колебания будут затухающими. Рассмотри свободное затухающее колебание.

Система получила первоначальный толчок за счет внешних сил, в дальнейшем представляется самой себе и находится под действием только квазиупругой силы:

$$F_x = -k \cdot x$$

и силы сопротивления F_c.

Ограничимся рассмотрением малых колебаний. В этом случае сила сопротивления среды пропорциональна скорости:

$$F_c = -r \cdot v$$

где r– коэффициент сопротивления.

Скорость есть первая производная т пути по времени или обозначается $\dot{x}$:

$$v = \dot{x} = \frac{dx}{dt}$$

Тогда второй закон Ньютона запишется так:

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x}$$

или

$$m\ddot{x} + r\dot{x} + kx = 0 \qquad (1)$$

где m – масса колеблющегося тела.

Разделим (1) на *m*:

$$\ddot{x} + \frac{r}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \qquad (2)$$

Обозначим

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2,$$

где ω_0 - циклическая или круговая частота.
С такой частотой происходили бы колебания, если бы $F_c = 0$.

Обозначим

$$\frac{r}{m} \text{ через } 2\cdot\beta$$

и назовем β **коэффициентом затухания.**
Тогда уравнение (2) запишется в виде:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \qquad (3)$$

где $\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$, $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$.

Решение уравнения (3) будем искать в виде

$$x = e^{-\beta\cdot t}\cdot u\ ,$$

где *u*– некоторая функция от *t*:

$$u = A_0\cdot\cos(\omega\cdot t + \alpha) \qquad (4),$$

тогда

$$x = A_0\cdot e^{-\beta\cdot t}\cdot\cos(\omega\cdot t + \alpha) \qquad (5)$$

где $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$.

Из (5) видно, что этот вид колебаний можно рассматривать, как гармоническое колебание частоты ω с амплитудой, уменьшающееся по закону

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\beta \cdot t} ,$$

где A_t – амплитуда в данный момент времени,
A_0 – начальное значение амплитуды.

Период колебания затухающего колебательного движения

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} ,$$

То есть он несколько больше, чем у незатухающего, когда $F_C = -r \cdot \dot{x} = 0$.

$$T_0 = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_0} .$$

Вычислим отношение амплитуд, отстоящих друг от друга на время, равное одному периоду:

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\beta \cdot t} , \qquad A_{t+T} = A_0 \cdot e^{-\beta \cdot (t+T)}$$

$$\frac{A_t}{A_{t+T}} = \frac{A_0 \cdot e^{-\beta \cdot t}}{A_0 \cdot e^{-\beta (t+T)}} = \frac{1}{e^{-\beta \cdot T}} = e^{\beta T}$$

Это отношение называется **декрементом затухания**.
Натуральный логарифм от декремента затухания называется **логарифмическим декрементом затухания** и обозначается как δ :

$$\delta = \ln \frac{A_t}{A_{(t+T)}} = \ln e^{\beta \cdot T} = \beta \cdot T$$

Так как $\beta = \frac{r}{2 \cdot m}$, то можно записать, что

$$\delta = \frac{r}{2 \cdot m} \cdot T$$

Логарифмический декремент показывает, как быстро убывает амплитуда со временем. Итак, затухание происходит тем быстрее, чем больше коэффициент сопротивления, чем меньше масса и больше период.

Если коэффициент сопротивления среды достаточно велик $(r > 2 \cdot m \cdot \omega_0)$, то движение носит апериодический характер – выведенная из положения равновесия система возвращается в положение равновесия, не совершая колебаний.

Экспериментальная часть

Для определения логарифмического декремента затухания воспользуемся прибором, который представляет собой маятник с двумя сменными дисками А. Рама маятника имеет ось вращения, закрепленную в подшипниках Д. Для отсчета амплитуд маятник снабжен шкалой, которая позволяет вести отсчет с точностью до 10 мм. (рисунок1).

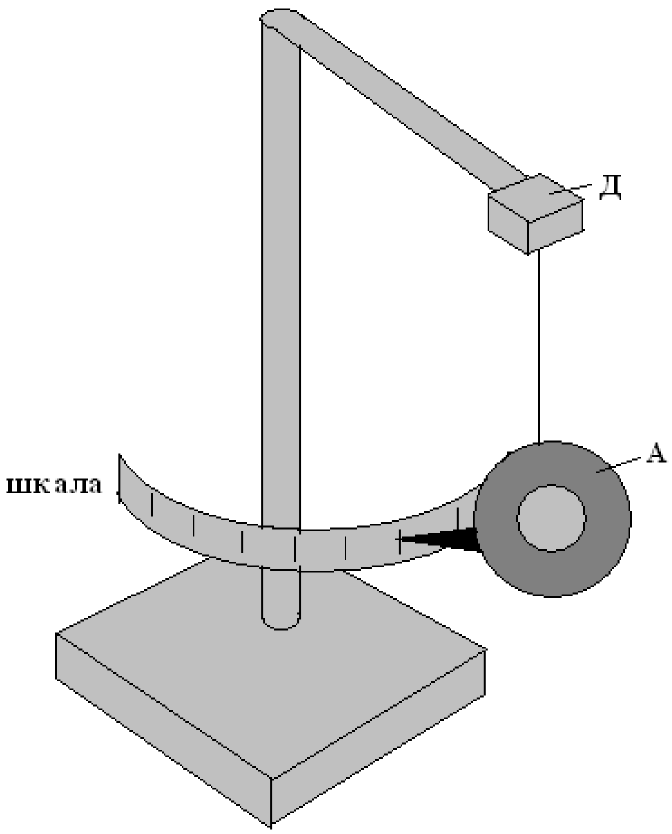

Рисунок 1

Порядок выполнения работы

1 Исследовать затухание маятников без дисков.
2 Отклонить мятник влево на максимальное значение шкалы (30º).
3 Отпустить маятник и измерить с помощью секундомера время пяти колебаний маятника. Вычислить период одного полного колебания. Данные занести в таблицу.
4 Вновь отклонить маятник на максимальное значение шкалы влево и определить количество колебаний (N_e) при которых амплитуда колебаний уменьшится в е=2,72 раза. Данные занести в таблицу.
5 Рассчитать логарифмический декремент затухания по формуле:

$$\delta = \frac{1}{N_e}$$

6 Рассчитать коэффициент затухания по формуле:

$$\beta = \frac{\delta}{T}$$

7 Исследовать затухания маятника с малым диском. Для этого с помощью винта на маятник закрепить указатель и малый диск. Повторить пункты 2,3,4,5,6.

8 Исследовать затухания маятника с большим диском. Для этого с помощью винта на маятник закрепить указатель и малый диск. Повторить пункты 2,3,4,5,6.

9 Исследовать затухания маятника с большим и малым дисками. Для этого с помощью винта на маятник закрепить указатель и малый диск. Повторить пункты 2,3,4,5,6.

Таблица 1 Результаты измерений

Без дисков				С малым диском				С большим диском				С двумя дисками			
T	N_e	δ	β	T	N_e	δ	β	T	N_e	δ	β	T	N_e	δ	β

10 Построить графики зависимости амплитуды затухающих колебаний от времени для малого диска, для большого диска и обоих дисков, задавая значения времени кратное периоду ($t_1 = T,\ t_2 = 2 \cdot T, \ldots t_n = n \cdot T$), где n = 5, A_0 = 30º, β – взять из таблицы.

$$\boxed{A_t = A_0 \cdot e^{-\beta \cdot t}}$$

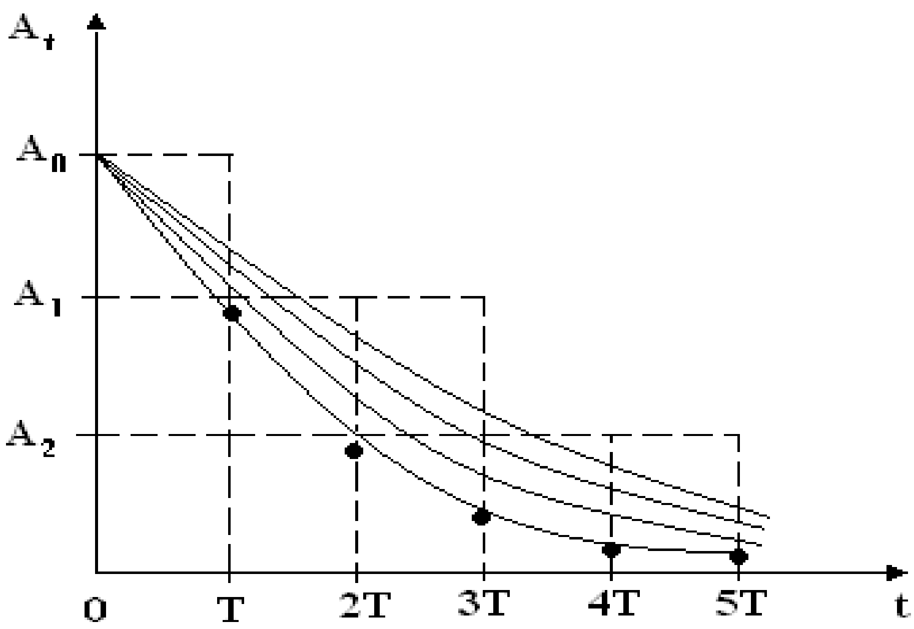

Рисунок 2 - График зависимости амплитуды затухающих колебаний от времени

Контрольные вопросы

1. Составить уравнение затухающих колебаний, записать его решение и начертить зависимость амплитуды затухающих колебаний от времени.
2. Что такое декремент и логарифмический декремент затухания? От чего он зависит? Как экспериментально определить логарифмический декремент затухания?
3. Как связаны между собой A_t, A_0, β?
4. От чего зависит период собственных затухающих колебаний и незатухающих колебаний?

Список использованных источников

1.**Савельев И.В.** Курс общей физики [Текст] в 3т: учебное пособие / И.В.Савельев. – Т 1. Механика. Молекулярная физика. - М.: 1987. – 432с.