

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №67

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа № 67

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

Цель работы – рассчитать коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, время релаксации и добротность физического маятника.

Приборы и принадлежности: физический маятник с визирной рамкой, два воздушных и один жидкостный успокоители, ванна с водой, секундомер.

Общие положения

В реальных физических системах, участвующих в колебательном движении, всегда присутствуют силы сопротивления. Действие этих сил уменьшает энергию системы. Уменьшение энергии приводит к затуханию колебаний, т.е. уменьшению амплитуды колебаний. При малых скоростях сила сопротивления пропорциональна скорости:

$$F_c = -rv \quad (1)$$

где r – коэффициент сопротивления среды. В этом случае амплитуда колебаний изменяется по закону:

$$A(t) = A_0 e^{-\beta t}, \quad (2)$$

где A_0 – амплитуда в начальный момент времени;

β – коэффициент затухания.

Для характеристики степени затухания используют следующие величины:

1. Коэффициент затухания (β) – скалярная физическая величина, характеризующая степень затухания. Чем больше коэффициент затухания, тем быстрее уменьшается амплитуда. Для механических колебаний $\beta = \frac{r}{2m}$, где m – масса маятника.
2. Время релаксации (τ) – время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в e раз (e – основание натуральных логарифмов). Время релаксации связано с коэффициентом затухания соотношением:

$$\tau = \frac{1}{\beta}. \quad (3)$$

3. Логарифмический декремент затухания (λ) – безразмерная физическая величина, численно равная натуральному логарифму отношения амплитуд, отстоящих друг от друга на период:

$$\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)}. \quad (4)$$

Логарифмический декремент затухания и коэффициент затухания связаны соотношением:

$$\lambda = \beta T, \quad (5)$$

где T – период колебаний.

4. Добротность колебательной системы (Q) – безразмерная физическая величина, равная произведению 2π на отношение энергии $W(t)$ колебаний системы в произвольный момент времени t к убыли этой энергии за один период ΔW :

$$Q = 2\pi \frac{W(t)}{\Delta W}, \quad (6)$$

где $\Delta W = W(t) - W(t + T)$.

Для малых затуханий

$$Q = \frac{\pi}{\lambda}. \quad (7)$$

Большим значениям Q соответствуют слабые затухания.

Описание лабораторной установки и методики эксперимента

Установка для определения характеристик затухающих механических колебаний изображена на рис. 1

- 1 – физический маятник;
- 2 – винт для крепления воздушных успокоителей (демпферов);
- 3 – воздушный успокоитель (демпфер);
- 4 – жидкостный успокоитель (демпфер);
- 5 – визирная рамка;
- 6 – ванночка с водой.

Период колебаний определяется по формуле:

$$T = \frac{t}{N}, \quad (8)$$

где t – время, за которое маятник совершает N полных колебаний.

Для нахождения коэффициента затухания β воспользуемся законом изменения амплитуды. Прологарифмируем правую и левую часть уравнения (2):

$$\ln A(t) = \ln A_0 - \beta t.$$

Отсюда

$$\beta = \frac{\ln A_0 - \ln A(t)}{t}, \quad (9)$$

где t – это время, в течение которого амплитуда уменьшилась от значения A_0 до значения A .

Остальные характеристики рассчитывают по формулам (3), (5) и (7).

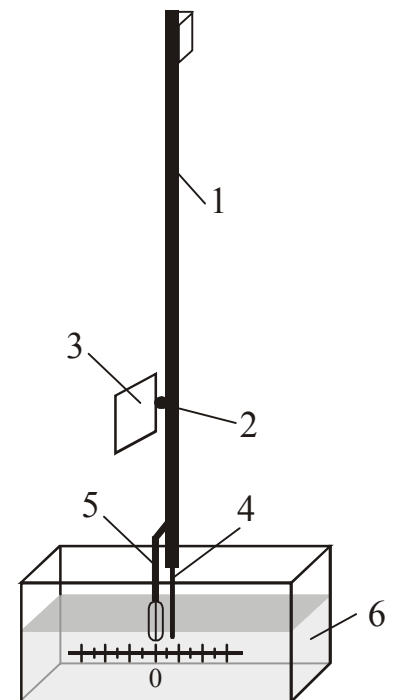


Рисунок 1

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины в работе измеряются непосредственно?
3. Запишите формулы, по которым в этой работе рассчитываются период колебаний, коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, время релаксации и добротность физического маятника. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Установить ванночку с водой так, чтобы визирная рамка маятника в состоянии покоя находилась на нулевом делении линейки.
2. Отклонить маятник без демпфера от положения равновесия на $A_0=20$ см.
3. Отпустив маятник и одновременно включив секундомер, измерить время t и сосчитать число полных колебаний N , за которое амплитуда уменьшится примерно вдвое. Записать значение амплитуды $A(t)$. Опыт повторить дважды.
4. Закрепить на маятнике малый воздушный демпфер с помощью винта 2. Провести измерения согласно п. 2, 3.
5. Заменить малый воздушный демпфер на большой демпфер. Провести измерения согласно п. 2,3.
6. Снять большой воздушный демпфер и закрепить жидкостный демпфер на нижнем конце маятника. Провести измерения согласно п. 2, 3.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать период T затухающих колебаний по формуле (8) для каждого опыта. Для каждого демпфера найти среднее значение периода.
2. Рассчитать коэффициент β затухания колебаний по формуле (9) для каждого опыта. Для каждого демпфера найти среднее значение коэффициента затухания.
3. Рассчитать время релаксации τ колебаний по формуле (3) для каждого опыта. Для каждого демпфера найти среднее значение времени релаксации.
4. Рассчитать логарифмический декремент затухания λ колебаний по формуле (5) для каждого опыта. Для каждого демпфера найти среднее значение логарифмического декремента затухания.
5. Рассчитать добротность колебательной системы Q по формуле (7) для каждого опыта. Для каждого демпфера найти среднее значение добротности.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какие колебания называются затухающими? Запишите уравнение затухающих колебаний. Нарисуйте схематичный график затухающих колебаний.
2. Дайте определение основных характеристик затухающих колебаний.
3. На основании полученных данных сделайте вывод о влиянии демпферов на характеристики затухающих колебаний.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 67

Выполнил(а) _____

Группа _____

№ п/п	Наличие демпфера	A_0 , см	$A(t)$, см	N	t , с	T , с
1	Без демпфера					
2						
3	Малый воздушный					
4						
5	Большой воздушный					
6						
7	Жидкостный					
8						

Дата _____

Подпись преподавателя _____