

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 173. ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСА ТОРСИОННОГО МАЯТНИКА

Введение

Вынужденные колебания торсионного маятника возбуждаются моментом внешней силы с частотой ω и угловой амплитудой α_0 . Через интервал времени порядка $1/\beta$ маятник будет качаться на частоте ω с постоянной амплитудой, определяемой соотношением

$$\varphi_0 = \frac{\alpha_0}{\sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}} \quad (1)$$

где ω_0 – собственная циклическая частота маятника, β – коэффициент затухания.

Зависимость (1) описывает явление резонансного возбуждения торсионного маятника. Если отобразить её в координатах $W=(\varphi/\varphi_{\max})^2$ и ω , при выполнении условия $\beta < \omega_0$ получим следующее соотношение:

$$W = \left(\frac{\varphi}{\varphi_{\max}} \right)^2 = \frac{\beta^2}{(\omega_0 - \omega)^2 + \beta^2} \quad (2)$$

График этой зависимости изображен на рис. 1. Очевидно, что *положение максимума резонансной кривой определяет величину ω_0* . Проведем на графике прямую параллельную оси абсцисс при ординате $1/2$. Эта прямая пересечет резонансную кривую в точках ω_1 и ω_2 . Величину $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ называют шириной резонансной линии. Из (2) очевидно, что $\Delta\omega = 2\beta$. Таким образом, коэффициент затухания определяет полуширину резонансной линии.

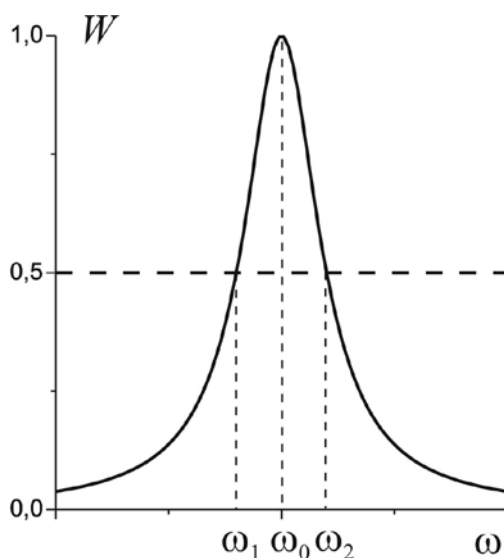


Рис. 1

Приступая к работе необходимо

Знать определения

гармонического осциллятора и осциллятора с затуханием;
амплитуды, частоты, фазы, начальной фазы, периода колебаний;
декремента затухания, логарифмического декремента затухания.

Знать

вид динамического и кинематического уравнений осциллятора и осциллятора с затуханием;

границы использования моделей гармонического осциллятора и осциллятора с затуханием;

определение и физическую суть явления резонанса.

Уметь

записывать уравнение движения твёрдого тела под действием момента силы упругости и сводить его к уравнению осциллятора с затуханием;

решать уравнения гармонического осциллятора и осциллятора с затуханием;

оценивать случайные погрешности прямых и косвенных измерений.

Цели работы

Исследование явления резонанса торсионного маятника.

Решаемые задачи

- ✓ Знакомство с основными понятиями физики колебаний;
- ✓ Исследование колебаний маятника от частоты вынуждающей силы и коэффициента затухания;
- ✓ Построение резонансных кривых;
- ✓ Измерение собственной частоты торсионного маятника по резонансной кривой;
- ✓ Определение коэффициента затухания торсионного маятника по резонансной кривой.

Экспериментальная установка

Приборы и принадлежности

- ✓ торсионный маятник (1) с электромагнитом в виде катушки (5) и мотором, создающий вынуждающую осциллирующую силу;
- ✓ источник постоянного тока электромагнитной катушки торсионного маятника (2);
- ✓ источник постоянного тока мотора маятника (4);

- ✓ секундомер, кабели красный и синий 100 см.

Торсионный маятник может использоваться для изучения свободных, и вынужденных вращательных гармонических колебаний. Электромагнитная катушка с током (5) тормозит (демпфирует) эти колебания. Тормозное воздействие будет тем больше, чем больший ток течёт по катушке. Кроме того, торсионный маятник может возбуждаться осциллирующей силой посредством эксцентрической тяги (6), (см. также, рис. 2) управляемой мотором. Число оборотов эксцентрической тяги мотора может меняться двумя ручками: грубой и точной настройки (4).

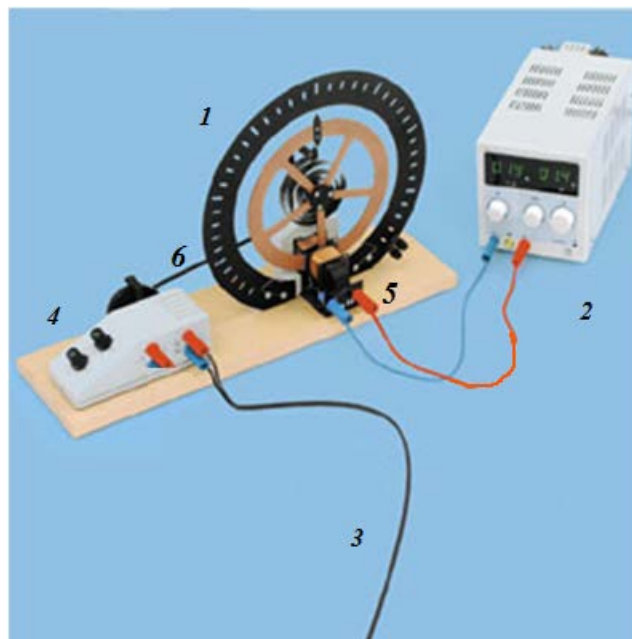


Рис.1. Торсионный маятник. Источник постоянного тока мотора (4) не показан.

Порядок выполнения работы

Подготовка к эксперименту

1. В тетради, или в программе по обработке электронных таблиц создайте таблицу для записи данных эксперимента и результатов проведённых расчетов. Для этого прочитайте все описание до конца, и решите, какие данные необходимо внести в таблицу. Один из возможных вариантов такой:

I, A	N	t_N, c	$\Delta\varphi_0$	$\omega_D = 2\pi N/t_N, c^{-1}$	$(\Delta\varphi_0)^2$
I_1					
I_2					

При проведении экспериментов заполняются первые 4 столбца, остальные – при проведении статистической обработки.

2. Включите источник постоянного тока (2) в сеть переменного тока 220 В. Дайте прибору прогреться 2-3 минуты.
3. Ручку А на источнике тока (2) установите в крайне правое положение.

Проведение эксперимента

4. Вращая ручку V на источнике тока (2), установите ток, подаваемый на электромагнит демпфирующей катушки, $0,4 \text{ A}$.
5. Установите ручку грубой настройки (4) (см. рис. 2), например, в положение 10.
6. Измерьте секундомером время t_N N штук полных оборотов эксцентрической тяги мотора (белый треугольник проходит указатель N раз, см. рис. 2). Количество оборотов подбирайте так, чтобы t_N было не менее 10 секунд. Занесите данные в таблицу.
7. Для этой частоты вынуждающей силы определите размах колебаний $\Delta\varphi_0$ (угол между крайними правым и левым положениями указателя на маятнике).
8. Повторите пункты 6-7 не менее пятнадцати раз, изменяя число оборотов эксцентрической тяги мотора, т.е. вращая ручки грубой и тонкой настройки (4) на рис.2.
9. Повторите пункты 5-8 еще не менее чем для двух значений тока в демпфирующей катушке, не превышая 2 A .

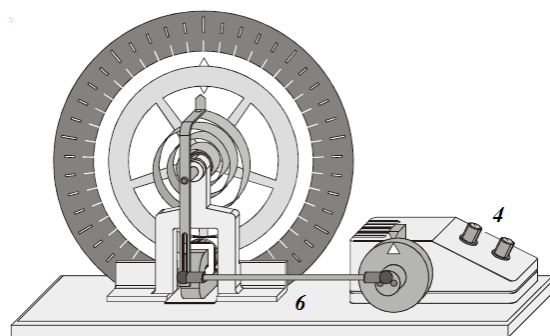


Рис. 2. Схематическое изображение маятника.

Завершение эксперимента

10. Отключите электропитание приборов.

Обработка и представление результатов

11. Проведите вычисления $(\Delta\varphi_0)^2$ и ω_D , заполнив соответствующие столбцы в таблице.
12. На одном координатном поле постройте графики зависимостей $(\Delta\varphi_0)^2$ от ω_D .
13. Соедините точки гладкими кривыми и определите значения $(\Delta\varphi_{0\max})^2$ в их максимумах
14. На одном координатном поле постройте графики зависимостей $(\Delta\varphi_0/\Delta\varphi_{0\max})^2$ от ω_D .
15. По графикам найдите величины ω_0 и β .

Казанский (Поволжский) федеральный университет

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО МЕХАНИКЕ**

КАЗАНЬ 2014

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО МЕХАНИКЕ

(Учебно-методическое пособие
для студентов естественнонаучных направлений обучения)

авторы пособия:

доцент кафедры общей физики *Скворцов А.И.*
доцент кафедры общей физики *Налётов В.В.*
доцент кафедры общей физики *Мухамедшин И.Р.*
доцент кафедры общей физики *Недопекин О.В.*
ассистент кафедры общей физики *Лысогогорский Ю.В.*
ассистент кафедры общей физики *Ирисова И.А.*
инженер кафедры общей физики *Староверов А.Е.*

Рецензент:

профессор кафедры общей физики КФУ *Фишман А.И.*,

В пособии описана методика постановки работ общего физического практикума по разделу механика курса общей физики. Пособие предназначено для студентов всех естественнонаучных направлений обучения.

© Институт физики Казанского университета.