

11 класс

11.6. Амплитуда колебаний φ_{max} реальных колебательных систем, предоставленных самим себе после выведения их из положения равновесия, с течением времени t или по мере увеличения количества N совершенных колебаний уменьшается вследствие действия сил сопротивления, т. е. колебания затухают. Из теории колебаний известно, что при определенных условиях амплитуда колебаний убывает по экспоненциальному закону:

$$\varphi_{max} = \varphi_{max0} e^{-\beta t}, \quad (1)$$

где φ_{max0} – начальная амплитуда; e – основание натурального логарифма; β – коэффициент затухания.

Для двух различных значений сил сопротивления исследуйте зависимость амплитуды φ_{max} затухающих крутильных колебаний от количества N совершенных колебаний, что аналогично зависимости φ_{max} от времени t . Для этого:

1. Прикрепите к диску с помощью скрепок два листка бумаги в горизонтальном положении (фото №1), поверните диск на угол $\varphi_{max0} = 90^\circ$ относительно положения равновесия, отпустите его и снимите зависимость максимального угла отклонения φ_{max} от числа колебаний N . Ограничьтесь максимальным значением $N = 10$. Повторите измерения несколько раз. Результаты занесите в таблицу.
2. Путем измерения времени 10 колебаний определите период колебаний T . Повторите измерения несколько раз. Результаты занесите в таблицу.
3. Повторите измерения по пунктам 1 и 2 для диска с листками, прикрепленными в вертикальном положении (фото №2).
4. В одной системе координат постройте графики экспериментальных зависимостей φ_{max} от N для обоих случаев и сравните их.
5. Проверьте справедливость экспоненциального характера убывания амплитуды затухающих колебаний. Это можно сделать, если прологарифмировать функцию (1) и представить ее в виде

$$\ln(\varphi_{max0}/\varphi_{max}) = \beta t. \quad (2)$$

Из (2) видно, что зависимость между $\ln(\varphi_{max0}/\varphi_{max})$ и временем t , а значит и числом колебаний N должна быть линейной. Проверьте это, построив в одной системе координат графики экспериментальных зависимостей $\ln(\varphi_{max0}/\varphi_{max})$ от N для обоих случаев. Если графики окажутся прямыми линиями (в пределах погрешности измерений), проходящими через начало координат, то это будет означать, что зависимость (1) подтверждена экспериментально.

6. Используя графики линейных зависимостей и измеренные значения периодов колебаний T , определите значения коэффициента затухания β для обоих случаев и сравните их.

Оборудование. Секундомер; установка для изучения крутильных колебаний, включающая в себя штатив, CD или DVD диск, закрепленный горизонтально на натянутой леске, бумажный лимб с ценой деления в 1 градус, приклеенный на верхнюю поверхность диска, и указатель для отсчета углов поворота диска (кусочек

медного провода). Для того, чтобы в процессе эксперимента можно было менять величину сил сопротивления и, соответственно, величину коэффициента затухания β , к установке прилагаются два листка бумаги размерами 3×7 см, которые крепятся к диску с помощью скрепок в горизонтальном (фото №1) или вертикальном (фото №2) положении. В последнем случае листки необходимо согнуть под углом 90° . Положение центра масс колебательной системы не будет меняться, если листки будут крепиться к диску в диаметрально противоположных положениях.

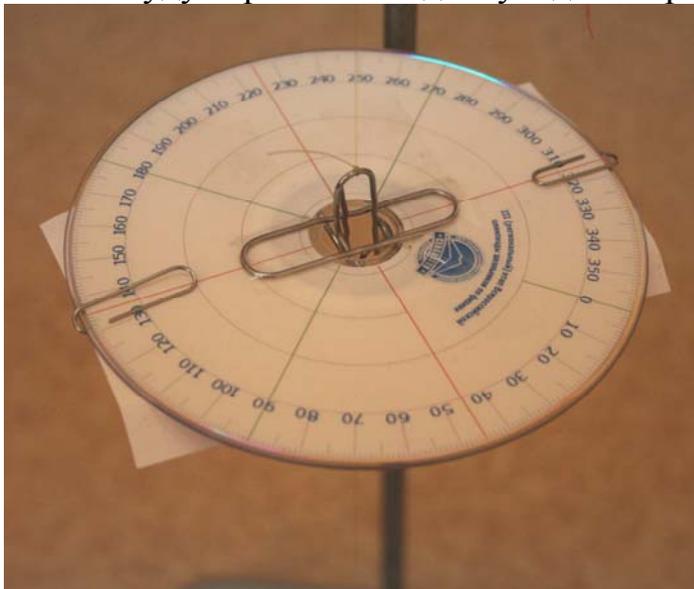


Фото 1



Фото 2

(20 баллов)

11.7. Определите отношение коэффициента трения покоя к коэффициенту трения скольжения дерева по дереву, используя линейку в качестве измерительного прибора.

Оборудование. Деревянная линейка, два карандаша.

(20 баллов)