

## 10 класс

**10.6.** Амплитуда колебаний  $\varphi_{max}$  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. Одним из параметров, характеризующих убывание амплитуды, является декремент затухания  $D$ , который показывает, во сколько раз амплитуда колебаний уменьшается за время одного колебания, т. е. за период колебаний  $T$ :

$$D = \varphi_{max}(t) / \varphi_{max}(t + T).$$

Из теории колебаний известно, что при определенных условиях декремент затухания остается постоянным по мере затухания колебаний, т. е. не зависит от номера колебания  $N$ . Он зависит от величины действующих сил сопротивления.

Для двух различных значений сил сопротивления исследуйте зависимость амплитуды  $\varphi_{max}$  затухающих крутильных колебаний от количества  $N$  совершенных колебаний и определите значения декремента затухания  $D$ . 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  $\varphi_{max}$  от числа колебаний  $N$ . Ограничьтесь максимальным значением  $N = 10$ . Повторите измерения несколько раз. Результаты занесите в таблицу.
2. Повторите измерения по пункту 1 для диска с листками, прикрепленными в вертикальном положении (фото №2).
3. В одной системе координат постройте графики экспериментальных зависимостей  $\varphi_{max}$  от  $N$  для обоих случаев и сравните их.
4. Для первого случая (листки бумаги в горизонтальном положении) по экспериментальным данным рассчитайте значения декремента затухания  $D$  для каждого из десяти колебаний. Убедитесь, что по мере увеличения номера колебания  $N$  величина  $D$  существенно не изменяется и наблюдаемый разброс значений  $D$  обусловлен случайными факторами. Определите среднее значение  $D$  и погрешность его измерения.
5. Повторите действия по пункту 4 для второго случая (листки бумаги в вертикальном положении).
6. Сравните значения  $D$  для двух рассмотренных случаев.

**Оборудование.** 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 (кусоч медного провода). Для того чтобы в процессе эксперимента можно было менять величину сил сопротивления, к установке прилагаются два листка бумаги размерами  $3 \times 7$  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  $90^\circ$ . Положение центра масс колебательной системы не будет меняться, если листки будут крепиться к диску в диаметрально противоположных положениях.

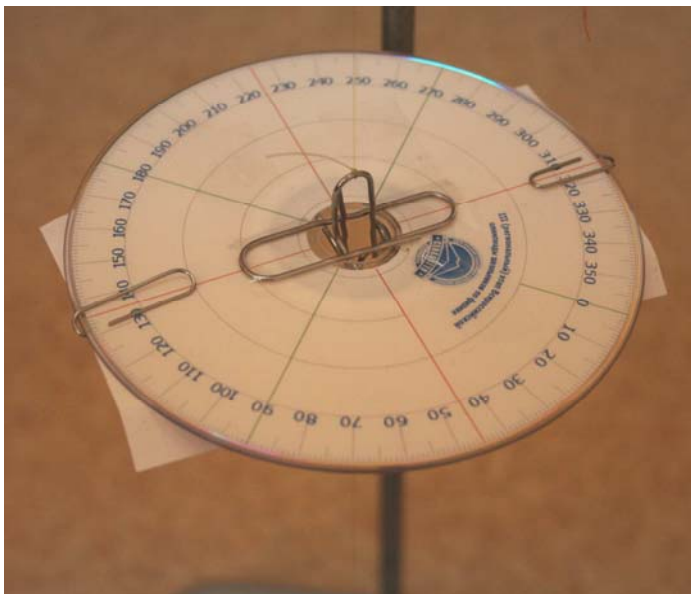


Фото 1



Фото 2

(20 баллов)

**10.7.** Исследуйте зависимость КПД наклонной плоскости от угла наклона плоскости к горизонту при перемещении бруска по ее поверхности. Постройте график этой зависимости.

*Оборудование.* Наклонная плоскость, брусок, линейка.

(20 баллов)