



II РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ТУРНИР  
ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ

## Затухающие колебания

В этой задаче исследуются колебания теннисного шарика на нитке.

**Часть 1.** В данной части работы следует проводить измерения при постоянном начальном отклонении шарика  $40^\circ$ .

**1.1.** Нить рекомендуется взять такой длины, чтобы расстояние от точки подвеса до центра шарика было 60–70 см. Снимите зависимость времени  $\tau$ , за которое амплитуда колебаний уменьшается вдвое, от массы  $m$  шарика (не менее 7 точек).

**1.2.** Известно, что  $\tau(m) = km^\alpha$ , где  $k$ ,  $\alpha$  — постоянные коэффициенты. Найдите  $k$ ,  $\alpha$ .

**Часть 2.** В данной части работы следует проводить измерения при максимальной массе шарика. Амплитуда колебаний  $A$  — длина дуги окружности между равновесным положением шарика и максимальным отклонением шарика от положения равновесия.

**2.1.** Снимите зависимость амплитуды колебаний от времени  $t$  при угловом значении амплитуд в диапазоне от  $60^\circ$  до  $20^\circ$  (не менее 7 точек). Рассмотрим результаты двух теорий, описывающие зависимость  $A(t)$ :

**2.2.1.** Ламинарное обтекание шарика воздухом.  $A(t) = A_0 e^{-\delta t}$ , где  $A_0$  — начальная амплитуда колебаний,  $\delta = 3\pi\eta/m$ , где  $r$  — радиус шарика,  $m$  — масса шарика,  $\eta$  — вязкость воздуха. Известно, что  $\eta \in [0,5; 5] \cdot 10^{-5}$  Па·с. Проверьте применимость теории к вашим результатам.

**2.2.2.** Турбулентное обтекание шарика воздухом.  $A(t) = A_0/(1 + \beta A_0 t)$ , где  $\beta = \pi r d^2 C_d / (3mT)$ ,  $\rho = 1,17$  кг/м<sup>3</sup> — плотность воздуха,  $d$  — диаметр шарика,  $T$  — период колебаний,  $C_d$  — некоторый коэффициент. Из теоретических соображений известно, что  $C_d \in [0,4; 4]$ .

Проверьте применимость теории к вашим результатам. Сделайте оценки погрешности ваших результатов.

**Указание.** Период малых колебаний шарика на длинной нити примерно равен  $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , где  $l$  — расстояние от точки подвеса до центра масс груза,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> — ускорение свободного падения на Земле. Во всех частях работы зависимостью периода колебаний от их амплитуды и массы шарика можно пренебречь.

**Оборудование:** Штатив, измерительная лента, нитка, бумажный транспортер, теннисный шарик известной массы 2,4 г, шприц, стакан с водой, миллиметровая бумага (для построения графиков).