

Городская открытая олимпиада

школьников по физике 2024/25 года

Заключительный этап

Экспериментальный тур

Задача 11.1. Магнит и стрелка

Определите экспериментально и выведите эмпирическую зависимость периода колебаний магнитной стрелки от расстояния до постоянного магнита для случаев, когда направление на стрелку направлено от магнита 1) вдоль его магнитного момента, 2) перпендикулярно его магнитному моменту.

Выведите теоретически эти зависимости и сопоставьте их с экспериментом. Определите, чему равно произведение магнитных моментов постоянного магнита p_{m0} и магнитной стрелки p_m . Оценивать погрешности в задаче не требуется.

В процессе вывода докажите и используйте, что момент инерции стрелки $I_o = \frac{m(a^2 + b^2)}{24}$, где a и b – диагонали ромба.

Оборудование: постоянный магнит, магнитная стрелка (воздушный компас), секундомер, линейка.

Задача 11.2. Давление струи

Сила давления горизонтальной струи жидкости на вертикальную стенку может быть найдена различными способами.

1. Рассмотрим силу, действующую на порцию жидкости массой dm со стороны стенки $F = \frac{dp}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = -\frac{dm}{dt}v = -\frac{\rho Sv dt}{dt}v = -\rho Sv^2$. По третьему закону Ньютона на стенку действует такая же по модулю, но противоположно направленная сила $F = \rho Sv^2$.

2. Альтернативный вывод.

$$dF = dm a = dm \frac{dv}{dt} = dm \frac{dv}{dt} = \rho Sv dt \frac{dv}{dt} = \rho S \frac{d(v^2)}{2},$$
$$F = \int_v^0 \rho S \frac{d(v^2)}{2} = \frac{\rho S}{2} (0 - v^2) = -\frac{\rho Sv^2}{2}.$$

По третьему закону Ньютона на стенку действует сила $F = \rho Sv^2/2$.

3. Согласно уравнению Мещерского, реактивная сила струи $F = \mu u$, где $\mu = dm/dt$, u – относительная скорость струи. Применяя уравнение к падающей на стенку струе, вновь получаем $F = \rho Sv^2$.

4. Из уравнения Бернулли для струи:

$$P_a + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g z = (P_a + P_w) + \frac{\rho v_{\text{отр}}^2}{2} + \rho g z, \quad P_w = \frac{\rho(v^2 - v_{\text{отр}}^2)}{2} < \frac{\rho v^2}{2}.$$

Получаем: $F < \rho Sv^2/2$.

Таким образом, сила, действующая на стенку $F_w = k \rho Sv^2$. Определите экспериментально, каков на самом деле коэффициент k в исследуемой зависимости. Объясните полученный результат.

Оборудование: штатив, шприц Жане, пластиковая трубка с внутренним диаметром 4 мм, кювета, пластиковый стакан с плоской крышкой, весы с точностью 10 мг, брусок, секундомер, линейка. По требованию: ножницы, обычный скотч и двусторонний скотч, вода, салфетки.