

Решение

1. Определим массу трубки. Для этого переместим груз в один из концов трубки и уравновесим ее на карандаше (см. рисунок 2).

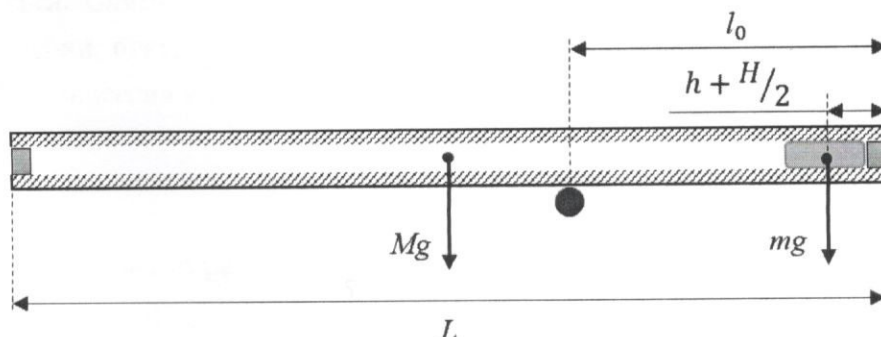


Рис. 2. Схема установки

Найдем расстояние $l_0 = (46.4 \pm 0.01)$ см от точки равновесия до того конца трубки, где находится и груз. Запишем уравнение равновесия для трубочки:

$$Mg\left(\frac{L}{2} - l_0\right) = mg\left(l_0 - h - \frac{H}{2}\right), \quad (3)$$

где $L = (100.2 \pm 0.1)$ мм — длина всей трубки, M — масса трубки. Из него легко найти массу трубки:

$$M = m \frac{l_0 - h - \frac{H}{2}}{\frac{L}{2} - l_0} = (93 \pm 3) \text{ г}. \quad (4)$$

Определим внешний диаметр трубки. Пусть трубка совершила $N = 5$ оборотов и прошла расстояние $y = (19.0 \pm 0.1)$ см. Тогда для внешнего диаметра трубки можно записать:

$$D = \frac{y}{N\pi} = (1.210 \pm 0.006) \text{ см}. \quad (5)$$

Масса трубки и плотность ее материала позволяют вычислить объем алюминия. Объем алюминия есть разность внешнего объема и внутреннего объема трубки.

$$\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)L = \frac{m}{\rho}, \quad (6)$$

где d — внутренний диаметр трубки, который теперь можно определить как:

$$d = \sqrt{D^2 - \frac{4m}{L\pi\rho}} = (1.014 \pm 0.013) \text{ см}. \quad (7)$$

Таким, образом толщина стенок трубки:

$$\Delta d = \frac{D - d}{2} = (0.098 \pm 0.010) \text{ см}, \quad (8)$$

2. Для определения зависимости координаты x груза от времени при вертикальном падении будем переворачивать трубку из горизонтального положения в вертикальное в момент начала отсчета времени по секундомеру, а в момент окончания счета времени переворачивать обратно. При этом координата центра тяжести трубки будет изменяться. Снимем зависимость расстояния l от центра тяжести трубки до того конца трубки, откуда начинал движение груз, от времени падения груза. Запишем условие равновесия аналогичное уравнению 1.

$$Mg\left(\frac{L}{2} - l\right) = mg\left(l - x - h - \frac{H}{2}\right). \quad (9)$$

Откуда можно легко рассчитать координату x груза.

$$x = l - \frac{M\left(\frac{L}{2} - l\right)}{m} - h - \frac{H}{2} \quad (10)$$

$t, \text{ с}$	$l, \text{ см}$	$x, \text{ см}$
2.3	48.2	23.7
3.4	49.6	42.0
4.0	49.9	46.0
4.4	50.2	49.9
5.3	50.8	57.8
6.2	51.9	72.2
7.3	53.2	89.3
7.9	53.2	89.3
8.1	53.5	93.2
8.3	53.8	97.2

Построим график зависимости координаты от времени. Как видно из графика, координата линейно зависит от времени, что означает корректность модели движения с постоянной скоростью. Из углового коэффициента графика найдем скорость движения груза:

$$v = (11.9 \pm 0.3) \frac{\text{см}}{\text{с}}. \quad (11)$$

График зависимости x от t 