

Э-10.2. Задание. С помощью выданного оборудования найдите массу M цилиндрического стержня, не разбирая его. Опишите проведённые вами эксперименты, нарисуйте схемы установок, запишите результаты измерений, определите погрешность полученного результата.

Оборудование. круглый длинный цилиндр, канцелярские зажимы (2 шт.), нить, полоска миллиметровой бумаги, ванночка с водой, салфетка для поддержания рабочего места в чистоте.

Примечание: плотность воды $\rho = (1000 \pm 10) \text{ кг/м}^3$.

Важно!!! На цилиндре и кювете запрещено делать какие-либо пометки.

Э-10.2. Возможное решение. Имея полоску миллиметровой бумаги, можно измерить геометрические размеры цилиндра: его длину L и диаметр D . Эти параметры позволяют вычислить объём V цилиндра: $V = L\pi D^2/4$.

Длина находится прямым измерением: прикладыванием цилиндра к миллиметровой бумаге; при этом точность измерения длины определяется ценой деления миллиметровой бумаги и составляет $\Delta_L = 1$ мм. Для нахождения с достаточной точностью диаметра цилиндра его можно без проскальзывания прокатить вдоль полоски миллиметровой бумаги и измерить перемещение S оси цилиндра, который сделал N оборотов. Формула для нахождения диаметра цилиндра:

$$D = \frac{S}{N\pi}.$$

Для нахождения массы цилиндра сделаем следующие опыты:

Опыт №1. Концы нити с помощью канцелярских зажимов закрепим на краю стола. К середине нити крепим исследуемый стержень. Заметим, что горизонтальное положение равновесия стержня получается при креплении нити к месту, не соответствующему середине стержня. Измерим расстояние X от места крепления нити до ближайшего конца стержня.

Опыт №2. Повторим первый опыт, но теперь погрузим стержень в кювету с водой так, чтобы он был полностью погружён в воду, не касался стенок и дна кюветы и находился в состоянии горизонтального равновесия. При этом нам придётся изменить точку крепления нити. Измерим новое расстояние Y от места крепления нити до ближайшего конца стержня.

Одно из условий равновесия – это равенство нулю суммарного момента всех сил, действующих на стержень. Осью вращения в обоих опытах будем считать точку крепления нити. Из первого опыта следует, что центр масс стержня находится на расстоянии X от одного из его концов. Для второго опыта суммарный момент сил тяжести и выталкивающей силы со стороны воды должен быть равен нулю.

$$mg(X - Y) - \rho gV(L/2 - Y) = 0, \text{ отсюда: } m = \rho V \frac{L/2 - Y}{X - Y} = \rho \frac{L/2 - Y}{X - Y} L\pi \left(\frac{S}{2N\pi}\right)^2.$$

$$\text{Оценим погрешность: } \epsilon_m = \epsilon_{L/2-Y} + \epsilon_{X-Y} + 2\epsilon_S + \epsilon_L = \frac{2}{43} + \frac{2}{27} + \frac{1}{107} + \frac{2}{154} = 0,13.$$