
Экспериментальный этап

Теоретическое введение

Масса — скалярная физическая величина, определяющая инертные и гравитационные свойства тел.

Инертная масса характеризует инертность тел и фигурирует в выражении второго закона Ньютона: если заданная сила в инерциальной системе отсчёта одинаково ускоряет различные тела, им приписывают одинаковую инертную массу.

Гравитационная масса показывает, с какой силой тело взаимодействует с внешними полями тяготения и какое гравитационное поле создаёт само это тело, она входит в закон всемирного тяготения и положена в основу измерения массы взвешиванием.

Экспериментально с высокой точностью установлена пропорциональность гравитационной и инертной масс, и подбором единиц они сделаны равными друг другу.

Задача:

- Определите массу стеклянной палочки.

Оборудование:

- стеклянная палочка
- контейнер с водой
- миллиметровая бумага
- канцелярская резинка

Обратите внимание, в аудитории имеется емкость, в которую вы можете вылить «лишнюю» воду или набрать из нее необходимое количество недостающей воды. Все измерения следует выполнять на вашем рабочем столе. Старайтесь не проливать воду на окружающие поверхности. Стекло — хрупкий материал, обращайтесь со стеклянной палочкой аккуратно!

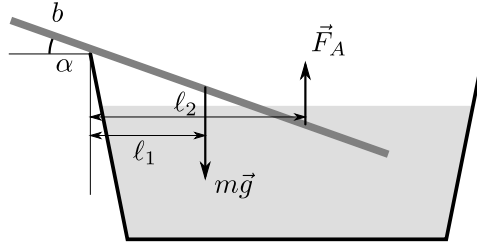
Подробно опишите в отчете все измерения, которые вы проделали и приведите числовые результаты прямых измерений. Явно укажите все физические законы и все следствия из них, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. Проведите необходимые математические преобразования и расчёты, постаравшись дать числовую оценку погрешности полученного результата.

Решение

Положим палочку на край сосуда, погрузив ее часть в воду, и добьемся равновесия (для удобства можно сделать на палочке колечко из канцелярской резинки, уперев его в край контейнера). Запишем условие равновесия палочки массой m относительно точки опоры:

$$mg\ell_1 = F_A\ell_2$$

где $m = \rho_c \ell S$ - масса палочки, ℓ - длина палочки, S - площадь ее поперечного сечения, ρ_c - плотность стекла.



Архимедова сила действующая на палочку равна

$$F_A = \rho_B (\ell - \ell') Sg$$

где ℓ' - длина непогруженной части палочки. Очевидно, что

$$\begin{cases} \ell_1 = \left(\frac{\ell}{2} - b\right) \cos \alpha \\ \ell_2 = \left(\frac{\ell + \ell'}{2} - b\right) \cos \alpha, \end{cases}$$

где b - длина участка палочки от верхнего края до точки опоры.

Подставив выражения для $\ell_{1,2}$ в условие равновесия получим

$$\rho_c \ell S \left(\frac{\ell}{2} - b\right) \cos \alpha = \rho_B (\ell - \ell') Sg \left(\frac{\ell + \ell'}{2} - b\right) \cos \alpha,$$

откуда следует рабочая формула для определения плотности стекла

$$\rho_c = \frac{(\ell - \ell') (\ell + \ell' - 2b)}{\ell (\ell - 2b)} \rho_B.$$

Величины ℓ, ℓ', b могут быть непосредственно определены с помощью линейки из миллиметровой бумаги. Проведя измерения при различных значениях параметра b можно получить набор данных для оценки погрешности получаемого результата.

Масса палочки – произведение плотности ρ_c на объем $V = \ell S = \frac{\pi D^2 \ell}{4}$. Существенно улучшить качество получаемого результата можно определив диаметр палочки методом рядов (прокатывания по миллиметровой бумаге).

Разбалловка приведена для авторского проведения эксперимента. Если эксперимент проведен с явными нарушениями, то проверяющий вправе не засчитать выполнения задания (0 баллов). При проведении эксперимента не в представленном варианте (другие методы) баллы проставляются по аналогии с авторским решением с учетом поправки на использованные методы. Максимальное количество баллов – 10.

Критерии оценивания	Балл
Определен объем палочки	1.0
Для определения диаметра использован метод рядов	1.0
Произведена оценка погрешности объема	1.0
Для определения плотности палочки выбран метод связанный с использованием силы Архимеда	1.0
Подробно описаны проведенные измерения	1.0
Измерения проведены многократно	1.0
Приведены примеры сделанных расчетов	1.0
Получено разумное значение массы	2.0
Дана оценка погрешности окончательного результата	1.0