

Городская открытая олимпиада школьников по физике 2022/23 года

Заключительный этап Экспериментальный тур

Задание 7.1 Плотность аспирина

С помощью выданного вам оборудования, определите плотность таблетки аспирина. Будьте аккуратны с аспирином, дополнительного вам не выдадут.

Оборудование: Две таблетки аспирина, пластилин, мерный стакан, стакан с водой.

Решение 7.1 Плотность аспирина

1. Определим объём таблетки.

Для этого измерим начальный объём воды в мерном стакане $V_{\text{нач11}}$.

Завернём таблетку в пластилин и утопим в мерном стакане. Измерим объём с погружённым пластилином и таблеткой $V_{1\text{пл,т}}$.

Затем извлечём таблетку и измерим объём пластилина.

Появится новый начальный объём воды $V_{\text{нач12}}$ и объём с погружённым пластилином $V_{1\text{пл}}$.

Тогда объём таблетки

$$V_{\text{т}} = (V_{\text{нач11}} - V_{1\text{пл,т}}) - (V_{\text{нач12}} - V_{1\text{пл}}). \quad (1)$$

2. Определим массу таблетки.

Для этого соорудим лодочку из пластилина. По глубине погружения пустой лодочки и лодочки с таблеткой можно узнать массу таблетки.

Для того, чтобы лодочка не кренилась и не задевала за стенки стакана, можно сделать её в форме воронки со смещённым к низу центром масс.

Для начала измерим начальный объём воды V_2 .

Затем суммарный объём воды и погружённой части пустой лодки $V_{2+\text{пчпл}}$.

Отсюда получим объём погружённой части лодки

$$V_{\text{пчпл}} = V_{2+\text{пчпл}} - V_2$$

Условие плавания лодки выглядит так:

$$\rho_{\text{воды}} g V_{\text{пчпл}} = M_{\text{л}} g, \quad (2)$$

где $M_{\text{л}}$ – масса лодки (масса пластилина).

$$M_{\text{л}} = \rho_{\text{воды}} V_{\text{пчпл}}. \quad (3)$$

Теперь аккуратно, чтобы не зачерпнуть воду, вкинем таблетку в лодочку и измерим суммарный объём воды и погружённой части лодки с таблеткой $V_{2+\text{пчпл,т}}$.

Отсюда получим новый объём погружённой части лодки

$$V_{\text{пчпл,т}} = V_{2+\text{пчпл,т}} - V_2.$$

Условие плавания лодки с таблеткой выглядит так:

$$\rho_{\text{воды}} g V_{\text{пчпл,т}} = M_{\text{л}} g + m_{\text{т}} g, \quad (4)$$

где $m_{\text{т}}$ – масса таблетки.

$$m_{\text{т}} = \rho_{\text{воды}} V_{\text{пчпл,т}} - M_{\text{л}}. \quad (5)$$

3. Определим плотность аспирина.

$$\rho_{\text{аспирина}} = \frac{m_{\text{т}}}{V_{\text{т}}}. \quad (6)$$

Критерии оценивания (максимум 15 баллов).

В решении есть запись о том, что таблетка не должна контактировать с водой, или из решения ясно, что измеряется плотность сухой таблетки.	1 балл
Измерен объём пластилина.	1 балл
Измерен объём таблетки в пластилине.	1 балл
Вычислен объём таблетки или получена формула 1.	1 балл
В решении есть идея использовать лодочку из пластилина.	1 балл
Записано условие плавания лодочки (уравнение 2).	1 балл
Определена масса лодочки или получена формула 3.	2 балла
Записано условие плавания лодки с таблеткой (уравнение 4).	2 балла
Определена масса таблетки или получена формула 5.	2 балла
Используется правильная формула для расчёта плотности или записана формула 6.	1 балл
Измеренное значение средней плотности аспирина попадает в интервал (0,5 – 1,5) г/см ³ (0,3 – 3) г/см ³	2 балла 1 балл
Максимум	15 баллов

Задание 7.2 Колебания грузика на пружинке

Вертикальные колебания грузика на пружинке - это вертикальное движение грузика, подвешенного на пружинке, периодически повторяющееся через равные промежутки времени. При этом время одного полного колебания T – это минимальное время, через которое повторяется движение грузика. Колебания будут малыми, если отклонения грузика от положения равновесия будут много меньше (в 10 и более раз) длины пружинки.



Известно, что при малых вертикальных колебаниях квадрат времени T одного полного колебания грузика на пружинке зависит от массы m грузика следующим образом:

$$T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{m}{k}, \text{ где}$$

k – коэффициент жесткости пружины

π – число пи

Исследуйте эту зависимость, изменяя массу груза, прикрепляемую к пружине. В качестве груза используйте закрытую пробирку с водой. Массу груза можно менять, доливая в пробирку воду известного объема. Следите за тем, чтобы колебания были малыми и вертикальными.

- Как можно более точно снимите зависимость времени одного полного колебания грузика от массы воды m_v , залитой в пробирку.
- Постройте на миллиметровке график зависимости квадрата времени одного полного колебания от массы воды, залитой в пробирку.
- С помощью полученного графика определите массу пустой пробирки и коэффициент жесткости пружины.
- Проведя еще один эксперимент, определите массу выданной вам конфетки. После завершения всех измерений конфетку можно съесть.

Оборудование: Пружинка, закрепленная на штативе, пробирка, стакан с водой, секундомер, конфета, два листа миллиметровой бумаги(один запасной).

Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

Число Пи $\pi = 3,1416$

Решение 7.2 Колебания грузика на пружинке

Измерим время одного колебания. Так как оно достаточно мало, то применим метод рядов и время одного полного колебания будем вычислять по формуле:

$$T = \frac{\tau_N}{N}, \text{ где } \tau_N \text{ – время, за которое система совершит } N \text{ полных колебаний.}$$

Массу воды, залитую в пробирку будем вычислять так:

$m_B = \rho \cdot V$, где V – объем воды в пробирке, а ρ – ее плотность.

Изменяя объем залитой в пробирку воды снимем зависимость времени одного полного колебания грузика от массы воды m_B , залитой в пробирку.

T, с	T ² , с ²	V, мл	m _B , кг
0,6375	0,406406	15	0,015
0,6985	0,487902	20	0,02
0,7425	0,551306	25	0,025
0,7715	0,595212	30	0,03
0,8017	0,642723	35	0,035
0,864	0,746496	40	0,04
0,9155	0,83814	45	0,045

Построим график в предложенных в условии осях:

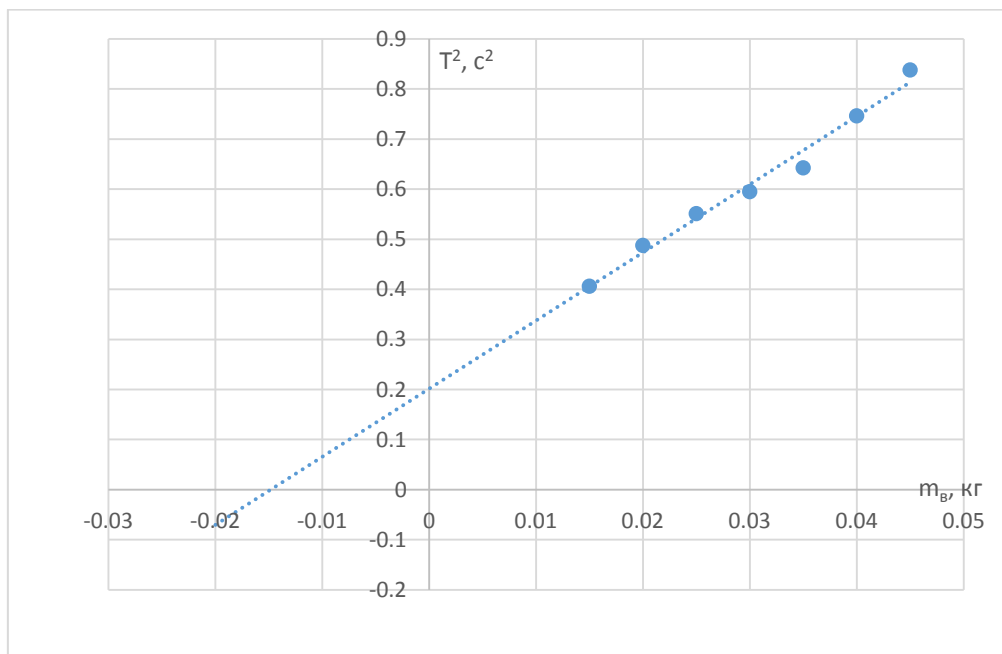


График получился линейным, что не удивительно, так как в этих осях наша зависимость выглядит так:

$$T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{m_B + m_{\text{пр}}}{k}$$

Тогда масса пробирки соответствует пересечению графика и оси m_B , откуда $m_{\text{пр}} = 15$ г

Угловой коэффициент прямой $\beta = \frac{4 \cdot \pi^2}{k}$ По графику $\beta = 13,6 \frac{\text{с}^2}{\text{кг}}$, откуда $k = \frac{4 \cdot \pi^2}{\beta} = 3 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Массу конфетки определяем, поместив ее в пробирку вместо воды и измеряя время одного полного колебания для такого случая. По построенному графику определяем суммарную массу пробирки с конфеткой M . Получаем массу конфетки $m_k = M - m_{\text{пр}} = 13$ г.

Критерии оценивания (максимум 15 баллов).

<p>Определено время одного полного колебания методом рядов: 4-6 периодов – 1 балл 7 и больше периодов – 2 балла</p>	2
<p>Получена масса воды в пробирке</p>	1
<p>Снята зависимость времени одного полного колебания от массы воды 3-4 измерений – 1 балл 5-6 измерений – 2 балла 7 и более измерений – 3 балла Максимум 3 балла</p>	3
<p>Построен график зависимости квадрата времени одного полного колебания от массы воды, залитой в пробирку а) подписаны оси с единицами измерения по осям (0,5 балла) б) выбран рациональный масштаб по осям (0,5 балла) в) нанесены шкалы на оси (0,5 балла) г) соответствие точек, нанесённых на график, табличным значениям (0,5 балла) д) проведена интерполяционная прямая : (1 балл) Максимум 3 балла</p>	3
<p>По графику определен угловой коэффициент полученной прямой</p>	1
<p>По графику, или иным способом определена масса пустой пробирки $m_{пр}$ попадает в интервал от 14 до 16 г - 2 балла $m_{пр}$ попадает в интервал от 12 до 18 г - 1 балл Максимум 2 балла</p>	2
<p>По графику, или иным способом определен коэффициент жесткости пружины k попадает в интервал от 2,5 до $3,5 \frac{H}{M}$ - 2 балла k попадает в интервал от 1,5 до $4,5 \frac{H}{M}$ - 1 балл Максимум 2 балла</p>	2
<p>Определена масса конфетки m_k попадает в интервал от 12 до 14 г - 1 балл m_k попадает в интервал от 10 до 16 г – 0,5 баллов Максимум 1 балл</p>	1