

Решения и критерии оценивания заданий
МУНИЦИПАЛЬНОГО этапа
Всероссийской олимпиады школьников
по ФИЗИКЕ
10 КЛАСС
2025/2026 учебный год

Калининград
2025

Задача 1

Камень бросили с земли под углом к горизонту в сторону вертикальной стены. После упругого отскока от стены он упал обратно на землю. Время полёта до удара — t_1 , после удара — t_2 . Найдите высоту столкновения со стеной. Сопротивление воздуха не учитывать. Полет камня происходил в плоскости перпендикулярной стене.

Решение

После упругого отскока от стены камень продолжает двигаться по траектории зеркальной той, что была бы у него без столкновения. Время движения по этой траектории будет равно времени движения соответствующему участку по траектории без удара.

Тогда $t_1 + t_2 = t_{\text{пол}}$ - время полета камня без удара.

Тогда время подъема на максимальную высоту:

$$t_H = \frac{t_{\text{пол}}}{2} = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

Запишем условие подъема на максимальную высоту:

$$v_y = v_0 \sin \alpha - g t_H = 0 \Rightarrow v_0 \sin \alpha = g t_H = g \frac{t_1 + t_2}{2}$$

Запишем выражение для высоты удара, как высоты камня в момент t_1 :

$$h = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = g \frac{t_1 + t_2}{2} t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{g t_1 t_2}{2}$$

Критерии

Указано свойство траектории полета при упругом ударе - 2 б

Определено время полета - 1б

Определено время подъема на максимальную высоту - 1б

Записано уравнение для v_y тела брошенного под углом к горизонту -1 б

Записано условие подъема на максимальную высоту - 2б

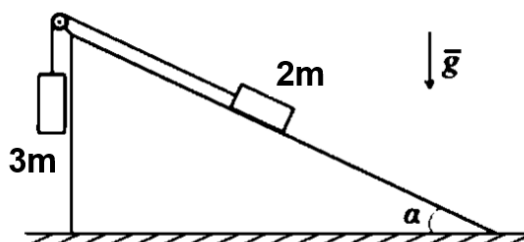
Определено $v_0 \sin \alpha$ - 1 б

Записано уравнение для h тела брошенного под углом к горизонту -1 б

Определена высота h - 1б

Задача 2

Клин массой m находится на шероховатой горизонтальной поверхности стола. Через блок, укрепленный на вершине клина, перекинута легкая нерастяжимая нить, связывающая грузы, массы которых $2m$ и $3m$. Грузы удерживают, затем отпускают. После этого грузы движутся, а клин покоится. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол α ($\sin \alpha = 0,6$).



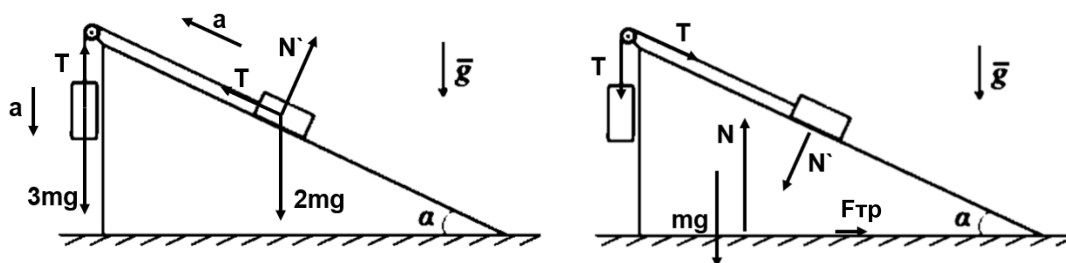
1) Найдите ускорение грузов.

2) Найдите силу нормальной реакции, действующей на клин со стороны стола.

Решение сопроводите поясняющими рисунками

Решение

Висящий груз $3m$ будет двигаться вниз.



Запишем второй закон Ньютона для $3m$ в проекции на ось, направленную вниз, и для $2m$ в проекции на ось направленную вверх вдоль наклонной плоскости.

$$3ma = 3mg - T$$

$$2ma = T - 2mgsin\alpha$$

$$\text{Решая совместно } a = \frac{3-2\sin\alpha}{5}g = 0,36g = 3,6 \frac{m}{c^2}$$

$$T = \frac{6}{5}mg(1 + \sin\alpha) = \frac{48}{25}mg = 1,92mg$$

Запишем уравнение равновесия клина вдоль вертикальной оси:

$$N = mg + T + T\sin\alpha + (2mg\cos\alpha)\cos\alpha,$$

где $2mg\cos\alpha$ - сила давления бруска $2m$ на плоскость клина (N'')

После подстановки T и $\sin\alpha = 0,6 = \frac{3}{5}$, получим:

$$N = \frac{669}{125}mg \approx 5,35mg$$

Критерии

На рисунке верно изображены силы, действующие на грузы - 1 б

На рисунке верно изображены силы, действующие клин - 1 б

Записан второй закон в проекции для $3m$ - 1 б

Записан второй закон в проекции для $2m$ - 1 б

Определено ускорение - 1 б

Определено натяжение нити - 1 б

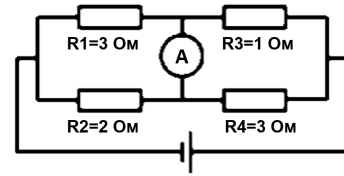
Верна определена сила давления $2m$ на клин - 1 б

Верно записан второй закон в проекции для клина - 2 б

Определена сила нормальной реакции поверхности - 1 б

Задача 3

Найдите показания идеального амперметра в схеме на рисунке, если напряжение на батарее 4 В. Значения сопротивления резисторов указаны на рисунке.



Решение

Идеальный амперметр в цепи можно считать перемычкой. Построим эквивалентную схему:

Определим общее сопротивление:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 1,95 \text{ Ом}$$

Общий ток:

$$I = \frac{U}{R} \approx 2 \text{ А}$$

При параллельном соединении общий ток будет делиться обратно пропорционально сопротивлениям, тогда:

$$I_1 = \frac{IR_2}{R_1 + R_2} = 0,8 \text{ А} \quad I_2 = \frac{IR_1}{R_1 + R_2} = 1,2 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{IR_4}{R_3 + R_4} = 1,5 \text{ А} \quad I_4 = \frac{IR_3}{R_3 + R_4} = 0,5 \text{ А}$$

Расставим токи на первоначальной схеме:

По правилу токов:

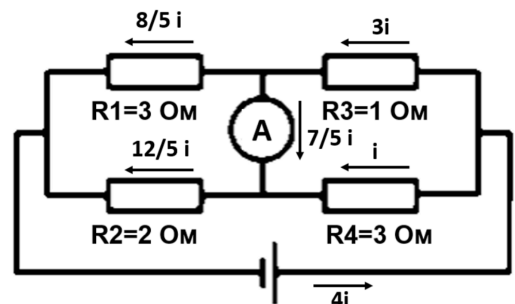
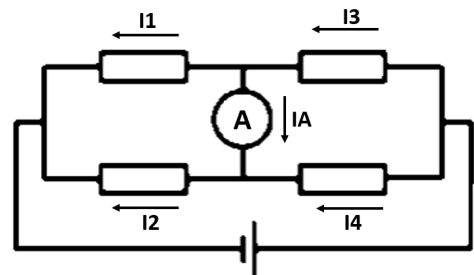
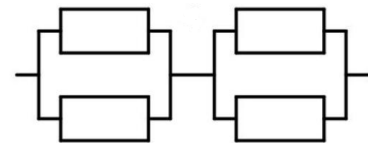
$$I_3 = I_1 + I_A \Rightarrow I_A = I_3 - I_1 = 0,7 \text{ А}$$

Альтернативное решение может содержать расстановку токов по ветвям с использованием следствий правил Кирхгофа.

Тогда

$$U = \frac{12}{5} i R_2 + i R_4 \Rightarrow i \approx 0,5 \text{ А},$$

$$I_A = \frac{7}{5} i = 0,7 \text{ А}$$



Критерии

Явно обоснована замена амперметра перемычкой - 1 б

Явно или косвенно используется эквивалентная схема - 1 б

Определено полное сопротивление - 2 б

Определен полный ток - 1 б

Определены токи в ветвях - 4×0,5 б

Выражен ток амперметра - 2 б

Определен ток амперметра - 1 б

ИЛИ

Токи верно расставлены на схеме - 3б

Расстановка токов обоснована - 3б

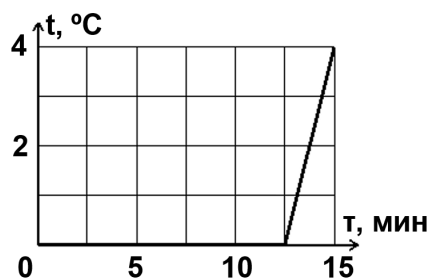
Определен или выражен ток i - 3б

Определен ток амперметра - 1б

Задача 4

В калориметр с водой и льдом погрузили проволоку сопротивлением 80 Ом и стали пропускать ток силой 1 А. На графике приведена зависимость температуры в калориметре от времени. Определите начальную массу льда и воды в калориметре.

Удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг, удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг°C.



Решение

Первые 12,5 мин температура содержимого не менялась - происходило плавление льда. УТБ для этого процесса:

$P\tau_1 = \lambda m_{\text{л}}$, где $P = I^2 R$ - тепловая мощность проволоки

$$m_{\text{л}} = \frac{I^2 R \tau_1}{\lambda} \approx 0,18 \text{ кг}$$

После полного плавления льда начинает происходить нагрев всей воды в калориметре. УТБ для этого процесса:

$$P\tau_2 = c(m_{\text{л}} + m_{\text{в}})\Delta t \Rightarrow m_{\text{в}} = \frac{I^2 R \tau_2}{c\Delta t} - m_{\text{л}} \approx 0,53 \text{ кг}$$

Критерии

Явно обоснованы процессы в калориметре - 2 б

Записана ф-ла/определена мощность электронагревателя/з-н Джоуля-Ленца - 1 б

Записано УТБ для плавления - 2 б

Определена масса льда - 1 б

Записано УТБ для нагревания - 2 б

Определена начальная масса воды - 2 б

Задача 5

Для математического маятника (маленький груз на длинной нити) период малых свободных колебаний связан с длиной нити и массой груза законом:

$$T = \varphi l^{\alpha} m^{\beta} g^{\gamma},$$

где T - период малых свободных колебаний $[T] = c$,

l - длина нити,

m - масса груза,

g - ускорение свободного падения, $g = 9,8 \frac{м}{с^2}$,

$\varphi, \alpha, \beta, \gamma$ - некоторые постоянные безразмерные коэффициенты.

Во время лабораторной работы Вовочка измерил время 40 колебаний нескольких маятников разной длины и массы и результаты занес в таблицу.

l , см	40	60	80	100	120
m , г	80	60	120	90	70
t , с	50	60	70	80	90

- 1) Определите значения коэффициентов α, β, γ .
- 2) Используя данные таблицы и масштабную-координатную (миллиметровую) бумагу, постройте график приведенной зависимости в таких координатах, чтобы он был линейным.
- 3) Определите φ

Решение.

Для определения α, β, γ используем метод размерностей:

$$T = \varphi l^{\alpha} m^{\beta} g^{\gamma} \Rightarrow c = m^{\alpha} \text{кг}^{\beta} \left(\frac{м}{с^2}\right)^{\gamma} \Rightarrow \alpha + \gamma = 0; \beta = 0; 1 = -2\gamma$$

$$\alpha = \frac{1}{2}; \beta = 0; \gamma = -\frac{1}{2}$$

Зависимость имеет вид $T = \varphi \sqrt{\frac{l}{g}}$, и не зависит от массы.

Для линеаризации возведем обе части в квадрат

$$T^2 = \varphi^2 \frac{l}{g}$$

Зависимость $f = T^2 = f(l)$ - будет линейной с угловым коэффициентом $k = \frac{\varphi^2}{g}$

Определим T^2 для каждого значения l таблицы

l , м	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
t , с	51	62	72	80	88
$T^2 = \left(\frac{t}{N}\right)^2, c^2$	1,6	2,3	3,1	4,0	5,1

Построим график:

Определим угловой коэффициент, по двум точкам, взятым с прямой

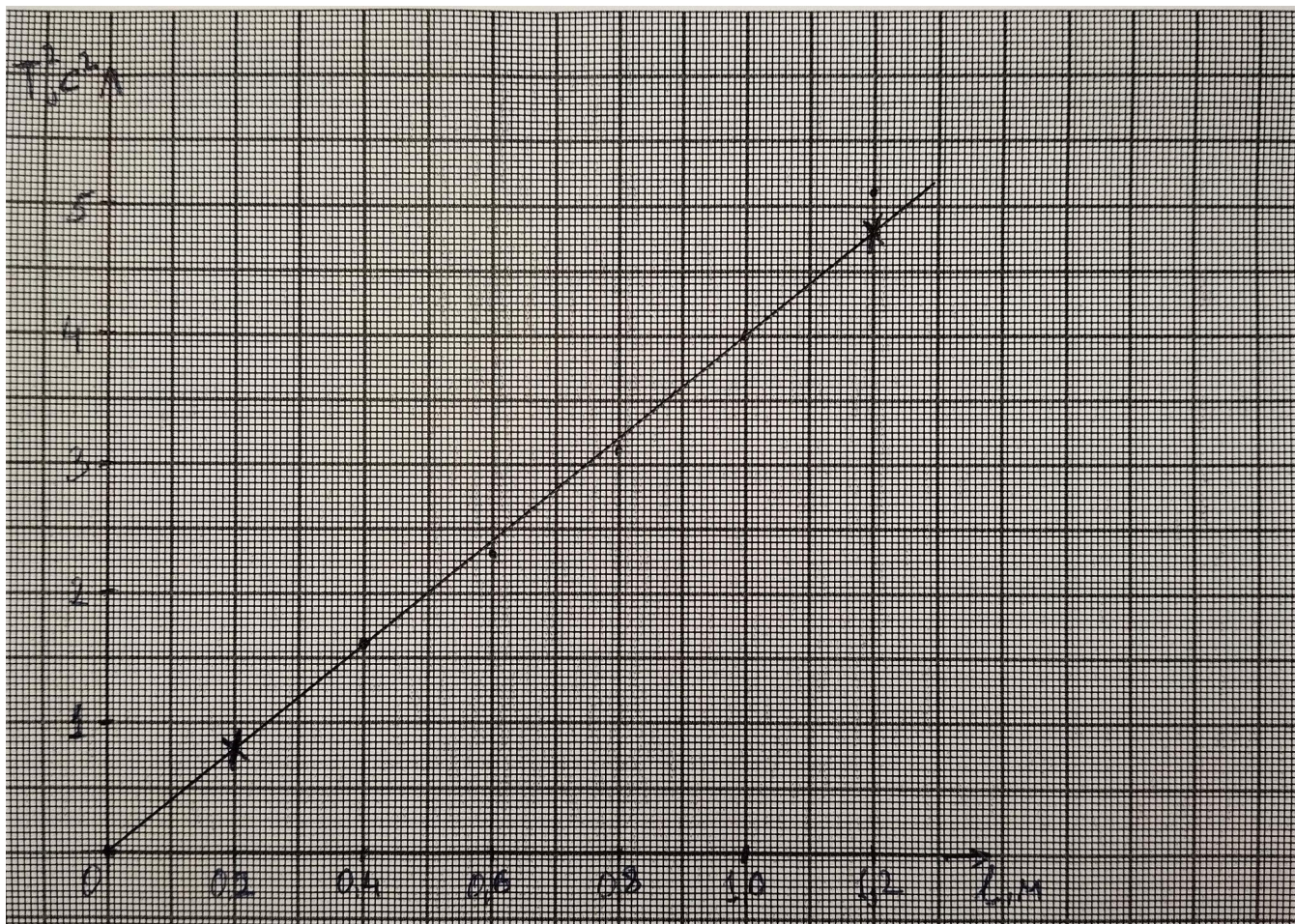
$$k = \frac{\Delta f}{\Delta l} \approx 4 \frac{с^2}{м}$$

$$k = \frac{\varphi^2}{g} \Rightarrow \varphi = \sqrt{k g} \approx 6,5$$

Альтернативный вариант линеаризации: $T(\sqrt{l}) = \frac{\varphi}{\sqrt{g}} \sqrt{l}$

Для обработки требуется пересчет $l \Rightarrow \sqrt{l}$, угловой коэффициент в этом случае

$$k = \frac{\varphi}{\sqrt{g}} \Rightarrow \varphi = k \sqrt{g}$$



Критерии

α , β , γ определены методом размерностей - 2 б

ИЛИ α , β , γ определены сравнением с известной формулой - 1 б

Идея линейризации путем $T^2(l)$ или $T(\sqrt{l})$ или иная верная идея линейризации - 2 б

Таблица с рассчитанными значениями - 1б

График:

Размер осей не менее 10 см **И** оси подписаны с указанием единиц - 1 б

Ц. д. шкалы 1 или 2 или 5 **И** оцифровка равномерная без лишних обозначений **И** График занимает более 50% по каждой оси - 1 б

Экспериментальные точки нанесены верно **И** выполнена аппроксимация прямой - 1 б

Явно или косвенно определено k - 1 б

Определено φ - 1 б

ИЛИ **Без** графика для **каждого** значения таблицы определено φ и

выполнено усреднение - 2 б

ИЛИ **Без** графика для **одного** значения таблицы определено φ - 1 б