

Решения и критерии оценивания заданий

МУНИЦИПАЛЬНОГО этапа

Всероссийской олимпиады школьников

по ФИЗИКЕ

11 КЛАСС

2025/2026 учебный год

Калининград

2025

Задача 1

Механическую систему, изображенную на рисунке изначально удерживают, а затем отпускают. Блоки невесомые, нити невесомые и нерастяжимые. Определите ускорения грузов.

Решение

Обозначим натяжение верхней нити T , тогда, из невесомости блока, натяжение нижней нити $2T$.

Запишем второй закон Ньютона для каждого тела в проекции на вертикальную ось, направленную вниз:

$$2ma_1 = T + 2mg$$

$$3ma_2 = 3mg - 4T$$

Кинематическая связь: $a_1 = 4a_2$

Решая совместно получим: $a_1 = \frac{44}{35}g$, $a_2 = \frac{11}{35}g$

Критерии

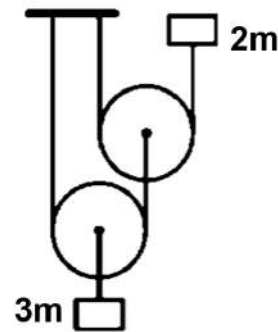
Верно определено соотношение между натяжениями нитей - 2 б

Верно для одного тела записан закон в проекции - 2 б

Верно для другого тела записан закон в проекции - 2 б

Верно определена кинематическая связь - 2 б

Получены верные результаты - 2 б



Задача 2

При теплопередаче гелию в количестве трех молей 400 Дж теплоты давление менялось по закону $p = \alpha V$, где α - некоторая константа. На сколько изменилась температура гелия? $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$

Решение

Для одноатомного гелия:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} (\alpha V_2^2 - \alpha V_1^2) = \frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)$$

Работа газа в таком процессе, как площадь под наклонной прямой на диаграмме pV , будет определяться формулой площади трапеции:

$$A = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \alpha (V_2 + V_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)$$

По первому началу термодинамики:

$$Q = \Delta U + A = \frac{4}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2),$$

$$\text{Можно заметить, что } \Delta U = \frac{3}{4} Q \Rightarrow \frac{3}{4} Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{2\nu R} \approx 8 \text{ К}$$

Критерии

Получена формула внутренней энергии в pV - 1 б

Получено выражение для ΔU - 1 б

Работа определяется как площадь трапеции - 2 б

Получено выражение для A - 1 б

Получено выражение для Q - 1 б

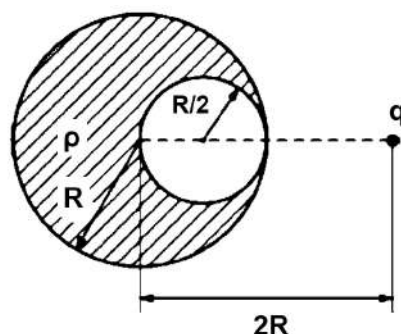
Получено соотношение Q и ΔU - 2 б

Выражено ΔT - 1 б

Определено ΔT - 1 б

Задача 3

Шар радиусом R , равномерно заряженный с объёмной плотностью ρ , имеет внутри сферическую полость радиусом $R/2$, причем центр полости располагается на расстоянии $R/2$ от центра шара. На расстоянии $2R$ от центра шара на оси проходящей через центры шара и полости расположили точечный заряд q . Определите, как и с какой силой после этого шар начал действовать на заряд?



Решение

Смоделируем полость внутри шара, представив шар сплошным и равномерно заряженным ρ , а область полости заполненной $-\rho$.

Т.к. поле вне шара эквивалентно полю точечного заряда в его центре, а также в соответствии с принципом суперпозиции полей, поле рассматриваемого шара с полостью вне его будет эквивалентно полю двух точечных зарядов Q_1 и Q_2 расположенных на месте центров шара и полости.

$$Q_1 = \rho V_1 = \frac{4}{3}\pi \rho R^3$$

$$Q_2 = -\rho V_2 = -\frac{4}{3}\pi \rho \left(\frac{R}{2}\right)^3 = -\frac{1}{6}\pi \rho R^3$$

Равнодействующая сил, с которыми эти заряды действуют на q в проекции на ось вправо:

$$F = k \frac{Q_1 q}{(2R)^2} - k \frac{|Q_2| q}{(3/2R)^2} = \frac{28}{108}\pi \rho k q = \frac{7\rho q}{108\epsilon_0}, \text{ т.к. } F > 0 - F - \text{направлена вправо} - \text{шар отталкивает заряд.}$$

Критерии

Указана эквивалентность поля точечного заряда и поля вне заряженного шара - 2 б

Предложена модель “ $-\rho$ ” шара внутри сплошного ρ шара - 3б

Определен заряд Q_1 - 1б

Определен заряд Q_2 - 1б

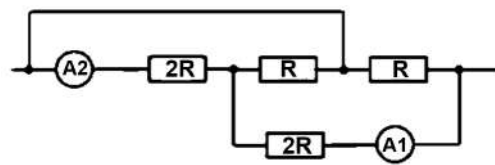
Верно применен закон Кулона для записи выражения F - 1 б

Получено итоговое выражение для F - 1 б

Явно описан характер взаимодействия - 1 б

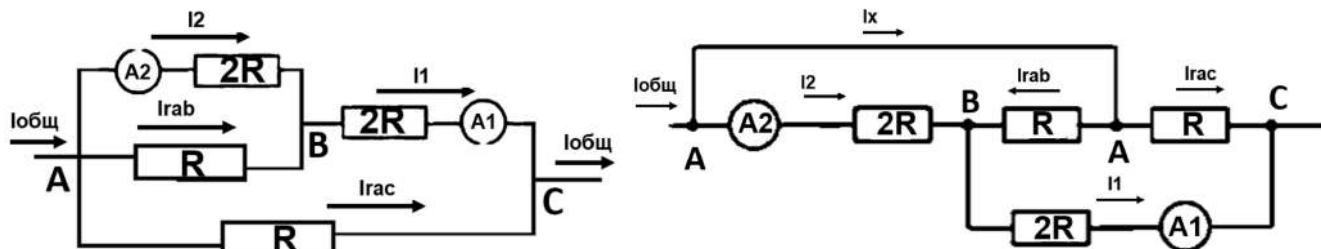
Задача 4

Участок цепи, схема которого приведена на рисунке включает резисторы с сопротивлением R и $2R$, показания первого амперметра амперметра $0,18$ А. Найдите показания второго амперметра и ток в перемычке.



Решение

Обозначим узлы и построим эквивалентную схему:



По правилам параллельного соединения и закону Ома:

$$U_{AB} = 2RI_2 = RI_{Rab},$$

$$I_1 = I_2 + I_{Rab} \Rightarrow I_2 = \frac{1}{3}I_1 = 0,06 \text{ A}, \quad I_{Rab} = \frac{2}{3}I_1 = 0,12 \text{ A}$$

$$U_{AC} = 2RI_2 + 2RI_1 = RI_{Rac} \Rightarrow I_{Rac} = \frac{8}{3}I_1 = 0,48 \text{ A}$$

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_{Rac} = \frac{11}{3}I_1$$

Вернем токи на первоначальную схему.

Для узла А справедливо соотношение:

$$I_x = I_{\text{общ}} - I_2 = \frac{11}{3}I_1 - \frac{1}{3}I_1 = \frac{10}{3}I_1 = 0,6 \text{ A}$$

Критерии

В решении задачи верно записан закон Ома - 1 б

В решении задачи верно записано применение правила соединения - 1 б

Верно построена эквивалентная схема - 4 б

Определен ток I_2 - 1 б

Определены/выражены остальные токи - 1 б

Произведен перенос токов на начальную схему - 1б

Определен ток через перемычку - 1б

Задача 5

При разрядке конденсатора емкостью C через резистор с сопротивлением R напряжение между его обкладками U меняется с течением времени t по закону:

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}},$$

где U_0 - напряжение на конденсаторе в момент начала разрядки.

Показания вольтметра с внутренним сопротивлением 1 МОм, подключенного к конденсатору приведены в таблице:

t, с	0	10	20	30	40	50	60	70
U, В	12	8,0	5,9	3,5	2,4	1,8	1,1	0,7

- 1) Используя масштабно-координатную (миллиметровую) бумагу, постройте график приведенной зависимости в таких координатах, чтобы он был линейным.
- 2) Определите C .

Решение

Линеаризацию приведенной зависимости выполним логарифмированием:

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow \ln\left(\frac{U}{U_0}\right) = -\frac{t}{RC} \text{ или } \ln\left(\frac{U_0}{U}\right) = \frac{t}{RC}$$

(возможен также вариант $\ln(U) = \ln(U_0) - \frac{t}{RC}$)

Зависимость $f = \ln\left(\frac{U_0}{U}\right) = f(t)$, будет линейной с угловым коэффициентом $k = \frac{1}{RC}$

Определим $\ln\left(\frac{U_0}{U}\right)$ для каждого t

t, с	0	10	20	30	40	50	60	70
U, В	12	8,0	5,9	3,5	2,4	1,8	1,1	0,7
$\ln\left(\frac{U_0}{U}\right)$	0	0,4	0,7	1,2	1,6	1,9	2,4	2,8

График:

Определим угловой коэффициент по двум точкам, взятым с прямой

$$k = \frac{\Delta f}{\Delta t} \approx 0,04 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{Ф}}$$

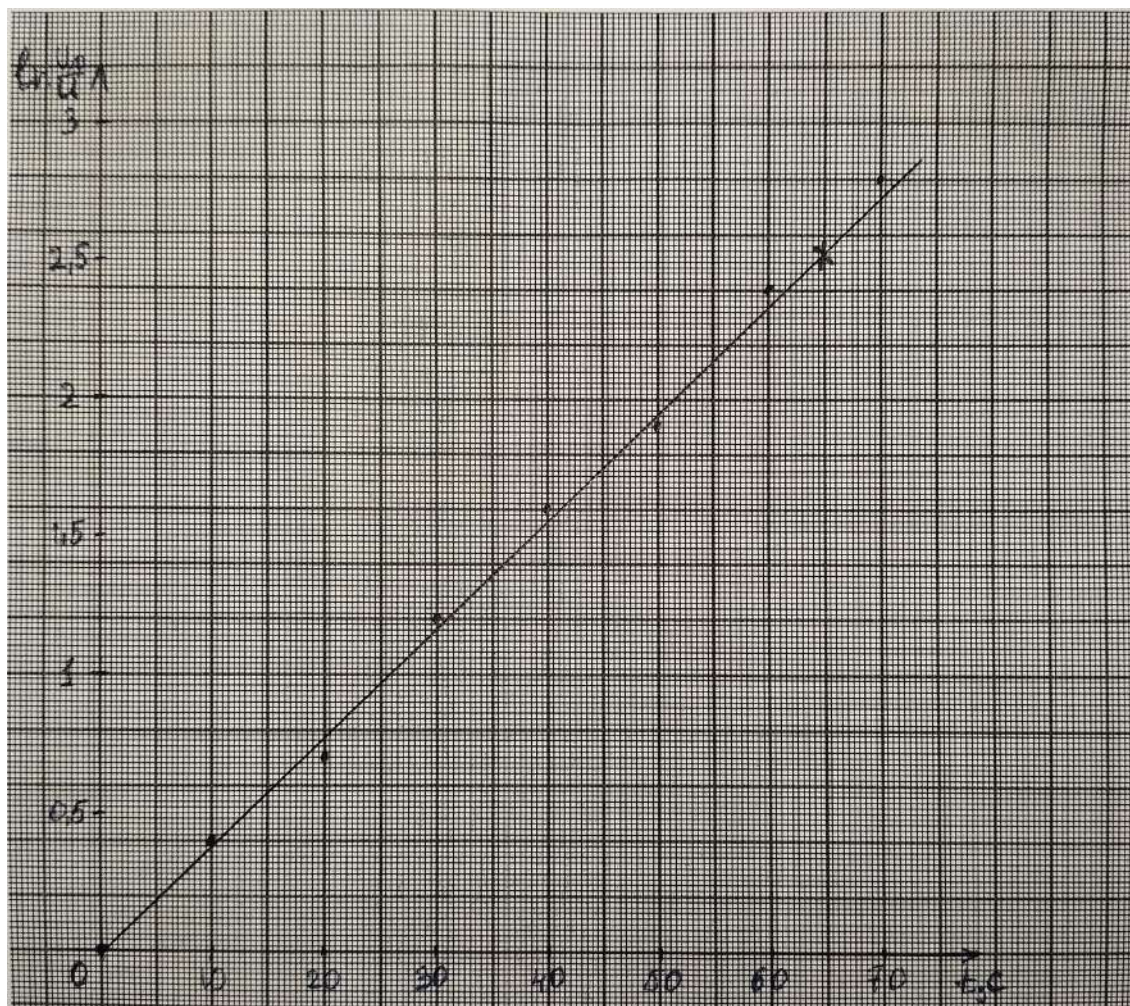
Тогда

$$C = \frac{1}{kR} = 0,000025 \text{ Ф} = 25 \text{ мкФ}$$

Альтернативный вариант линеаризации: $U(e^t) = U_0 e^{-\frac{1}{RC} t}$

Для обработки требуется пересчет $t \Rightarrow e^t$,

$$\text{угловой коэффициент в этом случае } k = U_0 e^{-\frac{1}{RC}} \Rightarrow C = -\frac{1}{R \ln \frac{k}{U_0}}$$



Критерии

Идея линеаризации зависимости с использованием натурального логарифма или иная верная идея линеаризации - 2 б

Таблица с рассчитанными значениями - 2 б

График:

Размер осей не менее 10 см **И** оси подписаны с указанием единиц (для t) - 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

Указаны точки на прямой прямой использованные для поиска k - 1 б

Явно или косвенно определено k - 1 б

Определено C - 1 б

ИЛИ **Без** графика для **каждого** значения таблицы определено C и выполнено усреднение - 4 б

ИЛИ **Без** графика для **одного** значения таблицы определено C - 2 б