

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**11 класс****Задача 11.1****Возможное решение**

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

Направим ось координат Oy вертикально вверх, тогда из второго закона Ньютона сила реакции пола в момент толчка выражается равенством:

$$N = m(g + a_y) \quad (1)$$

В процессе толчка центр масс человека поднялся с высоты $l/4$ до $l/2$ от пола. Поскольку человек начинал подниматься без начальной скорости, то, обозначив через v скорость центра масс человека, которую он достигает в момент отрыва, проекцию ускорения a_y , входящую в (1), можно определить следующим образом:

$$a_y = \frac{v^2}{2S_y} = \frac{v^2}{2(l/2 - l/4)} = \frac{2v^2}{l} \quad (2)$$

Для описания последующего прыжка человека, когда его центр масс поднимается с высоты $l/2$ до $3l/4$ от пола используем закон сохранения энергии

$$mg \frac{l}{2} + \frac{mv^2}{2} = mg \frac{3l}{4}, \quad (3)$$

из которого выражаем

$$v^2 = 2g \left(\frac{3l}{4} - \frac{l}{2} \right) = \frac{gl}{2} \quad (4)$$

Подстановка (4) в (2) дает

$$a_y = g \quad (5)$$

С учетом (5) из (1) получаем следующее значение средней силы давления, с которой человек действует на пол в процессе отталкивания

$$F = N = 2mg = 1470\text{Н} \quad (6)$$

Примерные критерии оценивания	Баллы
Записано выражение для N (1)	1
Получено выражение для a_y (2)	2
Исходя из закона сохранения энергии получено выражение для v^2 (4)	3
Найдено значение a_y (5)	2
Получен окончательный ответ (6)	2

Задача 11.2**Возможное решение**

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

Введем следующие обозначения:

p_1, T_1 и p_2, T_2 - давление и температура в сосуде до и после нагрева, соответственно;

N_0 - число молекул гелия; N - число молекул углекислого газа до нагрева; $\alpha = \frac{N_{\text{дисс}}}{N}$ -

доля диссоциировавших молекул углекислого газа, N' - число молекул смеси, образовавшейся после нагрева углекислого газа.

Вычислим вначале N' - сколько стало молекул в смеси, образовавшейся после нагрева углекислого газа. Поскольку вместо двух диссоциировавших молекул CO_2 в

смеси будет три молекулы – две CO и одна O_2 , то вместо $N_{\text{дисс}}$ диссоциировавших молекул в смеси окажется $2N_{\text{дисс}} \rightarrow 3N_{\text{дисс}}$, или $N_{\text{дисс}} \rightarrow \frac{3}{2}N_{\text{дисс}}$. Следовательно

$$N' = N_{\text{недисс}} + \frac{3}{2}N_{\text{дисс}} = N_{\text{недисс}} + N_{\text{дисс}} + \frac{1}{2}N_{\text{дисс}} = N + \frac{1}{2}N_{\text{дисс}} = N + \frac{1}{2}\alpha N = N\left(1 + \frac{1}{2}\alpha\right)$$

(1)

Запишем теперь уравнения состояния углекислого газа и гелия до и после нагрева. Учитывая, что $\nu R = Nk$, имеем.

Для углекислого газа:

$$p_1 V_1 = NkT_1 \quad (2)$$

$$p_2 V_2 = N'kT_2 = N\left(1 + \frac{1}{2}\alpha\right)kT_2 \quad (3)$$

Для гелия:

$$p_1 \cdot 5V_1 = N_0 kT_1 \quad (4)$$

$$p_2 \cdot 4V_2 = N_0 kT_2 \quad (5)$$

Из данной системы уравнений можно определить α . А именно, из (2) и (3) (разделив уравнение (3) на уравнение (2)), будем иметь соотношение

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \left(1 + \frac{1}{2}\alpha\right) \frac{T_2}{T_1} \quad (6)$$

Аналогичное соотношение получаем, разделив (5) на (4)

$$\frac{4}{5} \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (7)$$

Подставив (6) в (7), находим α

$$\frac{4}{5} \left(1 + \frac{1}{2}\alpha\right) = 1 \rightarrow \alpha = \frac{1}{2} \quad (8)$$

Таким образом, диссоциировало 50% молекул углекислого газа.

Примерные критерии оценивания	Баллы
Найдено число молекул смеси, образовавшейся после нагрева углекислого газа (1)	2
Записано уравнение состояния углекислого газа (2) до нагрева	1
Записано уравнение состояния гелия (4) до нагрева	1
Записано уравнение состояния углекислого газа (3) после нагрева	2
Записано уравнение состояния гелия (5) после нагрева	1
Решена система уравнений (2)-(5) и вычислено α (8)	3

Задача 11.3

Возможное решение

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

Поскольку ток утечки мал, то можно считать, что в каждый момент времени сумма всех сил, действующих на шарик, равна нулю (данный процесс аналогичен квазистатическим процессам в термодинамике).

$$\vec{F}_k + \vec{T} + m\vec{g} = 0 \rightarrow \begin{cases} F_k = T \sin \alpha \\ mg = T \cos \alpha \end{cases} \quad (1)$$

отсюда получаем выражение для силы Кулона

$$F_k = k \frac{q^2}{x^2} = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

(здесь $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$) Учитывая, что в соответствии с условиями

задачи $x \ll l$, и поэтому можно положить $\operatorname{tg} \alpha \approx \frac{x}{2l}$, подставляя в (2) выражение для q , получим соотношение

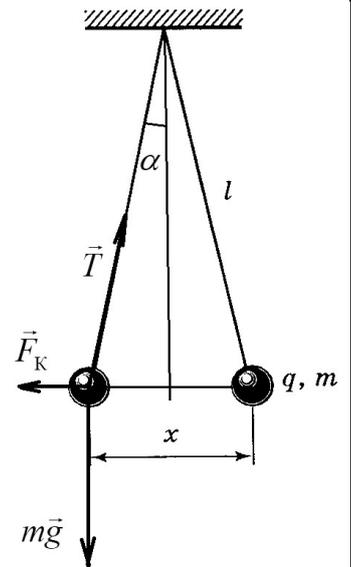
$$k \frac{q_0^2}{x^2} (1 - \alpha t)^3 = mg \cdot \frac{x}{2l}, \quad (3)$$

из которого определяем зависимость расстояния между шариками от времени

$$x = \left(\frac{2klq_0^2}{mg} \right) (1 - \alpha t) \quad (4)$$

Отсюда видно, что шарики сближаются с постоянной скоростью

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = -\alpha \left(\frac{2klq_0^2}{mg} \right)^{\frac{1}{3}} \rightarrow v = \alpha \left(\frac{2klq_0^2}{mg} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$



Примерные критерии оценивания	Баллы
Записано условие равновесия шарика (1)	1
Получено выражение для силы Кулона (2)	1
Записано соотношение (3)	4
Получено выражение (4)	2
Получено выражение для скорости сближения шариков (5)	2

Задача 11.4

Возможное решение

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

1. Так как в заданный момент времени напряжение $U_{C_2} = \frac{\epsilon}{2}$ на конденсаторе C_2 максимально, это означает, что сила тока через резистор R_2 равна нулю, и, следовательно, разность потенциалов на резисторе R_1 : $U_{R_1} = U_{C_2} = \frac{\epsilon}{2}$. Поскольку

$\epsilon = U_{R_1} + U_{C_1} = \frac{\epsilon}{2} + U_{C_1}$, то разность потенциалов на конденсаторе C_1

$$U_{C_1} = \epsilon - \frac{\epsilon}{2} = \frac{\epsilon}{2} \quad (1)$$

2. Сила тока через резистор R_1 в этот момент времени равна

$$I_{R_1} = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{\epsilon}{2R_1} \quad (2)$$

3. Максимальным заряд на конденсаторе C_1 станет после установления режима, когда

ток через резистор R_1 прекратится. При этом $U_{R_1} = 0$, и, следовательно, заряд на конденсаторе C_2 будет $q_{C_2} = \frac{U_{C_2}}{C_2} = \frac{U_{R_1}}{C_2} = 0$, а на конденсаторе C_1

$$q_{C_1, \max} = C_1 \varepsilon \quad (3)$$

4. Полное количество теплоты, выделившееся в цепи после замыкания ключа К можно вычислить используя закон сохранения энергии. Поскольку в установившемся режиме только один конденсатор C_1 оказывается заряженным, то работа, совершенная ЭДС источника после замыкания ключа будет затрачена на зарядку этого конденсатора и выделение тепла в рассматриваемой цепи. С учетом (3) имеем:

$$q_{C_1, \max} \varepsilon = \frac{q_{C_1, \max}^2}{2C_1} + Q = \frac{q_{C_1, \max} \varepsilon}{2} + Q \quad \rightarrow \quad Q = \frac{q_{C_1, \max} \varepsilon}{2} = \frac{C_1 \varepsilon^2}{2} \quad (3)$$

Примерные критерии оценивания	Баллы
Найдена разность потенциалов (1)	3
Вычислена сила тока (2)	1
Вычислен максимальный заряд (3)	3
Вычислено количество теплоты (4)	3

Задача 11.5 (экспериментальная)

Оборудование: Источник постоянной ЭДС, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода (реостат – опционально).

Возможное решение

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

Собирается цепь по рис. 10.5.1. Ключ и реостат на рисунках не показаны. Очевидно, что

$$U_1 = I_1 R_A,$$

где U_1 – напряжение, которое показывает вольтметр, I_1 – ток, который показывает амперметр, R_A – сопротивление амперметра.

Собирается цепь по рис. 10.5.2.

Здесь $U_2 = I_2 (R_A + R_x)$.

$$\text{Тогда } R_x = \frac{U_2}{I_2} - \frac{U_1}{I_1}.$$

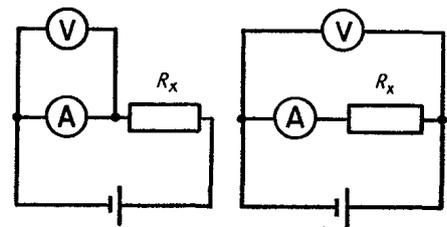


Рис. 10.5.1

Рис. 10.5.2

Примечание. Для 11 класса можно добавить реостат и провести серию измерений при разных токах. Неизвестное сопротивление предварительно измерить мультиметром с учетом его погрешности. Резистор и амперметр подобрать такими, чтобы показания в опытах существенно отличались.

Примерные критерии оценивания	Баллы
Идея эксперимента и его схема	3
Измерение тока и напряжения по 1 схеме	2
Измерение тока и напряжения по 2 схеме	2
Расчет	1
Многочисленность измерений	1
Оценка погрешности	1