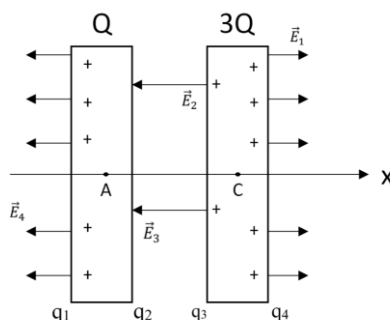


Решения и критерии оценивания 11 класс

Задача 1.

Две параллельные проводящие пластинки с зарядами Q и $3Q$ расположены напротив друг друга. Пластины имеют одинаковую площадь, их размеры велики по сравнению с расстоянием между ними и можно считать, что заряды распределены по каждой поверхности пластин равномерно. Найти заряды на поверхностях пластин.

Возможное решение:



Заряды q_1, q_2, q_3, q_4 расположены по поверхности пластинки. Внутри пластинки зарядов нет.

Закон сохранения зарядов:

1. $Q = q_1 + q_2$
2. $3Q = q_3 + q_4$

Принцип суперпозиции: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$

Для точек А и С: $E = 0$ (в проекции на ось x)

$$3. \quad EA = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_4}{2\epsilon_0 S} = 0$$

$$4. \quad EC = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_4}{2\epsilon_0 S} = 0$$

Решая систему 4-х уравнений получим:

$$q_1 = q_4 = 2Q, \quad q_2 = -Q, \quad q_3 = Q$$

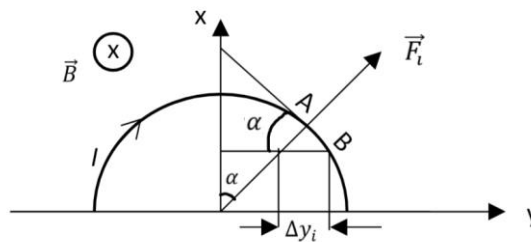
Критерии оценивания:

Записан закон сохранения зарядов	3 балла
Записан принцип суперпозиции	3 балла
Произведен вывод формул	4 балла
Итого	10 баллов

Задача 2.

В лабораторной установке тонкий провод изогнут в полукольцо длиной 3 см. При пропускании через него тока силой 0,1 А вся конструкция помещается в область однородного магнитного поля с индукцией 0,02 Тл. Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости полукольца. Найдите силу, действующую на полукольцо со стороны магнитного поля.

Возможное решение:



На участок АВ полукольца длиной Δl_i действует $F_i = BI\Delta l_i$

Проекция силы на ось x: $F_{ix} = F_i \cdot \cos\alpha_i = BI\Delta l_i \cos\alpha_i$

$$\Delta l_i \cos\alpha_i = \Delta y_i$$

$$F_{ix} = BI\Delta y_i$$

Проводим суммирование по всему полукольцу: $F_x = \sum F_{ix} = BI \sum \Delta y_i = BI2R$

$$F_x = 2BIR$$

Радиус полукольца: $R = \frac{l}{\pi}$

$$F_y = \sum F_{iy} = 0$$

$$F = F_x$$

Отсюда: $F = 2BIR$

$$F = \frac{2BIL}{\pi} \approx 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

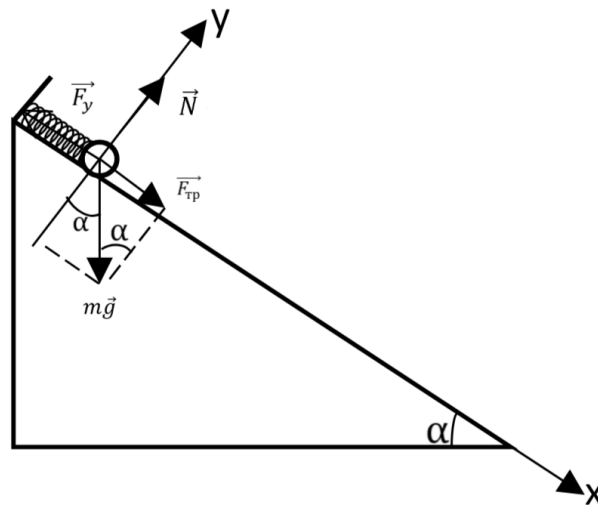
Критерии оценивания:

Приведен рисунок	5 баллов
Сделаны проекции и верный вывод формул	5 баллов
Итого	10 баллов

Задача 3.

К одному концу легкой пружины прикреплен брусок, лежащий на наклонной плоскости с углом наклона 30° . Другой конец пружины закреплен неподвижно. В начальный момент брусок удерживают в положении, при котором пружина не деформирована. Когда брусок отпускают без начальной скорости, он движется в одном направлении и останавливается. При каком минимальном значении коэффициента трения между грузом и плоскостью такое движение бруска возможно?

Возможное решение:



$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F}_y = 0$$

Проекция на ось x: $mg\sin\alpha + F_{\text{тр}} + 0 - F_y = 0$

Проекция на ось y: $-mg\cos\alpha + 0 + N + 0 = 0$

Сила трения: $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$

Изменение кинетической энергии: $\Delta E_k = A_{\text{т}} + A_{\text{тр}} + A_{\text{упр}} \quad (1)$

В момент $\Delta E = 0, v = 0$: $mgx\sin\alpha - \mu mxg\cos\alpha - \frac{kx^2}{2} = 0$

Отсюда: $x = \frac{2mg}{k}(\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha) \quad (2)$

Чтобы после остановки брусок не начал двигаться вверх по наклонной плоскости, должно выполняться: $F_y = F_{\text{тр}} + \mu mg\sin\alpha$

Или координата бруска в момент остановки: $x \leq \frac{mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{k} \quad (3)$

Из уравнений (2) и (3): $\mu = \frac{\tan\alpha}{3} \approx 0,19$

Критерии оценивания:

Приведен рисунок	3 балла
Сделаны проекции сил	2 балла
Произведен вывод формул	2 балла
Найдено верное численное значение коэффициента трения	3 балла
Итого	10 баллов

Задача 4.

Теплоизолированный сосуд объемом 2 м³ разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится 2 моля гелия, а в правой 1 моль аргона. Температура гелия 300 К, а температура аргона 600 К. Атомы гелия легко проходят через перегородку, а атомы аргона не проходят. Чему будет равно давление газа в правой части сосуда после установления теплового равновесия?

Возможное решение:

Внутренняя энергия в начальном состоянии $U_n = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} R (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)$

В конечном: $U_n = \frac{3}{2} \nu_1 R T + \frac{3}{2} \nu_2 R T = \frac{3}{2} R T (\nu_1 + \nu_2)$

Согласно закону сохранения энергии $U_n = U_k: \frac{3}{2} R (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) = \frac{3}{2} R T (\nu_1 + \nu_2)$

Тогда конечная температура $T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$

Закон Дальтона для конечного состояния:

$$P = P'_1 + P'_2 \quad P'_1 V = \nu_1 R T \quad P'_2 \frac{V}{2} = \nu_2 R T$$

$$P = \frac{\nu_1 R T}{V} + \frac{2 \nu_2 R T}{V} = \frac{R T}{V} (\nu_1 + 2 \nu_2)$$

Подставим в это выражение конечную температуру T:

$$P = \frac{R}{V} \cdot \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} \cdot (\nu_1 + 2 \nu_2) = 6,65 \text{ кПа}$$

Критерии оценивания:

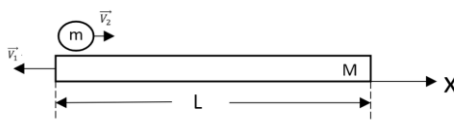
Определена внутренняя энергия в начальном и конечном состояниях	2 балла
Применен закон сохранения энергии	1 балл
Использован закон Дальтона	3 балла

Произведен вывод формулы	2 балла
Получен верный ответ	2 балла
Итого	10 баллов

Задача 5.

На идеально гладком льду замерзшего озера лежит длинная доска массой M и длиной L . По ней от одного конца к другому перемещается маленький песец массой m . На какое расстояние S сместится доска относительно льда к тому моменту, когда песец добежит до её противоположного края?

Возможное решение:



Закон сохранения импульса: $M\vec{V}_1 = m\vec{V}_2 = 0$

Пусть U - скорость песка относительно доски, отсюда: $\vec{V}_2 = \vec{V}_1 + \vec{U}$

$$MV_1 + m(V_1 + U) = 0$$

$$V_1 = -U \frac{m}{M + m}$$

Перемещение доски относительно льда: $S = V_1 t$

Перемещение песка относительно доски: $L = Ut$

$$S = V_1 \frac{L}{U} = -U \frac{m}{M + m} \cdot \frac{L}{U} = \left| -\frac{m}{M + m} \cdot L \right|$$

$$S = \frac{m}{M + m} \cdot L$$

Критерии оценивания:

Представлен рисунок	2 балла
Приведен закон сохранения импульса	2 балла
Произведен вывод формул	3 балла
Получен верный ответ	3 балла
Итого	10 баллов