

Физика.
Практические занятия.
1 семестр

Преподаватель
Аношина О.В.

104. Тело движется вдоль оси x согласно уравнению $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $B = 2 \text{ м/с}$; $C = 1 \text{ м/с}^2$; $D = 0,5 \text{ м/с}^3$. Какой путь S оно пройдет за промежуток времени, в течение которого его ускорение возрастет с $a_1 = 5 \text{ м/с}^2$ до $a_2 = 11 \text{ м/с}^2$?

104. Дано:

$$x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$$

$$B = 2 \text{ м/с}$$

$$C = 1 \text{ м/с}^2$$

$$D = 0,5 \text{ м/с}^3$$

$$a_1 = 5 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = 11 \text{ м/с}^2$$

$$S = ?$$

Решение.

$$S = x_2 - x_1$$

$$v = \frac{dx}{dt} = (A + Bt + Ct^2 + Dt^3)' =$$

$$= B + 2Ct + 3Dt^2$$

$$a = \frac{dv}{dt} = (B + 2Ct + 3Dt^2)' =$$

$$= 2C + 6Dt$$

$$a_1 = 2C + 6Dt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{a_1 - 2C}{6D}$$

$$t_1 = \frac{5 - 2 \cdot 1}{6 \cdot 0,5} = 1 \text{ с}$$

$$a_2 = 2C + 6Dt_2$$

$$t_2 = \frac{a_2 - 2C}{6D} = \frac{11 - 2 \cdot 1}{6 \cdot 0,5} = 3 \text{ c}$$

$$\begin{aligned} S &= X_2 - X_1 = X(t_2) - X(t_1) = (A + Bt_2 + Ct_2^2 + Dt_2^3) - \\ &- (A + Bt_1 + Ct_1^2 + Dt_1^3) = B(t_2 - t_1) + C(t_2^2 - t_1^2) + D(t_2^3 - t_1^3) = \\ &= 2 \cdot (3 - 1) + 1 \cdot (3^2 - 1^2) + 0,5 \cdot (3^3 - 1^3) = 25 \text{ m.} \end{aligned}$$

Ответ: $S = 25 \text{ m.}$

111. Зависимость пути s , пройденного телом, от времени t определяется уравнением $s = At + Bt^2$, где $A = -1$ м/с; $B = 0,5$ м/с². В какой момент времени тангенциальное ускорение a_t будет равно нормальному ускорению a_n , если радиус кривизны траектории равен $R = 1$ м? Определить также полное ускорение a в этот момент времени.

111. Дано:

$$s = At + Bt^2$$

$$A = -1 \text{ м/с}$$

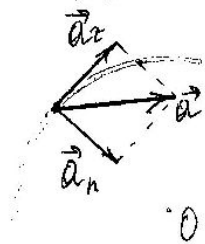
$$B = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$R = 1 \text{ м}$$

$$t (a_n = a_t) - ?$$

$$a - ?$$

Решение



$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$$

$$a_t = \frac{dv}{dt}, \quad a_n = \frac{v^2}{R}$$

$$v = \frac{ds}{dt} = (At + Bt^2)' =$$

$$= A + 2B \cdot t$$

$$a_t = (A + 2Bt)' = 2B = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ м/с}^2$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(A + 2Bt)^2}{R} = \frac{(-1 + 2 \cdot 0,5t)^2}{1} =$$

$$= (-1 + t)^2$$

$$a_n = a_t \Leftrightarrow (-1 + t)^2 = 1; \quad -1 + t = 1 \Rightarrow t = 2 \text{ с.}$$

$$a_n = (-1 + 2)^2 = 1 \text{ м/с}^2 \Rightarrow a = \sqrt{1^2 + 1^2} \approx 1,41 \text{ м/с}^2.$$

$$\text{Ответ: } t = 2 \text{ с.}; \quad a = 1,41 \text{ м/с}^2.$$

128. Машина Атвуда, представляющая собой систему из двух тел массами m_1 и m_2 , соединенных невесомой нитью, перекинутой через невесомый блок, может быть использована для взвешивания тел. Определить массу тела m_1 , если тело массой $m_2 = 2$ кг движется вниз с ускорением $a = 1,4$ м/с².

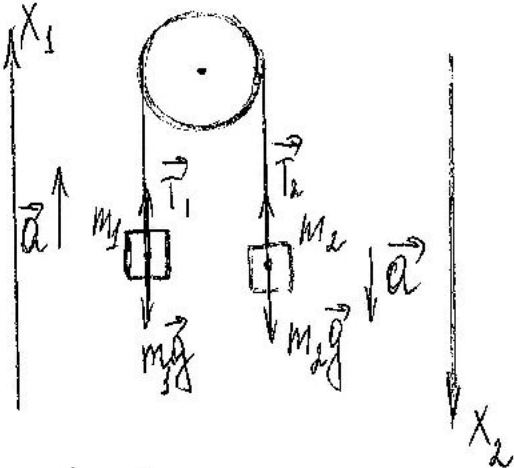
128. Дано:

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$a = 1,4 \text{ м/с}^2$$

$$m_1 = ?$$

Решение



II-й закон Ньютона:

$$m_1 \vec{g} + \vec{T}_1 = m_1 \vec{a}_1$$

$$m_2 \vec{g} + \vec{T}_2 = m_2 \vec{a}_2$$

$$a_1 = a_2, \quad T_1 = T_2$$

$$\text{ОХ}_1: \quad T - m_1 g = m_1 a$$

$$\text{ОХ}_2: \quad m_2 g - T = m_2 a$$

$$m_2 g - m_1 g = m_1 a + m_2 a$$

$$m_2 g - m_2 a = m_1 a + m_1 g$$

$$m_1 = \frac{m_2 (g - a)}{g + a} = \frac{2 \cdot (9,8 - 1,4)}{9,8 + 1,4} = 1,5 \text{ кг}$$

Ответ: $m_1 = 1,5$ кг.

142. Тело массой $m = 1$ кг, теплоемкость которого $C = 453$ Дж/К, соскальзывает без начальной скорости с наклонной плоскости высотой $h = 1$ м. Определить скорость тела в конце плоскости, если, соскользнув, оно нагрелось на $\Delta T = 0,015$ К.

142. Дано:

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$C = 453 \text{ Дж/К}$$

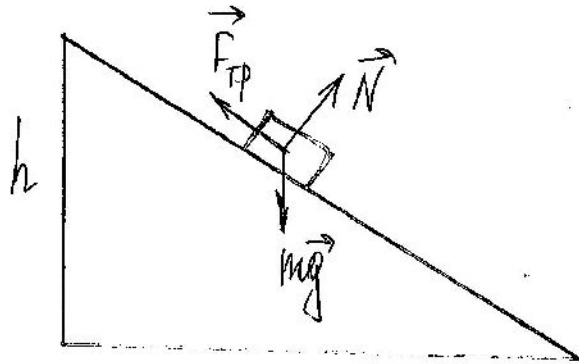
$$v_0 = 0$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$\Delta T = 0,015 \text{ К}$$

$$v = ?$$

Решение.



Закон сохранения энергии:
 $\Delta W = A_{\text{тр}} = Q$

$$W_1 - W_2 = Q$$

$$mgh - \frac{mv^2}{2} = cm\Delta T \quad | : m$$

$$gh - \frac{v^2}{2} = c\Delta T \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot (gh - c\Delta T)}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot (9,8 \cdot 1 - 453 \cdot 0,015)} = 2,45 \text{ м/с}$$

Ответ: $v = 2,45 \text{ м/с}$.

166. На вращающееся тело действует механический момент, изменяющийся по закону $M = M_0 + At$, где $M_0 = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $A = 200 \text{ (Н} \cdot \text{м/с)}$. На сколько изменится момент импульса этого тела за время $t = 1,5 \text{ с}$?

166. Дано:

$$M = M_0 + A \cdot t$$

$$M_0 = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$A = 200 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$t = 1,5 \text{ с}$$

$$\Delta L - ?$$

Решение.

Основной закон динамики вращательного движения:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

$$\Rightarrow dL = M dt$$

$$\Delta L = \int_0^t M dt = \int_0^t (M_0 + At) dt =$$

$$= \int_0^t M_0 dt + \int_0^t At dt = M_0 t + \frac{At^2}{2}$$

$$\Delta L = 100 \cdot 1,5 + \frac{200 \cdot 1,5^2}{2} = 375 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } \Delta L = 375 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$$

215. Баллон содержит кислород при давлении $P=2$ МПа. Найти его плотность, если средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы кислорода равна $\langle E_k \rangle = 6,21 \cdot 10^{-21}$ Дж.

215. Дано:

O_2

$$p = 2 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\langle E \rangle = 6,21 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$\rho = ?$

Решение

Основное уравнение МКТ:

$$p = \frac{2}{3} n \langle E \rangle$$

$$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \cdot \frac{m_0}{m_0} \langle E \rangle = \frac{2}{3} \frac{m}{V m_0} \langle E \rangle$$

$$p = \frac{2}{3} \frac{\rho}{m_0} \langle E \rangle = \frac{2}{3} \frac{\rho \cdot N_A}{M} \langle E \rangle$$

$$M(O_2) = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{p \cdot 3 M}{2 N_A \langle E \rangle} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 6,21 \cdot 10^{-21}} = 25,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\text{Ответ: } \rho = 25,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

233. Закрытый баллон вместимостью $0,8 \text{ м}^3$ заполнен азотом под давлением $2,3 \text{ МПа}$ при температуре 20°С . Количество теплоты, переданное газу, равно $4,5 \text{ МДж}$. Определить температуру и давление газа в конце процесса.

233. Дано:

$$V = 0,8 \text{ м}^3$$

$$p_1 = 2,3 \text{ МПа} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$t_1 = 20^\circ \text{С} = 293 \text{ К}$$

$$Q = 4,5 \text{ МДж} = 4,5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$T_2 = ? \quad p_2 = ?$$

Решение.

Поскольку баллон закрыт, то с газом протекает изохорный процесс:

$$V = \text{const}, \quad \gamma = \text{const}$$

$$\Rightarrow A = 0$$

$$Q = \Delta U + A = \Delta U;$$

$$Q = \Delta U = \frac{i}{2} \Delta p V = \frac{i}{2} (p_2 - p_1) V$$

$$p_2 = \frac{2Q}{iV} + p_1$$

Азот - двухатомный газ в свободном состоянии, поэтому $i = 5$.

$$p_2 = \frac{2 \cdot 4,5 \cdot 10^6}{5 \cdot 0,2} + 2,3 \cdot 10^6 = 4,55 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Объединяем газовой закон:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1} = \frac{p_2 T_1}{p_1} = \frac{4,55 \cdot 10^6 \cdot 293}{2,3 \cdot 10^6}$$

$$T_2 = 579,6 \text{ К} = 306^\circ \text{C}.$$

Ответ: $T_2 = 579,6 \text{ К} = 306^\circ \text{C}$, $p_2 = 4,55 \cdot 10^6 \text{ Па}.$

250. Углекислый газ в количестве 5 моль переходит из состояния с начальной температурой 27°C в состояние с температурой 177°C . Определить изменение энтропии газа, если его объем при этом возрастает в 2 раза.

250. Дано:

CO_2

$\nu = 5 \text{ моль}$

$t_1 = 27^{\circ}\text{C} = 300 \text{ K}$

$t_2 = 177^{\circ}\text{C} = 450 \text{ K}$

$V_2 = 2 V_1$

$\Delta S = ?$

Решение.

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{dU + \delta A}{T} =$$

$$= \int_1^2 \frac{\frac{i}{2} \nu R dT + p dV}{T} =$$

$$= \int_1^2 \frac{\frac{i}{2} \nu R dT}{T} + \int_1^2 \frac{p}{T} dV =$$

$$= [pV = \nu R T] = \int_1^2 \frac{\frac{i}{2} \nu R dT}{T} + \int_1^2 \nu R \frac{dV}{V} =$$

$$= \frac{i}{2} \nu R \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + \nu R \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \frac{i}{2} \nu R \ln \frac{T_2}{T_1} + \nu R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

CO_2 - трехатомный газ $\Rightarrow i = 6$.

$$\Delta S = \frac{6}{2} \cdot 5 \cdot 8,31 \ln \left(\frac{450}{300} \right) + 5 \cdot 8,31 \ln 2 = 165,74 \text{ Дж/К}$$

Ответ: $\Delta S = 165,74 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$.

255. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 22 \text{ нКл}$ и $q_2 = -44 \text{ нКл}$ равно 5 см. Найти напряженность и потенциал электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от положительного заряда и 4 см от отрицательного заряда.

255. Дано:

$$q_1 = 22 \text{ нКл} = 22 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -44 \text{ нКл} = -44 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

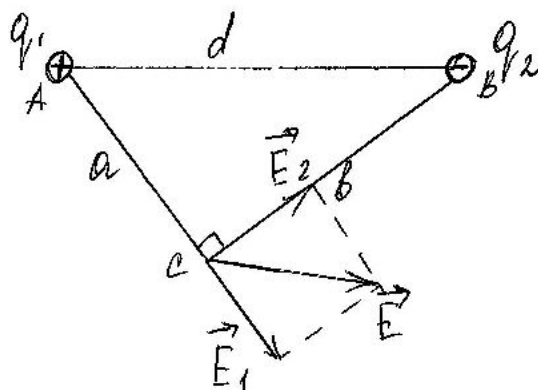
$$d = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$a = 3 \text{ см} = 0,03 \text{ м}$$

$$b = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$$

$$E - ? \quad \varphi - ?$$

Решение



По принципу суперпозиции:
 $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2$

$\triangle ABC$ - "египетский" треугольник, поскольку обладает сторонами 3 см, 4 см и 5 см $\Rightarrow$
 $\angle ACB = 90^\circ \Rightarrow \vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$

$$\Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 a^2}\right)^2 + \left(\frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 b^2}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{22 \cdot 10^{-9}}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,03^2}\right)^2 + \left(\frac{44 \cdot 10^{-9}}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,04^2}\right)^2} = 683 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 a} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 b} = \frac{22 \cdot 10^{-9}}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,03} - \frac{44 \cdot 10^{-9}}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,04} = -3298,7 \text{ В} \approx -3,3 \text{ кВ}.$$

ОТВЕТ: $E = 683 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $\varphi = -3,3 \text{ кВ}$.

279. Электрическая цепь состоит из источника тока с ЭДС $\varepsilon = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом и параллельно подключенных сопротивления $R = 3$ Ом и конденсатора емкостью $C = 100$ мкФ. Определить заряд на обкладках конденсатора.

279. Дано:

$$\varepsilon = 10 \text{ В}$$

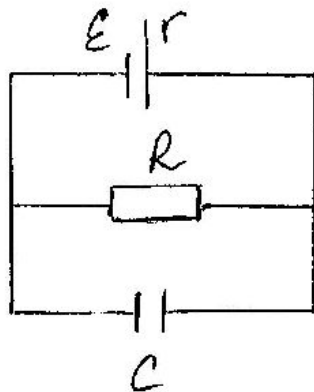
$$r = 2 \text{ Ом}$$

$$R = 3 \text{ Ом}$$

$$C = 100 \text{ мкФ}$$

$$q = ?$$

Решение.



$$C = \frac{q}{U} \Rightarrow$$

$$q = CU$$

Поскольку конденсатор подключён параллельно к резистору, то

$$U_C = U_R = IR$$

По закону Ома $I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow$

$$q = CU = CIR = \frac{C\varepsilon R}{R+r} = \frac{100 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 3}{5} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ Кл.}$$

Ответ: $q = 6 \cdot 10^{-4} \text{ Кл.}$