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 м/с; C = 1 м/с^2; D = 0,5 м/с^3. Какой путь S оно пройдет за промежуток времени, в течение которого его ускорение возрастет с a_1 = 5 м/с^2 до a_2 = 11 м/с^2?

104. Дано:

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

$B = 2$ м/с

$C = 1$ м/с^2

$D = 0,5$ м/с^3

$a_1 = 5$ м/с^2

$a_2 = 11$ м/с^2

S - ?

Решение.

$S = X_2 - X_1$

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

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

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

$= 2C + 6Dt$

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

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

$$a_2 = 2C + 6Dt_2$$

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

$$S = X_2 - X_1 = X(t_2) - X(t_1) = (A + Bt_2 + Ct_2^2 + Dt_2^3) -$$

$$-(A + Bt_1 + Ct_1^2 + Dt_1^3) = B(t_2 - t_1) + C(t_2^2 - t_1^2) + D(t_2^3 - t_1^3) =$$

$$= 2 \cdot (3 - 1) + 1 \cdot (3^2 - 1^2) + 0{,}5 \cdot (3^3 - 1^3) = 25\ м.$$

Ответ: $S = 25\ м$.

111. Зависимость пути *s*, пройденного телом, от времени *t* определяется уравнением $s = At+Bt^2$, где $A = -1$ м/с; $B = 0{,}5$ м/с^2. В какой момент времени тангенциальное ускорение $a_т$ 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:

$S = At + Bt^2$

$A = -1$ м/с

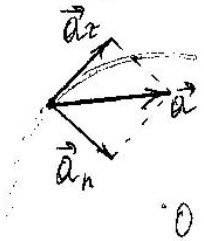
$B = 0{,}5$ м/с^2

$R = 1$ м

$t\ (a_n = a_\tau) - ?$

$a - ?$

Решение



$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

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

$$v = \frac{ds}{dt} = (At + Bt^2)' = A + 2B \cdot t$$

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

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

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

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

Ответ: $t = 2$ с; $a = 1{,}41$ 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/с^2.

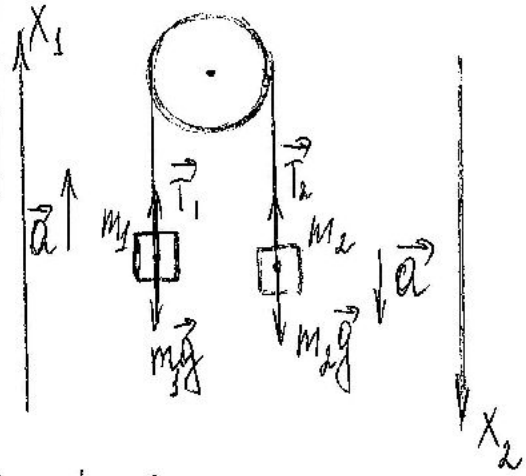
128. Дано:

$m_2 = 2$ кг

$a = 1{,}4$ м/с^2

m_1 - ?

Решение



II-й закон Ньютона:

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

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

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

$$OX_1: \quad T - m_1 g = m_1 a$$

$$OX_2: \quad m_2 g - T = m_2 a$$

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

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

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

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 ΔT = 0,015 К.

142. Дано:

$m = 1$ кг

$C = 453$ Дж/К

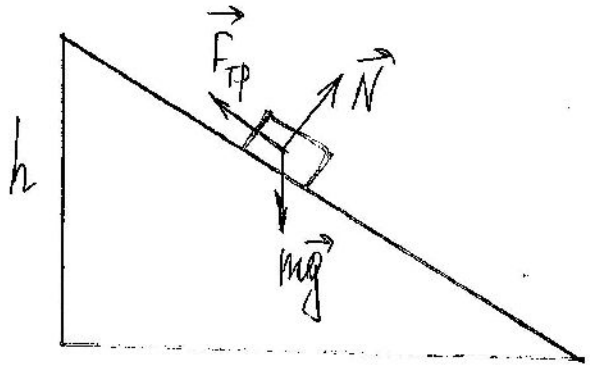
$v_0 = 0$

$h = 1$ м

$\Delta T = 0{,}015$ К

v - ?

Решение.



Закон сохранения энергии:

$$\Delta W = A_{тр} = Q$$

$$W_1 - W_2 = Q$$

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

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

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

Ответ: $v = 2{,}45$ м/с.

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

166. Дано:

$M = M_0 + A \cdot t$

$M_0 = 100$ Н·м

$A = 200 \frac{Н \cdot м}{с}$

$t = 1{,}5$ с

ΔL - ?

Решение.

Основной закон динамики вращательного движения:

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

$$\Rightarrow dL = M dt$$

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

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

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

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

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

215. Дано:

O_2

$p = 2$ МПа $= 2 \cdot 10^6$ Па

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

ρ - ?

Решение

Основное уравнение МКТ:

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

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

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

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

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

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

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

233. Дано:

$V = 0{,}8\ м^3$

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

$t_1 = 20°C = 293\ K$

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

T_2 - ? p_2 - ?

Решение.

Поскольку баллон закрытый, то с газом протекает изохорный процесс:

$V = const$, $\nu = const$

$\Rightarrow A = 0$

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

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

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

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

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

Объединенный газовый закон:

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

$$T_2 = 579{,}6 \text{ K} = 306 \text{ °C}.$$

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

250. Углекислый газ в количестве 5 моль переходит из состояния с начальной температурой 27^0С в состояние с температурой 177^0С. Определить изменение энтропии газа, если его объем при этом возрастает в 2 раза.

250. Дано:

CO_2

$\nu = 5$ моль

$t_1 = 27°C = 300K$

$t_2 = 177°C = 450K$

$V_2 = 2V_1$

ΔS - ?

Решение.

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

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

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

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

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

CO_2 – трёхатомный 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 нКл и q_2 = -44 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:

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

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

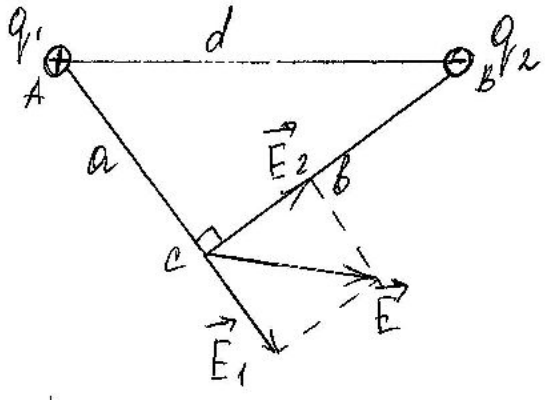
$d = 5$ см $= 0{,}05$ м

$a = 3$ см $= 0{,}03$ м

$b = 4$ см $= 0{,}04$ м

E - ? φ - ?

Решение



По принципу суперпозиции:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

ΔABC – „египетский" треугольник, поскольку обладает сторонами 3 см, 4 см и 5 см $\Rightarrow$

$\angle ACB = 90^\circ \Rightarrow \vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$

$$\Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{q_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 a^2}\right)^2 + \left(\frac{q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 b^2}\right)^2} =$$

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

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 a} + \frac{q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 b} = \frac{22\cdot10^{-9}}{4\pi\cdot8{,}85\cdot10^{-12}\cdot0{,}03} -$$

$$-\frac{44\cdot10^{-9}}{4\pi\cdot8{,}85\cdot10^{-12}\cdot0{,}04} = -3298{,}7\ В \approx -3{,}3\ кВ.$$

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

279. Электрическая цепь состоит из источника тока с ЭДС ε = 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:

$\mathcal{E} = 10$ В

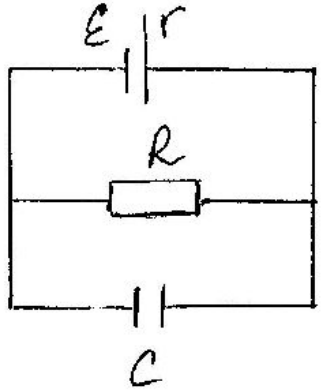
$r = 2$ Ом

$R = 3$ Ом

$C = 100$ 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 $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \Rightarrow$

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

Ответ: $q = 6 \cdot 10^{-4}$ Кл.