1 тур

1.1 Задача

Материальная точка движется с начальной скоростью 2 $м/с$ и постоянным ускорением 1 $м/с^2$, направленным под углом 135 градусов к начальной скорости.

1.1.1

Найдите время, за которое вектор скорости повернется на 90° относительно начального направления. Ответ приведите в секундах и округлите до десятых.

Ответ: 2.8

Решение: $V_0 + a\,cos(\alpha t) = 0$

$$t = \frac{-V_0}{a\,cos(\alpha)} = \frac{-2}{1 \cdot cos(135°)} \approx 2{,}8\ с$$

1.1.2

Найдите модуль скорости материальной точки в момент времени, когда вектор скорости повернется на 90° относительно начального направления. Ответ приведите в $м/с$ с точностью до целых.

Ответ: 2

Решение: $|V| = a\,sin(\alpha t) = a\,sin\alpha\,(\frac{V_0}{a\,cos(\alpha)})$

$$|V| = -V_0 \cdot tga(\alpha) = -2 \cdot tg(135°) = 2\ м/с$$

1.1.3

Найдите модуль перемещения материальной точки за время, в течение которого вектор скорости повернется на 90° относительно начального направления. Ответ приведите в метрах и округлите до целых.

Ответ: 4

Решение: $S_x = V_0 t + \frac{a\,cos(\alpha t^2)}{2} = \frac{-{V_0}^2}{2a\,cos(\alpha)}$

$$S_y = \frac{a\,sin(\alpha)}{2} \cdot t^2 = \frac{a\,sin(\alpha)}{2} \cdot \frac{{V_0}^2}{a^2\,cos^2(\alpha)} = \frac{{V_0}^2\,tg(\alpha)}{2a\,cos(\alpha)}$$

$$S = \sqrt{{S_x}^2 + {S_y}^2} = \sqrt{\frac{\frac{1}{4}V_0^4}{a^2\,cos^2(\alpha)} + \frac{V_0^4 \cdot tg^2(\alpha)}{4a^2\,cos^2(\alpha)}} = \left|\frac{{V_0}^2}{2a\,cos(\alpha)}\right| \sqrt{1 + tg^2(\alpha)} = 4\ м$$

1.2 Задача

Два бруска массами m_1 и $3m_1$ $кг$, движущиеся прямолинейно по горизонтальной шероховатой поверхности навстречу друг другу со скоростями непосредственно перед ударом V_1 и $2V_1$ соответственно, абсолютно упруго сталкиваются друг с другом.

1.2.1

Найдите отношение относительной скорости брусков к скорости первого бруска. Ответ приведите с точностью до целых.

Ответ: 3

Решение: $\left(\dfrac{V_1 + 2V_1}{V_1}\right) = 3$

1.2.2

Найдите отношение расстояния, на которое отъедет от точки соударения после столкновения первый брусок к расстоянию, на которое отъедет от точки соударения после столкновения второй брусок. Ответ приведите с точностью до целых.

Ответ: 49

Решение: После столкновения начальные скорости брусков

$$V_1 = \frac{V_1(m_1 - m_2) - 2m_2 V_2}{m_1 + m_2} = \frac{V_1(m_1 - 3m_1) - 2\cdot 3m_1\, 2V_1}{m_1 + 3m_1} = -3.5\, V_1$$

$$V_2 = \frac{2V_1\, m_1 - V_2(m_2 - m_1)}{m_1 + m_2} = \frac{2V_1\, m_1 - 2V_1(3m_1 - m_1)}{m_1 + 3m_1} = -0.5\, V_1$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{-2} = \left(\frac{3.5}{0.5}\right)^2 = 49$$

1.2.3

Найдите расстояние между брусками после остановки, если $m_1 = 1$ *кг* и $V_1 = 1$ *м/с*, а коэффициент трения между брусками и поверхностью 0,1. Ответ приведите в метрах с точностью до целых. Удар абсолютно упругий. Все движения поступательные и вдоль одной прямой. Ускорение свободного падения примите равным 10 *м/с*^{2}.

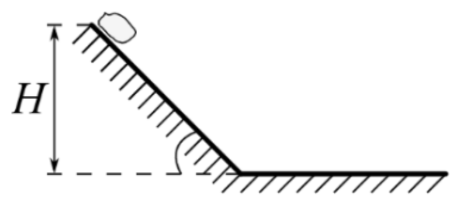
Ответ: 6

Решение: $L_1 = \left(\dfrac{V_1^2}{2\,\mu g}\right)$; $L_2 = \left(\dfrac{V_2^2}{2\,\mu g}\right)$

$$L_1 - L_2 = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2\,\mu g} = \frac{3.5^2 - 0.25}{2\cdot 0.1\cdot 10} = 6 \text{ м}$$

1.3 Задача

Мешок с песком массой 20 *кг* соскальзывает без начальной скорости с высоты $H = 2$ *м* по шероховатой наклонной поверхности, угол наклона к горизонту которой равен 80°, переходящей в горизонтальную шероховатую поверхность. Коэффициент трения мешка о поверхности 0,4. Ускорение свободного падения примите равным 10 *м/с*^{2}.



1.3.1

Найдите количество теплоты, которое выделится к моменту остановки мешка. Ответ приведите в *Дж* с точностью до целых.

Ответ: 400

Решение: $Q = mgH = 20\cdot 10\cdot 2 = 400$ *Дж*

1.3.2

Найдите скорость мешка непосредственно перед съездом на горизонтальную поверхность. Ответ приведите в *м/с* и округлите до десятых.

Ответ: 6.1

Решение: $V=\sqrt{2gH(1-\mu\cdot ctg(\alpha))}=\sqrt{2\cdot 10\cdot 2(1-0.4\cdot ctg(80^\circ))}\approx 6.1$ *м/с*

1.3.3

Найдите расстояние, которое проедет мешок до остановки по горизонтальной поверхности после съезда. Ответ приведите в метрах с точностью до целых. Время соударения мешка о горизонтальную поверхность считайте пренебрежимо малым.

Ответ: 0

Решение: т.к. $cos(\alpha)-\mu sin(\alpha)<0$, то $L=0$

1.4 Задача

Уравнение теплового процесса, в котором участвует один моль одноатомного идеального газа:

$$\frac{P}{V}=const,$$

где P — давление, V — объём.

1.4.1

Найдите, во сколько раз увеличится температура газа при увеличении давления газа в 3 раза в этом процессе. Ответ приведите с точностью до целых.

Ответ: 9

Решение: $\frac{P}{V}=const\Rightarrow\frac{P^2}{T}=const$

$$\frac{P_2^2T_1}{P_1^2T_2}=1$$

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2=9$$

1.4.2

Найдите теплоёмкость газа в данном процессе. Ответ приведите в $\frac{Дж}{моль\cdot K}$ и округлите до десятых.

Ответ: 16.6

Решение: $\frac{P}{V}=PV^{-1}=const$

$$\frac{C-C_p}{C-C_V}=-1\Rightarrow -C+C_V=C-C_p$$

$$2C=C_p+C_V\Rightarrow C=2R=2\cdot 8.31\approx 16.62\ \frac{Дж}{моль\cdot K}$$

1.4.3

Найдите отношение работы, совершенной газом при расширении от объёма V_1 до объёма $5V_1$, к работе, совершенной газом при расширении от объёма V_1 до объёма $2V_1$. Ответ приведите с точностью до целых. Количество вещества в процессе остаётся неизменным. Универсальную газовую постоянную примите равной 8,31 $\frac{Дж}{моль\cdot K}$.

Ответ: 8

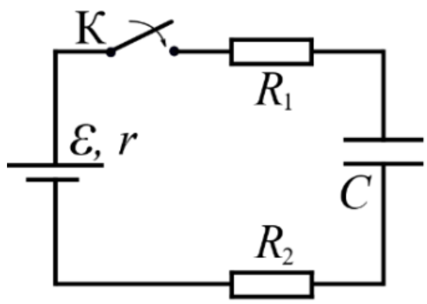
Решение: $P=\alpha V$

$A = \dfrac{\alpha}{2}\left(V_2^2 - V_1^2\right)$

$\dfrac{A_2}{A_1} = \dfrac{25-1}{4-1} = \dfrac{24}{3} = 8$

1.5 Задача

В схеме, изображенной на рисунке $\varepsilon = 12\ В$, $r = 10\ Ом$, $R_1 = 20\ Ом$, $R_2 = 30\ Ом$, $C = 150\ мкФ$. Конденсатор не заряжен. Ключ К замыкают.



1.5.1

Найдите ток в цепи сразу после замыкания ключа. Ответ приведите в A с точностью до десятых.

Ответ: 0.2

Решение: $I = \dfrac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r} = \dfrac{12}{20+30+10} = 0.2\ A$

1.5.2

Найдите количество теплоты, выделившееся на резисторе R_1 после замыкания ключа. Ответ приведите в $мДж$ с точностью до десятых.

Ответ: 3.6

Решение: $Q = \dfrac{C\varepsilon^2}{2} \cdot \dfrac{R_1}{R_1 + R_2 + r} = \dfrac{150 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2}{2} \cdot \dfrac{20}{(20+30+10)} = 3.6\ мДж$

1.5.3

Найдите модуль скорости изменения тока в цепи при токе в два раза меньшем максимального тока. Ответ приведите в A/c и округлите до десятых.

Ответ: 11.1

Решение: $\dfrac{q}{C} + I(R_1 + R_2 + r) = \varepsilon \Rightarrow \dfrac{1}{C}\dfrac{da}{dt} + \dfrac{dI}{dt}(R_1 + R_2 + r) = 0$

$$\left|\frac{dI}{dt}\right| = \frac{I}{C(R_1 + R_2 + r)} = \frac{0.1}{150 \cdot 10^{-6} \cdot (20+30+10)} \approx 11.1\ A/c$$

2 тур

2.1 Задача

Материальная точка движется с начальной скоростью 2 $м/с$ и ускорением, зависящим от времени по закону $a = \alpha \cdot t$, где постоянная $\alpha = 1\ м/с^3$, направленным перпендикулярно к начальной скорости.

2.1.1

Найдите модуль скорости материальной точки в момент времени, когда вектор скорости повернется на 45° относительно начального направления. Ответ приведите в $м/с$ и округлите до десятых.

Ответ: 2.8

Решение: $|V| = \sqrt{2}V_0 \approx 2.8\ м/с$

2.1.2

Найдите время, за которое вектор скорости повернется на 45° относительно начального направления. Ответ приведите в секундах с точностью до целых.

Ответ: 2

Решение: $V_0 = \dfrac{\alpha t^2}{2};\ t = \sqrt{\dfrac{2V_0}{\alpha}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 2}{1}} = 2\ с$

2.1.3

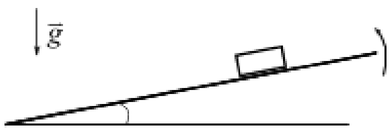
Найдите радиус кривизны траектории материальной точки в момент времени, когда вектор скорости повернется на 45° относительно начального направления. Ответ приведите в метрах и округлите до десятых.

Ответ: 5.7

Решение: $R = \dfrac{V^2}{\alpha t\, cos(\varphi)} = \dfrac{(\sqrt{2}V_0)^2}{\alpha t\, cos(\varphi)} = \dfrac{2 \cdot 4 \cdot 2}{1 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}} = \dfrac{8}{\sqrt{2}} = 5.7\ м$

2.2 Задача

Брусок покоится на гладкой, лежащей горизонтально доске. Угол наклона доски начинают медленно и равномерно увеличивать, поворачивая доску относительно одного из её концов с угловой скоростью 1 градус в секунду.



2.2.1

Найдите ускорение бруска через 1 секунду после начала вращения доски. Ответ приведите в $м/с^2$ и округлите до сотых.

Ответ: 0.17

Решение: $a = g \cdot sin(\omega t) \approx g \cdot \omega t \approx 10 \cdot рад(1^\circ) \cdot 1 \approx 0.17\ м/с^2$

2.2.2

Найдите отношение скорости бруска относительно доски через 3 секунды после начала движения к скорости бруска относительно доски через 1 секунду после начала движения. Ответ приведите с точностью до целых.

Ответ: 9

Решение: $V = \dfrac{g\omega t^2}{2}$

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 = \left(\frac{3}{1}\right)^2 = 9$$

2.2.3

Найдите угол, при повороте на который скорость бруска будет составлять 3 $м/с$. Ответ приведите в градусах и округлите до десятых.Ускорение свободного падения примите равным 10 $м/с^2$. Движение бруска происходит в одной вертикальной плоскости. Сопротивление воздуха не учитывайте. Брусок движется на небольшом расстоянии от оси вращения доски, поэтому неинерциальностью системы отсчёта, связанной с доской при данном значении угловой скорости, можно пренебречь.
Примечание: при малых α, $sin(\alpha) \approx \alpha$.

Ответ: 5.9

Решение: $V = \dfrac{g\alpha^2}{2\omega}$

$$\alpha \approx \sqrt{\frac{2\,\omega V}{g}} \approx \sqrt{2 \cdot рад \frac{1^\circ \cdot 3}{10}} = 5.9^\circ$$

2.3 Задача

В герметичном теплопроводящем сосуде, закрытым герметичным подвижным поршнем находится влажный воздух с относительной влажностью 40 % под давлением 50 $кПа$.

2.3.1

Во сколько раз нужно уменьшить объём сосуда, чтобы внутри началась конденсация воды? Ответ приведите с точностью до десятых.

Ответ: 2.5

Решение: $n\varphi = 1 \Rightarrow n = \dfrac{1}{\varphi} = \dfrac{1}{0.4} = 2.5$

2.3.2

Найдите отношение начальной плотности водяного пара к плотности водяного пара при объёме в 5 раз меньше начального. Ответ приведите с точностью до десятых.

Ответ: 0.4

Решение: В начале (V)

$$P_П V = \frac{m}{\mu} RT;\ P_П = \frac{\rho_П}{\mu} RT;\ \rho_П = \frac{\mu P_П}{RT} = \frac{\mu \cdot \varphi P_П}{RT}$$

В конце $\left(\dfrac{V}{5}\right)$

$${\rho_П}' = \frac{\mu P_П}{RT}$$

$$\left(\frac{{\rho_П}'}{\rho_П}\right)^{-1} = 0.4$$

2.3.3

Найдите отношение давления влажного воздуха в сосуде при объёме в 5 раз меньше начального к начальному давлению влажного воздуха в сосуде. Ответ приведите с точностью до целых. Содержимое сосуда всё время поддерживается при температуре $100°C$. Объёмом сконденсировавшейся воды пренебрегите. Давление насыщенного пара при температуре $100°C$ примите равным 100 *кПа*.

Ответ: 3

Решение: Давление вначале

$$P = P_{св} + P_н; \; P_{св} = (P - \varphi P_н)$$

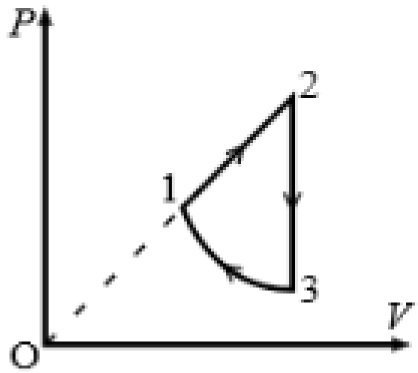
В конце

$$P_к = 5P_{св} + P_н = 5(P - \varphi P_н) + P_н = 5P - 5\varphi P_н + P_н = 5P - P_н(5\varphi - 1)$$

$$\frac{P_к}{P} = 5 - \frac{P_н}{P}(5\varphi - 1) = 5 - \frac{100}{50}(5 \cdot 0.4 - 1) = 3$$

2.4 Задача

Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс 1-2-3, показанный на рисунке. В процессе 1–2 газ расширяется так, что давление увеличивается прямо пропорционально объёму. В процессе 2-3 давление газа изохорически уменьшается. В процессе 3-1 объём газа уменьшается изотермически.



2.4.1

Найдите отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа в процессе 1-2. Ответ приведите с точностью до целых.

Ответ: 3

Решение: $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$

$$A_{12} = \frac{1}{2}(P_2 + P_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$$

2.4.2

Найдите отношение количества теплоты, полученного газом в процессе 1-2 к количеству теплоты отданного газом в процессе 2-3. Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1.3

Решение: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 2(T_2 - T_1)$

$$Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) \Rightarrow \frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{4}{3} \approx 1.3$$

2.4.3

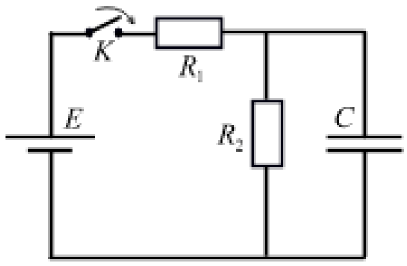
Найдите молярную теплоёмкость газа в процессе 1-2. Ответ приведите в $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot K}$ и округлите до десятых.

Ответ: 16.6

Решение: $C = 2R = 2 \cdot 8.31 \approx 16.6 \ \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot K}$

2.5 Задача

В электрической цепи, состоящей из батареи с ЭДС 40 B, двух резисторов сопротивлением $R_1 = 10$ $Ом$, $R_2 = 20$ $Ом$ и конденсатора ёмкостью 100 $мкФ$ (см. рис.), замыкают ключ К.



2.5.1

Найдите ток через источник в момент замыкания ключа. Ответ приведите в A с точностью до целых.

Ответ: 4

Решение: $I = \frac{\varepsilon}{R_1} = \frac{40}{10} = 4 \ A$

2.5.2

Найдите ток, проходящий через конденсатор, в момент времени, когда напряжение на конденсаторе равно 10 B. Ответ приведите в A с точностью до десятых.

Ответ: 2.5

Решение: $I_2 \cdot R_2 = U_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{10}{20} = 0.5 \ A$

Напряжение на R_1: $U_1 = E - U_2 = 30 \ B$

Ток через R_1: $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{30}{10} = 3 \ A$

$I_1 = I_2 + I_c \Rightarrow I_c = I_1 - I_2 = 3 - 0.5 = 2.5 \ A$

2.5.3

Найдите скорость изменения тока, протекающего через сопротивление R_2, в момент времени, когда напряжение на конденсаторе равно 10 B. Ответ приведите в A/c с точностью до целых.
Внутренним сопротивлением источника можно пренебречь.

Ответ: 1250

Решение: $I_2 \cdot R_2 = \frac{q}{c}$

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta t} = \frac{I_C}{CR_2} = \frac{2.5}{100 \cdot 10^{-6} \cdot 20} = 1250 \ A/c$$

3 тур

3.1 Задача

Шарик, находясь на высоте H, начинает движение с начальной скоростью 10 м/с, направленной параллельно горизонтальной поверхности земли. За последние 0,1 секунды перед ударом о землю шарик находился на высоте $h = \frac{1}{7}H$.

3.1.1

Найдите время полёта шарика с момента начала движения до удара о землю. Ответ приведите в секундах и округлите до десятых.

Ответ: 1.3

Решение: $T = \dfrac{\tau}{1 - \sqrt{1 - \dfrac{1}{7}}} = \dfrac{0.1}{1 - \sqrt{1 - \dfrac{1}{7}}} \approx 1.3\ \text{с}$

3.1.2

Найдите модуль скорости шарика в момент удара о землю. Ответ приведите в м/с и округлите до целых.

Ответ: 17

Решение: $V_x = 10\ \text{м/с}$; $V_y \approx 13\ \text{м/с}$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \approx \sqrt{10^2 + 13^2} \approx 17\ \text{м/с}$$

3.1.3

Найдите максимальный радиус кривизны траектории полёта шарика. Ответ приведите в метрах и округлите до целых. Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2. Сопротивление воздуха не учитывайте.

Ответ: 47

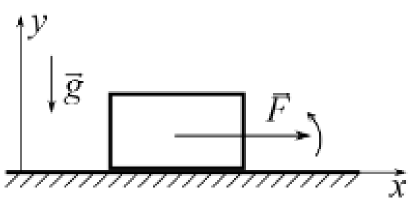
Решение: $tg(\alpha) \approx \dfrac{V_y}{V_x} \approx 1.3$

$$a_n = g \cdot cos(\alpha) = g\frac{1}{\sqrt{1 + tg^2(\alpha)}} = \sqrt{\frac{10}{\sqrt{1 + 1.3^2}}} \approx \ \text{м/с}^2$$

$$R = \frac{V^2}{a_n} \approx \frac{16.8^2}{6} \approx 47\ \text{м}$$

3.2 Задача

К бруску массой 2 кг, лежащему на горизонтальной шероховатой поверхности, прикладывают силу 3 H. Направление вектора силы, изначально направленного вдоль горизонтальной поверхности, поворачивается с угловой скоростью 5 градусов в секунду. Коэффициент трения бруска о поверхность 0,1. Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2.



3.2.1

Найдите ускорение бруска в начальный момент времени. Ответ приведите в $м/с^2$ с точностью до десятых.

Ответ: 0.5

Решение: $ma = F = \mu mg \Rightarrow ma = 1$

$a = 0.5\ м/с^2$

3.2.2

Найдите минимальное время, спустя которое брусок начнет замедляться. Ответ приведите в секундах и округлите до целых.

Ответ: 10.8

Решение: $a = 0$; $F \cdot cos(\alpha) - \mu(mg - F\,sin(\alpha)) = 0$

$F cos(\alpha) + \mu\,sin(\alpha)) = \mu mg \Rightarrow 0.3 sin(\alpha) + 3 cos(\alpha) = 2$

$cos(\alpha - \varphi) = \dfrac{2}{\sqrt{0.3^2 + 3^2}} cos(\varphi) = \dfrac{3}{\sqrt{0.3^2 + 3^2}} \Rightarrow \alpha \approx 54.15°$

$\omega\tau \approx 54.15°$; $\tau \approx 10.8\ с$

3.2.3

Найдите на сколько процентов максимальное ускорение больше ускорения бруска в начальный момент времени. Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1.5

Решение: Ускорение максимально при $tg(\alpha) = \mu$; $ma_m = F(cos(\alpha) + \mu\,sin(\alpha)) - \mu mg \Rightarrow$

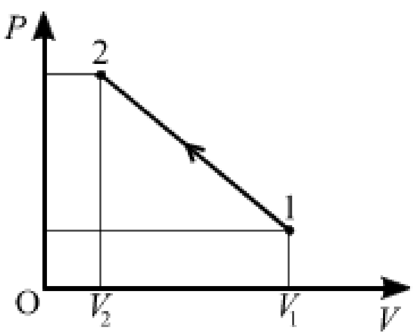
$$a_m = \frac{F}{m}\left(\sqrt{\frac{1}{1+tg^2(\alpha)}} + \sqrt{\frac{1}{1+\dfrac{1}{tg^2(\alpha)}}}\right) - \mu g = \frac{3}{2}\sqrt{\frac{1}{1+0.1^2} + 0.1\sqrt{\frac{1}{1+0.1^2}}} - 0.1\cdot 10 \approx$$

$\approx 0.507\ м/с^2$

$\dfrac{a_m - a}{a} \approx 1.5\%$

3.3 Задача

Гелий, в количестве 1 *моль* сжимается от объёма V_1 до объёма V_2 в квазистатическом процессе, график зависимости давления от объёма которого представлен на рисунке. Температура газа в точках 1 и 2 одинакова и равна $T_0 = 300\ K$. Отношение объёма V_1 к объёму V_2 равно 4.



3.3.1

Найдите отношение давлений $\dfrac{P_2}{P_1}$. Ответ приведите с точностью до целых.

Ответ: 4

Решение: $\dfrac{P_2V_2}{P_1V_1} = 1 \Rightarrow \dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{V_1}{V_2} = 4$

3.3.2

Найдите отношение внутренней энергии в точке 1 к работе, совершенной над газом в этом процессе. Ответ приведите с точностью до десятых.

Ответ: 0.8

Решение: $A = \dfrac{1}{2}RT_0\left(\dfrac{n^2-1}{n}\right)$; $U = \dfrac{3}{2}RT_0$

$$\left(\frac{U}{A}\right) = \left(\frac{3n}{n^2-1}\right) = \left(\frac{3\cdot 4}{16-1}\right) = 0.8$$

3.3.3

Найдите отношение максимального значения внутренней энергии газа к минимальному в этом процессе. Ответ приведите с точностью до десятых.

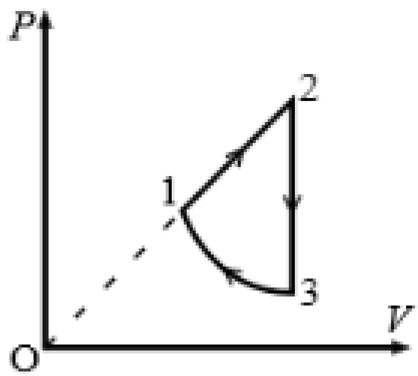
Ответ: 1.6

Решение: $\dfrac{U_{max}}{U_0} = \dfrac{(n+1)^2}{4n} = \dfrac{(4+1)^2}{4\cdot 4} \approx 1.6$

3.4 Задача

Над одним молем одноатомного идеального газа проводится циклический процесс 1-2-3, показанный на рисунке. В процессе 1–2 газ расширяется так, что давление увеличивается прямо пропорционально объёму. В процессе 2-3 давление газа изохорически уменьшается. В процессе 3-1 объём газа уменьшается изотермически. Минимальная температура в циклическом процессе составляет 200 K.

Отношение максимального объёма, занимаемого газом в циклическом процессе к минимальному равно 1,5. Количество теплоты отведенное от газа в процессе 3-1 составляет 674 *Дж*.



Универсальную газовую постоянную примите равной 8,31 $\dfrac{Дж}{моль \cdot K}$.

3.4.1

Найдите максимальную температуру газа в циклическом процессе. Ответ приведите в K с точностью до целых.

Ответ: 450

Решение: $P = \alpha V$; $PV = \alpha V^2$; $RT = \alpha V^2$

$$\frac{T_{max}}{T_{min}} = \frac{V_2^2}{V_1^2} = 2.25;\ T_{max} = 2.25;\ T_{min} = 450\ K$$

3.4.2

Найдите отношение максимального давления в циклическом процессе к минимальному. Ответ округлите до десятых.

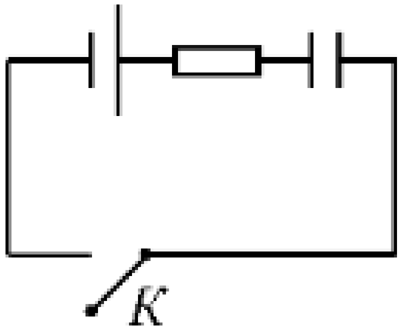
Ответ: 2.3
Решение: $\dfrac{P_2}{P_3} = 2.3$

3.4.3

Найдите КПД цикла. Ответ приведите в процентах и округлите до десятых.
Ответ: 8.8
Решение: $\eta = \dfrac{A_y}{Q_н} = \dfrac{\frac{1}{2}\nu R(T_{max} - T_{min}) - Q_{31}}{2\nu R(T_{max} - T_{min})} = \dfrac{\frac{1}{2} \cdot 8.31(450 - 200) - 674}{2 \cdot 8.31 \cdot (450 - 200)} \approx 8.8\%$

3.5 Задача

В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке, все элементы идеальные, ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен. ЭДС источника равна 8 *В*. Сопротивление резистора 2 *Ом*, ёмкость конденсатора 2 *мкф*. Площадь обкладок конденсатора 2 $м^2$. Ключ К замыкают. Значение электрической постоянной примите равной $8{,}85 \cdot 10^{-12}$ *Ф/м*.



3.5.1

Найдите напряжение на резисторе сразу после замыкания ключа. Ответ приведите в вольтах с точностью до целых.
Ответ: 8
Решение: $U_0 = \varepsilon = 8\ В$

3.5.2

Найдите отношение количества теплоты, выделившееся на резисторе за всё время после замыкания ключа к энергии полностью заряженного конденсатора (энергии конденсатора, спустя длительное время после замыкания ключа). Ответ приведите с точностью до целых.
Ответ: 1
Решение: $\dfrac{Q}{W} = 1$

3.5.3

Найдите силу притяжения обкладок конденсатора в момент времени, когда ток в цепи в два раза меньше максимального. Ответ приведите в ньютонах и округлите до десятых.
Ответ: 1.8
Решение: $C = \dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$; $d = \dfrac{\varepsilon_0 S}{C}$

$F = \dfrac{Cu^2}{2d}$; $U = \varepsilon - IR = \varepsilon - \dfrac{\varepsilon R}{2R} = \dfrac{\varepsilon}{2}$

$F = \dfrac{C^2\varepsilon^2}{8d} = \dfrac{C^2\varepsilon^2}{8\varepsilon_0 S} = \dfrac{(2 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 8}{8 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 2} \approx 1.8\ Н$

4 тур

4.1 Задача

Небольшой шарик падает с высоты 1 метр на длинную гладкую наклонную поверхность. После абсолютно упругого удара шарик отскакивает от поверхности. Ускорение свободного падения примите равным 10 $м/с^2$.

4.1.1

Найдите модуль скорости, с которой шарик отскочит от поверхности первый раз. Ответ приведите в $м/с$ и округлите до десятых.

Ответ: 4.5

Решение: $V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{20} = 4.5\ м/с$

4.1.2

Найдите время, через которое шарик ударится о поверхность второй раз. Ответ приведите в секундах и округлите до десятых.

Ответ: 0.9

Решение: $T = 2\sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2}{10}} \approx 0.9\ с$

4.1.3

Найдите угол наклона поверхности к горизонту, под которым нужно расположить поверхность, чтобы шарик ударился второй раз на расстоянии 1 метр от точки первоначального удара (расстояние отсчитывается вдоль плоскости). Ответ приведите в градусах и округлите до десятых.

Ответ: 7.2

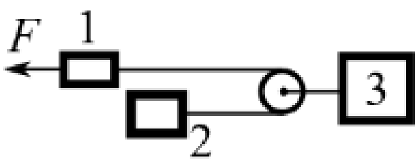
Решение: $L = V_0 \cdot sin(\alpha) T + \frac{g\, sin(\alpha)\, T^2}{2} = V_0 \cdot sin(\alpha) \cdot 2\sqrt{\frac{2H}{g}} + \frac{g\ sin(\alpha)}{2}\frac{4 \cdot 2\, H}{g} = 2\ sin(\alpha)\left(V_0\sqrt{\frac{2H}{g}} + 2H\right)$

$$sin(\alpha) = \frac{L}{2\left(V_0\sqrt{\frac{2H}{g}} + 2H\right)} = \frac{L}{2(2H + 2H)} = \frac{L}{8H} = \frac{1}{8}$$

$\alpha \approx 7.2°$

4.2 Задача

В системе тел, изображённой на рисунке (вид сверху), к первому бруску приложена сила 12 $Н$. Все бруски лежат на гладкой горизонтальной поверхности. Линия действия силы, участки нити, связывающей первый и второй брусок, а также нить, соединяющая третий брусок с блоком, параллельны. Масса первого бруска равна 1 $кг$, масса второго бруска равна 2 $кг$, масса третьего бруска равна 3 $кг$.



4.2.1

Найдите модуль ускорения центра масс системы тел. Ответ приведите в $\text{м}/\text{с}^2$ с точностью до целых.

Ответ: 2

Решение: $a = \dfrac{F}{m_1 + m_2 + m_3} = \dfrac{12}{1+2+3} = 2\ \text{м}/\text{с}^2$

4.2.2

Найдите ускорение первого бруска. Ответ приведите в $\text{м}/\text{с}^2$ и округлите до десятых.

Ответ: 7.8

Решение: $a_3 = \dfrac{2m_2\ F}{4m_1 m_2 + m_3(m_1 + m_2)} = \dfrac{2 \cdot 2 \cdot 12}{4 \cdot 1 \cdot 2 + 3(1+2)} = \dfrac{48}{17} \approx 2.8\ \text{м}/\text{с}^2$

$a_{\text{отн}} = \dfrac{(2m_2 + m_3)F}{4m_1 m_2 + m_3(m_1 + m_2)} = \dfrac{(2 \cdot 2 + 3)12}{4 \cdot 1 \cdot 2 + 3(1+2)} = \dfrac{84}{17} \approx 4.9\ \text{м}/\text{с}^2$

$a_1 = a_3 + a_{\text{отн}} \approx 7.8\ \text{м}/\text{с}^2$

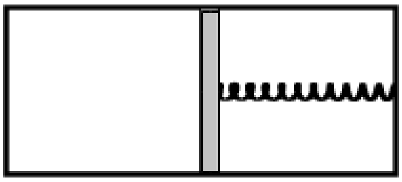
4.2.3

Найдите силу натяжения нити, соединяющей первый и второй бруски. Ответ приведите в $Н$ и округлите до десятых. Массами нитей, блока, а также трением в оси блока пренебрегите. Нити считайте нерастяжимыми.

Ответ: 4.2

Решение: $2T = m_3 a_3$; $T = \dfrac{m_3 a_3}{2}\dfrac{3 \cdot 48}{2 \cdot 17} \approx 4.2\ Н$

4.3 Задача



Горизонтально расположенный герметичный цилиндр делится на две части подвижным поршнем, который может перемещаться вдоль цилиндра без трения. В одной части цилиндра находится азот (N2) при температуре 300 K, в другой вакуум.

Поршень соединен с вертикальной стенкой цилиндра пружиной, которая находится в той части цилиндра, где находится вакуум.

Пружина подобрана так, что в недеформированном состоянии пружины поршень находится у левой стенки сосуда. Газ медленно нагревают до некоторой температуры. В этом процессе объём газа увеличивается в 1,5 раза.

4.3.1

Найдите отношение конечного давления к начальному. Ответ приведите с точностью до десятых.

Ответ: 1.5

Решение: $\dfrac{P_2}{P_1} = n = 1.5$

4.3.2

Найдите, на сколько изменилась температура азота при нагреве. Ответ приведите в $^\circ C$ и округлите до целых.

Ответ: 375

Решение: $\Delta T = T_2 - T_1 = (n^2 - 1)T_1 = 1.25 \cdot 300 = 375°C$

4.3.3

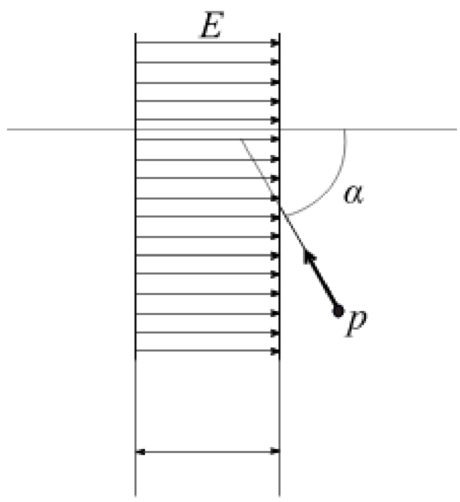
Найдите отношение теплоты, полученной газом, к работе газа в этом процессе. Ответ приведите с точностью до целых.

Ответ: 6

Решение: $\dfrac{Q}{A} = \dfrac{3\nu R\Delta T}{\frac{1}{2}\nu R\Delta T} = 6$

4.4 Задача

Протон, движущийся со скоростью 100 *км/с*, влетает в область однородного электрического поля шириной 1 *м* и напряженностью 10 *В/м* под углом 60° к линиям напряженности. Отношение заряда протона к его массе примите равным $9{,}6 \cdot 10^7$ *Кл/кг*.



4.4.1

Найдите радиус кривизны траектории движения протона сразу после влёта в область однородного электрического поля. Ответ приведите в метрах и округлите до целых.

Ответ: 12

Решение: $R = \dfrac{V_0^2}{\frac{q}{m}E \cdot sin(\alpha)} = \dfrac{(1 \cdot 10^5)^2}{9.6 \cdot 10^7 \cdot 10\ sin(60°)} \approx$

≈ 12 *м*

4.4.2

Найдите модуль разности максимальной и минимальной скорости протона при движении в области однородного электрического поля. Ответ приведите в *км/с* и округлите до целых.

Ответ: 10

Решение: т.к. $d < \dfrac{(V_0 cos(\alpha))^2}{2a} \approx 1.3$ *м*; $ma = qE$; $a = \dfrac{q}{m}E = 9.6 \cdot 10^8$ *м/с*^{2}

$$t = \frac{V_0 cos(\alpha) - \sqrt{(V_0 cos(\alpha))^2 - 2ad}}{a} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot cos(60°) - \sqrt{(1 \cdot 10^5 \cdot cos(60°))^2 - 2 \cdot 9.6 \cdot 10^8 \cdot 1}}{9.6 \cdot 10^8} \approx$$

$\approx 2.7 \cdot 10^{-5} \Rightarrow V_x = V_0 \cdot sin(\alpha)$; $V_y = V_0 \cdot cos(\alpha) - at$

$|V| = \sqrt{(V_0 sin(\alpha))^2 + (V_0 \cdot cos(\alpha) - at)^2} \approx 90$ *км/с*; $|V - V_0| \approx 10$ *км/с*

4.4.3

Найдите угол, на который повернётся вектор импульса протона за время движения в области однородного электрического поля. Ответ приведите в градусах и округлите до целых

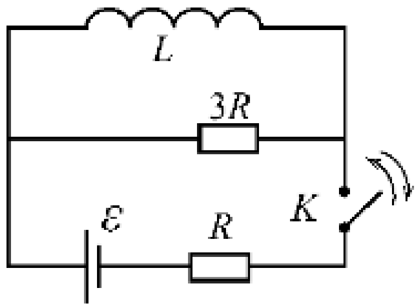
Действие силы тяжести не учитывайте.

Ответ: 14

Решение: $tg(\beta) = \dfrac{V_x}{V_y}$; $\beta \approx 74°$; $\beta - \alpha \approx 74° - 60° = 14°$

4.5 Задача

В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы можно считать идеальными. ЭДС источника 12 B, $R = 1$ $Ом$, $L = 50$ $мГн$. Ключ К замыкают. После того, как все токи перестали изменяться (режим в цепи установился), ключ К размыкают.



4.5.1

Найдите ток через сопротивление 3R сразу после замыкания ключа. Ответ приведите в A с точностью до целых.

Ответ: 3

Решение: $I = \dfrac{\varepsilon}{R + 3R} = \dfrac{12}{1+3} = 3$ A

4.5.2

Найдите скорость изменения тока через индуктивность сразу после замыкания ключа. Ответ приведите в A/c с точностью до целых.

Ответ: 180

Решение: $L\dfrac{\Delta I}{\Delta t} + IR = \varepsilon$

$$\left|\frac{\Delta I}{\Delta t}\right| = \frac{\varepsilon - IR}{L} = \frac{12 - 3 \cdot 1}{50 \cdot 10^{-3}} \approx 180 \ A/c$$

4.5.3

Найдите заряд протекший через сопротивление 3R после размыкания ключа. Ответ приведите в Кл с точностью до десятых.

Ответ: 0.2

Решение: $-L\dfrac{\Delta I}{\Delta t} + IR = 3RI = 3R\dfrac{\Delta q}{\Delta t}$; $-L(0 - I_1) = 3R(q - 0)$

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R} = 12 \ A; \ LI_1 = 3Rq$$

$$q = \frac{LI_1}{3R} = \frac{L\varepsilon}{3R^2} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 12}{3 \cdot 1^2} = 0.2 \ Кл$$