



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Две материальные точки движутся по одной прямой навстречу друг другу. В момент времени $t = 0$ скорости материальных точек $V_1 = 10$ м/с и $V_2 = 8$ м/с. В процессе сближения ускорения материальных точек $a_1 = 0,4$ м/с² и $a_2 = 0,2$ м/с² постоянны и направлены противоположно соответствующим начальным скоростям.

1. При каком наименьшем начальном расстоянии L между точками не произойдет столкновения точек в процессе движения?
2. Найдите показание T часов в тот момент, когда расстояние между точками будет наименьшим, если при $t = 0$ расстояние между точками было равно L .
3. Найдите длину S_1 пути, пройденного первой материальной точкой к тому моменту времени, когда расстояние между точками будет наименьшим.

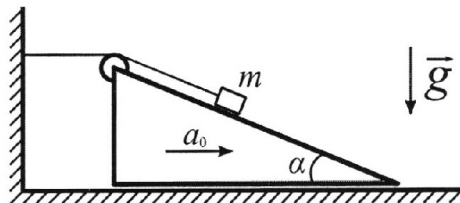
2. Футб олист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $\tau = 4$ с мяч падает на площадку на расстоянии $S = 60$ м от точки старта.

1. Найдите $\operatorname{tg} \alpha$, здесь α – угол, который вектор начальной скорости мяча образует с горизонтом.
2. Найдите модуль V_0 начальной скорости мяча. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

Футболист наносит удар по мячу и сообщает ему начальную скорость V_0 , направленную под углом α к горизонту (V_0 и α найдены Вами при ответах на вопросы 1 и 2). Мяч летит навстречу ветру, дующему вдоль поверхности земли с постоянной горизонтальной скоростью. Через $T = 3,2$ с после удара мяч возвращается в точку старта с неизвестной скоростью V_1 .

3. Найдите скорость V_1 мяча в момент возвращения в точку старта. Силу сопротивления, с которой воздушный поток действует на мяч, считайте пропорциональной относительной скорости $\vec{F}_{\text{сопр}} = -k \cdot \vec{V}_{\text{отн}}$, здесь k – коэффициент пропорциональности, постоянная величина, $\vec{V}_{\text{отн}}$ – скорость мяча относительно воздушного потока.

3. Клин с углом $\alpha = 30^\circ$ при вершине движется с ускорением $a_0 = 3$ м/с² по горизонтальному столу (см. рис.). По гладкой наклонной плоскости клина скользит брусок массы $m = 0,4$ кг, скрепленный с легкой нерастяжимой нитью, которая перекинута через гладкий блок на клине и прикреплена к вертикальной стенке. Отрезок нити от стенки до блока считайте горизонтальным, отрезок нити от блока до бруска считайте параллельным наклонной плоскости клина.



1. За какое время τ после начала движения брусок переместится по вертикали на $H = 20$ см? Начальные скорости всех тел нулевые. Ускорение сводного падения $g = 10$ м/с².
2. Найдите модуль a ускорения бруска в лабораторной системе отсчета.
3. Найдите модуль N силы, с которой клин действует на брусок.



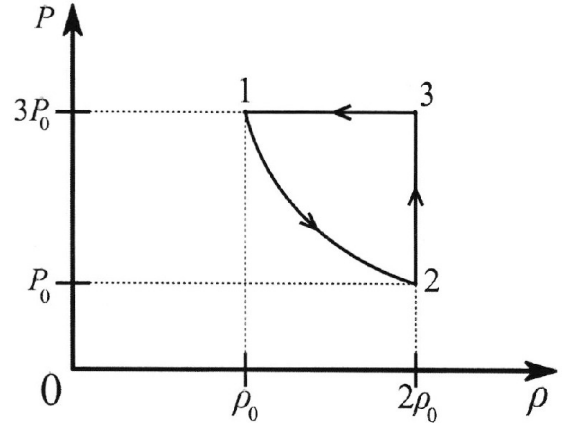
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Циклический процесс, проводимый с одноатомным идеальным газом, представлен на графике в координатах (P, ρ) , здесь P – давление, ρ – плотность газа. Количество вещества – один моль. В процессе 1-2 давление газа изменяется по закону $P = a + \frac{b}{\rho}$, здесь a и b – постоянные. Наименьшая внутренняя энергия газа в процессе $U_{\min} = 1800$ Дж.

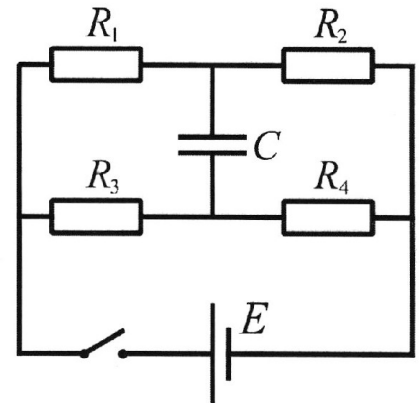


1. Постройте график процесса в координатах (P, V) .
В состоянии 1 объем газа V_0 , давление газа $3P_0$.

2. Найдите работу A газа в процессе сжатия.

3. Какое количество $|\Delta Q|$ теплоты будет отведено от газа в конце процесса сжатия при уменьшении температуры на $|\Delta T| = 1$ К? Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы можно считать идеальными, ЭДС батареи $E = 75$ В, сопротивления резисторов $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 4$ Ом. Внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо мало. До замыкания ключа заряд конденсатора нулевой. Ключ замыкают.



1. Найдите силу I тока, текущего через источник сразу после замыкания ключа.

2. На каком резисторе рассеивается наибольшая мощность сразу после замыкания ключа? Найдите эту мощность $P_{\max}$.

3. С какой скоростью $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ будет расти заряд конденсатора сразу после замыкания ключа?

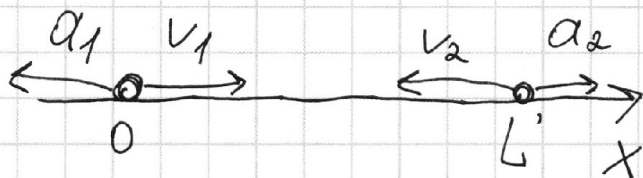


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



1) Т.к. $t=0$, то в момент времени t' :

$$v_{1x} = v_1 - a_1 t', \quad v_{2x} = -v_2 + a_2 t'$$

Пусть координата 1-й материальной точки в момент времени t равна нулю,

координата 2-й точки L , тогда:

$$x_1 = v_1 t' - \frac{a_1 t'^2}{2}, \quad x_2 = L - v_2 t' + \frac{a_2 t'^2}{2}$$

расстояние между точками:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = L - (v_1 + v_2) t' + \frac{t'^2}{2} (a_1 + a_2)$$

Столкновения не произойдёт, если

$$\text{для любого } t' \geq 0 \quad \Delta x \geq 0$$

$\Delta x(t')$ — парабола ветвями вверх, тогда

её минимум достигается при

$$t' = -\frac{-(v_1 + v_2)}{2 \cdot \frac{(a_1 + a_2)}{2}} = \frac{v_1 + v_2}{a_1 + a_2}, \quad \text{при нём:}$$

$$\Delta x = L - \frac{(v_1 + v_2)^2}{a_1 + a_2} + \frac{(v_1 + v_2)^2}{2(a_1 + a_2)} \geq 0$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$L' > \frac{(v_1 + v_2)^2}{2(a_1 + a_2)} = \frac{(10 + 8)^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2(0,4 + 0,2) \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{324}{1,2} \text{ м} = 270 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 324 \overline{) 1,2} \\ \underline{24} \\ 84 \\ \underline{84} \\ 0 \end{array} \quad \text{Тогда } L_{\text{мин}} = 270 \text{ м}$$

2) как уже писалось ранее, расстояние между двумя точками наименьшее при $t' = \frac{v_1 + v_2}{a_1 + a_2} = 30 \text{ с}$ при $L' \geq L_{\text{мин}}$

3) подставим t' в уравнение $x_1(t)$:

$$\begin{aligned} x_1 &= v_1 \cdot \frac{(v_1 + v_2)}{a_1 + a_2} - \frac{a_1 (v_1 + v_2)^2}{2(a_1 + a_2)^2} = \\ &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 30 \text{ с} - \frac{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 0,6^2} \cdot 30^2 \text{ с}^2 = \\ &= 300 \text{ м} - 0,2 \cdot 30^2 \text{ м} = 150 \text{ м} \end{aligned}$$

~~Успех разворачивается. координата разворота:~~

$$\cancel{x'_1 = \frac{v_1^2}{2a_1} = \frac{10^2}{2 \cdot 0,4} \text{ м} = 125 \text{ м}} \quad \text{Общий путь}$$

Точки 1 равен: $x'_1 + (x'_1 - x_1) = 400 \text{ м}$

Ответ: 1) $L = 270 \text{ м}$ 2) $t' = 30 \text{ с}$ 3) $S_1 = 120 \text{ м}$

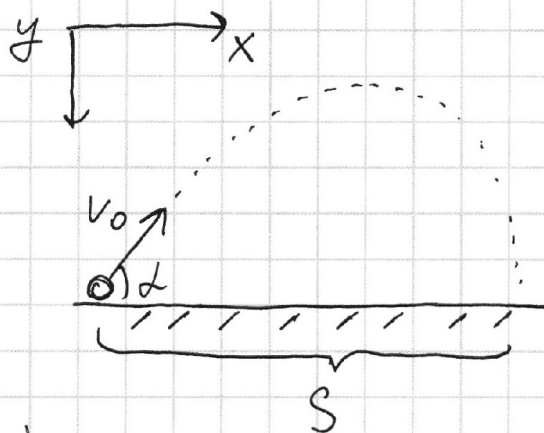


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



ось x - горизонтально

ось y - вертикально

$$V_x = V_0 \cos \alpha = \text{const}$$

время полёта равно

1) удвоенному времени подъёма и
равно: $T = 2 \cdot \frac{|v_{y0}|}{g} = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$

$$S = V_x T = \frac{2 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\begin{cases} T = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} \\ S = \frac{2 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} \end{cases} \Rightarrow \frac{T^2}{S} = \frac{4 V_0^2 \sin^2 \alpha \cdot g}{2 g^2 \cdot V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha} =$$

$$= \frac{2 \sin \alpha}{g \cos \alpha} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{g T^2}{2 S} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 16 \text{с}^2}{2 \cdot 60 \text{м}} =$$

$$= \frac{160}{120} = \frac{4}{3}$$

$$2) |v_{y0}| = \frac{g T}{2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow V_x = \frac{v_{y0}}{\operatorname{tg} \alpha} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_0 = \sqrt{V_x^2 + v_{y0}^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

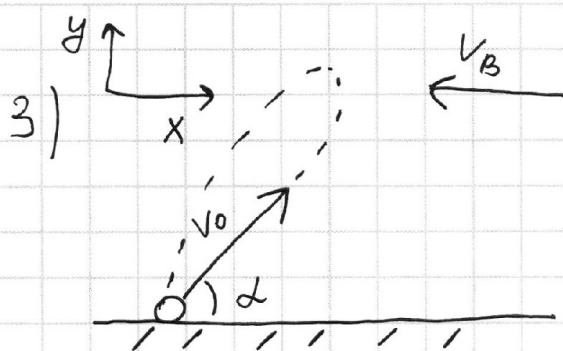


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
2 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



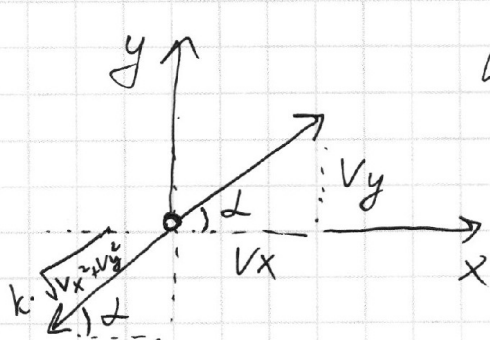
пусть скорость
ветра равна V_B
и направлена
навстречу мячу.

Если скорость мяча в некоторый
момент времени равна V , то

$$V_{отн\ x} = (V_x + V_B)$$

$$V_{отн\ y} = V_y$$

Рассмотрим движение под действием
силы $\vec{F}_{сопр} = -k \vec{V}_{отн}$:



из рисунка $\tan \alpha = \frac{V_y}{V_x}$,
откуда $F_x = -k V_x$,
 $F_y = -k V_y$, т.е.

движения по осям x и y независимы.

Запишем изменения импульсов по
осям: (в пункте 3) время полёта T обозначим
за τ)



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~$$\Delta p_x = \int_0^{\tau} -k v_x d\tau = - \int_0^{\tau} k v_x d\tau = -k \Delta x$$~~

~~т.к. $v_x d\tau = dx$~~
~~изменение координаты Δx~~
~~которое~~

$$\Delta p_x = \int_0^{\tau} -k(v_x + v_B) d\tau = -k \left(\int_0^{\tau} v_x d\tau + \int_0^{\tau} v_B d\tau \right)$$

т.к. $v_x d\tau = dx$, то:

$$\Delta p_x = -k(\Delta x + v_B \cdot \tau), \text{ т.к. мяч}$$

вернулся в исходную точку, то

$$\Delta x = 0:$$

$$\Delta p_x = -v_B \cdot \tau \cdot k \Rightarrow$$

$$m(v_0 \cos \alpha + v_{1x}) = -v_B \cdot \tau \cdot k \Rightarrow v_B = \frac{m(v_0 \cos \alpha - v_{1x})}{k\tau}$$

$$v_{1x} = +v_0 \cos \alpha - \frac{k}{m} \cdot v_B \cdot \tau$$

$$\Delta p_y = -mg\tau, \text{ т.к. } \Delta y = 0, \text{ Ф-ла получена}$$

аналогично Δp_x :

$$\Delta p_y = - \int_0^{\tau} mg d\tau + \int_0^{\tau} -k v_y d\tau = -mg\tau$$

$$\text{откуда } v_{1y} = v_{0y} - g\tau = -12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m a_x = -k(v_x + v_B) = -k v_x - \frac{m(v_0 \cos \alpha - v_{1x}) \cdot k}{k\tau}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
4 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

посмотрим подробнее на процесс подъема и спуска, как было введено ранее:

$$V_{iy}' = V_{oy} - g t - k y, \text{ откуда}$$

$$y = \frac{V_{oy} - V_{iy}' - g t_{\text{up}}}{k}, \quad V_{iy}' = 0, \quad y = h - \text{высота}$$

подъема:

$$h = \frac{V_{oy} - g t_{\text{up}}}{k}, \quad \text{при спуске:}$$

$$-h = \frac{0 - V_{iy} - g t_{\text{cn}}}{k}$$

$$V_{oy} - g t_{\text{up}} = V_{iy} + g (T - t_{\text{up}})$$

спроецировав ЗСЭ на ось, можно получить:

$$\frac{m}{2} (V_{ix}^2 - V_{ox}^2) = -\cancel{mgx} - k \int_0^t |V_x| dx = k V_B \cdot x =$$

$$= \cancel{mgx} - k \int_0^t V_x^2 dt - k V_B \cdot x$$

$$\frac{m}{2} (V_{ix}^2 - V_{ox}^2) = -\frac{k}{3} (V_{ix}^3 - V_{ox}^3)$$

$$\frac{m}{2} (V_{iy}^2 - V_{oy}^2) = -k \int_0^t V_y^2 dt - mgx$$

$$\frac{m}{2} (V_{iy}^2 - V_{oy}^2) = -\frac{k}{3} (V_{iy}^3 - V_{oy}^3), \text{ откуда}$$

$$\frac{3m}{2k} = \frac{V_{iy}^3 - V_{oy}^3}{V_{iy}^2 - V_{oy}^2} = \frac{20^3 - 12^3}{20^2 - 12^2} = \frac{20^2 + 20 \cdot 12 + 12^2}{20 + 12} = \frac{400 + 240 + 144}{32} = 24,5$$

$$\begin{array}{r} 284 \quad 52 \\ - 64 \quad 152 \\ \hline 144 \quad 152 \\ - 128 \quad 152 \\ \hline 16 \end{array}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
5 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{v_{1x}^3 - v_{0x}^3}{v_{1x}^2 - v_{0x}^2} = \frac{v_{1y}^3 - v_{0y}^3}{v_{1y}^2 - v_{0y}^2} \quad k_2 = \frac{12}{20} = -\frac{3}{5}$$

нужно $v_{1x} = k_1 v_{0x}$; $v_{1y} = k_2 v_{0y}$

$$\left(\frac{k_1^3 - 1}{k_1^2 - 1} \right) v_{0x} = \left(\frac{k_2^3 - 1}{k_2 - 1} \right) \cdot v_{0y}$$

$$\frac{k_1^2 + k_1 + 1}{k_1 + 1} = \frac{4}{3} \left(\frac{k_2^2 + k_2 + 1}{k_2 + 1} \right)$$

$$\frac{k_1^2}{k_1 + 1} = \frac{4}{3} \left(\frac{k_2^2}{k_2 + 1} + 1 \right) - 1 = \frac{4}{3} \left(\frac{9/25}{2/5} + 1 \right) - 1 =$$

$$= \frac{4}{3} \left(\frac{9}{10} + 1 \right) - 1 = \frac{4 \cdot 19}{30} - 1 = \frac{46}{30}$$

$$k_1^2 - \frac{46}{30} \cdot k_1 - \frac{46}{30} = 0$$

~~$k_1 = \frac{46}{30}$~~ $k_1 = \frac{\frac{46}{30}}{2} - \sqrt{\frac{\frac{46^2}{30^2}}{2} + \frac{4 \cdot 46}{30}} =$

$$= \frac{\frac{46}{30}}{2} - \frac{1}{30} \sqrt{46^2 + 46 \cdot 120} = \frac{\frac{46}{30}}{2} - \frac{1}{30} \sqrt{46 \cdot 166} \approx$$

$$\frac{46 - 7.13}{60} = -\frac{45}{60} = -\frac{3}{4} k_2$$

$$v_{1x} = -\frac{3}{4} v_{0x} = -\frac{15.3}{4} = -\frac{45}{4} = -11.25$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
6 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$V_1 = \sqrt{12^2 + 11,25^2} \frac{м}{с}$$

$$\text{Ответ: } \lg \lambda = \frac{4}{3}; \quad V_0 = 25 \frac{м}{с},$$

$$V_1 = \sqrt{12^2 + 11,25^2} \frac{м}{с}.$$

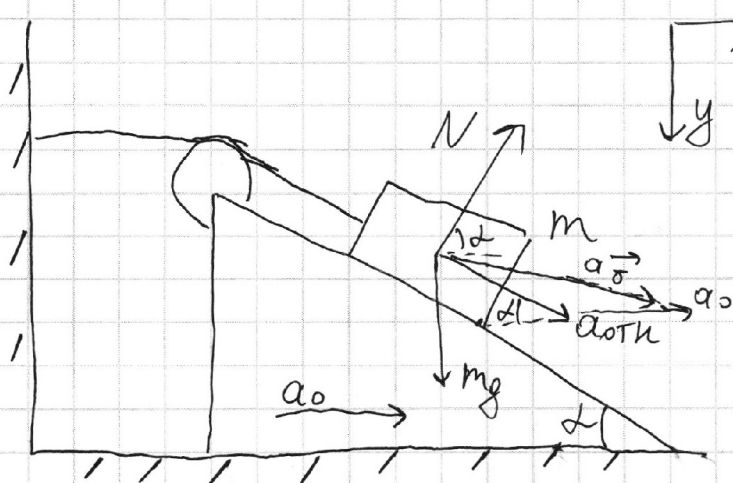


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$a_{отк}$ - ускорение бруса относительно клина. Т.к. нить нерастяжима,

то $a_{отк} = a_0$ (с ускорением a_0 увеличивается отрезок нити слева от блока, а с ускорением $a_{отк}$ - отрезок нити справа от блока, откуда и равенство). Ускорение бруса в Л.С.О:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_0 + \vec{a}_{отк}, \text{ заметим, что}$$

$$a_{By} = a_0 \cdot \sin \alpha, \text{ и т.к. в момент времени } t=0$$

$$V_B = 0, \text{ то } H = \frac{a_0 \sin \alpha \cdot \tau^2}{2}, \text{ откуда}$$

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{0,8}{3}} \text{ с} = \frac{2}{\sqrt{10}} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \text{ с} =$$

$$= \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}} \text{ с} \approx \frac{2 \cdot 1,41}{1,71 \cdot 3,2} \approx \frac{2 \cdot 1,4}{1,7 \cdot 3,2} \text{ с} = \frac{14}{17,6} \text{ с} = \frac{140}{176} \text{ с} = \frac{140}{272} \text{ с} \approx 0,5 \text{ с}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2) Из Теоремы косинусов:

$$\begin{aligned} a^2 &= a_0^2 + a_0^2 - 2a_0^2 \cdot \cos(180^\circ - \alpha) = \\ &= 2a_0^2 (1 + \cos \alpha) = 2a_0^2 \cdot \left(\frac{2 + \sqrt{3}}{2} \right) = \\ &= a_0^2 (2 + \sqrt{3}) \Rightarrow a = a_0 \cdot \sqrt{2 + \sqrt{3}} \approx \\ &\approx a_0 \cdot \sqrt{3,71} \approx 1,92 a_0 = 5,4 \frac{m}{c^2} \end{aligned}$$

3) Запишем 2-й Закон Ньютона для бруса в проекции на X:

$$N \cdot \cos \alpha + mg \sin \alpha = m a_0 \cdot (1 + \cos \alpha)$$

$$N = \frac{m}{\cos \alpha} (-g \sin \alpha + a_0 (1 + \cos \alpha)) \approx$$

$$\approx \frac{0,4}{1,7} \cdot (-5 + 3(1 + 1,7)) \text{ Н} = \frac{0,4}{1,7} \cdot 3,1 =$$

$$= \frac{1,24}{3,1} = 0,4 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $\gamma \approx 0,5c$; 2) $a \approx 5,4 \frac{m}{c^2}$;

3) $N \approx 0,4 \text{ Н}$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

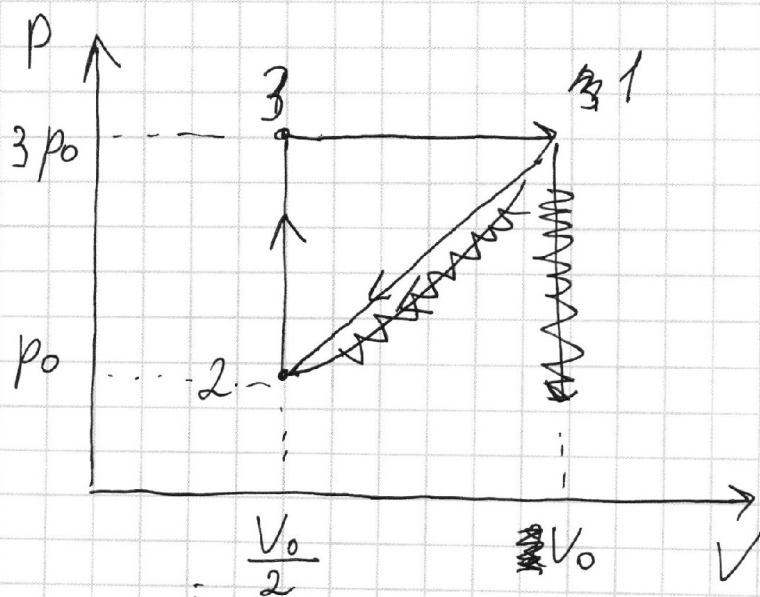
СТРАНИЦА
1 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$pV = \nu R T \quad \text{уравнение состояния идеального газа}$$

$$p = \frac{\rho R T}{\mu}$$

- 1) процесс 1-3: изобарный, $V_1 \rightarrow V_3$, т.к. $p_1 = p_3$
 процесс 2-3: $p = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{T} = \text{const}$,
 т.к. $V = \nu R \frac{T}{p}$, то $V = \text{const}$, $p_2 < p_3$



т.к. $V \cdot p = \text{const}$,
 то $p \cdot V = \text{const}$,
 т.к. $\frac{p_{23}}{p_1} = 2$,
 то $\frac{V_1}{V_3} = 2$

$$U = \frac{i}{2} \nu R T; \quad i = 3:$$

$$U = \frac{3}{2} \nu R T = \frac{3}{2} pV, \quad \text{т.к. в точке 2 минимально и давление, и температура,}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

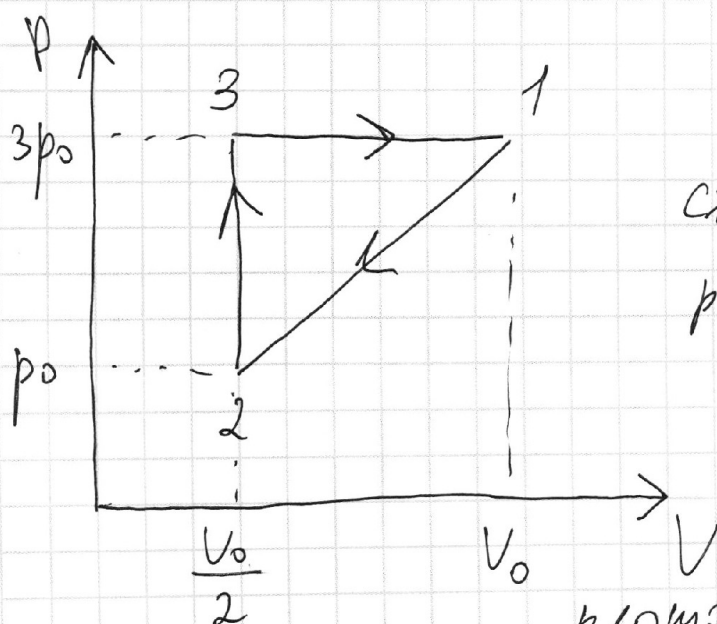
То внутренняя энергия в ней минимальна:

$$U_{\min} = \frac{3}{2} \frac{p_0 V_0}{2} = \frac{3 p_0 V_0}{4} \Rightarrow p_0 V_0 = \frac{4}{3} U_{\min}$$

для процесса 1-2:

$$p = a + \frac{b}{V} = a + \frac{b}{m} \cdot V, \text{ т.е. на}$$

pV диаграмме эта зависимость - прямая
На всякий случай перерисуем график:



работы при
сжатии газа
равна площади
под графиком,
т.к. газ сжимается,

площадь
трапеции

то $A < 0$:

$$A = -\left(V_0 - \frac{V_0}{2}\right) \cdot \frac{p_0 + 3p_0}{2} = -p_0 V_0 = -\frac{4}{3} U_{\min} =$$

$$= -2400 \text{ Дж.}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
3 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$p = a + \frac{b}{m} \cdot V$, по 2-м точкам восстанавливаются a и $\frac{b}{m}$:

$$p = p_0 + 4p_0 \cdot \frac{(V_0 - \frac{V_0}{2})}{V_0} = p_0 + 4p_0 \cdot \frac{V - \frac{V_0}{2}}{V_0} =$$

$$= 4p_0 \cdot \frac{V}{V_0} - p_0 = p_0 \left(\frac{4V}{V_0} - 1 \right),$$

т.е. $a = -p_0$; $\frac{b}{m} = \frac{4p_0}{V_0}$

по 1-му началу термодинамики:

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

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad \delta A = p \cdot dV$$

~~Температура постоянна, $T = T_0$~~

$$pV = \nu RT$$

$$dp \cdot V + dV \cdot p = \nu R dT$$

$$dp = p_0 \cdot \frac{4dV}{V_0}$$

$$dV \left(p + \frac{4p_0 \cdot V}{V_0} \right) = \nu R dT$$

$$p dV = A = \frac{\nu R dT}{1 + \frac{4p_0 V}{p V_0}}, \text{ в точке 2}$$

$$p = p_0; V = \frac{V_0}{2} \Rightarrow A = \frac{\nu R dT}{1 + 2} = \frac{\nu R dT}{3}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
4 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$Q = \frac{3}{2} \varphi_{RDT} + \frac{\varphi_{RDT}}{3} = \frac{11}{6} \varphi_{RDT}, \text{ при}$$

$$\varphi = 1 \text{ мВ: } |\delta Q| = \frac{11}{6} \cdot 8,31 \text{ Дж}$$

$$8,31 \text{ Дж} / 6 \approx 1,4 \text{ Дж}$$

$$|\delta Q| \approx 11 \cdot 1,4 \text{ Дж} = 15,4 \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ: } A = -2400 \text{ Дж}, Q \approx 15,4 \text{ Дж}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

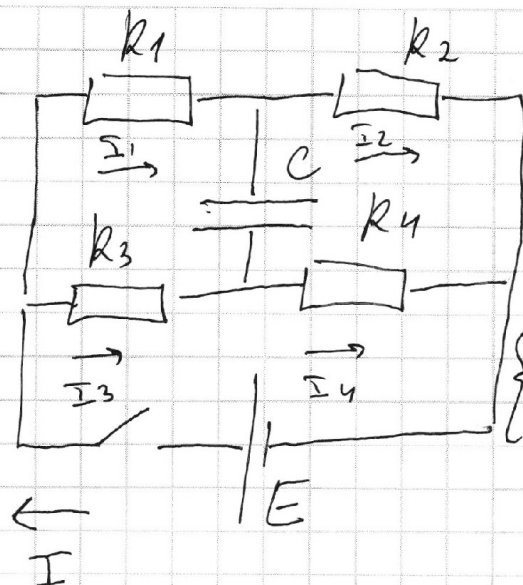
☒ 5

☐ 6

☐ 7

СТРАНИЦА
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



т.к. в начале
конденсатор не
заряжен, то $U_C = 0$,

$$\begin{cases} I_1 R_1 = I_3 R_3; \\ I_1 + I_3 = I; \end{cases}$$

$$I_1 + I_1 \cdot \frac{R_1}{R_3} = I \Rightarrow I_1 = \frac{I \cdot R_3}{R_1 + R_3} = \frac{3I}{4}$$

$$I_3 = \frac{I}{4}, \text{ аналогично: } \begin{cases} I_2 R_2 = I_4 R_4 \\ I_2 + I_4 = I \end{cases}$$

$$I_2 = \frac{I \cdot R_4}{R_2 + R_4} = \frac{I}{3}, \quad I_4 = \frac{2I}{3}$$

$$E = I_1 R_1 + I_2 R_2 = I \left(\frac{3R_1}{4} + \frac{R_2}{3} \right)$$

$$I = \frac{E}{\frac{3R_1}{4} + \frac{R_2}{3}} = \frac{E}{\frac{R_3 R_1}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}} = \frac{75 \text{ В}}{0,12 + \frac{32}{12}} =$$

$$= \text{А} \cdot \frac{75}{\frac{36 + 64}{24}} = \text{А} \cdot \frac{75}{100} \cdot 24 = 18 \text{ А}$$

$$P = UI = I^2 R$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

мощности, выделяемые на резисторах сразу после включения:

$$P_1 = \frac{9}{16} I^2 \cdot R_1 = \frac{9}{8} I^2 \cdot \Omega$$

$$P_2 = \frac{I^2}{9} \cdot R_2 = \frac{8}{9} I^2 \cdot \Omega$$

$$P_3 = \frac{I^2}{16} \cdot R_3 = \frac{3}{8} I^2 \cdot \Omega$$

$$P_4 = \frac{4I^2}{9} \cdot R_4 = \frac{16}{9} I^2 \cdot \Omega$$

Наибольшая мощность выделяется на 4-м резисторе и равна:

$$P_4 = \frac{16}{9} I^2 \cdot R_4 = \frac{16}{9} \cdot 18^2 = 2 \cdot 16 \cdot 18 = 9 \cdot 2^6 = 9 \cdot 64 = 576 \text{ Вт}$$

Скорость зарядки конденсатора

равна „току“ через него в нач. момент.

$$\text{времени. } \frac{\Delta Q}{\Delta t} = I_c = |I_2 - I_1| = I \left| \frac{1}{3} - \frac{3}{4} \right| = I \cdot \frac{5}{12} = 4,5 \text{ А}$$

Ответ: 1) $I = 18 \text{ А}$, 2) $P_{\max} = P_4 = 576 \text{ Вт}$,

$$3) \frac{\Delta Q}{\Delta t} = I_c = 4,5 \text{ А}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

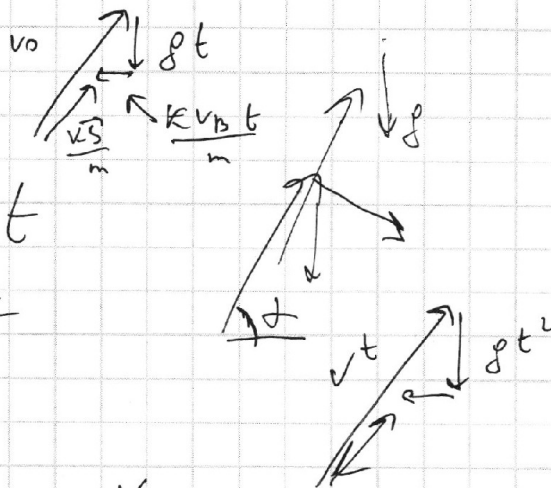
$$a_x = -k(v_x + v_b)$$

$$v_x = -k$$

$$v_{x0} v_x - v_{x0} = -kx - kv_b t$$

$$v_{ix} = v_{ox} - \frac{kx}{m} - \frac{kv_b t}{m}$$

$$v_{iy} = v_{oy} - gt - \frac{k}{m} y$$



$$v_x \rightarrow$$

$$a_x = -k(v_x + v_b)$$

$$x$$

$$v_{ox}$$

$$v_{ix}$$

$$v_i - v_o = -kx - kv_b \cdot t$$

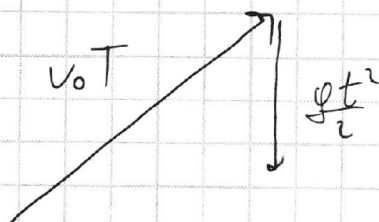
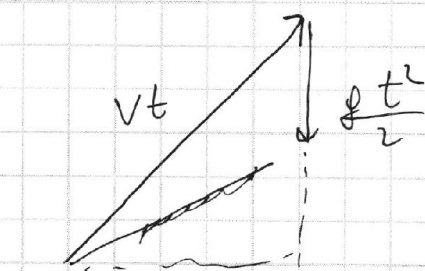
$$v_i = v_o - kv_b \cdot t$$

$$v_i = v_o - g \tau - ky$$

$$k = v_o$$

$$y = \frac{v_o - v_i - g \tau}{k}$$

$$\Delta p \quad \vec{OU} = -\frac{k}{m} \vec{s} \quad F = -k\vec{U} \quad -\frac{k\vec{U}t}{m} - \frac{k\vec{s}}{m}$$





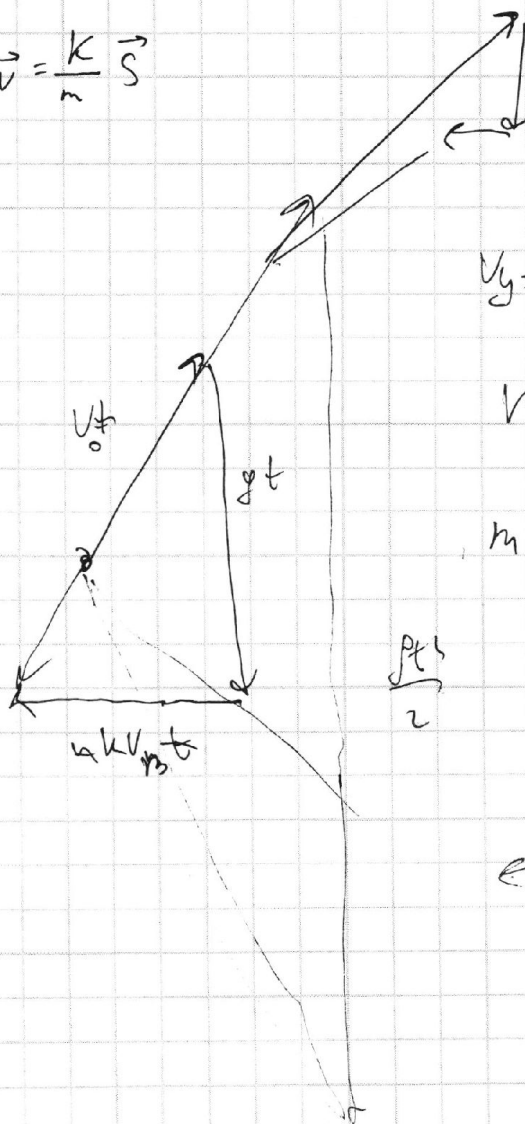
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\vec{a} = \frac{k}{m} \vec{S}$$



$$v_y = v_{0y} - g t - k y$$

$$v_x = v_{0x} - k v_b t - k x$$

$$m(\vec{v}_1 - \vec{v}_0) = \vec{g} t + k \vec{v}_b \cdot t$$

$$\frac{g t^2}{2}$$

