



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

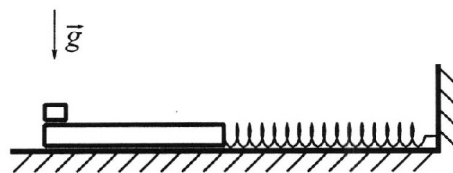
Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

Груз = брусок



1. Длинную доску массой $M = 2$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

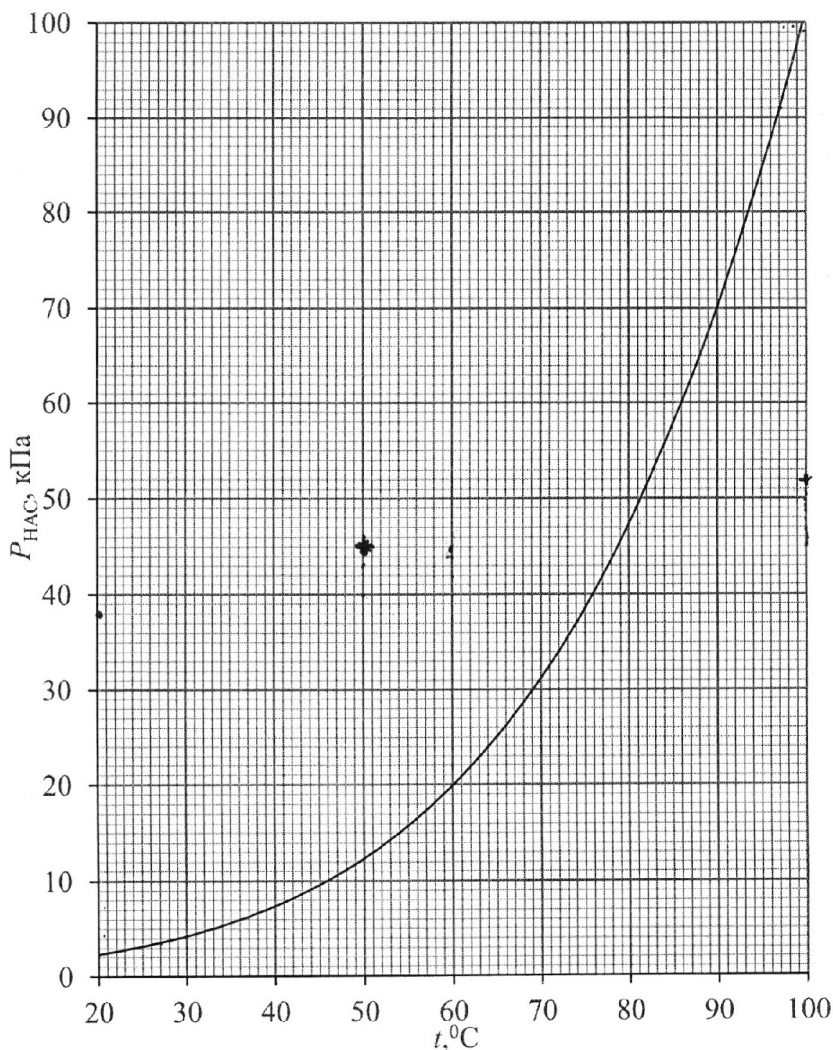


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность ϕ в конце нагревания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





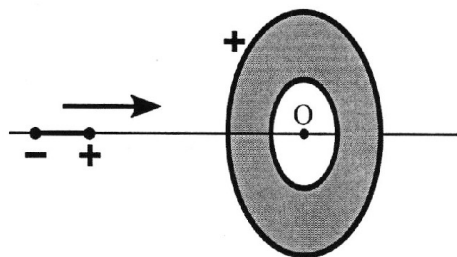
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

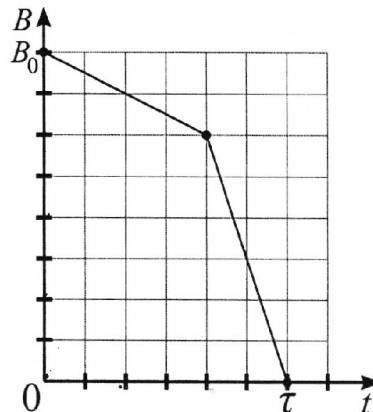
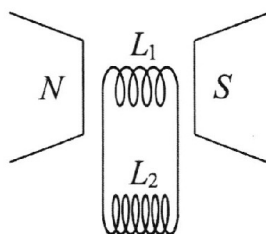


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Заряды диполя уменьшают по модулю в 2 раза и сообщают диполью начальную скорость V_0 .



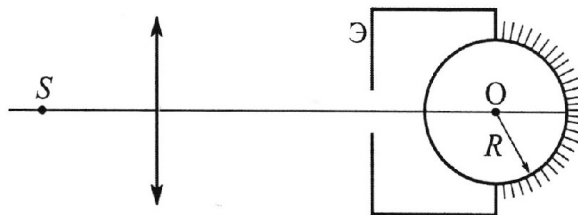
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 6L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 7R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 4R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



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

☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

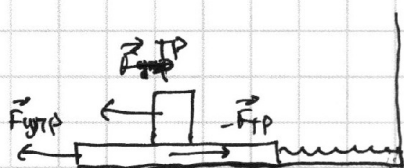
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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. 1) $\vec{a}_{\text{бруска}} = \vec{a}_{\text{доски}} + \vec{a}_{\text{отн}}$. При $\vec{a}_{\text{отн}} = \vec{0}$:

$$\vec{a}_{\text{бруска}} = \vec{a}_{\text{доски}}; \quad m \vec{a}_{\text{бруска}} = \vec{F}_{\text{тр}};$$

$$M \vec{a}_{\text{доски}} = \vec{F}_{\text{упр}} - \vec{F}_{\text{тр}}$$



$$M a_{\text{доски}} = F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}}$$

$$m a_{\text{бруска}} = F_{\text{тр}}, \quad a_{\text{бруска}} = a_{\text{доски}} = a_0 \Rightarrow$$

$$(M + m) a_0 = F_{\text{упр}} = k x_1, \quad \text{где } x_1 - \text{растяжение}$$

статического пружинка в данный момент времени.

$$F_{\text{тр}} = \mu m g, \quad \text{за мгновение до прекращения движения} \rightarrow \text{указанного отклонения}$$

$$m a_{\text{бруска}} = \mu m g; \quad a_{\text{бруска}} = a_0 = \mu g \Rightarrow k x_1 = (M + m) \mu g \Rightarrow$$

$$x_1 = \frac{(M + m) \mu g}{k} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10}{50} = \frac{9}{50} = 0,18 \text{ м.}$$

2) В самый момент движения $M a_{\text{доски}} = k x_0 - \mu m g$.

Рассмотрим момент, когда бруска впервые остановилась относительно доски. По уск, растяжение пружинки

x_2 в этот момент компенсирует $F_{\text{тр}}$ со стороны бруска. $\Rightarrow$

$$k x_2 = \mu m g. \quad \text{ЗСЭ: } \frac{k x_2^2}{2} + \frac{(M + m) v^2}{2} = \frac{k x_0^2}{2}$$



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 1

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. 1) $m_{\text{плаг}} = m; m_{\text{влаг}} = 11m$

$$m_{\text{пкон}} = m_{\text{пкоз}} + m_{\text{влаг}} = 12m \Rightarrow \frac{m_{\text{пкон}}}{m_{\text{пкоз}}} = 12.$$

2) Запишем 3-й Менг.-Кн. для пара в моменте, когда он находится при $t = t^*$ и $t = t_0$:

$$\begin{cases} p_{\text{нас}}(t_0) \cdot V = p_0 R T_0 \\ p_{\text{нас}}(t^*) \cdot V = 12 p_0 R T^* \end{cases} \Rightarrow \frac{p_{\text{нас}}(t^*)}{p_{\text{нас}}(t_0)} = \frac{12 T^*}{T_0}$$

$T_0 = 300 \text{ K}; T^* = t^* + 273.$

$$p_{\text{нас}}(t_0) \approx 3,5 \text{ кПа} \Rightarrow p_{\text{нас}}(t^*) = \frac{12 \cdot \frac{7}{50}}{300} (t^* + 273) = \frac{7}{50} t^* + \frac{7}{50} \cdot 273 = \frac{7}{50} t^* + \frac{1911}{50} = \frac{7}{50} t^* + 38,22$$

Пересечем данную прямую с графиком $p_{\text{нас}}(t)$.

Получим пересечение при $t^* = 81^\circ \text{C}$, $p_{\text{нас}}(t^*) = 49 \text{ кПа}$.

$$3) \varphi \equiv \frac{p}{p_{\text{нас}}(t)} = \frac{12 p_0 R T}{12 p_0 R T^*} = \frac{T}{T^*} = \frac{t + 273}{t^* + 273} = \frac{370}{t^* + 273}$$

$$p_{\text{нас}}(t) = 91 \text{ кПа}; \quad p_{\text{нас}}(t^*) V = 12 p_0 R T^* \Rightarrow p_{\text{нас}}(p') V = 12 p_0 R T$$

$$p' = p_{\text{нас}}(t^*) \cdot \frac{T^*}{T} = \frac{354}{370} \cdot 49 \text{ кПа}.$$

$$\varphi = \frac{p'}{p_{\text{нас}}(t)} = \frac{354}{370} \cdot \frac{49}{91} \approx \frac{1770}{6330} = \frac{177}{633}$$

Ответ: 1) 12; 2) $\approx 81^\circ \text{C}$; 3) $\frac{177}{633}$.



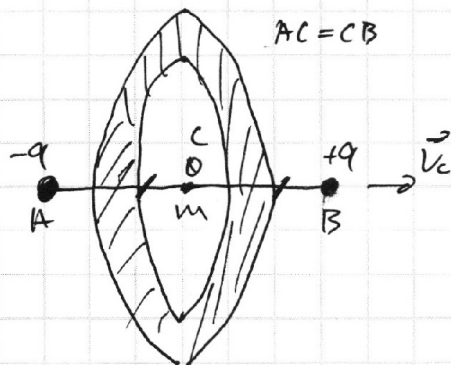
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

реш.: 1) В силу симметрии в точках А и В, где нахо-



дятся заряды диполя в указан-
ный момент, потенциалы кон-
ца равны, $\Rightarrow \varphi_A = \varphi_B$.

$$З.с.з.: \frac{mv_0^2}{2} = \varphi_A (-q) + q \varphi_B \neq \frac{mv_c^2}{2} \Rightarrow$$

$$U_c = U_0$$

2) Пусть W — ^{пот.} энергия ^{электр.} взаимодействия кольца и
диполя. $W \sim q \cdot \varphi$. При изменении заряда
диполя, потенциал кольца не меняется. Поэтому
~~потенциальная энергия взаимодействия~~ W при $q = q_0$

будет в 2 раза больше W при $q = \frac{1}{2} q_0$.

$$\text{Из условия: } \frac{mv_0^2}{2} = W_{\max}(q_0) + \frac{mv_{\max}^2}{2} = W_{\max}(q_0)$$

$$\text{Рез. З.с.з. где } q = \frac{1}{2} q_0: \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_{\min}^2}{2} + W_{\max}\left(\frac{q_0}{2}\right) =$$

$$= \frac{mv_{\min}^2}{2} + \frac{1}{2} W_{\max}(q_0) = \frac{mv_{\min}^2}{2} + \frac{mv_0^2}{4} \Rightarrow v_{\min} = \frac{1}{\sqrt{2}} v_0$$

Из симметрии ~~для~~ потенциалов кольца: $W_{\min}^{q_0} =$

$$= -W_{\max} \Rightarrow W_{\min}(q_0) = -W_{\max}(q_0) = -\frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$W_{\min}\left(\frac{q_0}{2}\right) = -\frac{mv_0^2}{4} \Rightarrow \text{З.с.з.: } \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} + W_{\max}\left(\frac{q_0}{2}\right)$$

$$= \frac{mv_{\max}^2}{2} - \frac{mv_0^2}{4} \Rightarrow \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{3mv_0^2}{4} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot v_0$$



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!

$$\Delta V = V_{\max} - V_{\min} = \left(\sqrt{\frac{3}{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) V_0$$

Ответ: 1) $V_c = V_0$; 2) $\Delta V = \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}} V_0$.



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
1 ИЗ 1

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!

~4 1) В каждый момент времени $(L_1 + L_2) \frac{\Delta I}{\Delta t} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow$

$(L_1 + L_2) \Delta I = -\Delta \Phi$. Просуммируем от начального момента

до конечного: $(L_1 + L_2) (I_0 - 0) = (\Phi_0 - 0) \Rightarrow$

$$(L_1 + L_2) I_0 = B_0 n S_1 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 n S_1}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 n S_1}{7L}$$

2) Пусть точка A — точка перелома графика $B(t)$.

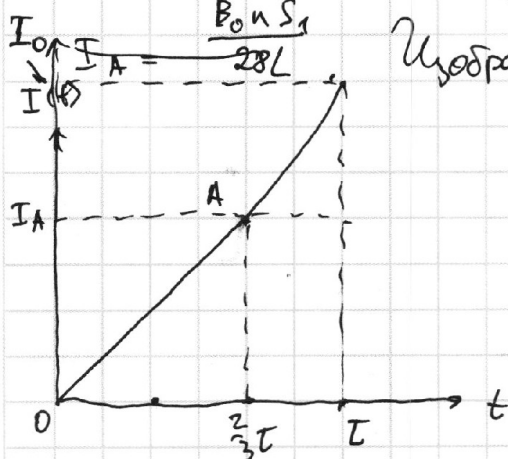
Тогда до и после этой точки скорость изменения тока

постоянна $\Rightarrow (L_1 + L_2) I_A = n S_1 (B_0 - \frac{3}{4} B_0) = \frac{1}{4} B_0 n S_1 \Rightarrow$

$$q_A = \frac{1}{4} \frac{B_0 n S_1 \cdot t_A}{L_1 + L_2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{B_0 n S_1 T}{7L} = \frac{B_0 n S_1 T}{42L}$$

$$(L_1 + L_2) \Delta I_A = n S_1 (\frac{3}{4} B_0 - 0) \Rightarrow (L_1 + L_2) (I_0 - I_A) = \frac{3}{4} n S_1 B_0$$

$$I_0 - I_A = \frac{\frac{3}{4} n S_1 B_0}{28L} \Rightarrow I_A = \frac{B_0 n S_1}{7L} - \frac{\frac{3}{4} n S_1 B_0}{28L} = \frac{n S_1 B_0}{28L}$$



Изобразим график $I(t)$!

В точке A тоже будет перелом в

графике $I(t)$. $q = \int_{\text{по графикам}} I dt$

$$q(\frac{2}{3}T) = \frac{1}{2} I_A \frac{2}{3} T = \frac{1}{2} \cdot \frac{B_0 n S_1 \cdot \frac{2}{3} T}{28L} = \frac{B_0 n S_1 T}{84L}$$

$$q(\frac{2}{3}T \rightarrow T) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} T \cdot (I_0 - I_A) = \frac{T}{6} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{B_0 n S_1}{28L} = \frac{B_0 n S_1 T}{56L}$$

$$q = \frac{B_0 n S_1 T}{84L} + \frac{B_0 n S_1 T}{56L} = \frac{5 B_0 n S_1 T}{168L}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{B_0 n S_1}{7L}$; 2) $q = \frac{5 B_0 n S_1 T}{168L}$



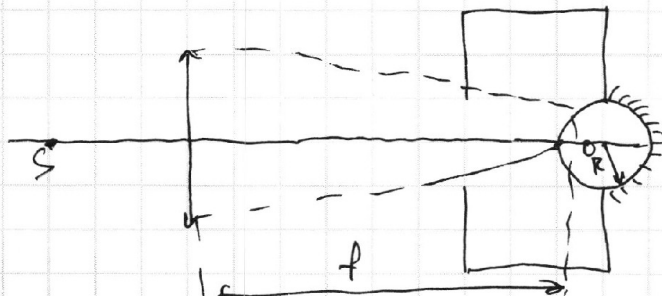
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

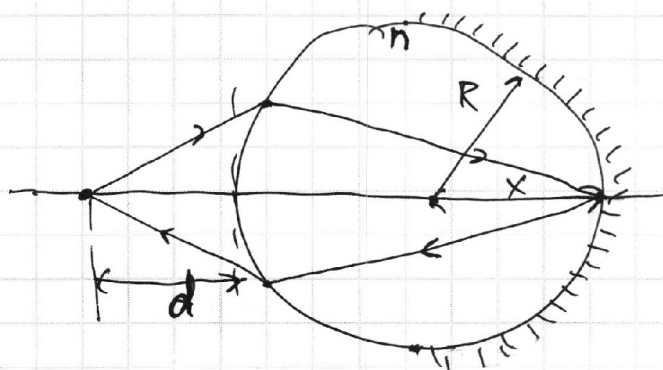
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

25.



- 1) Изображение, даваемое шаром, должно попасть в точку, сопряженную S, как и изображение, даваемое линзой. Ход луча в шаре будет таков:

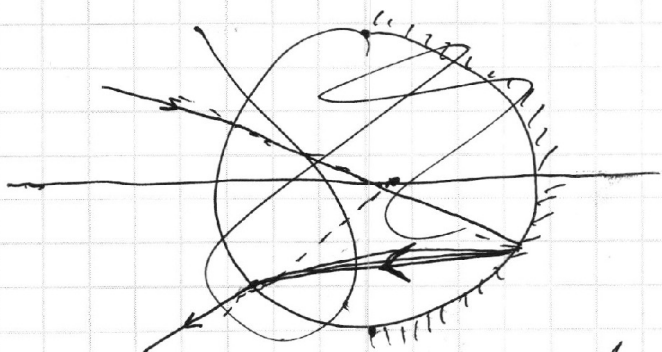


~~Такой ход возможен только при $d=0$ в условиях произвольного n .~~

$$\Rightarrow f = b \Rightarrow$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow F = \frac{ab}{b-a} = \frac{14R^2}{12R} = \frac{7}{6}R.$$

- 2) Во 2-м случае ход луча таков:



из геом. и оптических соображений:

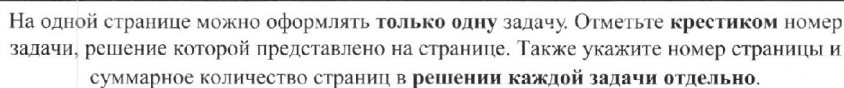
$$\left(\frac{1}{d} + \frac{1}{R}\right) \cdot \frac{1}{n} + \frac{1}{R+x} = \frac{1}{R}$$

n не входит можно при

$$d = -R \Rightarrow f = b, R = 8R$$

По ф. тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{8R} + \frac{1}{a} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{8R} \Rightarrow F = \frac{16R^2}{6R} = \frac{8R}{3}$

2) $d = -R - 0 = -5R$; $x = \frac{1}{3}R \Rightarrow \frac{1}{5R} \cdot \frac{1}{n} + \frac{1}{\frac{1}{3}R} = \frac{1}{R} \Rightarrow n = \frac{25}{16}$. Ответ: 1) $\frac{8R}{3}$ 2) $\frac{25}{16}$

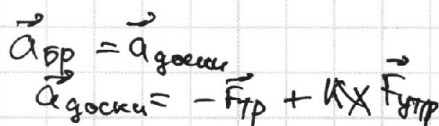


7

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!

$$\alpha = \arccos\left(\frac{x_1}{x_0}\right) \quad \text{?} = \frac{\pi}{2} \quad \frac{x_1}{x_0} = 1 \quad x_1 = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2}$$



$$\vec{a}_{\text{бруск}} = \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{4R} = \frac{4R+R}{4R^2} = \frac{5}{4R} > \frac{4}{3R} \Rightarrow n = \frac{25}{16}$$

$$A_{BR} =$$

$$m_{aBr} = \mu m_d.$$

$$M_{a_{\text{госку}}} = M_{a_{\text{фр}}} = K_{\text{хл}} - \mu_{\text{мел}}.$$



$$\alpha_{\text{op}} = (M+m) \mu_g = K x_1; \quad x_1 = \frac{(m+m) K}{K}$$

$$a_{07k} = 0, \quad \text{при } x$$

$$k x_2 = F_{TP} = \mu mg.$$

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{0} \Rightarrow \alpha \quad \vec{a}_{\text{отн}} = \vec{0}$$

$$\frac{1}{P} - \frac{1}{3P} = \frac{\frac{4R}{5}}{\frac{4}{5}R \cdot \frac{1}{n} + \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{R}}$$



2

$$\mu mg = kx_2;$$

$$\frac{Kx^2}{2} +$$

25

$$\frac{2}{50} = \frac{1}{25}$$

$$M_{\text{ag}} = kx - F_{\text{TP}} \Rightarrow$$

$$m_{a5} = F_{TP} = \mu g$$

$$Q_{\text{out}} = (Q_5 - Q_8) =$$

$$= \left| \mu g - \frac{k}{m} x - \frac{m \omega^2}{m} \right| \neq 0; \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\mu_{\text{neg}} = kx_2;$$

$$t = \frac{1}{2} T = \frac{2\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{\omega} = \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\sigma_{\text{orth}} = 0 : t = \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$M_{ag} = m_{ag} + Kx$$

$$Q_{eq} = \frac{K}{2L} \cdot x = \frac{mg}{2}$$

$$a_{\text{gocem}} = 0 \Rightarrow \mu_{\text{mg}} \mu_{\text{mg}} = kx_2 \Rightarrow v_2 = v_2 \equiv v, \quad \frac{kx_2^2}{2} + \frac{(m_{\text{mg}})^2}{2} = \frac{m_{\text{mg}}^2}{2}$$

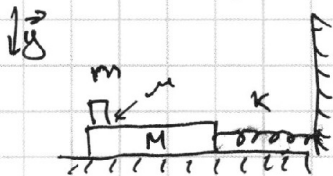


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\begin{array}{r} 596 \\ \times 273 \\ \hline 1911 \end{array}$$

$$KX_1 = \mu mg$$

$$\frac{(m+M)v^2}{2} + \frac{KX_1^2}{2} = \frac{KX_0^2}{2}$$

$$\frac{1911}{3822} \quad X_0 \cos \omega t_1 = X_1$$

$$V = \mu g t$$

$$\cos \alpha = \frac{X_1}{X_0} \Rightarrow \alpha = \arccos \left(\frac{X_1}{X_0} \right)$$

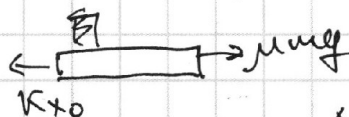
$$\frac{\alpha}{2\pi} \cdot T = t$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 38 \\ \hline 52,22 \end{array}$$

$$X_0^2 + \omega^2 X_0^2 = X_1^2 + V^2 \Rightarrow V^2 = X_0^2 (\omega^2 + 1) - X_1^2$$

$$\mu g t = V \Rightarrow \mu g t = \omega X_0 \sin t_1$$

$$X_0^2 = X_1^2 + \frac{V^2}{\omega^2}, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}}$$



$$\mu g t = V$$

$$t_{put} = 50^\circ C$$

$$7 + 38,22 =$$

$$= 45,22$$

$$KX_0 = \mu mg$$

$$\frac{V}{\omega X_0} = \frac{V}{\omega X_0}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 38 \\ \hline 370 \\ + 81 \\ \hline 354 \end{array}$$

$$28.6 = 120 + \omega$$

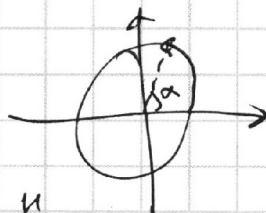
$$\mu g t = V$$

$$\tan \alpha = \frac{V}{\omega X_0 \cdot X} = \frac{V}{\omega X}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 84 \\ \hline 54 \end{array}$$

$$\alpha = \arctg \frac{V}{\omega X}$$

$$t = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot T = \frac{\alpha}{\omega}$$



$$\frac{k}{m} \cdot \frac{1}{\omega \cdot \omega^2}$$

$$t = \frac{\alpha}{2\pi}$$

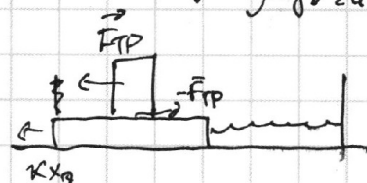
$$V = \mu g \frac{\alpha}{2\pi}$$

$$p_{act}(t) = 91 kPa$$

$$pV = 12 \cdot 8RT$$

$$p'V = 12RT$$

$$p' = p_{act}(t) \cdot \frac{1}{T}$$



$$KX_1 = \mu mg$$

$$\frac{(m+M)v^2}{2} + \frac{KX_1^2}{2} = \frac{KX_0^2}{2}$$

$$\frac{KX_0^2}{2} = \frac{KX_1^2}{2} + \frac{(m+M)v^2}{2}$$

$$V^2 = \frac{K}{m+M} X_0^2$$

$$V_0 = \omega X_0 =$$

$$\omega = \frac{KX_0}{m+M}$$

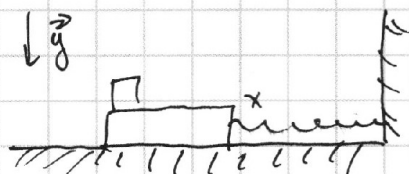


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

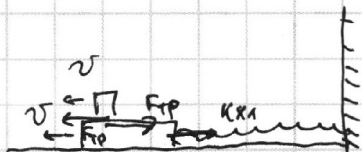
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!



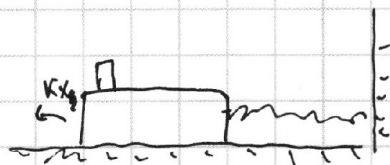
M, m, k, μ

$$v_{\text{сп}} = v_{\text{до скол.}} \equiv v.$$



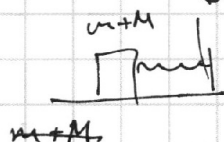
$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} + \frac{kv_1^2}{2} = \frac{kv^2}{2}.$$

$$kx_1 = \mu mg; \quad \frac{(m+M)v^2}{2} + \frac{k\mu^2 m^2 g^2}{2k} = \frac{kv^2}{2}.$$



В.

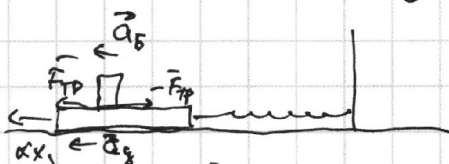
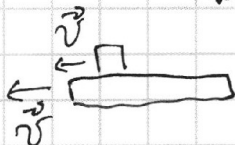
БР+Д.



гарм.к.

$$v = \omega x_0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}}.$$



$$\vec{a}_B = \vec{a}_g + \vec{a}_{\text{отн}} \Rightarrow; \vec{a}_{\text{отн}} = \vec{0} \Rightarrow \vec{a}_B = \vec{a}_g$$

$$M a_g = kx_1 - F_{\text{тр}}$$

$$M a_B = F_{\text{тр}} \Rightarrow (M+m) a_g + M a_B = kx_1$$

$$(m+M) a = kx_1 \quad \frac{kx_1 - F_{\text{тр}}}{M} = \frac{F_{\text{тр}}}{m} \Rightarrow$$

$$\frac{M}{m} \cdot F_{\text{тр}} = kx_1 - F_{\text{тр}} \Rightarrow F_{\text{тр}} \left(\frac{M}{m} + 1 \right) = kx_1$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \Rightarrow \mu mg (M+m) = kx_1; \quad x_1 = \frac{\mu g (M+m)}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 3}{50} = \frac{9}{50} \text{ м} = 0,18 \text{ см}.$$

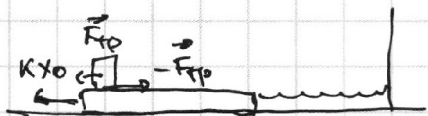


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

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!



$$M a_g = k x_0 - F_{tr} = k \cdot x_0 - \mu m g.$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_g$$

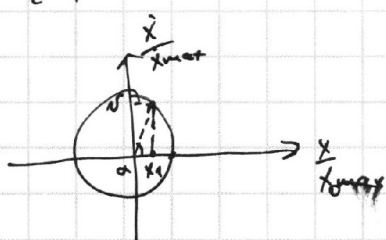
$$v_B = v_g$$

$$\frac{(m+M)v^2}{2} + \frac{k x_0^2}{2} = \frac{k x_0^2}{2}.$$

$$\frac{v}{\tau} = \mu g$$

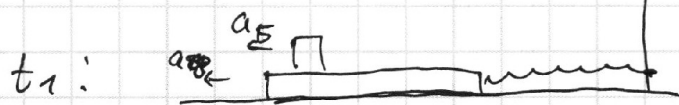
$$a = \mu g = \frac{v}{\tau} \Rightarrow v = \mu g \tau.$$

$$\frac{v}{\tau} = \mu g$$



$$\alpha = \tan \alpha = \frac{v}{x_1} \cdot \frac{x_{\max}}{x_{\max}} = \frac{\omega v}{\omega x_1}$$

$$k x_1 = 0.$$



$$\mu m g = k x_1$$

$$\vec{a}_{отн} = \vec{a}_{сп} - \vec{a}_g$$

$$a_B = \mu m g; a_{сп} = \mu g; M a_g = \mu m g + k x_1$$

$$\mu M g = -\mu m g + k x_1 \Rightarrow k x_1 = \mu (M+m) g.$$

$$x_1 = \frac{\mu (M+m) g}{k} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10}{50} = \frac{9}{50} = \frac{18}{100} =$$

$$= 0,18 \text{ м};$$

$$\mu m g = k x_1 \Rightarrow v_1 = v_2.$$

$$\frac{k x_0^2}{2}$$

$$\frac{k x_0^2}{2} = \frac{(m+M)v^2}{2} + \frac{k \mu^2 m^2 g^2}{2k}.$$

$$v = \mu g \tau$$

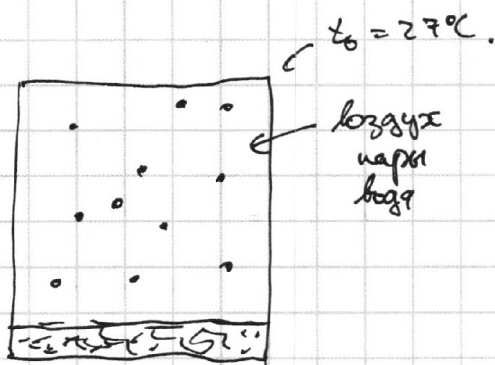


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ 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!



$m_{\text{водн}} = 11 \text{ м пара}$

$t = 87^\circ\text{C}$

$$\begin{array}{r} 273 \\ - 27 \\ \hline 300 \end{array}$$

$m_{\text{в}} \rightarrow m_{\text{пара}}$

$m_{\text{пара}} = m, m_{\text{водн}} = 11 \text{ м}$

$m_{\text{пара}} = m_{\text{перх}} + m_{\text{водн}} = 12 \text{ м}$

$$\frac{m_{\text{перх}}}{m_{\text{водн}}} = \frac{m}{11} = 12.12$$

$$p_0 \cdot V = \nu R T$$

$$p_0 \cdot V = 12 \nu R T_0$$

$$p_0 = 3,5 \text{ кПа}$$

$$p_0 \cdot V = \nu R T_0$$

$$p_{\text{нас}} \cdot V = 12 \nu R T^* \Rightarrow \frac{p_0}{p_{\text{нас}}} = \frac{T_0}{12 T^*}$$

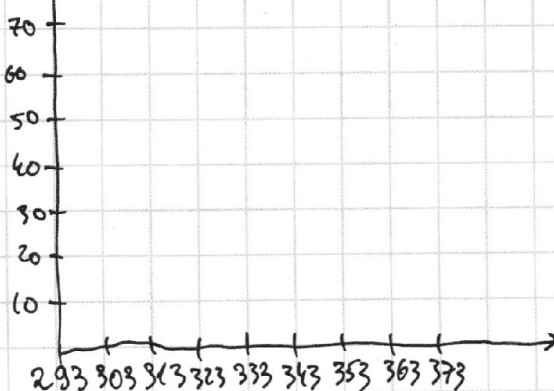
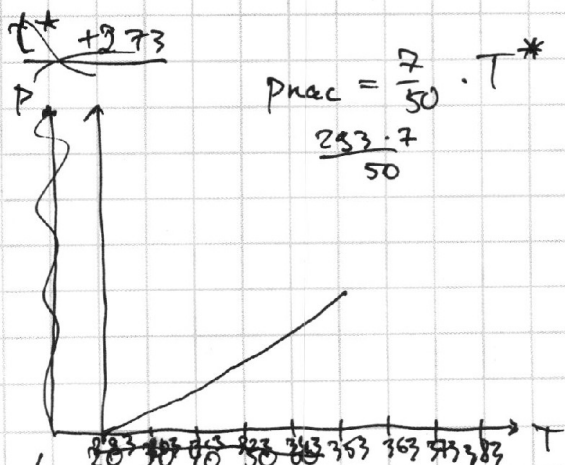
$$p_{\text{нас}} = 3,5 \text{ кПа} \cdot 12 \frac{T^*}{T_0} =$$

$$p_{\text{нас}} = \frac{3,5 \cdot 12}{300} T^* + \frac{3,5 \cdot 12}{300} \cdot 273 =$$

$$p_0 \cdot V = \nu R T_0$$

$$p_{\text{нас}} \cdot V = 12 \nu R T^*$$

$$\Rightarrow \frac{p_0}{p_{\text{нас}}} = \frac{T_0}{12 T^*} \Rightarrow \frac{T^*}{p_{\text{нас}}} = \frac{T_0}{12 p_0} = \frac{300}{12 \cdot 3,5} = \frac{60 \cdot 5}{12 \cdot 0,5 \cdot 7} = \frac{600 \cdot 50}{12 \cdot 7} = 7.$$





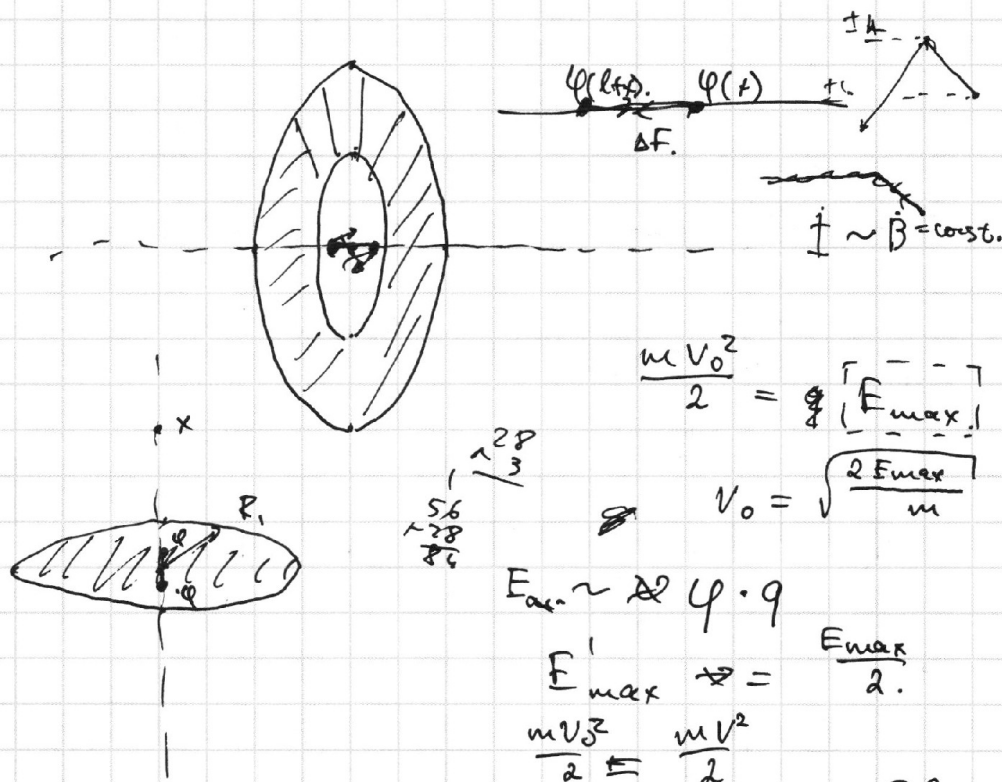
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

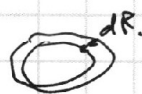
~3. V_0 , $q \rightarrow \frac{1}{2}$, N_0 v_c ?, $v_{max} - v_{min} = ?$



$$E_{bz} \times 0 \Rightarrow N = V_0.$$

$$E_g = q\phi - q\phi = 0,$$

$$K_0 = K \Rightarrow V_0 = V.$$



$$\phi = \int \frac{k dq}{r_i} = \dots$$

$$dq = \sigma \cdot 2\pi r_i dr_i \Rightarrow \phi = \int \frac{\sigma k \cdot 2\pi r_i dr_i}{r_i} = 2\pi \sigma k R.$$

$$r_i^2 = R^2 + x^2$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_{min}^2}{2} + q\phi_{max} E_{max} \quad \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \quad \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{18}$$

$$\frac{174}{12} \cdot \frac{6}{3} = 29.$$

$$\frac{174}{12} \cdot \frac{6}{3} = 29.$$

$$\frac{174}{12} \cdot \frac{6}{3} = 29.$$

$$\frac{174}{12} \cdot \frac{6}{3} = 29.$$

$$\frac{174}{12} \cdot \frac{6}{3} = 29.$$

$$\frac{174}{12} \cdot \frac{6}{3} = 29.$$

$$\frac{174}{12} \cdot \frac{6}{3} = 29.$$

$$\frac{174}{12} \cdot \frac{6}{3} = 29.$$

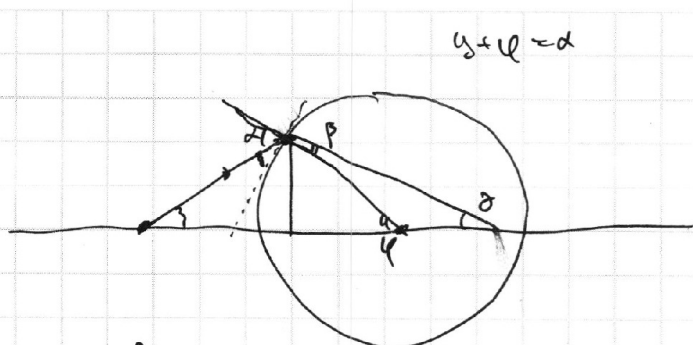


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\alpha = n\beta$$

$$\gamma = \frac{h}{R+x}$$

$$\phi = \frac{h}{R}$$

$$\frac{\beta}{\gamma} \frac{x}{\phi} = \frac{R}{\gamma} \Rightarrow \frac{x n}{\alpha} = \frac{R}{\gamma} \Rightarrow \alpha = \frac{\gamma x n}{R} = \frac{h}{R+x} \cdot \frac{x n}{R}$$

$$\alpha - \phi = \frac{h}{d}; \quad \alpha = \frac{h}{d} + \phi = \frac{h}{d} + \frac{h}{R} \quad \frac{7}{2} = \frac{7}{50}$$

$$\frac{h}{n} \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{R} \right) + \frac{h}{R+x} = \frac{h}{R}$$

$$\frac{R+d}{n R d} + \frac{1}{R} - \frac{1}{R+x} = \frac{x}{R+x}$$

12-50

$$(R+d)(R+x) = n R d x$$

$$R^2 + dR + dx + xR = n R d x \Rightarrow x(n R d - R - d) = R^2 - dR$$

$$x = \frac{R(R+d)}{n R d - R - d}$$

$$\frac{R \left(\frac{R}{d} + 1 \right)}{n R \left(\frac{R}{d} - 1 \right)} = \frac{R}{n R - d}$$

$$\frac{7 \cdot 12}{300} \cdot 273 = 0,7273$$

$$t_0; \quad p_{nac} \cdot V = \nu R T_0$$

$$CA =$$

$$p \cdot V = \nu R T$$

$$p_{nac} \cdot V = \nu R T^* \rightarrow \frac{p_{nac} \cdot p}{p_{nac}} = \frac{T}{T^*}$$

$$p_{nac0} \cdot V = \nu R T_0$$

$$p_{nac}^* \cdot V = \nu R T^*$$

$$\frac{p_{nac0}}{p_{nac}^*} = \frac{T_0}{T^*}$$

$$p_{nac}^* = p_{nac0} \cdot \frac{12 T^*}{T_0} =$$

$$= 3,5 \cdot \frac{12}{300} (t^* + 273) = \frac{3,5}{25} (t^* + 273) = \frac{7}{50} t^* + \frac{3,5 \cdot 273}{25}$$

$$t = 80^\circ C$$

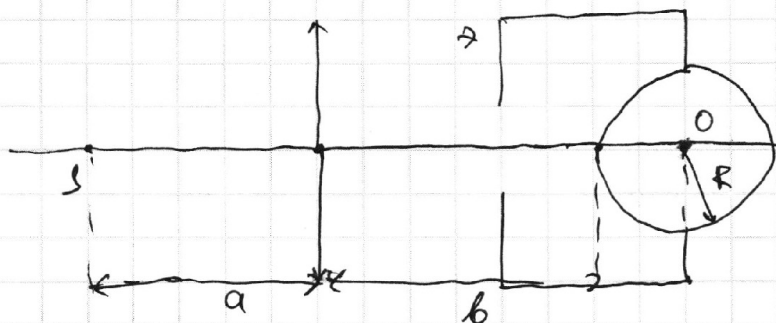


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

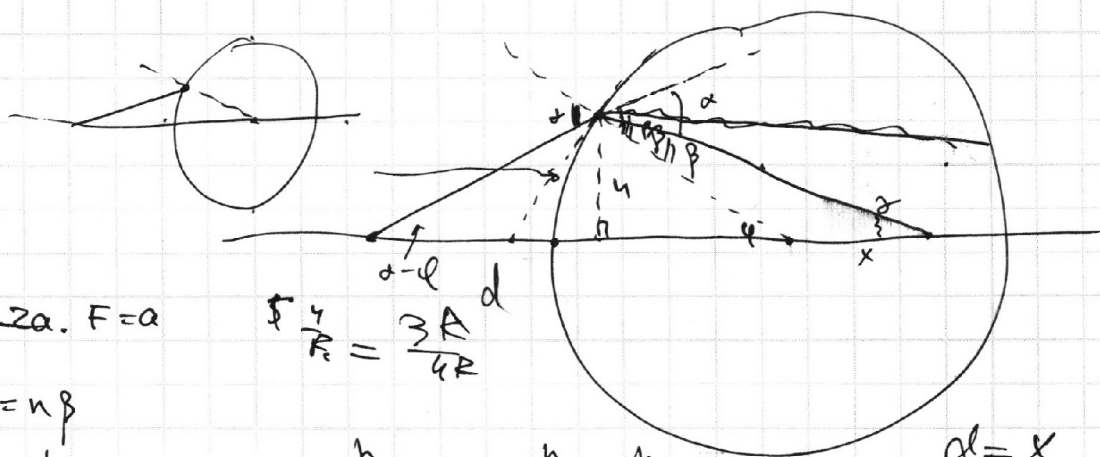
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$a = 2R$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$



$$F = 2a, F = a$$

$$\frac{1}{R} = \frac{3A}{4R}$$

$$\alpha = n\beta$$

$$\alpha = \frac{n}{R} \cdot \frac{h}{\beta} = \alpha - \varphi = \frac{h}{d}, \quad \alpha = \frac{h}{d} + \frac{h}{R}$$

$$\frac{x}{\beta} = \alpha - \frac{h}{R} = \frac{h}{d}, \quad \alpha$$

$$\frac{h}{R} = \frac{h}{x+R}$$

$$\delta = \frac{h}{x+R}$$

$$\frac{\alpha}{n} + \frac{h}{x+R} = \frac{h}{d}$$

$$\frac{\alpha}{n} + \frac{h}{x+R} = \frac{h}{d}$$

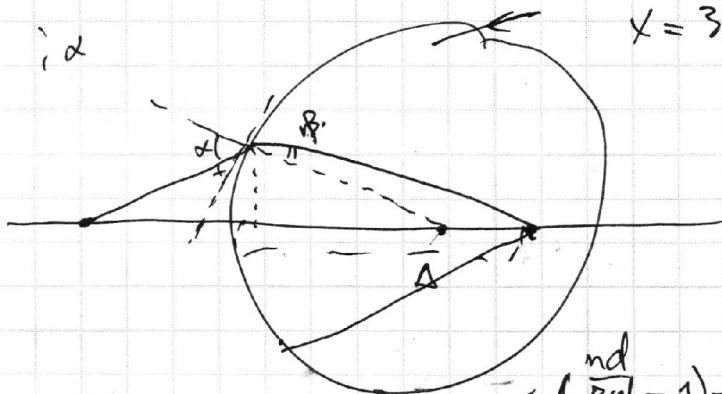
$$\frac{1}{n} \left(\frac{h}{d} + \frac{h}{R} \right) + \frac{h}{x+R} = \frac{h}{d}$$

$$\frac{1}{n} \frac{R+d}{Rd} + \frac{R-x-R}{R(R+x)} = 0 \Rightarrow \frac{1}{n} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{d} \right) \neq \frac{x}{R(R+x)}, \quad x = \frac{nd}{R+d} - 1$$

$$R^2 + Rx = x \cdot n \frac{Rd}{R+d} \Rightarrow x \left(\frac{nRd}{R+d} - R \right) = R^2$$

$$\alpha = x.$$

$$x = 3R.$$





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
☐

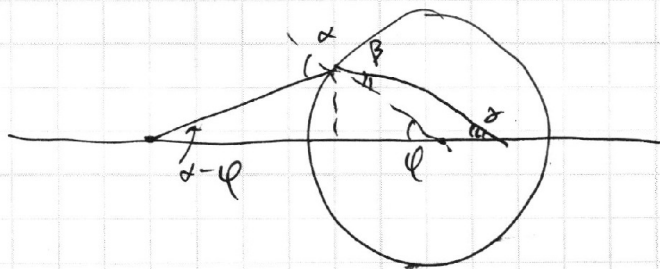
5
☐

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!



$$\left(\frac{n}{d} + \frac{h}{R}\right) \cdot \frac{1}{n} + \frac{h}{R+x} = \frac{h}{R}.$$

$$\left(\frac{1}{d} + \frac{1}{R}\right) \cdot \frac{1}{n} + \frac{h}{R+x} = \frac{1}{R}; \quad \frac{1}{R} = -\frac{1}{d} = -\frac{1}{R}.$$

$$\beta + \gamma = \varphi$$

$$R + \frac{h}{x}$$

$$\beta + \frac{h}{R+x} = \frac{h}{R}.$$

$$\alpha - \varphi = \frac{h}{d}.$$

$$\alpha = \frac{h}{d} + \frac{h}{R}.$$

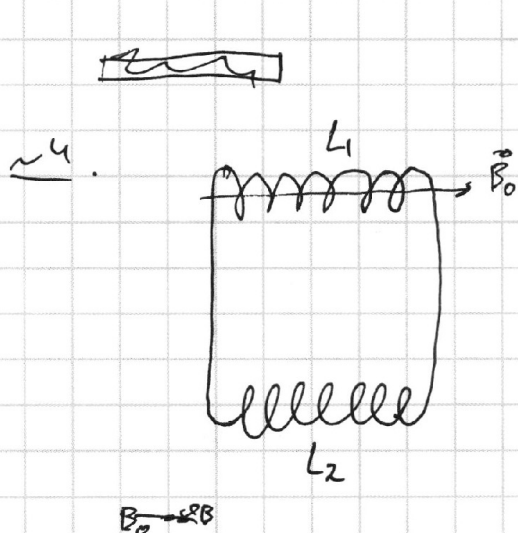


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

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!



$$L_1 = L, \quad n, \quad S_1$$

$$L_2 = 6L$$

$$I_1, \quad B_0 \rightarrow 0.$$

$$I_{L_2} = I_{L_1}$$

$$(L_1 + L_2) \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B S_1}{\Delta t} =$$

$$= \alpha_1 S_1 =$$

$$(L_1 + L_2) \frac{\Delta I}{\Delta t} = \alpha \cdot S_1, \quad \frac{6}{8} B_0 = \frac{3}{4} B_0$$

$$\alpha_1 = \frac{\frac{1}{4} B_0}{\frac{2}{3} t} = \frac{3 B_0}{8 t}; \quad \alpha_2 = \frac{\frac{3}{4} B_0}{\frac{1}{3} t} = \frac{9}{4} \frac{B_0}{t}.$$

$$(L_1 + L_2) \frac{\Delta I}{\Delta t} = \alpha_1 S_1; \quad (L_1 + L_2) I_A = \alpha_1 S_1 \cdot \frac{2}{3} t =$$

$$= S_1 \cdot \frac{1}{4} B_0 = \frac{1}{4} B_0 S_1 = 7L I_A \Rightarrow I_A = \frac{B_0 S_1}{28L}$$

$$(L_1 + L_2) (I_0 - I_A) = \alpha_2 S_1 \cdot \frac{1}{3} B_0.$$

$$7L (I_0 - I_A) = \frac{3}{4} B_0 S_1 \Rightarrow I_0 - I_A = \frac{3 B_0 S_1}{28L}$$

$$I_0 = I_A + \frac{3 B_0 S_1}{28L} = \frac{B_0 S_1}{7L}.$$

$$I_A = \frac{B_0 S_1}{28L}; \quad q_A = \frac{B_0 S_1}{28L} \cdot \frac{2}{3} t = \frac{B_0 S_1 t}{42L}$$

$$q_{A-K} = I_0 \cdot \frac{1}{3} t = \frac{B_0 S_1}{7L} \cdot \frac{1}{3} t = \frac{B_0 S_1 t}{21L}$$

$$q = \frac{B_0 S_1 t}{42L} + \frac{2 B_0 S_1 t}{21L} = \frac{3 B_0 S_1 t}{42L} = \frac{B_0 S_1 t}{14L}.$$

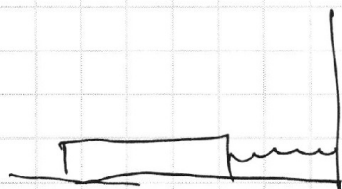


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

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!



$$Ma_0 = kx_0 - \mu mg.$$

$$kx_2 = \mu mg.$$

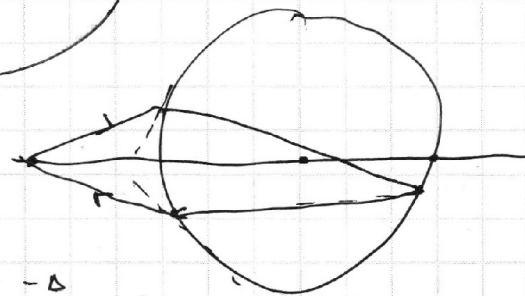
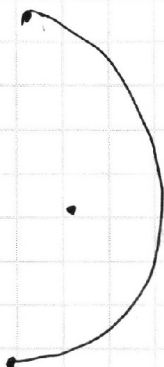
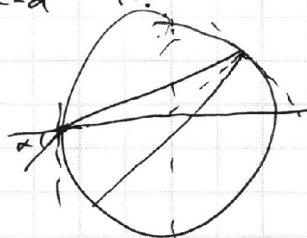
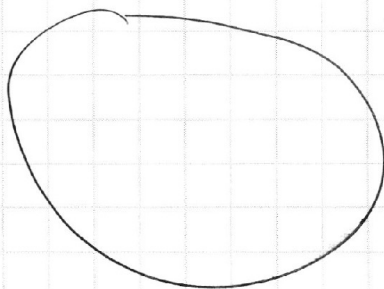
$$V_1 = V_2. \quad \xi = \mu g z. = \mu g^{-\alpha}$$

$$\mu mg x_2 = kx_2 \Rightarrow x_2 = \frac{\mu mg}{k}.$$
$$\frac{kx_2^2}{2} + \frac{(m+M)V^2}{2} = \frac{kx_2^2}{2}.$$

$$x = \frac{R(R+d)}{uRd + R+d} = \frac{R(R+d)}{-R-d} = -R.$$

$$R(R+d)$$

$$x =$$



$$x = -\Delta$$

$$x = \frac{R(R+d)}{R+d - uRd} = \frac{\cancel{R(R+d)} R(R-\Delta)}{R-\Delta - uR\Delta}.$$



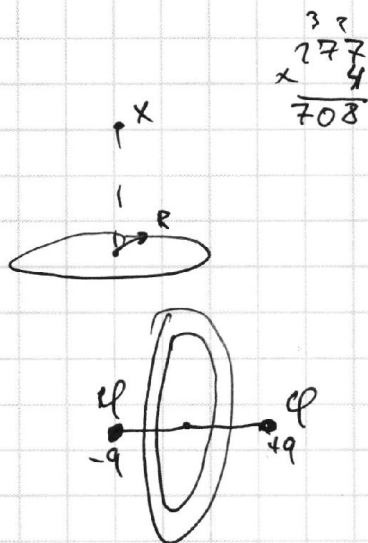
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$\begin{array}{r} 4.49 \\ 370 \\ \times 4 \\ \hline 136 \\ 370 \\ \times 2 \\ \hline 354 \\ 1770 \\ \times 5 \\ \hline 6333 \end{array}$$



$$\varphi = \sum \frac{k q_i}{r_i} = \frac{k d i}{r_i}$$

$$\varphi = \int \frac{k \cdot 2\pi R_i \cdot dR_i \cdot \sigma}{\sqrt{R^2 + x^2}}$$

$$E_{\text{пот}} = E_{\text{эск}} \Rightarrow U > U_0.$$

$$E_{\text{макс}} = (?) : U_{\text{min}} @.$$

$$U_{\text{max}} = U_c.$$

$$U' = 0. \Rightarrow a = 0.$$

$$E \sim \frac{1}{x^2}.$$

$$E_b \sim q \cdot \varphi \Rightarrow E_b' = \frac{E_b}{2}.$$

$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_{\text{min}}^2}{2} + \frac{E_{\text{max}}}{2};$$

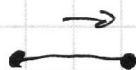
$$\frac{m V_0^2}{2} - \frac{m V_0^2}{4} = \frac{m V_{\text{min}}^2}{2} \Rightarrow \frac{m V_0^2}{4} = \frac{m V_{\text{min}}^2}{2}$$

$$E_{\text{max}} = \frac{m V_0^2}{2}.$$

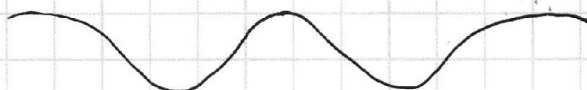
$$\frac{m V_0^2}{4} = \frac{m V_{\text{min}}^2}{2}$$

$$V_{\text{min}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}.$$

$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_{\text{max}}^2}{2} + \frac{E_{\text{min}}}{2}$$



$$V_{\text{max}} \Rightarrow E = -\frac{E_{\text{max}}}{2}.$$



$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_{\text{max}}^2}{2} - \frac{E_b}{2} = \frac{m V_{\text{max}}^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{m V_{\text{max}}^2}{2} = m V_0^2 \Rightarrow V_{\text{max}} = \sqrt{2} V_0.$$