



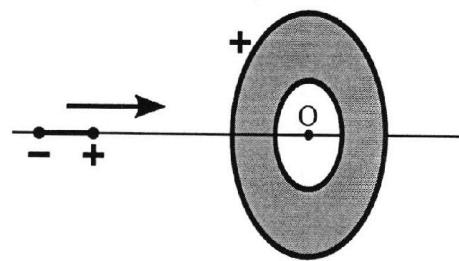
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-03

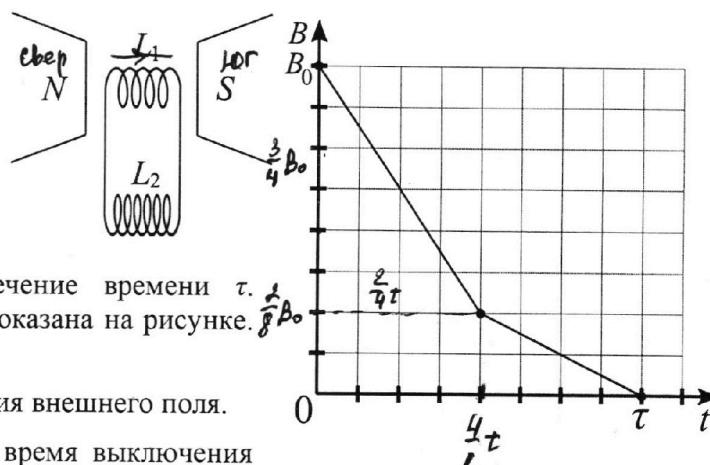
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 . Диполю сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



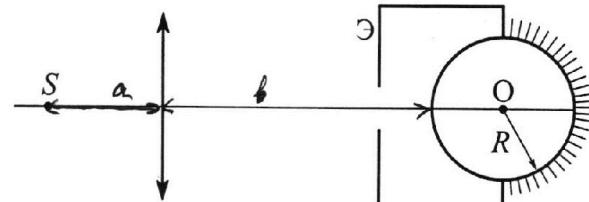
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $L_2 = 3L$ 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_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удалённый от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (см. рис.). 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 $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



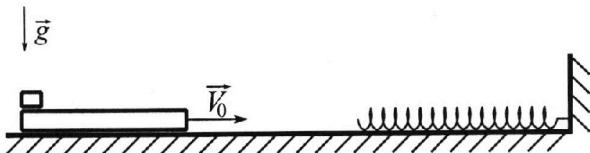
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

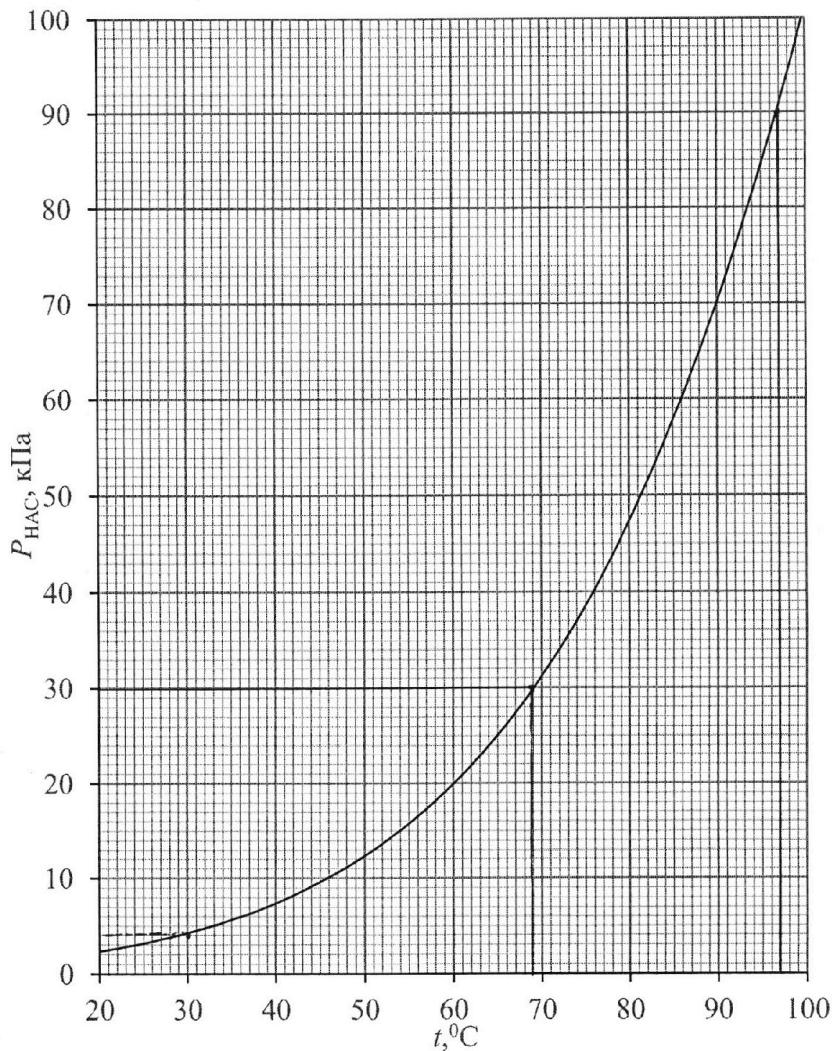


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °C и относительной влажности $\phi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °C. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °C.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

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



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
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

СТРАНИЦА

1 из 3

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!

Дано:

$$M = 2 \text{ кг}$$

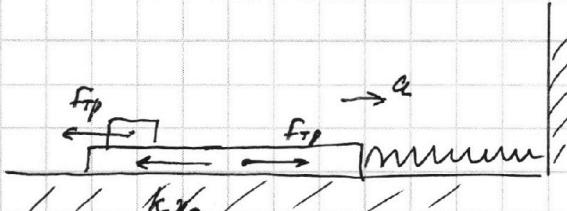
$$m = 1 \text{ кг}$$

$$V_0 = 1 \text{ м/с}$$

$$k = 36 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \frac{\text{м/с}^2}{\text{с}^2}$$



1) $x_0 - ?$

1) В спокойствии, когда начнется относительное движение ускорения блока и доски будут еще равны и система "блок + доска" движутся как единое целое

$$ma = f_{fp} = \mu mg \\ (M+m)a = kx_0 \Rightarrow kx_0 = \frac{(M+m)}{m} \mu mg$$

$$x_0 = \frac{(M+m) \cdot \frac{\mu mg}{m}}{k} = \frac{(M+m) \cdot \mu g}{k} = \frac{(1+2) \cdot 0,3 \cdot 10}{36} = \frac{3 \cdot 3}{36} = \\ = \frac{9}{36} = 0,25 \text{ м} = 25 \text{ см}$$

2) если без груза не начнется движение относительно доски, то система без движется как единое целое.

Начавшись без колебаний с $T = 2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}}$

$$x = A \cdot \sin \omega t, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$$\text{Найдем } A \text{ из ЗС: } \frac{(M+m)V_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A = V_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$x = V_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} \cdot t \right) = x_0$$

$$\sin \omega t = \frac{(M+m) \cdot \mu g}{k} \cdot \sqrt{\frac{k \Delta x^2}{M+m} \cdot \frac{1}{V_0^2}} = \mu g \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \frac{1}{V_0}$$

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 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА

2 ИЗ 3

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!

$$\sin \omega t = \mu g \sqrt{\frac{kx+m}{k}} \cdot \frac{1}{v_0} = \frac{\mu g}{v_0} \sqrt{\frac{m+kx}{k}} = \frac{0,3 \cdot 10}{1} \sqrt{\frac{3}{36}}$$

$$\sin \omega t = \frac{3}{1} \sqrt{\frac{1}{12}} = \frac{3}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\omega t = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{\pi}{3 \cdot 0,5} = \frac{\pi}{1,5} = \frac{\pi \cdot \sqrt{3}}{3 \cdot 2\sqrt{3}} = \frac{\pi \sqrt{3}}{6}$$

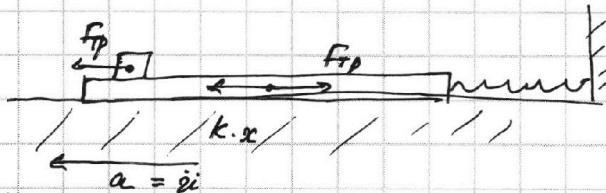
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m+k}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3} \text{ c}^{-1}$$

$$t = \frac{\pi \sqrt{3}}{2\sqrt{3}} \text{ c} \quad t = \frac{\pi \sqrt{3}}{6} \text{ c}$$

$$t = \frac{\pi \sqrt{3}}{6} \text{ c} \approx \frac{3\sqrt{3}}{18} = \frac{\sqrt{3}}{6} \text{ c}$$

3) Ускорение доски в момент максимального сжатия

Найдем положение равновесия доски



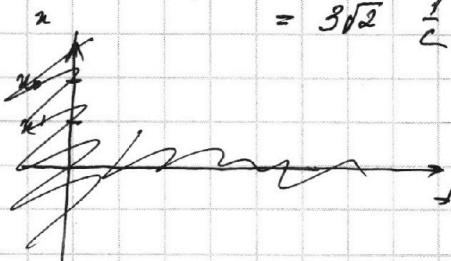
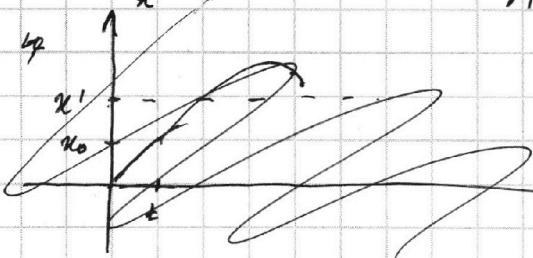
$$kx' = \mu mg \\ x' = \mu mg \cdot \frac{1}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 1}{36} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12} \text{ m}$$

На доску действует $F_p = \text{const} = \mu mg$
 $F_{\text{упр}} = kx$

$$m \ddot{x} = kx - \mu mg = k(x' + \Delta x) - \mu mg$$

$$m(\ddot{x}' + \ddot{\Delta x}) = kx' + k\Delta x - \mu mg = k\Delta x$$

$$m \ddot{\Delta x} = k\Delta x \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \text{ rad/s} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{36}{2}} = \sqrt{18} =$$



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 |
|---|---|---|---|---|---|---|

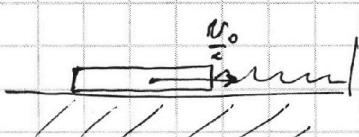
СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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!



скорость доски в следует изменять со временем движущую

$$V = V_0 \cos \omega t = V_0 \cdot \cos \frac{\pi}{3} = V_0 \cdot \frac{1}{2} = \frac{V_0}{2}$$



$$A_x^2 + \frac{V^2}{\omega^2} = A_r^2$$

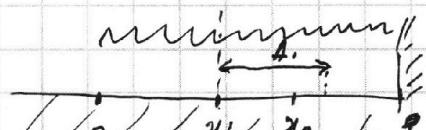
$$(x_0 - x')^2 + \frac{V_0^2}{4\omega_r^2} = A_r^2$$

$$(x_0 - x')^2 + \frac{V_0^2}{4\omega_r^2} = A_r^2 = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{12}\right)^2 + \frac{1}{4 \cdot 18} = \frac{1}{4 \cdot 18} + \left(\frac{3-1}{12}\right)^2 =$$

$$= \frac{1}{8 \cdot 9} + \frac{1}{8^2} = \frac{1}{8 \cdot 9} + \frac{1}{6^2} = \cancel{\frac{1}{8 \cdot 9}} + \cancel{\frac{1}{4 \cdot 2 \cdot 3}} = \cancel{\frac{1}{8 \cdot 9}} + \cancel{\frac{1}{9 \cdot 8}} =$$

$$= \frac{1}{4 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3} + \frac{1}{6 \cdot 6} = \frac{1}{6 \cdot 12} + \frac{1}{6 \cdot 6} = \frac{1+2}{6 \cdot 12} = \frac{3}{6 \cdot 12} = \frac{1}{2 \cdot 12} = \frac{1}{24}$$

$$= \frac{1}{24} \text{ м}$$



$$\text{и } x_c = A_r + x'_r = A_r + x' =$$

$$= \frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8} \text{ м}$$

$$Ma_r = k x_c - \mu mg$$

$$a_r = \frac{k x_c - \mu mg}{m}$$

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**.



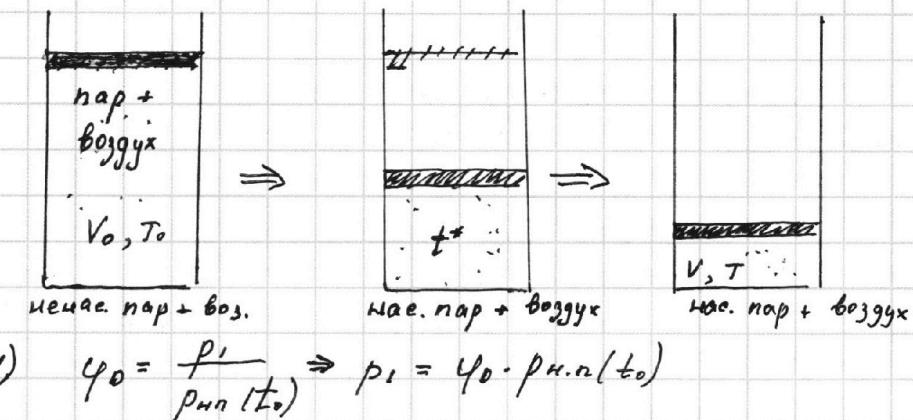
- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Дано:

$$\begin{aligned} p_0 &= 105 \text{ кПа} \\ t_0 &= 97^\circ \text{C} \\ q_0 &= \frac{1}{3} \\ L &= 33^\circ \text{C} \\ 1) \quad p_1 - ? \\ 2) \quad t^* - ? \\ 3) \quad \frac{V}{V_0} - ? \end{aligned}$$



$p_{n1}(t_0)$ находится из графика, $p_{n1}(t_0) = 90 \text{ кПа}$

$$p_1 = \frac{1}{3} \cdot 90 \text{ кПа} = 30 \text{ кПа}$$

2) p_{B1} - давление сухого воздуха при T

p_{n1} - давление пара при T_0 , $p_{n1} = p_1$

p_{B2} - давление сухого воздуха при T^*

p_{n2} - давление пара при T^*

т.к. начинается конденсирующее пар $\Rightarrow p_{n2} = p_{n1}(T^*)$

Запишем уравнение состояния:

$$p_{B1} \cdot V_0 = D_B R T_0 \quad (1)$$

$$p_{n1} \cdot V_0 = D_n R T_0 \quad (2)$$

$$p_{B2} \cdot V' = D_B R T^* \quad (3)$$

$$p_{n2} \cdot V' = D_n R T^* \quad (4)$$

Содержимое цилиндра постепенно остынет \Rightarrow поршень медленно опускается и $p = \text{const}$

$$p_0 = p_{B1} + p_{n1} \Rightarrow p_{B1} = p_0 - p_{n1} = p_0 - p_1 = 105 - 30 = 75 \text{ кПа}$$

$$p_0 = p_{B2} + p_{n2}$$

$$\text{Делим (1): (2) и } \frac{p_{B1}}{p_{n1}} = \frac{D_B}{D_n} = \frac{D_B}{D_n}$$

$$\text{Делим (3): (4) и } \frac{p_{B2}}{p_{n2}} = \frac{D_B}{D_n} = \frac{p_{B1}}{p_{n1}}$$

$$\frac{p_0 - p_{n2}}{p_{n2}} = \frac{p_{B1}}{p_{n1}} \Rightarrow \frac{p_0}{p_{n2}} = 1 + \frac{p_{B1}}{p_{n1}}$$

$$p_{n2} = p_{n1}(T^*) = \frac{p_0}{1 + \frac{p_{B1}}{p_{n1}}} = \frac{105}{1 + \frac{75}{30}} = \frac{105}{1 + \frac{25}{10}} = \frac{105}{35} \cdot 10 =$$



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 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

$$p_{n2} = p_{n1}(t^*) = 30 \text{ кПа}$$

Дано проводим изобару на графике $p=30 \text{ кПа}$ и находим t . пересечения $\Rightarrow t^* = 69^\circ\text{C}$

3) Дано пар будет конденсироваться при постоянном давлении $p_{н.п.}(t^*) = p_{n2} = 30 \text{ кПа}$

давление воздуха в этот момент (при $t^* = 69^\circ\text{C}$) $p_{B2} = p_0 - p_{n2}$
 $p_{B2} = 105 - 30 = 75 \text{ кПа}$

$$p_{B2} \cdot V = D_B \cdot R T$$

$$p_{B2} \cdot V_0 = D_B R T_0$$

$$\frac{p_{B2}}{p_{B1}} = \frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_{B1}}{p_{B2}} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{75}{25} \cdot \frac{33+273}{97+273} = \frac{306}{280}$$

$$= \frac{306}{280} = \frac{153}{140}$$

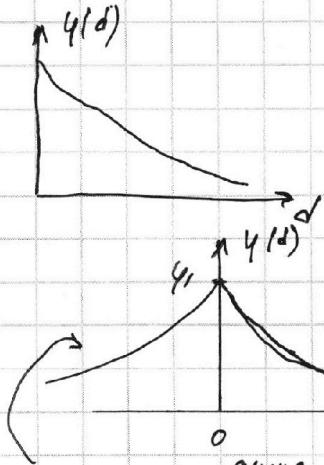
Ответ: 30 кПа ;
 69°C ;
 $\frac{153}{140}$.

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
3 ИЗ 3

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!

Значит $\varphi(d)$ постепенно уменьшается с увеличением d
 \Rightarrow максимальная потенциал в центре колодка $\varphi_1 = \frac{2kq}{R+r}$



Значит, минимальная
значит, максимальная скорость в
центре колодка, а максимальная из
бесконечности

$$\frac{m\left(\frac{3}{2}V_0\right)^2}{2} = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot g + \frac{mV_{min}^2}{2}$$

$$\frac{m}{2} \cdot \frac{g}{4} V_0^2 = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{mV_{min}^2}{2}$$

$$\frac{g}{4} V_0^2 = V_0^2 + V_{min}^2$$

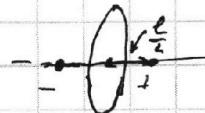
$$V_{min} = \sqrt{\frac{g}{4} - 1} \cdot V_0 =$$

$$= V_0 \sqrt{\frac{9-4}{4}} = V_0 \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{\frac{3}{2}V_0}{V_0 \cdot \frac{\sqrt{5}}{2}} = \frac{3}{\sqrt{5}}$$

При прохождении дыроки через центр отверстия:

~~Задача:~~ $\frac{m\left(\frac{3}{2}V_0\right)^2}{2} + 0 = \frac{mU^2}{2} + \Delta\varphi \cdot g$



$$\frac{mU^2}{2} = \frac{g}{4} \cdot \frac{mV_0^2}{2} + g \left(\varphi(-\frac{l}{2}) - \varphi(\frac{l}{2}) \right)$$

$$\frac{mU^2}{2} = \frac{g}{4} \cdot \frac{mV_0^2}{2} + g \left(\varphi(-\frac{l}{2}) - \varphi(\frac{l}{2}) \right)$$

но $\varphi(\frac{l}{2}) = \varphi(-\frac{l}{2})$ т.к. симметричное распределение потен.

$$\Rightarrow U = \frac{3}{2}V_0$$

Ответ: $U = \frac{3}{2}V_0$ и $\frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{3}{\sqrt{5}}$

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**.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
2 ИЗ 5

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!



останавливается; потому начинаяет разгоняться, т.к. под влиянием заряд диска будет отталкивать "+ " заряд. Диски и притягиваются отрицат. заряд дисков

$$q_1 = q(0) = \frac{2kq_0}{R+r}$$

$$q_2(l) = \frac{2kq_0}{(R^2 - r^2)} \cdot \sqrt{\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{R^2 + r^2}}; \quad l - \text{длина стержня}$$

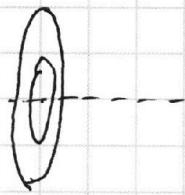
$$q_2(r) = \frac{2kq_0}{(R^2 - r^2)} \cdot \left(\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{R^2 + r^2} \right)$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = (q_2 - q_1) \cdot g = \frac{2kq_0}{R^2 - r^2} \left(\frac{2kq_0}{R+r} - 2kq_0 \cdot \frac{\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{r^2 + l^2}}{R^2 - r^2} \right) g$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = g \cdot 2kq_0 \cdot \left(\frac{1}{R+r} - \frac{\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{r^2 + l^2}}{(R^2 - r^2)(R+r)} \right)$$

3)

—го ордината через конусоиду:



$$q(d) = f_1 - f_2 =$$

$$f_1 \quad f_2$$

$$q(d) = \frac{2kq_0}{R^2 - r^2} \left(\sqrt{R^2 + d^2} - \sqrt{r^2 + d^2} \right)$$

$$q'(d) = \frac{2kq_0}{R^2 - r^2} \left(\frac{2d}{2\sqrt{R^2 + d^2}} - \frac{2d}{2\sqrt{r^2 + d^2}} \right) = 0$$

$$q'(d) = \frac{2kq_0}{(R^2 - r^2)} \left(\frac{d}{\sqrt{R^2 + d^2}} - \frac{d}{\sqrt{r^2 + d^2}} \right) = 0$$

$$R^2 + d^2 = r^2 + d^2$$

$R = r$ но $R \neq r \Rightarrow$ производной не равна 0.

$$q'(d) = \frac{2kq_0 d}{R^2 - r^2} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} - \frac{1}{\sqrt{r^2 + d^2}} \right) < 0$$



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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

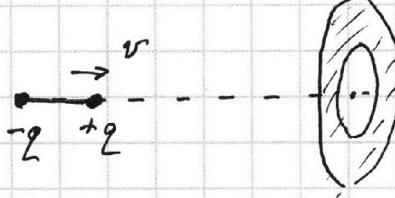
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

v_0 - нач. с.

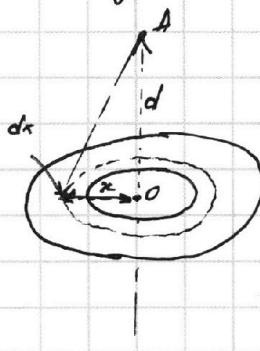
1) $\Delta U = ?$

2) $\frac{v_{max}}{v_{min}} = ?$



q - заряд пояса на диполе
 Ψ на бесконечности = 0

1) Найдём потенциал на оси диска, d - расстояние от 0 до A



$$d\Psi = k \frac{dq}{\sqrt{x^2 + dx^2}} = k \frac{(\pi/2 + dx)^2 - \pi x^2) \cdot q_0}{(\pi R^2 - \pi r^2) \cdot \sqrt{x^2 + dx^2}}$$

R - радиус большого круга - наш

r - радиус маленького круга - наш.

q_0 - заряд диска

$$d\Psi = k q_0 \frac{x^2 + 2x dx + dx^2 - x^2}{(R^2 - r^2) \sqrt{x^2 + dx^2}} = \\ = k q_0 \frac{dx}{(R^2 - r^2) \sqrt{x^2 + dx^2}} = \frac{k q_0}{(R^2 - r^2)} \cdot \frac{dx}{\sqrt{x^2 + dx^2}}$$

$$\Psi = \frac{k q_0}{(R^2 - r^2)} \cdot \int_0^R \frac{dx}{\sqrt{x^2 + dx^2}} = \frac{k q_0}{(R^2 - r^2)} \cdot 2 \sqrt{x^2 + dx^2} \Big|_0^R$$

$$\Psi = \frac{2k q_0}{R^2 - r^2} (\sqrt{R^2 + d^2} - \sqrt{r^2 + d^2})$$

$$\Psi(d) = \frac{2k q_0}{R^2 - r^2} (\sqrt{R^2 + d^2} - \sqrt{r^2 + d^2})$$

$$\text{Потенциал в центре диска } \Psi(0) = \frac{2k q_0}{R^2 - r^2} (R - r) = \frac{2k q_0}{(R - r)(R + r)} = \\ = \frac{2k q_0}{R + r}$$

2) Инициальная скорость, необходимая для пролёта - v_0 .
при ней потенциенность заряд оказавшийся в т. О имеет
 $v=0$ и отразят заряд тоже имеет начальную скорость
т.к. система нестабильна.

$$\text{Запишем ЗСД: } \frac{mv_0^2}{2} + 0 \cdot q = 0 + \Psi_1 \cdot q - \Psi_2 \cdot q$$



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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

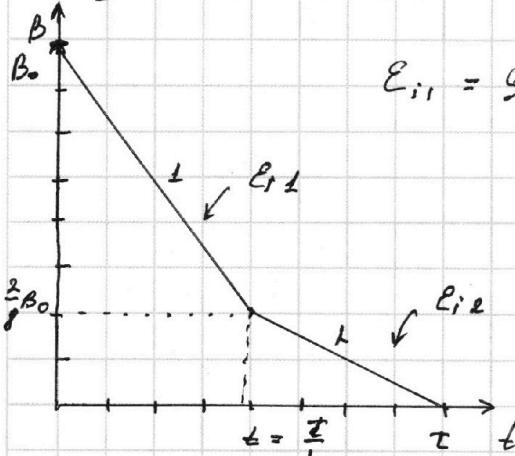
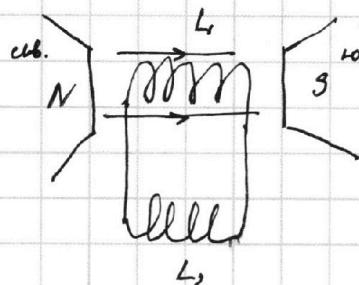
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

Дано

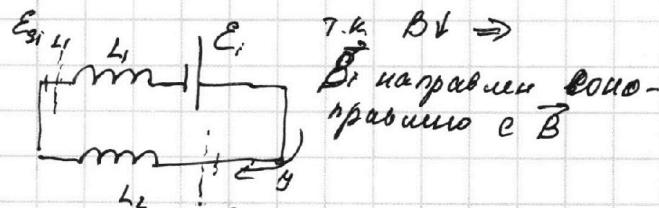
$$L_1 = 1, n, S_1, \\ L_2 = 3L$$

- 1) $y_0 - ?$
2) $q - ?$



$$E_{i1} = S_1 \frac{B_0}{4t} = \frac{3}{2} S_1 \frac{B_0}{t} \text{ - нач прош от } 0 \text{ до } t$$

$$E_{i2} = -S_1 \frac{dB}{dt} = -S_1 \frac{0 - \frac{B_0}{4t}}{t - \frac{4t}{8}} = S_1 \frac{2B_0}{8t} = S_1 \frac{B_0}{4t} \text{ - нач прош от } t \text{ до } 2t$$



Значит, по

~~правило тока Рутса~~ т.к. Φ уменьшилось, то появляется и $E_{gi} = -L \frac{dy}{dt}$
Запишем ~~2~~ правило Киркгофа для контура:

$$E_i + E_{giL2} + E_{giL1} = 0 \quad \text{т.к. сопротивлений нет}$$

$$E_i + \left(-L_2 \frac{dy}{dt}\right) + \left(-L_1 \frac{dy}{dt}\right) = 0$$

$$E_i = L_2 \frac{dy}{dt} + L_1 \frac{dy}{dt}$$

$$E_i \cdot dt = L_2 \cdot dy + L_1 \cdot dy$$

$$E_i \cdot dt = L_2 \cdot y + L_1 \cdot y$$

$$\text{для } 0 \rightarrow t \quad E_{i1} \cdot t = \frac{3}{2} S_1 \frac{B_0}{t} \cdot t \cdot \frac{1}{2} = L_2 (y_0 - 0) + L_1 (y_1 - 0)$$

$$\text{для } t \rightarrow 2t \quad S_1 \frac{B_0}{2t} \cdot \frac{1}{2} t = L_2 (y_0 - y_1) + L_1 (y_0 - y_1)$$

$$\frac{3}{4} S_1 B_0 = (L_2 + L_1) \cdot y_1 \Rightarrow y_1 = \frac{3 S_1 B_0}{4 \cdot 4L} = \frac{3 S_1 B_0}{16L}$$

$$\frac{1}{4} S_1 B_0 = (L_2 + L_1) (y_0 - y_1) = 4L (y_0 - y_1)$$



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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

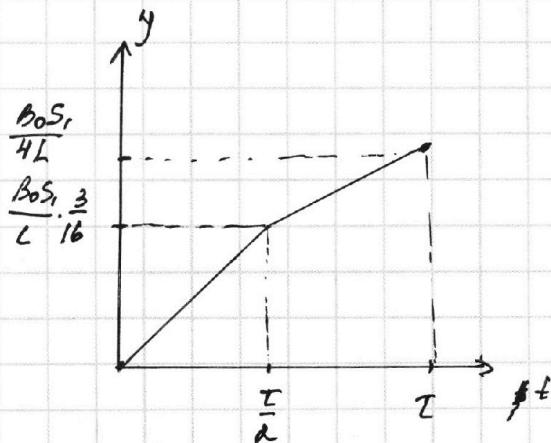
$$\frac{S_1 B_0}{4} = 4L \cdot (y_0 - y_1) \Rightarrow y_0 - y_1 = \frac{S_1 B_0}{16L}$$

$$y_0 = y_1 + \frac{S_1 B_0}{16L} = \frac{3}{16} \frac{S_1 B_0}{L} + \frac{S_1 B_0}{16} = \frac{4 S_1 B_0}{16L} =$$

$$= y_0 = \frac{S_1 B_0}{4L}$$

2) $E_{i1} \Delta t = 4L \cdot g \Rightarrow g = \frac{E_{i1}}{4L} \cdot \Delta t$ от 0 до $\frac{\pi}{2}$ - иначе по возрастанию

$$E_{i2} \Delta t = AL(y - y_1) \Rightarrow y = \frac{E_{i2} \Delta t}{4L} + y_1$$
 от 0 до $\frac{\pi}{2}$ - иначе по возрастанию



$$y(\Delta t) = \frac{3}{2} \frac{B_0 S_1}{L} \frac{\Delta t}{4L} \text{ от } 0 \text{ до } \frac{\pi}{2}$$

$$y(\Delta t) = \frac{B_0 S_1}{2 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot 4L} \Delta t + \frac{3}{16} \frac{B_0 S_1}{L}$$

Последнее под выражением $y(t)$
= заряду

$$S = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{B_0 S_1}{L} \cdot \frac{3}{16} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{2} \left(\frac{B_0 S_1}{L} \cdot \frac{3}{16} + \frac{B_0 S_1}{4L} \right)$$

$$S = \frac{B_0 S_1}{L} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{3}{16} \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{B_0 S_1}{L} \left(\frac{3}{16} + \frac{4}{16} \right) =$$

$$= \frac{B_0 S_1 \cdot \pi}{L} \left(\frac{3}{16 \cdot 4} + \frac{7}{16} \cdot \frac{1}{4} \right) = \frac{B_0 S_1}{L} \cdot \frac{10}{16 \cdot 4} = \frac{5 B_0 S_1 \pi}{L \cdot 32} =$$

$$= \frac{5}{32} \cdot \frac{B_0 S_1 \pi}{L}$$

Ответ: $y_0 = \frac{B_0 S_1}{4L}$ и $g = \frac{5}{32} \cdot \frac{B_0 S_1 \pi}{L}$



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**.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input checked="" type="checkbox"/> 6 | <input checked="" type="checkbox"/> 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!



$$d\varphi = \frac{k}{\sqrt{d^2+x^2}} \frac{dq}{2} \quad \text{Черновик 4}$$

$$d\varphi = \frac{k}{\sqrt{d^2+x^2}} \frac{(2\pi(x+dx)^2 - 2\pi x^2) \cdot \frac{q}{\pi R^2 - \pi r^2}}{2\pi R^2 - 2\pi r^2}$$

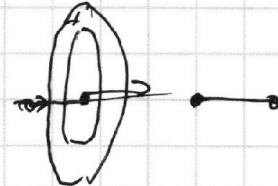


$$d\varphi = k \frac{\frac{2\pi x dx \cdot q}{\sqrt{d^2+x^2} \cdot \pi(R^2-r^2)}}{\sqrt{d^2+x^2} \cdot \pi(R^2-r^2)} = \frac{2xq dx}{\sqrt{d^2+x^2}(R^2-r^2)}$$

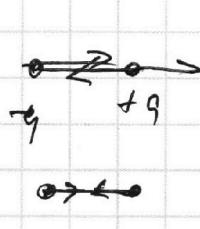
$$\varphi = \frac{q}{R^2-r^2} \int \frac{2x dx}{\sqrt{d^2+x^2}} = \frac{q}{(R^2-r^2)} \cdot 2 \sqrt{d^2+x^2} / r$$

$$\varphi = \frac{kq}{R^2-r^2} \cdot 2 \sqrt{d^2+R^2} - \frac{k2q}{R^2-r^2} \sqrt{d^2+r^2}$$

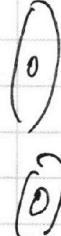
$$0 + \frac{m v^2}{2} = k$$



$$2\sqrt{x^2+d^2} = \frac{2 \cdot l}{2\sqrt{x^2+d^2}} \cdot 2x$$



$$k \frac{qq}{r_1^2} - k \frac{q-q}{r_2^2}$$





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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input checked="" type="checkbox"/> 6 | <input checked="" type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|

СТРАНИЦА
1 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!

Дано:

$$a = 1,1F$$

$$b = 10,5F$$

1) $R - ?$

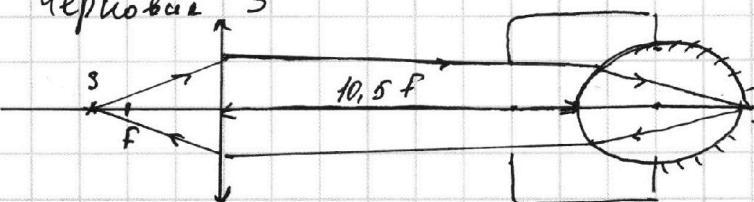
2) $r - ?$

$$\sin \alpha \approx \alpha$$

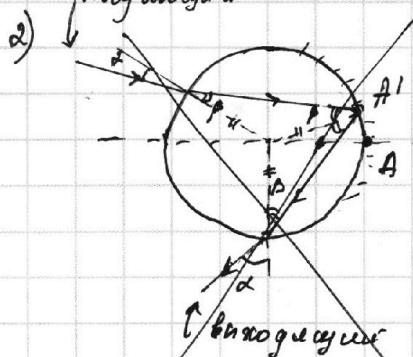
$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow f = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{a}} = \frac{ab}{a-b} \text{ и } f = \frac{ab}{a-b}$$

$$f = \frac{1,1F^2}{1,1F - F} = \frac{1,1F^2}{0,1F} = 11F$$

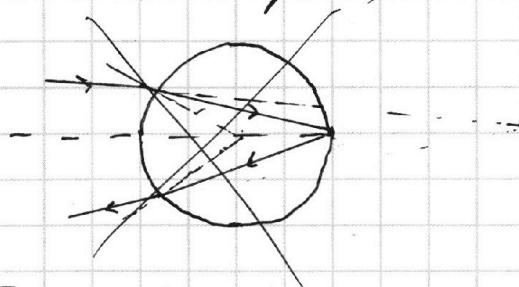
Черновые



2) \downarrow падающие

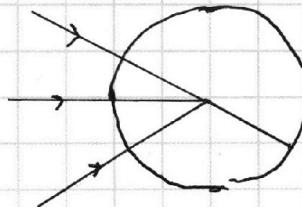


Но, чтобы изображение источника совпадало с самими источниками, ~~пучок света~~ пучок падающих на шар должен быть симметричен относительно отраженному лучу.



Т.к. изображение источника совпадает с самими источниками при $\alpha = 0$, то угол падения луча на шар $= 0$.

$$R = f - b = 11F - 10,5F = 0,5F$$



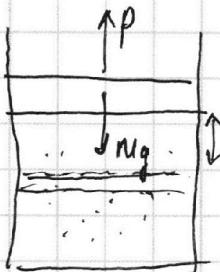


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|

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!



$$\text{Черночка } \frac{2}{3} \\ t_0 = 97^\circ \rightarrow t = 33^\circ$$

$$\varphi_0 = \frac{p_{\text{нап.} n}}{p_{\text{нас}}} \Rightarrow p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}} / \frac{t_0}{t} \\ \text{преднее изобарич.} \rightarrow p_1 = \frac{1}{3} \cdot 90 \text{ кПа} = \boxed{30 \text{ кПа}}$$

$$p_0 = p_1 + p_{\text{возд}} \Rightarrow p_{\text{возд}} = p_0 - p_1 = 105 \text{ кПа} - 30 \text{ кПа} = \\ = 75 \text{ кПа}$$

$$p_0 = p_{\text{возд}} + p_{\text{н.н.}}(t^*) \\ p_{\text{возд}} =$$

$$p_{\text{возд}} \cdot V_0 = D_B \cdot RT_0 \Rightarrow p_{\text{возд}} =$$

$$p_{\text{возд}} \cdot V = D_B \cdot RT$$

$$p_{\text{нап.}} \cdot V_0 = D_n \cdot RT_0 \Rightarrow m_n = \frac{p_{\text{нап.}} \cdot V_0}{RT_0} \mu$$

$$p_{\text{нап.}} + p_{B2} = p_{B1} + p_{\text{нап.}} \quad \frac{1}{R} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \Rightarrow f = \frac{R}{2}$$

$$p_{\text{нап.}} \cdot V = D_n \cdot RT \\ p_{B2} \cdot V = D_B \cdot RT \Rightarrow \frac{p_{\text{нап.}}(T)}{p_{B2}} = \frac{D_n}{D_B} = \varphi_0 \frac{p_{\text{н.н.}}(T_0)}{p_{B1}}$$

$$p_{\text{нап.}}(T) = p_{B2} \cdot \varphi_0 \frac{p_{\text{н.н.}}(T_0)}{p_{B1}} =$$

$$\frac{p_{\text{нап.}}(T)}{p_{B2}} = \frac{D_n}{D_B} = \varphi_0 \cdot \frac{p_{\text{н.н.}}(T_0)}{p_{B1}}$$

$$\frac{p_{\text{нап.}}(T)}{p_0 - p_{\text{нап.}}(T)} = \varphi_0 \frac{p_{\text{н.н.}}(T_0)}{p_{B1}} \quad \frac{p_0 - p}{p} = \frac{p_{B1}}{p_{\text{н.н.}}} = \frac{25}{10} = 2,5$$

$$\frac{p_0}{p_n(T)} - 1 = \frac{p_{B1}}{\varphi_0 p_{\text{н.н.}}(T_0)} \Rightarrow \frac{p_0}{p_n(T)} = 1 + \frac{p_{B1}}{\varphi_0 p_{\text{н.н.}}(T_0)} = 1 + \frac{75}{\frac{1}{3} \cdot 90} =$$

$$p_0 = p_n(T) \cdot 3,25$$

$$p_n(T) = \frac{p_0}{3,25} = \frac{105}{35} \cdot 10 = 30 \text{ кПа} \Rightarrow t^* = \frac{35}{105} = \frac{35}{30} = \frac{35}{10} = 3,25^\circ$$

$$\frac{35}{105} = \frac{1}{3} \cdot 90^\circ = 30^\circ$$

$$= 1 + \frac{75}{30} = 1 + \frac{25}{10} = 3,25^\circ$$

$$= 1 + 2,5 = 3,25^\circ$$

$$= \frac{35}{10} = 3,25^\circ$$

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

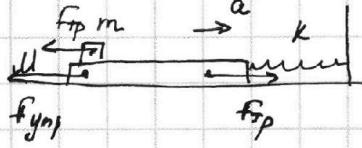
СТРАНИЦА
ИЗ

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!

Черновик. 1

1) Даю

M, m, v_0
 k, μ, g



$$f_{mp} = \mu mg$$

$$(m+M)a = kx_0$$

$$ma = \mu mg$$

$$(m+M) \cdot \frac{\mu mg}{m} = kx_0$$

$$(m+M) \cdot \mu g = kx_0 \Rightarrow x_0 = \frac{(m+M)\mu g}{k}$$

наличие движения \Rightarrow

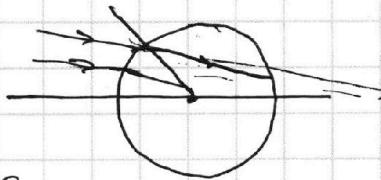
$$a_1 = a_2; f_{mp} = \mu mg \quad x_0 = \frac{3 \cdot 0,3 \cdot 10}{36} = \frac{9}{36} = \frac{9}{4 \cdot 9} = 0,25 \text{ м}$$

$\boxed{25 \text{ см}}$

2) Если бы не было проскальзывания, то $m_0 = m + M$

$$\text{O начн.} \Rightarrow x = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m_0}} t\right)$$

$$\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{k}}$$



$$\frac{m_0 \omega_0^2}{2} = \frac{LA^2}{2} \Rightarrow A^2 = \frac{m_0 \omega_0^2}{k} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{m_0}{k} \cdot \omega_0}$$

$$x = \omega_0 \cdot \sqrt{\frac{m_0}{k}} \sin\sqrt{\frac{k}{m_0}} t$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = \sqrt{12} = \frac{4\sqrt{3}}{2\sqrt{3}} = 2\sqrt{3}$$

$$\frac{(m+M) \cdot \mu g}{k} = \omega_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} t\right)$$

$$\sqrt{\frac{m+M}{k}} \mu g = \omega_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} t\right) \sin \omega t = \frac{\sqrt{\frac{3}{36}} \cdot 0,3 \cdot 10}{1} =$$

$$= 3 \sqrt{\frac{1}{12}} = \frac{3}{2\sqrt{3}} = \frac{3}{2\sqrt{3}}$$

$$t = \frac{\arcsin \frac{3}{2\sqrt{3}}}{\omega} = \frac{\arcsin \frac{3}{2\sqrt{3}}}{2\sqrt{3}} \text{ с}$$

$$2\sqrt{3} t \approx \frac{\pi}{3}$$

3) Максимальное сжатие доски пружиной $\delta = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{6}$

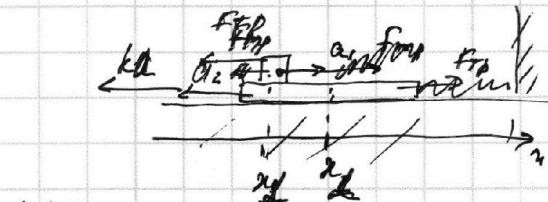
$$M a_2 = -f_{mp} - kx_2$$

$$M a_2 = f_{mp}$$

$$M (x_2 - x_1)'' = f_{mp}$$

$$M \ddot{x}_2 = \mu mg$$

$$\ddot{x}_2 = \mu g \Rightarrow a_2 = \text{const} = \mu g$$



$$m(\ddot{x}_1 - \ddot{x}_2) = \mu g m$$

$$M \ddot{x}_2 = \mu mg - kx_2$$

$$M \ddot{x}_2 = m \ddot{x}_1 - M \ddot{x}_1 - kx_2$$

