



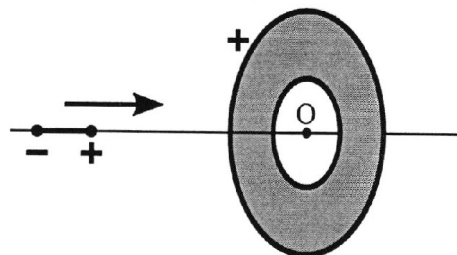
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

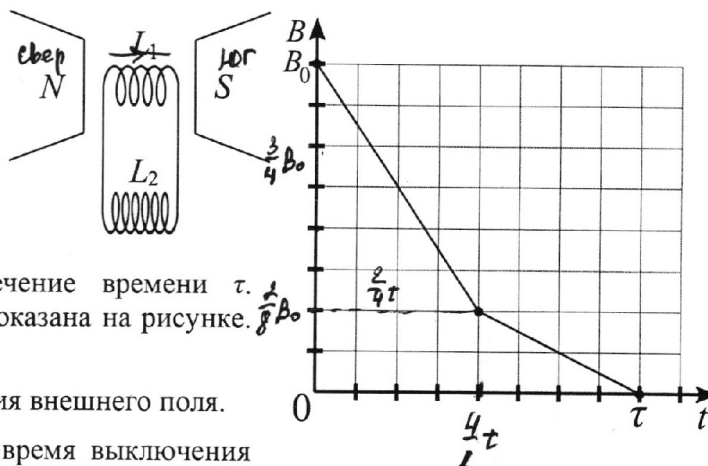


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 . Диполь сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



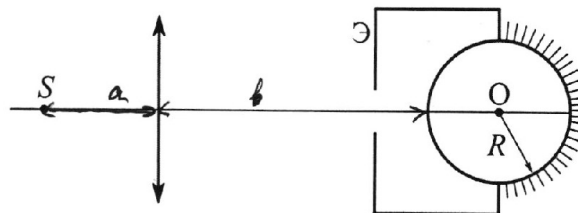
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 , удаленный 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



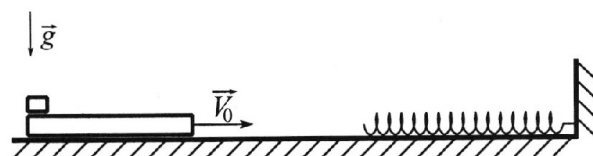
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 брусок 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.

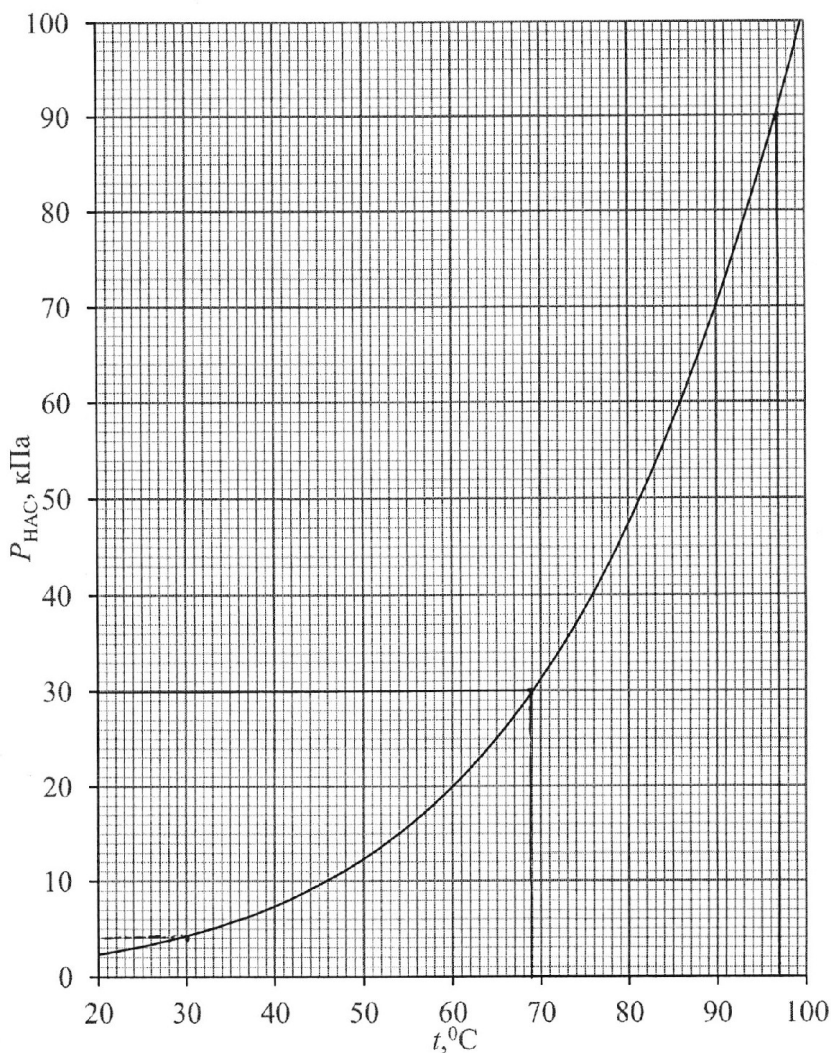


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °С.
- 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 сравнению 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 ☐

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:

$$M = 2 \text{ кг}$$

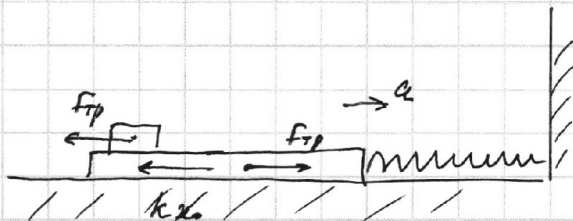
$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 1 \text{ м/с}$$

$$k = 36 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



1) x_0 - ?

2) t - ?

3) a_1 - ?

1) в момент, когда начнется относительное движение ускорения бруска и доски будут еще равны и система "брусок + доска" движется как единое целое

$$ma = F_{\text{тр}} = \mu mg$$

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

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

$$= \frac{9}{36} = 0,25 \text{ м} = 25 \text{ см}$$

2) если бы груз не начал движение относительно доски, то система бы двигалась как единое целое.

Начались бы колебания с $T = 2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}}$

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

Найдем A из ЗСЭ: $\frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$

$$x = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} \cdot t \right) = x_0$$

$$\sin \omega t = \frac{(M+m) \cdot \mu g}{k} \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}} \cdot \frac{1}{v_0} = \mu g \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \frac{1}{v_0}$$



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 ☐

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!

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

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

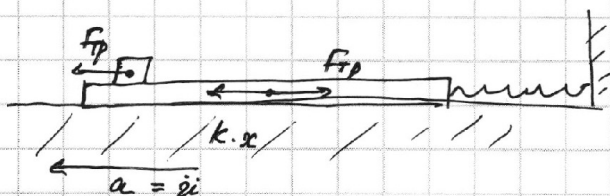
$$\omega t = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{\pi}{3\omega} = \frac{\pi}{3 \cdot 2\sqrt{3}} = \frac{\pi \cdot \sqrt{3}}{9 \cdot 2} = \frac{\pi \sqrt{3}}{18}$$

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

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

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

3) Ускорение доски в момент максимального сжатия.
Найдем положение равновесия доски



$$kx' = \mu mg$$

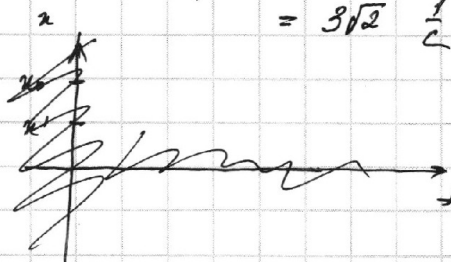
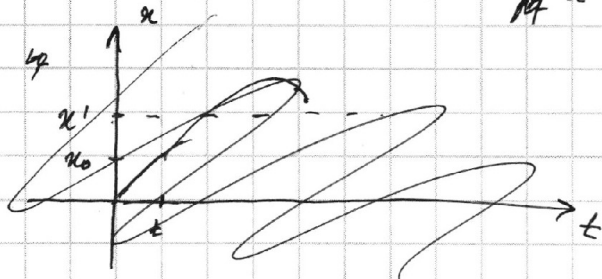
$$x' = \mu mg \cdot \frac{1}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 1}{36} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12} \text{ м}$$

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

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

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

$$m \ddot{\Delta x} = k\Delta x \Rightarrow \omega_1^2 = \frac{k}{m} \text{ м} \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{36}{2}} = \sqrt{18} = 3\sqrt{2} \frac{1}{c}$$





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.

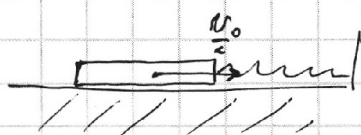
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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 момент начала отсчит. движения

$$v = v_0 \cos \omega t = v_0 \cos \frac{\pi}{3} = v_0 \cdot \frac{1}{2} = \frac{v_0}{2}$$



$$\Delta x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = A_1^2$$

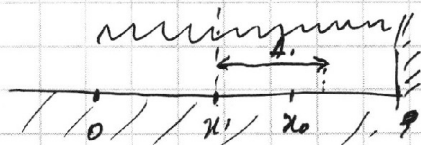
$$(x_0 - x_1)^2 + \frac{v_0^2}{4\omega^2} = A_1^2$$

$$(x_0 - x_1)^2 + \frac{v_0^2}{4\omega^2} = A_1^2 = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{12}\right)^2 + \frac{1^2}{4 \cdot 18} = \frac{1}{4 \cdot 18} + \left(\frac{3-1}{12}\right)^2 =$$

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

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

$$= \frac{1}{24} \text{ м}$$



$$x_c = A_1 + x_1' = A_1 + x_1' = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8} \text{ м}$$

$$ma_1 = kx_c - \mu mg$$

$$a_1 = \frac{kx_c - \mu mg}{m}$$



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.

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!

Дано:

$$p_0 = 105 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 97^\circ \text{C}$$

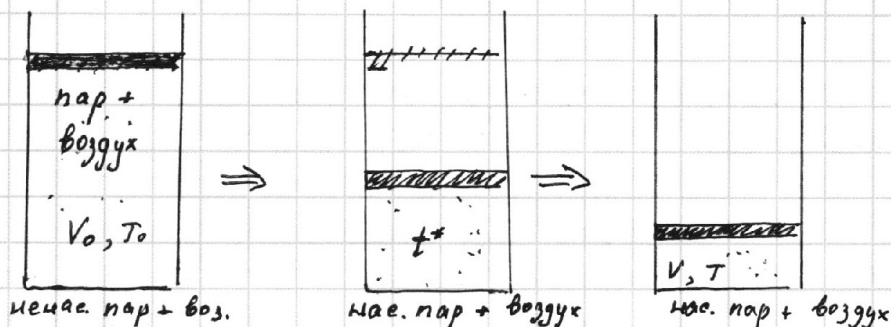
$$\varphi_0 = \frac{1}{3}$$

$$t = 33^\circ \text{C}$$

1) $p_1 - ?$

2) $t^* - ?$

3) $\frac{V}{V_0} - ?$



$$1) \varphi_0 = \frac{p_1}{p_{\text{нп}}(t_0)} \Rightarrow p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нп}}(t_0)$$

$p_{\text{нп}}(t_0)$ находим из графика, $p_{\text{нп}}(t_0) = 90 \text{ кПа}$

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

2) p_{v1} - давление сухого воздуха при T_0

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

p_{v2} - давление сухого воздуха при T^*

p_{n2} - давление пара при T^*

т.к. начинается конденсация пара $\Rightarrow p_{n2} = p_{\text{нп}}(t^*)$

Запишем уравнение состояния:

$$p_{v1} \cdot V_0 = \nu_B R T_0 \quad (1)$$

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

$$p_{v2} \cdot V_1 = \nu_B R T^* \quad (3)$$

$$p_{n2} \cdot V_1 = \nu_n R T^* \quad (4)$$

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

$$p_0 = p_{v1} + p_{n1} \Rightarrow p_{v1} = p_0 - p_{n1} = p_0 - p_1 = 105 - 30 = 75 \text{ кПа}$$

$$p_0 = p_{v2} + p_{n2}$$

Делим (1): (2) и $\frac{p_{v1}}{p_{n1}} = \frac{\nu_B}{\nu_n} = \frac{\nu_B}{\nu_n}$

Делим (3): (4) и $\frac{p_{v2}}{p_{n2}} = \frac{\nu_B}{\nu_n} = \frac{p_{v1}}{p_{n1}}$

$$\frac{p_0 - p_{n2}}{p_{n2}} = \frac{p_{v1}}{p_{n1}} \Rightarrow \frac{p_0}{p_{n2}} = 1 + \frac{p_{v1}}{p_{n1}}$$

$$p_{n2} = p_{\text{нп}}(t^*) = \frac{p_0}{1 + \frac{p_{v1}}{p_{n1}}} = \frac{105}{1 + \frac{75}{30}} = \frac{105}{1 + \frac{25}{10}} = \frac{105}{35} \cdot 10 =$$



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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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!

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

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

3) Далее пар будет конденсироваться при постоянной давлении

$$p_{n.п}(t^*) = p_{n2} = 30 \text{ кПа}$$

давление воздуха в этот момент (при $t^* = 69^\circ$) $p_{в2} = p_0 - p_{n2}$

$$p_{в2} = 105 - 30 = 75 \text{ кПа}$$

$$p_{в2} \cdot V = \nu R T$$

$$p_{в2} \cdot V_0 = \nu R T_0$$

$$\frac{p_{в2}}{p_{в1}} = \frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_{в2}}{p_{в1}} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{75}{105} \cdot \frac{33 + 273}{69 + 273} = \frac{306}{280}$$

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

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



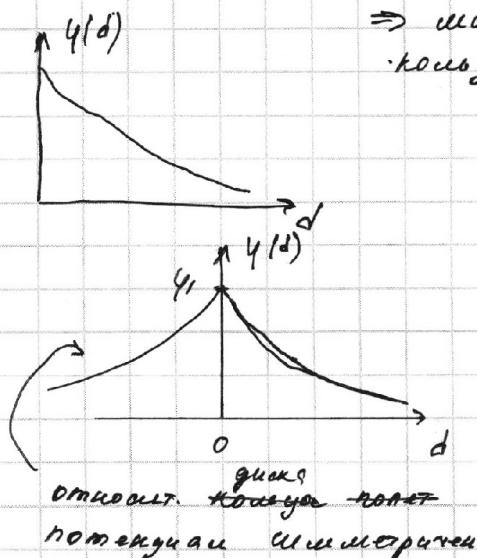
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Значит $\varphi(d)$ монотонно уменьшается с увеличением d
 $\Rightarrow$ максимальная потенциальная в центре
 колоды $\varphi_1 = \frac{2kq_0}{R+2}$



Значит, минимальная
 значит, минимальная скорость в
 центре колоды, а максимальная на
 бесконечности

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

$$\frac{m}{2} \cdot \frac{9}{4} V_0^2 = \frac{m V_0^2}{2} + \frac{m V_{\min}^2}{2}$$

$$\frac{9}{4} V_0^2 = V_0^2 + V_{\min}^2$$

$$V_{\min} = \sqrt{\frac{9}{4} - 1} \cdot V_0 =$$

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

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

При пролете $\leftarrow$ центра
 диполи через центр отверстия:

ЗСЭ: $\frac{m \left(\frac{3}{2} V_0 \right)^2}{2} + 0 = \frac{m u^2}{2} + \Delta \varphi \cdot q$

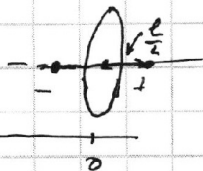
$$\frac{m u^2}{2} = \frac{9}{4} \cdot \frac{m V_0^2}{2} + q \left(\varphi\left(-\frac{l}{2}\right) - \varphi\left(\frac{l}{2}\right) \right)$$

$$\frac{m u^2}{2} = \frac{9}{4} \cdot \frac{m V_0^2}{2} + q \left(\varphi\left(-\frac{l}{2}\right) - \varphi\left(\frac{l}{2}\right) \right)$$

но $\varphi\left(\frac{l}{2}\right) = \varphi\left(-\frac{l}{2}\right) + k$ симметричное распределение потен.

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

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



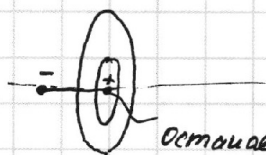


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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; потом начинает разгоняться, т.к. положительный заряд диска будет отталкивать "+" заряд, а притягивать отрицат. заряд диска

$$\varphi_1 = \varphi(0) = \frac{2kq_0}{R+r}$$

$$\varphi_2(l) = \frac{2kq_0}{(R^2 - r^2)} \cdot (\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{r^2 + l^2}); \quad l - \text{длина стержня}$$

$$\varphi_2(l) = \frac{2kq_0}{(R^2 - r^2)} \cdot (\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{r^2 + l^2})$$

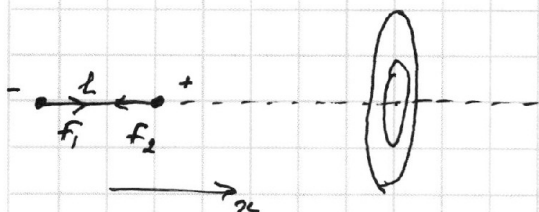
$$\frac{m v_0^2}{2} = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot q = \frac{2kq}{R^2 - r^2} \left(\frac{2kq_0}{R+r} - 2kq_0 \cdot \frac{\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{r^2 + l^2}}{R^2 - r^2} \right) q$$

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

2)

по прямой через кольцо:

$$m a = F_1 - F_2 =$$



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

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

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

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

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

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

$$R > r$$



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

1 ИЗ 3

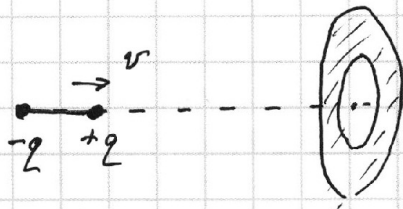
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

v_0 - ищ.

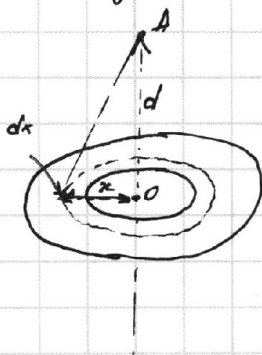
1) U - ?

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



q - заряд полой на
диполь
 φ на бесконечности = 0

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



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

R - радиус большого круга - диск

r - радиус маленького круга - ищ.

q_0 - заряд диска

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

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

$$\varphi = \frac{k q_0}{(R^2 - r^2)} \cdot \int_r^R \frac{2x dx}{\sqrt{x^2 + d^2}} = \frac{k q_0}{(R^2 - r^2)} \cdot 2\sqrt{x^2 + d^2} \Big|_r^R$$

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

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

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

$$= \frac{2k q_0}{R + r}$$

2) Минимальная скорость, необходимая для пролёта - v_0 .
при ней положительный заряд окажется в т. О имеет
 $v=0$ и отрицат. заряд тоже имеет нулевую скорость
т.к. система тесно связана.

Запишем ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} + 0 \cdot q = 0 + \varphi_1 \cdot q - \varphi_2 \cdot q$



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**.

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!

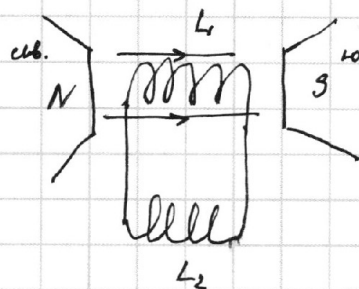
Дано

$$L_1 = L, n, S,$$

$$L_2 = 3L$$

$$1) \varphi_0 - ?$$

$$e) q - ?$$

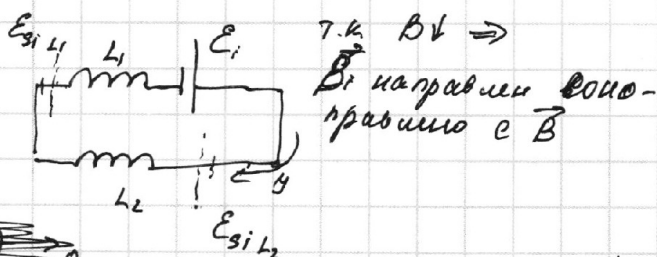


$$1) \mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt} = - S_1 \frac{dB}{dt}$$

$$\mathcal{E}_{i1} = - S_1 \frac{dB}{dt} = - S_1 \frac{B - B_0}{t - 0} = S_1 \frac{B_0 - B}{t} = S_1 \frac{B_0 - \frac{2}{3}B_0}{\frac{4}{3}\tau}$$

$$\mathcal{E}_{i1} = S_1 \frac{6B_0}{4\tau} = \frac{3}{2} S_1 \frac{B_0}{\tau} \text{ - на пром. от } 0 \text{ до } t$$

$$\mathcal{E}_{i2} = - S_1 \frac{dB}{dt} = - S_1 \frac{0 - \frac{2}{3}B_0}{\tau - \frac{4}{3}\tau} = S_1 \frac{2B_0}{4\tau} = S_1 \frac{B_0}{2\tau} \text{ - на пром. от } t \text{ до } \tau$$



т.к. $B \downarrow \Rightarrow$
 $\vec{B}_i$ направлен по правилу с $\vec{B}$

Значит, по

правому правилу ток $\vec{I}$ течет по часовой стрелке

т.к. в цепи возникает ток, то появляется и $\mathcal{E}_{zi} = - L \frac{dI}{dt}$
Запишем 2 правила Кирхгофа для контура:

$$\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_{ziL_2} + \mathcal{E}_{ziL_1} = 0 \text{ т.к. сопротивления нет}$$

$$\mathcal{E}_i + (-L_2 \frac{dI}{dt}) + (-L_1 \frac{dI}{dt}) = 0$$

$$\mathcal{E}_i = L_2 \frac{dI}{dt} + L_1 \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E}_i \cdot dt = L_2 \cdot dI + L_1 \cdot dI$$

$$\mathcal{E}_i \cdot dt = L_2 \cdot dI + L_1 \cdot dI$$

$$\text{или } 0 \rightarrow t \quad \mathcal{E}_{i1} \cdot t = \frac{3}{2} S_1 \frac{B_0}{\tau} \cdot \tau \cdot \frac{1}{2} = L_2 (I_0 - I_1) + L_1 (I_0 - I_1)$$

$$\text{или } t \rightarrow \tau \quad S_1 \frac{B_0}{2\tau} \cdot \frac{1}{2}\tau = L_2 (I_0 - I_1) + L_1 (I_0 - I_1)$$

$$\frac{3}{4} S_1 B_0 = (L_2 + L_1) \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{3 S_1 B_0}{4 \cdot 4L} = \frac{3 S_1 B_0}{16L}$$

$$\frac{1}{4} S_1 B_0 = (L_2 + L_1) (I_0 - I_1) = 4L (I_0 - I_1)$$



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.

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!

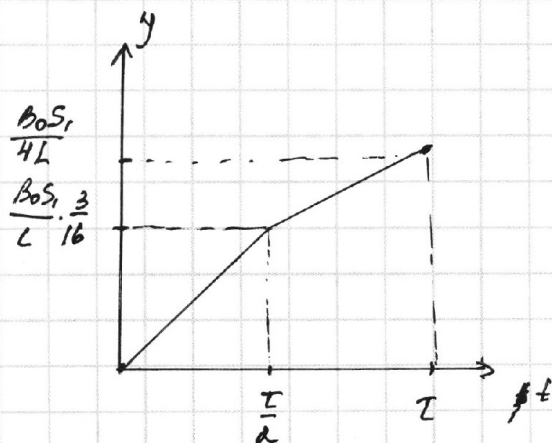
$$\frac{S_1 B_0}{4} = 4L \cdot (y_0 - y_1) \Rightarrow y_0 - y_1 = \frac{S_1 B_0}{16L}$$

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

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

2) $\epsilon_{12} \Delta t = 4L \cdot y \Rightarrow y = \frac{\epsilon_{12} \Delta t}{4L}$ — линейно возрастает от 0 до $\frac{\tau}{2}$

$\epsilon_{22} \Delta t = 4L (y - y_1) \Rightarrow y = \frac{\epsilon_{22} \Delta t}{4L} + y_1$ — линейно возрастает от 0 до τ



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

$$y(t) = \frac{B_0 S_1}{2 \cdot 2 \cdot 4L} \Delta t + \frac{3}{16} \cdot \frac{B_0 S_1}{L} \quad \text{от } \frac{\tau}{2} \text{ до } \tau$$

Площадь под графиком $y(t)$
= заряд

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

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

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

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

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

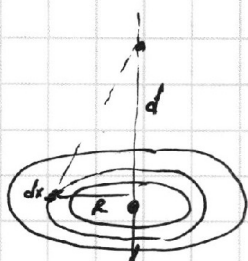


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

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

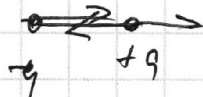
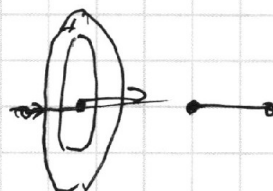
$$d\varphi = k \frac{\sqrt{d^2 + x^2} \cdot 2\pi dx \cdot x \cdot \frac{q}{\pi(R^2 - r^2)}}{\sqrt{d^2 + x^2} \cdot \pi(R^2 - r^2)} = \frac{2\pi q dx}{\sqrt{d^2 + x^2} (R^2 - r^2)}$$

$$\varphi = \frac{q}{R^2 - r^2} \int \frac{2x dx}{\sqrt{d^2 + x^2}} = \frac{q}{R^2 - r^2} \cdot 2\sqrt{d^2 + x^2} \Big|_r^R$$

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

$$0 + \frac{2\pi q R^2}{2} = k$$

$$2\sqrt{x^2 + d^2} \Big|_r^R = \frac{2 \cdot l}{2\sqrt{x^2 + d^2}} \cdot 2x$$



(0)

(0)

$$k \frac{q \cdot q}{x_1^2} - k \frac{q \cdot q}{x_2^2}$$



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!

Дано:

$$a = 1,1F$$

$$b = 0,5F$$

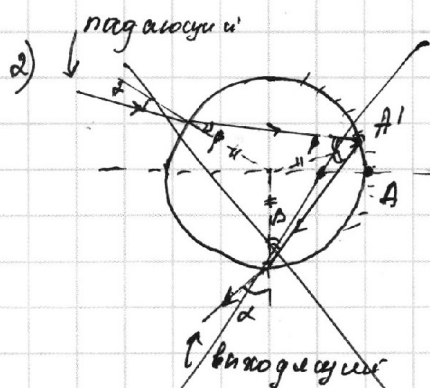
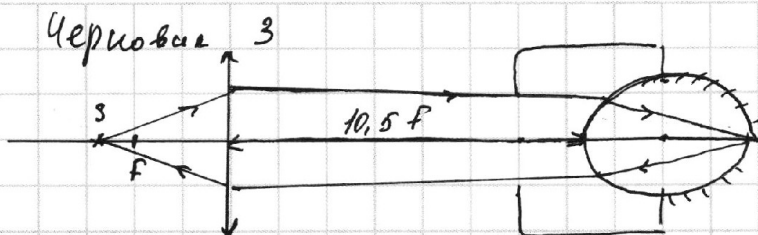
1) R - ?

2) n - ?

$$\sin d \approx d$$

$$1) \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-f}{aF} \text{ и } f = \frac{aF}{a-f}$$

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

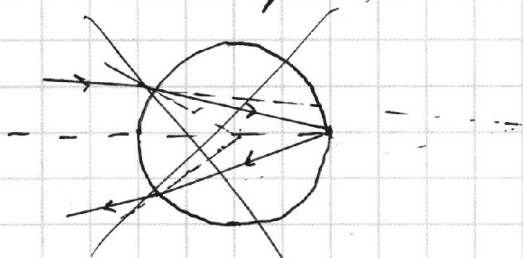


Изобразим ход произвольного луча
 $d \cdot 2 = nF$ - первое приближение
далее зеркало - отражение под
тем же углом ρ

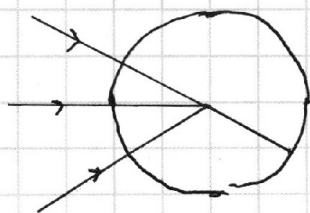
т.к. $\angle \rho \approx d \Rightarrow$ равные углы при
основании

и луч выходит из шара под углом
 d к радиусу

Но, чтобы изображение источника ~~было~~ совпало с самим источником, ~~луч~~ падающий на шар должен
быть симметричен ~~относительно~~ исходящему относительно ГВВ.



Т.к. изображение источника совпадает с самим источником
при любом n , то угол падения луча на шар $= 0$.



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

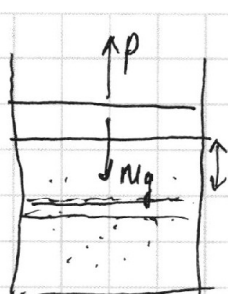


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 2 = $\frac{1}{3}$
 $t_0 = 97^\circ \Rightarrow t = 33^\circ$

$\varphi_0 = \frac{p_{\text{н.н.}}}{p_{\text{н.н.}}} \Rightarrow p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{н.н.}}(t_0)$
 прочеее изобретение: $p_1 = \frac{1}{3} \cdot 90 \text{ кПа} = \boxed{30 \text{ кПа}}$

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

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

$\varphi_0 = \frac{V_{\text{пар. RT}_0}}{V_0 p_{\text{н.н.}}(T_0)} = \frac{V_{\text{пар. RT}_0} \cdot p_{\text{б.1}}}{p_{\text{н.н.}}(T_0) \cdot V_{\text{б.1}}}$
 $= \frac{V_{\text{пар}}}{V_{\text{б.1}}} \cdot \frac{p_{\text{б.1}}}{p_{\text{н.н.}}(T)}$

$p_{\text{воз.1}} \cdot V_0 = V_{\text{б.1}} \cdot RT_0 \Rightarrow p_{\text{воз.1}} =$
 $p_{\text{воз.2}} \cdot V = V_{\text{б.2}} \cdot RT$

$p_{\text{пар.1}} \cdot V_0 = V_{\text{н.}} \cdot RT_0 \Rightarrow m_{\text{н.}} = \frac{p_{\text{пар.1}} \cdot V_0 \cdot \mu}{RT_0}$

$p_{\text{пар.2}} + p_{\text{в.2}} = p_{\text{б.1}} + p_{\text{пар.1}} \quad \frac{1}{R} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \Rightarrow f = \frac{R}{2}$

$\left. \begin{array}{l} p_{\text{пар.2}} \cdot V = V_{\text{н.}} \cdot RT \\ p_{\text{в.2}} \cdot V = V_{\text{б.}} \cdot RT \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{p_{\text{пар.2}}(T)}{p_{\text{в.2}}} = \frac{V_{\text{н.}}}{V_{\text{б.}}} = \varphi_0 \cdot \frac{p_{\text{н.н.}}(T_0)}{p_{\text{б.1}}}$

$p_{\text{пар.2}}(T) = p_{\text{в.2}} \cdot \varphi_0 \cdot \frac{p_{\text{н.н.}}(T_0)}{p_{\text{б.1}}} =$

$\frac{p_{\text{пар.2}}(T)}{p_{\text{в.2}}} = \frac{V_{\text{н.}}}{V_{\text{б.}}} = \varphi_0 \cdot \frac{p_{\text{н.н.}}(T_0)}{p_{\text{б.1}}}$

$\frac{p_{\text{пар.}}(T)}{p_0 - p_{\text{пар.}}(T)} = \varphi_0 \cdot \frac{p_{\text{н.н.}}(T_0)}{p_{\text{б.1}}}$

$\frac{p_0 - p}{p} = \frac{p_{\text{б.1}}}{p_{\text{н.н.}}} = \frac{25}{30} = \frac{25}{10} = 2.5$
 $p_0 - p = 2.5p \Rightarrow 3.5p = p_0$

$\frac{p_0}{p_{\text{н.н.}}(T)} - 1 = \frac{p_{\text{б.1}}}{\varphi_0 p_{\text{н.н.}}(T_0)} \Rightarrow \frac{p_0}{p_{\text{н.н.}}(T)} = 1 + \frac{p_{\text{б.1}}}{\varphi_0 p_{\text{н.н.}}(T_0)} = 1 + \frac{75}{\frac{1}{3} \cdot 90} = 1 + \frac{75}{30} = 1 + \frac{25}{10} = 1 + 2.5 = 3.25$

$p_0 = p_{\text{н.н.}}(T) \cdot 3.25$

$p_{\text{н.н.}}(T) = \frac{p_0}{3.25} = \frac{105}{3.25} \cdot 10 = 30 \text{ кПа}$

$\Rightarrow t^* = t_0 + \frac{35}{10} = 97 + 3.5 = 100.5^\circ$



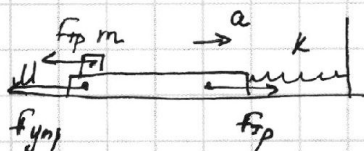
1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

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) Дано
 M, m, v_0
 k, μ, g



$$1) f_{mp} = \mu mg$$

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

$$ma = \mu mg$$

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

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

начинается движение $\Rightarrow$

$$a_1 = a_2; f_{mp} = \mu mg \quad x_0 = \frac{3 \cdot 6,3 \cdot 10}{36} = \frac{9}{36} = \frac{9}{4 \cdot 9} = 0,25 \text{ м}$$

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

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

$$x = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m_0}} t\right)$$

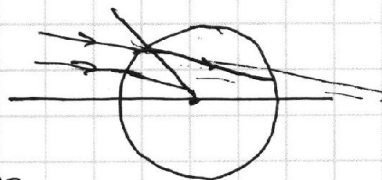
$$\frac{m_0 v_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A^2 = \frac{m_0 v_0^2}{k} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{m_0}{k}} v_0$$

$$x = v_0 \sqrt{\frac{m_0}{k}} \sin\sqrt{\frac{k}{m_0}} t$$

$$\frac{(m+M) \cdot \mu g}{k} = v_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} t\right)$$

$$\sqrt{\frac{m+M}{k}} \mu g = v_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} t\right)$$

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



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

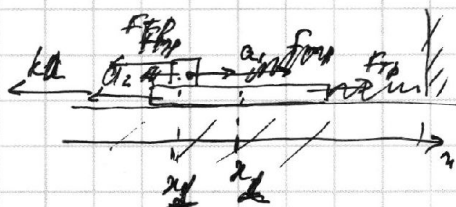
$$\sin \omega t = \frac{\sqrt{\frac{3}{36}} \cdot 0,3 \cdot 10}{1} = \frac{1}{3}$$

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

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

$$t = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{6}$$

3) Максимальное статическое трение пружины



$$a_2 = f_{mp} - kx$$

$$m a_1 = f_{mp}$$

$$m (\ddot{x}_2 - \ddot{x}_1) = f_{mp}$$

$$\ddot{x}_2 = \mu g$$

$$\ddot{x}_2 = \mu g \Rightarrow a_1 = \text{const} = \mu g$$

тогда

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

$$\ddot{x}_2 = \mu g - kx_2$$

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

