



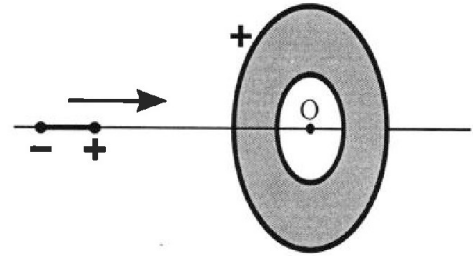
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

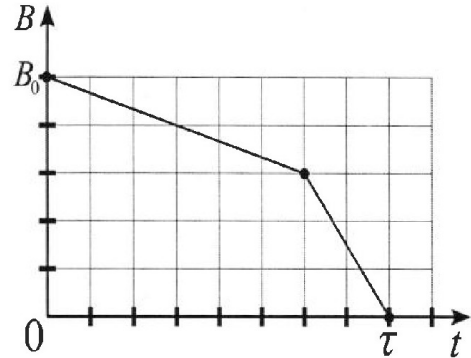
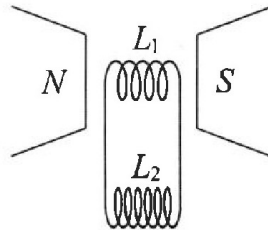


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



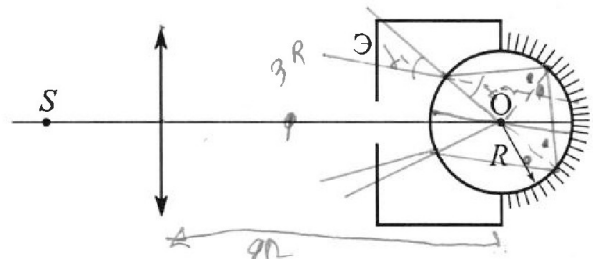
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ 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 $L_2 = 8L$ 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 , удаленный от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (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 $b = 8R$, 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 $\Delta = 3R$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



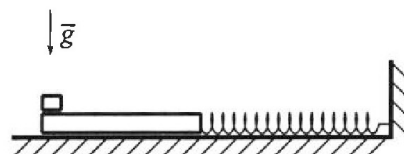
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 4$ 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 $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. 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.



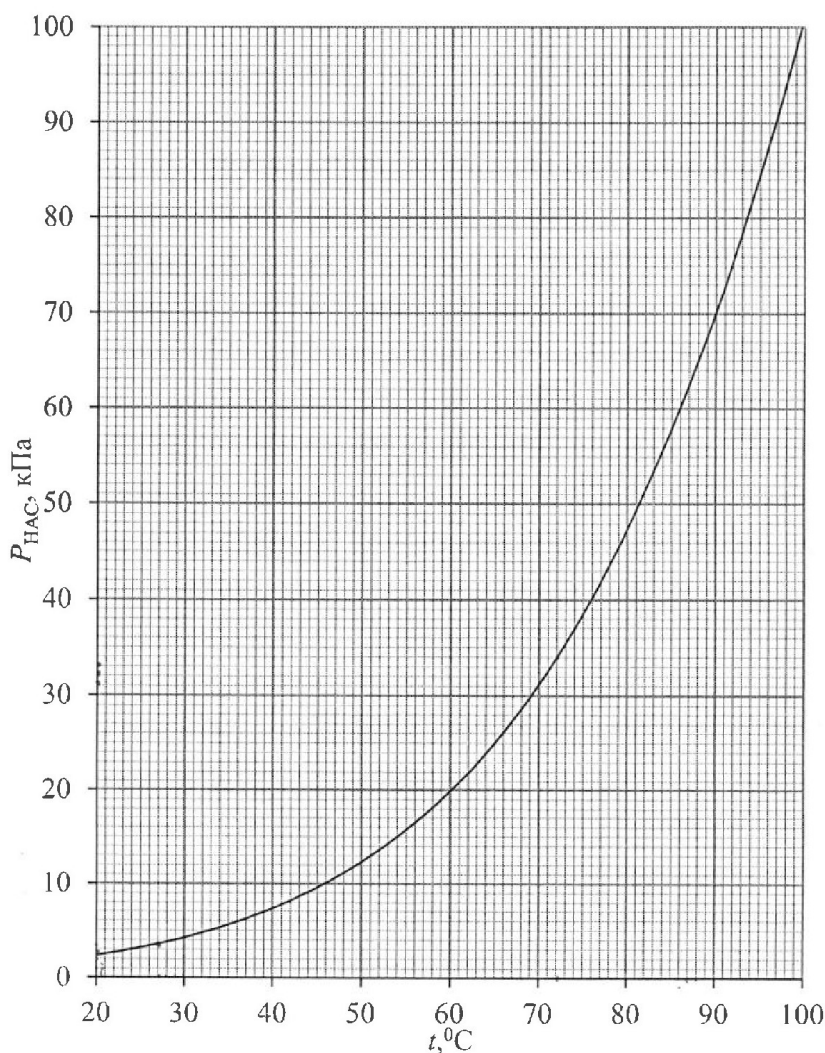
- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

Ампл-7

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °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 мож но 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 ☐

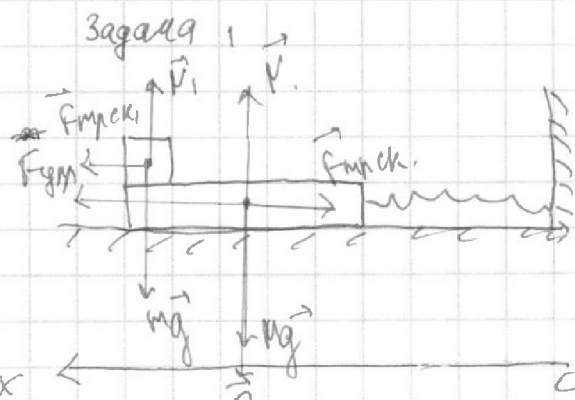
СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!

$$\begin{aligned} \mu &= 0,4 \\ k &= 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\ m &= 1 \text{ кг} \\ \mu &= 0,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta l &=? \\ a_0 &=? \\ N &=? \end{aligned}$$



По 3-м. Ньютона

$$mg = P$$

$$F_{\text{трск}1} = F_{\text{трск}2}$$

1) Если $a_{\text{отн}} = 0$, то доска и брусок движутся как единое целое $a_1 = a_2$.

II Закон Ньютона

$$\begin{cases} ma_1 = F_{\text{трск}} \\ ma_2 = F_{\text{упр}} - F_{\text{трск}} \end{cases} \text{ Проекция на ось } OX.$$

$$\frac{m}{m} = \frac{F_{\text{упр}} - F_{\text{трск}}}{F_{\text{трск}}}$$

$$F_{\text{упр}} = k \Delta l$$

$$F_{\text{трск}} = \mu N = \mu mg$$

$$4\mu mg = k \Delta l - \mu mg$$

$$\Delta l = \frac{5\mu mg}{k} = \frac{5 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 10}{100} = 0,2 \text{ м.}$$

2) В проекции на ось OX.

$$ma_0 = F_{\text{упр}0} - F_{\text{трск}}, \text{ где } F_{\text{упр}0} = k \Delta l_0 \text{ — начальное значение}$$

По условию, когда 1 раз $a = 0$, то $v_1 = v_2$.

$a = 0$, если доска достигла до П.Р. $\Rightarrow \Delta l = 0$



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 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!

$$t_0 = 27^\circ\text{C}$$

$$t = 90^\circ\text{C}$$

$$m_B = 4 m_n$$

$$\frac{m_n}{m_{B0}} = ?$$

$$t^* = ?$$

$$\varphi = ?$$

Задача 2.

Было

$$\begin{matrix} t_0, p_0 \\ m_n \\ 4m_n \end{matrix}$$

Стало

$$\begin{matrix} t, p \\ 8m_n \end{matrix}$$

По условию масса воды в 4 раз больше массы пара

Пусть масса пара m_n , тогда масса воды в начале $4m_n$.

1. П.к. вся вода превращается в пар, то в конце в сосуде будет только пар $\Rightarrow$ из-за герметичности сосуда. $m_k = 8m_n$ - масса пара в конце.

$$\frac{m_n}{m_{B0}} = \frac{8m_n}{m_n} = 8$$

3) Уравнение состояния для пара, который можно считать идеальным газом

$$p_0 V_0 = \frac{m_n R T_0}{M_B}$$

$$T_0 = 27 + 273 = 300\text{K}$$

$$p_0 = 3,5\text{кПа}$$

V_0 - объем сосуда.
 M_B - молярная масса воз.

П.к. в кач. момент жидкости и влаж. воздух в равновесии пар в кач. момент насыщенный $\Rightarrow \varphi = \frac{p_n}{p_{н.п}} = 100\%$.

$$p_0 = p_n = p_{н.п} \text{ при данной } t_0 = 3,5\text{кПа.}$$

По уравнению.

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \frac{m_n R T_0}{M_B} \\ p V_0 = \frac{8m_n T}{M_B} \end{cases}$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{8T}{T_0} \Rightarrow p = \frac{8T}{T_0} \cdot p_0 = \frac{8 \cdot (90 + 273)}{300} \cdot 3,5 = 9,68 \cdot 3,5 \cdot 10^3 = 33,88\text{кПа.}$$

$$\varphi = \frac{p_n}{p_{н.п.ф.}} = \frac{p_n}{p_{н.п.}(90^\circ\text{C})} = \frac{33,88 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^3} = 0,847 (84,7\%)$$



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
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!

Задача 2 продолжение.

2) Уравнение состояния.

Если испарение прекращается, то весь пар стал насыщенным

$$p_n = p_{н.п.} \text{ при } T^*$$

$$T^* = 273 + t^*$$

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \frac{m_{п.п.} R T_0}{M_B} \\ p_{н.п.} V_0 = \frac{8 m_{п.п.} \cdot R T^*}{M_B} \end{cases}$$

$$A = \frac{p_{н.п.}}{(t^* + 273)} = \frac{8 p_0}{T_0} = \frac{3,5 \cdot 10^3 \cdot 8}{300} = \frac{280}{3} \approx 93,33$$

Найдем на графике точку, в которой выполняется

такое условие.
При $t^* = 40^\circ\text{C}$, $A \approx 88$

При $t^* = 72^\circ\text{C}$, $A \approx 98$

При $t^* \approx 71^\circ\text{C}$, $A \approx 94$.

$$A = \frac{32500}{273 + 71} = \frac{32500}{344} \approx 94$$

Ответ:

1) $\frac{m_{п.п.}}{m_{по}} = 8$

2) $t^* \approx 71^\circ\text{C}$

3) $t^* \approx 71^\circ\text{C}$, $\varphi = 0,484$ (48,4%)



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!

Задача 4.

$5L, n, S, \tau$

1) По закону Фарадея. Поток, произм. не должен измениться. без катушки

$I_0 - ?$

$q_0 - ?$

$$q_{01} = q_1$$

$$0 + B_0 S_1 n = I_0 L_1 + I_0 L_2 \quad B_0 S_1 n = I_0 (L_1 + L_2)$$

$$I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S_1 n}{73L}$$

$$2) B_0 S_1 n = I_0 (L_1 + L_2)$$

$$B_0 S_1 n = \frac{dq_0}{dt} (L_1 + L_2)$$

$$B_0 S_1 n \int_0^\tau dt = \int_0^{q_0} d q_0 (L_1 + L_2)$$

$$q_0 = \frac{B_0 S_1 n \tau}{L_1 + L_2}$$

$$1) \quad \mathcal{E}_{\text{ЭД}} = \mathcal{E}_{\text{ЭИ}} \quad (\text{и соединение})$$

По закону Фарадея $\mathcal{E}_{\text{Э}} = - \frac{d\Phi}{dt}$

$$- \frac{d\Phi_1}{dt} = - \frac{d\Phi_2}{dt}$$

$$n S_1 \frac{dB}{dt} = + 8L \frac{dI_2}{dt}$$

$$n S_1 \int_0^0 dB =$$

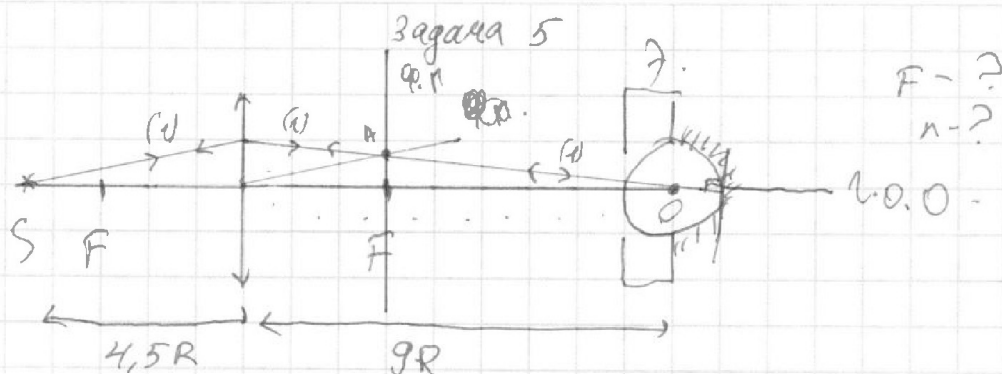


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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



1) Пусть $n=1$, тогда, по условию, изображение ист. совпадает с самим источником.

↓
луч отражается от ^{зеркала} ~~линзы~~ обратно и проходит по ~~той же~~ ^{той же} ~~пути~~ ^{пути}

↓
Он падает под прямым углом

↓
Все лучи должны быть радиусами и проходить через Т.О.

Т.О. будет первым изображением в линзе, и будет являться вторичным источником для второй линзы.

Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

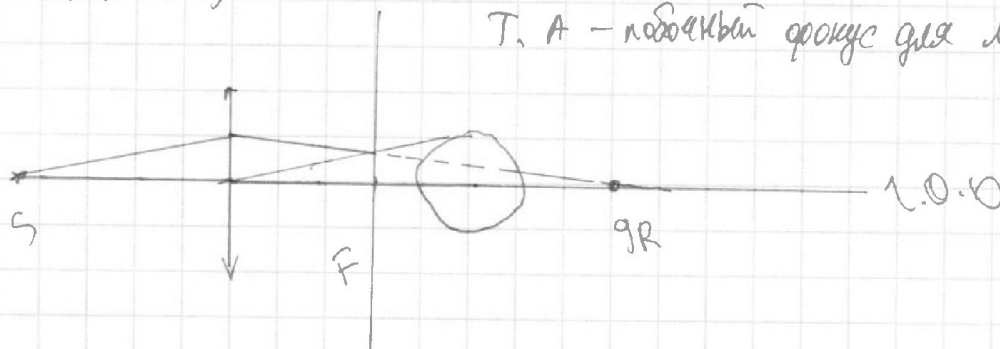
$$F = \frac{9R}{3} = 3R$$

$$\frac{1}{4.5R} + \frac{1}{9R} = \frac{1}{F}$$

$$F = 3R$$

Т.О. - побочный фокус для линзы 1

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!

$$T = 363 \text{ K},$$

$$T_0 = 300 \text{ K},$$

$$m_B = 7 \text{ мг.}$$



$$\begin{array}{r} 52 \\ 363 \\ \hline 2904 \end{array} \quad \begin{array}{r} +273 \\ 90 \\ \hline 363 \end{array}$$

$$\frac{8 \cdot 363}{300} =$$

$$\frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{по}}} = ?$$

$$t^* = ?$$

$$\varphi = ?$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ 968 \\ \hline 2904 \end{array}$$

Вода и воздух - в равновесии

$$\varphi = 100\%$$

$$p_0 = p_{\text{н.п.}} = 10^5 \text{ Па} = 3,5 \text{ кПа.}$$

$$\begin{array}{r} = -2904 \cdot 300 \\ 2100 \cdot 9,68 \\ \hline -2040 \\ 1800 \\ \hline 12400 \end{array}$$

$$\frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{по}}} = \frac{8 \text{ мм}}{m_{\text{п}}} = \varphi$$

$$V = \text{const} \Rightarrow$$

$$pV = \frac{mRT}{M}$$

2. Испарение прекратится, когда φ станет 100% $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ пар станет насыщенным.

$$\text{Уравнение состояния} \quad p_0 V_0 = \frac{m_{\text{п}} R T_0}{M_{\text{п.}}}$$

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.п.}}} = 100\%$$

$$\varphi = p_{\text{н.п.}}$$

$$9,68 p_0 = p_{\text{н.п.}}$$

$$p_{\text{н.п.}} = 9,68 \cdot 3,5 \cdot 10^3 = 33,88 \text{ кПа.}$$

$$t^* \text{ по графику при } p_{\text{н.п.}} = 33,88 \text{ кПа.}$$

$$t^* \approx 72^\circ \text{ C.}$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{T}{T_0} = 9,68$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ 9,68 \\ \hline 33 \\ 4840 \\ +2904 \\ \hline 33880 \end{array}$$

$$pV = 8 \text{ мм} R T$$

в конце испарения



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!

$$M = 4 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

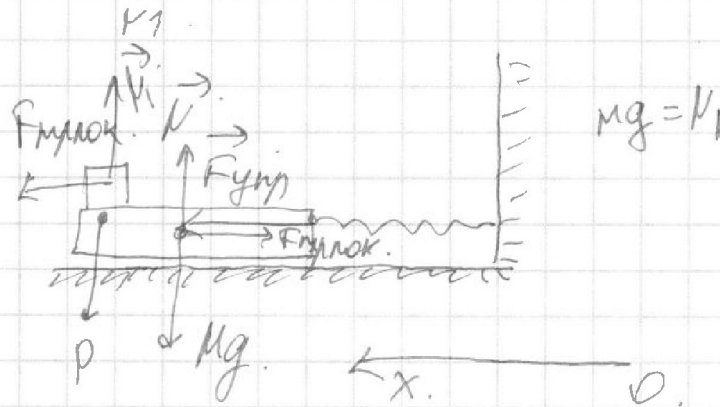
$$\mu = 0,4$$

$$\text{При } a \neq 0 \text{ } v_{\text{отн}} = 0$$

$$a \neq 0 \text{ } v_{\text{отн}} = 0$$

$$a_0 = ?$$

$$U = ?$$



$$Ma_0 = Mg + P + F_{\text{упр}} + K$$

$$Ma_0 = F_{\text{упр}} - F_{\text{тр.лок на х.}}$$

$$Ma_0 = k \Delta x_0 - \mu mg$$

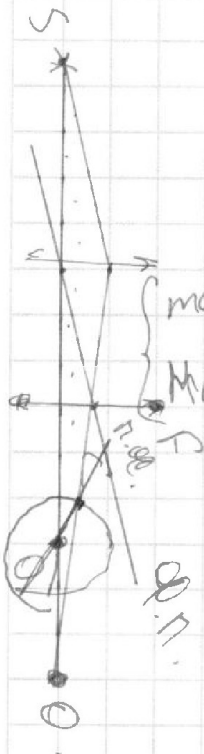
$$\vec{a}_{\text{отн}} = \vec{a}_{\text{отн}} + \vec{a}_{\text{перен}}$$

$$\frac{dU}{dt} = 0$$

$$a = 0 \text{ , когда } v_1 \text{ } a \neq 0$$

$$F_{\text{упр}} = 0$$

$$v_1 = v_2$$



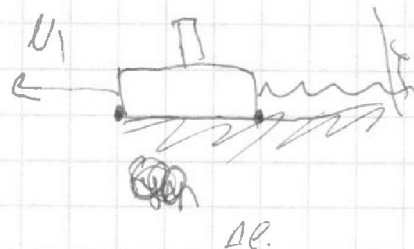
$$ma_1 = F_{\text{тр.ск}}$$

$$Ma_1 = F_{\text{упр}} - F_{\text{тр.ск}}$$

$$\frac{M}{m} = \frac{k \Delta l - \mu mg}{\mu mg}$$

$$4 \mu mg = k \Delta l - \mu mg$$

$$\Delta l = \frac{5 \mu mg}{k} = \frac{5 \cdot 0,4 \cdot 10}{100} = 0,2 \text{ м}$$



β = 180 - α.



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!

$$B = \mu n S, \quad B = \mu_0 n S, \quad \text{r 4}$$

В катушке выключенная. $\Phi_{01} = \Phi$.

$$\Phi_{01} S_1 = I_0 L_1 + I_0 L_2$$

$$I_0 = \frac{\Phi_{01} S_1}{L_1 + L_2}$$

$$\Phi = B S$$

$$\Phi = L I$$

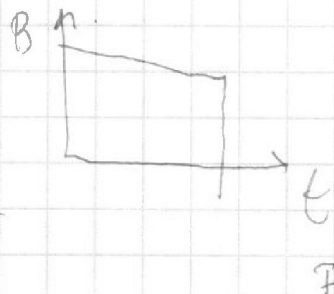
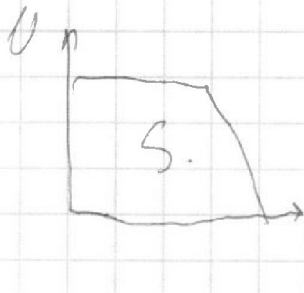
$$\Phi_1 = \Phi_2$$

$$-n \frac{dB_0}{dt} S_1 - L_1 \frac{dI}{dt} = -L_2 \frac{dI}{dt}$$

$$\Phi = \frac{dB}{dB} S$$

$$\Phi = -\Phi$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = -\frac{d\Phi}{dt} =$$



$$\Phi_1 = \Phi_2$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}}$$

$$\mathcal{E}$$

$$B_0 S_1 n + \mathcal{E} \frac{dI}{dt} (L_1 + L_2)$$

$$\Phi_1 = \Phi_2$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}1} = \mathcal{E}_{\text{ср}2}$$

$$B_0 n S_1 = -\mathcal{E} L I_0$$

$$-\frac{d\Phi_1}{dt} = -\frac{d\Phi_2}{dt}$$

$$-n S_1 \frac{dB_0}{dt} = -\mathcal{E} L \frac{dI}{dt}$$

