



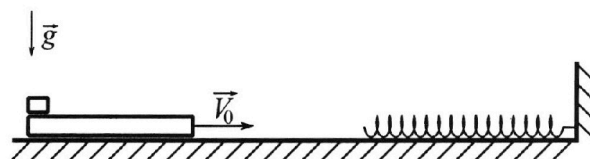
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

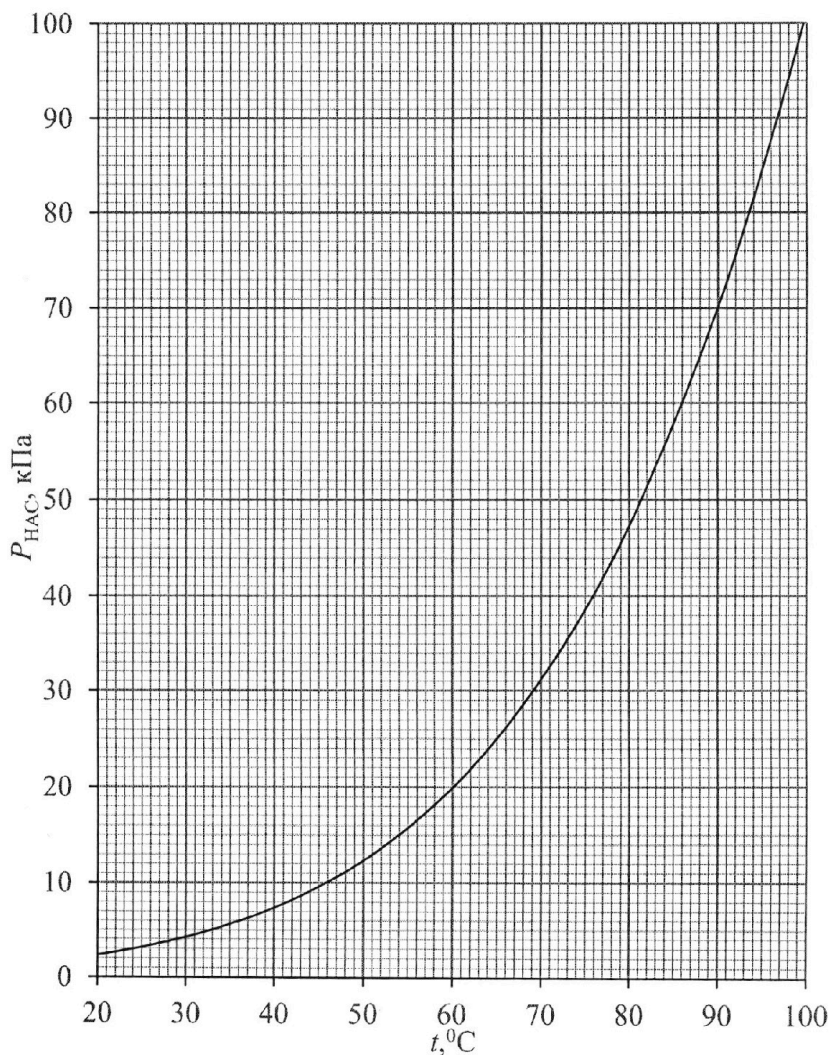


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.





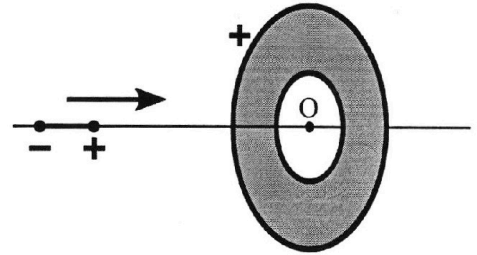
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

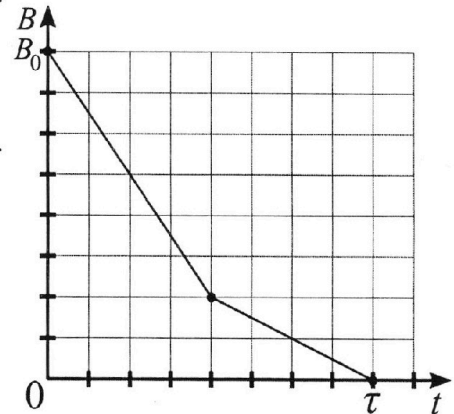
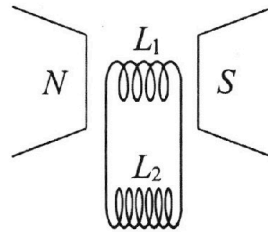


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь)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



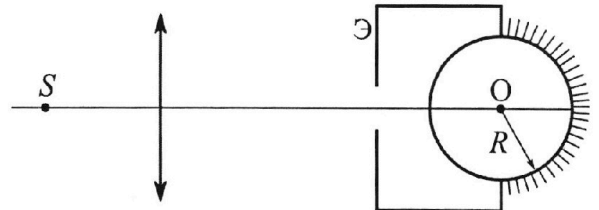
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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  $\tau$ . 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  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 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:

$$M = 2 \text{ кг};$$

$$m = 1 \text{ кг};$$

$$V_0 = 1 \text{ м/с};$$

$$k = 36 \text{ Н/м};$$

$$\mu = 0,3;$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2;$$

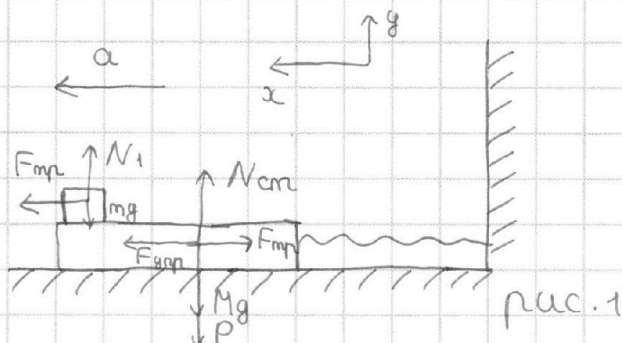
$$1) \Delta x_1 = ?$$

$$2) \tau = ?$$

$$3) a = ?$$

Решение:

1)



~~Рассмотрим произвол. момент~~

Рассмотрим силы на тела. Силы трения, действ. на брусок и доску, равны по модулю по III з. те.

II з. те. брусок Oy:  $N_1 - mg = 0 \Rightarrow N_1 = mg$ . В момент проскальз.  $F_{тр}$  примет max значение:  $F_{тр} = \mu N_1 = \mu mg$ . (рис. 1 - момент начала проскальзывания)

II з. те. брусок Ox:  $F_{тр} = ma$ .  $ma = \mu mg$ ;  $a = \mu g$ . В данный момент брусок

и доска движутся с ускор.  $a$ . II з. те. доска Ox:  $F_{упр} - F_{тр} = Ma$ ;  $k\Delta x_1 - \mu mg = Ma$ ;

$$k\Delta x_1 = \mu Mg + \mu mg; \Delta x_1 = \frac{\mu g(m+M)}{k} = \frac{3 \cdot 3}{36} = \frac{1}{4} \text{ м} = 25 \text{ см}.$$

2) До начала проскальзывания доска + брусок движутся как единое целое. Это можно представить в виде горизонт. пружин. маятника

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}}$ ; Представим, что тела были бы всё время скреплены. Найдём полную амплитуду таких колебаний. По 3-й те:

$$\frac{(m+M)V_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2}; A = \sqrt{\frac{(m+M)V_0^2}{k}}; x(t) \text{ при колеба-}$$

$$\text{ниях: } x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0). A \neq A \quad v(t) = \dot{x} =$$



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!

$= A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ . В нач. момент мы имеем max скорость  $v_0$ :  $v_0 = A\omega$ . При  $t=0$ :  $v_0 = A\omega \cos \varphi_0$ ;  $\Rightarrow \cos \varphi_0 = 1 \Rightarrow \varphi_0 = 0$ .  $x(t) = A \sin(\omega t)$ .  $A = \frac{v_0}{\omega}$ ;  $x(t) = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t)$ . В момент  $\tau$ :  $x(\tau) = \Delta x_1$ ;

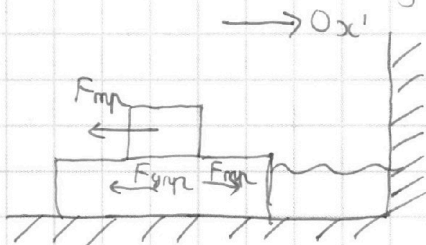
$$\Delta x_1 = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega \tau). \sin(\omega \tau) = \frac{\omega \Delta x_1}{v_0};$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3} \text{ рад/с}; \frac{\omega \Delta x_1}{v_0} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 1}{4 \cdot 1} =$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2}. \sin(\omega \tau) = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \omega \tau = \frac{\pi}{3}; \tau = \frac{\pi}{3\omega} =$$

$$= \frac{\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{m+M}{k}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{3}{36}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{1}{12}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \text{ с};$$

3) Запишем II з. к. в произвол. момент времени, когда началось проскальзывание (рис. 2):



$$F_{mp} - F_{yp} = Ma_x; \mu mg - kx = Ma_x;$$

$Ma_x + kx = \mu mg$ ;  $\Delta x + \frac{k}{M} x = \frac{\mu mg}{M}$ . Как видно, доска всё-равно совершает колебательное движение со смещ. полож. равновесия. При колебат. движ. известно соотношение:  $\left(\frac{a}{a_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_{\max}}\right)^2 = 1$ ;

В момент max сжатия  $a = a_{\max} \Rightarrow v = 0$ .

Также извест. В полож. равновесия:  $k\Delta x_0 = \mu mg \Rightarrow \Delta x_0 = \frac{\mu mg}{k}$ ; При таких колебаниях:

$$\Delta x_0 = 2A \Rightarrow A = \frac{\Delta x_0}{2} = \frac{\mu mg}{2k}; a_{\max} = A\omega^2 = \frac{\mu mg}{2k} \cdot \frac{k}{M} = \frac{\mu mg}{2M} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 7}{2 \cdot 4} = \frac{21}{4} = 5,25 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 1) 25 см; 2)  $\frac{1}{2\sqrt{3}}$  с; 3)  $0,75 \text{ м/с}^2$





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.



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:

$$P_0 = 105 \text{ кПа};$$

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

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

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

поршень

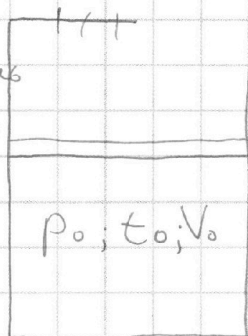


рис.1

Решение:

$$1) P_1 = ?$$

$$2) t^* = ?$$

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

1) Рассмотрим нач. состояние

(рис.1). По закону Дальтона:

$$P_0 = P_{\text{с.в.1}} + P_1$$

где  $P_{\text{с.в.1}}$  — парц. давление сух. воздуха при  $t_0$ .  $P_n(t_0)$  — давление насыщ. паров при  $t_0$ .

$$= 97^\circ \text{C}. P_n(t_0) \approx 90 \text{ кПа (из графика)}.$$

$$\varphi_0 = \frac{P_1}{P_n(t_0)} \Rightarrow P_1 = \varphi_0 P_n(t_0) = \frac{1}{3} \cdot 90 \text{ кПа} = 30 \text{ кПа}$$

2) Конденсация начнётся, когда пар станет насыщенным. Поршень будет двигаться медленно (т.к. Охлаждаем медленно)  $\Rightarrow$  из динамики процесса следует, что давление ~~в~~ сух. воздуха  $P_0 = \text{const.} \Rightarrow$  и пар, и сух. воздух по отдельности также будут изобарно сжиматься. При  $t^*$ :  $P_{\text{с.п.}} = P_n(t^*) = P_1 = 30 \text{ кПа}$  (в этот момент давление вод. пара станет насыщенным.  $P_n(t^*) = 30 \text{ кПа} \Rightarrow t^* = 59^\circ \text{C}$  (из графика).

3) При  $t = 33^\circ \text{C}$  точно будет насыщенным



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

(т.к. уже при  $t^* = 69^\circ \text{C}$  он уже был насыщен..) а также сжатие изобарное (из пункта 2)). По закону Дальтона в конеч. состоянии:  $P_0 = P_{\text{в.п.к}} + P_{\text{с.в.к}}$  ( $P_{\text{в.п.к}}$ ,  $P_{\text{с.в.к}}$  — давления пара и сух. воздуха в конеч. состоянии соответств.)  $P_{\text{в.п.к}} = P_{\text{н}}(t)$   
 $P_{\text{н}}(t) = 5 \text{ кПа}$  (из графика).  $P_{\text{с.в.к}} = P_0 - P_{\text{в.п.к}} = 105 \text{ кПа} - 5 \text{ кПа} = 100 \text{ кПа}$ . Сух. масса вещества сух. воздуха постоянно. По 3м Закон Дальтона в нач. состоянии:  $P_{\text{с.в.1}} = P_0 - P_1 = 75 \text{ кПа}$ . По 3м для сух. воздуха в нач. и конеч. состоянии:

$$P_{\text{с.в.1}} V_0 = \nu_{\text{с.в.}} R T_0 \quad ; \quad \frac{P_{\text{с.в.к}} V}{P_{\text{с.в.1}} V_0} = \frac{T}{T_0} ; T = t + 273 \text{ K} = 306 \text{ K}.$$

$$T_0 = t_0 + 273 \text{ K} = 370 \text{ K}.$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_{\text{с.в.1}} T}{P_{\text{с.в.к}} T_0} = \frac{75 \cdot 306}{100 \cdot 370} = \frac{3 \cdot 306 \cdot 153}{4 \cdot 370} = \frac{3 \cdot 153}{2 \cdot 370} = \frac{459}{740}$$

Ответ: 1) 30 кПа; 2)  $69^\circ \text{C}$ ; 3)  $\frac{459}{740}$ ;



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:

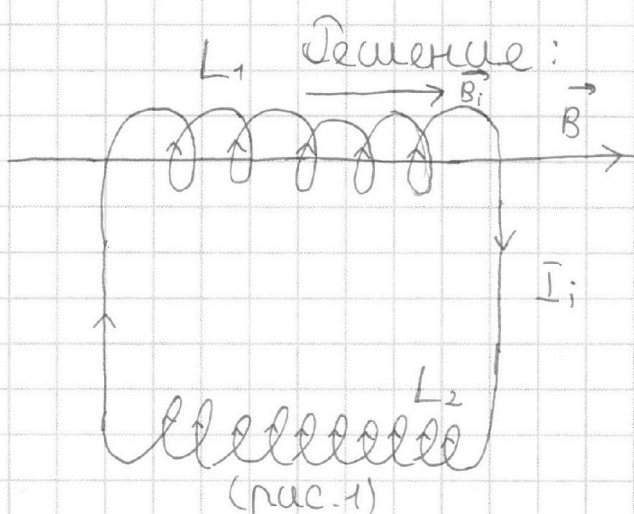
$$L_1 = L;$$

$$n; S_1; B_0;$$

$$L_2 = 3L; \tau;$$

$$1) \bar{I}_0 = ?$$

$$2) q = ?$$



1) Полюс магнита направлен от севера к югу (т.е. на нашем рисунке вправо). Рассмотрим пром. момент времени (рис. 1). Полюс  $B$  уменьшается  $\Rightarrow$  по правилу Ленца индукц. ток создаст магн. поле  $B_i \uparrow \uparrow B$ . Выберем обход контура, совпадающий с направлением ЭДС индукции. По II пр. Фарадея:  $|E_i| = U_{L1} + U_{L2}$ , где  $U_{L1}$  и  $U_{L2}$  — напряжения в катушках  $L_1$  и  $L_2$  соответс.  $|E_i| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| \cdot n =$   
 $= S_1 \cdot \left| \frac{dB}{dt} \right|$ ;  $\Phi = S_1 \cdot B$ ;  $|E_i| = S_1 \cdot \left| \frac{dB}{dt} \right| \cdot n$ ;  $U_{L1} = L_1 \frac{d\bar{I}_{L1}}{dt}$ ;  
 $U_{L2} = L_2 \frac{d\bar{I}_{L2}}{dt}$ ;  $S_1 n \left| \frac{dB}{dt} \right| = L_1 \frac{d\bar{I}_{L1}}{dt} + L_2 \frac{d\bar{I}_{L2}}{dt}$ ;

Рассмотрим пром. времени от 0 до  $\frac{\tau}{2}$  (в этот & пром. времени магн. поле  $B$  убыв. с одной от. скоростью).  $\left| \frac{dB}{dt} \right| = - \frac{dB}{dt}$  (т.к.  $dB < 0$ , т.е. поле уменьшается).  $-n S_1 \cdot \frac{dB}{dt} = L_1 \frac{d\bar{I}_{L1}}{dt} + 3L \frac{d\bar{I}_{L2}}{dt}$ ;

$-n S_1 dB = L d\bar{I}_{L1} + 3L d\bar{I}_{L2}$ ; проинтегрируем данное выражение:  $-n S_1 \int_{B_0}^0 dB = L \int_0^{\bar{I}_0} d\bar{I}_{L1} + 3L \int_0^{\bar{I}_0} d\bar{I}_{L2}$ .

(через катушки в конце будет бежать одинаковый



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!

$$\text{пож. } n S_1 B_0 = L \bar{I}_0 + 3L \bar{I}_0; \quad \bar{I}_0 = \frac{n S_1 B_0}{4L};$$

$$2) \text{ из пункта 1: } -n S_1 \frac{dB}{dt} = L \frac{d\bar{I}_1}{dt} + 3L \frac{d\bar{I}_2}{dt}.$$

Влюб. момент времени протекают одинаковые токи  $\Rightarrow$  и скорости их изменения также равны. Пусть  $\frac{d\bar{I}_1}{dt} = \frac{d\bar{I}_2}{dt} = \frac{d\bar{I}}{dt}$ ;  $-n S_1 \frac{dB}{dt} = 4L \frac{d\bar{I}}{dt}$ ;

Рассмотрим пром. времени от 0 до  $\frac{\tau}{2}$  (в этот пром. времени одна опр. скорость уменьшения  $B$ ).

$$-n S_1 \frac{dB_1}{dt} = 4L \frac{d\bar{I}}{dt}; \quad \frac{dB_1}{dt} - \text{тангенс угла наклона графика}$$

$$\text{в пром. от 0 до } \frac{\tau}{2}. \quad \frac{dB_1}{dt} = -\frac{6B_0}{4\tau} = -\frac{3B_0}{2\tau}; \quad n S_1 \cdot \frac{3B_0}{2\tau} =$$

$$= 4L \frac{d\bar{I}}{dt}; \quad 3n S_1 B_0 \cdot dt = 8L \tau d\bar{I}. \quad \text{Принтегрируем: } 3n S_1 B_0 \int dt = 8L \tau \int d\bar{I}; \quad 3n S_1 B_0 t = 8L \tau \bar{I};$$

$$\bar{I}(t) = \frac{3n S_1 B_0}{8L \tau} \cdot t; \quad \text{К моменту } \frac{\tau}{2}: \bar{I}_1 = \bar{I}\left(\frac{\tau}{2}\right) =$$

$$= \frac{3n S_1 B_0}{8L \tau} \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{3n S_1 B_0}{16L}; \quad \bar{I}_L = \frac{dq_L}{dt} \Rightarrow dq_L = \bar{I}_L dt;$$

$$dq_L = \frac{3n S_1 B_0}{8L \tau} t dt; \quad \text{Пусть } q_{L1} - \text{заряд, пром. через катушку за время от 0 до } \frac{\tau}{2}. \quad q_{L1} = \frac{3n S_1 B_0}{8L \tau} \int_0^{\tau/2} t dt =$$

$$= \frac{3n S_1 B_0}{8L \tau} \cdot \frac{\tau^2}{8} = \frac{3n S_1 B_0 \tau}{64L}; \quad \text{Рассмотрим пром. времени от } \frac{\tau}{2} \text{ до } \tau;$$

$$-n S_1 \frac{dB_2}{dt} = 4L \frac{d\bar{I}}{dt}; \quad \frac{dB_2}{dt} - \text{тангенс угла наклона } B(t) \text{ в пром. от } \frac{\tau}{2} \text{ до } \tau.$$

$$\frac{dB_2}{dt} = -\frac{\frac{1}{4}B_0}{\frac{\tau}{2}} = -\frac{B_0}{4} \cdot \frac{2}{\tau} = -\frac{B_0}{2\tau}; \quad n S_1 \cdot \frac{B_0}{2\tau} = 4L \frac{d\bar{I}}{dt};$$

$$n S_1 B_0 dt = 8L \tau d\bar{I}; \quad n S_1 B_0 \int_{\tau/2}^{\tau} dt = 8L \tau \int_{\bar{I}_1}^{\bar{I}_2} d\bar{I};$$





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!

$$nS_1B_0 \left(t - \frac{\tau}{2}\right) = 8L\tau (\bar{I} - \bar{I}_1); \quad nS_1B_0 t - \frac{nS_1B_0\tau}{2} =$$

$$= 8L\tau \bar{I} - \cancel{8L\tau} \cdot \frac{3nS_1B_0}{16L}; \quad nS_1B_0 t = \frac{nS_1B_0\tau}{2} +$$

$$+ 8L\tau \bar{I} - \frac{3nS_1B_0\tau}{2}; \quad nS_1B_0 t = 8L\tau \bar{I} - nS_1B_0\tau$$

$$\bar{I}_L(t) = \frac{nS_1B_0(t + \tau)}{8L\tau} \quad (\text{в пром. времени от } \frac{\tau}{2} \text{ до } \tau).$$

В конце у нас будет ток  $\bar{I}_0$ .  $q_{L2}$  — заряд, пром. в момент времени от  $\frac{\tau}{2}$  до  $\tau$ .  $\bar{I}_L = \frac{dq_L}{dt}$ ;

$$dq_L = \bar{I}_L dt; \quad \int_{\tau/2}^{\tau} dq_L = \frac{nS_1B_0}{8L\tau} \int_{\tau/2}^{\tau} t dt + \frac{nS_1B_0}{8L} \int_{\tau/2}^{\tau} dt;$$

$$q_{L2} = \frac{nS_1B_0}{8L\tau} \int_{\tau/2}^{\tau} t dt + \frac{nS_1B_0}{8L} \int_{\tau/2}^{\tau} dt; \quad q_{L2} = \frac{nS_1B_0}{8L\tau} \cdot \frac{3\tau^2}{8} +$$

$$+ \frac{nS_1B_0}{8L} \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{3nS_1B_0\tau}{64L} + \frac{nS_1B_0\tau}{16L} = \frac{7nS_1B_0\tau}{64L};$$

$$q = q_{L1} + q_{L2} = \frac{3nS_1B_0\tau}{64L} + \frac{7nS_1B_0\tau}{64L} = \frac{10nS_1B_0\tau}{64L} =$$

$$= \frac{5nS_1B_0\tau}{32L}$$

Ответ: 1)  $\frac{nS_1B_0}{4L}$ ; 2)  $\frac{5nS_1B_0\tau}{32L}$ ;



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!

$$\frac{1}{F} = \frac{10}{11F} + \frac{1}{10,5F + 2R - \frac{4R^2 - FR}{GR - 2F}};$$

$$\frac{1}{F} = \frac{10}{11F} + \frac{1}{(10,5F + 2R)(GR - 2F) - 4R^2 + FR};$$

$$\frac{1}{F} = \frac{10}{11F} + \frac{1}{8R^2 + 60FR - 21F^2}$$



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 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!

№ 5

Дано:

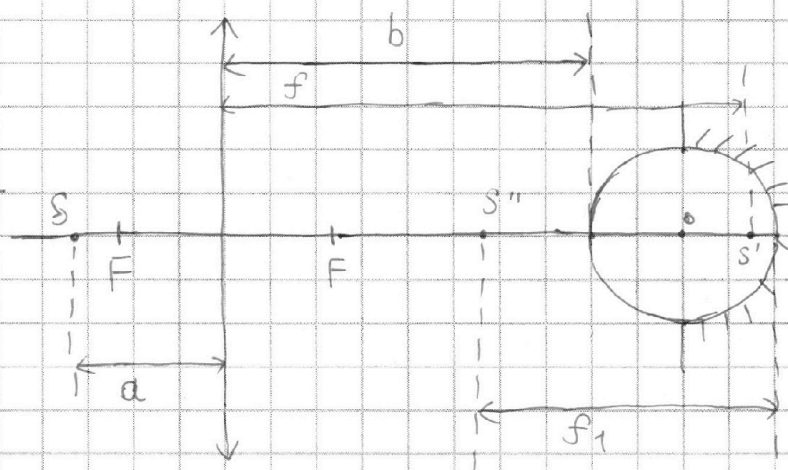
$$F; a = \frac{11}{10} F;$$

$$b = \frac{21}{2} F;$$

1)  $R = ?$

2)  $n = ?$   
 $\Delta = \frac{11}{2} F$

Решение:



1) В первый раз в линзе формируется действ. изобр. на расст.  $f$  от неё. По формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f}$ ;  $\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{10}{11F} \Rightarrow f = 11F$ .

Далее лучи попадают на шар под малыми углами (из-за экрана). Пусть  $S'$  — изобр., формируемое первый раз в линзе. Первый раз на прием. поверхности шара лучи идут под малыми углами  $\Rightarrow$  это можно воспринимать как собирающую линзу. По усл. изобр. совпадает с самим собой при  $n = 1$  <sup>шара</sup>  $\Rightarrow$  давайте возьмём  $n$  шара точно такой же, как и  $n$  среды, где находится линза и источник. Тогда на поверхности лучи не будут преломляться, а будут <sup>точкой</sup> отражаться от задней поверхности. Заднюю часть поверхности шара можно воспринимать, как сферическое зеркало. Рассмотрим отражение на сферической поверхности ближе.

От м.к. уо  $S''$  (пучок  $S''$ -изобр. в сопр. зеркале)





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



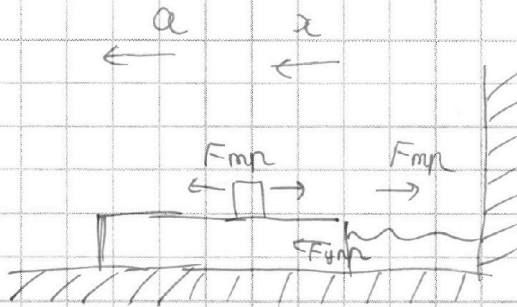
7



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!



$$v_g = 0.$$

$$F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}} = Ma$$

$$K\Delta x_m.$$

$$K\Delta x_m - \mu mg = Ma_g$$

$$AF_{\text{упр}} = -F_{\text{упр}} \cdot S_{\text{опр}}.$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f}; \frac{11}{11F} = \frac{10}{11F} + \frac{1}{f}; f = 11F.$$

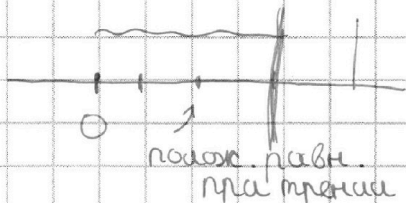
$$P_0 = \text{const}$$

$$\frac{MV_0^2}{2} = 0 +$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}; F = \frac{R}{2}$$

$$\frac{(m+M)V_0^2}{2} = \frac{K\Delta x_m^2}{2} \otimes$$

$$Max + kx = \mu mg$$

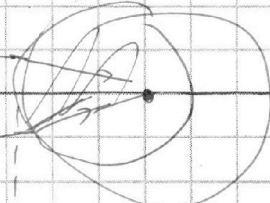


$$K\Delta x_m - \mu mg = Ma$$

$$(m+M)V_0^2 = \frac{K\Delta x_m^2}{2}$$

$$a = \frac{11F}{10}$$

$$a_x = \frac{K}{M} x = \frac{\mu mg}{M}$$



$$F_{\text{упр}} = max$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$



$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{упр}} = \mu mg$$



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!

$\Delta x$

$R$

$R$

$f-b$

$105+11$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{R+b+a} - \frac{1}{f-b}$$
$$\frac{2}{R} = \frac{1}{R+b+a} - \frac{1}{f-b-R}$$
$$\frac{2}{R} = \frac{1}{2R+11GF} - \frac{1}{F-2R}$$
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2R+11GF} - \frac{1}{F-2R}$$
$$\frac{2}{R} = 1$$
$$b+R-f_1$$
$$\frac{2}{R} = \frac{2}{4R-F} + \frac{1}{f_1} \cdot R f_1 (4R-F)$$
$$2 f_1 (4R-F) = 2 R f_1 + R (4R-F)$$
$$8 f_1 R - 2 f_1 F = 2 R f_1 + 4 R^2 - F R$$
$$f_1 = \frac{R(4R-F)}{6R-2F}$$
$$b+2R-f_1$$
$$(10,5F+2R)(6R-2F)$$
$$63FR - 21F^2 + 12R^2 - 4RF$$
$$64FR - 4FR$$



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!

$$n S_1 \cdot \frac{3 B_0}{2 \tau} = 4 L \frac{d I_L}{dt}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m+M}{k}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m+M}{k}}$$

$$\varepsilon_i = - \frac{d\varphi}{dt} = - S_1 n \frac{dB}{dt} \cdot dt^\varepsilon$$

$$B \cdot dt \quad \varepsilon \cdot dt \quad w =$$

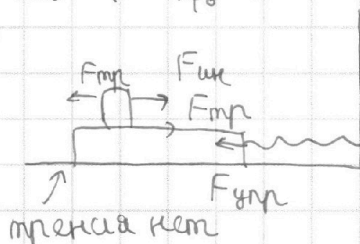
$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad n S_1 \cdot \frac{3 B_0}{2 \tau} = 4 L \frac{d I_L}{dt}$$

$$x(t) = A \sin(\omega t).$$

$$\frac{(m+M) v_0^2}{2} \rightarrow x \quad 3 n S_1 B_0 \cdot dt = 8 L \tau d I_L.$$

$$\cos = 1 \rightarrow \varphi_0 = 0$$

$$v(t) = A \omega$$



$$F_{mp} = \mu N = \mu m g = m a_g$$

$$a_g = \mu g;$$

$$F_{mp} = m a$$

$$F_{gpr} - F_{mp} = M a$$

$$- M a_g = - F_{mur} n S_1 \cdot \frac{3}{4} B_0 = 4 L \cdot I$$

$$= 1 \cdot \sqrt{\frac{3}{36}} = \frac{1}{6} B_0 - \frac{1}{4} B_0 = \frac{3}{4} B_0$$

$$k x = a (M+m) \quad \frac{n S_1 B_0}{8 L \tau} \cdot \frac{3 \tau^2}{2} \quad \sqrt{\frac{k}{m+M}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}$$

$$\frac{t^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\tau^2}{4} \cdot \frac{2\sqrt{3} \cdot 1}{4 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} =$$

$$= \frac{\tau^2}{2} - \frac{\tau^2}{8} = \frac{4\tau^2 - \tau^2}{8} \quad 370$$

$$\frac{\tau^2}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\tau^2}{4} = \frac{1}{2} - \frac{3}{2} = -2$$

$$\frac{n S_1 B_0 \tau}{2}$$

$$\frac{2 n S_1 B_0 \tau}{8 L \tau}$$

$$370 = 10 \cdot 37$$

$$153 = 37 \cdot 3.51 = 3 \cdot 3 \cdot 17$$

$$\frac{n S_1 B_0 \tau}{8 L \tau} + \frac{n S_1 B_0 \tau}{8 L \tau} \quad t = \tau$$



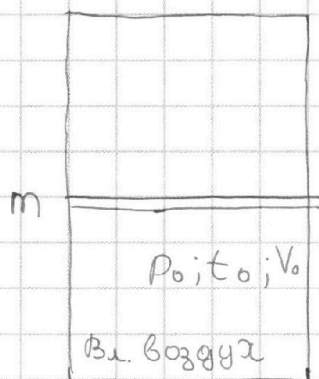
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА  
 \_\_ ИЗ \_\_

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

Труба → другой



$$P_H(t_0); P_{c.v.1} = \varphi_0 P_H(t_0) \rightarrow$$

$$\rightarrow P_{c.v.1}$$

$$P_{c.v.1} = 30 \text{ кПа};$$

$$P_{c.v.1} = 75 \text{ кПа. } 0 \rightarrow \frac{\tau}{2}$$

const

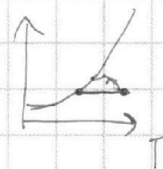


const

P

$P_H(t)$

$$P_H(t^*) \cdot V = \gamma_B R T^*$$



$$P_{c.v.2} \cdot V = \gamma_{c.v.} R T^*$$

$$P_{c.v.1} \cdot V_0 = \gamma_B R T_0$$

$$P_{c.v.1} V_0 = \gamma_{c.v.} R T_0$$

$$\frac{\gamma_{c.v.}}{\gamma_B} = \frac{75}{30} = \frac{5}{2}$$

$$\frac{P_{c.v.1}}{P_{c.v.2}} = \frac{\gamma_{c.v.}}{\gamma_B}; \quad P = \text{const}$$

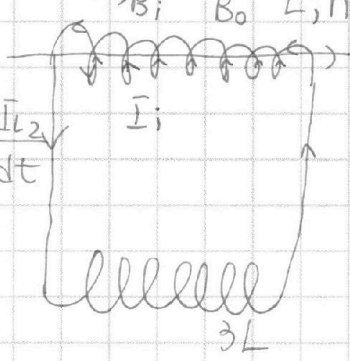
$$\frac{P_{c.v.2}}{P_H(t^*)} = \frac{5}{2}; \quad P_H(t^*) = 30 \text{ кПа}$$

$$69^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow P_{c.v.2} = 75 \text{ кПа}$$

$$n S_1 B_0 = L \bar{I} + 3L \bar{I}^0$$

$$-n S_1 \frac{dB}{dt} = L \frac{d\bar{I}_1}{dt} + 3L \frac{d\bar{I}_2}{dt}$$



$$\bar{I}: \quad \frac{6B_0}{4\tau} = \frac{3B_0}{2\tau} \quad |\mathcal{E}_i| = U_{L1} + U_{L2};$$

$$|\mathcal{E}_i| = \frac{d\varphi}{dt} = S_1 \cdot \left| \frac{dB}{dt} \right| = S_1 \cdot \frac{1}{2} \tau$$

$$S_1 \cdot \left| \frac{dB_1}{dt} \right| \cdot n = L \cdot \frac{d\bar{I}}{dt} + 3L \cdot \frac{d\bar{I}}{dt}$$