



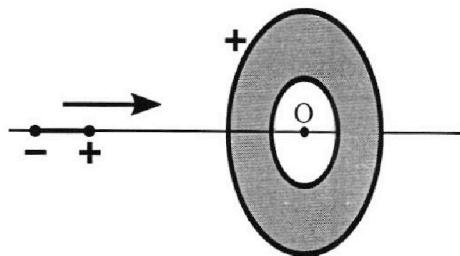
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



## Вариант 11-04

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

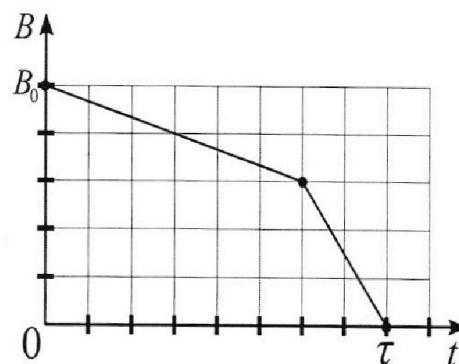
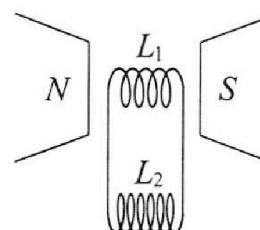
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь)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

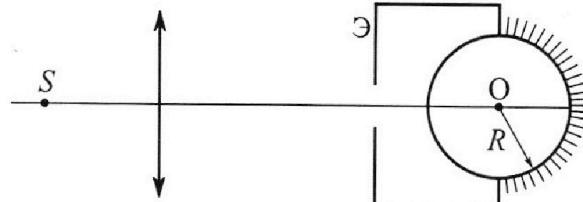
4. Катушка индуктивностью  $L_1 = 5L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 8L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . 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  $S$ , удалённый 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  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



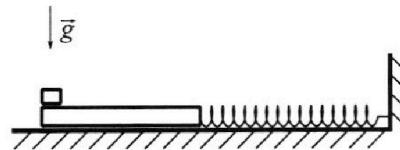
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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 брускок массой  $m = 1$  кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью  $k = 100$  Н/м, прикреплённая к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,4$ . Доску отпускают, она начинает движение, а брускок 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/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

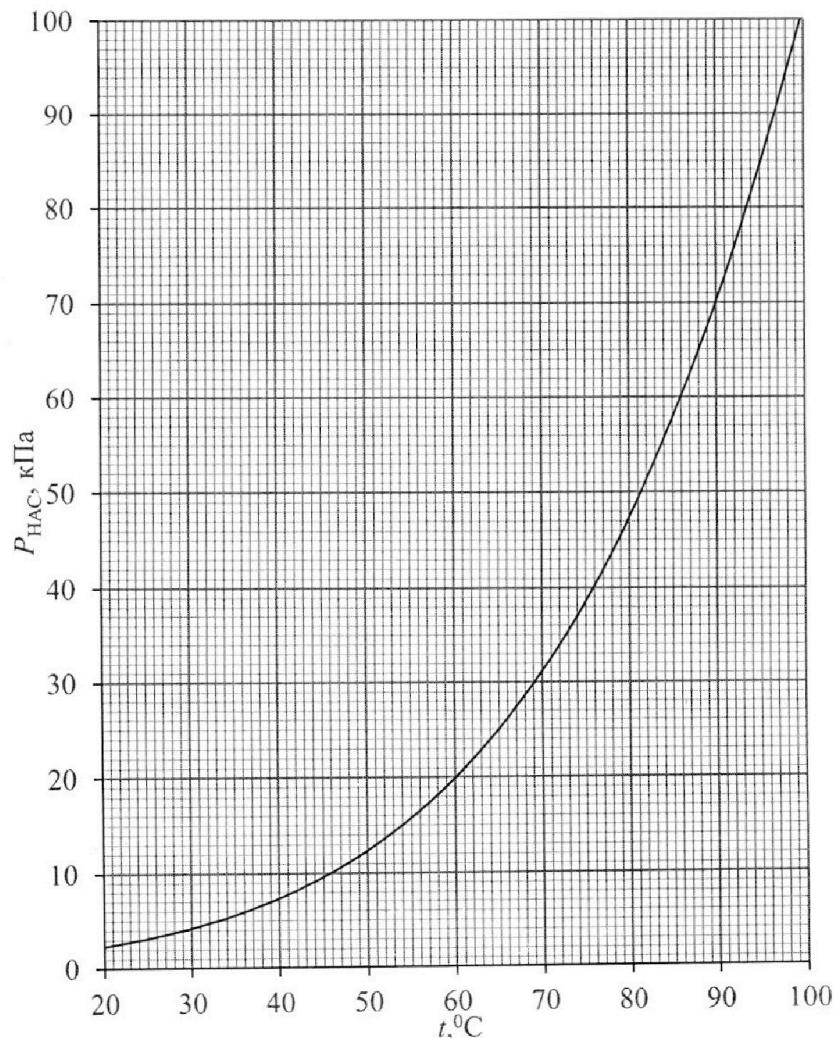


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре  $t_0 = 27$  °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 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  $\phi$  в конце нагревания.

Объём 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**.

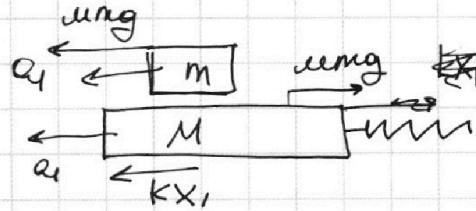
- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------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

№1

1.  $\alpha_{\text{отн}} = 0 \Rightarrow$   
и доска, и брускок  
увинуты с ускор.  $a_1$   
~~и брускок~~  
 $\begin{cases} m\alpha_1 = \mu mg \\ Ma_1 = kx_1 - \mu mg \end{cases}$

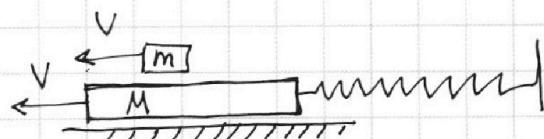


$$\begin{cases} \alpha_1 = \mu g \\ kx_1 = \mu g(M+m) \end{cases} \Rightarrow x_1 = \frac{\mu g}{k}(M+m) = \frac{0.4 \cdot 10}{100} \cdot 5 = \frac{20}{100} \text{ м} = 20 \text{ см}$$

2. Если брускок не движется относительно доски, то силы трения между ними нет. Если в это же время  $\alpha_2$  - ускор. доски  $a=0$ , то и пружина не растянута.

$x_0$  - начальное расстояние пружинок.

$$\frac{(m+M)V^2}{2} = \cancel{kx_0} \frac{kx_0^2}{2}$$



Равнотр. движение до торм.,  
как  $\alpha_{\text{отн}} = 0$ .

Пока скорости доски и груза не выровнялись, движение происходит так:

$$-x''M = kx - \mu mg$$

$$y = x - \frac{\mu mg}{k}$$

$$y'' + \frac{k}{M}y = 0$$

$$y = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

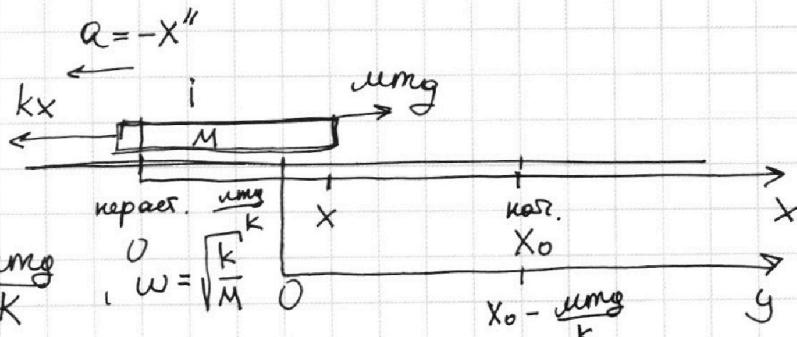
$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) + \frac{\mu mg}{K}$$

$$x'(0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0.$$

$$x(0) = x_0 \cancel{\cos}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} y(t) = (x_0 \cos(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot t)) \\ y'(t) = -x_0 \sqrt{\frac{K}{M}} \sin(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot t) \end{array} \right.$$

$$-(x_0 - \frac{\mu mg}{K})$$



$\tau$  - время  $\alpha_{\text{отн}} = 0$  - и пружина **нераст.**

$$\left\{ \begin{array}{l} y(\tau) = x_0 \cos(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot \tau) \\ y'(\tau) = -x_0 \sqrt{\frac{K}{M}} \sin(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot \tau) = V \end{array} \right.$$

$$-x_0 \sqrt{\frac{K}{M}} \sin(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot \tau) = V$$



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 type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input 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!

$$y(\tau) = \left(x_0 - \frac{\mu mg}{k}\right) \cos(\omega\tau) = -\frac{\mu mg}{k}$$

$$y'(\tau) = -\left(x_0 - \frac{\mu mg}{k}\right) \sin(\omega\tau) \cdot \frac{V}{\mu} = V$$

$$\frac{\mu^2 m^2 g^2}{k^2 (x_0 - \frac{\mu mg}{k})^2} + \frac{V^2 M}{k(x_0 - \frac{\mu mg}{k})^2} = 1$$

$$\mu^2 m^2 g^2 + kV^2 M = (x_0 k - \mu mg)^2 \quad kV^2 M = x_0^2 k^2 - 2\mu mg x_0 k$$

$$(m+M) \cdot \frac{x_0^2 k^2 - 2\mu mg x_0 k}{kM} = kx_0^2$$

$$mkx_0^2 = 2\mu mg(m+M)kx_0$$

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

Тогда начальное ускорение  $a$

$$Ma = kx_0 - \mu mg = \mu mg + 2\mu mg$$

$$a = \mu g \frac{m+2M}{M} = 4 \cdot \frac{1+8}{4} = 9 \text{ м/с}^2$$

3. От погруженной доски прошла путь  $x_0 - x_1 = \frac{\mu g}{k}(M+m)$ .

Сила трения совершила работу  $-\mu mg \cdot \frac{\mu g}{k}(M+m)$

ЗСЭ:

$$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{MV_x^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} + \mu^2 g^2 \frac{m(M+m)}{k}$$

$$MV_x^2 = kx_0^2 - kx_1^2 - \mu^2 g^2 \frac{m(M+m)}{k} = \frac{3\mu^2 g^2 (m+M)^2}{k} - \mu^2 g^2 \frac{m(M+m)}{k} =$$

$$= \frac{\mu^2 g^2}{k} (m+M)(3m+3M-m)$$

$$V_x = \mu g \sqrt{\frac{(m+M)(3M+2m)}{Mk}} = 4 \sqrt{\frac{5 \cdot 14}{4 \cdot 100}} = 0,4 \sqrt{\frac{35}{2}} = 0,1\sqrt{20} \text{ м/с}$$

Ответ: 1.  $\frac{\mu g}{k}(M+m) = 20 \text{ см}$

2.  $\mu g \frac{m+2M}{M} = 9 \text{ м/с}^2$

3.  $\mu g \sqrt{\frac{(m+M)(3M+2m)}{Mk}} = 0,1\sqrt{20} \text{ м/с}$

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.



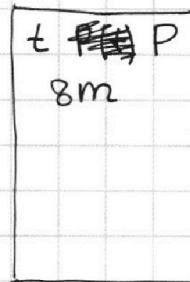
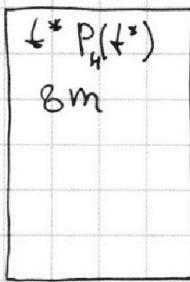
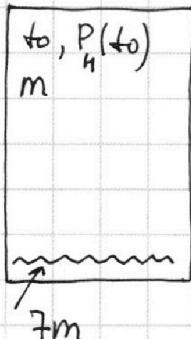





СТРАНИЦА  
1 из 1

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!

N2



1. Было  $m$  пара и  $7m$  бояла. Рядом с вагоном испарилось, стало  $8m$  пара.  $\frac{m}{8m} = \frac{1}{8}$ .

2. Если испарение только прекратилось, то пар не еще конденсировался. То есть давление  $P_n(t^*)$ .

$$\begin{cases} P_n(t_0) \cdot V = JRt_0 \\ P_n(t^*) \cdot V = 8JRt^* \end{cases} \Rightarrow P_n(t^*) = \frac{P_n(t_0)}{t_0} \cdot 8t^*$$

$$P_n(t_0) \approx 3,5 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 300 \text{ K}$$

находим на графике такую точку, что  $P_n(t^*) = \frac{28 \text{ кПа}}{300 \text{ K}} \cdot t^*$   
Примерно подходит  $t^* = 343 \text{ K} = 70^\circ\text{C}$ .

$$3. \begin{cases} P_n(t_0) \cdot V = JRt_0 \\ P \cdot V = 8JRt \end{cases} \quad P = \frac{P_n(t_0)}{t_0} \cdot 8t = \frac{3,5 \text{ кПа}}{300 \text{ K}} \cdot 8 \cdot (90 + 273) \text{ K} = \frac{28}{300} \cdot 363 \approx 34 \text{ кПа}$$

$$P_n(t) \approx 70 \text{ кПа}$$

$$\varphi = \frac{P}{P_n(t)} = 0.5$$

Ответ: 1.  $\frac{1}{8}$

2. Около  $70^\circ\text{C}$

3. 0,5



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

СТРАНИЦА  
1 из 1

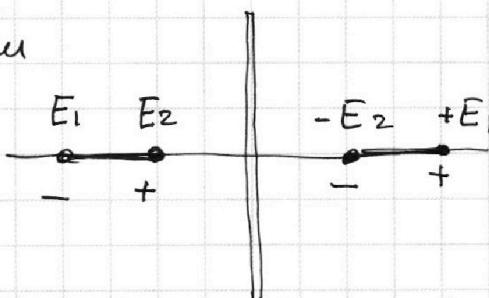
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№3

1. Когда диполь находится в центре диска его энергия взаимодействия с ним = 0, то есть такое же, как и на бесконечности, а значит скорость такое же, как и на бесконечности, то есть  $V_0$ .

2. Энергия взаимодействия зарядов пропорциональна зареду. То есть, если не удалять заряд, макс. энергия взаимодействия  $\frac{mV_0^2}{2}$ , т.к.  $V_0$  - мин. необходимая скорость. Тогда если удалить заряды, то макс. энергия  $\frac{mV_0^2}{6}$ , т.к. заряды удалили в 3 раза.

Нетрудно заметить, что эти две ситуации с энергией абсолютно симметричны, но модуль и разное по знаку



Тогда

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mV_{max}^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{mV_0^2}{6} \\ \frac{mV_{min}^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_0^2}{6} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} V_{max}^2 = \frac{4}{3}V_0^2 \\ V_{min}^2 = \frac{2}{3}V_0^2 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} V_{max} = \frac{2}{\sqrt{3}}V_0 \\ V_{min} = \sqrt{\frac{2}{3}}V_0 \end{array} \right.$$

$$\frac{V_{max}}{V_{min}} = \sqrt{2}$$

Ответ: 1.  $V_0$   
2.  $\sqrt{2}$



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

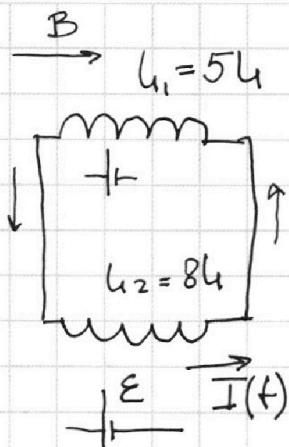
$\sqrt{4}$   
 $\Sigma$  - напряжение на катушках.  
 С открытой стороной

$$\Sigma = L_2 I'(t)$$

Производственная ячейка  $\Phi$  на верхней катушке

$$|\Phi'| = n S_1 \cdot B' + L_1 I'(t)$$

$$\Sigma = |\Phi'| = n S_1 B' - L_2 I'(t) = L_2 I'(t)$$



$$I'(t) \cdot 13L_1 = n S_1 B'(t)$$

$$I(0) = 0 \quad I\left(\frac{3}{4}\tau\right) = I_1, \quad I(\tau) = I_0$$

$$B(0) = B_0 \quad B\left(\frac{3}{4}\tau\right) = \frac{3}{5}B_0 \quad B(\tau) = 0$$

$$\frac{\partial I(t)}{\partial t} \cdot 13L_1 = n S_1 \frac{\Delta B(t)}{\Delta t}$$

$$13L_1 (I(\tau) - I(0)) = n S_1 (B(\tau) - B(0))$$

$$13L_1 \cdot I_0 = n S_1 \cdot (-B_0)$$

$$|I_0| = \frac{n S_1 B_0}{13L_1}$$

$$I(t) = q'(t)$$

$$13L_1 \cdot \Delta(q'(t)) = n S_1 \cdot \Delta B(t)$$

$$13L_1 \cdot q''(t) = n S_1 B'(t)$$

$$B' \text{ на } t \in (0; \frac{3}{4}\tau) : B'_1 = -\frac{2B_0}{\frac{3}{4}\tau} = -\frac{8B_0}{3\tau}$$

$$B' \text{ на } t \in (\frac{3}{4}\tau; \tau) : B'_2 = -\frac{3B_0}{\frac{1}{4}\tau} = -12\frac{B_0}{\tau}$$

Тогда  $q''$  на первом промежутке (возьмем по модулю)

$$|q''| = \frac{n S_1}{13L_1} \cdot \frac{8B_0}{3\tau}, \quad I(0)=0 \Rightarrow q'(0)=0. \text{ Тогда}$$

$$q'_1(t) = \frac{8n S_1 B_0}{39L_1 \cdot \tau} \cdot t, \quad q(0)=0, \text{ Тогда}$$

$$q'_1(t) = \frac{6n S_1 B_0}{39L_1 \cdot \tau} \cdot \frac{t^2}{2}$$

$$q'_1\left(\frac{3\tau}{4}\right) = \frac{6n S_1 B_0}{39L_1 \tau} \cdot \frac{9\tau^2}{2 \cdot 16} = \frac{3n S_1 B_0 \tau}{52L_1 \tau}$$



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.

- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

Аналогично для второго участка:

$$|q_2''(t)| = \frac{nS_1}{134} \cdot \frac{12B_0}{\tau}$$

Но в этом случае  $q_2'(\frac{3\tau}{4}) = I_1$ .

Найдем  $I_1$  как  $I_0$ :

$$134(I_1) = nS_1 \left( \frac{3}{5}B_0 - B_0 \right)$$

$$|I_1| = \frac{2nS_1B_0}{13 \cdot 54}$$

$$q_2'(t) = \frac{12nS_1B_0}{134\tau} \cdot t + \frac{2nS_1B_0}{13 \cdot 54} \cdot q_2(0) = q_1\left(\frac{3\tau}{4}\right) = \frac{3nS_1B_0\tau}{4 \cdot 134}$$

$$q_2(t) = \frac{6nS_1B_0}{134\tau} \cdot t^2 + \frac{2nS_1B_0}{13 \cdot 54} \cdot t + \frac{3nS_1B_0\tau}{4 \cdot 134}$$

$$q_2(\tau) = \frac{6nS_1B_0}{134} \tau + \frac{2nS_1B_0}{13 \cdot 54} \tau + \frac{3nS_1B_0\tau}{4 \cdot 134} = \frac{nS_1B_0\tau}{4} \left( \frac{6}{13} + \frac{2}{13 \cdot 5} + \frac{3}{13 \cdot 4} \right)$$

$$= \frac{143}{260} \cdot \frac{nS_1B_0\tau}{4} = \frac{11}{20} \cdot \frac{nS_1B_0\tau}{4}$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{nS_1B_0}{134}$$

$$q = \frac{\cancel{143}}{\cancel{23}} \cdot \frac{11}{20} \cdot \frac{nS_1B_0\tau}{4}$$



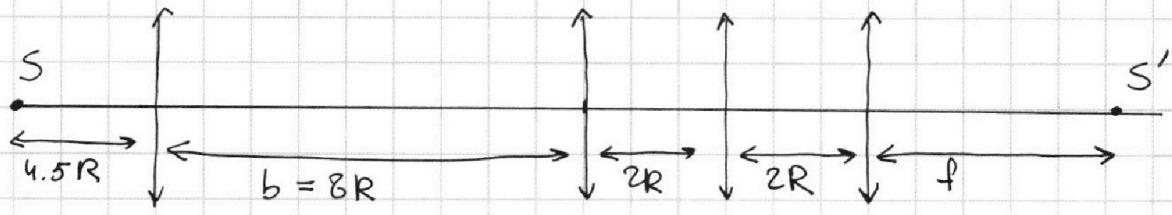
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

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

Будем рассматривать <sup>N5</sup> всю систему как систему линз.



простая линза, F

$$\text{шар. } F_1 = \frac{n-1}{R}$$

$$\text{боковое зеркало шар. } F_3 = \frac{1-n}{R}$$

$$F_2 = \frac{R}{2}$$

Если f не зависит от n, то проишление не проходит, а значит изображение от линз находятся на грани шара

$$\frac{1}{4.5R} + \frac{1}{8R} = \frac{1}{F} \quad F = \frac{8 \cdot 4.5}{8 + 4.5} R = \frac{8 \cdot 9}{16 + 9} R = \underline{\underline{\frac{81}{25} R}}$$

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.



- |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked="" 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!

$$\frac{\mu^2 g^2 m^2}{k^2 x_0^2} + \frac{V^2 M}{k x_0^2} = 1$$

$$\mu^2 g^2 m^2 + k V^2 M = k^2 x_0^2 \quad V^2 = \frac{k^2 x_0^2 - \mu^2 g^2 m^2}{M k}$$

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

$$k x_0^2 \left( \frac{m}{M} \right) = \frac{\mu^2 g^2 m^2}{M k} \quad x_0^2 = \frac{\mu^2 g^2 m}{K^2} \quad x_0 = \mu g \sqrt{\frac{m}{K}}$$

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

$$x_0 = \frac{\mu g}{K} \sqrt{\cancel{(m+M)m}} = \frac{4}{100} \sqrt{5} = 4\sqrt{5} \text{ см}$$

3. Как а ускорение сразу после начала движения  $\alpha_0$

$$M a_0 = k x_0 - \mu m g \quad a_0 = \frac{k x_0 - \mu m g}{M} = \mu g \frac{\sqrt{m(m+M)} - m}{M} =$$

$$= 4 \frac{\sqrt{5}-1}{4} = (\sqrt{5}-1) \text{ м/с}^2$$

3. Как чине вспомогами,

$$y(t) = x_0 \cos(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot t).$$

В интересующий нас момент  $T_1$ ,  $x(T_1) = x_1$

$$y(T_1) = x(T_1) - \frac{\mu m g}{K} = \frac{\mu g}{K} (m+M) - \frac{\mu m g}{K} = \frac{\mu M g}{K}.$$

$$y(T_1) = x_0 \cos(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot T_1) = \frac{\mu M g}{K}$$

$$y'(T_1) = -x_0 \sqrt{\frac{K}{M}} \sin(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot T_1) = V_x - \text{исходное ускорение}$$

$$\cos(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot T_1) = \frac{\mu M g}{K x_0} = \frac{\mu M g}{\mu g \sqrt{m(M+m)}} = \frac{M}{M+m}$$

$$(M+m)(k^2 x_0^2 - 2 \mu m g x_0 k) = M k^2 x_0^2$$

$V_x$ - исходная скорость

Длина пройден расстояние

$$\frac{\mu^2 m^2 g^2}{k^2 (x_0 - \frac{\mu M g}{K})^2} + \frac{V^2 M}{k(x_0 - \frac{\mu M g}{K})^2} = 1$$

$$\mu^2 m^2 g^2 + k V^2 M = (k x_0 - \mu M g)^2$$

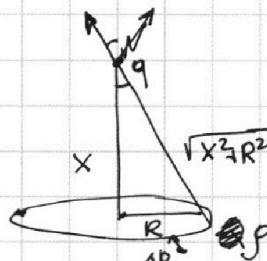
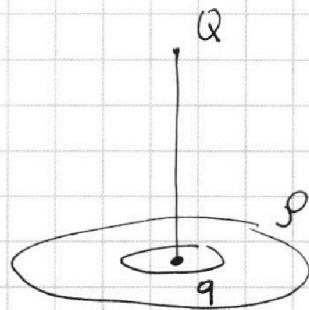
$$V^2 = \frac{(k x_0 - \mu M g)^2 - \mu^2 m^2 g^2}{k M} = \frac{k^2 x_0^2 - 2 \mu m^2 g^2 x_0 k}{k M}$$

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



$$\Delta E = \frac{\rho \cdot \Delta R \cdot \Delta l}{x^2 + R^2} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$

$$E = \frac{2\pi R \rho \Delta R \cdot x}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

Энергия в центре горизонта.

Энергия  $\sim q$

$$\frac{2mV_0^2}{2} = q \cdot k$$

$$\frac{2mV_1^2}{2} = \frac{q}{3} \cdot k$$

$$V_1^2 = \frac{V_0^2}{3} \quad V_1 = \frac{V_0}{\sqrt{3}}$$

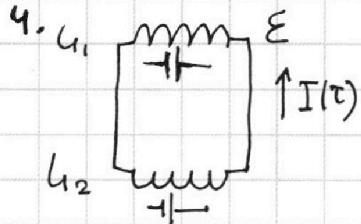
$$\mu^2 g^2 m^2 + V^2 M k = k^2 x_0^2$$

$$V^2 = \frac{k^2 x_0^2 - \mu^2 g^2 m^2}{M k}$$

$$\frac{M k}{k^2 x_0^2 - \mu^2 g^2 m^2} = \frac{k^2 x_0^2 / M}{\cancel{M k}} = \frac{k^2 x_0^2 / M}{\cancel{M k}} = \frac{k^2 x_0^2 / M}{280}$$

13.20

280



$$\varphi' = n S_1 B'(t) = \varepsilon (m+1) \cancel{M k} \quad 13.20$$

$\mathcal{E}_{el}$

$$\mathcal{E}_2 = l_2 I'(t)$$

$$\mathcal{E}_1 = (l_1 I'(t) \pm n S_1 B'(t))$$

20

23

$$l_1 I'(t) + n S_1 B'(t) = l_2 I'(t)$$

$$3l_1 I'(t) = n S_1 B'(t)$$

$$3l_1 I'(t) = n S_1 \cdot 2B$$

$$3l_1 (I_2 - I_1) = n S_1 \cdot 3B$$

$$3l_1 I_2 = n S_1 \cdot B_0, I_2 \text{ кашин.}$$

$$I(0) = 0$$

$$B(0) = \cancel{5} B$$

$$B(6t) = 3B$$

$$B(8t) = 0$$

$$6 \cdot 5 \cdot 4 + 8 + 15$$

$$120 + 8 + 15$$

$$143 \quad 13.11$$

13

13

$$3l_1 \cdot q_1'' = n S_1 \cdot \frac{B}{3t}$$

$$3l_1 \cdot q_1' = n S_1 \cdot 2B$$

$$q_1' = \frac{2n S_1 B}{3l_1} \quad q_1 = \frac{2n S_1 B}{3l_1} \cdot 6t. \text{ решаемо.}$$

$$28 + 6 =$$

$$34$$

18

$$\frac{24}{28 \cdot 6}$$

6

$$\frac{63}{84}$$

$$\frac{168}{1764}$$

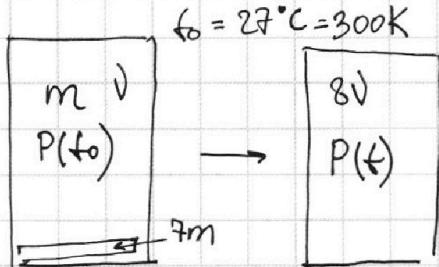
$$M k^2 x_0^2 = M k^2 x_0^2 + m$$

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"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!



$$t_0 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

273

$$V = \frac{m}{\mu_0} \quad m = V\mu$$

$$P(27) = 3,5 \text{ kPa}$$

~~3,5~~

$$\frac{y_1}{x_1} = \frac{y_2}{8x_2}$$

~~2738~~

$$P(t) = \frac{P(t_0)}{t_0} \cdot 8t_x = \frac{3,5 \text{ kPa}}{27^\circ\text{C}} \cdot 8t_x = \frac{28}{27} t_x$$

~~3,5~~  
~~8~~  
280

90.

$$\frac{P(t) \cdot V = V(t) R \cdot t}{V(t) = \frac{P(t) \cdot V}{R \cdot t} \leq 8V}$$

1029a 8V, тогда и прекратит.

$$\begin{cases} P(t_0) \cdot V = V \cdot R \cdot t_0 \\ P(t_x) \cdot V = 8V \cdot R \cdot t_x \end{cases}$$

$$\frac{P(t_0)}{P(t_x)} = \frac{t_0}{8t_x} \quad \frac{P(t_0)}{t_0} = \frac{P(t_x)}{8t_x} \quad \frac{112}{1184}$$

$$\frac{3,5}{300} = \frac{28}{300} (t_x + 27)$$

$$\frac{3,5}{300} = \frac{28}{300} (t_x + 27)$$

$$\frac{7}{10}$$

28

~~43~~

64

12

112

1184

112

1184

12

<div data-bbox="725 4195 825 4205</p>
<div data-b

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"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА  
ИЗ

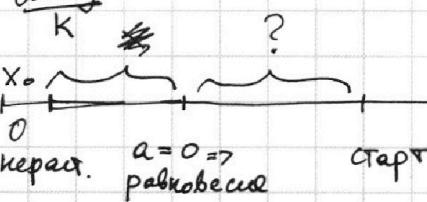
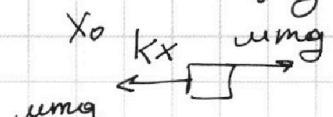
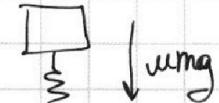
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) + \frac{\mu mg}{k}$$

$$a = \omega^2 x = \mu g$$

$$M_{\text{наг}} = kx - \mu mg$$

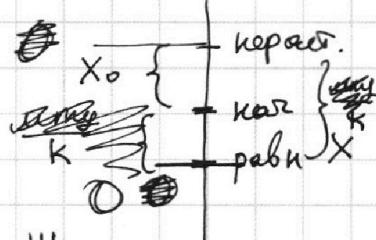
на П.Д.



нерав.  
 $a=0 \Rightarrow$   
равновесие

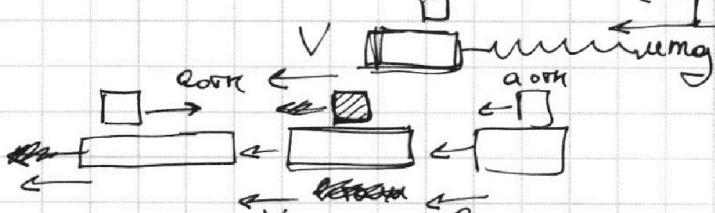
$$a = 0 \\ \mu mg = kx \\ x = \frac{\mu mg}{k}$$

$\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu mg}{M+m}}$



$$x = \frac{\mu mg}{k(M+m)}$$

$$x'' = \mu g$$



$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) + \frac{\mu mg}{k} \quad x(0) = \frac{\mu mg}{k} - \text{равновесие}$$

$$x' = A \omega \cos(\omega t) \\ x'' = A \omega^2 \sin(\omega t)$$

$$X = A \sin(\omega t) + \frac{\mu mg}{k} - \text{от р. равн.}$$

$$X(t) = A \sin(\omega t) + \frac{\mu mg}{k} = \frac{\mu mg}{k}(M+m)$$

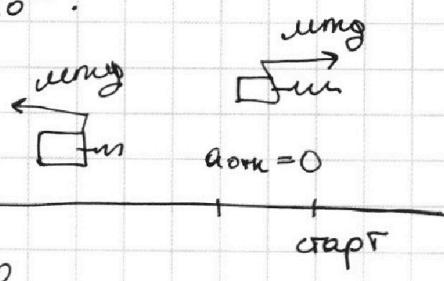
$$X''(t) =$$

$$X(t) = X_0 \sin(\omega t) - \text{от р. равн.}$$

$$A \cdot \frac{k}{M} \cdot \left( x - \frac{\mu mg}{k} \right) = X''$$

$$A \cdot \frac{k}{M} \cdot \left( \frac{\mu mg}{k} \right) = \mu g$$

$$A = X_0 - ?$$



равн.  
 $a=0$

старт



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 type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input 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!

