



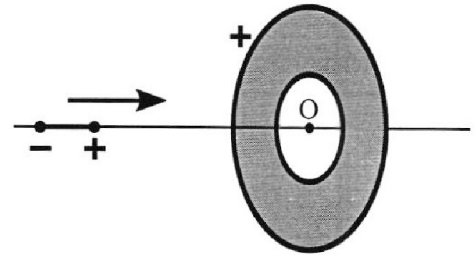
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

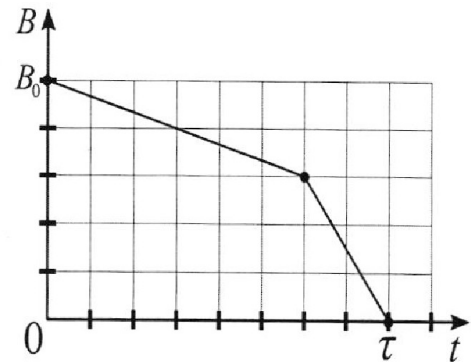
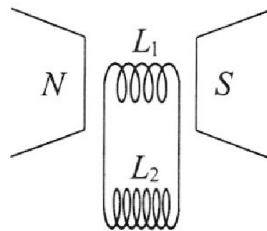


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь)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



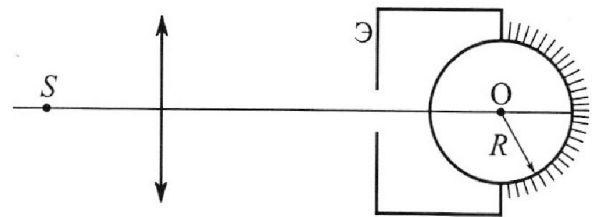
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



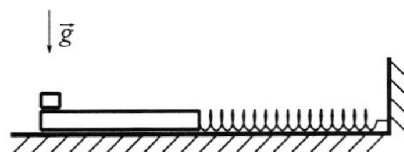
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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

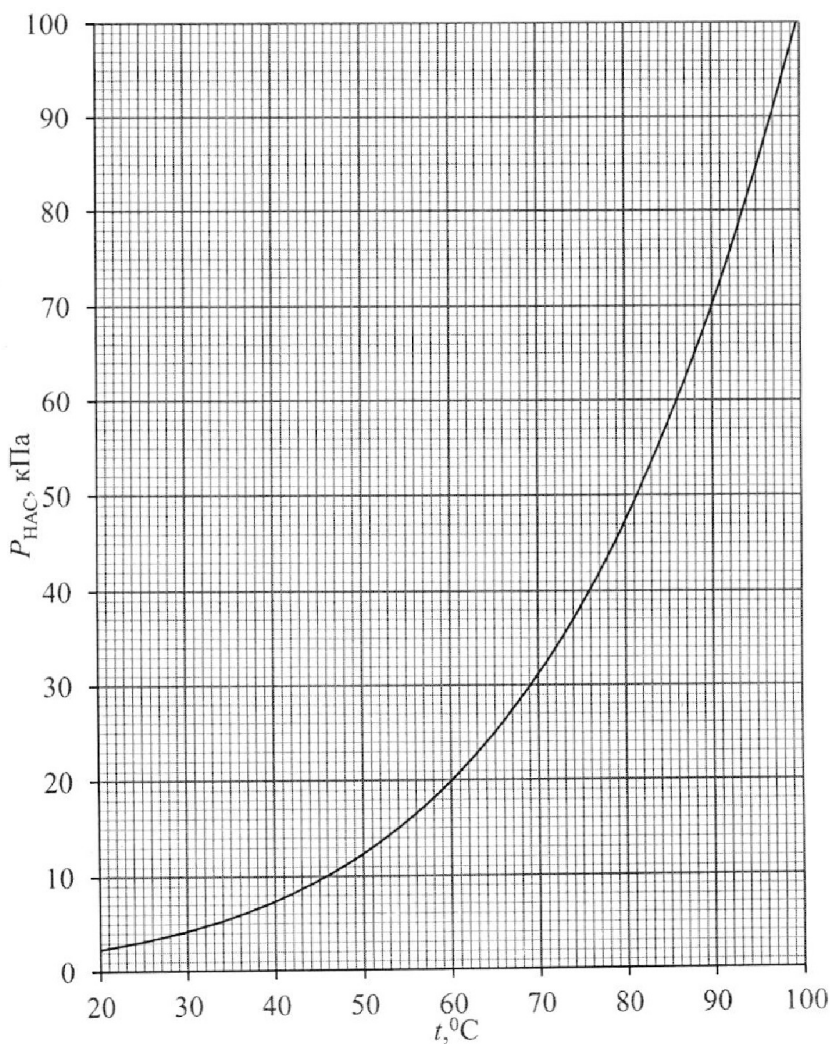


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

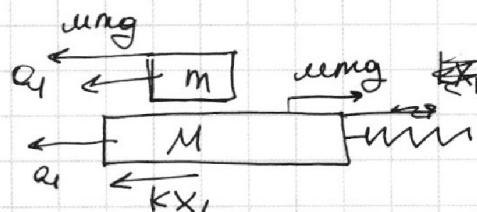
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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.  $a_{отн} = 0 \Rightarrow$   
и доска, и брусок  
увеличили с ускор.  $a_1$

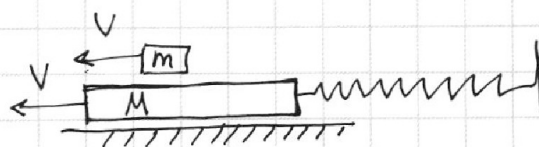
Для бруска:  
 $\begin{cases} m a_1 = \mu m g \\ M a_1 = k x_1 - \mu m g \end{cases}$



$$\begin{cases} a_1 = \mu g \\ k x_1 = \mu g (M + m) \end{cases} \Rightarrow x_1 = \frac{\mu g}{k} (M + m) = \frac{0,4 \cdot 10}{100} \cdot 5 = \frac{20}{100} \text{ м} = 20 \text{ см}$$

2. Если брусок не движется относительно доски, то силы трения между ними нет. Если в это же время  $a_d$  - ускор. доски  $a = 0$ , то и пружинка не растягивается.  
 $x_0$  - начальное растяжение пружинки.

$$\frac{(m+M)V^2}{2} = \frac{k x_0^2}{2}$$



Рассмотрим движение до того, как  $a_{отн} = 0$ .

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

$$-x'' M = kx - \mu m g$$

$$y = x - \frac{\mu m g}{k}$$

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

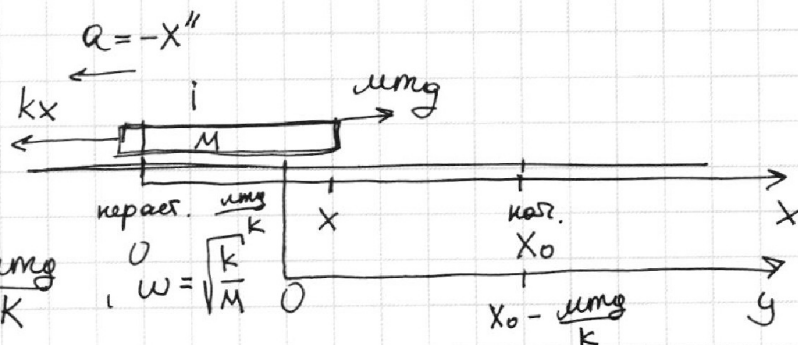
$$y = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

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

$$y'(0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$$

$$y(0) = x_0 - \frac{\mu m g}{k}$$

$$\begin{cases} y(t) = (x_0 - \frac{\mu m g}{k}) \cos(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot t) \\ y'(t) = -x_0 \sqrt{\frac{k}{M}} \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot t) \end{cases}$$



$\tau$  - когда  $a_{отн} = 0$  - ~~и~~ пружинка перест.

$$\begin{cases} y(\tau) = x_0 \cos(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \tau) = -\frac{\mu m g}{k} \\ y'(\tau) = -x_0 \sqrt{\frac{k}{M}} \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \tau) = V \end{cases}$$



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  
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!

$$y(\tau) = (x_0 - \frac{\mu m g}{k}) \cos(\omega \tau) = -\frac{\mu m g}{k}$$

$$y'(\tau) = -(x_0 - \frac{\mu m g}{k}) \sin(\omega \tau) \cdot \sqrt{\frac{E}{M}} = V$$

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

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

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

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

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

Тогда шарики ускорение  $a$

$$M a = k x_0 - \mu m g = \mu m g + 2 M \mu g$$

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

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

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

ЗСЭ:

$$\frac{k x_0^2}{2} = \frac{M V_x^2}{2} + \frac{k x_1^2}{2} + \mu^2 g^2 \frac{m(M+m)}{k}$$

$$M V_x^2 = k x_0^2 - k x_1^2 - \mu^2 g^2 \frac{m(M+m)}{k} = \frac{3 \mu^2 g^2 (m+M)^2}{k} - \mu^2 g^2 \frac{m(M+m)}{k} =$$

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

$$V_x = \mu g \sqrt{\frac{(m+M)(3M+2m)}{M k}} = 4 \sqrt{\frac{5 \cdot 14}{4 \cdot 100}} = 0,4 \sqrt{\frac{35}{2}} = 0,1 \sqrt{70} \text{ м/с}$$

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

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

3.  $\mu g \sqrt{\frac{(m+M)(3M+2m)}{M k}} = 0,1 \sqrt{70} \text{ м/с}$



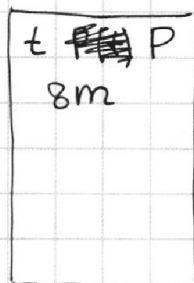
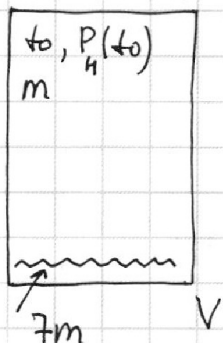
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

№2



1. Было  $m$  пара и  $7m$  воды. Раз вся вода испарилась, стало  $8m$  пара.  $\frac{m}{8m} = \frac{1}{8}$ .

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

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

$$P_n(t_0) \approx 3,5 \text{ кПа}$$

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

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

$$3. \begin{cases} P_n(t_0) \cdot V = \nu R t_0 \\ P \cdot V = 8 \nu R t \end{cases}$$

$$p = \frac{P_n(t_0)}{t_0} \cdot 8 t = \frac{3,5 \text{ кПа}}{300 \text{ K}} \cdot 8 \cdot (90 + 273) \text{ K} = \frac{28}{300} \cdot 363 \approx 34 \text{ кПа}$$

$$P_n(t) \approx 70 \text{ кПа}$$

$$\varphi = \frac{P}{P_n(t)} = 0,5$$

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

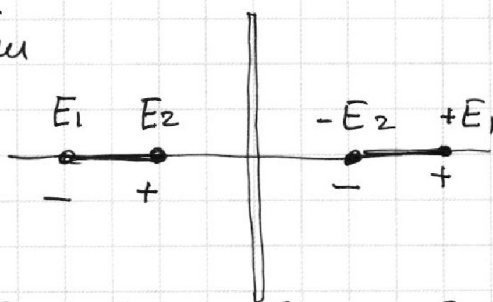
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№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 прямо пропорциональна заряду. То есть, если не убавить заряд, макс. энергия взаимодействия  $\frac{mV_0^2}{2}$ , т.к.  $V_0$  - мин. необходимая скорость. Тогда если убавить заряды, то макс. энергия  $\frac{mV_0^2}{6}$ , т.к. заряды убавили в 3 раза

Не трудно заметить, что отн. диска ситуация с энергиями абсолютно симметрична. по модулю и разное по знаку



Тогда  $V_{max} =$

$$\begin{cases} \frac{mV_{max}^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{mV_0^2}{6} \\ \frac{mV_{min}^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_0^2}{6} \end{cases} \begin{cases} V_{max}^2 = \frac{4}{3}V_0^2 \\ V_{min}^2 = \frac{2}{3}V_0^2 \end{cases} \begin{cases} V_{max} = \frac{2}{\sqrt{3}}V_0 \\ V_{min} = \sqrt{\frac{2}{3}}V_0 \end{cases}$$

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

Ответ: 1.  $V_0$   
2.  $\sqrt{2}$



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 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!

№4  
 $\mathcal{E}$  - направление на катушках.  
С одной стороны

$$\mathcal{E} = L_2 I'(t)$$

Производная потока  $\Phi$  на  
верхней катушке

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

$$\mathcal{E} = |\Phi'| = n S_1 B' - L_2 I'(t) = L_2 I'(t)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

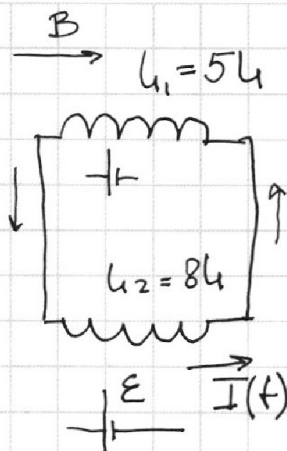
Тогда  $q''$  на первом промежутке (возьмем по модулю)

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

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

$$q_1(t) = \frac{8n S_1 B_0}{39L \cdot \tau} \cdot \frac{t^2}{2}$$

$$q_1\left(\frac{3\tau}{4}\right) = \frac{8n S_1 B_0}{39L \tau} \cdot \frac{9\tau^2}{2 \cdot 16} = \frac{3n S_1 B_0 \tau}{52L \tau}$$





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

Аналогично для второго участка:

$$|q_2''(t)| = \frac{nS_1}{13L} \cdot \frac{12B_0}{\tau}$$

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

Найдем  $I_1$  как  $I_0$ :

$$13L I_1 = nS_1 \left( \frac{3}{5} B_0 - B_0 \right)$$

$$|I_1| = \frac{2nS_1 B_0}{13 \cdot 5L}$$

$$q_2'(t) = \frac{12nS_1 B_0}{13L\tau} \cdot t + \frac{2nS_1 B_0}{13 \cdot 5L} \cdot q_2(0) = q_1\left(\frac{3\tau}{4}\right) = \frac{3nS_1 B_0 \tau}{4 \cdot 13L}$$

$$q_2(t) = \frac{6nS_1 B_0}{13L\tau} \cdot t^2 + \frac{2nS_1 B_0}{13 \cdot 5L} \cdot t + \frac{3nS_1 B_0 \tau}{4 \cdot 13L}$$

$$q_2(\tau) = \frac{6nS_1 B_0}{13L} \tau + \frac{2nS_1 B_0}{13 \cdot 5L} \tau + \frac{3nS_1 B_0 \tau}{4 \cdot 13L} = \frac{nS_1 B_0 \tau}{L} \left( \frac{6}{13} + \frac{2}{13 \cdot 5} + \frac{3}{13 \cdot 4} \right)$$

$$= \frac{143}{260} \cdot \frac{nS_1 B_0 \tau}{L} = \frac{11}{20} \cdot \frac{nS_1 B_0 \tau}{L}$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{nS_1 B_0}{13L}$$

$$q = \frac{11}{20} \cdot \frac{nS_1 B_0 \tau}{L}$$



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  
☒

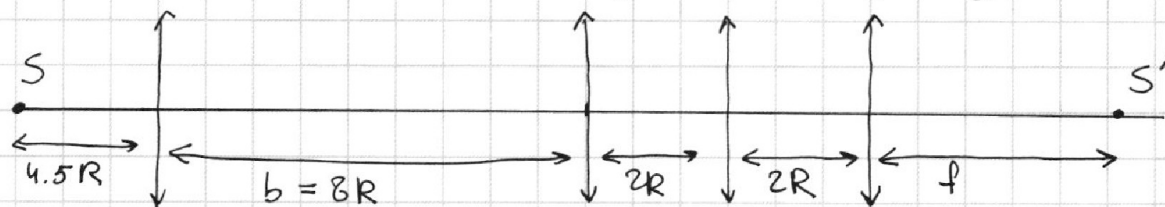
6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
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 всю систему как систему линз



→  
просто линза,  $F$

шар.  $F_1 = \frac{n-1}{R}$

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

снова  
шар.  $F_3 = \frac{1-n}{R}$

Если  $f$  не зависит от  $n$ , то преломление не происходит,  
а значит изображение от линз какходы ка траки шара

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



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.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА

2 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!

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

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

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

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

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

$$x_0 = \frac{\mu g m}{k} \sqrt{\frac{m + M}{m}} = \frac{4}{100} \sqrt{5} = 4 \sqrt{5} \text{ см}$$

3. Ку и ускорение сразу после начала движения до

$$M a_0 = k x_0 - \mu m g \quad a_0 = \frac{k x_0 - \mu m g}{M} = \mu g \frac{(m + M) - m}{M} = 4 \frac{\sqrt{5} - 1}{4} = (\sqrt{5} - 1) \mu / \text{с}^2$$

3. Как уже выяснили,

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

В интересующий нас момент  $\tau_1$   $x(\tau_1) = x_1$   
 $y(\tau_1) = x(\tau_1) - \frac{\mu m g}{k} = \frac{\mu g}{k} (m + M) - \frac{\mu m g}{k} = \frac{\mu M g}{k}.$

$$y(\tau_1) = x_0 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \tau_1\right) = \frac{\mu M g}{k}$$

$$y'(\tau_1) = -x_0 \sqrt{\frac{k}{M}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \tau_1\right) = V_x - \text{иск. скорость}$$

$$\cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \tau_1\right) = \frac{\mu M g}{k x_0} = \frac{\mu M g}{\mu g (m + M)} = \frac{M}{m + M}$$

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

$V_x$  - искомая скорость

Аоска пройдет расстояние

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

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

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

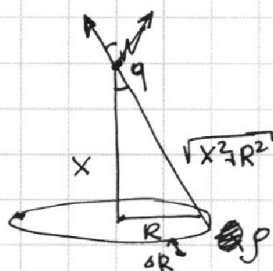
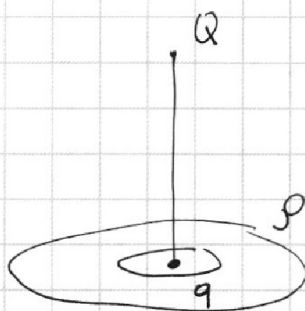


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$E = \frac{Q \cdot R \cdot d!}{x^2 + R^2} \cdot \frac{x}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

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

Энергия в центре кольца 0.

Энергия  $\sim q$

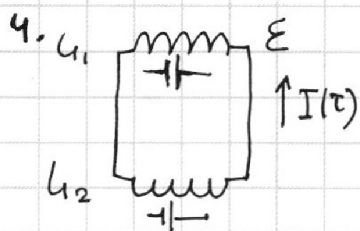
$$\frac{2mV_0^2}{2} = q \cdot k$$

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

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

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

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



$$\varphi' = nS_1 B'(t) = \varepsilon (m + M) \frac{k^2 x_0^2 - \mu^2 g^2 m^2}{\mu k} = k^2 x_0^2 M$$

$\varepsilon \in L$

$$\varepsilon_2 = L_2 I'(t) \quad m k^2 x_0^2$$

$$\varepsilon_1 = (L_1 I'(t) \pm nS_1 B'(t))$$

$$L_1 I'(t) + nS_1 B'(t) = L_2 I'(t)$$

$$3L I'(t) = nS_1 B'(t)$$

$$3L(I_1) = nS_1 \cdot 2B$$

$$3L(I_2 - I_1) = nS_1 \cdot 3B$$

$$3L I_2 = nS_1 \cdot B_0, I_2 \text{ камиш.}$$

$$3L \cdot q_1' = nS_1 \cdot \frac{B}{3t}$$

$$3L \cdot q_1' = nS_1 \cdot 2B$$

$$q_1' = \frac{2nS_1 B}{3L}$$

$$q_1 = \frac{2nS_1 B}{3L} \cdot 6t. \text{ решаемо.}$$

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

$$\mu k^2 x_0^2 = \mu k^2 x_0^2 + m$$

$$13 \cdot 20 = 260$$

$$6 \cdot 5 \cdot 4 + 8 + 15 = 120 + 8 + 15 = 143$$

$$120 + 8 + 15 = 143$$

$$13 \cdot 11 = 143$$

$$28 + 6 = 34$$

$$18$$

$$6$$

$$\frac{28 \cdot 6}{63} = \frac{168}{63} = \frac{168}{1764}$$

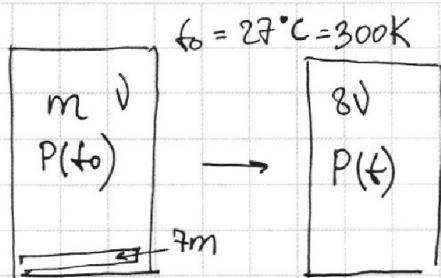


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



273

$$P(t) \cdot V = \nu(t) R \cdot t$$

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

когда 8V, тогда и прекращается.

$$\nu = \frac{m}{\mu_0} \quad m = \nu \mu_0$$

$$P(27) = 3,5 \text{ кПа}$$

$$\frac{3,5}{27}$$

$$\frac{3,5}{27} \cdot 28 = \frac{3,5}{27} \cdot 28$$

$$\frac{3,5}{27} \cdot 28 = \frac{3,5}{27} \cdot 28$$

$$\frac{3,5}{27} \cdot 28 = \frac{3,5}{27} \cdot 28$$

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

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

90.

$$\frac{3,5}{300} = \frac{28}{300} (tx + 270)$$

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

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |
| 290 | 300 | 310 | 320 | 330 | 343 | 350 | 360 | 370 |
| 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  |     |     |

в районе 70°C

8V не кактущего пара - как бы давление.

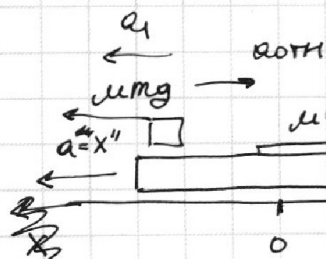
$$P_x \cdot V = 8V R t$$

$$P(t_0) \cdot V = 8V R t_0$$

$$\frac{P_x}{P(t_0)} = \frac{8t}{t_0}$$

$$P_x = \frac{P(t_0)}{t_0} \cdot 8t = \frac{3,5}{300} \cdot 8 \cdot 363$$

$$a_{\text{отн}} = a - a_1$$



$$Mx'' = kx - \mu mg$$

колебание, упр.

$$Mx'' + kx = \mu mg$$

$$ky = kx - \mu mg$$

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

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

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

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

$$70 \cdot 343$$

$$71 \cdot 344$$

$$72 \cdot 345$$

$$70 : 31$$

$$343 : 31$$

$$\frac{28 \cdot 343}{300}$$

$$= 28 \left( 1 + \frac{43}{300} \right)$$



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 \_\_

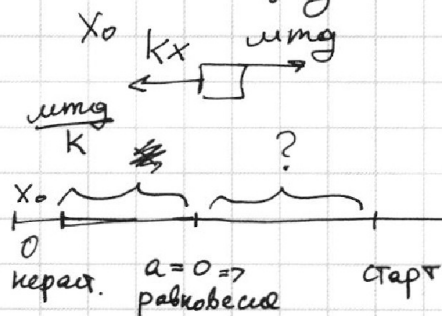
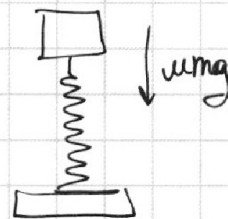
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

$$a = a_1 = \mu g = \frac{\mu mg}{M+m}$$

$$\mu mg = kx - \mu mg$$

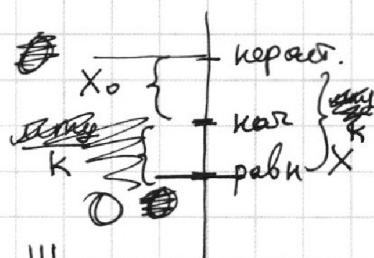
$$x = \frac{\mu g}{k} (M+m)$$



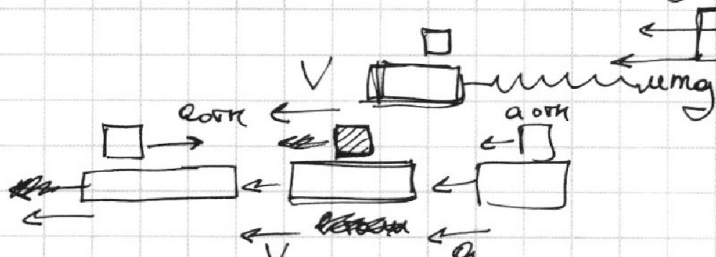
$$a = 0$$

$$\mu mg = kx$$

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



$$a_1 = \mu g - \text{всегда!!!}$$



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

$$x'' = \mu g$$

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

$$x(0) = \frac{\mu mg}{k} - \text{равновесие}$$

$$x' = A \omega \cos(\omega t)$$

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

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

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

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

$$x(\tau) = A \sin(\omega \tau) + \frac{\mu mg}{k} = \frac{\mu g}{k} (M+m)$$

$$x''(\tau) =$$

$$A \sin$$

$$A = x_0 - ?$$

$$x(\tau) = x_0 \sin(\omega \tau) - \text{от равн.}$$

