



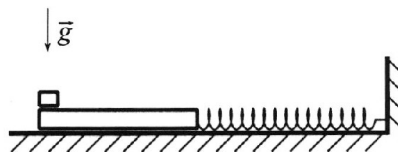
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 4$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

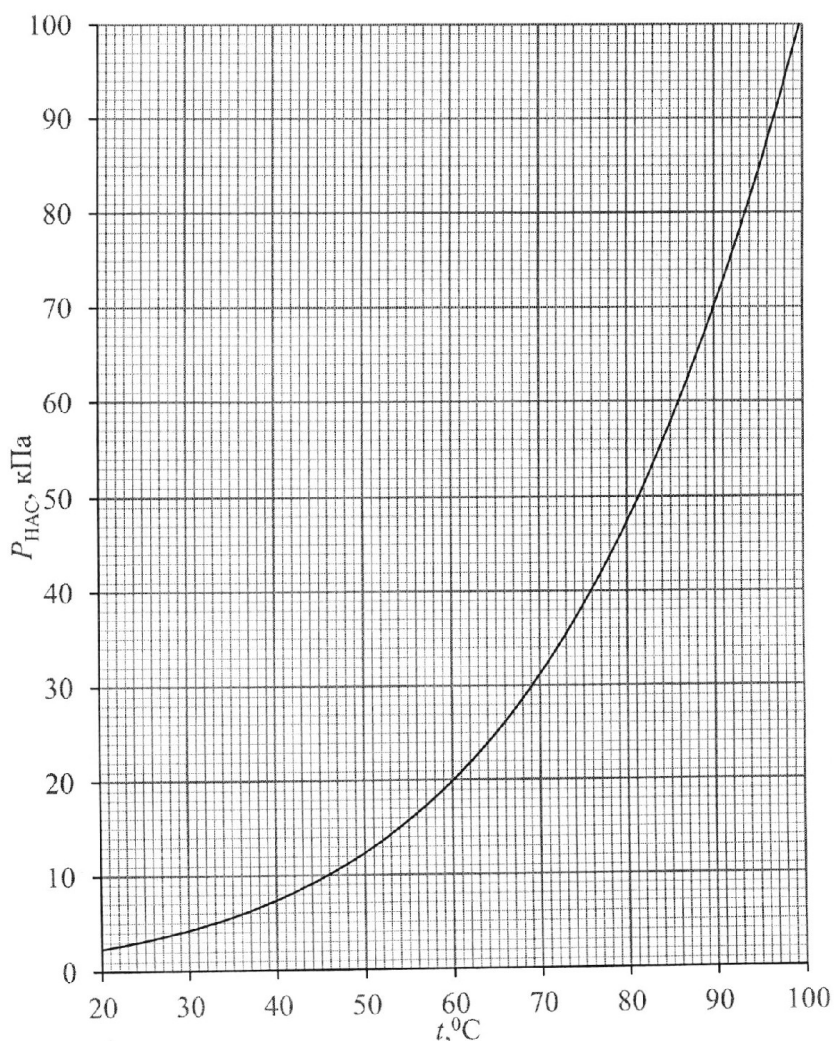


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °C и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °C. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность ϕ в конце нагревания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом га за можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





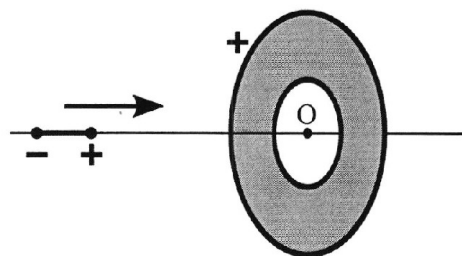
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

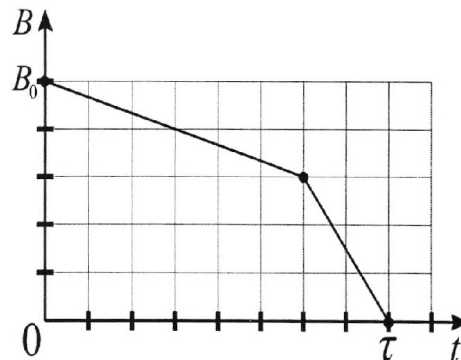
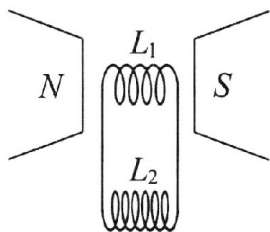


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Заряды диполя уменьшают по модулю в 3 раза и сообщают диполью начальную скорость V_0 .



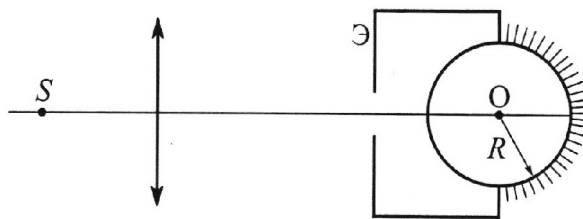
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 8L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекавший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 3R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



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.

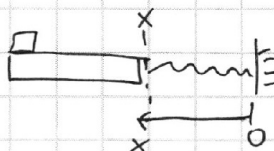
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

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) $F_y = k \Delta l = k(x_0 - x)$ где x_0 — это координата конца нерастянутой пружины

~~$\Rightarrow a_{mx} = \frac{k \Delta l}{m} - 1 = \frac{100 \text{ Н}}{m} (x_0 - x)$~~



$$a_{mx} = \frac{k \Delta l}{m} - \frac{\mu mg}{m} = \frac{k(x_0 - x)}{m} - \frac{\mu mg}{m}$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x + \frac{kx_0 - \mu mg}{m}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = \frac{k}{m} \underbrace{\left(x_0 - \frac{\mu mg}{k}\right)}_{A_0} \text{ — это ур-е вида } \ddot{x} + \omega^2 x = \omega^2 x_0$$

$$\Rightarrow x(t) = x_0 + A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

$$\Rightarrow x(t) = A_0 + A \sin \omega t + B \cos \omega t \quad \left(\text{где } \omega^2 = \frac{k}{m}\right)$$

$$\begin{cases} \dot{x}(0) = v(0) = 0 \\ x(0) = x_0 - \Delta l_0 \end{cases} ; \begin{cases} A = 0 \\ A_0 + B = x_0 - \Delta l_0 \end{cases} ; x_0 - \frac{\mu mg}{k} + B = x_0 - \Delta l_0 \Rightarrow B = \frac{\mu mg}{k} - \Delta l_0$$

Пусть начальное сжатие пружины $\Delta l_0 \Rightarrow x(0) = x_0 - \Delta l_0$

$$\Rightarrow x(t) = A_0 + B \cos \omega t \quad \left(\text{где } A_0 = x_0 - \frac{\mu mg}{k}\right)$$

$$B = \frac{\mu mg}{k} - \Delta l_0$$

$$\Rightarrow \Delta l(t) = x_0 - x(t) = x_0 - \left(x_0 - \frac{\mu mg}{k}\right) - B \cos \omega t = \frac{\mu mg}{k} - B \cos \omega t$$

3) Когда ускорение доски достигает нуля: $a_{mx} = \frac{k \Delta l}{m} - \frac{\mu mg}{m} = 0$

~~$\Rightarrow B = \frac{\mu mg}{k}$~~

~~но $\Delta l(t) = \frac{\mu mg}{k} - B \cos \omega t$~~

~~$\Rightarrow B \cos \omega t_x = 0$~~

~~т.к. это первый раз, то $\omega t_x = \frac{\pi}{2}$~~

~~$\Rightarrow t_x = \frac{\pi}{2\omega}$~~

$$a_{mx} = -\omega^2 B \cos \omega t_x = 0$$

$$\Rightarrow \omega t_x = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t_x = \frac{\pi}{2\omega}$$

(т.к. впервые)



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 4

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!

Но также известно, что в этот момент $v_{отн.} = 0$

Найдём $v_{отн.}(t)$:

$$a_{отн.} = a_{mx} - \overset{\mu g}{a_{mx}} = -\omega^2 B \cos(\omega t) - \mu g = -\frac{\kappa}{M} B \cos(\omega t) - \mu g$$

$$\Rightarrow v_{отн.} = 0 + \int_0^t a_{отн.} dt = \frac{\kappa}{M} B \sin(\omega t) - \mu g t$$

известно, что $v_{отн.}(t_x) = -\omega B \cdot \sin(\omega t_x) - \mu g t_x = -\omega B - \mu g t_x = 0$

$$\Rightarrow -\omega \cdot \left(\frac{\mu M g}{\kappa} - \Delta l_0 \right) - \mu g \cdot \frac{\pi}{2\omega} = 0$$

$$\Rightarrow \Delta l_0 = + \frac{\mu M g}{\kappa} + \frac{\mu g \pi}{2\omega^2} = + \frac{0,4 \cdot 1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} + \frac{0,4 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3}{2 \cdot \frac{100 \text{ Н}}{4 \text{ кг}}} = + 0,04 \text{ м} + 0,24 \text{ м} = \underline{0,28 \text{ м}}$$

Теперь ответим на вопросы:

4) Когда относ. ускор. $a_{отн.} = 0$ (первые):

$$a_{отн.} = -\frac{\kappa}{M} B \cos(\omega t_1) - \mu g = 0 \Rightarrow B \cos(\omega t_1) = -\frac{\mu M g}{\kappa}$$

тогда $\Delta l_1 = \frac{\mu M g}{\kappa} - B \cos \omega t_1 = \frac{\mu M g}{\kappa} - \left(-\frac{\mu M g}{\kappa} \right) = \frac{\mu (m+M) g}{\kappa} = \frac{0,4(1+1) \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{100 \text{ Н/м}} = \underline{0,2 \text{ м}}$

5) Сразу после начала движения:

$$a_{m_0} = -\omega^2 B \cos(\omega \cdot 0) = -\omega^2 B = -\frac{\kappa}{M} \cdot \left(\frac{\mu M g}{\kappa} - \Delta l_0 \right) = \frac{\kappa \Delta l_0 - \mu M g}{M} = \frac{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0,28 \text{ м} - 0,4 \cdot 1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{4 \text{ кг}} = \underline{6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}$$



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 4

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!

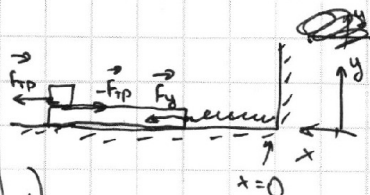
N1

$$\begin{aligned} M &= 4 \text{ кг} \\ m &= 1 \text{ кг} \\ k &= 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\ \pi &\approx 3 \\ g &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \\ \mu &= 0,4 \end{aligned}$$

$$x_1 - ?$$

$$a_{\text{нз}} - ?$$

$$v_M - ?$$



$$|F_{Tp}| \leq \mu mg \Rightarrow |F_{Tp}| \leq 4 \text{ Н}$$

(т.к. $F_{Tp} \leq \mu N = \mu \cdot mg$ т.к. верхний брусок не движ.ся по вертикали $a_y = 0$)

$$\begin{aligned} \text{2ЗН: } M a_{Mx} &= F_y - F_{Tp} \quad (1) \\ m a_{mx} &= F_{Tp} \end{aligned}$$

~~Ометим, что во время движения Δl (сдвиг пружины) $\Rightarrow F_y \downarrow \Rightarrow a_{Mx} \downarrow \Rightarrow a_{\text{отм. пруж.}}$~~

т.к. в условии сказано, что брусок скользил по доске, то он начал это делать сразу (т.к. вначале у доски макс. ускорение т.к. $\Delta l - \text{max}$ $\uparrow$ Δl пружины)

$\Rightarrow$ и разница (относит.) ускорений максимальна)

$\Rightarrow$ Если уж когда-то она ненулевая (это и значит наличие проскальзывания), то вначале уж точно

$\Rightarrow$ Уже с начала идет проск-е и тогда до остановки

$$F_{Tp} = F_{Tp \text{ max}} = 4 \text{ Н}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow (1) \quad \begin{cases} M \cdot a_{Mx} = F_y - F_{Tp \text{ max}} \\ m \cdot a_{mx} = F_{Tp \text{ max}} \end{cases} & \quad \begin{cases} a_{Mx} = 4 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right] = \frac{F_{Tp \text{ max}}}{m} = \mu g \\ a_{Mx} = \frac{F_y}{4} - 1 = \frac{k \Delta l}{4M} - \frac{\mu mg}{M} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \Delta l_{\text{отм. пруж.}} = \Delta l_{Mx} - \Delta l_m = \left[\frac{F_y}{4} - 1 - 4 \right] \cdot \frac{F_y}{4}$$

Брусок в с.о. доски



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

4 ИЗ 4

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!

6) ~~$x(t) = (A_0 + B \cos \omega t) = -\omega B \sin \omega t$~~ $B = \frac{\mu mg}{k} - \Delta l_0 =$
 ~~$B \cos(\omega t_1) = -\frac{\mu mg}{k}$ (н.ч)~~ $= \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 10}{100} - 0,28 =$
 $= -0,24$

~~$B \cos \omega t_1 = -\frac{\mu mg}{k}$ (н.ч)~~

$\sin \omega t_1 = +\sqrt{1 - \left(\frac{\mu mg}{kB}\right)^2}$ (+, т.к. впервые)

$\Rightarrow v(t_1) = \dot{x}(t_1) = -\omega B \sin \omega t_1 = -\frac{B\omega}{\sqrt{\frac{g}{kM}}} \sqrt{1 - \left(\frac{\mu mg}{kB}\right)^2} =$

$= +0,24 \cdot \sqrt{\frac{100}{4}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{0,4 \cdot 1 \cdot 10}{100 \cdot 0,24}\right)^2} = 0,24 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{5}{9}} = 0,24 \cdot 5 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = 0,4 \frac{\sqrt{5}}{3} =$

~~$\frac{2\sqrt{5}}{15} \frac{m}{c}$~~ $\frac{2\sqrt{5}}{5} \frac{m}{c}$

Ответ: $\Delta l_0 = 0,28 \text{ м}$; $a_{m_0} = 6 \frac{m}{c^2}$; $v_1 = \frac{2\sqrt{5}}{5} \frac{m}{c}$

! Отмету, что ф-лы $x(t)$, $a_{отн.}(t)$... работают только когда брусок скользит по доске. Но все пункты вопросов как раз происходят в такие моменты, поэтому я пользовался данными формулами



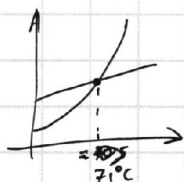
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Построим в той же коор. прямой (в условии задачи) график $p_n^*(t_n^*)$ и получим точку пересечения: $t^* \approx 71^\circ\text{C}$



3) В конце процесса ($t = 90^\circ\text{C} = 363\text{K}$): найдем давление пара:

$$\begin{aligned} \text{М-К: } p_n V &= \frac{m_{n1}}{M} R t \\ p_{n0} V &= \frac{m_{n0}}{M} R t_0 \quad (1) \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_n}{p_{n0}} = \frac{\frac{m_{n1}}{m_{n0}} t}{t_0} = \frac{8 t}{t_0} = \frac{8 \cdot 363\text{K}}{300\text{K}} = 9,68$$

$$\Rightarrow p_n = p_{n0} \cdot 9,68 = 3,5 \text{ кПа} \cdot 9,68$$

$$\text{Влажность в конце: } \varphi = \frac{p_n}{p_{\text{нас.}}(t)} = \frac{3,5 \text{ кПа} \cdot 9,68}{20 \text{ кПа}} = 48,4\%$$

$$\text{Ответ: } \frac{m_{n1}}{m_{n0}} = 8 ; t^* = 71^\circ\text{C} ; \varphi = 48,4\% \approx 48\%$$



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!

N2

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

$$m_{\text{Bo}} = 7m_{\text{no}}$$

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

$$\frac{m_{\text{п1}}}{m_{\text{no}}} - ?$$

$$t^* - ?$$

$$\varphi - ?$$

превратился в пар

1) Т.к. по ум. в конце вся вода ~~превратилась~~, то

$$m_{\text{п1}} = m_{\text{Bo}} + m_{\text{no}} = 7m_{\text{no}} + m_{\text{no}} = 8m_{\text{no}}$$

$$\Rightarrow \frac{m_{\text{п1}}}{m_{\text{no}}} = 8$$

2) Испарение воды прекр-ся, когда она вся сможет перейти в пар $\Rightarrow t^*$ - температура, при кот. вся вода превратится в пар



Менг.-кл.: (для пара в t_0 и момент t^*)

$$p_{\text{no}} V = \frac{m_{\text{no}}}{M} R t_0 \quad (t_0 = 300\text{K}) \quad (1)$$

При этом в момент t^* (когда вода только-только превр-ся в пар) пар ~~будет~~ насыщенным $\Rightarrow p_{\text{п}}^* = p_{\text{нас.}}(t^*)$

$$\text{М.-к: } p_{\text{п}}^* \cdot V = \frac{m_{\text{п}}^*}{M} R t^* \quad (2)$$

$$(2) : (1) \quad \frac{p_{\text{п}}^*}{p_{\text{no}}} = \frac{m_{\text{п}}^* t^*}{m_{\text{no}} t_0} = \frac{8m_{\text{no}} \cdot t^*}{m_{\text{no}} \cdot t_0} = \frac{8t^*}{t_0}$$

$$\Rightarrow p_{\text{п}}^* = \frac{8p_{\text{no}}}{t_0} t^* = \frac{8 \cdot 3,5\text{кПа}}{300\text{K}} \cdot t^* [\text{K}] = \frac{7}{75} t^* [\text{K}] = \frac{7}{75} \cdot (t^* [^\circ\text{C}] + 273) \approx \frac{7}{75} t^* [^\circ\text{C}] + 25,5$$

при этом $p_{\text{no}} = p_{\text{нас.}}(t_0) = 3,5\text{кПа}$ (т.к. вначале пар нах-ся в равновесии с водой) $\Rightarrow$ он был насыщ.

Но $(p_{\text{п}}^*; t^*)$ лежит на данном графике насыщ. пара (т.к. в мом-т t^* пар насыщ.)

$\Rightarrow$ точка пересек. данного графика с $p_{\text{п}}^*(t^*) = \frac{7}{75} t^* + 25,5$ и есть точка $(p_{\text{п}}^*; t^*)$



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
4 из 4

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!

$$\text{Найдём } v_{\max}: \frac{mv_0^2}{2} = -\frac{mv_0^2}{6} + \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{2mv_0^2}{3} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{4}{3}}v_0$$

$$6) \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\sqrt{\frac{4}{3}}v_0}{\sqrt{\frac{2}{3}}v_0} = \boxed{\sqrt{2}}$$

$$\text{Ответ: } v_y = v_0; \quad \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{2}$$



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
2 из 4

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!

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_y^2}{2} \Rightarrow v_y = v_0$$

3) ~~Решение~~ ~~Вспомогательная~~ ~~и~~ ~~направление~~

Вспомогательная Величина к изнач. диполю. Для того чтоб он пролетел через диск, его скорость вдоль напр-я движения $v_{||} \geq 0$. В „самом худшем случае“ (при миним. нач. ск-ти) он остановится в каком-то месте, но затем продолжит движение.

Напишем 3(2) для такого момента:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m \cdot 0^2}{2} + W_{\text{худш.}} \Rightarrow W_{\text{худш.}} = \frac{mv_0^2}{2}$$

При этом в этом „худшем“ месте $F_{\text{на диполь}} = 0$ (до этого диполь останавливался, а в этом моменте F должна поменять направление $F \uparrow$, чтобы начать разгонять диполь) $\Rightarrow$ в этом моменте $F = 0$

$$\text{но } F = E_+ \cdot q + E_- \cdot (-q) = 0 \Rightarrow E_+ = +E_-$$

$\Rightarrow$ Независимо от зарядов концов диполя в этом месте

$F_{\text{на диполь}} = 0 \Rightarrow$ ~~это~~ это будет „худшим“ местом

для всех диполей. Т.е. именно в этом месте у проходящего диполя (любого заряда) будет миним. скорость

(хотя по логике она должна быть ≥ 0 , иначе диполь не пролетит)



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

39 ИЗ 44

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) Полюб очень важный факт из п.3 мы можем найти миним. скорость

$$-q_1 \quad +q_1 = \frac{q_0}{3}$$

$$3 \Rightarrow: \frac{mv_0^2}{2} = W_{\text{выг.}} + \frac{mv_{\min}^2}{2}$$

в том же месте это и $W_{\text{выг.}}$ (где $-q_0 \quad +q_0$)

$$W_x = \varphi_+ \cdot q_0 + \varphi_- \cdot (-q_0)$$

$$W_x = \varphi_+ \cdot \frac{q_0}{3} + \varphi_- \cdot (-\frac{q_0}{3})$$

$$\Rightarrow W_x = \frac{W_0}{3}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{W}{3} + \frac{mv_{\min}^2}{2} \quad (\text{но } W = \frac{mv_0^2}{2} \text{ из п.3})$$

$$\Rightarrow \frac{mv_{\min}^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{6} = \frac{2}{3} \cdot \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{3} \Rightarrow v_{\min} = \sqrt{\frac{2}{3}} v_0$$

5) Где же будет макс. скорость?

$$\frac{mv_0^2}{2} = W_{\text{выг.}} + \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

"const"

$$\text{Если } v_{\max} - \max \Rightarrow W_{\text{выг.}} - \min \Rightarrow W_{\text{выг.}} = -W_{\text{выг.}}$$

Но мы знаем, что $W_{\max} = W_{\text{выг.}}$ (т.к. в ней $v_{\min} \Rightarrow W_{\max}$)

$$\text{тогда } W_{\min} = -W_{\max}$$

мы ведь помним из п.1, что в симметричных положениях $W' = -W$. Тогда если есть $\max W$ то есть и минимальная $W_{\min} = -W_{\max}$

$$\Rightarrow W_{\text{выг.}} = -W_{\text{выг.}} = -\frac{W}{3} = -\frac{mv_0^2}{6} \quad (\text{и получается, что } v_{\max})$$

в симметричном положении для $v_{\min}$



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.

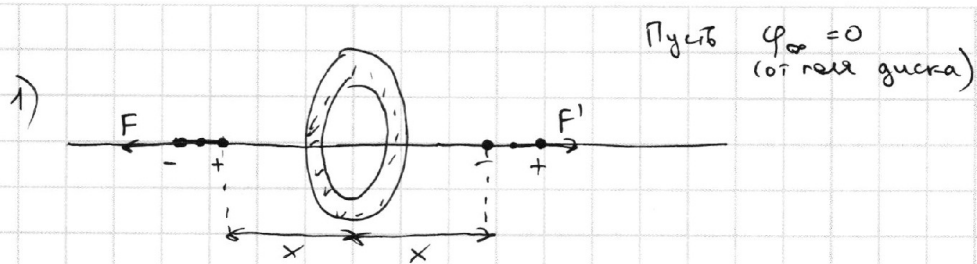
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 4

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!

N3

$v_0, q_1 = \frac{q_0}{3}$
$v_y - ?$
$v_{\max} - ?$
$v_{\min} - ?$



Для начала отметим, что в 2х симметричных ситуациях, обознач.

на рисунке, силы $\vec{F}_y$ на диск от диска равны и противоположны

$$\begin{cases} \vec{F}_0 = E_+ q + E_- (-q) = q(E_+ - E_-) \\ \vec{F}'_0 = E'_+ q + E'_- (-q) = -q(E_+ - E_-) \end{cases} \Rightarrow \vec{F} = -\vec{F}'$$

Так же и потенциал энергии диска:

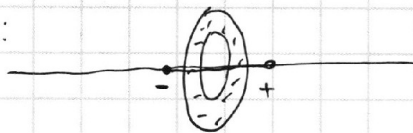
слева $\Rightarrow W = \varphi_+ q + \varphi_- (-q) = (\varphi_+ - \varphi_-) q$

справа $\Rightarrow W' = \varphi'_+ q + \varphi'_- (-q) = -(\varphi_+ - \varphi_-) q$

$\Rightarrow W' = -W$

Т.е. для симметрич. ситуаций $W' = -W$
 $\vec{F}' = -\vec{F}$

2) ~~Важно~~ На пункт забудем об п.1 и ответим на 1й вопрос задачи:



из-за симметрии $\varphi_- = \varphi_+$ (потенц., создаваемые полем диска в точке нахождения $\oplus$ и $\ominus$)

$\Rightarrow$ в центре потенц. энергия диска $W = \varphi_+ q + \varphi_- (-q) = 0$

3) $\frac{mv_0^2}{2} + W_{\infty} = \frac{mv_y^2}{2} + W_0$

(m - масса всего диска)

но $W_{\infty} = 0$ (т.к. $\varphi_{\infty} = 0$ потенциал поля диска на ∞ равен 0)

1)



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



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!

$$-\frac{dB}{dt} nS_1 - L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = 0 \quad | \cdot (-dt)$$

$$dB nS_1 + L_1 dI + L_2 dI = 0$$

И просуммируем выр-е и получим: $\Delta B nS_1 + (L_1 + L_2) \Delta I = 0$

Тогда для нач. и конек. момента: $(0 - B_0) nS_1 + (L_1 + L_2) \cdot (I_0 - 0) = 0$

$$I_0 = \frac{B_0 nS_1}{\frac{L_1}{S_1} + \frac{L_2}{S_1}} = \frac{B_0 nS_1}{13L}$$

2) Из н.п.: $\Delta B nS_1 + (L_1 + L_2) \Delta I = 0$

Для начала и случайного момента: $(B(t) - B_0) nS_1 + (L_1 + L_2) (I(t) - 0) = 0$

$$\Rightarrow I(t) = \frac{B_0 nS_1}{L_1 + L_2} - \frac{nS_1}{L_1 + L_2} B(t)$$

3) Заметим, что $I = I_2$ (н.п.)

$$q_2 = \int_0^{\tau} I(t) dt = \int_0^{\tau} \left(\frac{B_0 nS_1}{L_1 + L_2} - \frac{nS_1}{L_1 + L_2} B \right) dt = \frac{B_0 nS_1 \tau}{L_1 + L_2} - \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \int_0^{\tau} B dt$$

При этом $\int_0^{\tau} B dt$ есть площ. под графиком $B(t)$ от $t=0$ до $t=\tau$

тогда $\int_0^{\tau} B dt \stackrel{①}{=} \text{пл.} = \frac{B_0 + \frac{3B_0}{5}}{2} \cdot \frac{6}{8} \tau + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{5} B_0 \cdot \frac{2}{8} \tau = \frac{27}{40} B_0 \tau$

тогда $q_2 = \frac{B_0 nS_1 \tau}{L_1 + L_2} - \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \cdot \frac{27}{40} B_0 \tau = \frac{13 B_0 nS_1 \tau}{40 (L_1 + L_2)} = \frac{13 B_0 nS_1 \tau}{40 \cdot (8L + 5L)} = \frac{B_0 nS_1 \tau}{40L}$

Ответ: $I_0 = \frac{B_0 nS_1}{13L}$

$q_2 = \frac{B_0 nS_1 \tau}{40L}$



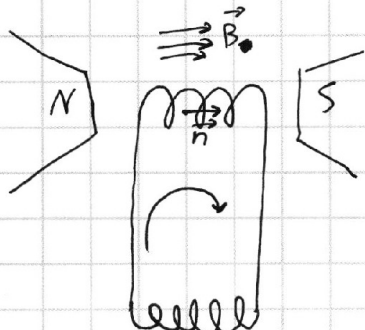
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

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
 $L_1 = 5L$
 $L_2 = 8L$
 n, S_1, B_0
 $B(t), \tau$
 $I_0 - ?$
 $q_2 - ?$



~~Решение~~

1) Выберем направление обхода контура, тогда по пр-му правой руки в катушке 1 нормаль будет направлена вправо

(Вид со стороны N магнита вдоль катушки 1)



Тогда магнит. поток $\vec{B}$ в катушке 1: $\Phi_1 = +B \cdot S_0 = B \cdot n S_1$

(в катушке 2 $B=0 \Rightarrow \Phi=0$)

При изменении $\vec{B}$ в кат. 1 будет $\mathcal{E}_1 = -\dot{\Phi}_1 = -(B \cdot n S_1) = -\dot{B} \cdot n S_1$
 "const"

В рез-те этого в цепи потечёт ток, и будут образовываться ЭДС самоиндукции

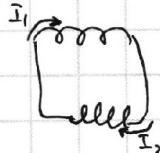
$$\mathcal{E}_{c11} = -L_1 \dot{I}_1$$

$$\mathcal{E}_{c12} = -L_2 \dot{I}_2$$

При этом по 1 пр-му Кирхгофа

по 1й и 2й катушке ~~текут~~ одинак. ток

$$I_1 = I_2 = I$$



$$\Rightarrow \mathcal{E}_{c11} = -L_1 \dot{I}$$

$$\mathcal{E}_{c12} = -L_2 \dot{I}$$

2) Т.к. сопротивления всех элементов 0, запишем 2-й Кирхгофа для цепи:

$$\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_{c11} + \mathcal{E}_{c12} = 0$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

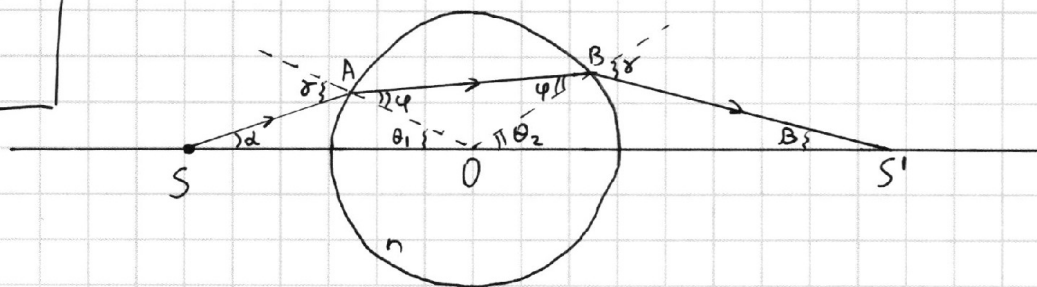
СТРАНИЦА
1 из 3

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!

N5

$$\begin{aligned} a &= 4,5R \\ b &= 8R \\ \Delta &= 3R \\ F &=? \\ n &=? \end{aligned}$$

1) На самом деле, прозрачный шар работает как линза (при малых падающих углах). Докажем это:



Пусть есть источник S. Посмотрим, где будет его изобр. ($d = OS$
 $s = OS' \rightarrow$)

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= n \cdot \sin \varphi \quad | \Rightarrow \quad \gamma = n \varphi \Rightarrow \text{вылетает тоже под углом } \gamma \\ &\quad \text{для т.В: } n \cdot \varphi = 1 \cdot \theta_1 \Rightarrow \gamma_1 = n \varphi = \gamma \end{aligned}$$

$$\angle OAB = \angle OBA = \varphi \quad (\triangle AOB - \text{р/д})$$

$$\text{Заметим, что } \theta_1 + \theta_2 = 180^\circ - \angle AOB = 180^\circ - (180^\circ - 2\varphi) = 2\varphi$$

$$\begin{aligned} \triangle AOS \quad \gamma &= \alpha + \theta_1 \\ \triangle BOS' \quad \gamma &= \beta + \theta_2 \quad | \Rightarrow \quad \alpha + \beta = 2\gamma - (\theta_1 + \theta_2) = 2\gamma - 2\varphi = 2(\gamma - \varphi) \end{aligned}$$

$$\text{Т.синусов: } \frac{OA}{\sin \alpha} = \frac{OS}{\sin \angle SAO} \Rightarrow \frac{R}{\alpha} = \frac{d}{\sin(180^\circ - \gamma)} = \frac{d}{\sin \gamma} = \frac{d}{\gamma} \Rightarrow$$

$$\text{анал. } \frac{OB}{\sin \beta} = \frac{OS'}{\sin(180^\circ - \gamma)} \Rightarrow \frac{R}{\beta} = \frac{s}{\gamma}$$

$$\begin{cases} \frac{\alpha}{R} = \frac{\gamma}{d} \text{ (перевернули)} \\ \frac{\beta}{R} = \frac{\gamma}{s} \end{cases} \quad | + | \Rightarrow \frac{\alpha + \beta}{R} = \gamma \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{s} \right)$$

$$\frac{2(\gamma - \varphi)}{R} = \gamma \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{s} \right) : \frac{2(n\varphi - \varphi)}{R} = n\varphi \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{s} \right) \quad | : \varphi$$

$$\frac{2(n-1)}{nR} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s} = \frac{1}{F_{\text{шара}}}$$



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.



2



3



4



5



6



7



СТРАНИЦА

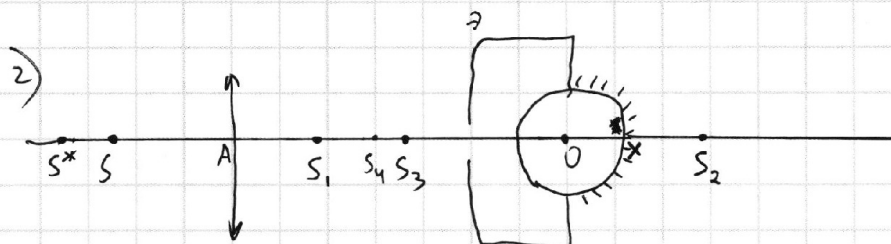
2 ИЗ 2

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!

Т.е. шар и правда работает как линза с фокус. расст.

$$F_{\text{шара}} = \frac{nR}{2(n-1)}$$

(мы получили ту же формулу)
линза $\frac{1}{F_{\text{ш}} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}}$



S_1 - изобр. S после преломления в линзе

для шара S_1 - изобр. S , т.е. он будет воспринимать S , как источник

и построит на основе S_1 изобр. S_2

Но S_2 будет мин. источником для выпуклого зеркала (с центром в O)

и уже ~~выпукл.~~ ^{вогнут.} зеркало ~~аккумулятивно~~ ^{фокусирует} построит изобр. S_3 , которое ~~шар~~

ещё раз перестроит в S^* ~~перестроит~~ ^{перестроит} уже в конеч. S^*
(т.к. после этого лучи улетят в левую сторону от линзы и уже не преломятся)

По условию $SA = 4,5R = \text{const}$

$AO_1 = b + R = 8R + R = 9R$ (в I эксперименте), тогда $S^* \equiv S$ (по усл.)

$$AO_2 = AO_1 - \Delta = 6R$$

Найдём ~~выпукл.~~ ^{вогнут.} AS^* при $AO_1 = 9R$

$$1. \text{ находим } S_1: \frac{1}{4,5R} + \frac{1}{AS_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{AS_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{4,5R}$$

$$AS_1 = \frac{4,5R \cdot F}{4,5R - F}$$



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!

2. находим S_2 (шар - как линза с фокус. расст. $F_m = \frac{nR}{2(n-1)}$ из п.1)

$$\Rightarrow \frac{1}{OS_1} + \frac{1}{OS_2} = \frac{1}{F_m} \quad (OS_1 = AO - AS_1 = 9R - \frac{4,5RF}{4,5R-F} = \frac{81R^2 - 18RF}{9R-F})$$

$$\Rightarrow OS_2 = \frac{OS_1 \cdot F_m}{OS_1 - F_m}$$

3. находим S_3 (для ~~выступа~~ ^{вогнут.} $F_{3-ла} = \frac{R_{кривизны}}{2} = \frac{R}{2}$)

т.к. S_2 - мним. источ.

S_3 - действит. изобр.

(мы так предполагаем
если это - просто поменяется знак)

$$XS_2 = OS_2 - R$$

$$\Rightarrow +\frac{1}{F_3} = -\frac{1}{XS_2} + \frac{1}{XS_3}$$

$$\frac{2}{R} = -\frac{1}{XS_2} + \frac{1}{XS_3}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{XS_3} = \frac{2}{R} + \frac{1}{XS_2}$$

✗ Систему "шар + зеркало" : к ней "подаётся" источник в т. S_1 и она должна выдать изображение в этой же точке (т.к. ~~$S_1 = S_2$~~ ~~тогда~~ когда линза перестраивает S_4 в S^* и $S^* \equiv S_1$, то $S_1 \equiv S_4$)

Но тогда S_2 должна попасть ~~то~~ прямо на зеркало

(тогда ~~она~~ ^{оно} всё так же отразит, и лучи вернутся обратно в

$$S_1) \Rightarrow S_2 \equiv X \Rightarrow XS = 0 \Rightarrow OS_2 = R \Rightarrow \frac{OS_1 \cdot F_m}{OS_1 - F_m} = R$$

$$OS_1 \cdot RF_m = OS_1 \cdot F_m - F_m \cdot R$$

$$\frac{81R^2 - 18RF}{9R-F} F_m = \frac{81R^2 - 18F}{9R-F} F_m - F_m \Rightarrow$$

$$\frac{81R^2 - 18RF}{9R-F} = 81R - 18F - 9(R-F)$$

$$81R^2 - 18RF - 72R + 9F = 0$$

$$F = \frac{81R^2 - 72R}{18R + 9}$$



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!

$$\frac{1}{0,5} + \frac{1}{0,5} = \frac{1}{F_m}$$

$$-\frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} = \frac{1}{F_3}$$

$$\frac{32}{3,5} = 8 \cdot \frac{344}{300}$$

$$\begin{array}{r} 9600 \\ \times 344 \\ \hline 38400 \\ + 384000 \\ \hline 3296000 \\ + 32960000 \\ \hline 36256000 \end{array}$$

$$\frac{m \omega^2}{2} = 94$$

$$M \ddot{x} = kx - F_{TP}$$

$$m a_m = F_{TP}$$

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

$$\frac{F_8}{4} - 1 > 4$$

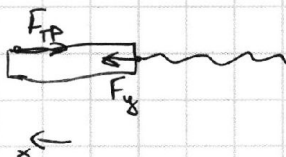
$$M a_m = F_y - F_{TP} = k$$

$$m a_m = F_{TP}$$

$$\omega \lambda_0 =$$

$$9R - \frac{9RF}{9R-F} = \frac{84R^2 - 9RF - 3RF}{9R-F} = \frac{81R^2 - 18RF}{9R-F}$$

$$0,04 - \frac{2 \cdot 3 \cdot 4}{2 \cdot 100}$$



$$M a_x = F_y - F_{TP}$$

$$m a_{ix} = F_{TP}$$

$$4 a_x = F_y - 4$$

$$a_{ix} = 4$$

$$1 - \frac{16}{24} =$$

$$= 1 - \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{5}{9}$$

$$\frac{6 \cdot 4}{100} = 0,24$$

$$|a_{отн}| = a_x - a_{ix} = \frac{F_y}{4} - 5$$

$$\frac{4}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{5} + \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{8} = \frac{9}{8} \cdot \frac{3}{5}$$

$$5 - 1,21 = 3,79$$

$$\frac{9,68}{20} \cdot 100\% = 9,68 \cdot 5 =$$

$$8 \cdot 3,5 = 7 \cdot 4 = 28$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ \times 273 \\ \hline 150 \\ - 1914 \\ \hline 1417 \\ - 375 \\ \hline \end{array}$$

$$= 25,5 \cdot \frac{7}{75} t$$

$$273$$

$$0,08$$

$$\frac{411}{375} = \frac{137}{125}$$

$$\begin{array}{r} 1,21 \cdot 8 = 9,68 \\ \times 273 \\ \hline 25,5 \cdot \frac{7}{75} = \frac{28}{15} + 25,5 \approx 27,4 \end{array}$$

$$npu \ t = 75 \quad p = 32,5$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ \times 9,68 \\ \hline 4840 \end{array}$$