



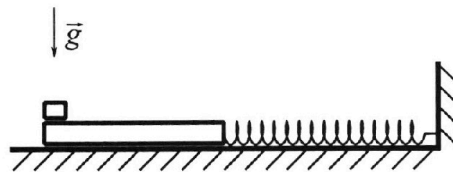
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 2$ 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 $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

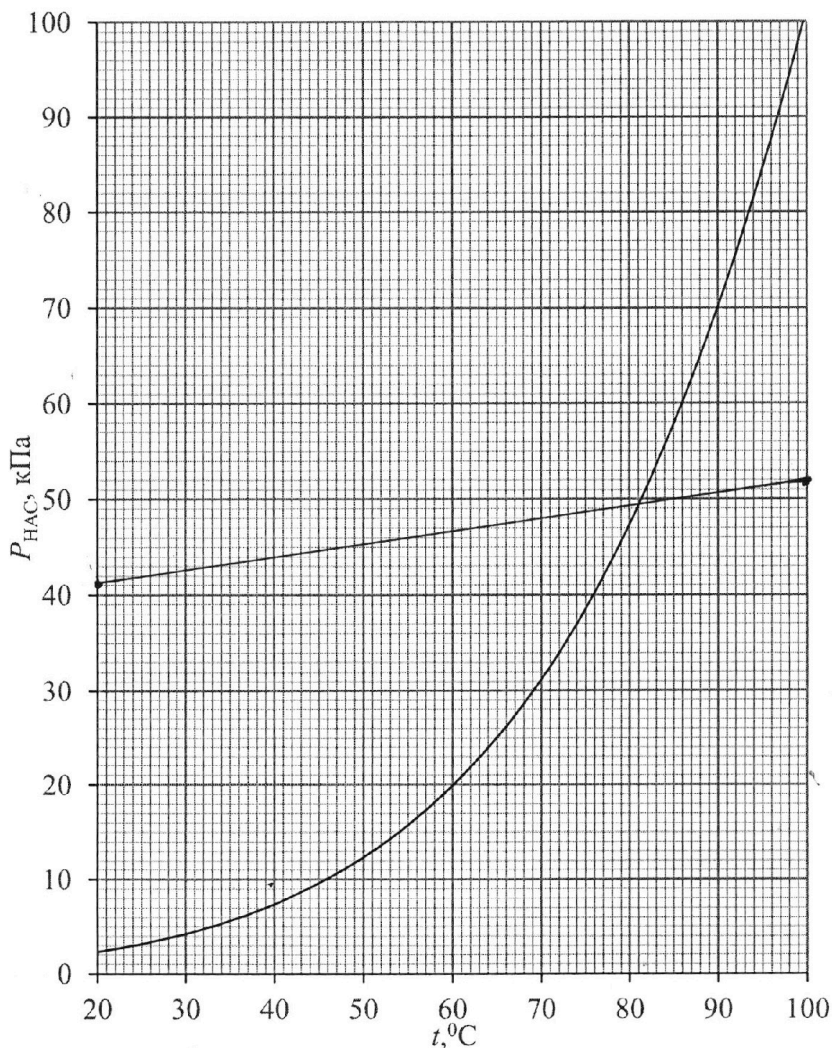


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

√2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

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

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





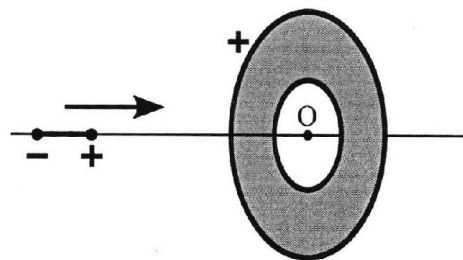
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



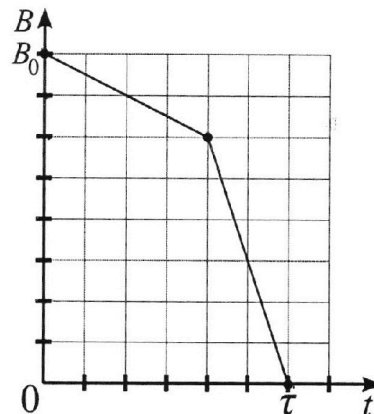
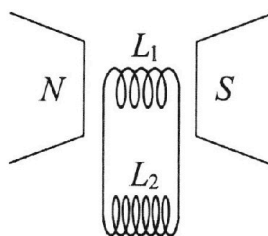
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

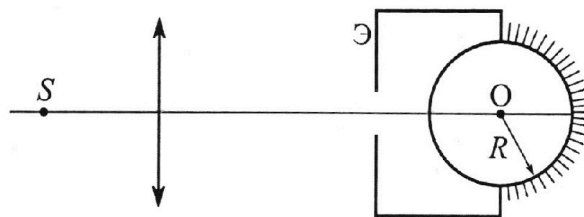
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 6L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.

2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. 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 $b = 7R$, 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 $\Delta = 4R$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



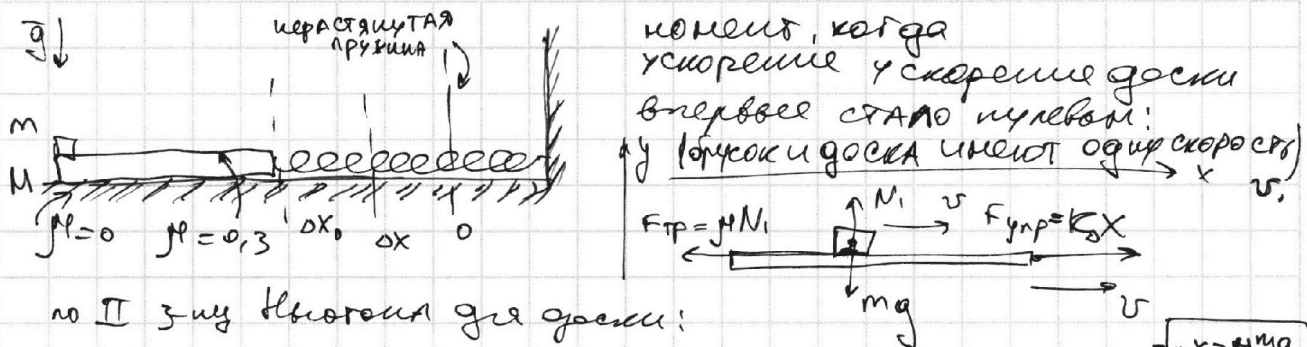
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 5

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!



по II закону Ньютона для доски:

$$\textcircled{x}: MA = k\Delta x - \mu N_1 = 0 \text{ (по условию)} \quad \boxed{k\Delta x = \mu mg}$$

$$MA = \sum F_x = F_{уп} - F_{тр}$$

для груза:

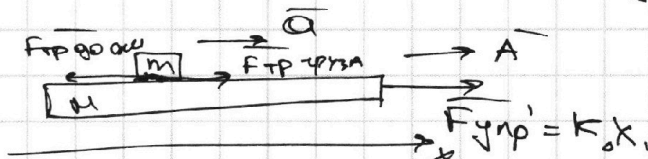
$$\textcircled{y}: mg = N_1$$

Δx - удлинение в начале т.

пусть Δx_0 - начальное удлинение.

Δx - удлинение, когда ускорение доски стало равным нулю

момент, когда $a_{\text{доски}} = 0 \Rightarrow a = A$ - ускорение доски - ускорение блока



$$\textcircled{x}: MA = k\Delta x_1 - F_{тр \text{ доски}}$$

$$\boxed{MA = k\Delta x_1 - \mu mg}$$

$$\boxed{ma = \mu mg}$$

$$\boxed{a = A}$$

$$\boxed{\frac{k\Delta x_1}{M} - \mu g \frac{m}{M} = \mu g}$$

$$\frac{k\Delta x_1}{M} = \mu g \left(1 + \frac{m}{M}\right) = \mu g \left(\frac{M+m}{M}\right)$$

$$\boxed{\Delta x_1 = \frac{\mu g (M+m)}{k}}$$

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

$$\begin{aligned} F_{тр \text{ доски}} &= F_{тр \text{ груза}} \\ &= \mu mg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu mg &= k\Delta x_1 - MA \\ \mu mg &= ma = mA \\ \mu A &= k\Delta x_1 - MA \end{aligned}$$

$$A(M+m) = k\Delta x_1$$

$$\boxed{A(M+m) = k\Delta x_1}$$

$$A = \frac{k\Delta x_1}{M+m}$$

$$\Delta x_1 = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 3}{5k} = \frac{0,9}{5} = \frac{1,8}{10} = \boxed{18 \text{ см}}$$

Ответ.



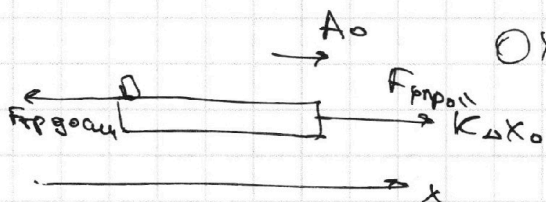
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 5

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!

СРАЗУ ПОСЛЕ НАЧАЛА ДВИЖЕНИЯ:



$$\text{ОХ! } M A_0 = F_{упр} - F_{тр} \text{ движ.}$$

$$M A_0 = k \Delta x_0 - \mu m g$$

$$A_0 = \frac{k}{m} \Delta x_0 - \mu g$$

ранее найдено, что $\mu m g = \frac{k \Delta x_0}{2}$

относительное движ.

физика по доске прекращается $\Rightarrow$

$$\Rightarrow v_{врвса} = v_{двиг.} = v$$

Закон движения доски:

$$M A = k \Delta x - \mu m g$$

$$A = \ddot{x} \quad M \ddot{x} = k \Delta x - \mu m g$$

$$M \ddot{x} + k \Delta x - \mu m g = 0$$

Запишем полную энергию в этот момент:

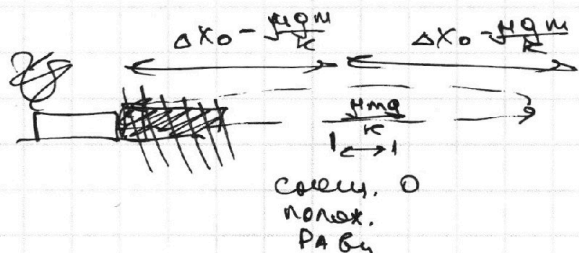
$$E_{полн} = \frac{m v^2}{2} + \frac{M v^2}{2} + \frac{k \Delta x^2}{2}$$

$$E_{полн0} = \frac{k \Delta x_0^2}{2}$$

исходная энергия

a - ускорение груза

$$a = \frac{\mu m g}{m} = \mu g = \text{const.}$$



соедин. 0
полож.
равн.

$$t_{двиг} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2}{50}} =$$

$$= 1.5 \sqrt{\frac{1}{25}} = 1.5 \cdot \frac{1}{5} = \frac{3}{10} = 0.3 \text{ с}$$

приводим
к виду
ЗАРМ. колебаний;
(замена переменной)

$$\ddot{z} + \frac{k}{M} z = 0$$

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

колебания со
соединением
положением равновесия
в момент достижения
нулевого ускорения
доска проходит
положение соединенного
равновесия.

$$t_{двиг} = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

(время движения до нуля ускорения 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.

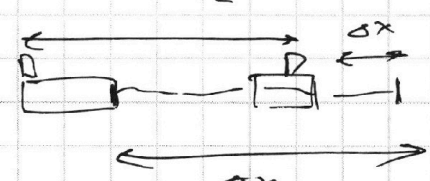
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

3 ИЗ 5

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

~~$A_{трения} = \mu m g S$~~
 ~~$S = \frac{a t^2}{2}$~~ , ~~$a = \mu g$~~ , ~~$S = \frac{\mu g t^2}{2}$~~
 ~~$A \geq \Delta x_0$~~
 ~~$X_{max} = \Delta x_0 - \frac{\mu m g}{k}$~~
 ~~$X = X_{max} \cos(\omega t + \phi_0)$~~



когда эти ускорения совпадают, $a = A = \mu g$

в момент, когда $A = 0$:

$v = a t_{свек}$

$\mu g \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$

$E_{полн} = \frac{k \Delta x^2}{2} + \frac{(M+m) v^2}{2}$

$\frac{k \Delta x_0^2}{2} = \frac{k \Delta x^2}{2} + \frac{(M+m) v^2}{2}$

~~$A_{трения} = \mu m g \cdot \frac{\mu g t^2}{2}$~~

~~$\frac{k}{2} (\Delta x_0^2 - \Delta x^2) = (M+m) v^2$~~

$E_0 = \frac{k \Delta x_0^2}{2}$

~~$k (\Delta x_0^2 - \Delta x^2) = (M+m) \mu^2 g^2 \frac{\pi^2}{4}$~~

сила трения совершает отрицательную работу над доской и положительную над грузом $\Rightarrow A_{тр} \neq 0$.

$k (\Delta x_0^2 - \Delta x^2) = (M+m) \mu^2 g^2 \frac{\pi^2}{4}$

$\Delta x = \frac{\mu m g}{k}$

$4 k^2 (\Delta x_0^2 - \frac{\mu^2 m^2 g^2}{k^2}) = (M+m) \mu^2 g^2 \pi^2$

$4 k^2 \Delta x_0^2 = \mu^2 m^2 g^2 \frac{\pi^2}{(M+m)} + 4 \mu^2 m^2 g^2$

$\Delta x_0^2 = \frac{\mu^2 m^2 g^2 \pi^2}{4 k^2 (M+m)} + \mu^2 m^2 g^2$

$\frac{0,3}{100} \sqrt{58}$

$\Delta x_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \cdot 0,3^2 \cdot 10^2 \cdot 9 + 1 \cdot 0,3^2 \cdot 1 \cdot 10^2}{4 \cdot 50^2}} = \sqrt{\frac{0,3^2 \cdot 10^2 (54 + 4)}{4 \cdot 50^2}} = \sqrt{\frac{58 \cdot 0,09}{4 \cdot 25}}$

$\begin{array}{r} \times 0,09 \\ 58 \\ \hline 0,72 \\ 45 \\ \hline 5,22 \end{array}$



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 5

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!

когда отн. ускорение нулевое, $A = a = g$

$$X = X_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) \quad ; \quad X = X_{\max} \cos \omega t, \quad \dot{X} = -X_{\max} \omega \sin \omega t$$

$$X(0) = X_{\max} = X_{\max} \cdot 1 = X_{\max} \cos 0, \quad \varphi = 0$$

$$\ddot{X} = -X_{\max} \omega^2 \cos \omega t$$

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

$$\text{или } \ddot{X} = g$$

$$4k(\Delta x_0^2 - \mu^2 g^2) =$$

$$\mu g = \left(\Delta x_0 - \frac{\mu \mu g}{k} \right) \cdot \frac{k}{\mu} \cos \omega t$$

$$4 \cdot 50^2 (\Delta x_0^2 - \frac{0,09 \cdot 100}{50^2}) = 3,2 \cdot 0,09 \cdot 100 \cdot g = 486$$

$$\frac{486}{200} = \frac{243}{100} = 2,43$$

в момент сравнения относительных ускорений:

$$\Delta X_1 = X_{\max} \cos \omega t$$

$$v = a t_{\text{сравн}} = g \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$S = \frac{a t_{\text{сравн}}^2}{2} = \frac{g}{2} \cdot \frac{\pi^2}{4} \frac{M}{k} = \frac{\mu k g \pi^2}{8k} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot g}{48,5} = \frac{2,7}{20} = 18,5 \text{ см}$$

$$\frac{2,43}{+ 0,98} = 2,81$$



или, наоборот
привод до сравнения
скоростей

$$A_{\text{тр}} = \mu m g S =$$

$$= \mu m g \frac{\mu k g \pi^2}{8k} =$$

$$= \frac{\mu^2 m M g^2 \pi^2}{8k} =$$

$$= 18,5 \text{ см} \cdot 1 \cdot 10 \cdot 0,3 \text{ Н} = \frac{2,7}{20,3} = \frac{0,9}{20} = 4,58 \text{ см}$$

$$\frac{(M+m) v^2}{2} + \frac{k \Delta x^2}{2} + \frac{2 A_{\text{тр}}}{2} = \frac{k \Delta x_0^2}{2}$$

$$2 A_{\text{тр}} = k(\Delta x_0^2 - \Delta x^2) - (M+m) v^2$$

$$2 A_{\text{тр}} = k(\Delta x_0^2 - \frac{\mu^2 m^2 g^2}{k^2}) - \frac{(M+m) \cdot \mu^2 g^2 \pi^2 M}{4 k}$$

$$g = 50 (\Delta x_0^2 - \frac{0,09 \cdot 1 \cdot 100}{50^2}) = \frac{3 \cdot 0,09 \cdot 100 \cdot g \cdot 2}{4 \cdot 50}$$

$$g = 50 \Delta x_0^2 - 0,18 - 2,43$$

$$11,61 = 50 \Delta x_0^2$$



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

5 из 5

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

$$\begin{array}{r} 11,61 \overline{) 50} \\ -100 \\ \hline 161 \\ -150 \\ \hline 110 \\ -100 \\ \hline 100 \\ -100 \\ \hline 0 \end{array}$$

для
двух

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

$$t_{\text{гравит}} = \frac{T}{4}$$

$$v = a t_{\text{гравит}}$$

$$S = \frac{a t_{\text{гравит}}^2}{2}$$

для груза

$$\Delta x_0 = \sqrt{0,2322} \text{ м}$$

$$A_{\text{тр}} = \mu m g S$$

$$A_0 = \frac{k}{M} \Delta x_0 - \mu g \frac{m}{M}$$

уменьш. скорости
или, двух

$$E_{\text{пот}} = \frac{k \Delta x_0^2}{2}$$

$$E_{\text{пот}}' = \frac{(m+M) v^2}{2} + \frac{k \Delta x^2}{2}$$

$$E_{\text{пот}}' - E_{\text{пот}} = -A_{\text{тр}}$$



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!

$t_0 = 27^\circ\text{C}$
 влажный воздух (сухой воздух + ПАРА)
 вода

$V_{\text{св-конт-во}} = V_{\text{сухого воздуха}}$
 $m_{\text{во}}, m_{\text{но}}$ - начальные массы воды и ПАРА.
 вся вода испарилась
 $t = 97^\circ\text{C}$

нагрев до $t = 97^\circ\text{C}$
 $m_{\text{но}}$
 начальное и конечное кол-во ПАРА.
 $m_{\text{во}} = 11 m_{\text{но}}$

$P_{\text{ин}}(t_0) \approx 3,5 \text{ кПа}$
 $P_{\text{ин}}(t) = 91 \text{ кПа}$

$\gamma_{\text{но}} = \frac{m_{\text{но}}}{M}$
 $\gamma_{\text{нк}} = \frac{m_{\text{нк}}}{M}$
 $\gamma_{\text{нк}} = 12 \gamma_{\text{но}}$

$m_{\text{нк}} = 12 m_{\text{но}}$

вся вода испарилась $\Rightarrow$
 $\Rightarrow m_{\text{нк}} = m_{\text{но}} + m_{\text{во}} = (1+11) m_{\text{но}} = 12 m_{\text{но}}$
 конечная масса ПАРА.

формула для φ
 $\varphi = \frac{P_{\text{ПАРА}}}{P_{\text{ин}}}$

отношение масс пара в начале и в конце $\lambda = \frac{m_{\text{нк}}}{m_{\text{но}}} = \frac{12 m_{\text{но}}}{m_{\text{но}}}$

учено V - объём сосуда.
 запишем условие состояния ГАЗА в начале и в конце; Ответ 1) $\lambda = 12$

начало: $P_1 V = (\gamma_{\text{но}} + \gamma_{\text{св}}) R T_0$, где $P_1 = P_{\text{св}_1} + P_{\text{ПАРА}_1}$

конец: $P_2 V = (\gamma_{\text{нк}} + \gamma_{\text{св}}) R T$, где $P_2 = P_{\text{св}_2} + P_{\text{ПАРА}_2}$

от начала нагревания и до конца испарения пар остаётся насыщенным. (т.к. в сосуде присутствует вода).
 $\Rightarrow P_{\text{ПАРА}_1} = P_{\text{ин}}(t_0) \approx 3,5 \text{ кПа}$

Рассмотрим состояние ПАРА в начале нагревания и в конце прекращения испарения:
 $P_{\text{ПАРА}}^* = P_{\text{ин}}(T^*) = P_{\text{ин}}^*$

$P_{\text{ПАРА}_1} = P_{\text{ин}}(T_0) = P_{\text{ин}_1}$
 $\frac{P_{\text{ин}_1}}{T_0} \cdot 12 T^* = P_{\text{ин}}^*$

$P_{\text{ПАРА}_1} \cdot V = \gamma_{\text{но}} R T_0$
 $P_{\text{ПАРА}}^* \cdot V = \gamma_{\text{нк}} R T^*$

$\frac{P_{\text{ПАРА}_1}}{P_{\text{ПАРА}}^*} = \frac{\gamma_{\text{но}}}{12 \gamma_{\text{нк}}} \frac{T_0}{T^*}$
 $\frac{P_{\text{ин}_1}}{P_{\text{ин}}^*} = \frac{T_0}{12 T^*}$



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
2 ИЗ 3

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

$$\frac{P_{\text{нп1}}}{T_0} \cdot 12 T^* = P^* - \text{уравнение прямой пропорциональности}$$

$$T_0 = t_0 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$\frac{42 \text{ кПа}}{300 \text{ K}} \cdot T^* = P^*$$

$$P_{\text{нп1}} = 3,5 \text{ кПа}$$

$$0,14 \frac{\text{кПа}}{\text{K}} T^* = P^*$$

$$\frac{42}{300} = \frac{7}{50} = 0,14$$

$$0,14 (t^* + 273 \text{ K}) \frac{\text{кПа}}{\text{K}} = P^*$$

$$0,14 t^* + 38,22 \text{ кПа} = P^*$$

$$kx + b = y - \text{линейная зависимость}$$

$$\text{построим } P = 0,14 \frac{\text{кПа}}{\text{K}} t + 38,22 \text{ кПа}$$

В таблице (P^*, t^*) прямая пересечёт

кривую насыщенного пара

$$\text{при } P = 0 \text{ кПа: } t^* = \frac{-38,22 \text{ кПа}}{0,14} = -273 \text{ K}$$

$$\text{при } t = 20 \text{ K;}$$

$$P = 38,22 \text{ кПа} + 2,8 \text{ кПа} \approx 41 \text{ кПа}$$

$$0,14 \frac{\text{кПа}}{\text{K}} \cdot 20 \text{ K} = 2,8 \text{ кПа}$$

$$\text{при } t = 100 \text{ K: } P = 38,22 \text{ кПа} + 14 \text{ кПа} \approx 52 \text{ кПа}$$

$$0,14 \frac{\text{кПа}}{\text{K}} \cdot 100 \text{ K} = 14 \text{ кПа}$$

$$\begin{array}{r} 38,22 \\ + 14,00 \\ \hline 52,22 \end{array}$$

$$T^* = 273 \text{ K} + t^* = 354 \text{ K}$$

строим прямую ко.

$$\text{точка } P^*, t^*: t^* = 81^\circ \text{C}, P^* \approx 49,56 \text{ кПа}$$

Проверяем:

$$0,14 \frac{\text{кПа}}{\text{K}} \cdot 354 \text{ K} = 49,56 \text{ кПа}$$

$$2) \boxed{t^* = 81^\circ \text{C}}$$

Ответ



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!

определим φ в конце нагревами:

$$\varphi = \frac{P_{\text{ПАРАК}}}{P_{\text{ПН}}(t)}$$

Определим $P_{\text{ПАРАК}}$:

$$P_{\text{ПАРАК}} \cdot V = \nu_{\text{ПК}} \cdot R T_{\text{ПК}}$$

$$(P_{\text{ПАРА}}) \cdot V = \nu_{\text{Н0}} R T_0$$

$$T_{\text{ПК}} = t + 273 \text{ K} = 370 \text{ K}$$

$$T_0 = t_0 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$\frac{P_{\text{ПН}}(t_0)}{P_{\text{ПН}}}$$

$$\begin{array}{r} 1 \quad 1 \\ + 273 \\ 97 \\ \hline 370 \end{array}$$

$$P_{\text{ПН}} = 3,5 \text{ кПа}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 37 \\ 7 \\ \hline 259 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 259 \overline{) 15} \\ - 259 \\ \hline 15,8 \end{array}$$

$$\frac{P_{\text{ПАРАК}}}{P_{\text{ПН}}} = 12 \cdot \frac{370}{300}$$

$$\frac{P_{\text{ПАРАК}}}{P_{\text{ПН}}} = \frac{12 \cdot \cancel{370}}{\cancel{300}} \cdot \frac{T_{\text{ПК}}}{T_0} = \frac{12 \cdot 37}{15 \cdot 30} = \frac{4 \cdot 37}{5 \cdot 5} = \frac{2 \cdot 37}{5}$$

$$P_{\text{ПАРАК}} = \frac{2 \cdot 37}{5} \cdot 3,5 \text{ кПа} = \frac{259}{5} \text{ кПа} = 51,8 \text{ кПа}$$

$$\varphi = \frac{51,8 \text{ кПа}}{91 \text{ кПа}} \approx \frac{52}{91}$$

Ответ:

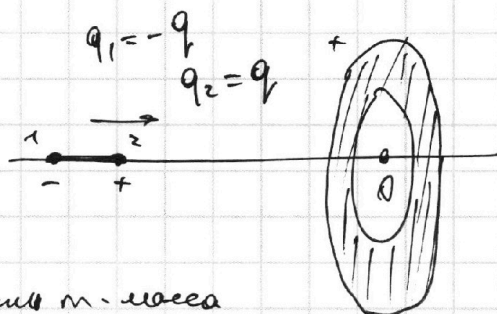


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

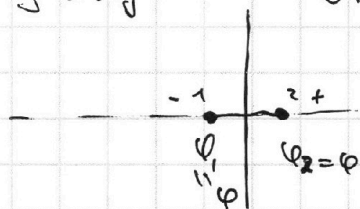
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



пусть m - масса
поярка

q_1 и $-q_2$ - начальные
заряды шариков

вид сверху



$\exists C \Rightarrow: \phi_{\text{всех}} = A_{\text{всех}}$

$A_{\text{всех}} = A_{\text{эл.п.}}$

$$A_{\text{эл.п.}} = -q \cdot \phi$$

формула
для работы
сил. эл.п.

$$E_k = \frac{1}{2} m \frac{v_0^2}{2}$$

$$E_k = 0.$$

$$\phi_{\text{всех}} = -\phi_{\text{к0}}$$

$$A_{\text{эл.п.}} = A_{\text{эл.п.1}} + A_{\text{эл.п.2}} = -q_1 \phi_1 + (-q_2 \phi_2)$$

$$A_{\text{эл.п.}} = q\phi - q\phi$$

В точках ϕ_1 и ϕ_2 диска всегда симметрично
создаёт равные потенциалы.

$$\text{тогда } \Delta\phi_1 = \phi - 0 = \phi$$

$$\Delta\phi_2 = \phi - 0 = \phi$$

в том случае: в обоих случаях изменение
потенциалов шариков при подлёте
будут одинаковы (распределение зарядов диска никак
не изменилось).

$A_0 =$ - работа по перемещению шариков в первом
случае

$A_k = \frac{A_0}{2}$ - работа по перемещению шариков во втором
случае.

$$A_k = \frac{A_0}{2}, \text{ т.к. } A_{\text{эл.п.}} \propto q \text{ и } A_{\text{эл.п.}} \propto \phi$$

$\Delta\phi = \text{const}$

$$A_0 = E_{k0}$$

$$E_{k0} = \frac{A_0}{2} + E_{kk'}$$

кин. энергия
во втором
случае.

$$\frac{E_{k0}}{2} = E_{kk'}$$

заряды обоих шариков
увеличились вдвое.

кин. энергия шариков
при удвоении во втором
случае в 4 раза меньше,

тоже в первом.

$$E_{k0} = \frac{2m \cdot v_0^2}{2}$$

$$E_{kk'} = \frac{2m \cdot v^2}{2}$$

$$\frac{2m \cdot v_0^2}{2} = \frac{2m \cdot v^2}{2}$$

$$v = v_0 / \sqrt{2}$$

Ответ



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
☐

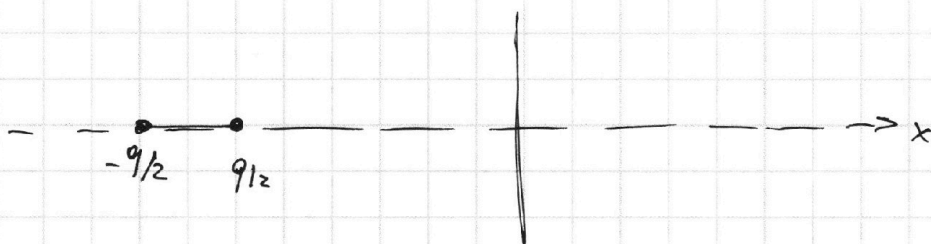
5
☐

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!

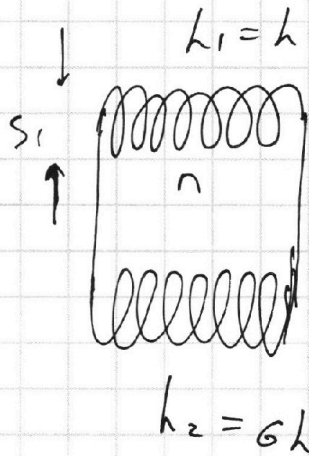




На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



Рассмотрим контуры в 2-х катушках в произвольный момент времени:

$$-L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\left. \begin{aligned} n \frac{dB}{dt} + L_1 \frac{dI}{dt} &= d\Phi_1 \\ L_2 \frac{dI}{dt} &= d\Phi_2 \end{aligned} \right\} \text{изменения потоков через соотв. катушки}$$

$$\frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{d\Phi_1 + d\Phi_2}{dt} = 0$$

полный поток через катушки сохраняется

Φ_1 - начальный поток

$$\Phi_1 = B_0 \cdot n \cdot S_1$$

в момент выключения внешнего поля:

Φ_2 - конечный поток

$$\Phi_2 = L_2 I_0 + L_1 I_0 = I_0 (L_1 + L_2) = 7L I_0$$

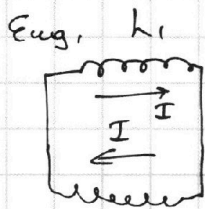
(через катушки течет одинаковый ток)

$$\Phi_1 = \Phi_2;$$

$$B_0 n S_1 = 7L I_0$$

$$I_0 = \frac{B_0 n S_1}{7L}$$

Ответ



в какой-то момент:

I - ток в катушке

$$I = \frac{dq}{dt} \quad dq_1 = dq_2 = dq \quad \text{заряды, протекающие через катушки равны}$$

$$dq_2 = I dt$$

$$\mathcal{E}_{\text{ind}_1} = -L_1 \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ind}_2} = -L_2 \frac{dI}{dt}$$

$$nS(B_k - B_n) = -7L(I_k - I_n)$$

$$d\Phi_1 = -d\Phi_2$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} + nS \frac{dB}{dt} = -L_2 \frac{dI}{dt}$$

$$L \frac{dI}{dt} + nS \frac{dB}{dt} = -6L \frac{dI}{dt}$$

$$nS \frac{dB}{dt} = -7L \frac{dI}{dt}$$

$$nS \Delta B = -7L \Delta I$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

по графику видно, что $k_1 = \frac{dB_1}{dt} = -\frac{B_0}{4} \cdot \frac{3}{2\tau} = -\frac{3B_0}{8\tau}$ - на первом участке
 B_1' - значение на первом участке
 на первом участке: $B_1' = \frac{3}{4}B_0$ и $k_2 = \frac{dB_2}{dt} = -\frac{3B_0}{4} \cdot \frac{3}{\tau} = -\frac{9B_0}{4\tau}$ - на втором участке

$$nS \frac{dB_1}{dt} = -\tau L \frac{dI_1}{dt} ; nS \cdot (B_1' - B_0) = -\tau L (I_1' - 0)$$

видим, что $I \sim B$

$$\frac{nSB_0}{4} = \tau L I' \quad I' = \frac{nS}{28L} B_0$$

на первом участке $\Delta I = I' \Rightarrow \Delta B$

$$dq = I dt$$

выразим $I(t)$: $I = \frac{nS B_1}{\tau L}$

$B = kt$, $dB/dt = k$. $B_1 = k_1 t$, где $k_1 = -\frac{3}{8} \frac{B_0}{\tau}$, t - прошедшее время

$$nS \frac{dB}{dt} = -\tau L \frac{dI}{dt}$$

$$-\frac{nS k}{\tau L} = \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI_1}{dt} = -\frac{nS}{\tau L} k_1 = -\frac{nS}{\tau L} \left(-\frac{3}{8} \frac{B_0}{\tau} \right) = \frac{3nSB_0}{56\tau^2}$$

построим график $I(t)$:

$$t_1 = \frac{2\tau}{3}$$

$$\Delta q_1 = \frac{1}{2} I' t_1$$

$$I_1 = \frac{3nSB_0}{56\tau} t$$

$$I'' = \frac{4nSB_0}{28L}$$

$$\Delta q_2 = \frac{1}{2} (I' + I'') \cdot \left(\tau - \frac{2\tau}{3} \right)$$

$$I' = \frac{nSB_0}{28L}$$

$$\Delta q_1 = \frac{nSB_0}{28L} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2\tau}{3} = \frac{nSB_0 \tau}{84L}$$

$$\Delta q_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{nSB_0}{28L} \cdot \left(\tau - \frac{2\tau}{3} \right) = \frac{nSB_0 \tau}{168L}$$

$$\tau L \frac{dI_2}{dt} = nS k_2 \quad \tau L \frac{dI_2}{dt} = nS \cdot \frac{9B_0}{4\tau}$$

$$I'' = \frac{3nSB_0}{28L} + \frac{nSB_0}{28L} = \frac{4nSB_0}{28L}$$

$$\Delta I_2 = \frac{9nSB_0}{28L\tau} \cdot \frac{\tau}{3} \rightarrow I'' - I' = \frac{3nSB_0}{28L\tau}$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА

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!

$$0q_1 + 0q_2 = q_2 = \frac{2nSB_0\tau}{188L} + \frac{5nSB_0\tau}{168L} = \frac{7nSB_0\tau}{168L}$$

$$\begin{array}{r} 84 \\ \times 2 \\ \hline 168 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 168 \\ 14 \overline{) 24} \\ \underline{28} \end{array}$$

$$q_2 = \frac{nSB_0\tau}{24L}$$

ответ



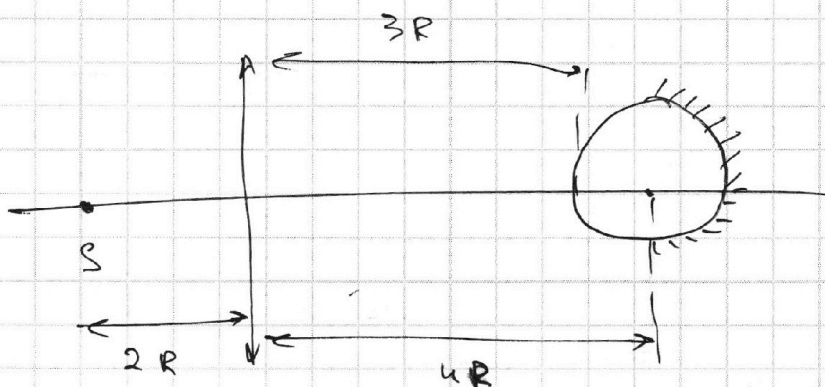
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

после пригвешения шара:





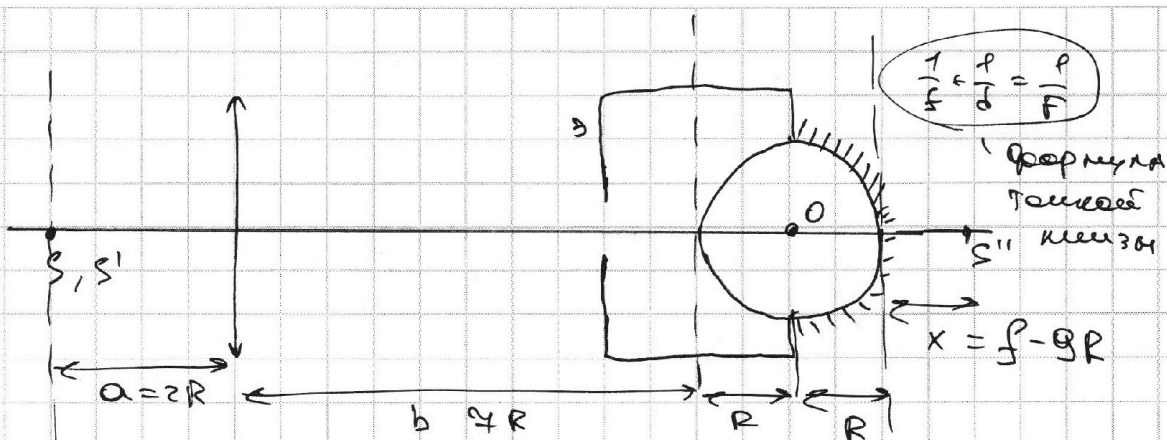
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

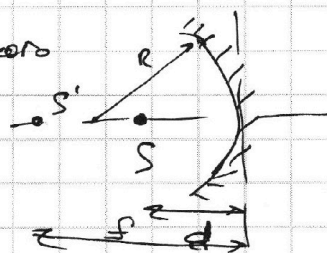
1 ИЗ 3

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!



или $b = 4R$, $S = S'$, S' совпадает с S при $n_{\text{ш}} = n_{\text{в}} = 1$ (для первого случая) затем преломления, поэтому $n_{\text{ш}} = n_{\text{в}} = 1$.

$$\frac{1}{f_{\text{сф}}} + \frac{1}{d_{\text{сф}}} = \frac{2}{R} \quad \text{для сферического зеркала}$$



Запишем условие формирования

изображения:

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{2}{R} \quad \text{f - расст. на котором был бы изобр. или отсутствием зеркала и шара}$$

в которой было бы изобр. при $n_{\text{ш}} = n_{\text{в}} = 1$ из задней поверхности зеркала.

$$x = f - gR \quad \text{или} \quad x = |f - gR|$$

если S'' за зеркалом,

$$-\frac{1}{x} + \frac{1}{d_{\text{сф}}} = \frac{2}{R} \quad \left(-\frac{1}{x}\right) \text{ т.к. источник световой.}$$

$$d_{\text{сф}} = \frac{Rx}{2x+R}$$

$$\frac{1}{d_{\text{сф}}} = \frac{2}{R} + \frac{1}{x} = \frac{2x+R}{Rx}$$

$d' = |d_{\text{сф}} - gR|$ - расст. от края зеркала, на котором наблюдалось бы изобр, если бы не было линзы

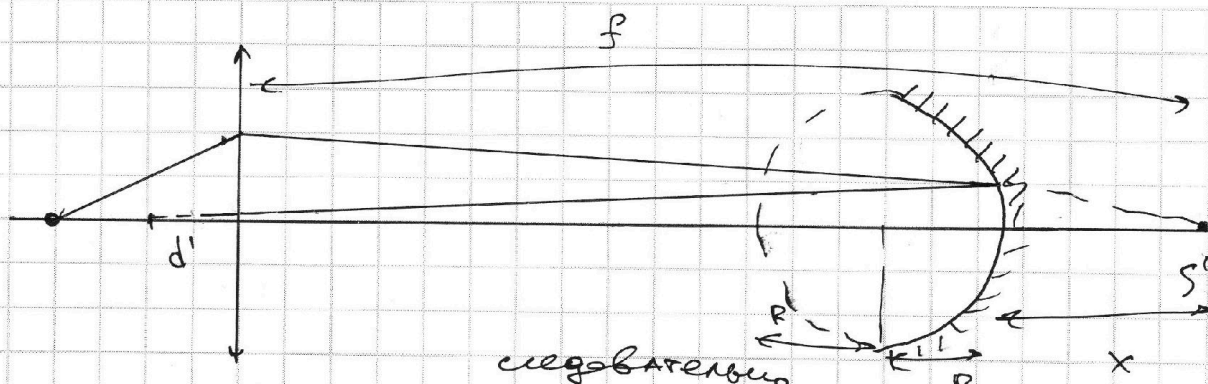


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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



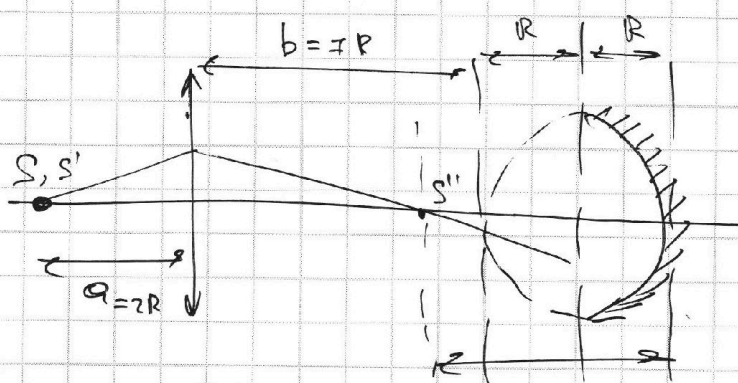
$$\frac{1}{d'} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F}$$

следовательно

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

$$-d' = f$$

(чего быть не может)



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{9R-f} + \frac{1}{d_{\text{доп}}} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{d_{\text{доп}}} \text{ макс } = \frac{1}{9R-f}$$

т.к. лучи должны вернуться в S.

$$\frac{4}{8R} + \frac{1}{8R} = \frac{1}{F}$$

Ответ

$$\frac{5}{8R} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{8}{5}R$$

$$F = 1,6R$$

$$\frac{2}{9R-f} = \frac{2}{R}$$

$$9R-f=R$$

$$f=8R$$



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!





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!

