



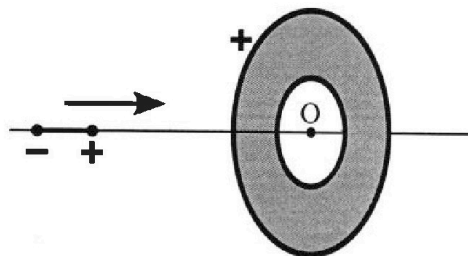
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



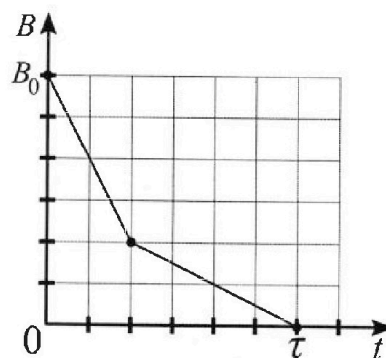
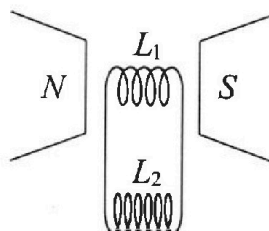
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



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

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

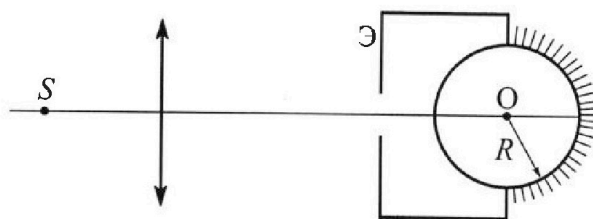
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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_1 в конце выключения внешнего поля.

2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (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 $b = 8F/3$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 2F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



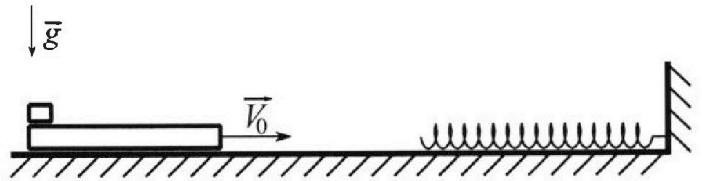
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

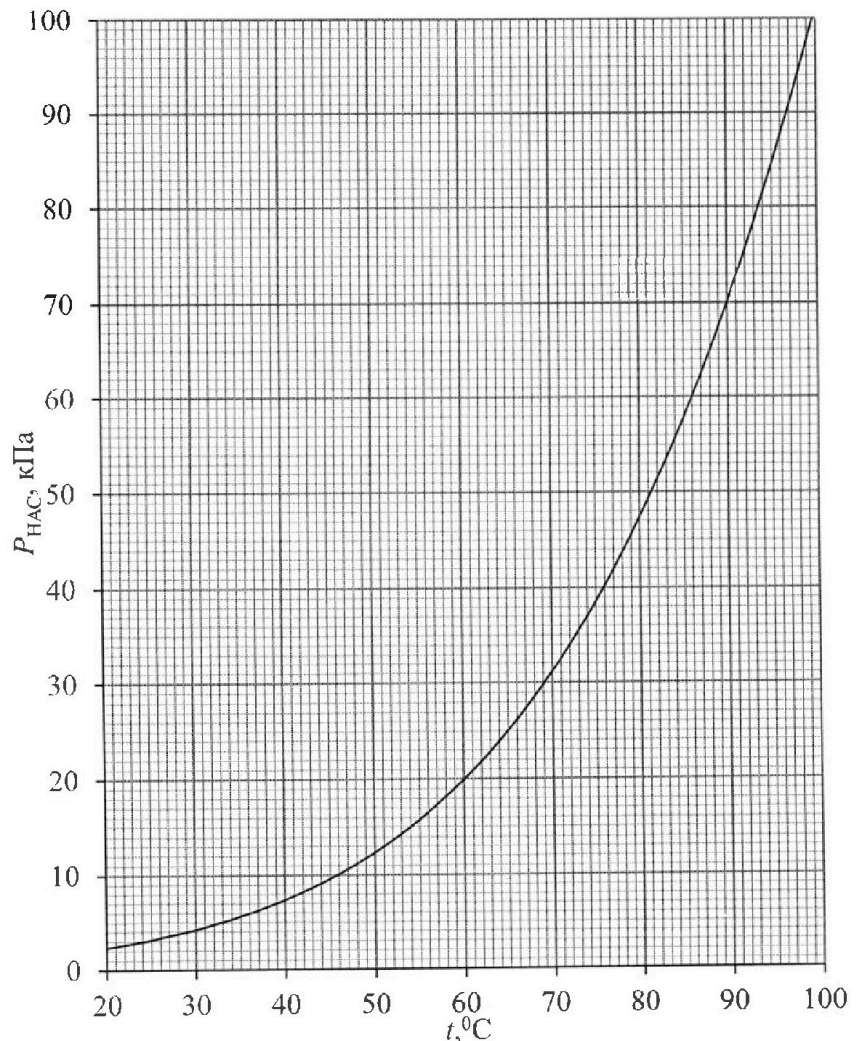


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 150$ кПа, температуре $t_0 = 86$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 2/3$ (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 46$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

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





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 8

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!

н.п.

Дано:

$$M = 2 \text{ кг};$$

$$m = 1 \text{ кг};$$

$$V_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$k = 27 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$\mu = 0,3;$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$\pi \approx 3;$$

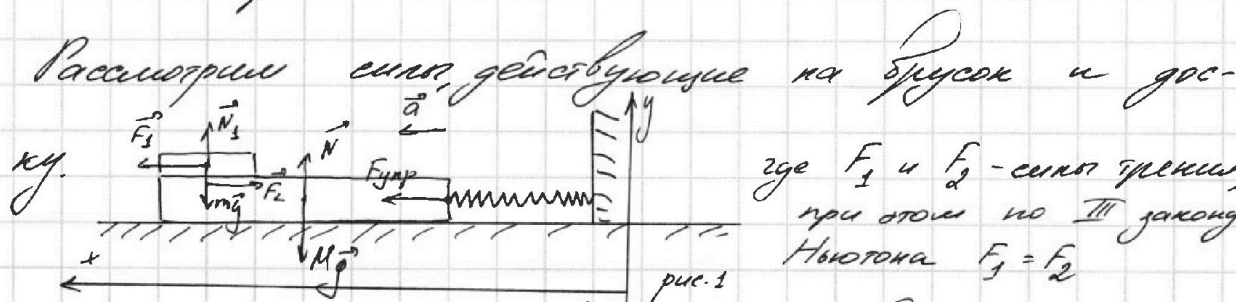
$$1) \Delta x_0 = ?$$

$$2) \Delta t = ?$$

$$3) \alpha_{\text{тр}} = ?$$

Решение

1. До момента, когда начнется относительное движение бруса и доски, они движутся как единое целое, т.е. их ускорения и скорости в любой момент времени до начала этого относительного движения равны.



Запишем 2-ой закон Ньютона для бруса и доски в некоторый момент времени. Примем ускорение в этот момент времени равным a , деформацию - Δx .

$$\text{Тогда } m\vec{a} = \vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_1$$

$$M\vec{a} = \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_2 + \vec{N} + M\vec{g}$$

$$\text{Ох: } \begin{cases} m\vec{a} = F_1 \\ M\vec{a} = F_{\text{упр}} - F_2 \end{cases}$$

$$F_1 = F_2$$

$$\vec{a}$$

$$\begin{cases} m\vec{a} = F_1 \\ M\vec{a} = F_{\text{упр}} - F_1 \end{cases}$$

$$\vec{a}$$



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 8

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!

$$Ma = F_{\text{упр}} - ma$$

$$a(M+m) = F_{\text{упр}}$$

$$F_{\text{упр}} = k \Delta x$$

$$a(M+m) = k \Delta x \Rightarrow a = \frac{k \Delta x}{M+m};$$

Эта зависимость будет сохраняться до того момента, когда начнётся относительное движение бруска и груза. Заметим, что при увеличении Δx , увеличивается и a . Но из системы $ma = F_1$, где F_1 - сила трения бруска о доску. И сила трения F_1 не может увеличиваться бесконечно, она имеет максимальное значение μN_1 (при этом $N_1 = mg$ - из II закона

Ньютона для бруска - проекция закона на Ox). - см. рис. 1.

Тогда максимальное значение ускорения $a = \frac{\mu N_1}{m} =$

$$= \frac{\mu mg}{m} = \mu g. \text{ Тогда статие пружины в этот}$$

момент $\Delta x_0 = \frac{a(M+m)}{k}$ (из формулы, которую мы ввели из системы)

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

$$\Delta x_0 = \frac{0,3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (2 \cdot 1 + 1 \cdot 1)}{27 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = \frac{15 \cdot 2}{27} \text{ м} = \frac{1}{3} \text{ м}$$



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 8

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) Заметим, что пока не касалось относительное движение бруска и доски, их можно рассматривать как единое целое (в дальнейшем будем называть это системой "брусок+доска", или просто объек). Тогда в этот отрезок времени объект совершает часть колебания.

$$m_{\text{об}} = m + M = 1\text{кг} + 2\text{кг} = 3\text{кг} - \text{масса объекта}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_{\text{об}}}{k}} - \text{по формуле для маятника}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi\sqrt{\frac{m_{\text{об}}}{k}}} = \sqrt{\frac{k}{m_{\text{об}}}};$$

$$\text{По формуле колебаний } x = X_m \sin(\omega t)$$

2) X_m - амплитуду колебаний найдем, если предположим что объект будет колебаться всё время там. Тогда по ЗСЭ (закону сохранения энергии):

$$\frac{m_{\text{об}} v_0^2}{2} = \frac{k X_m^2}{2} \cdot 2$$

$$X_m^2 = \frac{m_{\text{об}} v_0^2}{k}; \quad X_m = v_0 \sqrt{\frac{m_{\text{об}}}{k}}$$

$$X_m = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{3\text{кг}}{24 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}} = \frac{2}{3} \text{м}$$

Тогда $x = \frac{2}{3} \sin(\omega t)$, если за 0 взять координату



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 8

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!

объекта, когда он только коснулся пружины, а направление оси Ox на рис. 1 поменять на противоположное.

3) Мы нашли в п. 1) $\Delta x_0 = \frac{1}{3}$ м. При этом

$\Delta x_0 = x_1 - 0 = x_1$, где x_1 - координата в тот момент, когда начнется относительное движение бруска и доски

$x_1 = \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \sin(\omega t)$, где t - время, когда начнется относительное движение, при условии, что отсчет времени начинается в момент начала колебаний/касания пружины

Тогда искомое $\Delta t = t - 0 = t$;

$$\sin(\omega t) = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{2}{3}} = \frac{1}{2};$$

$$\omega t = 30^\circ \text{ или } \omega t = \frac{\pi}{6} \quad \left| \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{6} \right.$$

$\pi \approx 3.14$ по усн.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_{\text{бс}}}} = \sqrt{\frac{927 \text{ Н/м}}{1.3 \text{ кг}}} = 3 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \Rightarrow 3t = \frac{\pi}{6}$$

$$t = \frac{\pi}{18} \text{ с}$$

$$\Delta t = \frac{1}{6} \text{ с}$$



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.

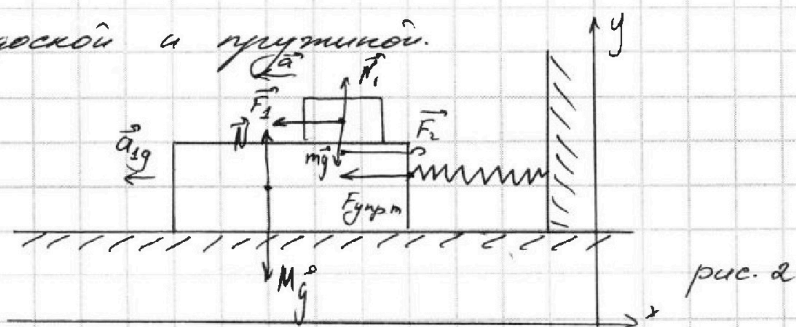
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
5 ИЗ 8

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) В момент начала относительного движения бруска и доски в ^{некоторые} последующие моменты до максимальной деформации пружины, ускорение бруска будет равно $a = \mu g = 0,3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
При этом ускорение доски будет только расст.
Значит, брусок будет двигаться влево (см. рис. 1).
Далее, т.к. ускорение доски будет больше или равно ускорению бруска в любой момент времени до максимальной деформации пружины, доска остановится первой, чем брусок. Так как по условию доска длинная, то брусок не успеет еще остановиться, а его ускорение так же будет равно $a = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Рассмотрим, что станет в этот момент с бруском, доской и пружиной.





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

6 ИЗ 8

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!

При этом скорость бруска ещё не стала 0.

2) Запишем 2ой закон Ньютона для бруска

и доски:

$$m\vec{a} = \vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_1$$

$$M\vec{a}_{1g} = \vec{N}_2 + M\vec{g} + \vec{F}_2 + \vec{F}_{упр.m}$$

$$Ox: ma = F_1 = \mu mg \Rightarrow a = \mu g$$

$$Ma_{1g} = F_{упр.m} - F_2 \Rightarrow Ma_{1g} = kx_m - \mu mg;$$

$$a_{1g} = \frac{kx_m}{M} - \frac{\mu mg}{M} = \frac{kx_m - \mu mg}{M};$$

Нужно найти x_m .

3) Найдём v_1 - скорость в момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.

По формуле колебаний гарм. маятника:

$$v = x_m \omega (\sin(\omega t))$$

$$v_1 = \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} = 1 \text{ (м/с)}$$

Перейдём в неинерциальную систему отсчёта, связанную с доской. Тогда в ней найдём относительное ускорение бруска $a_{отн}$.



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
7 ИЗ 8

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!

$$m a_{отн} = m a_{доски} - F_f \quad (F_f = \mu m g)$$

$$a_{отн} = a_{доски} - \mu g$$

При этом в ИСО (в лабораторной системе отсчета)

для доски действует следующий 2-й закон Ньютона:

$$M \vec{a}_{доски} = \vec{F}_{упр.} + \vec{F}_2 + M \vec{g} + \vec{N}$$

От: $M a_{доски} = F_{упр.}$, где $a_{доски}$ - ускорение доски в любой момент времени

$F_{упр.}$ - сила упругости дейст. в любой момент времени

Тогда $M a_{доски} = k(x + x_0) \pm$
или

$$M a_{доски} = k \Delta x_{полн}, \quad \Delta x_{полн} - \text{статическая деформация}$$

$$a_{доски} - \frac{k}{M} \Delta x_{полн} = 0 - \text{уравнение колебаний}$$

$$\text{с } \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

Далее можно составить уравнение колебаний: $x = x_m \sin(\omega t)$

~~$$x = x_m \sin(\omega t) + \frac{M g}{k} \sin \alpha_0, \text{ где } t = t_1 - t_0$$~~

Пусть t_1 - некий координатный момент времени, т.е. время, когда деформация пружины максимальна.



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
8 ИЗ 8

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 Π с изменением кинетической

энергии: для бруска: $\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = |A_{\text{тр}}|$

По Π с изменением полной механической энергии:
для (доски + брусок): $\frac{(m+M)v_1^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} = 0;$

$$\frac{Mv_1^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

По Π с изменением полной механической энергии

для доски: $\frac{Mv_1^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx_m^2}{2} = |A_{\text{тр}}|$

$$\frac{Mv_1^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2};$$

$$\frac{(M-m)v_1^2}{2} + \frac{k(x_0^2 - x_m^2)}{2} = \dots$$

Ответ: (1) $\Delta x_0 = \frac{1}{3} \text{ м}$

(2) $\Delta t = \frac{1}{6} \text{ с}$

(3) -



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!

№2

Дано:

$$p_0 = 150 \text{ кПа};$$

$$t_0 = 86^\circ \text{C};$$

$$\varphi_0 = \frac{2}{3} (66,7\%)$$

$$t = 46^\circ$$

$$1) p_1 = ? \quad 2) t^*$$

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

Решение

$$\textcircled{1} \varphi_0 = \frac{p_1}{p_{\text{нас.о}}}$$

$$p_{\text{нас.о}} = p_{\text{нас}}(t_0 = 86^\circ \text{C}) = 60 \text{ кПа} -$$

- из графика в условии - давление насыщ. пара при $t_0 = 86^\circ \text{C}$

$$p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас.о}} = \frac{2 \cdot 60 \text{ кПа}}{3} = 40 \text{ кПа};$$

$$\textcircled{2} 1) p_0 = p_{\text{сух.о}} + p_1, \text{ где } p_1 - \text{парциальное давление водяного пара при } 86^\circ \text{C}$$

$p_{\text{сух.о}}$ - парциальное давление сухого воздуха (т.е. воздуха без водяного пара)

2) Пар, по условию, считаем идеальным газом.

Тогда по ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu_n R T_0, \text{ где } V_1 - \text{изначальный объём сосуда / объём кот. змешивает влажный воздух}$$

ν_n - кол-во молей водяного пара

$T_0 = t_0 + 273$ - температура t_0 в Кельвинах

3) Конденсация пара начнётся когда $\varphi_2 = 100\%$, т.е.

$p_2 = p_{\text{нас}}(T)$ - парциальное давление водяного пара равно



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!

насыщенному давлению при температуре, при которой начнется конденсация. При этом, по ур-ю Менделеева-Клапейрона: $p_2 V_2 = \nu_n RT$, где V_2 - объем, который стал занимать насыщенный пар при T .

ν_n - кол-во молей пара
 ν_n - воды
(останется тем же, так как конденсация только начнется, и ν_n ещё не успеет измениться)

T - температура, при которой начнется конденсация, в К (Кельвинах)

4) Тогда $\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_0}{T}$; $\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_0 V_2}{T V_1}$;

5) Сухой воздух также является идеальным газом.

Запишем ур-я Менделеева-Клапейрона для

сухого воздуха: $\begin{cases} p_{\text{сух.0}} V_1 = \nu_{\text{сух}} RT_0, & \text{где } \nu_{\text{сух}} - \text{кол-во молей} \\ & \text{сухого воздуха} \\ p_{\text{сух.2}} V_2 = \nu_{\text{сух}} RT; & p_{\text{сух.2}} - \text{давление сухого} \\ & \text{воздуха при } T \end{cases}$

$$\frac{p_{\text{сух.0}} V_1}{p_{\text{сух.2}} V_2} = \frac{T_0}{T}; \Rightarrow \frac{p_{\text{сух.0}}}{p_{\text{сух.2}}} = \frac{T_0 V_2}{T V_1};$$

6) Т.к. поршень массивный, давление окружающего цилиндра газа (или его отсутствие) не изменяются, поэто-



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!

му давление влажного воздуха в цилиндре не изменяется.

7) Пусть p_{02} - давление влажного воздуха в цилиндре при температуре T

$$\text{Тогда } p_{02} = p_{01}$$

$$p_{\text{сух.2}} + p_2 = p_{\text{сух.0}} + p_1$$

8) Пусть $\frac{T_0 V_2}{T V_1} = k \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{p_{\text{сух.0}}}{p_{\text{сух.2}}} = k$ - из предыдущих пунктов.

$$p_1 = k p_2; p_{\text{сух.0}} = k p_{\text{сух.2}}$$

$$p_{\text{сух.2}} + p_2 = k p_{\text{сух.2}} + k p_2$$

$$p_{\text{сух.2}} + p_2 = k(p_{\text{сух.2}} + p_2) \Rightarrow k = 1 \Rightarrow \frac{T_0 V_2}{T V_1} = 1;$$

$$p_2 = p_{\text{нас}}(T) = k p_1 = 1 \cdot p_1 = p_1$$

$$p_{\text{нас}}(T) = p_1$$

$$p_1 = 40 \text{ кПа} - \text{из п. 1)}$$

$$\Rightarrow p_{\text{нас}}(T) = 40 \text{ кПа}$$

Найдём по графику температуру t^* в $^{\circ}\text{C}$

(T у нас было в К, т.е. это та же температура в других ед. измер.)

$$t^* = 76^{\circ}\text{C} -$$

- из графика в условии

3. 1) После t^* ^{отношение} парциального давления водяного пара



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!

к насыщенному давлению пара при температуре в конд. мом. фр. меняться не будет, т.е. оно всегда $\varphi = 100\%$, но будет происходить конденсация.

Тогда при $t = 46^\circ\text{C}$ (или $T_k = t + 273$ - эта же температура, но в К, Кельвинах) у нас в сосуде будет давление $p_3 + p_{\text{сух.к}}$, где $p_{\text{сух.к}}$ - давление сухого воздуха при T_k
 p_3 - давление насыщенного пара при T_k (t).

При этом оно будет равно p_0 (по тем же причинам, что и в п.б, ②). Т.е. $p_0 = p_3 + p_{\text{сух.к}}$

$$p_3 = p_{\text{нас}}(t = 46^\circ\text{C}) = 10 \text{ кПа}$$

$$p_{\text{сух.к}} = 150 \text{ кПа} - 10 \text{ кПа} = 140 \text{ кПа}$$

$$2) \text{ Из п. 1, ②: } p_0 = p_{\text{сух.о}} + p_1 \Rightarrow p_{\text{сух.о}} = p_0 - p_1 = 150 \text{ кПа} - 40 \text{ кПа} = 110 \text{ кПа}$$

$$\frac{p_{\text{сух.о}}}{p_{\text{сух.к}}} = \frac{110 \text{ кПа}}{140 \text{ кПа}} = \frac{11}{14}$$

Из ур-я Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{p_{\text{сух.о}} R T_0}{V_0} = p_{\text{сух.о}} ; \frac{p_{\text{сух.к}} R T_k}{V} = p_{\text{сух.к}}, \text{ где } V - \text{объём содержащего в конце остывания}$$

$$\frac{p_{\text{сух.о}}}{p_{\text{сух.к}}} = \frac{11}{14} = \frac{\frac{p_{\text{сух.о}} R T_0}{V_0}}{\frac{p_{\text{сух.к}} R T_k}{V}} = \frac{T_0 \cdot V}{V_0 \cdot T_k} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{11 T_k}{14 T_0}$$

Тогда:



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!

$$T_k = t + 273 = 46 + 273 = 319(K)$$

$$\begin{array}{r} + 273 \\ 46 \\ \hline 319 \end{array}$$

$$T_o = t_o + 273 = 86 + 273 = 359(K)$$

$$\begin{array}{r} + 273 \\ 86 \\ \hline 359 \end{array}$$

и

$$\frac{V}{V_o} = \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359} = \frac{3509}{5026};$$

$$\begin{array}{r} \times 319 \\ 11 \\ \hline 319 \\ + 319 \\ \hline 3509 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 359 \\ 14 \\ \hline 1436 \\ + 359 \\ \hline 5026 \end{array}$$

Ответ: ① $p_1 = 40 \text{ кПа};$

② $t^* = 76^\circ \text{C};$

③ $\frac{V}{V_o} = \frac{3509}{5026};$



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



СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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

✓ 3.

Дано: V_0 и $2V_0$;

Решение: Найти: 1) V_2 ?

2) $V_{\max} - V_{\min} = ?$

Решение

① Чтобы пролетело, нужно, чтобы $V_{\text{н.т.о}} \geq 0$

$$\frac{mV_0^2}{2} = A_{\text{сопр}}$$

$$\frac{m(2V_0)^2}{2} = A_{\text{сопр}} + \frac{mV_2^2}{2};$$

$$\frac{mV_2^2}{2} = \frac{m(2V_0)^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2}$$

$$= \frac{m}{2}(4V_0^2 - V_0^2) = \frac{3mV_0^2}{2} \quad | : \frac{m}{2}$$

$$V_2^2 = 3V_0^2$$

$$V_2 = V_0\sqrt{3};$$

Ответ: ① $V_2 = V_0\sqrt{3}$

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

Дано:

$$L_1 = L;$$

$$L_2 = 4L;$$

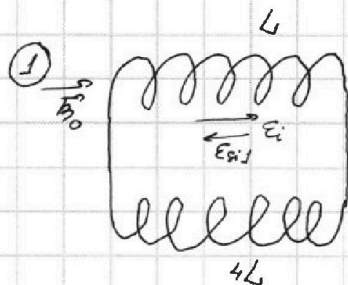
$$n_1 S_1; B_0;$$

$\tau;$

$$1) I_0 = ?$$

$$2) q_1 = ?$$

Решение



~~по закону (до выключения)~~

$$E_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{n S_1 \Delta B}{\Delta t};$$

$$\frac{|E_i|}{n} = \frac{|E_{i2}|}{4} = \frac{1}{4} \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$E_{i1} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}; \quad E_{i2} = -4L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$|E_i - E_{i2}| = |E_{i2}|;$$

$$- \frac{n S_1 (0 - B_0)}{\tau} - \frac{L (I_0 - 0)}{\tau} = 4L \frac{(I_0 - 0)}{\tau}; \quad \cdot \tau$$

$$n S_1 B_0 - L I_0 = 4L I_0;$$

$$n S_1 B_0 = 5L I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{n S_1 B_0}{5L};$$

2) По аналогии разобьём график на 2 части: до "перелома" и после. $t_1 = \frac{2}{6} \tau = \frac{\tau}{3}; \quad t_2 = \frac{2\tau}{3}.$

В процессе 1: по аналогии к п. 1):

$$- \frac{n S_1 \left(\frac{B_0}{3} - B_0 \right)}{t_1} - \frac{L (I - 0)}{t_1} = 4L \frac{(I - 0)}{t_1}; \quad \cdot t_1$$

$$\frac{2 B_0 n S_1}{3} - L I = 4L I; \Rightarrow I = \frac{2 B_0 n S_1}{15L};$$

$$\frac{2 B_0 n S_1}{3} = 5L \cdot \frac{\Delta q_1}{t_1} \Rightarrow \Delta q_1 = \frac{2 B_0 n S_1}{15L} \cdot \frac{2\tau}{3} = \frac{4 n B_0 S_1 \tau}{45L}$$



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!

Аналогично с процессом 2:

$$- \frac{nS_1 \left(0 - \frac{2I_0}{3}\right)}{t_2} - \frac{L(I_0 - I)}{t_2} = 4L \frac{(I_0 - I)}{t_2} \cdot t_2$$

$$\frac{nS_1 I_0}{3} - LI_0 + LI = 4LI_0 - 4LI;$$

$$\frac{nS_1 I_0}{3} = 5(LI_0 - LI) = 5L(I_0 - I);$$

$$\Delta I_2 = I_0 - I = \frac{nS_1 I_0}{5L} - \frac{2I_0 nS_1}{15L} = \frac{I_0 nS_1}{15L};$$

Разделим разность ур-е на t_2 :

$$\frac{nS_1 I_0}{3t_2} - \frac{nS_1 I_0 t_2}{3} = 5L \Delta q_2$$

$$\Delta q_2 = \frac{nS_1 I_0 t_2}{15L} = \frac{nS_1 I_0 \cdot 2\tau}{45L} = \frac{2\tau nS_1 I_0}{45L}$$

$$q_1 = \Delta q_1 + \Delta q_2 = \frac{4nI_0 S\tau}{45L} + \frac{2\tau nS_1 I_0}{45L} =$$

$$= \frac{2nI_0 S\tau}{15L} = \frac{2I_0 S\tau n}{15L};$$

Ответ:

① $I_0 = \frac{nS_1 I_0}{5L}$

② $q_1 = \frac{2I_0 S\tau n}{15L};$



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!

№5.

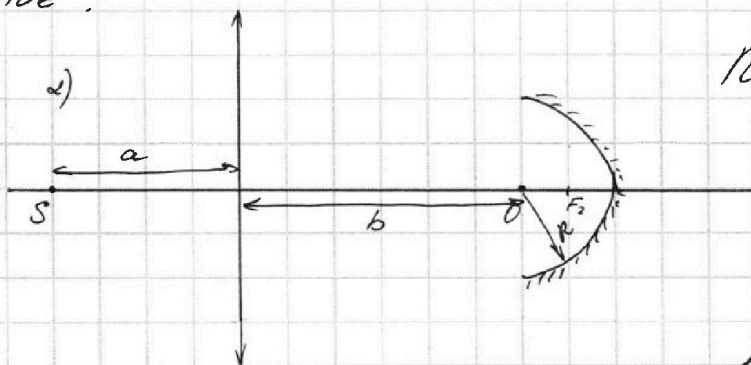
Дано: F ; $a = 1,5F$; $b = \frac{8F}{3}$; (в н.д. $\Delta = 2F$)

Найти: 1) R 2) $n_{\text{шара}}$

Решение

① 1) Если в том случае совпадение происходит при любом показателе преломления вещ-ва, то можем принять его равным 1.

Тогда отклонение лучей не происходит и мы можем рассматривать ^{не} систему "линза-шар", а систему "линза-^{сферическое} зеркало, возмущение".



По формуле тонкой линзы:

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

$$\begin{aligned} \frac{1}{l} &= \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \\ &= \frac{1}{1,5F} - \frac{1}{1,5F} = \frac{25}{15F} = \frac{5}{3F} \\ &= \frac{1}{3F} \Rightarrow l = 3F \end{aligned}$$

$$3F > \frac{8F}{3} \Rightarrow l > b$$



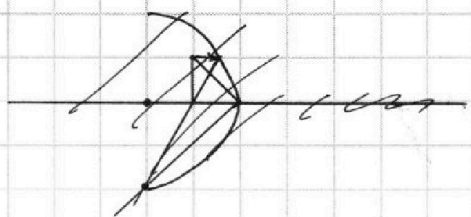
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Чтобы изображение после зеркала и после линзы
попало обратно в S необходимо, чтобы после
зеркала оно вернулось в ту же точку. ~~Это воз-~~
~~можно только тогда~~ $b = b + \frac{R}{2}$



По формуле сферического
зеркала:

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

$$d = b + R - l = R - \frac{R}{3} = \frac{2R - F}{3};$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{2}{R} - \frac{1}{d} = -\frac{2}{R} - \frac{3}{2R - F} = \frac{-6R + 2F - 3R}{(3R - F)R};$$

$$= \frac{2F - 9R}{(3R - F)R} \Rightarrow f = \frac{(3R - F)R}{2F - 9R};$$

$$\frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1 f} = \frac{1}{f} \text{ — по формуле тонкой линзы}$$

$$f_2 = 3F = b - f = \frac{2F}{3} - \frac{(3R - F)R}{2F - 9R};$$

$$16F^2 - 69FR - 9R^2 = 18F^2 - 81FR$$

$$9R^2 + 2F^2 - 12FR = 0; \quad \frac{D}{4} = 36F^2 - 18F^2 = 18F^2 = (9\sqrt{2}F)^2 > 0$$

$$R = \frac{6F \pm 9\sqrt{2}F}{9} = \frac{(2 \pm 3\sqrt{2})F}{3}; \text{ берём с } "+"$$

$$R = \frac{2 + 3\sqrt{2}}{3} F;$$

Ответ: ① $R = \frac{2 + 3\sqrt{2}}{3} F$



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
из

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

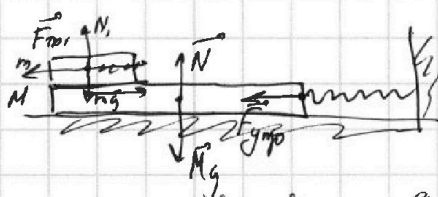
ЧЕРНОВИК

~~112~~

Проверим: $P_{\text{рух.к}} = 150 \text{ кПа} - 40 \text{ кПа} = 110 \text{ кПа}$ $a = \frac{k \Delta x}{m+M}$

$P_{\text{рух.о}} = 150 \text{ кПа} - 40 \text{ кПа} =$

и 1



$F_{\text{тр1}} = \mu mg \Rightarrow ma = F_{\text{тр}} = a = \frac{\mu mg}{m}$ $\omega t = \frac{\pi}{6}$

$Ma = F_{\text{спр}} - F_{\text{тр2}} = k \Delta x$

Если Δt Δt времени

$a_1 = \frac{\mu mg}{m}$

$a_2 = \frac{k \Delta x}{m} - \frac{M}{M} \mu g$

или система, то

$ma = F_{\text{тр1}}$

$Ma = F_{\text{спр}} - F_{\text{тр2}} = F_{\text{спр}} - F_{\text{тр1}} \Rightarrow F_{\text{спр}} = (m+M)a = k \Delta x; \Rightarrow a = \frac{k \Delta x}{m+M}$

$\frac{(m+M)\omega_0^2}{2} = \frac{(m+M)\omega^2}{2} + \frac{k \Delta x^2}{2} \cdot 2$ $\omega^2 - \omega_0^2 = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2} = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2}$

$(m+M)\omega^2 = (m+M)\omega_0^2 + k \Delta x^2 \cdot \frac{m^2}{2} \cdot \frac{M}{2} = \frac{m \omega^2}{2} + \frac{M \omega^2}{2} = \frac{(m+M)\omega^2}{2}$

$2k \Delta x^2 = k \Delta x^2$

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

$\omega = 2\pi \nu = \frac{2\pi}{T}$

$\omega = 2\pi \nu = \frac{2\pi}{T}$

$\omega = \frac{2\pi}{2\pi \sqrt{\frac{m+M}{k}}} = \sqrt{\frac{k}{m+M}}$ $(m+M)\omega_0^2 = \frac{k X_{\text{м}}^2}{2}$ $X_{\text{м}}^2 = \frac{(m+M)\omega_0^2}{k}$ $X_{\text{м}} = \omega_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{21}{205}} = \frac{2}{3}$

$a + \omega^2 x = 0; x_0 = 21 \text{ см}; X_{\text{м}} = \omega_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{21}{205}} = \frac{2}{3}$

По момента $F_{\text{тр1}} = \mu mg \Rightarrow k \Delta x = (m+M) \mu g$

$\frac{M \omega^2}{2} + \frac{k X_{\text{м}}^2}{2} = \frac{(m+M) \omega^2}{2} \Rightarrow \frac{k X_{\text{м}}^2}{2} = \frac{(m+M) \omega^2}{2} \Rightarrow X_{\text{м}} = \omega_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{21}{205}} = \frac{2}{3}$



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!

ЧЕРНОВИК

меняться не будет, но будет происходить конденсация.

Тогда при $t = 46^\circ\text{C}$ (или $T_k = t + 273$ - эта же температура, но в К - Кельвинах) у нас в сосуде будет давле-

ние $P_{\text{эт}} + P_{\text{сух.к}}$, где $P_{\text{сух.к}}$ - давление сухого воздуха при T_k .
 $P_{\text{эт.к}}$ - давл. нас. при T_k .

При этом оно будет равно P_0 (но тем же признакам, что и в п. 6, 2). Тогда

$$P_0 = P_1 + P_{\text{сух.0}} = P_2 + P_{\text{сух.к}} \Rightarrow P_{\text{сух.0}} = P_{\text{сух.к}}$$

$$P_1 = P_2 \text{ (п. 8, 2)}$$

$$\frac{1}{2k} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

Из ур-я Менделеева - Клапейрона:

$$P_0 = 10 \text{ кПа} + P_{\text{сух.к}} \quad \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_{\text{сух.к}} V}{T_k} \quad \text{где } V - \text{объем содержащегося в конце отсавания}$$

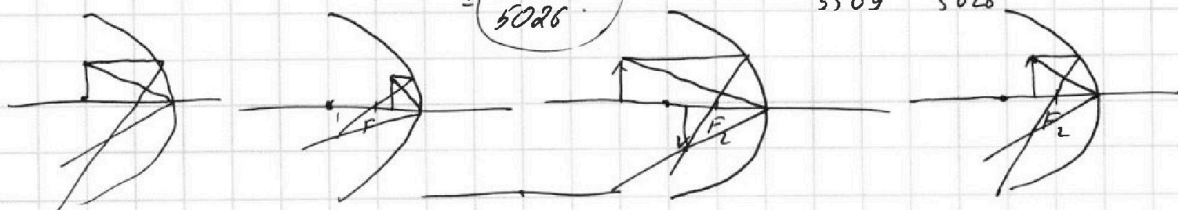
$$P_{\text{сух.к}} = 140 \text{ кПа}$$

$$P_{\text{сух.0}} = 110 \text{ кПа}$$

$$\frac{P_{\text{сух.0}}}{P_{\text{сух.к}}} = \frac{11}{14} = \frac{P_{\text{сух.0}} R T_0 \cdot V}{V_0 \cdot P_{\text{сух.к}} R T_k} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{T_k}{T_0} = \frac{46 + 273}{86 + 273} = \frac{319}{359}$$

$$= \frac{T_0 V}{V_0 T_k} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{11 T_k}{14 T_0} = \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359} = \frac{3509}{5026}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{319} \quad \sqrt{359} \\ \begin{array}{r} \sqrt{11} \\ 319 \\ + 319 \\ \hline 3509 \end{array} \quad \begin{array}{r} \sqrt{14} \\ 359 \\ + 359 \\ \hline 5026 \end{array} \end{array}$$





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
3 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!

$$16F^2 - 69FR - 9R^2 = 18F^2 - 81FR;$$

$$\begin{array}{r} 81 \\ -69 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$9R^2 + 2F^2 - 12FR = 0;$$

$$9R^2 - 12FR + 2F^2 = 0;$$

$$\frac{D}{4} = 36F^2 - 18F^2 = 18F^2 = (9\sqrt{2}F)^2 > 0;$$

$$R = \frac{6F \pm 9\sqrt{2}F}{9} = \frac{2F \pm 3\sqrt{2}F}{3};$$

$$R = \frac{(2-3\sqrt{2})F}{3} - \text{не юг.}$$

$$R = \frac{(2+3\sqrt{2})F}{3};$$

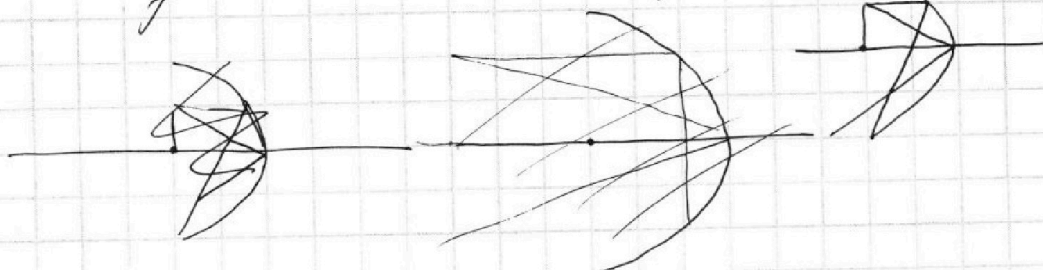
$$\frac{2F + 3\sqrt{2}F}{3}$$

II случай $l > b + R \Rightarrow d = l - b = \frac{F}{3}$

$$\frac{1}{\frac{F}{3}} - \frac{1}{f} = -\frac{2}{R} \quad | \cdot (-1)$$

$$\frac{3}{F} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R}; \quad \text{Наш случай}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{R} - \frac{3}{F} = \frac{2F - 3R}{RF} \Rightarrow f = \frac{RF}{2F - 3R}$$





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!

1 случай. $l < b + R$ ^{ЧЕРНОВИК}

По формуле сферического зеркала

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

$$d = b + R - l = R - \frac{F}{3} = \frac{3R - F}{3}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= -\frac{2}{R} - \frac{1}{d} = -\frac{2}{R} - \frac{3}{3R - F} = \frac{-6R + 2F - 3R}{(3R - F)R} = \\ &= \frac{2F - 9R}{(3R - F)R} \Rightarrow f = \frac{(3R - F)R}{2F - 9R} \end{aligned}$$

~~По формуле тонкой линзы~~

~~Чтобы у нас получился мнимый образ в S, должен быть, где-то, мнимый образ зеркала, который в ту же точку, то $d = 2f_2 = 2 \cdot \frac{R}{2} = R$~~

~~$\frac{1}{f_2} + \frac{1}{1.5F} = \frac{1}{F}$, - по формуле тонкой линзы~~

~~$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{1.5F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow \frac{1}{3F} = \frac{2F - 9R}{(3R - F)R}$~~

~~$f_2 = 3F$~~

~~$3R^2 - FR - 6F^2 = 18FR$~~

~~$f_2 = b + R - f = \frac{8F}{3} - \frac{(3R - F)R}{2F - 9R} = \frac{16F^2 - 72FR - 9R^2 + 3FR}{3(2F - 9R)}$~~

~~$= 3F$~~

~~$16F^2 - 69FR - 9R^2 = 3F(6F - 27R)$~~