



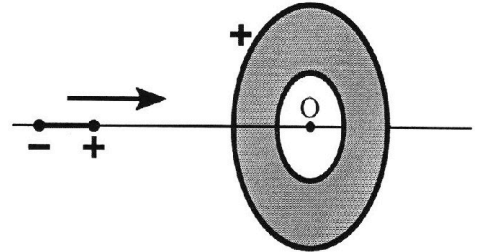
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

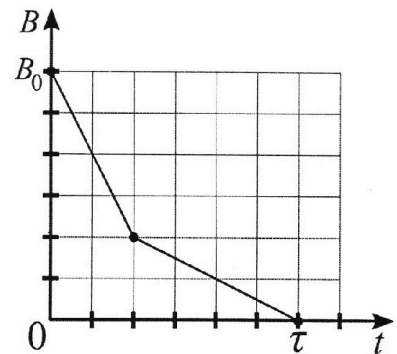
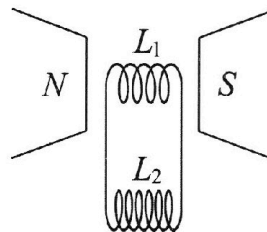


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



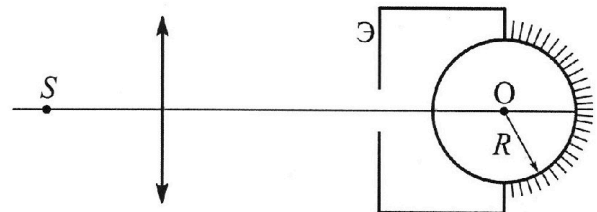
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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.

О 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



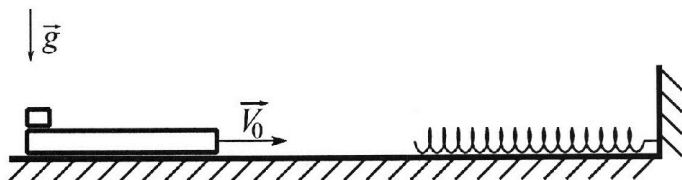
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

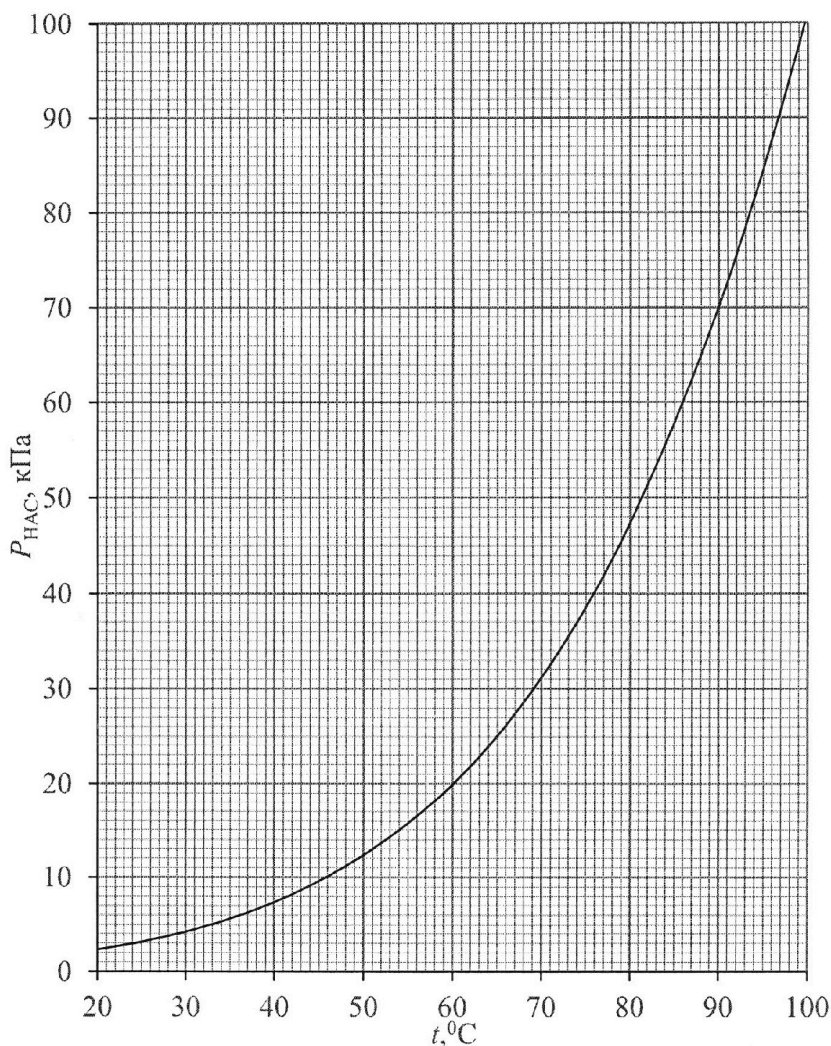


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.

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



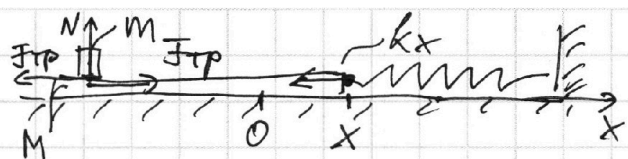


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

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



Мы получили уравнение гармонических колебаний, оно будет верно пока $F_{TP} \leq MN$ где $N = mg$ по II з-ту Ньютона для груза в проекции на вертикаль.

$$x = A \sin \omega t +$$

$$x(t=0) = 0$$

$$\dot{x}(t) = A\omega \cos \omega t +$$

$$\dot{x}(t=0) = V_0 = A\omega$$

Запишем II з-н Ньютона на OX для груза:

$$\begin{cases} -F_{TP} = ma \\ a = -\frac{kx}{M+m} \end{cases} \Rightarrow F_{TP} = \frac{kxM}{M+m}$$

$$x_0 = \frac{\mu g (M+m)}{k} = \frac{kx_0 M}{M+m} = \mu mg$$

$$x_0 = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot (2+1)}{27} = \frac{1}{3} \text{ (м)} \approx 0,33 \text{ (м)}$$

Вернёмся к $x(t) = A \sin \omega t$; $A = \frac{V_0}{\omega}$

$$x(t_0) = x_0 = \frac{V_0}{\omega} \sin \omega t_0 \Rightarrow \sin \omega t_0 = \frac{x_0 \omega}{V_0}$$

$$\sin \omega t_0 = \frac{1}{3} \text{ (м)} \cdot 3 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right) \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\text{с}}{\text{м}} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\omega t_0 = \frac{\pi}{6} \Rightarrow t_0 = \frac{\pi}{6\omega} \quad t_0 \approx \frac{3}{6 \cdot 3} \text{ (с)} = \frac{1}{6} \text{ (с)}$$

1) Запишем II з-н Ньютона в проекции на OX для системы в целом, пока не началось проскальзывание (брус и доска будут вести себя как единое целое):

$$(M+m)a = -kx$$

$$a = \ddot{x}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M+m} x = 0$$

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

$$\omega = \sqrt{\frac{27}{3}} \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right) = 3 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right)$$

она возрастает с ростом x до момента $F_{TP} = \mu mg$, то есть в момент когда начнётся ~~относительное~~ проскальзывание



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!

3) когда начнется относительное движение бруска и доски $F_{\text{тр}} = \mu mg$ и до момента максимального сжатия точка не будет меняться. Тогда для доски и з-н Ньютона:

$$MA_1 = -kx + F_{\text{тр}}$$

$$A_1 = \ddot{x}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$\Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M}x - \frac{\mu mg}{M} = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}\left(x - \frac{\mu mg}{k}\right) = 0$$

$$x(t) = B \cos(\bar{\omega}t + \varphi_0) + \frac{\mu mg}{k}$$

$$\bar{\omega}_1 = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$x(t=0) = x_0 = B \cos \varphi_0 + \frac{\mu mg}{k}$$

$$\bar{\omega}_1 = 3 \sqrt{\frac{3}{2}} \text{ (рад/с)}$$

(время отсчитывается от начала проскальзывания)

$$\dot{x}(t=0) = A\bar{\omega} \cos \bar{\omega}t_0 = V_0 \frac{\sqrt{3}}{2} = -B\bar{\omega} \sin \varphi_0$$

$$B \cos \varphi_0 = \frac{\mu g(M+m)}{k} - \frac{\mu mg}{k} = \frac{\mu M g}{k}$$

$$\frac{V_0 \sqrt{3}}{2} = -B\bar{\omega}_1 \cos \varphi_0$$

$$\frac{V_0 \sqrt{3}}{2} = -\frac{\mu M g}{k} \cdot k \cdot \sin \varphi_0 = \bar{\omega}_1 \sin \varphi_0 \cdot \frac{\mu M g}{k}$$

$$\tan \varphi_0 = -\frac{V_0 \sqrt{3}}{2\bar{\omega}_1} \cdot \frac{k}{\mu M g}$$

$$\tan \varphi_0 = -\frac{V_0 \sqrt{3}}{2 \cdot 3 \sqrt{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{27}{4 \cdot 2} = -\frac{3}{\sqrt{2}}$$

$$\ddot{x}(t) = -B\bar{\omega}_1^2 \cos(\bar{\omega}_1 t + \varphi_0) = -\frac{3}{\sqrt{2}}$$

$$\dot{x}(t=0) = A\bar{\omega} \cos \bar{\omega}t_0 = V_0 \frac{\sqrt{3}}{2} = -B\bar{\omega}_1 \sin \varphi_0$$

$$\tan \varphi_0 = -\frac{3}{\sqrt{2}} \quad |\cos \varphi_0| = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2 \varphi_0}} = \frac{1}{\sqrt{1+9}} = \frac{1}{\sqrt{10}}$$

Ускорение доски в момент максимального сжатия максимально и направлено против оси Ox.

$$|A_1| = B\bar{\omega}_1^2 = \frac{\mu M g}{k} \cdot \frac{11}{2} = \mu g \sqrt{\frac{11}{2}} \quad (A_1 = 3 \sqrt{\frac{11}{2}} \text{ (с)})$$



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
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!

1) $t_0 = 86^\circ\text{C}$ по графику находим $p_{\text{нас}}(t_0) = 60 \text{ кПа}$ Φ $p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}(t_0)$
 $p_1 = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ кПа} = 40 \text{ кПа}$

2) При охлаждении пока $t \geq t^*$ парциальное давление пара меняться не будет; можем ~~это~~ показать, что при t^* $p_{\text{нас}}(t^*) = p_1$; Также надо учесть, что суммарное давление в сосуде вода p_0 так как внешнее давление переноса не меняется. Тогда:

$$\begin{cases} (p_0 - p_1) V_0 = \nu_0 R T_0 \\ (p_0 - p_{\text{нас}}(t^*)) V^* = \nu_0 R T^* \\ p_1 V_0 = \nu_n R T_0 \\ p_{\text{нас}}(t^*) V^* = \nu_n R T^* \end{cases} \quad \begin{aligned} \frac{p_{\text{нас}}(t^*)}{p_1} &= \frac{p_0 - p_{\text{нас}}(t^*)}{p_0 - p_1} \\ p_{\text{нас}}(t^*) p_0 - p_{\text{нас}}(t^*) p_1 &= p_0 p_1 - p_1 p_{\text{нас}}(t^*) \end{aligned}$$

По графику находим, что $p_{\text{нас}} = p_1 = 40 \text{ кПа}$ при $t^* = 76^\circ\text{C}$

3) при $t < t^*$ парциальное давление пара всегда будет равно $p_{\text{нас}}(t)$, то есть пар будет насыщенный. Тогда для $t = 46^\circ\text{C}$ имеем $p_{\text{нас}}(t) = 10 \text{ кПа}$.

$$\begin{cases} (p_0 - p_1) V_0 = \nu_0 R T_0 \\ (p_0 - p_{\text{нас}}(t)) \cdot V = \nu R T \end{cases} \quad \begin{aligned} \nu_0 & - \text{кол-во молей воздуха} \\ T &= 46 + 273 \text{ (K)} = 319 \text{ (K)} \\ T_0 &= 86 + 273 \text{ (K)} = 359 \text{ (K)} \end{aligned}$$

$$\frac{V}{V_0} \cdot \frac{p_0 - p_{\text{нас}}(t)}{p_0 - p_1} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow \boxed{\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_0 - p_1}{p_0 - p_{\text{нас}}(t)}}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{319}{359} \cdot \frac{150 - 40}{150 - 10} \approx \frac{44}{63}$$



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.

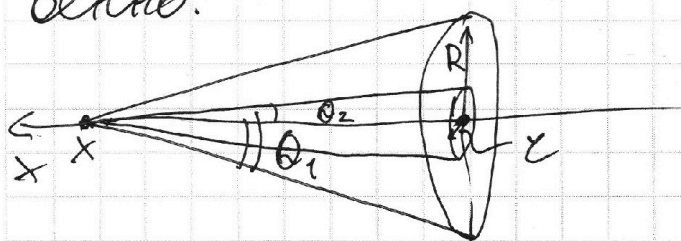
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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 диск заряжен поверхностной плотностью заряда $+\sigma$ и заряд диска q . На оси диска поле будет направлено перпендикулярно его плоскости. Его можно найти как $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sigma (\Omega_1 - \Omega_2)$, где

Ω_1 и Ω_2 углы, под которыми из данной точки видны маленький и большой круги соотв. векно.



$$\Omega_1 = 2\pi(1 - \cos\theta_1)$$

$$\Omega_2 = 2\pi(1 - \cos\theta_2)$$

$$\cos\theta_1 = \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$

$$\cos\theta_2 = \frac{x}{\sqrt{x^2 + \epsilon^2}}$$

$$E(x) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) = \frac{\sigma x}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + \epsilon^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right)$$

$$-\frac{d\varphi(x)}{dx} = E \Rightarrow \int_{\varphi(x)}^{\varphi(\infty)} -d\varphi = \int_x^{\infty} E dx = \int_x^{\infty} \frac{\sigma x dx}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + \epsilon^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right)$$

$$\begin{aligned} \varphi(\infty) &= 0 \\ \varphi(x) &= -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + \epsilon^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \Big|_x^{\infty} = \\ &= -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(0 - \frac{1}{\sqrt{x^2 + \epsilon^2}} - 0 + \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + \epsilon^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \end{aligned}$$

Когда центр диска
Энергия заряда в электрическом поле диска.
 $U = \varphi(x) q - \varphi(x+d) q.$



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!

1) Когда ~~в~~ центр диполя пролетает через центр отверстия, то $x = -\frac{d}{2}$.

$$U(-\frac{d}{2}) = \varphi(-\frac{d}{2})q - \varphi(\frac{d}{2})q$$

$$\varphi(-\frac{d}{2}) = \varphi(\frac{d}{2}) \Rightarrow U(-\frac{d}{2}) = 0$$

$$U(x \rightarrow \infty) = 0$$

$$E = U(x) + \frac{mV^2}{2} = \text{const} = U(x \rightarrow \infty) + \frac{m(2V_0)^2}{2} = \frac{4mV_0^2}{2}$$

$$U(-\frac{d}{2}) + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{4mV_0^2}{2}$$

$$V_1 = 2V_0$$

Минимальная начальная скорость равная V_0 ; означает, что когда $U(x) = U_{\text{max}}$; $V = 0 \Rightarrow U_{\text{max}} = \frac{mV_0^2}{2}$.

При этом U не зависит от V_0 начальной скорости, то есть минимум скорости всегда в точке U_{max} , а максимум - в точке $U_{\text{min}} \Rightarrow \frac{4mV_0^2}{2} = U_{\text{max}} + \frac{mV_{\text{min}}^2}{2}$

$$V_{\text{min}}^2 = 4V_0^2 - \frac{2U_{\text{max}}}{m} = 4V_0^2 - V_0^2 = 3V_0^2$$

$$V_{\text{min}} = V_0\sqrt{3}$$

$$\text{пока } x > 0 \quad \varphi(x) > \varphi(x+d) \Rightarrow U(x) > 0$$

$$\text{и } -\frac{d}{2} < x < 0 \quad \varphi(x) > \varphi(x+d) \Rightarrow U(x) > 0$$

$$x < -\frac{d}{2} \quad \varphi(x) < \varphi(x+d) \Rightarrow U(x) < 0$$

Выводим, что энергия удара $\Rightarrow V_{\text{max}} = 2V_0$
 $(\Delta V = (2 - \sqrt{3})V_0)$

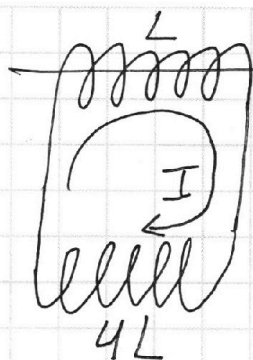


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



1) $\Phi_1 = BS_1 N + LI$ - поток через первую катушку
 $\Phi_2 = 4LI$ - поток через вторую катушку
 - $\frac{d\Phi_1}{dt} - \frac{d\Phi_2}{dt} = 0$ - т.к. сопротивление катушки равно нулю

$\Phi_1 + \Phi_2 = \text{const}$
 В начальный момент: $\Phi_1 + \Phi_2 = B_0 S_1 N$ (ток равен нулю)

В конечный момент ($B=0$): $\Phi_1 + \Phi_2 = 5LI_0$
 $5LI_0 = B_0 S_1 N \Rightarrow \boxed{I_0 = \frac{B_0 S_1 N}{5L}}$

2) $B_0 S_1 N = BS_1 N + 5LI$
 $I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow B_0 S_1 N dt = BS_1 N dt + 5L dq \Rightarrow$
 $\Rightarrow \int dq \quad q = \int dq = \frac{S_1 N}{5L} \left(\int_0^x B_0 dt - \int_0^x B dt \right) =$
 $= \frac{S_1 N}{5L} \left(B_0 x - \int_0^x B dt \right)$
 $\int_0^x B dt = \frac{B_0}{3} \cdot \frac{x}{2} + \frac{x}{3} \cdot \frac{B_0}{2} = \frac{B_0 x}{3}$
 $= \frac{B_0 x}{3} \Rightarrow q = \frac{S_1 N}{5L} \left(B_0 x - \frac{B_0 x}{3} \right) = \frac{2}{15} \frac{B_0 S_1 N x}{L}$
 $\boxed{q = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 S_1 N x}{L}}$ - заряд прошедший через катушку за время выключения магн.



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

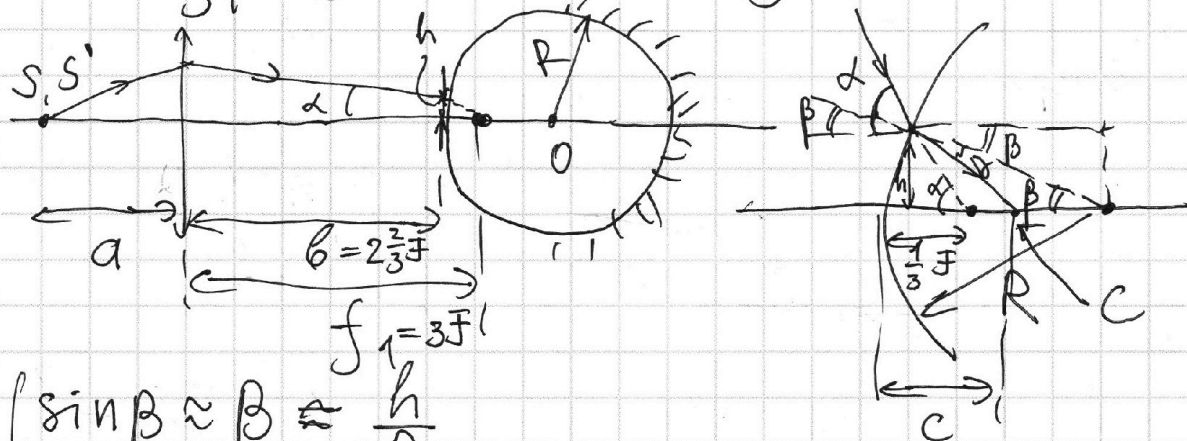
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

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

$$1) \frac{1}{a} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{f}$$

$$a = \frac{3}{2}f \Rightarrow f_1 = 3f$$



$$\sin \beta \approx \beta \approx \frac{h}{R}$$

$$\tan \alpha \approx \alpha \approx \frac{h}{\frac{1}{3}f} \Rightarrow h = \frac{\alpha f}{3} \Rightarrow \beta = \frac{\alpha f}{3R}$$

$$\sin(\alpha - \beta) = n \sin \gamma$$

$$\sin \gamma \approx \gamma \approx \frac{h}{c}$$

$$\sin(\gamma + \beta) \approx \frac{h}{c}$$

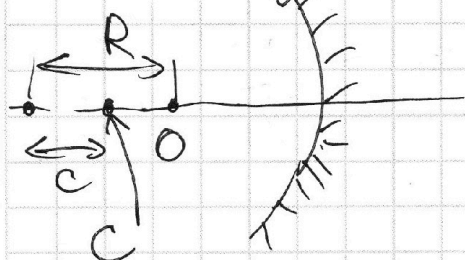
$$\frac{1}{n} \left(1 - \frac{f}{3R}\right) + \frac{f}{3R} = \frac{f}{3c}$$

$$\alpha - \beta \approx n \gamma$$

$$\gamma + \beta \approx \frac{h}{c} = \frac{\alpha f}{3c}$$

$$\frac{\alpha}{n} \left(1 - \frac{f}{3R}\right) = \gamma$$

$$\gamma + \alpha \frac{f}{3R} = \frac{\alpha f}{3c}$$



$$2R - c = R \Rightarrow c = R$$

$$\frac{3R - f}{3nR} = 0 \Rightarrow 3R = f$$

$$R = f/3$$

Поскольку изображение и сам источник совпадают, то лучи отраженные в зеркальной поверхности должны вернуться в точку C. $\Rightarrow \frac{1}{2R - c} \cdot 2 = \frac{2}{R}$

(формула линзы сферического зеркала)



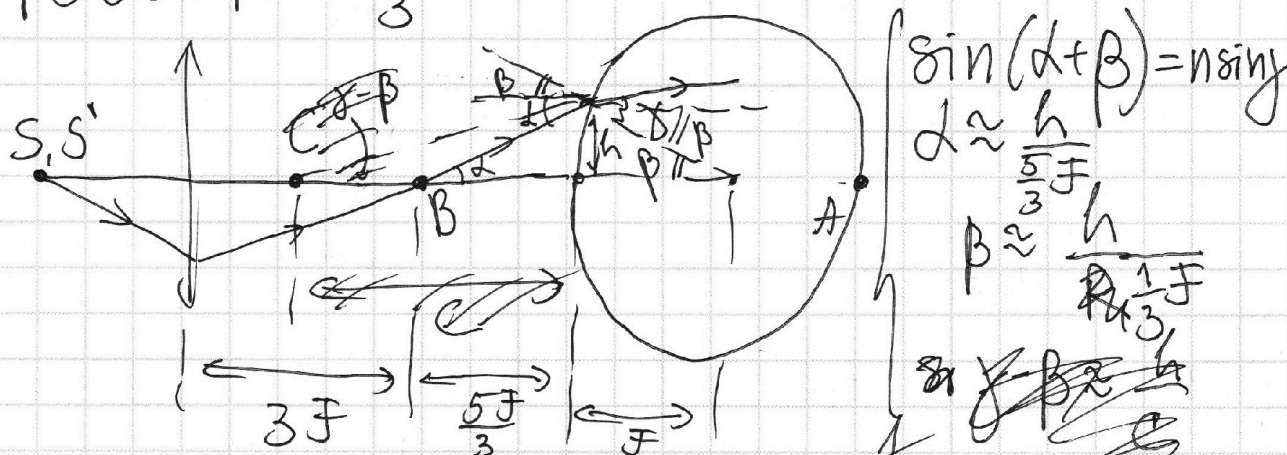
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

2) Аналогично первому случаю точка С должна отражаться в зеркале в саму себя. Тогда теперь расстояние до центра шара $\frac{8}{3}F + R + 2F = 5F$



$$\sin(\alpha + \beta) = n \sin \gamma$$

$$\alpha \approx \frac{h}{\frac{5}{3}F}$$

$$\beta \approx \frac{h}{R + \frac{1}{3}F}$$

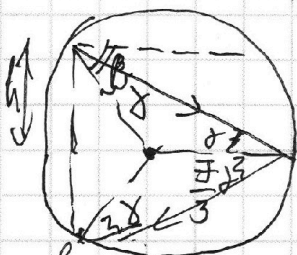
$$\frac{3h}{5F} + \frac{3h}{F} = n \left(\frac{h}{C} + \frac{3h}{F} \right)$$

$$\frac{3}{5F} + \frac{3}{F} = \frac{n}{C} + \frac{3n}{F}$$

$$C = \frac{5Fn}{3(6-5n)}$$

$$\frac{3}{F} \left(\frac{1}{5} + 1 \right) = \frac{n}{C}$$

А теперь точка С в зеркале не может отразиться сама в себя, но есть другой вариант: преломленный луч должен упасть в т. А. Тогда он просто перейдет в симметричный ему относительно ГОО и придет в т. В.



$$\sin(\beta - \gamma) = \frac{h}{R} \Rightarrow \beta - \gamma \approx \frac{h}{R} = \frac{3h}{F}$$

$$\frac{3h}{5F} + \frac{3h}{F} = n \cdot \left(\frac{3h}{F} - \frac{3h}{F} \right)$$

$$\sin \gamma = \frac{h}{2R \cos \gamma} \Rightarrow \gamma \approx \frac{h}{2R} = \frac{3h}{2F}$$

$$\frac{3h}{5F} + \frac{3h}{F} = n \cdot \frac{3h}{2F} \Rightarrow \frac{n}{2} = \frac{6}{5} \Rightarrow n = 2.4$$

показатель преломления в-ва 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
__ 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!

Diagram showing a coordinate system with points and distances. A point is at distance x from the origin, and another point is at distance $x+d$ from the origin. The distance between them is d .

$$U = \frac{X}{\sqrt{x^2+y^2}} - \frac{X}{\sqrt{x^2+R^2}} - \frac{x+d}{\sqrt{(x+d)^2+y^2}} + \frac{x+d}{\sqrt{(x+d)^2+R^2}}$$
$$U_{\max} = \frac{mV_0^2}{2}$$
$$\varphi = \frac{\alpha}{m(gV_0)^2} = \frac{mV^2}{2}$$
$$U(-\frac{d}{2}) = 0$$
$$V_f = 2V_0$$
$$X(\sqrt{x^2+R^2} - \sqrt{x^2+y^2}) = \frac{(x+d)(\sqrt{(x+d)^2+y^2} - \sqrt{(x+d)^2+R^2})}{\sqrt{(x+d)^2+y^2} \sqrt{(x+d)^2+R^2}}$$
$$X^2 \left(\frac{1}{x^2+y^2} + \frac{1}{x^2+d^2} - \frac{2}{\sqrt{(x^2+y^2)(x^2+R^2)}} \right) = (x+d)^2$$
$$-\frac{d}{\sqrt{x^2+y^2}} + \frac{d}{\sqrt{x^2+R^2}} = 0$$
$$\frac{1}{\sqrt{1+\frac{y^2}{x_1^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{R^2}{x_1^2}}}$$
$$\frac{y}{x_1} = \frac{R}{x_2}$$
$$x_1 = -x_2$$
$$x_1 = x_2$$
$$x_2 = x+d$$
$$x = -x-d$$
$$2x = -d$$
$$x = -\frac{d}{2}$$



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
__ 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!

$$\begin{aligned} E_2 &= \frac{\tilde{\sigma}}{2\epsilon_0} (\cos\theta - \cos\varphi) = \frac{\tilde{\sigma}x}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \\ E_2 &= \frac{\tilde{\sigma}(x+d)}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{(x+d)^2 + y^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+d)^2 + R^2}} \right) \\ -Edx &= d\varphi = + \frac{\tilde{\sigma}}{2\epsilon_0} \left(\frac{xdx}{\sqrt{x^2 + y^2}} - \frac{xdx}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \\ \frac{d\left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right)}{dx} &= \frac{-x}{\sqrt{x^2 + y^2}^3} \quad \frac{d\left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right)}{dx} = \frac{-x}{\sqrt{x^2 + R^2}^3} \\ 0 - \varphi(x) &= - \frac{\tilde{\sigma}}{2\epsilon_0} \left(-\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \\ \varphi(x) &= \frac{\tilde{\sigma}}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \\ U &= \varphi(x)q - \varphi(x+d)q = \\ &= \frac{\tilde{\sigma}q}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+d)^2 + y^2}} + \frac{1}{\sqrt{(x+d)^2 + R^2}} \right) \\ E_1 &= \frac{\tilde{\sigma}}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{y}{x}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{x}\right)^2}} \right) \\ U + \frac{mv^2}{2} &= E = \text{const} \quad \frac{y}{x} < \frac{R}{x} \quad 1 + \left(\frac{y}{x}\right)^2 < 1 + \left(\frac{R}{x}\right)^2 \\ \frac{m \cdot 4v_0^2}{2} &= \frac{\tilde{\sigma}q}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{y} - \frac{1}{R} \right) \quad E_1 > 0 \end{aligned}$$



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!

$\frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$
 $f = 3F$

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

$\gamma + \beta = \frac{h}{a} = \frac{\alpha F}{3a}$
 $\alpha - \beta = n\gamma$
 $\beta = \frac{h}{R}$
 $\alpha = \frac{h}{3F}$
 $\beta = \frac{\alpha F}{3R}$

$\sin(\alpha - \beta) = n \sin \gamma$
 $\sin \beta = \frac{h}{R}$
 $\sin \alpha = \frac{h}{\frac{1}{3}F} = \frac{3h}{F}$

$\sin(\gamma + \beta) = \frac{h}{aR \cos \beta - (R - a)}$
 $= \frac{h}{-R(1 - \cos \beta) + a} \approx \frac{h}{a}$

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

$\frac{1}{2R - a} = \frac{1}{R}$
 $2R - a = R$
 $a = R$
 $c = -\frac{F}{3} = \frac{5F}{3(6-5n)}$
 $5n = 5n - 6$

$\frac{\alpha}{n} \left(\beta R - \frac{F}{3R} \right) + \frac{\alpha F}{3R} = \frac{\alpha F}{3a}$
 $\frac{3R}{n} \frac{3R - F}{3R} + \frac{F}{R} = \frac{F}{R}$
 $\frac{3R - F}{nR} + \frac{F}{R} = \frac{F}{R}$
 $\frac{3R - F}{nR} = 0$
 $3R - F = 0$
 $3R = F$
 $2F - \frac{F}{3} = \frac{5F}{3}$

$\frac{8}{3}F + \frac{F}{3} = 3F$

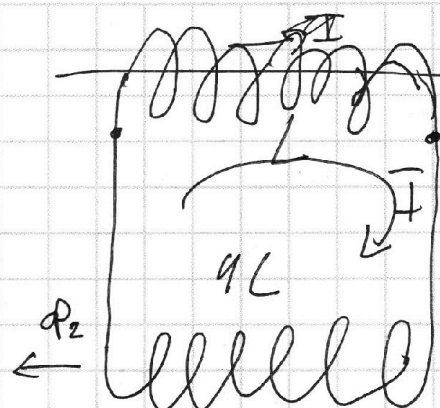


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$5LI_0 = B_0 S_1 n$$

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

$$\Phi_1 = BS_1 n + LI$$

$$\Phi_2 = 4LI \left(\frac{1}{\frac{2}{3} + c} + \frac{1}{f} \right)$$

$$-\frac{d\Phi_1}{dt} - \frac{d\Phi_2}{dt} = 0$$

$$\Phi_1 + \Phi_2 = \text{const} = B_0 S_1 n$$

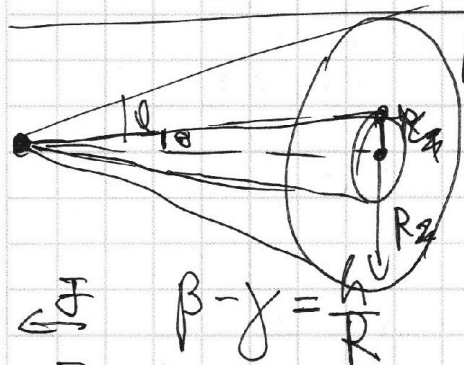
$$\frac{dq}{dt} = I \left(\frac{x + \frac{d}{2}}{\sqrt{(x + \frac{d}{2})^2 + R^2}} - \frac{x - \frac{d}{2}}{\sqrt{(x - \frac{d}{2})^2 + R^2}} \right)$$

$$S_1 n B dt + 5L dq = B_0 S_1 n$$

$$\frac{B_0}{3}$$

$$\frac{L}{3}$$

$$\frac{B_0}{3} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2}$$



$$k \tilde{\epsilon} \cdot 2\pi (1 - \cos \varphi) - k \tilde{\epsilon} \cdot 2\pi (1 - \cos \theta) =$$

$$\cos \varphi = \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} = \frac{k \tilde{\epsilon} \cdot 2\pi (\cos \theta - \cos \varphi)}{2\tilde{\epsilon}_0 - \cos \varphi}$$

$$\cos \theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$E_1 q - E_2 q = (E_1 - E_2) q = \frac{k \tilde{\epsilon}}{2\tilde{\epsilon}_0} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

$$\cos \theta_1 - \cos \theta_2 = \frac{x - \frac{d}{2}}{\sqrt{(x - \frac{d}{2})^2 + y^2}} - \frac{x + \frac{d}{2}}{\sqrt{(x + \frac{d}{2})^2 + y^2}}$$

$$\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1 = \frac{x + \frac{d}{2}}{\sqrt{(x + \frac{d}{2})^2 + y^2}}$$



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
__ 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!

Diagram: A mass-spring system on an inclined plane. A block of mass m is connected to a wall by a spring with constant k . The block is on an inclined plane with angle α . Forces acting on the block are: gravity mg , normal force N , friction force F_{tr} , and spring force kx . The displacement x is measured along the incline.

$$MA = -kx + F_{tr}$$

$$ma = F_{tr}$$

$$-\mu mg \leq F_{tr} \leq \mu mg$$

$$(M+m)a = -kx$$

$$F_{tr} = -ma = +m \cdot \frac{kx}{M+m} = \frac{kxm}{M+m} \leq \mu mg$$

$$x \leq \frac{\mu g(M+m)}{k} = x_0 = \frac{\mu g(M+m)}{k} = \frac{1}{3} (m)$$

$$x \leq x_0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M+m} x = 0$$

$$x = A \sin \omega t$$

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

$$x = \frac{V_0}{\omega} \sin \omega t$$

$$x(t_0) = x_0 = \frac{V_0}{\omega} \sin \omega t_0$$

$$\omega t_0 = \frac{\pi}{6}$$

$$t_0 = \frac{\pi}{6\omega}$$

$$MA = -k(x+x_0) + \mu mg$$

$$\dot{x} = \omega A \cos \omega t$$

$$\dot{x}(0) = V_0 = \omega A$$

$$A = \frac{V_0}{\omega}$$

$$\sin \omega t_0 = \frac{\omega x_0}{V_0} = \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{M+m}} \cdot \frac{1}{3 \cdot 2} = \frac{1}{6 \sqrt{3}} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{V_0 \sqrt{3}}{2} = -\omega \sin \varphi_0 \cdot \frac{\mu mg}{k}$$

$$\tan \varphi_0 = \frac{V_0 \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{k}{\omega \mu mg} = \frac{2 \sqrt{3} \cdot 273}{2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2} = \frac{2 \sqrt{3} \cdot 273}{36}$$

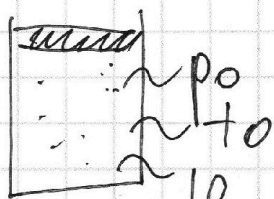


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

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

$$p_{нас}(46^{\circ}\text{C}) = 10 \text{ кПа} = 1$$

$$(p_0 - p_1) V_0 = \nu R T_0$$

$$pV = \nu R T$$

$$p_H V = \nu_H R T$$

$$p + p_H = p_0$$

$$p = p_0 - p_H$$

$$(p_0 - p_H) V = \nu R T$$

$$\nu_H R T^* = p_{нас} \cdot V^*$$

$$\nu_H R T_0 = p_H \cdot V_0$$

$$\frac{V^*}{V_0} \cdot \frac{(p_0 - p_{нас})}{p_0 - p_1} = \frac{T^*}{T_0}$$

$$\frac{p_{нас}}{p_1} = \frac{p_0 - p_{нас}}{p_0 - p_1}$$

$$p_{нас} p_0 - p_{нас} p_1 = p_0 p_1 - p_{нас} p_1$$

$$\begin{array}{r} 173 \\ + 46 \\ \hline 319 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 173 \\ + 86 \\ \hline 359 \end{array}$$

$$\sin \gamma = \frac{h}{2R \cos \gamma}$$

$$\sin 2\gamma = \frac{h}{R}$$

$$\gamma = \frac{h}{2R}$$

$$\frac{320}{360} \cdot \frac{110}{140} = \frac{88}{9 \cdot 147} = \frac{44}{63}$$

$$\frac{1}{5} + 1 = \frac{11}{5}$$

$$n = \frac{6}{5} \cdot 2 = \frac{12}{5}$$