



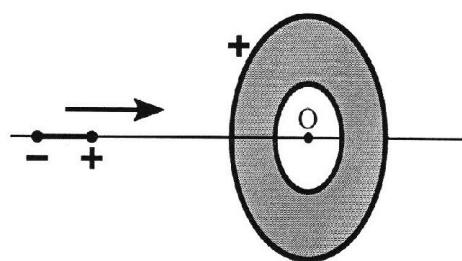
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-01

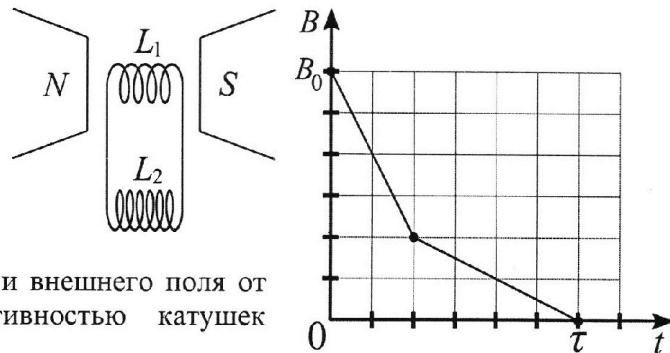
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 . Диполю сообщают начальную скорость $2V_0$.



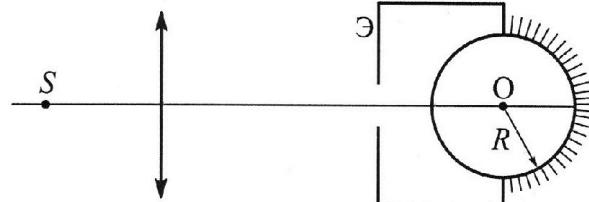
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



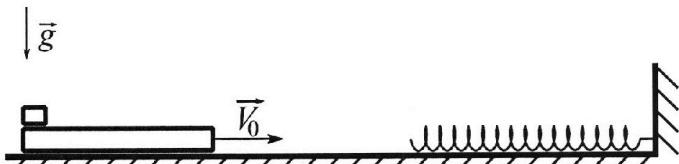
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01



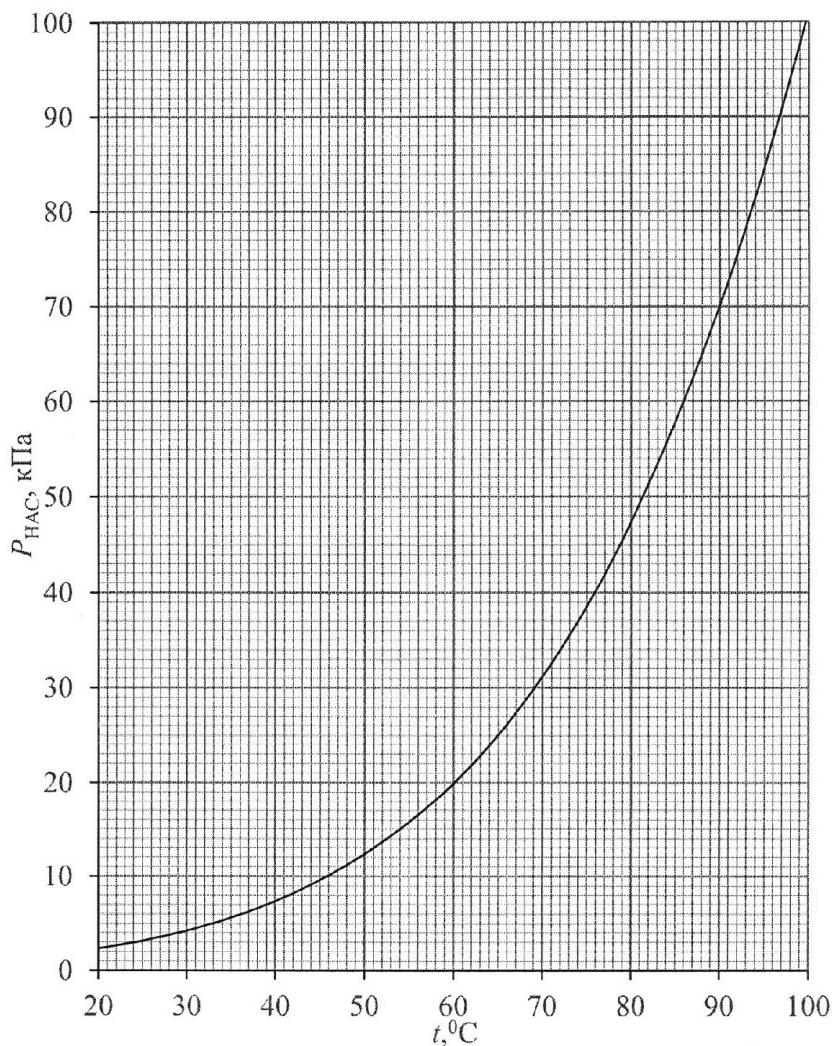
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок 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 жесткости $k = 27$ 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.

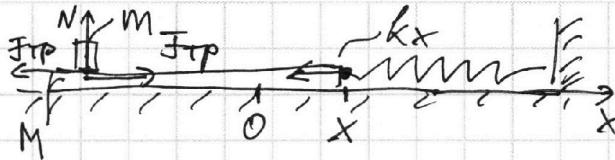


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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 $F_{\text{тр}} \leq MN$ где $N = mg$ по II з-ку кинетика для друска в проекции на вертикаль.

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

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

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

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

Запишем II з-к кинетика на Ox для друска:

$$\begin{cases} -F_{\text{тр}} = Ma \\ a = -\frac{kx}{M+m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр}} = \frac{kxM}{M+m}; \text{ она возрастает с ростом } x \text{ до момента}$$

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

$$\frac{kx_0M}{M+m} = Mmg$$

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

$F_{\text{тр}} = Mmg$, то это 6 момента когда начнётся ~~относительное~~ проскальзывание

2) вернёмся $x(t) = A \sin \omega t$; $A = \frac{V_0}{\omega}$

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

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

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

$$t_0 \approx \frac{3}{6 \cdot 3} \text{ (с)} \neq \frac{1}{6} \text{ (с)}$$

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 начнётся относительное движение друска и доски, $F_{Tr} = \mu mg$ и до момента максимального скольжения точка не будет мечтаться. Тогда для доски \ddot{x} из-за катотона:

$$M\ddot{A}_1 = -kx + F_{Tr} \quad | \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M}x - \frac{\mu mg}{M} = 0$$

$$\ddot{A}_1 = \ddot{x}$$

$$F_{Tr} = \mu mg$$

$$x(t) = B \cos(\omega_1 t + \varphi_0) + \frac{\mu mg}{k} \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$x(t=0) = x_0 = B \cos \varphi_0 + \frac{\mu mg}{k} \quad \omega_1 = 3 \sqrt{\frac{3}{2}} \text{ (рад/с)}$$

(время отсчитывается от начала проскальзывания)

~~$$\dot{x}(t=0) = A \omega_1 \cos \omega_1 t_0 = B \frac{\omega_1}{2} = -B \omega_1 \sin \varphi_0$$~~

$$B \cos \varphi_0 = \frac{\mu Mg}{k} - \frac{\mu mg}{k} = \frac{\mu Mg}{k}$$

~~$$\frac{V_0 \sqrt{3}}{2} = -B \omega_1 \cos \varphi_0 \quad \cdot \frac{k}{\mu Mg} \cdot \frac{k \cdot \sin \varphi_0}{B} = \frac{\mu Mg}{\cos \varphi_0}$$~~

$$tg \varphi_0 = -\frac{V_0 \sqrt{3}}{2 \omega_1} \cdot \frac{k}{\mu Mg}$$

$$\ddot{x}(t) = -B \omega_1^2 \cos(\omega_1 t + \varphi_0) \quad \Rightarrow \quad -\frac{3}{\sqrt{2}}$$

$$\dot{x}(t=0) = A \omega_1 \cos \omega_1 t_0 = V_0 \frac{\sqrt{3}}{2} = -B \omega_1 \sin \varphi_0$$

$$tg \varphi_0 = -\frac{3}{\sqrt{2}} \quad |\cos \varphi_0| = \sqrt{1 + \tan^2 \varphi_0} = \sqrt{1 + \frac{9}{2}} = \sqrt{\frac{11}{2}}$$

ускорение доски в момент максимального скольжения максимально и направлено против оси Ox :

~~$$A_1 = B \omega_1^2 = \frac{\mu Mg}{k} \cdot \frac{\sqrt{11}}{2} \cdot \frac{1}{M} = \mu g \sqrt{\frac{11}{2}}$$~~

$$|A_1| = 3 \sqrt{\frac{11}{2}} \frac{m}{s^2}$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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

$$p_{\text{нас}}(t_0) = 60 \text{ кПа} \quad \text{или} \quad p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}(t_0)$$

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

2) При охлаждении пока $t > t^*$ парциальное давление пара не будет меняться. Может это показать, что при t^* $p_{\text{нас}}(t^*) = p_1$; также надо учесть, что суммарное давление в соседнем баке p_0 , так как внешнее давление пару не меняется. Тогда:

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

$$\frac{p_{\text{нас}}(t^*)}{p_1} = \frac{p_0 - p_{\text{нас}}(t^*)}{p_0 - p_1}$$

$$p_1 V_0 = V_0 R T_0$$

$$p_{\text{нас}}(t^*) = \frac{p_0 - p_1}{V_0} \cdot p_0$$

$$p_{\text{нас}}(t^*) = V_0 R T^*$$

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

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

$$(p_0 - p_1) V_0 = V_0 R T_0 \quad V_0 - кон-60 \text{ имеет воздуха.}$$

$$T = 46 + 273 \text{ (К)} = 319 \text{ (К)}$$

$$T_0 = 86 + 273 \text{ (К)} = 359 \text{ (К)}$$

$$(p_0 - p_{\text{нас}}(t)) \cdot V = V R T$$

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

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

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.



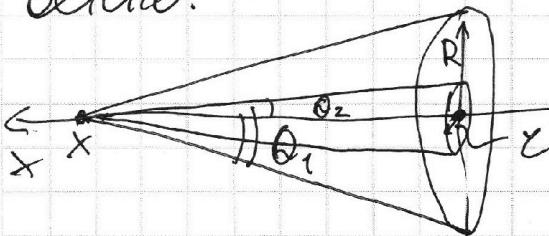
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА
1 из 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 поверхностью плотностью заряда $+6$ и заряд Q . Ось Oz лежит в плоскости диска. На оси диска выше будет вектора перпендикулярно его плоскости его можно найти как $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 6(J_1 - J_2)$, где

J_1 и J_2 суммы, под которыми из ρ данной точки видны маленькая и большая окружности соответственно.



$$J_1 = 2\pi(1 - \cos \theta_1)$$

$$J_2 = 2\pi(1 - \cos \theta_2)$$

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

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

$$E(x) = \frac{6}{2\epsilon_0} (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) = \frac{6x}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right)$$

$$-\frac{d\psi(x)}{dx} = E(x) \Rightarrow \int -d\psi = \int E dx = \int \frac{6x}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) dx$$

$$\psi(\infty) = 0 \quad -\left. \frac{6}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \right|_{x=0}^{\infty} =$$

$$= -\frac{6}{2\epsilon_0} \left(0 - \frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} - 0 + \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) = \frac{6}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right)$$

Когда центр диска находится в электрическом поле диска.

$$U = \psi(x)q - \psi(x+d)q.$$

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

СТРАНИЦА
2 из 2

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

1) Когда ~~до~~ центр диска проходит через центр отверстия, то $x = -\frac{d}{2}$.

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

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

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

$$E = U(x) + \frac{MV^2}{2} = \text{const} = U(x \rightarrow \infty) + \frac{M(2V_0)^2}{2} =$$

$$U\left(-\frac{d}{2}\right) + \frac{MV_1^2}{2} = \frac{4MV_0^2}{2}$$

$$= \frac{4MV_0^2}{2}$$

$$\boxed{V_1 = 2V_0}$$

Максимальная начальная скорость равна V_0 . Означает, что когда $U(x) = U_{\max}$, $V = 0 \Rightarrow U_{\max} = \frac{MV_0^2}{2}$.

При этом U не зависит от начальной скорости, то есть максимальная скорость всегда в торце U_{\max} , а минимум - в торце $U_{\min} \Rightarrow \frac{MV_0^2}{2} = U_{\max} + \frac{MV_{\min}^2}{2}$

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

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

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

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

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

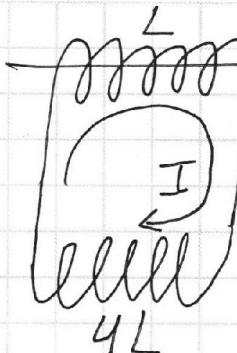
Задачи, $x < 0$ $\varphi(x)$ ~~затемнение удаляется~~ $\Rightarrow U_{\max} = 2V_0$

$$\Delta V = (2 - \sqrt{3})V_0$$

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.

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!



$$1) \varphi_1 = BS_1 n + LI - \text{поток через первую катушку}$$

$\varphi_2 = \gamma LI$ - поток через вторую катушку в какой-то момент времени

$$-\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} = 0, \text{ т.к. сопротивление контура равно нулю}$$

$$\varphi_1 + \varphi_2 = \text{const}$$

$$B \text{ начальный момент: } \varphi_1 + \varphi_2 = B_0 S_1 n$$

(ток равен нулю)

$$B \text{ конечный момент } (B=0): \varphi_1 + \varphi_2 = 5LI_0$$

$$5LI_0 = B_0 S_1 n \Rightarrow \boxed{I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{5L}}$$

$$2) B_0 S_1 n = BS_1 n + 5LI \Rightarrow B_0 S_1 n dt =$$

$$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow B_0 S_1 n dt + 5L dq =$$

$$\Rightarrow q = \int dq = \frac{S_1 n}{5L} \left(\int B_0 dt + \int B dt \right) =$$

$$= \frac{S_1 n}{5L} \left(B_0 t - \int B dt \right)_0^t; \quad \int B dt \text{ равен}$$

$$\int_0^t B dt = \frac{B_0}{3} \cdot \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{3} \cdot \frac{B_0}{2} = \frac{\pi B_0}{6} \text{ площадь под графиком } B(t)$$

$$= \frac{B_0 \pi}{3} \Rightarrow q = \frac{S_1 n}{5L} \left(B_0 t - \frac{B_0 \pi}{3} \right) = \frac{2}{15} \frac{B_0 S_1 n \pi}{L}$$

$$\boxed{q = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 S_1 n \pi}{L}} - заряд прошедший через \frac{2}{15} время выполнения цикла.$$



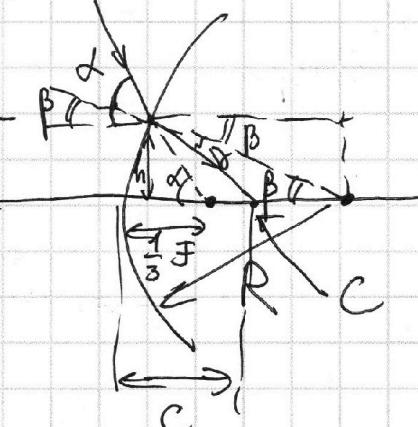
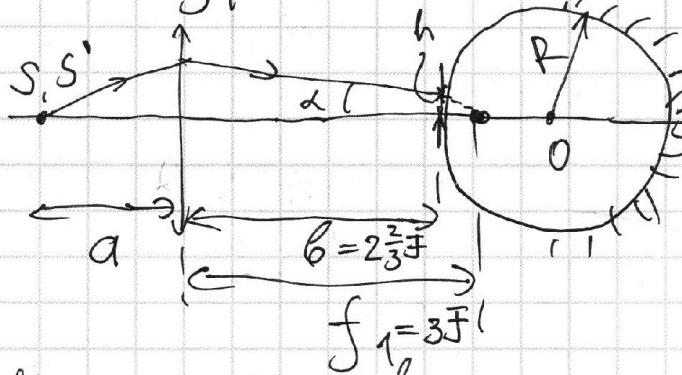
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$1) \frac{1}{a} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \quad a = \frac{3}{2} F \Rightarrow f_1 = 3F$$



$$\left| \begin{array}{l} \sin \beta \approx \beta \approx \frac{h}{R} \\ \tan \alpha \approx \alpha \approx \frac{h}{\frac{1}{3}F} \Rightarrow h = \frac{\alpha F}{3} \Rightarrow \beta = \frac{\alpha F}{3R} \end{array} \right.$$

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

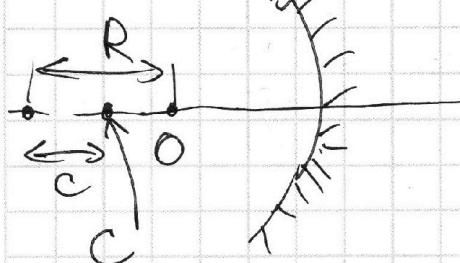
$$\sin \gamma \approx \gamma \approx \frac{h}{C}$$

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

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

$$\left| \begin{array}{l} \alpha - \beta \approx n \gamma \\ \gamma + \beta \approx \frac{h}{C} = \frac{\alpha F}{3C} \end{array} \right.$$

$$\left| \begin{array}{l} \frac{\alpha}{n} \left(1 - \frac{F}{3R} \right) = \gamma \\ \gamma + \alpha \frac{F}{3R} = \frac{\alpha F}{3C} \end{array} \right.$$



Поскольку изображение и сам источник света дают то лучи отражавшиеся в зеркальности поверхности зеркала, вернутся в точку C $\Rightarrow \frac{1}{2R-C} \cdot 2 = \frac{2}{R}$

$$2R - C = R \Rightarrow C = R$$

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

$$R = F/3$$

(формула волнистого сферического зеркала)

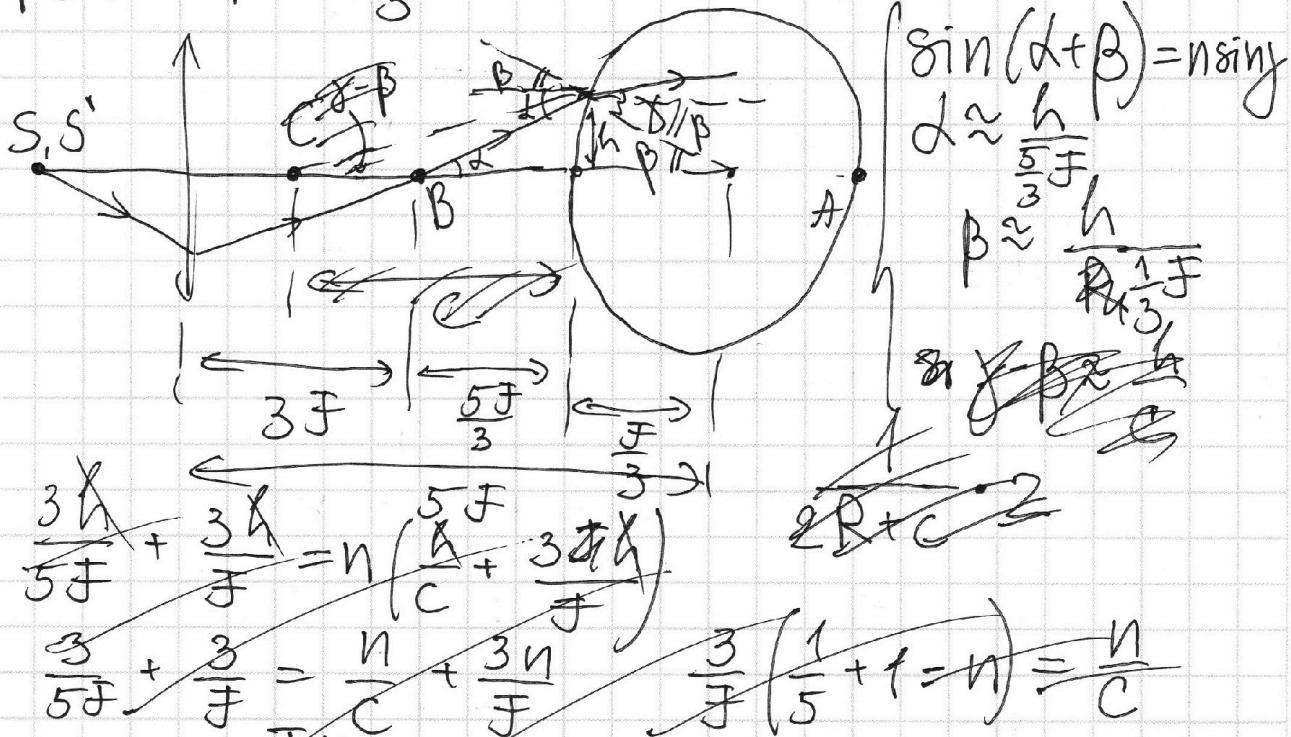
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

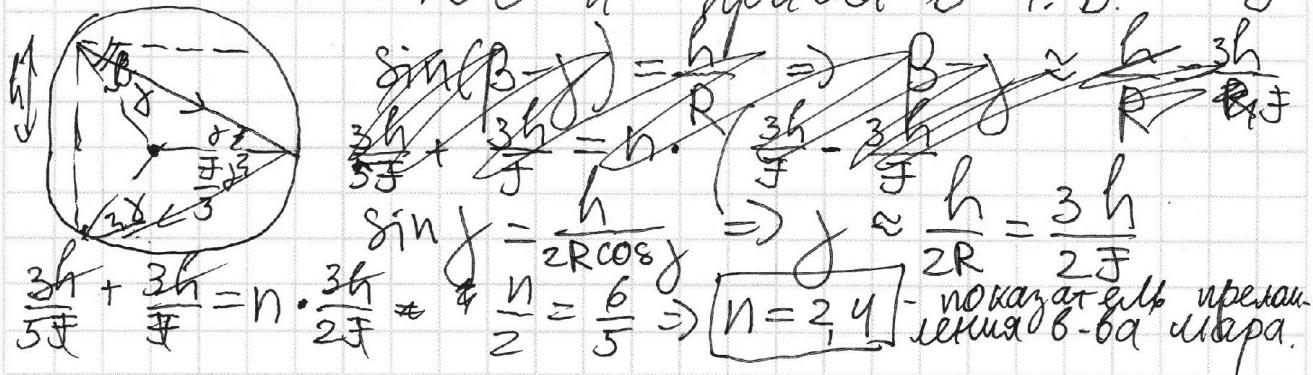
СТРАНИЦА
2 из 2

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 C должна отражаться в зеркале в саму себя. Тогда теперь расстояние до зеркала шара $\frac{8}{3}F + R + 2F = 5F$



С = $\frac{5Fh}{3(6-5h)}$ Е Теперь точка C в зеркале может отразиться сама в себя, но есть другой вариант: преломившись, луч попадет в зеркало в т. А. Тогда он просто передвигается в симметричной ему относительно зеркала точке и придет в т. В.





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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$\frac{M}{2} \left(\frac{2V_0}{R^2} \right)^2 = \frac{M V^2}{2}$$

$$U\left(-\frac{d}{2}\right) = 0$$

$$V = 2V_0$$

$$\frac{X}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{X}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{X+d}{\sqrt{(x+d)^2 + R^2}} - \frac{X+d}{\sqrt{(x+d)^2 + y^2}}$$

$$U_{max} \neq \frac{MV^2}{2}$$

$$X \left(\sqrt{x^2 + R^2} - \sqrt{x^2 + y^2} \right) =$$

$$= X + d \sqrt{(x^2 + y^2)} \sqrt{x^2 + R^2} =$$

$$= (x+d) \left(\sqrt{(x+d)^2 + R^2} - \sqrt{(x+d)^2 + y^2} \right)$$

$$\varphi - d\varphi = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$

$$X^2 \left(\frac{1}{x^2 + y^2} + \frac{1}{x^2 + d^2} \right) - \frac{2}{\sqrt{(x^2 + y^2)(x^2 + R^2)}} = (x+d)^2$$

$$- \frac{d}{\sqrt{x^2 + y^2}} + \frac{d}{\sqrt{x^2 + R^2}} = 0$$

$$\frac{1}{(x+d)^2 + y^2} + \frac{1}{(x+d)^2 + R^2} -$$

$$\frac{1}{1 + \left(\frac{y}{x}\right)^2} - \frac{1}{1 + \left(\frac{R}{x}\right)^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{y}{x_2}\right)^2} - \frac{1}{1 + \left(\frac{R}{x_2}\right)^2} x^*$$

$$\left(\frac{y}{x_1}\right)^2 = \left(\frac{y}{x_2}\right)^2$$

$$x_1 = -x_2$$

$$x_2 = x+d$$

$$x = -x-d$$

$$2x = -d$$

$$x = -\frac{d}{2}$$

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$\begin{aligned}
 \frac{E_1}{2\varepsilon_0} (\cos\theta - \cos\psi) &= \frac{\sigma x}{2\varepsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \\
 E_2 &= \frac{\sigma(x+d)}{2\varepsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{(x+d)^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+d)^2 + R^2}} \right) \\
 -Edx = d\psi &= +\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \left(\frac{xdx}{\sqrt{x^2 + r^2}} - \frac{xdx}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \\
 \cancel{\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}}} \frac{dx}{dx} &= \frac{2x dx}{2\sqrt{x^2 + r^2}} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \left(d \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} - \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - d \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \right) \right) \\
 0 - \varphi(x) &= -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \left(-\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \\
 \varphi(x) &= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right) \\
 U = \varphi(x)q - \varphi(x+d)q &= \\
 = \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+d)^2 + r^2}} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{\sqrt{(x+d)^2 + R^2}} \right) \\
 E_1 &= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{r}{x}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R}{x}\right)^2}} \right) \\
 U + \frac{MV^2}{2} &= E = \text{const} \propto \frac{R}{x} \quad 1 + \left(\frac{r}{x}\right)^2 < 1 + \left(\frac{R}{x}\right)^2 \\
 \frac{M \cdot 4V^2}{2} &= \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) \quad E_1 > 0
 \end{aligned}$$



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**.

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!

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

$$\sin \beta = \frac{h}{d}$$

$$\sin \angle = \frac{h}{\sqrt{\frac{1}{3} + f^2}} = \frac{3h}{\sqrt{f^2}}$$

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

$$f = 2R - d$$

$$\frac{5}{3}K_C \left(\frac{3P}{R} - \frac{4}{3} \right) + \frac{K}{3P} C_f$$

$$\cancel{\frac{3R}{4R}} + \frac{3R - F}{4R} = \frac{F}{R}$$

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

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{R}$$

$$d = R \cdot \frac{N}{(6 - 5)} = 5 \cdot \frac{N}{1}$$

$$5n = 5n - 6$$

$$\frac{3R-F}{nR} = 0$$

$$J_1 R \geq \frac{F}{2}$$

$$2\bar{F} - \frac{\bar{F}}{3} = \frac{5\bar{F}}{3}$$

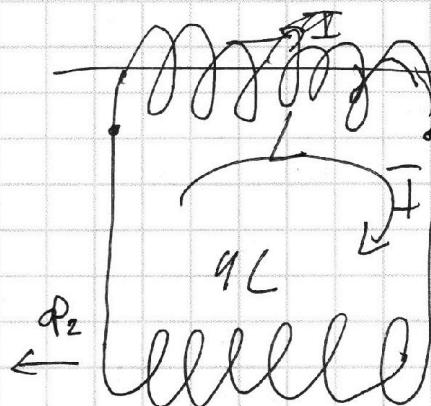


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении** каждой задачи **отдельно**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



$$\Phi_1 = B S_1 n + LI$$

$$\Phi_2 = 4L \left(\frac{1}{\frac{2\pi}{3} + C} + \frac{1}{f} \right)$$

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

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

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

$$5LI_0 = B_0 S_1 n$$

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

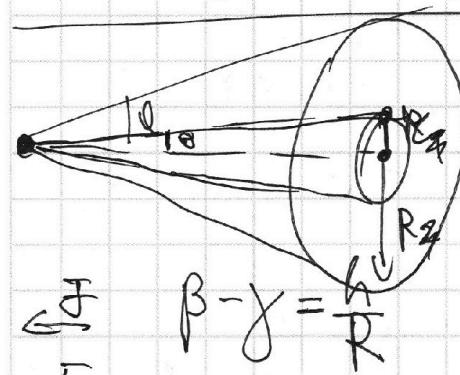
$$S_1 n B dt + 5L dq = B_0 S_1 n$$

$$B S_1 n + 5L I = B_0 S_1 n$$

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

$$\frac{\Sigma}{3}$$

$$\frac{B_0}{3} \cdot \frac{\Sigma}{2} + \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{B_0}{2}$$



$$k \sqrt{2\pi} (1 - \cos \varphi) - k \sqrt{2\pi} (1 - \cos \theta) =$$

$$\cos \varphi = \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} = \frac{k \sqrt{2\pi}}{2\varepsilon_0} (\cos \theta - \cos \varphi)$$

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

$$\beta - \gamma = \frac{h}{R}$$

$$E_1 q - E_2 q = (E_1 - E_2) q = \frac{k \sqrt{2\pi}}{2\varepsilon_0} (\cos \theta_1 - \cos \varphi_1 - (\cos \theta_2 - \cos \varphi_2))$$

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

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



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

~~Задача №1~~

$M\ddot{x} = -kx + F_{Tp}$

$Ma = F_{Tp}$

$-\mu mg \leq F_{Tp} \leq \mu Mg$

$(M+m)a = -kx$

$F_{Tp} = -ma = M \cdot \frac{-kx}{M+m} = \frac{kxM}{M+m} \leq \mu Mg$

$x \leq \frac{\mu Mg(M+m)}{k}$

$x_0 = \frac{\mu g(M+m)}{k} = \frac{\mu \cdot 3 \cdot 3}{27g} = \frac{1}{3} \text{ (м)}$

$\boxed{x \leq x_0}$

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

$x = A \sin \omega t$

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

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

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

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

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

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

$\sin \omega t_0 = \frac{\omega t_0}{V_0} = \frac{\frac{\pi}{6}}{V_0} = \frac{\sqrt{k}}{V_0} = \frac{\sqrt{M+m} \cdot \frac{3}{2}}{V_0} = \frac{1}{6} \sqrt{\frac{27}{3}} = \frac{1}{6}$

$\therefore \mu g(M+m) + \mu Mg = -\mu g M$

$\tan \varphi_0 = \frac{V_0 \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{k}{\omega \mu Mg} = -\frac{V_0 \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{k}{\omega \mu Mg} = -\frac{V_0 \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\mu Mg}{\omega \mu Mg} = -\frac{V_0 \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{\omega} = -\omega \sin \varphi_0 \cdot \frac{\mu Mg}{k}$

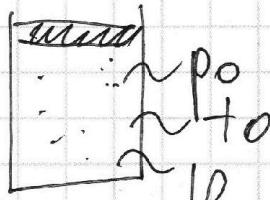


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



$$P_{\text{нас}}(86^\circ\text{C}) = 60 \text{ кН/д}$$

$$P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\text{нас}} = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ кН/д}$$

$$T^* = 76^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{нас}}(46^\circ\text{C}) = 10 \text{ кН/д} =$$

$$(P_0 - P_1) V_0 = \sqrt{B} R T_0$$

$$PV = \sqrt{B} R T$$

$$P_M V = \sqrt{n} R T$$

$$(P_0 - P_M) V = \sqrt{B} R T$$

$$\sqrt{n} R T^* = P_{\text{нас}} \cdot V^*$$

$$\sqrt{n} R T_0 = P_M \cdot V_0$$

$$\frac{P_{\text{нас}}}{P_1} = \frac{P_0 - P_{\text{нас}}}{P_0 - P_1}$$

$$\frac{P_0 / P_{\text{нас}}}{1 + \frac{P_0 - P_{\text{нас}}}{P_0}}$$

$$+ \frac{273}{96} \times \frac{273}{86}$$

$$= \frac{319}{359}$$

T₀

$$\frac{\frac{8}{360}}{\frac{8}{360}} \cdot \frac{110}{140} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 11}{9 \cdot 747} = \frac{44}{63}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{И. м. д.} \\ \text{A} = P_0 - P_M \\ \text{B} = \frac{273}{86} \\ \text{C} = \frac{110}{140} \\ \text{D} = K_1 \\ P = P_0 - P_M \end{aligned}$$

$$\frac{V^*}{V_0} \cdot \frac{(P_0 - P_{\text{нас}})}{P_0 - P_1} = \frac{T^*}{T_0}$$

$$\frac{P_{\text{нас}}}{P_1} = \frac{P_0 - P_{\text{нас}}}{P_0 - P_1}$$

$$\frac{P_{\text{нас}}}{P_1} = \frac{h}{2R \cos j}$$

$$\sin j = \frac{h}{R}$$

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

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