



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 $2V_0$.

$$\varphi(x) = -k \int \frac{dq}{r}$$

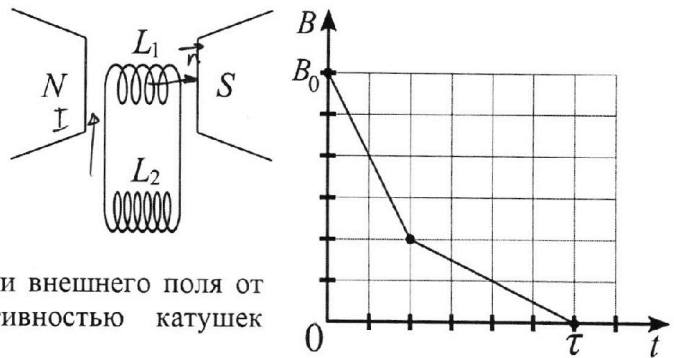
$$dq = \sigma ds = \sigma R' da dr$$

$$-k \sigma R \int \frac{da dr}{r}$$

Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

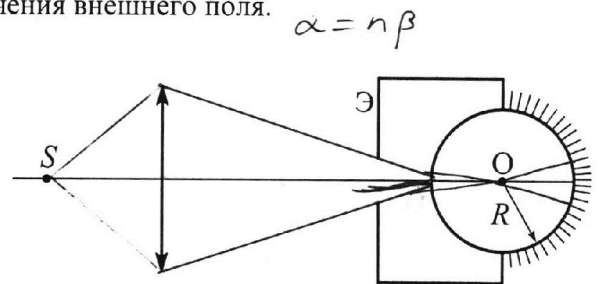
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек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



Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.

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.



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



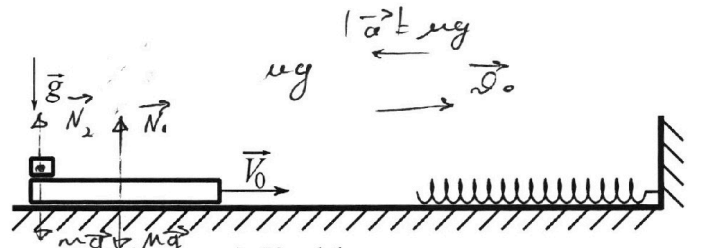
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01



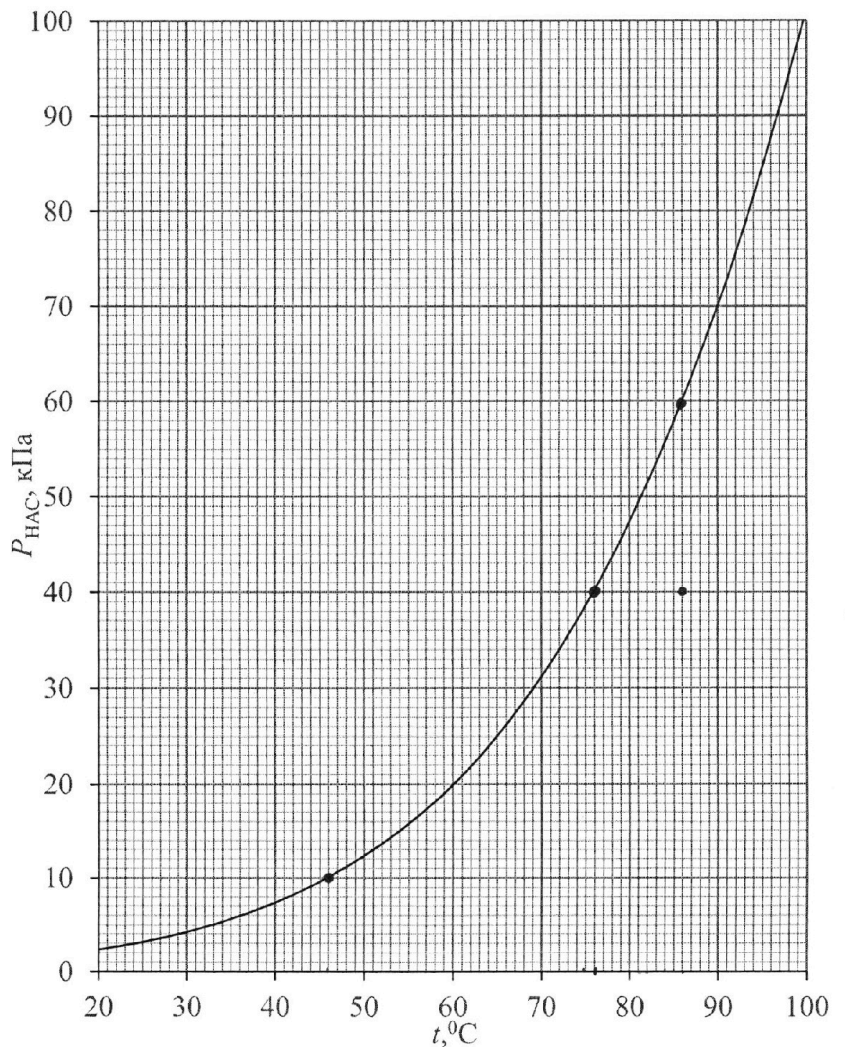
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.



- ✎ Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- ✎ Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- ✎ 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.



- ✎ Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °С.
- ✎ Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- ✎ 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.

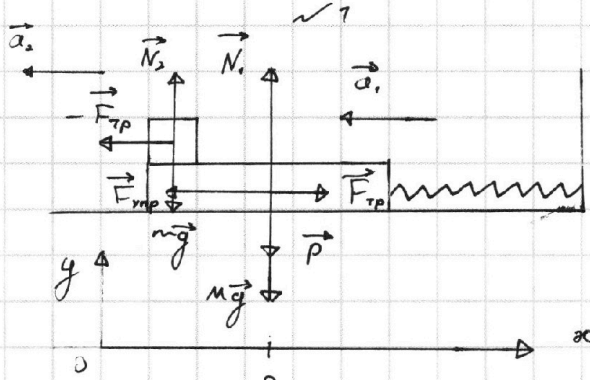


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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



$$M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{P} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_{\text{всп}} = M\vec{a}_1$$

$$\begin{aligned} 0x: F_{\text{тр}} - F_{\text{всп}} &= M a_{1x} \\ F_{\text{тр}} - k \Delta x &= M a_{1x} \quad (1) \end{aligned}$$

$$m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}_2$$

$$0x: -F_{\text{тр}} = m a_{2x} \quad (2)$$

$$0y: N_2 = mg$$

Брусек и доска движутся вместе, поэтому до момента начала относительного движения включительно (включительно, т. к. из (1) и (2) выйдут ускорения, изменяющиеся непрерывно):

$$a_x = a_{1x} = a_{2x}; \quad F_{\text{тр}} \leq \mu N_2 = \mu mg$$

В момент начала:

$$a_x = a_{1x} = a_{2x}; \quad F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$(1) : (2) : \frac{k \Delta x_1 - F_{\text{тр}}}{F_{\text{тр}}} = \frac{M}{m} \Rightarrow F_{\text{тр}} = \frac{k m \Delta x_1}{m + M}$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

$$\mu mg = \frac{k m \Delta x}{m+M} \Rightarrow \Delta x = \frac{\mu g (m+M)}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 27}{27}$$

$$\frac{1}{3} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$2) (1) + (2): -F_{\text{упр}} = (m+M) a_x$$

$$a_x = -\frac{k}{m+M} \Delta x = -\omega^2 \Delta x$$

$$\Delta x(t) = x_m \sin \left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} t + \varphi_0 \right)$$

$$\Delta x(0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$$

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

$$v(0) = \omega x_m = v_0 \Rightarrow x_m = \frac{v_0}{\omega} = \sqrt{\frac{m+M}{k}} v_0$$

В момент начала отв. движения:

$$\Delta x(t_0) = \sqrt{\frac{k}{m+M}} v_0 \sin \left(\sqrt{\frac{m+M}{k}} t_0 \right) = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$6 \sin \left(\frac{t_0}{3} \right) = \frac{1}{3}$$

$$t_0 = 3 \arcsin \left(\frac{1}{18} \right) \text{ с}$$

$$\Delta x(t_0) = \sqrt{\frac{m+M}{k}} v_0 \sin \left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} t_0 \right) = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$\frac{2}{3} \sin \left(3 t_0 \cdot c^{-1} \right) = \frac{1}{3}$$

$$3 t_0 = \frac{\pi}{6} \cdot c = \frac{3}{6} c = 0,5 c \Rightarrow t_0 \approx 0,17 = \frac{1}{6} c$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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

В момент максимальной статия крутишим скоростью диска равна нулю. Сила трения совершает положительную работу над диском.

$$\frac{k \Delta x_m^2}{2} = \mu mg (\Delta x_m - \Delta x_1) + \frac{k \Delta x_1^2}{2} + \frac{M \vartheta_1^2}{2}$$

$$\vartheta_1 = \vartheta(t_0) = \vartheta_0 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{I_{cm}}} t_0\right) = 2 \cos\left(3 \cdot \frac{1}{6}\right) = 2 \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) = \sqrt{3} \frac{\pi}{c}$$

$$\frac{27 \Delta x_m^2}{2} = 0.3 \cdot 1 \cdot 20 (\Delta x_m - \frac{1}{3}) + \frac{27}{8 \cdot 2} + \frac{2 \cdot \sqrt{3}^2}{2} \pi$$

$$27 \Delta x_m^2 = 6 \Delta x_m - 2 + 3 + 6 = 6 \Delta x_m + 7$$

$$27 \Delta x_m^2 - 6 \Delta x_m - 7 = 0$$

$$\begin{cases} \Delta x_m = \frac{3 + \sqrt{198}}{27} \\ \Delta x_m = \frac{3 - \sqrt{198}}{27} < 0 \end{cases} \text{ (дискса движется влево, поэтому не поднимем)}$$

~~$$\Delta x_m = \frac{k}{1+2} \Delta x_m = \frac{27}{27} \cdot \frac{3 + \sqrt{198}}{27} = \frac{3 + \sqrt{198}}{27}$$~~

Ответ: 1) $\Delta x_1 = \frac{1}{3} \pi$; 2) $t_0 = \frac{1}{6} c$;

~~$$3) \vartheta_m = \frac{3 + \sqrt{198}}{27}$$~~

(1): $M a_{cm} = \mu mg - k \Delta x_m$

$$2 a_{cm} = 0.3 \cdot 1 \cdot 20 - 27 \cdot \frac{3 + \sqrt{198}}{27} = 3 - 3 - \sqrt{198}$$

$$a_{cm} = -\frac{\sqrt{198}}{2} \Rightarrow \alpha_{cm} = \frac{\sqrt{198}}{2}$$

Ответ: 3) $\alpha_{cm} = \frac{\sqrt{198}}{2}$



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

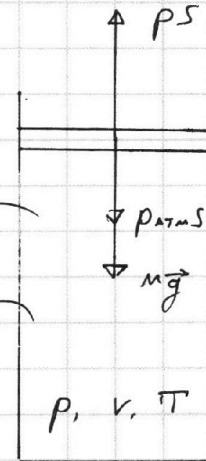
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

№ 2

p_n - давление пара
 p_0 - давление сухого воздуха

Покалку сауду ($p_n; V; T$)
нагревают медленю,
поршень смешивается ($p_0; V; T$)
тоже медленю,
значит, можно считать,
что в каждой момент
времени он находится в
равновесии:



$$p_s = p_{atm} S + mg \Rightarrow p = const = p_0$$

$$\begin{cases} p_n V = \nu_n R T & (1) \\ p_0 V = \nu_0 R T & (2) \\ p_n = \varphi p_{нас}(T) & (3) \\ p_n + p_0 = p_0 & (4) \end{cases}$$

В начале: $p_1 = \varphi_0 p_{нас}(T_0) = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ кПа}$

$$\frac{(1)}{(2)}: \frac{p_n}{p_0} = \frac{\nu_n}{\nu_0} \Rightarrow p_n = \frac{\nu_n}{\nu_n + \nu_0} p_0$$

До начала конденсации $\nu_0 = const$,
поэтому $p_n = const = 40 \text{ кПа}$

Конденсация начинается, когда гор. пара-
ная $p_n = 40 \text{ кПа}$ пересекает кривую
насыщения в точке $(76^\circ\text{C}; 40 \text{ кПа})$

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

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
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!

$$\begin{aligned} \text{В начале} \quad (2) : & p_{00} V_0 = \nu_0 R T \\ \text{В конце} \quad (2) : & p_0' V = \nu_0 R T = p_{00} V_0 \end{aligned}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{p_{00}}{p_0'} ; \quad p_0' = p_0 - p_n' ; \quad p_{00} = p_0 - p_{n0} = p_0 - p_n$$

В конце пар **насыщенный**, поэтому

$$p_n' = p_{нас}(t) = 20 \text{ кПа}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{p_0 - p_n}{p_0 - p_{нас}(t)} = \frac{250 - 40}{250 - 20} = \frac{21}{24}$$

Ответ: $p_n = 40 \text{ кПа}$; $t^* = 76^\circ\text{C}$; $\frac{V}{V_0} = \frac{21}{24}$



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

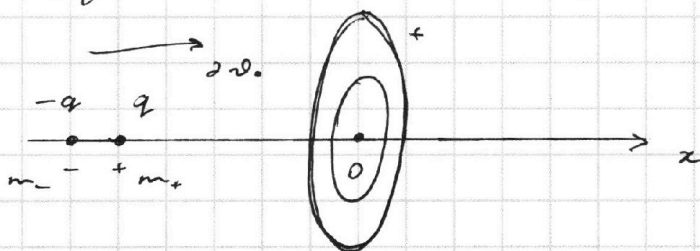
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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

✓3

В силу симметрии потенциалы в точках на оси симметрии, симметричных относительно оси, будут равны. ($\varphi(x) = \varphi(-x)$)



$$3) \text{ЗСЭ: } \frac{m_- (2d_0)^2}{2} + \frac{m_+ (2d_0)^2}{2} = \frac{m_- d^2}{2} + \frac{m_+ d^2}{2} + qg - qg$$

$$(m_- + m_+) \cdot 4d_0^2 = (m_- + m_+) d^2$$

$$d^2 = 4d_0^2$$

$$d = 2d_0$$

$$2) \text{ЗСЭ: } \frac{m_- (2d_0)^2}{2} + \frac{m_+ (2d_0)^2}{2} = \frac{m_- d^2}{2} + \frac{m_+ d^2}{2} + \varphi(x_-)(-q) + \varphi(x_+)q$$

Обозначим $m_+ + m_-$ за M

$$2M d_0^2 = \frac{M d^2}{2} + q(\varphi(x_+) - \varphi(x_-)) =$$

$$= \frac{M d^2}{2} + q \Delta \varphi \quad (\Delta \varphi = \varphi(x_+) - \varphi(x_-))$$

$$\begin{cases} 2M d_0^2 = \frac{M d_{\min}^2}{2} + q \Delta \varphi_{\max} \\ 2M d_0^2 = \frac{M d_{\max}^2}{2} + q \Delta \varphi_{\min} \end{cases}$$



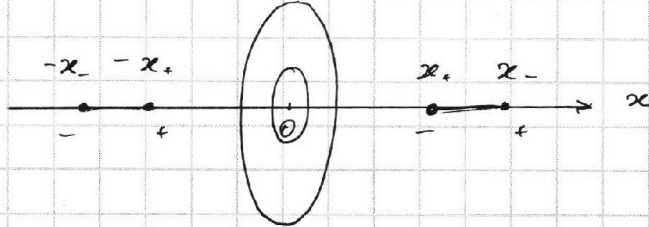
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Разность потенциалов у левого диполя: $\varphi(-x_+) - \varphi(-x_-) \approx \varphi(x_+) - \varphi(x_-)$

Разность потенциалов у правого диполя: $\varphi(x_-) - \varphi(x_+) = -(\varphi(x_+) - \varphi(x_-))$

Из этого следует, что если имеем разность потенциалов $\Delta\varphi$, то и $-\Delta\varphi$ найдётся. Значит, если $\Delta\varphi$ — максимальна, то в симметричном $-\Delta\varphi$ — минимальна. Т.е. $\Delta\varphi_{\min} = -\Delta\varphi_{\max}$

Если начальная скорость — минимально возможная, то максимальная скорость диполя в момент прохождения $\Delta\varphi_{\max}$ должна быть равна нулю. Т.е. е.

$$\frac{m \cdot 0^2}{2} = q \Delta\varphi_{\max} \Rightarrow \Delta\varphi_{\max} = \frac{m \cdot v_0^2}{2q}$$

$$\Delta\varphi_{\min} = -\frac{m \cdot v_0^2}{2q}$$

$$\left\{ \begin{aligned} 2m \cdot v_0^2 &= \frac{m \cdot v_{\min}^2}{2} + q \frac{m \cdot v_0^2}{2q} \\ 2m \cdot v_0^2 &= \frac{m \cdot v_{\max}^2}{2} - q \frac{m \cdot v_0^2}{2q} \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} 2m \cdot v_0^2 &= \frac{m \cdot v_{\min}^2}{2} + q \frac{m \cdot v_0^2}{2q} \\ 2m \cdot v_0^2 &= \frac{m \cdot v_{\max}^2}{2} - q \frac{m \cdot v_0^2}{2q} \end{aligned} \right.$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{m \varrho_{\min}^2}{2} = \frac{3 m \varrho_0^2}{2} \\ \frac{m \varrho_{\max}^2}{2} = \frac{5 m \varrho_0^2}{2} \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varrho_{\min} = \sqrt{3} \varrho_0 \\ \varrho_{\max} = \sqrt{5} \varrho_0 \end{array} \right.$$

$$\Delta \varrho = \varrho_{\max} - \varrho_{\min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3}) \varrho_0$$

Ответ: 1) $\varrho = 2 \varrho_0$
2) $\Delta \varrho = (\sqrt{5} - \sqrt{3}) \varrho_0$



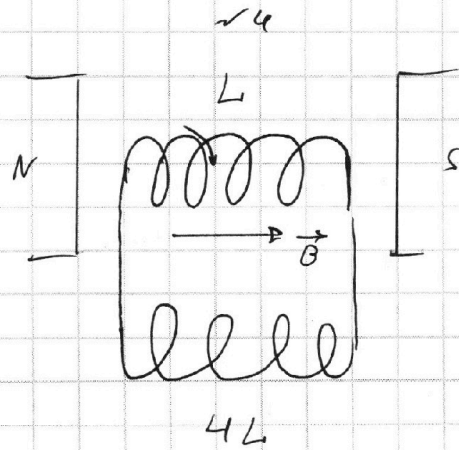
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!



Вспомогательный закон Кирхгофа:

$$L \dot{I} + 4L I - \frac{d\theta}{dt} S_n h = 0 \quad | \cdot dt$$

$$5L dI = d\theta S_n h$$

$$\int_0^{\tau} 5L dI = \int_0^{\tau} d\theta S_n h$$

$$5L(I_0 - 0) = (\theta_0 - \theta_0) S_n h$$

$$I_0 = - \frac{\theta_0 S_n h}{5L} ; \quad |I_0| = \frac{\theta_0 S_n h}{5L}$$

$$\begin{aligned} \psi &= \int_0^{\tau} dt \int_0^{\tau} \frac{S_n h}{5L} d\theta = \frac{S_n h}{5L} \int_0^{\tau} [\theta(t) - \theta_0] dt = \\ &= \frac{S_n h}{5L} \left(-\theta_0 \tau + \int_0^{\tau} \theta(t) dt \right) \end{aligned}$$

$\int_0^{\tau} \theta(t) dt$ — площадь под графиком $\theta(t)$

$$\int_0^{\tau} \theta(t) dt = \frac{1}{2} \left(\theta_0 + \frac{\theta_0}{3} \right) \cdot \frac{\tau}{3} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\theta_0}{3} \cdot \frac{2\tau}{3} = \theta_0 \tau \cdot \frac{1}{3}$$



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

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!

$$q = \frac{5_1 n}{5L} \left(\frac{1}{3} \theta_0 \tau - \theta_0 \tau \right) = - \frac{2}{3} \frac{\theta_0 S_2 n \tau}{5L}$$

$$|q| = \frac{2 \theta_0 S_2 n \tau}{75L}$$

Ответ: $|I_0| = \frac{\theta_0 S_2 n}{5L}$; $|q| = \frac{2 \theta_0 S_2 n \tau}{75L}$

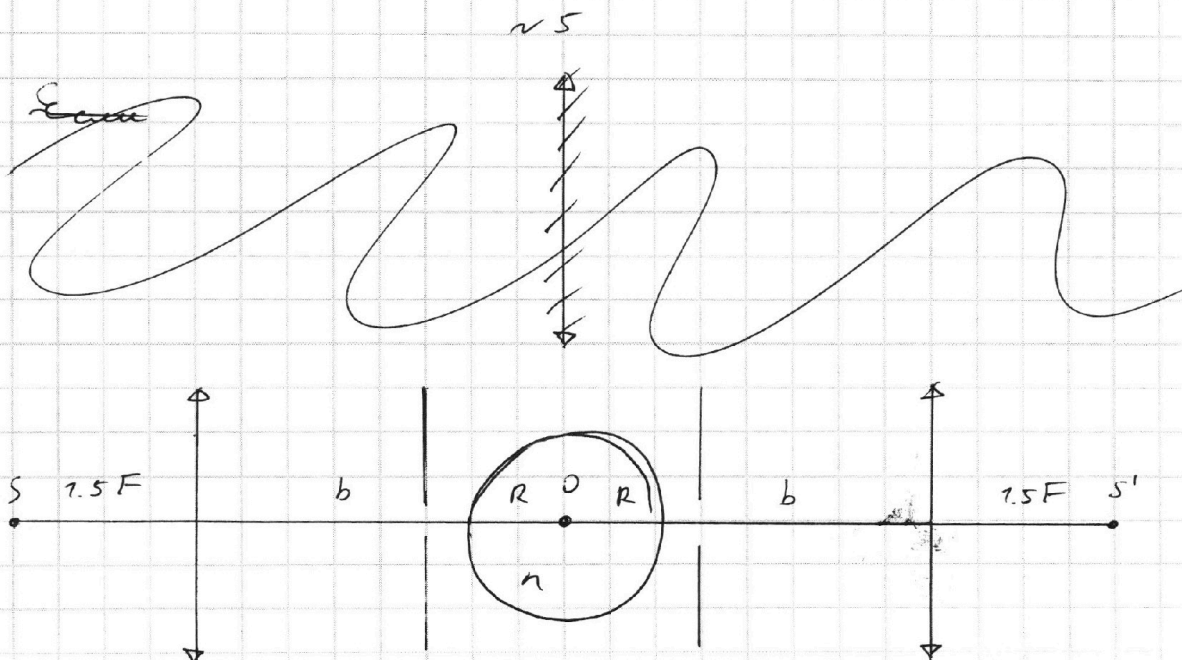


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



~~Луч, проходящий через оптический центр линзы, отражается в сферическом зеркале, как в плоском зеркале.~~

Если изображение S обладает с S' при любом n , лучи падают на поверхность параболы перпендикулярно. Это возможно, если изображение S в линзе есть в O .

$$\frac{1}{1.5F} + \frac{1}{b+R} = \frac{1}{F} \Rightarrow b+R = 3F$$

$$R = 3F - \frac{8}{3}F = \frac{1}{3}F$$

Ответ: $R = \frac{1}{3}F$

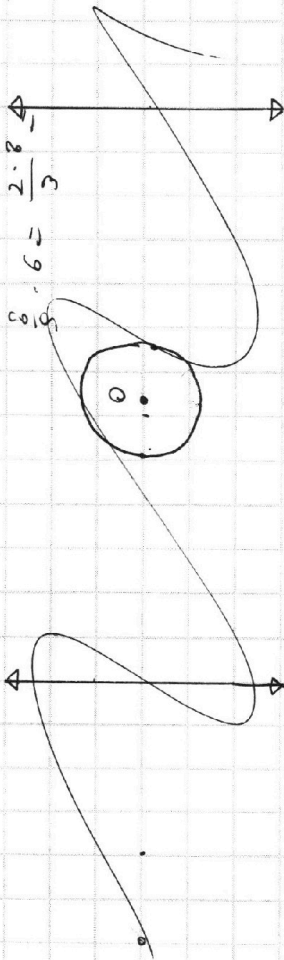


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

- 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 проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!



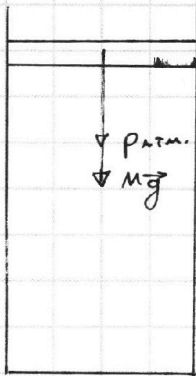


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи **отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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



$$\rho_0 V = \nu_0 R T$$

$$\rho_n V = \nu_n R T$$

$$\frac{\rho_0 - \rho_n}{\rho_0 - \rho_n} \neq \frac{V}{V_0} = 1$$

$$\rho_n = \varphi \rho_{\text{max}}(T)$$

$$(\rho_0; V; T)$$

$$(\rho_n; V; T)$$

$$\rho_0' \neq \nu_0 R T$$

$$\rho_n' \neq \nu_n R T$$

$$\rho_0$$

$$\rho_0 + \varphi_0 \rho_n = \rho_0$$

$$\rho_0' + \rho_n' = \rho_0$$

$$\rho_0 + \rho_n = \rho_0$$

$$\rho_n = \frac{\rho_0 - \rho_0}{\varphi} = 150$$

$$\rho_0 - \rho_n(T_0)$$

$$\rho_0 - \varphi_0 \rho_n(T_0)$$

$$\rho_0 V$$

$$\rho_0 + \rho_n = \rho_0$$

$$250000 - 100000 =$$

$$250000 - 400000$$

$$\frac{\nu_0}{\nu_n} = \frac{\rho_0}{\rho_n} = \frac{11}{4}$$

$$\rho_0 V = \nu_0 R T$$

$$\rho_n V = \nu_n R T$$

$$= \frac{240000}{210000} = \frac{24}{21}$$

$$\frac{\nu_0}{\nu_0 + \nu_n} \rho_0$$

$$\rho_n = \varphi \rho_{\text{max}}(T)$$

$$\rho_0 - \rho_0 = \varphi \rho_n(T)$$

$$\varphi \neq \frac{\nu_n R T}{\nu \rho_{\text{max}}(T)}$$

$$q E dr$$

$$\frac{\nu_n}{\nu_0 + \nu_n} \rho_0 = \varphi \rho_n(T)$$

$$\frac{40000}{\rho_n(T)}$$

$$- \varphi(x + \Delta x) \cdot$$

$$\frac{4}{15} \cdot \frac{250000}{\rho_n(T)} = \varphi$$

$$- d\varphi = E dr$$

$$q(\varphi(x) - \varphi(x + \Delta x))$$

$$\frac{m \cdot 4 \nu_0^2}{2} + \frac{m \cdot 4 \nu_0^2}{2}$$

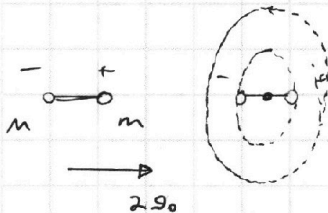
$$2m \nu_0^2 + 2m \nu_0^2$$

$$2 \cdot 2 \nu_0^2 (m + m) =$$

$$= -\varphi q + \varphi q +$$

$$+ \nu^2 (m + m)$$

$$\nu = 2 \nu_0$$



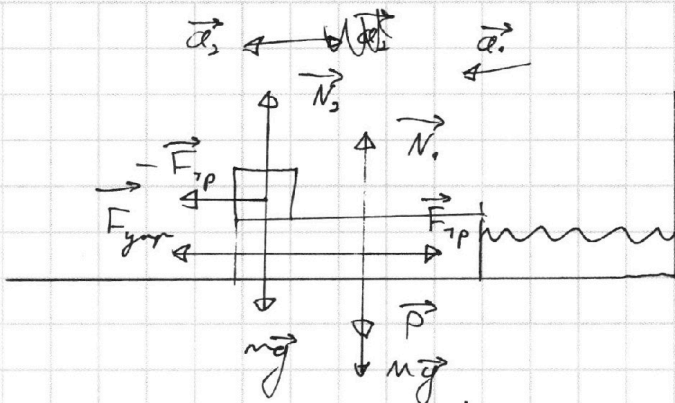


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ 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!



$$\frac{k \Delta x^2}{2} + \frac{\mu}{c}$$

$$\frac{\mu \mu}{4} \cdot \mu$$

$$\mu \cdot \mu$$

$$v_x = 0$$

$$M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр} + \vec{F}_{спр} = M\vec{a}_1, \quad \frac{m \cdot \omega^2}{2} =$$

$$0x: F_{тр} - F_{спр} = M a_x \quad \frac{M}{m} F_{тр} = M a_{0x} + k \Delta x$$

$$0y: N_1 = P \quad \frac{M}{m} F_{тр} = -M a_x$$

$$m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр} = m\vec{a}_2 \quad \frac{M+m}{m} F_{тр} = k \Delta x$$

$$0x: -F_{тр} = m a_x \quad \frac{\mu g (M+m)}{k} = \Delta x$$

$$0y: N_2 = mg = P$$

Полое движение нет: $F_{тр} \leq \mu N_2 = \mu mg$
 Движение правее:

$$\frac{3 \cdot 3}{22} = \frac{1}{3} \quad \mu = 0.33 \mu$$

$$-m a_x - k \Delta x = M a_x$$

$$\vec{v} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_A - \frac{k}{m+M} \Delta x \quad \delta \sin\left(\frac{t_0}{3}\right) = \frac{1}{3}$$

$$v - v_A = x_m \sin\left(\sqrt{\frac{m+M}{k}} t\right)$$

$$\Delta x(t) = x_m \cos\left(\sqrt{\frac{m+M}{k}} t + \varphi_0\right)$$

$$v = v_0 - \mu g t \quad \omega x_m \cos(\omega t) = v_0$$

$$v_A = \dots \quad \sin \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \quad \sin\left(\frac{t_0}{3}\right) =$$

$$x_m = \frac{v_0}{\omega} \quad t_0 = 3 \arcsin\left(\frac{1}{3}\right)$$

$$\Delta x(t) = \frac{v_0}{\omega} \sin\left(\sqrt{\frac{m+M}{k}} t\right)$$

$$v_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{m+M}} \sin\left(\sqrt{\frac{m+M}{k}} t_0\right) = \frac{\mu g (M+m)}{k}$$

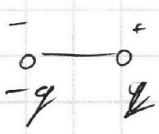


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$\varphi(x)$
 φ

$$g \Delta \varphi_m + \frac{m \omega^2}{2} = \frac{m \omega_0^2}{2}$$

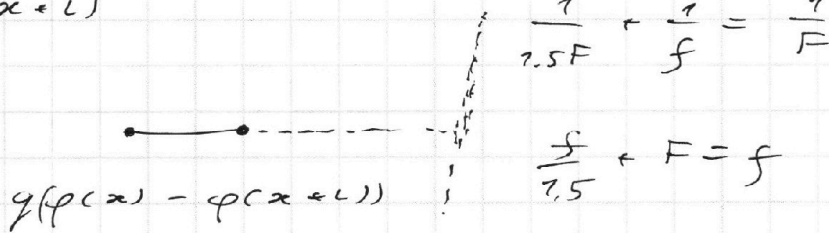
$$f = 3F$$

$$(m_+ + m_-) \ddot{x} = (E(x+L) \varphi' - E(x)) \varphi$$

$$(m_+ + m_-) \ddot{x} = -E(x) \varphi + E(x+L) \varphi$$

$$g(E(x+L) - E(x))$$

$\varphi(x+L)$



$$2 \omega_0^2 (m_+ + m_-) = \omega^2 (m_+ + m_-) + g E d r$$

$$L \dot{I} + L \dot{I} - \frac{dB}{dt} S_n = 0$$

$$q = I dt$$

$$q = \int_0^T \left(\int_0^t \frac{S_n}{5L} dB \right) dt$$

$$I =$$

$$\frac{S_n}{5L} \int_0^T B - B_0 dt$$

$$I = \int_0^T \frac{S_n}{5L} dB$$

$$\frac{1}{2} \frac{4 \varphi_0}{3} \cdot \frac{T}{3} = \frac{\varphi_0 T}{9}$$

$$\frac{3 \varphi_0 T}{9} = \frac{\varphi_0 T}{3}$$



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!

$$\vec{a}_2 = \vec{a}_1 + \vec{a}_{отн}$$

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}_{отн}$$

$$\varphi(x) = k \int \frac{dx}{r}$$

$$dq = R$$

$$\mu mg - k \Delta x = M a_{ix}$$

$$\frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2}$$

$$q E dx$$

$$2(m_1 + m_2) v_0^2 = \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2) + \varphi(x) q - \varphi(x + \Delta x) q$$

$$2(m_1 + m_2) v_0^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 - q d\varphi$$

$$q E(x) - q E(x + dx)$$

$$-q dE = m a_x$$

$$\frac{k \Delta x_m^2}{2} = \mu mg \Delta x_0 + \frac{k \Delta x^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2}$$

$$-kx + \mu mg = M a_{ix}$$

$$\Delta x_0 = \Delta x_m - \Delta x$$

$$-\frac{kx^2}{2}$$

$$\frac{k \Delta x_m^2}{2} = \mu mg \Delta x_0$$

$$\frac{k(\Delta x_m)^2}{2} + \mu mg \Delta x_0$$

$$\frac{k \Delta x_m^2}{2} = \mu mg (\Delta x_m - \Delta x)$$

$$3 + 7 \cdot 27 = 198$$



$$3 + \sqrt{198}$$

$$\frac{27}{2} \Delta x_m^2 = 3(\Delta x_m) - \frac{27}{7} + \frac{3}{2} + 3$$

4 -

5 -