



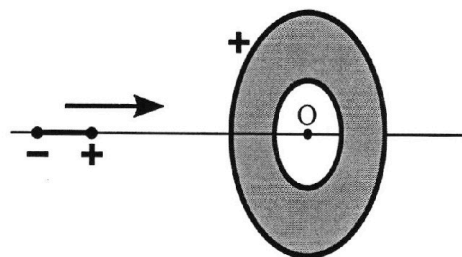
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

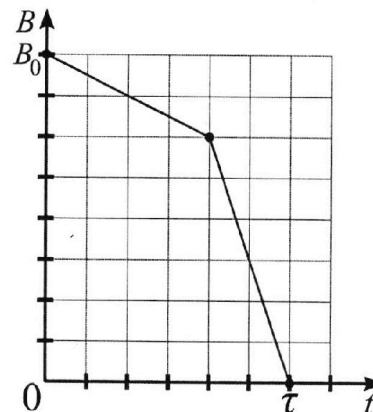
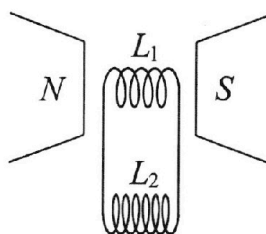


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Заряды диполя уменьшают по модулю в 2 раза и сообщают диполью начальную скорость V_0 .



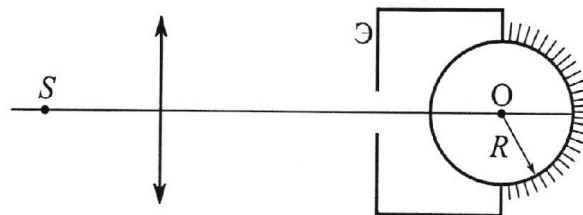
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 7R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 4R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



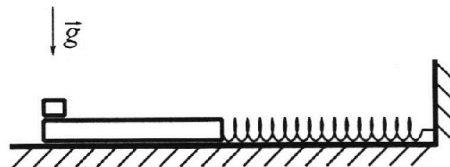
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 2$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

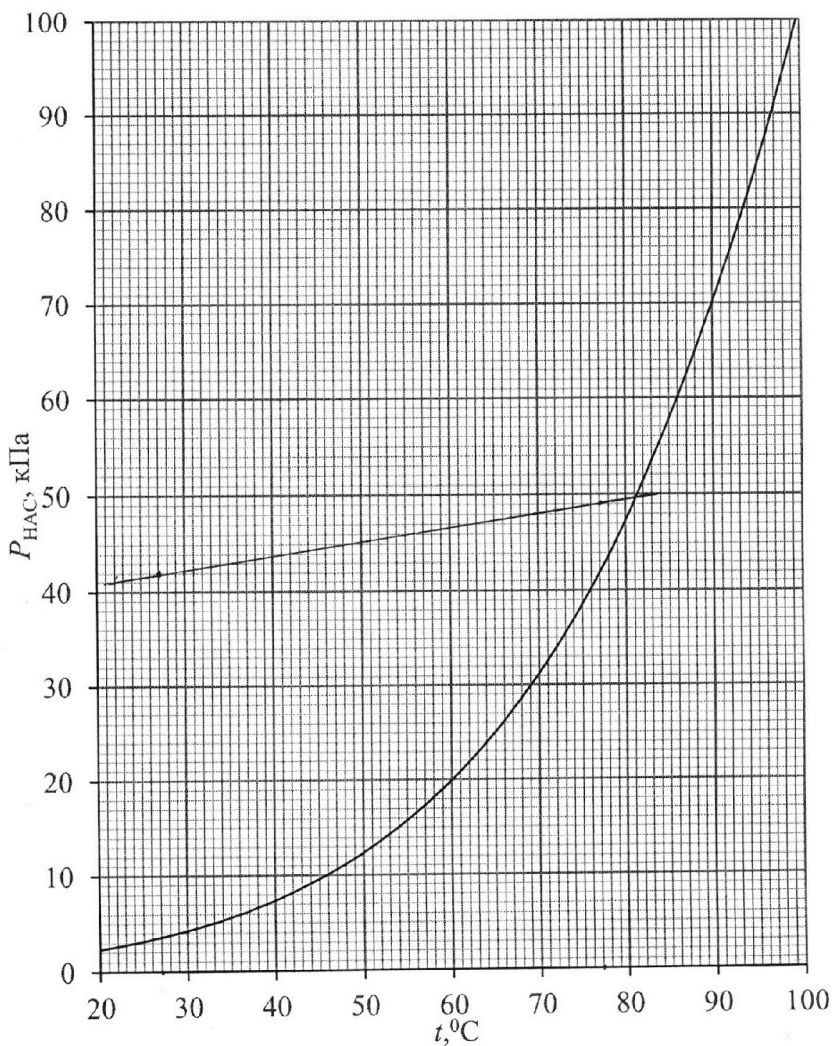


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

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

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

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



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

Дано

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$k = 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\mu = 0,3$$

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

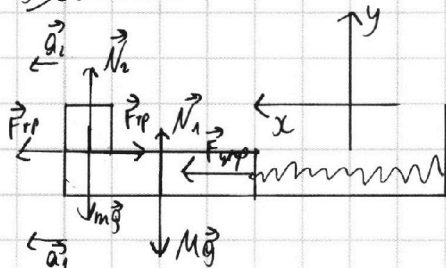
$$\pi \approx 3$$

$$x_1 = ?$$

$$a_0 = ?$$

$$U = ?$$

Решение



2 Закон Ньютона

$$M \vec{a}_1 = M \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр} + \vec{F}_{упр} + \vec{N}_2$$

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

$$x: M a_1 = F_{упр} - F_{тр}$$

$$F_{тр} = \mu N_2$$

$$x: m a_2 = F_{тр}$$

$$F_{упр} = kx$$

$$y: N_1 - N_2 - Mg = 0$$

x_1 - статическое удлинение пружины, когда

$$y: N_2 - mg = 0$$

разности ускорений равна нулю

$$a_1 = a_2 = a$$

$$N_2 = mg$$

$$F_{тр} = \mu mg$$

$$Ma = kx_1 - \mu mg$$

$$F_{упр} = kx_1$$

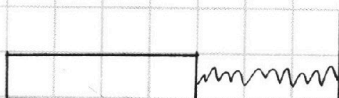
$$ma = \mu mg \quad a = \mu g$$

$$\mu Mg = kx_1 - \mu mg$$

$$kx_1 = \mu g(M + m) \quad x_1 = \frac{\mu g(M + m)}{k}$$

$$x_1 = \frac{0,3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (2 \text{ кг} + 1 \text{ кг})}{50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = 0,18 \text{ м}$$

в системе деформации



можно записать уравнение 3(7)

$$k \frac{x_0^2}{2} - k \frac{x^2}{2} = \frac{M U^2}{2}$$



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

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!

по условию ~~физика~~ ~~интересуется~~ ~~изменился~~ на некотором ΔP_1

тогда $\frac{M U - \Delta P_1}{m} = \frac{\Delta P_2}{m}$ $\Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P$, т.е. $F_{1p} = F_{2p}$, т.е. $F_{1p} = F_{2p}$

$$M a_0 = k x_0 - m g$$

вводя в виде уравнение принимает вид

$$M a = -k x - m g \quad \text{пусть } x_{\text{ст}} = x + \frac{m g}{k}$$

$$\ddot{x}_A = \ddot{x} + 0$$

$$M \ddot{x}_A + k x_A = 0$$

$$x_A = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$x_{\text{ст}} = A \cos(\omega t + \varphi) - \frac{m g}{k}$$

вначале мы выражаем ~~два~~ ~~график~~ (график) ~~получили~~, ~~получили~~

$$x = -A \cos(\omega t) - \frac{m g}{k} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$



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
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!

N2

Дано
 $V = \text{const}$
 $m_B = 11 \text{ ммн}$
 $t_0 = 17^\circ\text{C}$
 $t = 87^\circ\text{C}$
 $\frac{m_A}{m_B} = ?$
 $t^* = ?$
 $\varphi = ?$

Решение

$$p = \frac{pRT}{M} \quad p_0 = \frac{p_0 M}{RT_0}$$

1) т.к. вся вода испарилась, то

$$m_A' = m_A + m_B \quad \frac{m_A'}{m_B} = \frac{m_A + m_B}{m_B} = \frac{m_A + 11 \text{ ммн}}{m_B} = 12$$

т.к. $V = \text{const}$, то $p_0 = \frac{m_B}{V}$, $\frac{m_A'}{V} = p'$, $p' = \frac{12 m_B}{V} = 12 p_0$

$$p' = 12 \frac{p_0 M}{T_0 R} \quad \frac{p'}{T'} \frac{M}{R} = 12 \frac{p_0 M}{T_0 R} \quad \frac{p'}{T'} = 12 \frac{p_0}{T_0}$$

3) p_0 из графика $\approx 3,5 \text{ кПа}$

закон Клайперона-Менделеева

$$pV_2 = RT, \quad pV = \frac{m}{M} RT$$

$$\text{вначале} \quad p_0 V_0 = \frac{m_B}{M} RT_0$$

$$pV_0 = \frac{m_A'}{M} RT$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{m_A'}{m_B} \frac{T}{T_0}$$

$$p = p_0 \cdot 12 \frac{T}{T_0}$$

$$p = 3500 \text{ Па} \cdot 12 \cdot \frac{340 \text{ К}}{300 \text{ К}} = 35 \cdot 3 \cdot 370 \text{ Па} = 38850 \text{ Па}$$

$$\text{из графика} \quad p_{\text{нас}} = 91000 \text{ Па} \quad \varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}} = \frac{38850}{91000} = \frac{111}{260}$$

$$\begin{array}{r} 38850/100 \\ 35 \\ \hline 38850 \end{array} \quad \begin{array}{r} 111/260 \\ 14 \\ \hline 1260 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 91000/100 \\ 91 \\ \hline 91000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35 \cdot 3 = 105 \\ \times 370 \\ \hline 11150 \\ 11150 \\ \hline 38850 \end{array}$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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) ~~Т.е. плотность газа определяется отношением давления паров к соответствующей температуре, но температура будет изменяться медленнее, чем давление, поэтому можно использовать приближённое давление, как $P = 12 P_0$ $P = 42 \text{ кПа}$ и плотность паров равна $\frac{42000}{3504} \cdot \frac{300}{3500} \rho_0 = \frac{12 \cdot 6}{7} \rho_0$ рассматривая давление выше и получаем~~

2) проводим график соответствующий $\frac{P}{T} = 12 \frac{P_0}{T_0}$ $P = 12 \frac{P_0}{T_0} \cdot T$
~~тогда~~ $h = \frac{35000 \text{ Па}}{300 \text{ К}} \cdot 12 = \frac{42 \text{ кПа}}{300 \text{ К}} \cdot \frac{7}{50}$ эта прямая пересекается с графиком в точке $t^* = 81^\circ \text{C}$

Ответ $\frac{m_d}{m_n} = 12$, $t^* = 81^\circ \text{C}$, $\varphi = \frac{111}{260}$



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!

Дано
 $q' = \frac{q}{2}$
 V_0
 $V_4?$
 V_{min}
 V_{max}
 $\Delta V = ?$

Решение

- 1) в момент ~~прохода~~ прохождения диска
центра диска расстояния от зарядов до
центра диска равны, они находятся на оси диска,
потому суммарный энергий электростатического
взаимодействия равен нулю $E_4 = 0$, тогда

$$\frac{2mV_0^2}{2} = E_4 = 0 + \frac{2mV_4^2}{2} \quad V_4 = V_0$$

- 2) энергия электростатического взаимодействия
перпендикулярный заряду диска, т.е. V_0 - это
минимальная скорость, то в некоторой точке

$\frac{2mV_0^2}{2} = q \cdot U_1 - q \cdot U_2$, и эта точка будет точкой
наибольшей ~~электростатической~~ энергии электростати-
ческого взаимодействия, тогда для диска
(зарядом $\frac{q}{2}$ энергия в этой точке будет равна

$$\frac{q}{2} (U_1 - U_2) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2mV_0^2}{2} \right) \text{ и запись ЗСЭ}$$

$$\frac{2mV_0^2}{2} = \frac{q}{2} (U_1 - U_2) + \frac{2mV_{min}^2}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = mV_{min}^2 \quad V_{min} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

т.е. мы нашли расположение диска симметрично
точке минимума, то из-за изменения располо-
жения зарядов эта точка станет минимальной



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!

энергии электрона. взаимодействие, тогда из 3С7

$$\frac{2mV_0^2}{2} = -\frac{q}{2}(U_1 - U_2) + \frac{2mV_{\max}^2}{2}$$

$$\frac{2mV_0^2}{2} = \frac{2mV_{\max}^2}{2}$$

$$V_{\max} = V_0 \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$\Delta V = V_{\max} - V_{\min} = V_0 \sqrt{\frac{3}{2}} - \frac{V_0}{\sqrt{2}} = V_0 \left(\frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\text{Ответ } V_y = V_0, \Delta V = V_0 \left(\frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}} \right)$$



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
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!

Дано
 h, n
 $L_1 = L$
 $L_2 = 6L$
 ϵ, μ_0
 I_0, q

Решение

$$1) \mathcal{E} = \frac{dB_S}{dt} = -L_1 \frac{dI_1}{dt} - L_2 \frac{dI_2}{dt}$$

$$\frac{dB_S}{dt} \cdot \frac{1}{L_1 + L_2} = - \frac{dI}{dt}$$

на промежутке от 0 до $\frac{2}{3}\tau$

$$\frac{dB_S}{dt} = \frac{\frac{1}{4} \mu_0 \cdot S_1 \cdot h}{\frac{2}{3}\tau} =$$

$$= \frac{3}{8} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau}$$

на промежутке от $\frac{2}{3}\tau$ до τ

$$\frac{dB_S}{dt} = \frac{\frac{3}{8} \mu_0 S_1 h}{\frac{1}{3}\tau} = \frac{9}{4} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau}$$

$$\text{от } 0 \text{ до } \frac{2}{3}\tau \quad I_1(t) = \frac{1}{4L} \cdot \frac{3}{8} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} \cdot t$$

$$\text{от } \frac{2}{3}\tau \text{ до } \tau \quad I(t) = \frac{1}{4L} \cdot \frac{1}{3} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} + \frac{9}{4} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} \cdot \left(t - \frac{2}{3}\tau\right) \cdot \frac{1}{4L}$$

$$I_0 = \frac{1}{4L} \cdot \frac{1}{3} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} + \frac{9}{4} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} \cdot \left(\tau - \frac{2}{3}\tau\right) \cdot \frac{1}{4L} = \frac{\mu_0 S_1 h}{4L}$$

$$2) q = \int_0^{\frac{2}{3}\tau} I(t) dt + \int_{\frac{2}{3}\tau}^{\tau} I(t) dt$$

$$q = \int_0^{\frac{2}{3}\tau} \left(\frac{1}{4L} \cdot \frac{3}{8} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} \cdot t \right) dt + \int_{\frac{2}{3}\tau}^{\tau} \left(\frac{1}{4L} \cdot \frac{1}{3} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} + \frac{9}{4} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} \left(\frac{t}{2} - \frac{2}{3}\tau \right) \right) dt$$

$$= \frac{\mu_0 S_1 h \tau}{84} + \frac{\mu_0 S_1 h}{84} + \frac{9}{4} \frac{\mu_0 S_1 h}{\tau} \left(-\frac{\tau^2}{6} \right) - \frac{\tau^2}{18}$$

$$\text{Ответ } I_0 = \frac{\mu_0 S_1 h}{4L}$$



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.

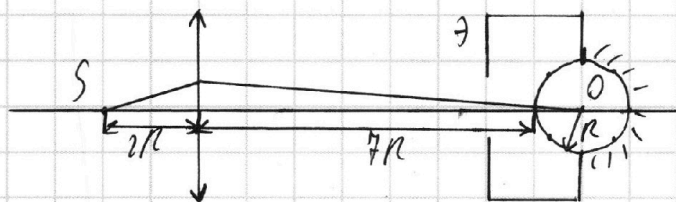


СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

№5
Дано
 $a = 2R$
 $b = 7R$
F-?
n-?

Решение
1) т.к. ^{параллельно} изображение не зависит от показателя преломления, то лучи не преломляются, значит они падает на шар всегда нормально, следовательно изображение будет находиться в центре шара, тогда по формуле тонкой линзы



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

где
d - расстояние от объекта до линзы,
f - расстояние от изображения до линзы
 $d = a$ $f = b + R$

$$\frac{1}{2R} + \frac{1}{8R} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{F} = \frac{5}{8R} \quad F = 1,6R$$

2) исходя из обратности хода световых лучей, если ~~из~~ изображение источника в зеркале ^{совпадает} ~~совпадает~~ с ~~изображением~~ ~~источника~~ в линзе, в таком случае изображение в точке источника, то изображение из зеркала должно совпадать с изображением из линзы, тогда от обоих расстояний до зеркала должно быть равно некоторому x



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.

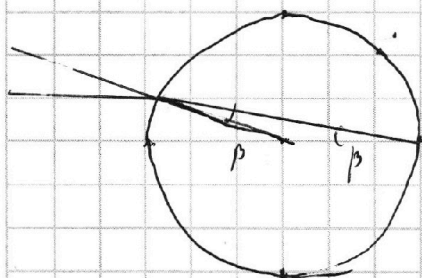
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА

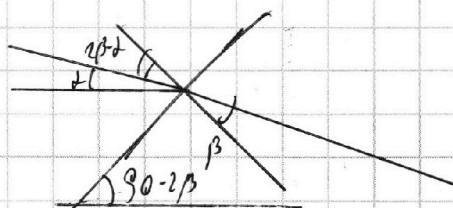
2 ИЗ 2

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) плоскость перпендикулярна направлению хода, т.е. они движутся поперек вектора шара, или в плоскости перпендикулярной оси и зеркалу, нам подходит 2 вариант тогда



$\frac{h}{d} = \frac{1}{5}$



при этом $\frac{h}{d} = 5R$ $\frac{h}{2} \approx 5R$

$2R - d = hR$ $\frac{h}{R} = 2R$ $\frac{d}{R} = \frac{2}{5}$

$(2-h)R = 2$ $2-h = \frac{2}{5}$ $h = 1,6$

Ответ $h = 1,6$, $F = 1,6R$



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!

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{M\omega^2}{2} + \frac{m\omega^2}{2}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx^2}{2} = \frac{(M+m)\omega^2}{2}$$

$$kx = \mu mg$$

$$Ma + kx = -\mu mg$$

$$Ma + \frac{k}{m}x = -\frac{\mu mg}{m}$$

$$x = A \cos(\omega t) - \frac{\mu mg}{k}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{m}\right) \cdot m = \Delta P$$

$$m\Delta V = \Delta P(m+m) \quad \Delta P = \frac{m\Delta V}{(m+m)} \quad \frac{\Delta P}{m} = a \quad a = \frac{\Delta V}{(m+m)}$$

$$x_0 = A - \frac{\mu mg}{k}$$

$$P_0 V_0 = 20 RT_0$$

$$P V_0 = 12 \cdot 20 RT$$

$$\frac{P}{P_0} = 12 \frac{T}{T_0} = P_0 \cdot 12 \cdot \frac{370}{300} = 3800 \text{ Па} \cdot 12 \cdot \frac{370}{300} = 353520$$

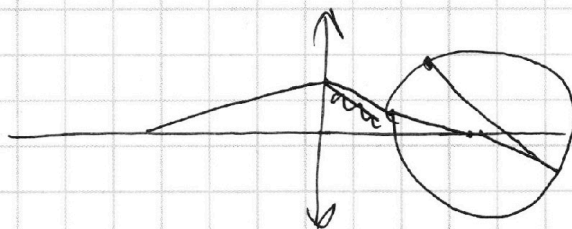
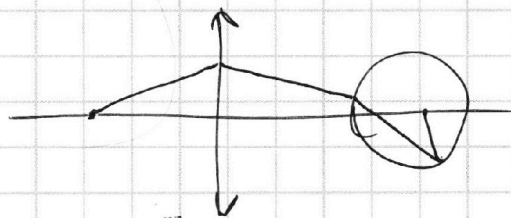
$$\begin{array}{r} 370 \\ \times 105 \\ \hline 1850 \\ 3700 \\ \hline 38850 \end{array}$$

$$P_{\text{max}} = 91000 \text{ Па}$$

$$= \frac{38850}{91000}$$

$$dE = \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2\pi R dr \cdot \omega}{r^2 + \omega^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\omega^2}} \cdot \frac{1}{4\epsilon_0}$$

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



$$\begin{array}{r} 38850 \overline{) 58} \\ 38 \\ \hline 208 \\ 208 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$91000 \text{ Па}$$



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
2 ИЗ 2

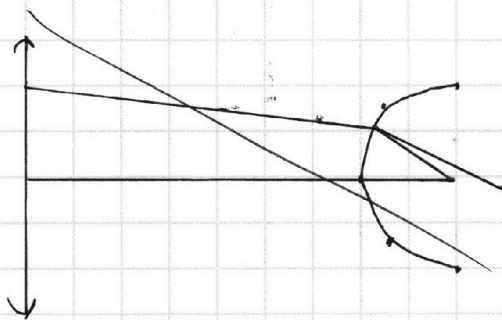
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~по формуле сферического зеркала~~

~~$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_3} = \frac{1}{\frac{R}{2}} = \frac{2}{R}$$~~

~~$$d = f = x$$~~

~~$$\frac{2}{x} = \frac{2}{R}$$~~

~~$$x = R$$
, изображение находится~~~~в центре шара, рассмотрим предметную точку на границе шара~~

~~$$\text{Ответ } F = 1,6R$$~~



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
☐

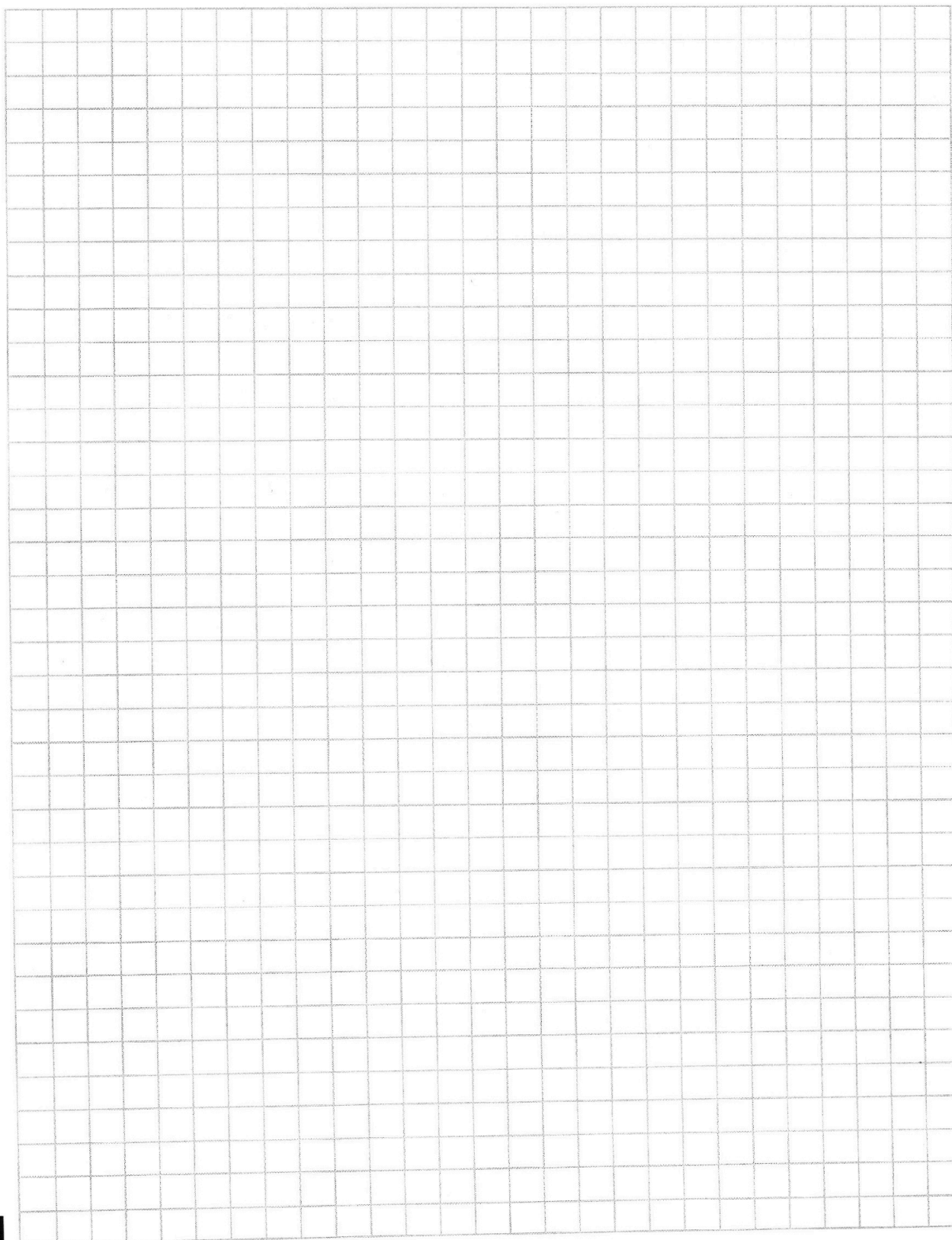
5
☐

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 __

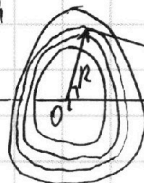
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~Дано
 V_0
 $q' = \frac{q}{2}$
 $U_1 = \frac{U_{max}}{U_{min}}$~~

~~Решение~~

~~пусть диск имеет заряд поверхностной плотности равной σ , тогда найдем потенциал точки на оси диска~~

~~$$dU = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r}$$~~



~~R - радиус внешнего кольца
 dR - малое кольцо
 x - расстояние от центра диска~~

~~$$dq = \sigma dS = \sigma \cdot 2\pi R dR$$~~

~~$$dU = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sigma \cdot 2\pi R dR}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$~~

~~$$dU = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sigma \cdot R dR}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$~~

~~$$t = R^2 \quad dt = 2R dR$$~~

~~$$U = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sigma dt}{\sqrt{x^2 + t}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \sqrt{x^2 + t} \Big|_{R_1}^{R_2}$$~~

~~$$U = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (\sqrt{x^2 + R_2^2} - \sqrt{x^2 + R_1^2})$$~~

~~$$E_{диск} = E_+ + E_-$$~~

~~рассмотрим координату диска
 $x_+ = x$, тогда $x_- = x - L$, где L
это расстояние между зарядами~~

~~$$E_{диск} = q_+ U_+ + q_- U_- = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0} (\sqrt{x^2 + R_2^2} - \sqrt{x^2 + R_1^2} - \sqrt{(x-L)^2 + R_2^2} + \sqrt{(x-L)^2 + R_1^2})$$~~

~~$$E = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} - \frac{x-L}{\sqrt{(x-L)^2 + R_2^2}} + \frac{x-L}{\sqrt{(x-L)^2 + R_1^2}} \right)$$~~

~~т.к. положительный заряд диск~~



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!

№3

Дано
 V_0
 $q = \frac{q}{2}$
 $V = ? \frac{V_{max}}{V_{min}}$

Решение

Рассмотрим диск с внутренним радиусом r_1 и внешним r_2 , поверхностной плотностью заряда σ и найдем эл. поле создаваемое им на оси

Возьмем диск на произвольном радиусе R , толщину dr



$$dE_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} \cdot \cos\alpha \quad dS = 2\pi R dr$$

$$E(x) = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{x \cdot 2\pi R dr}{\sqrt{R^2 + x^2}} = \left| \frac{x}{2\epsilon_0 \sqrt{R^2 + x^2}} \right|_{r_1}^{r_2} = \frac{x}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{r_2^2 + x^2}} - \frac{1}{\sqrt{r_1^2 + x^2}} \right)$$

ищем точку равновесия ~~находим заряды~~

$$\frac{x}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{r_2^2 + x^2}} - \frac{1}{\sqrt{r_1^2 + x^2}} \right)$$