



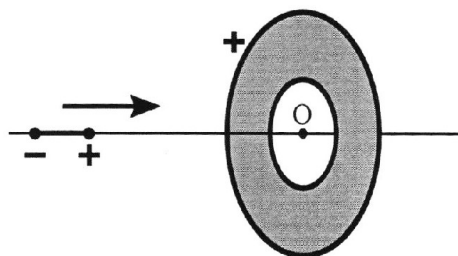
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

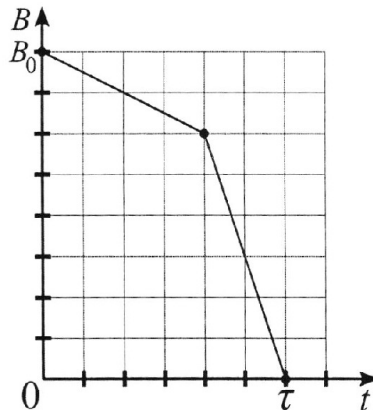
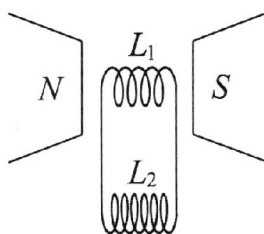


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



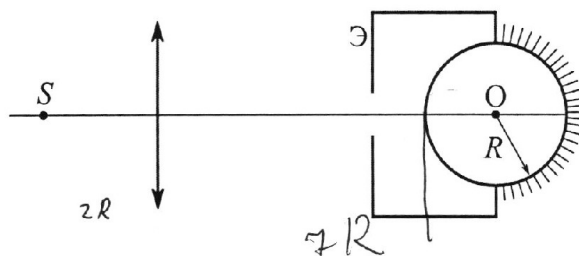
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



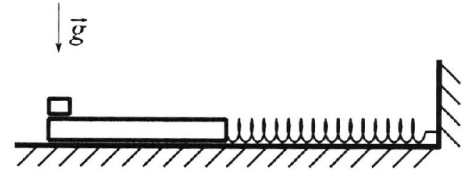
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

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.

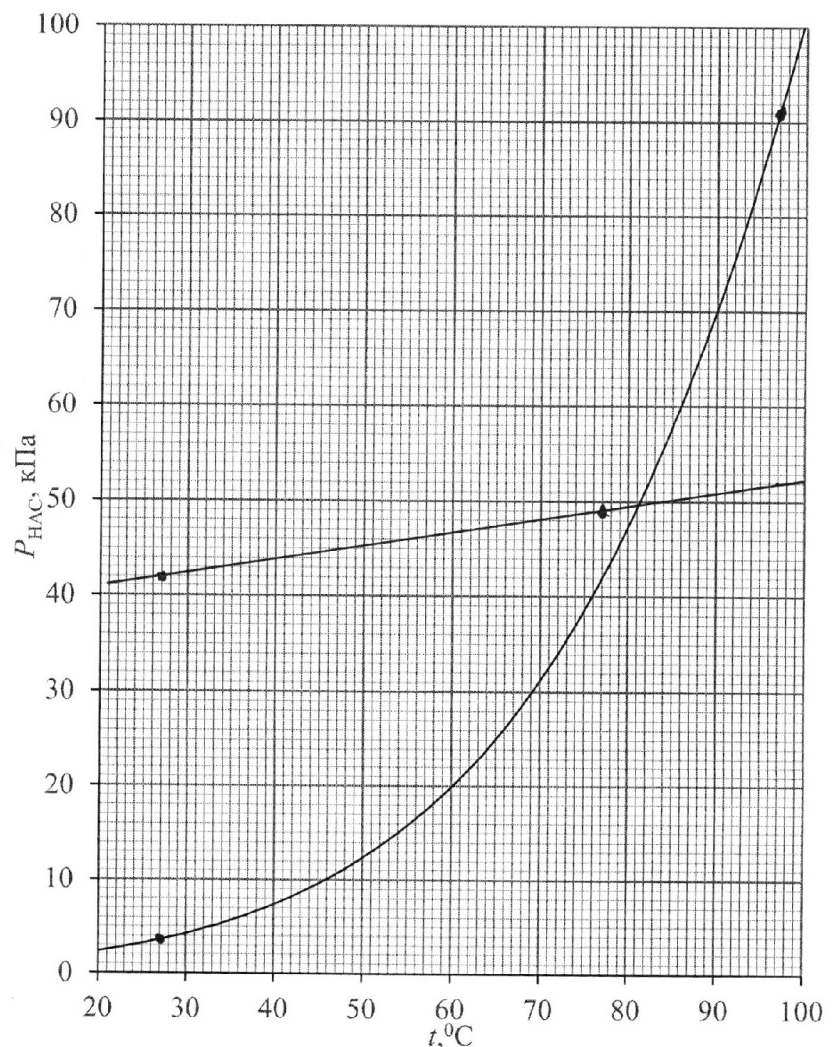


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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





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!

$$\sqrt{\frac{k}{M}} t = \frac{\pi}{2} \quad t_0 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\dot{x}(t_0) = \underbrace{\frac{\mu mg}{m}}_{\text{вект. функция}} t_0 \quad (\text{нет откл. движения})$$

$$\ddot{x}(t_0) = -A \sqrt{\frac{k}{M}} \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} t_0) = \mu g t_0$$

$$-A = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{\mu g \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{\pi}{2}}{\sin(\frac{\pi}{2})} = \frac{\pi}{2} \frac{\mu g M}{k}$$

$$\ddot{x}(0) = -A \frac{k}{M} = \frac{\pi}{2} \mu g \approx 1,5 \mu g \approx 4,5 \frac{M}{C^2}$$

2) Ответ: ~~1,5 \mu g~~ $\frac{\pi}{2} \mu g \approx 4,5 \frac{M}{C^2}$

3) Откл. вект. 0 при $x_{\text{ср}}$

$$-\frac{\pi}{2} \frac{\mu g M}{k} \cos(\sqrt{\frac{k}{M}} t^*) - \frac{\mu mg}{k} = -\frac{\mu mg}{k}$$

$$\frac{\pi}{2} M \cos(\sqrt{\frac{k}{M}} t^*) = m$$

$$\cos(\sqrt{\frac{k}{M}} t^*) = \frac{2}{\pi} \frac{m}{M} \approx \frac{1}{3}$$

$$\sin(\sqrt{\frac{k}{M}} t^*) = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{3}\right)^2} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$\begin{aligned} v = \dot{x} &= -A \sqrt{\frac{k}{M}} \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} t^*) = \\ &= \frac{\pi}{2} \frac{\mu g M}{k} \sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} = \frac{\sqrt{2} \pi}{3} \mu g \sqrt{\frac{M}{k}} \\ &\approx \sqrt{27} \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{50}} \frac{M}{C} = \frac{3\sqrt{2}}{5} \frac{M}{C} \end{aligned}$$

3) Ответ: $\frac{\sqrt{27} \pi}{3} \mu g \sqrt{\frac{M}{k}} \approx \frac{3\sqrt{2}}{5} \frac{M}{C}$ (смп. 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 ☐

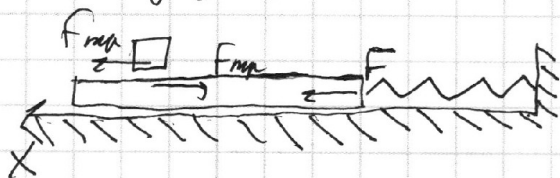
СТРАНИЦА

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!

N1

в начале:
до движения



$$F = -kx$$

x_0 - координата конца стержня отн. жесткости

Относительное ускорение = 0, когда ускорения тел равны, то есть $F_{\text{ж}} - F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}$

$$-kx - \mu mg = \mu mg \quad (F_{\text{тр}} = \mu mg)$$

$$-x = \frac{2\mu mg}{k} \text{ - сжатие пружины}$$

$$x_{\text{сж}} = \frac{2\mu mg}{k} = \frac{2 \cdot 0,3 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \text{ кг}}{50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = \frac{0,6}{50} \text{ м} = \frac{6}{50} \text{ м} = 0,12 \text{ м}$$

1) Ответ: $\frac{2\mu mg}{k} = 0,12 \text{ м}$

2) $Ma_0 = -kx_0 - \mu mg$

$$M\ddot{x} = -kx - \mu mg$$

$$M\ddot{x} + kx = -\mu mg$$

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

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

$$= A \cos(\sqrt{\frac{k}{m}}t) - \frac{\mu mg}{k}$$

$$x(0) = A - \frac{\mu mg}{k}$$

уск. почти достигает 0:

$$A \cos(\sqrt{\frac{k}{m}}t) - \frac{\mu mg}{k} = -\frac{\mu mg}{k} \quad (A \cos(\sqrt{\frac{k}{m}}t) = 0 \text{ при } t = \frac{\pi}{2})$$

ускорение почти достигает 0:

$$-kx - \mu mg = 0$$

$$-x = \frac{\mu mg}{k}$$

$$A \cos \varphi = \frac{\mu mg}{k}$$



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.

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!

Пересечение графиков в т. 81°C ; $49,5 \text{ кПа}$

$$t^* = 81^{\circ}\text{C}$$

2) Ответ: $t^* = 81^{\circ}\text{C}$

$$\frac{49,5}{81 + 273} = \frac{99}{2 \cdot 354} = \frac{99}{708}$$

3) $p_{\text{н.н.}}(t^*) = 49,5 \text{ кПа}$

$$pV = \frac{\mu}{M} RT$$

$$p_{\text{н.н.}}(T_0) V = \frac{\mu}{12M} RT_0$$

$$p = p_{\text{н.н.}}(T_0) \cdot \frac{12T}{T_0} =$$

$$= 3,5 \text{ кПа} \cdot \frac{12 \cdot 300 \text{ К}}{300 \text{ К}} =$$

$$= \frac{7}{2} \cdot \frac{6 \cdot 2}{10} \cdot \frac{37}{301 \text{ Па}} = \frac{7 \cdot 37}{5} \text{ кПа}$$

α

$$p_{\text{н.н.}}(t) = \frac{7 \cdot 37}{5} = 51,8 \text{ кПа}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 37 \\ \hline 259 \\ 259 \cdot 2 = \\ \hline 518 \end{array}$$

$$\varphi = \frac{p(t)}{p_{\text{н.н.}}(t)} = \frac{7 \cdot 37}{5} \cdot \frac{1}{91} =$$

$$= \frac{259}{5 \cdot 91} = \frac{51,8}{91} =$$

$$\varphi = \frac{51,8}{910} = \frac{25,9}{455}$$

$$\begin{array}{l} p_{\text{н.н.}}(t) = \frac{7}{50} \cdot 10 \text{ кПа} = \\ = 14 \cdot 3,8 \text{ кПа} = \\ = 53,2 \text{ кПа} \end{array}$$

$$p_{\text{н.н.}}(t) = 91 \text{ кПа}$$

3) Ответ: $\varphi = \frac{25,9}{455}$

Смп. 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

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) в конце вся вода испарилась, ^(м пара) изначально было $\frac{M}{12}$ пара и $\frac{11}{12} M$ воды $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ отношение $\frac{M}{\frac{M}{12}} = 12$

Ответ: 12.

2) $pV = \nu RT$ $p_{\text{н.п.}}(T_0) = \frac{\nu_1 R T_0}{V}$

$p_{\text{н.п.}}(T^*) = \frac{\nu_2 R T^*}{V}$

~~$\frac{p_{\text{н.п.}}(T_0)}{p_{\text{н.п.}}(T^*)} = \frac{\nu_1 R T_0}{\nu_2 R T^*}$ здесь провести~~
~~применяя закон $pV = \nu RT$ в точке $p_{\text{н.п.}}(T_0)$~~
~~и в точке $p_{\text{н.п.}}(T^*)$~~

вода испарилась $\Rightarrow$ масса пара станет ν

$p_{\text{н.п.}}(T_0) = \frac{\frac{M}{12} R T_0}{V}$

$\frac{p_{\text{н.п.}}(T^*)}{p_{\text{н.п.}}(T_0)} = 12 \frac{T^*}{T_0}$

$p_{\text{н.п.}}(T^*) = \frac{\nu R T^*}{V}$

$\frac{p_{\text{н.п.}}(T_0) T_0}{T_0} = \frac{1}{12} \frac{p_{\text{н.п.}}(T^*)}{T^*}$

$\frac{p_{\text{н.п.}}(T^*)}{T^*} = 12 \cdot \frac{3,5 \text{ кПа}}{300 \text{ К}}$
 $= \frac{42 \text{ кПа}}{300 \text{ К}} = \frac{7 \text{ кПа}}{50 \text{ К}}$

при $T_0 = 300 \text{ К}$

$p_{\text{н.п.}}(T_0) = 3,5 \text{ кПа}$

$\frac{p_{\text{н.п.}}(T^*)}{T^*} = \frac{12 \cdot 300 \text{ кПа}}{3,5 \text{ К}}$

и проведем такую операцию из $T=0$ $p_{\text{н.п.}} = 0$ ^{по 2-му закону}
 ~~$\frac{p_{\text{н.п.}}(T_0) T_0}{T_0} = \frac{1}{12} \frac{p_{\text{н.п.}}(T^*)}{T^*}$~~

при $T = 300 \text{ К}$

при $T = 300 \text{ К}$ $p_{\text{н.п.}} = 3,5 \cdot 12 = 42 \text{ кПа}$

при $T = 350 \text{ К}$ $t = 77^\circ \text{C}$ $p_{\text{н.п.}} = \frac{7}{50} \cdot 350 = 49 \text{ кПа}$

это изотермическое нагревание M пара

Стр. 1/2



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!

2) При заряде q max скорость $-V_0$, min скорость -0 (иначе можно ещё уменьшить начальную скорость). Тогда по ЗЭ:

$$\frac{mV_0^2}{2} = E_{\text{пот. max}} - \text{диполь}$$

~~Энергия~~ Потенциальная энергия каждого заряда пропорциональна его заряду, то есть при уменьшении зарядов в 2 раза $E_{\text{пот. max}}$ уменьшится в 2 раза.

Аналогично из симметрии системы есть положение диполя с пот. энергией $- \frac{E_{\text{пот. max}}}{2}$

$$\begin{cases} \frac{mV_{\text{max}}^2}{2} - \frac{E_{\text{пот. max}}}{2} = \frac{mV_0^2}{2} \\ \frac{mV_{\text{min}}^2}{2} + \frac{E_{\text{пот. max}}}{2} = \frac{mV_0^2}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{V_{\text{max}}^2}{2} - \frac{V_0^2}{4} = \frac{V_0^2}{2} \\ \frac{V_{\text{min}}^2}{2} + \frac{V_0^2}{4} = \frac{V_0^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{\text{max}}^2 = 1,5 V_0^2 \\ V_{\text{min}}^2 = 0,5 V_0^2 \end{cases}$$

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

2) Ответ: $\frac{\sqrt{2}}{2} (\sqrt{3} - 1) V_0$

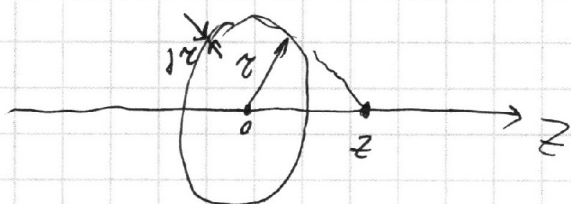
стр. 2/2

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!



Потенциал на оси симметрии радиуса R с лн. точк. заряда $d\lambda$:

$$d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{d\lambda \cdot 2\pi r}{\sqrt{z^2 + r^2}}$$

$$d\lambda = \sigma dr$$

σ — пов. пл. заряда диска

$$d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\pi \sigma r dr}{\sqrt{z^2 + r^2}} = \frac{\sigma dr (r^2)}{4\epsilon_0 \sqrt{z^2 + r^2}}$$

Диска: $r_{\max}^2 + z^2$

$$\varphi = \int_{r_{\min}^2 + z^2}^{r_{\max}^2 + z^2} \frac{\sigma r (r^2)}{4\epsilon_0 \sqrt{z^2 + r^2}} = \frac{2\sigma}{4\epsilon_0} (\sqrt{z^2 + r_{\max}^2} - \sqrt{z^2 + r_{\min}^2})$$

Потенциал ~~энергия~~ Энергия диполя в центре диска (на беск. — 0)

$$E_n = \frac{2\sigma}{4\epsilon_0} (\sqrt{(\frac{l}{2})^2 + r_{\max}^2} - \sqrt{(\frac{l}{2})^2 + r_{\min}^2}) \cdot (+q) +$$

$$+ \frac{2\sigma}{4\epsilon_0} (\sqrt{(-\frac{l}{2})^2 + r_{\max}^2} - \sqrt{(-\frac{l}{2})^2 + r_{\min}^2}) \cdot (-q) = 0$$

(где l — длина диполя) $\Rightarrow$ в центре диска

дипольная скорость диполя равна скорости на бесконечности.

1) Ответ: V_0 .



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) Поскольку сопротивление мало, суммарный ток через контур сохраняется:

$$\Phi_0 = B_0 n S_1 \quad \Phi_{\text{поле выкл.}} = I_0 (L_1 + L_2)$$

$$I_0 \cdot 7L = B_0 n S_1$$

$$I_0 = \frac{B_0 n S_1}{7L}$$

Ответ: $\frac{B_0 n S_1}{7L} = I_0$

2) ~~Вектор B не постоянен~~

$$B n S_1 + I (L_1 + L_2) = I_0 (L_1 + L_2) B_0 n S_1$$

$$I = \frac{n S_1}{7L} (B_0 - B)$$

$$dq = I dt = \frac{n S_1}{7L} (B_0 - B) dt$$

$$q = \int dq = \frac{n S_1}{7L} B_0 \tau - \frac{n S_1}{7L} \int_0^\tau B dt$$

$$\int_0^\tau B dt = \frac{B_0 + \frac{6}{8} B_0}{2} \cdot \frac{4}{6} \tau + \frac{2}{6} \tau \cdot \frac{6}{8} B_0 = \left(\frac{7}{3} \cdot \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \right) B_0 \tau =$$

поэтому по графику $B(t)$

$$= \left(\frac{7}{12} + \frac{1}{3} \right) B_0 \tau = \frac{14+3}{24} B_0 \tau = \frac{17}{24} B_0 \tau$$

$$q = \frac{7}{24} \cdot \frac{n S_1}{7L} B_0 \tau = \frac{B_0 n S_1 \tau}{24L}$$

Ответ: $\frac{B_0 n S_1 \tau}{24L}$

стр. 1/1



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

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА
4 из 4

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!

~~$\frac{1}{n-0,8} + \frac{1}{n-1} = \frac{2}{n}$~~ Подставим z :

$$y = \frac{1}{\frac{z}{R} - \frac{1}{2R - \frac{R}{n-0,8}}} = \frac{R(2R - \frac{R}{n-0,8})}{4R - \frac{2R}{n-0,8} - R} = \frac{2R - \frac{R}{n-0,8}}{3 - \frac{2}{n-0,8}}$$

$$\frac{1}{2R - y} - \frac{1}{5R} = \frac{n-1}{R}$$

$$\frac{1}{2 - \frac{2(n-0,8)-1}{3(n-0,8)-2}} - \frac{1}{5} = n-1$$

$$\frac{1}{2 - \frac{2(n-0,8)-1}{3(n-0,8)-2}} = n-0,8$$

Пусть
 $Q = n-0,8$
 $Q \neq 0$
 $3Q-2 \neq 0$

$$\frac{1}{Q} = 2 - \frac{2Q-1}{3Q-2} = \frac{6Q-4-2Q+1}{3Q-2}$$

$$3Q-2 = 4Q^2-3Q$$

$$4Q^2-6Q+2=0$$

$$2Q^2-3Q+1=0$$

$$Q = \frac{3 \pm \sqrt{9-8}}{4}$$

$$Q_1 = 1$$

$$n = 1,8$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$n = 1,3$$

Ответ: $n=1,8$ или $n=1,3$.

стр. 4/4



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 4

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!

$q'' = -R \Rightarrow$ расстояние от линзы до
изображения $b - q'' = 8R$

По ф. тонкой линзы:

$$\frac{1}{2R} + \frac{1}{8R} = \frac{1}{F}$$

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

1) ответ: $F = 1,6R$

2) Первое падение на шар $15'$ на $8R$ от
линзы)

$$\frac{1}{-5R} + \frac{1}{x} = \frac{n-1}{R}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{n-1+5}{R} = \frac{n-0,8}{R}$$

Зеркало:

$$\frac{1}{2R-x} + \frac{1}{y} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{2R - \frac{R}{n-0,8}} + \frac{1}{y} = \frac{2}{R}$$

матрица шара:

$$\frac{1}{2R-y} + \frac{1}{z} = \frac{n-1}{R}$$

ф. тонкой линзы:

$$\frac{1}{2R} + \frac{1}{3R-z} = \frac{1}{F}$$

$$3R-z = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{2R}} = \frac{1}{\frac{5}{8R} - \frac{1}{2R}} = 8R$$

$$z = -5R$$

Стр. 3/4



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 ☐

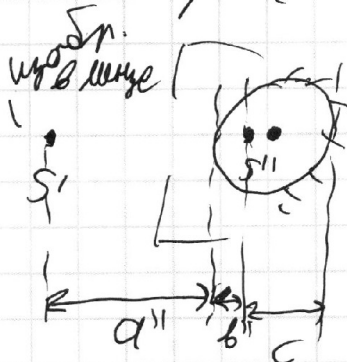
СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

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!

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

$$\boxed{\frac{1}{f} + \frac{1}{c} = \frac{1}{R}}$$

Изображение источника
совпадает с ним при любом n .
Рассмотрим изображение S'' от шара:



$$\frac{1}{c} + \frac{1}{a''} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{a''} + \frac{n}{b''} = \frac{1}{R}(n-1)$$

$$c = 2R - b'' =$$

$$= 2R - \frac{n}{\frac{1}{R}(n-1) - \frac{1}{a''}} =$$

$$= \frac{2R \cdot \frac{1}{R}(n-1) - \frac{2R}{a''} - n}{\frac{n-1}{R} - \frac{1}{a''}} =$$

$$= \frac{n-2 - \frac{2R}{a''}}{\frac{n-1}{R} - \frac{1}{a''}}$$

$$\frac{n-1}{R} - \frac{1}{a''}$$

S'' — центр. точка
шара

Изображение S'' совпадает с S'

Чтобы S'' (точка вторичного прел. в линзе)

совпало с S' , S'' должно совпасть с S' ,
то есть зеркало должно отразить S''
само в себя, то есть

$$\frac{2}{c} = \frac{2}{R}; c = R$$

$$b'' = R$$

$$\frac{1}{a''} + \frac{n}{R} = \frac{n-1}{R}$$

$$\frac{1}{a''} = -\frac{1}{R} \quad \text{Стр. 2/4}$$

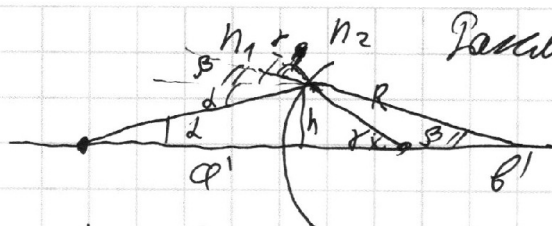


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 4

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



Рассмотрим преломление на сферической поверхности:

$$d = \frac{h}{\alpha} \quad \gamma = \frac{h}{R} \quad \beta = \frac{h}{\delta}$$

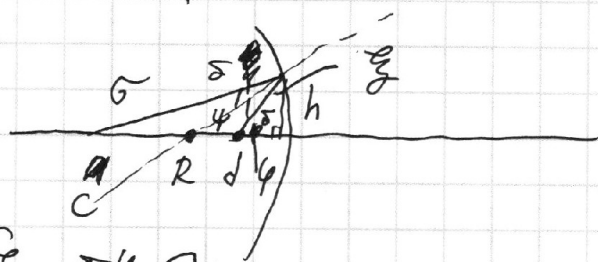
По з. Снеллиуса:

$$n_1(d + \gamma) = n_2(\gamma - \beta)$$

$$n_1\left(\frac{h}{\alpha} + \frac{h}{R}\right) = n_2\left(\frac{h}{R} - \frac{h}{\delta}\right)$$

$$\frac{n_1}{\alpha} + \frac{n_2}{\delta} = \frac{1}{R}(n_2 - n_1)$$

Рассмотрим отражение на сферической поверхности:



$$\psi = \frac{h}{R}$$

$$\sigma = \frac{h}{c}$$

$$\varphi = \frac{h}{d}$$

$$\begin{cases} \sigma + \varphi = \frac{\pi}{2} \\ \sigma + \varphi + \gamma + \psi = \frac{\pi}{2} \\ \sigma + 2\gamma + \gamma = \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi \\ \sigma + \left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) + \psi = \frac{\pi}{2} \\ \sigma + 2\gamma + \left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

$$\delta = \varphi - \psi = \frac{\varphi - \sigma}{2}$$

$$\frac{\varphi}{2} = \psi - \frac{\sigma}{2}$$

Стр 1/4



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!

