



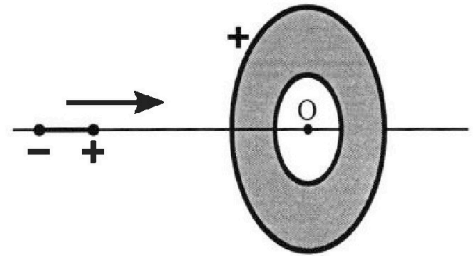
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

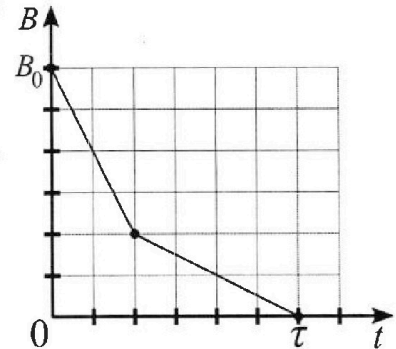
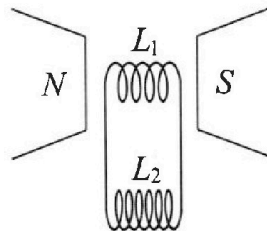


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



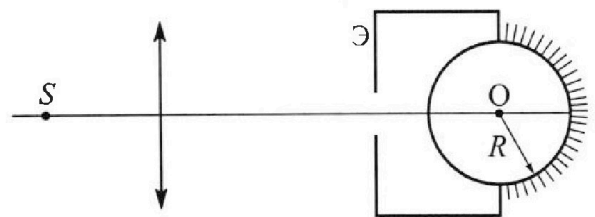
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекавший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8F/3$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 2F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



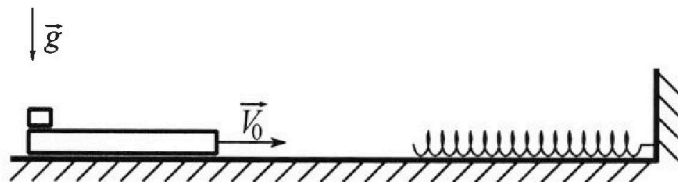
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

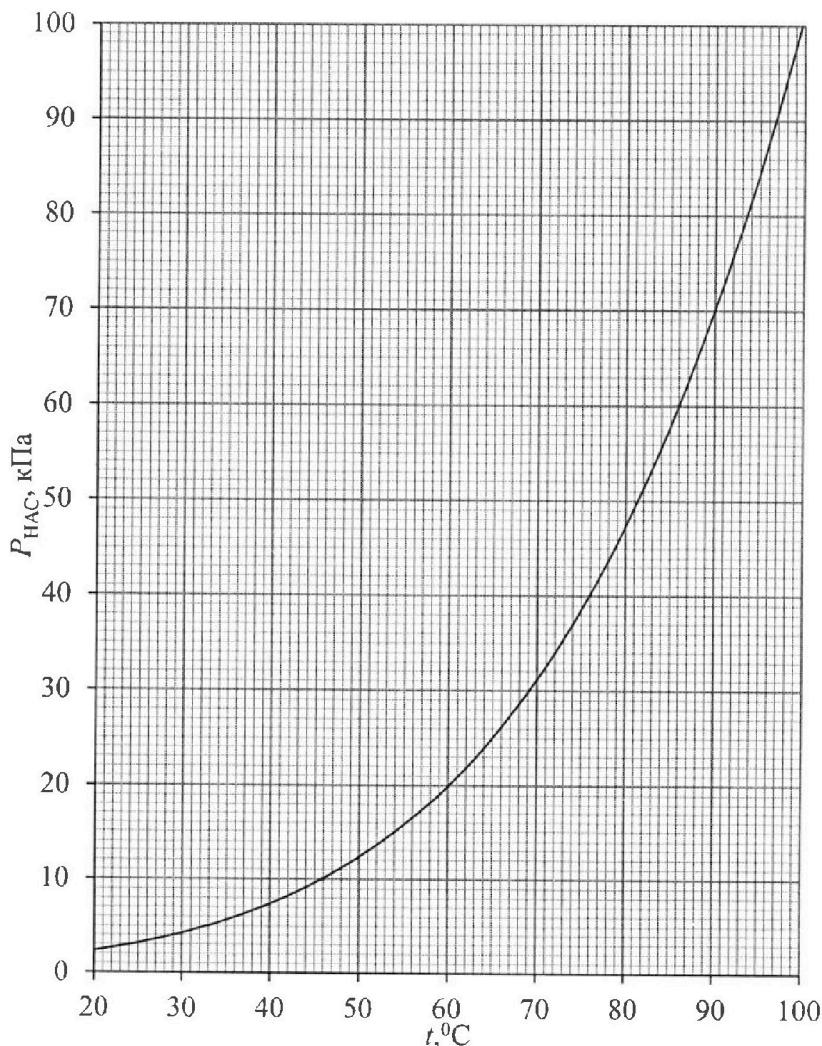


1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.



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

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 150$ кПа, температуре $t_0 = 86$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 2/3$ (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 46$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.



- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

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
☐

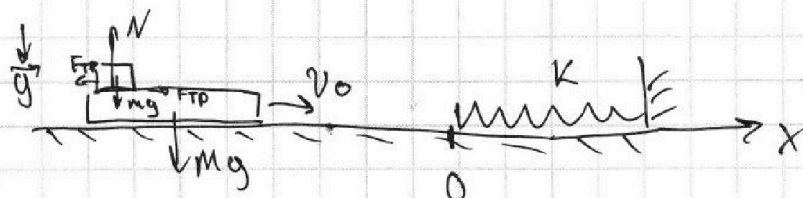
6
☐

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!

У1.



и роль взять
в точке контакта
с пружиной

1.) После контакта с пружиной:

Доска:

23H 0x:

$$F_{тр} - kx = Ma_m$$

Брусок:

23H 0x:

$$-F_{тр} = ma_m$$

$$0y: N - mg = 0$$

$$F_{тр} \leq \mu N$$

Перейдём в КСЦО доски:

$$0x: -F_{тр} - ma_m = 0 \quad \leftarrow \text{Брусок покоится отн. доски}$$

$$\Leftrightarrow -F_{тр} - \frac{m}{M} (F_{тр} - kx) = 0$$

$$F_{тр} \left(1 + \frac{m}{M}\right) = \frac{m}{M} kx$$

$$F_{тр} = \frac{m}{m+M} \cdot kx \leq \mu mg$$

искомое сжатие $\rightarrow x_0 = \frac{\mu(m+M)g}{k} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10}{27} = \boxed{\frac{1}{3} \text{ (м)}}$



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!

2.) Система „брусок + доска“

$$Ox: -kx = (m+M) \ddot{x}$$

$$\ddot{x} + \left(\frac{k}{m+M} \right) \cdot x = 0$$

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

$$x = A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot t\right) + B \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot t\right)$$

$$x(0) = 0 = B$$

$$\dot{x} = v = \sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot (A \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot t\right))$$

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

$$x(t) = x_0 = \frac{\mu(m+M)g}{k} = v_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot t\right)$$

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

$$\sin\left(\sqrt{\frac{27}{3}} \cdot t\right) = \frac{0,3 \cdot 10}{2} \cdot \sqrt{\frac{3}{27}}$$

$$\sin(3t) = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} \Rightarrow 3t = \frac{\pi}{6}$$

$$t = \frac{\pi}{18} \approx \frac{1}{36} \text{ c}$$



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!

3.) Найдём $x_{\max}$ - максимальное сжатие пружины

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

$$\Downarrow$$
$$x_{\max} = v_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}}$$

$$\Downarrow$$

Ох:

$$\mu mg - k \cdot x_{\max} = M a_m$$

$$\Downarrow$$
$$a_m = \frac{\mu mg - v_0 \sqrt{k(m+M)}}{M}$$

$$a_m = \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10 - 2 \cdot \sqrt{27 \cdot 3}}{2} =$$

$$= \frac{3 - 2 \cdot 9}{2} = \frac{3 - 18}{2} = -\frac{15}{2} = \boxed{-7,5 \left(\frac{m}{c^2}\right)}$$

Ответ: $x_0 = \frac{1}{3} m \approx 0,33 m$; $t = \frac{1}{6} c \approx 0,167 c$; $|a| = 7,5 \frac{m}{c^2}$;
против оси
Ох



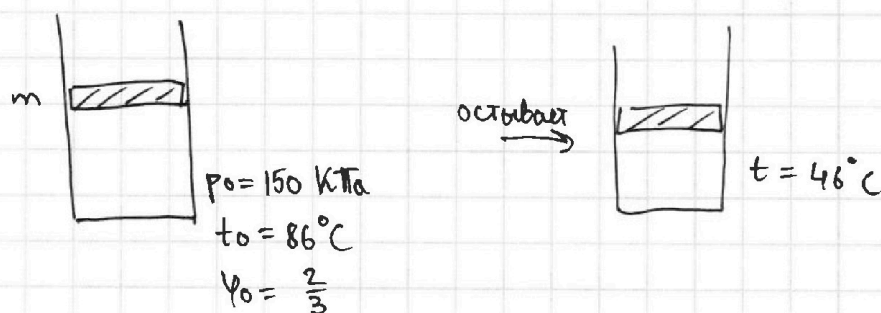
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

52.



1.) $p_0 = p_1 + p_{c1}$, где p_{c1} — давление сухого воздуха в начале

$$\phi_0 = \frac{2}{3} = \frac{p_1}{p_n(t_0)} \Rightarrow p_1 = \frac{2}{3} p_n(t_0) = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ (кПа)}$$

$\swarrow$ $\ll$ $\uparrow$
 $p_{c1} = 150 - 40 = 110 \text{ (кПа)}$ определим из
данного графика

ν_{c1} — количество сухого воздуха; ν_1 — количество пара в начале

$$\begin{aligned} p_1 \cdot V_0 &= \nu_1 R T_0 \\ p_{c1} \cdot V_0 &= \nu_{c1} R T_0 \end{aligned} \Rightarrow \frac{p_1}{p_{c1}} = \frac{\nu_1}{\nu_{c1}} = \frac{4}{11}$$

2.) Конденсация начнется, когда $\phi = 100\% \Rightarrow \phi = \frac{p_n^*}{p_n(t^*)}$

Под массивным поршнем находится газ $\Rightarrow$ можно считать, что парциальное давление содержащего постоянно

$\swarrow$ $\ll$
 $p_{c1}^* + p_n^* = p_0$

$$p_{c1}^* V = \nu_{c1} R T^* ; p_n^* \cdot V = \nu_1 R T^* \Rightarrow \frac{p_{c1}^*}{p_n^*} = \frac{\nu_{c1}}{\nu_1} = \frac{11}{4}$$



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 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!

$$P_c^* = \frac{11}{4} P_n^* \Rightarrow \left(\frac{11}{4} + 1\right) P_n^* = P_0$$

$$\frac{15}{4} P_n^* = P_0 \Rightarrow P_n^* = \frac{4}{15} P_0 = 40 \text{ кПа}$$

Если $\varphi = 1$, то $P_n^* = P_n^*$

$$P_n^* = 40 \text{ кПа}$$

из графика

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

3.) В дальнейшем процессе пар остаётся насыщенным

давления пара в конце $\nearrow$

$$P_2 = P_n(t) = 10 \text{ кПа}$$

$$P_{c2} = P_0 - P_2 = 140 \text{ кПа}$$

давление сухого воздуха в конце $\nearrow$

$$P_{c2} \cdot V = \nu_c \cdot R T$$

$$\begin{cases} P_{c2} \cdot V = \nu_c \cdot R T \\ P_{c1} \cdot V_0 = \nu_c R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{P_{c1} \cdot T}{P_{c2} \cdot T_0} = \frac{110 \cdot (273 + 86)}{140 \cdot (273 + 46)} = \frac{359}{14 \cdot 29} =$$
$$= \frac{359}{406} \approx 0,88$$

Ответ: $P_1 = 40 \text{ кПа}$; $t^* = 76^\circ \text{C}$; $\frac{V}{V_0} = \frac{359}{406} \approx 0,88$

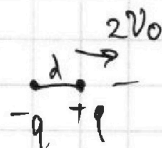


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

53.

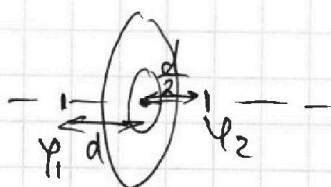
 m — масса каждого шарика σ — пов. плотность заряда на диске d — длина диполя q — заряд диполя

Минимальная начальная скорость диполя v_0 , эта ситуация соответствует моменту, когда диполь будет иметь скорость ноль и когда положительный заряд диполя расположится в плоскости диска.

1) ЗСЭ:

Т.к. миним. скорости

$$\frac{2mv_0^2}{2} + A_1 = 0, \text{ где } A_1 - \text{работа электр. сил.}$$

 φ_d — потенциал в центре диска φ_1 — потенциал, создаваемый диском на расстоянии d от центра φ_2 — на расстоянии $\frac{d}{2}$ от центра

~~В силу симметрии диска потенциал в его центре равен нулю.~~

Также считаем, что $\varphi_\infty = 0$

~~$$A_1 = -q(0 - \varphi_1)$$~~

~~$$A_1 = -q\varphi_1$$~~

~~$$\varphi_1 = \frac{m v_0^2}{q}$$~~

$$A_1 = q(0 - \varphi_d) - q(0 - \varphi_1)$$

$$[q(\varphi_d - \varphi_1) = m v_0^2]$$



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 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!

ЗСЭ:

$$\frac{2m(2v_0)^2}{2} + A_2 = \frac{2mv^2}{2}, \text{ где } A_2 - \text{работа электр. сил по перемещению диполя так, чтобы его центр совпал с центром гудка}$$

$$A_2 = q(0 - \varphi_2) - q(0 - \varphi_2) = 0$$

$$v = 2v_0$$

2.) Максимальная скорость v диполя будет в положении, когда $-q$ в центре диполя, а $+q$ на расстоянии d от него

ЗСЭ:

$$\frac{2m(2v_0)^2}{2} + q(0 - \varphi_1) - q(0 - \varphi_d) = \frac{2mv_{\max}^2}{2}$$

$$4mv_0^2 + q(\varphi_d - \varphi_1) = mv_{\max}^2$$

$$4mv_0^2 + mv_0^2 = mv_{\max}^2$$

$$v_{\max} = v_0\sqrt{5}$$

Минимальная скорость достигается, когда $-q$ на расстоянии d от диполя; $+q$ - в центре



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!

ЗСЭ:

$$\frac{2m(2v_0)^2}{2} - q(0 - \varphi_1) + q(0 - \varphi_d) = \frac{2m v_{\min}^2}{2}$$

$$\downarrow$$
$$4mv_0^2 - q(\varphi_d - \varphi_1) = mv_{\min}^2$$

$$4mv_0^2 - mv_0^2 = mv_{\min}^2$$

$$\downarrow$$
$$v_{\min} = v_0 \sqrt{3}$$

$$v_{\max} - v_{\min} = v_0 \sqrt{5} - v_0 \sqrt{3} = v_0 (\sqrt{5} - \sqrt{3})$$

$$\text{Ответ: } v = 2v_0; \quad v_{\max} - v_{\min} = v_0 (\sqrt{5} - \sqrt{3})$$

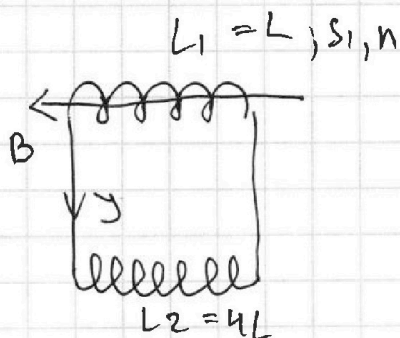


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐2
☐3
☐4
☒5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
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!

54.



$$\mathcal{E}_i = -\dot{\Phi} = -\frac{dB}{dt} \cdot S_1 \cdot n$$

Процесс $0 - \frac{\tau}{3}$:

$$\frac{dB}{dt} = -2 \frac{B_0}{\tau}$$

Процесс $\frac{\tau}{3} - \tau$:

$$\frac{dB}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau}$$

1) По II пр. Кирхгофа:

$$\mathcal{E}_i - L_2 \cdot \frac{dI}{dt} = 0$$

$$0 - \frac{\tau}{3}: \quad \frac{2B_0}{\tau} \cdot S_1 \cdot n - L_2 \cdot \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{2B_0}{\tau} \cdot S_1 \cdot n \cdot \int_0^{\frac{\tau}{3}} dt = L_2 \cdot \int_0^{I_1} dI$$

$$\frac{2B_0 S_1 n}{3} = L_2 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{B_0 S_1 n}{6L}$$

$$\frac{\tau}{3} - \tau: \quad \frac{B_0}{2\tau} \cdot S_1 \cdot n - L_2 \cdot \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{B_0 S_1 n}{2\tau} \cdot \int_{\frac{\tau}{3}}^{\tau} dt = L_2 \cdot \int_{I_1}^{I_0} dI \Rightarrow \frac{B_0 S_1 n}{2\tau} \cdot \frac{2}{3}\tau = 4L \cdot (I_0 - I_1)$$

$$\frac{B_0 S_1 n}{12L} = I_0 - I_1$$



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
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!

$$q_0 = q_1 + q_2 = \frac{B_0 \sin \alpha}{L} \left(\frac{1}{18} + \frac{13}{144} \right) = \frac{7}{48} \frac{B_0 \sin \alpha}{L}$$

$$\text{Ответ: } j_0 = \frac{B_0 \sin \alpha}{4L}; \quad q_0 = \frac{7}{48} \frac{B_0 \sin \alpha}{L}$$



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!

$$J_0 = \frac{B_0 \sin \tau}{12L} + \frac{B_0 \sin \tau}{6L} = \boxed{\frac{B_0 \sin \tau}{4L}}$$

2.1) ~~$q = \frac{dq}{dt}$~~ $J = \frac{dq}{dt}$

ЗСЗ:

$$\epsilon_1 \cdot q_1 + \epsilon_2 \cdot q_2 = \frac{L_1 J_0^2}{2} + \frac{L_2 J_0^2}{2}, \text{ где } \epsilon_1, \text{ и } \epsilon_2 - \epsilon_i \text{ в из процессах}$$

q_1 и q_2 - заряды, протекающие за из процесс

$$\frac{2B_0}{\tau} \cdot S \cdot n \cdot q_1 + \frac{2B_0}{2\tau} \cdot S \cdot n \cdot q_2 = \left(\frac{L}{2} + \frac{4L}{2} \right) \cdot \frac{(B_0 \sin \tau)^2}{16L^2}$$

$$\frac{2q_1}{\tau} + \frac{q_2}{2\tau} = \frac{5}{2} \cdot \frac{B_0 \sin \tau}{16L^2}$$

$$2q_1 + \frac{q_2}{2} = \frac{5}{32} \frac{B_0 \sin \tau}{L}$$

$$J_1 = \frac{B_0 \sin \tau}{6L} = \frac{q_1}{\frac{\tau}{3}} \Rightarrow q_1 = \frac{B_0 \sin \tau}{18L}$$

$$\frac{q_2}{2} = \left(\frac{5}{32} - \frac{1}{9} \right) \cdot \frac{B_0 \sin \tau}{L}$$

$$q_2 = \frac{13}{144} \frac{B_0 \sin \tau}{L}$$



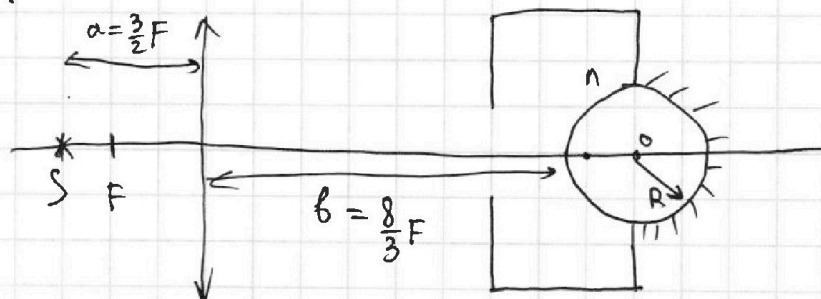
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

55.



n — показатель преломления шара

Экран обеспечивает малость углов $\Rightarrow$ шар мы можем рассмотреть как ~~пр~~ прямо угловую призму толщиной $2R$ $\Rightarrow$ изображение источника после прохождения шара будет приблизительно на $\Delta x = \frac{n-1}{n} \cdot x$

1) Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{Fa}{a-F} = \frac{F \cdot \frac{3}{2}F}{\frac{3}{2}F - F} = \frac{3F}{2 \cdot \frac{1}{2}} = 3F$$

~~Застёт n изображение будет на расстоянии $\frac{8F}{3} + \frac{n-1}{n} \cdot 2R$ (или $\frac{8F}{3} + \frac{n-1}{n} \cdot 2R$)~~

~~После отражения от зеркала все лучи соберутся в центре шара $\Rightarrow$ для наблюдателя отражение будет на расстоянии от линзы: $b + R - \frac{n-1}{n} \cdot R = y_2$~~



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

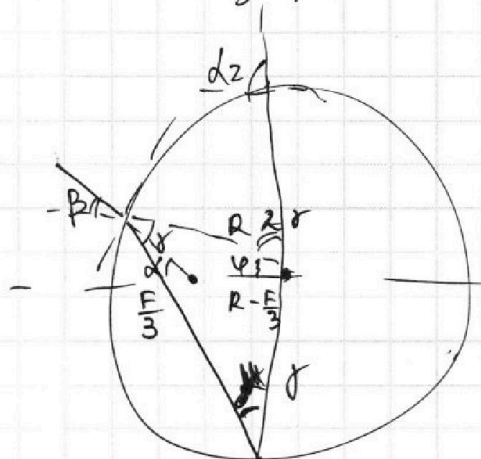
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!

$f = 3F \Rightarrow$ изображение в линзе немного захочет в шар



$$\beta = n\gamma$$

~~$\beta = n\gamma$~~

После отражения
луч пройдёт через
центр шара

Если изображение в системе „линза-шар“ совпало с источником, значит из системы „линза-шар“ луч вышел под таким же углом, что и зашёл.

$$\alpha_2 = \alpha$$

Теорема синусов:

$$\frac{R - \frac{F}{3}}{\beta} = \frac{R}{\alpha} \Rightarrow \beta = \left(1 - \frac{F}{3R}\right)\alpha$$

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

$$\gamma + 180^\circ - \alpha + \beta = 180^\circ \Rightarrow \gamma = \alpha - \beta$$

$$\gamma + 2\gamma = \alpha \Rightarrow \alpha - \beta + 2\gamma = \alpha$$

$$2\gamma = \gamma n \Rightarrow (2-n) \cdot \frac{\alpha}{n} \left(1 - \frac{F}{3R}\right) = 0$$



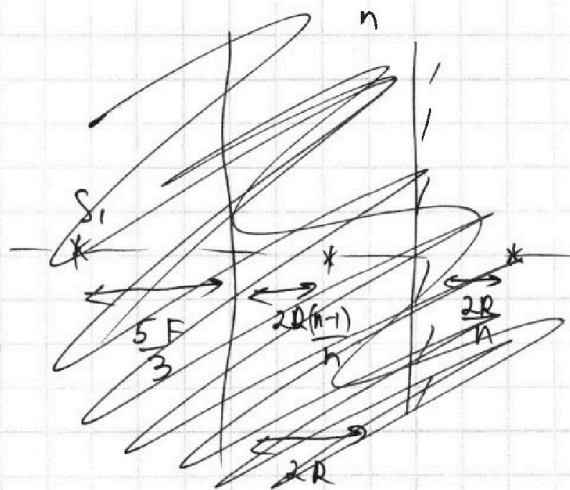
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!



~~Уточня~~

Если от n не зависит, значит $1 - \frac{F}{3R} = 0$

$$\Downarrow \\ \boxed{R = \frac{F}{3}}$$

$$2.) (2-n) \frac{2}{n} \left(1 - \frac{F}{3R}\right) = 0$$

$\Downarrow$ при движении на s мы получили, что изображение совпало с источником

$$\Downarrow \\ \boxed{n = 2}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } R = \frac{F}{3}; n = 2}$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

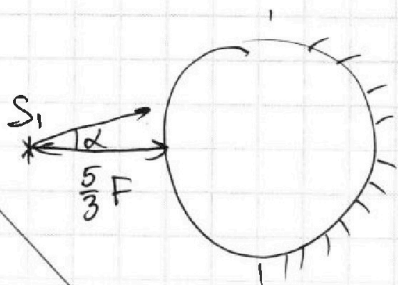
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

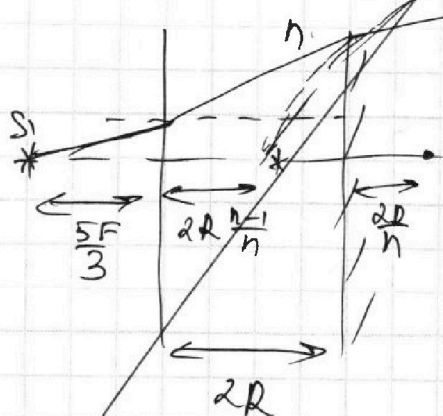
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



α - параксиальный угол

Условием, что в такой ситуации ~~уже~~ изображение совпадёт с изображением, ~~означает, что~~ является то, что ~~если после~~ отражение совпадёт с изображением после линзы

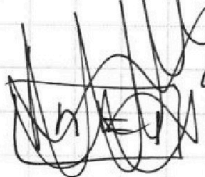
Рассмотрим упрощённую ситуацию:



$$2R \left(\frac{n-1}{n} \right) = \frac{5F}{3}$$
$$2 \left(\frac{n-1}{n} \right) = \frac{5}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{5F}{3} = \frac{2R}{n} \quad 2n-2 = 5n$$
$$A = \frac{2F}{5F/3}$$

$$2R \left(\frac{n-1}{n} \right) = \frac{2R}{n}$$





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!

51.

$M = 2 \text{ кг}; m = 1 \text{ кг};$
 $v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; k = 27 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$
 $\mu = 0,3$

$23 \frac{29}{406} \times 14 = 116$
 $23 \frac{29}{406}$

23 Н:

Доска + брусок ~~Пружина~~ $0x: -kx = Ma$ $-kx = (M+m) \cdot a_{\text{об}}$

Брусок: $0x: F_{\text{тр}} = ma_m$ $0y: N - mg = 0$

$\alpha = m\beta$ $0y: N - mg = 0$

$F_{\text{тр}} \leq \mu N \Rightarrow F_{\text{тр}} \leq \mu mg = \frac{7}{48}$

Переходим в КЕД доски:

$m \cdot v_0^2 + q(\varphi_d - \varphi_i) = m v^2$
 $m \cdot v_0^2 + m v_0^2 = m v^2$
 $29 \cdot 14 = 406$
 $29 \cdot 14 = 406$
 $29 \cdot 14 = 406$

$0x: F_{\text{тр}} - m a_{\text{об}} = 0$ ← это означает, что брусок покоится относительно доски
 $F_{\text{тр}} + \frac{m}{M} (kx + F_{\text{тр}}) = 0$
 $F_{\text{тр}} (1 + \frac{m}{M}) = -\frac{m}{M} kx$
 $F_{\text{тр}} - m \cdot a_{\text{об}} = 0$
 $F_{\text{тр}} + \frac{m kx}{m+M} = 0$

$\frac{2m v_0^2}{2} + q(0 - \varphi_d) - q(0 - \varphi_i) = 0$
 $2m v_0^2 = q(\varphi_d - \varphi_i)$
 $\varphi_d - \varphi_i = \frac{2m v_0^2}{q}$

$273 + 86 = 359$
 $273 + 46 = 319$
 $359 - 29 = 329$
 $319 - 22 = 297$
 $297 - 11 = 286$



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!

расстояние $\Rightarrow y_2 = \frac{2R}{n} + \frac{8F}{3} + 2R \cdot \frac{n-1}{n} =$
 $= 2R + \frac{8F}{3}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{y_2} \Rightarrow y_2 = 3F$

$3F = 2R + \frac{8F}{3}$

$R = \frac{F}{6}$

$19 = 9 \cdot 12n$

$14 = 9 \cdot 12n - 45$

$69 = 9 \cdot 12n$

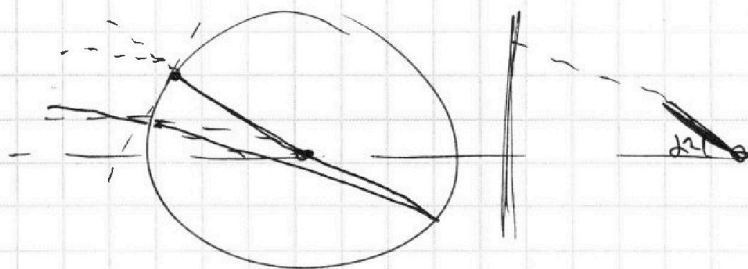
$y_2 = 6 + R \cdot \frac{n-1}{n}$

$\frac{8}{3} + 2 = \frac{14}{3} F$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{y_2} \Rightarrow y_2 = 3F = \frac{8}{3}F + \frac{R(n-1)}{n}$

y_2 - не забудут от n

$\frac{R(n-1)}{n} = \frac{F}{3}$



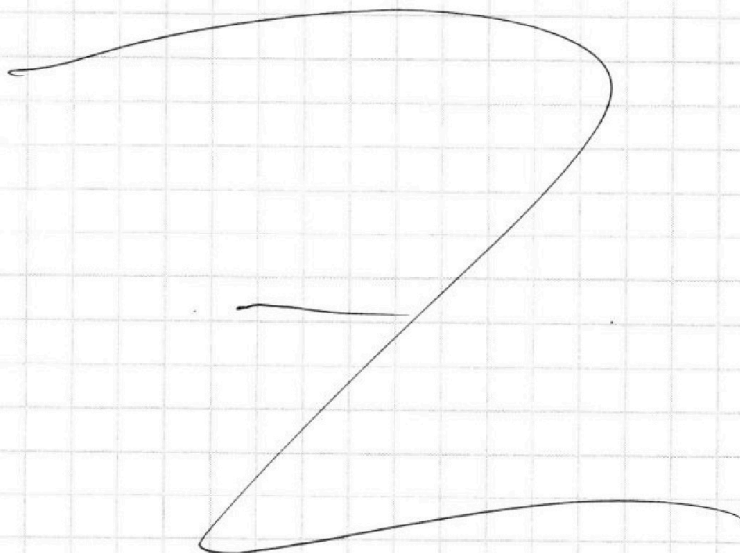
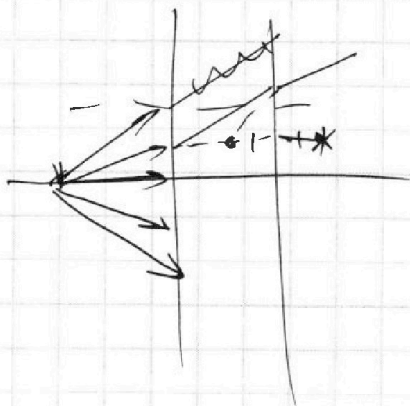
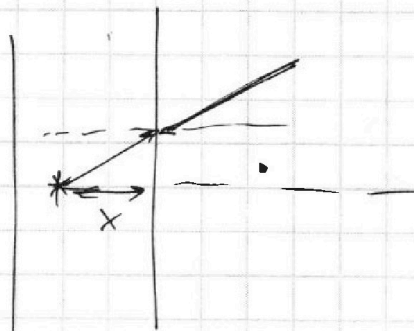
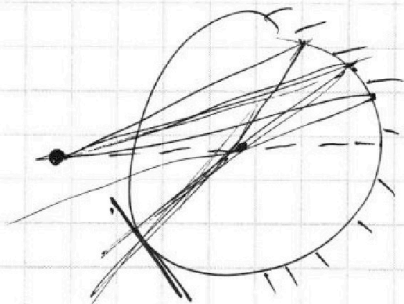


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 ☒

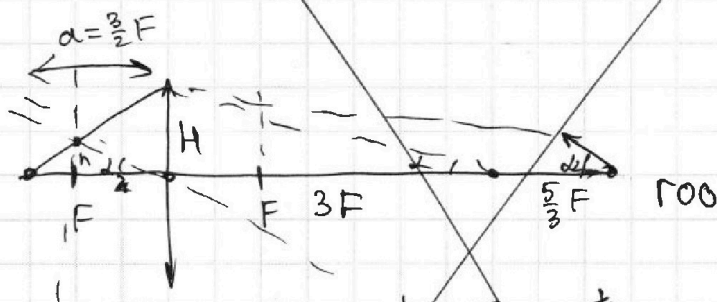
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{y_3} \Rightarrow y_3 = 3F$$

$$\varphi + 180^\circ - 2\gamma + \alpha_2 = 180^\circ \Rightarrow \alpha_2 = 2 \cdot 6n\alpha - 5\alpha = (12n - 5)\alpha$$

угол внешнего
угла с горизонталью



$$\alpha_2 = \frac{h}{F}$$
$$h = F \cdot \alpha_2$$
$$\frac{H}{6+2F} = \alpha_2 \Rightarrow H = \alpha_2 \cdot \left(\frac{14}{3}F\right)$$
$$\frac{F/2}{3F/2} = \frac{1}{3}$$

~~14/3~~

$$\alpha \cdot 3F = H$$
$$\alpha_2 \cdot \frac{14}{3}F = H \Rightarrow \frac{\alpha}{\alpha_2} = \frac{9}{14}$$
$$\frac{14}{9} = (12n - 5)$$



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 ☒

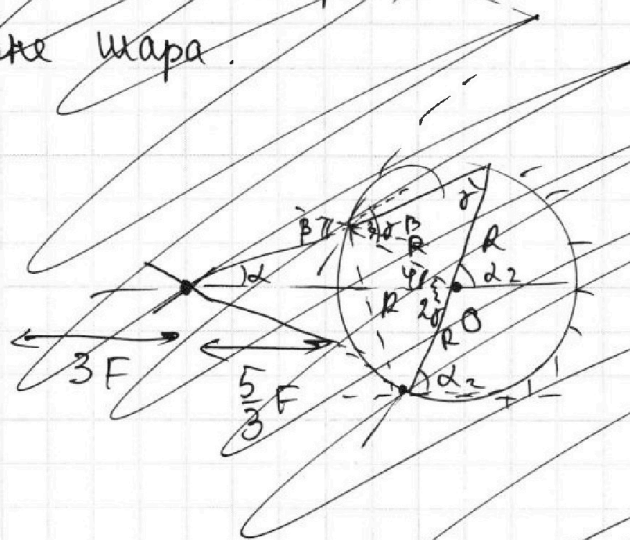
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

Если от n не зависит, значит $1 - \frac{F}{3R} = 0$

$$\boxed{R = \frac{F}{3}}$$

2.1) ~~Выводим шар на $2F \Rightarrow$ лучок лучей сойдётся в центре шара.~~



$$\beta = n\alpha$$

Теорема синусов:

$$\frac{\frac{5}{3}F + R}{\beta} = \frac{R}{\alpha}$$

$$\beta = n \cdot \alpha \quad \alpha = \beta \cdot \left(\frac{\frac{5}{3}F + R}{\frac{F}{3}} \right) = 6\alpha$$

~~Опять, чтобы изображения и источник совпадали,~~

~~и~~

$$\boxed{\alpha + \alpha = \beta = 6\alpha \Rightarrow \alpha = 0}$$

$$\alpha + \alpha = \beta = 6\alpha \Rightarrow \alpha = 0$$

$$n = \frac{1}{2} \quad \alpha = \beta = 3\alpha = n \cdot 6\alpha$$



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!

$\Delta H = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} H - H$

$\alpha = n\beta$

$\beta = \frac{y}{H}$

$\alpha = \frac{y}{x}$

$\Rightarrow \frac{\beta}{\alpha} = \frac{x}{H} = \frac{R}{n\beta}$

$x = \frac{H}{n}$

$H - \frac{H}{n} = \frac{n-1}{n} H$

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

$\frac{8}{3} F + \frac{F}{3} - \frac{2-1}{2} \cdot \frac{F}{3} =$

$= 3F - \frac{F}{6}$

$\frac{8}{3} F + \frac{2R}{n}$

$2R - \frac{8}{3} R - \frac{8}{3} F - \frac{n-1}{n} \cdot 2R$

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

$\frac{8}{3} F + 2F - 3F =$

$= \frac{5}{3} F$

$\frac{10}{3} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{0,16}$

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

$n\beta = \beta$

$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{R - \frac{F}{3}}{\sin \beta}$

$\beta = (1 - \frac{F}{3R}) \alpha$

$r = \frac{\alpha}{n} (1 - \frac{F}{3R})$



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!

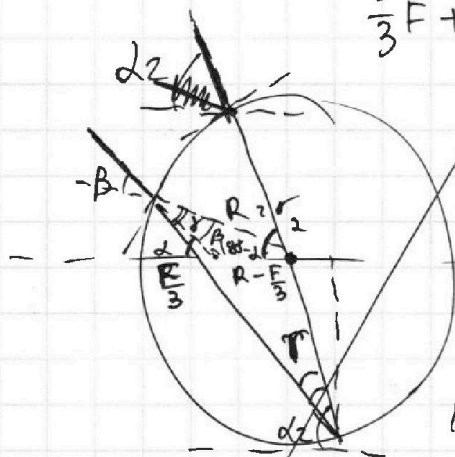
Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{y_2} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \Rightarrow y_2 = \frac{aF}{a-F} = 3F$$

~~$$\frac{8}{3}F + R - \frac{n-1}{n}R = 3F$$~~
~~$$3F + \frac{n-1}{n} \cdot (3F - \frac{8}{3}F)$$~~

Это уравнение должно выполняться при любых n

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



$$\beta = n\gamma$$

$$\frac{R - \frac{F}{3}}{\beta} = \frac{R}{\alpha}$$

$$\beta = \left(1 - \frac{F}{3R}\right)\alpha$$

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

$$180^\circ = 180^\circ - \alpha + \beta + \gamma$$

$$\gamma = \alpha - \beta$$

$$\gamma + 2\gamma = \alpha_2 = \alpha - \beta + n\gamma + 2\gamma = \alpha_2$$

$$\left(2 - n\right) \cdot \left(1 - \frac{F}{3R}\right) \frac{\alpha}{n} = 0$$

$$R = \frac{F}{3}$$