



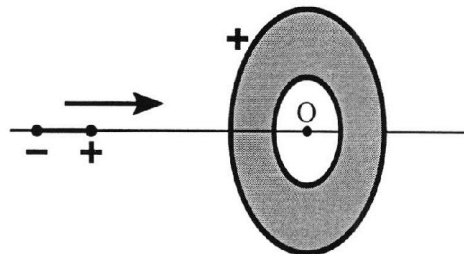
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

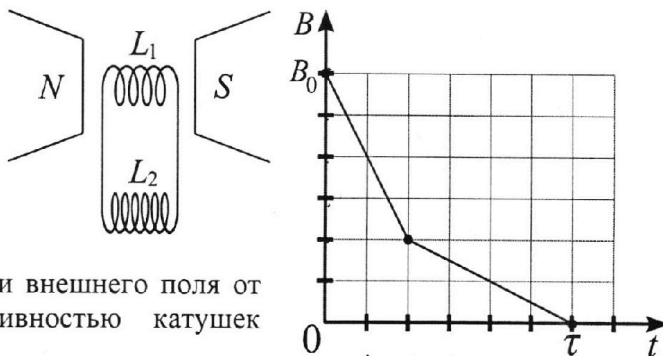


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 . Диполью сообщают начальную скорость $2V_0$.



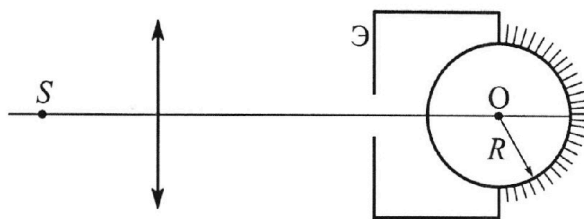
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



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

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , 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 свет а от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



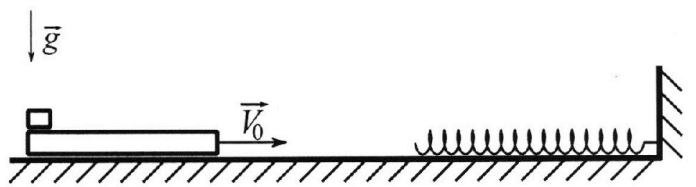
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

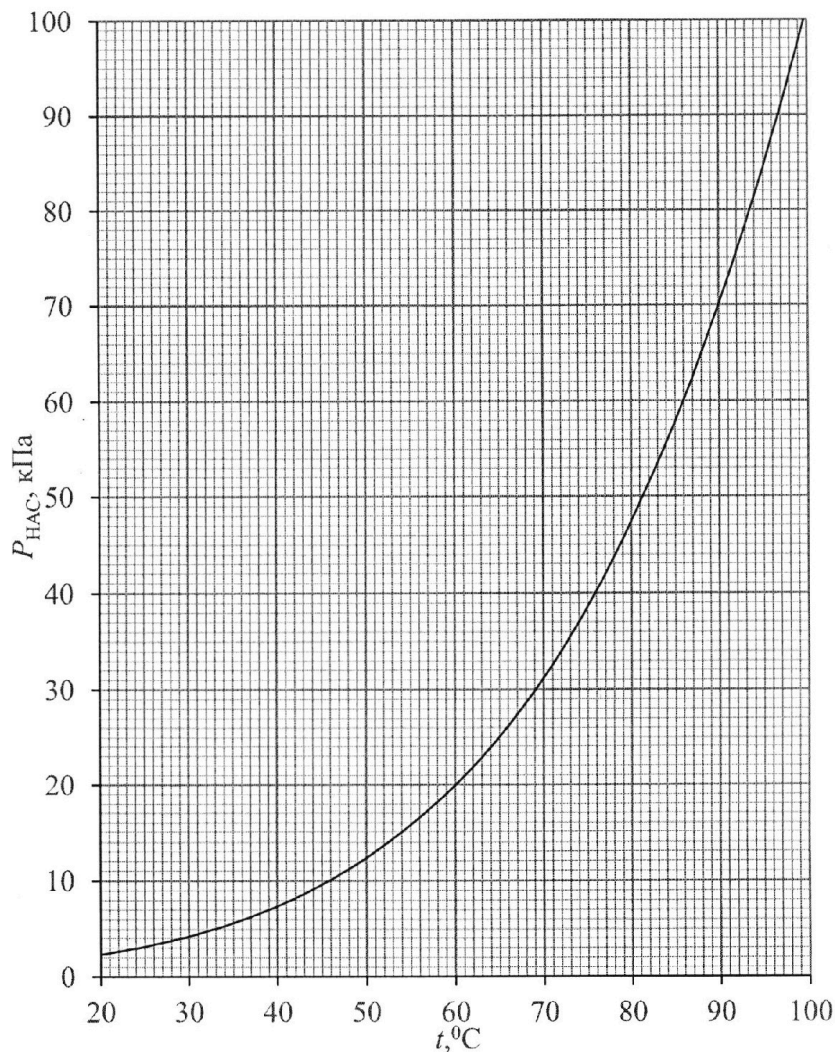


1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ 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 жидкостей по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.



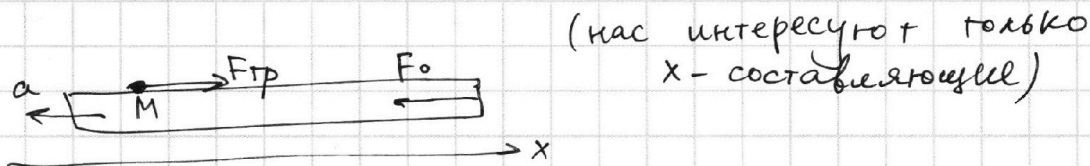
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА

2 из 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!



$$23H_x: -Ma = F_{fp} - F_0$$

$$\Rightarrow Ma + \mu mg - kx_0 = 0 \quad (2)$$

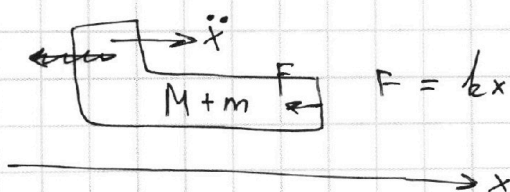
из (1) верх. а подст. в (2):

$$M \cdot \frac{\mu mg}{m} + \mu mg = kx_0$$

$$(M+m)\mu g = kx_0$$

$$\left[x_0 = \frac{(M+m)\mu g}{k} = \frac{(2+1) \cdot 0,3 \cdot 10}{27} = \frac{3 \cdot 3}{3 \cdot 3 \cdot 3} = \frac{1}{3} \text{ (м)} \right]$$

2) рассм. $M+m$ как единое целое, т.к. до $x=x_0$ нет откл. движения.



$$23H_x: (M+m)\ddot{x} = -F$$

$$(M+m)\ddot{x} + kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M+m}x = 0 - \text{ур. гарм. колеб.}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} - \text{частота колеб. (} \Gamma\omega T = \frac{1}{\epsilon} \text{)}$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (t - \text{момента нач. сжатия})$$



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.

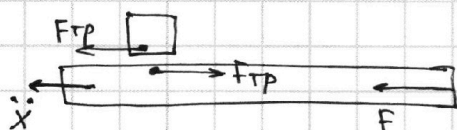
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

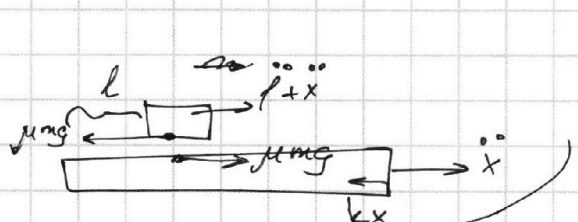
4 из 4

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!

Найдём ускор. доски в момент макс. сжатия пружинки в предп. что есть отн. движ. бруска и доски в этот момент.
 $x_{\max}$ при $\dot{x} = 0$



τ - с момента как началось отн. движение



$$m(\ddot{l} + \ddot{x}) = -\mu mg$$

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

$x_{\max} - ?$ при $\dot{x} = 0$

предп., что при $x_{\max}$ $\dot{l} \neq 0$.

$$x(0) = \frac{2}{3} \cdot \sin\left(3 \cdot \frac{1}{6}\right) = \frac{2}{3}$$

$$x(0) = \frac{2}{3} \sin\left(\omega \frac{\pi}{6\omega}\right) = \frac{2}{3} \cdot \sin\frac{\pi}{6} = \frac{1}{3} \text{ (м)}$$

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

$$x = A_1 \cos(\Omega \tau + \varphi_1) + \left(\frac{M}{k} \cdot \frac{\mu mg}{M}\right) \cdot \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10}{27} = \frac{1}{9} \text{ (м)}$$

$\dot{x} =$



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 ☐

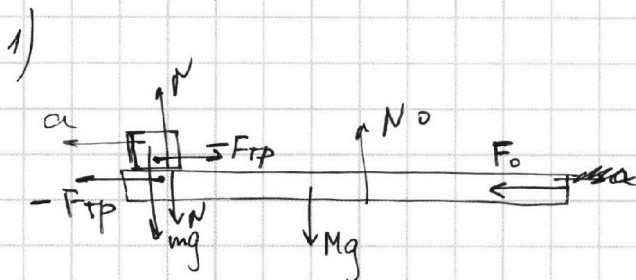
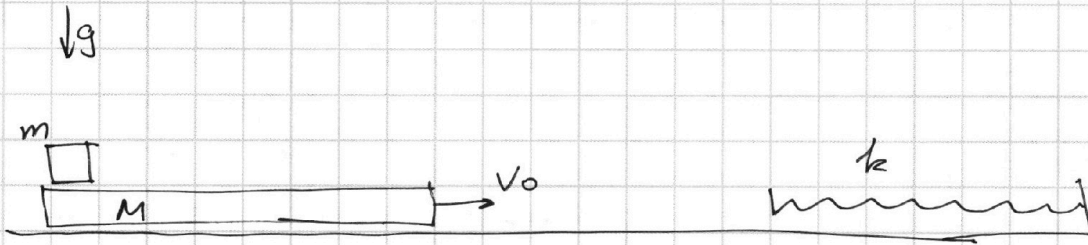
5 ☐

6 ☐

7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 4

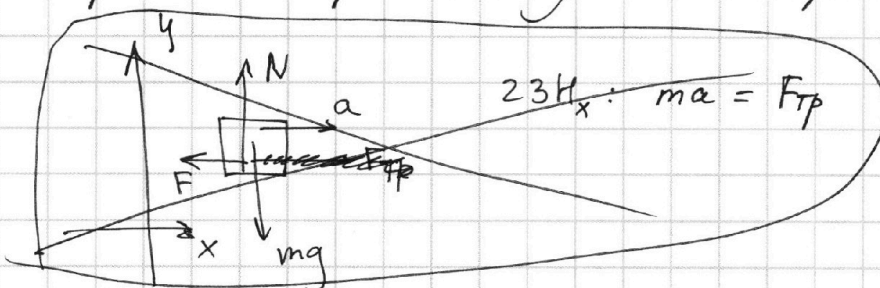
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



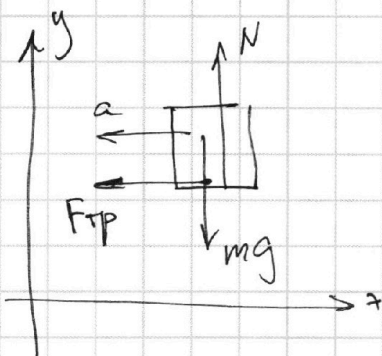
$F = kx$, где x - деформ. пружины

рассм. ситуацию, когда $x \neq x_0$: в след. момент какн. отн. движение

N - сила норм. реакции со стор. доски на груз.
 $F_{тр}$ - сила трения м/у ними при $x = x_0$.



a - уск., с кот. они движ. в этот момент



$$23K_x: ma = F_{тр}$$

$$23K_y: N = mg$$

$\mu N = F_{тр}$, т.к. момент. начала отн. движения

$$\Rightarrow ma = \mu mg \quad (1)$$



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 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!

~~$$(M+m)g + m\mu g = kx_0$$~~

$\perp m$

$$x(0) = 0 \Rightarrow x = A \sin(\omega t)$$

найдем A — амплитуду таких колеб.

$A = \max x$, при $\max x$ $\dot{x} = 0$, т.е. вся кинетическая энергия перешла в пот. энергию пружины:

$$\frac{(M+m)V_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A^2 = \frac{(M+m)V_0^2}{k} \Rightarrow$$

$$A = \sqrt{\frac{M+m}{k}} V_0 = \sqrt{\frac{2+1}{27}} \cdot 2 = \frac{1}{3} \cdot 2 = \frac{2}{3} (M)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \sqrt{\frac{27}{3}} = \sqrt{9} = 3 \left(\frac{1}{c} \right)$$

t_0 — искомое во 2-м пункте время

$$x_0 = A \sin(\omega t_0)$$

$$\sin(\omega t_0) = \frac{x_0}{A} = \frac{1}{3} : \frac{2}{3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{2} = \frac{1}{2}, \text{ но не прошло}$$

и периода $\Rightarrow \sin(\omega t_0) = \frac{\pi}{6}$

$$\boxed{t_0 = \frac{\pi}{6\omega} = \frac{3}{6 \cdot 3} = \frac{1}{6} (c)}$$

$$3) \quad x = A \sin(\omega t)$$

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

$$\ddot{x} = -\omega^2 A \sin(\omega t)$$



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!

$$\left(\begin{array}{l} p_{\text{ср}} V_* \\ p_2 V_0 \end{array} \right) = \frac{t}{T_0} \rightarrow p_{\text{ср}}$$

пар при t насыщ., т.к. $t < t^*$.

Ответ: 1) $p_1 = 40 \text{ кПа}$

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

3) $\frac{V}{V_0} = \frac{3509}{5026}$

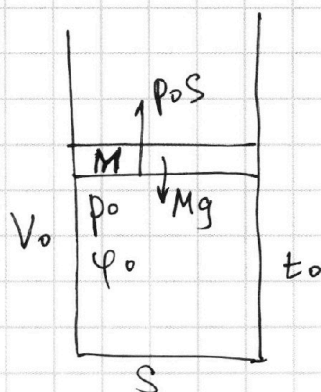


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.



СТРАНИЦА
1 из 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 - масса поршня, S - площ. сечения цилиндра

пусть V_1 - кол-во воды в сосуде (пара)

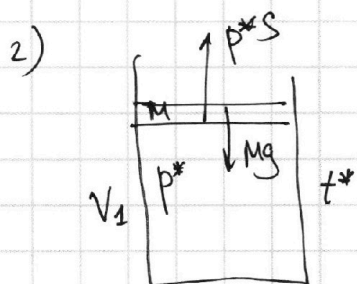
V_2 - кол-во "сухого" воздуха

$$T_0 = 86 + 273 = 359 \text{ K}$$

1) ~~пусть~~ 23Н: $Mg = p_0 S$

$$p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}(t_0) = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ кПа} = 2 \cdot 20 \text{ кПа} = 40 \text{ кПа}$$

~~З-н Дальтона:~~ $p_0 = p_1 + p_2$, где p_2 - Давл. сухого



постепенно $\Rightarrow$ 23Н вверх.

(процесс изобарический, даже если есть p внешнее на поршень (const))

Тогда в сосуде всегда p_0 .
 $p^* = p_0$

$$p_0 = p_{\text{сух}} + p_{\text{пара}} \text{ всегда}$$

$$[t^*] = ^\circ\text{C}$$

p_3 - Давл. сухого при t^* . t^* - это t^* , но в К

Ур. сост.: $p_2 V_0 = \nu_2 R T_0$ (1)

$$p_1 V_0 = \nu_1 R T_0$$
 (2)

$$p_{\text{нас}}(t^*) V_1 = \nu_1 R T^*$$
 (3) $\leftarrow$ т.к. пар насыщ., чтобы конденсация нач.

$$p_3 V_1 = \nu_2 R T^*$$
 (4)

$$p_1 + p_2 = p_0 = p_{\text{нас}}(t^*) + p_3$$



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 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!

$$(1), (4) \Rightarrow \frac{p_2 V_0}{p_3 V_1} = \frac{T_0}{T^*}$$

$$(1) + (2): p_0 V_0 = (V_1 + V_2) R T_0$$

$$(3) + (4): p_0 V_1 = (V_1 + V_2) R T^*$$

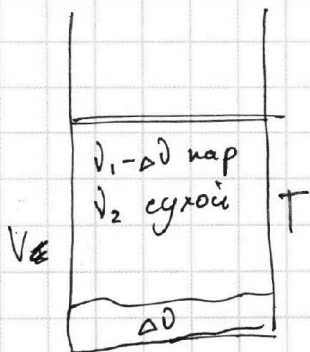
$$\Rightarrow \frac{V_0}{V_1} = \frac{T_0}{T^*}$$

$$\Rightarrow p_2 = p_3$$

$$\Rightarrow p_{\text{нас}}(T^*) = p_0 - p_3 = p_0 - p_2 = p_0 - (p_0 - p_1) = p_1 = 40 \text{ кПа}$$

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

3) пусть при $t = 46^\circ \text{C}$ ΔV жидкости.



$$p_0 = p_{\text{нас}}(t) + p_{\text{сух.к}}$$

$p_{\text{сух.к}}$ - давл. сухого воздуха (V)

$$p_{\text{сух.к}} V = V_2 R T \quad (5)$$

$$T = 46 + 273 = 319 \text{ K}$$

$$p_{\text{нас}}(t) = 10 \text{ кПа} \Leftrightarrow p_{\text{сух.к}} = 150 - 10 = 140 \text{ кПа}$$

поделим (5) на (1):

$$\frac{p_{\text{сух.к}} V}{p_2 V_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_2 T}{p_{\text{сух.к}} T_0} = \frac{(150 - 40) \cdot 319}{140 \cdot 359} = \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359} = \frac{3509}{5026}$$

проверим, что возафает. Пусть нет, тогда
 ~~$p_0 V = (V_1 + V_2) R T$~~
 ~~$p_{\text{сух.к}} V = V_2 R T =$~~



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.

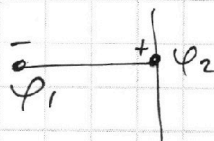
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

тогда $V_{\min}$, тогда $x_A = x_c$

$V_{\max}$ тогда $x_B = x_c$



ЗСЭ: $\frac{m(2V_0)^2}{2} + 0 = \frac{mV_{\min}^2}{2} + q\varphi_2 - q\varphi_1$

$$\frac{m(2V_0)^2}{2} + 0 = \frac{mV_{\max}^2}{2} + q\varphi_1 - q\varphi_2$$

А ещё мы знаем $\frac{mV_0^2}{2} = q\varphi_2 - q\varphi_1$

$$\Rightarrow \frac{4mV_0^2}{2} = \frac{mV_{\min}^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$V_{\min}^2 = 3V_0^2 \Rightarrow V_{\min} = \sqrt{3}V_0$$

$$\frac{4mV_0^2}{2} = \frac{mV_{\max}^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$V_{\max}^2 = 5V_0^2 \Rightarrow V_{\max} = \sqrt{5}V_0$$

$$\Rightarrow V_{\max} - V_{\min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3})V_0$$

Ответ: 1) $V_1 = 2V_0$

2) $V_{\max} - V_{\min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3})V_0$

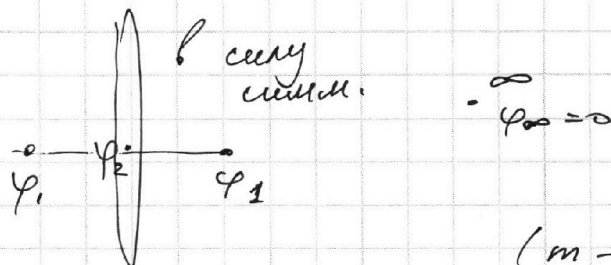


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



(m - масса диполя)

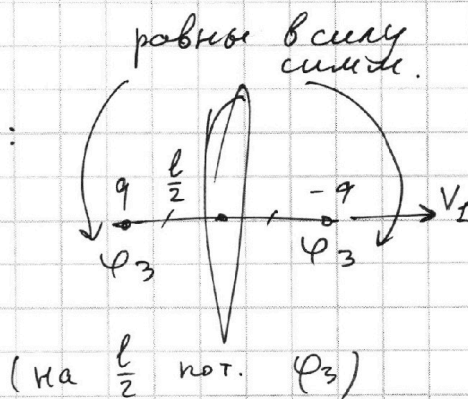
ЗСЭ для min кин. скорости:

$$\frac{mV_0^2}{2} + 0 = q\varphi_2 - q\varphi_1$$

теперь при начальн. $2V_0$:

было: $\frac{m(2V_0)^2}{2}$ на ∞

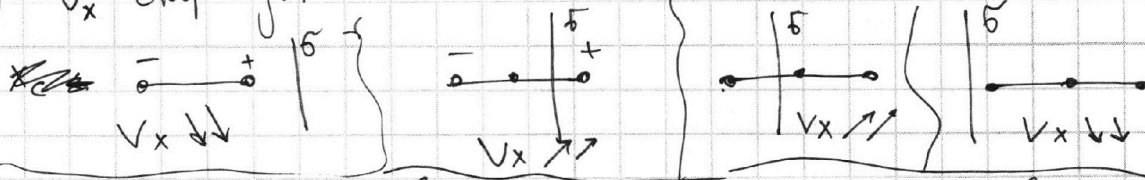
стало:



$$\frac{m(2V_0)^2}{2} + 0 = \frac{mV_1^2}{2} + q\varphi_3 - q\varphi_3$$

$$\Rightarrow 4mV_0^2 = mV_1^2 \Rightarrow \boxed{V_1 = \sqrt{4V_0^2} = 2V_0}$$

2) V_x -скор. диполя на x



В силу потенц. всех полей и сил, V_x завис. только от положения

потенцу $V_x \uparrow$ или $\downarrow$ — это видно, т.к. сила на тот шарик больше, который ближе к диску (см. $\text{sign}(F_1 - F_2)$ на пред. странице)



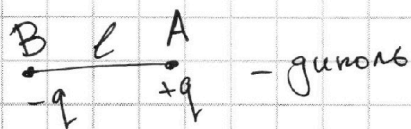
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

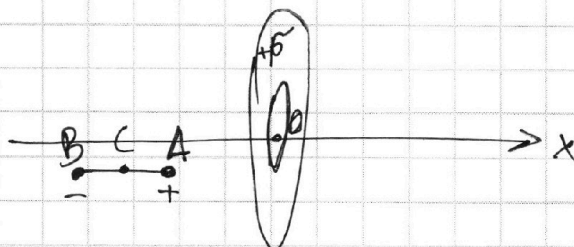
СТРАНИЦА
1 из 3

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!

$\sigma = \frac{dq}{ds}$ - пов. плотность заряда на диске



~~пока центр диполя~~

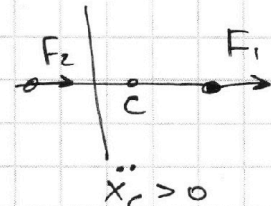
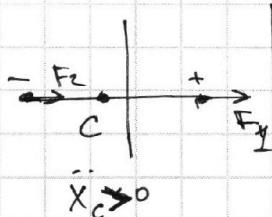
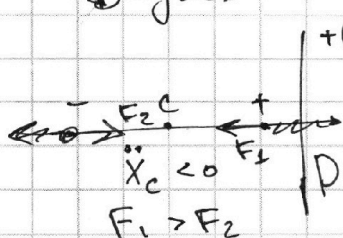


C - центр диполя, O - центр диска

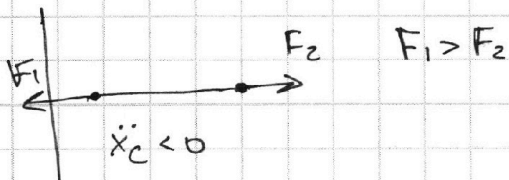
пока $x_A < x_0$, диполь замедляется ($\ddot{x}_C < 0$)

~~(когда $x_A > x_0$, диполь ускор. ($\ddot{x}_C > 0$))~~

D - диск



~~возникают колебания x_C вокруг x_0 .~~



1) если A достигнет диска, то диполь пролетит отверстие. $\Rightarrow$

V_0 такое, что при $A=0$ скорость $\rightarrow +0$
 пусть диск. создаёт φ_1 на l от себя
 на оси и φ_2 в точке O (потенциалы)
 на беск. пот. $\varphi_\infty = 0$.



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!

$$\int_0^{q_2} dq = \int_{\frac{\tau}{3}}^{\tau} \frac{nS_1 B_0}{10L\tau} t dt + \int_{\frac{\tau}{3}}^{\tau} \frac{1}{10} \frac{nS_1 B_0}{L} dt$$

$$q_2 - 0 = \frac{nS_1 B_0}{10L\tau} \left(\frac{\tau^2}{2} - \frac{(\frac{\tau}{3})^2}{2} \right) + \frac{nS_1 B_0}{10} \left(\tau - \frac{\tau}{3} \right)$$

$$q_2 = \frac{nS_1 B_0}{10L\tau} \cdot \frac{8}{18} \cdot \frac{\tau^3}{1} + \frac{nS_1 B_0}{10} \cdot \frac{2}{3} \tau$$

$$q_2 = \frac{nS_1 B_0}{10L} \left(\frac{4}{9} + \frac{2}{3} \right) \tau = \frac{nS_1 B_0 \tau}{10L} \cdot \frac{10}{9} = \frac{nS_1 B_0 \tau}{9L}$$

q — за вр. выкл. внешн. поля прошло

$$q = q_1 + q_2 = \frac{B_0 nS_1 \tau}{L} \left(\frac{1}{5 \cdot 9} + \frac{1}{9} \right) = \frac{2}{15} \frac{B_0 nS_1 \tau}{L}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{nS_1 B_0}{5L}$

2) $q = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 nS_1 \tau}{L}$

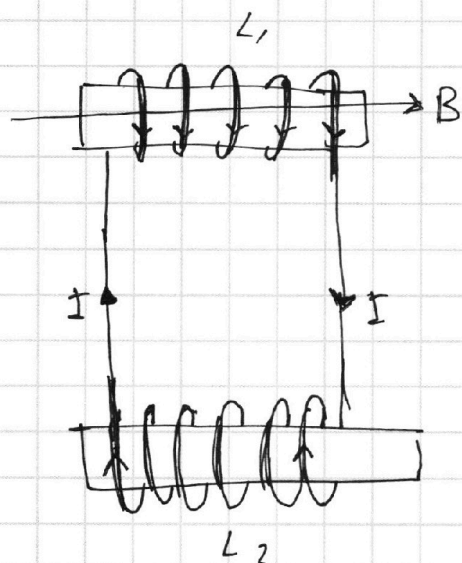


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



~~3-й Кирхгофа~~
 $\sum \mathcal{E} = 0$

$$\Phi_1 = L_1 I$$

$$\Phi_2 = L_2 I$$

$$\Phi_{ext} = B n S_1$$

Φ_i - поток $\mu/3$ i -ю ($i=1,2$) катушку из-за протек. по ней самой I .

Φ_{ext} - поток $\mu/3$ ~~в~~ 1-ю внешнего поля B .
положит. напр. потоков соотв. напр. I . ($I \uparrow \uparrow \mathcal{E}_{ind}$)

3-й Фарадея: $\mathcal{E}_{ind} = -(\dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 + \dot{\Phi}_{ext})$

3-й Кирхгофа: $\mathcal{E}_{ind} = 0$ (т.к. Омич. сопр. = 0) $\Rightarrow$

$$\dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 + \dot{\Phi}_{ext} = 0$$

$$\Phi_1 = LI, \Phi_2 = 4LI \Rightarrow \dot{\Phi}_1 = L\dot{I}, \dot{\Phi}_2 = 4L\dot{I} \Rightarrow$$

$$\Phi_{ext} = B n S_1 \Rightarrow \dot{\Phi}_{ext} = \dot{B} n S_1$$

$$5\dot{I}L + nS_1\dot{B} = 0 \Rightarrow$$

$$1) 5L \int_0^{I_0} dI = -nS_1 \int_{B_0}^0 dB$$

$$5L(I_0 - 0) = -nS_1(0 - B_0)$$

$$5LI_0 = nS_1 B_0$$



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
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!

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

2) 2.1) от 0 до $\frac{\tau}{3}$: $B(t) = B_0 - \frac{B_0/3}{\tau/6} t = B_0 - 2 \frac{B_0}{\tau} t$

$$\dot{B} = -\frac{2B_0}{\tau}$$

$$5L \dot{I} = +n S_1 \frac{2B_0}{\tau}$$

$$\dot{I} = \frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} \text{ на } t \text{ от } 0 \text{ до } \frac{\tau}{3}$$

$$d\varphi = I dt$$

$$I(\varphi) = 0, \text{ тогда } \frac{dI}{dt} = \frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} \Rightarrow I = \frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} t$$

φ_1 - прошло $\frac{\tau}{3}$ L, от 0 до $\frac{\tau}{3}$

$$\varphi_1 = \int_0^{\tau/3} \frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} t dt = \frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} \frac{(\tau/3)^2}{2} = \frac{B_0 n S_1 \tau^2}{5 \cdot 9 L \tau}$$

2.2.) от $\frac{\tau}{3}$ до τ : $\frac{dB}{dt} = -\frac{B_0/6}{2/3} = -\frac{B_0}{\tau} \frac{3}{6} = -\frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau}$

$$\dot{I} = \frac{+n S_1 \cdot \frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau}}{5L} = \frac{n S_1 B_0}{10L\tau}$$

$$\int dI = \frac{n S_1 B_0}{10L\tau} \int_{\tau/3}^{\tau} dt \Rightarrow \frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} \cdot \frac{\tau}{3}$$

$$I = \frac{2B_0 n S_1}{15L} = \frac{n S_1 B_0}{10L\tau} t - \frac{n S_1 B_0}{10L \cdot 3}$$

$$I = \frac{n S_1 B_0}{10L\tau} t + \frac{1}{10} \frac{n S_1 B_0}{\tau L}$$

φ_2 - произойдет
от $\frac{\tau}{3}$ до τ



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

5 из 6

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!

возьмем $n=1$. S' в зеркале должно само в себя перейти

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

$$\frac{2}{2R - \frac{F}{g}} = \frac{2}{R} \Rightarrow 2R - \frac{F}{g} = R \Rightarrow$$

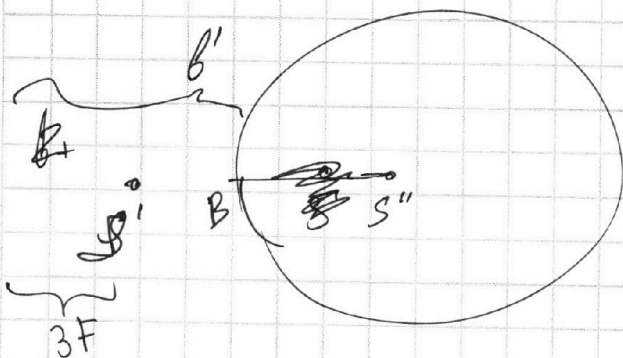
$$R = \frac{F}{g}$$

$$3F - \frac{8F}{3} = \frac{9-8}{3} F = \frac{1}{3} F$$

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

$$\frac{2}{F} \cdot 3 = \frac{2}{R} \Rightarrow R = \frac{F}{3}$$

$$2) b' = \left(\frac{8}{3} + 2\right) F = \frac{8+6}{3} F = \frac{14}{3} F$$



$$\frac{14}{3} - 3 = \frac{14-9}{3} = \frac{5}{3}$$



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
6 из 6

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!

S'' - изобр. S' в

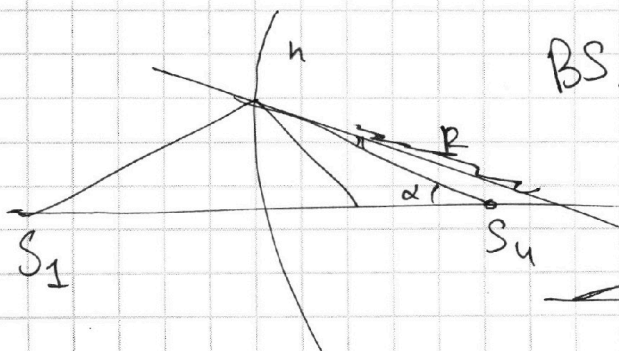
$$\frac{1}{BS'} + \frac{1}{BS''} = \frac{n-1}{R}$$

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

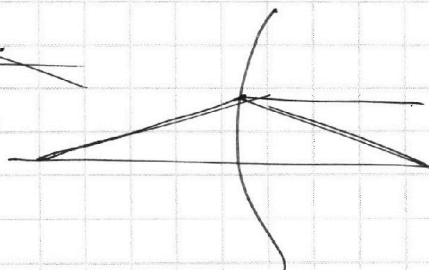
$$BS''' = n BS''$$

$$\frac{1}{2R - BS'''} + \frac{1}{\cancel{2R} - BS_4} = \frac{2}{R}$$

S_4 - изобр. S_3 в зеркале



$$BS_1 = \frac{n}{n-1} BS_4$$



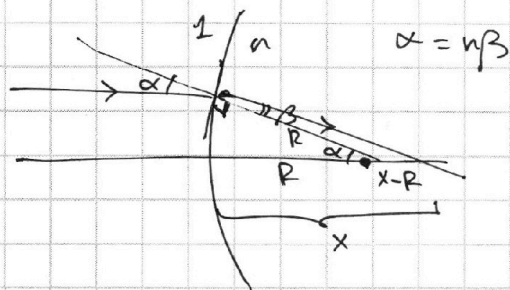


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 6

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!



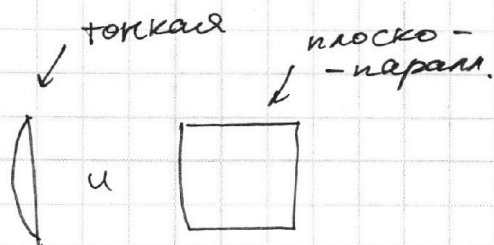
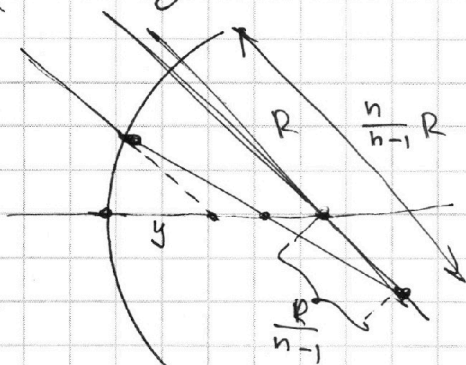
$$\frac{x-R}{\beta} = \frac{R}{\alpha-\beta} \Rightarrow$$

$$\frac{x}{R} - 1 = \frac{\beta}{(n-1)\beta}$$

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

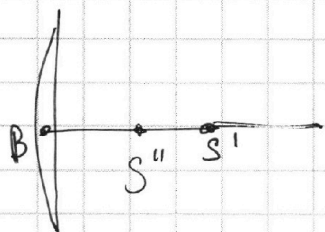
$$F \geq \frac{x}{R} = \frac{n}{n-1} + 1 = n + 1$$

$x = \frac{n}{n-1} R$, т.е. луч пересек. паралл. ему опт. ось (побочную) на $x = \frac{n}{n-1} R$



Шарик - это комбинация

$$\frac{1}{F'} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{(n-1)}{R} \quad \text{--- опт. сила плоско-выпуклой линзы.}$$



$$\frac{1}{BS''} - \frac{1}{BS'} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{BS''} = \frac{1}{F} + \frac{1}{BS'} = \frac{(n-1)}{R} + \frac{1}{\frac{1}{g}F}$$

S'' - изобр. S' (мнимый источник) в

$$\frac{R - BS''}{\sin \beta} =$$



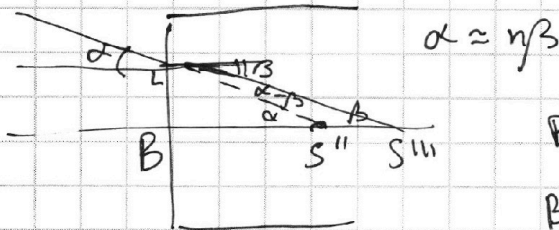
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА
3 из 6

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!

Найдём S''' - где лучи в шаре пересек:



$$\alpha \approx n\beta$$

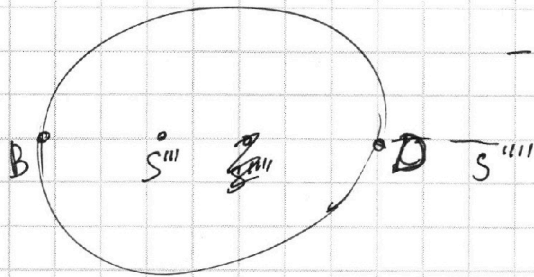
$$BS'' \tan \alpha = BS''' \tan \beta$$

$$BS'' \alpha \approx BS''' \beta$$

$$BS'' n \beta$$

$$\Rightarrow BS''' = n BS''$$

S''' - изобр. S'' в вогнутом зеркале



$$-\frac{2}{R} = \frac{1}{BS'''} + \frac{1}{DS'''} \quad \leftarrow$$

$$\frac{1}{DS'''} = \frac{2}{R} + \frac{1}{BS''}$$

иногда заменим на индексы: $S''' = S_4$

S_5 - изобр. S_4 в

$$\frac{1}{BS_5} + \frac{1}{BS_4} = \frac{n-1}{R}$$

$$\text{ещё} \quad \frac{1}{CS_5} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F}$$

$$\text{Итак, } BS_3 = n BS_2 \Rightarrow \frac{1}{BS_3} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{BS_2} = \frac{(n-1)}{nR} + \frac{g}{nF}$$

$$BS_3 = n \cdot \frac{1}{\frac{n-1}{R} + \frac{g}{F}} \Rightarrow DS_3 = 2R - \frac{n}{\frac{n-1}{R} + \frac{g}{F}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{DS_4} = \frac{2}{R} + \frac{1}{2R - \frac{n}{\frac{n-1}{R} + \frac{g}{F}}}$$



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

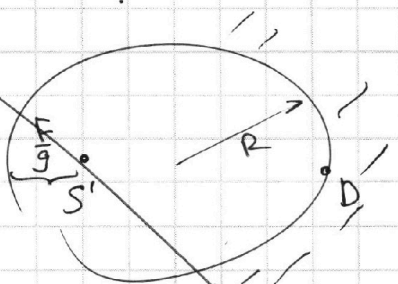
4 из 6

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!

$$BS_4 = \frac{1}{\frac{2}{R} + \frac{1}{2R - \frac{n}{\frac{n-1}{R} + \frac{g}{F}}}} + 2R =$$

$$BS_4 = \frac{1}{\frac{2}{R} +}$$

Возьмём $n=1$.



$$DS_2 = ?$$

$$\frac{1}{DS_2} + \frac{1}{2R - \frac{F}{g}} = -\frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{DS_2} = \frac{1}{2R - \frac{F}{g}} + \frac{2}{R}$$

$$DS_2 = \frac{(2R - \frac{F}{g})R}{R + 4R - \frac{2}{g}F} =$$

$$= \frac{2R^2 - \frac{FR}{g}}{5R - \frac{2}{g}F}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b + 2R + DS_2} = \frac{1}{F}$$

$$b + 2R + DS_2 = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{a}}$$

$$\frac{26}{9}R + \frac{2R^2 - \frac{FR}{g}}{5R - \frac{2}{g}F} = \frac{F}{3F}$$

$$\frac{26 \cdot 5}{9}R^2 - \frac{26 \cdot 2}{9 \cdot g}FR + 2R^2 - \frac{FR}{g} = 3 \cdot 5FR - \frac{2 \cdot 3}{9}F^2$$

$$\frac{112}{9}R^2 - \frac{52 + 9 + 3 \cdot 5 \cdot 9 \cdot g}{9 \cdot g}FR + \frac{6}{9}F^2 = 0$$

$$112R^2 - \frac{1276}{9}FR + 6F^2 = 0$$

$$3 - \frac{8}{3} = \frac{9-8}{3} = \frac{1}{3}$$

$$R = \frac{1276}{9} \pm \sqrt{\left(\frac{1276}{9}\right)^2 - 4 \cdot 112 \cdot 6} F$$

$$112 \cdot 2$$



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!

1 35 мин 0:06 - 0:40

2 35 мин 0:40 - 0:05

3 40 мин ~~1:15~~ 1:45 - 7:20

4 30 мин 1:15 - 1:45

5 60 мин 2:24

-52-9

$\frac{4}{9} + \frac{6}{9}$

$\frac{4}{30} - \frac{1}{11}$

$\frac{10}{9}$

$\frac{1}{1}$

$\frac{24}{30} + \frac{1}{30}$

$3 - \frac{8}{9} = \frac{1}{9}$

$2 \times \frac{8}{9}$

$\frac{1}{10}$

$\frac{8}{9} + \frac{18}{9}$

$\frac{26}{9}$

$\frac{26}{9}$

$B\left(\frac{\pi}{3}\right) +$

$\times \frac{81}{15}$

$+ \frac{405}{81}$

$\frac{1215}{61}$

$\frac{1276}{1276}$

$1 - 2 \cdot \frac{1}{3}$

$\frac{1}{3}$

$\frac{8}{18}$

$\frac{1276}{12} \div \frac{3}{42}$

$\frac{1276}{12} \div \frac{3}{42}$

$\frac{1276}{12} \div \frac{3}{42}$

$\frac{1276}{12} \div \frac{3}{42}$

$\frac{1276}{12} \div \frac{3}{42}$

$\frac{1}{5 \cdot 9}$

$+\frac{5}{5 \cdot 9}$

$= \frac{6}{5 \cdot 9}$

$= \frac{2}{15}$

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

$\frac{n-n+1}{n-1}$

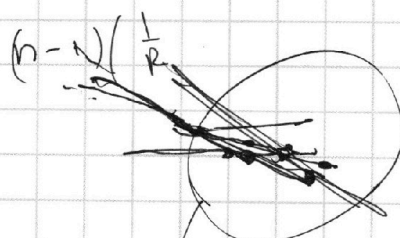
$= \frac{1}{n-1}$

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

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

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

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



$\frac{26}{5}$

$\frac{180}{18}$

$\frac{112}{112}$

$\frac{26 \cdot 5 - 18}{9}$