

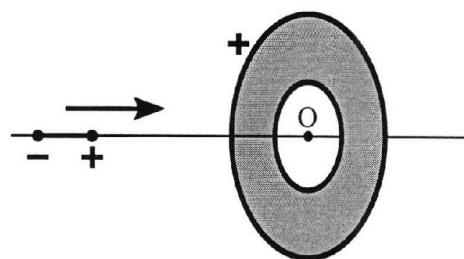


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**
Вариант 11-01



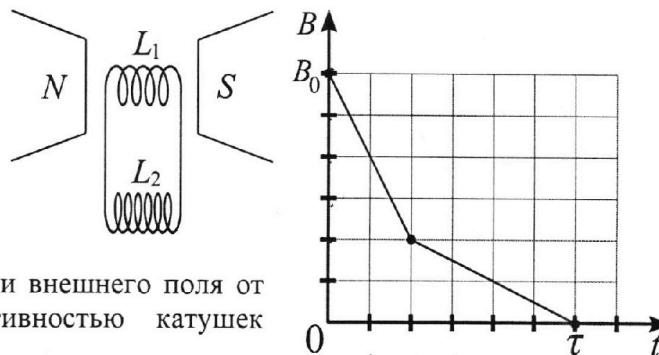
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 . Диполю сообщают начальную скорость $2V_0$.



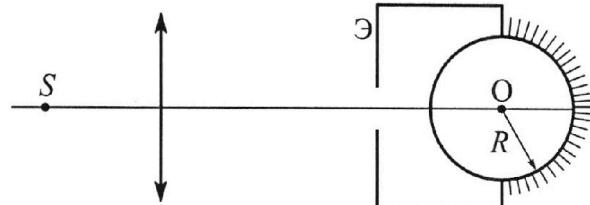
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



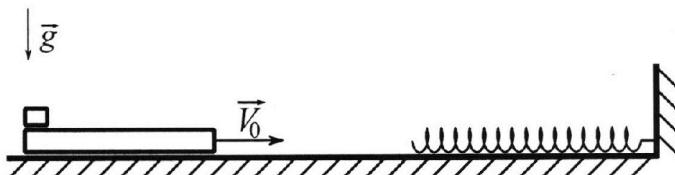
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

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 брускок 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 жесткости $k = 27$ 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.

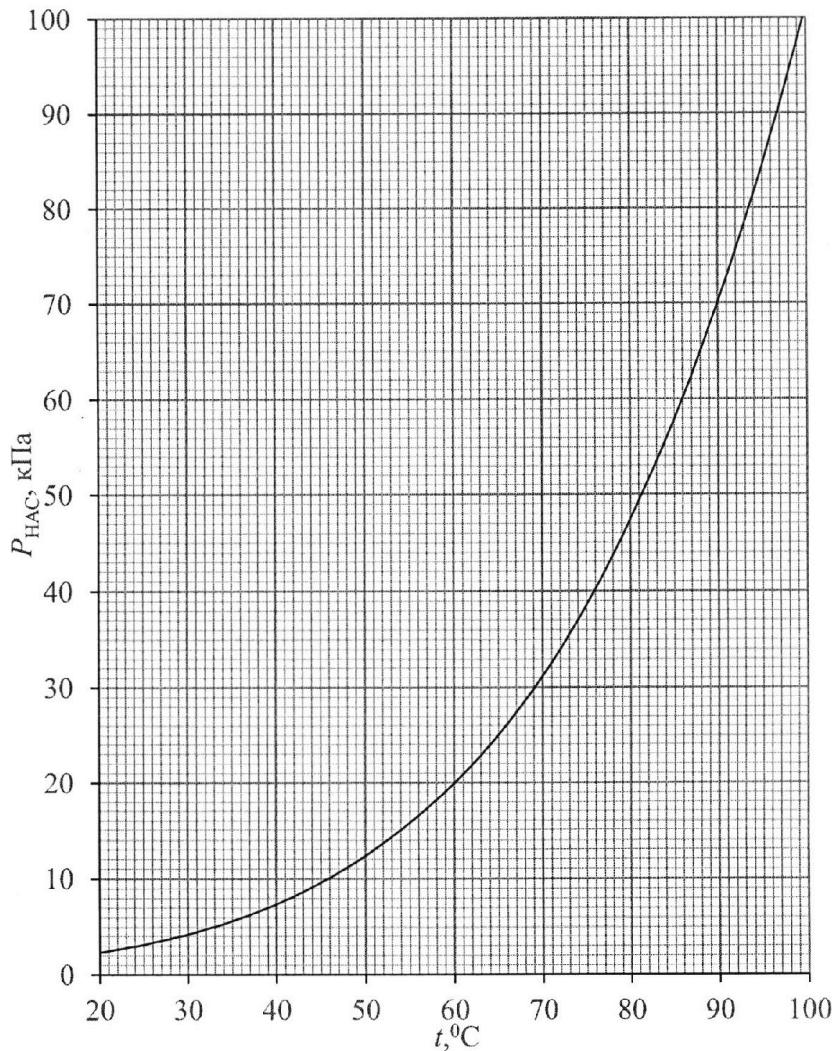


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

- 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 $\phi_0 = 2/3$ (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.



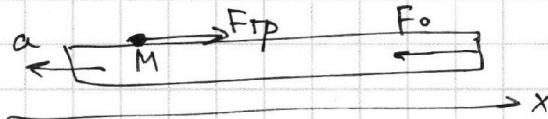


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



(нас интересуют только
x - составляющая)

$$23H_x: -Ma = F_p - F_o$$

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

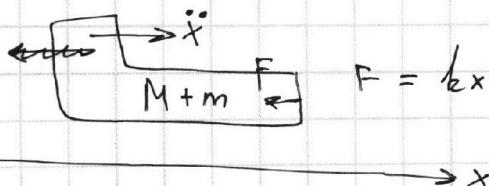
из (1) быв. а подст. б (2):

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

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

$$\boxed{x_0 = \frac{(M+m)\mu g}{k} = \frac{(2+1) \cdot 0,3 \cdot 10}{27} = \frac{3 \cdot 3}{3 \cdot 3 \cdot 3} = \frac{1}{3} (m)}$$

2) рассм. $M+m$ как единое целое, т.к. $g_0 x = x_0$ нет отк. движений.



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

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

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

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

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



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**.

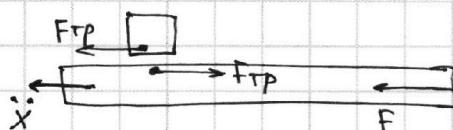
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
ЧИЗ Ч

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 уск. доски в момент max синуса пружины в пред. что есть отн. движ. доска и доска

$$x_{\max} \text{ при } \dot{x} = 0$$



τ - с момента как началось отн. движение

$$\begin{aligned} m(l + \ddot{x}) &= -\mu mg \\ M\ddot{x} &= \mu mg - kx \\ x_{\max} - ? \text{ при } \dot{x} = 0 \end{aligned}$$

предн., что при x_{\max} $\ddot{x} \neq 0$.

$$x(0) = \frac{2}{3} \sin(\omega \frac{\pi}{6\omega}) = \frac{2}{3} \sin \frac{\pi}{6} = \frac{2}{3}$$

$$x(0) = \frac{2}{3} \sin(\omega \frac{\pi}{6\omega}) = \frac{2}{3} \cdot \sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{3} (M)$$

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

$$x = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) + \left(\frac{M}{k} \cdot \frac{\mu mg}{M} \right) \times \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10}{27} = \frac{1}{9} (M)$$

$$\dot{x} =$$

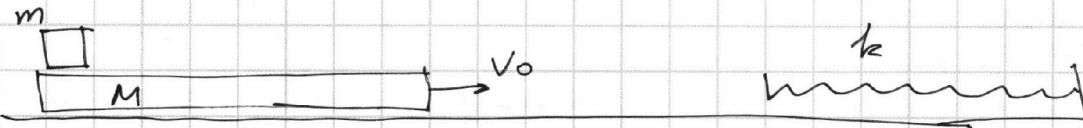
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

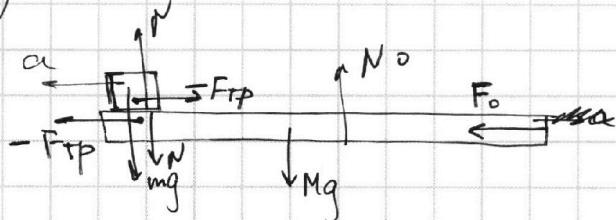
СТРАНИЦА
1 из 4

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!

$\downarrow g$



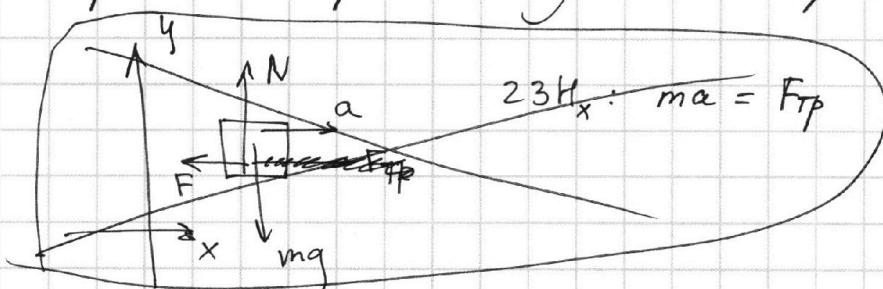
1)



$$F = kx, \text{ где } x - \text{деформация пружины}$$

рассл. ситуацию, когда $x=x_0$: в слд. момент начн. отн. движение

N - сила норм. реакции со стор. доски на груз.
 F_f - сила трения м/у груз. при $x=x_0$.



a - уск., с кот. она начн. в этот момент

$$23H_x : ma = F_f$$

$$23H_y : N = mg$$

$\mu N = F_f$, т.к. момент. начало отн. движение

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

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 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

$$\cancel{M + m} \cdot g + m \mu g = kx_0$$

$M + m$

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

Найдём A — амплитуду таких колеб.

$A = \max x$, при $\max x \dot{x} = 0$, т.е. вся кинетич. эн. перешла в пот. эн. пружине:

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

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

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \sqrt{\frac{27}{3}} = \sqrt{9} = 3 (\text{рад/с})$$

t_0 — искомое в 2-м пункте время

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

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

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

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

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

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

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



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!

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

пар при t насыщ., т.к. $t < t^*$.

Ответ: 1) $p_1 = 40 \text{ кПа}$

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

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

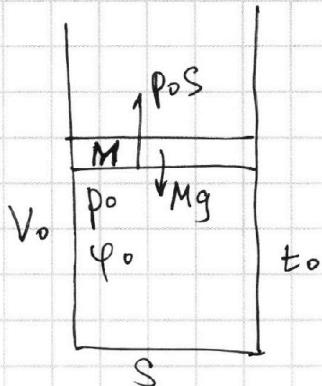
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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 - плош. сечения цилиндра

пусты V_1 - кол-во воды в сосуде

V_2 - кол-во "сухого" воздуха

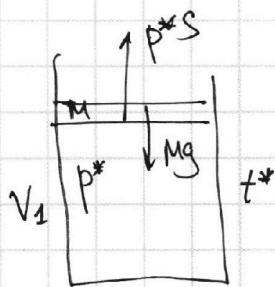
$$T_0 = 86 + 273 = 359 \text{ K}$$

$$1) \quad \cancel{\text{норм}} \quad 23 \text{ Н} : Mg = p_0 S$$

$$P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\text{над}}(t_0) = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ кПа} = 2 \cdot 20 \text{ кПа} = \underline{\underline{40 \text{ кПа}}}$$

$$\cancel{\text{(внешнее)}} \quad P_0 = P_1 + P_2, \text{ где } P_2 - \text{давл. сухого}$$

2)



постепенно $\Rightarrow 23 \text{ Н}$ вес.

(процесс изобарический, даже если есть P внешнее на поршне) (const)

Тогда в сосуде всегда P_0 .

$$P^* = P_0$$

$$P_0 = P_{\text{сух}} + P_{\text{пара}} \text{ всегда} \quad [t^*] = {}^\circ\text{C}$$

P_3 - давл. сухого при t^* . $t^* \rightarrow t^*$, но $t^* \neq t^*$

$$\text{Ур. состояния: } P_2 V_0 = V_2 R T_0 \quad (1)$$

$$P_1 V_0 = V_1 R T_0 \quad (2)$$

$P_{\text{над}}(t^*) V_1 = V_2 R T^* \quad (3) \leftarrow \text{т.к. пар насыщ., чтобы конденсация не была}$

$$P_3 V_1 = V_2 R T^* \quad (4)$$

$$P_1 + P_2 = P_0 = P_{\text{над}}(t^*) + P_3$$

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**.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$(1), (4) \Rightarrow \frac{P_2 V_0}{P_3 V_1} = \frac{T_0}{T^*}$$

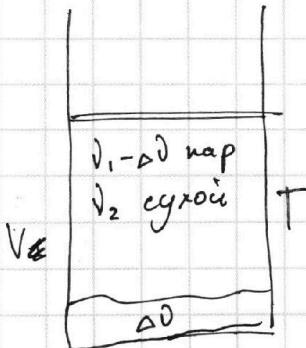
$$(1)+(2): p_0 V_0 = (V_1 + V_2) R T_0$$

$$(3)+(4): p_0 V_1 = (V_1 + V_2) R T^* \Rightarrow \frac{V_0}{V_1} = \frac{T_0}{T^*}$$

$$\Rightarrow P_{\text{рас}}(t^*) = p_0 - p_3 = p_0 - p_2 = p_0 - (p_0 - p_1) = p_1 = 40 \text{ kPa}$$

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

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



$$p_0 = P_{\text{рас}}(t) + P_{\text{сух}}$$

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

$$P_{\text{сух}} V = V_2 R T \quad (5)$$

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

$$P_{\text{рас}}(t) = 10 \text{ kPa} \Rightarrow P_{\text{сух}} = 150 - 10 = 140 \text{ kPa}$$

поделим (5) на (1):

$$\frac{P_{\text{сух}} V}{P_2 V_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{P_2 T}{P_{\text{сух}} T_0} = \frac{(150 - 40) \cdot 319}{140 \cdot 359} = \\ = \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359} = \frac{3509}{5026}$$

проверим, что будет с V . Пусть нет, тогда

$$P_0 V = (V_1 + V_2) R T$$

$$P_{\text{сух}} V = V_2 R T =$$



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

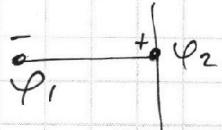
6

7

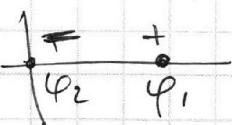
СТРАНИЦА
3 из 3

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} , когда $x_A = x_C$



V_{\max} , когда $x_B = x_C$



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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Ответ: 1) } V_1 = 2V_0$$

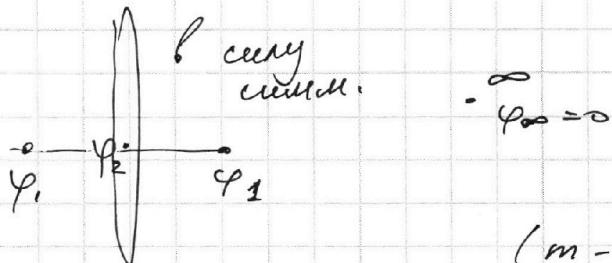
$$2) V_{\max} - V_{\min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3})V_0$$

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.



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)

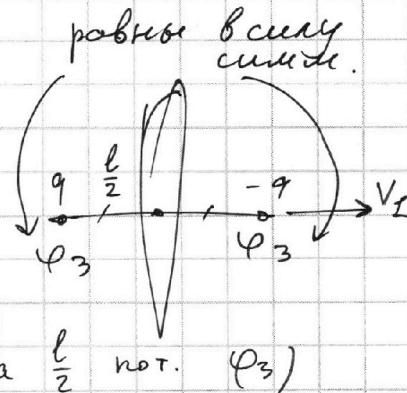
ЗСГ для min кин. скорости:

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

теперь при касательной $2V_0$:

было: $\frac{m(2V_0)^2}{2}$ на ∞

стало:

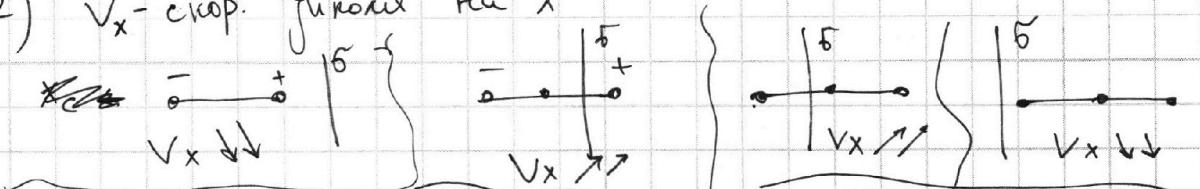


(на $\frac{l}{2}$ пот. φ_3)

$$\frac{m(2V_0)^2}{2} + 0 = \frac{m V_1^2}{2} + q \varphi_3 - q \varphi_3$$

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

2) V_x -скор. диполя по x



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

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

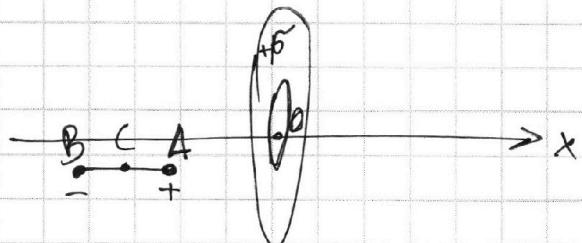
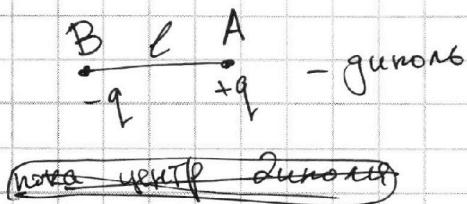
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

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

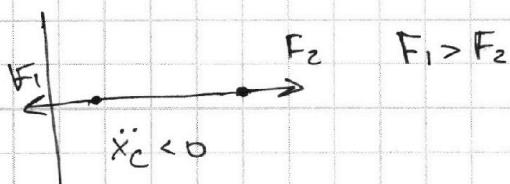
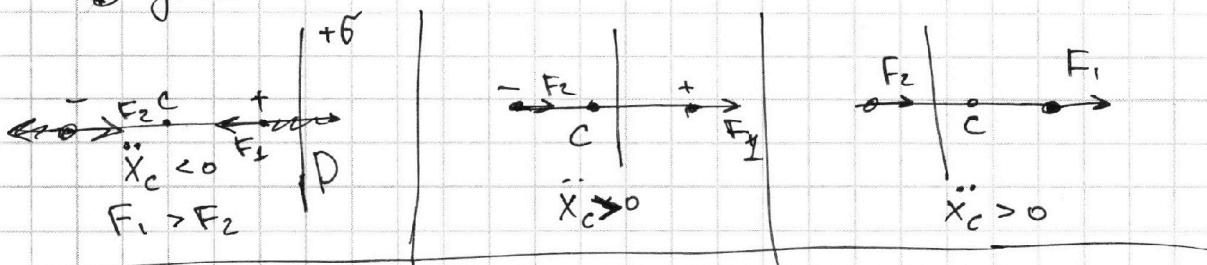


C - центр диска, O - центр диска

тогда $x_A < x_0$, диполь замедляется ($\ddot{x}_c < 0$)

(тогда $x_A > x_0$, диполь ускор. ($\ddot{x}_c > 0$))

D - диск



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

Во-такое, что при $A=0$ скорость $\rightarrow +\infty$

и съест диск. создаёт φ_1 на l от себя

на оси и φ_2 в точке 0 (потекущем)

на диске. нор. $\varphi_\infty = 0$.

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.

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!

$$\int_0^{\tau} dq = \int_{\frac{\tau}{3}}^{\tau} \frac{n S_1 B_0}{10 L \tau} t dt + \int_{\frac{\tau}{3}}^{\tau} \frac{1}{10} \frac{n S_1 B_0}{L} dt$$

$$q_2 - 0 = \frac{n S_1 B_0}{10 L \tau} \left(\frac{\tau^2}{2} - \frac{(\frac{\tau}{3})^2}{2} \right) + \frac{n S_1 B_0}{10} \left(\tau - \frac{\tau}{3} \right)$$

$$q_2 = \frac{n S_1 B_0}{10 L \tau} \cdot \frac{8}{18} \cdot \frac{\tau^2}{1} + \frac{n S_1 B_0}{10} \cdot \frac{2}{3} \tau$$

$$q_2 = \frac{n S_1 B_0}{10 L} \left(\frac{4}{9} + \frac{2}{3} \right) \tau = \frac{n S_1 B_0 \tau}{10 L} \cdot \frac{10}{9} = \frac{n S_1 B_0 \tau}{9 L}$$

9 - 3² бп. вспл. всплыл. пока прошло

$$q = q_1 + q_2 = \frac{B_0 n S_1 \tau}{L} \left(\frac{1}{5 \cdot g} + \frac{1}{g} \right) = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{n S_1 B_0}{5 L}$

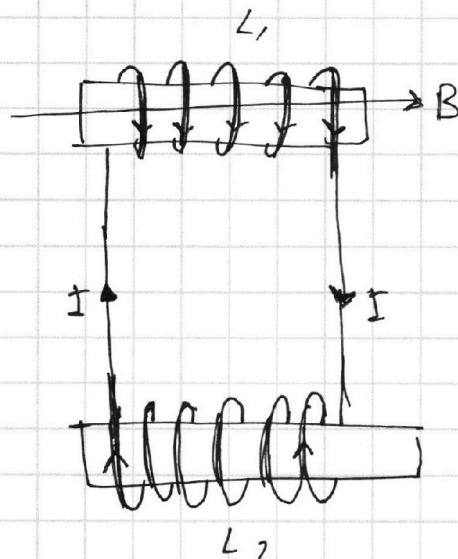
2) $q = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$

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**.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!



$$\begin{aligned} & \text{З-Н Кирхгофа} \\ & \sum \dot{\epsilon} = 0 \end{aligned}$$

$$\Phi_1 = L_1 I$$

$$\Phi_2 = L_2 I$$

$$\Phi_{ext} = B_n S_1$$

Φ_i - поток $\gamma/3$ из-за протекания тока I в i -й катушке из-за протекания тока I .

Φ_{ext} - поток $\gamma/3$ из-за внешнего поля B .
пологичн. напр. потоков соотв. напр. I . ($I \uparrow \uparrow E_{ind}$)

$$\text{З-Н Фарadays: } E_{ind} = -(\dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 + \dot{\Phi}_{ext})$$

$$\text{З-Н Кирхгофа: } \dot{E}_{in} = 0 \quad (\text{т.к. } \Delta \text{ магн. сопр.} = 0) \quad \Rightarrow$$

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

$$\dot{\Phi}_1 = L_1 \dot{I}, \dot{\Phi}_2 = L_2 \dot{I} \Rightarrow \dot{\Phi}_1 = L_1 \dot{I}, \dot{\Phi}_2 = L_2 \dot{I} \quad \Rightarrow$$

$$\dot{\Phi}_{ext} = B_n S_1 \Rightarrow \dot{\Phi}_{ext} = B_n S_1$$

$$5 \int I L + n S_1 B = 0 \Rightarrow$$

$$1) \quad 5 \int_0^{I_0} dI = - n S_1 \int_{B_0}^0 dB$$

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

$$5LI_0 = nS_1B_0$$

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**.



- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$I_0 = \frac{nS_1 B_0}{5L}$$

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

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

$$5L \dot{I} = +nS_1 \frac{2B_0}{\tau}$$

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

$$d\varphi = I dt$$

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

$$q_1 - \text{ прошло } \frac{\tau}{3} L, \text{ от } 0 \text{ до } \frac{\tau}{3}$$

$$q_1 = \int_0^{\frac{\tau}{3}} \frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} t dt = \frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} \frac{(\frac{\tau}{3})^2}{2} = \frac{B_0 n S_1 \tau^2}{5 \cdot 9 L \tau}$$

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

$$\dot{I} = \frac{+nS_1 \cdot \frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau}}{5L} = \frac{nS_1 B_0}{10L\tau}$$

$$\int dI = \frac{nS_1 B_0}{10L\tau} \int dt \Rightarrow$$

$$\frac{2B_0 n S_1}{5L\tau} \cdot \frac{\tau}{3} \quad \frac{\tau}{3}$$

$$I = \frac{2B_0 n S_1}{15L} = \frac{nS_1 B_0}{10L\tau} t - \frac{nS_1 B_0}{10L \cdot 3}$$

$$I = \frac{nS_1 B_0}{10L\tau} t + \frac{1}{10} \frac{nS_1 B_0}{60L}$$

q₂ - пройдёт
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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Позади $n=1$. S' в зеркале должно
само в себе перейти

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

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

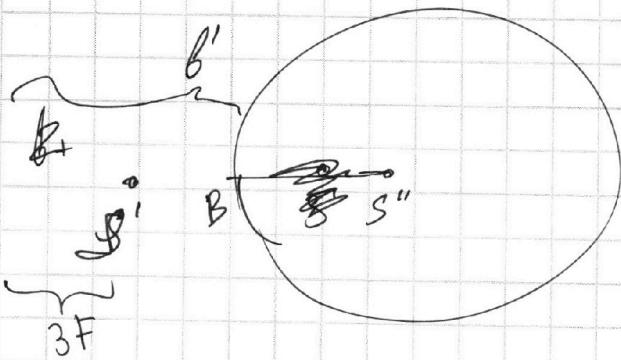
$$R = \frac{F}{g}$$

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

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

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

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



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



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

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

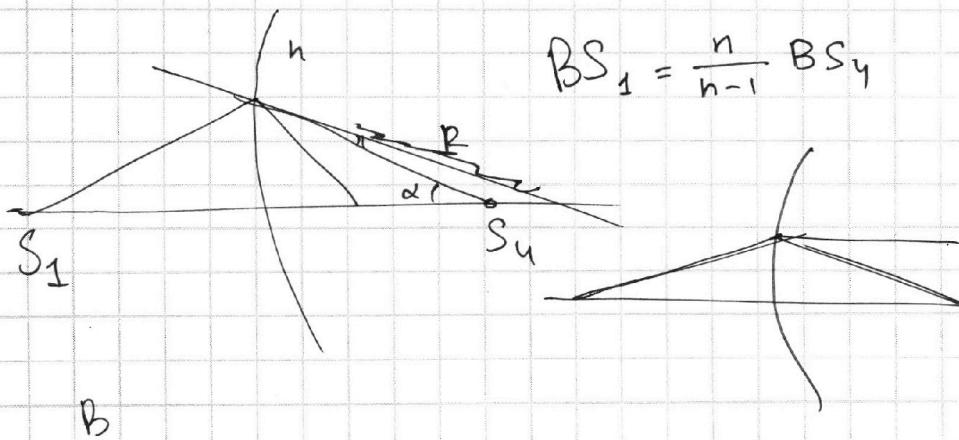
$$BS' = \frac{5}{3} F$$

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

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

S_4 - изобр. S_3 в зеркале

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

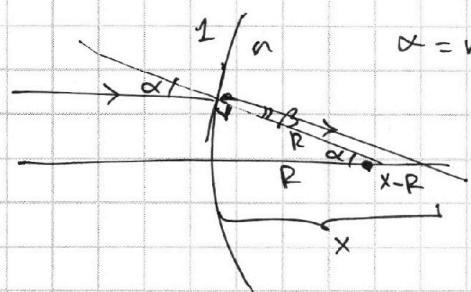


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!



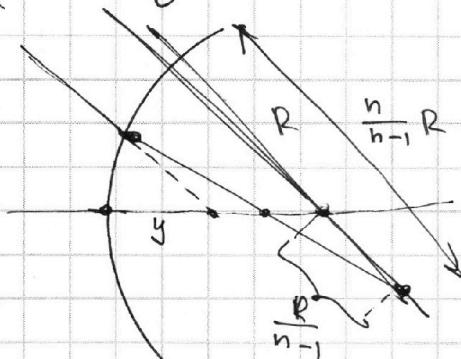
$$\frac{x-R}{\beta} = \frac{R}{\alpha-\beta} \Rightarrow$$

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

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

$$F > \frac{x}{P} = \frac{n}{n-1} + 1 = n +$$

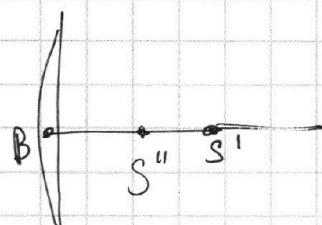
$x = \frac{n}{n-1} R$, т.е. луч пересек. паралл. ему ОИТ.
ОСБ (побочную) на $x = \frac{n}{n-1} R$



точка
плоско-
паралл.

Шарик - это коэффициент

$\frac{1}{F'} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) = (n-1) \frac{1}{R}$ - отс. 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' (инверсия) б (

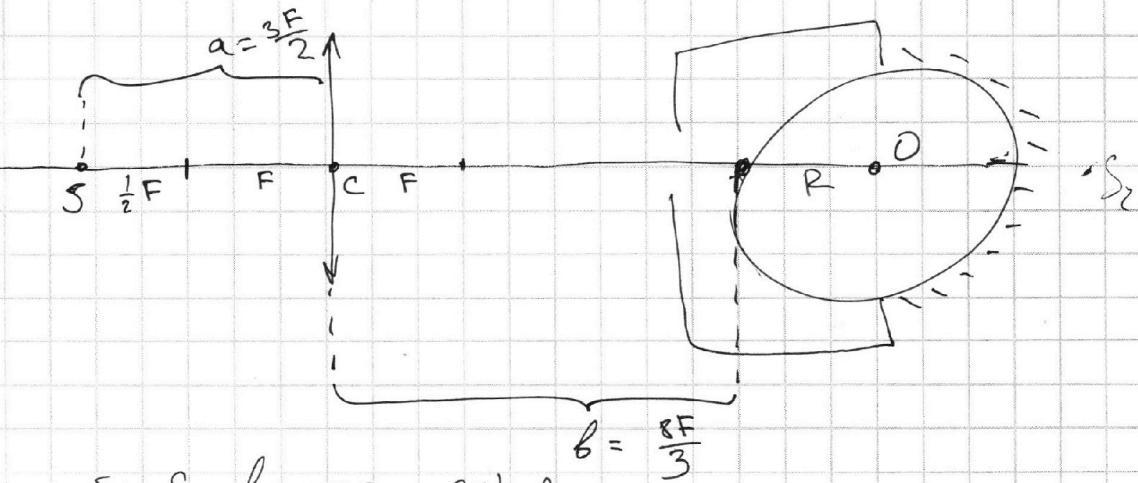
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 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!



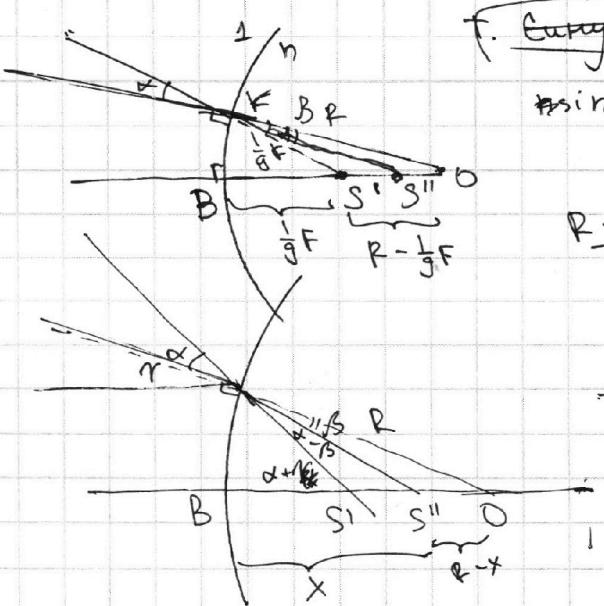
S' — изображение S в зоне, $CS' = f$
при тонкой линзбе:

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

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{3F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow f = 3F \quad f > b$$

так как изображение параллельные (т.к. экран) лучи
так, что сходятся в точке S' (см. сразу стр. 5)

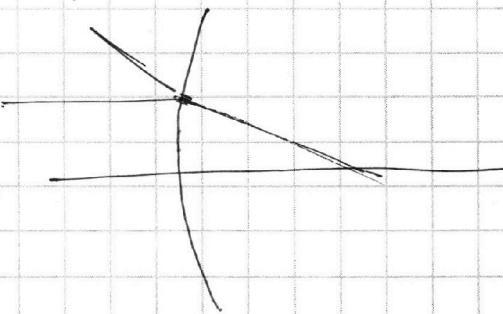
Найдём S'' — где пересекутся лучи внутри шара:



f. Геометрический доказательство

$$ns \sin \alpha = n s \sin \beta \Rightarrow \alpha \approx n\beta$$

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



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.

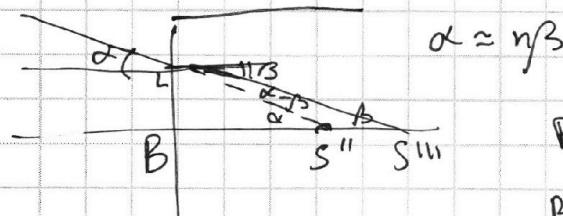


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

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 пересекутся:



$$\alpha \approx n\beta$$

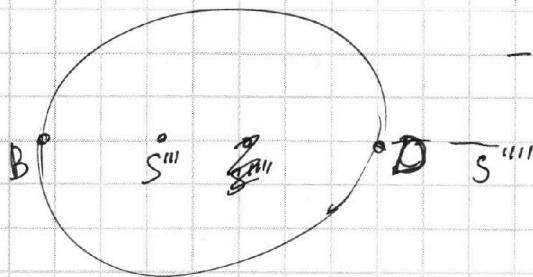
$$BS'' \tan \alpha = BS''' \tan \beta$$

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

$$BS''' \approx BS'' n \beta$$

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

S''' — изобр. S'' в вогнутом зеркале



$$-\frac{2}{F} = \frac{1}{DS'''} \rightarrow \frac{1}{DS'''} = \frac{2}{R}$$

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

поправки за влияние на индексов: $S''' = S_4$

S_5 — изобр. S_4 в

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

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

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

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

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

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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$BS_4 =$$

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

$$BS_2 = \frac{1}{\frac{2}{R}} +$$

Возьмём $n=1$.

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

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

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

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

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

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

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

$$R = \frac{\sqrt{(\frac{1276}{g})^2 - 4 \cdot 112 \cdot 6}}{112 \cdot 2} F$$



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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$1 \quad 35 \text{ минут} \quad 0:06 - 0:40$$

$$2 \checkmark \quad 35 \text{ минут} \quad 0:40 - 0:05$$

$$3 \checkmark \quad 40 \text{ минут} \quad 1:45 - 7:20$$

$$4 \checkmark \quad 30 \text{ минут} \quad 1:15 - 1:45$$

$$5 \quad 60 \text{ минут} \quad 2:24$$

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

$$\frac{4}{30} - \frac{1}{16}$$

$$-52 - 9$$

$$\begin{array}{r} \times 319 \\ \times 11 \\ \hline 319 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 319 \\ \times 9 \\ \hline 3509 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 273 \\ 86 \\ \hline 359 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 273 \\ 416 \\ \hline 319 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 319 \\ 28 \\ \hline 39 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 359 \\ 33 \\ \hline 29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2^3 \\ \times 359 \\ \times 14 \\ \hline 1436 \\ + 359 \\ \hline 5026 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 52 \\ 9 \\ \hline 61 \end{array}$$

$$\frac{10}{9}$$

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

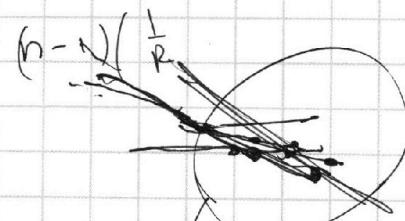
$$\begin{array}{r} 1 \\ 2R - \frac{n}{n-1} \cdot \frac{9}{R} \\ \hline 3 \\ + 6 \\ \hline 15 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 8 \\ \hline 10 \\ + 58 \\ \hline 68 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ 9 \\ + 18 \\ \hline 26 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 26 \\ 9 \\ B(\frac{2}{3}) \\ + 61 \\ \hline 1215 \end{array}$$



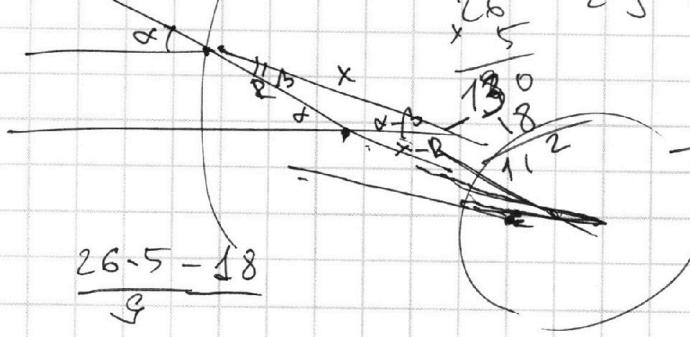
$$\frac{9}{18} - \frac{1}{18}$$

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

$$\frac{1}{3}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 26 \\ \times 5 \\ \hline 130 \\ 18 \\ \hline 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ 18 \\ - 1276 \\ \hline 42 \end{array}$$



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

$$\begin{array}{r} 1 \\ 5 \cdot 9 \\ + 5 \\ \hline 50 \\ = \frac{5}{5 \cdot 9} = \frac{2}{15} \end{array}$$

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