



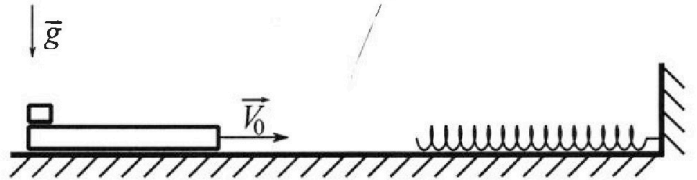
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

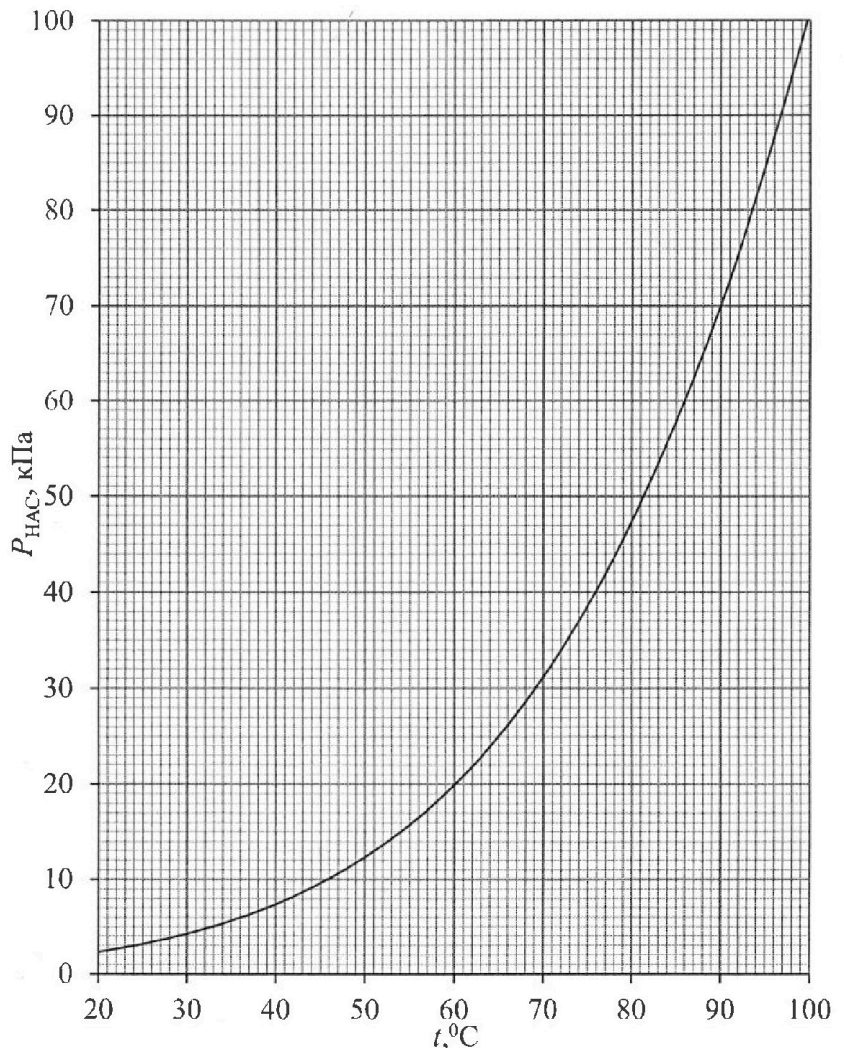


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.





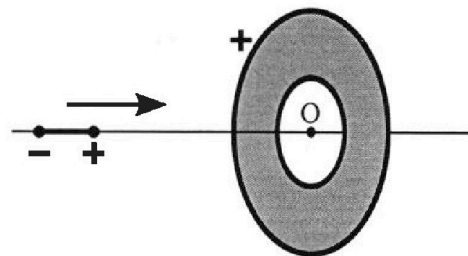
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



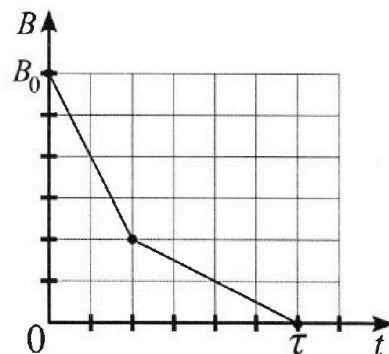
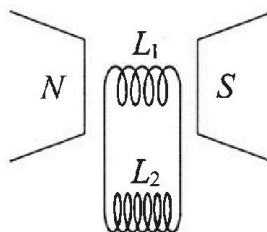
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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

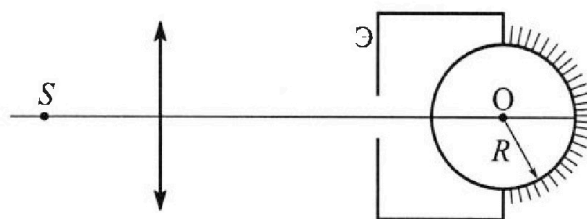
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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, 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 света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.

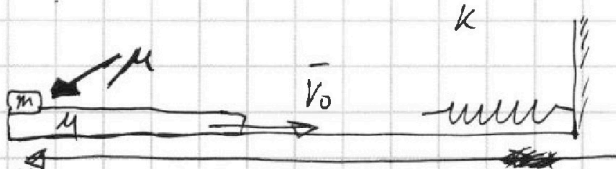


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



т.к. изначально скорости одинаковые, проск. относ. движение не начнется, когда будут разные ускорения ~~т.е. это не так~~

2 Закон Ньютона на x для бруска (уск. a_m) и для доски (уск. a_M)

$$\begin{aligned} M &= 2 \text{ кг} \\ m &= 1 \text{ кг} \\ v_0 &= 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ k &= 27 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\ \mu &= 0,3 \\ g &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} m a_m = F_{\text{тр.}} \\ M a_M = k \Delta L - F_{\text{тр.}} \end{cases} \quad \begin{aligned} & \Delta L - \text{сжатие пружины} \\ & (1^{\text{я}} \text{ обозначка } a) \end{aligned}$$

момент проск.: $a_m = a_M$; $F_{\text{тр.}} = F_{\text{тр. max}} = \mu m g (= \mu k)$

$$\begin{cases} m a = \mu m g; \Rightarrow a = \mu g \\ M a = k \Delta L - \mu m g; \Rightarrow k \Delta L - \mu m g = \mu M g \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta L = \frac{\mu g (m + M)}{k} \quad 1)$$

$$\Delta L_{\text{в момент проб.}} = \frac{\mu g (m + M)}{k}; \quad \Delta L = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 3}{27} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

до начала проск. движение не вып. т.к. $(F_{\text{тр.}} = 0)$, $k \Delta L = 0$ где системы ~~брусок + доска + пружина~~ энергия сохр. т.к. $A_{\text{внеш.}} + A_{\text{тр.}} = 0$

$$\frac{m v_0^2}{2} + \frac{M v_0^2}{2} = \frac{k (\Delta L)^2}{2} + \frac{m v^2}{2} + \frac{M v^2}{2} \quad \begin{aligned} & \text{здесь } v - \text{скорость бруска и доски} \\ & \text{в момент начала проск.} \\ & \Delta L - \text{удлинение пружины из гл. (1) в этот момент} \end{aligned}$$

до начала проск. брусок и доска - единое целое массой $(m + M)$ (один груз), энергия внешнего бруска + доска + пружина сохр. т.к. $A_{\text{внеш.}} + A_{\text{тр.}} = 0$

на ось y (2 закон Ньютона):

$$(M + m) \ddot{y} = -k y; \quad M \Rightarrow \ddot{y} + \frac{k}{(M + m)} y = 0$$

это уравнение колебаний

$$y(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t); \quad \omega - \text{цикл. частота} = \sqrt{\frac{k}{M + m}}$$

определяю A и B из нач. усл.:

$$y(0) = A \cdot 1 + B \cdot 0 = 0 \Rightarrow A = 0$$

$$\dot{y}(0) = \dot{y}(0) = -\omega A \sin(0) + \omega B \cos(0) = v_0 \Rightarrow B = \frac{v_0}{\omega}$$

($\ddot{y}$ - вторая произв. у, ускорение в проекции на y)



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!

$$\dot{y}(0) = -A \cdot 0 + \omega B \cdot 1 = V_0 \Rightarrow B = \frac{V_0}{\omega}; \quad (\omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}})$$

$$y(t) = \frac{V_0}{\omega} \cdot \sin(\omega t);$$

• в момент нач. откл. гвук: $y = \Delta L = \frac{\mu g (m+M)}{k}$

$$\sin(\omega t) \cdot \frac{V_0}{\omega} = \frac{\mu g (m+M)}{k} \Rightarrow \sin(\omega t) = \frac{\mu g}{V_0 \omega} \cdot \frac{\sqrt{m+M}}{\sqrt{k}};$$

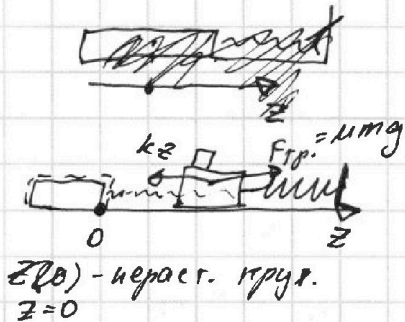
иногда по формуле знач-е: $\sin(\omega t) = \frac{0,3 \cdot 10}{2} \cdot \sqrt{\frac{3}{24}} = \frac{1}{2}$

2) $t = \frac{\arcsin(\frac{\mu g \sqrt{m+M}}{V_0 \sqrt{k}})}{\omega}; \quad t = \frac{\arcsin(\frac{1}{2}) \text{ рад}}{\frac{1}{3} \frac{\text{рад}}{с}} = \frac{\frac{\pi}{6}}{\frac{1}{3}} \text{ с} = \frac{\pi}{2} \text{ с} \approx 1,5 \text{ с}$

$$t = \frac{\arcsin(\frac{1}{2}) \text{ рад}}{\frac{\sqrt{24}}{3} \frac{\text{рад}}{с}} = \frac{\frac{\pi}{6}}{6 \cdot 3} \text{ с} \approx \frac{1}{6} \text{ с}$$

3) $y = \dot{y} = \left(\frac{V_0}{\omega} \sin(\omega t) \right) = \omega \frac{V_0}{\omega} \sin(\omega t) = \omega^2 \cdot \frac{V_0}{\omega} \sin(\omega t)$

в момент после начала проск. рассм. колебание доски



$$\mu \ddot{z} = \mu mg - k \ddot{z}; \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{24}{2}}$$

$$\ddot{z} + z \cdot \frac{k}{\mu} = \frac{\mu mg}{\mu} - \text{ур. колебаний}$$

$$\left(\ddot{z} + \frac{\mu mg}{k} \right) + \frac{k}{\mu} \left(z - \frac{\mu mg}{k} \right) = 0;$$

$$z(t) = \frac{\mu mg}{k} + A_1 \cos(\omega_1 t) + B_1 \sin(\omega_1 t)$$

нач. усл. наск-ств из 2 пункта:

$$\omega t = \arcsin\left(\frac{\mu g \sqrt{m+M}}{V_0 \sqrt{k}}\right); \quad \dot{y}(t) = V_0 \cos(\omega t)$$

$$y(\text{нач. проск.}) = V_0 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{\mu g \sqrt{m+M}}{V_0 \sqrt{k}}\right)\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0$$

определим A_1 и B_1 из нач. усл.:

$$z(0) = \frac{\mu mg}{k} + A_1 = \frac{\mu (m+M)g}{k} \Rightarrow A_1 = + \frac{\mu Mg}{k};$$

$$\dot{z}(0) = \omega B_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 \Rightarrow B_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 \cdot \frac{1}{\omega};$$



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!

$$z(t) = \frac{\mu M g}{k} + \frac{\mu M g}{k} \cdot \cos(\omega_1 t) + \frac{\sqrt{3} l_0}{2 \omega_1} \sin(\omega_1 t);$$

$$\dot{z}(t) = -\frac{\omega_1 \mu M g}{k} \sin(\omega_1 t) + \frac{\sqrt{3} l_0}{2} \cos(\omega_1 t)$$

в момент макс. откл. $\dot{z}=0$; $\Rightarrow \frac{\sqrt{3} l_0}{2} \cos(\omega_1 t_1) = \frac{\omega_1 \mu M g}{k} \sin(\omega_1 t_1)$

$$\operatorname{tg}(\omega_1 t_1) = \frac{\frac{\sqrt{3} l_0}{2}}{\frac{\omega_1 \mu M g}{k}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 24}{\sqrt{\frac{24}{2}} \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 10} = \frac{24 \sqrt{3}}{3 \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot 3} = \frac{3}{\sqrt{2}}$$

$$\sin(\omega_1 t_1) = \frac{\frac{3}{\sqrt{2}}}{\sqrt{1 + \frac{9}{2}}} = \frac{3}{\sqrt{11}}$$

$$\sin^2 + \cos^2 = 1$$

$$\operatorname{tg}^2 + 1 = \frac{1}{\sin^2}$$

$$\frac{1}{\operatorname{tg}^2} + 1 = \frac{1}{\sin^2}$$

$$\cos(\omega_1 t_1) = \sqrt{1 - \frac{9}{11}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{11}}$$

$$\ddot{z}(t_1) = -\frac{\omega_1^2 \mu M g}{k} \cos(\omega_1 t_1) - \frac{\sqrt{3} l_0}{2} \cdot \omega_1 \sin(\omega_1 t_1)$$

$$= -\left(\left(\frac{\sqrt{24}}{2} \right)^2 \cdot \frac{0,3 \cdot 2 \cdot 10}{24} \right) \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{11}} + \frac{\sqrt{3} \cdot 2}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{3}{\sqrt{11}}$$

$$= -\left(\frac{24 \cdot 3 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot 24 \cdot \sqrt{11}} + \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{24} \cdot 3 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot \sqrt{11}} \right) = -\frac{6\sqrt{2} + 24\sqrt{2}}{2\sqrt{11}}$$

$$= -\frac{33\sqrt{2}}{2\sqrt{11}} = -\frac{3\sqrt{11}}{\sqrt{2}} \frac{\mu}{c^2} \quad (3 \text{ ньютона})$$

Ответ: 1) $\frac{1}{3} \mu$; 2) $\frac{1}{6} c$; 3) $\frac{3\sqrt{11}}{\sqrt{2}} \frac{\mu}{c^2}$ (от пружины)



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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



$$p_0 = 150 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 86^\circ\text{C} = 273 + 86 \text{ К} = 359 \text{ К}$$

$$\varphi_0 = \frac{2}{3} (\approx 66,7\%)$$

$$\Rightarrow t = 46^\circ\text{C} = 319 \text{ К}$$

$$1) p_0 = p_{\text{пара}} + p_{\text{возг.}}$$

$$p_{\text{пара}} = p_{\text{нас.п.}}(t_0) \cdot \varphi_0;$$

$$p_{\text{нас.п.}}(t_0) = 60 \text{ кПа из графика}$$

$$\Rightarrow p_{\text{пара}} = 60 \text{ кПа} \cdot \frac{2}{3} = 40 \text{ кПа}$$

2) начало конг. при ост.: $p_{\text{пара}} \geq p_{\text{и.п.}}(t^*)$ (t^* - темп. конг.)

т.к. процесс медленный, система в конг. моменте в равнов.

$$\Rightarrow p_{\text{возг.}} = p_{\text{парные}} = p_0 \text{ (изобар. процесс);}$$

• ур. Клапейрона-Менделеева: $\int (p_0 - p_{\text{пара}}) V_0 = \nu_{\text{возг.}} R t$

$$\left[\frac{p_{\text{пара}}}{V_0} = 0 \right]$$

$$p_{\text{возг.}} V = \nu_{\text{возг.}} R T;$$

$$p_{\text{пара}} V = \nu_{\text{пара}} R T \Rightarrow \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{возг.}}} = \frac{\nu_{\text{пара}}}{\nu_{\text{возг.}}} = \text{const до начала конг.}$$

$\Rightarrow p_{\text{пара}}$ остается 40 кПа до начала конг.

начало: $p_{\text{и.п.}}(t^*) = 40 \text{ кПа}$; из графика $t^* = 46^\circ\text{C}$

3) ~~нач. перегрева~~ $p_{\text{и.п.}}(46^\circ\text{C}) = 10 \text{ кПа} \Rightarrow p_{\text{возг.}} = (150 - 10) = 140 \text{ кПа}$

3-й. Клапейрона-Менделеева для возг.

$$\int (p_0 - p_{\text{и.п.}}(t)) V_0 = \nu_{\text{возг.}} R t_0;$$

$$(p_0 - p_{\text{и.п.}}(46^\circ\text{C})) V = \nu_{\text{возг.}} R \cdot t_0;$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0} \cdot \frac{p_{\text{и.п.}}(t_0) - p_{\text{и.п.}}(t^*)}{(p_0 - p_{\text{и.п.}}(t^*))} = \frac{t \cdot 110}{t_0 \cdot 140}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{319}{359} \cdot \frac{110}{14} \approx \frac{32 \cdot 11}{36 \cdot 14} \approx \frac{8}{9} \cdot \frac{11}{14};$$

$$\frac{V}{V_0} \approx \frac{88}{126} = \frac{44}{63} \approx 0,7$$

Ответ: 1) 40 кПа; 2) 46°C; 3) 0,74

$$3) \frac{319 \cdot 11}{359 \cdot 14} (\approx 0,7)$$

$$\begin{array}{r} 440,63 \\ - 342,0698 \\ \hline 620 \\ 564 \\ \hline 530 \\ 504 \end{array}$$

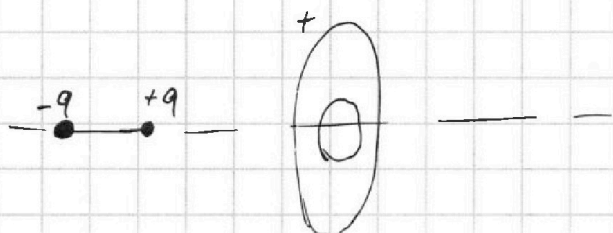


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



для того, чтобы пролететь
через диск, для центра диполя
нужно пройти через центр диска
диск (до этого - отрицательные
т.е. заряд ближе,
ближе)

крайний случай: $U_{\text{центр}} = 0$;

Закон сохр. энергии для системы диполь + диск: ($A_{\text{внеш.}} + A_{\text{гр.}} = 0$)

$$W_d + \frac{mV_0^2}{2} + W_{\text{эл.с}} = 0 + W_{\text{эл.центр}}; V_0 \Rightarrow W_{\text{эл.центр}} - W_{\text{эл.с}} = \frac{mV_0^2}{2}$$

закон сохр. для случая с $2V_0$:

$$W_d + \frac{m \cdot (2V_0)^2}{2} + W_{\text{эл.с}} = \frac{m u^2}{2} + W_{\text{эл.центр}}; W_d$$

(W_d - энергия самого
диполя; не меняется)

(u - скорость при прохожд.
через центр)

$$\frac{m u^2}{2} = \frac{m \cdot 4V_0^2}{2} - (W_{\text{эл.центр}} - W_{\text{эл.с}}) = 4 \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = 3 \frac{mV_0^2}{2}$$

$$u = \sqrt{3} V_0 \quad (1)$$

расч. поле, созд. диском на расст. r от оси:

~~$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$~~ ~~$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$~~ убывает при убавл. r
(от отрицательного r)



$$E = \frac{q(r)}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot k = \frac{q(r)}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \frac{1}{r^2} = \frac{q(r)}{4\pi\epsilon_0 r^4}$$

когда весь диск создаёт поле всего диска можно заменить на поле
эквивалентного кольца

2) получается, что для системы только из диполя

$$A_{\text{эл.}} = \Delta K_{\text{диполя}} = \frac{1}{2} m V_0^2$$

$$\Delta K_{\text{диполя}} = \frac{m u^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2} = \frac{1}{2} m V_0^2$$

заметим, что ~~весь при проходе через диск после прохождения через диск~~
диск совершит такую же работу ~~как диполь~~



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!

• Заметим, что ~~сам~~ электрост. ситт совершат такую же работу при ~~увелич~~ учёте диполя на бесконечность после пролёта, т.к. меняется полярность и ~~на~~ направл. движения ($-1 \cdot -1 = +1$)

• т.к. при ~~увелич~~ ~~увелич~~ диполь отталкивается

$V_{\text{макс.}} \equiv 2V_0$ (на беск. с 1 стороны)

$V_{\text{мин.}} \equiv V_0$ V' ~~на~~ на беск. с другой стороны

ЗВ закон изм. энергии для диполя:

$$\frac{m \cdot 4V_0^2}{2} - 2 \cdot \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV'^2}{2} \Rightarrow (V')^2 = 2(V_0)^2 \Rightarrow V' = \sqrt{2}V_0$$

(А_{эл.} $\xrightarrow{c-\sigma_{900}} = 2$ А_{эл.} $\xrightarrow{c-\sigma_{900}}$)

$$\Delta V = 2V_0 \cancel{V_0} - V_0 + 2V_0 - \sqrt{2}V_0 = (2 - \sqrt{2})V_0$$

Ответ: 1) $\sqrt{3}V_0$; ~~и~~ 2) $(2 - \sqrt{2})V_0$.

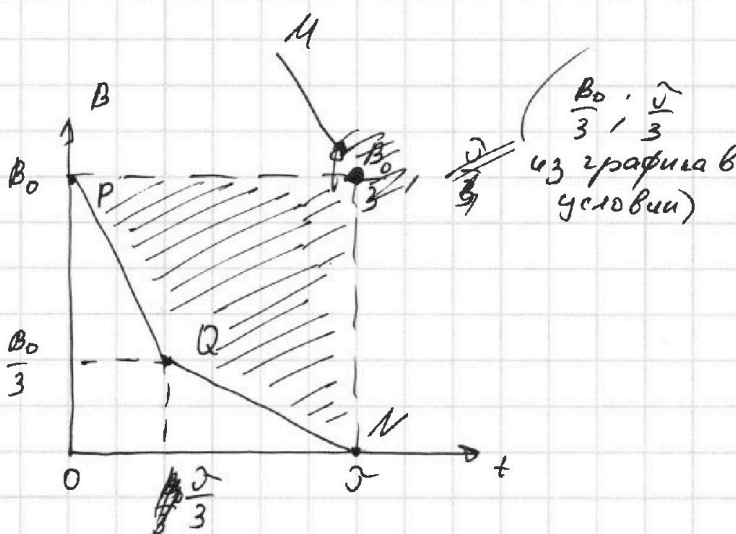
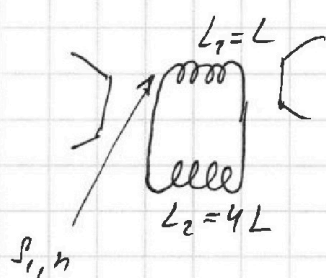


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



область:

1-е правило Кирхгофа для катушек:

$$I_{L_1} = I_{L_2}$$

2-е правило Кирхгофа для цепи: $\mathcal{E}_{ind_1} + \mathcal{E}_{ind_2} = 0$; $-\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} - \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} = 0$; $\forall \Delta t$
 $\Rightarrow \Phi_{вечн} = \text{const}$

$$\Phi = B_0 S_{1n} = B(t) S_{1n} + L I(t) + 4L I(t) \Rightarrow I(t) = \frac{S_{1n} (B_0 - B(t))}{5L}$$

1) По условию $B(\tau) = 0$; $I(\tau) = \frac{S_{1n} (B_0 - 0)}{5L} = \frac{B_0 S_{1n}}{5L}$

2) $dq = I dt$; $dq = \frac{S_{1n} (B_0 - B(t))}{5L} dt$

$$\Delta q \Big|_0^\tau = \frac{S_{1n}}{5L} \cdot \int_0^\tau S_{1n} (B_0 - B(t)) dt$$

площадь $\int_0^\tau S_{1n} (B_0 - B(t)) dt$ на графике из усл.

четырёхугольник MNPQ на графике, $S_{MNPQ} = \int_0^\tau (B_0 - B(t)) dt =$
 $= \frac{2}{3} B_0 \cdot \frac{2}{3} \tau + \frac{\tau}{3} \cdot \frac{B_0 \cdot 2}{3} \cdot \frac{1}{2} + \frac{2\tau}{3} \cdot \frac{B_0}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{4}{9} B_0 \tau + \frac{2}{9} B_0 \tau = \frac{2}{3} B_0 \tau$
 (заштрихов. площадь)

$$\Delta q = \frac{S_{1n}}{5L} \cdot \frac{2}{3} B_0 \tau = \frac{2}{15} \frac{B_0 S_{1n} \tau}{L}$$

Ответ: 1) $\frac{B_0 S_{1n}}{5L}$; 2) $\frac{2}{15} \frac{B_0 S_{1n} \tau}{L}$.

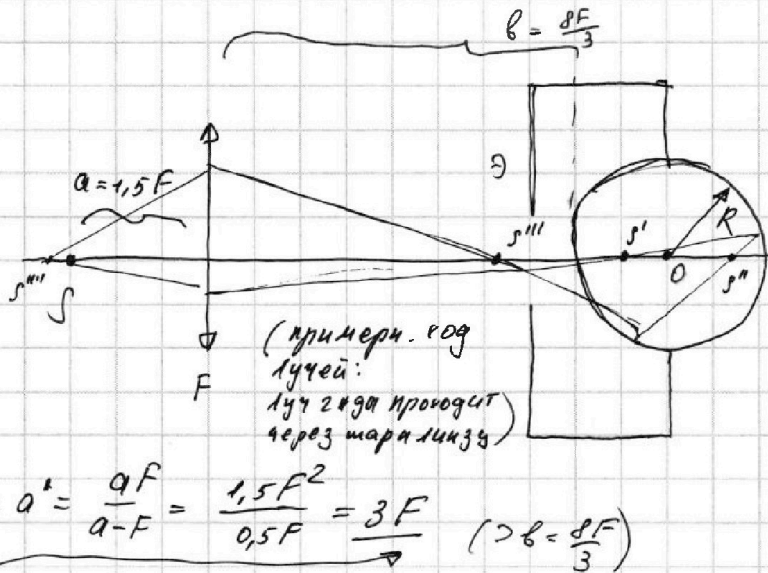


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



• S' (после прохождения
линзы): $\frac{1}{3} F$ -ая
точкой линзы:

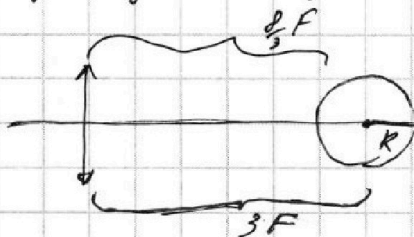
$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{F}$$

$$\Rightarrow S' = \frac{aF}{a-F}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{F} \quad (d' - \text{расст. до 2-го от линзы})$$

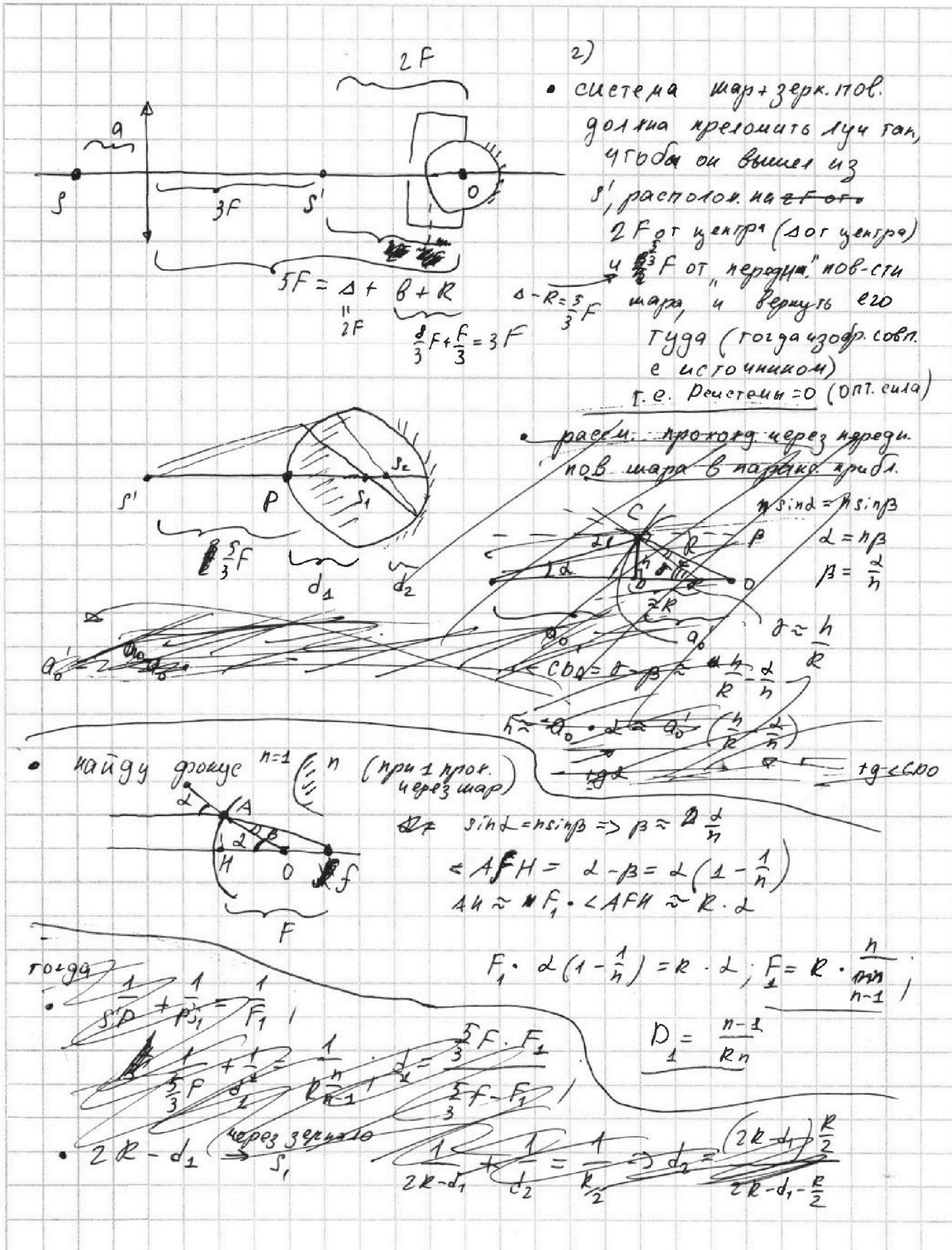
- если не зависит от n , то S' (после 2-го прохождения через линзу) совпадет с S , ну и чтобы S' совпадал с S' (т.к. лучи обратимы) (S' - после прохождения системы $\text{линза} + \text{зеркало}$). Т.е. S' на расст. $3F$ от линзы

1. изобр. не зав-т от $n \Rightarrow$ оно такое же, если $n=1$, т.е. шар как воздух и не преломл. лучи. Тогда с учётом написанного ранее: после прохожд. через линзу на $3F$ от линзы, после прохожд. зеркала снова на $3F$ от линзы (источник). Значит, S' находится в фокусе зеркала (т.е. центре сфер. поверхности), тогда луч после отраж. идёт параллельно на $2F$.



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

$$R = \frac{aF}{a-F} - b$$





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

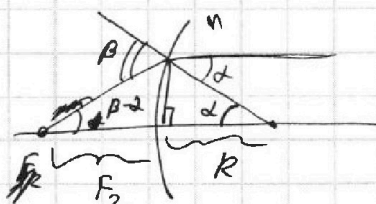
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

• обратно через шар

$$F = -F_1 = -R \frac{n}{n-1}$$



$$2R - 2d$$



$$n \cdot d \approx \beta$$

$$F_2 \cdot (n \cdot d - d) = R \cdot d;$$

$$F_2 = \frac{R}{n-1}; \quad p_2 = \frac{n-1}{R}$$

$$p_{\text{зеркала}} = \frac{1}{R_2} = \frac{2}{R}$$

$$p_1 = \frac{n-1}{Rn}; \quad p_{\text{зерк.}} = \frac{2}{R}; \quad p_2 = \frac{n-1}{R}$$

суммарная опт. сила должна быть 0

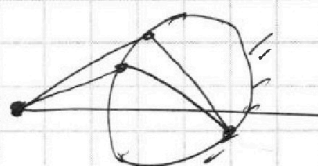
$$p_1 + p_2 - p_3 = 0;$$

$$\frac{n-1}{Rn} + \frac{2}{R} = \frac{n-1}{R}; \quad \text{или } \frac{3n-1}{n} = \frac{n-1}{R}; \quad n^2 - 4n + 1 = 0;$$

$$n^2 - 4n + 1 = 0; \quad n_{1,2} = \frac{4 \pm \sqrt{12}}{2} = 2 \pm \sqrt{3};$$

$$\frac{n-1+2n}{Rn} = \frac{n-1}{R} \Rightarrow n^2 - n = 3n - 1; \quad n^2 - 4n + 1 = 0;$$

$$n = \frac{2 \pm \sqrt{3}}{1} = \frac{2 + \sqrt{3}}{2 - \sqrt{3}} < 1$$



Answer: $\frac{F}{3}; \quad 2 + \sqrt{3}$

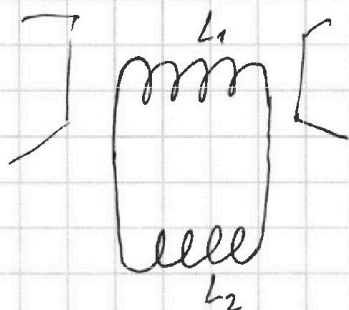


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

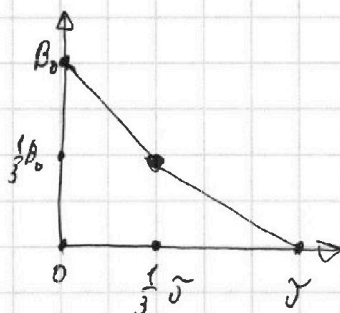
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!



$$L_1 = L ; n, S_1$$

$$B_0 ; L_2 = 4L$$



~~$\Phi = B_0 S_1 n = LI$~~

$$\Phi = B_0 S_1 n = 0 = LI(t) + 4LI(t) + B(t) S_2 n ;$$

$$I(t) = \frac{(B_0 - B(t)) S_1 n}{5L} ;$$

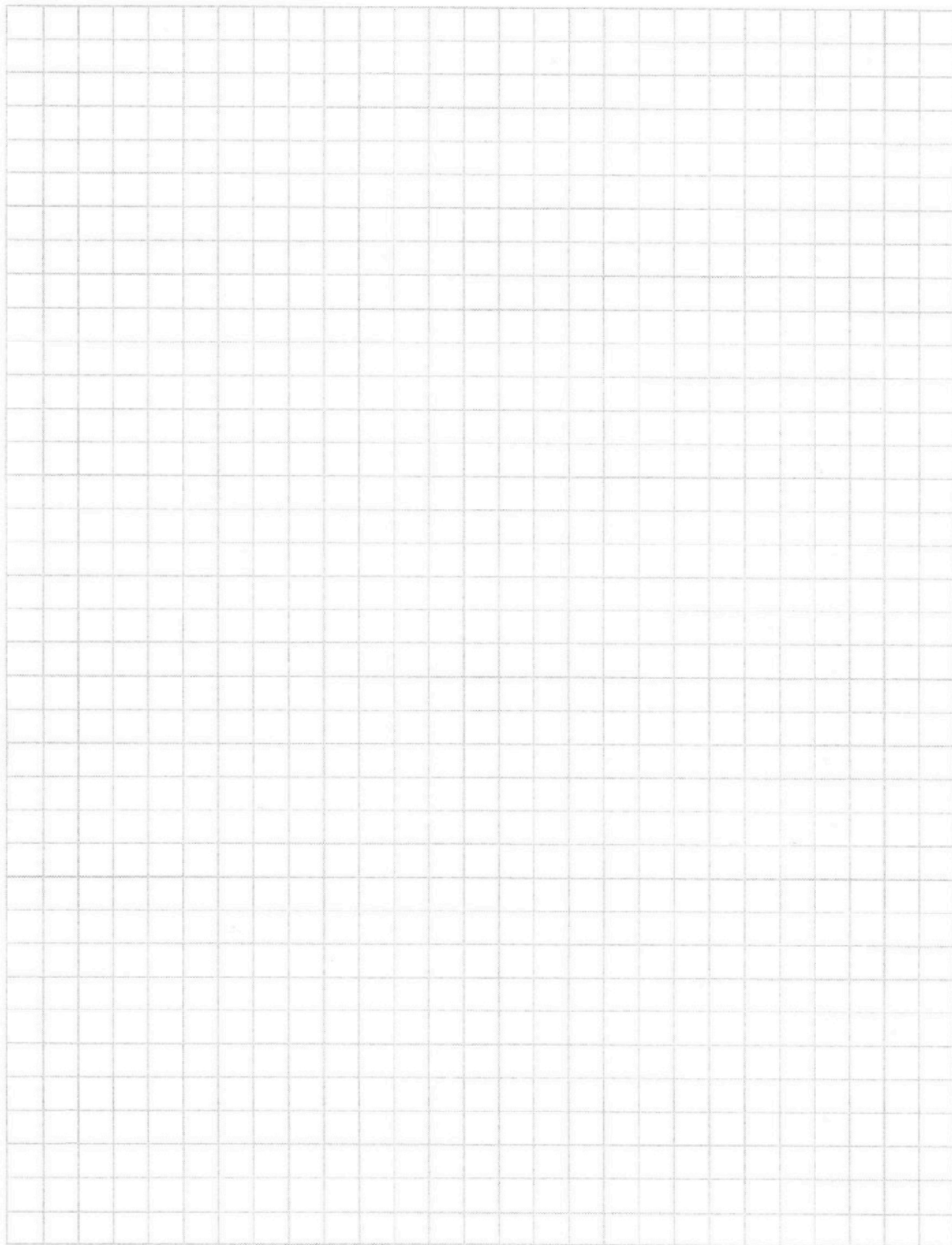


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.

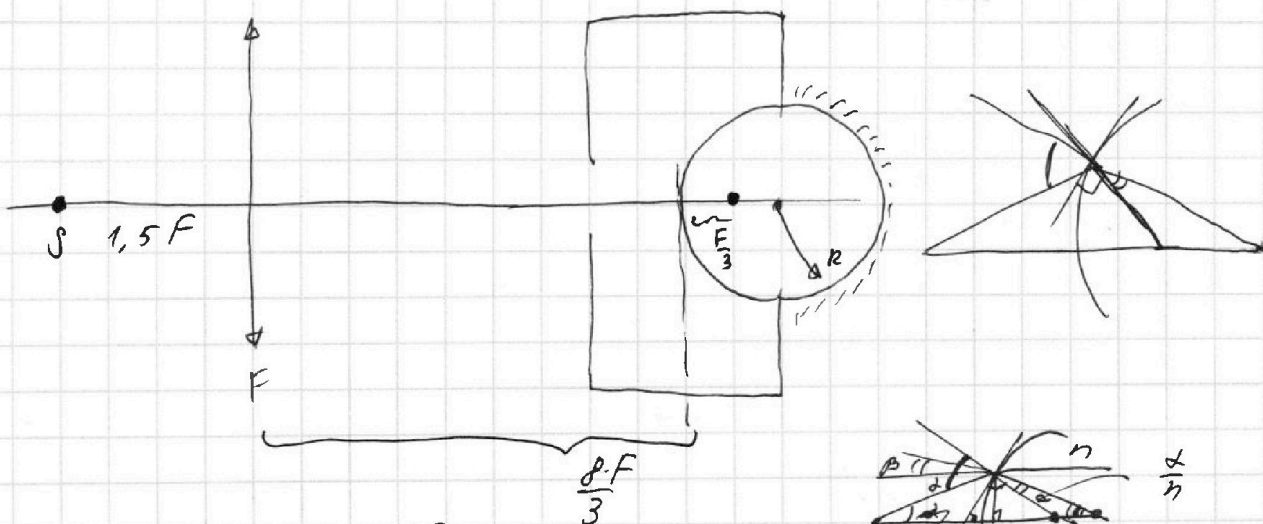
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

$$\Delta q = \Delta q_1 + \Delta q_2 = \frac{S_1 n}{5L} \cdot \frac{B_0 \tilde{r}}{9} + \frac{S_2 n}{5L} \cdot \frac{B_0 \tilde{r}}{9} = \frac{2 B_0 S_1 n \tilde{r}}{45 L}$$

Отвеч. 1) ~~$\frac{B_0 S_1 n}{5L}$~~ ~~$\frac{2 B_0 S_1 n \tilde{r}}{45 L}$~~



если шар не раст. $r = \frac{8F}{3}$, то изобр. совм. с ист.

$$\frac{1}{1.5F} + \frac{1}{r} = \frac{1}{F} \Rightarrow r = \frac{1.5F \cdot F}{1.5F - F} = 3F \quad 2 \cdot a = l \cdot a'$$

~~$r = \frac{h}{R}$~~

~~$r = \beta$~~

$h = (r - \beta) \frac{a_0'}{2} = a_0 \cdot \frac{1}{2}$



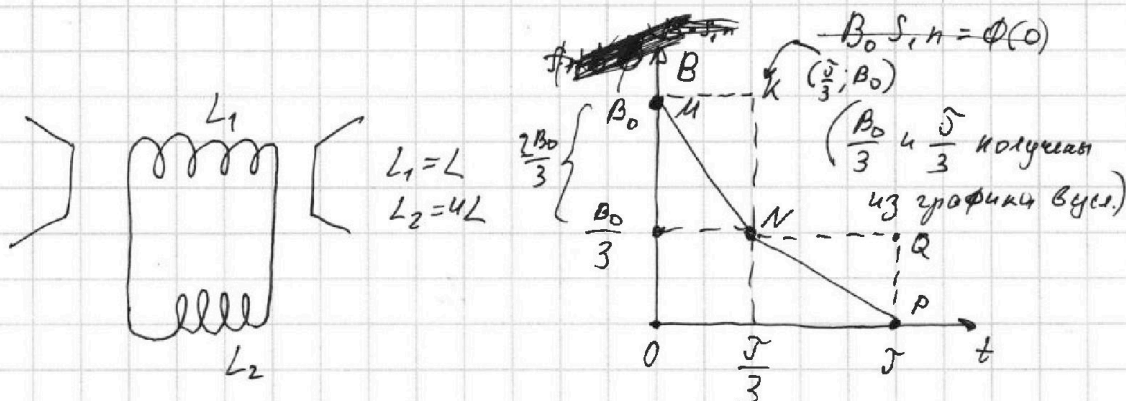
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!



- из рисунка видно, что катушки (при одинак. напр. тока), создают поток в 1 напр. ($\Rightarrow \Phi_{\text{катушек}} = LI + 4LI = 5LI$)

обход контура: $-\mathcal{E}_{\text{ind}L_1} - \mathcal{E}_{\text{ind}L_2} = 0$; $\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} + \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} = 0$; $\forall \Delta t$
по правилу Кирхгофа $I_{L_1} = I_{L_2}$

$\Rightarrow \Phi = \text{const}$ (поток сохр.)

$$\Phi(0) = B_0 S_1 n;$$

$$\Phi(t) = B(t) S_1 n + LI(t) + 4LI(t) = 5LI(t) + B(t) S_1 n$$

- 1) поток, созд. внеш. полем в конце $= 0$

$$\Phi = B_0 S_1 n = I_0 L + I_0 \cdot 4L = 5L \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{5L}$$

- 2) $dq = I dt$;

$\Phi = B_0 S_1 n = B(t) S_1 n + LI(t) + 4LI(t)$

$$\Rightarrow I(t) = \frac{S_1 n (B_0 - B(t))}{5L} \quad \text{т.к. } B(t) \text{ состоит из 2 линий.}$$

$$I(t) dt = \frac{S_1 n}{5L} \cdot (B_0 - B(t)) dt \quad \text{уч. } I(t) \text{ тоже - 2 линейн. участка}$$

$$\int I(t) dt = \frac{S_1 n}{5L} \cdot \int (B_0 - B(t)) dt$$

$$\Delta q = \frac{S_1 n}{5L} \cdot \int_0^{\tau} (B_0 - B(t)) dt$$

$$\int_0^{\tau} (B_0 - B(t)) dt = \text{площадь } B_0 - B(t) \text{ на графике (2 АПК на графике) в начале реш.}$$

$$= \frac{2B_0}{3} \cdot \frac{\tau}{3} = \frac{2B_0 \tau}{9}$$

$$\int_0^{\tau} (B_0 - B(t)) dt = \text{площадь } B_0 - B(t) \text{ на графике}$$

$$= \frac{2B_0}{3} \cdot \frac{\tau}{3} = \frac{2B_0 \tau}{9}$$