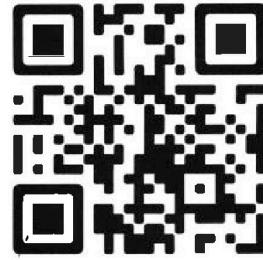




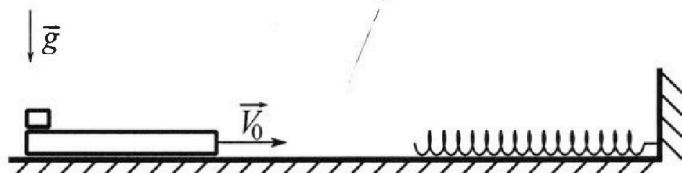
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

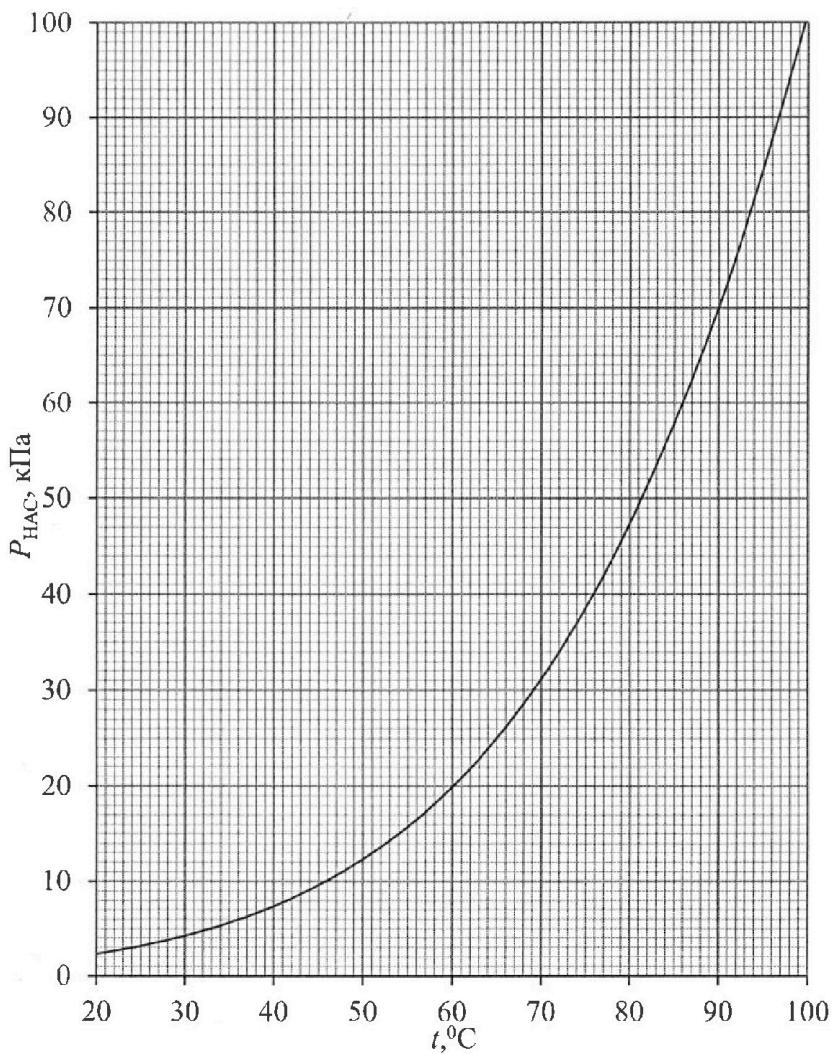


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.





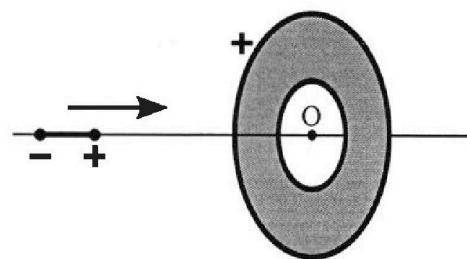
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

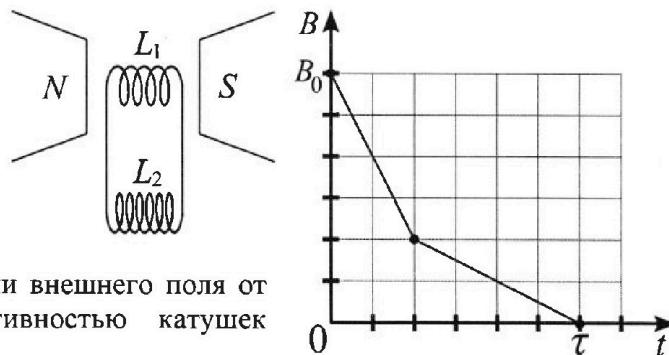
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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

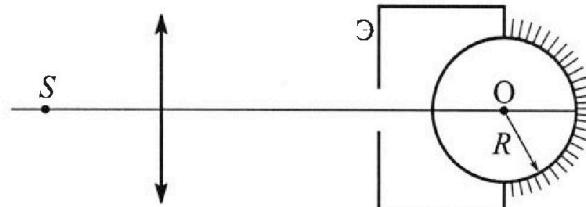
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек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

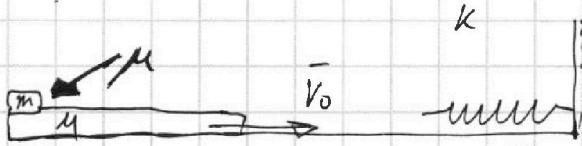
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран \mathcal{E} обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.

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.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



- Г.к. изначально скорости однотипные, проскальзывание относ. движения не начнётся, когда будут равны ускорения ~~если это не так~~

$$\begin{aligned} M &= 2kl \\ m &= 1kl \\ V_0 &= 2 \frac{m}{c} \\ K &= 2 \frac{k}{m} \\ M &= 0,3 \\ g &= 10 \frac{m}{s^2} \end{aligned}$$

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

$$\begin{cases} ma_M = F_{Gr}, \\ Ma_M = kx - F_{Gr}. \quad Ma_M = ksl - F_{Gr}. \quad (\Delta L - \text{статич. пружина}) \\ F_{Gr} \uparrow N_{\text{рабоч. отпор}} \quad (N = \text{макс. сила пружины}) \\ \text{из верх. напр.} \quad (r, \theta) \text{ (одобрано)} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{момент проск.: } a_m &= a_M; \quad F_{Gr} = F_{Gr, \text{ макс.}} = \mu mg \quad (= \mu kL) \\ \begin{cases} ma_m = \mu mg; \\ Ma_M = \mu mg \end{cases} &\Rightarrow a = \mu g \\ Ma_M = ksl - \mu mg; &\Rightarrow ksl - \mu mg = \mu kL \\ \Rightarrow \Delta L = \frac{\mu g(m+M)}{k} & \end{aligned}$$

1) $\Delta L = \frac{\mu g(m+M)}{k}$, $\Delta L = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 3}{24} = \frac{1}{8} m$

- до начала проскальзывания не было гемо ($F_{Gr}, F_{Gr} = 0$), ~~тогда~~ $\Delta L = 0$
где система бруск + доска + пружина Энергия сущ. г.к. + $E_{kin} + E_{pot} = 0$

$$\frac{mV_0^2}{2} + \frac{MV_0^2}{2} = \frac{k(\Delta L)^2}{2} + \frac{m\omega^2}{2} + \frac{M\omega^2}{2}, \quad \begin{aligned} &\text{(здесь } \omega = \text{ скорость в бруске и доске)} \\ &\text{в момент начала проск.,} \\ &\Delta L = \text{удлинение пружины из п.(1) в} \\ &\text{этот момент)} \end{aligned}$$

- до начала проск. бруск и доска - единое целое массой $(m+M)$ (один центр вспомог. бруск + доска + пружина сущ. Ед. ω ~~один центр~~ $\omega = 0$)

$$(M+m)\ddot{y} \text{ на ось } y \text{ (2 закон Иоганна):}$$

$$ky - \frac{\omega^2 y}{(M+m)} = -k y, \quad Mm \Rightarrow \ddot{y} + \frac{k}{(M+m)} y = 0$$

это уравнение колебаний

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

определено A и B из нач. усл.:

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

$$\dot{y}(0) = \dot{y}(0) = -\omega A \sin(0) + \omega B \cos(0) = V_0 \Rightarrow B =$$

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
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!

$$y(0) = -A \cdot 0 + wB \cdot 1 = v_0 \Rightarrow B = \frac{v_0}{w}; \quad (w = \sqrt{\frac{k}{m}})$$

$$y(t) = \frac{v_0}{w} \cdot \sin(wt);$$

• В момент нач. отн. звук: $y = \Delta L = \frac{\mu g(m+1)}{k}$.

$$\sin(wt) \cdot \frac{v_0}{w} = \frac{\mu g(m+1)}{k} \Rightarrow \sin(wt) = \frac{\mu g}{v_0 w} \cdot \frac{\sqrt{m+1}}{\sqrt{k}},$$

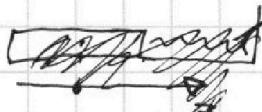
указ. атестант подсчитал звук-д: $\sin(wt) = \frac{0,3 \cdot 10}{2} \cdot \sqrt{\frac{3}{24}} = \frac{1}{2}$

$$2) t = \frac{\arcsin\left(\frac{\mu g \sqrt{m+1}}{v_0 \sqrt{k}}\right)}{w}; \quad t = \frac{\arcsin\left(\frac{1}{2}\right) \text{рад}}{\left(\frac{v_0}{\sqrt{k}}\right) \text{рад}} = \frac{\pi}{6} \text{ с} = \frac{\pi}{2} \text{ с} \approx 1,5 \text{ с}$$

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

$$3) \quad \ddot{y} = \ddot{y} = \left(\frac{v_0}{w} \cdot \sin(wt) \right)' = w \frac{v_0}{w} \cdot \sin(wt) + w^2 \cdot \frac{v_0}{w} \cdot \cos(wt)$$

Блокнот после начала проск. рассл. колебаний доска



$$M\ddot{z} = \mu mg - k z; \quad w_1 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{24}{2}} = 2\sqrt{3}$$

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

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

$$Z(t) = \frac{\mu mg}{k} + A_1 \cos(w_1 t) + A_2 \sin(w_1 t)$$

нач. усл. нач-стя 43 з пункта:

$$w_1 = \arcsin\left(\frac{\mu g \sqrt{m+1}}{v_0 \sqrt{k}}\right), \quad \ddot{y}(t) = v_0 \cos(w_1 t) \cdot \frac{\pi}{6}$$

$$y(\text{нач.проск.}) = v_0 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{\mu g \sqrt{m+1}}{v_0 \sqrt{k}}\right)\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$$

определю A_1 и B_1 , 43 нач. усл.:

$$z(0) = \frac{\mu mg}{k} + A_1 = \frac{\mu(m+1)g}{k} \Rightarrow A_1 = +\frac{\mu mg}{k},$$

$$\dot{z}(0) = w_1 B_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 \Rightarrow B_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 \cdot \frac{1}{w_1},$$



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**.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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!

$$z(t) = \frac{m_1 g}{k} + \frac{\mu_1 M g}{k} \cdot \cos(\omega_1 t) + \frac{\sqrt{3} l_0}{2 \omega_1} \sin(\omega_1 t);$$

$$\dot{z}(t) = - \frac{\omega_1 \mu_1 M g}{k} \sin(\omega_1 t) + \frac{\sqrt{3} l_0}{2} \cos(\omega_1 t)$$

в момент макс. откл. $\dot{z}=0$; $\Rightarrow \frac{\sqrt{3} l_0}{2} \cos(\omega_1 t_1) = \frac{\omega_1 \mu_1 M g}{k} \sin(\omega_1 t_1)$

$$\tan(\omega_1 t_1) = \frac{\frac{\sqrt{3} l_0}{2}}{\frac{\omega_1 \mu_1 M g}{k}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 24}{\cancel{6} \sqrt{\frac{24}{2} \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 10}} = \frac{24 \sqrt{3}}{3 \sqrt{24} \cdot \sqrt{2} \cdot 3} = \frac{3}{\sqrt{2}}$$

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

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

$$+ \cos^2 = 1$$

$$\tan^2 + 1 = \frac{1}{\sin^2}$$

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

$$\ddot{z}(t_1) = - \frac{\omega_1^2 \mu_1 M g}{k} \cos(\omega_1 t_1) \neq \frac{\sqrt{3} l_0}{2} \cdot \omega_1 \sin(\omega_1 t_1)$$

$$= - \left(\left(\frac{\sqrt{24}}{2} \right)^2 \cdot \frac{0,3 \cdot 2 \cdot 10}{24} \right) \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{11}} + \frac{\sqrt{3} l_0}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{3}{\sqrt{11}} \right)$$

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

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

Ответ: 1) $\frac{1}{3} M$; 2) $\frac{1}{6} c$; 3) $\frac{3\sqrt{11}}{\sqrt{2}} \frac{M}{c^2}$ (с округлением)

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



$$\begin{aligned} p_0 &= 150 \text{ кПа} \\ t_0 &= 86^\circ\text{C} = 243 + 86 \text{ K} = 359 \text{ K} \\ \varphi_0 &= \frac{2}{3} (\approx 66,7\%) \\ \Rightarrow t &= 46^\circ\text{C} = 329 \text{ K} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} p_{\text{пара}} &= p_{\text{нас. п.}}(t_0) \cdot \varphi_0; \\ p_{\text{нас. п.}}(t_0) &= 60 \text{ кПа из таблицы} \\ \Rightarrow p_{\text{пара}} &= 60 \text{ кПа} \cdot \frac{2}{3} = 40 \text{ кПа} \end{aligned}$$

2) начальное конд. при ост.: $p_{\text{пара}} \geq p_{\text{н.п.}} (+^*)$ ($+^*$ - + нач. конд.)
т.к. процесс медленный, система в нач. момент в равновесии.
 $\Rightarrow p_{\text{газов}} = p_{\text{пара}} = p_0$ (изодар. процесс);

* ур. клапан-шланг. : $\int (p_0 - p_{\text{пара}}) V = p_{\text{возд}} R t$

$p_{\text{возд}} V = p_{\text{возд}} R t; \quad \cancel{(p_{\text{пара}}) / V_0 = 0}$

$p_{\text{пара}} V = p_{\text{возд}} \cancel{R t} \Rightarrow \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{возд}}} = \text{const} \text{ со начала конд.}$

$\Rightarrow p_{\text{пара}} \text{ остаётся } 40 \text{ кПа до конца конд.)}$
начало: $p_{\text{н.п.}}(+^*) = 40 \text{ кПа}; \text{ из таблицы } t^* = 46^\circ\text{C}$

3) ~~т нач. разности~~: ~~т.п. $p_{\text{н.п.}} (46^\circ\text{C}) = 10 \text{ кПа} \Rightarrow p_{\text{возд}} = (150 - 10) = 140 \text{ кПа}$~~

~~3-й клапан-шланг~~ $\left\{ \begin{array}{l} (p_0 - p_{\text{пара}}) V_0 = p_{\text{возд}} R t_0; \\ - \text{Медленно} \\ \text{для возд.} \end{array} \right.$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0} \cdot \frac{p_{\text{пара}} - p_1}{p_0 - p_{\text{н.п.}}(t^*)} = \frac{t \cdot 110}{t_0 \cdot 140}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{319}{359} \cdot \frac{110}{14} \approx \frac{32 \cdot 11}{36 \cdot 14} = \frac{2}{9} \cdot \frac{11}{14};$$

$$\frac{V}{V_0} \approx \frac{22}{126} = \frac{44}{252} \approx 0,17$$

$$-\frac{440}{9} \frac{13}{14}$$

$$-\frac{440}{348} \frac{13}{14} = 0,098$$

$$\begin{array}{r} 620 \\ 564 \\ \hline 530 \\ 504 \end{array}$$

Ответ: 1) 40 кПа; 2) 46°C;

$$3) \frac{319 \cdot 11}{359 \cdot 14} (\approx 0,17)$$

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.

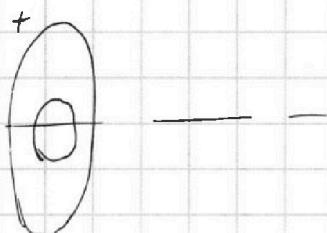
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
1 из 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!



$$-q \quad +q$$



Если того, чтобы пролететь через диски, для центру диполя нужно пройти через центр диска (до этого - отталкивание), то:

гранич. случай: $W_{\text{диски}} = 0$;

запон соудр. энегрии для системы диполя + диска: ($A_{\text{внеш.}} + A_{\text{тр.}} = 0$)

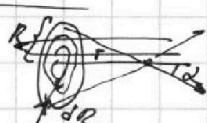
$$W_d + \frac{m v_0^2}{2} + W_{\text{диски}} = 0 + W_{\text{диски}, \text{центр}} \Rightarrow W_{\text{диски}, \text{центр}} - W_{\text{диски}, d} = \frac{m v_0^2}{2}$$

запон соудр. энегрии с v_0 :

$$W_d + \frac{m \cdot (2v_0)^2}{2} + W_{\text{диски}, d} = \frac{m u^2}{2} + W_{\text{диски}, \text{центр}} \quad \begin{aligned} & (W_d - \text{энергия самого} \\ & \text{диполя; не меняется}) \\ \frac{m u^2}{2} &= \frac{m \cdot 4v_0^2}{2} - (W_{\text{диски}, \text{центр}} - W_{\text{диски}, d}) = 4 \frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = 3 \frac{m v_0^2}{2} \\ u &= \sqrt{3} v_0 \quad (1) \quad \begin{aligned} & (u - \text{скорость при проходе} \\ & \text{через центр}) \end{aligned} \end{aligned}$$

• расчет поле, сог. расчет на расчет. 1 от обл.:

• ~~Электростат. поле~~; ~~удаляет при удали~~
~~(от электростат. поля)~~



$$E = \frac{q(R)}{R^2} \cdot k = \frac{q(R)}{R^2} \cdot \frac{\Sigma}{(R+r)^3}$$

такое поле диска создаёт поле этого диска именем замещенного поле. $\left(\frac{q(R)}{R^2}\right)$
такое поле линии констант

2) • получается, что для системы только из диполя

$$A_{\text{диски}} = \Delta K \text{ диполя} \quad (W_d = \text{const})$$

$$\Delta K \text{ диполя} = \frac{m u^2}{2} - m W_d \frac{m v_0^2}{2} = -\frac{1}{2} m v_0^2,$$

• значит, что ~~данная при проходе через диски после прохода через диски~~
~~диск совершил током же работы на диполи~~



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

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 сила тяжести сильнее совершает тангентальное движение при удалении от центра диполя на бесконечность после пролёта, т.к. меняется полярность и на направлении движения ($-1 - 1 = +1$)

• Т.к. при удалении от центра диполя отталкивание

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

$$V_{\text{ мин.}} \equiv 0 \quad V' \text{ макс. на беск. с другой стороны}$$

Знайдем закон изм. скорости при движении от центра диполя:

$$\frac{m \cdot 4V_0^2}{2} - 2 \cdot \underbrace{\frac{mV_0^2}{2}}_{(A_{31} \rightarrow 0)} = \frac{mV'^2}{2} \Rightarrow (V')^2 = m \cdot 2(V_0)^2 \Rightarrow V' = \sqrt{2}V_0$$

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

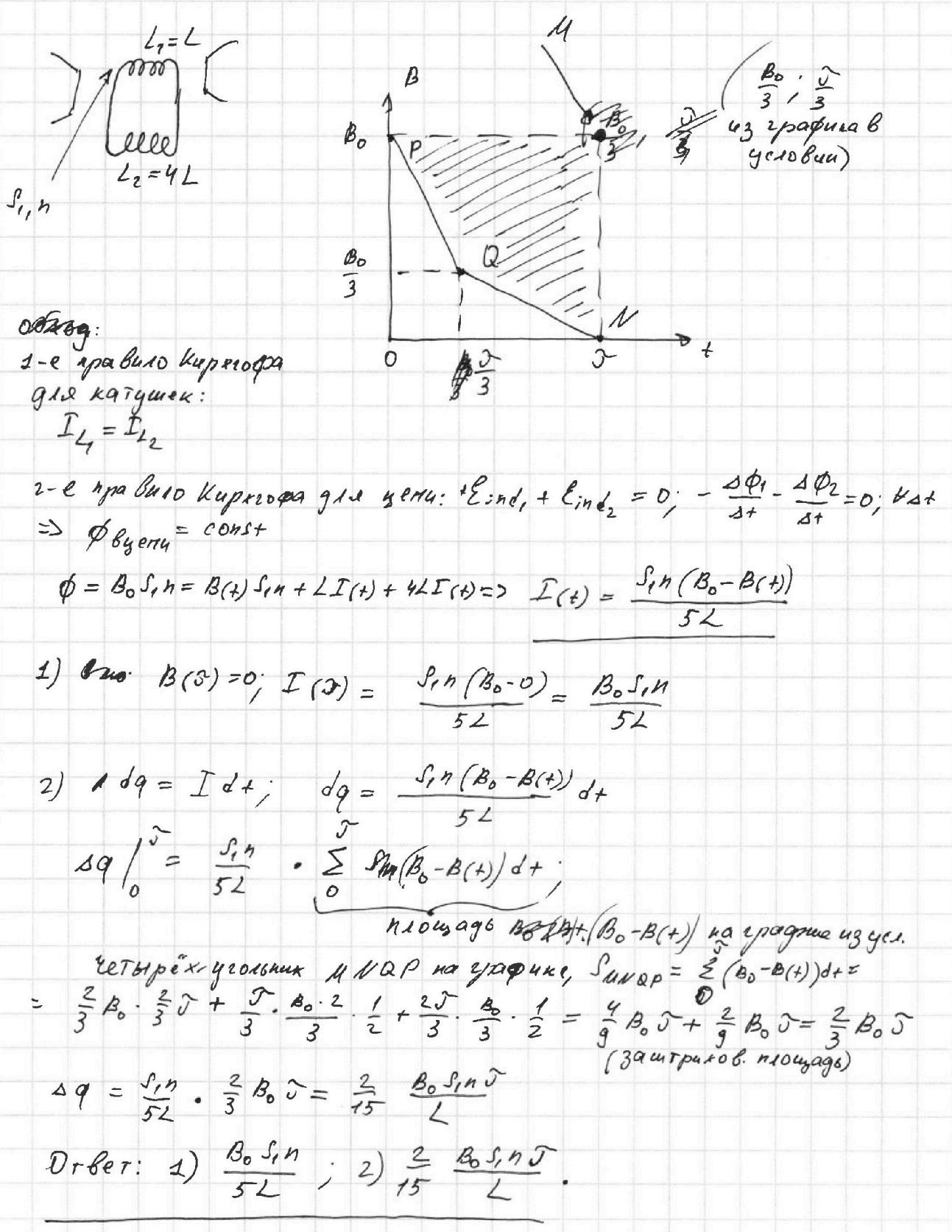
Ответ: 1) $\sqrt{3}V_0$; 2) $(2 - \sqrt{2})V_0$.

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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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!



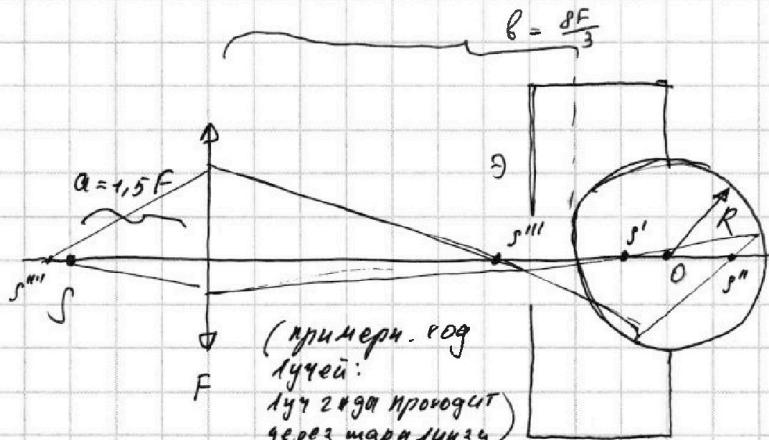
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 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!



$$\Rightarrow a' = \frac{af}{a-f} = \frac{1.5F^2}{0.5F} = 3F \quad (\Rightarrow s = \frac{8F}{3})$$

• s' (после преломл. 1-го): 143 9-1н
глухой линзы:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s''} = \frac{1}{R}$$

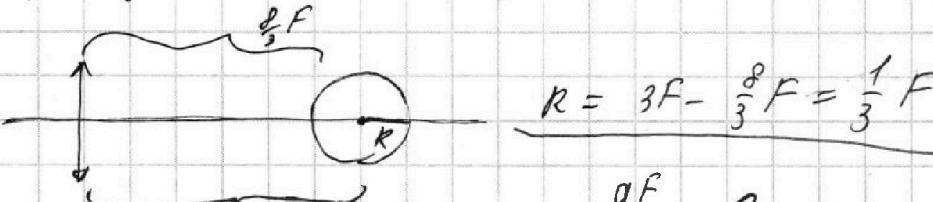
$$\Rightarrow s' = \frac{R s''}{s'' - R}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{P} \quad (P - \text{расст.}\newline \text{до 4-го объек.}\newline \text{линзы})$$

• если изображение от n_k не ∞ чтобы s''' (после 2-го преломл.)
через линзу) совпало с S , нужно чтобы s''' совпало с s' (т.к.
лучи обратимы) (s'' - после преломления системы ~~последствия~~^{зеркала} шар, n_k -
т.е. $\frac{1}{s''} = \frac{1}{s}$ на расст. $3F$ от линзы)

1) изобр. не заб-т от $n_k > 1$ это такое же, если $n=1$, т.е. шар как
воздух и не преломл. лучи. Но тогда с учётом написанного
 ранее: после преломл. через линзу на $3F$ от линзы, после преломл.
зеркала снова на $3F$ от линзы (источника), значит, s' находится
в фокусе зеркала.

ч.н.р.е. (т.е. ч.н.р.е. сфер. поверхности), тогда 144 10 после
отра. идёт повёрнутой на 180° .



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

$$R = \frac{af}{a-f} - b$$

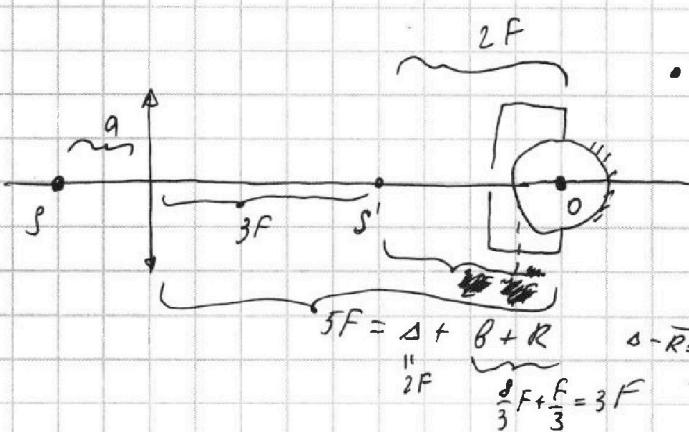
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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 3

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



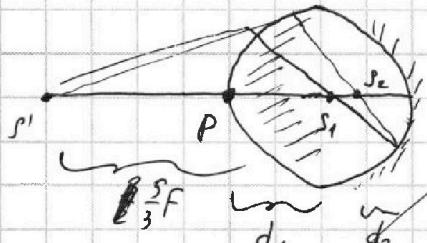
2)

• система шар+зеркальное
отображение превращать лучей так,
чтобы они выходят из
S', расположенного на зеркальном

2F от центра (зог центра)
и $\frac{2}{3}F$ от "передней" нов-сти

$A - R = \frac{2}{3}F$ шара, и вернуть его
туда (гогда изображ. совп.
с источником)

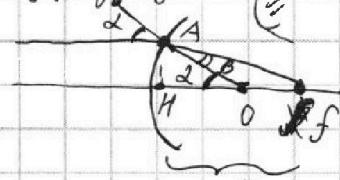
i.e. Решетами = 0 (опт. сила)



• расч. - проходит через переднюю
нож шара в падающую прям.



• находим длину $n=1$ (или n) (при 1 прош.)
через шар



$$n \sin \beta = h \sin \alpha \Rightarrow \beta \approx \frac{d}{h}$$

$$\angle AFH = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

$$AH \approx nF, \angle AFH \approx R \cdot \alpha$$

$$F_1 \cdot \alpha \left(1 - \frac{1}{n}\right) = R \cdot \alpha; F_1 = R \cdot \frac{n}{n-1}$$

$$D_1 = \frac{n-1}{Rn}$$

$$\frac{1}{SP} + \frac{1}{PQ_1} = \frac{1}{F_1}$$

$$\frac{1}{SP} + \frac{1}{PQ_2} = \frac{1}{\frac{2}{3}F \cdot F_2}$$

$$\frac{1}{SP} + \frac{1}{PQ_1} = \frac{1}{\frac{2}{3}F - F_1}$$

$$2R - d_1 \rightarrow S'$$

$$\frac{1}{2R - d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{\frac{2}{3}F - F_1} \Rightarrow d_2 = \frac{(2R - d_1)R}{2}$$



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.



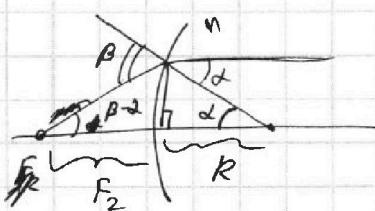
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
3 ИЗ 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 шаг

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



$$n_2 \approx \beta$$

$$F_2 \cdot (n_2 - d) = R \cdot L;$$

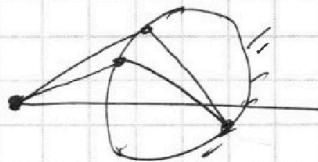
$$F_2 = \frac{R}{n-1}; \quad D_2 = \frac{n-1}{R}$$

$$D_{\text{зарисов}} = \frac{1}{\frac{R}{2}} = \frac{2}{R}$$

$$\bullet \quad p_1 = \frac{n-1}{Rn}; \quad p_2 = \frac{2}{R}; \quad D_2 = \frac{n-1}{R}$$

суммарное опт. сия горизонта

$$D_1 + D_3 - D_2 = 0;$$



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

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

$$n^2-4n+1=0;$$

$$n_{1,2} = \frac{2 \pm \sqrt{3}}{2}$$

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

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

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

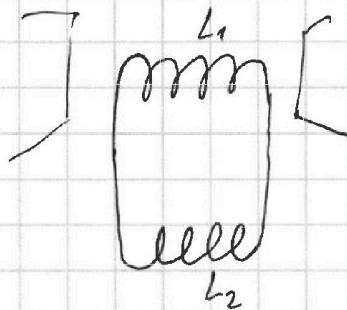


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

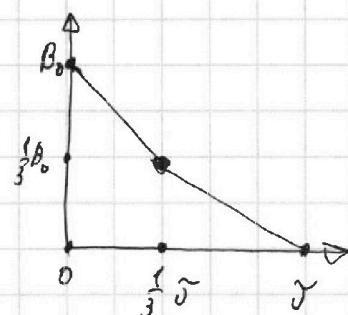
СТРАНИЦА
ИЗ

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!



$$L_1 = L ; n, S_1$$

$$B_0; L_2 = 4L$$



$$\text{Решение } \phi = \cancel{B_0 S_1 n} = L I$$

$$\phi = B_0 S_1 n = 0 = L I(t) + 4L I(t) + B_0 S_1 n;$$

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



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

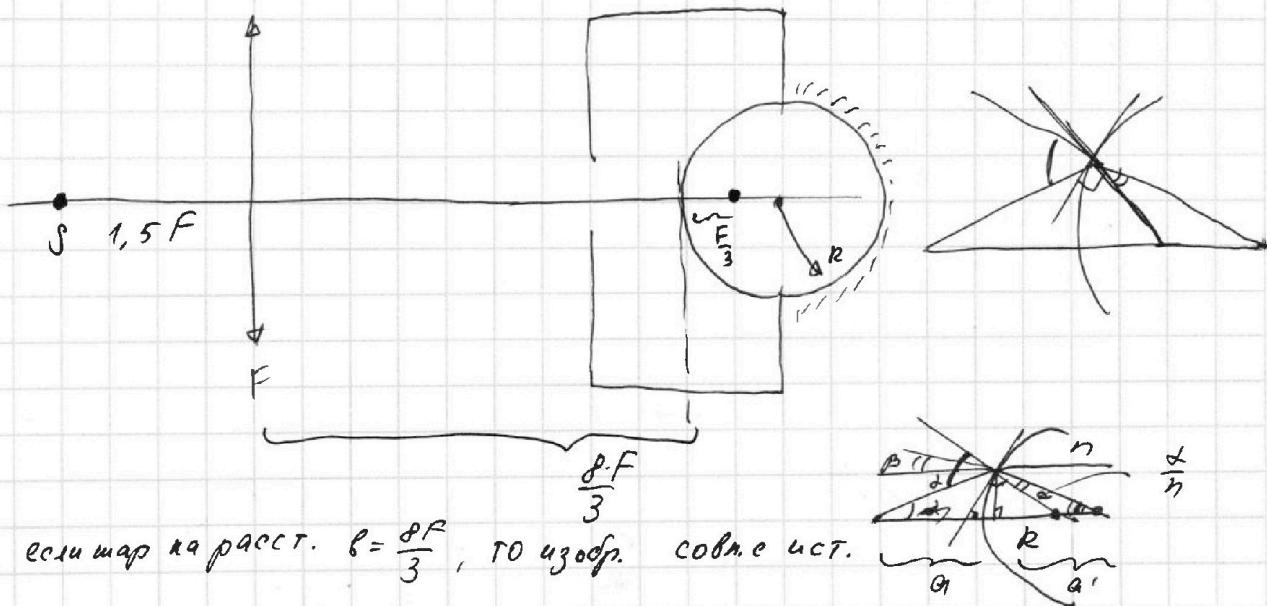
7

СТРАНИЦА
2 из 2

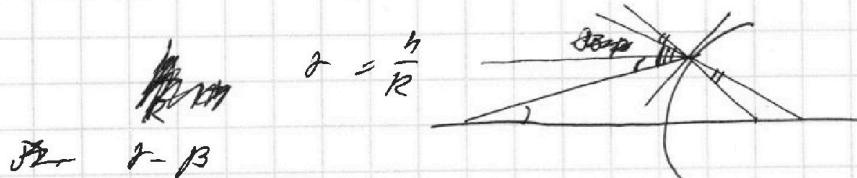
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\cancel{89} = \cancel{89} \cdot \frac{\tilde{5}}{3} + \cancel{89} \cdot \frac{5}{3} = \cancel{52} \cdot \frac{B_0 \tilde{5}}{9} + \cancel{52} \cdot \frac{B_0 5}{9} = 2 B_0 \tilde{5} \text{ и } 2 B_0 5 \text{ и } 2$$

~~Ответ: 1) $\frac{B_0 \tilde{5}}{5}$~~ 2) ~~$\frac{B_0 5}{5}$~~ 3) ~~$2 B_0 \tilde{5}$~~ и ~~2~~.



$$\frac{1}{1.5F} + \frac{1}{\ell} = \frac{1}{F} \Rightarrow \ell = \frac{1.5F \cdot F}{1.5F - F} = 3F \quad \alpha = \ell \cdot \alpha'$$



$$h = (\ell - \beta) \cdot a_0 = a_0 \cdot \ell - \ell \cdot \alpha'$$

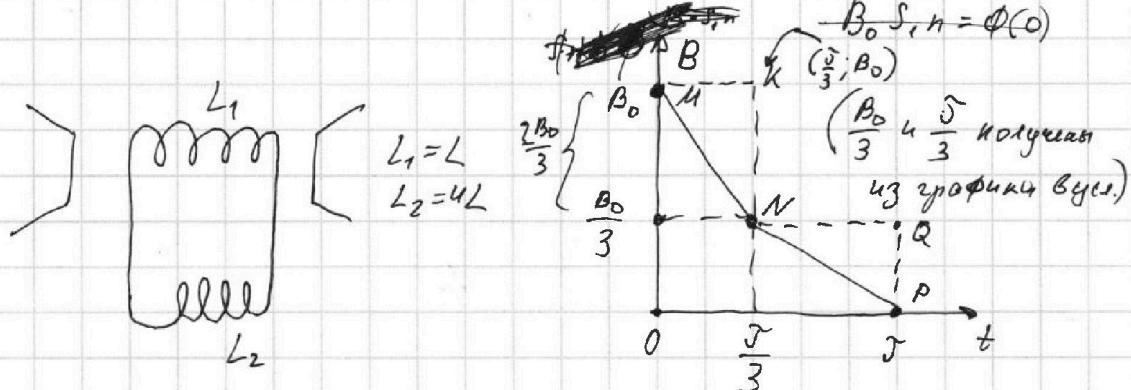


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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 условия~~ что катушка (при одинак. напр. тока), создает поток в 5 раз. ($\Rightarrow \Phi_{\text{катушки}} = L I + 4L I = 5L I$)

обход контура: $-E_{\text{инд}}_{L_1} - E_{\text{инд}}_{L_2} = 0$; $\frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} = 0$; $I_{L_1} = I_{L_2}$
~~но 1 правильную формулу~~ $I_{L_1} = I_{L_2}$
 $\Rightarrow \Phi = \text{const}$ (поток const)

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

$$\Phi(t) = B(t) S_1, n + L I(t) + 4L I(t) = 5L I(t) + B(t) S_1, n$$

1) поток, созд. внеш. током в моменте $t=0$

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

2) ~~не~~ $d\Phi = B(t) S_1, n dt = I(t) dt$

$$\Phi = B_0 S_1, n = B(t) S_1, n + L I(t) + 4L I(t)$$

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

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

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

$$dq_1 = \frac{S_1, n}{5L} \cdot \int_0^{\frac{T}{3}} (B_0 - B(t)) dt; \quad \int_0^{\frac{T}{3}} (B_0 - B(t)) dt = \text{площадь } B_0 - B(t) \text{ на}$$

$$= \frac{2B_0}{3} \cdot \frac{3}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{B_0}{9}$$

$$\int (B_0 - B(t)) dt = \text{площадь } B_0 \text{ подграфике}$$

$$= \frac{20}{3} \cdot \frac{B_0}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{B_0}{3}$$