



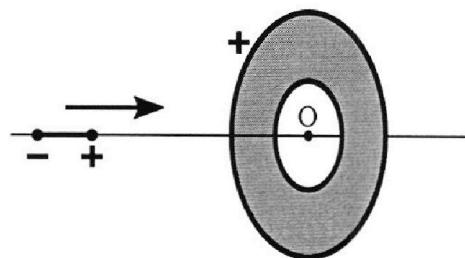
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

Вариант 11-01



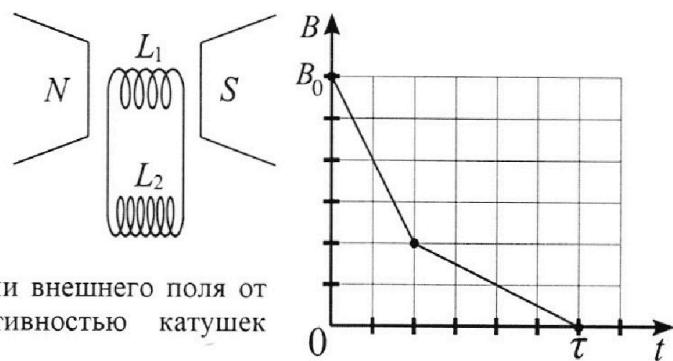
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- 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 $2V_0$.



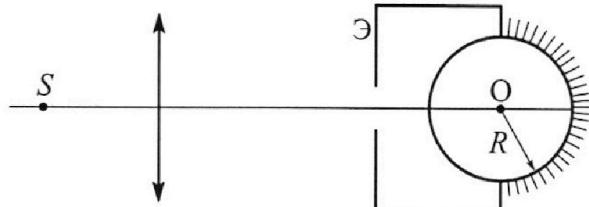
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



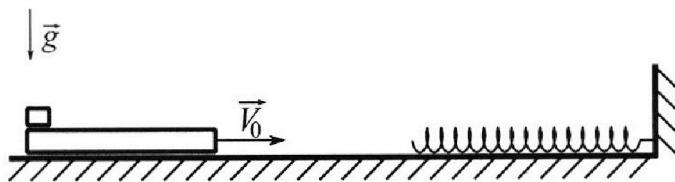
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01



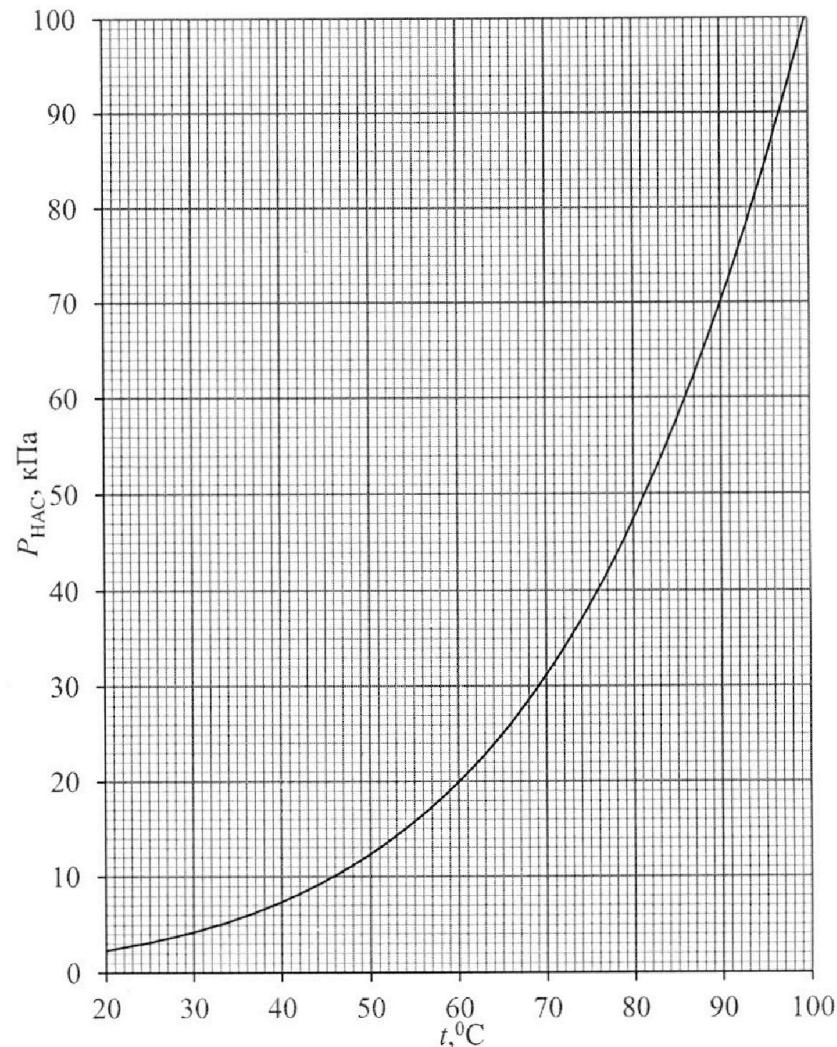
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.

Объём 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.

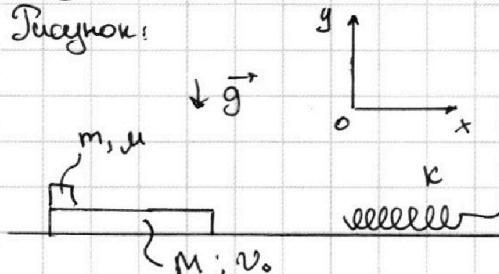
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
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!

Задача 1

Рисунок:



Решение:

1) Введем СК так, как показано на рисунке

Дано:

$$M = 2 \text{ кг} ; m = 1 \text{ кг} ; \mu = 0.3 ; g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} , k = 27 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Найти

$l_{\text{крит}}$; $T_{\text{крит}}$; $a_{\text{ макс}} (l \rightarrow \infty)$

l - сжатие пружины

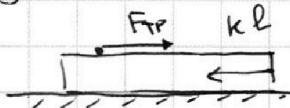
T - время от начала сжатия

a - ускорение индекс: б - бруск g - доска

2) Запишем II з-н Ньютона на бруск: $\sum F_x = m a_x = -F_{T\beta} - m \cdot \alpha$. Бруск стремится сжать пружину до $l_{\text{крит}}$.
 $|F_{T\beta}| \leq \mu N$

3) Запишем II з-н Ньютона на доску:

$$M a_{xg} = -k l + F_{T\beta}$$



При достижении начального, когда $a_{xg} \neq a_{x\delta}$

Найдем крайнее положение при кот. $a_{xg} = a_{x\delta} = a_0$

$$M a_0 = -k l_{\text{крит}} + (-m a_0)$$

$$|m a_0| \leq \mu m g \Rightarrow |a_0| \leq \mu g$$

но модуль

$$(M+m)a_0 = -k l_{\text{крит}} \quad F_{T\beta}$$

$$l_{\text{крит}} = -\frac{(M+m)a_0}{k} \text{ если подставим ус. т.к. } a_0, m \text{ неизвестны}$$

получаем:

$$|l_{\text{крит}}| = \frac{M+m}{k} \mu g \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} l_{\text{крит}} = \frac{(M+m) \mu g}{k} \\ \frac{3 \cdot 3}{27} = \frac{1}{3} \text{ м} \end{array} \right.$$

4) Если рассматривать систему бруск + доска как единое целое, то $F_{T\beta}$ - это третий слаг. и она не будет вносить вклад в изменение энергии системы. Тогда запишем ЗСЭ для системы (бруск + доска) и пружинки:



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!

м.н. $\ell \uparrow \Rightarrow a \uparrow \Rightarrow$ до момента макс. склонение $F_{\text{тр}} = mg$

Прич, получаем ещё одно уравнение гарм. колебаний:

$$\ell(t) = l_0 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + B_1$$

$$\dot{\ell}(t) = -\omega_1 l_0 \sin(\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$\ddot{\ell}(t) = -\omega_1^2 l_0 \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$$

Представляем начальные условия ($t=0$):

$$\ddot{\ell}(t=0) = \mu g = -\omega_1^2 l_0 \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$\dot{\ell}(t=0) = -\omega_1 l_0 \sin\left(\frac{1}{2}\omega_1 T + \frac{\pi}{2}\right) = -\omega_1 l_0 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) \Rightarrow$$

$$-\sqrt{\frac{K}{M+m}} v_0 \left(t=0, \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = -\omega_1 l_0 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\dot{\ell}(t=0)}{\ddot{\ell}(t=0)} = \frac{1}{\omega_1} \operatorname{tg}(\omega_1 t + \varphi_1) = \frac{v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}}{\mu g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \varphi_1 = +\sqrt{\frac{K}{m}} \frac{v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}}{\mu g} = \sqrt{\frac{27}{2}} \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot -\frac{2}{3} = +\sqrt{\frac{81}{2}} \quad \frac{1}{3} = +\frac{3}{\sqrt{2}}$$

представление числа

$$\operatorname{tg} = \frac{\sin}{\cos} \Rightarrow \operatorname{tg}^2 + 1 = \frac{1}{\cos^2} \Rightarrow \cos^2 = \frac{1}{1 + \frac{9}{2}} = \frac{2}{11} \quad \sin^2 = \frac{9}{11} \Rightarrow \sin = \frac{3}{\sqrt{11}}$$

$$\sin \varphi_1 = \frac{3}{\sqrt{11}} ; \cos \varphi_1 = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{11}}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} v_0 = -\sqrt{\frac{K}{m}} l_0 \frac{3}{\sqrt{11}} \Rightarrow l_0 = -v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{11}}{3} \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$\ell(t) \rightarrow \max \Rightarrow \cos(\omega_1 t + \varphi_1) = -1 \Rightarrow \dot{\ell}(t) = -\omega_1^2 l_0 \Rightarrow$$

$$\dot{\ell}(t) = -\frac{K}{m} \left(-v_0 \frac{\sqrt{33}}{6} \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}\right) = v_0 \sqrt{\frac{K}{m}} \cdot \frac{\sqrt{33}}{6} = v_0 \cdot \sqrt{\frac{24}{2} \cdot \frac{33}{36}}$$

$$\ddot{\ell}(t) = 2 \sqrt{\frac{81 \cdot 11}{2 \cdot 36}} \frac{\mu}{c^2} = \frac{2 \cdot 9}{6} \cdot \sqrt{\frac{11}{2}} \frac{\mu}{c^2} = 3 \sqrt{\frac{11}{2}} \frac{\mu}{c^2}$$

$$\text{Ответ: } l_{\text{ макс}} = \frac{1}{3} \mu; T_{\text{ макс}} \approx 1.5 \text{ с}; a = 3 \sqrt{\frac{11}{2}} \frac{\mu}{c^2}$$



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.

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

4) Вернемся к з-му Эйнштейна где доски во внешне тело, как $a_{xg} = \alpha a_{x\delta}$:

$$Ma = -kl - ma \Rightarrow (M+m)a = -kl \quad a = \frac{-l}{M+m} \text{ const. с оси}$$

$(M+m)\ddot{l} = -kl \Rightarrow$ можно рассматривать это движение как гарм. колебание

$$\omega^2 = \frac{k}{M+m} - \text{свободное падение до проскальзывания}$$

$$l = l_0 \cos(\omega t + \phi_0) + B, \quad l(0) = 0 \Rightarrow B = 0$$

$$\dot{l} = -\omega l_0 \sin(\omega t + \phi_0) \quad \dot{l}(t=0) = -\omega l_0 = v_0 \Rightarrow l_0 = \frac{v_0}{\omega}$$

$$\ddot{l} = -\omega^2 l_0 \cos(\omega t + \phi_0) \quad \ddot{l}(t=0) = 0 \Rightarrow \phi_0 = \frac{\pi}{2}$$

При таком обозначении, получаем:

$$l(t) = \frac{v_0}{\omega} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = -\frac{v_0}{\sqrt{\frac{k}{M+m}}} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Найдем Тихим при котором $l(T) = l_{\text{крит}}$

$$\frac{(M+m)mg}{k} = -\frac{v_0}{\sqrt{\frac{k}{M+m}}} \cos\left(\omega T + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\omega T + \frac{\pi}{2}\right) = -\sqrt{\frac{(M+m)}{k}} \frac{mg}{v_0} \Rightarrow \omega T + \frac{\pi}{2} = \arccos\left(-\sqrt{\frac{(M+m)}{k}} \frac{mg}{v_0}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega T = \arccos\left(\sqrt{\frac{(M+m)}{k}} \frac{mg}{v_0}\right) \Rightarrow T = \sqrt{\frac{k}{M+m}} \arccos\left(\sqrt{\frac{(M+m)}{k}} \frac{mg}{v_0}\right)$$

$$\text{Подставив числа, получаем: } T = \sqrt{\frac{27}{3}} c^2 \arccos\left(\sqrt{\frac{3}{27}} \frac{3}{2}\right) =$$

$$= T = 3c \cdot \arccos\left(-\frac{1}{2}\right) = \frac{\pi}{2} c \approx 1.5 c = T_{\text{крит}}$$

5) Когда груз начинает проскальзывать относительно доски, ур-ние движения доски принимает следующий вид:

$$Ma = -kl - \mu mg \Rightarrow M\ddot{l} + \mu mg = -kl \Rightarrow \omega_1^2 = \frac{k}{M} - \frac{\mu mg}{M} \text{ - расчетные пропорции}$$

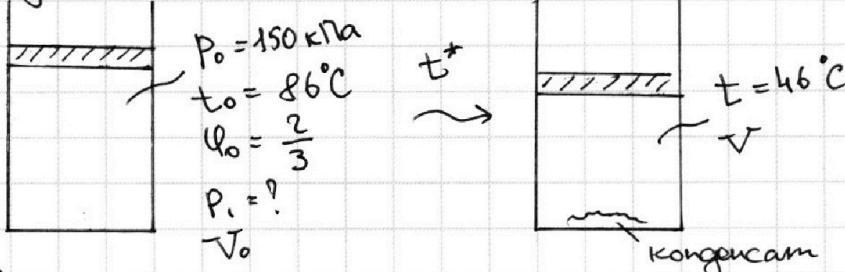
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

Задача 2



Решение:

- 1) $P_0 = P_{\text{нат}} + P_{\text{возд}}$
- 2) В любой момент времени P - давление внутри паричное одинаково т.к. Атмосферное давление постоянно, масса и температура паричное не меняются.
- 3) Итак как процесс происходит медленно \Rightarrow У пары максимальна

4) $\psi = \frac{P_{\text{нат}}}{P_{\text{нат}}}$, из графика, данного в условии найдем давление насыщенных паров при $t_0 = 86^\circ\text{C}$ $P_{\text{нат}}(t_0) = 60 \text{ кПа}$
 $\Rightarrow P_{\text{нат}} = \psi_0 \cdot P_{\text{нат}}(t_0) = 40 \text{ кПа} = P_{\text{нат}}$

5) Тогда $P_{\text{возд}} = P_0 - P_1 = 110 \text{ кПа} \Rightarrow \frac{V_0}{V} P_{\text{возд}} V_0 = J_{\text{возд}} R T_0$

6) Так как пар не начал конденсироваться $P_{\text{нат}} V_0 = J_{\text{нат}} R T_0$

$$P_{\text{нат}} V = J_{\text{нат}} R T$$

$$P_{\text{возд}} V = J_{\text{возд}} R T, \text{ когда } P_{\text{нат}} = P_{\text{нат}} \text{ начнет конденсацию}$$

!! Поэтому получим, что $\frac{P_{\text{нат}}}{P_{\text{возд}}} = \text{const}$ (до конденсации)

$$P_{\text{нат}} + P_{\text{возд}} = P_0 = \text{const} \Rightarrow \text{если } \frac{P_{\text{нат}}}{P_{\text{возд}}} = \text{const} \Rightarrow P_{\text{нат}} = \text{const} \text{ до конденсации}$$

Таким образом найдем t^* - температуру при которой $P_{\text{нат}} = P_{\text{нат}}$.

Из графика $t^* = 76^\circ\text{C}$

7) Итак как конденсацию уже начали, то при дальнейшем охлаждении $P_{\text{нат}} \downarrow$, паричек сокращается и есть $P_{\text{возд}}$ начнет компенсировать "недостаток" $P_{\text{нат}}$.

8) Далее давление пара будет в точности равно давлению нас. пара при данной температуре.

9) При $t < t^*$, $P_{\text{нат}} = P_{\text{нат}}(t) = 10 \text{ кПа} \Rightarrow P_{\text{возд}} = P_0 - P_{\text{нат}}^* = 140 \text{ кПа}$

Из уравнения состояния идеального газа, получим:

$$\begin{aligned} P_{\text{возд}}(t_0) \cdot V_0 &= J_{\text{возд}} R (273K + t_0) \\ P_{\text{возд}}^* \cdot V &= J_{\text{возд}} R (273K + t^*) \end{aligned} \quad \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{273K + t^*}{273K + t_0} \cdot \frac{P_{\text{возд}}}{P_{\text{возд}}^*}$$



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!

Подставив числа, получаем:

$$\frac{V}{V_0} = \frac{273 + 46}{273 + 86} \cdot \frac{110}{140} = \frac{319}{359} \cdot \frac{11}{14} \approx \frac{32}{36} \cdot \frac{11}{14} = \frac{8}{9} \cdot \frac{11}{14} = \boxed{\frac{44}{63} = \frac{V}{V_0}}$$

Итаковый ответ:

$$P_i = 40 \text{ кПа}; \quad T^* = 76^\circ\text{C}; \quad \frac{V}{V_0} = \frac{44}{63}$$

Если записать ун-тие состояния из. газа в началь и в конце, можем получить:

$$P_i V_0 = J_{нап} R T_0$$

$$P_i^* V = J_{нап}^* R T_1$$

$$(P_0 - P_i) V_0 = J_{возд} R T_0$$

$$(P_0 - P_i^*) V = J_{возд} T_1 R$$

$$\frac{P_i V_0}{P_i^* V} = \frac{J_{нап} T_0}{J_{нап}^* T_1}$$

$$\frac{(P_0 - P_i) V_0}{(P_0 - P_i^*) V} = \frac{T_0}{T_1}$$



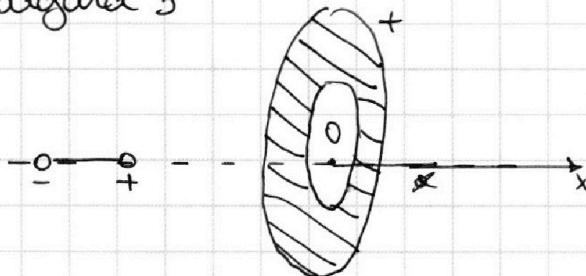
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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

Задача 3



Дано:

$$V_0 \sim 2V_0$$

$$V_{in} = ?$$

$$V_{max} - V_{min} = ?$$

Решение:

1) На большем удалении Ч электростатического поля на-
блюдаются. \Rightarrow начальное значение системы равно кин. энергии
диска на большем удалении

2) В то же время токи в близких к диску ЗСЭ будут вынужденно мен.
 \leftarrow кин. энергия на большем удалении

$$K_{int} = K + U$$

\uparrow кин. энергия
 \downarrow пом. энергия
в монке

3) Так как движение движется вправо прямой, то ~~также~~ изменяется
наше диска и изменяется и симметрически отн. монке O.
~~Потому, если когда оно центральное действие проходит через~~
~~центрическую линию, $U = qU(x) - qU(-x) = 0$~~
~~Однако если OX отмак, как показано на рисунке, тогда~~
 $U(x) = U(-x)$, где x - координата на OX

Следовательно изменяющаяся энергия движется при проце-
се через центр монка: $U = qU\left(\frac{a}{2}\right) - qU\left(-\frac{a}{2}\right)$, где a -
диаметр диска $U=0 \Rightarrow ZC$:

$$K_{int} = K + U = K \Rightarrow V_{in} = V_{inf} = 2V_0 \Rightarrow$$

\Rightarrow скорость при прохождении через центр равна скорости на
бесконечности.

4) Но имея, что V_0 - суперлиния, когда $K \rightarrow 0$ ~~и~~
~~потому что можно сказать, что~~ \Rightarrow в один момент врем-
ени, когда $U \rightarrow \infty$, движение останавливается.

5) Имея, что монка с $U \rightarrow \infty$ симметрична монке с $U=0$
~~и.к. движение~~ отн. монке O (из-за несимметричности движений)



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

6) Погодка $U_{max} = K_0$
 $U_{min} = -K_0$

$K_0 = \frac{mv_0^2}{2}$ энергия на баллонах
 кин. энергия делится
 поровну. с v_0 .

7) $K_0 = \frac{mv_0^2}{2}$

8) Из 3) Погодка $V \rightarrow max - K \rightarrow max$; $V \rightarrow min - K \rightarrow min$

Погодка:

$$K_{max} = \frac{m \cdot 4v_0^2}{2} - U_{max} = \frac{(4+1)m v_0^2}{2} \Rightarrow V_{max} = \sqrt{\frac{5}{3}} v_0$$

$$K_{min} = \frac{m \cdot v_0^2}{2} - U_{max} = \frac{(4-1)m v_0^2}{2} \Rightarrow \sqrt{3} v_0 = V_{min}$$

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

Однако: $\underline{V_{max}} = 2v_0$; $V_{max} - V_{min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3}) v_0$
 в центре

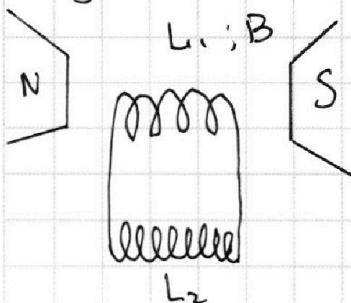
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

Задача 4



$$\text{I}) \quad L_1 = L; \quad n; \quad S_1$$

$$\text{II}) \quad L_2 = 4L \quad \text{все остальное}$$

$$B_0; \quad T - \text{длина}$$

Решение:

$$1) \quad \Phi_{\text{инд}} = L I \\ \Phi_{\text{внеш}} = n \cdot S_1 \cdot B(t) \quad \frac{d\Phi}{dt} = -\mathcal{E} = \frac{d(\Phi_{\text{инд}} + \Phi_{\text{внеш}})}{dt} = L \frac{dI}{dt} + n S_1 \frac{dB}{dt}$$

$\mathcal{E} = I r$, при $r \rightarrow 0 \Rightarrow$ а I конечен $\Rightarrow \mathcal{E}_{\text{сумма}} = 0$ в любой момент времени.

$$2) \quad \mathcal{E}_{\text{сумма}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 \Rightarrow \cancel{\left(\frac{d\Phi}{dt} \right)} * \frac{d\Phi}{dt} = 0 \Rightarrow \Phi_{\text{сумма}} = \text{const}$$

$$\Phi_{\text{сумма}} = n \cdot S_1 \cdot B_0 = n \cdot S_1 \cdot B(t) + I L_1 + I L_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n S_1 (B(t) - B_0 - B(t)) = I (L_1 + L_2) \Rightarrow \cancel{I(B(t) = 0)}$$

$$\Rightarrow \text{когда наше включение: } B(t) = 0 \Rightarrow I_0 = \frac{n S_1 B_0}{L_1 + L_2} \Rightarrow$$

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

$$3) \quad d\varphi = Idt, \quad I = \frac{n S_1 (B_0 - B(t))}{5L} \Rightarrow \varphi = \int I dt \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\varphi = \frac{n S_1}{5L} (B_0 t - \int_0^t B(t) dt)}$$

$\int B(t) dt$ - площадь под графиком $B(t)$ в инт. $t \in [0; t]$

$$\int_0^t B(t) dt = \frac{B_0 + \frac{B_0}{3}}{2} \cdot \frac{t}{3} + \frac{B_0}{3} \cdot \frac{2t}{3} \cdot \frac{1}{2} = B_0 t \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{9} \right) = \frac{B_0 t}{3}$$

$$\text{Итог: } \boxed{\varphi = \frac{n S_1}{5L} \left(B_0 t - \frac{B_0 t}{3} \right) - \frac{2}{15} \frac{n S_1 B_0 t}{L} = \varphi_1}$$



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

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
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!

Чтоловый ответ:

$$J_0 = \frac{n S_1 B_0}{5L} ; q_1 = \frac{2}{15} \frac{n S_1 B_0 T}{L_1}$$



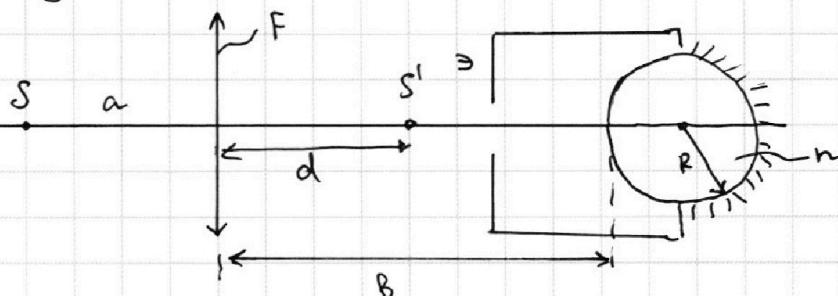
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

Задача 5



$$a = 1.5F = \frac{3}{2}F$$

$$b = \frac{8}{3}F$$

Решение:

† Понятие, что если изображение совпадает с источником \Rightarrow

1) Рассмотрим элементы системы по отдельности:

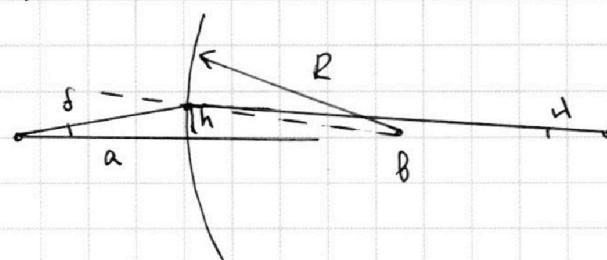
шарф фокусирует изображение источника, которое в свою очередь служит для источников для "шара".

2) Найдем d - расстояние до изображения S' в линзе до центра линзы.

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

$$\Rightarrow d = 3F \Rightarrow \text{однознач}$$

3) Теперь рассмотрим оптическую систему "шар":



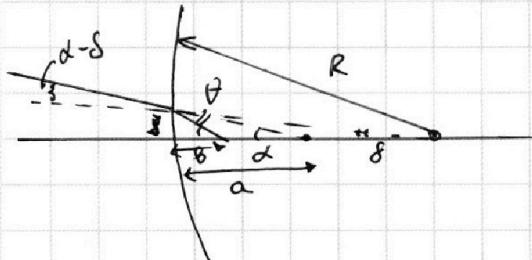
$$h = a \delta$$

$$\delta = n \lambda$$

$$h = b \lambda$$

$$a\delta = b\lambda \Rightarrow b = \underbrace{na}_{\text{две первые}} \quad \text{премножение}$$

Если рассмотреть источник, находящийся 'внутри' шара:



$$a\alpha = h \quad \alpha - \delta = h \beta$$

$$\frac{h}{R} = \delta \Rightarrow \delta = \frac{a\alpha}{R}$$

$$h = b(\beta + \delta) = a\alpha$$

$$b\left(\frac{\alpha - \delta}{n} + \delta\right) = a\alpha$$

$$b\left(\alpha - (h\alpha)\delta\right) = h\alpha a$$

$$b\left(\alpha - (h\alpha)\frac{a\alpha}{R}\right) = h\alpha a$$

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 4

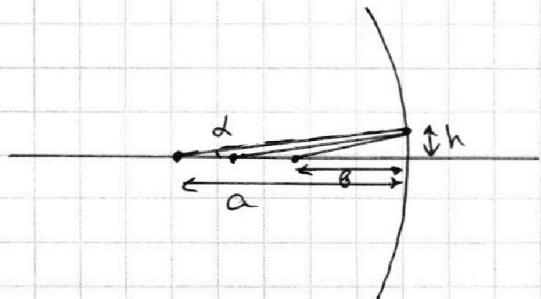
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} b \cancel{\left(1 - \left(n+1\right) \frac{a}{R}\right)} &= a \\ b \cancel{\left(R - na - a\right)} &= Ra \Rightarrow b = \frac{Ra}{(R - na - a)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b(\alpha + (n-1)\delta) &= n\alpha a \xrightarrow{\text{откуда}} b\left(\alpha + (n-1) \frac{a}{R}\alpha\right) = n\alpha a \Rightarrow \\ \Rightarrow b \cancel{\left(1 + (n-1) \frac{a}{R}\right)} &= a \cancel{n} \end{aligned}$$

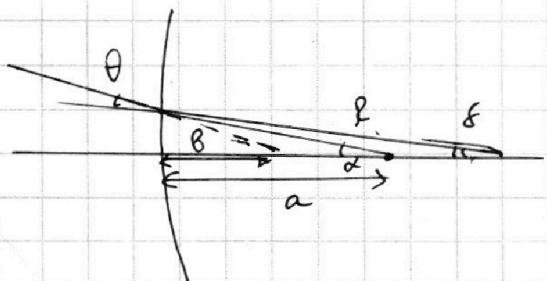
$$b = \frac{n\alpha R}{R + na - a} \quad \boxed{\text{для первого приближения}}$$

Меняю последовательно на изображение, которое создаст зеркало:



$$\begin{aligned} \alpha a &= h \\ b\left(\alpha + 2\left(\frac{h}{R} - \alpha\right)\right) &= h = \alpha a \\ b\left(\alpha + 2\frac{\alpha d}{R} - 2\alpha\right) &= \alpha a \\ b\left(2\frac{\alpha}{R} - \frac{1}{2}\alpha\right) &= \alpha a \\ \boxed{b' = a' \left(\frac{R}{2a' - R}\right)} & \quad \text{- изображение,} \\ & \quad \text{которое создает} \\ & \quad \text{зеркало} \end{aligned}$$

Меняю последовательно изображение, которое создаст зеркало на выходе из сейл:



$$\alpha \cancel{a} = h \quad ; \quad \delta = \frac{a}{R} \alpha$$

$$n(\alpha - \delta) = \theta$$

$$b(\theta + \delta) = \alpha a$$

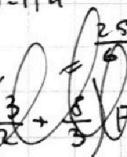
$$b\left(n\alpha - n\frac{a}{R}\alpha + \frac{a}{R}\alpha\right) = \alpha a$$

$$b \cancel{\left(n - n\frac{a}{R} + \frac{a}{R}\right)} = \alpha a$$

$$b \left(\frac{nR - na + a}{R} \right) = \alpha a \Rightarrow \boxed{b'' = \frac{a'' R}{nR - na'' + a''}}$$

Меняю добавляю содержание всей величины:

$$a = \frac{R}{3} \frac{F}{3} \quad ; \quad a' = 2R - b \quad ; \quad a'' = 2R - b' \quad ; \quad b'' = \boxed{f \left(\frac{3}{2} + \frac{6}{3} \right) F \text{const}(n)}$$



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

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

$$b = \frac{n \frac{F}{3} R}{R + n \frac{F}{3} - \frac{F}{3}}$$

$$a' = 2R - \frac{n \frac{F}{3} R}{R + n \frac{F}{3} - \frac{F}{3}} = \frac{2R^2 + 2n \frac{F}{3} R - \frac{2}{3} FR - n \frac{F}{3} R}{R + n \frac{F}{3} - \frac{F}{3}} = \\ = \frac{2R^2 + n \frac{F}{3} R - \frac{2}{3} FR}{R + n \frac{F}{3} - \frac{F}{3}}$$

$$b' = a' \cdot \frac{R}{2a' - R} = \frac{2R^2 + \frac{nFR}{3} - \frac{2}{3} FR}{R + n \frac{F}{3} - \frac{F}{3}} \cdot \frac{R(R + n \frac{F}{3} - \frac{F}{3})}{4R^2 + \frac{2}{3} nFR - \frac{4}{3} FR - R^2 - \frac{nFR^2 + FR^2}{3}} \\ = \frac{(2R^2 + \frac{nFR}{3} - \frac{2}{3} FR)R}{3R^2 + \frac{nFR}{3} - FR}$$

$$a' = 2R - b' = \frac{6R^3 + \frac{2}{3} nFR^2 - 2FR^2 - 2R^3 - \frac{1}{3} nFR^2 + \frac{2}{3} FR^2}{3R^2 + \frac{nFR}{3} - FR} =$$

$$= \frac{4R^3 + \frac{nFR^2}{3} - \frac{4}{3} FR^2}{3R^2 + \frac{nFR}{3} - FR} = \frac{4R^2 + \frac{nFR^4}{3} - \frac{4}{3} FR^2}{3R + n \frac{F}{3} - F}$$

$$b'' = \frac{a'' R}{nR - (n-1)a''} = \frac{(4R^2 + \frac{nFR}{3} - \frac{4}{3} FR)R}{nR(3R + n \frac{F}{3} - F) - (n-1)(4R^2 + \frac{nFR}{3} - \frac{4}{3} FR)} =$$

$$= \frac{4R^3 + \frac{nFR^2}{3} - \frac{4}{3} FR^2}{3nR^2 + n^2 \frac{FR}{3} - nFR - 12nR^2 + 8FR^2 - \frac{n^2 FR}{3} + \frac{nFR}{3} + \frac{4}{3} nFR - \frac{4}{3} FR}$$

$$= \frac{4R^3 + \frac{nFR^2}{3} - \frac{4}{3} FR^2}{-nR^2 + nFR \frac{2}{3} - \frac{4}{3} FR + 4R^2}, \text{ если } b = \text{const} \Leftrightarrow$$

$$4R^3 + \frac{nFR^2}{3} - \frac{4}{3} FR^2 = K \left(4R^2 - \frac{4}{3} FR + \left(FR \frac{2}{3} - R^2 \right) \right)$$

при этом $n \Rightarrow$

$$\frac{nFR^2}{3} = Kn \left(FR \frac{2}{3} - R^2 \right) \Rightarrow \frac{FR^2}{3} = \frac{2FR}{3nR} \left(FR \frac{2}{3} - R^2 \right)$$

$$R = \frac{F}{3} - \text{мога быть зависим}$$

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
4 ИЗ 4

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

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

Действительно, если $R = \frac{F}{3}$
то луч, бывший в
шар от S' ~~не~~ \rightarrow не проходит
сначала будут $\uparrow\downarrow R \Rightarrow$

не пренесется, а затем отбрасывается от зеркала очень
не изменяя свой угол, а потом выйдут движущимся отражав-
шимся от шара. а затем из того фокуса, что ход луча об-
ратим, изображение системы снова сдвинется в исто-
нике.

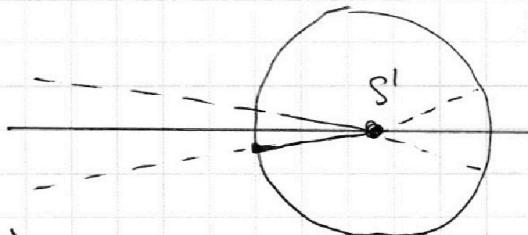
Если подвинуть шар, то $b_1 = \frac{1}{3} F \Rightarrow a = \frac{4}{3} F$

Опять подставляем все в ~~исходное~~ формулы:

$$f = \frac{\frac{5}{3}nF \cdot \frac{1}{3}F}{\frac{F}{3} + n \frac{5}{3}F - \frac{5}{3}F} = \frac{5nF^2}{\frac{5}{3}nF - \frac{4}{3}F}$$

$$a' = \frac{2}{3}F - \frac{\frac{5}{3}nF}{\frac{5}{3}n - \frac{4}{3}} = \frac{\frac{15}{9}nF - \frac{8}{9}F - 5nF}{\frac{5}{3}n - \frac{4}{3}} = \frac{-\frac{8}{9} - \frac{30}{9}n}{\frac{5}{3}n - \frac{4}{3}}$$

$$f' =$$



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

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
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!

