



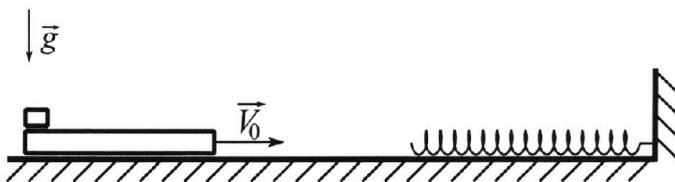
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

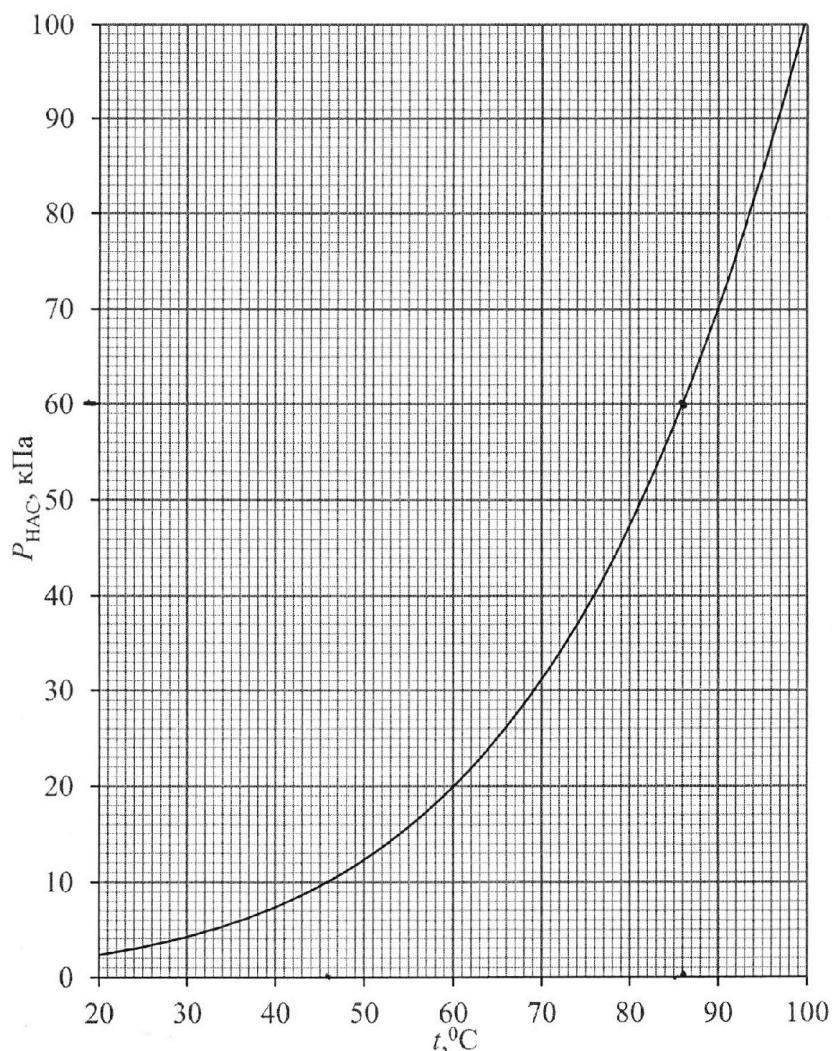
1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости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



$$\begin{array}{r}
 319 : 7 = 1 \\
 \times 319 \\
 \hline
 319 \\
 11 \\
 \hline
 319 \\
 \hline
 3509
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 2 \ 3 \\
 \times 353 \\
 \hline
 1 \ 4 \ 3 \ 6 \\
 \hline
 359 \\
 \hline
 5026
 \end{array}$$



Олимпиада «Физтех» по физике,

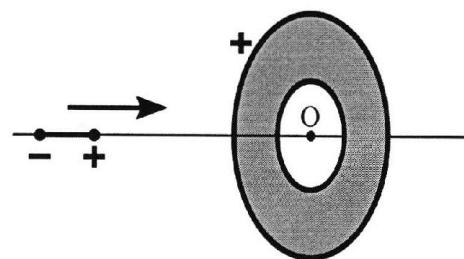
февраль 2025



Вариант 11-01

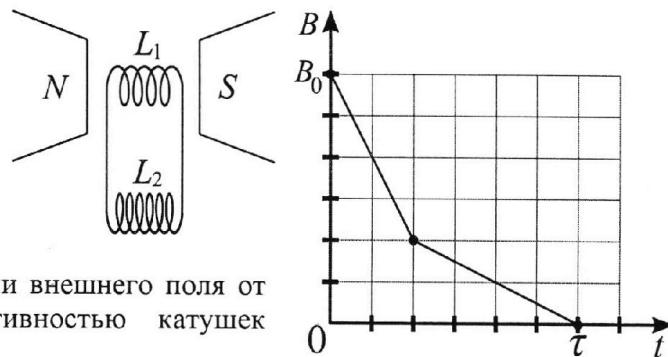
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 $2V_0$.



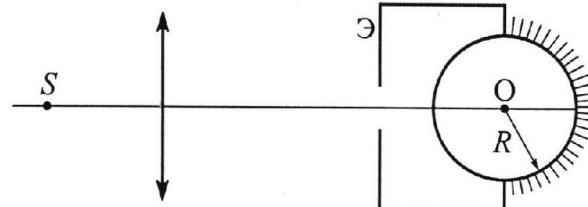
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $\sin \alpha \approx \alpha$.

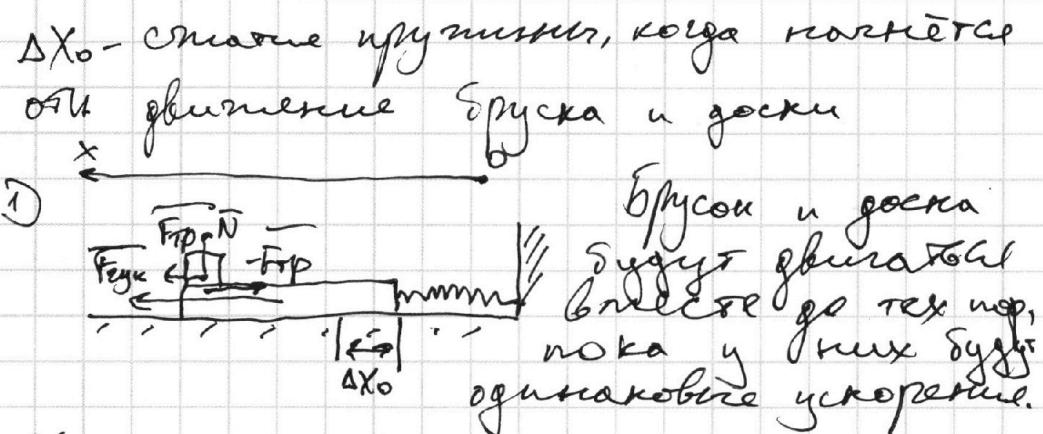
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА
1 из 4

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

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



1) Δx_0 ?

введем Ox как на рис.

2) a_{t0} ?

Ускорение доски:

3) a_i ?

$$Ox: a_M = \frac{F_{\text{тр}} - F_{\text{ук}}}{M}$$

~~Ускорение бруска:~~ $Ox: a_m = \frac{F_{\text{тр}}}{m}$

Сила трения: $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N = \mu m \cdot g$ (предел скольжения, когда сила трения покоя равна силе тр. скольжения)

Сила тяги: $F_{\text{ук}} = \Delta x \cdot k = \Delta x_0 \cdot k$, в момент начала от н. движения.

$$a_M = a_m \Leftrightarrow \frac{\Delta x_0 \cdot k - \mu mg}{M} = \frac{\mu mg}{m}$$

$$\frac{\Delta x_0 \cdot k}{M} = \frac{\mu mg}{m} + \frac{\mu mg}{M}$$

$$\Delta x_0 = \frac{\mu M g}{K} + \frac{\mu m g}{K} = \frac{\mu g (M+m)}{K} =$$

$$\frac{0,3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot (2 \text{ кг} + 1 \text{ кг})}{27 \text{ Н/м}} = \left(\frac{1}{3} \text{ м} \right)$$



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

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

СТРАНИЦА
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!

2) Δt_0 - промежуток времени с момента ст. призр.
до нач. отн. движ. доски и бруска.

По нач. отн. движ. можно считать, что
бруск и доска движутся как единое тело
массой $M+m$.

по IV з. Кьютона силы трения покоя будут
рабочими, а значит ускорение будет определено
только Рук.

Ускорение бруска и доски:

$$Ox: a_0 = \frac{F_{Рук}}{M+m} = -\frac{x \cdot k}{M+m}, \text{ где } x - \text{деформации}$$

пружинки. ($x < 0$, тк сжатие происходит начн. движ., то есть против Ox)

$$a_0 + x \cdot \frac{k}{M+m} = 0$$

$$\ddot{x} + x \cdot \frac{k}{M+m} = 0 \text{ - уравнение гармонич. колебаний.}$$

$$\omega^2 = \frac{k}{M+m}, \text{ тогда: } x = A \cdot \cos(\omega t + \alpha) =$$

$$A - \text{амплитуда колебаний} = A \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t + \alpha\right)$$

$$\text{в нач.бр } t=0 \quad a_0=0 \text{ (тк пружина не деформ.)} \\ x=0 \text{ (т.к. пруж. не деформ.)}$$

$$0 = A \cdot \cos(\omega \cdot 0 + \alpha) \Rightarrow A \cdot \cos(\alpha) = 1 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$\cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \sin(\omega t)$$

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



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

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

СТРАНИЦА
3 из 4

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

из п.1 известно, что при $\Delta X_0 = \frac{1}{3} \text{ м}$ ($X = -\frac{1}{3} \text{ м}$)

$$a_0 = a_m = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \frac{\mu \cdot m g}{m} = \mu \cdot g$$

(1) $-\Delta X_0 = -\frac{1}{3} \text{ м} = A \cdot \sin(\omega \Delta t_0)$, где Δt_0 - время, когда ^{наст}шло ^{наст}ин.

$$\Delta t_0 = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{A \cdot \sin(\omega t_0)}^{\text{!}}$$

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

(2) $a_0 = \mu g = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t_0)$

из (1) выраз. A:

$$A = -\frac{\Delta X_0}{\sin(\omega \cdot \Delta t_0)}$$

(3)

($\Delta X_0 > 0$, тк. это ^{массаж}упреждение)

Рассмотрим, что с диска и далее движется как единое целое. Тогда, по ЗСД:

$$\frac{(m+M) \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{k \cdot X_k^2}{2}, \text{ где } X_k \text{- максимальное сжатие пружинки при таком движении.}$$

$$X_k^2 = \frac{(m+M) \cdot \omega_0^2}{k}$$

$X_k = \sqrt{\frac{(m+M) \omega_0^2}{k}}$, а $X_k = 2 \cdot A / \pi k$, амплитуда колебаний, то расстояние от средней точки, до крайней точки, а X_k - расстояние между крайними точками.

$$A = \frac{\sqrt{\frac{(m+M) \omega_0^2}{k}}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(m+M) \omega_0^2}{k}}$$



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
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!

u3 (3) показано, что $A \propto O$, тогда: $A = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{(m+M)}{K}} v_0^2$

$$-\Delta x_0 = -|A| \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{K}{m+M}} \Delta t_0\right)$$

$$\sin\left(\sqrt{\frac{K}{m+M}} \Delta t_0\right) = \frac{\Delta x_0}{|A|}$$

$$\Delta t_0 = \arcsin\left(\frac{\Delta x_0}{|A|}\right) \sqrt{\frac{m+M}{K}} =$$

$$= \arcsin\left(\frac{\frac{1}{3} m}{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{(1+2)K}{(1+2)K + (2m)^2}}} \cdot (2m)^2\right) \sqrt{\frac{1+2K}{27m}} =$$

$$= \arcsin\left(1\right) \sqrt{\frac{1+2K}{27m}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{3} c = \frac{1}{2} c$$

3) скорость v_T при начале отн. движ:

$$v_T = X = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{(m+M)}{K}} v_0^2 \cdot \sqrt{\frac{K}{m+M}} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{K}{m+M}} \cdot \Delta t_0\right)$$

(форм.)

Энергия системы при начале отн. движ:

$$E_k = \frac{K \cdot \Delta x_0^2}{2} + \frac{(M+m) v_T^2}{2}$$

при отн. движении

$$\text{Orts: } ① \Delta x_0 = \frac{1}{3} m \quad ② \Delta t_0 = \frac{1}{2} c$$



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 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!

$$P_0 = 150 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 86^\circ\text{C}$$

$$\varphi_0 = \frac{2}{3}$$

$$t = 96^\circ\text{C}$$

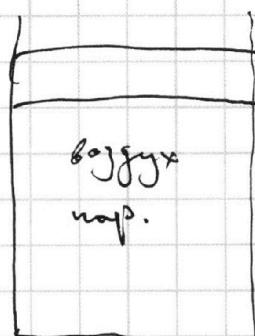
$$86 + 273 = 359 \text{ К}$$

$$46 + 273 = 319 \text{ К}$$

$$1) P_1$$

$$2) t^*$$

$$3) \frac{V}{V_0} - ?$$



1) парциальное давление P_1 пара
 86°C можно найти из графика, т.к. парциальное давление
 пара \rightarrow это давление насыщенных паров при данной температуре.

$(P_1 = 60 \text{ кПа})$ из графика.

2) Уп. Клодера-Менделесова для пар.

условий:

пар: $P_1 \cdot V_0 = \frac{m_n}{M_B} \cdot R \cdot T_0$, где m_n -масса пара
 M_B -молекулярная масса

воздух

$$T_0 = t_0 + 273 \text{ К.}$$

$$\nu_n = \frac{m_n}{M_B}$$

3) вязкость: $\eta = \frac{P}{P_{\text{нн}}}$, где P -давление пара.

тогда при $t = 86^\circ\text{C}$: $\eta_0 = \frac{P_1}{P_{\text{нн}}} \Rightarrow P_1 = \eta_0 \cdot P_{\text{нн}}$.

давл. насыщ. пара при 86°C : $P_{\text{нн}} = 60 \text{ кПа}$ (из графика)

тогда: $P_1 = \eta_0 \cdot P_{\text{нн}} = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ кПа} = 40 \text{ кПа}$

продолжение n. 2:

Зо т.к. зо под герметиком, то сверху на него зоа
 действует атмосферное давление \Rightarrow
 давление зоа тоже const $P = \text{const} \Rightarrow$
 $\Rightarrow P_1 + P_2 = \text{const}$, где P_1 -давл. пара, P_2 -воздуха.

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



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

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

$$V \left(1 - \frac{P_{46}}{P_0} \right) = V_0 \left(\frac{(P_0 - P_1) T}{P_0 \cdot T_0} \right) \quad P_{46} = 10 \text{ kPa}$$

(из графика при $t = 46^\circ\text{C}$)

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(P_0 - P_1) T \cdot \frac{P_0}{T_0}}{P_0 T_0 (P_0 - P_{46})} =$$

$$= \frac{(150 \text{ kPa} - 40 \text{ kPa}) \cdot 319 \text{ K} \cdot \cancel{150 \text{ kPa}}}{359 \text{ K} (150 \text{ kPa} - 10 \text{ kPa})} =$$

$$= \frac{319 \cdot 11}{359 \cdot 14} = \frac{\underline{3509}}{\underline{5026}}$$

Остается: 1) $P_1 = 40 \text{ kPa}$; 2) $t^* = 76^\circ\text{C}$;

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

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



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

СТРАНИЦА
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!

$v_B = \text{const}$ и $v_{nK} \cdot v_0$ может выражаться: $v_B = \frac{P_2 \cdot V_0}{R T_0}$,

тогда P_2 -норм. давление ($P_2 = P_0 - P_1$) выражается.

Упр. клапан порса - манометрическая для всей системы:

1) выражение:

$$P_0 V_0 = (v_n + v_B) R T_0 \quad (P_0 = \text{const.})$$

2) выражение:

$$P_0 \cdot V = (v_{nK} + v_B) R T$$

$$V_0 = \frac{(v_n + v_B) R T_0}{P_0} \quad V = \frac{(v_{nK} + v_B) R T}{P_0}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(v_{nK} + v_B) T}{(v_n + v_B) T_0} = \left(\frac{P_{nK} \cdot V}{R T} + \frac{(P_0 - P_1) V_0}{R T_0} \right) \frac{T}{T_0} = \frac{\left(\frac{P_{nK} V}{R T_0} + \frac{(P_0 - P_1) V_0}{R T_0} \right) T_0}{R T_0} =$$

$$= \frac{P_{nK}}{P_0} \cdot \frac{\left(\frac{P_1 V_0}{R T_0} + \frac{(P_0 - P_1) V_0}{R T_0} \right) T_0}{R T_0} =$$

$$V = \frac{\left(\frac{P_{nK} \cdot V}{R T} + \frac{(P_0 - P_1) V_0}{R T_0} \right) T \cdot R}{P_0}$$

$$V = \frac{P_{nK} V}{P_0} + \frac{(P_0 - P_1) V_0 \cdot T}{P_0 T_0}$$



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 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
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!

$$\text{абсолют. темп. } t^*: T^* = t^* + 273k$$

при изобарич. процессе $V \propto T \Rightarrow \frac{T}{V} = \text{const}$.

нар. давление пара и темп. при превыш. температуре:

$$\text{нр: } P_1 \propto \frac{\sqrt{n} \cdot RT}{V} \quad (\text{из ур. Клапейрона-Менделеева})$$

$$\text{тогда: } P_2 = \frac{\sqrt{B} R T}{V} \quad \frac{I}{V} = \text{const} \Rightarrow \text{нр } \sqrt{n} = \text{const} \\ P_1 = \text{const}$$

при $\sqrt{B} = \text{const}$

тогда $P_1 = \text{const}$, то есть нр, $P_2 = \text{const}$.
но при P_1 не ставят $P_{\text{нр}}$ при какой-л. T .
(дав. нас.)

тогда нр называется конденсированием.

температура, при которой конденсируется ~~t^*~~ -того места. \Rightarrow ~~t^*~~ - температура, при которой

$P_{\text{нр}} = P_1$, или P_1 настолько велика

из графика t^* , при которой $P_{\text{нр}} = P_1 = 40 \text{ кПа}$

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

нр. кон. во может быть:

$$\sqrt{n} = \frac{P_1 \cdot V_0}{R T_0} \quad (\text{из ур. Клапейрона-Менделеева})$$

$$\text{итог: } \sqrt{n_k} = \frac{P_{46} \cdot V}{R T} \quad \text{где } P_{46} - \text{дав. нас. нр} \\ \text{при } t = 46^\circ\text{C} \quad V, T - \text{константы } V_0, T_0$$



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

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 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!

при старте тела с нач. ск v_0 $v_y = 0$, т.к.
при старте с большой скоростью нач. Энергия
составляет \Rightarrow при пролёте будет скорость $v_y > 0$

$$\frac{m \cdot 4v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_y^2}{2}$$

$$v_y^2 = 3v_0^2$$

$$v_y = \sqrt{3} v_0$$

Одна: 1) $v_y = \sqrt{3} v_0$

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

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

Diagram showing a particle moving from left to right, passing through a circular region. At the start, the velocity is v_0 . After passing through the circle, the velocity becomes $2v_0$. A question mark is placed next to the initial velocity v_0 .

1) $v_{\text{max}}?$

2) E_{kin} - E_{pot}

3) ΔE при $v = 2v_0$:

Diagram of a particle moving through a circular region at a certain speed. The text notes that the maximum speed is reached when the particle passes through the circle. It also states that the potential energy of the particle is zero when it passes through the circle.

$\Rightarrow \text{pot. energ.} = 0$ при $v = v_0$. $E_{\text{kin}} = \frac{mv^2}{2}$

$\Rightarrow E_{\text{kin}} = \frac{m(2v_0)^2}{2}$, т.к. $v = 2v_0$

$m - \text{massa гибонд}$
 (масса гибонда)

Если гибонд соргует со ск. $2v_0$, то это делает его E_{kin} и E_{pot} , т.к. скорость гибонда не влияет на кинетическую и потенциальную энергию гибонда и колеблющегося друг. ОГИБУДА. тогда ΔE при $2v_0$:

$$\frac{m(2v_0)^2}{2} = E_{\text{kin}} + \frac{m v_0^2}{2}$$

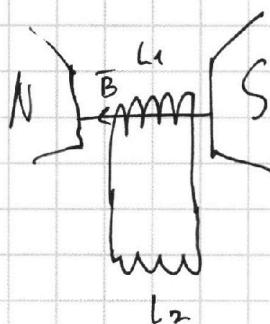
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА
1 из 4

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

$$\begin{array}{l} L_1 = L \\ n \\ S_1 \\ B_0 \\ L_2 = 4L \\ \gamma \\ \frac{I_0 - ?}{q_1 - ?} \end{array}$$



Ротор неизвестен через формулу подшипника:

$$\Phi_1 = B \cdot S_1 \cdot h$$

$S_1, h - \text{const} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \dot{\Phi}_1 = \dot{B} S_1 \cdot h$$

$$\mathcal{E}_i = -\dot{\Phi}_1 = -\dot{B} S_1 \cdot h \quad \text{- эдс индуцируем в верхней катушке.}$$

из графика понятно, что есть 2 участка с разной индукцией, изменяющейся пока B .

~~B бокке $t=7$ это угол наклона катушки~~

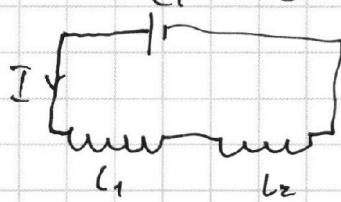
~~изменение потока (B) на втором участ-~~

$$\text{к.е.: } \dot{B} = -\frac{2B_0}{4\pi} = \left(\text{умножение разностей. и } 3a \frac{2}{3}\pi \right) \frac{B_0}{2\pi}$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{1}{2} \frac{B_0}{\pi} \cdot S_1 \cdot h \text{ при } t=7$$

т.к. $R=0$ (аконд.) то $\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{iS1} + \mathcal{E}_{iS2}$ - эдс самоиндукции I и II катушек.

можно представить так:



\mathcal{E}_i - эквивалентная эдс катушек.

$$\mathcal{E}_{iS1} = L_1 \cdot \dot{I} = L_1 \dot{I}$$

$$\mathcal{E}_{iS2} = L_2 \cdot \dot{I} = 4L_1 \dot{I}$$

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



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

СТРАНИЦА
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!

$$\text{тогда: } \frac{1}{2} \frac{B_0}{\pi} S_1 \cdot h = L \dot{I} + 4L \dot{I} = 5L \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{B_0 S_1 \cdot h}{10 \pi L} \quad - \text{скорость изменения тока на } 2 \text{ участка,}$$

означим как \dot{I}_2 .

Аналогично для 1 участка:

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

$$\mathcal{E}_1 = \frac{2B_0}{\pi} S_1 \cdot h \quad \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_{1S_1} + \mathcal{E}_{1S_2}$$

$$\frac{2B_0}{\pi} \cdot S_1 \cdot h = L \cdot \dot{I}_1 + 4L \dot{I}_1 = 5L \dot{I}_1$$

$$\dot{I}_1 = \frac{2B_0 S_1 \cdot h}{5L\pi} \quad - \text{скорость изменения на } 1 \text{ участке.}$$

получим $\dot{I} = 0$, т.к. баране $B = \text{const} \Rightarrow \mathcal{E}_1 = 0$

$$\text{тогда ток } I_0 : I_0 = \dot{I}_1 \cdot \frac{1}{3}\pi + \dot{I}_2 \cdot \frac{2}{3}\pi$$

(т.к. 1 участок длины $\frac{1}{3}\pi$, а второй $\frac{2}{3}\pi$)

$$I_0 = \frac{2B_0 S_1 \cdot h}{5L\pi} \cdot \frac{1}{3}\pi + \frac{B_0 \cdot S_1 \cdot h}{10\pi L} \cdot \frac{2}{3}\pi = \frac{3}{15} \frac{B_0 S_1 h}{L} =$$

$$= \left(\frac{1}{5} \frac{B_0 S_1 h}{L} \right)$$

2) q_1 -заряд, проходящий через каучику L , за время

вспыхивания.



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
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!

Заряд: $q = \int_{\tau} I(t) dt$ | 6 н. т. боям падают спиральными токами через катушки на 2 участка.
 $q_1 = \int_0^{\tau} I(t) dt$ посчитаем заряд отделько на каждом участке.

I участок: начальный ток $I_0 = 0$

$$I_1 = \frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{5 L_2} t$$

тогда ток в мон. вр. т на I участке:

$$I_1 = I_K + \dot{I}_1 \cdot t = \frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{5 L_2} \cdot t$$

Заряд: $q_{11} = \int_0^{\frac{1}{3}\tau} \frac{2 B_0 S_1 \cdot n \cdot t}{5 L_2} dt = \frac{B_0 S_1 n \tau^2}{5 L_2}$

$$= \frac{B_0 \cdot S_1 \cdot n \frac{1}{9} \tau^2}{5 L_2}$$

конечный ток на I участке - это показанн. на II участке:

$$I_{1K} = I_{2H} = \dot{I}_1 \cdot \frac{1}{3} \tau = \frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{15 L}$$

II участок:

так в мон. вр. т на II участке:

$$I_2 = I_{2H} + \dot{I}_2 t = \frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{15 L} + \frac{B_0 S_1 \cdot n}{102 L} t$$

(будем считать, что начало II участка $t=0$)

$$q_{12} = \int_0^{\frac{2}{3}\tau} \left(\frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{15 L} + \frac{B_0 S_1 \cdot n}{102 L} t \right) dt =$$



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
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!

$$= \left(\frac{2 B_0 S_1 n}{15 L} t + \frac{B_0 S_1 n t^2}{202 L} \right) \Big|_{0}^{\frac{2}{3} \pi^2} = \\ = \frac{2 \cdot 2 B_0 S_1 n \pi^2}{15 \cdot 3 L} + \frac{4 B_0 S_1 n \cdot \pi^2}{20 \cdot 9 \cdot L}$$

Суммарный заряд: $q_1 = q_{11} + q_{22} =$

$$= \frac{B_0 S_1 n \pi^2}{L} \left(\frac{1}{45} + \frac{4}{45} + \frac{4}{180} \right) = \frac{6}{45} \frac{B_0 S_1 n \pi^2}{L} = \frac{2}{15} \frac{B_0 S_1 n \pi^2}{L}$$

Ober: $\mathcal{D}I_0 = \frac{1}{5} \frac{B_0 S_1 \cdot n}{L}$; $q_1 = \frac{2}{15} \frac{B_0 S_1 n \pi^2}{L}$

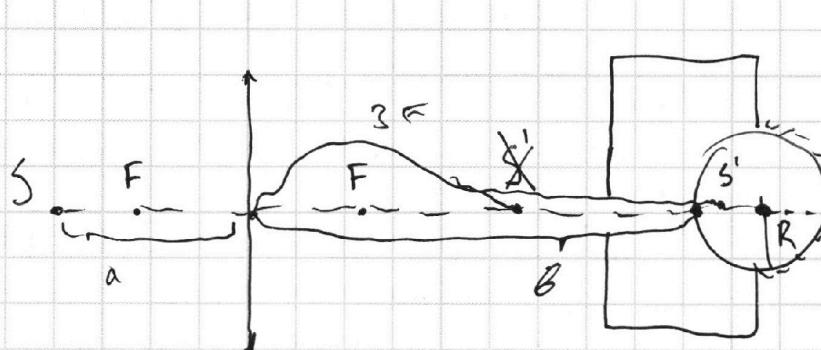
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

$$\begin{aligned} F \\ a &= 1,5F \\ b &= \frac{8}{3}F \\ \hline 1) R - ? \\ \hline \Delta &= 2F \end{aligned}$$



найдём изображение S' , созданное линзой (по направлению лучей вправо.)

Формул. тонк. линз:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}, \text{ где } a-\text{расст. объек.}, d-\text{расст. до изобр.}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{aF}$$

$$d = \frac{aF}{a-F} = \frac{1,5F^2}{1,5F-F} = 3F.$$

Тогда по закону обр. световых лучей, изображение источника сформировано с испоганением, нужно, чтобы S' сформировало с изображением S' после зеркала. (т.к. близко S' фокусируется лучи и испоганяется, что S' - испоганен.)

найдём расст. от S' до зеркала. Точки зеркала (a)

$$a_1 = b-d = \frac{8}{3}F - 3F = -\frac{1}{3}F \Rightarrow S'$$
 находится

внутри зеркала.



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

1

2

3

4

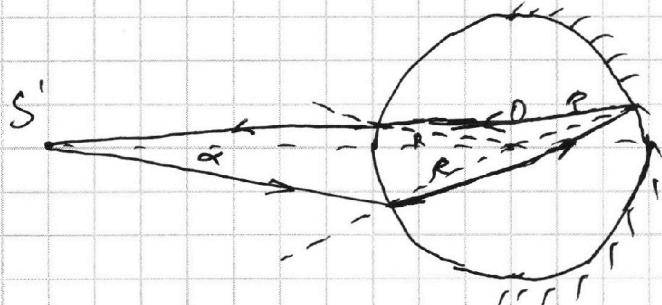
5

6

7

СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

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



$$\text{Ответ: } DR = \frac{1}{3} F$$



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 |
| <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!

Рассмотрим чарование:

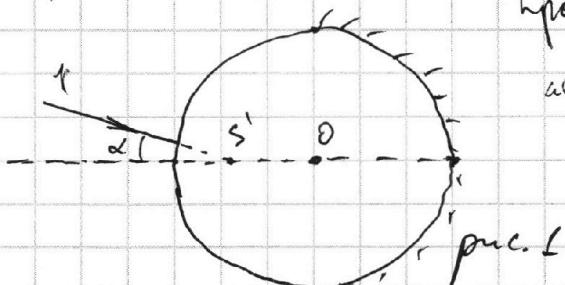


рис. 1

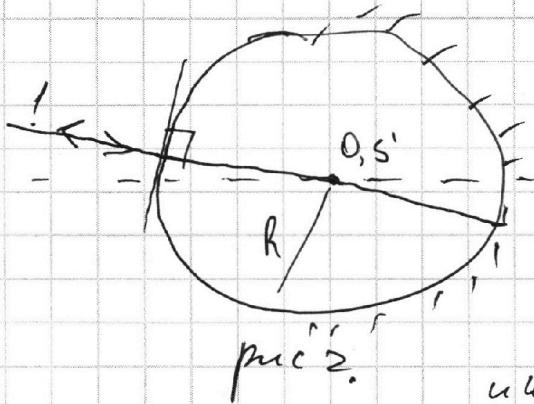


рис. 2.

заметим, что если
точки О и S' соб-

падают, то
ч. 2 проходит

через центр чара
и лежит по радиусу, а

расстояние к поверхности чара перпен-
дикально радиусу, проведенному в эту
точку. тогда чар пересекут поверхность
и не будет преломления.

то же справедливо при отражении от
зеркальной поверхности.

А так как чар. со спр. есть источником при
преломлении (после прохождения чара), то чар
не может преломляться при прохождении
через чар (т.к. чаре ч. не будет виновато за
это). А это возможно только если

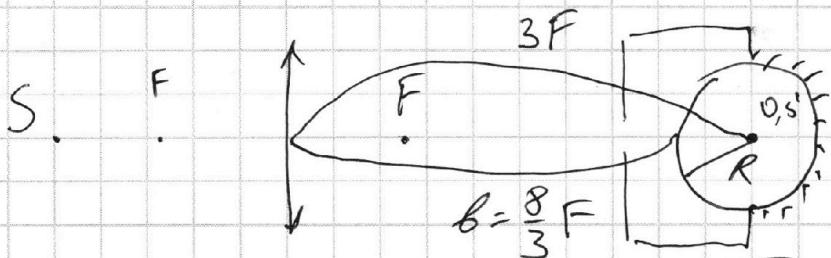
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

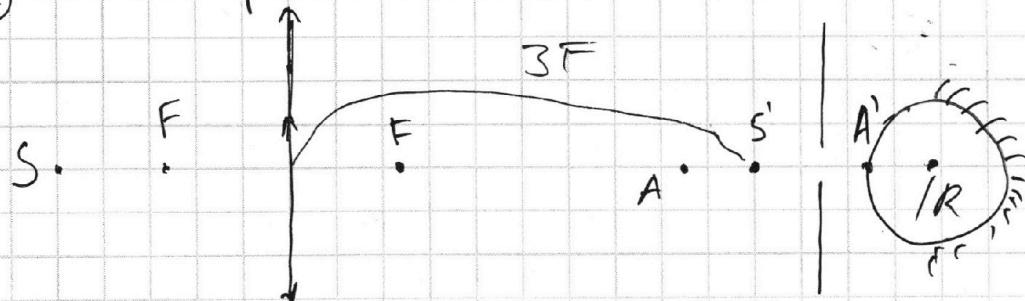
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

точки S' и O совпадают. $\Rightarrow R$ - это расстояние
от S' до ^{крайней} левой точки торка шара лежащей
на 2н. оси. Ось O как мы ранее выяснили
она равна: $a_1 = -\frac{1}{3}F$ (см. рис. 3)



$$\text{тогда } R = |a_1| = 3F - b = \frac{1}{3}F$$

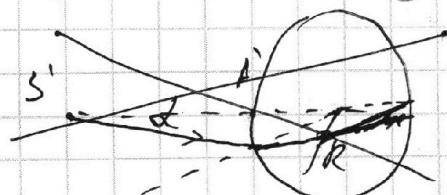
2) После перемещения:



т. A - бывшее крайнее левое торка шара.

$$S'R = \Delta = 2F \quad S'A' = 2F - R = \frac{2}{3}F \quad (R = \frac{1}{3}F)$$

Рассмотрим кас, исходящий из S' :



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
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!