



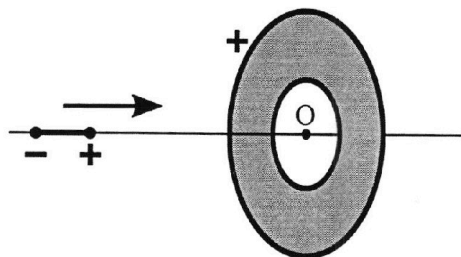
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

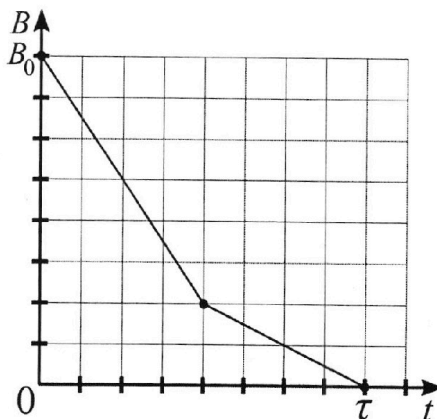
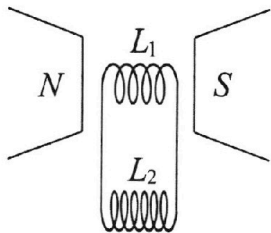


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполь сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



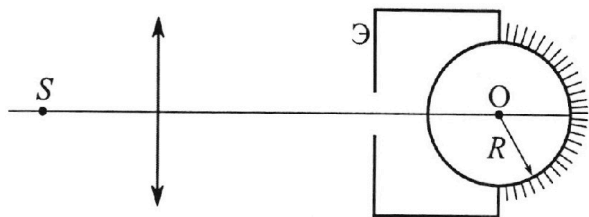
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $L_2 = 3L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (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 $b = 10,5F$, 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 $\Delta = 5,5F$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



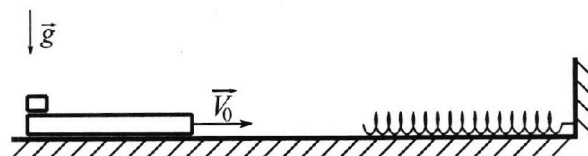
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ 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.

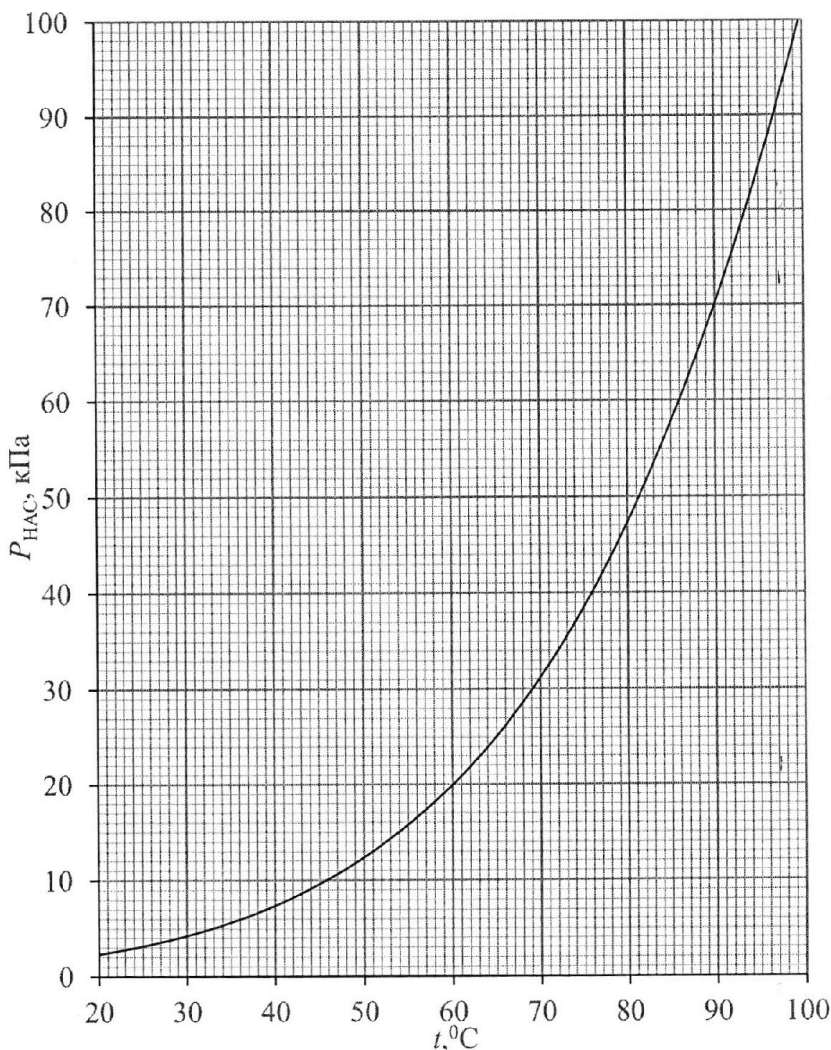


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °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 жидкост по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





1 2 3 4 5 6 7
☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

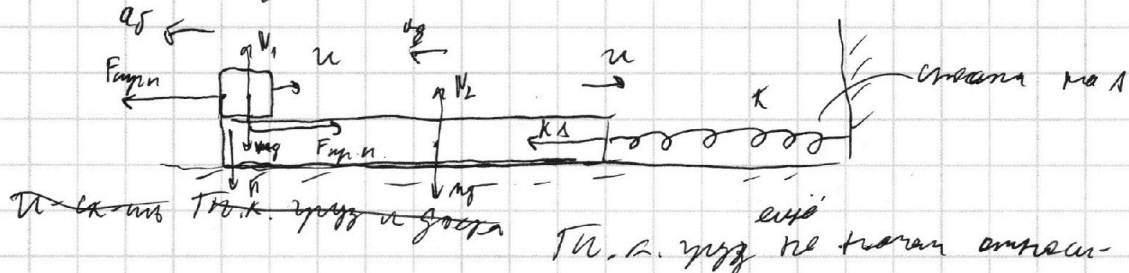
СТРАНИЦА
 1 ИЗ 4

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!

Дано:
 $M = 1 \text{ кг}$
 $m = 1 \text{ кг}$
 $V_0 = 1 \text{ м/с}$
 $k = 36 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$
 $\mu = 0,3$
 $\tau_0 \approx 0$

Решение:

1) Рассматриваем материал в момент, когда груз не начал относительное движение, а пружина сожмется на Δ :

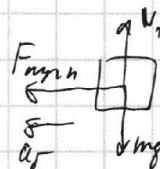


т.к. груз не начал относительное движение, то его Δx и ΔL равны Δx и ΔL соответственно в этот момент Δx и ΔL

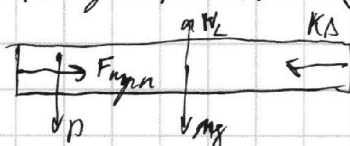
а) Рассматриваем силы действующие на брусок:

где N_1 — сила реакции со стороны доски

$F_{f, \text{пр}}$ — сила трения покоя. Эта сила трения покоя, т.к. брусок относительно доски не движется.



на доску



где $N_2 = N_1$ — по 3 закону Ньютона.

N_2 — сила реакции со стороны стола

б) 2 б) : для бруска $F_{f, \text{пр}} = ma$; $N_1 = mg$

для доски

$$k\Delta - F_{f, \text{пр}} = Ma$$

т.к. у бруска в каждый момент времени Δx совпадает с Δx доски, то и ускорения будут равны: $a_1 = a_2 = a$

$$\begin{cases} F_{f, \text{пр}} = ma \\ k\Delta - F_{f, \text{пр}} = Ma \end{cases}$$

$$\rightarrow \frac{F_{f, \text{пр}}}{k\Delta - F_{f, \text{пр}}} = \frac{m}{M} \rightarrow \frac{M}{m} \cdot F_{f, \text{пр}} = k\Delta - F_{f, \text{пр}}$$

$$k\Delta = F_{f, \text{пр}} \left(\frac{M}{m} + 1 \right) \rightarrow \Delta = \frac{F_{f, \text{пр}}}{k} \left(\frac{M}{m} + 1 \right)$$

Относительное движение бруска начнется тогда, когда $F_{f, \text{пр}}$ перейдет в силу трения скольжения.



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 4

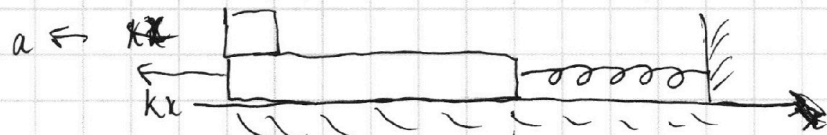
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Показ, ~~используемое~~ состояние $F_{\text{упр}} = N, \mu > \mu_{\text{ст}}$

используемое состояние: $\Delta^* = \frac{\mu mg}{K} \left(\frac{M}{m} + 1 \right) \rightarrow \Delta^* = \frac{\mu g}{K} (M + m)$

$$\Delta^* = \frac{0,3 \cdot 10}{36} \cdot (2 + 1) = \frac{3}{36} \cdot 3 = \frac{9}{36} = \frac{1}{4} \text{ м} = 0,25 \text{ м}$$

б) Рассмотрим Δ и Δ совместно с системой "брусок + грузик" до момента пружинения на Δ^* :



2) 3) 4) груз системы:

$$-Kx = (M + m) \cdot a_n$$

x - состояние 1
Этот элемент
временн.



нач. состояние
Начальная длина пружины.

$$\frac{-K}{M+m} x = a_n$$

$$a_n + \frac{K}{M+m} x = 0 \Rightarrow$$

Получается, упр-е гармонических колебаний,
решим его:

$$x(t) = A \cdot \cos \omega_0 t + B \cdot \sin \omega_0 t$$

$$x(0) = 0$$

$$\dot{x}(0) = +V_0$$

$$x(0) = 0 = A \rightarrow A = 0$$

$$\dot{x}(0) = B \cdot \omega_0 = V_0 \rightarrow B = \frac{V_0}{\omega_0} \rightarrow x(t) = \frac{V_0}{\omega_0} \cdot \sin \omega_0 t$$

ω_0 - угловая частота колебаний.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M+m}}$$

х) Найдем значение Δ^* за который пружина растянулась на Δ^*

$$\Delta^* = x(t^*) = \frac{V_0}{\omega_0} \cdot \sin \omega_0 t^*$$

$$\sin \omega_0 t^* = \frac{\Delta^*}{V_0} \cdot \sqrt{\frac{K}{M+m}} = \frac{0,25}{1} \cdot \sqrt{\frac{36}{3}} = \frac{1}{4} \cdot 6 \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} =$$

$$\sin \omega_0 t^* = \frac{3}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow \sin \omega_0 t^* = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow \omega_0 t^* = \frac{\pi}{3}$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

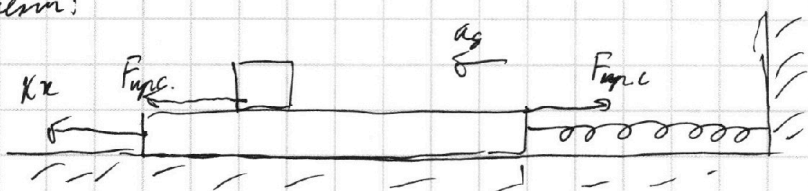
СТРАНИЦА
3 ИЗ 4

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!

$$\omega_0 t^* = \frac{\pi}{3} \rightarrow t^* = \frac{\pi}{\omega_0} \cdot \frac{1}{\omega_0} = \frac{\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{m+m}{k}} = \frac{3}{3} \cdot \sqrt{\frac{3}{36}} = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{6} c$$

$$t^* = \frac{\sqrt{3}}{6}$$

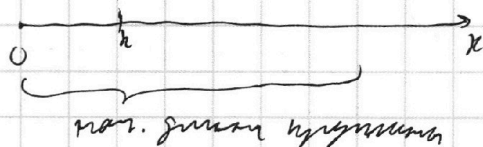
2) Рассчитайте смещение пружины в произвольный момент времени:



2 3/17 given data:

$$x: F_{\text{пруж}} - kx = m a_{gx}$$

$$F_{\text{пруж}} = \mu mg$$



нат. длина пружины

$$\mu mg - kx = m a_{gx}$$

$$a_{gx} = a_{gx} + \frac{k}{m} x = \mu g \cdot \frac{m}{m}$$

$$a_{gx} + \frac{k}{m} x = \mu g \cdot \frac{m}{m}$$

$$a_{gx} + \frac{k}{m} x = \mu g \cdot \frac{m}{m}$$

$$\omega^2 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{k}{m}$$

$$\mu g \cdot \frac{m}{m} = x_1 \cdot \omega^2$$

$$\mu g \cdot \frac{m}{m} = x_1 \cdot \frac{k}{m}$$

$$x_1 = \frac{\mu g m}{k}$$

$$x(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t + x_1$$

$$x(0) = 0$$

$$\dot{x}(0) = v_0$$

$$\dot{x}(t) = -A \omega \sin \omega t + B \omega \cos \omega t$$

$$\dot{x}(0) = B \omega = v_0 \rightarrow B = \frac{v_0}{\omega}$$

$$x(0) = A + x_1 = 0 \rightarrow A = -x_1$$

$$x(t) = -x_1 \cos \omega t + \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t + x_1$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) + x_1 \rightarrow \dot{x}(t) = -A \omega \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow \ddot{x}(t) = -A \omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$x(0) = 0; \dot{x}(0) = v_0$$

$$\cos \varphi = \frac{v_0^2 - \omega^2 x_1^2}{v_0^2}$$

$$x(0) = 0 = A \cos \varphi + x_1 \rightarrow A = \frac{x_1}{\cos \varphi} \quad (1)$$

$$\dot{x}(0) = v_0 = -A \omega \sin \varphi \rightarrow A = -\frac{v_0}{\omega \sin \varphi}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi}$$

$$\sin \varphi = -\frac{\omega A}{v_0} \quad \text{где}$$



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 9

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!

Максимальное значение ускорения будет при $\cos(\omega t + \varphi) = 1$

$$a_n = \ddot{x}(t) = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow \begin{cases} \sin(\omega t + \varphi) = -\frac{a_n}{A\omega^2} \\ \cos(\omega t + \varphi) = \frac{x(t) - x_1}{A} \end{cases}$$

$$\sin(\omega t + \varphi) + \cos(\omega t + \varphi) = 1$$

$$\frac{a_n^2}{A^2 \omega^4} + \frac{(x(t) - x_1)^2}{A^2} = 1$$

при макс. смещении

$$x(t) - x_1 = 0$$

Тогда, при макс. смещении

$$x(t) - x_1 = 0$$

$$\frac{a_n^2}{A^2 \omega^4} + 1 = 1$$

$$a_n = -A\omega^2 \rightarrow a_n = -0.25 \rightarrow A = \frac{a_n}{\omega^2}$$

из 1) и 2) Найдем A : $\frac{x_1}{A} = \frac{\sqrt{v_0^2 - (A\omega)^2}}{v_0} \rightarrow \frac{x_1^2}{A^2} = \frac{v_0^2 - (A\omega)^2}{v_0^2}$

$$x_1^2 \cdot v_0^2 = v_0^2 \cdot A^2 - \omega^2 \cdot A^4$$

$$\omega^2 \cdot A^4 - v_0^2 \cdot A^2 + x_1^2 \cdot v_0^2 = 0 \rightarrow A^4 - \frac{v_0^2}{\omega^2} \cdot A^2 + \frac{x_1^2 \cdot v_0^2}{\omega^2} = 0$$

$$D = \frac{v_0^4}{\omega^4} - 4 \dots$$

Ответ: 1) максимальное смещение $\Delta^* = 0,25 \text{ м}$ 2) время $t^* = \frac{\sqrt{3}}{6} \text{ с}$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

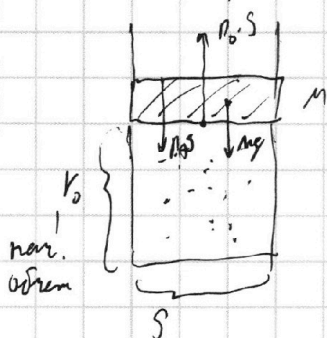
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

Дано:
 $p_0 = 105 \text{ кПа}$
 $t_0 = 57^\circ\text{C} = 330 \text{ K}$
 $\varphi_0 = \frac{1}{3}$
 $t = 99^\circ = 306 \text{ K}$

Решение:

1) Рассматриваем состояние в начале (при $t_0 = 57^\circ\text{C}$)



а) p_0 - давление влажного воздуха
 $p_0 = p_{\text{св}} + p_n(t_0)$, где $p_{\text{св}}$ - давление сухого воздуха,

$p_n(t_0)$ - давление пара при t_0

~~$p_{\text{нп}}$ - давление~~

$p_n(t_0) = \varphi_0 \cdot p_{\text{нп}}(t_0)$, где $p_{\text{нп}}$ - давление насыщенного пара при темп. t_0

Из графика $p_{\text{нп}}(t_0) \approx 51 \text{ кПа}$

Тогда $p_n = p_n(t_0) = \varphi_0 \cdot p_{\text{нп}}(t_0) = \frac{1}{3} \cdot 51 \text{ кПа} \approx 17 \text{ кПа}$

$p_n = 30 \text{ кПа}$ Т.е. $p_n \neq p_{\text{нп}}$ $p_n(t_0) < p_{\text{нп}}(t_0)$ - пар не насыщен.

б) Ур-ие Менг.-Уравн.: для сухого воздуха: $p_{\text{св}} \cdot V_0 = \nu_{\text{св}} \cdot R \cdot t_0$

Ур-ие Менг.-Уравн.: для пара $p_n \cdot V_0 = \nu_n \cdot R \cdot t_0$

в) Конденсация пара начнется тогда, когда $p_n(t_0) = p_{\text{нп}}(t^*)$,
Тогда, из графика $p_n(t_0)$ при $p_n = 30 \text{ кПа}$, конденсация начнется при $69^\circ\text{C} \Rightarrow t^* = 65^\circ\text{C}$

2) 2-й закон Ньютона для поршня: $Mg + p_n \cdot S = p_0 S$, где

Mg - сила тяжести (M - масса поршня), p_0 - атмосферное давление. 3-й закон Ньютона. Состояние.

д) Рассматриваем состояние в конце (при $t = 99^\circ\text{C}$)



p_0^* - новое давление влажного воздуха

а) 2-й закон Н. для поршня:

$$mg + p_n S = p_0^* S \Rightarrow p_0^* = p_0$$

б) Предполагаем, что пар остается насыщенным, тогда $p_n \leq p_{\text{нп}}$

$$p_n = 60 \text{ кПа}$$

$$p_0 = 105 \text{ кПа}$$



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!

Ур-ие Менг.-Зман.:
 • для пара: $p_n(t) \cdot V = \nu_n \cdot R \cdot t$
 • для сухого воздуха: $p_{св}^* \cdot V = \nu_{св} \cdot R \cdot t$

$$p_0^* = p_0 = p_{св} + \nu_0 p_n(t_0) = p_n + p_{св}^* \quad (*)$$

Из ур-ий Менг.-Зман.: $p_{св} + \nu_0 p_n(t_0) = \frac{(\nu_{св} + \nu_n) R t_0}{V_0} \quad (1)$

$$p_n + p_{св}^* = \frac{(\nu_{св} + \nu_n) R t}{V} \quad (2)$$

Из (*) имеем, что (1) = (2):

$$\frac{(\nu_{св} + \nu_n) R t_0}{V_0} = \frac{(\nu_{св} + \nu_n) R t}{V} \rightarrow \frac{t_0}{V_0} = \frac{t}{V} \rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0} = \frac{32^\circ\text{C}}{320\text{K}} = \frac{308\text{K}}{320\text{K}} = \frac{753}{765}$$

$$\boxed{\frac{V}{V_0} = \frac{753}{765}}$$

$$\begin{array}{r|l} 320 & 2 \\ \hline 30 & 185 \\ -12 & \\ \hline 20 & \\ -10 & \end{array}$$

Ответ: 1) $p_n \approx 30 \text{ кПа}$ 2) $t^* = 69^\circ\text{C}$ 3) $\frac{V}{V_0} = \frac{753}{765}$



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

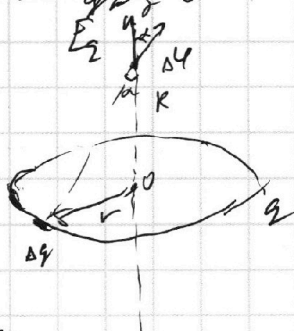
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

Дано: $V_0 \rightarrow V$

1) Найти напряженность и потенциал на оси z , $z \gg R$, $z \gg r$ и перпендикулярной плоскости кольца



$$\Delta E = \frac{k \cdot \Delta q}{R^2 + r^2}$$

$$E_z = \sum \Delta E \cdot \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2 + r^2}}$$

$$E_z = \sum \frac{k \cdot \Delta q}{R^2 + r^2} \cdot \cos \alpha$$

$$E_z = \sum \frac{k \cdot \Delta q}{R^2 + r^2} \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + r^2}} = \frac{k R \cdot q}{(R^2 + r^2)^{3/2}}$$

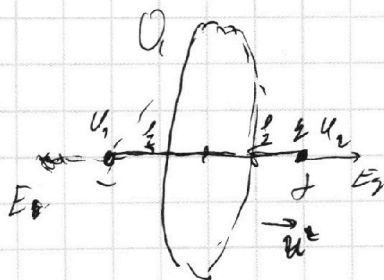
$$\Delta \varphi = \frac{k \cdot \Delta q}{\sqrt{R^2 + r^2}} \rightarrow \varphi_z = \sum \frac{k \Delta q}{\sqrt{R^2 + r^2}} = \frac{k q}{\sqrt{R^2 + r^2}}$$

$$\varphi = \frac{k q}{\sqrt{R^2 + r^2}}$$

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

Примем, что $z \gg R$

2) Рассчитаем энергию, когда гравитация пренебрегается:



$$\varphi_1 = \varphi_2, \text{ в центре кольца}$$

То есть:

$$W_{(0)} + \frac{2 \ln(\frac{3}{2} V_0)}{L} = \frac{2 \ln V_0}{L} + W$$

$$W_{(0)} = 0, \text{ т.к. на } \infty \text{ потенциал } = 0$$

$$W = -\varphi_1 \cdot q + \varphi_2 \cdot q = \varphi_1 \cdot q + \varphi_2 \cdot q = 0 \rightarrow$$

m - масса одного заряда (q и $-q$)

$$\frac{2 \ln(\frac{3}{2} V_0)}{L} = \frac{2 \ln V_0}{L}$$

$$V_0 = (\frac{3}{2} V_0)^2 \rightarrow V_0 = \frac{3}{2} V_0$$

3) Когда гравитация будет пренебрежимо

приближаться к гравитации, ее значение будет уменьшаться,



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!

т.е. номеруем ~~каждый~~ по номеру ~~каждого~~ будет увеличиваться, то, по закону сохранения энергии, скорость будет увеличиваться. Так будет продолжаться до того момента, пока ~~длина~~ ускорения ~~длина~~ будет направлено против скорости ~~длина~~. Очевидно, что ускорение будет направлено против скорости, пока ~~положительный~~ ~~зона~~ ~~не~~ ~~пересечет~~ т. О ~~кабеля~~.

Рассмотрим случай, когда ~~кабеля~~ ~~на~~ ~~удалена~~ ~~близ~~ ~~скорости~~ v_0

$$\{ \text{З} \}: \frac{2m \cdot v_0^2}{L} = -U(l) - q$$

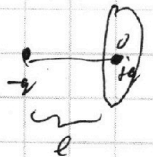
$$U(l) = -\frac{m v_0^2}{q}$$

Т.е. ~~кабеля~~ ~~на~~ ~~удалена~~ ~~близ~~ ~~скорости~~ v_0 минимальна, но в ~~средний~~ ~~момент~~ ~~времени~~, ~~кабеля~~ ~~на~~ ~~удалена~~ ~~близ~~ ~~скорости~~ v_0 равно



2) Рассмотрим случай, когда ~~кабеля~~ ~~на~~ ~~удалена~~ ~~близ~~ ~~скорости~~ v_0 равно $\frac{3}{2} v_0$. При ~~приближении~~ ~~зона~~ ~~к~~ ~~т. О~~, ~~удалена~~ ~~близ~~ ~~скорости~~ v_0 будет ~~максимальная~~ ~~кабеля~~ ~~на~~ ~~удалена~~ ~~близ~~ ~~скорости~~ v_{min} :

$$\{ \text{З} \}: \frac{2m \cdot (\frac{3}{2} v_0)^2}{L} = \frac{2m \cdot v_{min}^2}{L} - U(l) - q$$



$$\frac{2m \cdot \frac{9}{4} v_0^2}{L} = \frac{2m \cdot v_{min}^2}{L} + \frac{2m v_0^2}{L}$$

$$\frac{9}{4} v_0^2 - v_0^2 = v_{min}^2 \rightarrow v_{min}^2 = \frac{5}{4} v_0^2 \rightarrow v_{min} = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0$$

$$v_{min} = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0 \rightarrow \boxed{v_{min} = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0} \quad v_{max} = \frac{3}{2} v_0 \rightarrow \frac{v_{min}}{v_{max}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{2} v_0$ 4) $\frac{v_{min}}{v_0} = \frac{\sqrt{5}}{3}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

$$\cancel{e_{1g} = \dot{\varphi}_1} \quad e_{1g} = \dot{\varphi}_1 \quad ; \quad e_{2g} = -\dot{\varphi}_2$$

$e_{1g} + e_{2g} = IR$, где R - сопротивление цепи. По закону R
 $R=0$

$$e_{1g} = -e_{2g} \rightarrow -\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_2 \rightarrow -\frac{\Delta \varphi_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi_2}{\Delta t} \rightarrow \boxed{-\Delta \varphi_1 = \Delta \varphi_2} \quad \text{##}$$

Пр. 1. Карусель наклонена под углом α к горизонту, поэтому ток в ней идет и не течет. Ток течет в конце троса I_0 ^{в обратн.} ~~в обратн.~~ _{направление}

$$(*) : -(-B_{\text{внеш}}(t) \dot{\varphi}_1 + L_1 \dot{I}_0 - (-B_{\text{внеш}}(t) \dot{\varphi}_1 + L_1 \cdot 0)) = L_2 \dot{I}_0 - L_2 \cdot 0$$

$$-(-0 \cdot \dot{\varphi}_1 + L_1 \dot{I}_0 - (-B_0 \dot{\varphi}_1)) = L_2 \dot{I}_0$$

$$-L_1 \dot{I}_0 - B_0 \dot{\varphi}_1 = L_2 \dot{I}_0 \rightarrow -L \dot{I}_0 = 3L \dot{I}_0 + B_0 \dot{\varphi}_1$$

$$-4L \dot{I}_0 = B_0 \dot{\varphi}_1 \rightarrow \boxed{\dot{I}_0 = -\frac{B_0 \dot{\varphi}_1}{4L}} \quad \text{знак минус означает}$$

направление тока течения было выбрано неверно. Значит, он течет в противоположном направлении.

$$\boxed{\dot{I}_0 = \frac{B_0 \dot{\varphi}_1}{4L}}$$

2) Запишем $\boxed{-\Delta \varphi_1 = \Delta \varphi_2}$ - в произвольный момент времени

$$-(-B_{\text{внеш}}(t) \dot{\varphi}_1 + L \dot{I}_0 + B_0 \dot{\varphi}_1 - L \cdot 0) = 3L \dot{I}$$

$$B_{\text{внеш}}(t) \dot{\varphi}_1 + L \dot{I} + B_0 \dot{\varphi}_1 = 3L \dot{I}$$

$$\cancel{B_{\text{внеш}}(t) \dot{\varphi}_1 + B_0 \dot{\varphi}_1 = 2L \dot{I}} \rightarrow B_{\text{внеш}}(t) \dot{\varphi}_1 + B_0 \dot{\varphi}_1 = 2L \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{B_{\text{внеш}}(t) \dot{\varphi}_1 + B_0 \dot{\varphi}_1}{2L} \rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{B_{\text{внеш}}(t) \dot{\varphi}_1 + B_0 \dot{\varphi}_1}{2L}$$

$$\Delta I = \frac{B_{\text{внеш}}(t) \cdot \Delta t \cdot \dot{\varphi}_1 + B_0 \Delta t \cdot \dot{\varphi}_1}{2L} = \frac{\dot{\varphi}_1}{2L} \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot (B_{\text{внеш}}(t) \cdot \Delta t + B_0 \cdot \Delta t)$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Дано: $L_1 = L$, S_1, n , $B_0; L_2 = 3L$

1) Изучим график $B(t)$: до времени $\frac{4}{8}T$

• с $\frac{4}{8}T$ до T : $B(t) = at + b$, где $a = \text{const}$, $b = \text{const}$

• с 0 до $\frac{4}{8}T$: $B(t) = ct + k$

Из график: $B(0) = B_0 = b$

$$B\left(\frac{4}{8}T\right) = a \cdot \frac{4}{8}T + B_0 = \frac{2}{8}B_0 = \frac{1}{4}B_0$$

$$\frac{1}{2}aT = -\frac{3}{4}B_0$$

$$a = -\frac{3}{2} \cdot \frac{B_0}{T}$$

$$B\left(\frac{1}{2}T\right) = c \cdot \frac{1}{2}T + k = \frac{1}{4}B_0$$

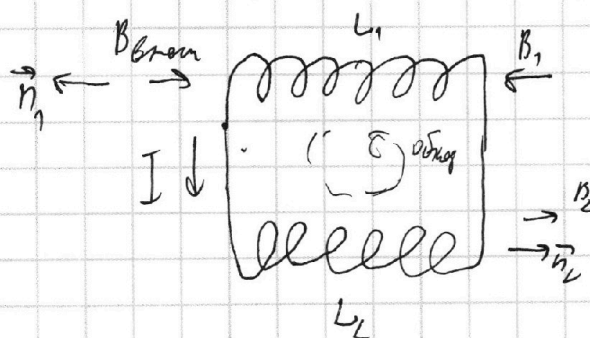
$$B(T) = 0 = cT + k = 0$$

$$\rightarrow -\frac{1}{2}cT = \frac{1}{4}B_0 \rightarrow c = -\frac{B_0}{2T}$$

$$-\frac{B_0}{2T} \cdot \frac{1}{2}T + k = -\frac{B_0}{2T} \cdot T + k = 0 \rightarrow k = \frac{B_0}{2}$$

$$B(t) = \begin{cases} -\frac{3}{2} \cdot \frac{B_0}{T} \cdot t + B_0, & \text{если } t \leq \frac{1}{2}T \\ -\frac{B_0}{2T} \cdot t + \frac{B_0}{2}, & \text{если } t \geq \frac{1}{2}T \end{cases}$$

2) Рассмотрим цепь с произвольным моментом времени:



а) Пусть ток течет так, как на рисунке

$\vec{H}_1$ — ток в катушке L_1

$\vec{H}_2$ — ток в катушке L_2

Ток задает обтек

B_1 и B_2 — магнитные

индукции, которые создает первая и вторая катушки соответственно.

б) Рассчитаем магнитные потоки:

$$L_1: \Phi_1 = B_{\text{вн}} \cdot S_1 n + L_1 \cdot I$$

$$L_2: \Phi_2 = L_2 \cdot I$$

в) По 3-му электродинамическому уравнению:



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



СТРАНИЦА

3 ИЗ 3

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

$$dq = \frac{S_1 \eta}{2L} (B_{\text{вн}}(t) \cdot \Delta t + B_0 \Delta t) \quad (\neq)$$

Продолжим $(\neq)$ от $t=0$ до $t=\tau$:

$$q = \frac{S_1 \eta}{2L} \left(\sum B_{\text{вн}} \Delta t + B_0 \cdot \tau \right), \quad \sum B_{\text{вн}} \Delta t - \text{площадь под графиком, который дан в условии}$$

$$\begin{aligned} \sum B_{\text{вн}} \Delta t &= \frac{1}{2} \cdot \frac{6}{8} B_0 \cdot \frac{1}{2} \tau + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{8} B_0 \cdot \frac{1}{2} \tau \\ &= \frac{6}{32} B_0 \tau + \frac{2}{32} B_0 \tau = \frac{8}{32} B_0 \tau = \frac{1}{4} B_0 \tau \end{aligned}$$

$$q = \frac{S_1 \eta}{2L} \left(\frac{1}{4} B_0 \tau + B_0 \tau \right) = \frac{S_1 \eta}{2L} \cdot \frac{5}{4} B_0 \tau \neq \frac{5}{4} L$$

$$q = \frac{5 S_1 B_0 \eta \tau}{8 L}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{B_0 S_1 \eta}{4 L}$ 2) максимальный заряд

$$q = \frac{5 S_1 B_0 \eta \tau}{8 L}$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

6
☐

7
☐

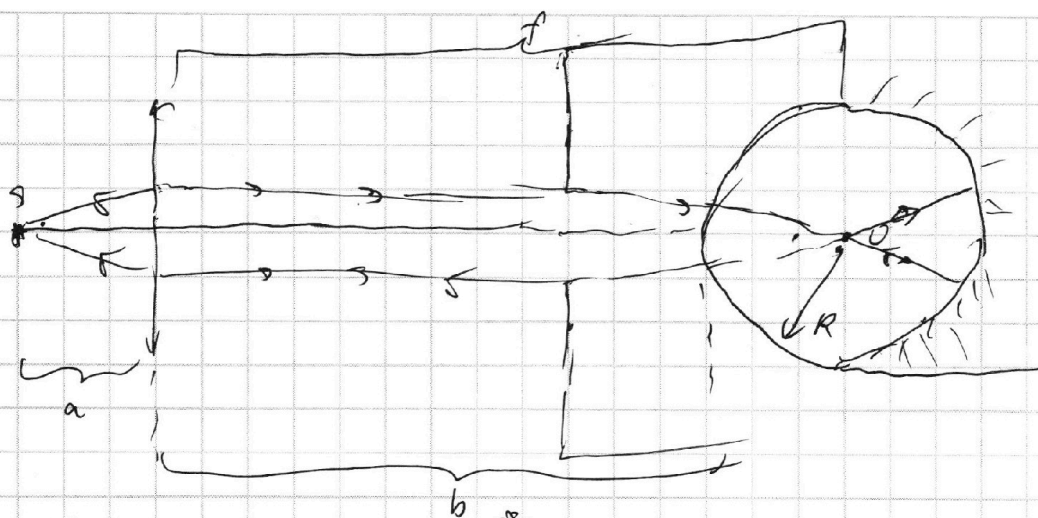
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

Дано:

$$a = 1,1F$$

$$b = 10,5F$$



1) По формуле

Т.е. п. а) $F \rightarrow$ Изображение действительного предмета S будет четким действительным, перевернутым,

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{1,1F} + \frac{1}{b} \quad \& \quad \frac{1}{F} = \frac{1,1 - 1}{1,1F} = \frac{0,1}{1,1F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{1,1F} \rightarrow \boxed{F = 1,1F}$$

2) Заметим, что если изображение предмета S находится в центре кривизны линзы, то лучи не будут преломляться, а после отражения от зеркальной поверхности, лучи не выйдут из линзы, а просто пройдут обратно, и попадут в источник S.

Из геометрии: $f - b = R$

$$1,1F - 10,5F = R \rightarrow 0,5F = R$$

$$\boxed{R = \frac{1}{2}F}$$



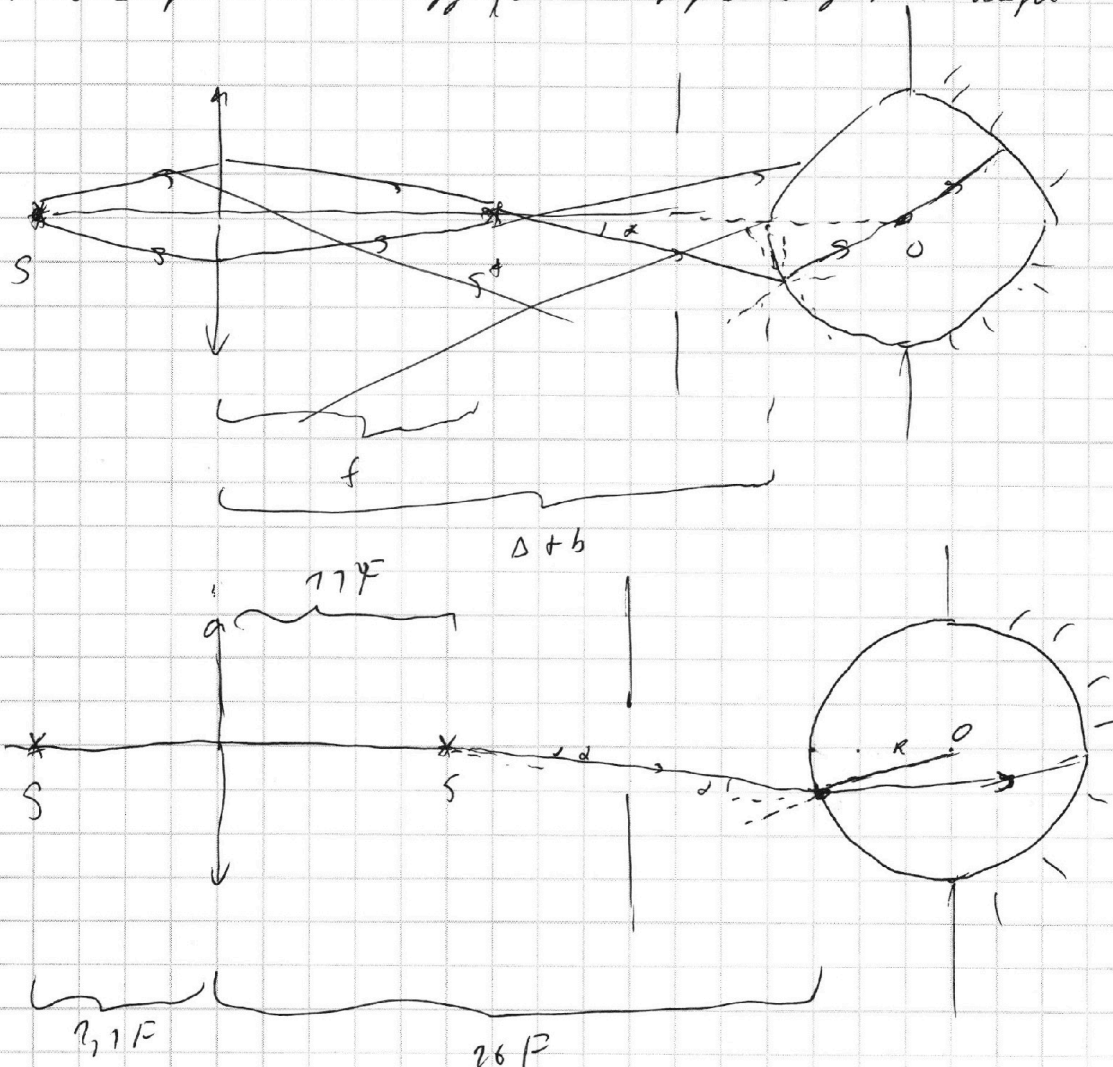
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

2) Рассчитать световую оптическую систему, после преломления пара





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!

