



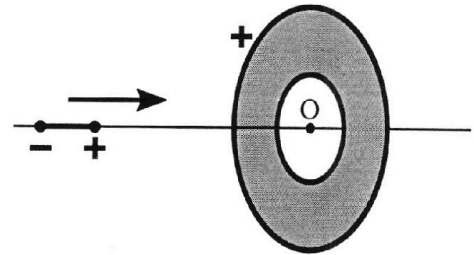
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

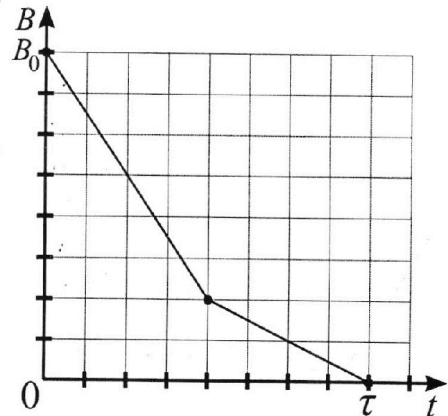
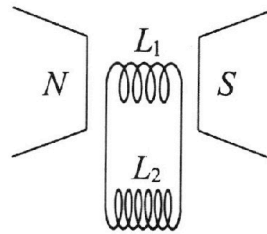


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 $\frac{3}{2}V_0$.



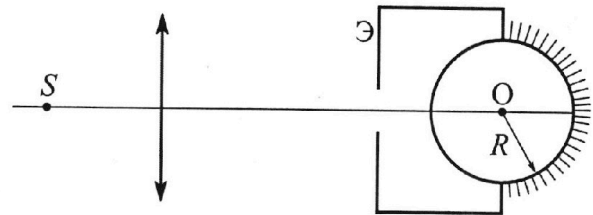
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



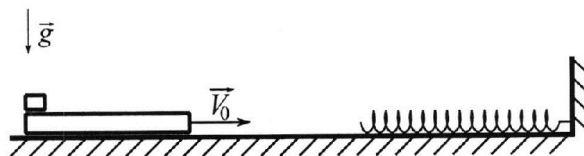
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

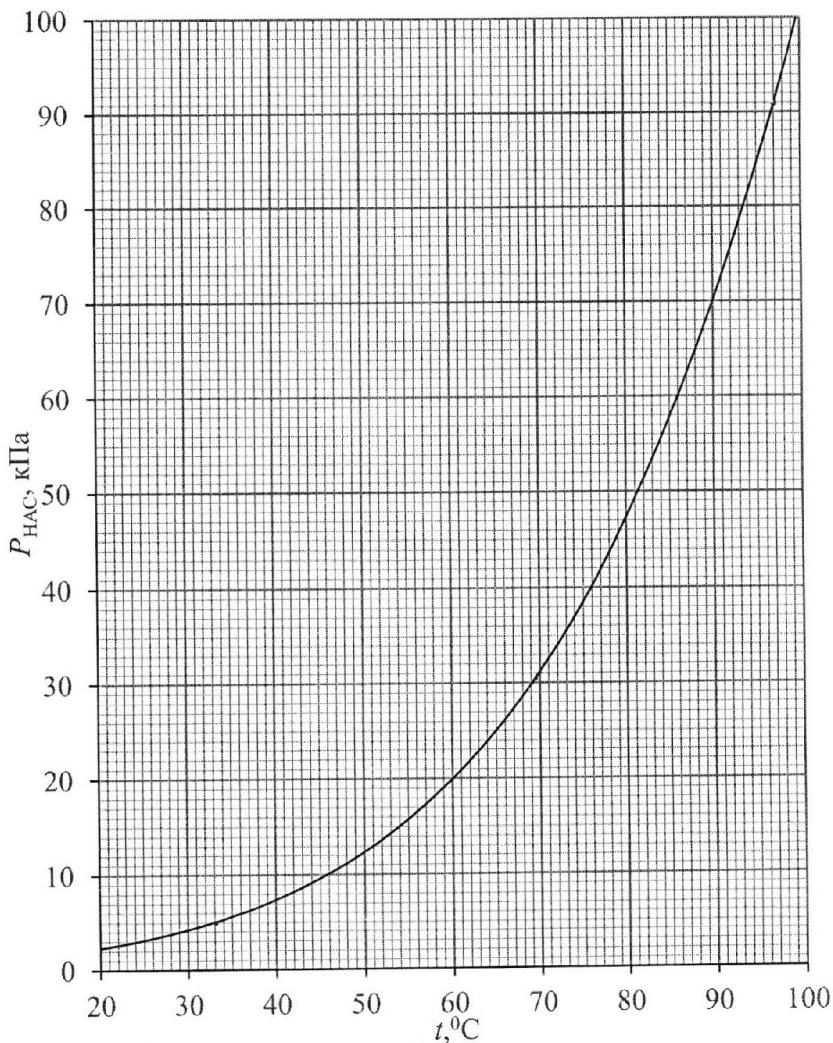


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 жидкостей 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.

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!

$$\sin \varphi = \frac{x}{\sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0}$$

$$\cos \varphi = \frac{v}{v_0}$$

$d\varphi$ - малый угол
- замечка на

φ - остр. угол т.к. прями. д. т. угла

$$\cos(\varphi + d\varphi) = \frac{v - dv}{v_0}$$

$$4) kx = (M+m)a$$

$$x = \frac{M+m}{k} \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{v_0} = \cos \varphi - \cos(\varphi + d\varphi)$$

$$\frac{dv}{v_0} = (\cos \varphi - (\cos \varphi \cos d\varphi - \sin \varphi \sin d\varphi))$$

$$\sin \varphi \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}} = - \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{v_0} = \sin \varphi \cdot d\varphi$$

$$\sin \varphi \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}} = - \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \sin \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

$$dt = - \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot d\varphi$$

$$\cos \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

5) ~~до тех пор~~ До того пока груз не поехал

$$\frac{kx_0^2}{2} + \frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{(M+m)v_0^2}{2}$$

$$k \cdot \frac{\mu^2 \cdot (M+m)^2 \cdot g^2}{k^2} + (M+m)v^2 = (M+m)v_0^2$$

$$v^2 = v_0^2 - \frac{\mu^2 g^2 (M+m)}{k}$$

$$v = \sqrt{1 - \frac{0,3^2 \cdot 10^2 \cdot 3}{36}} = \sqrt{1 - \frac{9 \cdot 3}{36}} = \frac{1}{2} \text{ м/с}$$



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

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!

$$\cos \varphi_1 = \frac{v}{v_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow \varphi_1 = \frac{\pi}{3}$$

$$6) \int_0^{\tau} dt = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{3}} - \sqrt{\frac{m+M}{k}} \cdot d\varphi$$

$$\tau = \sqrt{\frac{m+M}{k}} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} \right) = \sqrt{\frac{m+M}{k}} \cdot \frac{\pi}{6}$$

$$\tau = \sqrt{\frac{1+2}{36}} \cdot \frac{3}{6} = \sqrt{\frac{1}{12}} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{12} \text{ с}$$

7) Рассмотрите доску и брусок. После максимального смещения на x_0 брусок соскальзывает т.к. не может ехать с ускорением $> \mu g$

$\Rightarrow$ он начнет и начнет двигаться со скоростью v без трения.

8) З.С.Э. в конце, доска остановится = макс. смещение пружины

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx_m^2}{2} = \frac{(M+m)}{2} v_0^2$$

$$kx_m^2 = (M+m) v_0^2 - mv^2$$

$$x_m = \sqrt{\frac{M+m}{k} v_0^2 - \frac{m}{k} v^2}$$

$$x_m = \sqrt{\frac{3}{36} \cdot 1 - \frac{1}{36} \cdot \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{11}}{12} \text{ м}$$

Ответ:

$$x_0 = 0,25 \text{ м}$$

$$\tau = \frac{\sqrt{3}}{12} \text{ с}$$

$$x_m = \frac{\sqrt{11}}{12} \text{ м}$$

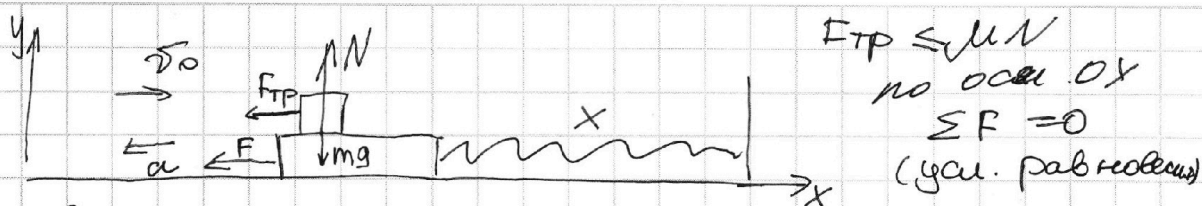


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
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!



1) Система брусок + доска: по

Ox : $-kx = -(M+m)a$, x - сжатие пружины

только брусок:

Oy : $N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$

Ox : $-F_{тр} = -ma$

$$F_{тр} = ma = \frac{kx}{M+m} m$$

2) Сжатие пружины, когда брусок поехал от доски: $F_{тр} = \mu N = \mu mg$

$$\mu mg = \frac{kx_0}{M+m} m \quad (M+m)\mu g = kx_0$$

$$x_0 = \frac{\mu(M+m)g}{k} = \frac{0,3(1+2) \cdot 10}{36} = \frac{9}{36} = \frac{1}{4} \text{ м}$$

3) Б.С.Э

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{(m+M)v_0^2}{2}$$

$$x^2 + \left(\frac{M+m}{k} v \right)^2 = \left(\sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0 \right)^2$$



На одной странице можно оформить **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 _____ ИЗ _____

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7

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

$$1) kx = (m+n)a$$

$$3) a = dv$$

$$2) kx^2 + (m+n)v^2 = (m+n)2b$$

$$x^2 = \frac{m+n}{k} (2b^2 - v^2) \quad 10a = 22b$$

$$x = \sqrt{\frac{m+n}{k} (2b^2 - v^2)}$$

$$k \cdot x = (m+n) \frac{dv}{dt}$$

$$dt = \frac{(m+n)}{k} \frac{dv}{x}$$

$$dt = \frac{(m+n)}{k} \cdot dv \cdot \sqrt{\frac{k}{m+n}} \cdot (2b^2 - v^2)^{-1/2}$$

$$dt = \sqrt{\frac{m+n}{k}} \cdot dv (2b^2 - v^2)^{-1/2}$$

$$x^2 + \left(\frac{m+n}{k} v\right)^2 = \left(\frac{m+n}{k} 2b\right)^2$$

$$\frac{x}{2b} = \frac{v}{2b}$$

$$\sin \varphi = \frac{\sqrt{\frac{m+n}{k} 2b}}{x}$$

$$\cos \varphi = \frac{\sqrt{\frac{m+n}{k} 2b}}{x}$$

$$\sqrt{2b^2 - v^2} = \cos \varphi \cdot 2b$$

$$dt = \sin \varphi = \sqrt{1 - \frac{v^2}{2b^2}} \quad \frac{dv}{x} = \frac{dv}{\sqrt{\frac{m+n}{k} 2b^2 - v^2}}$$



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

1
☐2
☒3
☐4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
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!

Кол-во пара не изменилось.

$$\left. \begin{aligned} p_1' + p_{\text{возг}} &= p_0 \Leftrightarrow p_1' \cdot V' = \nu_{\text{пар}} \cdot R \cdot t^* \\ \Leftrightarrow p_1 + p_{\text{возг}} & p_{\text{возг}} \cdot V' = \nu_{\text{возг}} R \cdot t^* \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{уравнение} \\ \text{Менделеева-Клайперона} \end{array}$$

$$\frac{p_1'}{p_{\text{возг}}} = \frac{\nu_{\text{пар}}}{\nu_{\text{возг}}} = \frac{p_1}{p_{\text{возг}}}$$

$\Rightarrow p_1' = p_1 \Rightarrow p_1$ - теперь насыщенный пар

$$t^* = 69 \frac{1}{3} ^\circ \text{C}$$

$$p_{\text{пар}} = 30 \frac{1}{3} \text{ кПа}$$

$$p_{\text{возг}} = 30 \text{ кПа}$$

$$p_{\text{то}} = 31 \text{ кПа}$$

на этом участке зависимость линейна

$$\Rightarrow t^* = 69 \frac{1}{3} ^\circ \text{C}$$

Ситуация в конце

$$5) p_{1к} = p_{33} = 5 \text{ кПа} \Rightarrow p_{\text{возгк}} = p_0 - p_{1к} = 105 - 5 = 100 \text{ кПа}$$

(график ука)

$$p_{\text{возгк}} \cdot V = \nu_{\text{возг}} R \cdot t \quad p_{\text{возг}} \cdot V_0 = \nu_{\text{возг}} R \cdot t_0$$

- уравнение Менделеева-Клайперона

$$p_{1к} V = \nu_{\text{пар}} \frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0} \cdot \frac{p_{\text{возг}}}{p_{\text{возгк}}}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{33}{97} \cdot \frac{74 \frac{2}{3}}{100} = \frac{33}{97} \cdot \frac{224}{300} = \frac{224 \cdot 11}{100 \cdot 97} = \frac{56 \cdot 11}{25 \cdot 97}$$

$$\text{Ответ: } p_1 = \frac{91}{3} \text{ кПа} \quad t^* = 69 \frac{1}{3} ^\circ \text{C}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{616}{2425}$$



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.

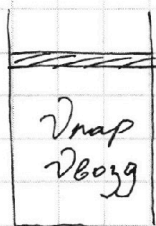
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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!

1) $\nu_{\text{пар}}$ - кол-во молей пара воды

$\nu_{\text{возг}}$ - кол-во молей воздуха



Заметим, что процесс медленный $\Rightarrow$ поршень опускается равномерно $\Rightarrow$ он в равновесии $\Rightarrow p_0 = \text{const}$ для смеси газов.

2) Ур-ие Менделеева-Клапейрона в начале

$$p_{\text{возг}} + p_1 = p_0$$

$$p_0 V_0 = (\nu_{\text{пар}} + \nu_{\text{возг}}) R T_0$$

$$p_1 V_0 = \nu_{\text{пар}} R T_0 \quad p_{\text{возг}} V_0 = \nu_{\text{возг}} R T_0$$

3) Относительная влажность

$$\varphi_0 = \frac{p_1}{p_{\text{н}97}} \Rightarrow p_1 = \varphi_0 \cdot p_{97}$$

p_{97} - температура насыщенного пара при 97°C

$$p_{97} = 91 \text{ кПа (таблица)} \quad \text{или} \quad \text{график}$$

$$p_1 = \varphi_0 \cdot p_{97} = \frac{1}{3} \cdot 91 \text{ кПа} = \frac{91}{3} \text{ кПа} \Rightarrow p_{\text{возг}} = 105 - \frac{91}{3} = \frac{224}{3} \text{ кПа}$$

4) Началась конденсация $\Rightarrow$ давление пара стало насыщенным и теперь будет насыщенным всегда.

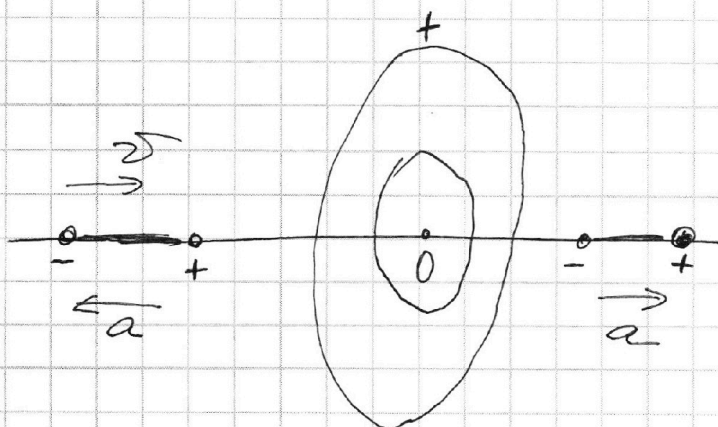


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1) F = \frac{kqQ}{r^2} \Rightarrow$$

тем дальше
объекты
друг от
друга,
тем меньше
сила.

2) Запомним, что пока ^{диполь} слева от диска его ускорение направлено против скорости, а когда справа - наоборот, по скорости $\Rightarrow$ минимальная скорость - в центре диска, максимальная - диполь в ∞ .

3) З.С.Э. для диполя и диска

$$\bullet W_g + \frac{mv_0^2}{2} = W_g + W (v_0 - \min \Rightarrow \text{скорость в центре} = 0)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = W_g$$

$$\bullet W_g + \frac{m(\frac{3}{2}v_0)^2}{2} = W_g + W_g + \frac{m\omega^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} = W_g + \frac{m\omega^2}{2}$$



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.

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!

$$\frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{5}{4} = \frac{m u^2}{2}$$

$$u^2 = \frac{5}{4} v_0^2$$

$$u = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0$$

$W_g, W_d - \text{const}$ т.к.
зависят от располо-
жения диска
и диполя.

W_d - энергия диполя.

$$4) \lambda = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\frac{3}{2} v_0}{\frac{\sqrt{5}}{2} v_0} = \frac{3}{\sqrt{5}} = \frac{3}{5} \sqrt{5}$$

Ответ: $u = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0$

$$\lambda = \frac{3}{5} \sqrt{5}$$

W_d - энергия диполя и диска, когда
диполь 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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 3

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

$$I = \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 n}{L} \cdot \frac{\tau}{\tau} + \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 n}{L}$$

$$dq = I \cdot dt = \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 n}{L} \cdot dt + \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 n}{L \tau} \tau dt$$

$$\int_{q_1}^{q_2} dq = \int_{\tau/2}^{\tau} \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 n}{L} dt + \int_{\tau/2}^{\tau} \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 n}{L \tau} \cdot \tau dt$$

$$q - q_1 = \frac{1}{8} B_0 S_1 n \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 n}{L \tau} \left(\frac{\tau^2}{2} - \frac{\tau^2}{4 \cdot 2} \right)$$

$$q - q_1 = \frac{1}{8} B_0 S_1 n \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{3}{64} \frac{B_0 S_1 n}{L} \tau$$

$$q = \frac{1}{16} \frac{B_0 S_1 n \cdot \tau}{L} + \frac{3}{32} \frac{B_0 S_1 n \tau}{L}$$

$$\boxed{q = \frac{5}{32} \frac{B_0 S_1 n \tau}{L}} \quad \text{— заряд протекший за время } \tau$$

Ответ: $I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{4L}$; $q = \frac{5}{32} \frac{B_0 S_1 n \tau}{L}$

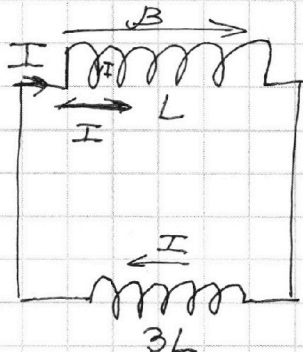
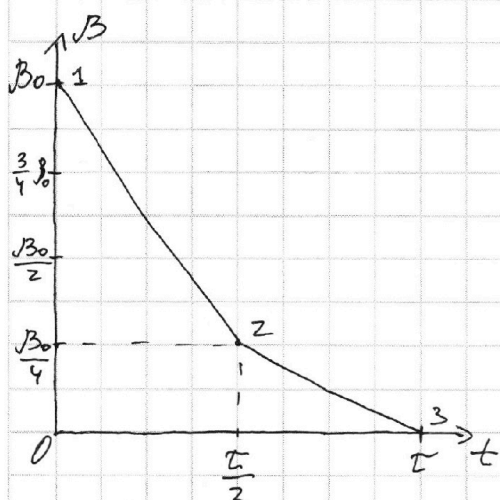


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

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



1) $\frac{d\Phi}{dt} = -\mathcal{E}$ $\mathcal{E} = L' \frac{dI}{dt}$
 пр. Ленца + пр. определим направление тока

2) $d\Phi = d(B \cdot S_0)$
 $S_0 = S_1 \cdot n = \text{const}$

$d\Phi = dB \cdot S_1 \cdot n \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB}{dt} \cdot S_1 \cdot n$

3) $L' = L + 3L = 4L$ (поул. соединенные катушки)

$\frac{dB}{dt} \cdot S_1 \cdot n = -4L \cdot \frac{dI}{dt}$ $I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{4L}$

$dB \cdot S_1 \cdot n = -4L \cdot dI$

$\frac{S_1 \cdot n}{4L} \int_{B_0}^0 dB = - \int_0^{I_0} dI$

$\frac{S_1 \cdot n}{4L} \cdot B_0 = I_0$

4) Угрок 1-2: $\frac{dB}{dt} = - \frac{B_0 - \frac{B_0}{4}}{\frac{\tau}{2} - 0} = - \frac{3}{2} \frac{B_0}{\tau} = \text{const}$

$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{3}{2} \frac{B_0}{\tau} S_1 \cdot n = 4L \frac{dI}{dt}$

$dI = \frac{3}{8} \frac{B_0 S_1 n}{L \tau} \cdot dt$

т.к. график линейн



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
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!

$$I = \frac{3}{8} \frac{B_0 S_1 R}{L \tau} t \quad (\text{все интегрируется от 0})$$

$$I_1 = \frac{3}{8} \frac{B_0 S_1 R}{L \cdot \frac{\tau}{2}} \cdot \frac{\tau}{2} = \text{ток в т. 2}$$

$$5) dq = I dt = \frac{3}{8} \frac{B_0 S_1 R}{L \tau} \cdot t dt$$

$$\int_0^{t_1} dq = \int_0^{t_1} \frac{3}{8} \frac{B_0 S_1 R}{L \tau} \cdot t dt$$

$$I_1 = \frac{3}{16} \frac{B_0 S_1 R}{L}$$

$$q_1 = \frac{3}{8} \frac{B_0 S_1 R}{L \tau} \cdot \left(\frac{\tau^2}{4 \cdot 2} \right)$$

$$q_1 = \frac{3}{64} \frac{B_0 S_1 R}{L} \cdot \tau - \text{протекший заряд за процесс 1-2.}$$

б) процесс 2-3

$$\frac{dB}{dt} = - \frac{\frac{B_0}{4} - 0}{\tau/2} = - \frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau} - \text{const} \Rightarrow \text{т.к. график линейн}$$

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 R}{\tau} = 4L \cdot \frac{dI}{dt} \quad (\text{аналог})$$

$$I \mathcal{E} = \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 R}{\tau L} dt$$

$$\int_{I_1}^{I_2} dI = \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 R}{\tau L} \int_{\frac{\tau}{2}}^t dt$$

$$I_2 - I_1 = \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 R}{L \tau} \cdot \left(t - \frac{\tau}{2} \right)$$

$$I = \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 R}{L \tau} t - \frac{1}{8} \frac{B_0 S_1 R}{L} \cdot \frac{1}{2} + \frac{B_0 S_1 R}{L} \cdot \frac{3}{16}$$



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!

$$\frac{AO}{\sin(\alpha - 2\beta)} = \frac{CO}{\sin(180 - \alpha)} = \frac{CO}{\sin \alpha}$$

$$\frac{0,5F}{\alpha - 2\beta} = \frac{5,5F}{\alpha} \quad \alpha = 11\alpha - 22\beta$$

$$22\beta = 10\alpha$$

$$\alpha = 2, 2\beta = 12\beta$$

$$\frac{0,5F}{\alpha - 2\beta} = \frac{XF}{\alpha}$$

$$12 = 2, 2$$

$$0,5\alpha = \alpha X - 2X\beta$$

$$2X\beta = \alpha - (\alpha X - 0,5)$$

$$\alpha = \frac{2X}{X - 0,5} \beta = 12\beta$$

Для каждого n свое $X \Rightarrow$ в 1 n .
единственное
лучи не преломляются.

Ответ: $R = 0,5F$

$$12 = 2, 2$$



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

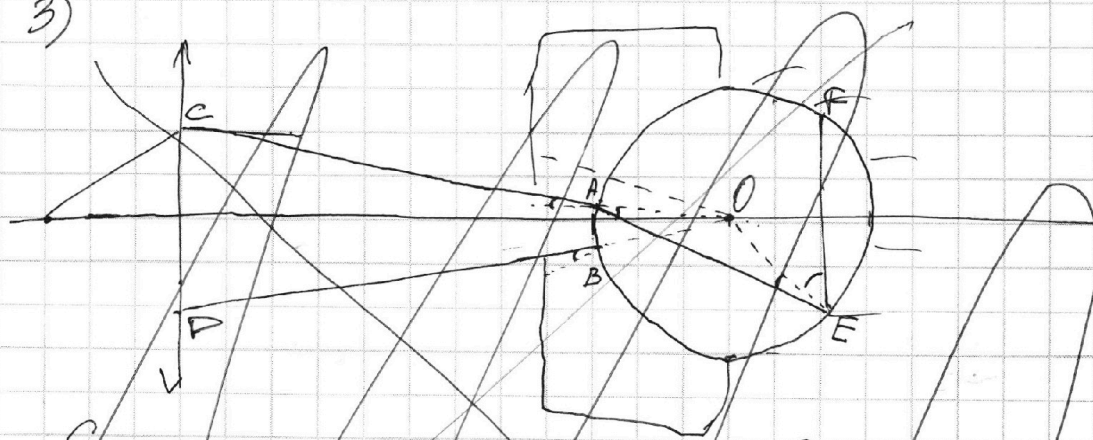
СТРАНИЦА
2 из 2

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!

$\sin \alpha = 0 \Rightarrow \sin \beta = 0$. И не важен
показатель преломления. Тогда
соблюдается условие $\Rightarrow c = b + R$
 $R = c - b = 11F - 10,5F = 0,5F$.

Тогда единственна т.к. лучи
преломляются в шаре и выходя по
другую, при решении след. пункта
мы покажем эту зависимость.

3)



Если после отражений и преломлений
лучи сходятся в исходную точку $\Rightarrow$
симметричные изогнанные лучи
переходят друг в друга. А и В симметрич-
ны $\Rightarrow$ Е и F-симметричны $\Rightarrow$ EF - главн. оптоа.



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!

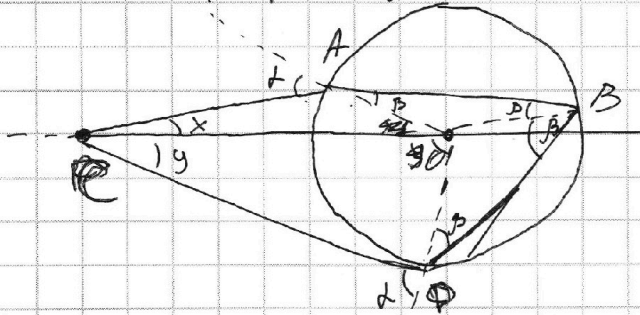
$\Rightarrow$ для вытягивания уси необходимо,
чтобы EA отразился в EF

$\triangle AOE$ - п.о. (радиусы) $\Rightarrow \angle OAE = \angle OEA$
(св. п.о. $\triangle$)

$\Rightarrow \angle OEF = \angle OEA$ (углы $\text{нар.} =$ углы отр.)

$0,5F < 5,5F \Rightarrow$ картинка след.

$0,5F < 5,5$



Из геометрии
 п.о. $\triangle$ и
углы $\text{нар.} =$ углы отр.
вытиснены углы
св. п.о.

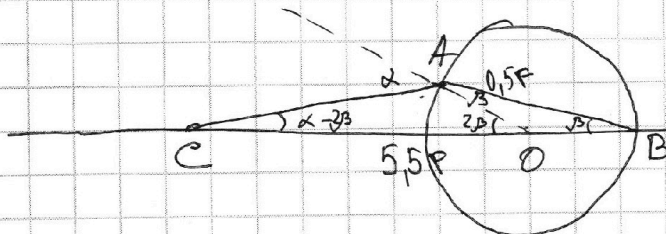
Заметим, что $AO = OD$ т. синусов $\triangle$
со - осн. $\frac{CO}{\sin(180-x)} = \frac{AO}{\sin x}$

$\Rightarrow x = y \Rightarrow \triangle$ равны

$\Rightarrow \angle AOE = \angle BOE$

$\frac{CO}{\sin(180-x)} = \frac{AO}{\sin x}$
 $\frac{CO}{\sin x} = \frac{AO}{\sin y}$

$\Rightarrow C, O, B$ - лежат на одной прямой



$\sin x = n \sin y$
 x, y - малы

$x = ny$

$\Rightarrow$ т. синусов $\triangle ACO$:



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

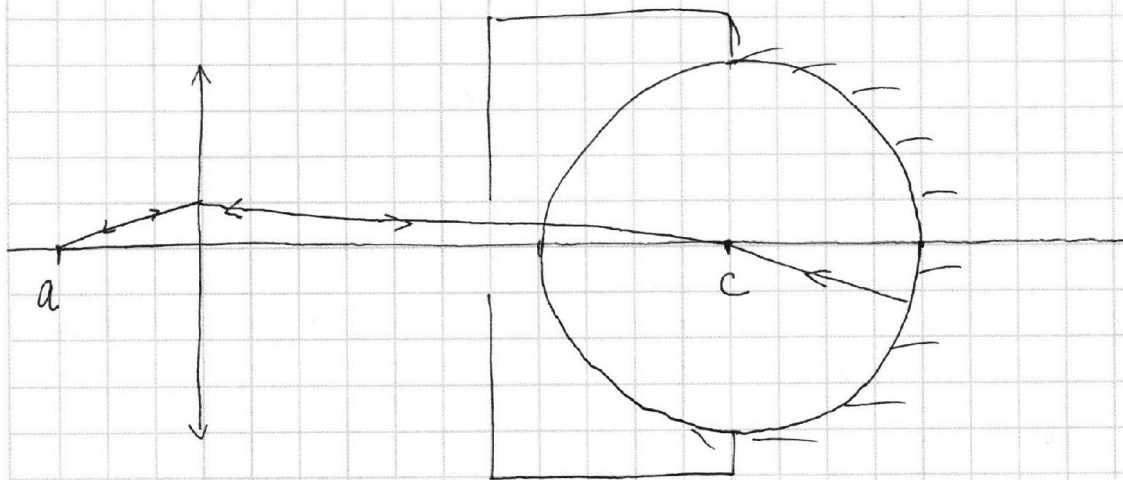
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1) Правило тонкой собирающей линзы.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{c} = \frac{a-F}{aF} \Rightarrow c = \frac{aF}{a-F} = \frac{1,1F \cdot F}{0,1F} = 11F$$

расстояние от источника до его изображения,
если бы не было шара, туда собираются
лучи после преломления

2) Покажем, что центр шара находится на
расстоянии c от тонкой линзы



Если центр шара в точке, где собираются
лучи $\Rightarrow$ они не преломляются $\Rightarrow$ они
т.к. нормаль $\perp$ радиусом

после отражения переходят сами себе

$\Rightarrow$ потом преломляются в исходную точку
Закон Снеллиуса $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$



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 _____ ИЗ _____

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	

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

$$\frac{k \cdot x^2}{2} + (m + n)^2 = \frac{(m + n)^2}{2}$$

$$\frac{(m + n)^2}{2} = \frac{(m + n)^2}{2} - k \cdot \frac{(m + n)^2}{2} \cdot g^2$$

$$v^2 = v_0^2 + (m + n) \cdot g \cdot h^2$$

$$v^2 = \dots$$

$$kx = (m + n) \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{560 + 56}{9700} \cdot 4$$

$$k \cdot x \cdot dt = (m + n) dv$$

$$\frac{kx^2}{2} + (m + n)v^2 = \frac{(m + n)v_0^2}{2}$$

$$\frac{k}{2} \cdot x \cdot v + (m + n) \cdot x \cdot v = 0$$

$$kx \cdot v + (m + n) \cdot v = 0$$

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{(m + n)v^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 9700 \overline{) 4} \\ 18425 \\ \underline{17} \\ 16 \\ \underline{16} \\ 8 \\ \underline{8} \\ 0 \end{array}$$



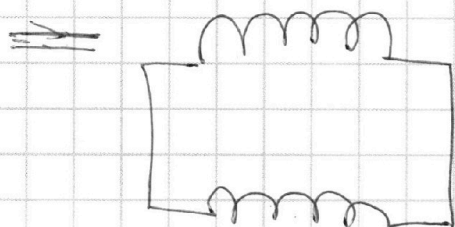
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ 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!

N 4



$$\mathcal{E} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E} = \frac{dB \cdot S \cdot n}{dt}$$

$$(L_1 + L_2) dI = dB \cdot S \cdot n$$

$$(L_1 + L_2) \cdot I_0 = S \cdot n \Delta B$$

$$(L_1 + L_2) I_0 = \sqrt{3} B_0 S \cdot n$$

$$\Delta B = B_0$$

$$I_0 = \frac{\sqrt{3} B_0 S \cdot n}{L_1 + L_2}$$

1) участок 1-2

$$\frac{dB}{dt} = \frac{\frac{6}{8} \sqrt{3} B_0}{\frac{4}{8} \tau} = \frac{6}{4} \frac{\sqrt{3} B_0}{\tau} = 1,5 \frac{\sqrt{3} B_0}{\tau}$$

$$\mathcal{E}_1 = 1,5 \frac{\sqrt{3} B_0 S \cdot n}{\tau} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$dI (L_1 + L_2) = 1,5 \frac{\sqrt{3} B_0 S \cdot n}{\tau} \cdot dt$$

$$I (L_1 + L_2) = 1,5 \frac{\sqrt{3} B_0 S \cdot n}{\tau} \cdot t$$

$$I_2 = \frac{3}{4} \sqrt{3} B_0 S \cdot n$$

$$I \cdot dt = dq$$

$$I_2 = \frac{1,5 \sqrt{3} B_0 S \cdot n}{\tau} \cdot \frac{4}{8} \tau$$

$$t_1 = \frac{4}{8} \tau = 0,5 \tau$$

$$dq = \frac{1,5 \sqrt{3} B_0 S \cdot n}{(L_1 + L_2) \tau} \cdot t \cdot dt$$

$$q_1 = \frac{1,5 \sqrt{3} B_0 S \cdot n}{(L_1 + L_2) \tau} \cdot \frac{t_1^2}{2}$$



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.

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!

$$q_1 = 1,5 \frac{B_0 S_1 n}{(L_1 + L_2) \tau} \cdot \frac{\tau^2}{4 \cdot 2} = \frac{3}{16} \frac{B_0 S_1 n \cdot \tau}{L_1 + L_2}$$

график 2-3

$$d\Phi = \frac{dB}{dt} \cdot S_1 \cdot n = \frac{2}{8} B_0 \cdot S_1 \cdot n = \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{\tau}$$

$$(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{\tau} \quad \frac{105 - 91}{3} = \frac{315 - 91}{3} =$$

$$I - I_2 = \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{(L_1 + L_2) \tau} \cdot \left(t - \frac{4}{8} \tau \right)$$

$$I_2 = \frac{B_0 S_1 n}{(L_1 + L_2)} \cdot \frac{3}{4}$$

$$224 : 4 = 56$$

$$I = \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{(L_1 + L_2) \tau} t - \frac{1}{4} \frac{B_0 S_1 n}{(L_1 + L_2)} + \frac{3}{4} \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2}$$

$$I = \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} \left(\frac{t}{\tau} + 1 \right) \quad \begin{array}{r} 10 \\ 315 \\ - 91 \\ \hline 224 \end{array}$$

$$dq = I \cdot dt = \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} \cdot dt + \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{(L_1 + L_2) \tau} \cdot t dt$$

$$q - q_1 = \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} \cdot \frac{4}{8} \tau + \frac{1}{2} \frac{B_0 S_1 n}{(L_1 + L_2) \tau} \cdot \left(\frac{\tau^2}{2} - \frac{\tau^2}{2 \cdot 4} \right)$$

$$q - q_1 = \frac{1}{4} \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} + \frac{3}{16} \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} \cdot \tau \quad \frac{1}{2} - \frac{1}{8} =$$

$$q = \frac{7}{16} \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} \cdot \tau + \frac{3}{16} \frac{B_0 S_1 n \tau}{L_1 + L_2} = \frac{5}{8} \frac{B_0 S_1 n \tau}{L_1 + L_2} \quad \frac{4 - 1}{8} = \frac{3}{8}$$

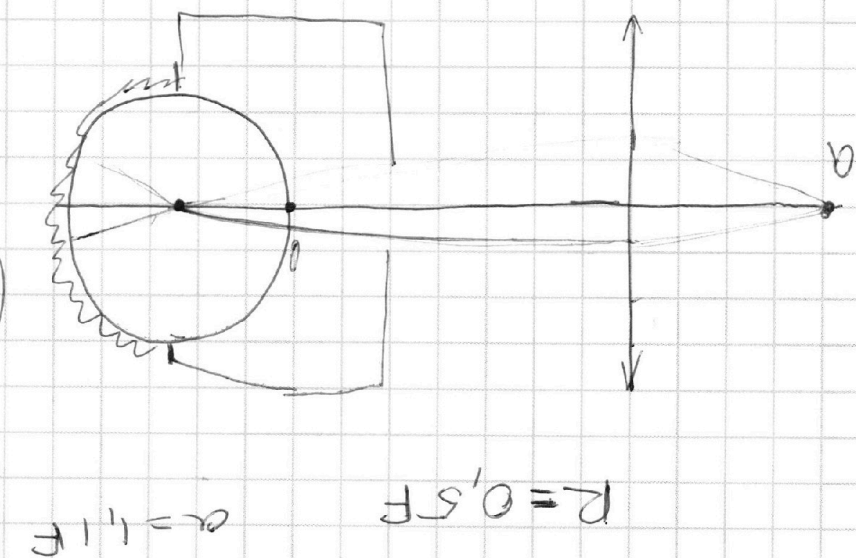


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

СТРАНИЦА _____ ИЗ _____

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	

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



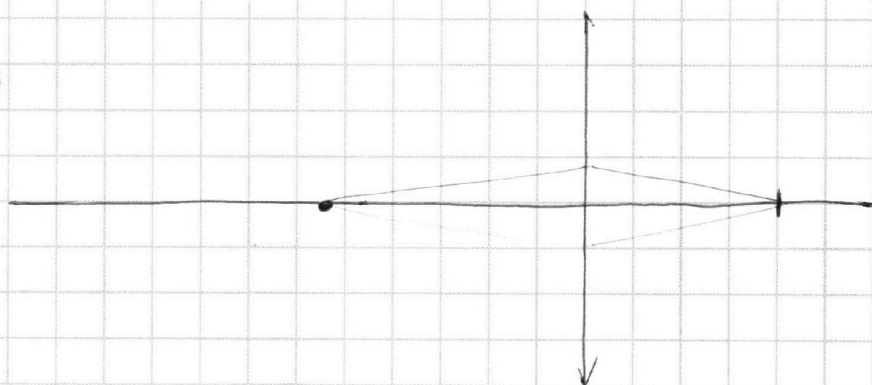
$$\frac{1}{1,1F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\left(\frac{10}{10} + 1\right) \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

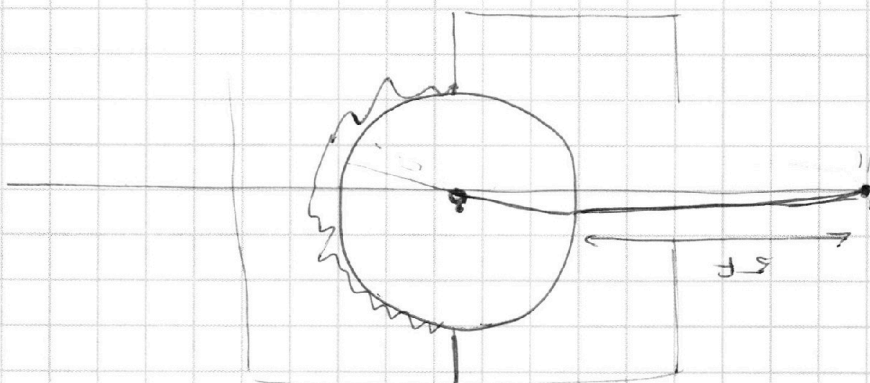
$$\frac{10}{10} \cdot \frac{1}{F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F} \left(1 - \frac{10}{10}\right)$$

$$\boxed{f = 11F}$$



$$R = 0,5F$$





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 _____ ИЗ _____

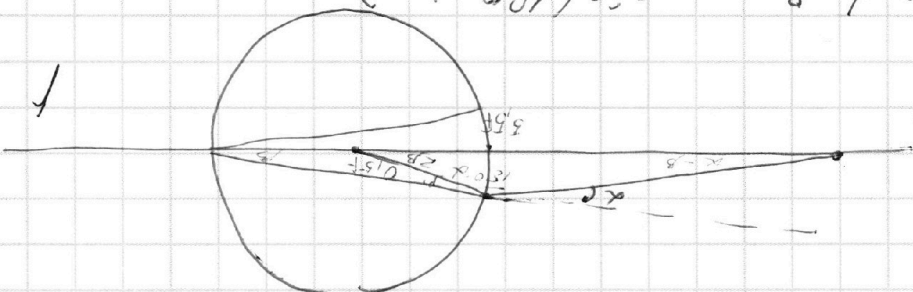
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Поряд. QR-кода неопределяется!

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	

$$\begin{aligned} 11\alpha - 11\beta &= \alpha + \beta \\ 10\alpha &= 12\beta \\ \alpha &= \frac{6\beta}{5} = 1,2\beta \\ n &= 1,2 \end{aligned}$$

$$\frac{\alpha - \beta}{11} = \frac{\alpha + \beta}{11}$$

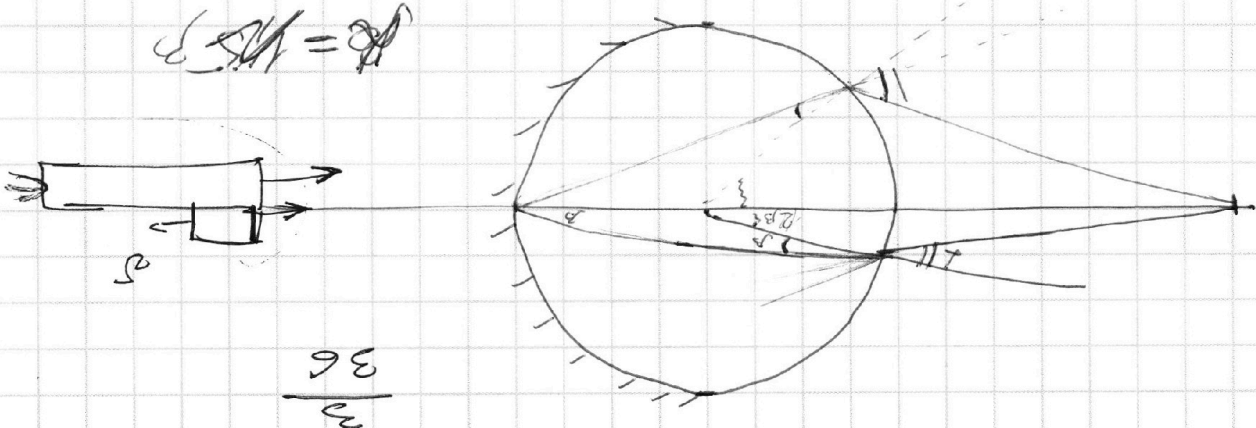
$$\sin \alpha - \beta = \sin(180 - \alpha - \beta) = \frac{0,5F}{0,5F}$$



$$\begin{aligned} 180 - \alpha - \beta + 2\beta &= \alpha - \beta \end{aligned}$$

$$\frac{6}{3-2}$$

$$\alpha = 11,5\beta$$



$$\frac{36}{3}$$

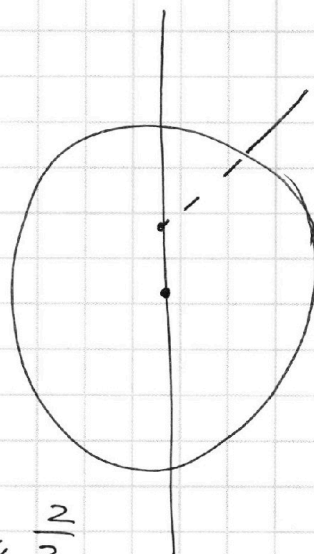
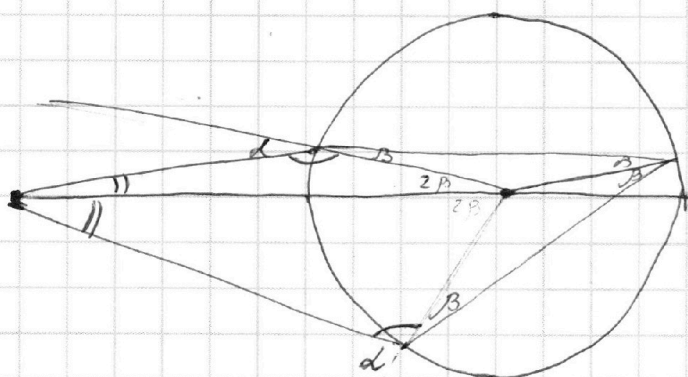


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

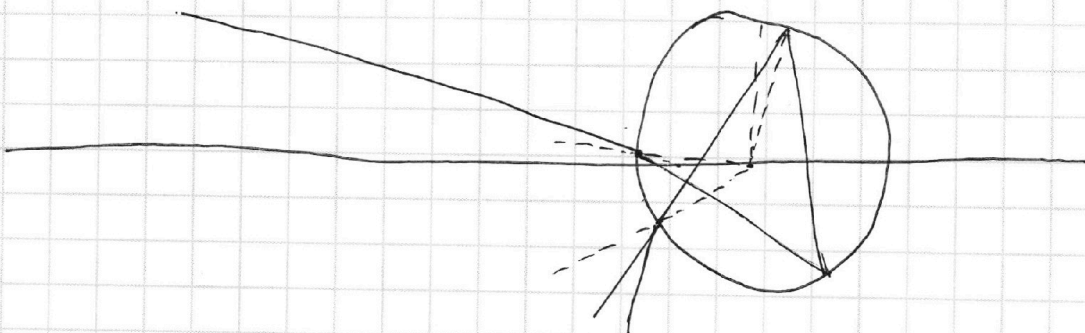
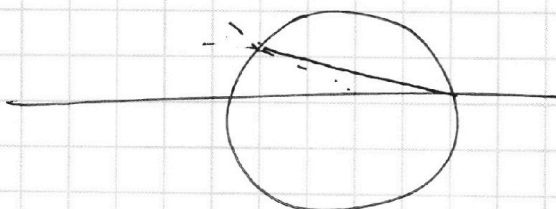
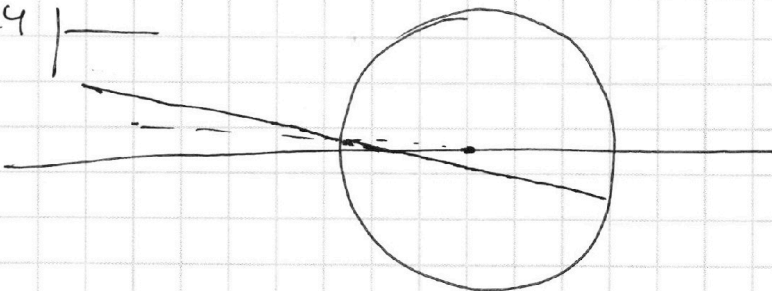


$$\frac{3}{8}$$
$$\times 74$$
$$\underline{3}$$
$$222$$

$$105 - 30\frac{1}{3} = 75 - \frac{1}{3} = 74\frac{2}{3}$$

$$224 \mid$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 97 \\ \times 2 \\ \hline 194 \end{array}$$



$$4 = \frac{1}{1} = \frac{1}{8} - 1$$



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.

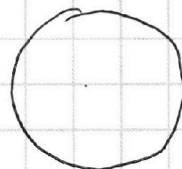
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ 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!

$$kX = (M+m) \frac{dv}{dt}$$

$$dt = \frac{M+m}{k} \cdot \frac{dv}{X}$$



$$dt = \frac{M+m}{k} \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}} \cdot \cot \varphi \frac{dv}{v}$$

$$dt = \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \cot \varphi \cdot \frac{dv}{\cos \varphi \cdot v_0}$$

$$dt = \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \frac{1}{v_0} \cdot \frac{1}{\sin \varphi} \cdot dv$$

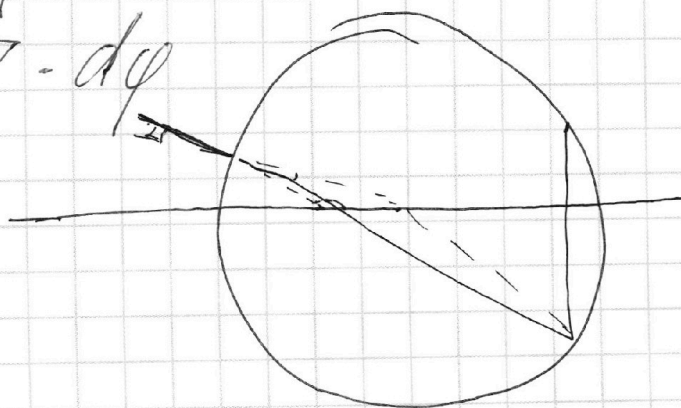
$$dv = v_0 (\cos(\varphi + d\varphi) - \cos \varphi)$$

$$\frac{dv}{v_0} = \cos \varphi \cdot \cos d\varphi - \sin \varphi \cdot \sin d\varphi - \cos \varphi$$

$$dv = -v_0 \sin \varphi \cdot d\varphi$$

$$dt = -\sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \frac{1}{\sin \varphi} \cdot \sin \varphi d\varphi$$

$$dt = -\sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot d\varphi$$





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!

N2

 $\nu_{\text{нар}}, \nu_{\text{возг}}$

$$p_{\text{г7}} = 91 \text{ кПа}$$

$$p_1 + p_{\text{возг}} = p_0$$

$$\varphi_0 = \frac{p_1}{p_{\text{г7}}} = \frac{1}{3}$$

$$p_{\text{возг}} V_0 = \nu_{\text{возг}} R \cdot T$$

$$p_1 = \frac{91}{3} \text{ кПа}$$

$$p_1 V_0 = \nu_{\text{нар}} R T$$

 $p_0 - \text{const}$ $\varphi = 1$ - конденсация

$$\frac{91}{3} \text{ кПа} =$$

$$p_{t^*} V = \nu_{\text{нар}} R t^*$$

$$= 30 \frac{1}{3}$$

$$(p_0 - p_{t^*}) V = \nu_{\text{возг}} R t^*$$

$$\frac{p_0 - p_{t^*}}{p_{t^*}} = \frac{\nu_{\text{возг}}}{\nu_{\text{нар}}} = \frac{p_{\text{возг}}}{p_1} = \frac{p_0 - p_1}{p_1}$$

$$p_0 \cdot V_0 = (\nu_{\text{нар}} + \nu_{\text{возг}}) R t^*$$

$$p_{t^*} = p_1$$

$$t^* = 69 \frac{1}{3} ^\circ \text{C}$$

$$p_0 \cdot V_0 = (\nu_{\text{нар}} + \nu_{\text{возг}}) R t_0$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{t^*}{t_0}$$

$$p \cdot V_1 = \nu_{\text{нар}} R t^*$$

$$p \cdot \frac{t^*}{t_0} V_0 =$$



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.



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!

$$p_k = 15 \text{ кПа}$$

$$v_{\text{возг}} = \frac{(p_0 - p_1) V_0}{R \cdot t_0}$$

$$p_k \cdot V = v_{\text{нар}} \cdot R \cdot t$$

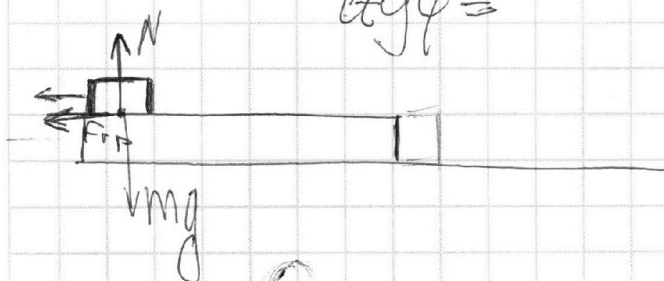
$$(p_0 - p_k) \cdot V = v_{\text{возг}} \cdot R \cdot t$$

$$(p_0 - p_k) \cdot V = (p_0 - p_1) \cdot V_0 \cdot \frac{t}{t_0}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(p_0 - p_1)}{p_0 - p_k} \cdot \frac{t}{t_0}$$

$$\frac{V}{V_0} = \dots$$

N 1



$$\text{tg} \varphi =$$

$$k \cdot x_1 = (M + m) a$$

$$N = mg$$

$$\mu N = ma$$

$$\mu mg = ma$$

$$a = \mu g$$

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

$$x_1 = \frac{(M + m) \mu g}{k}$$

$$kx = (M + m) a$$

$$dx = v \cdot dt$$

$$kx = (M + m) \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} = a$$

$$\frac{v}{x}$$

$$\frac{1}{x} =$$

$$x = \text{tg} \varphi \cdot \sqrt{\frac{M + m}{k}} \cdot v$$