



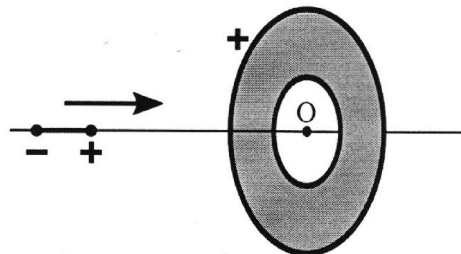
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

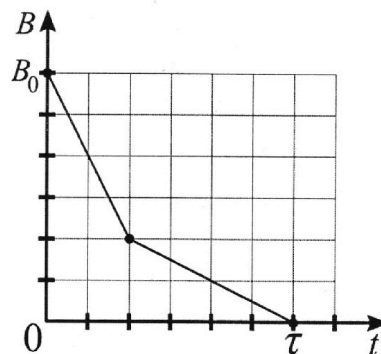
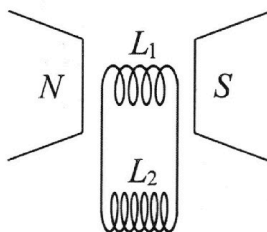


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



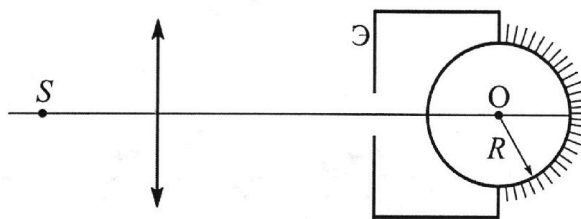
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8F/3$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 2F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



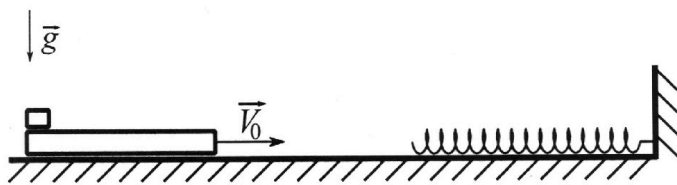
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

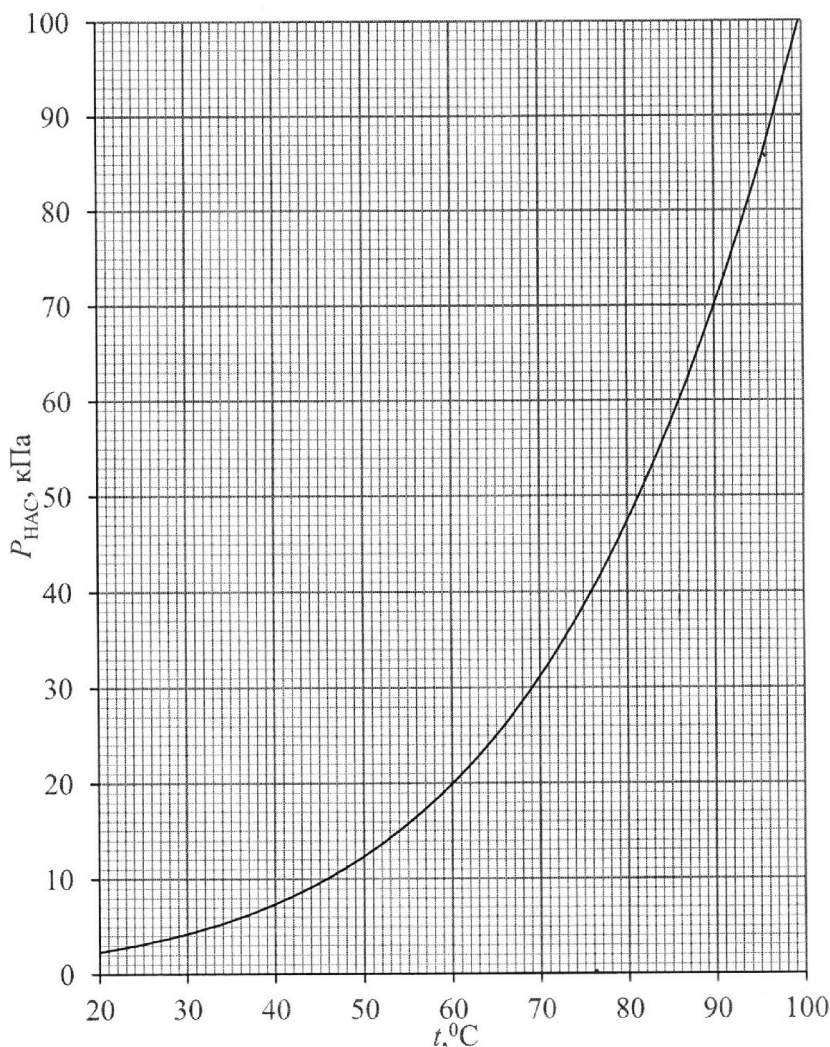


1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости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

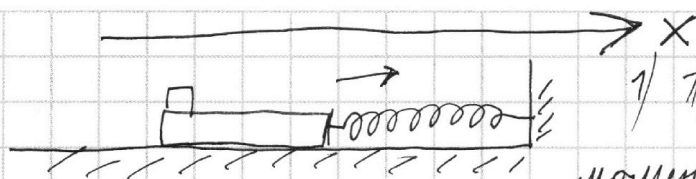


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

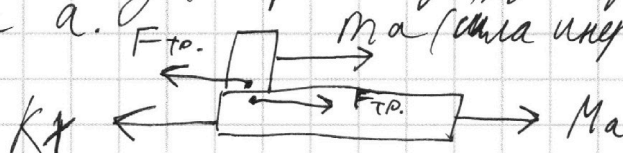
СТРАНИЦА
1 из 3

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) Пусть в данный момент ускорение у доски a . Проскальзывание только началось, значит ускорения у бруска и доски ещё не успели поменяться, а сила трения достигла максимального значения.

Рассмотрим систему (инерциальную), движущуюся с ускорением a .



Запишем 2-й закон Ньютона:

$$\begin{cases} m a = F_{\text{тр.}} \\ M a = Kx - F_{\text{тр.}} \end{cases} \rightarrow \frac{M}{m} = \frac{Kx - F_{\text{тр.}}}{F_{\text{тр.}}} = \frac{Kx}{F_{\text{тр.}}} - 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Kx = \left(\frac{M}{m} + 1\right) F_{\text{тр.}}$$

Ответ 1: $X = \left(\frac{M}{m} + 1\right) \frac{F_{\text{тр.}}}{K} = \left(\frac{M}{m} + 1\right) \frac{\mu mg}{K} = \frac{(M+m) \mu g}{K} =$
 $= \frac{(2+1) \cdot 0,3 \cdot 10}{27} = \frac{9}{27} = \frac{1}{3} \text{ м} - 1\text{-й ответ}$

2) Когда груз и доска соприкоснулись с пружиной, они начинают совершать колебания до момента, пока пружина их не вытолкнет.

Частота колебаний $= \omega = \sqrt{\frac{K}{M+m}}$ - ~~до момента~~

Запишем выражение для координаты X от времени



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!

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

$$\dot{x}(0) = v_0 = \omega A \underset{1}{\cos \omega t} - \omega B \underset{0}{\sin \omega t}$$

$$v_0 = \omega A \Rightarrow A = \frac{v_0}{\omega} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x(t) = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

Относ. движение начинается, когда $x = \frac{(M+m)mg}{K}$

$$\frac{(M+m)mg}{K} = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{K}} \sin\left(\sqrt{\frac{K}{M+m}} \cdot t\right)$$

$$mg \sqrt{\frac{M+m}{K}} = v_0 \sin\left(\sqrt{\frac{K}{M+m}} \cdot t\right) \quad \text{Подставим числа}$$

$$0,3 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{2+1}{27}} = 2 \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{27}{3}} t\right)$$

$$3 \cdot \frac{1}{3} = 2 \sin(3t) \Rightarrow \frac{1}{2} = \sin 3t$$

$$3t = \frac{\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{\pi}{18} \text{ c} \approx \frac{1}{6} \text{ c} - \text{ответ 2}$$

3) Возьмём производную от функции $x(t)$ два раза, чтобы получить ускорение системы.

$$\ddot{x}(t) = -\omega^2 \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t = -\omega v_0 \sin \omega t$$



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
☐

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!

При этом заметим, что максимальное сжатие произойдет через время $\frac{T}{4}$ где T — период, тогда $\omega T = \frac{2\pi}{T} T = 2\pi \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$

$$\ddot{x}(t) = a_x = -\sqrt{\frac{k}{M+m}} v_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4}\right)$$

$$a_x = -\sqrt{\frac{k}{M+m}} v_0 \sin \frac{\pi}{2}$$

$$a_x = -\sqrt{\frac{k}{M+m}} v_0, \text{ тогда } |a_x| = a = v_0 \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$$a = 2 \cdot \sqrt{\frac{27}{2+1}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

↑
Ответ 3 (формульно)
← (численно)



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 1

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

- 1) Из графика найдём, что давл. Н.П. = 60 кПа
Тогда парциальное давление = $\varphi_0 p_{\text{нп}} = 40 \text{ кПа}$

Ответ 1

- 2) Давление воздуха будет постоянным пока весь пар не сконденсируется. Тогда t^* — температура, при которой 40 кПа — давление насыщенного пара. Из графика $t^* = 76^\circ\text{C}$

Ответ 2

- 3) После того как весь пар сконденсируется, давление воздуха станет равным давлению парника P_0 (тока пар конденсируется смесь не охлаждается). Запишем ур-ие Менг. Клапейрона для воздуха в моменты начала ($t = 86^\circ\text{C}$) и конца ($t = 46^\circ\text{C}$)

$$\begin{cases} (P_0 - P_{\text{нп}} \cdot \varphi_0) V_0 = \nu R T_0 \\ P_0 V = \nu R T \end{cases} \quad \frac{V}{V_0} \frac{P_0}{P_0 - P_{\text{нп}} \varphi_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T (P_0 - P_{\text{нп}} \varphi_0)}{T_0 P_0} = \frac{T}{T_0} \left(1 - \frac{P_{\text{нп}} \varphi_0}{P_0} \right) \approx \frac{2}{3}$$

$$= \frac{319 \cdot 11}{359 \cdot 15} = \frac{3509}{5385} \approx \frac{2}{3} \quad \text{← Ответ 3}$$

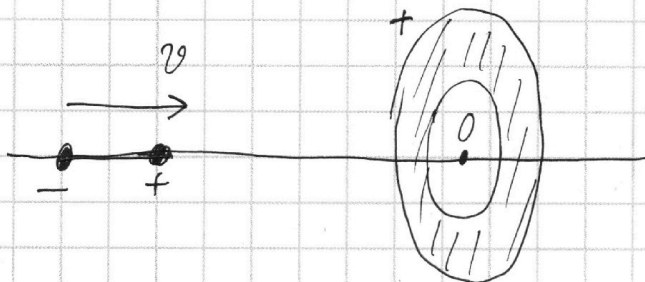


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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) Мин. скорость для пролёта означает, что диполь останется в центре диска. Пусть работа, которую совершило поле $= A$. Тогда $A = \frac{mv_0^2}{2}$

$$\text{Если нач. кин. энергия} = \frac{m(2v_0)^2}{2} = 2mv_0^2$$

то при пролёте диполя к центру, работа $\neq$ поля также будет A . Тогда запишем закон сохранения энергии:

$$2mv_0^2 = A + \frac{mv_c^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_c^2}{2}, \text{ где}$$

v_c — скорость в центре диска

$$\Rightarrow 3v_0^2 = v_c^2 \Rightarrow v_c = v_0\sqrt{3} \text{ — Ответ 1.}$$

2) На оба заряда действует эл. поле, оно разное. Рассмотрим, куда будет направлено суммарное поле:



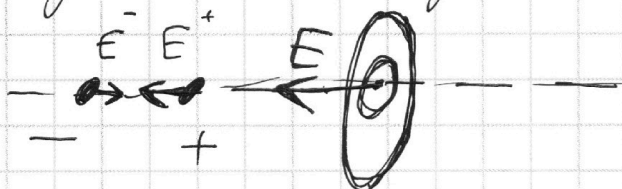
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

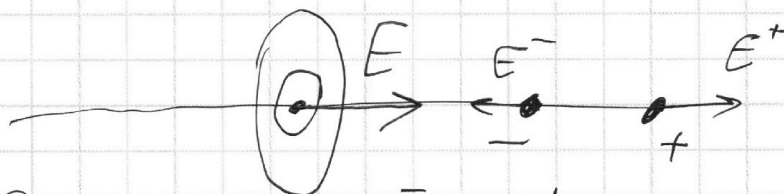
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

а) когда диполь слева от диска



Чем ближе заряд к диску, тем ~~меньше~~ более сильное поле на него действует. Тогда в первом случае суммарное поле направлено влево, а значит и ускорение влево.

б) когда диполь справа от диска



Теперь наоборот, поле $E^- > E^+$, значит сумм. поле опять влево, также как ускорение.

Приведем в силу того, что диск симметрично создаст поле и влево и вправо, можно утверждать, что при подъёме диполя ~~на ∞ из центра~~ ^{с какой-то высоты} в центр и ~~в центре~~ ^{из центра} совершается одинаковая работа $= A$ ~~(до установившегося состояния)~~

Тогда суммарная работа будет $2A$ или mv_∞^2

$$ЗЦЗ: 2mv_\infty^2 = mv_0^2 + \frac{mv_\infty^2}{2} \Rightarrow \cancel{v_\infty^2 = v_0^2}$$

$$\Rightarrow v_\infty = v_0 \sqrt{2} - \text{скорости на бесконечности}$$

~~Итого~~



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!

Причём, так как ускорение всегда
~~на~~ направлено влево, то максимальная
скорость равна начальной, а минимальная
конечной, то есть v_∞

Тогда разность $= 2v_0 - v_\infty = \Delta v$

$$\Delta v = v_0(2 - \sqrt{2}) - \text{Ответ на 2й вопрос}$$



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) Сопротивления у катушек нет, значит суммарный ток должен сохраняться.

Начальный ток $\Phi_0 = B_0 n S_1$

В конце $B(\text{внешнее}) = 0$, а ток равен Φ_0 ,

он распределён в катушках, которые включены последовательно. Тогда $B_0 n S_1 = (L_1 + L_2) I_0$

$$I_0 = \frac{B_0 n S_1}{5L} - \text{ответ на 1й вопрос}$$

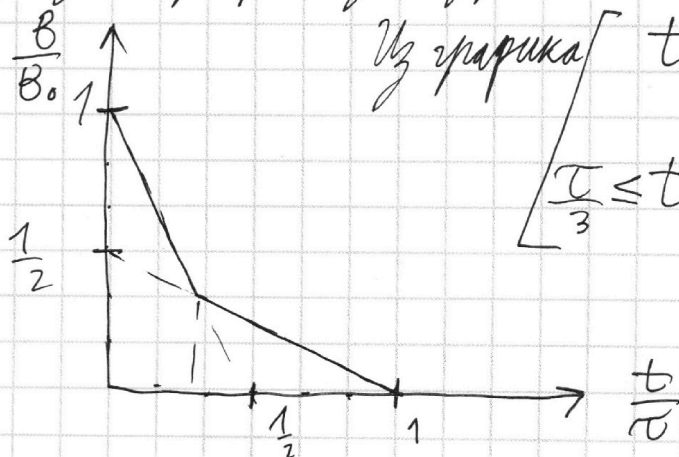
2) Изменение внешнего поля приводит к возникновению тока, а значит поля в катушках.
Иначе говоря:

$$-\frac{d\Phi}{dt} = 5L \frac{dI}{dt}$$

или $-\frac{dB}{dt} n S_1 = 5L \frac{dI}{dt}$, ~~значит~~ где $\frac{dB}{dt}$ можно найти, как коэф. наклона прямой на графике.

$$\int_0^I dI = - \int_{B_0}^B \frac{n S_1}{5L} dB, \text{ тогда } I = B n \frac{S_1}{5L}$$

Нерисуем график для удобства



Из графика $t \leq \frac{\tau}{3} : B = B_0 \left(1 - \frac{2t}{\tau}\right)$

$\frac{\tau}{3} \leq t \leq \tau : B = B_0 \left(1 - \frac{t}{2\tau}\right)$



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 ☐

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!

Заряд, прошедший через катушку $dq = I dt$

то-есть $dq = \left(\frac{B_0 n S_1}{5L} - \frac{B n S_1}{5L} \right) dt = \frac{B_0 - B}{5L} dt$

Отрезок времени $t \leq \frac{\tau}{3}$; $dq = \left(B_0 - B_0 + \frac{2t B_0}{\tau} \right) \frac{n S_1}{5L} dt$

$dq = \frac{2t}{\tau} B_0 \frac{n S_1}{5L} dt$ Проинтегрируем это выражение:

$q_I = \frac{2 B_0 n S_1}{5L \tau} \cdot \frac{t^2}{2} \Big|_0^{\frac{\tau}{3}} = \frac{2 B_0 n S_1}{5L \tau} \cdot \frac{\tau^2}{9} = \frac{2 B_0 n S_1 \tau}{45 L}$

Отрезок $\frac{\tau}{3} \leq t \leq \tau$

$q_{II} = \int_{\frac{\tau}{3}}^{\tau} dq = \int_{\frac{\tau}{3}}^{\tau} \frac{t - \frac{\tau}{3}}{\tau} \cdot B_0 \frac{n S_1}{5L} dt$

$q_{II} = \frac{B_0 n S_1}{10 \tau L} \cdot \frac{4\tau^2}{9 \cdot 2} = \frac{B_0 n S_1 \tau}{L} \cdot \frac{1}{45}$

Тогда суммарный заряд, протекающий через катушки, а значит и через катушку 1 =

$= q_{\Sigma} = q_I + q_{II} = \frac{3}{45} \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$

$q_{\Sigma} = \frac{1}{15} \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$ — Ответ на 2й вопрос



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 5

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!

Подставим x_1 и R : $\frac{n-1}{F/3} = \frac{1}{5F/3} + \frac{n}{x_2}$

$$\frac{x_2}{n} = \frac{\frac{5}{3}F \cdot \frac{F}{3(n-1)}}{\frac{5F}{3} - \frac{F}{3(n-1)}} \Rightarrow x_2 = \frac{5Fn}{3(n-1)\left[5 - \frac{1}{n-1}\right]}$$
$$= \frac{5Fn}{3(5(n-1)-1)} = \frac{5Fn}{3(5n-6)}$$

Теперь лучи идут к зеркалу; запишем формулу сфер. зеркала:

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{2R-x_2} + \frac{1}{d'} \rightarrow d' = \frac{\frac{R}{2}(2R-x_2)}{\frac{3}{2}R-x_2}$$

Это новый источник для линзы, который нах. на расстоянии $\frac{8}{3}F + 2F + 2R - d'$ и оно (из обратимости хода лучей) равно $3F$
тогда $3F = \frac{8}{3}F + 2F + 2R - d'$

$$d' = \frac{5}{3}F + \frac{2}{3}F = \frac{7}{3}F$$

$$\frac{R(R - \frac{x_2}{2})}{\frac{3}{2}R - x_2} = \frac{R(2R - x_2)}{3R - 2x_2} = \frac{7}{3}F$$



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.

☐☐☐☐☒☐☐

СТРАНИЦА
5 из 5

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!

$$6R^2 - 3RX_2 = 21RF - 14FX_2$$

$$6 \cdot \frac{F^2}{9} - FX_2 = 7F^2 - 14FX_2$$

$$\frac{2}{3}F - X_2 = 7F - 14X_2$$

$$13X_2 = \left(7 - \frac{2}{3}\right)F = \frac{19}{3}F$$

$$X_2 = \frac{19}{39}F, \text{ теперь подставим } X_2$$

$$\frac{19}{39}F = \frac{5Fn}{15n-18} \rightarrow 19 \cdot 15n - 18 \cdot 19 = 5 \cdot 39n$$

$$n = \frac{18 \cdot 19}{19 \cdot 15 - 5 \cdot 39} = \frac{6 \cdot 19}{5 \cdot 19 - 5 \cdot 13} = \frac{114}{6 \cdot 5} =$$

$$= \frac{114}{30} = \frac{38}{10}$$

$$\boxed{n = 3,8} - \text{Ответ на 2й вопрос}$$



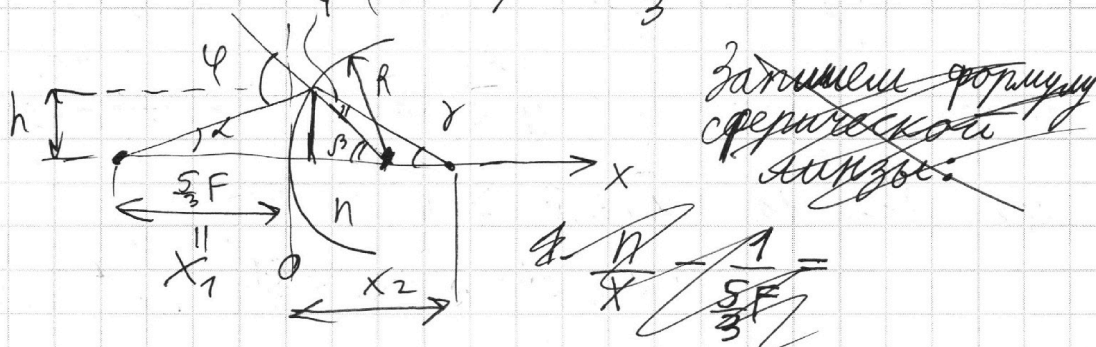
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 5

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) После перемещения шара лучи уже не пройдут к его центру, а будут испытывать преломление. Расстояние от изобр. в линзе (нового источника) до шара теперь $(\frac{14}{3} - 3)F = \frac{5}{3}F = X_1$



$$\begin{cases} X_1 \alpha = h \\ X_2 \gamma = h \end{cases}$$

$$R \beta = h$$

$$\psi = \alpha + \beta$$

$$\beta = \psi + \gamma$$

$$\psi = n \psi$$

Синусус

Внешние углы

$$\alpha = \frac{h}{X_1}$$

$$(\beta - \psi) = \frac{h}{X_2} \rightarrow \beta = \frac{h}{X_2} + \psi \rightarrow \psi = \frac{h}{X_1} + \frac{h}{X_2} + \psi = n \psi$$

$$\frac{h}{X_1} + \frac{h}{X_2} = \psi(n-1) \text{ где } \psi =$$

$$\beta = \frac{h}{R} \Rightarrow \frac{h}{X_2} + \psi = \frac{h}{R} \rightarrow \alpha + \beta = \frac{h}{R} + \frac{h}{X_1} = n \left(\frac{h}{R} - \frac{h}{X_2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{n-1}{R} = \frac{1}{X_1} + \frac{n}{X_2} - \text{формула сфер. линзы}$$



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 5

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!

Известно, что после прохождения линзы изображение будет совпадать с источником.

Затем формулу тонкой линзы.

$$\frac{1}{b''} + \frac{1}{\frac{3}{2}F} = \frac{1}{F}$$

$$b'' = \frac{\frac{3}{2}F \cdot F}{\frac{3}{2}F - F} = 3F = \frac{8F + 2R - R(6R - F)}{9R - 2F}$$

Умножим всё на $3(9R - 2F)$

$$9F(9R - 2F) = 8F(9R - 2F) + 6R(9R - 2F) - 3R(6R - F)$$
$$81FR - 18F^2 = 72FR - 16F^2 + 54R^2 - 12FR - 18R^2 + 3FR$$

После преобразований получим: $F^2 - 9FR + 18R^2 = 0$

Решая относительно R получим $R_{1,2} = \frac{9F \pm 3F}{36}$

$$R_1 = \frac{1}{3}F, R_2 = \frac{1}{6}F$$

Знаю, что лучи $\&$ при прохождении границы из воздуха - шар не преломятся только в

том случае, если они направлены

к центру. В нашем случае рассм. от центра

шара до его края от изображения в линзе

до точки шара, ближайшей к линзе

равно $9F - \frac{8}{3}F = \frac{F}{3}$, поэтому $R = \frac{F}{3}$ Ответ 1



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

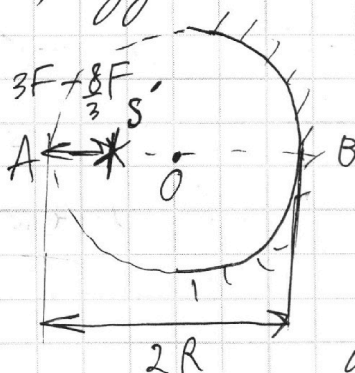
СТРАНИЦА
2 из 5

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!

Затimme формулу тонкой линзы: $\frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$

$$b = \frac{F \cdot \frac{3}{2}F}{\frac{3}{2}F - F} = \boxed{3F} - \text{расстояние от линзы}$$

до ~~из~~ изображения. Если в системе положение изображения не зависит от n , то это значит, что можно не учитывать преломления на поверхности шара и "смещенные" изображения от этих преломлений. Тогда будем записывать формулу сферического зеркала так, будто оно находится в воздухе.



$$AS' = 3F - \frac{8}{3}F = \frac{F}{3}$$

тогда расст. а до полюса зеркала равно $2R - \frac{F}{3}$

Затimme формулу сфер. зеркала,

считая что источник теперь

находится в S' .

$$\frac{1}{2R - \frac{F}{3}} + \frac{1}{b'} = \frac{2}{R}$$

(фокус находится на расст. $\frac{R}{2}$ от полюса)

$$\Rightarrow b' = \frac{\frac{R}{2} \cdot (2R - \frac{F}{3})}{2R - \frac{R}{2} - \frac{F}{3}} = \frac{R(6R - F)}{9R - 2F} - \text{теперь}$$

это новый источник для линзы.

Расстояние от него до линзы равно:

$$\frac{8}{3}F + 2R - b' = b'' = \frac{8}{3}F + 2R - \frac{R(6R - F)}{9R - 2F}$$



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!

$$X_2 = \frac{7 - \frac{6}{9}}{13} F = \frac{63 - 6}{9 \cdot 13} F = \frac{57}{9 \cdot 13} F =$$

$$= \frac{19}{39} F \text{ теперь подставим } X_2$$

$$\frac{5F}{15n - 18} = \frac{19}{39} F \rightarrow 39 \cdot 5 = 19 \cdot 15n - 19 \cdot 18$$

$$n = \frac{39 \cdot 5 + 19 \cdot 18}{19 \cdot 15} =$$

$$= \frac{\cancel{195} + 342}{285} = \frac{13 \cdot 5 + 19 \cdot 6}{19 \cdot 5} =$$

$$= \frac{13}{19} + \frac{6}{5} = \frac{179}{95} \approx \boxed{2,1}$$

$$\frac{n-1}{F/3} = \frac{1}{5F/3} + \frac{1}{X_2}$$

$$\frac{3(n-1)}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{X_2}$$

$$\frac{n-1}{F} = \frac{1}{5F} + \frac{1}{3X_2}$$

$$3X_2 = \frac{5F \cdot F}{n-1} = \frac{5F - \frac{F}{n-1}}{5F - \frac{F}{n-1}}$$

$$= \frac{5F}{5(n-1) - 1} = \frac{5F}{35n - 6}$$



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!

Подставим x_1 и R : $\frac{n-1}{F/3} = \frac{1}{\frac{5}{3}F} + \frac{1}{x_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow x_2 = \frac{5F}{3[5n-6]}$. Для зеркала:

$\frac{2}{R} = \frac{1}{2R-x_2} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d' = \frac{\frac{R}{2}(2R-x_2)}{2R-\frac{R}{2}-x_2} = \frac{19}{11} \frac{6}{4}$
30+8

$= \frac{R(R-\frac{x_2}{2})}{\frac{3}{2}R-x_2} = \frac{R(2R-x_2)}{3R-2x_2}$ - расстояние

от полюса зеркала до изобр. от зеркала.
Тогда расстояние до линзы будет

~~$2R + 2F + \frac{8}{3}F$~~ $\left[2F + \frac{8}{3}F + 2R - d' \right]$

и, учитывая, что этот источник создаст изображение на расстоянии $\frac{3}{2}F$ от линзы,
то оно равно $3F$

$\Rightarrow 3F = 2F + \frac{8}{3}F + 2R - d' \Rightarrow d' = \frac{7}{3}F$

Подставим d' : $\frac{R(2R-x_2)}{3R-2x_2} = \frac{7}{3}F$

$6R^2 - 3Rx_2 = 21RF - 14Fx_2$

$\frac{6}{9}F^2 - x_2F = 7F^2 - 14Fx_2$

1241232



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.

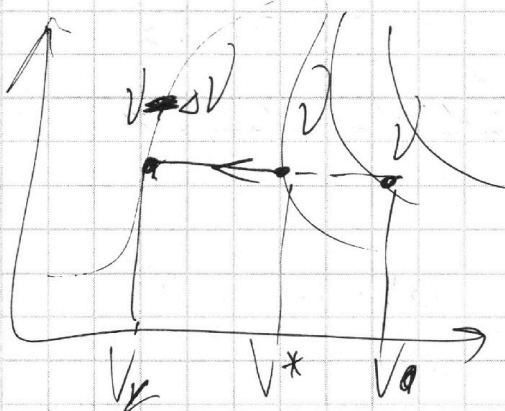
1 ☐ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

С момента когда температура ~~ска~~
броисаодит

т.к. объёмом образовавшейся воды можно
пренебречь, то можно записать



$$\frac{V^*}{V} = \frac{V}{V - \Delta V}$$
$$\begin{array}{r} \times 359 \\ 15 \\ \hline 1795 \\ 359 \\ \hline 5385 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \textcircled{V - \Delta V} \\ + 273 \\ 46 \\ \hline 319 \end{array}$$

$$V_0 R T_0 = (P_0 - P_{\text{Hn}}) V_0$$

$$\begin{array}{r} + 273 \\ 86 \\ \hline 359 \end{array}$$

$$V_0 R T = P_0 V_k$$

$$\frac{273 + 46}{273 + 86} \left(1 - \frac{40}{150} \right) =$$

$$\begin{array}{r} 359 \overline{) 11} \\ - 33 \\ \hline 29 \overline{) 3} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 359 \overline{) 3509} \\ - 3509 \\ \hline 18760 \\ - 17549 \\ \hline 1215 \end{array}$$

$$= \frac{273 + 46}{273 + 86} \left(\frac{11}{15} \right) = \frac{319 \cdot 11}{359 \cdot 15}$$

$$\begin{array}{r} \times 399 \\ 11 \\ \hline 319 \\ 319 \\ \hline 3509 \end{array}$$



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.

☐☒☒☐☐☐☐

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!

1) Из графика давление насыщ. пара равно 60 кПа
тогда парц. давление пара равно $40 \cdot 60 =$
 $= 40 \text{ кПа}$ — Ответ на 1-й вопрос $= p_{п1}$

2) Если началась конденсация, значит пар стал насыщенным.

~~При этом давление воздуха остаётся постоянным, т.к. оно определяется давлением поршня и равно $150 - 40 = 1$.~~

~~Давление смеси остаётся постоянным, т.к. оно определяется давлением поршня.~~

~~Ур-ня Менг. Клапейрона: $V_0 R T_0 = (p_0 - p_{п1}) V_0$
 $V_0 R T^* = (p_0 - p_{п(T^*)}) V$~~

~~При этом давление воздуха остаётся постоянным, т.к. определяется давлением поршня. Значит нужно найти на графике такую температуру T^* , при которой давление пара 40 кПа — давление насыщенного пара.~~

~~Это 76°C~~

$T^* = 76^\circ \text{C}$ — Ответ на 2-й вопрос



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!

Подставим значения x_1 и R

$$d' = \frac{5}{3}F + 2R$$

$$\frac{n-1}{\frac{F}{3}} = \frac{1}{\frac{5}{3}F} + \frac{1}{x_2} \rightarrow x_2 = \frac{F}{3(n-1)} \cdot \frac{5}{3}F$$
$$d' = \frac{5}{3}F + 2 \cdot \frac{5}{3}F = \frac{7}{3}F$$

Теперь в этой точке находится источник света линзы, который даст изображение там, где был начальный источник.

$$\text{Расстояние до линзы равно } x_2 + 2F + \frac{8}{3}F =$$

$$= \frac{14}{3}F + x_2. \text{ Запишем формулу тонкой линзы.}$$

$$\frac{1}{\frac{14}{3}F + x_2} + \frac{1}{\frac{3}{2}F} = \frac{1}{F}$$

тогда

$$x_2 = \frac{F}{3(n-1)} \cdot \frac{5}{3}F = \frac{F \cdot 5}{3(n-1)}$$

Для зеркала:

$$\frac{1}{2R - x_2} + \frac{1}{d'} = \frac{2}{R}$$

$$= \frac{5F}{3(5(n-1)-1)} = \frac{5F}{3(5n-6)}$$

$$\frac{1}{\frac{2}{3}F - \frac{5F}{3(5n-6)}} + \frac{1}{d'} = \frac{6}{F}$$

$$d' = \frac{F}{6} \cdot \left[\frac{2}{3}F - \frac{5F}{3(5n-6)} \right]$$

$$\frac{\frac{2}{3}F - \frac{5F}{3(5n-6)}}{\frac{F}{6}} - \frac{F}{6}$$



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!

$$J = (B_0 - B) \frac{n S_1}{5L} = \frac{B_0 n S_1}{5L} - \frac{B n S_1}{5L} = I_0 - \frac{B n S_1}{5L}$$

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

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

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$B = B_0$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{2\tau}$$

$$\sqrt{2}$$

$$1) \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ кПа}$$

$$P_{\text{возд}} = 110 \text{ кПа}$$

конденсация $\Rightarrow$ пар насыщенный

$$P_k = P_0 - P_b$$

$$S$$

$$\frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$B = \frac{F \cdot \frac{3}{2}F}{\frac{F}{2}} = 3F$$

$$\frac{1}{\left(3 - \frac{8}{3}\right)F} + \frac{1}{d} = \frac{n}{R}$$

$$\frac{3}{F} + \frac{1}{d} = \frac{n}{R}$$

глицерин

0,2

0,70

0,70

0,70

0,70

0,70

0,70

0,70

0,70

0,70

0,70