



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

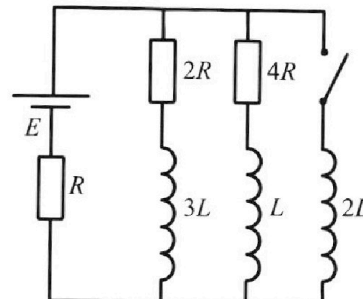
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



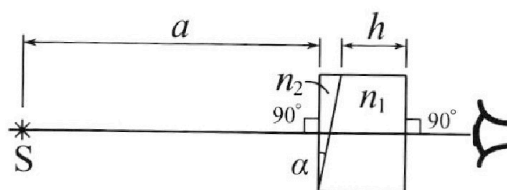
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



(см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



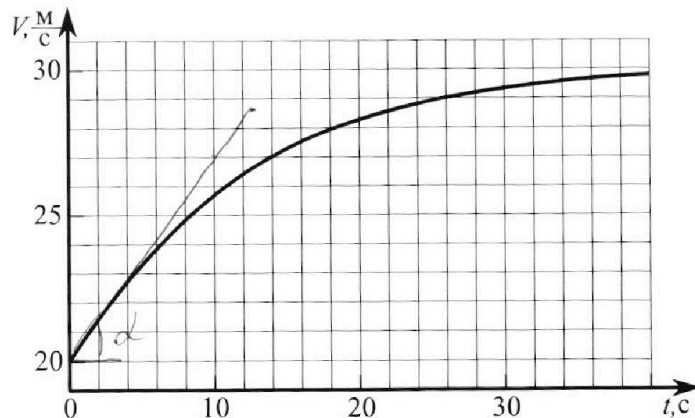
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 200$ Н.



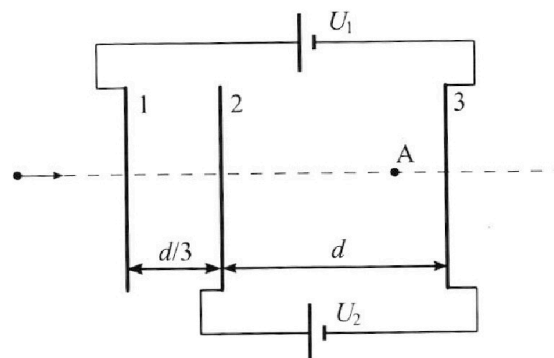
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность числового ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объёме жидкости ν пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = k\nu p$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ и $U_2 = U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



н!

Дано: $m = 240 \text{ кг}$

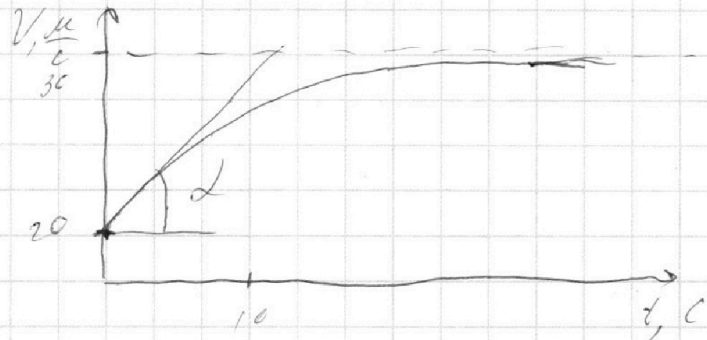
Решение: Укажи рисунок.

$F_k = 200 \text{ Н}$

1) $\alpha_0 = ?$

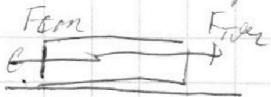
2) $F_0 = ?$

3) $\frac{N_1}{N_0} = ?$



1) $\alpha_0 = \dot{V}$ — по определению, тогда проведем касательную на графике (для любой точки на возмущающей функции $\dot{V}$), также наклона этой касательной ко оси t & α_0 легко равен α_0 , по графику $\alpha_0 = \frac{7 \text{ м/с}}{10} = 0,7 \text{ рад/с}$.

2) Т.к. мощность $N = \text{const}$, то рассмотрим момент когда разгон тела прекратится, из графика видно, что $V_{\text{гет}} \rightarrow 30 \text{ м/с}$, т.к. $N = F_{\text{тяги}} \cdot V$, то $N = F_k \cdot V_{\text{гет}} = F_{\text{тяги}} \cdot V_0$, из графика мощности



$$F_{\text{тяги}} - F_0 = m \alpha_0 \Rightarrow F_0 = F_k \frac{V_{\text{гет}}}{V_0} - m \alpha_0$$

$$F_0 = 200 \text{ Н} \cdot \frac{30}{20} - 240 \cdot \frac{7}{10} \text{ Н} = 300 \text{ Н} - 168 \text{ Н} = 132 \text{ Н}$$

$$3) N_0 = F_0 \cdot V_0, N_1 = F_k \cdot V_{\text{гет}} = F_{\text{тяги}} \cdot V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{N_1}{N_0} = \frac{F_0 V_0}{F_{\text{тяги}} V_{\text{гет}}} = \frac{132 \cdot 20}{200 \cdot 30} = \frac{44}{100} = 0,44$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Ответ: 1) $a_0 = 0,7 \text{ м/с}^2$; 2) $F_0 = 13,2 \text{ Н}$

$$3) \frac{N_1}{N_0} = 0,44$$

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Дано:

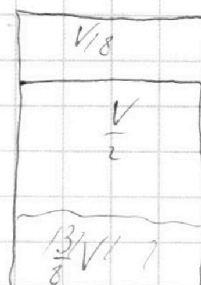
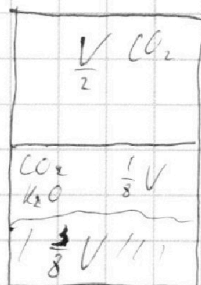
$$T = \frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K}$$

$$\Delta \dot{V} = \kappa p w$$

$$\kappa = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

р 2



1) Т.к. при температуре T_0 давлением паров кас. паров

можно пренебречь, то $\dot{V}_{\text{испар}} \approx 0$, тогда

1) $\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = ?$

2) $p_0 = ?$

$$\begin{aligned} p_0 \frac{V}{2} &= \dot{V}_1 R T_0 \\ p_0 \frac{V}{8} &= \dot{V}_2 R T_0 \end{aligned} \Rightarrow \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = 4$$

2) Найдём конечное давление из уравнения состояния для верхнего газа:

$$p_0 \frac{V}{2} = \dot{V}_1 R T_0$$

Т.к. паровое давление,

$$p \frac{V}{8} = \dot{V}_1 R \frac{4}{3} T_0$$

то $p = p_{\text{кас. пар.}} + p_{\text{CO}_2}$, где

$$p = \frac{16}{3} p_0$$

$p_{\text{кас. пар.}} = p_{\text{ат}}$, при $T = 373 \text{ K}$.

$\Delta \dot{V} = \dot{V}_2' - \dot{V}_2$, т.к. при T CO_2 практически не растворяется, $\dot{V}_2'$ - кол-во в-ва CO_2 в ~~конце~~ ^{конце}.

$$\begin{aligned} p_{\text{CO}_2} \frac{V}{2} &= \dot{V}_2' R T_0 \cdot \frac{4}{3} \\ p_0 \frac{V}{8} &= \dot{V}_2 R T_0 \end{aligned} \Rightarrow \Delta \dot{V} = \frac{V}{8 R T_0} (3 p_{\text{CO}_2} - p_0)$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

 МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Хвз 3-ка Терм: $\frac{1}{8RT_0} (3P_{co} - P_0) = k P_{co} \frac{3}{8}$

$$\frac{3P_{co}}{RT_0} - \frac{P_0}{RT_0} = \frac{3}{8} k P_{co}$$

$$P_0 = 3P_{co} - 3kRT_0 P_{co} = 3 \cdot \left(\frac{16}{3} P_0 - P_{at} \right) (1 - kRT_0) \Rightarrow$$

$$P_{at} = \frac{16}{3} P_0 \Rightarrow P_0 = \frac{3(1 - \frac{3}{4} kRT)}{15 - 12kRT} P_{at}$$

$$P_0 = \frac{3(1 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3)}{15 - 12 \cdot \frac{3}{5} \cdot 3} P_{at} = \frac{35}{220} P_{at}$$

Ответ: 1) $\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = 4$; 2) $P_0 = \frac{35}{220} P_{at}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

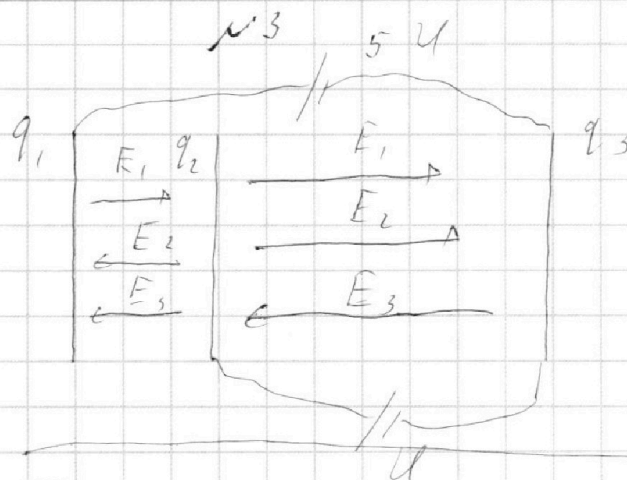


Дано:

$$U_1 = 5U$$

$$U_2 = U$$

$$V_0, m, q > 0$$



$$U_{2-3} = ?$$

$$2) U_5 - U_2 = ?$$

$$3) U_4 = ?$$

Решение распределение зарядов на обкладках такое как на рисунке,

$$\text{Тогда: } E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}, E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}, E_3 = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$$

$$\begin{cases} 5U = \frac{4}{5} E_{1x} d + \frac{2}{5} E_{2x} d - \frac{4}{5} E_{3x} d \\ U = E_{1x} d + E_{2x} d - E_{3x} d \end{cases}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \Rightarrow E_{1x} + E_{2x} + E_{3x} = 0, \text{ решаем эту}$$

$$\text{систему уравнений: } E_{1x} = 6 \frac{U}{d}$$

$$E_{2x} = - \frac{11U}{2d}$$

$$E_{3x} = - \frac{U}{2d}$$

$$\text{Тогда } F_1 = m a_{2-3} = (E_1 + E_2 - E_3) \cdot q = \frac{U}{d} q$$

$$a_{2-3} = \frac{Uq}{md}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Запишем ЗСЭ: $W_0 = W_2 = \frac{mV_0^2}{2} = W_2 = U_2 \cdot q + K_2 =$
 $= W_3 = U_3 q + K_3 \Rightarrow K_3 - K_2 = q(U_2 - U_3)$

$$K_3 - K_2 = \left(\frac{7}{4} + \frac{12}{4}\right) q U = \frac{19}{4} q U$$

Найдем потенциалы в т. А:

U_{a1} и U_{a2} - потенциалы в конденсаторах I и II

соответственно; из подобия $\frac{U_{a1}}{-U} = \frac{l_1 d}{\frac{1}{2} d} \Rightarrow U_{a1} = -\frac{1}{4} U$

$$U_{a1} = \frac{\left(\frac{2}{3} - \frac{1}{4}\right) d}{-\frac{5}{2} U} = \frac{\frac{2}{3} d}{-\frac{5}{2} U}$$

$$\frac{U_{a2}}{-\frac{5}{2} U} = \frac{l_2 d}{\frac{2}{3} d} \Rightarrow U_{a2} = -\frac{15}{16} U$$

$$U_{a2} = -\frac{5 \cdot 5 \cdot 3}{2 \cdot 12 \cdot 2} U = -\frac{25}{16} U$$

Тогда $U_a = U_{a1} + U_{a2} = -\frac{25 + 4}{16} U = -\frac{29}{16} U$, Тогда из

$$\text{ЗСЭ: } \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_a^2}{2} - \frac{29}{16} U q \Rightarrow V_a = \sqrt{V_0^2 + \frac{29}{8} \frac{U q}{m}}$$

Ответ: 1) $a_{2-3} = \frac{U q}{m d}$; 2) $K_3 - K_2 = \frac{19}{4} q U$

3) $V_a = \sqrt{V_0^2 + \frac{29}{8} \frac{U q}{m}}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

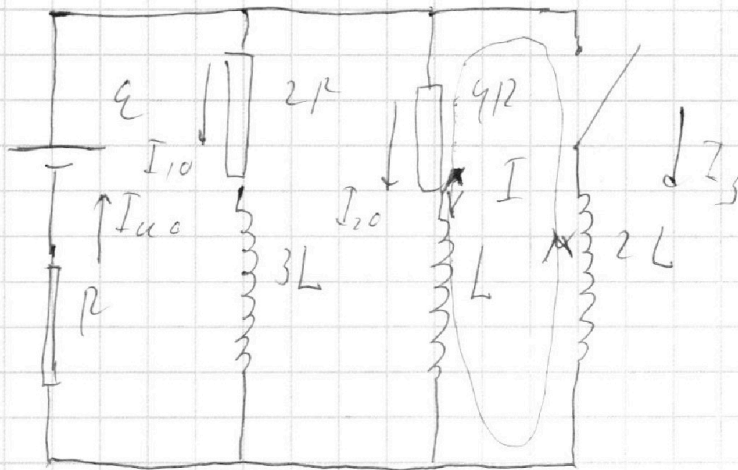
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано: $\mathcal{E}, L, R$

Найти: $I_{\text{до}}$?

2) $\frac{\Delta I_0}{14}$ - ?, сразу
поиск записки.

3) $94R$ - ?



Решение: В установившемся режиме ток через катушки постоянный, т.к. они идеальная, то её индукт. пренебрегаем. Тогда в уст. режиме ~~все~~ Записки правила

Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_{до} = I_{10} + I_{20} \\ \mathcal{E} = 2I_{10}R + 4I_{20}R \\ \mathcal{E} = I_{до}R + 2I_{до}R, \text{ откуда } \Rightarrow \end{cases}$$

$$\Rightarrow I_{10} = \frac{2\mathcal{E}}{7R}$$

$$I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

$$I_{до} = \frac{3\mathcal{E}}{7R}$$

$$1) I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

2) Напряжение на $2L$:

$$U_{2L} = 2L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \Delta$$

Кирхгофа для контура с $2L$ и R

$$\mathcal{E} = I_{до}R + U_{2L} \Rightarrow U_{2L} = \frac{4\mathcal{E}}{7R} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{2\mathcal{E}}{7R}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№4 (продолж.)

3) Запишем Kirchhoffa уравн. контура (I):

$$4I_2 R + L \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = 2L \frac{\Delta I_3}{\Delta t} \quad (\text{для произвольного момента времени})$$

$$\Downarrow$$
$$4 \Delta I_2 R + L \Delta I_2 = 2L \Delta I_3 \Rightarrow 4I_2 R + L(0 - \frac{2\varepsilon}{7R}) = 2L I_3$$

В эт. резисторе ток

защелк. катушка: $I_2 = 0$ $I_3 = \frac{\varepsilon}{R}$, т.к. катушки идеальные.

$$q_2 = \frac{1}{4R} \left(\frac{2L \cdot \varepsilon}{R} + \frac{2\varepsilon L}{7R} \right)$$

$$q_2 = \frac{4\varepsilon L}{7R^2}$$

Ответ: 1) $I_{20} = \frac{\varepsilon}{7R}$; 2) $\frac{\Delta I_2}{\Delta t} = \frac{2\varepsilon}{7R}$; 3) $q_2 = \frac{4\varepsilon L}{7R^2}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

Дано:

$$n_1, n_2$$

$$n_0 = 1$$

$$h = 14 \text{ см}$$

$$\alpha = 100 \text{ см}$$

$$\angle = 0,1 \text{ рад}$$

$$1) \delta - ?, \text{ при } n_1 = n_2$$

$$n_2 = 1,7$$

$$2) \delta - ?, \text{ при } n_1 = n_2$$

$$n_2 = 1,7$$

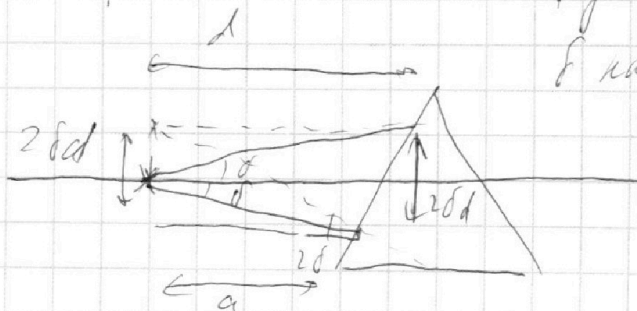
$$3) \delta' - ?, \text{ при } n_1 = 1,4$$

$$n_2 = 1,7$$

из этой системы:

$$\delta = f\left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right), \text{ тогда рассмотрим положение}$$

источника и его изображение в тонкой
линзе:

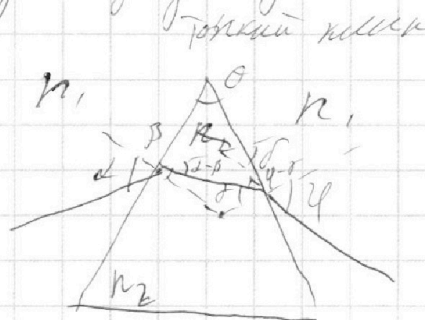


решение:

Решение:

Рассмотрим веерообразный

пучок лучей:



Рассмотрим преломление

в тонкой линзе: $\alpha n_1 = \beta n_2$

$$\delta n_2 = \gamma n_1$$

$$\delta = \alpha - \beta + \gamma - \theta - \delta$$

$$\theta = \beta + \gamma$$

для малых
углов $\alpha \approx \sin \alpha$

Рассмотрим лучи под углом

к оси и под углом, тогда
один из лучей пойдет
по оси, а другой под
углом 2δ , тогда 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. Порча QR-кода недопустима!

Из геометрии видно, что изображение
сфокусировано над (или под) источником на
расстоянии δd .

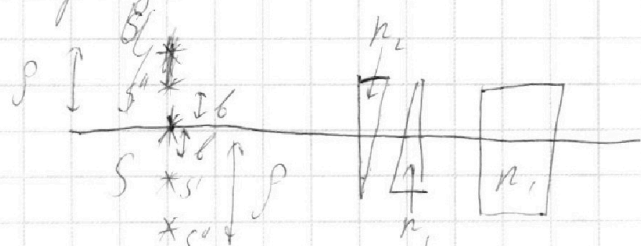
Вернёмся к нашей задаче:

1) Из формулы задачи $\delta_1 = \left(\frac{n_2}{1} - 1\right) \cdot d$
 $\Rightarrow \delta_1 = 0,7 \cdot d = 0,7 \text{ рад}$

2) Из формулы задачи: $\rho = \delta_1 \cdot a$

$$\rho = 0,7 \cdot 100 \text{ см} = 70 \text{ см}$$

3) Представим систему задачи примерно
следующей:



Здесь все зазоры между
клетками малы, тогда

работают выведенные ранее формулы, то есть

$\delta' b = \rho - \Delta K$, здесь ΔK - изменение фазы после
преломления во второй среде.

$$\Delta K = \delta d' \cdot a, \text{ где } \delta d' = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) d = 40 \text{ см}$$

Тогда $b = 30 \text{ см}$. Известно что b - т.к. клетки
вершинами расположены в разные стороны.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

6
☐

7
☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Известно что, ~~а~~ ~~интерференция~~ изображения
при преломлении в плоско-параллельной
плоскости: $\chi_{\text{ин}} = h \left(1 - \frac{1}{n_1} \right) = h \frac{n_1 - 1}{n_1}$, тогда

$$\rho' = \sqrt{b^2 + \chi_{\text{ин}}^2} = \sqrt{30^2 + \left(14 \cdot \frac{4}{14} \right)^2} = \sqrt{916} \text{ см}$$

Ответ: 1) $\delta_1 = 0,7 \text{ рад}$; 2) $\rho = 70 \text{ см}$; 3) $\rho' = \sqrt{916} \text{ см}$

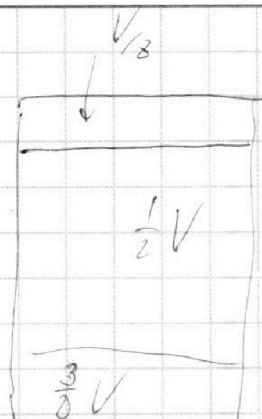
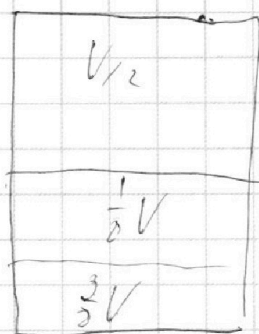
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$p_0 \frac{V}{8} = \nu_2 R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{2 \cdot T_0} = \frac{p_0 \cdot V \cdot 3}{8 \cdot 4 T_0}$$

$$p = \frac{16}{3} p_0$$

$$\frac{p_0 V}{2 \cdot T_0} = \frac{p V \cdot 3}{8 \cdot 4 T_0}$$

$$p = \frac{16}{3} p_0$$

$$\nu_2 = \frac{p_0 V}{8 R T_0}$$

$$\nu_2' = \frac{p_n \cdot V}{2 R T_0}$$

$$p_n = p - p_0 = \frac{13}{3} p_0$$

$$\Delta \nu = k \cdot \frac{13}{3} p_0 \cdot \frac{3}{8} V$$

ген. вклад

$$\frac{16}{3} + \frac{1 \cdot 5}{3 \cdot 4} =$$

$$p_n = p - p_0 = \frac{16}{3} p_0 - p_{at} = \frac{64 \cdot 5}{12} = \frac{459}{12}$$

$$\Delta \nu = k \cdot \frac{16}{3} p_0 \cdot \frac{3}{8} V - k \cdot p_{at} \cdot \frac{3}{8} V$$

$$\Delta \nu = \nu_2' - \nu_2$$

$$k \cdot \frac{3}{8} V \left(\frac{16}{3} p_0 - p_{at} \right) = \frac{V}{2 R T_0} \left(\frac{p_0}{4} - \frac{16}{3} p_0 + p_{at} \right)$$

$$\frac{V}{8 R T_0} (3 p_{at} - p_{at}) = k \cdot p_{at} \cdot \frac{3}{8} V$$

$$p_0 = \frac{p_{at}}{\frac{16}{3} + \frac{1}{3(1 - R T_0 k)}}$$

$$\frac{3 p_{at}}{8 R T_0} - \frac{p_{at}}{8 R T_0} = \frac{3 k p_{at}}{8 \cdot \frac{16}{3} p_0 - p_{at}}$$

$$p_{at} = p_0 = \frac{p_{at}}{\frac{16}{3} + \frac{1}{3(1 - R T_0 k)}}$$

$$p_{at} = \frac{p_{at}}{3(1 - R T_0 k)}$$

$$\frac{3 p_{at}}{8} \left(\frac{1}{R T_0} - k \right) = \frac{p_0}{8 R T_0}$$

$$\frac{16}{3} p_0 + \frac{p_0}{3(1 - R T_0 k)} = p_{at}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

$$P_o = 3 \left(\frac{16}{3} P_o - P_{out} \right) (1 - K_{RT})$$

$$12 T_A = 12 \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$P_{T0} = \frac{2}{5} P_T$$

$$3 p_{\text{out}} (1 - k R T_0) = 16 (1 - k R T_0) p_0 - p_0$$

$$p_o = \frac{3 p_{at} (1 - k R T_o)}{15 - 16 k R T_o} \approx \frac{3 p_{at} (1 - \frac{3}{4} k R T)}{15 - 12 k R T}$$

$$\frac{3(1 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3)}{15 - 16 \cdot \frac{3}{5} \cdot 3} = \frac{3(1 - \frac{27}{20})}{15 - \frac{144}{5}} = \frac{\times \frac{16}{5}}{144} = \frac{144 - 25}{144}$$

$$\begin{array}{r} 3 \overline{) 20} \quad \cancel{3 \cdot 7 \cdot 5} \quad 55 \\ \underline{69} \quad \cancel{2365} \quad \underline{460} \\ 5 \end{array}$$

$$\frac{3 \cdot \frac{7}{20}}{15 - \frac{12 \cdot 9}{5}} = \frac{3 \cdot \frac{7}{20}}{\frac{33}{5}} = \frac{3 \cdot 7 \cdot 5}{11 \cdot 3 \cdot 20} = \frac{35}{220} \quad \begin{matrix} 108 + 35 = 143 \\ 8E_1 + 6E_2 = \frac{154}{11} \\ 8E_1 + 8E_2 = 4 \frac{21}{11} \end{matrix}$$

$$2F_2 = -\frac{112}{d}$$

$$E_1 d + E_2 d - E_3 d = U$$

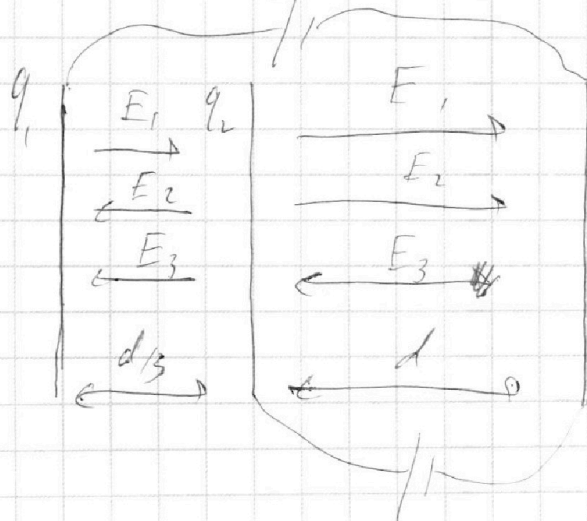
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$U_1 + U_2 + U_3 = 0$$

$$4E_1 + 2E_2 - 4E_3 = \frac{15}{1}$$

$$4E_1 + 4E_2 - 4E_3 = 4 \frac{1}{1}$$

$$E_{3x} = -E_1 - E_2 = -\frac{12}{2} + \frac{11}{2}$$



$$\frac{4}{3}d \cdot E_1 + \frac{2}{3}d E_2 - \frac{4}{3}E_3 = 52$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Handwritten solution for a capacitor problem involving three dielectrics.

Diagram: A parallel plate capacitor with three vertical sections of dielectrics with permittivities $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ and thicknesses d_1, d_2, d_3 . The total thickness is d . The total charge is q . The electric field is E . The potential difference is U .

Equations:

$$U = dU = E \cdot dl$$
$$\frac{2}{3} - \frac{1}{4} = \frac{5}{12}$$
$$\frac{2}{3} - \frac{1}{4} = \frac{8-3}{12}$$
$$k_3 + \epsilon_3 q = k_2 + \epsilon_2 q$$
$$k_3 - k_2 = (\epsilon_2 - \epsilon_3) q$$
$$30 + 23 = 64$$
$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$
$$\frac{15}{8} C_0 U = \frac{5}{2} C_0 U$$
$$\frac{1}{2} C_0 U = \frac{23}{18} C_0 U$$
$$\frac{15}{16} C_0 U = \frac{1}{5} C_0 U$$
$$\frac{2U_{a1}}{U} = \frac{3d}{d_{12}}$$
$$C_1 = \frac{3\epsilon_0 S}{4d}$$
$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$
$$\frac{30 + 23}{23} = \frac{61}{23}$$
$$x = \frac{23}{61} d$$
$$\frac{25 C_0 U}{182 x} = \frac{19 C_0 U}{8(1-x)}$$
$$\frac{2x}{23} = \frac{d}{19} - \frac{x}{19}$$
$$\frac{30x}{23} = d - x$$
$$x = \frac{23}{53} d$$
$$-\frac{C_0 U}{2} = -\frac{1}{2} C_0 U$$
$$-\frac{5}{2} C_0 U = -\frac{15}{8} C_0 U$$
$$-\frac{15}{8} C_0 U$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$p_a = \frac{3(1 - \frac{3}{4} - \frac{3}{5} \cdot 3)}{15 - 12 \cdot \frac{3}{5} \cdot 3} = \frac{3(1 - \frac{27}{20})}{15 - \frac{108}{5}} = \frac{3 \cdot \frac{7}{20}}{\frac{33}{5}} = \frac{3 \cdot 7 \cdot 5}{135 \cdot 20}$$

$$I_{u0} = I_{10} + I_{20}$$

$$\mathcal{E} = I_{u0} R + 2 I_{10} R$$

$$\mathcal{E} = 3 I_{10} R + I_{20} R$$

$$\mathcal{E} = I_{u0} R + 4 I_{20} R$$

$$3 \mathcal{E} = \frac{3}{5} I_{u0} R + 3 I_{10} R$$

$$2 \mathcal{E} = 14 I_{20} R$$

$$I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{3 R} - I_{20} / 5 =$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{15 p_0 V}{8 R T_0} = k V \cdot \frac{3}{8} \cdot p_n$$

$$p_n' - p_{n0} = \Delta p$$

$$\Delta p = p_n' - p_n$$

$$\Delta p = \frac{3 p V}{8 R T_0} - \frac{p_0 V}{8 R T_0}$$

$$p_n = p_0 + \frac{32}{6} p_0 - p_0$$

$$\Delta p = \Delta = \beta p_n = \frac{16 p_0 V - p_0 V}{8 R T_0}$$

$$\beta = \frac{k}{h}$$

$$h \beta = \beta h (h - x_{\text{ам}}) \quad \Delta = \frac{h - x_{\text{ам}}}{h - x_{\text{ам}}}$$

$$h = n h_n - x_{\text{ам}} h_n$$

$$x_{\text{ам}} = \frac{n_1 h - h}{n_1}$$

$$x_{\text{ам}} = h \frac{0,9}{1,4} = \frac{2}{7} h = 4 \text{ см}$$

$$p_n' = \frac{3 p_{\text{ам}} V}{8 R T_0} \quad p_n = \frac{p_0 V}{8 R T_0}$$

$$\Delta p = k p_{\text{ам}}$$

$$\Delta p = k p \frac{3}{8} V$$

$$p_0 \frac{V}{2} = p_1 R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{8} = p_2 R T_0$$

$$\frac{p_1}{p_2} = 4 \quad \frac{p_1}{p_2} = 4$$

$$p \frac{V}{8} = p_1 R T_0 \cdot \frac{4}{3}$$

$$p \frac{V}{2} = p_1' R T_0 \cdot \frac{4}{3}$$

CO_2	$\frac{V}{8}$
$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	$\frac{1}{8} V$
$\frac{3}{8} V$	

$\frac{V}{8}$	$\frac{4}{3} p_0$
$\frac{1}{8} V$	
$\frac{3}{8} V$	

$$p = 4 p_0 \quad \frac{p}{p_0} = \frac{4}{3} \quad \frac{2}{3} / p = \frac{4}{3} \quad p = \frac{32}{6} p_0$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

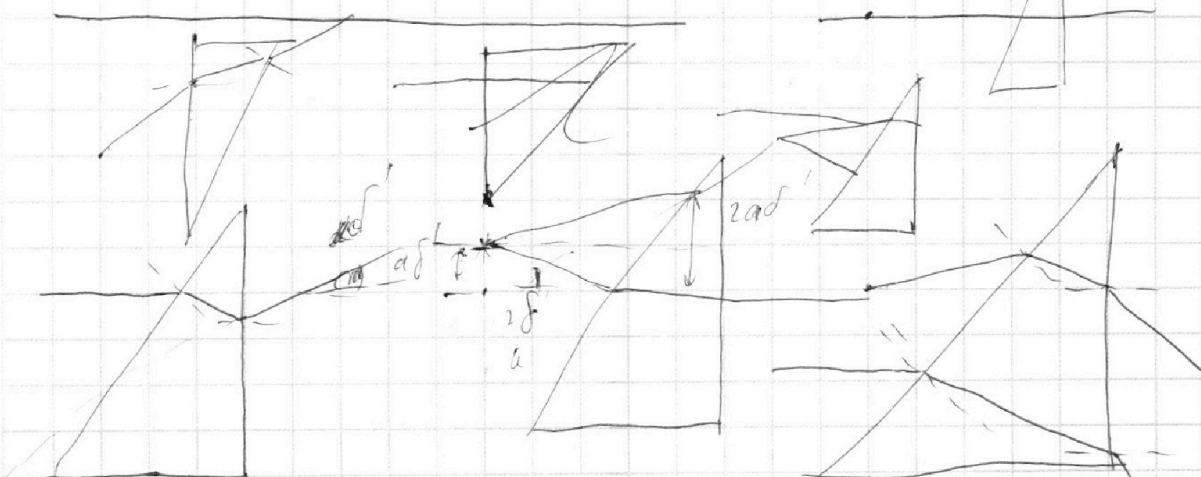
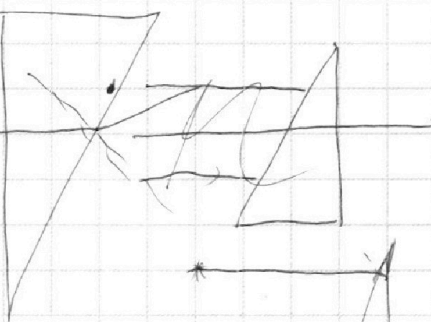
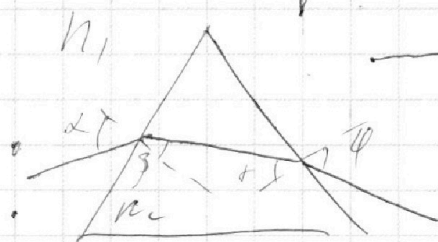
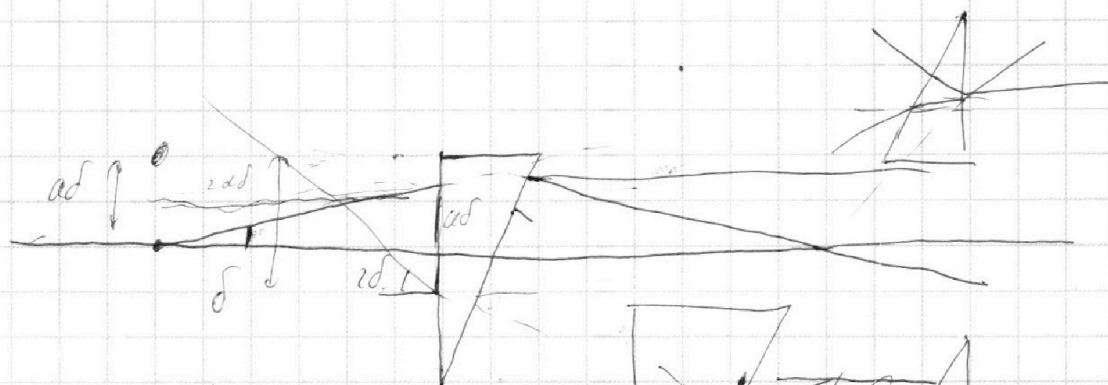
5
☐

6
☐

7
☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\delta = \alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha + \beta \frac{n_2}{n_1} - \beta = \alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha + \theta \frac{n_2}{n_1} - \alpha - \theta + \frac{n_1}{n_2} \theta$$

$$\theta = \theta - \alpha \frac{n_1}{n_2}$$

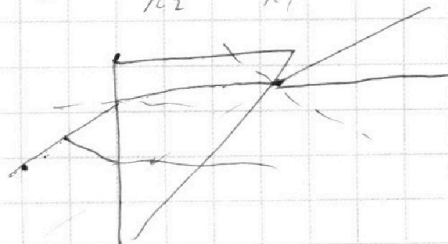
$$\alpha n_1 = \beta n_2 \quad \delta = \alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} + \beta \frac{n_2}{n_1} - \beta$$

$$\delta = \theta \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

$$\beta n_2 = \gamma n_1 \quad \delta = \alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} + \theta \frac{n_2}{n_1} - \alpha - \theta +$$

$$\theta = \beta + \gamma$$

$$\delta = \alpha - \beta + \gamma - \theta$$



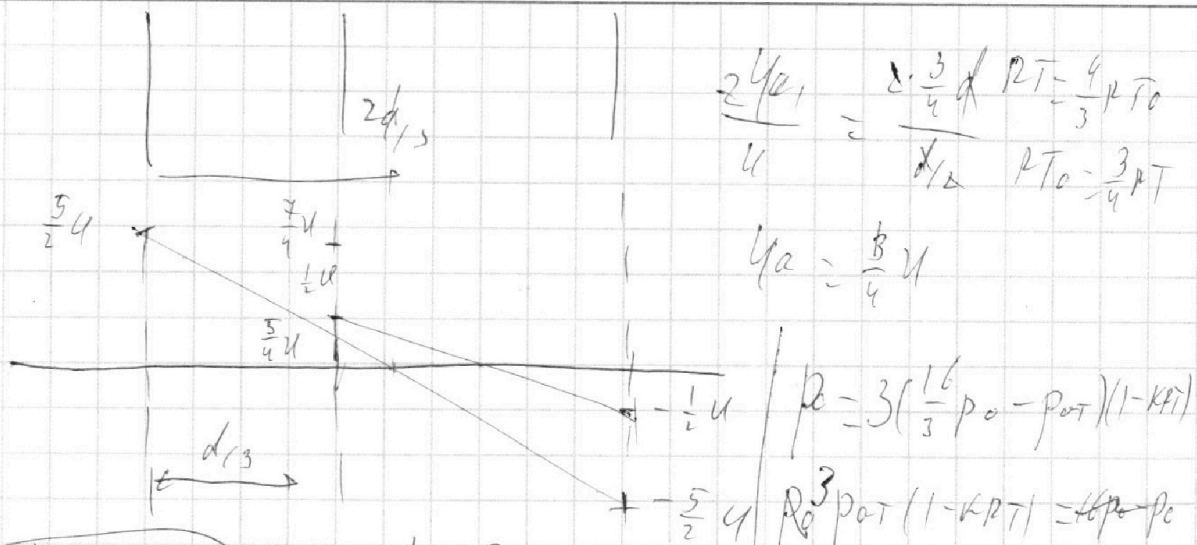
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\frac{2u_1}{u} = \frac{2 \cdot \frac{3}{4} p_T - \frac{4}{3} p_{T0}}{\frac{1}{2} p_{T0} - \frac{3}{4} p_T}$$

$$u_a = \frac{8}{9} u$$

$$p = 3 \left(\frac{16}{3} p_0 - p_{\text{от}} \right) (1 - kRT)$$

$$p_0^3 p_{\text{от}} (1 - kRT) = 16 p_0 - p_0$$

$$= 16 p_0 (1 - kRT) - p_0$$

$$p_0 = 3 \frac{1 - kRT}{15 - 16 kRT} p_{\text{от}}$$

$$\frac{p \cdot 2}{p_0 \cdot 24} = \frac{4}{3}$$

$$p_1' = \frac{3 p_{\text{от}} V}{8 p T_0}$$

$$p_1 = \frac{p_0 V}{8 p T_0} \quad 3 p_{\text{от}} - p_0 = 3 kRT p_{\text{от}}$$

$$p_0 = 3 p_{\text{от}} (1 - kRT)$$

$$V_a = \sqrt{V_0^2 + \frac{29}{8} \frac{u^2}{m}}$$

$$\Delta l = \frac{V}{2 p T_0} (3 p_{\text{от}} - p_0)$$

$$\frac{3 p_{\text{от}}}{p T_0} - \frac{p_0}{p T_0} = 3 k p_{\text{от}}$$

$$p_0 = 3 \frac{1 - \frac{3}{4} kRT_0}{15 - 12 kRT_0} p_{\text{от}}$$

$$p_0 = 3 p_{\text{от}} \frac{1 - p T_0 k}{p T_0} = 3 \left(\frac{16}{3} p_0 - p_{\text{от}} \right) \frac{1 - p T_0 k}{p T_0}$$

$$p_{\text{от}} = 16 p_0 - p_0 \frac{p T_0}{3 k} \quad 3 p_{\text{от}} = 16 p_0 - \frac{p T_0}{1 - p T_0 k} p_0$$

$$\frac{p_0 p T_0}{1 - p T_0 k} = 16 p_0 - 3 p_{\text{от}}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

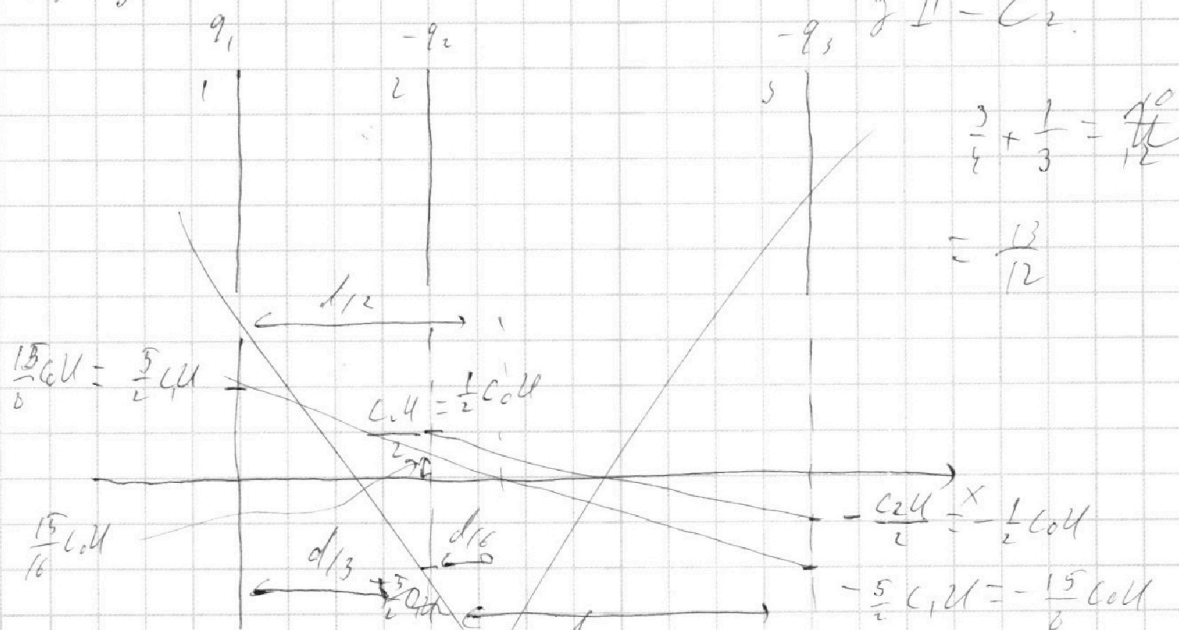
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Рассмотрим систему из системы, как
суперпозицию конденсаторов I-плотности с
зарядами q_1 и q_3 и II-плотности с
зарядами q_2 и q_4 . I-плотность - C_1 ,
II - C_2 .



Найдём распределение потенциалов:

$$C_1 = \frac{3 \epsilon_0 S}{4d} = \frac{3}{4} C_0; C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d} = C_0, \text{ найдём потенциалы}$$

на обкладках 2 и 3, $U_2 = \frac{15}{16} C_0 U + \frac{1}{2} C_0 U = \frac{23}{16} C_0 U$
 $U_3 = -\frac{1}{2} C_0 U - \frac{15}{8} C_0 U = -\frac{19}{8} C_0 U$

Запишем ЗСЭ: $W_{\text{вс}} = W_0 = \frac{m V_0^2}{2} = W_2 = U_2 \cdot q + K_2 =$
 $= W_3 = U_3 \cdot q + K_3 \Rightarrow K_3 - K_2 = q(U_2 - U_3) = q \left(\frac{23}{16} + \frac{19}{8} \right) C_0 U$
 $K_3 - K_2 = \frac{61}{16} q C_0 U = \frac{61}{16} \frac{\epsilon_0 S}{d} q U$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

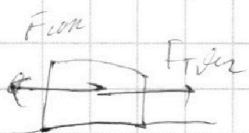
МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$N = \cos \alpha \quad F_k = 200 \text{ Н}$$

$$a_0 = \dot{V}_0 = \frac{dV}{dt} = \frac{70 \text{ м/с}}{10} = 0,7 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{24 \cdot 7}{188}$$



$$P F_{frict} = N \cdot V$$

$$N = F_{frict} \cdot V_0 \quad \text{или} \quad N = F_k \cdot V_{\text{гет}}$$

$$F_{con} = \frac{N}{V_0} = m a_0$$

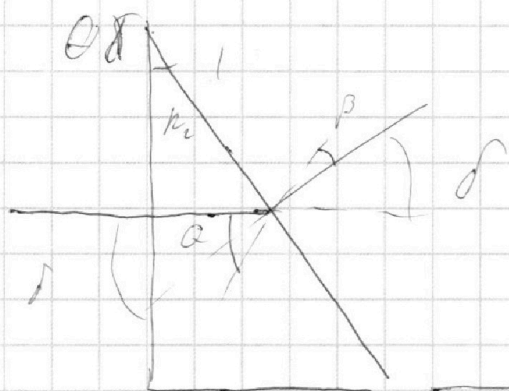
$$F_{frict} - F_{con} = m a_0$$

$$F_{con} = F_k \cdot \frac{V_{\text{гет}}}{V_0} = m a_0 = 200 \text{ Н} \cdot \frac{30}{20} = 240 \cdot 0,7 \text{ Н} =$$

$$= 500 \text{ Н} - 168 \text{ Н} = 150 - 18 = 132 \text{ Н}$$

$$\frac{132 \cdot 3}{12} = 33$$

$$\frac{N_1}{N_{\text{об}}} = \frac{F_{con} \cdot V_0}{F_k \cdot V_{\text{гет}}} = \frac{132 \text{ Н} \cdot 20}{200 \cdot 30} = \frac{44}{100} = 0,44 \quad \delta = \alpha \cdot d \cdot \frac{0,7}{1,7}$$



$$\begin{aligned} \theta \cdot n_2 &= \beta \cdot 1 \quad | \quad k'_1 - k_1 = \\ \delta &= \theta - \beta \\ \delta &= \theta \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) \end{aligned}$$

$$\delta = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$$

$$\delta = \alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} + \beta \frac{n_2}{n_1} - \beta$$

$$\theta = \alpha \frac{n_1}{n_2} + \beta$$

$$\delta = \alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} + \theta \frac{n_2}{n_1} - \beta + \beta \frac{n_1}{n_2} - \beta$$

$$\delta = \theta \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)$$

$$\frac{p - 2}{p_0 \cdot 8} = \frac{4}{3} \quad p =$$

