



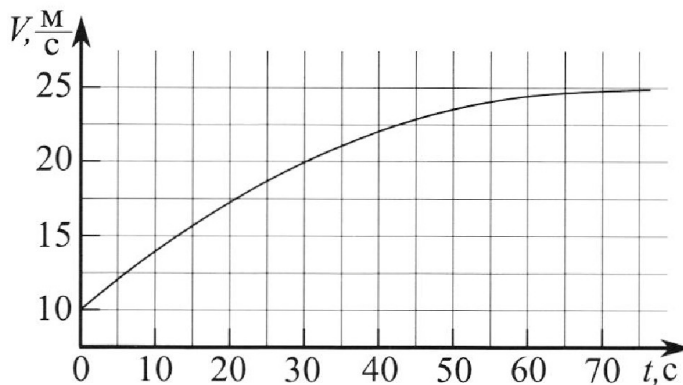
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

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



1. Автомобиль массой $m = 1500$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.

2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.

3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

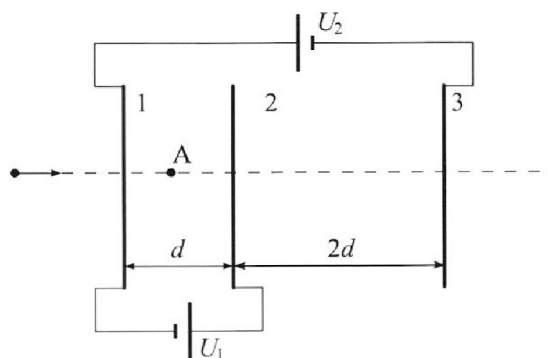
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$ ($P_{\text{АТМ}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. 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.



1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.

2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

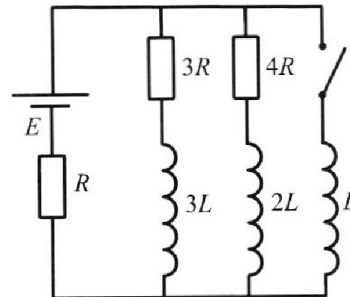
Вариант 11-03

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_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ 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 $a = 90$ 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.

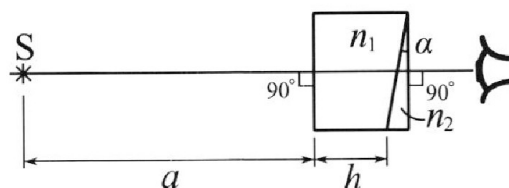


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

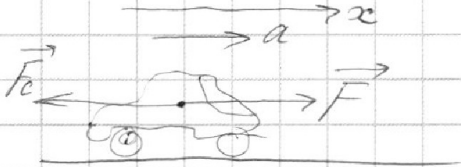
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

$m = 1500 \text{ кг}$
 $F_k = 600 \text{ Н}$
 $F_c \sim v$



1) по теореме о движении центра масс:

$$\vec{F} + \vec{F}_c = m\vec{a}$$

F — сила тяги
 F_c — сила сопротивления

$$\vec{F}_c = -\lambda \vec{v} \Rightarrow |\vec{F}_c| = \lambda |\vec{v}| \quad (1)$$

λ — коэф. пропорц.

2) по условию:

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

по заданию

$$v_k = 25 \text{ м/с}$$

$$\left[\lambda = \frac{|\vec{F}_c|}{|\vec{v}|} = \frac{F_k}{v_k} = \frac{600}{25} = \frac{120}{5} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \right]$$

3) $a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(17,5 - 10) \text{ м/с}}{20 \text{ с}} = \frac{7,5}{200} \text{ м/с}^2 = a_0$

$$a_0 = \frac{7,5}{200} = \frac{15}{40} = \frac{3}{8} \text{ м/с}^2 \Rightarrow a_0 = \frac{3}{8} \text{ м/с}^2 = 0,375 \text{ м/с}^2$$

4) определим тяговую $F_{\text{то}}$ на ось ДТ:

„математическая модель“ $\Rightarrow a_0$

$$F_{\text{то}} - F_{c0} = ma_0 \Rightarrow F_{\text{то}} = ma_0 + F_{c0}, \text{ где } F_{c0} = \lambda \cdot v_0$$

$$F_{\text{то}} = ma_0 + \lambda v_0$$

5) по заданию можно заметить, что в конце движения $a = 0 \Rightarrow$

$$F_{\text{то}} - F_k - F_{c_k} = 0 \Rightarrow F_k = \lambda v_k \Rightarrow \lambda = \frac{F_k}{v_k} = \frac{600 \text{ Н} \cdot \text{с}}{25 \text{ м}}$$

6) $F_{\text{то}} = 1500 \text{ кг} \cdot \frac{3}{8} \text{ м/с}^2 + 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 10$ $\left[\lambda = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \right]$

$$F_{\text{то}} = 562,5 + 240 \text{ Н} = 802,5 \text{ Н} \Rightarrow F_{\text{то}} = 802,5 \text{ Н}$$

7) $P_0 = F_{\text{то}} \cdot v_0 = 802,5 \cdot 10 = 8025 \text{ Вт}$

Ответ: 1) $a_0 = \frac{3}{8} \text{ м/с}^2$; 2) $F_{\text{то}} = 802,5 \text{ Н}$; 3) $P_0 = 8025 \text{ Вт}$
 $a_0 = 0,375 \text{ м/с}^2$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

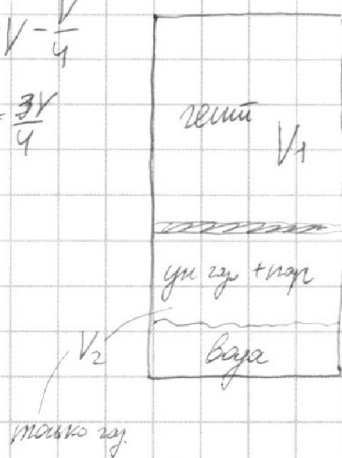
МФТИ

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



$$V_1 + V_2 = V - \frac{V}{4}$$

$$V_1 + V_2 = \frac{3V}{4}$$



$$1) p_a = p_{atm}$$

$$\frac{p_a}{2} V_1 = V_1 R T_0$$

$$\frac{p_a}{2} V_2 = (V_{n2} + V_n) R T_0$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_{n2} + V_n}{V_1}$$

$$V_{n2} = V_{n2} + V_{n2}$$

газ в вакууме

$$2) (p_{n2} + p_n) \tilde{V}_1 = V_1 R T$$

$$(p_{n2} + p_n) \tilde{V}_2 = (\tilde{V}_{n2} + \tilde{V}_n) R T$$

$$\tilde{V}_1 + \tilde{V}_2 = \frac{3V}{4}$$

$$\tilde{V}_1 = \frac{V}{5} \Rightarrow \tilde{V}_2 = \frac{3V}{4} - \frac{V}{5}$$

$$\tilde{V}_2 = \frac{15V - 4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$3) T = 373 K$$

В конечном итоге масса азота максимальна!

$$p_n \tilde{V}_2 = \tilde{V}_n R T \Rightarrow \tilde{V}_n = \frac{p_n \tilde{V}_2}{R T} = \frac{p_n V}{2 R T} \quad p_n = p_a$$

$$\Delta V_1 = \kappa \frac{p_a}{2} \cdot \frac{V}{4}; \quad \Delta V_2 = \kappa p_{n2} \frac{V}{4}$$

$$V_{n2} + \frac{\kappa p_a V}{2 \cdot 4} = \tilde{V}_{n2} + \kappa p_{n2} \frac{V}{4} \Rightarrow V_{n2} + \frac{\kappa p_a V}{8} = \tilde{V}_{n2} + \kappa p_{n2} \frac{V}{4}$$

$$\tilde{V}_{n2} = \tilde{V}_{n2}$$

$$4) V_1 = V_2 + \frac{V}{4} \Rightarrow \begin{cases} V_1 - V_2 = \frac{V}{4} \\ V_1 + V_2 = \frac{3V}{4} \end{cases}$$

по условию

$$V_2 = \frac{V}{4}$$

$$2V_1 = V \Rightarrow V_1 = \frac{V}{2}$$

$$5) \frac{V_{n2} + V_n}{V_1} = \frac{V \cdot 2}{4 \cdot 4} \Rightarrow$$

$$\frac{V_1}{V_{n2} + V_n} = 2$$

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!

$$6) \quad V_{\text{из}} + \frac{\kappa p_a V}{8} = \tilde{V}_{\text{из}} + \frac{\kappa p_a V}{4}$$

$$7) \quad \frac{\tilde{V}_2}{V_1} = \frac{\tilde{V}_{\text{из}} + \tilde{V}_n}{V_1} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_{\text{из}} + V_n}{V_1} = 2 \Rightarrow \frac{V_{\text{из}} + V_n}{V_1} = 2 \Rightarrow V_{\text{из}} + V_n = 2V_1$$

$$V_1 = \frac{V_{\text{из}} + V_n}{2}$$

$$\frac{\tilde{V}_2}{V_1} = \frac{(\tilde{V}_{\text{из}} + \tilde{V}_n)2}{(V_{\text{из}} + V_n)} \quad \tilde{V}_1 = \frac{V}{5}; \tilde{V}_2 = \frac{11V}{20};$$

$$\frac{11V \cdot 5}{20 \cdot V} = \frac{2(\tilde{V}_{\text{из}} + \tilde{V}_n)}{V_{\text{из}} + V_n}$$

$$11(V_{\text{из}} + V_n) = 8(\tilde{V}_{\text{из}} + \tilde{V}_n)$$

$$11V_{\text{из}} + 11V_n = 8\tilde{V}_{\text{из}} + 8\tilde{V}_n$$

$$8) \quad \begin{cases} p_a V_1 = 2V_1 RT_0 \\ p_a V_2 = 2(V_{\text{из}} + V_n) RT_0 \end{cases}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 2 \Rightarrow V_2 = 2V_1, \quad V_1 = \frac{V}{2}; V_2 = \frac{V}{4};$$

$$\tilde{V}_1 = \frac{V}{5}; \tilde{V}_2 = \frac{11V}{20};$$

$$(p_{\text{из}} + p_n) \tilde{V}_1 = V_1 RT$$

$$(p_{\text{из}} + p_n) \tilde{V}_2 = (\tilde{V}_{\text{из}} + \tilde{V}_n) RT$$

$$p_n = p_a \text{ (изопроцесс)}$$

$$p_a \cdot \frac{V}{2} = 2V_1 RT_0$$

$$p_a \cdot \frac{V}{4} = 2(V_{\text{из}} + V_n) RT_0$$

$$(p_{\text{из}} + p_a) \frac{V}{5} = V_1 RT$$

$$(p_{\text{из}} + p_a) \frac{11V}{20} = (\tilde{V}_{\text{из}} + \tilde{V}_n) RT$$

$$9) \quad \tilde{V}_{\text{из}} = V_{\text{из}} + \frac{\kappa V}{4} \left(\frac{p_a}{2} - p_{\text{из}} \right)$$

$$p_{\text{из}} \frac{(p_{\text{из}} + p_a) V \cdot 2}{5 \cdot p_a V} = \frac{T}{2T_0}$$

$$p_{\text{из}} \frac{11V}{20} = \tilde{V}_{\text{из}} RT$$

$$\frac{p_{\text{из}} \cdot 11V}{20} = \left(V_{\text{из}} + \frac{\kappa V}{4} \left(\frac{p_a}{2} - p_{\text{из}} \right) \right) RT$$

$$\frac{p_{\text{из}} \cdot 11V}{20} = \left(\frac{p_a}{2RT_0} + \frac{\kappa V p_a}{8} - \frac{\kappa V p_{\text{из}}}{4} \right) RT$$

$$\left(\frac{V}{4} \cdot \frac{p_a}{2} = V_{\text{из}} RT_0 \Rightarrow V_{\text{из}} = \frac{p_a V}{8RT_0} \right)$$

$$(p_{\text{из}} + p_a) \tilde{V}_1 = V_1 RT$$

$$p_a V_1 = 2V_1 RT_0$$

$$(p_{\text{из}} + p_a) \frac{V}{5} = V_1 RT$$

$$p_a \cdot \frac{V}{2} = 2V_1 RT_0$$

$$\frac{p_a V \cdot 5}{2 \cdot (p_{\text{из}} + p_a) V} = \frac{2T_0}{T}$$

$$2 \cdot 2T_0 (p_{\text{из}} + p_a) = T p_a 5$$

$$p_{\text{из}} + p_a = \frac{5T p_a}{4T_0} \Rightarrow p_{\text{из}} = p_a \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

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!

$$p_{a2} \cdot \frac{11V}{20} = \left(\frac{8p_a V}{8RT_0} + \frac{kVp_a}{8} - \frac{kVp_{a2}}{4} \right) RT \cdot RT$$

$$p_{a2} = p_a \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

$$\frac{p_a (5T - 4T_0) 11V}{4T_0 \cdot 20 RT} = \frac{p_a}{2RT_0} + \frac{kVp_a}{8} - \frac{kV}{4} p_{a2}$$

$$\frac{p_a (5T - 4T_0) 11V}{80 RT \cdot T_0} = \frac{p_a}{2RT_0} - \frac{kVp_a}{8} - \frac{kV}{4} p_a \left(\frac{5T - 4T_0}{4T_0} \right)$$

$$\left(\frac{5T - 4T_0}{4T_0} \right) \frac{11V}{20 RT} + \left(\frac{5T - 4T_0}{4T_0} \right) \frac{kV}{4} = \frac{1}{2RT_0} - \frac{kV}{8}$$

$$\left(\frac{5T - 4T_0}{4T_0} \right) \frac{kV}{4}$$

$$\frac{p_a}{RT} \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \frac{11V}{20} = \frac{8p_a V}{8RT_0} + \frac{kVp_a}{8} - \frac{kV}{4} p_a \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

$$\text{мычм } T = d T_0 \quad \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \frac{11V}{20 R d T_0} = \frac{V}{8RT_0} + \frac{kV}{8} - \frac{kV}{4} \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

$$\left(\frac{5}{4}d - 1 \right) \left(\frac{11V}{20 R d T_0} + \frac{kV}{4} \right) = \frac{V}{8RT_0} + \frac{kV}{8}$$

$$\frac{11V \cdot 5d}{20 R d T_0 \cdot 4} + \frac{5kVd}{16} - \frac{11V}{20 R d T_0} - \frac{kV}{4} = \frac{V}{8RT_0} + \frac{kV}{8}$$

$$p_{a2} = p_a \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

$$p_a V = 2V_1 RT_0$$

$$p_a V_2$$

$$\frac{11Vd}{16 R d T_0} + \frac{5kVd}{16}$$

$$(p_2 + p_a) V = 5V_1 RT$$

$$\frac{p_a 5T}{4T_0} V = 5V_1 RT$$

$$\frac{11V}{16 RT_0} + \frac{5kV}{16} - \frac{11V}{20 RT_0 d} - \frac{kV}{4} = V \left(\frac{1}{8RT_0} + \frac{k}{8} \right)$$

$$\frac{11}{16 RT_0} + \frac{5kd}{16} - \frac{11}{20 RT_0 d} - \frac{k}{4} = \frac{1}{8RT_0} + \frac{k}{8}$$

$$C = \left(\frac{11}{16 RT_0} - \frac{1}{8RT_0} - \frac{k}{4} - \frac{k}{8} \right) = \frac{11}{20 RT_0 d} - \frac{5kd}{16}$$

$$\frac{5kd}{16}$$



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!

$$C = \frac{11}{20kT_0d} - \frac{5kd}{16} \quad | : d$$

$$Cd = \frac{11}{20kT_0} - \frac{5kd^2}{16}$$

$$\frac{5k}{16} = \frac{5 \cdot 1}{16} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} = \frac{5}{32} \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{5kd^2}{16} + Cd - \frac{11}{20kT_0} = D$$

~~$$C = \frac{11}{20kT} - \frac{5kd}{16}$$~~

$$\frac{T}{T_0} = d$$

$$T = T_0d$$

$$T_0 = \frac{T}{d}$$

$$C = \frac{11d}{16kT} - \frac{d}{8R} - \frac{3k}{8}$$

$$\frac{5kd^2}{16} + \frac{11d^2}{16kT} - \frac{d^2}{8R} - \frac{3kd}{8} = \frac{11d}{20kT} = D \quad | : d$$

~~$$\frac{5kd^2}{16}$$~~



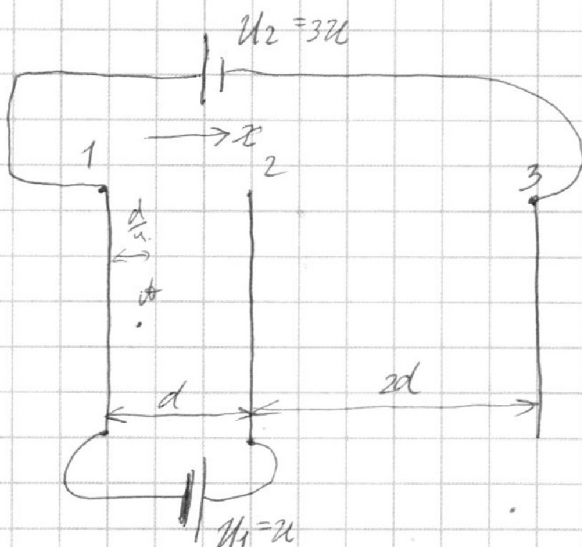
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\begin{aligned} 1) \quad \varphi_2 - \varphi_1 &= U_1 = U \\ \varphi_1 - \varphi_3 &= U_2 = 3U \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \varphi_2 - \varphi_1 = U, \\ \varphi_1 - \varphi_3 = 3U \end{cases} \quad (\text{по условию})$$

$$2) \quad E_x = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$E_x dx = -d\varphi$$

3) Определим, что между
ближними пластинами
образуется однородное поле

$$4) \quad E_{12x} d = -(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$E_{12x} d = -U$$

$$E_{23x} 2d = -(\varphi_3 - \varphi_2)$$

$$E_{12x} d = -U$$

$$E_{23x} 2d = 4U$$

$$\begin{cases} \varphi_3 - \varphi_1 = -3U \\ \varphi_2 - \varphi_1 = U \end{cases}$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -4U$$

$$5) \quad E_{12} = \frac{U}{d} \quad (\text{направлено влево})$$

$$E_{23} = \frac{2U}{d} \quad (\text{направлено вправо})$$

Во все поле нет, т.к.
это сложенный конденсатор

6) по II закону
Кулона:

$$m a_{x_{12}} = -q E_{12}$$

$$a_{x_{12}} = -\frac{qU}{md} \Rightarrow a_{12} = \frac{qU}{md}$$

$$7) \quad K_1 = \frac{m v_0^2}{2}$$

по закону сохр.
энергии:

$$K_1 + q\varphi_1 = K_2 + q\varphi_2$$

$$K_1 - K_2 = qU$$

$$\varphi_0 = 0 \quad (\text{на бесконечности})$$

поле может возникнуть
внутри

$$8) \quad \varphi_0 = \varphi_0 = E_x = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$\begin{cases} E_{12x} \cdot \frac{d}{4} = -(\varphi_0 - \varphi_1) \\ E_{12x} \cdot \frac{3d}{4} = -(\varphi_2 - \varphi_0) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\frac{U}{4} = -(\varphi_0 - \varphi_1) \\ -\frac{3U}{4} = -(\varphi_2 - \varphi_0) \end{cases}$$

$$\frac{U}{4} = \varphi_0 - \varphi_1$$

$$\frac{3U}{4} = \varphi_2 - \varphi_0$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐



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

(продолжение)

$$8) \quad E_{12} = \frac{qU}{d} i$$

$$\Delta U_{x1} = \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{4} = \left(\frac{qU}{4} \right)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + 0 = \frac{mv^2}{2} + q \frac{U}{4}$$

$v < v_0$ (электрон замедляется)

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{qU}{4} \quad | \cdot 2$$

$$mv^2 = mv_0^2 - 2q \frac{qU}{4} \quad | : m$$

$$v^2 = v_0^2 - \frac{qU}{2m}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$$

Ответ: 1) $a_{12} = \frac{qU}{md} i$; 2) $K_1 - K_2 = qU$; 3) $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$

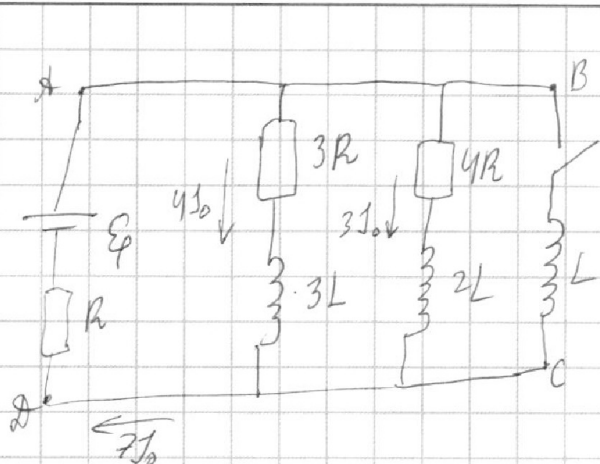
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



II правило Кирхгофа:

$$1) \quad \mathcal{E} = 12 I_0 R + 7 I_0 R$$

$$\mathcal{E} = 19 I_0 R \Rightarrow$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{19R} \quad (\text{В уст. режиме!})$$

$$2) \quad \mathcal{U}_{AB} = I_0 = 4 I_0$$

$$I_0 = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$$

- 3) Скорость нарастания тока через все контуры мгновенно не увеличивается $\Rightarrow$

$$\mathcal{E} - L I_2' = 7 I_0 R \Rightarrow \mathcal{E} - L I_2' = \frac{7\mathcal{E}}{19}$$

$$L I_2' = \frac{12\mathcal{E}}{19} \Rightarrow I_2' = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$$

- 4) В новой установившемся состоянии (после замыкания ключа) ток будет идти только через контур ABCD

$$5) \quad \mathcal{U}_{3R} + \mathcal{U}_{2L} = \mathcal{U}_L \quad (\text{парал. соединение})$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{U}_L + \mathcal{U}_R$$

$$I_3 \cdot 3R + 3L \frac{dI_3}{dt} = I_4 \cdot 4R + 2L \frac{dI_4}{dt} = L \frac{dI_4}{dt}$$

$$\mathcal{E} = L \frac{dI_4}{dt} + (I_4 + I_3 + I_4) R \quad I_R = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$6) \quad 3I_3 R + 3L \frac{dI_3}{dt} = L \frac{dI_4}{dt} \quad 1 \text{ дт}$$

$$3d q_3 R + 3L dI_3 = L dI_4$$

$$q_3 \cdot 3R d q_3 + 3L dI_3 = L dI_4 \Rightarrow 3R \cdot q_3 + 3L \left(0 - \frac{4\mathcal{E}}{19R}\right) = L \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$3R \cdot q_3 = \frac{L\mathcal{E}}{R} + \frac{12L\mathcal{E}}{R}$$

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!

(продолжение)

$$3Rq_3 = \frac{13LE}{R} \Rightarrow q_3 = \frac{13LE}{3R^2}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{4E}{19R}$; 2) $I_x = \frac{12E}{19L}$; 3) $q_3 = \frac{13LE}{3R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

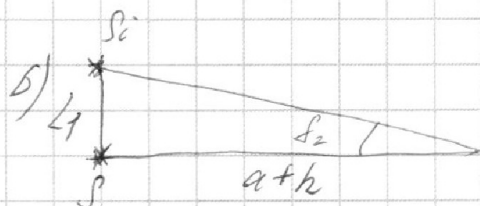
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



(продолжение)



$$\text{tg } \delta_2 = \frac{L_1}{a+h}$$

$$\text{tg } \delta_2 \approx \delta_2$$

$$L_1 = \delta_2 (a+h)$$

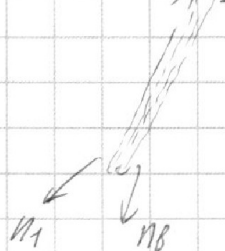
$$L_1 = \frac{7}{100} \cdot 104 = \underline{7.28 \text{ см}}$$

$$\delta_2 = 0.07 \text{ рад};$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ \times 104 \\ \hline 208 \\ 228 \end{array}$$

7) меняю $n_1 \neq n_2$!

$P_2 \rightarrow P_3$

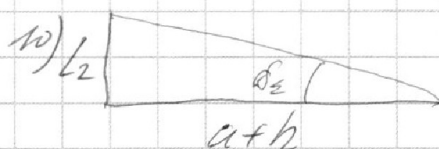


$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$n_1 \alpha = n_2 \beta \Rightarrow \beta = 1.4 \cdot \alpha = \underline{0.14 \text{ рад}}$$

$$\delta) \delta_2 = \alpha / (\frac{n_2}{n_1} - 1) \Rightarrow \delta_2 = \alpha \cdot 0.7 = \underline{0.07 \text{ рад}}$$

$$\delta) \delta_z = \beta + \delta_2 = 0.14 + 0.07 = \underline{0.21 \text{ рад}}$$



аналогично

$$L_2 = \delta_z (a+h)$$

$$L_2 = 0.21 \cdot 104$$

$$L_2 = \frac{21 \cdot 104}{100} = \underline{21.84 \text{ см}}$$

Ответ: 1) $\delta_2 = 0.07 \text{ рад};$

$$2) L_1 = 7.28 \text{ см}$$

$$3) L_2 = 21.84 \text{ см}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ \times 104 \\ \hline 208 \\ 228 \end{array}$$

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

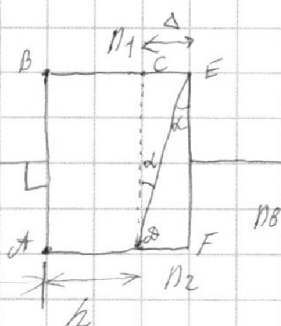
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$n_B = 1,0;$$

δ

$$\alpha = 90^\circ$$

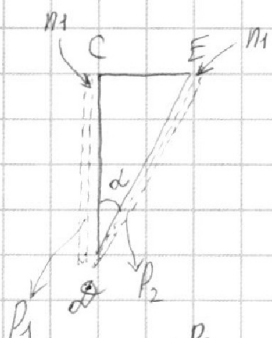


$$\delta = 0,1 \text{ рад}; \quad h = 14 \text{ см}$$

$$\Delta \ll h$$

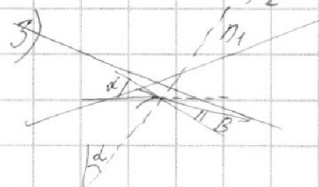
1) $ABCD$ — плоскопараллельная пластинка, она не отклоняет лучи, входящие по нормали к ней (по закону Штейнхейла)

2) CDE и EDF — призмы

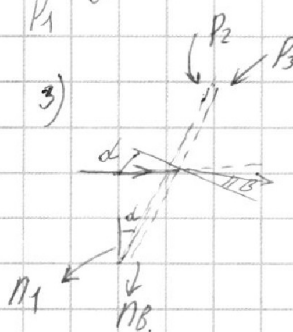


Вставим плоскопараллельную пластинку толщиной d по обе стороны от CDE с показателем n_1

$\delta_1 = d \left(\frac{n_1}{n_1} - 1 \right) \Rightarrow \boxed{\delta_1 = 0}$



3)



Вставим сразу за пластинкой P_2 еще одну с показателем преломления n_B

$$n_1 \sin \alpha = n_B \sin B \Rightarrow \text{т.к. } \alpha, B \ll 1, \text{ то:}$$

$$n_1 d = n_B B \Rightarrow \boxed{B = d}$$

$$4) \delta_2 = d \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \Rightarrow \delta_2 = d \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$

$$\boxed{\delta_2 = 0,07 \text{ рад}}$$

$$n_1 = n_B = 1!$$

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!



$$V_1, p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2};$$

$$T_0, V_{\text{кв}} = \frac{V}{4};$$

$$T = 373 \text{ K};$$

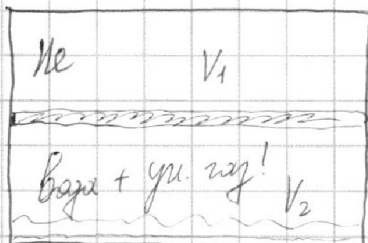
$$\tilde{V}_1 = \frac{V}{5};$$

$$\Delta V = k p V$$

$$k \approx 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па} \cdot \text{с}};$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}};$$

(герметич.).



$$1) \begin{cases} V_1 + V_2 = V \\ \tilde{V}_1 + \tilde{V}_2 = V \end{cases}$$

$$2) \tilde{V}_1 = \frac{V}{5}; \tilde{V}_2 = V - \frac{V}{5} = \frac{4V}{5}$$

$$V_2 = V_{\text{газ}} + V_{\text{ж}} \quad V_{\text{газ}} - \text{объем газа}$$

$$\tilde{V}_2 = \tilde{V}_{\text{газ}} + \tilde{V}_{\text{ж}} \quad V_{\text{ж}} - \text{объем жидк. квант.}$$

$$3) p_1 = p_2 = p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2}$$

$$4) p_1 V_1 = \nu_1 R T_0$$

$$\Delta V = k \cdot p_2 \cdot \frac{V}{4}$$

$$p_2 V_{\text{газ}} = \nu_2 R T_0$$

→ давление

$$V_{2\text{ж}} = V_2 + \Delta V;$$

→ уменьшился упр. газ.

→ увелич. объем жидк. газа.

5)

$$p_2 V_{\text{газ}} = (\nu_2 + \nu_{\text{ж}}) R T_0$$

→ давление упр. газа.

$$6) \frac{V_1}{V_{\text{газ}}} = \frac{\nu_1}{\nu_2 + \nu_{\text{ж}}}$$

$$7) \tilde{p}_1 \frac{V}{5} = \nu_1 R T$$

$$(\tilde{p}_2 + p_{\text{жидк.}}) \tilde{V}_{2\text{газ}} = (\tilde{\nu}_2 + \tilde{\nu}_{\text{ж}}) R T$$



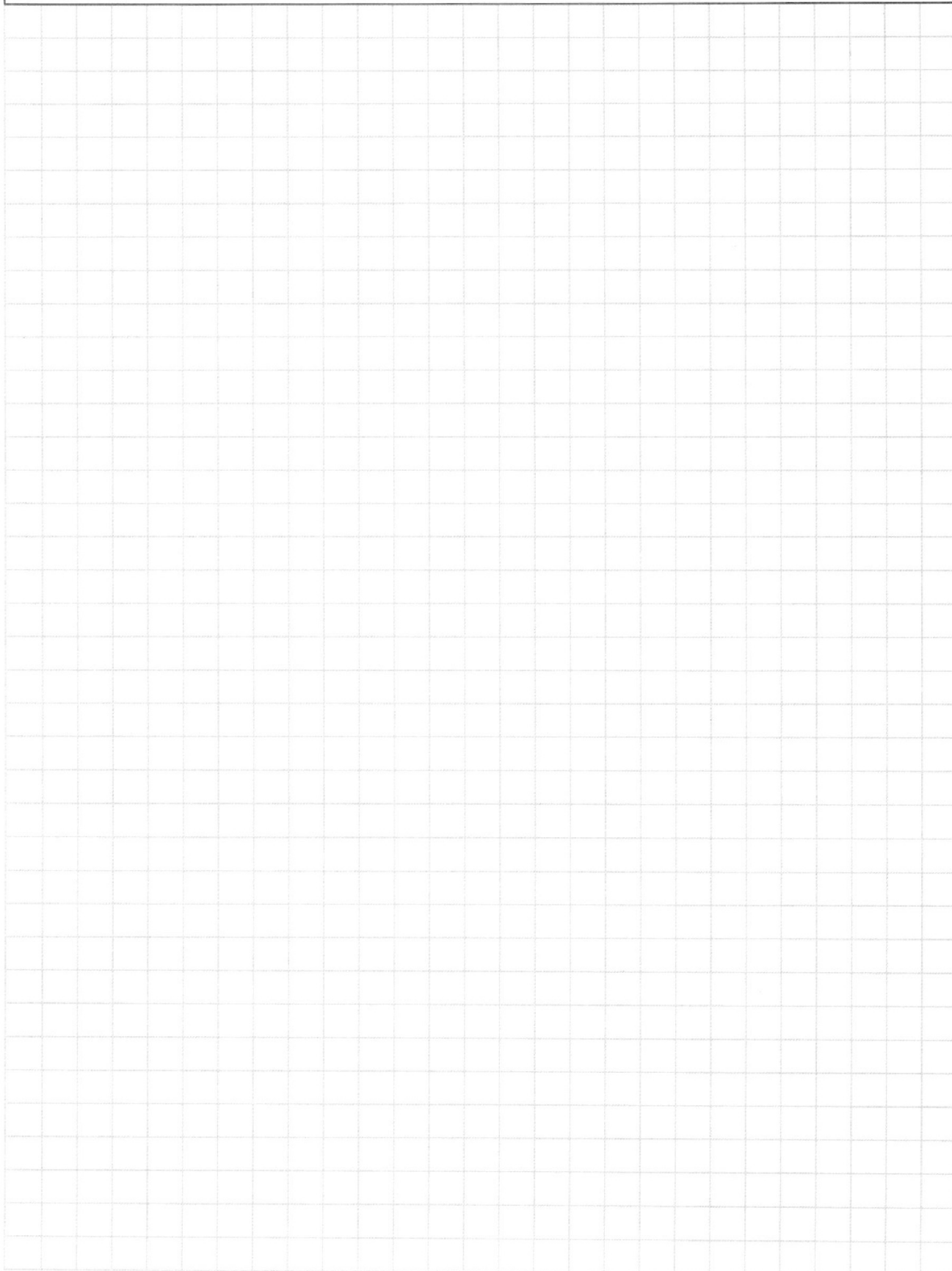
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



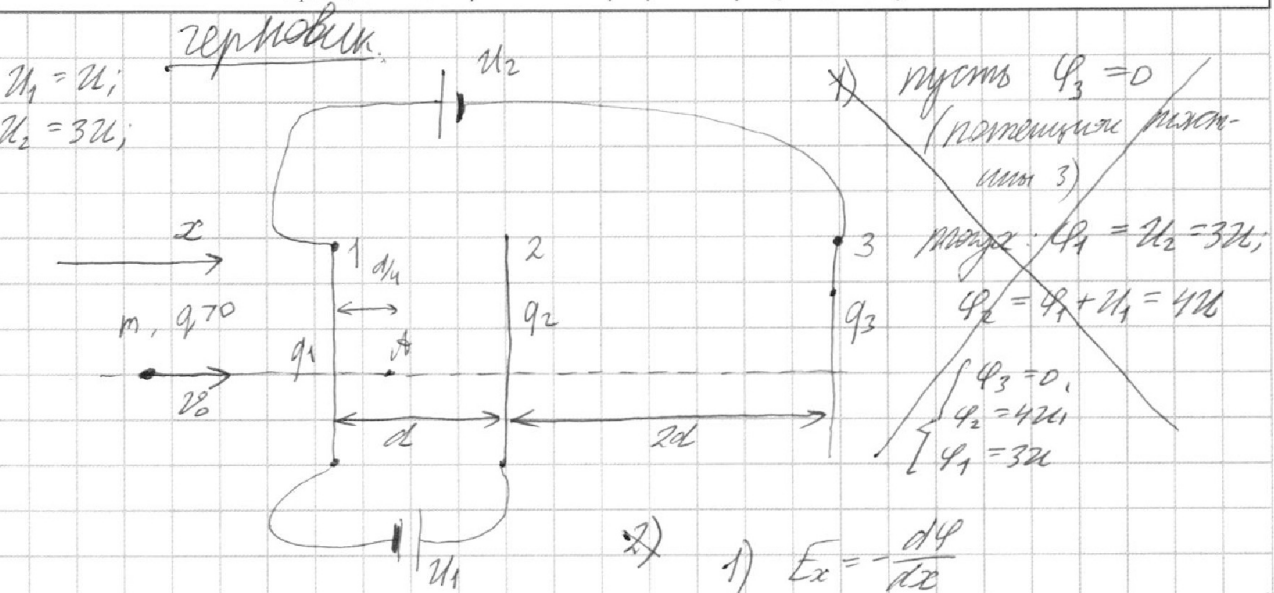
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



2) $E_{12} \cdot d + E_{23} \cdot 2d = -(-3U)$

$$\begin{cases} \varphi_2 - \varphi_1 = U_1 = U \\ \varphi_1 - \varphi_3 = U_2 = 3U \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi_3 - \varphi_1 = -3U \\ \varphi_2 - \varphi_1 = U \end{cases}$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = 3U - U$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -4U$$

3) $E_{23} \cdot 2d = -(\varphi_3 - \varphi_2)$

$$E_{23} \cdot 2d = 4U$$

$$(q_1 + q_2 - q_3) \frac{2d}{2\epsilon_0 S} = 4U$$

5) $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ (ЗКЗ) (по условию) б)

$$4q_2 + 4q_3 - 4q_1 = 2q_1 + 2q_2 - 2q_3$$

$$2q_2 + 6q_3 = 6q_1 / 2$$

$$\boxed{q_2 + 3q_3 = 3q_1}$$

1) $E_x = -\frac{d\varphi}{dx}$

$$E_x dx = -d\varphi \Rightarrow E_x \Delta x = -\Delta\varphi$$

$$E_{12} \cdot d = -U_1$$

$$(q_1 - q_2) \frac{1}{2\epsilon_0 S} = -U_1 = -U$$

$$U = \frac{(q_2 - q_1)}{2\epsilon_0 S}$$

$$(q_1 - q_2 - q_3) \frac{1 \cdot d}{2\epsilon_0 S} = -U_1 = -U$$

$$U = (q_2 + q_3 - q_1) \frac{1 \cdot d}{2\epsilon_0 S}$$

по условию $C = \frac{2\epsilon_0 S}{d}$

4) $CU = q_2 + q_3 - q_1$

$$4CU = 2(q_1 + q_2 - q_3)$$