



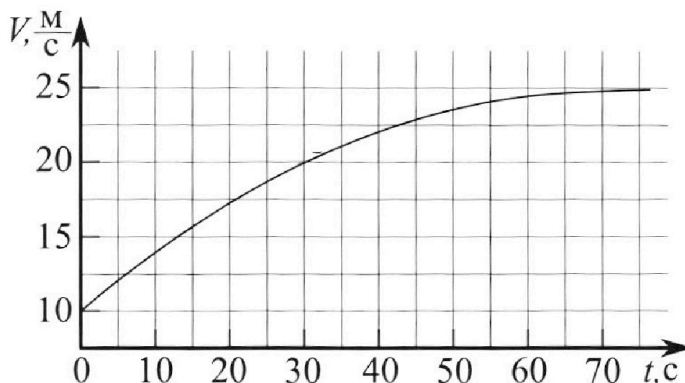
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой $m = 1800$ 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 $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- 2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- 3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

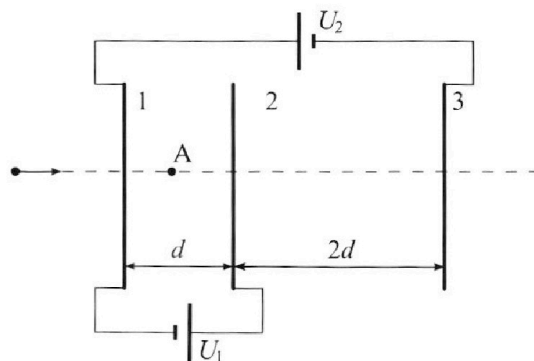
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 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 $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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 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 $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. 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 A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

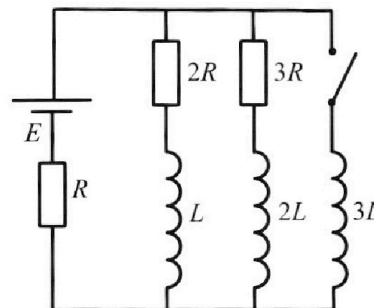
Вариант 11-01

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_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ 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 $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ 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 $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

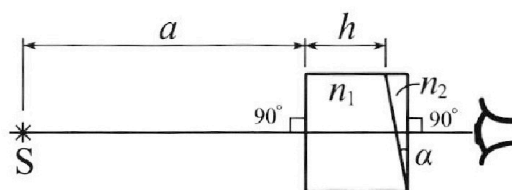
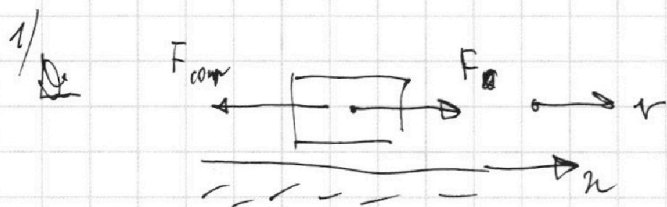
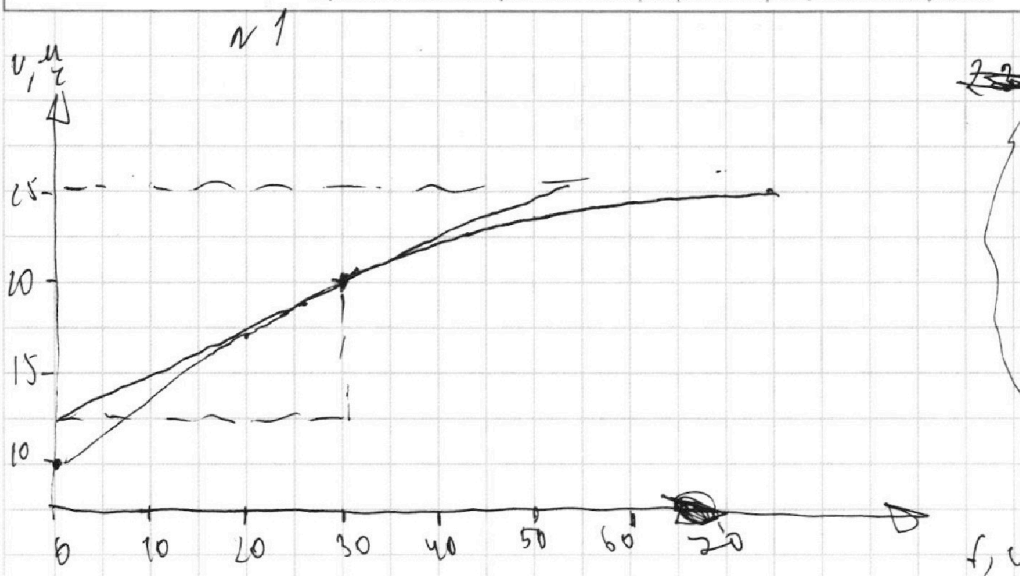


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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!



234 Дл:

$$F_0 - F_{\text{comp}} = m a_x$$

$$F - 2v = m a_x$$

В конце разгона автомобиля движение с постоянной скоростью $\Rightarrow$
 $\Rightarrow F_k = 2v \Rightarrow 2 = \frac{F_k}{v} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$

~~Касательная к модели~~ коэф. качения касательной к модели
 тогда ускорения равно ускорения автомобиля.

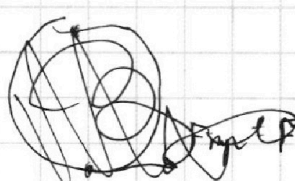
Площадь образ при скорости $v_1 = 20 \text{ (м/с)}$ $q_1 = \frac{dv}{dt} = \frac{2,5}{30} =$

$$= \frac{2,5}{30} = 0,25 \left(\frac{\text{м/с}^2}{\text{с}} \right)$$

$$2) F_1 - 2v_1 = m a_1 \Rightarrow F_1 = 2v_1 + m a_1 \Rightarrow F_1 = 20 \cdot 20 + 1100 \cdot 0,25 = 400 + 275 = 675 \text{ (Н)}$$

3) Разогнаться можно:

~~Сила трения зависит от скорости и площади контакта~~
~~Сила трения зависит от скорости и площади контакта~~
~~Сила трения зависит от скорости и площади контакта~~



По определению.

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F \cdot ds}{dt}$$

$$= Fv$$

$$P_1 = F_1 v_1 = 675 \cdot 20 = 13500 \text{ (Вт)}$$

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!



12 (продолжение)

$$V_2 = V_{20} + \Delta V_0 - \Delta V = V_{20} + k p_0 \frac{V}{4} - k p_2 \frac{V}{4} = V_{20} + k \frac{V}{4} (p_0 - p_2)$$

Тогда $p_2 = p - p_{\text{атм}} \Rightarrow V_2 = V_{20} + k \frac{V}{4} (p_0 - p + p_{\text{атм}}) = V_{20} + k \frac{V}{4} (-\frac{17}{8} p_0 + p_{\text{атм}})$

$$\left(\frac{25}{8} p_0 - p_{\text{атм}} \right) \cdot \frac{11}{20} V = \left(V_{20} + k \frac{V}{4} (p_{\text{атм}} - \frac{17}{8} p_0) \right) k T$$

$$\frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} p_{\text{атм}} V = V_{20} k T + \frac{k V}{4} p_{\text{атм}} k T - \frac{k V}{4} \frac{17}{8} p_0 k T$$

$$- \frac{17}{8} \frac{p_0 V}{4} k T$$

По условию $k T = 1 \Rightarrow \frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} p_{\text{атм}} V = V_{20} k T + \frac{p_{\text{атм}} V}{4} - \frac{17}{32} p_0 V$

$$V_{20} k T = \frac{5}{4} V_{20} k T_0 = \frac{5}{76} p_0 V \quad (\text{из (3)}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} p_{\text{атм}} V = \frac{5}{76} p_0 V + \frac{p_{\text{атм}} V}{4} - \frac{17}{32} p_0 V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{35}{32} p_0 V - \frac{10}{32} p_0 V + \frac{17}{32} p_0 V = \frac{11}{20} p_{\text{атм}} V + \frac{5 p_{\text{атм}} V}{20} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{31}{16} \frac{62}{32} p_0 V = \frac{415}{520} p_{\text{атм}} V \Rightarrow \frac{31}{76} p_0 = \frac{4}{5} p_{\text{атм}} \Rightarrow p_0 = \frac{64 p_{\text{атм}}}{155}$$

Ответ: $p_0 = \frac{64 p_{\text{атм}}}{155}$ 1) $L = 2$

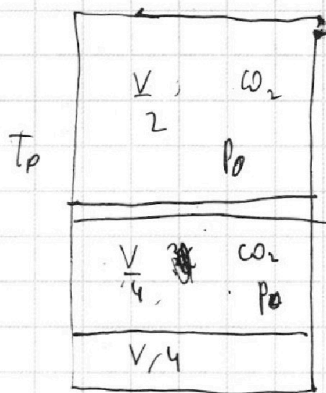
2) $p_0 = \frac{64}{155} p_{\text{атм}}$

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!



№ 2 (часть 1)



Для газа при комнатной температуре:
Поскольку нормально в равновесии, то давление равно и сверху и снизу.

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_{10} k T_0 \quad (1)$$

$$p_0 \frac{V}{4} = \nu_{20} k T_0 \quad (3)$$

$$\text{Получим } \frac{\nu_{10}}{\nu_{20}} = \frac{V/2}{V/4} = 2$$

$$\Rightarrow \frac{3\nu}{4} - \frac{\nu}{8} = \frac{11}{8} \nu$$

После нагревания

Пусть общее кол-во газа в нижней части сосуда равно ν .
 $\nu = \nu_{10} + \nu_{20} = \nu_{20} + \Delta \nu = \nu_{20} + \frac{11}{8} \nu_{20} = \frac{19}{8} \nu_{20}$

$$\nu_{20} = \frac{8}{19} \nu$$

По закону Гейсса $\Delta \nu_{20} = k p_0 \frac{V}{4}$

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

$$\text{Для газа сверху: } p \frac{V}{5} = \nu_{10} R \cdot \frac{5}{4} T_0 \quad (2)$$

$$\text{Поделим (2) на (1): } \frac{p \frac{V}{5}}{p_0 \frac{V}{2}} = \frac{\frac{5}{4} \nu_{10} R T_0}{\nu_{10} k T_0} = \frac{2}{5} \frac{p}{p_0} = \frac{5}{9} \Rightarrow p = \frac{25}{8} p_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p = \frac{25}{8} p_0 = \frac{25}{8} k p_0 \frac{V}{4}$$

По нормам идеального газа и ~~всего~~ идеального газа при температуре $100^\circ \text{C} \Rightarrow p_{\text{в.н.}} = p_{\text{атм}}$

Нормы в равновесии $\Rightarrow p_2 + p_{\text{атм}} = p = \frac{25}{8} p_0$

Для газа по нормам: $p_2 V_2 = \nu_2 k T$

$$\nu_2 = \nu_{20} + \Delta \nu = \nu_{20} + \frac{11}{8} \nu_{20} = \frac{19}{8} \nu_{20} \quad \nu_2 = \frac{19}{8} \nu_{20} = \frac{19}{8} \cdot \frac{8}{19} \nu = \nu$$

$$\Rightarrow p_2 \cdot \frac{11}{20} V = \frac{19}{8} \nu_{20} k T = \frac{19}{8} \cdot \frac{8}{19} \nu_{20} k T = \nu_{20} k T = \frac{1}{2} p_0 V \cdot k T$$

$$\nu_{20} k T = \frac{5}{8} \nu_{20} R \cdot T_0 =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

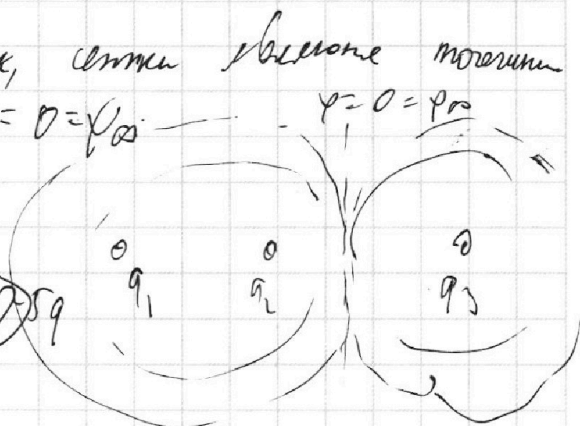
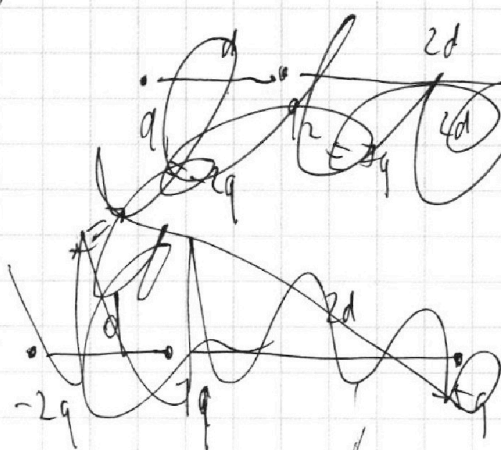
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

МФТИ

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

пз (продолжение)

не растаеми $\Rightarrow$ размер сток, сток вбросе морщин
заредани булебот покривати $\rho = 0 = \rho_{\text{ст}} \quad \rho = 0 = \rho_{\text{пр}}$



$$y_1 - y_2 = y_2 - y_3$$

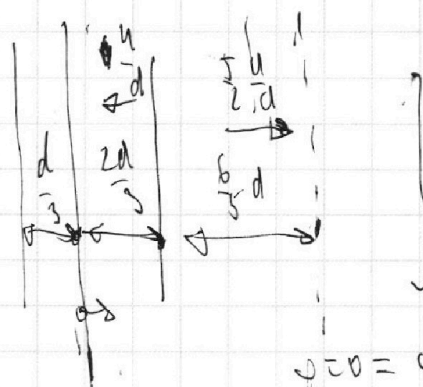
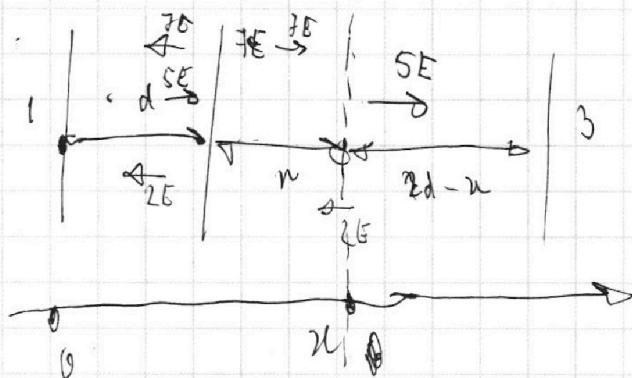
$$-4E \cdot d + 10Ez = 10E(2d - z)$$

$$-4E_d + 10E_n = 20E_d - 10E_n$$

$$T_H d = 20^\circ \text{K} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{6}{5} d -$$

- координат не берем
с помощью ∂_i :



$$\varphi = 0 = \varphi_{\infty}$$

Amber:

1) $a = \frac{u_0}{m_0}$

$$21 \quad K_1 - K_2 = 94$$

3) $\sqrt{10} \pm \frac{14}{m}$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{1494}{3 \text{ m}}}$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{r_0^2 + \frac{14}{3} \frac{q^2}{m}}$$

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

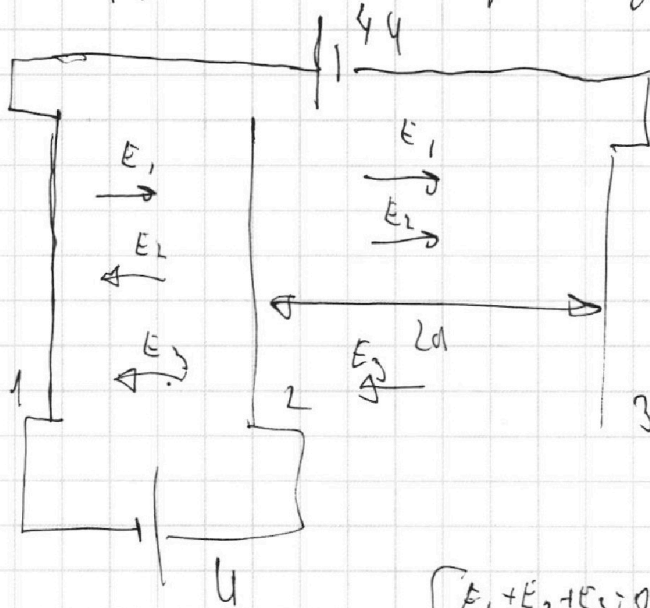
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

н/с (начало)
Размер сетки $\gg d \Rightarrow$ напряженность поле, создаваемое
сеткой ~~потенциал~~ не зависит от расстояния до
сетки (при малых) и пренебрегаем зарядом сетки.



Суммарный заряд сеток
равен нулю, т.к.
используем лишь разность
зарядов, а не заряды
ин. Также обозначим

$$\begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ U = (E_3 + E_2 - E_1)d \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ U = (E_3 + E_2 - E_1)d \\ 5U = (E_1 + E_2 - E_3)2d \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 (1) \\ \frac{U}{d} = E_3 + E_2 - E_1 (2) \\ 5U = (E_1 + E_2 - E_3)2d (3) \end{cases}$$

$$(3) - (1): 5U = 0 = -(E_3 - E_1)2d \Rightarrow E_3 = -\frac{5U}{2d}$$

$$(3) - (1): \frac{5U}{2d} = 0 = -(E_3 - E_1)d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_3 = -\frac{5U}{2d}$$

Сложим (2) и (1): $\frac{7U}{2d} = 2E_2 \Rightarrow E_2 = \frac{7U}{4d} \Rightarrow E_1 - E_2 - E_3 = \frac{7U}{4d} - \frac{7U}{4d} + \frac{5U}{2d} = \frac{5U}{2d}$

1) 234 где разность: $(E_2 + E_3 - E_1)q = ma \Rightarrow a = \frac{U}{d} q = ma \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{Uq}{md}$

2) 307 где разность: $K_2 - K_1 = \Delta x \cdot \text{поле} = (E_1 - E_2 - E_3)qd = -\frac{U}{d} qd =$
 $\Rightarrow K_1 - K_2 = qU$

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!

н 4 (продолжение)
Две катушки А: из прав. катушки:

$$-L \frac{dI_1}{dt} + 3L \frac{dI_3}{dt} = 2I_1 R \quad (-dt) \Rightarrow -L dI_1 + 3L dI_3 = 2I_1 R$$

Продифференцируем по всем dt : $\Rightarrow -L \Delta I_1 + 3L \Delta I_3 = 2q_1 R$

$$\Rightarrow -L (I_{1K} - I_{10}) + 3L (I_{3K} - 0) = 2q_1 R$$

В установившемся режиме токи постоянны и равны $\Rightarrow U_{3L} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{2K} = 0, I_{1K} = 0$: весь ток циркулирует по внешней катушке

и равен $I_K = I_{3K} = \frac{E}{R} \Rightarrow -L (0 - I_{10}) + 3L \frac{E}{R} = 2q_1 R \Rightarrow LI_{10} + 3LE = 2q_1 R$

$$\Rightarrow L \frac{3E}{11R} + 3LE = 2q_1 R \Rightarrow \frac{3LE}{11R} + \frac{33LE}{11R} = 2q_1 R \Rightarrow \frac{36LE}{11R} = 2q_1 R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{18LE}{11R^2}$$

Ответ:

- 1) $I_{10} = \frac{3E}{11R}$
- 2) $\frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11RL}$
- 3) $q_1 = \frac{18LE}{11R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

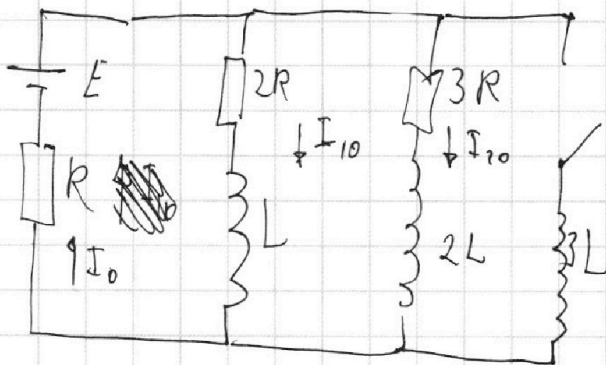
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

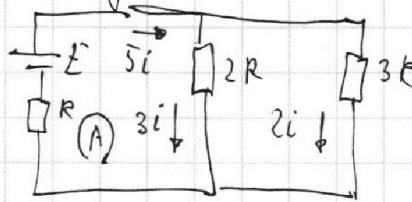


№4 (каналы)



1) Если канал разорван:

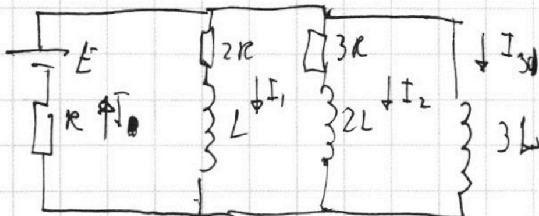
Решим упрощенно $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ ток во всех ветвях не меняется $\Rightarrow$ на катушках не падает напряжение.



Рассмотрим ток обратно
поперек сопротивлений // - ветви

2 урав. Кирхгофа для контура (A): $E = 5iR + 6iR \Rightarrow i = \frac{E}{11R}$
 $I_{10} = 3i = \frac{3E}{11R}$; Через резистор R: $I_0 = 5i = \frac{5E}{11R}$; Через 3R: $I_{10} = \frac{2E}{11R}$

2) Сразу после замыкания ключа:



Ввиду того, что

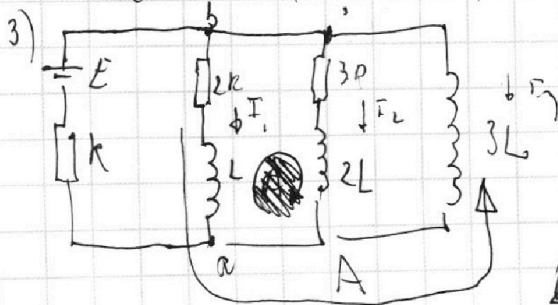
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$I_1 = I_{10}$, т.к. катушки не позволяют
мгновенно поменять ток

Аналогично $I_2 = I_{10}$; $I_3 = 0 \Rightarrow$ Запишем 2 урав. Кирхгофа
для внешнего контура:

$$E - 3L \frac{dI_3}{dt} = I R \Rightarrow 3L \frac{dI_3}{dt} = E - I_0 R \Rightarrow 3L \frac{dI_3}{dt} = E - \frac{5E}{11R} = \frac{6E}{11R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11R \cdot 3L} = \frac{2E}{11RL}$$



2 урав. Кирхгофа для контура (A):

$$L \frac{dI_1}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt} = -2I_1 R + 3I_2 R \quad (-d)$$

$$L \frac{dI_1}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt} = -2I_1 R + 3I_2 R \quad (\Sigma)$$

проинтегрируем по времени dt:

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

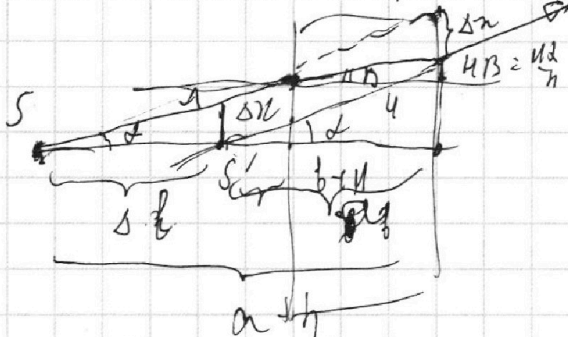
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

изображение в плоскопараллельном пластине



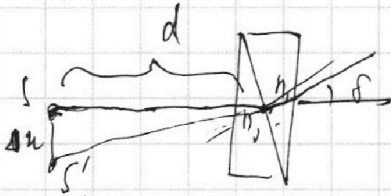
$$\Delta l = \frac{\Delta n}{2} \cdot d; \Delta x = (a+h) \cdot d$$

$$- \frac{(a+h) \cdot d}{n} \cdot \beta = \frac{d}{n} \cdot \alpha$$

$$(a+h) \cdot \alpha = \alpha + \frac{1}{n} \cdot \Delta l \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \Delta l \Rightarrow \Delta l = h \frac{(n-1)}{n}$$

изображение в сходящемся луче.



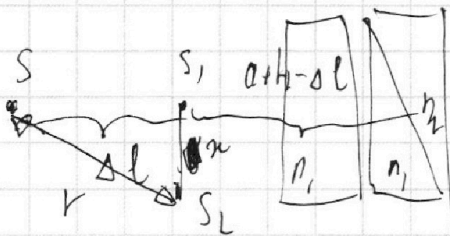
Анализировать можно так:

$$n_1 d = n_2 \delta \Rightarrow \delta = \frac{n_1 d}{n_2} \Rightarrow \delta = d - \frac{h}{n_2}$$

$$n_2 \delta = \delta \Rightarrow \delta = (n_2 - n_1) \cdot d \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ смещение изображения $x = d \delta = d (n_2 - n_1) \cdot \frac{h}{n_1} = \frac{200 \cdot 0,02}{0,1} = 400 \text{ мкм}$

3) у нас имеется бы плоскопараллельный пластинка и два изображения S_1 - изображение S в пластине, S_2 - изображение S_1 в линзе



$$K = \sqrt{\Delta l^2 + x^2} = \sqrt{\left(h \frac{n-1}{n}\right)^2 + \left((a+h-\Delta l)(n_2-n_1)\delta\right)^2}$$

$$S_1 \text{ - изображение } \Rightarrow r = \sqrt{(\Delta l)^2 + (x)^2} =$$

$$= \sqrt{(\Delta l)^2 + ((a+h-\Delta l)(n_2-n_1)\delta)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(h \frac{n-1}{n}\right)^2 + \left((a+h-h \frac{n-1}{n})(n_2-n_1)\delta\right)^2} = \sqrt{h^2 \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 + \left(a+h-h \frac{n-1}{n}\right)^2 (n_2-n_1)^2 \delta^2}$$

$$= \sqrt{9^2 \cdot \left(\frac{1,5-1}{1,5}\right)^2 + \left(194 + \frac{9}{1,5}\right)^2 \cdot (0,2)^2 \cdot (0,1)^2} = \sqrt{1 + (200 \cdot 0,02)^2} =$$

$$= \sqrt{17} \text{ см}$$

Ответ: 1) ~~17 см~~ 0,01 рад

2) 14,2 см

3) $\sqrt{17}$ 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

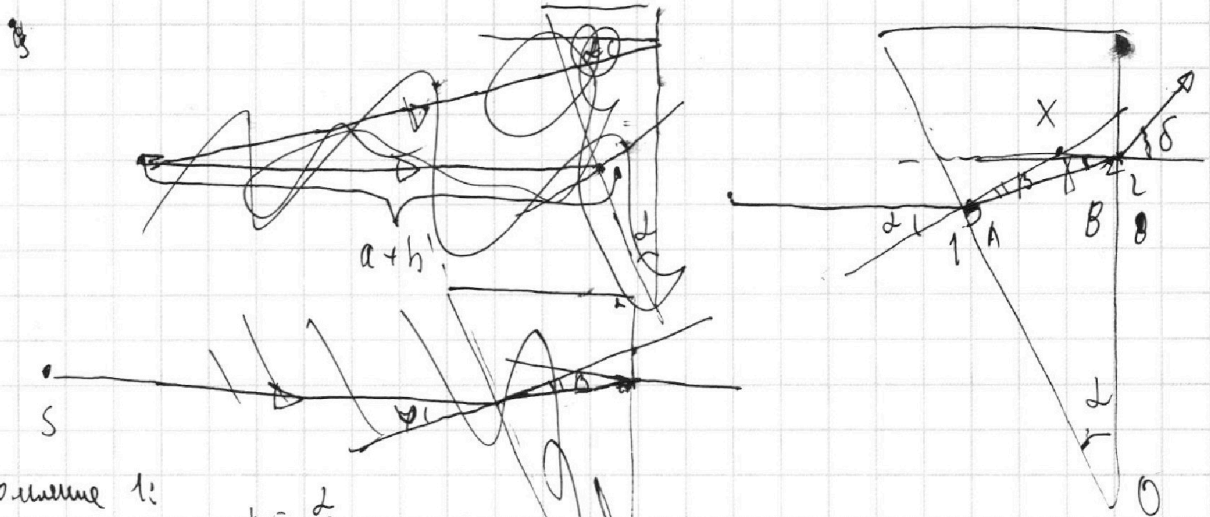
МФТИ

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



№5 (какая)

1) Если $n_1 = n_2$, то толщину кристалла можно вообще убрать.
Рассмотрим преломление лучей, идущих под углом α к GO .



1) Преломление 1:

$$\alpha = n_2 \beta \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{n_2}$$

Преломление 2: $n_2 \gamma = \delta$

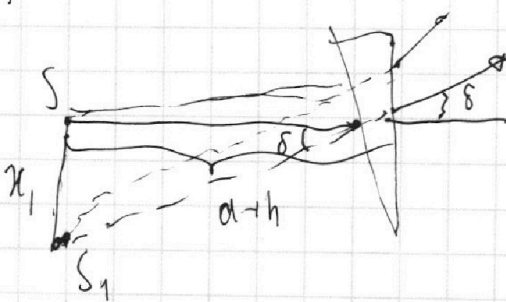
Четырехугольник $OAXB$ - вписанный $\Rightarrow \angle AXB = 180^\circ - \alpha$

$$\text{В } \triangle AXB: 180^\circ = \beta + \gamma + (180^\circ - \alpha) \Rightarrow \beta + \gamma = \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma = \alpha - \beta = \alpha - \frac{\alpha}{n_2} \Rightarrow \delta = n_2 \gamma = n_2 \alpha - \alpha = (n_2 - 1) \alpha =$$

$$= 0,02 \text{ рад}$$

2)



Путь с малым углом α "сдвигается" кривизну $1/\alpha$, но "вытесняется" n_2 .

$$\begin{aligned} x_1 &= (a+h) \tan \delta \approx (a+h) \delta = \\ &= (a+h) (n_2 - 1) \alpha = 203,0,07 \approx \\ &\approx 14,2 \text{ см} \end{aligned}$$



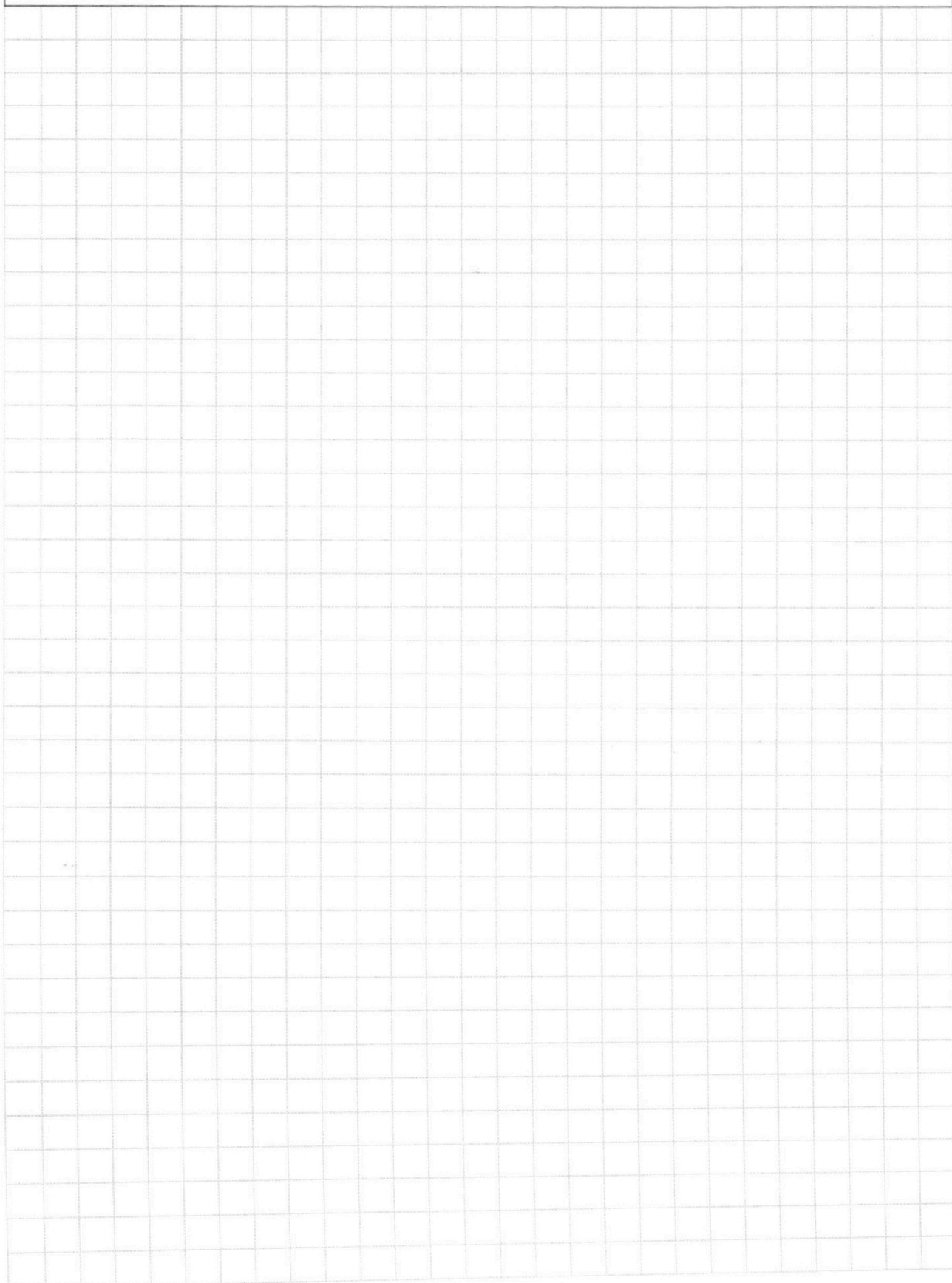
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



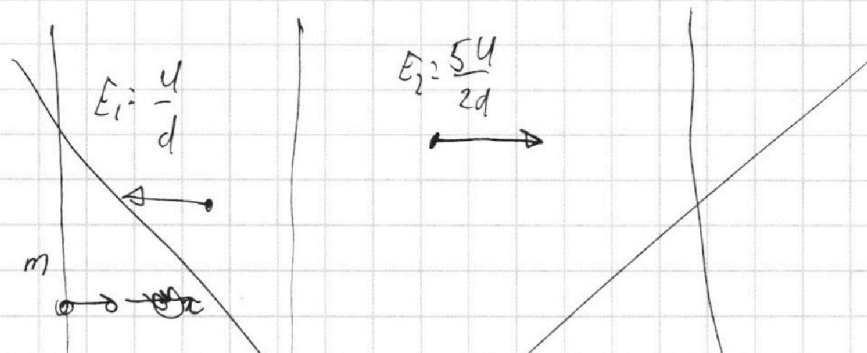
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1) 2 3 4 ~~was wrong~~ ~~was wrong~~ ~~was wrong~~

$$E, q = ma \Rightarrow a = \frac{E_1 q}{m} = \frac{U q}{d m}$$

2) 3 6 7 ~~was wrong~~ ~~was wrong~~

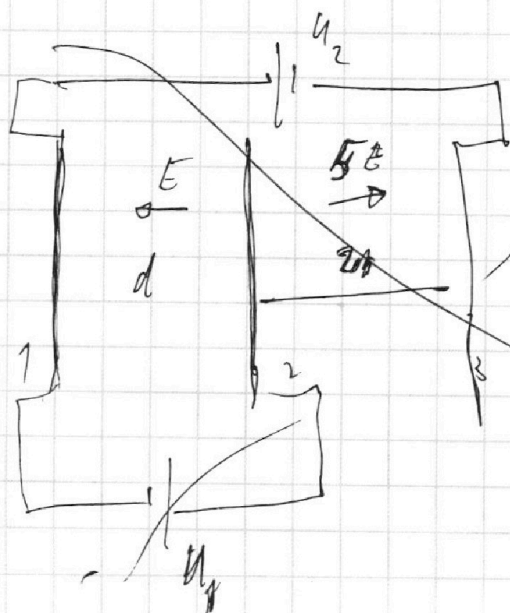
$$k_2 - k_1 = A_{электр. 1 \rightarrow 2} = U q$$

$$\Rightarrow k_2 - k_1 = -E_1 q d \Rightarrow k_2 - k_1 = E_1 d = U q$$

3) 3 6 7 ~~was wrong~~ ~~was wrong~~

$$k_{13} - k_1 = -E_1 q \frac{d}{3} \Rightarrow \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = -\frac{U q}{3} \Rightarrow \frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{U q}{3}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2 U q}{3 m}} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2 U q}{3 m}}$$



$$U_2 = U_1 + E_2 \cdot 2d$$

$$E_2 = \frac{5U}{2d}$$

$$E_1 = \frac{U}{d}$$

$$q = \frac{E}{d}$$

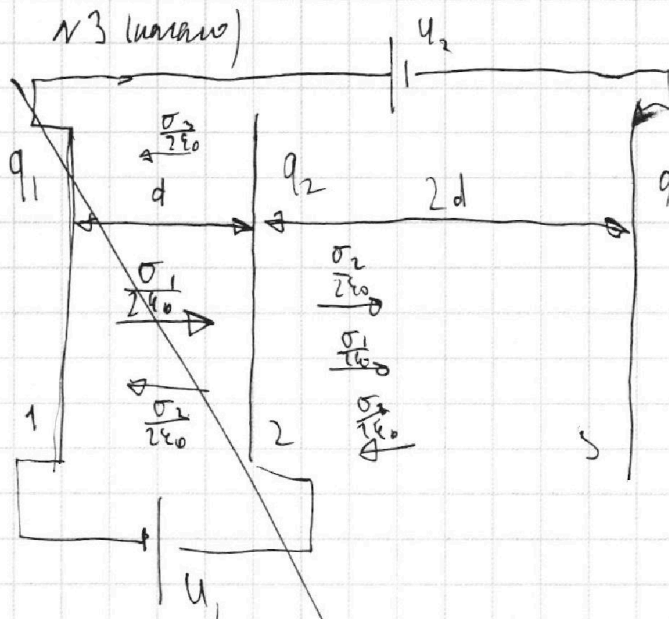
$$E = k q$$

$$E_1 = k q_1$$

$$E_2 = k q_2$$

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!



Заметим, что $q_1 + q_2 + q_3 = 0$,
т.е. проводники могут
иметь разный заряд.
Так как $s \gg d$, то напряженность
каждой из пластин

$$E_i = \frac{q_i}{2\epsilon_0} \quad \frac{\sigma_i}{2\epsilon_0}$$

$$U_1 = \frac{\sigma_2 d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1 d}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3 d}{2\epsilon_0} = U$$

$$U_2 = \frac{\sigma_1 d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2 d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3 d}{2\epsilon_0} = -U$$

$$+ \frac{\sigma_2 \cdot 2d}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1 \cdot 2d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3 \cdot 2d}{2\epsilon_0} = 4U$$

Получаем систему:

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ U = \frac{d}{2\epsilon_0} (\sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3) \\ 5U = \frac{d}{\epsilon_0} (\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 & (1) \\ \frac{2\epsilon_0 U}{d} = \sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3 & (2) \\ \frac{5U}{d} = \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 & (3) \end{cases}$$

Вычитая из (1) (3): $0 - \frac{5U}{d} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_2 + \sigma_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sigma_3 = -\frac{5U\epsilon_0}{2d}$$

Вставим (2) и (3): $\frac{7U\epsilon_0}{d} = \sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3 + \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sigma_2 = \frac{7U\epsilon_0}{2d}$$

$$\sigma_1 = -\sigma_2 - \sigma_3 = -\frac{7U\epsilon_0}{2d} + \frac{5U\epsilon_0}{2d} = -\frac{2U\epsilon_0}{2d} = -\frac{U\epsilon_0}{d}$$

Напряженность между пластинами $E_1 = \frac{U}{d}$