



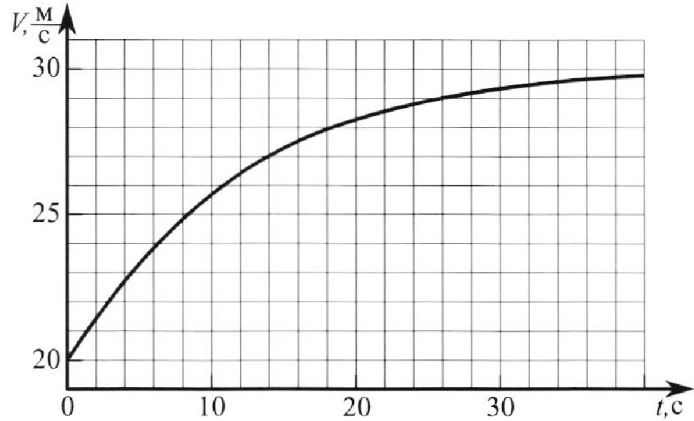
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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.



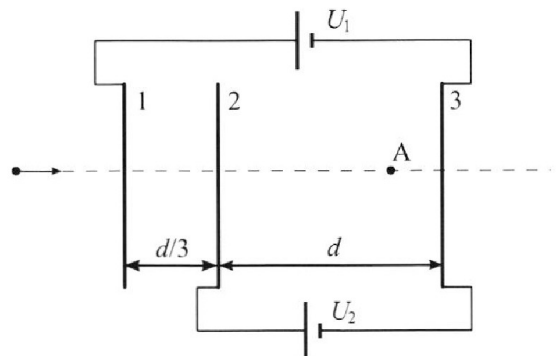
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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 объем $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объем его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объеме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объем 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 объема 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.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

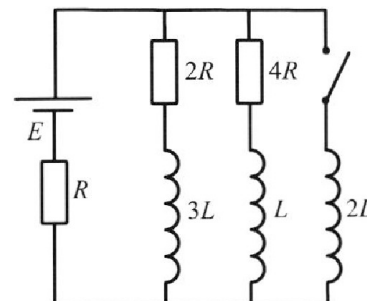
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



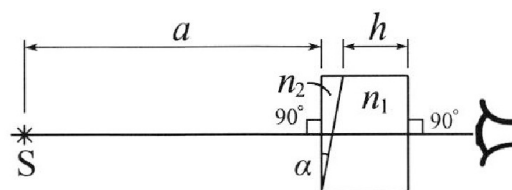
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



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.

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!

1. 1) Ускорение $a = \frac{dV}{dt}$, тогда начальное ускорение a_0 равно угл. коэф. касательной к графику $V(t)$ при $t=0$.

Можно считать, что в 1-ую с. движение было (почти) равноускоренным, тогда из графика найдем:

$$\Delta V \approx 1,5 \frac{m}{c}, \Delta t = 2c.$$

$$a_0 = \frac{\Delta V}{\Delta t} \approx \frac{1,5 \frac{m}{c}}{2c} = 0,75 \frac{m}{c^2}$$

2) $N = F_T \cdot V$, где N - мощность, F_T - сила тяги

В конце разгона $F_{\text{тяги}} \approx F_k$, т.к. $a \rightarrow 0$. Поэтому

$$\frac{N}{V_k} \approx F_k \Rightarrow N \approx F_k \cdot V_k, \text{ где } V_k \approx 30 \frac{m}{c} - \text{значение скорости, к которому стремился график. } N \approx 200H \cdot 30 \frac{m}{c} = 6000Bт$$

Из II з. Ньютона получаем: $ma_0 = \frac{N}{V_0} - F_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_0 = \frac{N}{V_0} - ma_0 \approx \frac{F_k \cdot V_k}{V_0} - ma_0 \approx \frac{200H \cdot 30 \frac{m}{c}}{20 \frac{m}{c}} - 200H \cdot 0,75 \frac{m}{c^2} = 300H - 180H = 120H$$

3) Работа сил сопротивления $A = -\vec{F} \cdot \vec{s}$, где s - перемещение

$$\frac{dA}{dt} = -\frac{d(F \cdot s)}{dt} = -\frac{dF \cdot s + F \cdot ds}{dt}$$

$$\text{При } t=0: s=0, \frac{ds}{dt} = V_0: -\frac{dA}{dt} = F_0 \cdot V_0 = 120H \cdot 20 \frac{m}{c} = 2400Bт$$

$k = \frac{-\frac{dA}{dt}}{N}$ - часть мощности, идущая на преодоление сил сопротивления. $k = \frac{2400Bт}{6000Bт} = 0,4$

Ответ: 1) $0,75 \frac{m}{c^2}$, 2) $120H$, 3) $0,4$

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. T_0 : $\frac{V}{2}$ CO_2 1) При температуре T_0 : $\left(\begin{array}{l} \text{нормальное состояние, поэтому} \\ \text{давление на него сверху и снизу} \\ \text{одинаково} \end{array} \right)$

$\rho_0 \frac{V}{2} = \nu_B R T_0$ ν_B - кол-во газа в верхней части

$\rho_0 \frac{V}{8} = \nu_{\text{нпр}} R T_0 \Rightarrow \nu_{\text{нпр}} = \text{кол-во газа в нижней части при } T_0 \text{ (нераств.)}$

$\Rightarrow \frac{\nu_B}{\nu_{\text{нпр}}} = 4$ $\nu_{\text{н}} = \text{кол-во газа в нижней части (нераств. + раствор.)}$

T : $\frac{V}{8}$ CO_2
 $\frac{V}{2}$ $\text{CO}_2 + \text{р.п.}$
 $\frac{3V}{8}$ H_2O

2) При температуре T :

$T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$ - темп. кипения воды, давление насыщен-ных паров воды равно $P_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа}$

$\rho_1 \frac{V}{8} = \nu_B \cdot R T$ $\text{Поршень неподвижен} \Rightarrow P_1 = P_2 + P_{\text{атм}}$

$\rho_2 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{н}} \cdot R T$

Каждый $\nu_{\text{н}}$: $\nu_{\text{н}} - \nu_{\text{нпр}} = k \cdot P_0 \cdot \frac{3V}{8}$ (из формулы $\Delta \nu = k p \Delta h$)

$= k \cdot \frac{3V}{8} \cdot \frac{\nu_{\text{нпр}} \cdot R T_0}{V} = \frac{9}{4} k \nu_{\text{нпр}} R T \Rightarrow$

$\nu_{\text{н}} = \nu_{\text{нпр}} \cdot \left(1 + \frac{9}{4} k R T \right) = \nu_{\text{нпр}} \left(1 + \frac{9}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \right) =$

$= 5,05 \cdot \nu_{\text{нпр}}$

$P_{\text{атм}} = P_1 - P_2 = \frac{8 \nu_{\text{н}} \cdot R T}{V} - \frac{2 \nu_{\text{н}} R T}{V} = \frac{8 \cdot 4 \nu_{\text{нпр}} \cdot R T}{V} - \frac{2 \cdot 5,05 \cdot \nu_{\text{нпр}} \cdot R \cdot T}{V} =$

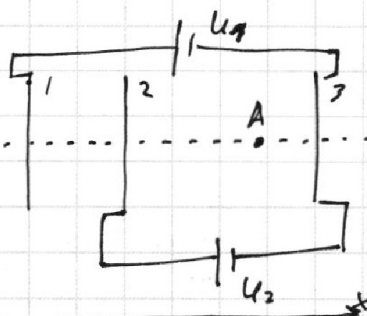
$= 21,9 \frac{\nu_{\text{нпр}} \cdot R T}{V} = 21,9 \cdot \frac{P_0}{8} \Rightarrow P_0 = \frac{8}{21,9} \cdot P_{\text{атм}} = \frac{80}{21,9} P_{\text{атм}}$

Ответ: 1) 4, 2) $P_0 = \frac{80}{21,9} P_{\text{атм}}$

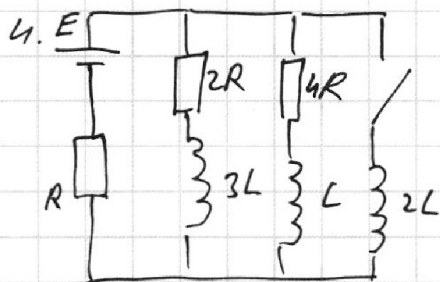
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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



3. 
- Пусть ~~плоскости~~ ^{сетки} приобрели заряды q_1, q_2, q_3 . Тогда $q_1 + q_2 + q_3 = 0$
- Пусть потенциалы точек $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$
- Тогда $\varphi_1 - \varphi_3 = U_1 = 5U, \quad \varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = U,$
- $\varphi_1 - \varphi_2 = (\varphi_1 - \varphi_3) - (\varphi_2 - \varphi_3) = 5U - U = 4U$
- Найдем напряженности поля между сетками 1 и 2, 2 и 3:
- $$E_{12} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\frac{d}{2}} = 12 \frac{U}{d}$$
- $$E_{23} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{d} = U/d \quad \Rightarrow$$
- $$\Rightarrow q_1 - q_2 - q_3 = 12q_1 + 12q_2 - 12q_3 \Rightarrow 11q_1 + 13q_2 - 11q_3 = 0$$
- $$q_1 + q_2 = -q_3 \Rightarrow -11q_3 + 2q_2 - 11q_3 = 0 \Rightarrow q_2 = 11q_3, \quad q_1 = -12q_3$$
- 1) По II з. Ньютона для частицы между сетками 2 и 3:
- $$qE_{23} = ma_{23} \Rightarrow a_{23} = \frac{qE_{23}}{m} = \frac{qU}{dm}$$
- 2) $K_3 - K_2 = A_{э.п} = q \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) = qU$ (A - работа эл. поля)
- 3) Снаружи нет поля $\Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2}$
- $$\frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) = 4qU$$
- $$\frac{mV_A^2}{2} - \frac{mV_2^2}{2} = q \cdot (\varphi_A - \varphi_2) = q \cdot E_{23} \cdot \frac{3d}{4} = \frac{3}{4} qU$$
- $$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{3}{4} qU + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{19}{4} qU + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{19}{4} qU + \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{19}{2} \frac{qU}{m}}$$
- Ответ: 1) $a_{23} = \frac{qU}{dm}$, 2) $K_3 - K_2 = qU$, 3) $V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{19}{2} \frac{qU}{m}}$

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐



1) До замыкания через $3L$ и L идет максимальный ток, поэтому ЭДС индукции нет.

Начальный ток $I_0 = \frac{E}{R + \frac{2R \cdot 4R}{2R + 4R}} = \frac{3}{4} \frac{E}{R}$

Напряжение на $4R$: $U_{4R} = E - I_0 \cdot R = \frac{4}{7} \frac{E}{R}$

$I_{20} = \frac{U_{4R}}{4R} = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$

2) Сразу после замыкания ключа токи в катушках:

$I_{3L} = I_0 - I_{20} = \frac{2}{7} \frac{E}{R}$, $I_L = I_{20} = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$, $I_{2L} = 0$.

По 2-ому правилу Кирхгофа для внешней контура: (обход по часовой стрелке)

$E = L I_{2L}' + I_0 R$ (ток I_0 через резистор R не успел измениться)

$I_{2L}' = \frac{E - I_0 R}{L} = \frac{4}{7} \frac{E}{L}$

3) Запишем 2-ое правило Кирхгофа для правой контура: (обход по час. стрелке)

$-L \cdot I_L' - I_L \cdot 4R + 2L I_{2L}' = 0$

$-L \frac{dI_L}{dt} - \frac{dQ_L}{dt} \cdot 4R + 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow dQ_L \cdot 4R = 2L \cdot dI_{2L} - L \cdot dI_L$ ($dQ_L = dQ_{4R}$)

Суммируя от момента замыкания ключа до установившегося режима, получим:

$Q_{4R} = Q_L = \frac{2L \cdot I_y + L \cdot I_L}{4R}$, где $I_y = \frac{E}{R}$, $I_L = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$.

$Q_{4R} = \frac{2L \cdot \frac{E}{R} + L \cdot \frac{1}{7} \frac{E}{R}}{4R} = \frac{15}{28} \frac{LE}{R^2}$ - искомый заряд.

Ответ: 1) $I_{20} = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$, 2) $I_{2L}' = \frac{4}{7} \frac{E}{L}$, 3) $Q_{4R} = \frac{15}{28} \frac{LE}{R^2}$

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

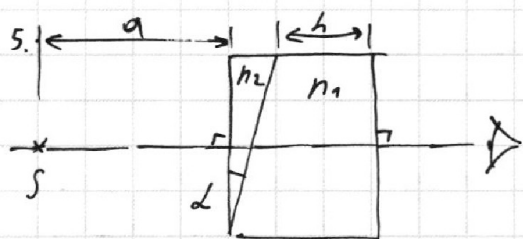
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

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

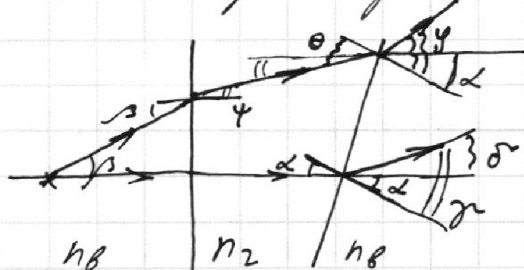
МФТИ



1) Считаю, что $n_1 = n_2 = 1$, можно представить систему следующим образом:



Рассмотрим процесс превращения:

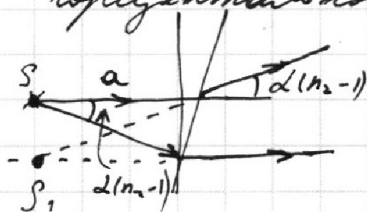


перпендикулярно призме
луч, идущий ~~вдоль главной опти-~~
ческой оси, отклонится на
угол $\delta = \gamma_{\pm} - \alpha$, где
 $\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{n_2}{1}$. Угол малый, поэтому
 $\delta = \gamma - \alpha = \alpha \approx \alpha (n_2 - 1) = 0,02 \text{ рад}$

2) Фотон летит во внешн. под углом β , преломляется, $\frac{\sin \varphi}{\sin \beta} = \frac{1}{n_2} \Rightarrow \varphi = \frac{\beta}{n_2}$, затем преломляется под углом $\theta = \varphi + \Delta = \frac{\beta}{n_2} + \Delta$ и выходит из призм. под углом α к её поверхности $\varphi = n_2 \cdot \theta = \beta + n_2 \Delta$, то есть под углом α к горизонтальной оси $\varphi - \Delta = \beta + \Delta(n_2 - 1)$

Путь $\beta = -\alpha(n-1)$ (знак "-" означает, что угол отсчитывается в обратную сторону)

тогда после выхода из прилива луч пойдёт по нормали к
горизонтальной оси (см. рис.)



Для кинки S -предмет, S_1 -изображение
т.к. у нас много, то S_1 S_1 попадают на
одно вершинками, а расстояние SS_1 равно
 $\alpha \cdot \text{tr}(\mathcal{L}(n_2-1)) \approx \alpha \cdot \mathcal{L}(n_2-1) = 7 \text{ см.}$

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!



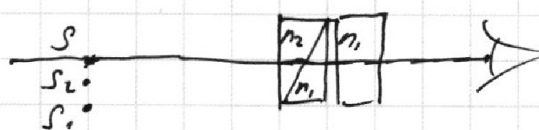
Призма
3) Клин n_2 поворачивает лучи, проходящие через неё на угол $2(n_2 - 1)$ против часовой стрелки.

Тассимонизируем процесс. Разделим вторую призму на 2 составляющие: идеализированную линзу-призму призму и плоско-параллельную пластину:

$$\nabla = \nabla_1 + \nabla_2$$

Первая призма развернёт лучи на угол $2(n_1 - 1)$ к фокусу основания подобно призме n_2 , что свинтит изображение от источника вверх на $a \cdot \tan(2(n_1 - 1)) = 0,24 \text{ см}$.

Тогда систему можно изобразить так:

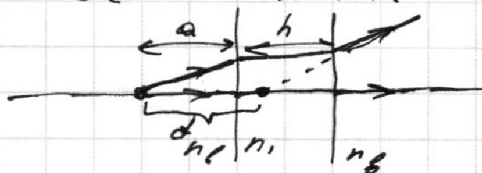


Для призмы с n_2 : S - источник
 S_1 - изображение

Для линзы-призмы с n_1 :
 S_1 - источник, S_2 - изображение

Для плоско-параллельной пластины с n_1 :

S_2 - источник. Тассимонизируем процесс хода лучей:

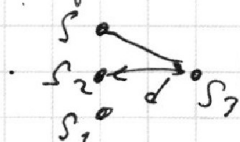


Пластина не меняет направление лучей, а создаёт изображение, сдвинутое относительно источника на расстояние, равное

$$d = h - h \cdot \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) \quad (\alpha - \text{угол падения, } \beta - \text{угол преломления})$$

$$= 14 \text{ см} \cdot \left(1 - \frac{1}{1,4}\right) = 14 \text{ см} - 10 \text{ см} = 4 \text{ см}$$

Тогда полная система будет выглядеть так: S_3 - изображение от источника, его видит глаз



$$SS_3 = \sqrt{(SS_1 - S_1S_2)^2 + (S_2S_3)^2} = \sqrt{(3 \text{ см})^2 + (4 \text{ см})^2} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 1) 0,07 рад, 2) 7 см, 3) 5 см

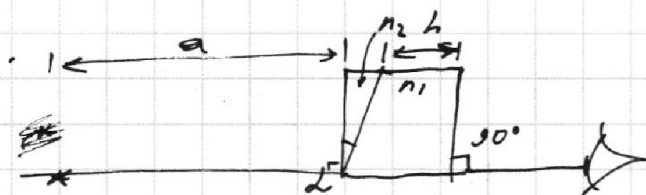
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



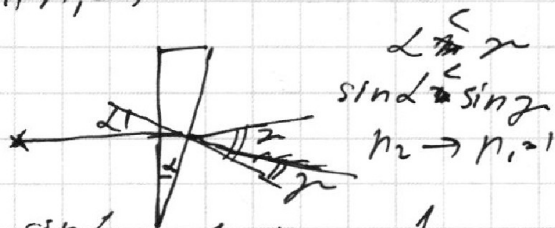
$$\eta_B = 1$$

$$a = 100 \text{ cm}$$

$$\angle = 0,1 \text{ рад-малти}$$

$$h = 14 \text{ cm}$$

$$1) n_1 = 1$$



$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_2}$$

$$r = \frac{m_2 L}{m_1} = \frac{2.1 \text{ kg} \cdot 1.7 \text{ m}}{1.7 \text{ kg}}$$

ОТРАЖ. НЕ УЧЕТ.

1) $n_1 = n_3 = 1, n_2 = 1, x = ?$

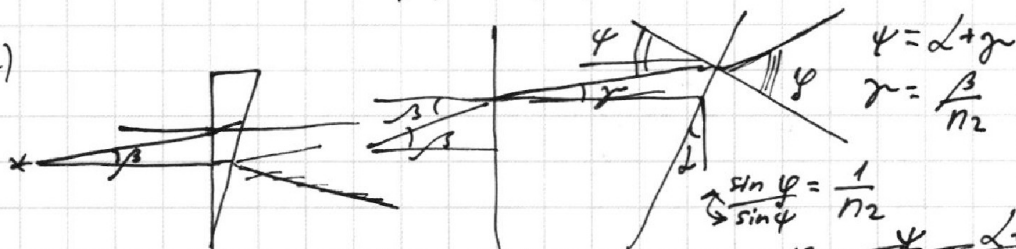
2) $n_1 = n_2 = 1$, $n_3 = 1, 2$

$\rho(\frac{1}{2}, 7, 4) = ?$

3) $n_1 = 1, 4, n_2 = 1, 2$

$\rho(\pi, \psi) = ?$

2)



$$\psi = \alpha + \gamma$$

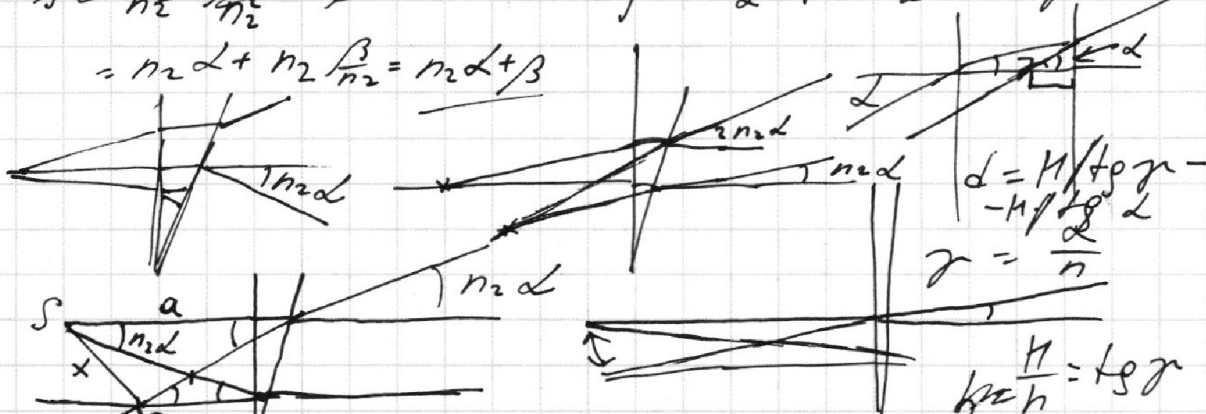
$$n = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$\frac{\sin \phi}{\sin \theta} = \frac{1}{n_2}$$

$$y = \frac{\psi}{n_2} = \frac{\lambda + \gamma}{n_2} = \frac{\lambda + \frac{\beta}{n_2}}{n_2}$$

$$y = \frac{L}{n_2} + \frac{\beta}{n_2} \quad \beta = 0: \quad \sin \varphi = n_2 \cdot \varphi = n_2 L + n_2 \gamma =$$

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



$$d = \frac{H}{f_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{L} \right)$$

$$r = \frac{x}{n}$$

$$\ln \frac{H}{h} = \ln z$$

$$H = \log_2 n \cdot h$$

$$x \approx 0.49 \text{ n}_2 \mathcal{L} \approx 0.49 \text{ n}_2 \mathcal{L} = 100 \mu\text{m}, 17.0, 1 = 17 \text{ cm}$$



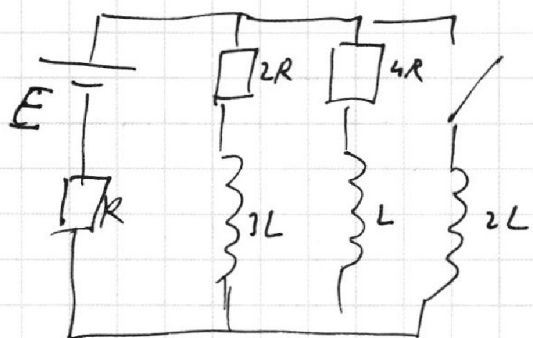
$$\frac{H}{\tan \alpha} - \frac{H}{\tan \beta} =$$

$$d = \cancel{h} - H / \tan \beta = h$$

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!

4.



1) Уст. режим работы:

$$I_0 = \frac{E}{\frac{2R \cdot 4R}{2R + 4R} + R} = \frac{3}{7} \frac{E}{R}$$

$$U_{4R} = E - I_0 \cdot R = \frac{4}{7} E$$

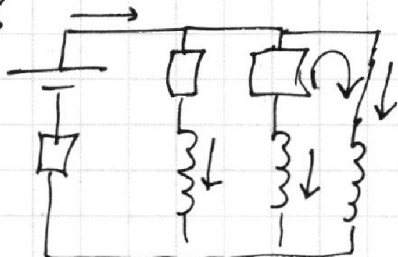
$$I_{2L} = \frac{U_{4R}}{4R} = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$$

2) Сразу после замыкания $I_{3L} = \frac{2}{7} \frac{E}{R}$, $I_L = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$, $I_{2L} = 0$

2-ое урав. Кирхгофа (внеш. конт.) $E = LI' + I_0 R$

$$E_{\text{к}} = -LI', U = LI' \quad \Rightarrow \quad I' = \frac{E - I_0 R}{L} = \frac{E - \frac{3}{7} E}{L} = \frac{4}{7} \frac{E}{L}$$

3) $q_{4R} = ?$



кон. момент: $W_{3L} = 0$, $W_L = 0$, $W_{2L} = \frac{2LI_y^2}{2} = LI_y^2$

$$I_y = \frac{E}{R} \Rightarrow W_{2L} = \frac{LE^2}{R^2}$$

ЗСЭ: $A_{\text{кст}} = \Delta W_L + Q$

$$A_{\text{кст}} = \Delta Q E$$

$$\Delta W_L = -\frac{3L \left(\frac{2}{7} \frac{E}{R}\right)^2}{2} - \frac{L \left(\frac{1}{7} \frac{E}{R}\right)^2}{2} + \frac{LE^2}{R^2} = \left(-\frac{6}{49} - \frac{1}{98} + 1\right) \frac{LE^2}{R^2} = \frac{98 - 12 - 1}{98} \frac{LE^2}{R^2} = \frac{85}{98} \frac{LE^2}{R^2}$$

2-ое урав. К. для прав. контура: $-LI_L' - I_L \cdot 4R + 2LI_{2L}' = 0$

$$-L \frac{dI_L}{dt} - 4R I_L + 2L \frac{dI_{2L}}{dt} = 0 \quad dI_L < 0$$

$$dq_{4R} \cdot 4R = 2L dI_{2L} - L dI_L$$

$$\text{Сумми: } q_{4R} \cdot 4R = 2L I_y + L I_L = 2L \frac{E}{R} + L \frac{1}{7} \frac{E}{R} = \frac{15}{7} \frac{LE}{R}$$

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

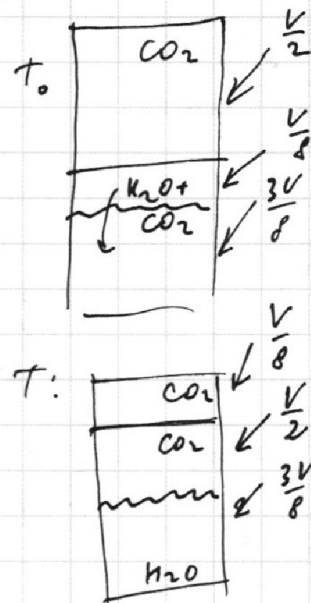
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



ΔV раст. газа ^{объём} в W изм.: $\Delta V = k p W$

$k \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$ - при кон. T

при конечной T укл. газ не раст.
 $R T \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$, p в.п. - пренебречь
 ΔW - пренебречь



1) $\frac{V_B}{V_H} = ?$ (указано)

2) $p_0 = ?$ (выр. через $p_{\text{атм}}$)

1. $T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$ - т. кипения воды

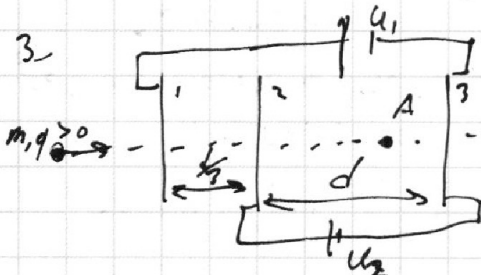
$P_B = P_{\text{CO}_2} = \frac{V_B R T}{V}$
 $P_H = P_{\text{атм}} + P_{\text{CO}_2 H} = P_{\text{атм}} + \frac{V_H R T}{V/2}$

$P_B = P_H \Rightarrow P_{\text{атм}} = \frac{V_B R T}{V} \frac{RT}{V} (8V_B - 2V_H) \quad (1)$

перед нагр.: $\frac{V_B R T}{V/2} = \frac{V_H R T}{V/8} \Rightarrow 2V_B = 8V_H \Rightarrow V_B = 4V_H$

2. подст. в (1): $\frac{1}{30} P_{\text{атм}} = \frac{RT}{V} (30V_H)$

$P_0 = 288 \frac{V_H R T}{V} = \frac{8}{30} P_{\text{атм}} = \frac{4}{15} P_{\text{атм}}$



$U_1 = 5U, U_2 = 4$

- 1) $a_{21} = ?$
- 2) $K_3 - K_2 = ?$
- 3) $V_A, \frac{1}{3} d$ от сетки 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!

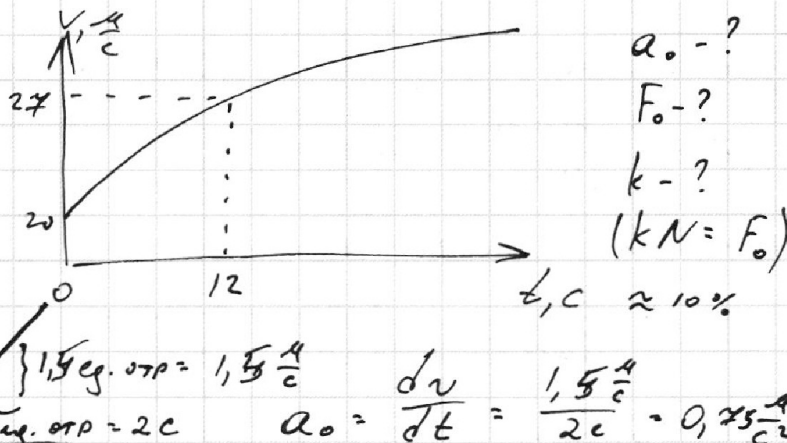
1. $m = 240 \text{ кг}$

$v_0 = \text{const}$

$N_F = \text{const}$

$F_K = 200 \text{ Н}$

$v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



2) В конце $v_K \approx 29,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}, t = 40 \text{ с}$

$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F_T \cdot v$

$\frac{24}{60} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$

В конце разгона $F_{TK} \approx F_K \Rightarrow F_{TK} = 200 \text{ Н} \Rightarrow$

$N \approx 200 \text{ Н} \cdot 29,7 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 200 \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6 \text{ кВт}$

$F_c \sim v (v^2)?$

$ma_0 = \frac{N}{v_0} - F_0 \Rightarrow F_0 = \frac{N}{v_0} - ma_0 = \frac{F_K \cdot v_K}{v_0} - ma_0 = \frac{200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - 240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 300 \text{ Н} - 180 \text{ Н} = 120 \text{ Н}$

3) $A_{\text{рез}} = \Delta E_K = \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2}$

$A = N \cdot t$

$A_c = A - A_{\text{рез}} = N \cdot t - \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2}$

$\frac{dA_c}{dt} = N - \frac{2mv}{2} a = N - mv a$

В мом. врем. $t = 0: \frac{dA_c}{dt} = N - m a_0^2 = F_K \cdot v_K - m \cdot a_0 = 6000 - 240 \cdot 0,75 = 5865$

$k = \frac{5865}{6000} = \frac{1955}{2000} = 0,9775$

$\frac{90}{6000} = \frac{30}{2000} = \frac{3}{200} = 0,015$

2 $V, \left[\frac{V}{2} \text{ CO}_2 \right] \left[\frac{V}{2} \text{ H}_2\text{O} \right] \left[\frac{V}{2} \text{ CO}_2 \right] \leftarrow T_0, V_{\text{н}} = \frac{3}{8} V$

$T_0 \rightarrow T = \frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ К}: V_0 = \frac{V}{8}$

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!

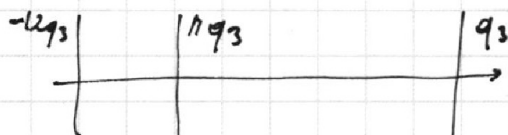
$$1) q_1 + 13q_2 - 11q_3 = 0$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_1 + q_2 = -q_3$$

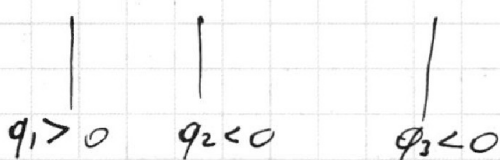
$$-11q_3 + 2q_2 - 11q_3 = 0 \Rightarrow q_2 = 11q_3$$

$$q_1 = -12q_3$$



$$E_{12} = -\frac{12q_3}{2\epsilon_0 s} - \frac{11q_3}{2\epsilon_0 s} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 s} = -12 \frac{q_3}{\epsilon_0 s} \quad \varphi_1 - \varphi_2 = -4 \frac{d q_3}{\epsilon_0 s} = 4U$$

$$E_{23} = -\frac{12q_3}{2\epsilon_0 s} + \frac{11q_3}{2\epsilon_0 s} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 s} = -\frac{q_3}{2\epsilon_0 s} \quad \varphi_2 - \varphi_3 = -\frac{d q_3}{\epsilon_0 s} = U$$



$$q_3 = -\frac{U \epsilon_0 s}{d}$$

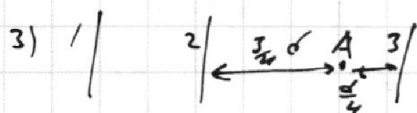
$$q_2 = 11q_3 = -11 \frac{U \epsilon_0 s}{d}$$

$$q_1 = -12q_3 = 12 \frac{U \epsilon_0 s}{d}$$

$$E_{23} = U/d$$

$$qE = ma \Rightarrow a = \frac{qE}{m}$$

$$2) K_3 - K_2 = A_{23} = q(\varphi_2 - \varphi_3) = d q E_{23} > 0$$



$$K_A - K_2 = \frac{3}{4} d q \cdot E_{23} = \frac{3}{4} q U$$

$$\frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = \frac{3}{4} q U$$

$$\text{спарушки поле нет} \Rightarrow \frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + 4 q U$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{3}{4} q U + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{19}{4} q U$$

$$v_A^2 = v_0^2 + \frac{19}{2} \frac{q U}{m}, \quad v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19}{2} \frac{q U}{m}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

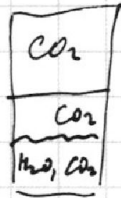
МФТИ

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



2. Физ Т: $P_{\text{атм}} = \frac{RT}{V} (8V_B - V_H)$

Физ Т₀: $2 \frac{V_B RT}{V} = 8 \frac{V_{\text{пер}} RT}{V} \quad P_0 = \frac{V_P}{kV} =$



$V_{\text{пер}} = V_H - V_A$

$T = \frac{V T_0}{3} \Rightarrow T_0 = \frac{3}{V} T$

$V_P = k P V$, где $P = 8 \frac{V_{\text{пер}} RT_0}{V}$

$\frac{8}{21,9} = \frac{80}{219}$

$(V = \frac{3}{8} V)$

$V_{\text{пер}} = V_H - 8k \frac{V_{\text{пер}} RT_0}{V} \cdot \frac{3}{8} V = V_H - \frac{3k V_{\text{пер}} RT_0}{8}$

$V_{\text{пер}} = \frac{V_H}{1 + 3kRT_0}$

$\frac{m_{\text{пер}}}{M \cdot V_{\text{пер}}} = \frac{m_H}{M \cdot V_H} = \frac{m_H}{M \cdot V_H} \cdot \frac{V_H}{V_{\text{пер}}} = \frac{1}{21,9}$

$\frac{1}{1 + 3kRT_0} = \frac{1}{1 + 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = \frac{1}{1 + 5,4} = \frac{1}{6,4} = \frac{10}{64} = \frac{5}{32}$

$V_{\text{пер}} = \frac{5}{32} V_H \quad V_P = \frac{24}{32} V_H$

$2 \frac{V_B RT}{V} = \frac{5}{4} \frac{V_H RT}{V} \Rightarrow 2 \frac{V_B RT}{V} = \frac{5}{4} \frac{V_H RT}{V} \Rightarrow 8 V_B = 5 V_H$

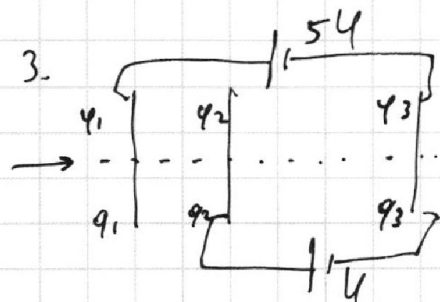
$\frac{V_B}{V_{\text{пер}}} = \frac{V_B}{\frac{5}{32} V_H} = \frac{32}{5} \frac{V_B}{V_H} = \frac{32}{5} \cdot \frac{5}{8} = 4$

$\frac{V_B}{V_H} = \frac{5}{8}$

$P_{\text{атм}} = \frac{RT}{V} (8V_B - V_H) = 4 \frac{V_H RT}{V} = 4 \cdot \frac{32}{5} \frac{V_{\text{пер}} RT}{V} = \frac{128}{5} P_0$

$P_0 = \frac{5}{128} P_{\text{атм}}$

$\frac{5}{128} \cdot 0,623 \cdot 10^5 = 24,9$



$q_0 = 0$

$\phi_1 - \phi_3 = 5U$

$\phi_2 - \phi_3 = U$

$\phi_1 - \phi_2 = 4U$

$\frac{5}{4} \cdot 0,623 = 0,963$
 $\frac{5,4 \cdot 3}{2} = \frac{8,1}{2} = 4,05$

$q_1 + q_2 + q_3 = q_0 = 0 \quad q_1 > q_2 > 0 \quad q_3 < 0$

$U = \phi_1 - \phi_2 = \frac{d}{3} E_{12} \quad E_{12} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$
 $U = \phi_2 - \phi_3 = d E_{23} \quad E_{23} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$

$U = \frac{d}{12} E_{12} = d E_{23} \Rightarrow \frac{E_{12}}{E_{23}} = 12$

$q_1 - q_2 - q_3 = 12q_1 + 12q_2 - 12q_3$

$11q_1 + 13q_2 - 11q_3 = 0$