



Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023

Вариант 11-01

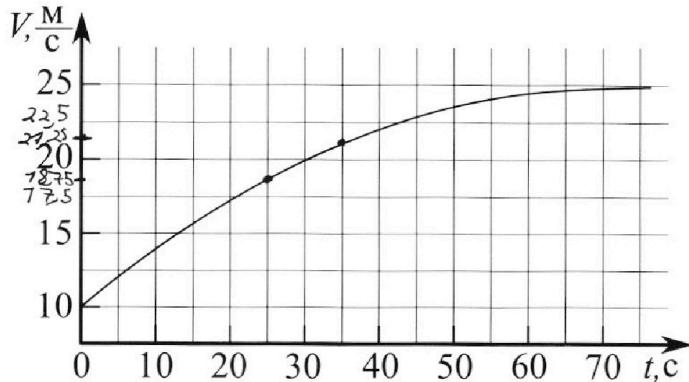


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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%.

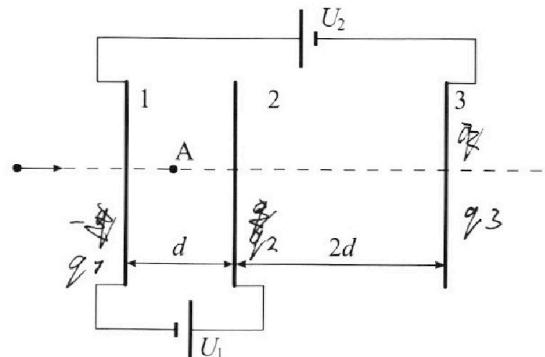


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагревали 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 v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p v$. 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 $R T \approx 3 \cdot 10^3$ 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 А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

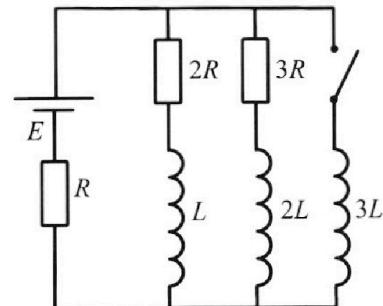
Вариант 11-01

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.

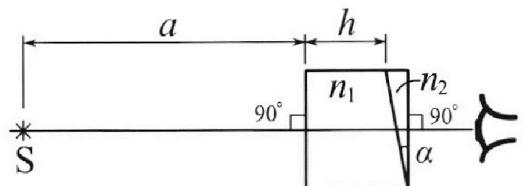
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

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 $n_{\text{в}} = 1,0$. 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.

- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

$$= 1800 \cdot \frac{1}{4} + 20 \cdot 20 = 450 + 400 = 850 \text{ кН}$$

4) По определению мощности силы $P_{\text{Б}} = F(t) \cdot \dot{\vartheta}(t) =$

\Rightarrow мощность, передаваемая от двигателя на ведущие колеса:

$$P_1 = F_1 \cdot \dot{\vartheta}_1 = 850 \cdot 20 = 17000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$$

Однако: 1) $a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$; 2) $F_1 = 850 \text{ кН}$; 3) $P_1 = 17 \text{ кВт}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ.

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

9

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$F_c = 219, \text{ при } d = 0.05 \text{ м}$$

$$1) v_1 = 20 \text{ м/с}$$

$$a_1 - ?$$

$$2) F_1 - ?$$

$$3) P_1 - ?$$

1) В конце разгона автомобилем движущимся с начальной скоростью $v_k = 25 \text{ м/с}^2$
 $\Rightarrow a_k = 0 \text{ м/с}^2$ - конечное ускорение автомо-
 биля \Rightarrow по 23Н для авто в конце разгона:

$$m a_k = F_k - F_{c_k}, F_{c_k} - \text{коэффициент сопротивл.}$$

$$\cancel{1) v_1 = 20 \text{ м/с}} \quad \cancel{a_1 - ?} \\ \cancel{2) F_1 - ?} \quad \cancel{\cancel{d} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

2) Рассмотрим окрестность торможения в точке со
 скоростью $v_1 = 20 \text{ м/с}$: возьмем интервал 25с-35с.

В этой окрестности промежуточное ускорение $\Delta v \approx 2,5 \text{ м/с}$

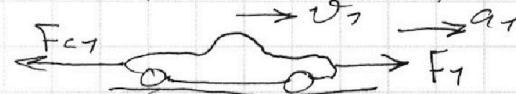
$\Delta t_1 = 35 \text{ с} - 25 \text{ с} = 10 \text{ с}$ - время, за которое происходит
 это промежуточное торможение

$$\text{По определению } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \cancel{a_1} = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{2,5 \text{ м/с}}{10 \text{ с}} = \\ = 0,25 \frac{\text{м/с}^2}{\text{с}}$$

3) По 23Н для авто в начале торможения

$t = 30 \text{ с}$, когда его скорость равна $v_1 = 20 \text{ м/с}$

объясни:



$$m a_1 = F_1 - F_{c1} = F_1 - d v_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_1 = m a_1 + d v_1 = 1800 \cdot 0,25 + 20 \cdot 20 =$$

$$\Rightarrow F_1 = m a_1 + \frac{F_k}{v_k} v_1 = m a_1 \cdot 1800 \cdot 0,25 + \frac{500}{25} \cdot 20 =$$

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|



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

(2)

V

$$\mu_y = 48 \cdot 10^3 \text{ кПа}$$

V/4, T_0

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

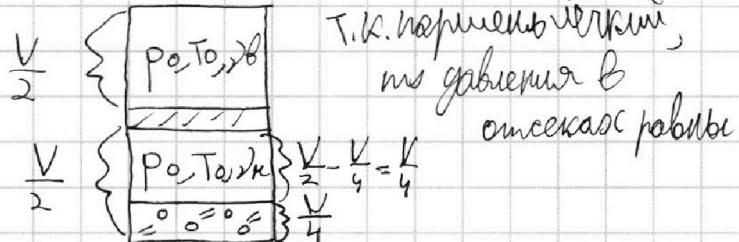
$$\Delta p \Delta V = k \rho \Delta V$$

$$k \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \text{ моль/(Дж/К)}$$

$$1) \frac{\Delta p}{\rho k} = ?$$

$$2) \rho_0 = ?$$

1) До нагревания:



т.к. пары не могут
из давления в
отсеках равны

по ур-ию Менделеева - Капелло
для газов в нач. состоян.
верхний газ: $\rho_0 \cdot \frac{V}{2} = \sqrt{B} R T_0$

$$\therefore \rho_0 \cdot \frac{V}{4} = \sqrt{B} R T_0 \Rightarrow \frac{\Delta p}{\rho k} = ?$$

$$2 = \frac{\sqrt{B}}{\rho k} \Rightarrow \left(\frac{\Delta p}{\rho k} = 2 \right) \Rightarrow \rho_0 = \frac{\sqrt{B}}{2}$$

$\Delta p_0 = k \rho_0 \frac{V}{4} = \frac{1}{4} k \rho_0 V$, где Δp_0 - количество
расширения ул. газа в ведре в началь

2) После нагревания:

качество ул. газа в верхн. сосуде: $V_0^* = \sqrt{B}$
в газодин. сопротивлении
качество ул. газа в нижн. сосуде: $V_k = V_0 + \Delta V_0$,
т.к. при конеч. температуре Т ул. газ
практически не раствор. в воде

$$V^* = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{V}{5}$$

$$H = \frac{V}{5} - \frac{V}{4}$$

$$V^* \left\{ \begin{array}{l} V_0, P, T \\ P^*, V_k + \Delta V_0 \\ T \end{array} \right.$$

по ур-ию Менделеева - Капелло:
для верхн. газа: $P \cdot \frac{1}{5} V = \sqrt{B} R T$
для нижн. ул. газа: $P \cdot \frac{11}{20} V = (\rho k + \Delta p_0) R T$

$$P \cdot \frac{1}{5} V = \frac{1}{5} P + \frac{11}{20} P V = (\rho k + \Delta p_0) R T$$

т.к. газ в ведре при Т не растворяется,

то давление насыщенных пар при ведре при Т не меняется

⇒ Травное давление атма $P = \rho = \rho k$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

т.к. $T = 373\text{K}$, то $p = p_0 = \text{PATM}$.

$$\nu_{BRT} = \frac{1}{5} pV$$

$$\frac{11}{20} pV = \Delta \nu_{BRT} + \nu_{MRT} = \Delta \nu_{BRT} + \frac{1}{2} \nu_{BRT} = ,$$

$$\Rightarrow \frac{11}{20} pV = \Delta \nu_{BRT} + \frac{1}{10} pV = , \Delta \nu_{BRT} = \frac{9}{20} pV$$

$$\Delta \nu_0 = k p_0 V \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{4} k p_0 V = ,$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} k p_0 V \cdot RT = \frac{9}{20} pV = \frac{9}{20} V \cdot \text{PATM} = ,$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} k p_0 RT = \frac{9}{20} \text{PATM} = , p_0 = \frac{9 \text{PATM}}{5kRT}$$

$$\left(p_0 = \frac{9}{5} \text{PATM} / \left(\frac{1}{4} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \right) = \cancel{18 \text{PATM}} \right)$$

$$= \frac{9}{5} \text{PATM}$$

$$\text{Ответ: 1)} \frac{p_0}{p_0} = 2; 2) p_0 = \frac{9}{5} \text{PATM}.$$

Андрей Донатов = 10.1



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

4) ЗС9 для частицы, из отдельного движения на
большем удалении от системы движение прошло в
точке А:

$$\frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{m\vartheta_A^2}{2} + U\left(\frac{1}{3}d\right) \cdot q$$

$$\frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{m\vartheta_A^2}{2} + \frac{7U}{3}q \Rightarrow \vartheta_0^2 = \vartheta_A^2 + \frac{14Uq}{3m} = ,$$

$$\Rightarrow \vartheta_A^2 = \vartheta_0^2 - \frac{14Uq}{3m} = \boxed{\vartheta_A = \sqrt{\vartheta_0^2 - \frac{14Uq}{3m}}}$$

Однако: 1) $\alpha_{12} = \frac{Uq}{md}$; 2) $K_1 - K_2 = Uq$; 3) $\vartheta_A = \sqrt{\vartheta_0^2 - \frac{14Uq}{3m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ.

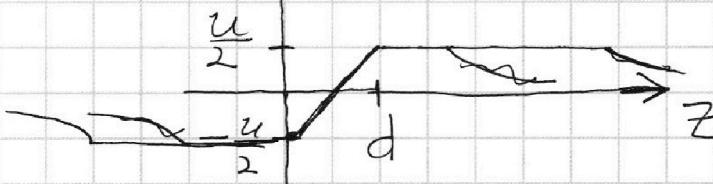
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) Рассмотрим конденсатор, образованный сегментами 1 и 2 и

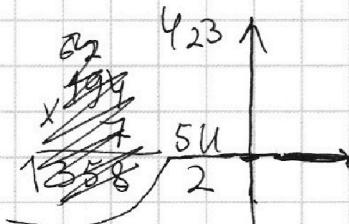
найдем зависимость потенциала от расстояния Z (начало координат на границе 1) если для этого конденсатор был уединен от всех объектов.

$\psi_{12}(Z)$

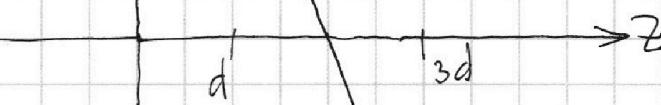
$$\Rightarrow \psi_{12}(Z) = -\frac{U}{2} + \frac{U}{d} \cdot Z \Rightarrow \psi_{12}\left(\frac{1}{3}d\right) = -\frac{U}{2} + \frac{U}{3} = -\frac{U}{6}$$



Теперь рассмотрим конденсатор, образованный сегментами 2 и 3



$$\Rightarrow \psi_{23}\left(\frac{1}{3}d\right) = \frac{5U}{2}$$



$$-\frac{U}{6}$$

Результатирующий потенциал в точке $Z = 4d$

$$\psi\left(\frac{1}{3}d\right) = \psi_{12}\left(\frac{1}{3}d\right) + \psi_{23}\left(\frac{1}{3}d\right) = -\frac{U}{6} + \frac{5U}{2} = -\frac{U}{6} + \frac{15U}{6} = \frac{14U}{6} = \frac{7U}{3}$$

4) Задание



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

(3)

$$U_1 = U, m$$

$$U_2 = 4U$$

$$d, 2d$$

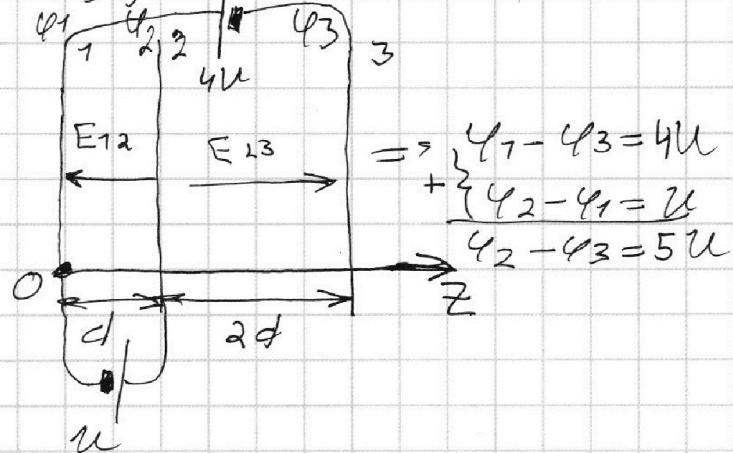
$$(q_0), q > 0$$

$$1) a_{12} - ?$$

$$2) K_1 - K_2 - ?$$

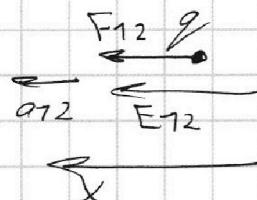
$$3) \varphi_A - ?$$

1) Обозначим через $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ изменчивые
семки 1, 2, 3 соответственно



Т.к. $\varphi_2 - \varphi_1 = U$, то наше между сегментами 1 и 2

$$E_{12}: \cancel{E_{12}} \rightarrow E_{12} \cdot d = U \rightarrow E_{12} = \frac{U}{d}$$



но 23 к для частицы во время
ее падения в 2 к между
сегментами 1 и 2:

$$\frac{1}{2U} + \frac{2}{U} = \frac{5}{2U}$$

$$m \cdot a_{12} = F_{12}, \text{ где } F_{12} = E_{12} \cdot q = \frac{Uq}{d} =, \\ \Rightarrow m \cdot a_{12} = \frac{Uq}{d} = \rightarrow a_{12} = \frac{Uq}{md}.$$

2) Рассмотрим конденсатор

изменяющая в начальном, где частица
находилась в равнике, равен нулю

2) ЗСЭ для частицы из начального, когда она проходит
переход от начальной до конечной, когда она проходит
2 сегмент:

$$K_1 + \varphi_1 \cdot q = K_2 + \varphi_2 \cdot q = \cancel{K_1 - K_2 = (\varphi_2 - \varphi_1)q = Uq}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ



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

$$\begin{aligned} U_{2L}(t) &= E - 2I_{2R} \cdot R - \varphi(t) = L \dot{I}_L \\ U_{3L}(t) &= E - \varphi(t) = 3L \dot{I}_{3L} \\ U_{2L}(t) &= E - 3I_3 R - \varphi(t) = 2L \dot{I}_{2L} \end{aligned} \quad \Rightarrow$$

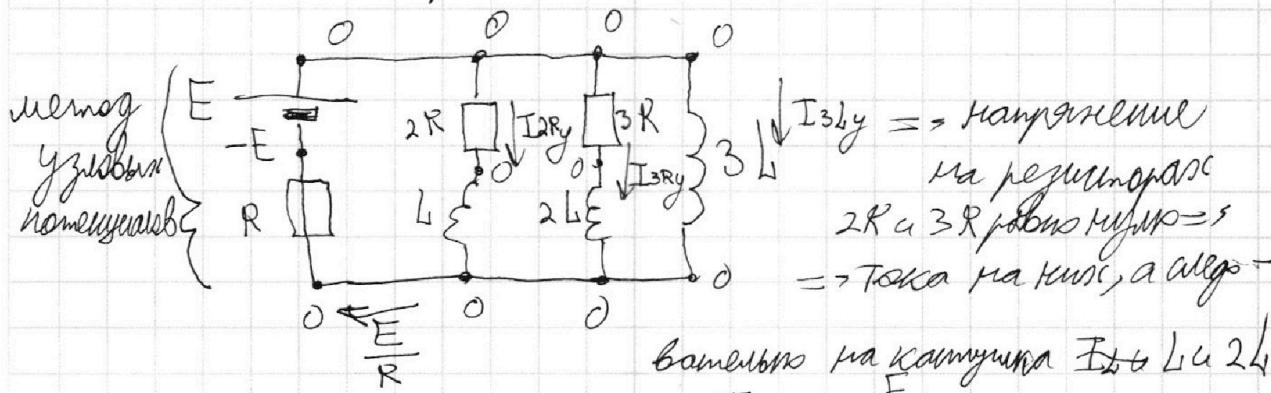
$$\Rightarrow E - 2I_{2R}R + 3L \dot{I}_{3L} = L \dot{I}_L \Rightarrow 2I_{2R}R = 3L \dot{I}_{3L} - L \dot{I}_L$$

$$I_{2R} = \frac{1}{2R} (3L \dot{I}_{3L} - L \dot{I}_L)$$

$$I_{2R} = \frac{d\varphi_{2R}}{dt}, \dot{I}_{3L} = \frac{d\varphi_{3L}}{dt}, \dot{I}_L = \frac{d\varphi_L}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{d\varphi_{2R}}{dt} = \frac{1}{2R} \left(3 \frac{d\varphi_{3L}}{dt} - \frac{d\varphi_L}{dt} \right) \Rightarrow d\varphi_{2R} = \frac{1}{2R} (3d\varphi_{3L} - d\varphi_L)$$

4) Рассмотрим цепь в установившемся состоянии при замкнутых
контактах К: напряжение на катушке равно нулю.



батарея на катушке $E = L \cdot I_{10}$

$$d\varphi_{2R} = \frac{L}{2R} (3 \int d\varphi_{3L} - \int d\varphi_L) \Rightarrow \varphi_{2R} = \frac{L}{2R} (3(\frac{E}{R}) - (0 - \frac{3E}{11R})) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{2R} = \frac{L}{2R} \left(\frac{3E}{R} + \frac{3E}{11R} \right) = \frac{L}{2R} \left(\frac{33E}{11R} + \frac{3E}{11R} \right) = \frac{L}{2R} \cdot \frac{36E}{11R} \Rightarrow$$

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

$$\text{Ответ: 1)} I_{10} = \frac{3E}{11R}; 2) \dot{I}_{3L0} = \frac{2E}{11L}; 3) \varphi_{2R} = \frac{18LE}{11R^2}.$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

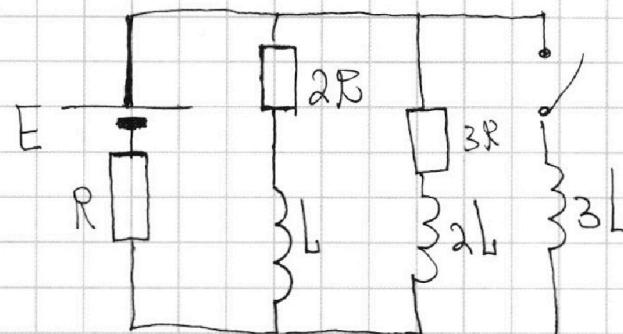
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(1)
2
E
R, Q

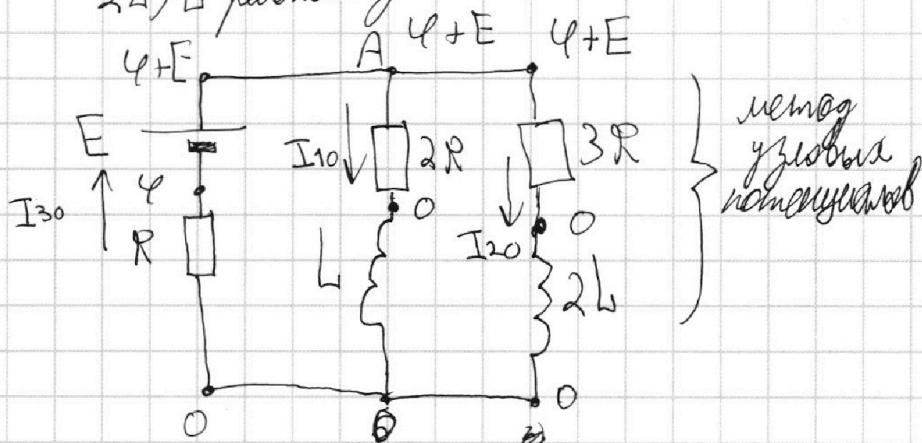
1) $I_{10} - ?$

2) $I_{3L_0} - ?$

3) $q_{2R} - ?$



1) Рассмотрим цепь при разомкнутом катушке
то цепь находится в установившемся
составии: напряжение на катушке
 $2L$, L равны нулю.



$$I_{10} = \frac{4+E-0}{2R} = \frac{4+E}{2R}$$

$$I_{30} = \frac{0-4}{R} = -\frac{4}{R}$$

$$I_{20} = \frac{4+E-0}{3R} = \frac{4+E}{3R}$$

но 3 есть для узла A: $I_{30} = I_{10} + I_{20} = ?$

$$\Rightarrow -\frac{4}{R} = \frac{4+E}{2R} + \frac{4+E}{3R} = \frac{4}{2R} + \frac{4}{3R} + \frac{E}{2R} + \frac{E}{3R}$$

$$-\frac{64}{6R} - \frac{34}{6R} - \frac{24}{6R} = \frac{3E}{6R} + \frac{2E}{6R}$$

$$-\frac{114}{6R} = \frac{5E}{6R} \Rightarrow E = -\frac{5E}{11}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ



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

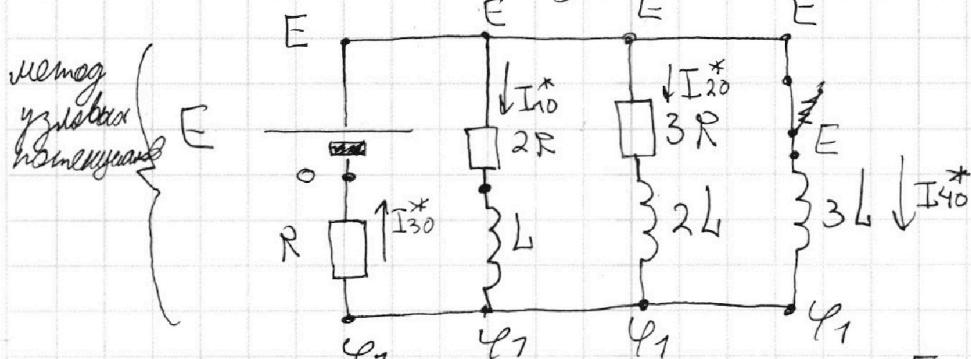
$$I_{10} = \frac{1}{2R} \left(-\frac{5E}{11} + E \right) = \frac{1}{2R} \cdot \frac{6E}{11} = \frac{3E}{11R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{20} = \frac{1}{3R} (E + E) = \frac{1}{3R} \left(-\frac{5E}{11} + E \right) = \frac{1}{3R} \cdot \frac{6E}{11} = \frac{2E}{11R}$$

2) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа.

Так как на катушках скажем не изменится \Rightarrow

$$\Rightarrow I_{10}^* = I_{10}, I_{20}^* = I_{20}, I_{40}^* = 0, I_{30}^* = I_{10}^* + I_{20}^* = I_{10} + I_{20} = \frac{5E}{11R}$$

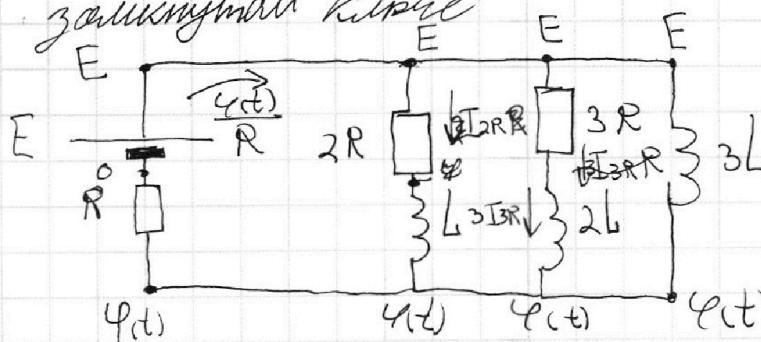


$$\Rightarrow \varphi_1 = I_{30}^* R = \frac{5E}{11R} \cdot R = \frac{5E}{11} \Rightarrow U_{3L}^* = E - \varphi_1, \text{ где}$$

U_{3L}^* — напряжение на катушке $3L$ сразу после
замыкания ключа $\&$ $\Rightarrow U_{3L}^* = E - \frac{5E}{11} = \frac{6E}{11}$

$$U_{3L}^* = 3L \cdot I_{3L0}^* \Rightarrow I_{3L0}^* = \frac{U_{3L}^*}{3L} = \frac{6E}{11 \cdot 3L} = \frac{2E}{11L}$$

3) Рассмотрим цепь в произвольный момент времени при
замкнутом ключе



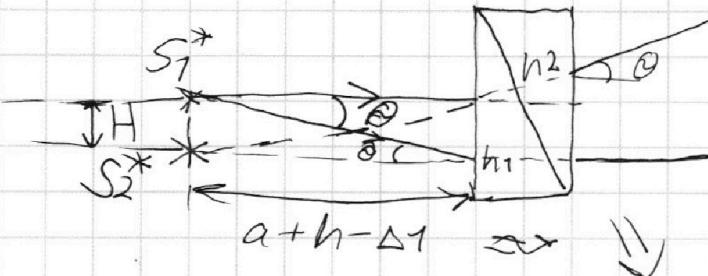
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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



S_2^* - изображение источника, которое увидит
наблюдатель. Он будет находиться на высоте

$$H = (a + h - \Delta_1) \tan \Theta \approx (a + h - \Delta_1) \Theta \quad \text{т.к. } \Theta \text{ малый}$$

$$\text{из гранич} AB \Rightarrow H = (194 + (a + h - \frac{1}{3}h)) \alpha (h_2 - h_1) = \\ = (194 + (a + \frac{2}{3}h)) \alpha (h_2 - h_1)$$

$$H = (194 + \frac{2}{3} \cdot 9) \cdot 0,1 (17 - 15) = (194 + 6) \cdot 0,1 \cdot 0,2 = \\ = 200 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 20 \cdot 0,2 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ см}$$

S_1^* Δ_1 H S_2^* , изображение находится от
источника на расстоянии ρ по
закону Менделеева:

$$\rho^2 = \Delta_1^2 + H^2 \Rightarrow \rho = \sqrt{\Delta_1^2 + H^2} = \sqrt{(\frac{1}{3}h)^2 + H^2} = \\ = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 1) $\delta = 0,07109$; 2) $\Delta = 14,21 \text{ см}$; 3) $\rho = 5 \text{ см}$.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



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

$$2) h_1 = 1,5, h_2 = 1,7$$

Следствие Расстояние между источником
и изображением в Дисперсионной системе

* Толщина Δ равна $\Delta = h(1 - \frac{1}{n})$, где n - показатель преломления

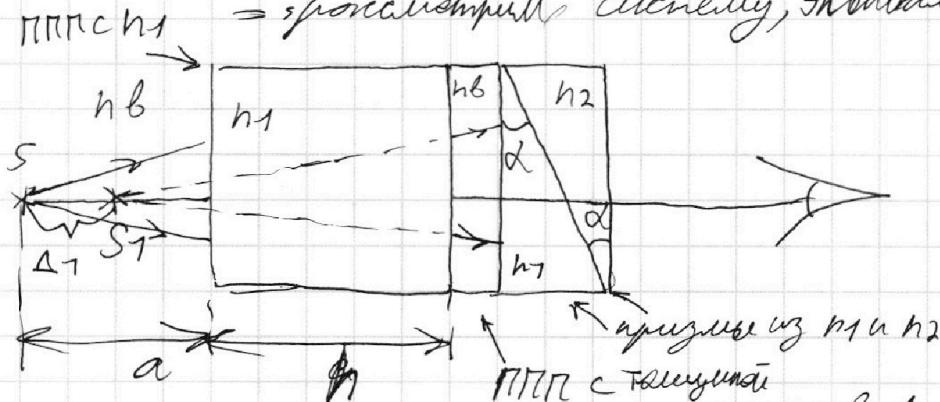
* $\Delta = d(1 - \frac{1}{n})$, где d - толщ. пластин,

н-ое поколение преломления \Rightarrow при $d \rightarrow 0$, $\Delta \rightarrow 0$.

\Rightarrow вставка в систему пластин первого
по показателю преломления конечной величины

* не внесёт изменений в систему = ,

= пространств. систему, эквивалентную данной.



Луч $S_1 \rightarrow$ Луч $S_2 \rightarrow$ ППЛ из n_1 : первичное изображение, находящееся
за $\Delta_1 = h(1 - \frac{1}{n_1}) = h(1 - \frac{2}{3}) = \frac{1}{3}h$ от источника

далее луч, попав в призму n_1 отклонится вниз на угол

$\varphi = \alpha(n_1 - 1)$, и попав в призму n_2 отклонится вверх на

угол $\delta = \alpha(n_2 - 1) \Rightarrow$ в итоге луч сдвинется относительно
вверх на угол $\Theta = \delta - \varphi = \alpha(n_2 - 1 - n_1 + 1) = \alpha(n_2 - n_1)$

Рассмотрим два луча, исходящих от S_1^* на
систему двух призм:

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ.

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

5

$$n_1, n_2$$

$$n_b = 1$$

$$a = 194 \text{ см}$$

$$\alpha = 0,1 \text{ rad}$$

$$h = 9 \text{ см}$$

$$1) n_1 = n_b = 1$$

$$\frac{n_2}{n_b} = 1,7$$

$$2) n_2 = n_b = 1$$

$$n_2 = 1,7$$

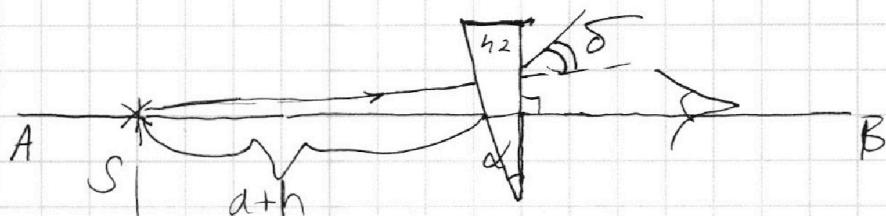
$$\Delta - ?$$

$$3) n_1 = 1,5$$

$$n_2 = 1,7$$

$$\Delta - ?$$

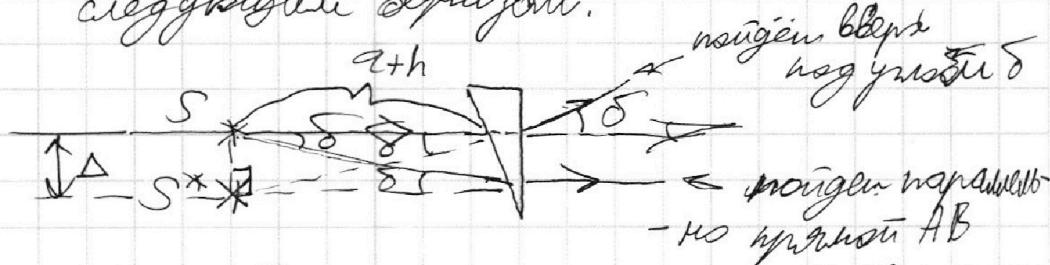
$$1) h_1 = n_b = 1, n_2 = 1,7$$



Т.к. призма тонкая, то угол отклонения
задаётся следующими образом:

$$\begin{aligned} \Delta &= \alpha(n_2 - 1) = 0,1 \cdot (1,7 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = \\ &= 0,07 \text{ rad} \end{aligned}$$

Рассмотрим лучи, исходящие от источника
на призму: первый - излучающий вправо прямой
AB (отмечена на рисунке), второй, излучающий
вногодуги для прямой AB; эти лучи
при прохождении призмы выполняют для углов
следующими образом:



S^* - изображение источника, которое видим
из рисунка видно, что $\Delta = a \cdot \operatorname{tg} \delta$; т.к. δ маленький
то $\operatorname{tg} \delta \approx \delta \approx ad = 194 \cdot 0,07 = 13,58 \text{ см}$

$$\begin{aligned} 2) n_1 &= 1,5; n_2 = 1,7 \quad \Delta = (a+h) \operatorname{tg} \delta, \text{ т.к. } \delta \text{ - маленький} \\ &\text{то } \operatorname{tg} \delta \approx \delta \Rightarrow \Delta \approx (a+h)\delta \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta = (194 + 9) \cdot 0,07 = 14,21 \text{ см} \end{aligned}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

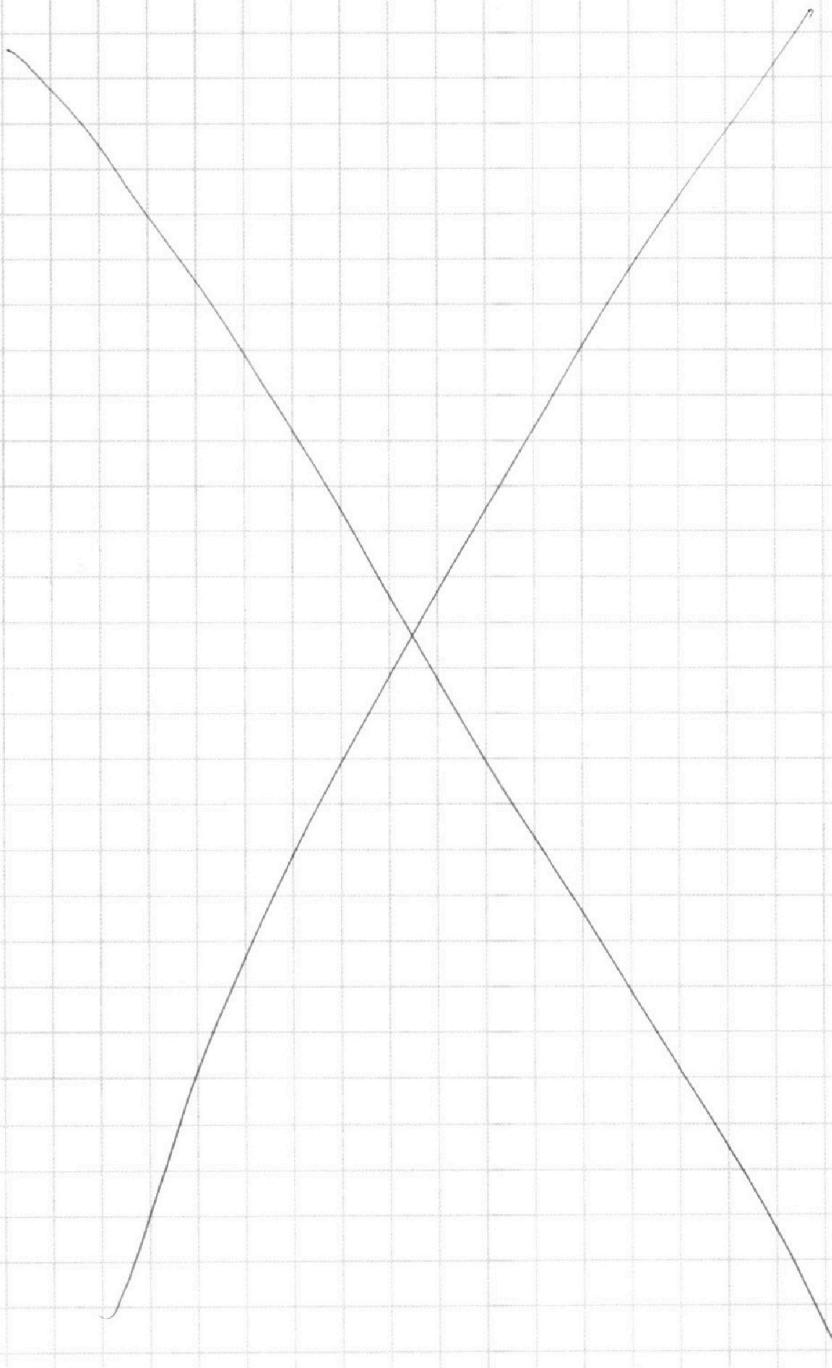
5

6

7

МФТИ

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

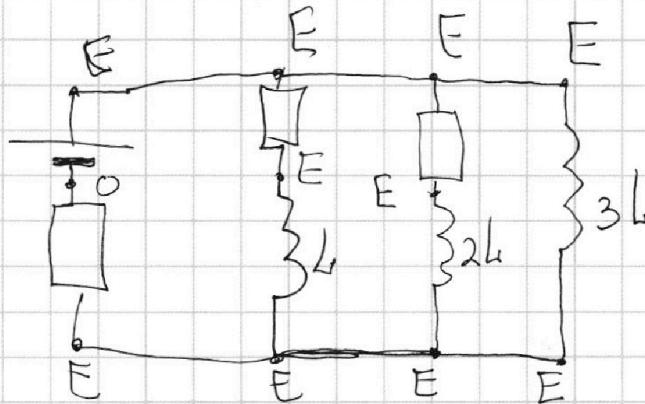




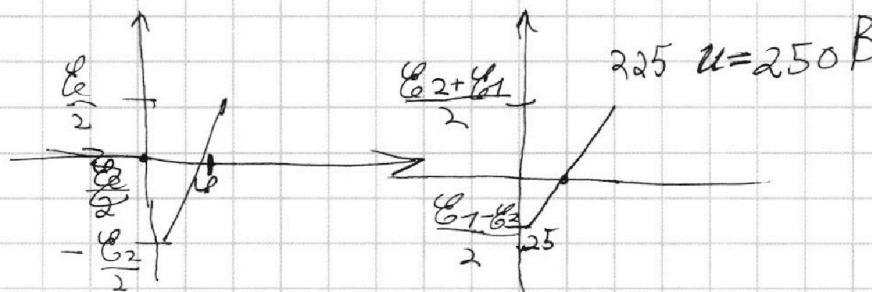
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ.

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



$$\frac{1}{4} k_{p_0} V = \frac{9}{4} \mathcal{B} =$$



$$V^* = V - \frac{1}{5} V = \frac{3}{4} V = \frac{15V - 4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$\frac{1}{5} pV = \nu \mathcal{B} R \cdot \frac{5 T_0}{4} = \frac{5}{4} \nu \mathcal{B} R T_0 = \frac{5}{4} \cdot \frac{p_0 V}{2} = \frac{5}{8} p_0 V$$

$$p = \frac{25}{8} p_0$$

$$p \frac{11V}{20} = (\nu \mathcal{B} + \Delta \nu_0) R \cdot \frac{5}{9} T_0$$

$$\frac{25}{8} p_0 \frac{11}{20} V = \frac{1}{2} \nu \mathcal{B} R T + \Delta \nu_0 R T$$

$$\frac{55}{32} p_0 V = \frac{1}{2} \nu \mathcal{B} R T + \Delta \nu_0 R T$$

$$\frac{11}{20} p_0 V = \frac{1}{5} pV = \frac{11}{4} \nu \mathcal{B} R T$$

$$\frac{11}{4} \nu \mathcal{B} R T = \frac{2}{9} \nu \mathcal{B} R T + \Delta \nu_0 R T$$

$$\frac{9}{4} \nu \mathcal{B} R T = \Delta \nu_0 R T \Rightarrow \Delta \nu_0 = \frac{9}{4} \nu \mathcal{B}$$

$$\frac{1}{4} k_{p_0} V = \frac{9}{4} \nu \mathcal{B} \Rightarrow k_{p_0} V = 9 \nu \mathcal{B}$$

$$\frac{1}{2} p_0 V = \frac{1}{9} k_{p_0} V R T$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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



$$\begin{array}{r} 21,25 \\ -18,75 \\ \hline 2,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1800 \\ -20 \\ \hline 1450 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 850 \\ \times 20 \\ \hline 17000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3u \frac{6u}{2} \\ (\frac{u}{2}) 2u \\ -2u \end{array}$$

$$u(2d) = 2u - \frac{4u}{3d} \cdot 2d = 2u - \frac{8u}{3} = \frac{2u}{3}$$

$$\frac{5u}{2}$$

$$\begin{array}{r} 4u \\ \times \frac{4u}{3d} d^2 \end{array}$$

$$2u = \frac{4u}{3} = \frac{2u}{3}$$

$$\frac{2u}{3} + \frac{u}{2} = \frac{4u}{6} + \frac{3u}{6} = \frac{7u}{6}$$

$$2u - \frac{4u}{3d} = \frac{18u}{9} - \frac{4u}{9} = \frac{14u}{9}$$

$$-\frac{u}{2} + \frac{u}{d} z \\ -\frac{u}{2} + \frac{u}{3} = \frac{u}{6}$$

$$\frac{2}{203} \delta - \alpha = \frac{7}{1427} \delta - \alpha =$$

$$\frac{1}{5} pV = \sqrt{6RT}$$

$$= \alpha(h_2 - 1 - h_1 + 1) = \\ = \alpha(h_2)$$

$$\frac{11}{20} p^* V = (p_{H_2} + p_{O_2}) RT$$

$$\frac{11}{20} p^* V = (p_H + p_O) RT$$

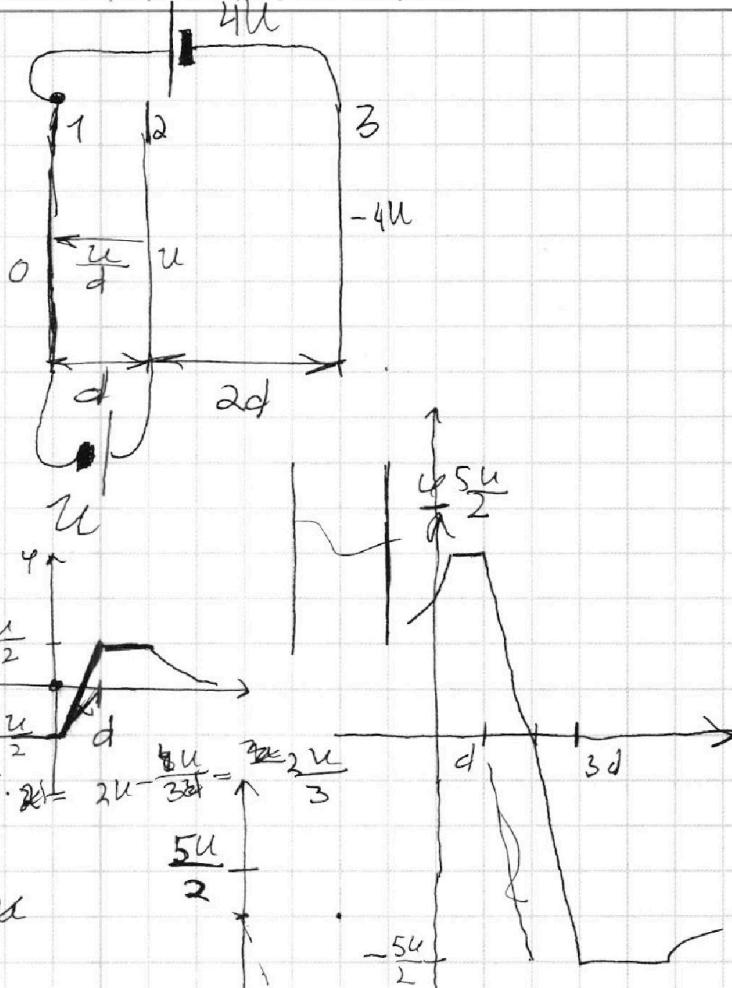
$$\frac{11}{20} p^* V = \frac{11}{5} \cdot \frac{1}{5} pV = \frac{11}{25} pV = \frac{11}{25} \sqrt{6RT}$$

$$\sqrt{6} = \sqrt{K_2 K_1 R T_0} = \frac{g}{u} \sqrt{6}$$

$$k_{p0} V = \frac{g}{u} \sqrt{6}$$

$$\Delta V_0 = \frac{g}{u} \sqrt{6}$$

$$\frac{g}{u} \sqrt{6RT} = \Delta V_0 RT$$



$$2u - \frac{4u}{3d} d^2 = \frac{2u}{3} - \frac{u}{2} + \frac{u}{d} z = \frac{u}{6}$$

$$\frac{2u}{3} + \frac{u}{2} = \frac{4u}{6} + \frac{3u}{6} = \frac{7u}{6}$$

$$2u - \frac{4u}{3d} = \frac{18u}{9} - \frac{4u}{9} = \frac{14u}{9}$$

$$-\frac{u}{2} + \frac{u}{d} z = \frac{7}{1427} \delta - \alpha =$$

$$\frac{1}{5} pV = \sqrt{6RT}$$

$$\frac{11}{20} p^* V = (p_{H_2} + p_{O_2}) RT$$

$$\frac{11}{20} p^* V = \frac{11}{5} \cdot \frac{1}{5} pV = \frac{11}{25} pV = \frac{11}{25} \sqrt{6RT}$$