



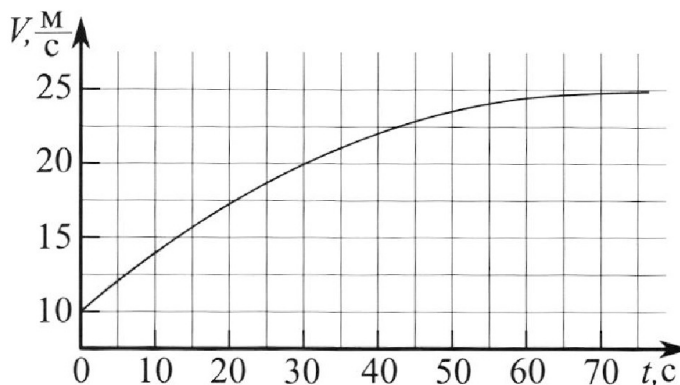
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

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



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



- Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

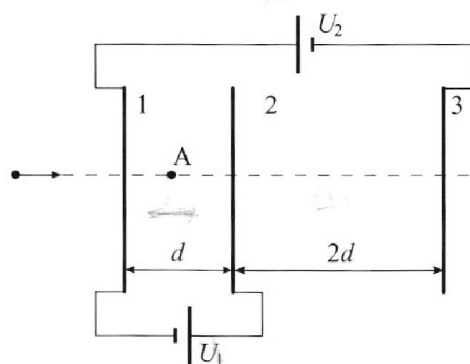
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{атм}}/2$ ($P_{\text{атм}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

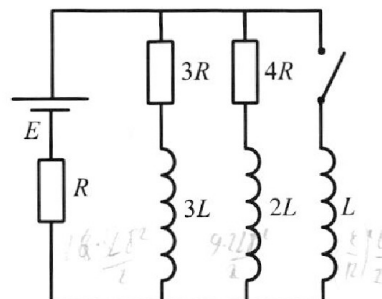


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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

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

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_{\text{в}} = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

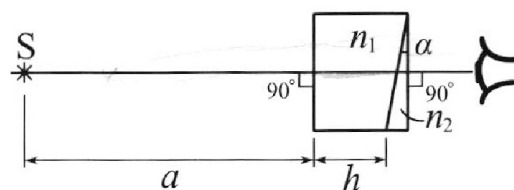


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



при $t \rightarrow \infty$ $a \rightarrow 0 \Rightarrow R_k = 2 \text{ кг}$ α - коэф. трения между шлои шип-д и шлои шип-д

при $t \rightarrow 0$ $\tan \varphi = \frac{14-4}{10-0} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \tan \alpha_0$ φ - угол наклона траектории при $t \rightarrow 0$

$$m a_0 = F_0 - 2 \text{ кг} \cdot 0 = F_0 - F_k \frac{v_0}{v} = 2 \text{ кг} \cdot 0 = m a_0 \Rightarrow \frac{F_k v_0}{v} = 840 \text{ Н}$$

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F v}{dt} = F v = 2 \text{ кг} \cdot 0 = 8,4 \text{ кВт}$$

Ответ: 1) $0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; 2) 840 \text{ Н}; 3) 8,4 \text{ кВт}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

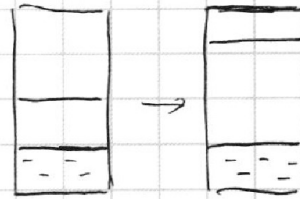
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$pV = \nu RT$

$$\frac{p_A V}{2V} = \nu_{He} \frac{\frac{p_A V}{2}}{RT_0} \quad \nu_{He} = 2$$

$$\nu_{CO_2} = \frac{\frac{p_A V}{4}}{RT_1}$$



норм. вып-л: $p_{He} = p_{CO_2} = p_{atm}$

т.к. $S_{н.п.} < S_0$ при $t = 100^\circ C$
 $\Delta V_{выт} \neq 0$

$$\frac{\nu_{He} RT}{0,2V} = \frac{(\nu_{CO_2} + \Delta \nu) RT}{0,8V - q_{исх}} + p_A$$

$$\frac{p_A V RT}{4 \cdot 0,2V RT_0} = \frac{\left(\frac{p_A V}{8 RT_0} + \frac{k p_A V}{8} \right) RT}{0,55V} + p_A$$

$$\frac{T}{0,8 T_0} = \frac{\left(\frac{T}{T_0} + \frac{k RT}{8} \right)}{0,55} + 1$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{\frac{T}{T_0} + \frac{k RT}{8}}{0,55} + 0,8$$

$$5,5 \frac{T}{T_0} = \frac{T}{T_0} + k RT + 4,4$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4,4 + k RT}{4,5} = \frac{4,4 + 1,5}{4,5} = \frac{5,9}{4,5} \approx 1,3$$

ответ 1) 2; 2) 1,3.

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!



т.к. все нити будут создавать равномерно
заряженные плоскости, т.к. $d \ll \sqrt{S}$

все нити будут перпендикулярны нити зарядов
Семановым нитями $\rightarrow$ выровняются

1-2 и 2-3 E_2 выр.

1) $dE_1 = q$

$$-dE_1 + 2dE_2 = q$$

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

$$a_1 = \frac{E_1 q}{m} = \frac{q^2}{dm}$$

2) $K_2 = K_1 + A_{12}$

$$A_{12} = F_{12} d^2 = E_1 q d^2 = qU$$

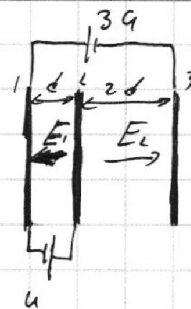
$$K_2 = K_1 + qU$$

$$K_1 - K_2 = qU$$

$$3) \frac{mv^2}{2} = \frac{mU_0^2}{2} - F_{12} \frac{d}{q} = \frac{mU_0^2}{2} - E_1 q \frac{d}{q} = \frac{mU_0^2}{2} - \frac{qU}{q}$$

$$v = \sqrt{U_0^2 - \frac{qU}{m}}$$

ответ: 1) $\frac{q^2}{dm}$; 2) qU ; 3) $\sqrt{U_0^2 - \frac{qU}{m}}$



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!

1) Вы при размыкании ключа ртуть утащила $\Rightarrow$ в I_2 состоит

$\Rightarrow$ $\mathcal{E}$ на катушку ртуть утащи $\Rightarrow$ катушка пошла в этот аспект

замкнуть на перемычку

$$4R \sim 4R$$

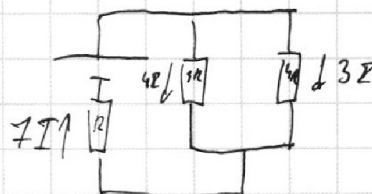
$$I_3 \sim I_4 \sim 4R$$

$$\frac{I_3}{I_4} \sim \frac{4}{3} \Rightarrow \text{пусть } I_3 \sim 4I; I_4 \sim 3I$$

$$4I \cdot 3R + (3+4)IR = \mathcal{E}$$

$$I \sim \frac{\mathcal{E}}{19R}$$

$$I_1 \sim 4I \sim \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$$



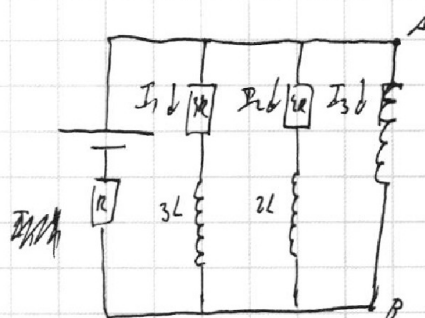
2) после замыкания ключа:

показывает замыкание ключа

тогда не будем полагать 2)

$$\Rightarrow L I_3 = I_1 \cdot 3R \sim \frac{12}{19} \mathcal{E}$$

$$I_3 \sim \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}$$



$$3) \text{ так } U_{AB} = L I_3 = I_1 \cdot 3R + 3L I_1 = I_2 \cdot 4R + 2L I_2$$

$$\text{пропорционально } L I_3 \sim 4 \cdot 3R + 3L(0 - I_1) \sim 4 \cdot 4R + 2L(0 - I_1)$$

$$3R \cdot 4I_1 + 3L I_1$$

$$4I_1 \sim \frac{L}{3R} \left(\frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} \right) \sim \frac{L \mathcal{E}}{R^2} \frac{31}{57}$$

т.к. в конце ртуть

установится и катушка

с L станет параллельно

тогда по резисторам

3R и 4R не будет течения

$$\Rightarrow I_1 \sim I_2 \sim 0$$

$$\Rightarrow I_3 \sim \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\text{ответ 1) } \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}; 2) \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}; 3) \frac{L \mathcal{E}}{R^2} \frac{31}{57}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

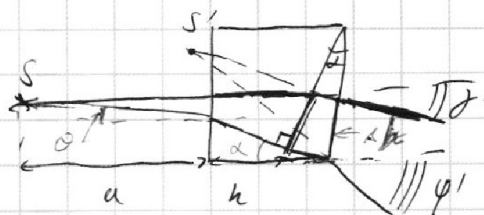
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

$$3) \beta' = \frac{n_2}{n_0} \lambda$$

$$\gamma' = \frac{\lambda - \beta'}{n_0} n_2 = \frac{\lambda}{n_0} (n_2 - \frac{n_1}{n_0})$$



$$\gamma' = \frac{n_2}{n_0} \lambda$$

$$\theta' = \frac{n_1}{n_0} \lambda$$

$$\Delta h = a \theta' + h \alpha' = \frac{n_1}{n_0} a \lambda + h \alpha' \lambda$$

$$\theta' + \Delta h = \varphi'$$

$$\frac{\lambda}{n_0} \times (n_2 - n_1) + \frac{n_1}{n_0} a \lambda + h \alpha' = \frac{n_2}{n_0} \lambda \alpha'$$

$$\times \frac{n_2}{n_0} - \times \frac{n_1}{n_0} - \frac{n_1}{n_0} a - h = \frac{n_1}{n_0} \alpha'$$

$$x = a - \frac{n_0 h}{n_1}$$

$$\Delta x = h \left(\frac{n_2}{n_1} - \frac{n_0}{n_1} \right) = 14 \left(1 - \frac{1}{1.4} \right) = \frac{14}{1.4} \cdot 0.4 = 4 \text{ cm}$$

$$\Delta y = x \theta' = \left(a - \frac{n_0 h}{n_1} \right) \frac{\lambda}{n_0} (n_2 - n_1) = 189 \times 2 \times 48 \approx 180 \times 48$$

Ответ: 1) 0,07; 2) 7,2/см; 3) 4 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!

1) $12R + 7L = 9$ 14

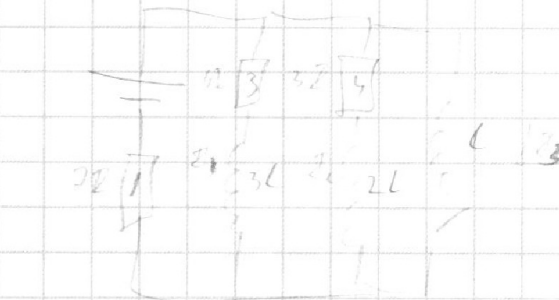
$\bar{I} = \frac{9}{19R}$

$\bar{I}_3 = 4\bar{I} = \frac{4}{19} \frac{9}{R}$

2) $\bar{I}_2 L = \frac{9}{L} - \frac{7}{19} \frac{9}{R} = \frac{12}{19} \frac{9}{L}$

3) $\bar{I}_3 R = 114$

$\bar{I}_3 R = 2 \cdot 12R$



$\bar{I}_3 L = \bar{I}_2 L + 4R\bar{I}_1 = \bar{I}_1 L + 3R\bar{I}_1$

$\bar{I}_1 L = -\bar{I}_2 L + 4R\bar{I}_2 = -\bar{I}_1 L + 3R\bar{I}_1$

3) $\frac{L(\bar{I}_3 - 3\bar{I}_1)}{3R} = 9$

$2L\bar{I} = R_0$

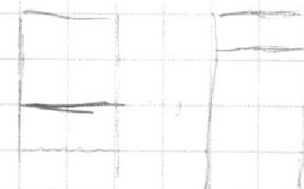
$\alpha_0 = 0.4 \frac{1}{\Omega}$

мы: $\bar{I}_0 = 20. \dots 1R_0 = m_{01} + 2U_0 \cdot m_{00} + \frac{R_0}{U_0} U_0 = 6.00 + \dots = 8.40$

$\bar{I}_0 = \frac{10}{10} = 1.0 = 8.4 R_1$

$\frac{10V}{2RT_0} = \bar{I}_{H2}$

$\frac{10V}{4RT_0} = \bar{I}_{H1}$



1) $\frac{\bar{I}_{H2}}{\bar{I}_{H1}} = 2$

4) $P = P_{H2} + P_{H1} = \frac{I_{H2}^2 \Delta L}{0.8V} + P_{H1} = \frac{I_{H2}^2 \Delta L}{0.8V}$

$\frac{10V}{8RT_0} + \frac{10V}{8RT_0} = 27$

$P_{H1} = \frac{10V}{4RT_0} = 27$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\frac{\frac{1}{8} \left(\frac{1}{T_0} + \frac{k}{8} \right)}{0,8} = \frac{kT}{4510 \cdot 0,8}$$

$$\frac{10}{64} \left(\frac{1}{T_0} + kT \right) = \frac{5}{9} \frac{1}{T_0}$$

$$\frac{1}{T_0} \left(\frac{5}{4} - \frac{5}{32} \right) = kT = \frac{5}{32} kT$$

$$\frac{1}{T_0} = \frac{35}{32} kT = \frac{5}{32} kT$$

$$\frac{1}{T_0} = \frac{32}{36} kT = \frac{1}{9} kT$$

$$\frac{1}{T_0} = \frac{kRT}{8} = 0,8 \frac{1}{T_0}$$
$$2 \frac{1}{T_0} = kRT = 0,8 \frac{1}{T_0}$$

$$\frac{1}{T_0} = \frac{0,8}{5} = \frac{32}{36}$$

$$\frac{1}{T_0} = \frac{1,5}{5} = \frac{3,6}{36} = \frac{39,6}{36} = \frac{39,6}{36}$$

$$\Delta E = U \quad E = \frac{U}{d}$$
$$-dE_1 = 2dE_2 = 34$$

$$2dE_2 = 34$$

$$E_2 = \frac{17}{d}$$

$$1) a = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$$

$$1) k_1 - k_2 = E_1 \cdot dy = Uq$$

$$\sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{2m}} = 0$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{Uq}{4} = \frac{mv^2}{2}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



$$13 = \frac{2}{1.2}$$

$$1) 1 = 2 - \beta / n_2 = 2 / (n_2 - 1) = 0.07$$

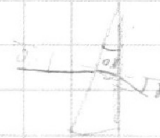
$$2) \rho = (A \cdot k) / \gamma = 6.3 \text{ см}$$

$$3) n = \frac{2.6}{n_2}$$

$$4) 2 - \beta / n_2 = 2 / (n_2 - 1)$$

$$5) h + \frac{\gamma \cdot \rho}{n_1} = 2(n_1 - n_2)h + \frac{2(n_1 - n_2)h}{n_1} \Rightarrow 14 \cdot 0.3 + 9 \cdot 0.3 \cdot 1.4 = 14 \cdot 0.3 = 4.2$$

$$109 \cdot 0.2 = 22.1$$



$$2d = 2(n_1 - 1)x = 2(n_2 - 1)x \Rightarrow x = \frac{d}{2}$$

$$x \cdot 2 = \sqrt{2} \cdot y - \sqrt{2} \cdot x \Rightarrow \sqrt{2} \cdot x = \sqrt{2} \cdot y$$



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!

