



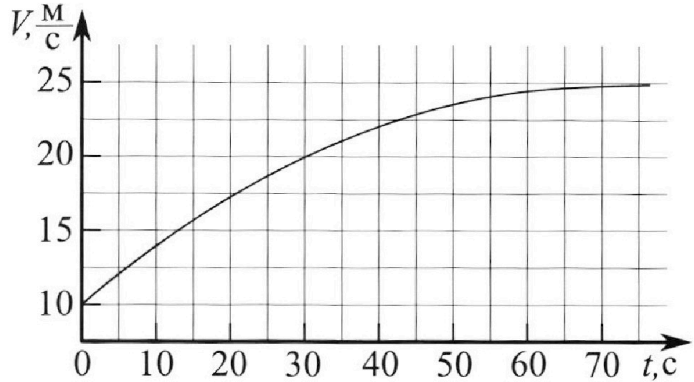
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

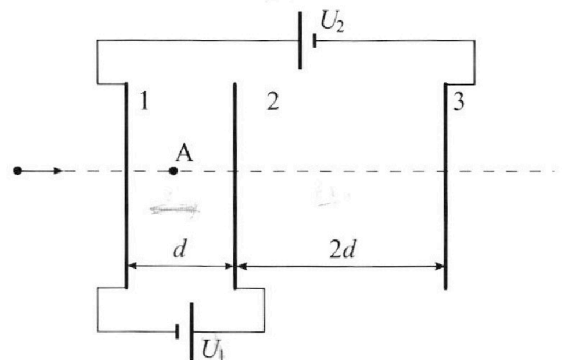
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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

По закону Генри, при заданной температуре количество 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 $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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 А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

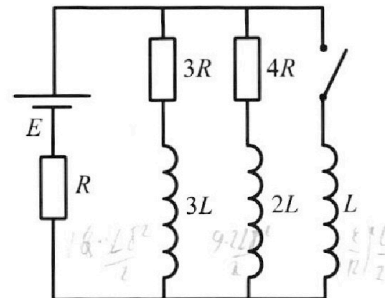
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



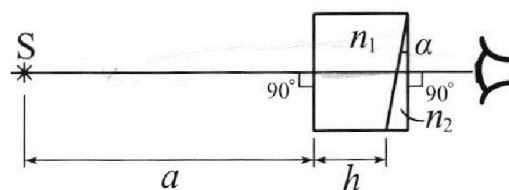
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 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 $n_в = 1,0$. 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.



1) Считая $n_1 = n_в = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая $n_1 = n_в = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $t \rightarrow \infty$ $a \rightarrow 0 \Rightarrow R_k = 2 \cdot l$ α - угол трения между шлои конур-л и скоростью v_0
при $t \rightarrow 0$ $\tan \varphi = \frac{14-4}{10-0} = 0,9 \frac{m}{m} = 0,9 \frac{v_0}{v_0} = \alpha_0$ φ - угол наклона траектории при $t \rightarrow 0$

$$m a_0 = F_0 - 2 \cdot l \cdot \alpha_0 = F_0 - F_k \frac{v_0}{v} \Rightarrow R_0 = m a_0 = \frac{F_k v_0}{v} = 840 \text{ Н}$$
$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F \delta S}{dt} = F \cdot v = R_0 \cdot v_0 = 8,4 \text{ кВт}$$

Ответ: 1) $0,9 \frac{m}{m}$; 2) 840 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

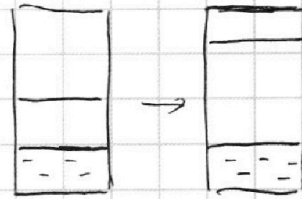
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$pV = \rho RT$

$$\frac{p_0 V}{2V} = \rho_{He} \frac{p_0 V}{2} \quad \rho_{He} = 2 \rho_{CO_2}$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{p_0 V}{4RT_0}$$



новый шаг-л: $p_{He} = p_{CO_2} + p_{atm}$

т.к. $S_{He} \ll S_0$ при $t = 100^\circ C$
 $\Delta V_{воздуха} \approx 0$

$$\frac{p_{He} RT}{0,2V} = \frac{(p_{CO_2} + p_{atm}) RT}{0,8V - 0,15V} + p_{atm}$$

$$\frac{p_0 V RT}{4 \cdot 0,2V RT_0} = \frac{\left(\frac{p_0 V}{8RT_0} + \frac{k p_0 V}{8} \right) RT}{0,65V} + p_{atm}$$

$$\frac{T}{0,8T_0} = \frac{\left(\frac{T}{T_0} + \frac{k RT}{8} \right)}{0,65} + 1$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{\frac{T}{T_0} + 2RT}{5,6} + 0,8$$

$$5,6 \frac{T}{T_0} = \frac{T}{T_0} + 2RT + 4,4$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4,4 + 2RT}{4,5} = \frac{4,4 + 1,5}{4,5} = \frac{5,9}{4,5} \approx 1,3$$

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

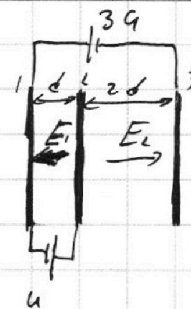
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



т.к. все каналы будут создаваться равномерно
закрепленным малым шквалом, т.к. $d \ll \sqrt{S}$

все каналы будут цилиндрическими каналы закрепленные
сечением канала \rightarrow вращательное

1-2 и 2-3 $E_2 \text{ макс.}$



1) $dE_1 = 2U$

$-dE_1 + 2dE_2 = 3U$

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

$a_1 = \frac{E_1 \cdot q}{m} = \frac{Uq}{dm}$

2) $K_2 = K_1 + A_{1,2}$

$A_{1,2} = -F_{1,2} d^2 - E_1 q d^2 = -qU$

$K_2 = K_1 + qU$

$K_1 - K_2 = qU$

3) $\frac{mv^2}{2} = \frac{mU_0^2}{2} - F_{1,2} \frac{d}{q} = \frac{mU_0^2}{2} - E_1 q \frac{d}{q} = \frac{mU_0^2}{2} - \frac{qU}{q}$

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

ответ: 1) $\frac{Uq}{dm}$; 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



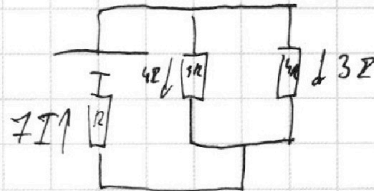
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) Вычислите разность потенциалов между точками A и B в цепи, если ЭДС источника \mathcal{E} и сопротивление R .

→ ЭДС на катушке равно нулю → катушка короткозамкнута в этом случае

замкнуть на перемычке



$$U_{3R} = U_{4R}$$

$$I_{3R} \cdot 3R = I_{4R} \cdot 4R$$

$$\frac{I_{3R}}{I_{4R}} = \frac{4}{3} \Rightarrow \text{пусть } I_{3R} = 4I, I_{4R} = 3I$$

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

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

$$I_{10} = 4I = \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

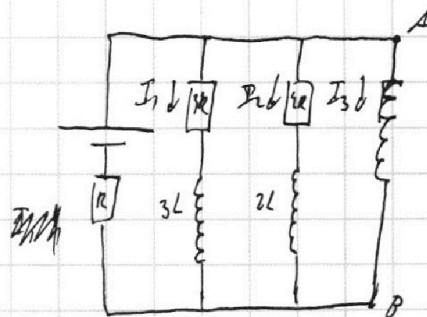
2) после замыкания катушки:

сразу после замыкания катушки

тогда не будем считать катушку

$$\Rightarrow L I_3 = I_{10} \cdot 3R = \frac{12}{19} \mathcal{E}$$

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



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

т.к. в конце цепи

установился и катушка

с L стала перемычкой

тогда по резисторам

$3R$ и $4R$ не будет течения

$$\Rightarrow I_1 = I_2 = 0$$

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

процесс установившегося состояния $L I_3 = 4I_1 \cdot 3R + 3L(0 - I_1) = 4I_2 \cdot 2R + 2L(0 - I_2)$

$$3R I_3 = 4I_1 \cdot 3R + 3L I_1$$

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

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.

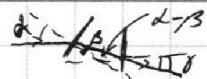
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

1) Т.к. $n_1 > n_2$ первая граница не вылезет на воздух и $\alpha_1 = 0$
 \Rightarrow луч отклоняется только 2 границы



$$\frac{2}{\beta} = \frac{n_1}{n_2} \frac{1}{\beta}$$

т.к. d и β малые $\sin \alpha \approx \alpha, \sin \beta \approx \beta$
 (75-град. граничные углы после входа в среду)



$$\beta = \frac{n_1}{n_2}$$

γ тоже малый (8-град. отклонение луча)

$$\frac{d - \beta}{\gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

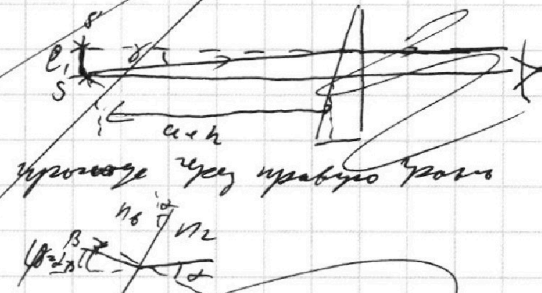
$$\gamma = \frac{n_2}{n_1} (d - d \frac{n_2}{n_1}) = d (\frac{n_2}{n_1} - 1) = 0,07$$

2) Размотать луч около $\Gamma O O$. чтобы увидеть источник
 границы $\Gamma O O$ наклонены к границе $\Gamma O O$ на 50°
 относительно ее параллели

в этом случае угол отклонения φ

Тогда $\varphi = 2\alpha$

рассмотрим обратный ход лучей: при прохождении через правую границу граница $\Gamma O O$ не преломляется \Rightarrow



Т.к. угол падения и угол $\Gamma O O$ мал

углы преломления тоже мал

сумма углов будет равен $\beta \approx \varphi = 2\alpha = 2(1 - \frac{n_2}{n_1})$ (φ тоже малый)

$$\beta = (a+k)\varphi = (a+k)(1 - \frac{n_2}{n_1})$$

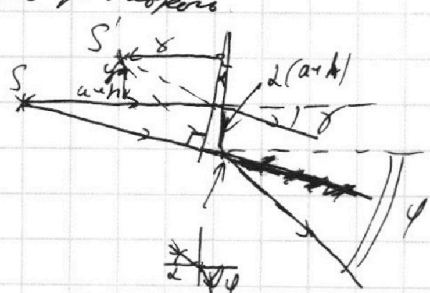
2) Т.к. тангенс малый $\sin \alpha \approx \alpha$ \Rightarrow $\sin \beta \approx \beta$

углы α и β мал на рисунке!

первый отклонится на угол β , а

второй будет отклоняться на угол φ и β соответственно

после преломления $\varphi = \frac{n_2}{n_1} \alpha$



$$(a+k)\alpha + \alpha \beta \times \delta = \varphi$$

$$(a+k)\alpha + \alpha (\frac{n_2}{n_1} - 1) \alpha = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

$a+k \neq 1 \Rightarrow$ изобразим δ будет более интересны катанте δ \Rightarrow $\delta = \frac{n_2}{n_1} - 1 = 0,21$ 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



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

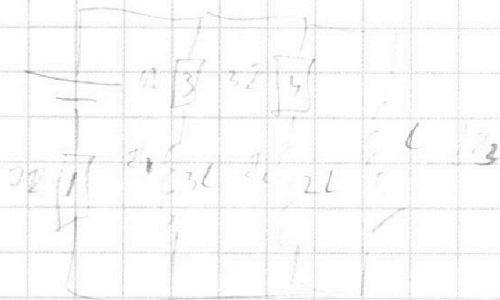


1) $12 \text{ В} + 7 \text{ В} = \mathcal{E}$

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

$I_3 = 4I_2 = \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$

2) $I_2 L = \frac{\mathcal{E}}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{12 \text{ В}}{19 L}$



3) $2I_1 = I_2 = I_3$

$2I_1 = I_2 = I_3 = I$

$I_3 L = I_2 L + 4R I_2 = I_1 L + 3R I_1$

$I_3 L = I_1 L + 4R I_1 = I_1 L + 3R I_1$

3) $\frac{L(I_3 - 3I_1)}{3R} = \mathcal{E}_1$

$2I_1 = I_2$ $I_1 = 0.4 \frac{\mathcal{E}}{R}$

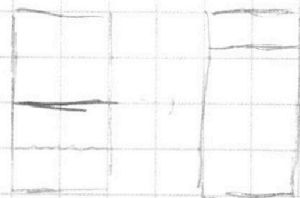
$\text{max } P_0 = 2I_1 = 0.8 \frac{\mathcal{E}}{R} = 0.8 \frac{10 \text{ В}}{2 \text{ к}\Omega} = 0.4 \text{ А}$

$P_0 = I_1^2 R = (0.4 \text{ А})^2 \cdot 2 \text{ к}\Omega = 0.32 \text{ Вт}$

$P_0 = I_1^2 R = 0.32 \text{ Вт}$

$\frac{10 \text{ В}}{2 \text{ к}\Omega} = 0.5 \text{ А}$

$\frac{10 \text{ В}}{4 \text{ к}\Omega} = 0.25 \text{ А}$



1) $\frac{P_1}{P_0} = 2$ $P_1 = P_2 + P_3 = \frac{I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2}{0.8 \text{ В}}$ $P_1 = \frac{2 \text{ Вт}}{0.2 \text{ В}}$

$\frac{P_1}{0.8 \text{ В}} = \frac{I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2}{0.8 \text{ В}}$

$\frac{2 \text{ Вт}}{0.8 \text{ В}} = \frac{I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2}{0.8 \text{ В}}$

$2.5 \text{ В} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$

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!



$$\frac{\frac{1}{8} \rho_{10} + \frac{k}{8}}{0,8} \cdot \frac{RT}{T_0} = \frac{RT}{T_0} \cdot 0,8$$

$$\frac{10}{69} \left(\frac{T}{T_0} - k \right) = \frac{5}{9} \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{T}{T_0} \left(\frac{5}{9} - \frac{5}{69} \right) = \frac{5}{32} k RT$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{35}{32} \cdot \frac{5}{32} = \frac{5}{32} k RT$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{32}{36} = \frac{1}{1} k RT$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{kRT}{8} = 0,8 \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{32}{36} = \frac{8}{9}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{15}{2} = \frac{39,6}{36} = \frac{39,6}{36} \cdot \frac{1}{1}$$

$\Delta E = U$ $E = \frac{U}{d}$ $\rho = \frac{U}{d}$

$\Delta E_1 = 2 \delta E_1 = 34$

$2 \delta E_1 = 90$

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

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

2) $k_1 - k_2 = E \cdot d \cdot q = Uq$

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

