

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023
Вариант 11-01**

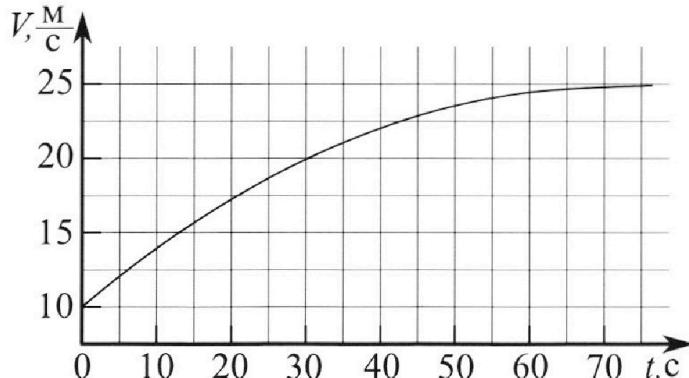


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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%.

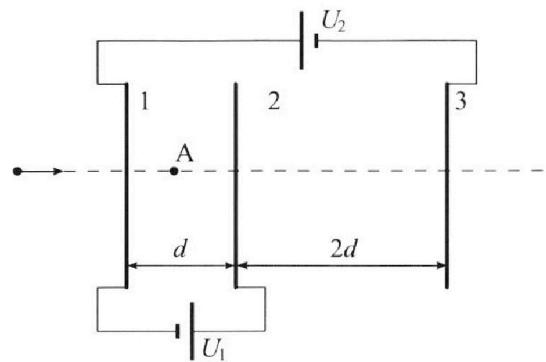


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p w$. 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

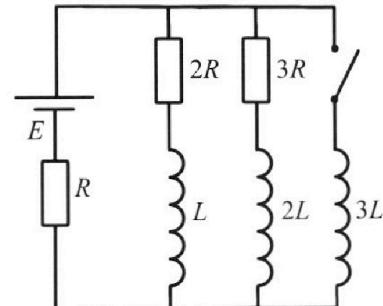


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

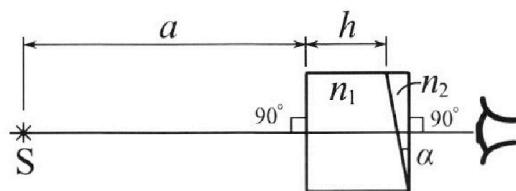
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с чи словыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

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





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

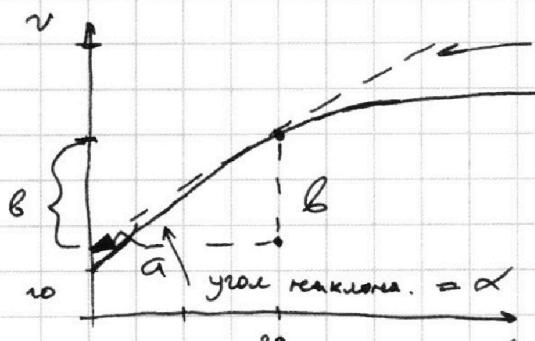
МФТИ.

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

Задача 1. (11)

1) По определению: $a = \frac{dv}{dt}$, a - ускорение автомобиля
 $\frac{dv}{dt}$ - производная скорости по времени, что можно записать
 тангенсу угла касательной к графику.

По графику можно найти эти три величины.



$$\tan \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$b = (15,2 - 10,2) \frac{m}{s} = 5 \frac{m}{s}$$

$$a \approx 20 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{По графику видно, что } a \approx \frac{5}{20} \frac{m}{s^2} = \frac{1}{4} \frac{m}{s^2}$$

Ответ: $a \approx 0,25 \frac{m}{s^2}$

2) Мы знаем, что сила, при этом равномерном движении
 в скорости $v_k = 25 \frac{m}{s}$, сопротивления (F_k) равна 500 Н.
 Если движение равномерное, то равнодействующая сила равна нулю.
 F - сила тяжести; F_{Tp} - сила сопротивления

$$R = F_z - F_{Tp} \quad (\text{просуммировав все действующие, нужно } Ox)$$

R - регулируемая сила.

$$F_k = F_{Tp} = 500 \text{ Н} \Rightarrow F_{Tp}(v=25 \frac{m}{s}) = 500 \text{ Н} \Rightarrow$$

$$\alpha \cdot 25 \frac{m}{s} = 500 \text{ Н} \quad (F_{Tp} = \alpha \cdot v, \text{ и } \alpha = \text{const}, \text{ т.к. } F_{Tp} \sim v \text{ по условию})$$

$$\alpha = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{m}{s}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{s}}{\text{m}}$$

$$F_{Tp}(v=v_1=20 \frac{m}{s}) = \alpha \cdot v_1 = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{s}}{\text{m}} \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 400 \text{ Н}$$

$$a(v_1) = \frac{R}{m} = \frac{F - F_{Tp}}{m} = \frac{F - 400 \text{ Н}}{m} = 0,25 \frac{m}{s^2}$$

(но ~~второму~~ второму закону Галилея для Ox)



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!

Задача 1 (12)

$$\frac{F - 400 \text{ Н}}{1800 \text{ кг}} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \rightarrow F = \frac{1}{4} \cdot 1800 \text{ Н} + 400 \text{ Н} =$$
$$= \frac{9 \cancel{\text{кг}} \cdot \cancel{1800} \text{ Н}}{2 \cancel{\text{кг}}} + 400 \text{ Н} = 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н}$$

Ответ: $F(v=v_1) = 850 \text{ Н}$

3) P - мощность
по опр. $P = \frac{dA}{dt}$, A - работа силы F

$$A = F \cdot dx$$

$$P = \frac{d}{dt} (F \cdot dx) = F \cdot \frac{dx}{dt} = F \cdot v$$

$$P(v=v_1) = F(v_1) \cdot v_1 = 850 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 17000 \text{ Вт} =$$
$$= 17 \text{ кВт}$$

Ответ: $P_1 \approx 17000 \text{ Вт}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

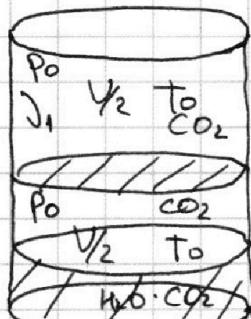
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 2 (11)

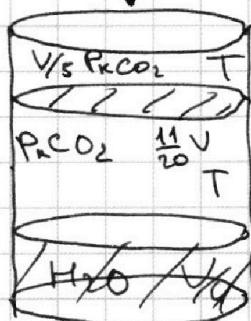
$$T_0 \rightarrow T = \frac{5}{4} T_0 = 373K = 100^\circ\text{C}$$

$$T_0 = \frac{4}{5} T = *$$

По закону Гей-Люсака: $\Delta J = k p W$, W - объём влаги
 $k(T_0) \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{Па}}$, P - парциальное давление CO_2



$T = 100^\circ\text{C}$ - температура испарения влаги при $P = P_{\text{атм}}$
при T , CO_2 в воде нест., то условно.



P_0 - начальное давление сверху и снизу сосуда.
 P_k - конечное давление

По закону Менделеева - Клапейрона:

$$\int P_0 \frac{V}{2} = 3J_1 RT_0 \quad (1)$$

$$\int P_0 \cdot \frac{V}{4} = 3(J_2 - \Delta J) RT_0 + 3J_{60} RT_0 \quad (2)$$

J_1 - кон-бо CO_2 в верхнем сосуде = const

J_2 - кон-бо CO_2 в нижнем сосуде = const

ΔJ - кон-бо распределённого газа CO_2 в воде при T_0

$$\frac{(1)}{(2)} \Leftrightarrow \frac{P_0 \frac{V}{2}}{P_0 \frac{V}{4}} = \frac{3J_1 RT_0}{3RT_0(J_2 - \Delta J + J_{60})} \quad (3)$$

r - кон-бо сжатий свободный газ, для прёханальных газов, как CO_2 и H_2O ,

$$r = 6$$

J_{60} - кон-бо паров влаги до зарождения

$$(3): 2 = \frac{J_1}{J_2 - \Delta J + J_{60}} \quad - \text{искомое отношение.}$$

кон-бо влаги в газодобродной состоянию в конечном сосуде.

Объем: 2

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

Задача 2 (12)

2) По закону Менделеева-Кальперона после нагревания:

$$\begin{cases} P_0 \frac{V}{5} = 3J_1 RT & (4) \\ P_0 \frac{11}{20} V = 3J_2 RT + 3J_{Bk} RT & (5) \end{cases}$$

$\frac{11}{20} V$ - объём газа внутри при T , т.е.

J_{Bk} - конечное кол-во пара

$$V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{11}{20} V$$

$\frac{V}{4}$ - объём водя, подсчитанный по усл.

$$\begin{aligned} (4) : \quad \frac{P_0 \frac{V}{5}}{P_0 \frac{11}{20} V} &= \frac{3J_1 RT}{3RT(J_2 + J_{Bk})} = \frac{J_1}{J_2 + J_{Bk}} = \frac{4}{11} \\ (5) : \quad J_2 - \Delta J &= \frac{V}{4} \end{aligned}$$

$$\Delta J = k_p \omega = k \cdot \frac{V}{4} - \frac{3RT(J_2 - \Delta J)}{V/4} = 3kRT(J_2 - \Delta J)$$

парциальное давление сор. внутри при T_0

$$\Delta J = \frac{3kRT}{1+3kRT} \cdot J_2$$

$$1+3kRT$$

$$J_2 - \Delta J = J_2 - \frac{3kRT}{1+3kRT} J_2 = J_2 \left(\frac{1}{1+3kRT} \right) = \frac{J_2}{1+3kRT}$$

$$\begin{aligned} J_1 &= 2 ; \quad J_1 = \frac{4}{11} \\ \frac{J_2}{1+3kRT} + J_{Bk} & \end{aligned}$$

В условиях сущест пресадреч давлени паров водичных паров при константной температуре, т.е. при T_0 , значит (2) преодолевает 8:

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = 3(J_2 - \Delta J) \cdot RT_0 = \frac{3J_2 RT_0}{1+3kRT} \quad (8)$$

$$\Rightarrow 3J_{Bk} RT = P_{ATM} \cdot \frac{11}{20} V \Rightarrow J_{Bk} = \frac{P_{ATM} \cdot 11 V}{20 \cdot 3 RT}$$

$$(6): \quad \frac{J_1}{J_2} \cdot (1+3kRT) = 2$$

$$(7): \quad \frac{J_1}{J_2 + P_{ATM} V / RT} \cdot \frac{11}{60} = \frac{4}{11}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

$$(6): \dot{J}_1 = \frac{\dot{J}_2 \cdot 2}{1+3kRT}$$

$$\frac{T_0}{T} = \frac{4}{5}$$

Задача 2 (13)

$$(7): \frac{\dot{J}_2 \cdot 2}{(1+3kRT)(\dot{J}_2 + \frac{P_{ATM} \cdot V}{RT} \cdot \frac{11}{60})} = \frac{4}{11}$$

$$(8) \dot{J}_2 = 4(1+3kRT) \left(\dot{J}_2 + \frac{11}{60} \frac{P_{ATM} V}{RT} \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow 2\dot{J}_2 - 4(1+3kRT)\dot{J}_2 = \frac{4(1+3kRT) \cdot 11 P_{ATM} V}{15 \cdot 60 \cdot RT} =$$

$$\dot{J}_2 = 1126 \frac{11 P_{ATM} V (1+3kRT)}{15 RT (22 - 4(1+3kRT))} = \frac{11 P_{ATM} (1+3kRT) \cdot V}{15 RT (18 - 12kRT)}$$

$$(8): P_0 \frac{V}{4} = \frac{3 \dot{J}_2 R T_0}{1+3kRT} = \frac{3 R T_0}{1+3kRT} \cdot \frac{11 P_{ATM} \cdot V (1+3kRT)}{15 RT (18 - 12kRT)} = \\ = \frac{T_0 \cdot 11 \cdot P_{ATM} V}{5 \cdot T (18 - 12kRT)} = \frac{44 P_{ATM} V}{25 (18 - 12kRT)}$$

$$P_0 \approx \frac{4^2 \cdot 11}{5^2} \frac{P_{ATM}}{(18 - 12) \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{бар}}{\text{Дж}} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}} = \\ = \frac{4^2 \cdot 11}{5^2 \cdot 4)6} P_{ATM} = \frac{4^2 \cdot 11}{5^2 \cdot 4)6} P_{ATM} = - \frac{4^2 \cdot 11}{5^2 \cdot 6} P_{ATM} =$$

$$\begin{aligned} & \text{затрач. энергия} \\ & \text{вспомог. } 26k \quad \frac{P_{ATM} V}{RT} \cdot \frac{11}{60} \\ & = \frac{2 \cdot 4 \cdot 11}{5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2} P_{ATM} = \frac{88}{75} P_{ATM} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } P_0 = \frac{88}{75} P_{ATM}$$

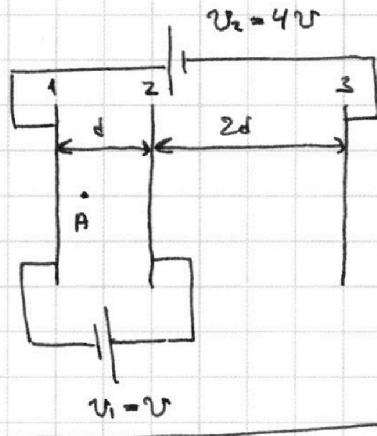


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

Задача 3 (n2)

1)



По упр. $d \ll \sqrt{S}$ (с-площадь сечек) $\Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \text{const}$ - Эл. поле от одной сечки

σ - плотность заряда одной сечки.

E_A - поле между сечками 1 и 2

$$U_1 = U = E_A \cdot d \rightarrow E_A = \frac{U}{d}$$

$$\text{По 2 закону Ньютона: } a_1 = \frac{F}{m} = \frac{E \cdot q}{m}$$

Ускорение частицы в между сечками 1 и 2:

$$a_{12} = \frac{F_{12}}{m} = \frac{E_A \cdot q}{m} = \frac{U \cdot q}{md}$$

$$\text{Ответ: } a_{12} = \frac{Uq}{md}$$

2) По закону сохранения энергии:

$$K_1 + \Pi_1 = K_2 + \Pi_2, \quad K_{1,2}, \Pi_{1,2} - \text{кинематическая и потенциальная энергия на сечках 1 и 2.}$$

$$K_1 - K_2 = \Pi_2 - \Pi_1 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = q\varphi_{1,2} - \text{потенциал}$$

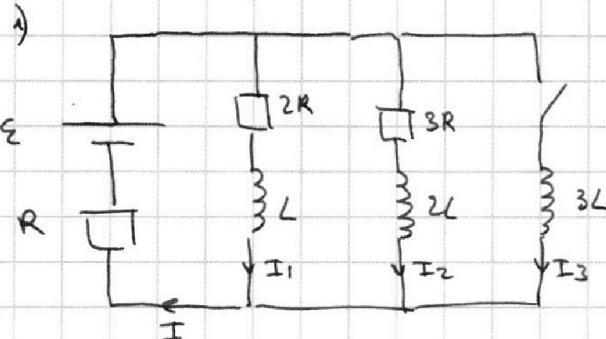
$$= U \cdot q$$

$$\text{Ответ: } K_1 - K_2 = U \cdot q.$$

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

Задача 4



Ток учитывается, значит $I = \text{const} \Rightarrow \dot{I} = 0$
и первому.

По второму закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} \Sigma = 2R \cdot I_1 + \dot{I}_1 L + IR & (1) \\ \Sigma = I_2 \cdot 3R + \dot{I}_2 2L + IR & (2) \\ I = I_1 + I_2 & (3) \end{cases}$$

$$(1) \quad \dot{I} = \frac{\Sigma + IR}{R} \quad \Sigma : \Sigma = 2R I_{10} + IR \Rightarrow I_{10} = \frac{(2R I_{10} - \Sigma)}{R} = \frac{\Sigma - 2RI_{10}}{R}$$

$$(2) : I_{20} = \frac{\Sigma - I_{10} R}{3R} = \frac{\Sigma}{3R} - \frac{I_{10}}{3} = \frac{\Sigma}{3R} - \left(\frac{\Sigma - 2RI_{10}}{R} \right) \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} I_{10}$$

$$(3) : \Sigma \frac{\Sigma - 2RI_{10}}{R} = I_{10} + \frac{2}{3} I_{10}; \quad \frac{\Sigma}{R} - 2I_{10} = \frac{5}{3} I_{10}$$

$$\frac{\Sigma}{R} = 2I_{10} + \frac{5}{3} I_{10} = \frac{11}{3} I_{10} \Rightarrow I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\Sigma}{R}$$

Ответ: $I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\Sigma}{R}$

2) Расследование Кирхгофа:

$$\begin{aligned} \Sigma &= 3L \cdot \dot{I}_3 + I_{30} R \Rightarrow \dot{I}_3 = \frac{\Sigma - I_{30} R}{3L} = \frac{\Sigma - (\Sigma - 2RI_{10})}{3L} = \\ &= \frac{2RI_{10}}{3L} = \frac{2}{3} \frac{R}{L} \cdot \frac{3}{11} \frac{\Sigma}{R} = \frac{2}{11} \frac{\Sigma}{L} \end{aligned}$$

Ответ: $\dot{I}_{30} = \frac{2}{11} \frac{\Sigma}{L}$



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)

3) По законам Кирхгофа:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{E} = I_1 R + I_1 \cdot 2R + I_1 \cdot L \\ \mathcal{E} = I_2 R + I_2 \cdot 3R + I_2 \cdot 2L \\ \mathcal{E} = I_3 R + I_3 \cdot 3L \\ I = I_1 + I_2 + I_3 \end{array} \right.$$

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

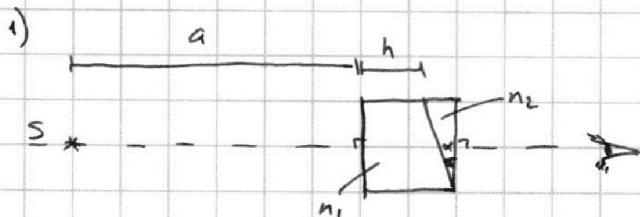
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

Задача 5 (11)



т.к. $n_2 = 1 = n_\theta$, ставим, что первой призмы нет.

Рассмотрим луч, проходящий через вторую призму.

n_2 По закону преломления:

$$n_2 \cdot \sin \theta = n_2 \cdot \sin \varphi \quad (\sin \theta = \frac{\sin \varphi}{n_2})$$

φ - угол падения; θ - угол отражения

$$n_2 \sin \varphi' = n_\theta \sin \theta' \Rightarrow \sin \theta' = n_2 \sin \varphi'$$

φ', θ' - угол падение + преломление луча при прохождении правой грани призмы

$$\varphi, \theta, \varphi', \theta' - \text{углы} \Rightarrow \theta = \frac{\varphi}{n_2} = \frac{\alpha}{n_2}$$
$$\theta' = \underline{\varphi'} \cdot n_2$$

$$\alpha - \theta = \varphi$$

$$\theta' = (\alpha - \theta) n_2 = (\alpha - \frac{\alpha}{n_2}) \cdot n_2 = \alpha (n_2 - 1) = 0,1 (1,7 - 1) =$$
$$= 0,1 \cdot 0,7 = \underline{0,07}$$

Ответ: $\theta' \approx 0,07$

2)

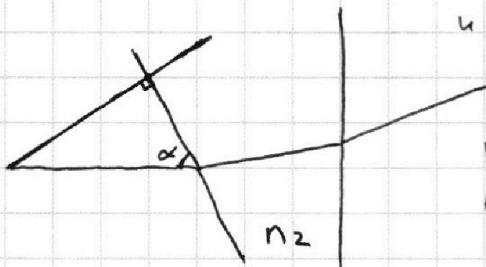
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

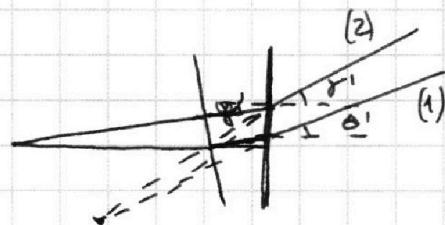
Задача 5 (12)

Рассмотрим два угла: угол, — перпендикулярный левой грани
и угол, перпендикулярный грани второй призмы.



первый угол отклоняется под углом $\theta' \approx 0,07$
второй угол отклоняется под углом δ'

По закону преломления:

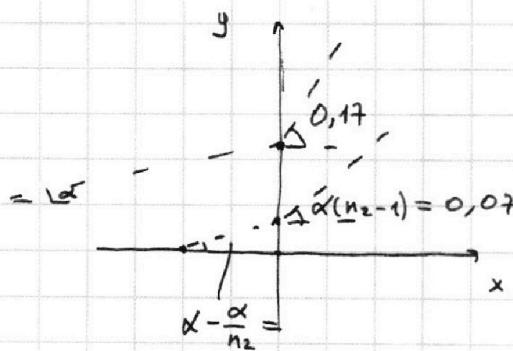


$$n_2 \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \delta$$

$$\alpha, \delta \ll 1$$

$$\delta = n_2 \cdot \alpha$$

Предположим углы до их пересечения



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

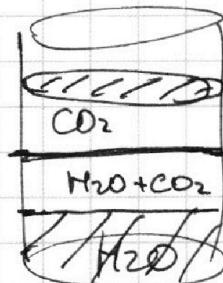
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Черновик

$$F_{tp} \sim V \quad F_{tp} = kV$$

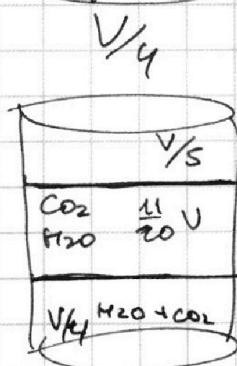
$$F_{tp} (V=25) = 500 \text{ Н}$$

$$\Rightarrow a = \frac{dV}{dt} \Big|_{V_1} =$$



$\frac{V}{2}$

$$V \quad T_0 \rightarrow T = \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ К} = 100^\circ\text{C}$$



$\frac{V}{4}$

$$\left\{ P_0 \frac{V}{2} = 3J_1 RT_0 \right.$$

$$\left. \left(P_0 \cdot \frac{V}{4} = 3J_2 - \Delta J \right) RT_0 + 3J_{60} RT_0 \right.$$

$$\left\{ P_0 \frac{V}{S} = 3J_1 \cdot RT \right.$$

$$\left. \left(P_k \cdot \frac{11}{20} V = 3J_2 RT + 3J_{60} RT \right) \right.$$

$$\Delta J = k_p w = \frac{3}{4} \cdot k \cdot \frac{3(J_2 - \Delta J) RT_0}{\frac{V}{4}} = 3k RT_0 (J_2 - \Delta J)$$

$$\Delta J = 3k RT_0 J_2 - 3k RT_0 \Delta J$$

$$\Delta J (1 + 3k RT_0) = 3k RT_0 J_2$$

$$\Delta J = \frac{3k RT_0 J_2}{1 + 3k RT_0}$$

$$\frac{4 \cdot \frac{20}{5 \cdot 11}}{5 \cdot 11} = \frac{4}{11}$$

$$V = \frac{V_0}{5} - \frac{V_5}{4} = \frac{20 - 4 - 5}{20} V = \frac{11}{20} V$$

$$P_0 \frac{V}{2} = 3J_1 RT_0$$

$$P_0 \frac{V}{4} = 3(J_2 - \Delta J) RT_0 + 3J_{60} RT_0 = 3RT_0 (J_2 - \Delta J + J_{60})$$

$$\frac{P_0 \frac{V}{4}}{P_0 \frac{V}{2}} = \frac{3RT_0 (J_2 - \Delta J + J_{60})}{3RT_0 J_1} =$$

$$1 + 3k RT - 3k RT$$

$$\frac{370}{5} \cdot 4 = 37 \cdot 2 \cdot 4 =$$

$$40 \cdot 2 \cdot 4 = 40 \cdot 8 = 320$$

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

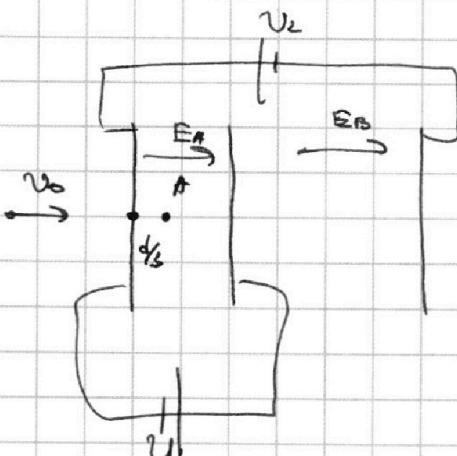
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



$$\frac{q_1 d^2}{2} - U_1 d + \frac{d}{3} = 0$$

$$D = U_1^2 - 4 \cdot \frac{q_1}{2} \cdot \frac{d}{3} = U_1^2 - \frac{2}{3} q_1 d$$

$$d = \frac{U_1 \pm \sqrt{U_1^2 - \frac{2}{3} q_1 d}}{q_1}$$

$$U_{\infty} + K_{\infty} = k_1 + U_1$$

$$U_{\frac{d}{2}} - U_1 + K_{\infty} = k_1$$

$$\varphi_T = \varphi_{A2} \quad \varphi_A - \varphi_1 = E_A \cdot \frac{d}{3}$$

$$U_A - U_1 = \frac{E_A \cdot d \cdot q}{3}$$

$$q(\varphi_{\frac{d}{2}} - \varphi_1) + K_{\infty} = k_1 = \\ = q(E_A \cdot \frac{d}{2}) + \frac{m V_0^2}{2}$$

$$K_1 + U_1 = k_4 + U_A$$

$$U_A - U_1 = K_A - K_A = \frac{E_A d q}{3}$$

$$E_A d = U$$

$$\cancel{\frac{m V_0^2}{2}} \quad \frac{m V_0^2}{2} - U_1 - K_A = \frac{E_A d q}{3}$$

$$E_A d + E_B \cdot 2d = U_2$$

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

$$(\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 + 2\sigma_1 + 2\sigma_2 - 2\sigma_3) \cdot \frac{d}{2 \epsilon_0} = U_2$$

$$3\sigma_1 + \sigma_2 - 3\sigma_3 = \frac{2 \epsilon_0 U_2}{d} = \frac{8 \epsilon_0 U}{d}$$

$$\frac{2 \epsilon_0 U}{d} = \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 \mid : 3$$

$$\sigma_2 + 3\sigma_2 = \frac{8 \epsilon_0 U}{d} \quad 6 \frac{\epsilon_0 U}{d} = \frac{2 \epsilon_0 U}{d}$$

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

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!

Черновик

$$E_{Ad} = V$$

$$-E_{Ad} - E_{B2d} = 4V$$

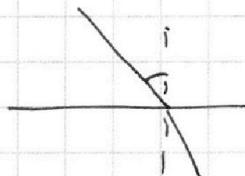
$$3\sigma_1 + \sigma_2 - 3\sigma_3 = -\frac{8E_0 V}{d}$$

$$\sigma_2 + 3\sigma_2 = -\frac{8E_0 V}{d}$$

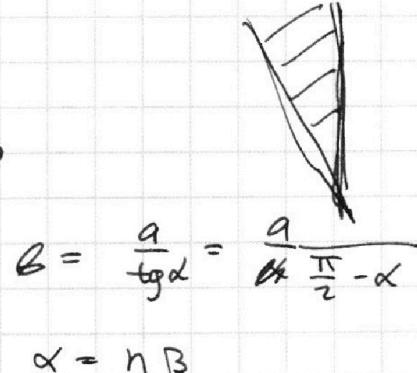
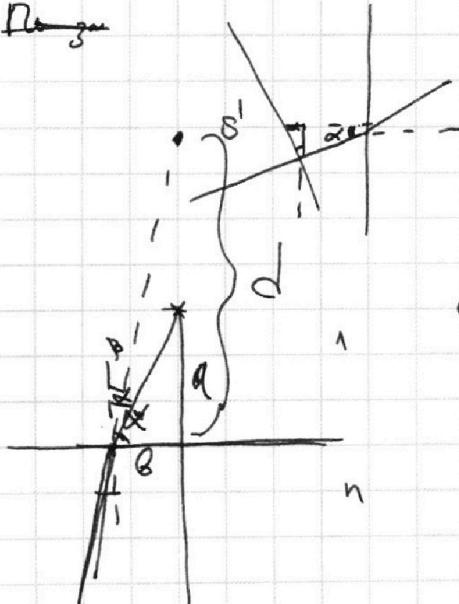
$$\begin{aligned} 4) \quad Q &= \int_0^\infty P_{I,t} dt = \int_0^\infty I_u dt = \int_0^\infty I^2 R dt = \int_0^\infty \frac{dq^2}{dt} 2R dt = \\ &= \int_0^\infty \frac{dq^2}{dt} R = \int_0^\infty \frac{dq}{du} \underbrace{\int_u^\infty I_i R}_{v} dt = Q \cdot I_i R \Big|_0^\infty + \int_0^\infty q \cdot \frac{d}{dt}(I_i R) = \\ &= q I_i R + q \cdot I_i R \Big|_0^\infty = 2q I_i R \Big|_0^\infty = 2q I_{10} \cdot R = \end{aligned}$$

$$= Q \Rightarrow I_{10} = \frac{Q}{2q I_{10} R}$$

n5



Решение



$$\theta = \frac{a}{tg \alpha} = \frac{a}{\frac{n \pi}{2} - \alpha}$$

$$\alpha = n \beta$$

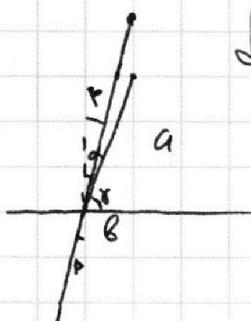
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



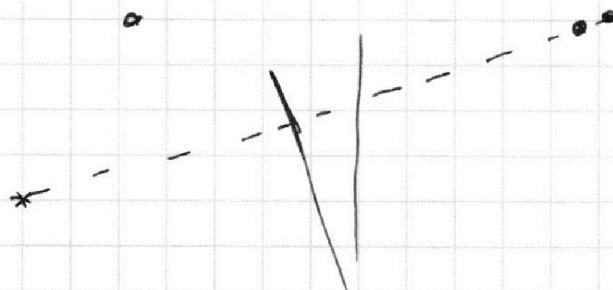
$$\frac{a}{b} = \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) =$$

$$= \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{1}{\alpha}$$

$$b = a \alpha$$

$$\beta = \frac{\alpha}{n} \quad \operatorname{tg} \beta = \beta = \frac{b}{a} \Rightarrow d = a \cdot \beta = a \cdot \alpha \cdot \frac{\alpha}{n} = \frac{a \alpha^2}{n}$$

$$d = \frac{b}{\beta} = \frac{a \alpha}{\alpha} \cdot n = n a$$





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"/> |

МФТИ

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

3)

$$\cancel{\text{Решение: } a_A = F_A}$$

$$v_A = v_i - a_A \cdot t, t - \text{время полёта от сечки-1 до т. A}$$

$$\frac{d}{3} = v_i \cdot t - \frac{a_A \cdot t^2}{2} \Rightarrow t =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

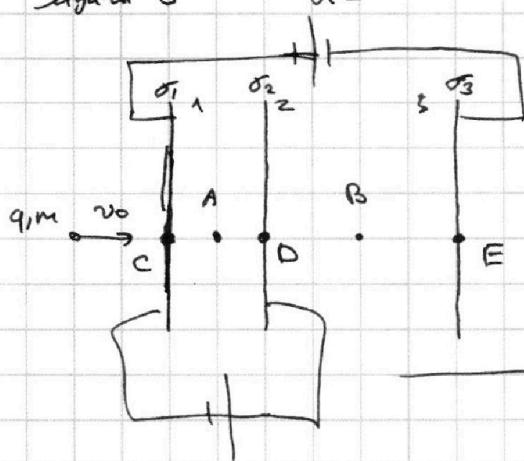
МФТИ.



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

Задача 3

U_2



S - площадь пластины

E_A - эл. поле в т. А

E_B - эл. поле в т. В.

σ_i - плотность зарядов

Всё симметрически по оси O_x .

σ_i - плотность зарядов 1ой симм.

O_x

U_1

$$\text{По упр.: } d \ll \sqrt{S} \Rightarrow F = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} d - \text{эл. поле от другой пластины}$$

$$U_2 = E_B \cdot d = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3}{2\varepsilon_0} \cdot d$$

$$U_1 = E_A \cdot d = \frac{\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3}{2\varepsilon_0} \cdot d$$

$$\text{Ускорение частицы в т. А: } a_A = \frac{F_A}{m} = \frac{E_A \cdot q}{m} = \boxed{\frac{U_1 \cdot q}{dm}}$$

$$\text{Отвем: } a_A = \frac{U_1 \cdot q}{dm}$$

2) v_0 - скорость частицы на расстоянии $\gg \sqrt{S}$.

~~На бесконечно удалённом расстоянии от пластины, потенциальная~~
~~энергия частицы равна нулю~~

~~U - потенциальная энергия частицы.~~

~~По закону сохранения энергии: $U_{00} + \frac{mv_0^2}{2} = U_f + \frac{mv_f^2}{2} \Rightarrow$~~

$$\Rightarrow \frac{mv_f^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - U_f; K_f = \frac{mv_0^2}{2} - U_f$$

$$\text{По з.с.з.: } K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow K_1 - K_2 = U_2 - U_1 =$$

$$= \varphi_2 \cdot q - \varphi_1 q = q \cdot \underbrace{U_1}_{\varphi_1 - \text{помещение симм. 1}} \quad , U_1 - \text{напряжение исходной 1}$$

$\varphi_2 - \text{помещение симм. 2}$

$$\text{Отвем: } K_1 - K_2 = q \cdot U_1 = q \cdot U$$