



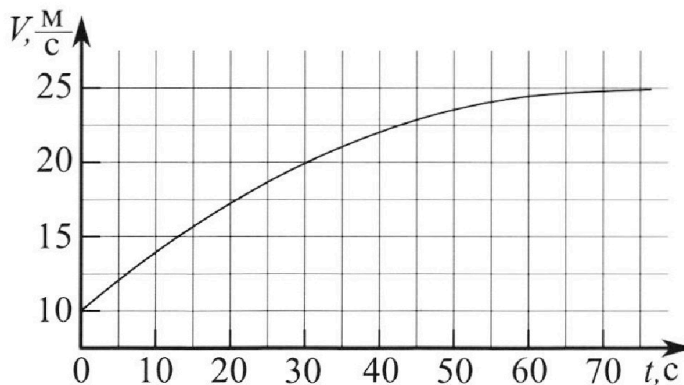
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.
- Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

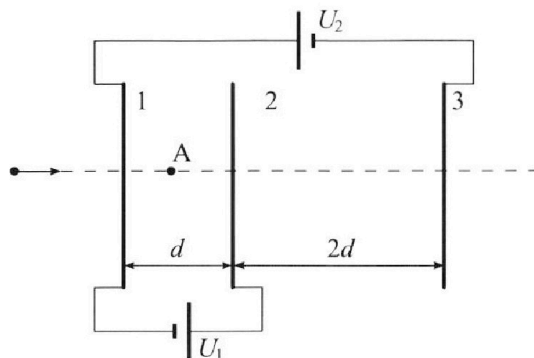
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 нагрели до  $T = 5T_0/4 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  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  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·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 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.



- 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  $d/3$  от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

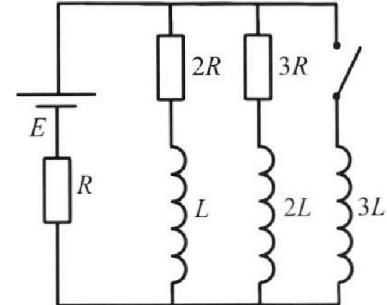


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

- 1) Найти ток  $I_0$  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  $n_b = 1,0$ . 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.

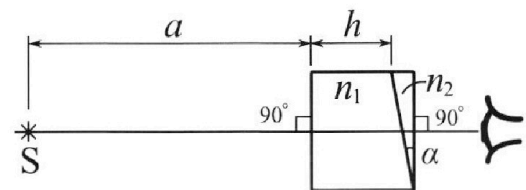


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

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

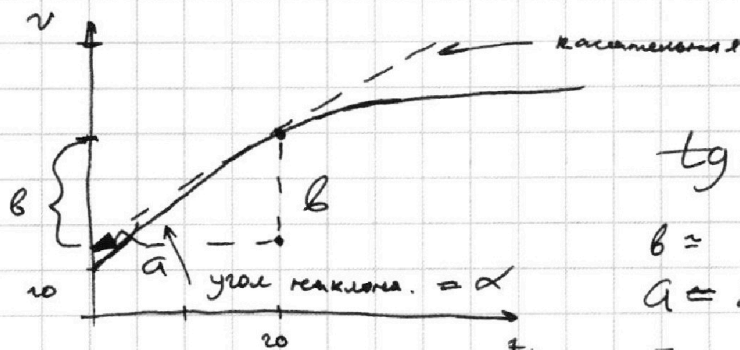
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



### Задача 1. (М1)

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

По графику можно найти этот тангенс.



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

$$b = (25, 2 - 10, 2) \frac{\text{м}}{\text{с}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = 20 \text{ с}$$

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

Ответ:  $a \approx 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) Мы знаем, что сила, при пост равномерном движении  
и скорости  $v_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , двигателя ( $F_k$ ) равна  $500 \text{ Н}$   
Если движение равномерное, то равнодействующая сила равна нулю.  
 $F$  - сила тяги;  $F_{\text{тр}}$  - сила сопротивления

$$R = F - F_{\text{тр}} \quad (\text{проекции на ось движения, пусть } O_x)$$

$R$  - результирующая сила.

$$F_k = F_{\text{тр}} = 500 \text{ Н} \Rightarrow F_{\text{тр}}(v = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}) = 500 \text{ Н} \Rightarrow$$

$$\alpha \cdot 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 500 \text{ Н} \quad (F_{\text{тр}} = \alpha \cdot v, \text{ где } \alpha = \text{const, т.к. } F_{\text{тр}} \sim v \text{ по усн.})$$

$$\alpha = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

$$F_{\text{тр}}(v = v_1 = 20 \text{ м/с}) = \alpha \cdot v_1 = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 400 \text{ Н}$$

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

(по второму закону Ньютона на  $O_x$ )

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!

Задача 1 (12)

$$F = \frac{400 \text{ Н}}{1800 \text{ кг}} \approx 0,22 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \rightarrow F = \frac{1}{4} \cdot 1800 \text{ Н} + 400 \text{ Н} =$$
$$= \frac{9 \cdot 50}{2} \cdot 200 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н}$$

Ответ:  $F(v=v_1) = 850 \text{ Н}$

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

$$A = F \cdot dx$$

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

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

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

МФТИ

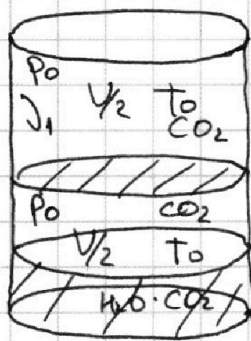
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 2 (11)

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

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



По закону Зенри:  $\Delta J = k p W$ ,  $W$  - объём воды  
 $k(T_0) \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{Па}}$   $P$  - парциальное давление  $\text{CO}_2$

$T = 100^\circ \text{C}$  - температура кипения воды при  $P = P_{\text{атм}}$   
 при  $T$ ,  $\text{CO}_2$  в воде нет, по условию.

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

По закону Менделеева-Клапейрона:



$$P_0 \cdot \frac{V}{2} = 3 J_1 R T_0 \quad (1)$$

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = 3 (J_2 - \Delta J) R T_0 + 3 J_{\text{в0}} R T_0 \quad (2)$$

$J_1$  - кол-во  $\text{CO}_2$  в верхнем сосуда = const

$J_2$  - кол-во  $\text{CO}_2$  в нижнем сосуда = const

$\Delta J$  - кол-во растворённого газа  $\text{CO}_2$  в воде при  $T_0$

$$\frac{(1)}{(2)} = \frac{P_0 \frac{V}{2}}{P_0 \frac{V}{4}} = \frac{3 J_1 R T_0}{3 R T_0 (J_2 - \Delta J + J_{\text{в0}})} \quad (3)$$

$r$  - кол-во степеней свободы газа, для прехватанных газов, как  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ,

$$r = 6$$

$J_{\text{в0}}$  - кол-во паров воды до нагревания

$$(3): 2 = \frac{J_1}{J_2 - \Delta J + J_{\text{в0}}} \quad \text{— искомое отношение.}$$

кол-во в-ва в газобразной состоянии в нижнем сосуда.

Ответ: 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача 2 (12)

2) По закону Менделеева-Клапейрона после нагревания:

$$\sum P_k \frac{V}{5} = 30, RT \quad (4)$$

$$\sum P_k \frac{11}{20} V = 30_2 RT + 30_{вк} RT \quad (5)$$

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

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

$30_{вк}$  - количество кол-во пара

$\frac{V}{4}$  - объём воды, вытесненный по усл.

$$\frac{(4)}{(5)}: \frac{P_k \frac{V}{5}}{P_k \frac{11}{20} V} = \frac{30, RT}{3 RT (30_2 + 30_{вк})} = \frac{30_1}{30_2 + 30_{вк}} = \frac{4}{11}$$

$$\Delta P = k p \omega = k \cdot \frac{V}{4} \cdot \frac{3 RT (30_2 - \Delta P)}{\frac{V}{4}} = 3 k RT (30_2 - \Delta P)$$

парциальное давление  $CO_2$  внизу при  $T_0$

$$\Delta P = \frac{3 k RT}{1 + 3 k RT} \cdot 30_2$$

$$30_2 - \Delta P = 30_2 - \frac{3 k RT}{1 + 3 k RT} 30_2 = 30_2 \left( \frac{1}{1 + 3 k RT} \right) = \frac{30_2}{1 + 3 k RT}$$

$$\frac{30_1}{\frac{30_2}{1 + 3 k RT} + 30_{вк}} = 2; \quad \frac{30_1}{30_2 + 30_{вк}} = \frac{4}{11}$$

В условии сказано предположить давление водяных паров при соответствующей температуре, т.е. при  $T_0$ , значит (2) предположить в:

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = 3 (30_2 - \Delta P) \cdot RT_0 = \frac{30_2 RT_0}{1 + 3 k RT} \quad (8)$$

Давление водяных паров при  $100^\circ C = T$  равно  $P_{атм} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow 30_{вк} RT = P_{атм} \cdot \frac{11}{20} V \Rightarrow 30_{вк} = \frac{P_{атм} \cdot 11 V}{20 \cdot 3 RT}$

$$(6): \frac{30_1}{30_2} \cdot (1 + 3 k RT) = 2$$

$$(7): \frac{30_1}{30_2 + \frac{P_{атм} V}{RT} \cdot \frac{11}{60}} = \frac{4}{11}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Задача 2 (13)

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

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

$$(7) \frac{J_2 \cdot 2}{(1+3kRT)(J_2 + \frac{P_{ATM} \cdot V}{RT} \cdot \frac{11}{60})} = \frac{4}{11}$$

$$2J_2 = 4(1+3kRT)(J_2 + \frac{11}{60} \frac{P_{ATM} V}{RT}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2J_2 - 4(1+3kRT)J_2 = \frac{4(1+3kRT) \cdot 11 P_{ATM} V}{15 \cdot 60 RT} =$$

$$J_2 = 11 \cdot 2 \cdot \frac{11 P_{ATM} V (1+3kRT)}{15 RT (22 - 4(1+3kRT))} = \frac{11 P_{ATM} (1+3kRT) \cdot V}{15 RT (18 - 12kRT)}$$

$$(8) P_0 \frac{V}{4} = \frac{3J_2 RT_0}{1+3kRT} = \frac{3RT_0}{1+3kRT} \cdot \frac{11 P_{ATM} \cdot V (1+3kRT)}{15 RT (18 - 12kRT)} =$$

$$= \frac{T_0 \cdot 11 \cdot P_{ATM} V}{5 \cdot T (18 - 12kRT)} = \frac{44 P_{ATM} V \cdot 5}{25 (18 - 12kRT)}$$

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

$$= \frac{4^2 \cdot 11 P_{ATM}}{5^2 (18 - 12)} = \frac{4^2 \cdot 11}{5^2 \cdot 6} P_{ATM} = \frac{4^2 \cdot 11}{5^2 \cdot 6} P_{ATM} =$$

$$\frac{2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 11}{5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2} P_{ATM} = \frac{88}{75} P_{ATM}$$

Ответ:  $P_0 = \frac{88}{75} P_{ATM}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

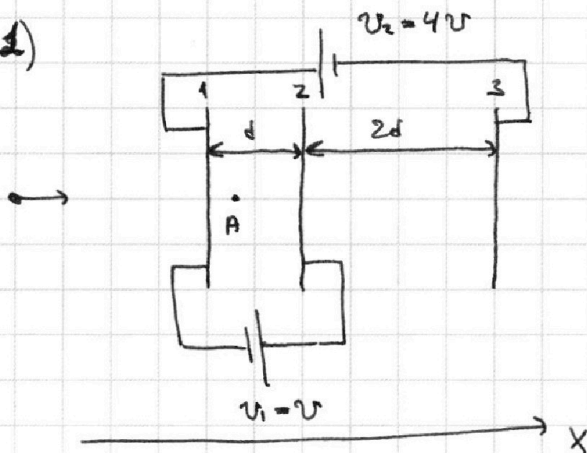
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

### Задача 3 (12)

1)



По усл:  $d \ll \sqrt{S}$  (S - площадь сетки)  $\Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \text{const}$  - Эл. поле от одной сетки

$\sigma$  - плотности заряда одной сетки.

$E_A$  - поле между сетками 1 и 2

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

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

Ускорение заряда  $q$  между сетками 1 и 2:

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

Ответ:  $a_{12} = \frac{Uq}{md}$

2) По закону сохранения энергии:

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

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

$$= U \cdot q$$

Ответ:  $K_1 - K_2 = U \cdot q$



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

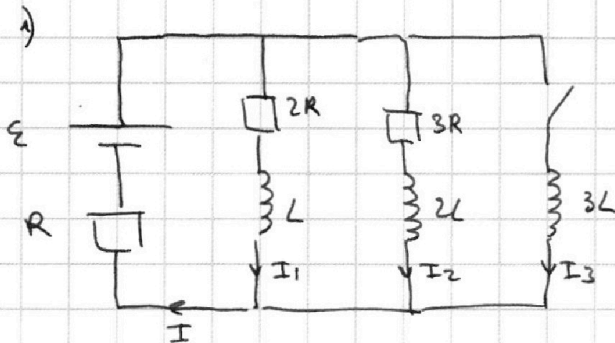
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Задача 4



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

По второму закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} \varepsilon = 2R \cdot I_1 + \dot{I}_1 L + I R & (1) \\ \varepsilon = I_2 \cdot 3R + \dot{I}_2 2L + I R & (2) \\ I = I_1 + I_2 & (3) \end{cases} \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = 0$$

(1)  $\varepsilon = 2R I_{10} + I R \Rightarrow I_{10} = \frac{(2R I_{10} - \varepsilon) - \varepsilon - 2R I_{10}}{R} = \frac{\varepsilon - 2R I_{10}}{R}$

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

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

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

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

2) По 2. з. Кирхгофа:

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



|                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

3)

3) По законам Кирхгофа:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = IR + I_1 \cdot 2R + \dot{I}_1 \cdot L \\ \mathcal{E} = IR + I_2 \cdot 3R + \dot{I}_2 \cdot 2L \\ \mathcal{E} = IR + \dot{I}_3 \cdot 3L \\ I = I_1 + I_2 + I_3 \end{cases}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

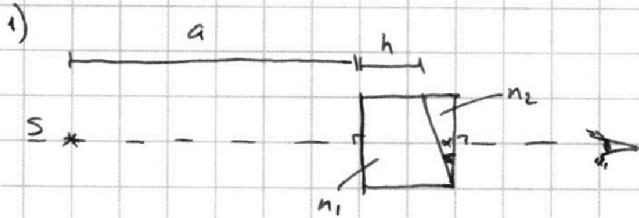
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

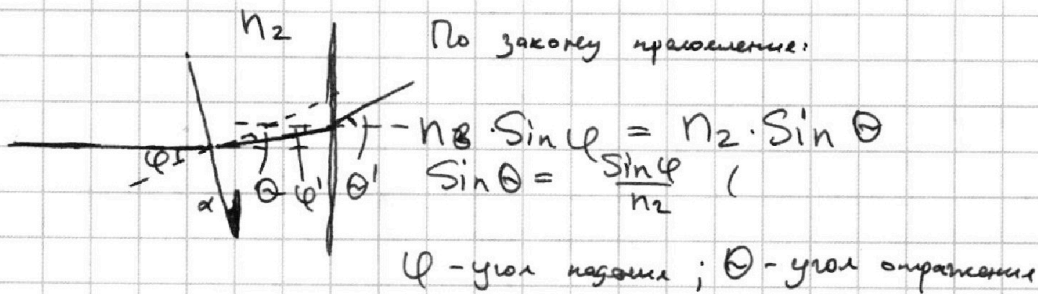
МФТИ

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

Задача 5 (11)



т.к.  $n_2 = 1 = n_1$ , считаем, что первой призмы нет.  
Рассмотрим луч, проходящий через вторую призму.



$$n_2 \sin \varphi' = n_1 \sin \theta' \Rightarrow \sin \theta' = n_2 \sin \varphi'$$

$\varphi', \theta'$  - углы падения и преломления луча при прохождении правой грани призмы

$$\varphi, \theta, \varphi', \theta' - \text{кавы} \Rightarrow \theta = \frac{\varphi}{n_2} = \frac{\alpha}{n_2}$$
$$\theta' = \frac{\varphi'}{n_2}$$

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

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

Ответ:  $\theta' \approx 0,07$

2)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

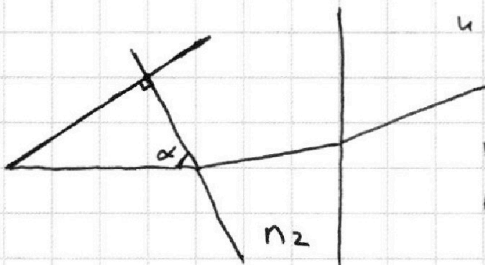
|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <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 (12)

Рассмотрим два луча: луч, ~~перпендикулярный~~ перпендикулярный левой грани первой призмы,  
и луч, перпендикулярный грани второй призмы.



первый луч отклонится под углом  $\theta' = 0,07$   
второй луч отклонится под углом  $\gamma'$

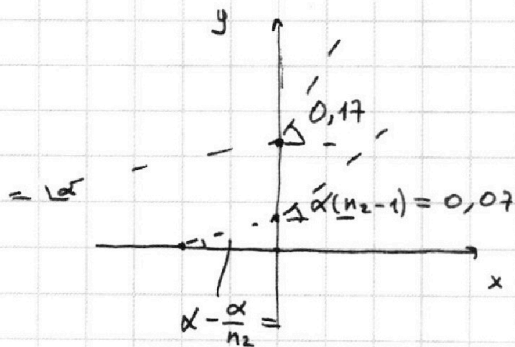
По закону преломления:

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

$\alpha, \gamma \ll 1$

$$\gamma = n_2 \cdot \alpha$$

Продолжим лучи до их пересечения



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!

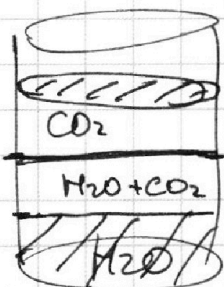
Черновик

$$F_{TP} \sim V$$

$$F_{TP} = \kappa V$$

$$F_{TP}(V=25) = 500 \text{ H}$$

$$\kappa = \left. \frac{dV}{dt} \right|_{V_1} =$$



$$\frac{V}{2}$$

$$V$$

$$\frac{V}{4}$$

$$\frac{V}{4}$$



$$\frac{V}{5}$$

$$\frac{11}{20} V$$

$$\frac{V}{4}$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 \frac{V}{2} = 3 \nu_1 R T_0 \\ P_0 \cdot \frac{V}{4} = 3(\nu_2 - \Delta \nu) R T_0 + 3 \nu_0 R T_0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_u \frac{V}{5} = 3 \nu_1 R T \\ P_k \cdot \frac{11}{20} V = 3 \nu_2 R T + 3 \nu_0 R T \end{array} \right.$$

$$\Delta \nu = k p w = \frac{4}{5} \cdot k \cdot \frac{3(\nu_2 - \Delta \nu) R T_0}{4} = 3 k R T_0 (\nu_2 - \Delta \nu)$$

$$\Delta \nu = 3 k R T_0 \nu_2 - 3 k R T_0 \Delta \nu$$

$$\Delta \nu (1 + 3 k R T_0) = 3 k R T_0 \nu_2$$

$$\Delta \nu = \frac{3 k R T_0 \nu_2}{1 + 3 k R T_0}$$

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

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

$$P_0 \frac{V}{2} = 3 \nu_1 R T_0$$

$$P_0 \frac{V}{4} = 3(\nu_2 - \Delta \nu) R T_0 + 3 \nu_0 R T_0 = 3 R T_0 (\nu_2 - \Delta \nu + \nu_0)$$

$$\frac{P_0 \frac{V}{4}}{P_0 \frac{V}{2}} = \frac{3 R T_0 (\nu_2 - \Delta \nu + \nu_0)}{3 R T_0 \nu_1} =$$

$$1 + 3 k R T - 3 k R T$$

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

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



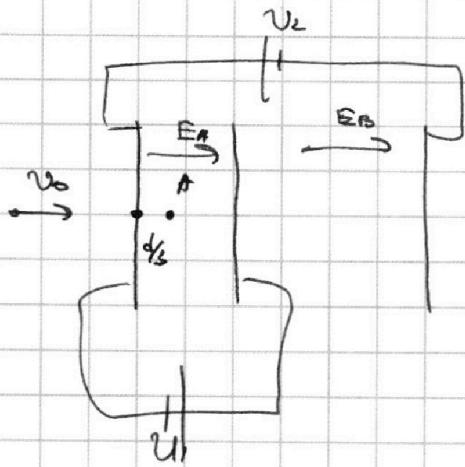
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!



$$\frac{qA\tau^2}{2} - v_1\tau + \frac{d}{3} = 0$$

$$D = v_1^2 - 4 \cdot \frac{qA}{2} \cdot \frac{d}{3} = v_1^2 - \frac{2}{3} qAd$$

$$\tau = \frac{v_1 \pm \sqrt{v_1^2 - \frac{2}{3} qAd}}{qA}$$

$$U_{\infty} + K_{\infty} = K_1 + U_1$$

$$U_{\frac{d}{2}} - U_1 + K_{\infty} = K_1$$

$$\varphi_T = \varphi_{AE} \quad \varphi_A - \varphi_1 = EA \cdot \frac{d}{3}$$

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

$$q(\varphi_{\frac{d}{2}} - \varphi_1) + K_{\infty} = K_1 =$$

$$= q(EA \cdot \frac{d}{2}) + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$K_1 + U_1 = K_A + U_A$$

$$U_A - U_1 = K_A - K_1 = \frac{EA \cdot d \cdot q}{3}$$

$$EA \cdot d = U$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - U_1 - K_A = \frac{EA \cdot d \cdot q}{3}$$

$$EA \cdot d + EB \cdot 2d = U_2$$

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

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

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

$$\frac{2\epsilon_0 U}{d} = \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 \quad | \cdot 3$$

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

 МФТИ

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



~~Черновик~~

$$E_{Ad} = U$$

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

$$3\sigma_1 + \sigma_2 - 3\sigma_3 = -\frac{8\varepsilon_0 U}{d}$$

$$\sigma_2 + 3\sigma_3 = -\frac{8\varepsilon_0 U}{d}$$

$$4 \quad Q = \int_0^{\infty} P dt = \int_0^{\infty} IU dt = \int_0^{\infty} I^2 R dt = \int_0^{\infty} \frac{dq^2}{dt^2} 2R dt =$$

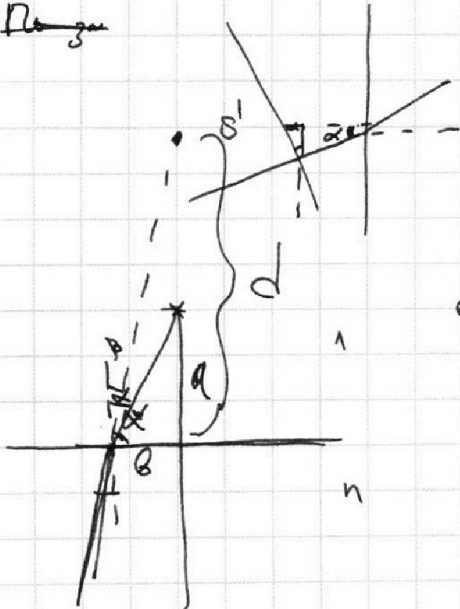
$$= \int_0^{\infty} \frac{dq^2}{dt} R = \int_0^{\infty} \frac{dq}{dt} \cdot \underbrace{I}_{\infty} R = Q \cdot I_{\infty} R \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} Q \cdot \frac{d}{dt}(I_{\infty} R) =$$

$$= Q I_{\infty} R + Q \cdot I_{\infty} R \Big|_0^{\infty} = 2Q I_{\infty} R \Big|_0^{\infty} = 2Q I_{\infty} R =$$

$$= Q \Rightarrow I_{\infty} = \frac{Q}{2I_{\infty} R}$$

№5

Рис. 3



$$b = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{a}{\frac{\pi}{2} - \alpha}$$

$$\alpha = \eta \beta$$

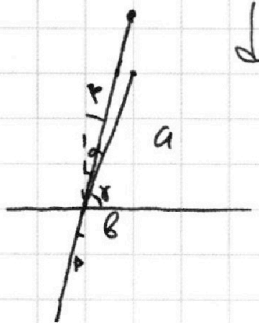
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



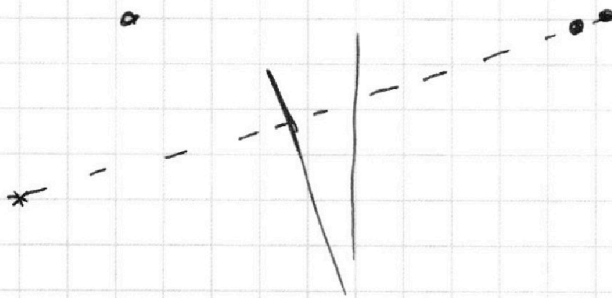
$$\frac{a}{b} = \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) =$$

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

$$b = a \alpha$$

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

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



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

~~По 2 закону Ньютона:  $a_A = -a_B$~~

~~$v_A = v_1 - a_A \cdot t$ ,  $t$  - время полета от сетки 1 до т. А~~

~~$\frac{d}{3} = v_1 \cdot t - \frac{a_A \cdot t^2}{2} \Rightarrow t =$~~



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

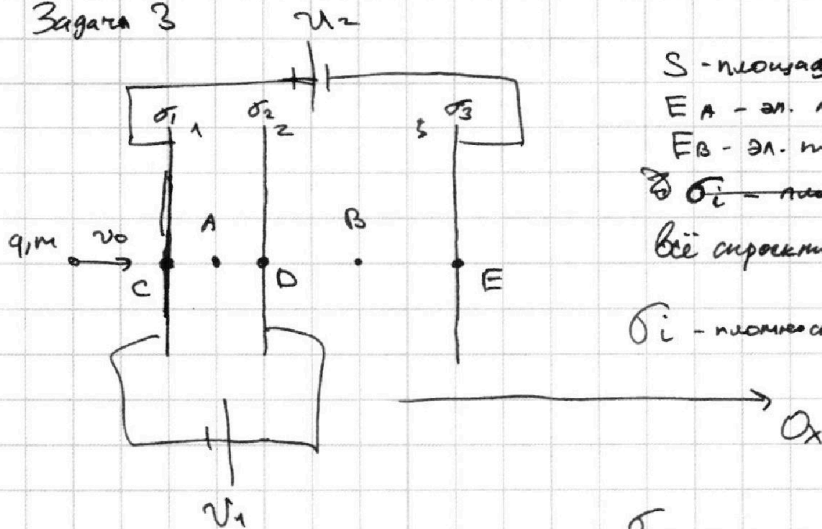
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

Задача 3



$S$  - площади пластин

$E_A$  - эл. поле в т. А

$E_B$  - эл. поле в т. В.

$\sigma_i$  - плотность зарядов

Все ориентировано на  $Ox$ .

$\sigma_i$  - плотность зарядов  $i$ -ой сетки.

По ука:  $d \ll \sqrt{S} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$  - эл. поле от одной пластины

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

$$U_1 = E_A \cdot d = \frac{\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} \cdot d$$

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

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

2)  $v_0$  - скорости газыици на расстоянии  $\gg \sqrt{S}$ .

~~На расстоянии больших расстояний от пластин, потенциальная энергия газыици равна нулю.~~

~~$U$  - потенциальная энергия газыици.~~

~~По закону сохранения энергии:  $U_0 + \frac{mv_0^2}{2} = U_A + \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow$~~

~~$$\Rightarrow \frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - U_A; K_A = \frac{mv_0^2}{2} - U_A$$~~

По з.с.э.:  $K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow K_1 - K_2 = U_2 - U_1 =$

$= \varphi_2 \cdot q - \varphi_1 q = q \cdot U_1$ ,  $U_1$  - напряжение источника 1  
 $\varphi_1$  - потенциал сетки 1  
 $\varphi_2$  - потенциал сетки 2

Ответ:  $K_1 - K_2 = q \cdot U_1 = q \cdot U$