



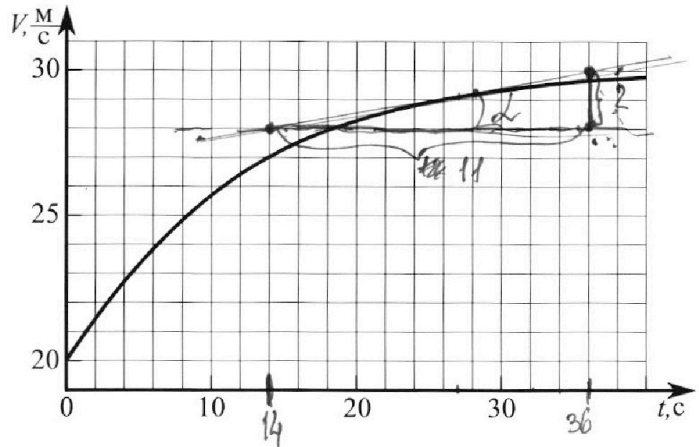
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.

2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

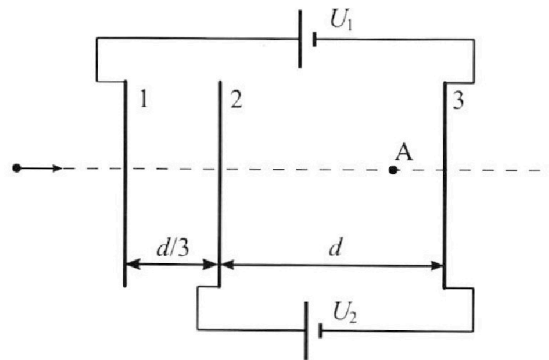
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

2) Определите конечное давление в сосуде  $P$ . 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  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 2U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.

2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

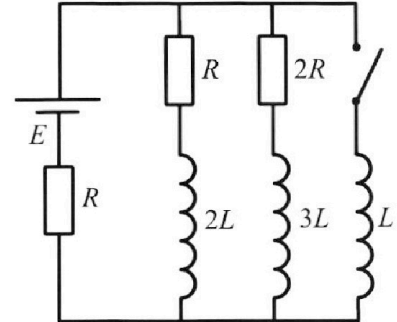


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_{\text{в}} = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  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.

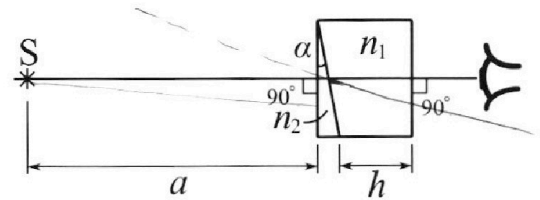


рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , 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!



реш.

1) Пт.к.  $a = \dot{V} = \frac{dV}{dt}$ , то на графике  $V(t)$  значение  
точно равно тангенсу угла наклона касательной к графику

~~Проведем касательную~~ Проведем касательную и по прямой, через которую

тогда угла  $\left(\frac{\Delta V}{\Delta t}\right)$ .  $\Delta V = 2 \text{ м/с}$ ;  $\Delta t = 22 \text{ с}$

$$a_1 = \frac{2}{22} = \frac{1}{11} \text{ м/с}^2 \quad (P)$$

2) В конце разгона  $a = 0$ ; из графика видно что  $V(t)$  стремится к  $30 \text{ м/с} = V_k$   
при  $t \rightarrow \infty$ .

$$P = F \cdot V \Rightarrow P = F_k \cdot V_k = 405 \cdot 30 \text{ Вт}$$

$$P = \text{const} \Rightarrow F \cdot V = \text{const} \Rightarrow F_m = \frac{P}{V} \quad V \downarrow$$

$$P_{\text{полезная}} = F_m \cdot V$$

$F_m$  - сила тяги

3) 23 л:  $ma = F_m - F_{\text{тр}} \Rightarrow F_1 = F_m - ma_1 = \frac{F_k \cdot V_k}{V_1} - m \cdot a_1 \quad (2)$

4) Требуемая часть -  $\frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{мотора}}}$

$$\frac{F_1}{F_m} = \frac{\frac{F_k \cdot V_k}{V_1} - m \cdot a_1}{F_m} = 1 - \frac{m \cdot a_1}{\frac{F_k \cdot V_k}{V_1}} = 1 - \frac{m \cdot a_1 \cdot V_1}{F_k \cdot V_k}$$

$$= 1 - \frac{300 \cdot \frac{1}{11} \cdot 27}{405 \cdot 30} = 1 - \frac{270}{405 \cdot 11} = \frac{4455 - 270}{4455} = \frac{4185}{4455}$$

$$= \frac{4185}{4455} \quad (\text{ответ: } 3) \frac{4185}{4455}; 1) \frac{1}{11} \text{ м/с}^2; 2) \frac{41850}{99} \text{ л}$$

$$F_1 = \frac{405 \cdot 30}{27} - \frac{300}{11} = \frac{110 \cdot 405 - 2700}{99} = \frac{41850}{99} \text{ л}$$

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!



2) До нагревания:

$$P_1 \cdot \frac{V}{2} = \nu_a \cdot R T_0$$

$$P_2 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 \cdot R T_0$$

$$\Delta \nu = k \cdot P_1 \cdot w; w = \frac{V}{4}$$

$$\Delta \nu = k \cdot P_1 \cdot \frac{V}{4}$$

$$P_1 = \frac{\nu_a R T_0}{k} = \frac{\nu_2 R T_0}{k}$$

$$\nu_a = 2 \nu_2$$

1

После нагревания:

$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_a \cdot R \cdot \frac{2}{3} T_0$$

$$(P - P_{ампл}) \cdot \frac{7}{12} V = (\nu_2 + \Delta \nu) R \cdot \frac{1}{3} T_0$$

$$V - \frac{V}{6} - \frac{V}{4} = V \cdot \frac{7}{12}$$

Сначала газу размотать пл. (из гел.)

В конце парц.  $P = P_{ампл}$ ;  $P_2 - P_{ампл}$  - газы все пл. газа (из гел.)  $(\nu_2 + \Delta \nu)$

$$(P - P_{ампл}) \cdot \frac{7}{12} V = \left( \frac{\nu_a}{2} + k \cdot \frac{V}{4} \cdot P_1 \right) R \cdot \frac{1}{3} T_0$$

$$\nu_a = \frac{P_1 V}{2 R T_0} \Rightarrow (P - P_{ампл}) \cdot \frac{7}{12} V \left( \frac{P_1 V}{4 R T_0} + \frac{k V}{4} P_1 \right) R \cdot \frac{1}{3} T_0$$

$$\frac{7}{12} P - \frac{7}{12} P_{ампл} = \frac{P_1 \cdot R \cdot \frac{1}{3} T_0}{k R T_0} + \frac{k P_1 \cdot R \cdot \frac{1}{3} T_0}{3 \cdot k}$$

$$\frac{7}{12} P - \frac{7}{12} P_{ампл} = \frac{P_1}{3} + \frac{k P_1 R T_0}{3}$$

$$\frac{7}{12} P - \frac{7}{12} P_{ампл} = \frac{P}{12} + \frac{k P R T_0}{12}$$

$$7P - 7P_{ампл} = P + k P R T_0$$

$$6P - 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3 P = 7P_{ампл}$$

$$6P - \frac{5}{4} P = 7P_{ампл}$$

$$\frac{120P - 27P}{20} = 7P_{ампл} \Rightarrow \frac{93P}{20} = 7P_{ампл}$$

Ответ: 1; 2

$$P = \frac{140}{93} P_{ампл}$$

2

$$P_1 \cdot \frac{V}{2} = \nu_a \cdot R T_0$$

$$P \cdot \frac{V}{6} = \nu_a \cdot R \cdot \frac{2}{3} T_0$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{1}{4}$$

$$P_1 = \frac{P}{4}$$

$$R T_0 = 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$$

$$R T_0 = \frac{3}{4} P T$$

$$R T_0 = \frac{9}{4} \cdot 10^3$$

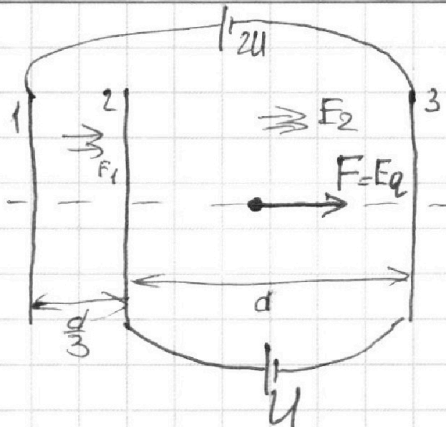
1  2  3  4  5  6  7

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



№3

1)  $\Delta\varphi = Ed = U$   
 Пусть  $E$  между 1и2 -  $E_1$ , а  $E$  между 2и3 -  $E_2$ .  
 Пластины являются каналами плоского конденсатора, т.к. на них  $\Delta q$  попарно равен  
 (~~...~~  $+\Delta q_1 = -\Delta q_{31}$ ;  $+\Delta q_2 = -\Delta q_{32}$ )



$$dE_2 = U \Rightarrow E_2 = \frac{U}{d}$$

$$\frac{E_1 d}{3} + dE_2 = 2U \Rightarrow \frac{d}{3} E_1 = 2U - U = U \Rightarrow E_1 = \frac{3U}{d}$$

$$m \cdot a = E_2 \cdot q \quad (23\text{л}) \Rightarrow a = \frac{E_2 q}{m} = \frac{Uq}{m \cdot d} \quad (1)$$

2) Статическое электр. поле потенциально  $\Rightarrow$  можно писать ЗСЭ:

$$\Delta K = -\Delta \Pi \Rightarrow |\Delta \Pi| = |\Delta K|$$

$$\Delta \Pi = \Delta \varphi_{23} \cdot q = Uq \Rightarrow \Delta K = Uq \quad (+, \text{ т.к. заряд } +) \quad (2)$$

3) Для изогалыно беззарядкедно плоского конд-ра  $\varphi=0$  берет в нл-ти посередине между обкладками.

Для 1 и 3  $\varphi=0$  на  $\frac{2d}{3}$  от 1

Для 2 и 3  $\varphi=0$  на  $\frac{d}{2}$  от 2



Из принципа суперпозиции найв для потенциал будет

между ними, отталкивание расстояний -  $2x$  (из-за напряжений)

$$3x = \frac{d}{6} \Rightarrow x = \frac{d}{18}; \text{ от } 2 - \frac{d}{18} + \frac{d}{3} = \frac{7d}{18}$$

$$\Delta S \text{ между } \varphi=0 \text{ и } A: \frac{2d}{3} - \frac{7d}{18} = \frac{5d}{18} \Rightarrow \Delta \Pi = -\frac{5Uq}{18}$$

$$\text{ЗСЭ: } \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{5Uq}{18} \Rightarrow V_1 = \sqrt{V_0^2 + \frac{5Uq}{9m}} \quad (3)$$

(на бесконечности  $\varphi=0 \Rightarrow$  если там  $V=V_0$  то и в точке между обкл. где  $\varphi=0$   $V=V_0$ )

Ответ: см 1, 2, 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
<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!

ш04.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

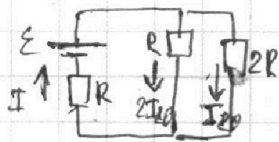
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

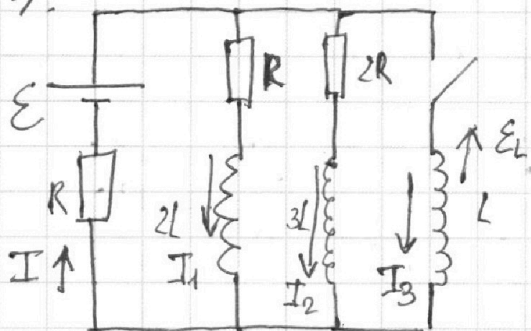
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) В уст. режиме катушки являются по сути перемычками для пост. тока.



УСЧ



$$\text{1) КЗ: } \begin{cases} \varepsilon = IR + 2RI_{20} \\ \varepsilon = IR + RI_{10} \\ I = I_{10} + I_{20} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varepsilon = I_{10}R + 3RI_{20} = 2RI_{10} + 3RI_{20} \\ RI_{10} = 2RI_{20} \Rightarrow I_{10} = 2I_{20} \\ I = 3I_{20} \end{cases}$$

~~$I_{10} = 2I_{20}$~~

$$\varepsilon = 3I_{20}R + 2I_{20}R \Rightarrow \varepsilon = 5I_{20}R \Rightarrow I_{20} = \frac{\varepsilon}{5R} \quad (1)$$

2) Сразу после ток не успеет измениться  $\Rightarrow$

Через батарейку  $I = 3I_{20} = \frac{3\varepsilon}{5R}$

$$\varepsilon_L = -L\dot{I}_1$$

Ток возн. вправо по контуру (по часовой)  $\Rightarrow \varepsilon_L$  против часовой

$$\text{2) КЗ: } \varepsilon = IR + \varepsilon_L = \frac{3\varepsilon}{5} + L\dot{I}_1 \Rightarrow L\dot{I}_1 = \frac{2\varepsilon}{5}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{2\varepsilon}{5L} \quad (2)$$

$$3) \quad 2L\dot{I}_1 + I_1R = 2RI_2 + 3L\dot{I}_2 = IR - \varepsilon = L\dot{I}_3$$

$$L\dot{I}_3 = \varepsilon + IR \quad ; \quad I = I_1 + I_2 + I_3$$

~~$I_2 = 2I_1$~~

$$L\dot{I}_3 = \varepsilon + I_1R + I_2R + I_3R = 2RI_2 + 3L\dot{I}_2$$

(Если мы будем знать отношение токов в любой момент времени, то записав 3-й закон найдем заряд через 2R)





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

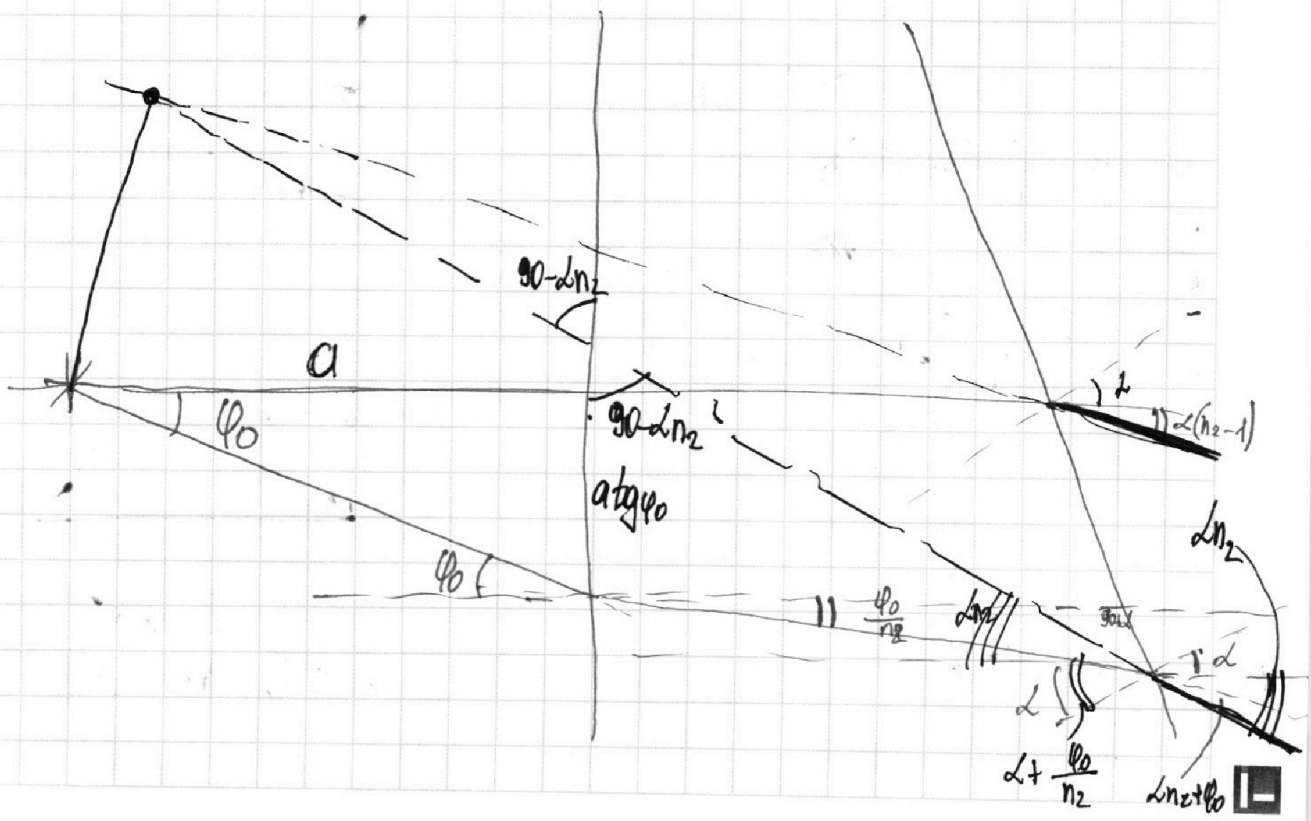
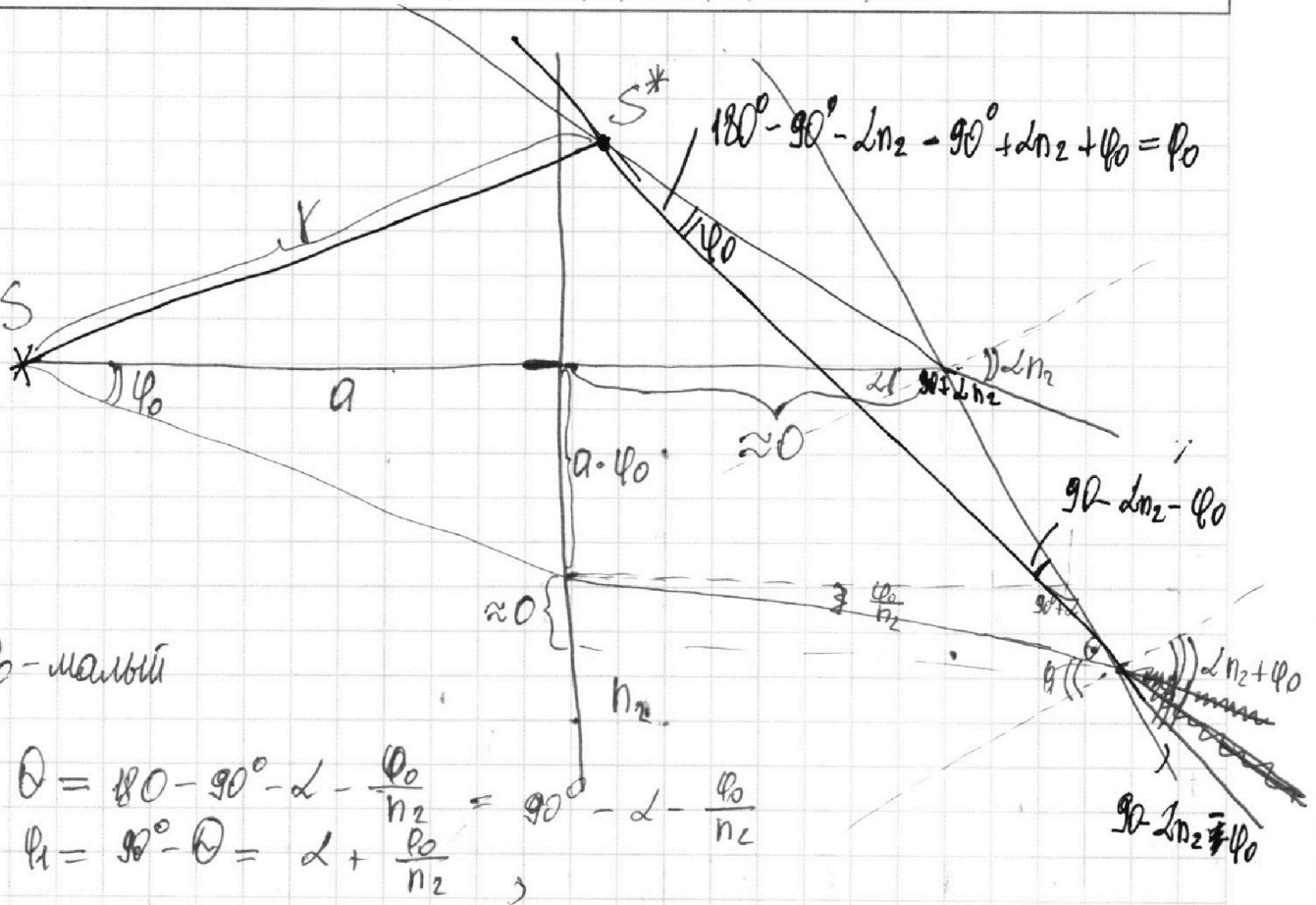
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



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!

<sup>3n-кисл</sup>  
Менделеева-Клапейрона  $PV = \nu RT$

1) До нагревания:  
 $P_1 \cdot \frac{V}{2} = \nu_0 \cdot R T_0$

$$P_1 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0$$

$$\Delta \nu = k P_1 \cdot w; w = \frac{V}{4}$$

$$\Delta \nu = k P_1 \cdot \frac{V}{4}$$

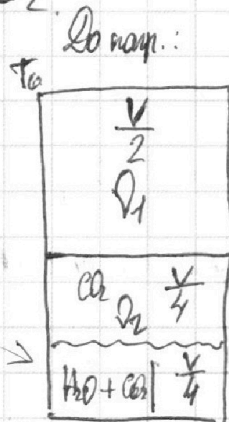
2) Систему нагрели до  $T = 373\text{K} = 100^\circ\text{C}$

$P_{\text{нас. пар. воды}}$  при этой  $T$  равно  $P_{\text{атм}}$  (т.к. темп-ра кипения)

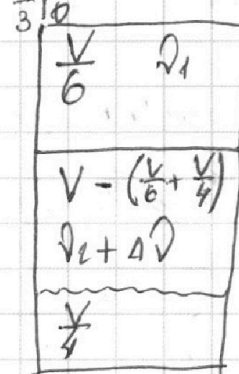
По условию весь углекислый газ при  $T$  ~~вышел~~ вышел из воды; изменение объема воды можно пренебречь.

Откуда следуют уравнения: (Менделеева-Клапейрона для тех, состоящий)

до гр.



после:



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) Проведем касательную в  $V = 27$  м/с,  $\tan \alpha$  ( $\alpha$ -угол наклона кас.)

шило равно  $\dot{V} = a$

$$\tan \alpha = \frac{2}{11} \text{ м/с}^2$$

Конец пазыма  $\Rightarrow a = 0$

$$\frac{P}{V} = F_{\text{ср}} = F_k$$

$$P = F_k \cdot V = 405 \cdot 30 \text{ Вт} = 405 \cdot 30 \text{ Вт}$$

2)  $P = \text{const} \Rightarrow dA = F_k \cdot S = P \cdot dt$

$$P = F \cdot \frac{dS}{dt} = F \cdot V \text{ - мощность силы}$$

$$P = \text{const} \Rightarrow F_m \cdot V = \text{const}$$

$$ma = F_m - F_{\text{ср}} = \frac{P}{V} - F_{\text{ср}}$$

$$\begin{array}{r} \times 405 \\ 110 \\ \hline 4050 \\ 405 \\ \hline 44550 - 2700 = \end{array}$$

3)  $ma = \frac{405 \cdot 30}{27} - F_{\text{ср}} \Rightarrow F_{\text{ср}} = \frac{405 \cdot 30}{27} - 300 \cdot \frac{2}{11}$

$$ma = \frac{F_k \cdot V}{V_1} - F_{\text{ср}} \Rightarrow F_1 = \frac{F_k \cdot V}{V_1} - m \cdot a_1$$

$$\frac{F_1}{F_m} = \frac{\frac{F_k \cdot V_k}{V_1} - m \cdot a_1}{F_m} = 1 - \frac{m a_1}{\frac{F_k \cdot V_k}{V_1}} = 1 - \frac{m a_1 V_1}{F_k \cdot V_k}$$

$$= 1 - \frac{10 \cdot 2 \cdot 27}{405 \cdot 30} = 1 - \frac{10 \cdot 2 \cdot 27}{405 \cdot 11} = 1 - \frac{540}{405 \cdot 11}$$

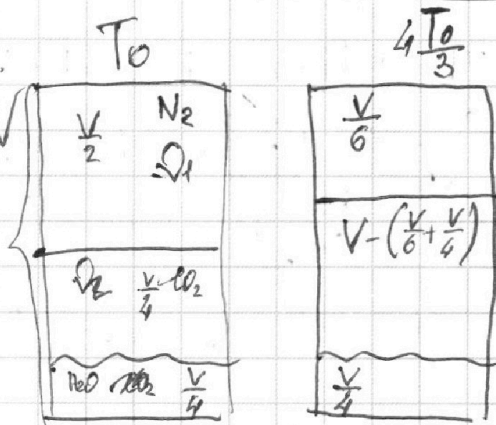
1) Давление водородного газа при  $T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C} = 10^5 \text{ Па} = P_{\text{атм}}$

$P_A$  - азот

$P_2$  - уш. газ  $P_2 = P_2 + P_A$

$$4050 + 405 = 4455$$

перемб.  
- перемб.



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!



во 3.

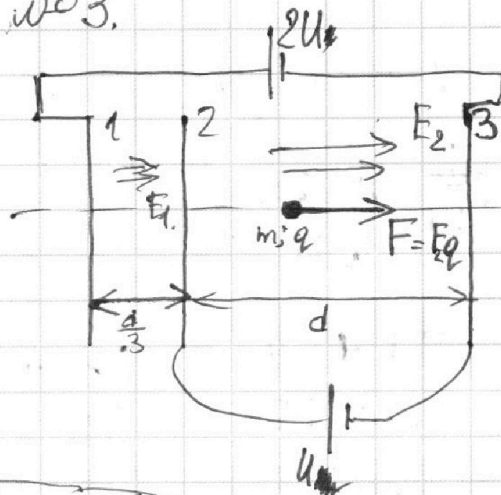
1)  $\Delta\varphi = Ed = U$

$$\begin{cases} d \cdot E_2 = U \Rightarrow E_2 = \frac{U}{d} \\ \frac{d}{3} \cdot E_1 + d \cdot E_2 = 2U \end{cases}$$

$$\frac{d}{3} E_1 + d E_2 = 2U$$

$$\frac{d}{3} E_1 + U = 2U$$

$$E_1 = \frac{3U}{d}$$



~~m \cdot a = E\_2 \cdot q~~  $\Rightarrow a = \frac{E_2 q}{m} = \frac{Uq}{dm}$  (1)

2) ~~W = F \cdot S~~  
~~E = U/d~~

~~ΔW = U \cdot q~~

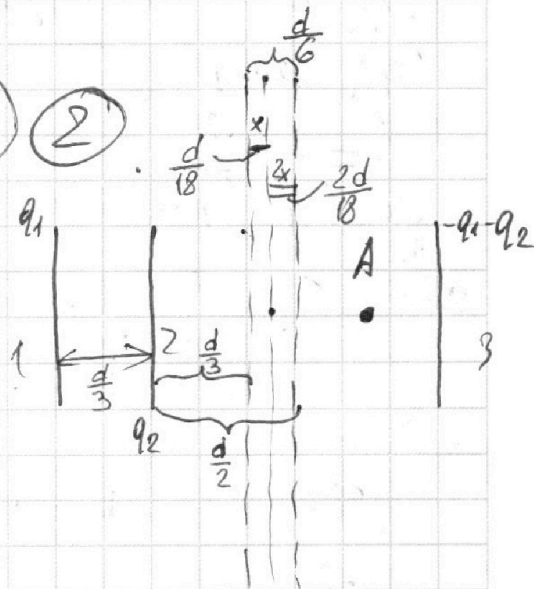
~~ΔΠ = -ΔK~~  $\Rightarrow |\Delta\Pi| = |\Delta K| = Uq$  (2)

3) ~~φ = 0~~ для 1 и 3 φ = 0 посередине  
для 2 и 3 φ = 0 посередине  
φ = 0 для системы в н.т.т.

0 - на расст.  $\frac{d}{3} + \frac{2d}{18} = \frac{7d}{18}$

$$\frac{2d}{3} - \frac{7d}{18} = \frac{12d - 7d}{18} = \frac{5d}{18}$$

$\Delta K = E_2 \cdot \frac{5d}{18} q = \frac{5Uq}{18}$  - гекшилод



3С9:  $\frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{5Uq}{m \cdot 2g}$

$$V_1^2 = V_0^2 + \frac{5Uq}{9m} \Rightarrow V_1 = \sqrt{V_0^2 + \frac{5Uq}{9m}}$$



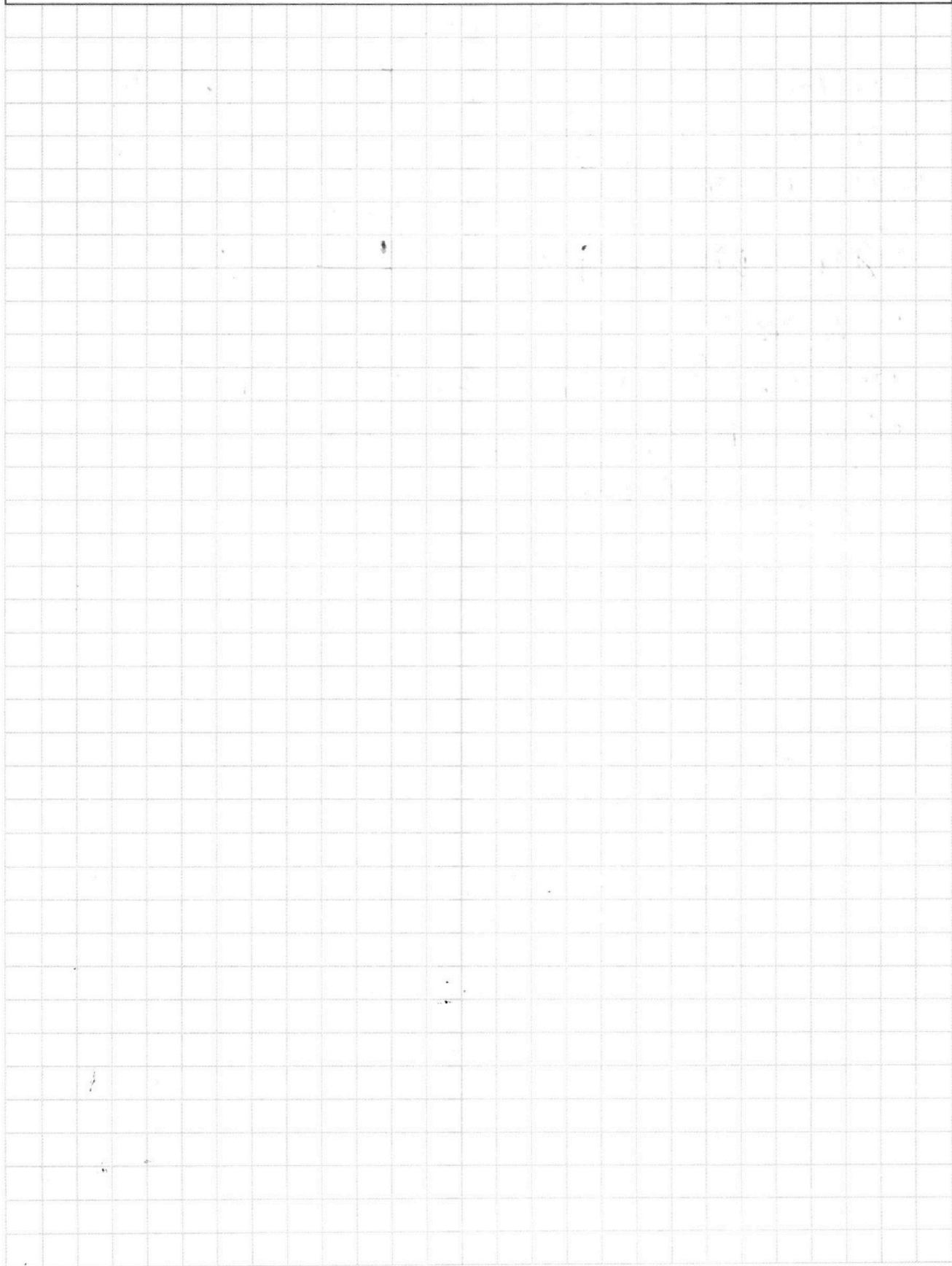
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

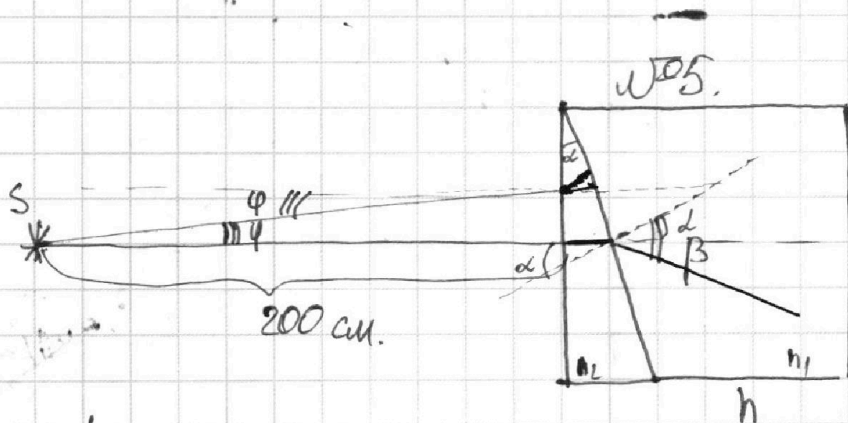
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



$$2RI_2 + 3LI_2 = 2LI_1 + I_1R$$



$$n_2 \alpha = n_1 \beta$$

$$1.6 \cdot 0.05 = 1 \cdot \beta \Rightarrow \beta = 1.6 \cdot \frac{5}{20} = \frac{16 \cdot 5}{20} \cdot 10^{-1} = \frac{8}{10} \cdot 10^{-1} = 8 \cdot 10^{-2} = 0.08 \text{ рад.} \quad (1)$$

$$2) 1 \cdot \varphi = n_2 \cdot \varphi_1 \Rightarrow \varphi_1 = \frac{\varphi}{n_2}$$

$$\gamma = 180 - \frac{\varphi}{n_2} - 90 + \alpha - 90$$

$$\gamma = \alpha - \frac{\varphi}{n_2}$$

$$\gamma_1 = \left( \alpha - \frac{\varphi}{n_2} \right) \cdot n_2 = \alpha n_2 - \varphi$$

