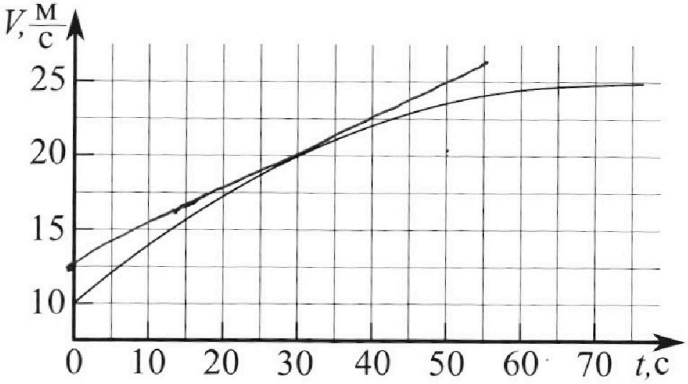
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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 $F_к$ = 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?

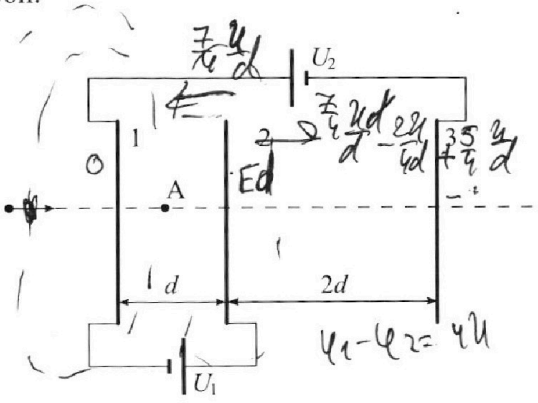
Требуемая точ ность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 $\Delta\nu$ растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta\nu = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3)\cdot 10^{-3}$ моль/(м^3·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 начальное давление в сосуде P_0. Ответ выразить через $P_{АТМ}$ (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.



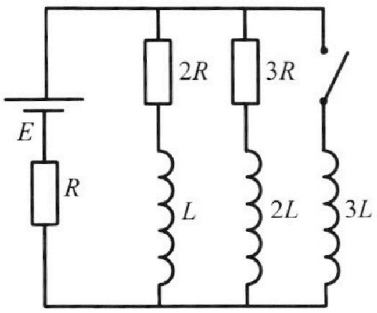
1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

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

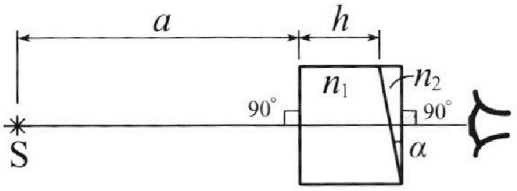
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.



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 ч исловыми 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 $a = 194$ 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 $n_1 = n_в = 1{,}0$, $n_2 = 1{,}7$, 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 $n_1 = 1{,}5$, $n_2 = 1{,}7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

$\frac{16}{20}\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right) = \frac{5}{16}p_0 \qquad p_{атм} = \left(\frac{25}{8} - \frac{100}{256}\right)p_0$

$\frac{100}{256}p_0 = \frac{25}{8}p_0 - p_{атм} \qquad p_0 = \frac{p_{атм}}{\frac{25}{8} - \frac{100}{256}}$

$p_0 = \frac{256\,p_{атм}}{32 \cdot 25 - 100} =$

$= \frac{64\,p_{атм}}{200 - 100}$

$p_0 = \frac{32}{25}\,p_{атм}$

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

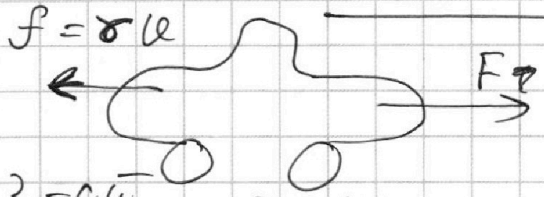
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:
$F_к = 500Н$
$f = \gamma v$
$v_1 = 20 м/с$

$a(v_1) - ?$
$F_1(v_1) - ?$
$P_1(v_1) - ?$

1) Для нах $a = \frac{dv}{dt}$, от-ле-ту для нахождения ускорения нам необходимо провести касательную к графику, ее tg - наше ускорение $a = \frac{5м}{20с^2} = 0,25 \frac{м}{с^2}$

2)



Запишем

$F - \gamma v = \frac{m dv}{dt}$, в конце $a_к = \left(\frac{dv}{dt}\right)_к = 0$,

а $v_к = 25 \frac{м}{с}$, $F_к = 500Н$,

подставим это:

$F_к = \gamma v_к \Rightarrow \gamma = \frac{F_к}{v_к}$

3) Подставим данное для точки v_1:

$F_1 - \gamma v_1 = m a_1 \Rightarrow F_1 = \gamma v_1 + m a_1$

$F_1 = \frac{F_к}{v_к} \cdot v_1 + m a_1$; $F_1 = \frac{20 \cdot 500Н}{25 \frac{м}{с}} \cdot 20 \frac{м}{с} + 180кг \cdot 1 \frac{м}{с^2}$

$= 400Н + 450Н = 850Н$

3) $P_1 dt = F_1 dx$ (сила двигателя работает на создавая эту силу)

$P_1 = F_1 v_1$, $P_1 = 850Н \cdot 20 м/с = 17кВт$.

Ответ: 1) $a = 0,25 м/с^2$, 2) $F_1 = 850Н$, 3) $17кВт$.

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!

$$\frac{25 \cdot 11 p_0 - 50 p_0 + 500 p_0}{160} = \frac{31}{20} p_{атм}.$$

$$25 \cdot 11 = 275$$

$$275 p_0 - 50 p_0 + 500 p_0$$

$$\frac{725 p_0}{8 \cdot 160} = \frac{31}{20} p_{атм}$$

$$p_0 = \frac{8 \cdot 31}{725} p_{атм} = \frac{248}{725} p_{атм}$$

$$225 \cdot 31 \cdot 8 = 248$$

Ответ: 1) $\frac{1}{2} = 2$, $p_0 = \frac{248}{725} p_{атм}$.

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!

МФТИ

$$\begin{cases} p_0 \frac{V}{2} = \gamma_1 R T_0 \\ p_0 \frac{V}{4} = \gamma_2 R T_0 \\ p_1 \cdot \frac{11V}{20} = (\gamma_2 - \Delta\gamma) R \cdot \frac{5}{4} T_0 \\ p_2 \cdot \frac{V}{5} = \gamma_1 \cdot \frac{5}{4} R T_0 \\ p_{атм} + p_1 = p_2 \\ \Delta\gamma = R \cdot p_1 \cdot \frac{V}{4} \end{cases}$$

$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = 2$

$$\frac{\frac{p_0 V}{2}}{\frac{p_2 V}{5}} = \frac{\gamma_1 R T_0}{\frac{5}{4}\gamma_2 R T_0} \qquad \frac{5p_0}{2p_2} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 25p_0 = 8p_2 \Rightarrow p_1 = \frac{25}{8}p_0 - p_{атм}.$$

$$\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right) \cdot \frac{11V}{20} = \left(\gamma_2 - R\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right) \cdot \frac{V}{4}\right) R \cdot \frac{5}{4} T_0$$

$$2\frac{25}{8}p_0 \cdot \frac{V}{8} = 2\gamma_2 R T_0$$

$$p_0 V = 2\gamma_2 R T_0$$

$$\frac{p_0 V}{4} = \gamma_2 R T_0 \Rightarrow \gamma_2 = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$$

$$\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right) \cdot \frac{11V}{20} = \left(\frac{p_0 V}{4RT_0} - R\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)\frac{V}{4}\right) \cdot \frac{5}{4} R T_0$$

$$\frac{25}{8}p_0 \cdot \frac{11}{20} - \frac{11}{20}p_{атм} = \frac{p_0}{4RT_0} \cdot \frac{5}{4} R T_0 - \frac{1}{4} \cdot \frac{5}{4} R T_0 R \left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)$$

$$\frac{25 \cdot 11}{160}p_0 - \frac{11}{20}p_{атм} = \frac{5}{16}p_0 - \frac{25}{8}p_0 + p_{атм} \cdot 1$$

$$\frac{25 \cdot 11}{160}p_0 - \frac{5}{16}p_0 + \frac{25}{8}p_0 = \frac{31}{20}p_{атм}.$$

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!

$\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)\frac{11}{20} = \left(\frac{p_0}{4kT_0} - k\cdot\frac{1}{4}\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)\right)\cdot\frac{5}{4}T_0k$

$\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)\cdot\frac{11}{20} = \frac{p_0}{4kT_0}\cdot\frac{5}{4}kT_0 - \frac{k}{4}\cdot\frac{5}{4}kT_0\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)$

$\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)\cdot\frac{11}{20} = \frac{5p_0}{16_4} - \frac{5}{16_4}\cdot\frac{25}{8}p_0 + \frac{5}{16_4}\cdot p_{атм}$

$\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)\frac{11}{5} = \frac{5}{4}p_0 - \frac{125}{32}p_0 + \frac{5}{4}p_{атм}.$

$\frac{275}{8}p_0 - \frac{11}{5}p_{атм} = \frac{40p_0}{32} - \frac{125p_0}{32} + \frac{5}{4}p_{атм}.$

$\frac{275}{8}p_0 - \frac{40p_0}{32} + \frac{125p_0}{32} = \frac{(44+25)}{20}p_{атм}$

$\frac{275}{2}p_0 - \frac{40p_0}{32} = \frac{275}{8}p_0 - \frac{5p_0}{4}$

$\frac{275}{8}p_0 + \frac{85p_0}{32} = \frac{69}{20}p_{атм}.$

$\frac{1100}{32}p_0 + \frac{85p_0}{32} = \frac{69p_{атм}}{20}$

$\frac{1185p_0}{32} = \frac{69}{20}p_{атм} \Rightarrow p_0 = \frac{32\cdot 69 p_{атм}}{1185\cdot 20}$

$\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)\frac{11}{20} = \frac{p_0}{4kT_0}\cdot\frac{5}{4}kT_0 - \frac{1}{4}\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)$

$\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right)\frac{11}{20} + \frac{5}{20}\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right) = \frac{5}{16}p_0$

$5\,\frac{16}{20}\left(\frac{25}{8}p_0 - p_{атм}\right) = \frac{5}{16}p_0 \qquad \frac{5}{4}p_0 = \frac{16}{8}\cdot\frac{25}{8}p_0 - \frac{16}{5}p_{атм}$

$\frac{16}{5}p_{атм} = 10p_0 - \frac{5}{4}p_0 \qquad \frac{40p_0 - 5p_0}{4} \Rightarrow p_0 = \frac{64}{175}p_{атм}$

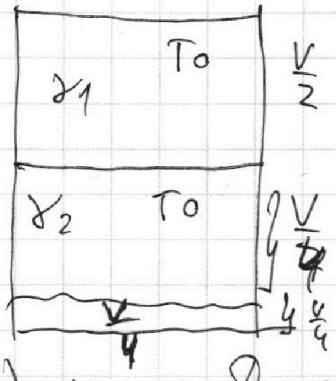
Ответ: $\frac{64p_{атм}}{175}$

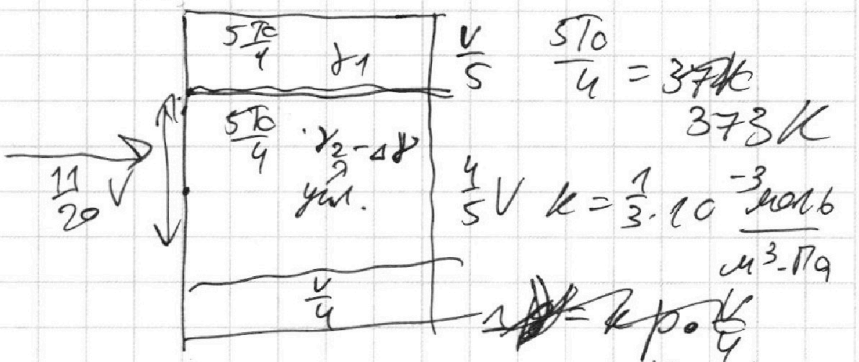
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!





$\frac{5T_0}{4} = 375\,K$

373 K

$k = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{м^3 \cdot \text{Па}}$

$\Delta\gamma = k p_0 \frac{V}{4}$

1) $\Delta\gamma =$ Для нашего случая $\Delta\gamma = k p_1 V$

$\Delta\gamma = k p_0 \cdot \frac{V}{4}$, углекислый газ растворяется в воде.

1) Запишем Менд. Клапейрона для начального случая:

(давление равное, т.к горшочек невесомый)

(температура разная, т.к горшочек металлов)

$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \gamma_1 R T_0$

$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \gamma_2 R T_0$

$\frac{\frac{V}{2}}{\frac{V}{4}} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{4}{2} = 2$

2) В процессе нагревания, углекислый газ растворился в воде, найдем кол-во растворившегося газа:

$\Delta\gamma = k p_1 \cdot \frac{V}{4}$ (p_1 - парциальное давл. угл. газа)

3) Запишем Менд. Клапейрона для конеч. момента:

$p_1 \cdot \left(\frac{4}{5}V - \frac{V}{4}\right) = (\gamma_2 - \Delta\gamma) k \cdot \frac{5T_0}{4}$ - для угл. газа снизу

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!

$p_2 \cdot \frac{V}{5} = \frac{5}{4}\gamma_1 kT_0$ – ур. газа сверху.

Пар насыщенный, т.к. вода остается в сосуде (ее я лишаю)

б) $p_3 = p_{атм}$ – нар. давл. насыщенного пара.

в) Условие равновесия поршня:

$p_{атм} + p_1 = p_2$

Решаем систему:

$$\begin{cases} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = 2 \Rightarrow \gamma_1 = 2\gamma_2 \\ p_1\left(\frac{11V}{5} - \frac{V}{4}\right) = (\gamma_2 - \Delta\gamma)k\cdot\frac{5}{4}kT_0 \quad (2) \\ p_2 \cdot \frac{V}{5} = \frac{5}{4}\gamma_1 kT_0 = \frac{5}{4}kT_0 \cdot 2\gamma_2 \quad (3) \\ \Delta\gamma = k p_1 \frac{V}{4} \\ p_{атм} + p_1 = p_2 \end{cases}$$

$\frac{p_0 V}{2} = \gamma_1 kT_0$ (3)

$p_1 \cdot \frac{11V}{20} = (\gamma_2 - \Delta\gamma)k\cdot\frac{5}{4}T_0$

$\frac{(2)}{(3)} = \frac{p_1\left(\frac{16V-5V}{20}\right)}{p_2\frac{V}{5}} = \frac{\gamma_2 - \Delta\gamma}{2\gamma_2}$

$\frac{p_1 \cdot \frac{11V}{20}}{(p_{атм}+p_1)\frac{V}{5}} = \frac{\gamma_2 - \Delta\gamma}{2\gamma_2}$

$\frac{11}{4}p_1 \cdot 2\gamma_2 = (p_{атм}+p_1)(\gamma_2 - \Delta\gamma)$

$\frac{11}{2}p_1\gamma_2 = p_{атм}(p_{атм}+p_1)(\gamma_2 - k\cdot\frac{V}{4}p_1)$

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) Сила, действующая на частицу в пространстве 1-2: $F = \sum E_i \cdot q = ma$

$|a| = \frac{\sum Eq}{m} = \frac{E_1 + (E_1 - E_2 - E_3)q}{m} = \frac{\frac{U}{d} \cdot q}{m} = \frac{Uq}{md}$

2) Запишем ЗСЭ для частицы:

q $A_{вн} = \Delta E_к = K_n - \frac{mv_0^2}{2}$

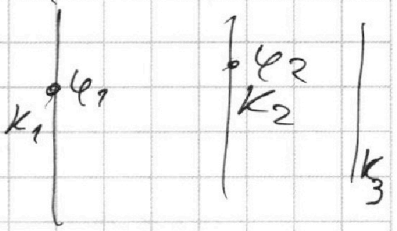
$-q$ $A_{вн} = -q(\varphi_0 - \varphi_x)$ $\varphi_0 = 0$ (т.к с беск.)

ЗСЭ: для ∞ и 1: $E_0 = \frac{mv_0^2}{2}$

$-q\varphi_1 = K_1 - \frac{mv_0^2}{2}$

для ∞ и 2:

$-q\varphi_2 = K_2 - \frac{mv_0^2}{2}$



$\varphi_1 - \varphi_2 = -\frac{U}{d}$

$q(\varphi_1 - \varphi_2) = K_2 - K_1$

$-Uq = K_2 - K_1$

Найдем скорость частицы, записав для нее 2 З.Н:

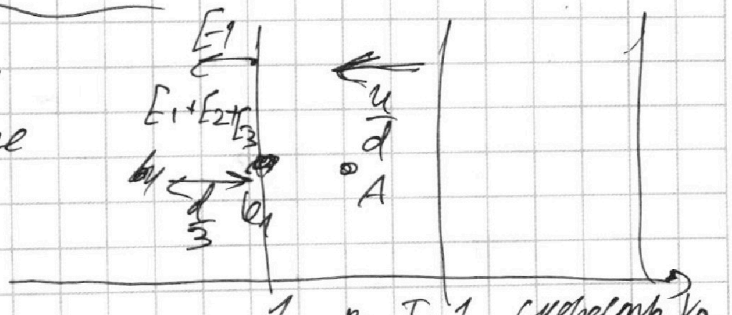
$m\frac{dv_x}{dt} = -\frac{qU}{d}$

$m\,dv_x = -\frac{qU}{d} \cdot dt \;|\cdot v_x$

$m(v_A - v_0) = -qU$

$mv_x dv_x = -\frac{qU}{d} dx$

$\frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -\frac{qUd}{d \cdot 3}$



1 в т. 1 скорость v_0, т.к вне поля нет

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!

$(E_1 - E_2 - E_3)\,d + (E_2 + E_1 - E_3)\cdot 2d = 4U$

$(E_1 - E_2 - E_3)\,d = -U$

Т.к сетки изолир. не заряжены:

$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \Rightarrow E_1 + E_2 + E_3 = 0$ (поделив на $2S\varepsilon_0$)

$(E_2 + E_1 - E_3)\cdot 2d = 5U$

$(E_1 - E_2 - E_3)\,d = -U$

$\left(\frac{q_2}{2S\varepsilon_0} + \frac{q_1}{2S\varepsilon_0} - \frac{q_3}{2\varepsilon_0 S}\right)\cdot 2d = 5U$

$\left(\frac{q_1}{2\varepsilon_0 S} - \frac{q_2}{2S\varepsilon_0} - \frac{q_3}{2S\varepsilon_0}\right)d = -U$

$-\frac{2q_3}{2\varepsilon_0 S}\cdot 2d = 5U \Rightarrow q_3 = -\frac{5}{2d}U\cdot\varepsilon_0 S$

$\frac{q_2}{2S\varepsilon_0} + \frac{q_1}{2S\varepsilon_0} = \frac{5U}{2d} + \frac{q_3}{2\varepsilon_0 S} = \frac{5U}{2d} +$

$-4E_3 d = 5U \Rightarrow E_3 = -\frac{5U}{4d}$

$E_2 + E_1 = \frac{5U}{2d} + E_3 = \frac{5U}{2d} - \frac{5}{4}\frac{U}{d} = \frac{5}{4}\frac{U}{d}$

$E_1 - E_2 = -\frac{U}{d} - \frac{5U}{4d} = -\frac{9}{4}\frac{U}{d}$ $\Rightarrow$

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

$E_2 = E_1 + \frac{9}{4}\frac{U}{d} = -\frac{2U}{4d} + \frac{9}{4}\frac{U}{d} = \frac{7}{4}\frac{U}{d}$

Сила действующая на частицу в 1-2:

$F = E_1 + E_2 - E_3 = ma \quad \frac{U}{2d} + \frac{7}{4}\frac{U}{d} + \frac{5}{4}\frac{U}{d} = ma \Rightarrow a = \frac{2U}{md}$

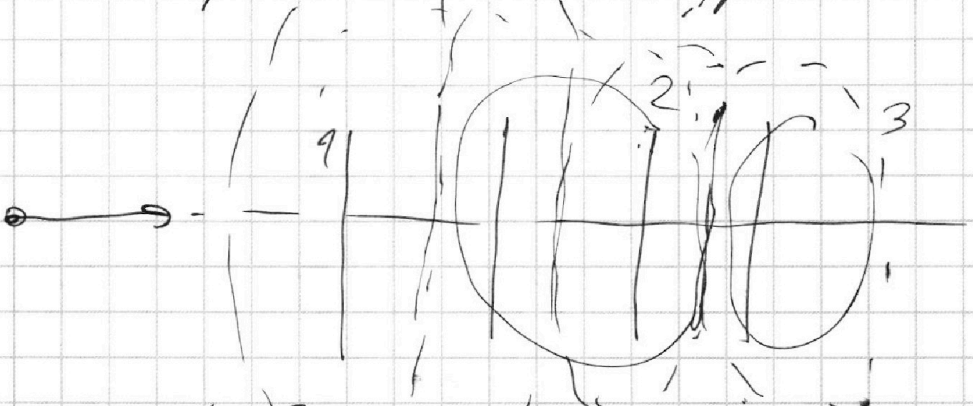
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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) Эту систему из двух частиц можно представить как систему двух конденсаторов силовые линии которых — — — — выглядят так:



заряд, который — будет на центральной линии движется перпендикулярно эл. силовым линиям магнитного поля ⇒ заряд сохранить заряда $v_1 = (у\ первой\ сетки) = v_0$

Запишем ЗСЭ:

$$\frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -\frac{U}{d}\cdot\frac{d}{3}q$$

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

Ответ: 1) $|q| = \frac{Uq}{md}$; 2) $-Uq$

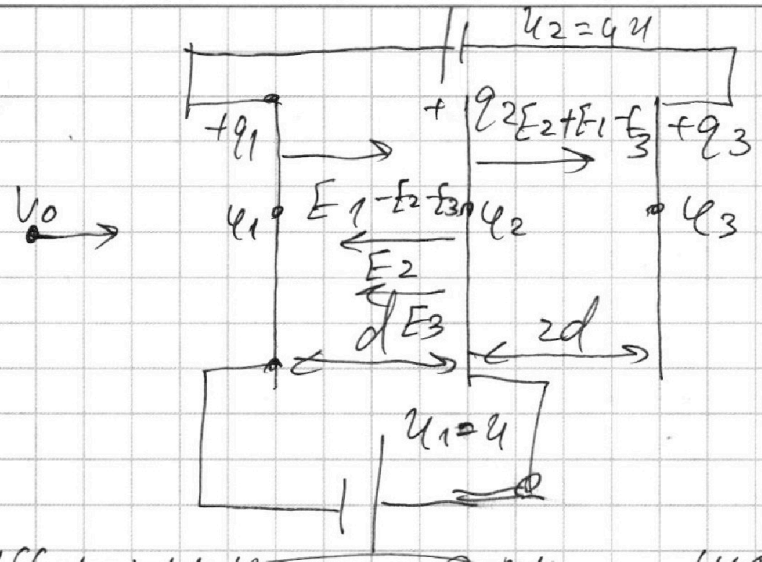
3) $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2Uq}{3m}}$.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☑ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

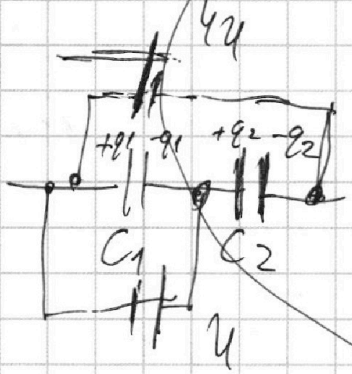
МФТИ

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



Рассмотрим эту систему, как конденсатор, к которому подключен источник с емкостями C_1 и C_2

2.



Найдем заряды на этих обкладках в установившемся режиме.

$$\frac{+q_1}{C_1} + \frac{+q_2}{C_2} = 4U \Rightarrow q_2 = 5UC_2$$

$$\frac{+q_1}{C_1} = U \Rightarrow q_1 = -UC_1$$

Пусть заряды на пластинках q_1, q_2, q_3 – соответственно: $\Rightarrow$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{q_1}{2S\varepsilon_0} \quad E_2 = \frac{q_2}{2S\varepsilon_0} \quad E_3 = \frac{q_3}{2S\varepsilon_0}$$

Запишем разность потенциалов по правилам Кирхгофа:

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!

Подставим в 3*: наши токи:

$$3L_0\frac{\mathcal{E}}{R} - L\left(0 - \frac{3\mathcal{E}}{11R}\right) = 2kq_1$$

$$\frac{3\mathcal{E}L}{R} + \frac{3\mathcal{E}L}{11R} = 2kq_1$$

$$q_1 = \frac{3\mathcal{E}}{R}\left(L + \frac{3}{11}L\right) = 2kq_1$$

$$\frac{3\mathcal{E}}{R}\cdot\frac{12}{11}L = 2kq_1 \qquad \frac{18\mathcal{E}L}{11R^2} = q_1$$

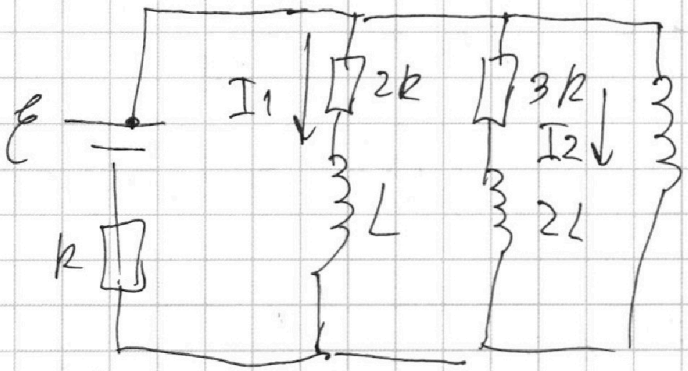
Ответ: 1) $I_{1.0} = \frac{3\mathcal{E}}{11R}$; 2) $I = \frac{2\mathcal{E}}{11L}$; 3) $q_1 = \frac{18\mathcal{E}L}{11R^2}$

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!

МФТИ



Кирхгоф: $3kI_2 - 2kI_1 = -2L\dot{I}_2 + L\dot{I}_1 \mid \cdot dt$

$-3L\dot{I}_3 + 2L\dot{I}$

дальше интегрируем на dt и применяем.

$3kI_2 = 3L\dot{I}_3 - 2L\dot{I}_2 \mid \cdot dt$

q_2

$\mathcal{E} - 3L\dot{I}_3 = (I_1 + I_2 + I_3)k$

$3kq_2 - 2kq_1 = -2L\Delta I_2 + L\Delta I_1$

$3kq_2 = 3L\Delta I_3 - 2L\Delta I_2$

$3L\Delta I_3 - 2L\Delta I_2 = -2L\Delta I_2 + L\Delta I_1$

$-2kq_1$

$3L\Delta I_3 - L\Delta I_1 = 2kq_1$

$3L(I_{3.i} - I_{3.0}) - L(I_{1.i} - I_{1.0}) = 2kq_1 \quad (3^*)$

Найдем токи $I_{3.1}$ и $I_{1.1}$ в уст. режиме.

Ток через $I_{2.1} = 0$, т.к. на катушках будет нулевое напряжение. Т.к. $I = const$ через кон.

Аналогично $I_{1.1} = 0 \Rightarrow$ ток будет течь через конденсатор и катушку $3L$.

$I_{3.1} = \frac{\mathcal{E}}{k}$

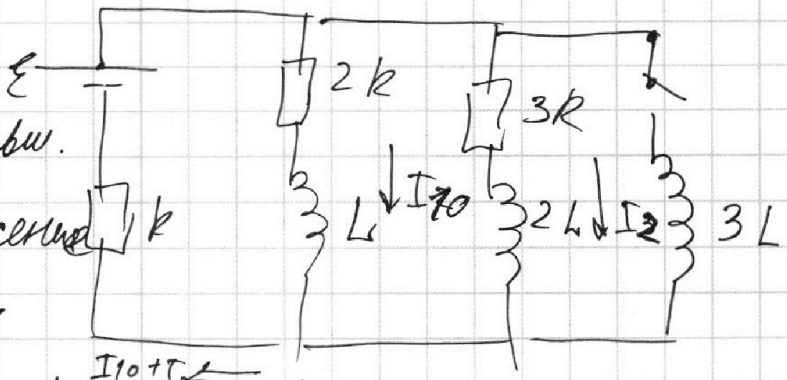
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

№ 4.



1) В установившем. режиме напряжение на катушках равно 0., поэтому в цепи постоянные токи, можно применить правила Кирхгофа.

$$\mathcal{E} = 2kI_{10} + (I_{10}+I_2)k$$

$$3kI_2 = 2kI_{10} \Rightarrow I_2 = \frac{2}{3}I_{10}$$

$$\mathcal{E} = 2kI_{10} + \frac{5}{3}I_{10}k = \frac{6kI_{10}+5I_{10}k}{3}$$

$$\mathcal{E} = \frac{11}{3}kI_{10} \Rightarrow I_{10} = \frac{3\mathcal{E}}{11k}$$

2) Сразу после замыкания ключа токи в цепи не меняются, (т.к. в катушках не меняется), $\Rightarrow$ через источник тоже не меняется ток. Запишем правила Кирхгофа по 5. контуру.

$$\mathcal{E} - 3L\dot{I} = (I_{10}+I_2)k = \frac{5}{3}I_{10}k$$

$$\dot{I} = \frac{\mathcal{E}-\frac{5}{3}I_0k}{3L} = \frac{\mathcal{E}-\frac{5}{3}\cdot\frac{3\mathcal{E}}{11k}\cdot k}{3L} = \frac{6\frac{\mathcal{E}}{11}}{3L} = \frac{2\mathcal{E}}{11L}$$

3) См. далее)

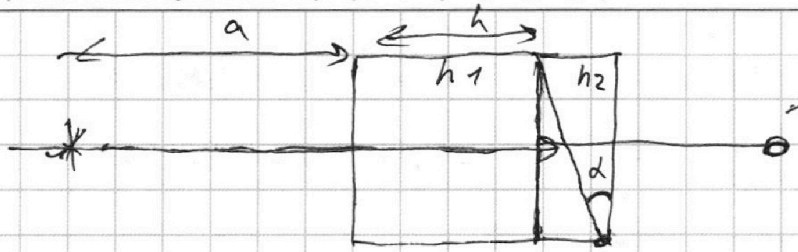
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

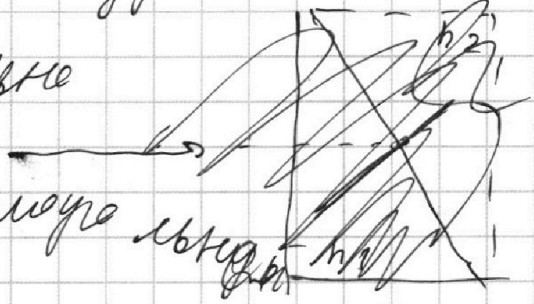
МФТИ

№5.

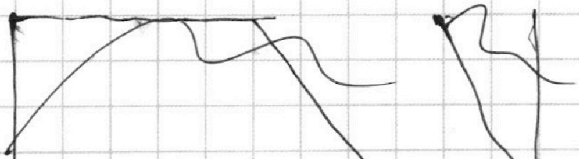


1) Луч — пройдет без преломления через прямоугольную поверхность, зеркало будет проходить через такую систему.

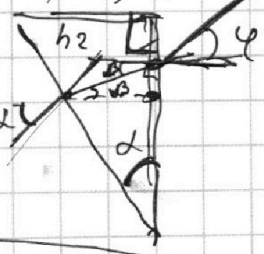
Изначально $h_1 = 1$,



на прямоугольную часты в системе как будто нет:



Закон синуса: α, β, φ - маленькие



h_2, тогда

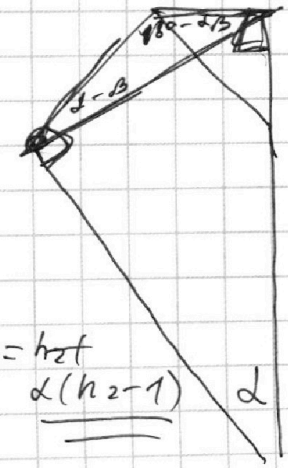
$h_1^{-1} \cdot \alpha = h_2 \cdot (\beta - \alpha)$

$\beta h_2 = \varphi \cdot h_1^{-1}$

$\alpha = h_2\beta - h_2\alpha \quad \alpha = h_2\alpha - h_2\beta$

$\varphi = h_2\alpha - \alpha \Rightarrow \varphi = h_2\alpha$

$\alpha(h_2 - 1) \quad \alpha$



$\varphi = 0{,}1 \cdot 0{,}7 = 0{,}07$

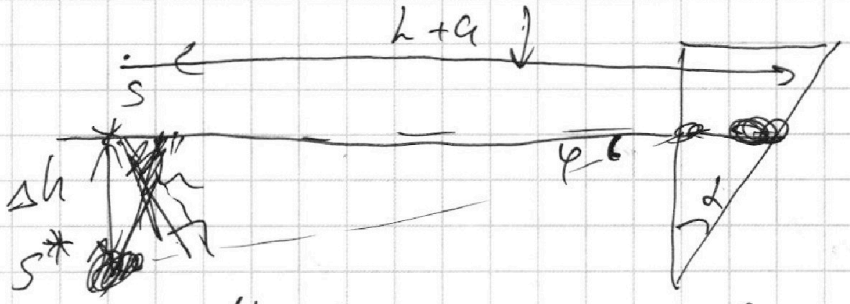
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

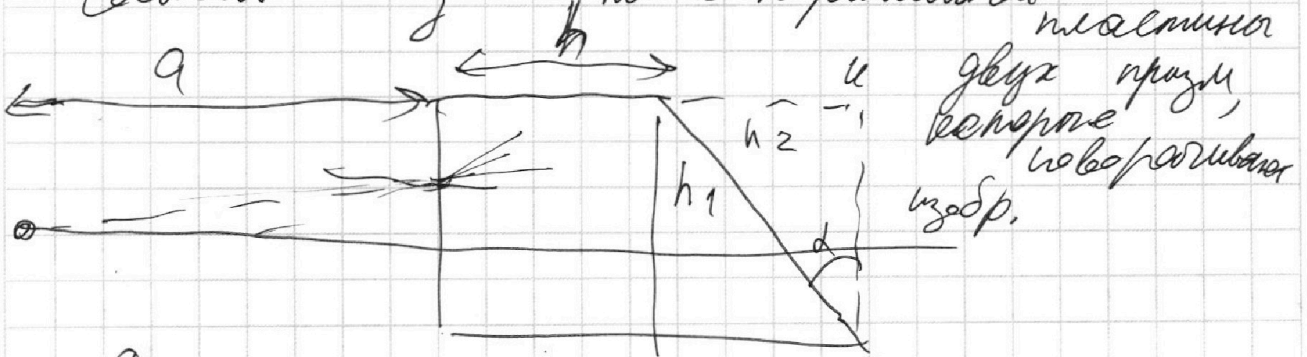
МФТИ

2) При прохождении через призму все лучи поворачиваются на $\varphi = 0{,}07 << 1$, поэтому истинное изображение после прохода через линзу будет тоже повернуто на маленький угол: φ, т.е изображение сместится на маленькое Δh вниз.



$$\Delta h = (h+a)\varphi \qquad \Delta h = (154\text{см} + 3\text{см}) \cdot 0{,}07 = 11{,}21\text{см}$$

3) Когда $h_1 = 1{,}5$ см система состоит из плоскопараллельной пластины и двух призм, которые поворачивают изобр.



Для плоскопараллельной пластинки запишем ф-лу сфер. пов. с $R \to \infty$:

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

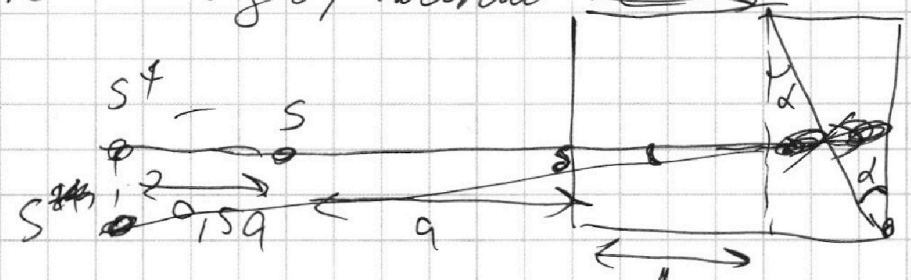
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☑ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

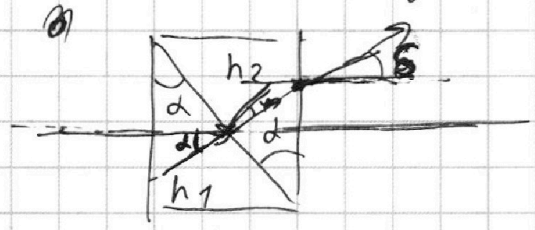
$\frac{h_1}{x_2} + \frac{1}{a} = 0$ — расст. $x_2 = -a h_1 = -1{,}5a$.

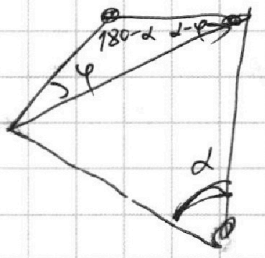
Т.к. изображение S^* находится на расст. $1{,}5a$ от S



Лучи, откуда луч летит в призму, которые преломляются, дают изображение на $\delta = \alpha(h-1)$

Из S^* луч летит в систему призм:





Закон синуса:

$h_1 \alpha = h_2 \varphi$

$h_2(\alpha - \varphi) = \delta$

$\varphi = \frac{h_1}{h_2}\alpha$

$h_2 \alpha \left(1 - \frac{h_1}{h_2}\right) = \delta$

$\alpha(h_2 - h_1) = \delta$ $\quad \delta = 0{,}1 \cdot 0{,}2 = 0{,}02$

Аналогично S^* (2-ому пункту) повернется на угол δ на шкале, на угол δ

$\Delta h_1 = \delta \cdot (1{,}5a + h)$, где из S^{**}

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!

$\Delta h_1 = p_1$ $\Delta h_1 = 0{,}02 \cdot \left(\frac{3}{2} \cdot 194 + 5\right)$ см

$= 0{,}02 \cdot 300$ см $= \frac{2}{100} \cdot 300 = 6$ см.

Ответ: 1) $0{,}07$ рад 2) $14{,}21$ см 3) $\Delta h_1 = 6$ см.

$\varphi =$ $\Delta h =$

$97 \times 3 = 291$

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!

$\varphi_A = \sqrt{\varphi_1^2 - \frac{2kq}{m}\frac{U}{3}}$

m

$\varphi_A - \varphi_1 - \varphi_A = \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{3}$

$\varphi_2 - \varphi_A = \varphi_A - \varphi_2 = \frac{2Ud}{3}$

$\varphi_A + \varphi_A - \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{Ud}{3}$

$\varphi_A - \varphi_3 = \frac{Ud}{d} \cdot \frac{2d}{3} + 5U$

$\varphi_1 - \varphi_A =$

$2\varphi_A - \varphi_3 - \varphi_1 = \frac{U}{3} + 5U$

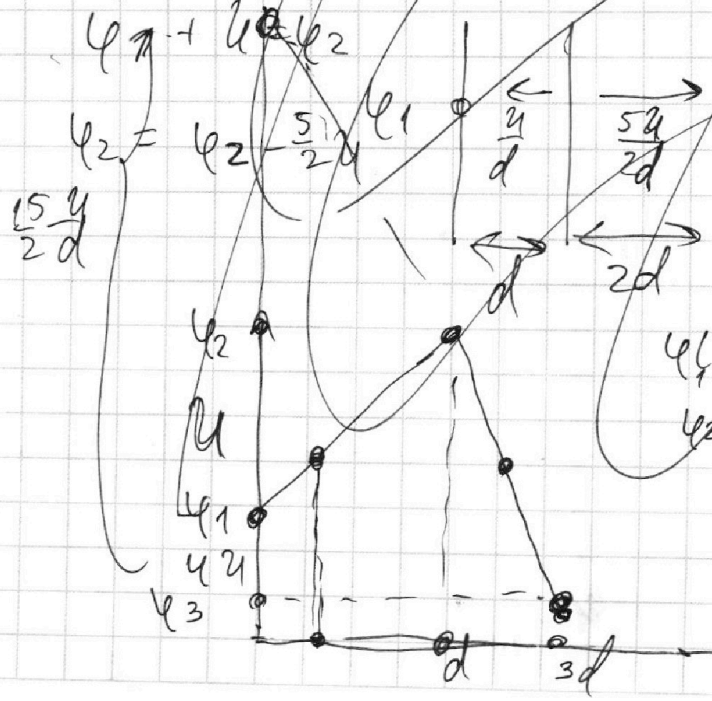
$2\varphi_A - \varphi_2 - \varphi_1 =$

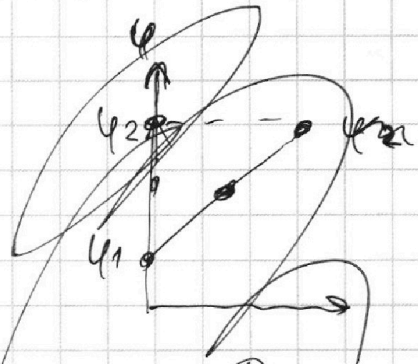
Построим график $\varphi(x)$

$\varphi_1 + U = \varphi_2$

$\varphi_2 = \varphi_2 - \frac{5}{2}U$

$\frac{15}{2}\frac{U}{d}$





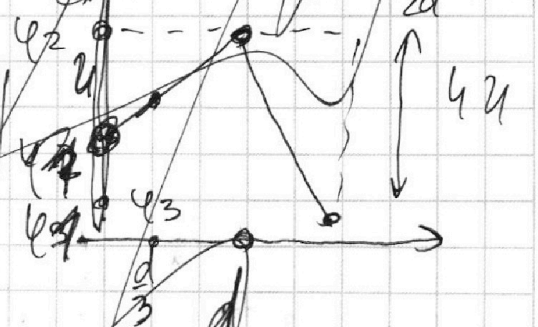
$\varphi_1(x) = \varphi_1 - \frac{U}{d}x$

$\varphi_2(x) = \frac{15U}{2d} - \frac{5U}{2d}x$

$\varphi_1(x) = \varphi_1 + \frac{U}{d}x$

$\varphi_2(x) = \varphi_2 - \frac{5U}{2d}x$

$\varphi_3 = \varphi_2 - \frac{5U}{2d} \cdot 3d$



$\varphi_1(x) = \varphi_1 + \frac{U}{d} \cdot x$

$\varphi_2(x) = \varphi_2 - \frac{5U}{2d}x$

$\varphi_A = \varphi_1 + \frac{U}{3}$

$\varphi_A = \varphi_2 - \frac{5U}{2d}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

$F_1 = -\left(\frac{500}{25^2} \cdot 400 + 1800 \cdot \frac{1}{4}\right) Н$ $\frac{500}{25 \cdot 25} \cdot 400 + 450 =$

$= \left(\frac{20}{25} \cdot 400 + 450\right) Н = (320 + 450) Н = 770 Н.$

3) $P_1 = 770 Н \cdot 20 \frac{м}{с} = 15{,}4 кВт.$

Запишем $dA = P dt$ для dt:

$dA = m dv$

$-\delta v^2 dx$

Эта мощность и создается силой тяги, развиваемой машиной: $P_1 = F_1 v_1 = 770 Н \cdot 20 м/с = 15{,}4 кВт.$

770
× 20
15400

850
× 20
17000

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!

$$\frac{11}{2} p_1 \gamma_2 = p_{атм}\gamma_2 - \frac{k\nu}{4} p_1 p_{атм} + p_1\gamma_2 - \frac{k\nu}{4} p_1^2$$

$$\frac{9}{2} p_1 \gamma_2 = p_{атм}\gamma_2 - \frac{k\nu}{4} p_1 p_{атм} - \frac{k\nu}{4} p_1^2$$

$$\gamma_2\left(\frac{9}{2}p_1 - p_{атм}\right) =$$

$$\gamma_2\left(p_{атм} - \frac{9}{2}p_1\right) = \frac{k\nu}{4} p_1 (p_{атм} + p_1)$$

$$\gamma_2 = \frac{\frac{k\nu}{4}(p_{атм} + p_1)}{p_{атм} - \frac{9}{2}p_1}$$

из (3) $\dfrac{\frac{p_c k}{2}}{p_1 \cdot \frac{11k}{20} p_0} = \dfrac{\gamma_1}{\gamma_2 - \Delta\gamma \cdot \frac{5}{4}}$

$$p_0 = \frac{11}{10} p_1 \cdot \frac{2\gamma_2}{\gamma_2 - k\frac{\nu}{4} \cdot p_1}$$

$$p_0 = \frac{11}{10}$$

$$q_1 = \frac{18\mathcal{E}^2 L}{11 p^2}$$

$$2kI_1 = -L\frac{dI_1}{dt} + 3L\frac{dI_3}{dt}$$

$$2kq_1 = -L\Delta I_1 + 3L\Delta I_3$$

$$2kq_1 = -L\left(0 - \frac{3\mathcal{E}}{11k}\right) + 3L\frac{\mathcal{E}}{k}$$

$$2kq_1 = \frac{3\mathcal{E}L}{11k} + \frac{3\mathcal{E}L}{k}$$

$$2kq_1 = \frac{3\mathcal{E}L}{11k} + \frac{33\mathcal{E}L}{11k}$$

$$2kq_1 = \frac{36\mathcal{E}L}{11k}$$

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!

$m = 1800$ кг

$F_к = 500$ Н

$a(v_1) - ?$

$F_1(v_1) - ?$

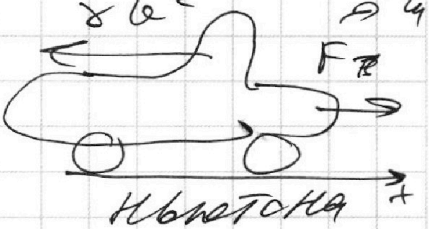
$P_1(v_1) - ?$

1) Для нахождения ускорения проведем касательную к графику в точке $t = 20$ с, это и будет нашим ускорением $a_1 = \left(\frac{dv}{dt}\right)_1 = \frac{5}{20}$ м/с^2 =

$= 0{,}25$ м/с^2

2) Запишем

$F = \gamma v^2$ (не уск.) — сила сопр.



2-ой закон Ньютона для машины:

$x: \quad F - \gamma v^2 = m\left(\frac{dv}{dt}\right)_1 \quad (2)$

при $t \geq 70$ с $\frac{dv}{dt} = 0$, $v_к = 25$ м/с — уст. дв.

$F = F_к$ в конце разгона (не усл.)

$F_к = \gamma v_1^2 \Rightarrow \gamma = \frac{F_к}{v_к^2}$

$\gamma = \frac{500}{25^2} = \frac{500}{625} = 0{,}8$

Для нахождения данные для $t = 30$ с:

Подставим в (2)

$F_1 - \gamma v_1^2 = m\left(\frac{dv}{dt}\right)_1 = a \cdot m a_1$

$F_1 = \gamma v_1^2 + m a_1 \Rightarrow F_1 = \frac{F_к}{v_к^2} \cdot v_1^2 + m a_1$

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!