



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

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



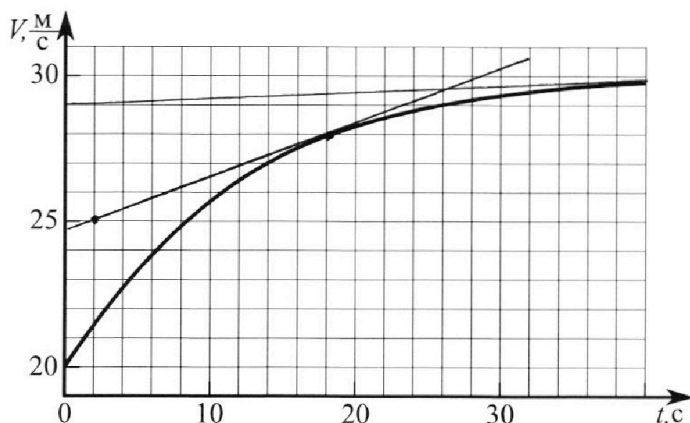
1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на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

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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

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

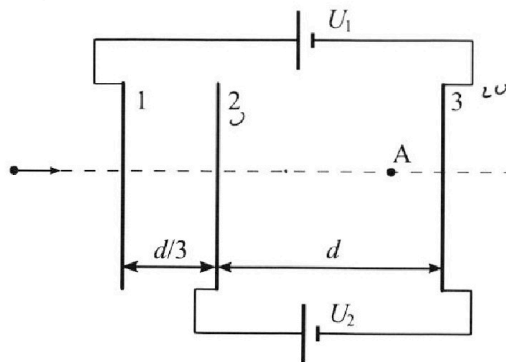
2) Определите конечное давление в сосуде P . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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

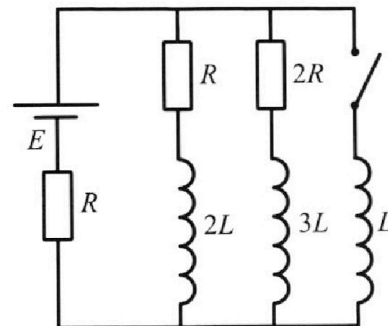
Вариант 11-02

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 $n_v = 1,0$. 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.

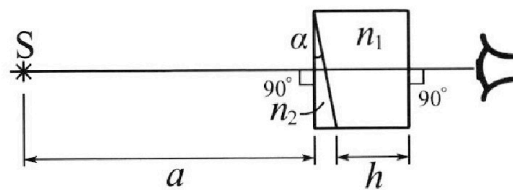


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, 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.

$$\frac{1}{1,6} = \frac{10}{16} = \frac{5}{8}$$



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.

$$m = 300 \text{ кг}$$

сначала: движение с $v = \text{const}$
потом: разгон $P_k = \text{const}$

$$F_k = 405 \text{ Н}$$

Найти:

1) a_m при $v_1 = 27 \text{ м/с}$ -?

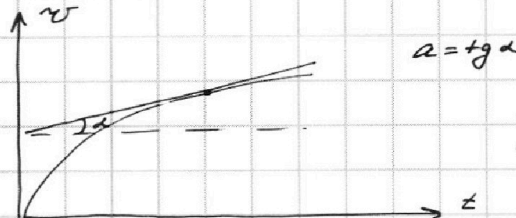
2) F_1 при v_1 -?

3) $\eta = \frac{F_1 \cdot v_1}{P_k(v_1)}$ -?

- часть мощности
двигателя идущая
на преодоление F_c

Решение:

1) т.к. $a_m = v'_m$, то a_m - тангенс угла
наклона касательной к точке v_1 (на графике $v(t)$)



для рисунка
из условия

Проведём касательную на рисунке в условии:

найдем a_m зная хорошие точки $(2; 18; 27)$
 $(2; 25)$

$$a_m = \frac{v_k - v_n}{t_k - t_n} = \frac{27 - 25}{18 - 2} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} = 0,125 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

№2) $P = \frac{A}{t} = \frac{F_{\text{движ}} \cdot s}{t} = F_{\text{движ}} \cdot v = \text{const}$

23 Н для произвольного момента времени.

$$m \cdot a = F_{\text{движ}} - F_{\text{сопр}}$$

Распишем 23 Н для конечной точки торможения $(40 \text{ с}; 30 \frac{\text{м}}{\text{с}})$

Найдем ускорение аналогичным способом

хорошие точки: $(0; 29)$ $(40; 30)$

$$a_k = \frac{v_k - v_n}{t_k - t_n} = \frac{30 - 29}{40} = \frac{1}{40} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$m \cdot a_k = F_{\text{движ}} - F_{\text{сопр}}$$

$$m \cdot a_k + F_{\text{сопр}} = \frac{\text{const}}{v}$$

$$\downarrow$$

$$\text{const} = v (m \cdot a_k + F_{\text{сопр}}) = 30 \cdot (300 \cdot \frac{1}{40} + 405) = 12375 \text{ Вт}$$

3) 23 Н при скорости v_1 :

$$m \cdot a_1 = F_{\text{движ}}' - F_1$$

$$F_1 = F_{\text{движ}}' - m \cdot a_1 = \frac{\text{const}}{v_1} - m \cdot a_1 = \frac{12375}{27} - 300 \cdot 0,125 =$$

$$= \frac{1375}{3} - 37,5 \approx 420,8 \text{ Н}$$

4) $\eta = 1 - \frac{m \cdot F_1 \cdot v_1}{F_{\text{движ}} \cdot v_1} = 1 - \frac{m \cdot a_1}{F_{\text{движ}} \cdot v_1} = 1 - \frac{300 \cdot 0,125}{\frac{12375}{27}} = \frac{12337,5}{12375}$

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!

к1. Продолжение:

23Н для конца торможения:

$$m \cdot a = F_{\text{двиг}} - F_{\text{сопр}}$$

по

т.к. торможение закончилось

$$F_{\text{двиг}} = F_{\text{сопр}}$$

Пусть в этот момент мотоциклист ехал со скоростью v

$$\Downarrow$$

$$F_{\text{сопр}} \cdot v = \text{атт } F_{\text{двиг}} \cdot (v \text{ при } a_1 \text{ момент}) \cdot v \text{ при } a_1 \text{ момент}$$

23Н при движении со скоростью v ,

$$m a_1 = F_{\text{двиг}} - F_1$$

$$F_1 = F_{\text{двиг}} - m a_1 = F_{\text{сопр}} \cdot \frac{v}{v_1} - m a_1 = 405 \cdot \frac{30}{27} - 300 \cdot 0,125 =$$

по графику $v \approx 30 \text{ м/с}$

$$= 450 - 37,5 = 412,5 \text{ Н}$$

$$n = \frac{F_1 \cdot v_1}{F_{\text{д}} \cdot v_1} = \frac{412,5 \cdot 27}{405 \cdot 30} = \frac{412,5}{450} = \frac{11}{12}$$

Ответ: 1) $a_1 = 0,125 \text{ м/с}^2$

2) $F = 412,5 \text{ Н}$

3) $n = \frac{11}{12}$

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!

№2. Начало

1) до нагрева:

$\frac{V}{2}$	N_2
$\frac{V}{4}$	CO_2
$\frac{V}{4}$	H_2O

$p_{N_2} = p_{CO_2}$ т.к. поршень в равновесии

Уравнение Менделеева-Клапейрона для верхней части:

$$p_{N_2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_{N_2} \cdot R T_0$$

У.м.к для нижней части:

$$p_{CO_2} \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \nu_{CO_2} \cdot R T_0$$

$$\frac{2 \nu_{N_2} R T_0}{V} = \frac{4 \nu_{CO_2} R T_0}{V}$$

↓ углекислый газ, который не растворен в воде

$$\frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = 2$$

Пусть $\nu_{CO_2} = 1$
 $\nu_{N_2} = 2$

Рассчитаем кол-во ~~до~~ углекислого газа, который растворили в воде при $T = T_0$

$$\Delta \nu = k p_{CO_2} W = k \cdot \frac{4 \nu_{CO_2} R T_0}{V} \cdot \frac{V}{4} = k \nu_{CO_2} R T_0$$

2) после нагрева:

N_2	← $\frac{V}{6}$
CO_2 , водный пар	← $V - \frac{V}{6} - \frac{V}{4} = \frac{7}{12} V$
	← $\frac{V}{4}$

т.к. объём жидкости не менялся в процессе нагревания, а $T = T_{кип. воды}$, то в нижней части сосуда находились водный пар и насыщенный р.н.в.п. $(T) = p_{атм}$

$$p = p'_{N_2} = p'_{CO_2} + p_{н.в.п.}$$

т.к. поршень в равновесии

Уравнение М.к для верхней части:

$$p_{N_2}' = \frac{V}{6} = 2 \nu_{N_2}' R T$$

$$p_{N_2}' = \frac{12 \nu_{N_2}' R T}{V}$$

Уравнение М.к для нижней части

$$p_{CO_2}' = \frac{7}{12} V = (\nu_{CO_2}' + \Delta \nu) R T$$

$$p_{CO_2}' = \frac{12}{7} \frac{(\nu_{CO_2}' + \Delta \nu) R T}{V}$$

$$p_{атм} = p_{н.в.п.} = p'_{N_2} - p'_{CO_2} = \frac{12 \nu_{N_2}' R T}{V} - \frac{12 (\nu_{CO_2}' + k \nu_{CO_2}' R T_0) R T}{7 V} =$$

$$\frac{\nu_{N_2}'}{V} = \frac{35 p_{атм}}{279}$$

$$p = p_{CO_2}' = \frac{12 \cdot 35 p_{атм}}{279} = \frac{140 p_{атм}}{93}$$

$$= \frac{\nu_{N_2}'}{V} \left(12 - \frac{12}{7} (1 + k R T_0) \right) =$$

$$= \frac{\nu_{N_2}'}{V} \left(12 - \frac{12}{7} \left(1 + \frac{9}{4} \cdot 0.6 \right) \right)$$

Ответ: 1) $\frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = 2$; 2) $p = \frac{140}{93} p_{атм}$

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

№2. Продолжение:

~~$$\frac{6 \cdot 0,12 \cdot RT}{V} = p_{atm} + \frac{RT(0,501 + \Delta)}{\left(\frac{5V}{6} - V_0\right)}$$~~

~~$$\frac{12 \cdot 0,12 \cdot RT}{V} = p_{atm} + \frac{RT(1 + k \cdot RT_0)}{\frac{5V}{6} - V_0}$$~~

~~$$0,12 \cdot RT \left(\frac{12}{V} - \frac{1 + k \cdot RT_0}{\frac{5V}{6} - V_0} \right) = p_{atm}$$~~

~~$$0,12 \cdot RT \left(\frac{10V - 12V_0 - V - k \cdot RT_0}{\frac{5V}{6} - V_0} \right) = p_{atm}$$~~

~~$$p_{atm} \cdot 0,12 \cdot RT \cdot V \left(\frac{5V}{6} - V_0 \right) = 9V - 12V_0 - k \cdot RT_0$$~~

~~$$p_{atm} \cdot 0,12 \cdot RT \cdot \frac{5}{6} V^2 - 9V + k \cdot RT_0 = p_{atm} \cdot 0,12 \cdot RT \cdot V V_0 - 12V_0$$~~

~~$$V_0 = \frac{p_{atm} \cdot 0,12 \cdot RT \cdot \frac{5}{6} V^2 - 9V + k \cdot RT_0}{p_{atm} \cdot 0,12 \cdot RT \cdot V - 12}$$~~

~~$$= \frac{p_{atm} \cdot 0,3 \cdot 10^3 \cdot \frac{5}{6} V^2 - 9V + V \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3}{p_{atm}}$$~~

Если пренебречь V_0 :

~~$$\frac{12 \cdot 0,12 \cdot RT}{V} = p_{atm} + \frac{6 \cdot RT(1 + k \cdot RT_0)}{5V}$$~~

~~$$\frac{12 \cdot 0,12 \cdot RT}{V} - \frac{6 \cdot RT(1 + k \cdot RT_0)}{5V} = p_{atm}$$~~

~~$$\frac{60 \cdot 0,12 \cdot RT - 6 \cdot RT(1 + 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3)}{5V} = p_{atm}$$~~

~~$$\frac{0,12 \cdot RT}{5V} \left(60 - 6 \left(1 + \frac{27}{20} \right) \right) = p_{atm}$$~~

~~$$\frac{0,12 \cdot RT}{5V} = \frac{50 p_{atm}}{459}$$~~

~~$$p = \frac{12 \cdot 0,12 \cdot RT}{V} =$$~~

~~$$= 12 \cdot \frac{50 p_{atm}}{459} =$$~~

~~$$= \frac{200}{153} p_{atm}$$~~

Ответ:

~~$$1) \frac{0,501}{0,12} = \frac{1}{2}$$~~

~~$$2) p = \frac{200}{153} p_{atm}$$~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

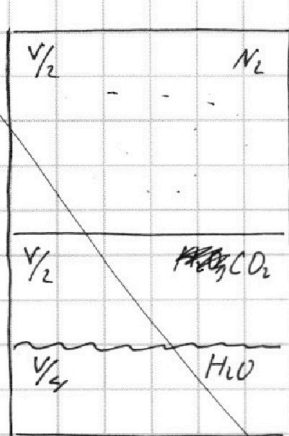
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



N 2.

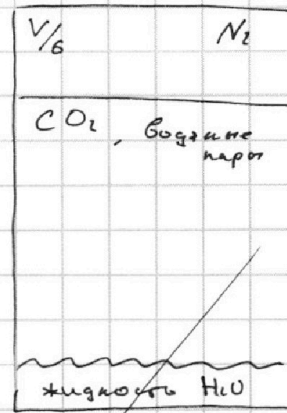


V, T_0

Нагрев до
 $T = 373 \text{ K}$

вода начнет
испаряться,
пусть в
сосуде
останется V_0
воды, тогда

$P_{\text{паров}} = p_{\text{атм}}$



V_0

1) Рассмотрим начальный момент:

$P_{N_2} = P_{CO_2}$ т.к. поршень в равновесии

для верхней части:

з-н М.к:

$$P_{N_2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_{N_2} R T_0$$

$$P_{N_2} = \frac{2 \nu_{N_2} R T_0}{V}$$

для нижней части:

$$P_{CO_2} = \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \nu_{CO_2} R T_0$$

$$P_{CO_2} = \frac{4 \nu_{CO_2} R T_0}{V}$$

$$\frac{2 \nu_{N_2} R T_0}{V} = \frac{4 \nu_{CO_2} R T_0}{V} \rightarrow \frac{\nu_{CO_2}}{\nu_{N_2}} = \frac{1}{2}$$

газ, который
не растворился
в воде

Найдем кол-во растворенного CO_2 .

$$\Delta V = k p w$$

$$\Delta V = k \cdot P_{CO_2} \cdot \frac{V}{4} = 9.6 \cdot 10^{-7} \cdot k \cdot \nu_{CO_2} R T_0$$

$$\text{Пусть } \nu_{N_2} = 20$$

$$\nu_{CO_2} = 10$$

$$\frac{\nu_{CO_2}}{\nu_{N_2}} = \frac{1}{2}$$

2) Рассмотрим нагрев системы $\rightarrow$ конечный момент:

$$P_{N_2}' = P_{CO_2}' + P_{\text{паров}} \quad \text{по закону Дальтона}$$

для верхней части:

з-н М.к:

$$P_{N_2}' \cdot \frac{V}{6} = \nu_{N_2} R T$$

для нижней части:

Для CO_2 : весь растворенный CO_2 выйдет из воды

$$P_{CO_2}' = \left(\frac{5V}{6} - V_0 \right) = (\nu_{CO_2} + \Delta \nu) R T$$

Для водяных паров:

$$P_{\text{вод. пар}} = P_{\text{атм}}$$

Давление насыщенного
водяного пара при $T = 373 \text{ K} = P_{\text{атм}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

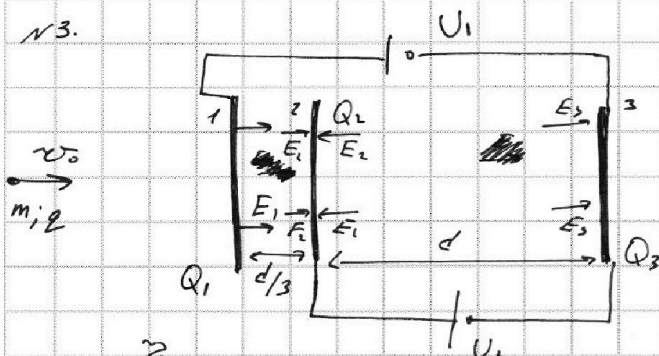
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



№3.



$$U_1 = 2U$$

$$U_2 = U$$

т.к. пластины изначально
разряжены, то
 $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$
 Q_1, Q_2, Q_3 - заряды пластин
после подключения
источников

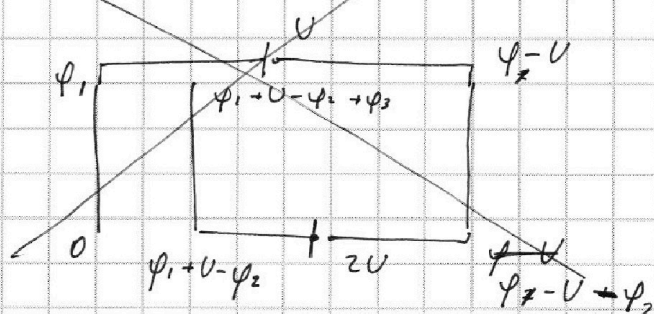
для однородной
пластины
из закона
Гаусса:

$$E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

Начальная энергия
Частицы:

$$\frac{mv_0^2}{2}$$

Распишем потенциалы пластин:



2) Напряжение между 1 и 3 пластиной:

$$\phi_1 - \phi_3 = U_1$$

Напряжение между 2 и 3 пластиной:

$$\phi_2 - \phi_3 = U_2$$

$$U_1 - U_2 = \phi_1 - \phi_2$$

$$2U - U = (E_1 - E_2) \frac{d}{3}$$

$$E_1 > E_2; E_2 > E_3$$

Пусть Заметим, что т.к.
система возбужден электрической
нейтрально, то E действует
только внутри системы

Пусть $Q_1 > 0, Q_2 < 0, Q_3 > 0$

$$1) F_{23} = q \cdot E_{23} =$$

$$= q(E_3 - E_2)$$

$$\downarrow F_{23} = ma_2,$$

$$a_{23} = \frac{q}{m} (E_3 - E_2)$$

Напряжение между 2 и 3 пластиной

$$U_2 = (E_3 - E_2)d$$

$$\downarrow |E_3 - E_2| = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$$

$$a_{23} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}$$

$$\frac{U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (Q_2 - Q_3)$$

$$\frac{3U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (Q_1 - Q_2)$$

$$\downarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$\downarrow Q_3 = -Q_1 \rightarrow Q_2$$

$$\frac{U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (2Q_2 + Q_1)$$

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!

№3. Продолжение.

$$Q_{\text{к}} = \frac{U}{d} = \frac{2Q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{Q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$Q_1 = \frac{2U\epsilon_0 S}{d} - 2Q_2$$

$$\frac{3U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} \left(\frac{2U\epsilon_0 S}{d} - 3Q_2 \right)$$

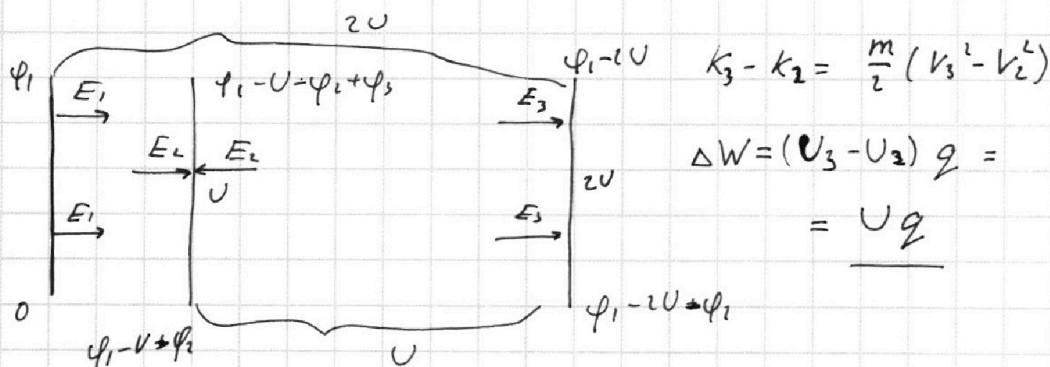
$$\frac{3U}{d} = \frac{2U}{d} - 3Q_2 \cdot \frac{1}{2\epsilon_0 S}$$

$$Q_2 = -2\epsilon_0 S \frac{U}{d}$$

$$Q_1 = \frac{2U\epsilon_0 S}{d} + \frac{4\epsilon_0 S U}{d} = \frac{6U\epsilon_0 S}{d}$$

$$Q_3 = 2\epsilon_0 S \frac{U}{d} - \frac{6U\epsilon_0 S}{d} = -4 \frac{U\epsilon_0 S}{d}$$

Верное направление напряженности:



3) $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{1}{3} U q + \frac{m v_A^2}{2}$ *потенциал распределяется*

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{10}{3} \frac{U q}{m}}$$

Ответ:

1) $a_{23} = \frac{q}{m} \frac{U}{d}$ 2) $\Delta W = U q$ 3) $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{10}{3} \frac{U q}{m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

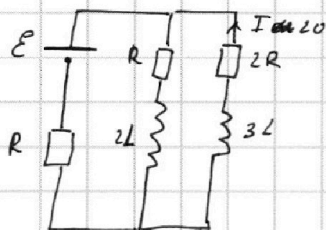
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

N 4

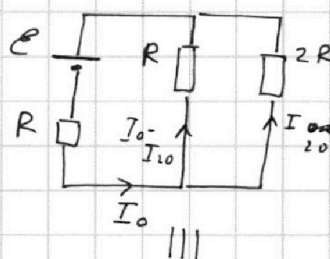
1) Ключ разомкнут:



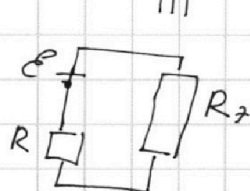
т.к. режим установился, то $U_{2L} = U_{3L} = 0$

их можно считать идеальными проводниками

Перерисуем эквивалентную схему:



I_0 - ток через R рядом с источником



$$R_3 = \frac{2R}{3} \leftarrow \text{т.к. согл II}$$

из закона Ома: $\text{для замкнутой цепи}$

$$E = (R_3 + R) I_0$$

$$I_0 = \frac{E}{R_3 + R} = \frac{3E}{5R}$$

тогда, т.к.

$$R(I_0 - I_{20}) = 2R I_{20} \quad (\text{результат II})$$

$$I_0 = 3 I_{20}$$

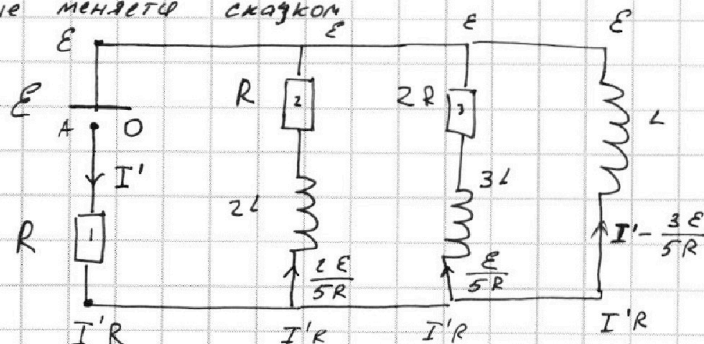
$$I_{20} = \frac{I_0}{3} = \frac{E}{5R}$$

2) Сразу после замыкания ключа: ток через катушку не меняется скачком



Пусть потенциал $A=0$, распишем потенциалы

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушки $2L$ и $3L$ не меняется скачком



т.к. потенциал тоже не меняется скачком:

$$E_{SI} = R \cdot \frac{3E}{5R} - E \rightarrow E L \frac{dI}{dt} = \frac{2}{5} E \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2}{5} \frac{E}{L}$$

Распишем метод потенциалов, считая, что в точке A $\varphi=0$ и через 1 резистор течёт ток I'

$$E_{SI} = I'R - E$$

$$L \frac{dI}{dt} = I'R - E$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I'R - E}{L} = \frac{E - I'R}{L}$$

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!

№ 4. ЗДЗСЗ с начала

Продолжение:

Энергия системы сразу после замыкания ключа:

$$W_H = \frac{2L(I_0 - I_{20})^2}{2} + \frac{3L I_{20}^2}{2} = \frac{2L \cdot \frac{4E^2}{25R^2}}{2} + \frac{3L \cdot \frac{E^2}{25R^2}}{2} =$$

$$= \frac{11}{50} \frac{LE^2}{R^2}$$

Стационарный режим при замкнутом ключе; т.к. при уст. режиме катушку можно считать идеальным проводником, то эквивалентная схема через резистор R (рядом с $2L$) и $2R$ тока не будет

$$I_L = \frac{E}{R}$$

Тогда конечная энергия:

$$W_K = \frac{L I_L^2}{2} = \frac{L E^2}{2 R^2}$$

Распишем закон сохранения энергии:

$$Q_E \cdot E = W_K - W_H + Q$$

$$Q_E \cdot E = \frac{L E^2}{2 R^2} - \frac{11}{50} \frac{L E^2}{R^2} + Q$$

$$Q_E = \frac{14 L E}{50 R^2}$$

$$Q_E = Q_{2L} + Q_{3L} + Q_L$$

Для Q_{2L} и Q_{3L} :

$$E - RI_L = 2L \frac{dI}{dt} + RI_L \quad \times dt$$

ННН

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!



№5.

1) $n_1 = n_2 = 1,0$

$n_3 = 1,6$

3) закон Снеллиуса
для преломления
между средами n_1 и n_2 :

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

$$\sin \beta = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha$$

т.к. углы малые:

$$\beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha = \frac{1}{1,6} \cdot 0,05 = 0,03 \text{ рад}$$

т.к. $n_1 = n_2$, то луч пойдет без преломления

4) найдем угол отклонения:

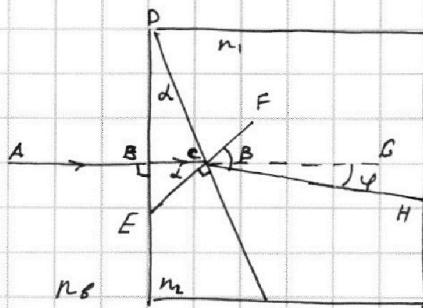
угол φ — угол между лучом выходящим
из системы и $\perp$ к поверхности системы

Заметим, что $\beta = \varphi + \alpha$

$\angle FCB = \alpha$ как вертикальные

CB — прямая $\parallel$ начальному
лучу

$$\varphi = \beta - \alpha = 0,03 - 0,05 = -0,02 \text{ рад}$$



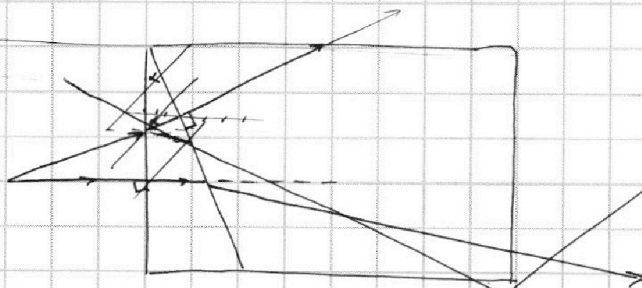
1) Рассмотрим
луч преломляющийся между
воздухом и n_3 , т.к.
он падает $\perp$ поверхности,
то он не будет преломляться
(точка B)

2) Далее этот луч
пересечёт вторую призму
в точке C. Построим
перпендикуляр из этой
точки.

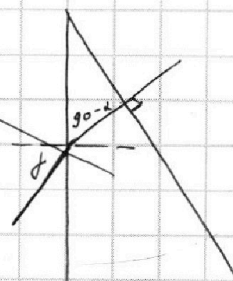
тогда в $\triangle BDC \angle BCD = 90^\circ - \alpha$

$$\angle ECB = \alpha \text{ (т.к. } \angle ECD = 90^\circ)$$

2)



Построим луч, который
будет выходить из
той же точки $n_1 \perp$ CB



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

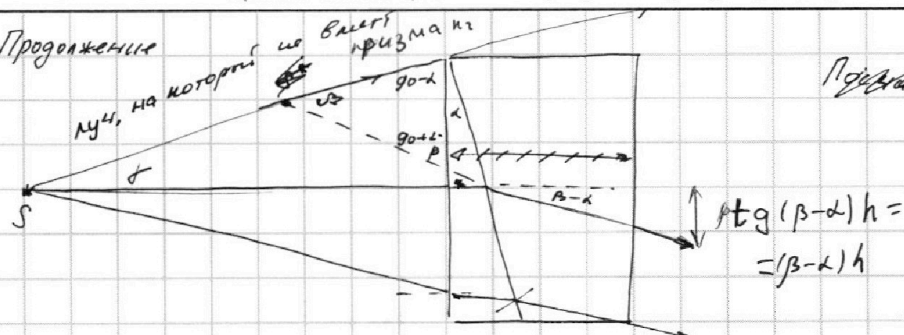
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

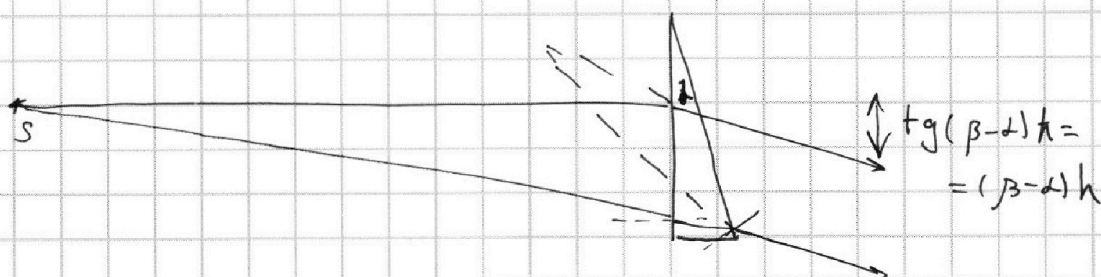
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№5 Продолжение



т.к. $n_1 = n_2$:





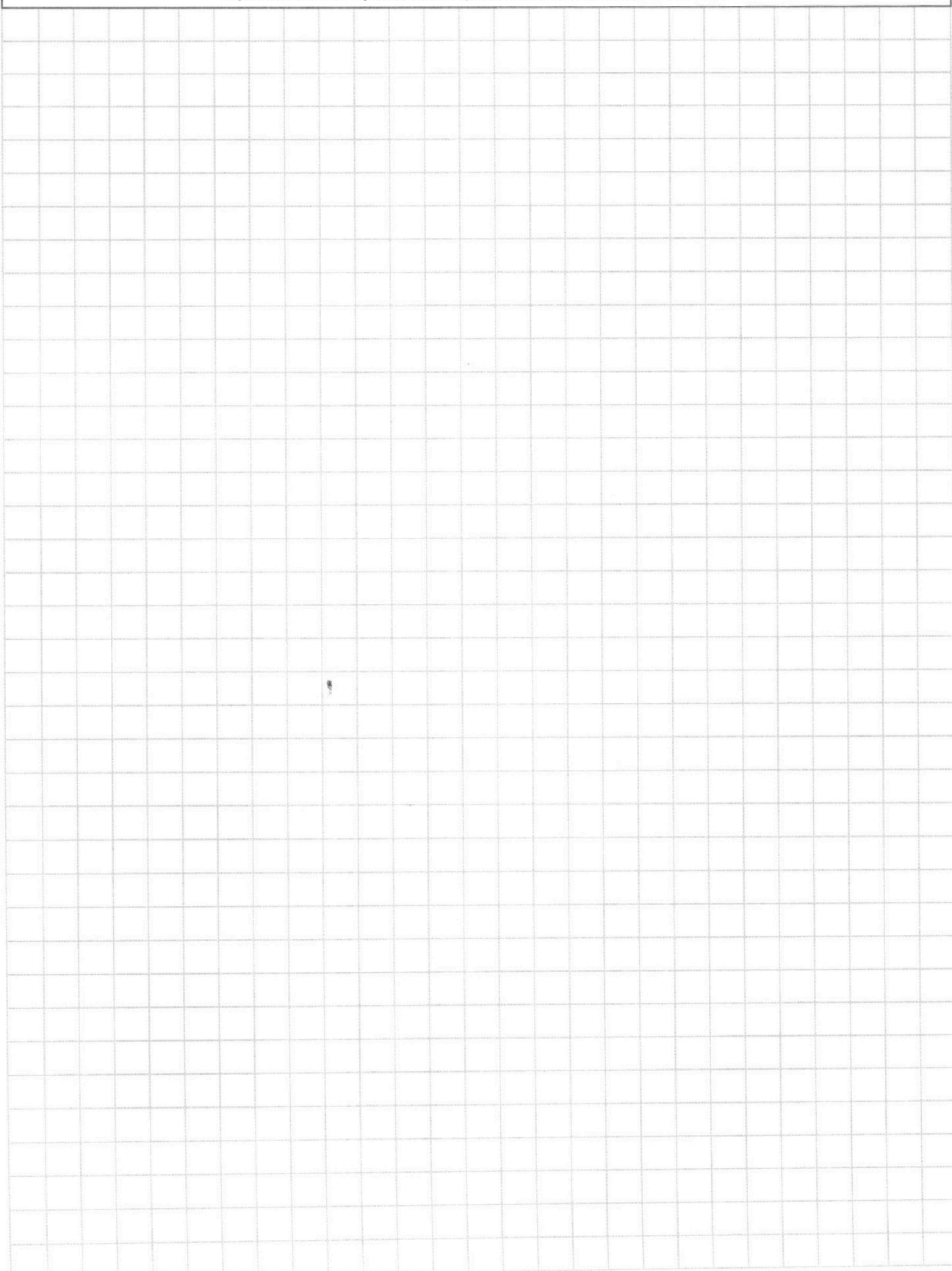
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

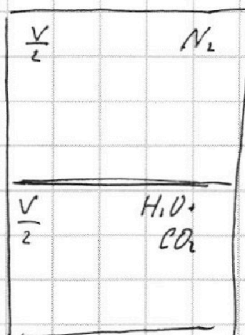
МФТИ

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

Черновик

№ 2.

Г₀



V

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

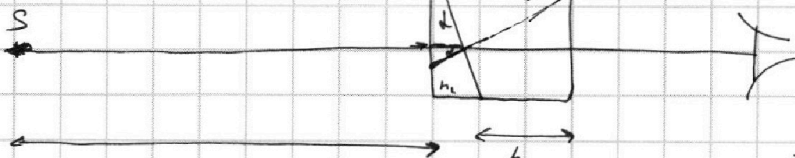
$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{1}{5}$$

№ 5.



$$1 + \frac{27}{20} = \frac{47}{20} \cdot 6 = \frac{47 \cdot 3}{10}$$

$$60 - \frac{47 \cdot 3}{10} = \frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

$$\frac{459}{10}$$

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:

№1.

$$m = 300$$

движется с постоянной
скоростью $\rightarrow$ разогнать,

$$P = \text{const}$$

$$F_k = 405 \text{ Н}$$

~~if $F = \text{const}$~~

$$P_{\text{двиг}} = \frac{F}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot v = \text{const}$$

$$ma = F - F_{\text{сomp}}$$

$$F_{30} = 405$$

$$405 \cdot 30 = \text{const}$$

$$ma_1 = \frac{\text{const}}{v_1} - F_1$$

$$F_1 = \frac{\text{const}}{v_1} - ma_1$$

$$F_1 = \frac{405 \cdot 30}{27} - 3 \cdot 12,5$$

$$450 - 37,5 = 412,5 \text{ Н.}$$

$$n = \frac{F_c \cdot v_1}{F_{\text{const}}} = 9$$

$$= \frac{412,5 \cdot 27}{405 \cdot 30} = 10$$

=

$$\frac{405 \cdot 10}{9} =$$

$$\frac{4050}{9} = 450$$

$$+ 12,5 \cdot 3 = 37,5$$