



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



Вариант 11-02

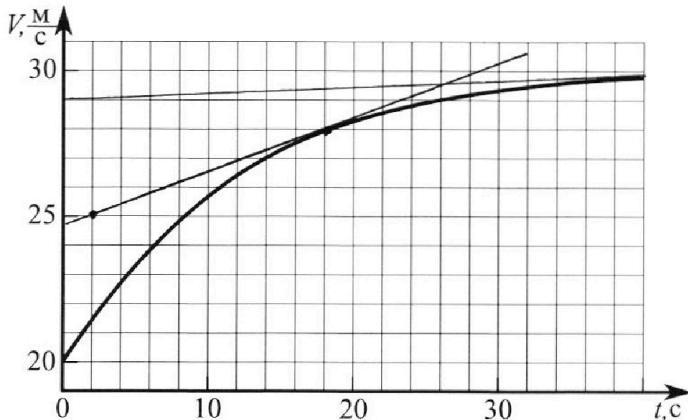
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 ?



Треугольная точность численного ответа на первый вопрос ориентировано 10%.

✓
40

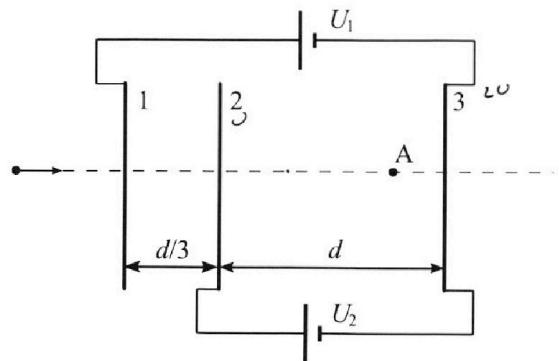
Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $R T \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

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

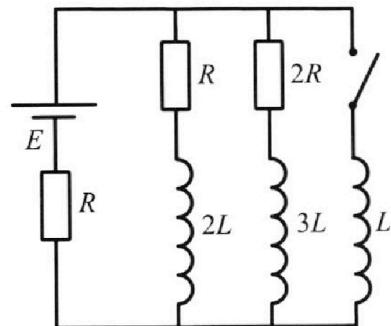
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установлен. Затем ключ замыкают.

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.

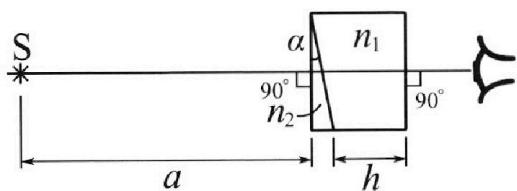


5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 200$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, 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.

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

2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,6$, 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.



$$\begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \quad \begin{array}{c} 1.0 \\ 1.6 \\ 1.6 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

N1.

$$m = 300 \text{ кг}$$

сначала: движение с $\omega_0 = \text{const}$
потом: разгон $F_k = \text{const}$

$$F_k = 405 \text{ Н}$$

Найти:

$$1) a_m \text{ при } \omega_i = 27 \frac{\text{м}}{\text{с}} ?$$

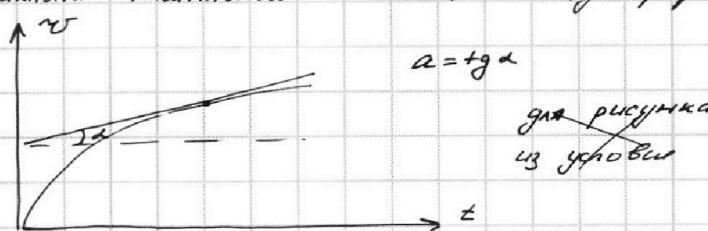
$$2) F_t \text{ при } \omega_f = ?$$

$$3) n = \frac{F_k(\omega_f)}{P(\omega_i)} = ?$$

- часть мощности
двигателя израсходованной
на преодоление F_k

Решение:

1) т.к. $a_m = \omega_m^2 r$, то a_m - тангенс угла
наклона касательной к точке ω_i (для графика $\omega(t)$)



Проведём касательную на рисунке в условии:

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

$$a_m = \frac{\omega_k - \omega_i}{t_k - t_i} = \frac{27 - 25}{18 - 2} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} = 0,125 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$2) P = \frac{A}{t} = \frac{F_{\text{двиг}} \cdot S}{t} = F_{\text{двиг}} \cdot \omega = \text{const}$$

23 Н дает произвольного момента времени:

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

распишем 23 Н для конечных точек торможения $(40; 29), (40; 30)$

найдем ускорение аналогично ~~по способом~~

хорошие точки: $(0; 29), (40; 30)$

$$a_k = \frac{\omega_k - \omega_i}{t_k - t_i} = \frac{30 - 29}{40 - 0} = \frac{1}{40} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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

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

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

3) 23 Н при скорости ω_i :

$$m a_i = F_{\text{двиг}} - F_t$$

$$F_t = F_{\text{двиг}} - m a_i = \frac{\text{const}}{\omega_i} - m \cdot a_i = \frac{12375}{27} - 300 \cdot 0,125 =$$

$$= \frac{1375}{3} - 375 \approx 120,8 \text{ Н}$$

$$4) n = \frac{1}{1 + m \frac{F_t \cdot \omega_i}{F_{\text{двиг}} \cdot \omega_i}} = 1 - \frac{m a_i}{F_{\text{двиг}} \cdot \omega_i} = 1 - \frac{300 \cdot 0,125}{12375} = \frac{12337,5}{12375}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| X | | | | | | |

МФТИ.

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

н1. Продолжение:

2 ЗН для конца торможения:

$$ma_1 = F_{\text{бр}} - F_{\text{сопр}}$$

0

т.к. торможение закончилось

$$F_{\text{бр}} = F_{\text{сопр}}$$

Пусть в этот момент мотоциклистехал со скоростью v

$$\downarrow \\ F_{\text{сопр}} v = \cancel{F_{\text{бр}}}. 18 \text{ (раб. момент)} \cdot 2 \text{ (раб. скорость)}$$

2 ЗН при движении со скоростью v ,

$$ma_1 = F_{\text{бр}} - F_r$$

$$F_r = F_{\text{бр}} - ma_1 = F_{\text{сопр}} \cdot \frac{v}{v_f} - ma_1 = 405 \cdot \frac{30}{27} - 300 \cdot 0,125 =$$

$$\text{по графику } v \approx 30 \text{ %} \quad = 450 - 37,5 = \underline{\underline{412,5 \text{ Н}}}$$

$$n = \frac{F_r \cdot v_f}{F_g \cdot v_i} = \frac{412,5 \cdot 22}{405 \cdot 30} = \underline{\underline{\frac{412,5}{405}}} = \frac{11}{12}$$

Ответ: 1) $a_1 = 0,125 \text{ м/с}^2$

2) $F = 412,5 \text{ Н}$

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

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. 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 дает верхней части:

$$P_{N_2} \cdot \frac{V}{2} = \bar{\rho}_{N_2} \cdot RT_0$$

У.М.К. газ нижней части:

$$P_{CO_2} \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \bar{\rho}_{CO_2} \cdot RT_0$$

$$\frac{2 \bar{\rho}_{N_2} RT_0}{V} = \frac{\frac{1}{4} \bar{\rho}_{CO_2} RT_0}{V} \quad \begin{array}{l} \text{углекислотный} \\ \text{газ, который} \\ \text{не растворен в воде} \end{array}$$

$$\frac{\bar{\rho}_{N_2}}{\bar{\rho}_{CO_2}} = 2$$

Пусть $\bar{\rho}_{CO_2} = 0$

$$\bar{\rho}_{N_2} = 20$$

Рассчитаем кол-во ~~это~~ углекислотного газа, который растворился в воде при $T = T_0$

$$\Delta \bar{\rho} = k P_{CO_2} w = k \cdot \frac{40 RT_0}{V} \cdot \frac{V}{4} = k 0 RT_0$$

2) после нагрева:

N_2	$\frac{V}{6}$
CO_2 , верхнее пара	$V - \frac{V}{6} - \frac{V}{4} = \frac{7}{12} V$
	$\frac{V}{3}$

т.к. обём жидкости не меняется
в процессе нагревания, а $T = T_{\text{кип.воды}}$,
то в нижней части воды
находится ¹ верхнего пары
насыщенной $P_{H_2O}^{\text{насыщ}}(T) = P_{\text{атм}}$

$$P = P'_{N_2} = P_{CO_2} + P_{H_2O}$$

т.к. поршень в равновесии

Уравнение М.К. газ верхней части:

$$P'_{N_2} \cdot \frac{V}{6} = 20 RT$$

$$P'_{N_2} = \frac{120 RT}{V}$$

$$P'_{CO_2} = \frac{7}{12} V = (\bar{\rho} + \Delta \bar{\rho}) RT$$

$$P'_{CO_2} = \frac{12}{7} \frac{(\bar{\rho} + \Delta \bar{\rho}) RT}{V}$$

$$P_{\text{атм}} = P_{H_2O} = P'_{N_2} - P'_{CO_2} = \frac{120 RT}{V} - \frac{12}{7} \frac{(20 + k 0 RT_0) RT}{V} =$$

$$\frac{RT}{V} = \frac{35 P_{\text{атм}}}{279}$$

$$P = P'_{CO_2} = \frac{12 \cdot 35 P_{\text{атм}}}{279} =$$

$$= \frac{140 P_{\text{атм}}}{93}$$

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

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

$$\text{Ответ: 1)} \frac{\bar{\rho}_{N_2}}{\bar{\rho}_{CO_2}} = 2; 2) P = \frac{140}{93} \text{帕斯卡}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

N2. Продолжение:

~~$$\frac{6 \cdot 0 N_2 RT}{RT V} = p_{\text{атм}} + \frac{RT (0_{\text{CO}_2} + \Delta \cdot 0)}{\left(\frac{5V}{6} - V_0\right)}$$~~

~~$$\frac{0_{\text{CO}_2} (2 \cdot 0 RT)}{V} = p_{\text{атм}} + \frac{RT (1 + k \cdot RT_0)}{\frac{5V}{6} - V_0}$$~~

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

~~$$0 RT \left(\frac{10V - 12V_0 - V - VKRT_0}{V \left(\frac{5V}{6} - V_0 \right)} \right) = p_{\text{атм}}$$~~

~~$$p_{\text{атм}} \cdot 0 RT \cdot V \left(\frac{5V}{6} - V_0 \right) = 9V - 12V_0 - VKRT_0$$~~

~~$$p_{\text{атм}} 0 RT \frac{5}{6} V^2 - 9V + VKRT_0 = p_{\text{атм}} 0 RT V V_0 - 12V_0$$~~

~~$$V_0 = \frac{p_{\text{атм}} 0 RT \frac{5}{6} V^2 - 9V + VKRT_0}{p_{\text{атм}} 0 RT V - 12}$$~~

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

Если пренебречь V_0 :

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

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

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

~~$$\frac{0 RT}{5V} \left(60 - 0 \left(1 + \frac{27}{20} \right) \right) = p_{\text{атм}}$$~~

~~$$\frac{0 RT}{V} = \frac{50 p_{\text{атм}}}{459}$$~~

$$P = \frac{8 \cdot 12 \cdot 0 RT}{V} =$$

$$= 12 \cdot \frac{50 p_{\text{атм}}}{459} =$$

$$= \frac{200}{153} p_{\text{атм}}$$

Ответ:

$$1) \frac{0_{\text{CO}_2}}{0 N_2} = \frac{1}{2}$$

$$2) P = \frac{200}{153} p_{\text{атм}}$$

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

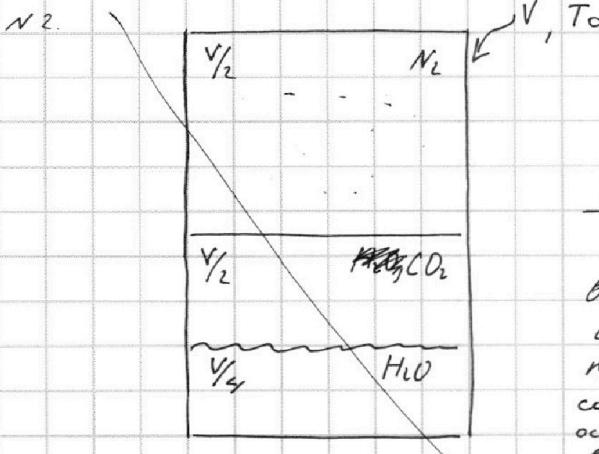
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

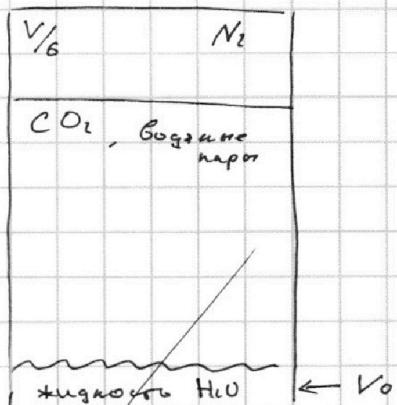
МФТИ

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



Нагрев \rightarrow
 $T = 373 \text{ K}$

Вода начнет испаряться,
пока в сосуде останется V_0 воды, тогда



1) Рассмотрим начальный момент: $P_{\text{паров}} = \text{max}$

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

где верхней части:

3-й М.к.:

$$P_{N_2} \cdot \frac{V}{2} = \bar{\Omega}_{N_2} R T_0$$

$$P_{N_2} = \frac{2 \bar{\Omega}_{N_2} R T_0}{V}$$

где нижней части:

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

газ, который не растворим в воде

Найдем кол-во растворенного

$$\bar{\Omega}_{CO_2} = \frac{4 \bar{\Omega}_{CO_2} R T_0}{V}$$

$$\text{Пусть } \bar{\Omega}_{N_2} = 20 \quad \Delta \bar{\Omega} = k p W$$

$$\frac{2 \bar{\Omega}_{N_2} R T_0}{V} = \frac{4 \bar{\Omega}_{CO_2} R T_0}{4 V} \rightarrow \frac{\bar{\Omega}_{CO_2}}{\bar{\Omega}_{N_2}} = \frac{1}{2}$$

$$\Delta \bar{\Omega} = k \cdot P_{CO_2} \cdot \frac{V}{4} = 96/10^3 \cdot k \cdot \bar{\Omega}_{CO_2} R T_0$$

2) Рассмотрим нагрев системы \rightarrow конечный момент:

$$P_{N_2}' = P_{CO_2}' + P_{\text{паров}}$$

но закон
Дальтона

где верхней части:

3-й М.к.:

$$P_{N_2}' \cdot \frac{V}{6} = \bar{\Omega}_{N_2} \cdot RT$$

где нижней части:

Для CO_2 : весь растворенный CO_2 выходит из воды

$$P_{CO_2}' = \left(\frac{5V}{6} - V_0 \right) = (\bar{\Omega}_{CO_2} + \Delta \bar{\Omega}) RT$$

Для водяных паров:

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

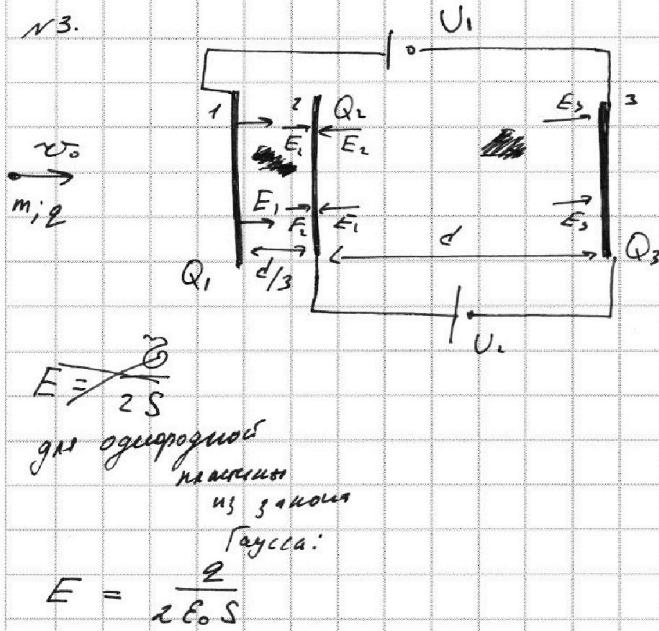
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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



$$U_1 = 2U$$

$$U_3 = U$$

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

Многие заметят, что т.к. система ведет себя как электрическая нейтралка, то E действует только внутри систем

Пусть $Q_1 > 0, Q_2 < 0, Q_3 > 0$

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

$$= q(E_3 - E_2)$$

$$\downarrow F_{23} = m a_{23}$$

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

Напряжение между 2 и 3 пластинами

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

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

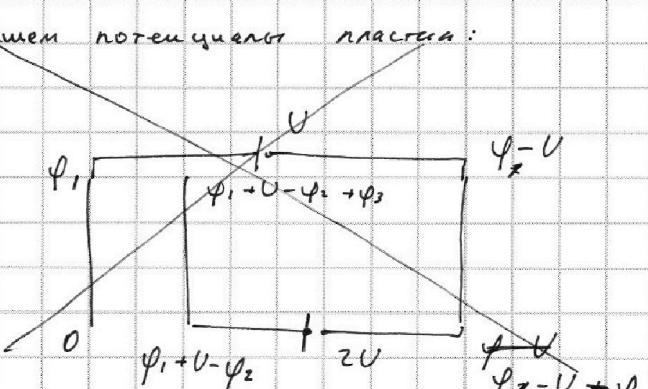
$$a_{23} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}$$

Задача решена

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (Q_2 - Q_3) \\ \frac{3U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (Q_1 - Q_3) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \\ Q_3 = -Q_1 - Q_2 \end{array} \right.$$

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



2) Напряжение между 1 и 3 пластинами:

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_1$$

Напряжение между 2 и 3 пластинами:

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U_2$$

\downarrow

$$U_1 - U_2 = \varphi_1 - \varphi_2$$

//

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

$$E_1 > E_2; E_2 > E_3$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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. Продолжение:

$$Q_1 = \frac{U}{d} = \frac{2Q_2}{2\varepsilon_0 S} + \frac{Q_1}{2\varepsilon_0 S}$$

$$Q_1 = \frac{2U\varepsilon_0 S}{d} - 2Q_2$$

$$\frac{3U}{d} = \frac{1}{2\varepsilon_0 S} \left(\frac{2U\varepsilon_0 S}{d} - 3Q_2 \right)$$

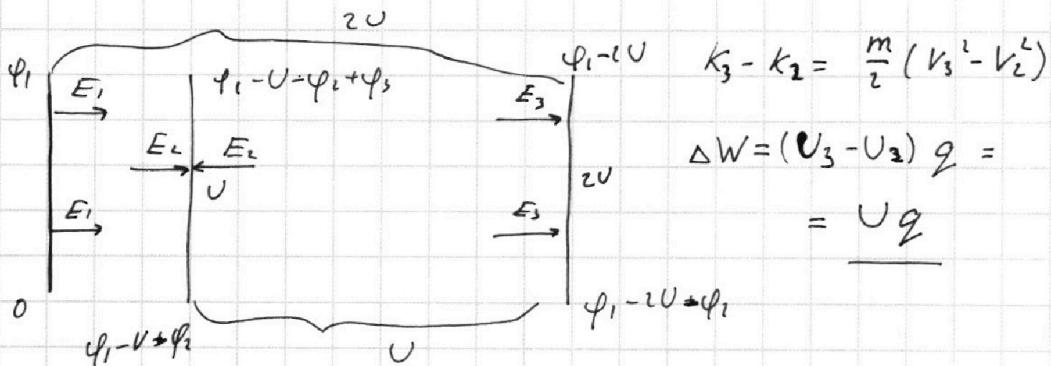
$$\frac{3U}{d} = \frac{2U}{d} - 3Q_2 \cdot \frac{1}{2\varepsilon_0 S}$$

$$Q_2 = -2\varepsilon_0 S \frac{U}{d}$$

$$Q_1 = \frac{2U\varepsilon_0 S}{d} + \frac{4\varepsilon_0 S U}{d} = \frac{6U\varepsilon_0 S}{d}$$

$$Q_3 = 2\varepsilon_0 S \frac{U}{d} - \frac{6U\varepsilon_0 S}{d} = -4 \frac{U\varepsilon_0 S}{d}$$

Верное направление напряженностей:



$$\Delta W = (U_3 - U_2) q = \underline{\underline{Uq}}$$

$$k_3 - k_2 = \frac{m}{2} (V_3^L - V_2^L)$$

3) $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{1}{3} \frac{Uq}{\varepsilon_0} \frac{5}{3} \cancel{\frac{q}{3}} \overset{\text{путь к напряжению распределенного}}{U_2} + \frac{mV_A^2}{2}$ лишнее

$$V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{10}{3} \frac{Uq}{m}}$$

Ответ:

$$1) A_{23} = \frac{2}{m} \frac{U}{d} \quad 2) \Delta W = Uq \quad 3) V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{10}{3} \frac{Uq}{m}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



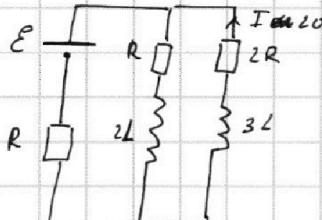
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

N4

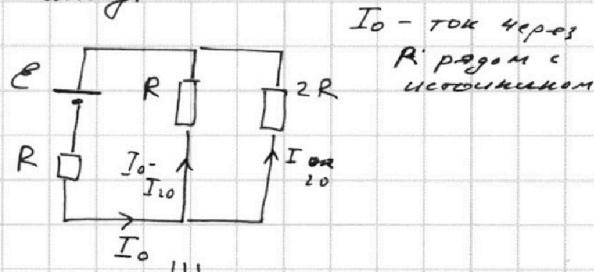
1) Ключ разомкнут.



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

их можно считать идеальными проводниками

Перерисуем эквивалентную схему:



* Сразу после замыкания
ключа: ток через катушку не
меняется скачком



Пусть потенциал A=0, распишем
общее потенциало

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

у3 замона Ома:
затраты энергии
на полное уси

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

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

тогда, т.к.

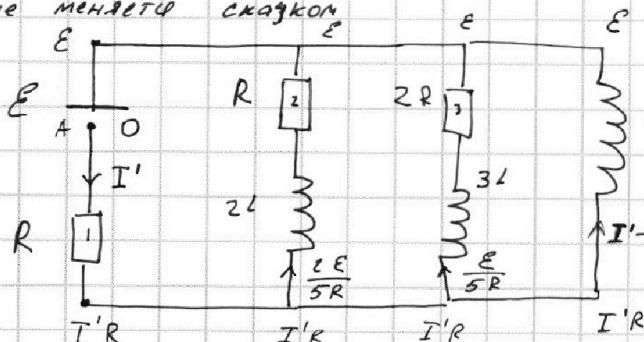
$$R(I_0 - I_{20}) = 2R I_{20} \quad (\text{результат II})$$

$$I_0 = 3I_{20}$$

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

2). Сразу после замыкания

не меняется скачком



т.к. потенциало тоже не меняются
скачком:

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

Ключа ток через катушки 2L и 3L

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

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

$$L \frac{dI}{dt} = 2R I'R - E - I'R$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

N 4. Задача 6 началь

Продолжение:

Энергия системы сразу после замыкания ключа:

$$W_H = \frac{2L(I_0 - I_{20})^2}{2} + \frac{3L I_{20}^2}{2} = \frac{2L \cdot \frac{4E^2}{25R^2}}{2} + \frac{3L \cdot \frac{E^2}{R^2}}{2} =$$
$$= \frac{11}{50} \frac{L E^2}{R^2}$$

Стационарный режим

при замкнутом ключе; т.к. при уст. режиме катушек можно считать идеальным

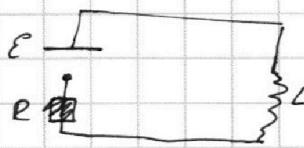
проводником, то

через катушку

через катушку

через резистор R (параллельно $2L$) и

$2R$ тока не будет



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

Тогда конечная энергия:

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

Распишем закон сохранения

энергии:

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

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

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

$$\vartheta_E = \vartheta_{2L} + \vartheta_{3L} + \vartheta_C$$

Дме ϑ_{2L} и ϑ_{3L} :

$$E - RI_1 = \frac{2L \frac{dI}{dt}}{dt} + RI' \quad | \times dt$$

$\cancel{\frac{dI}{dt}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

н5.

1) $n_1 = n_B = 1,0$

$n_1 = 1,6$

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

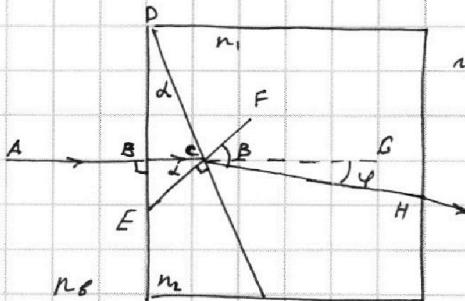
$$n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \beta$$

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

т.к. угол малое:

$$\beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha = \frac{1,6}{1} \cdot 0,05 = 0,08 \text{ rad}$$

т.к. $n_1 = n_B$, то луч будет без преломления



1) Рассмотрим

луч преломляющийся между
воздухом и n_2 , т.к.
он падает \perp поверхности,
то он не будет преломлен
(точка B)

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

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

4) найдем угол отклонения:

угол φ - угол между лучом вышедшим
из системы и \perp к поверхности системы

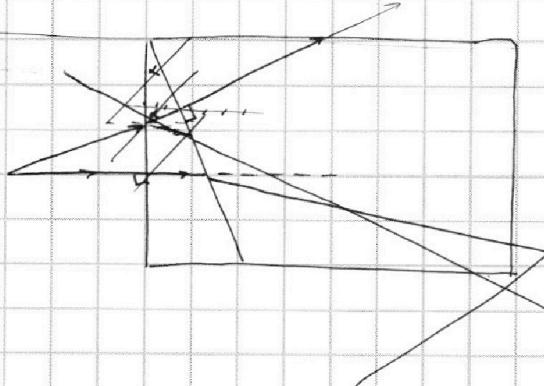
Заметим, что $\beta = \varphi + \alpha$

$$\angle FCG = \alpha \text{ как вертикальные}$$

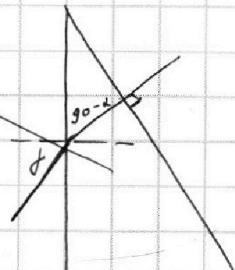
CG - горизонталь // начальной
лучу

$$\varphi = \beta - \alpha = 0,08 - 0,05 = 0,03 \text{ rad}$$

2)



Построим лучи, и/orоц
будут ботодить ч
им призмам n_1 & n_2



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

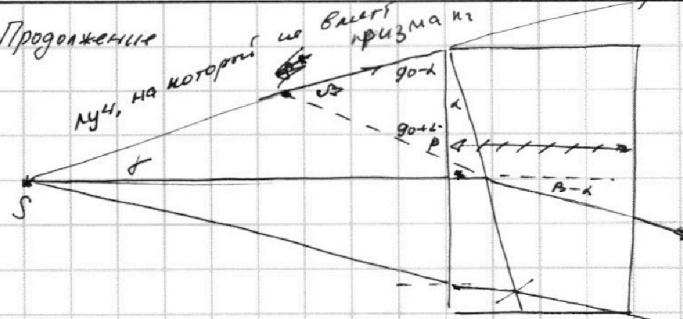
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

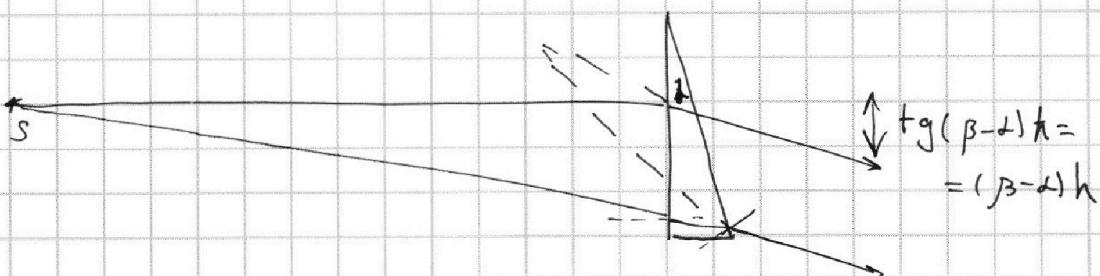
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5 Продолжение



$$\operatorname{tg}(\beta - \alpha) h = \\ = (\beta - \alpha) h$$

$$T \cdot k \quad n_1 = n \theta;$$



$$\operatorname{tg}(\beta - \alpha) h = \\ = (\beta - \alpha) h$$



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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



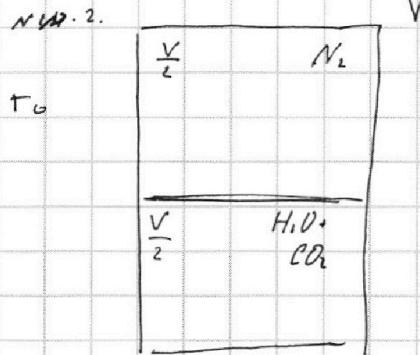
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Черновик

N^o 2.



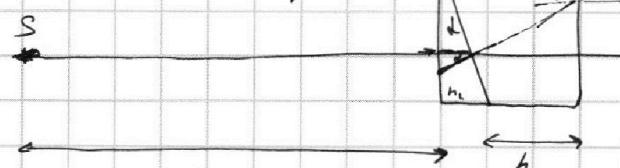
$$\frac{V}{2} \times \frac{V}{2} \times \frac{V}{2}$$

$$\frac{27}{20} = \frac{27}{20} \cdot \frac{1}{2} = \frac{27}{40}$$

$$\frac{3}{10} = \frac{3}{10} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3}{20}$$

~~0.05~~

N^o.



$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$0.05 \times 0.05 = 0.0025$$

$$0.25 \times 0.25 = 0.0625$$

$$\frac{1}{20} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{400}$$

$$\frac{1}{400} \times 0.0025 = 0.00025$$

$$60 \times \frac{1}{10} = \frac{6}{10}$$

$$600 \times \frac{1}{10} = \frac{60}{10}$$

$$0.089$$

$$\frac{1}{20} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{400}$$

$$600 \times \frac{1}{10} = \frac{60}{10}$$

$$\frac{1}{400} \times \frac{1}{400} = \frac{1}{160000}$$

$$\frac{1}{20} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{400}$$

$$600 \times \frac{1}{10} = \frac{60}{10}$$

$$\frac{1}{400} \times \frac{1}{400} = \frac{1}{160000}$$

$$\frac{1}{20} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{400}$$

$$600 \times \frac{1}{10} = \frac{60}{10}$$

$$\frac{1}{400} \times \frac{1}{400} = \frac{1}{160000}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$m = 300$$

движет с постоянной
скоростью \rightarrow разгон

$$P = \text{const}$$

$$F_k = 405 \text{ H}$$

$\mathcal{F}_{\text{разг}}$

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

$$ma = F - F_{\text{сопр}}$$

$$F_{30} = 405$$

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

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

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

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

$$450 - 3,75 = \\ = 412,5 \text{ H.}$$

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

$$M = \frac{F_c \cdot v_1}{F_{\text{сопр}}} = \frac{405 \cdot 10}{9}$$

$$\frac{4050}{36} / \frac{9}{45} =$$

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

$$\frac{12,5}{3} =$$

=

=