



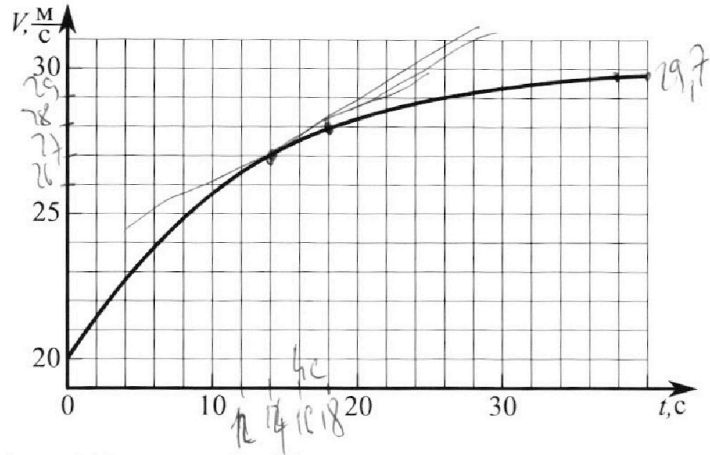
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.
- 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 ?

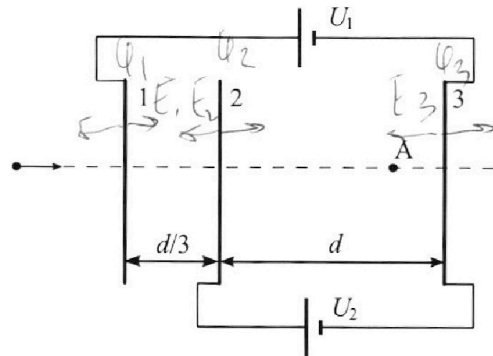
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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 w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(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.

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



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

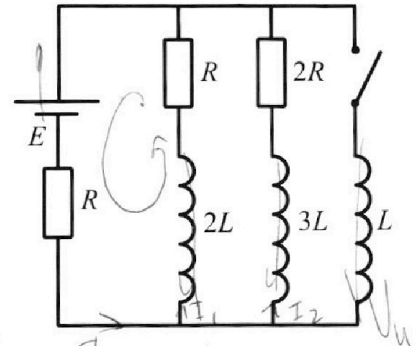
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



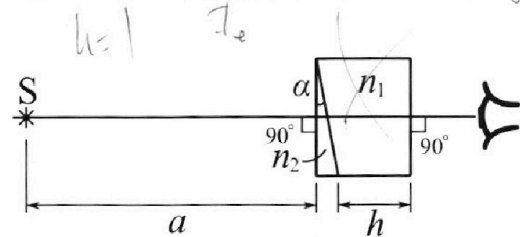
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_b = 1,0$. 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.

Handwritten solution for problem 5:

1) $n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta$
 $\varphi = \beta - \alpha; \beta = \alpha n_2$
 $\varphi = \alpha(n_2 - 1)$

2) $n_1 \theta = n_2 \theta_1 = \frac{\theta}{h_2}$
 $n_1 \theta = n_2 \theta_1 = \frac{\theta}{h_2}$
 $h_2(\alpha - \frac{\theta}{n_2}) = \theta_1$
 $\alpha n_2 - \theta = \theta_1$
 $\theta_1 - \alpha = \alpha(n_2 - 1) - \theta$

3) $\varphi_1 = \alpha(n_2 - 1) - \theta_1$
 $\varphi_2 = \alpha(n_2 - 1) - \theta_2$
 $d = \frac{a \alpha \alpha(n_2 - 1) - \theta}{\alpha(n_2 - 1) - \theta}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Задача

$m = 300 \text{ кг}$
 $N = 12,03 \text{ кВт}$
 $F_f = 405 \text{ Н}$
 $v_1 = 27 \text{ м/с}$

N - полная мощность мотоцикла
 v - скорость мотоцикла (секунда)
 t_1 - момент времени, когда $v(t_1) = v_1$
 $F_{\text{сопр}}$ - сила сопротивления воздуха (секунда)
 a_k, v_k - ускорение и скорость (конечные)

a_1, F_1, η ?

II Закон Ньютона:

$$m \dot{v} = \frac{N}{v} - F_{\text{сопр}}; F = \frac{N}{v} - \text{сила тяги двигателя}$$

1) $a_1 = \dot{v}(t_1); a_1 \approx \frac{(v_1 + \Delta v) - v_1}{\Delta t}; \Delta v, \Delta t$ - малые приращение скорости и времени

Возьмем $\Delta v = 1 \text{ м/с}, \Delta t = 4 \text{ м/с}$ (из графика).

$$a_1 \approx \frac{1 \text{ м/с}}{4 \text{ с}} = 0,25 \text{ м/с}^2$$

2) $a_k \approx 0 \text{ м/с}^2 \Rightarrow 0 = \frac{N}{v_k} - F_k, N = F_k v_k \approx 405 \text{ Н} \cdot 29,4 \text{ м/с} \approx 12,03 \text{ кВт}$

$$m a_1 = \frac{N}{v_1} - F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{N}{v_1} - m a_1 \approx \frac{12,03 \text{ кВт}}{27 \text{ м/с}} - 300 \text{ кг} \cdot 0,25 \text{ м/с}^2 \approx 370 \text{ Н}$$

3) $N_{\text{пол}}$ - мощность, затрачиваемая на разгон
 N_c - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления

$$N = N_{\text{пол}} + N_c \Rightarrow m a_1 = \frac{N_{\text{пол}} + N_c}{v_1} - F_1; m a_1 = \frac{N_{\text{пол}}}{v_1} + \frac{N_c}{v_1} - F_1$$

$$\begin{cases} N_{\text{пол}} = m a_1 v_1 \\ N_c = N - N_{\text{пол}} \end{cases} \Rightarrow N_c = N - m a_1 v_1 \approx 12,03 \text{ кВт} - 300 \text{ кг} \cdot 0,25 \text{ м/с}^2 \cdot 27 \text{ м/с} \approx 10,005 \text{ кВт}$$

Доля мощности на преодоление сопротивления:

$$\eta = \frac{N_c}{N} = \frac{10,005 \text{ кВт}}{12,03 \text{ кВт}} \approx 83,3\%$$

Ответ: $0,25 \text{ м/с}^2; 370 \text{ Н}; 83,3\%$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Дано:

V, T_0
 $T = \frac{4T_0}{3} = 373K = 100^\circ C$
 $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$
 $RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

$\eta, p = ?$

ΔV - искомое отношение
 V_c - полное кол-во вез-ва азота
 ΔV - кол-во CO_2 , растворенного в H_2O в начальный момент времени
 V_N - кол-во вез-ва азота
 V_H - кол-во вез-ва паров H_2O после окончания нагревания
 p_0 - давление в сосуде в начальный момент времени.

N_2	p_0	$V/2$
CO_2	p_0	$V/4$
$H_2O + CO_2$	---	$V/4$

Закон для идеального газа (Ур-ие Менделеева - Клапейрона)

$N_2: p_0 \frac{V}{2} = \nu_N RT_0$
 $CO_2: p_0 \frac{V}{4} = (\nu_c - \Delta V) RT_0$
 $\Delta V = k p_0 \frac{V}{4}$
 $\nu_N = \frac{p_0 V}{2RT_0}$
 $\nu_c = \frac{p_0 V}{4RT_0} + \frac{k p_0 V}{4}$

1) $\eta = \frac{\nu_N}{\nu_c} = \frac{p_0 V}{2RT_0 (\frac{p_0 V}{4RT_0} + \frac{k p_0 V}{4})} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{kRT_0}{2}} = \frac{2}{kRT_0 + 1}$

$T_0 = \frac{3T}{4} \Rightarrow RT_0 = \frac{3}{4} RT = \frac{3}{4} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} = 2,25 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

$\eta = \frac{2}{0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}} \cdot 2,25 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} + 1} \approx \boxed{0,85}$

2)

N_2	p	$V/6$
$CO_2 + H_2O$	p	$\frac{3V}{4} - V/6$
H_2O	---	$V/4$

$p \frac{V}{6} = \nu_N RT$
 $(p - p_{atm}) (\frac{3V}{4} - \frac{V}{6}) = \nu_c RT$
 $\nu_N = \frac{p_0 V}{2RT_0}$
 парциальное давление CO_2

$p = 4p_0$
 $p = \frac{p_{atm}}{1 - \frac{4 + 3kRT}{28}} = \frac{140}{93} p_{atm}$

Ответ: 0,85; $\frac{140}{93} p_{atm}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

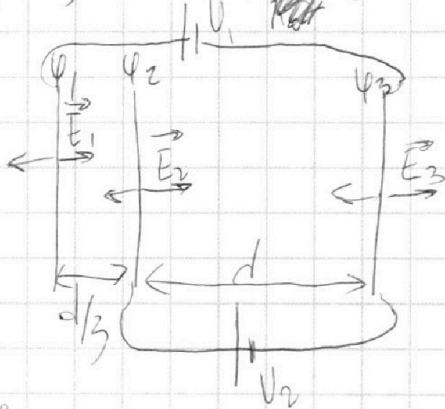


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Дано:
 $d, U_1 = 2V, U_2 = V$
 $m, q > 0$
 v_0

^{N3}
 a_{123} - ускорение частицы в области между сетками 2 и 3.
 v_A - скорость частицы в т. А.
 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ - соотв. потенциалы на сетках 1, 2, 3.
 E_1, E_2, E_3 - соотв. поля между сетками 1, 2, 3.



Реальные поля могут отличаться от представленных на рисунке направлений. Реальное направление будет получено из расчетов.

По условию:

$$\begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = 2V \\ \varphi_2 - \varphi_3 = V \end{cases}$$

Суперпозиция полей:

$$\begin{cases} E_2 \cdot \frac{d}{3} + E_3 \cdot \frac{2d}{3} = \varphi_1 \\ E_1 \cdot \frac{d}{3} + E_3 \cdot d = \varphi_2 \\ E_1 \cdot \frac{2d}{3} + E_2 \cdot d = \varphi_3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} E_1 = E_2 = \frac{V}{d} \\ E_3 = \frac{3V}{d} \\ \varphi_1 = \frac{13V}{3}, \varphi_2 = \frac{10V}{3}, \varphi_3 = \frac{7V}{3} \end{cases}$$

1) Из закона Ньютона: $(E_1 + E_2 - E_3)q = ma \Rightarrow |a| = \left| \frac{q}{m} \cdot \left(-\frac{V}{d}\right) \right| = \frac{Vq}{md}$

2) ЗСЭ: $k_2 + \varphi_2 q = \frac{mv_0^2}{2} + 0; k_3 + \varphi_3 q = \frac{mv_0^2}{2} + 0$

$k_3 - k_2 = -\varphi_3 q + \varphi_2 q = q(\varphi_2 - \varphi_3) = \frac{Vq}{3}$

3) Поле между 2 и 3 однородно, сл-но $\varphi_A = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{3} + \varphi_3 = \frac{8V}{3}$

ЗСЭ: $\frac{mv_A^2}{2} + \varphi_A q = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2\varphi_A q}{m}} = \sqrt{v_0^2 - \frac{16Vq}{3m}}$

Ответ: $\frac{Vq}{md}; Vq; \sqrt{v_0^2 - \frac{16Vq}{3m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

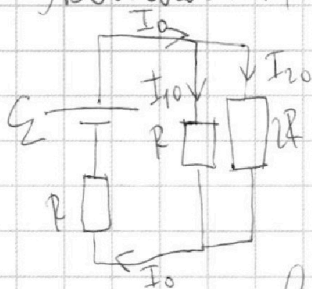
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

- №4
- 1) Решил везти установленная $\Rightarrow t \rightarrow \infty \Rightarrow$ Индукция ~~закон~~ ^{закон} напряжение на катушках нулевое.

Эквивалентная схема:



$$I_{20} \cdot 2R = I_{10} \cdot R$$

$$I_{20} + I_{10} = I_0$$

$$I_0 \cdot 2R + I_0 R = \mathcal{E}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_0 = \frac{3\mathcal{E}}{5R} \\ I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R} \end{cases}$$

I_0 - установленная ток во внешней цепи.

- 2) Сразу после замыкания ключа ток во внешней цепи не успеет измениться и равен I_0 .
II закон Кирхгофа для контура с индуктивностью L и источником ЭДС:

$$I_0 R - U_{\text{ин}} = \mathcal{E} \Rightarrow U_{\text{ин}} = -\frac{2\mathcal{E}}{5} - \text{индукционное напряжение на катушке } L.$$

$$U_{\text{ин}} = -L \dot{I}_0, \text{ где } \dot{I}_0 - \text{исконная скорость возрастания тока.}$$

$$\dot{I}_0 = \frac{-2\mathcal{E}/5}{-L} = \frac{2\mathcal{E}}{5L}$$

Ответ: $\frac{\mathcal{E}}{5R}$; $\frac{2\mathcal{E}}{5L}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

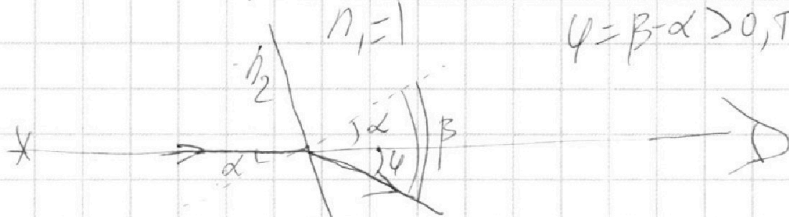
МФТИ

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



1) Дано:
 $n_1 = n_0 = 1,0$
 $n_2 = 1,6$
 $\varphi = ?$

^{N5}
 φ -искаемый угол.
 луч \perp левой грани \Rightarrow будет только
 одно преломление на границе n_1, n_2



$\varphi = \beta - \alpha > 0$, т.к. $n_1 < n_2$

Закон Снеллиуса: $n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \beta$

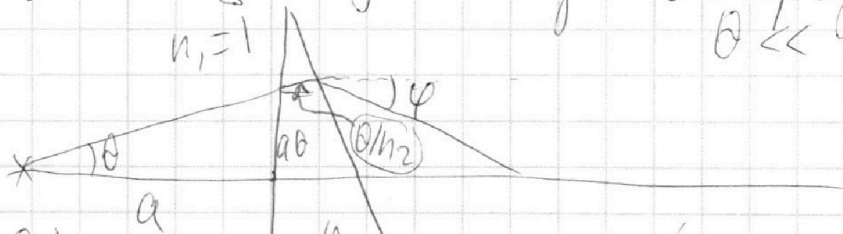
$\alpha, \beta \ll 1 \Rightarrow \sin \alpha \approx \alpha, \sin \beta \approx \beta$

$n_1 = 1 \Rightarrow \beta = \alpha n_2$

$\varphi = \beta - \alpha = \alpha(n_2 - 1) = \frac{\alpha}{0,05} (1,6 - 1) = \frac{3}{5} \alpha$ 0,03 рад

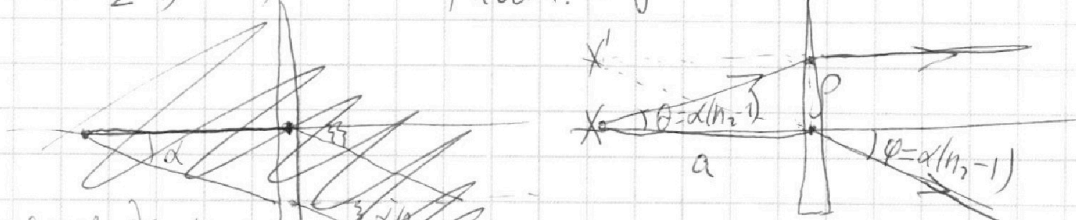
2) Дано:
 $n_1 = n_0 = 1,0$
 $n_2 = 1,6$
 $f = ?$

Исходящий луч имеет угол θ с горизонталью,
 $\theta \ll 1$.



$\varphi = n_2(\alpha - \frac{\theta}{n_2}) - \alpha$, при условии $\theta < \alpha(n_2 - 1)$

$\varphi = \alpha(n_2 - 1) - \theta$; Рассм. лучи $\theta = 0, \theta = \alpha(n_2 - 1)$.



Расстояние до минимума отклонения от источника

$f = a \cdot \text{tg}(\alpha(n_2 - 1)) \approx a \cdot \alpha(n_2 - 1) = 200 \text{ см} \cdot 0,03 \text{ рад} = 6 \text{ см}$

Ответ: 0,03 рад; 6 см

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

$$m\dot{v} = \frac{N}{v} - F_{\text{сопр}}$$

N - мощность
оборота

$$a_1 = \dot{v}(t_1); \quad v(t_1) = v_1$$

v_1 -
 F -
 t_1 - момент.

$$a_1 \approx \frac{v_1 + \Delta v}{\Delta t} v_1$$

$$\Delta t = 4e, \quad \Delta v = 1 \text{ м/с}$$

$$a_1 = \frac{1 \text{ м/с}}{4e} = 0,25 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{кр}} \approx 0 \text{ м/с}^2 \Rightarrow \frac{N}{v_{\text{кр}}} = F_{\text{кр}} \Rightarrow N = F_{\text{кр}} v_{\text{кр}} = 405 \cdot 29,7 \approx 12,03 \text{ кВт}$$

$$\begin{array}{r} 405 \cdot 29,7 \\ 405 \cdot 40,5 \\ \hline 1185 \\ 1188 \\ \hline 12028,5 \end{array}$$

$$ma_1 = \frac{N}{v_1} - F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{N}{v_1} - ma_1 = \frac{12,03 \cdot 10^3}{27} - 300 \cdot 0,25 = 445 - 75 = 370 \text{ Н}$$

$$\begin{array}{r} 12030 \\ - 10800 \\ \hline 1230 \\ - 150 \\ \hline 1080 \\ - 150 \\ \hline 930 \end{array}$$

$$ma_1 = \frac{N_{\text{пол}} + N_e}{v_1} - F_1$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ \times 27 \\ \hline 150 \\ 2025 \\ \hline 2025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 550 \\ - 48 \\ \hline 502 \\ - 20 \\ \hline 482 \end{array}$$

$$ma_1 = \frac{N_{\text{пол}}}{v_1} + \frac{N_e}{v_1} - F_1$$

$$\left. \begin{array}{l} N_{\text{пол}} = ma_1 v_1 \\ N_e = N - N_{\text{пол}} \end{array} \right\} \Rightarrow N_e = N - ma_1 v_1 = 12,03 \cdot 10^3 - 300 \cdot 0,25 \cdot 27 = 12030 - 2025 = 10005$$

$$\eta = \frac{N_e}{N} = \frac{10005}{12030} \approx 83,3\% \approx 1988 \text{ Вт}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Черновик

$$\begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = 2V \\ \varphi_2 - \varphi_3 = V \end{cases}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = V$$

$$E_1 \cdot d + E_2 \cdot \frac{d}{3}$$

~~$$E_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$~~

$$E_2, E_3 \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{B \cdot \mu_0}{\epsilon_0}$$

$$\begin{cases} E_3 \cdot \frac{d}{3} = V \\ E_3 = \frac{3V}{d} \end{cases}$$

~~$$E = E_{ср}$$~~

$$E_2 \cdot \frac{d}{3} + E_3 \cdot \frac{4d}{3} = \varphi_1$$

$$E_1 \cdot \frac{d}{3} + E_3 \cdot d = \varphi_2$$

$$E_1 \cdot \frac{4d}{3} + E_2 \cdot d = \varphi_3$$

$$E_2 \cdot \frac{d}{3} + 4V = \varphi_1$$

$$E_1 \cdot \frac{d}{3} + 3V = \varphi_2$$

$$E_1 \cdot \frac{4d}{3} + E_2 \cdot d = \varphi_3$$

$$(E_2 - E_1) \frac{d}{3} + V = V$$

$$E_2 = E_1$$

$$E_1 \cdot d + E_1 \cdot d - 3V = -V$$

$$2E_1 \cdot d = 2V \Rightarrow E_1 = E_2 = \frac{V}{d}$$

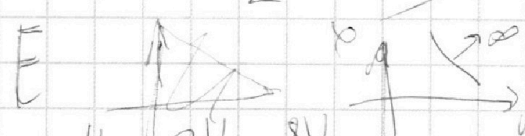
$$(E_1 + E_2 - E_3)q = ma \Rightarrow a = \frac{q}{m} \cdot \frac{V}{d}$$

$$|a| = \frac{Uq}{md}; \quad \varphi_3 = E_1 \cdot \frac{4d}{3} + E_1 \cdot d = \frac{4}{3}V + V = \frac{7V}{3}$$

$$\varphi_1 = \frac{13V}{3}; \quad \varphi_2 = \frac{10V}{3} \quad \infty \text{ - "0" на линии зарядов}$$

$$k_3 - k_2 = \frac{mv_0^2}{2} - \varphi_3 q = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{7Uq}{3}, \quad k_2 = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{10Uq}{3}$$

$$k_3 - k_2 = Uq$$



$$\varphi_A = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{3} + \varphi_3 = \frac{V}{3} + \frac{7V}{3} = \frac{8V}{3}$$

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \varphi_A q = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{8Uq}{3} = \frac{16Uq}{3m}$$

0,05 * 0,6 = 0,03

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

$$\begin{cases} \varphi_1 - \varphi_2 = U \\ \varphi_2 - \varphi_3 = U \end{cases}$$

$$C = \frac{8\pi\epsilon_0}{d}$$

$$k_3 = \frac{mv_3^2}{2} - q_3\varphi$$

$$k_2 = \frac{mv_2^2}{2} - q_2\varphi$$

$$k_3 - k_2 = (q_2 - q_3)\varphi = Uq$$

$$\frac{v_3^2 - v_2^2}{2a} = \frac{d}{3} \frac{dt}{dt}$$

$$R_1 = \frac{2R}{3} = \frac{2}{3}R$$

$$I_0 = \frac{3\varepsilon}{5R}$$

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

$$I_0 = \frac{3\varepsilon}{5R}$$

$$I_0 R - U_{\mu} = \varepsilon$$

$$U_{\mu} = I_0 R - \varepsilon = \frac{3\varepsilon}{5} - \varepsilon = -\frac{2\varepsilon}{5}$$

$$(E_3 + E_2 - E_1) \frac{d}{3} = U$$

$$Q = I^2 R t$$

$$(E_2 + E_1 - E_3) d = -U$$

$$(E_3 - E_1) + E_2 = \frac{3U}{d}$$

$$E_2 - (E_3 - E_1) = -\frac{U}{d}$$

$$(E_1 - E_3) + E_2 = ma$$

$$\left(\frac{U}{d} - \frac{2U}{d}\right) q = ma \Rightarrow a = \frac{Uq}{dM}$$

$$R \cdot I_{20} + I_0 R = \varepsilon$$

$$U = L \frac{dI}{dt}$$

$$-\varepsilon + I_0 R - U_{\mu} = 0$$

$$\frac{3\varepsilon}{5} - \varepsilon = U_{\mu} = L \frac{dI_{\mu}}{dt}$$

$$\frac{2\varepsilon}{5L} = \dot{I}_{\mu}$$