



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

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



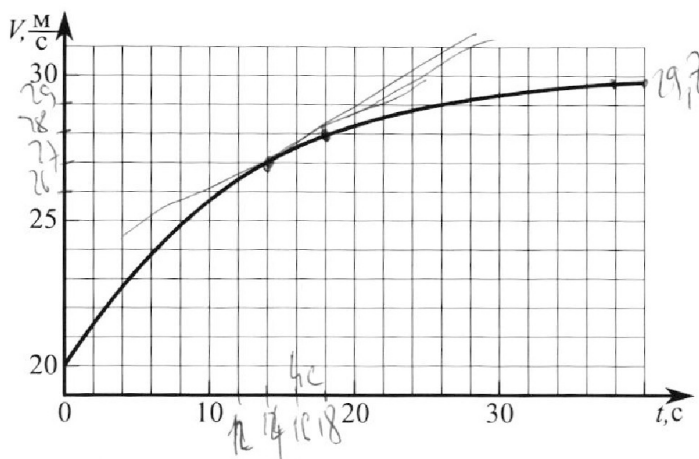
1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на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

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

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

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

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.



2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kp w$. 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 $RT \approx 3 \cdot 10^3$ 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.

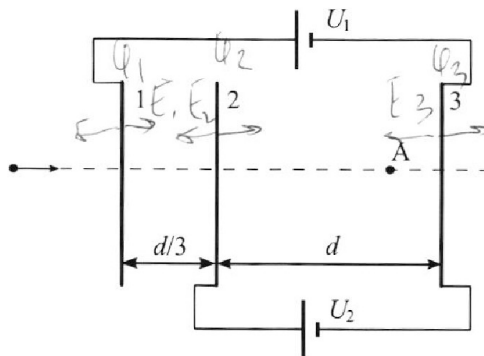
2) Определите конечное давление в сосуде P . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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.



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!

Задача

$m = 300 \text{ кг}$

$N = 40 \text{ кВт}$

$F_c = 405 \text{ Н}$

$v_1 = 27 \text{ м/с}$

$a_1, F_1, \eta = ?$

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)

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 (из графика).

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

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

$\approx 12,03 \text{ кВт}$
 $ma_1 = \frac{N}{v_1} - F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{N}{v_1} - ma_1 \approx \frac{12,03 \text{ кВт}}{27 \text{ м/с}} - 300 \text{ кг} \cdot 0,25 \text{ м/с}^2 \approx 370 \text{ Н}$

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

N_c - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления

$N = N_{\text{пол}} + N_c \Rightarrow ma_1 = \frac{N_{\text{пол}} + N_c}{v_1} - F_1; ma_1 = \frac{N_{\text{пол}}}{v_1} + \frac{N_c}{v_1} - F_1$

$\begin{cases} N_{\text{пол}} = ma_1 v_1 \\ N_c = N - N_{\text{пол}} \end{cases} \Rightarrow N_c = N - ma_1 v_1 \approx 12,03 \text{ кВт} - 300 \text{ кг} \cdot 0,25 \text{ м/с}^2 \cdot 27 \text{ м/с} \approx 10,005 \text{ кВт}$

Доля мощности на преодоление сопротивления:

$\eta = \frac{N_c}{N} = \frac{10,005 \text{ кВт}}{12,03 \text{ кВт}} \approx 83,3\%$ Ответ: $0,25 \text{ м/с}^2; 370 \text{ Н}; 83,3\%$

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:

V, T_0

$$T = \frac{4T_0}{3} = 323K = 100^\circ C$$

$$k \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$\eta, p - ?$

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

Закон для идеального газа
(Упр-е Менделеева - Клапейрона)

$$N_2: p_0 \frac{V}{2} = \nu_N RT_0$$

$$CO_2: p_0 \frac{V}{4} = (\nu_C - \Delta \nu) RT_0$$

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

$$\left\{ \begin{aligned} \nu_N &= \frac{p_0 V}{2RT_0} \\ \nu_C &= \frac{p_0 V}{4RT_0} + \frac{k p_0 V}{4} \end{aligned} \right.$$

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

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

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

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

$$p \frac{V}{6} = \nu_N RT; \quad (p - p_{\text{атм}}) \left(\frac{3V}{4} - \frac{V}{6} \right) = \nu_C RT$$

$$\nu_N = \frac{p_0 V}{2RT_0}$$

$$p = 4p_0$$

парциальное давление CO_2

$$p = \frac{p_{\text{атм}}}{1 - \frac{4 + 3kRT}{28}}$$

$$= \frac{p_{\text{атм}}}{1 - \frac{4 + 3 \cdot 0,6 \cdot 3}{28}} = \boxed{\frac{140}{93} p_{\text{атм}}}$$

Ответ: 0,85; $\frac{140}{93} \cdot p_{\text{атм}}$

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!



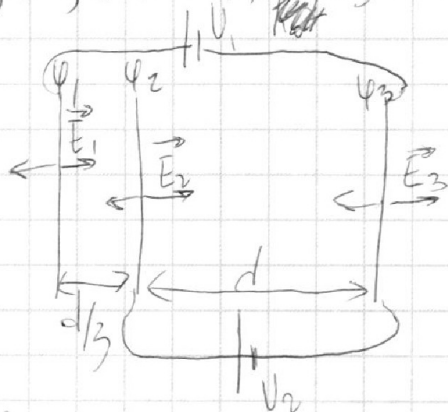
Дано:
 $U_1 = 2V, U_2 = V$
 $m, q > 0$
 v_0

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



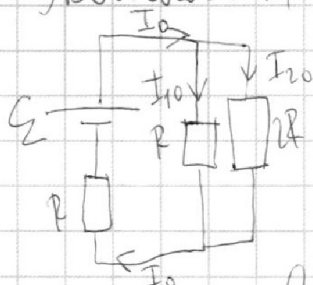
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

N4

- 1) Режим ВЗНН установлен $\Rightarrow t \rightarrow \infty \Rightarrow$ ~~индуктивное~~ ^{стационарное} напряжение на катушках нулевое.

Эквивалентная схема:



$$\begin{cases} I_{20} \cdot 2R = I_{10} \cdot R \\ I_{20} + I_{10} = I_0 \\ I_{20} \cdot 2R + I_0 R = E \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_0 = \frac{3E}{5R} \\ I_{20} = \left[\frac{E}{5R} \right] \end{cases}$$

I_0 - установившийся ток во внешнем контуре цепи.

- 2) Сразу после замыкания ключа ток во внешнем контуре не успеет измениться и равен I_0 .
 По II закону Кирхгофа для контура с индуктивностью L и источником ЭДС:

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

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

$$\dot{I}_0 = \frac{-2E/5}{-L} = \left[\frac{2E}{5L} \right]$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

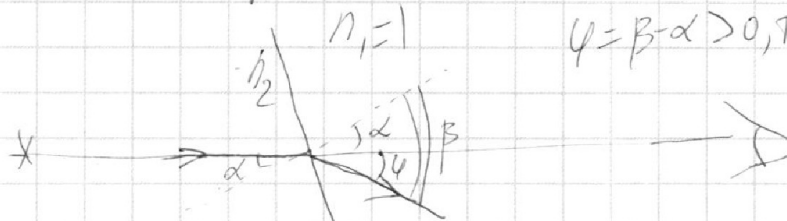
МФТИ

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 -искомый 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: $n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \beta$

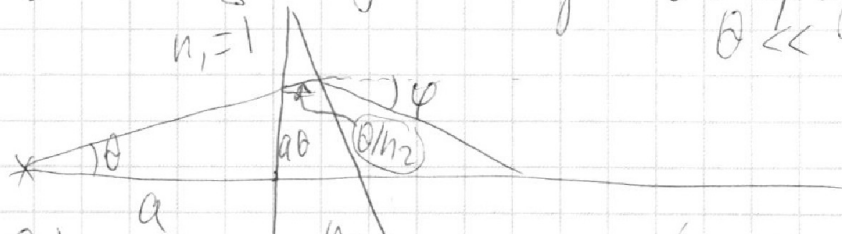
$\alpha, \beta \ll 1 \Rightarrow \sin \alpha \approx \alpha, \sin \beta \approx \beta$

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

$\varphi = \beta - \alpha = \alpha(n_2 - 1) = \alpha(1,6 - 1) = 0,05 \cdot \alpha$ 0,03 рад

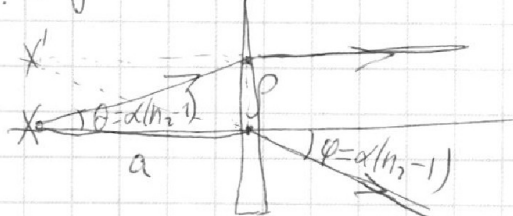
2) Дано:
 $n_1 = n_0 = 1,0$
 $n_2 = 1,6$
 $f = ?$

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 минимального отклонения от источника

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

Ответ: 0,03 рад; 6 см



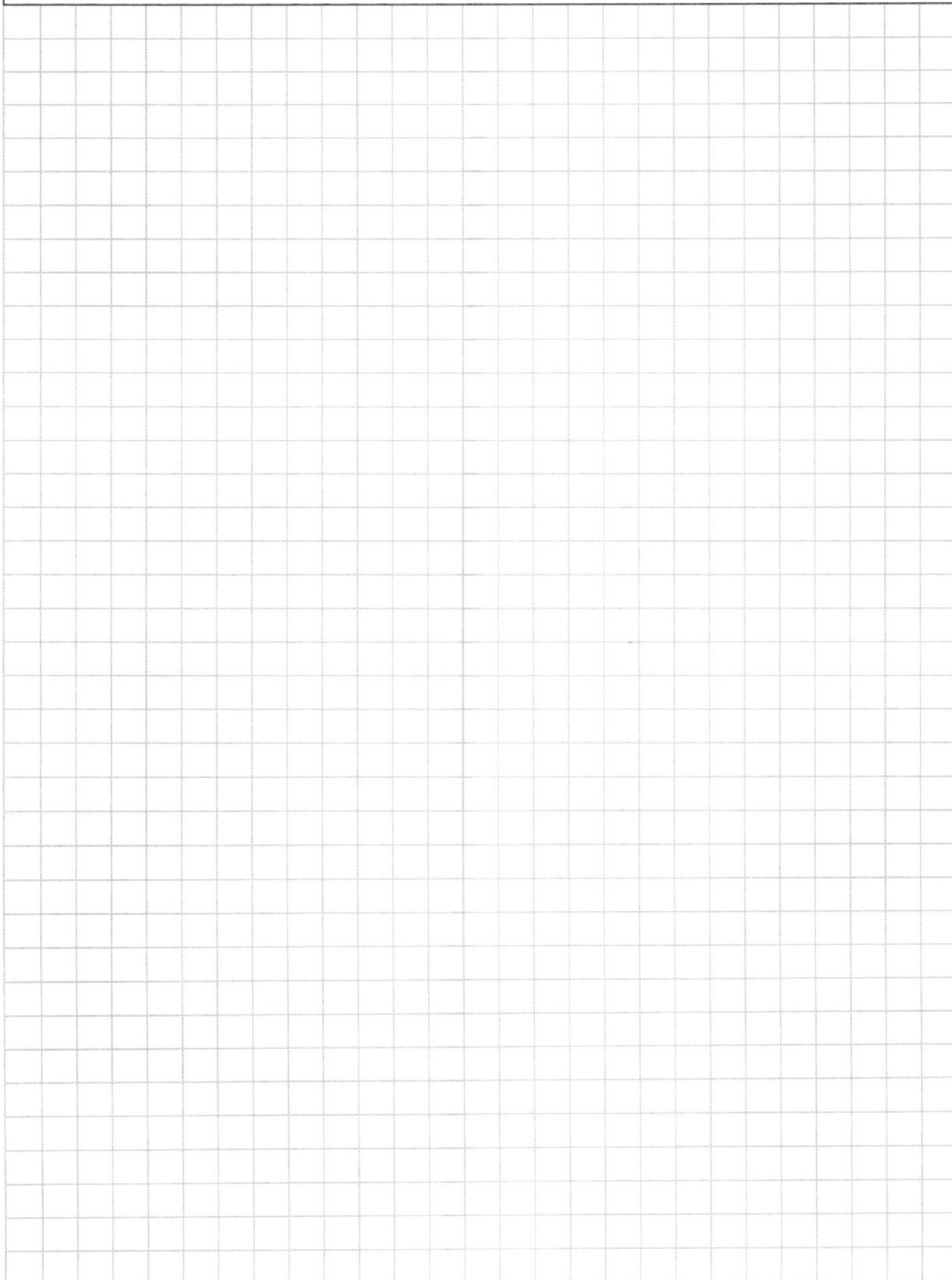
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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!

$$m = 300 \text{ кг}$$

$$v = \text{const.}$$

$$F_k = 405 \text{ Н}$$

$$v_1 = 27 \text{ м/с}$$

Черновик

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

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

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

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

N - мощность
оборота

v -

F -

t₁ - момент.

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

$$a_k \approx 0 \text{ м/с}^2 \Rightarrow \frac{N}{v_k} = F_k \Rightarrow N = F_k v_k = 405 \cdot 27,7 \approx 12,03 \text{ кВт}$$

$$m a_1 = \frac{N}{v_1} - F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{N}{v_1} - m a_1 = \frac{12,03 \cdot 10^3}{27} - 300 \cdot 0,25$$

$$= 0,445 \cdot 10^3 - 75 = 445 - 75 \approx 370 \text{ Н} \quad (2)$$

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

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

$$\begin{cases} N_{\text{пол}} = m a_1 v_1 \\ N_c = N - N_{\text{пол}} \end{cases} \Rightarrow N_c = N - m a_1 v_1 = 12,03 \cdot 10^3 - 300 \cdot 0,25 \cdot 27 = 12030 \text{ Вт}$$

$$\eta = \frac{N_c}{N} = \frac{10,005}{12,03} \approx 83,3\% \approx 198 \text{ Вт}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

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



$\frac{V}{2} \frac{N_2}{T_0} \rightarrow \frac{128}{10,335} \Delta V = \frac{K P V}{T_0} \text{ const.}$
 $\frac{V}{2} \frac{N_2}{T_0} \rightarrow \frac{128}{10,335} \Delta V = \frac{K P V}{T_0} \text{ const.}$
 $T = \frac{4T_0}{3} = 373K$
 $V_1 = \frac{V}{6}$
 $\frac{P V}{6} = \frac{P_0 V}{2RT_0}$
 $3 \cdot 0,6 = 1,8$
 54
 N_2
 P_0
 $V/2$
 $V/4$
 $V/4$
 $1 - 0,335 = 0,665$
 $P_0 \frac{V}{2} = \frac{K P V}{T_0}$
 $P_0 \frac{V}{4} = (P_c - \Delta V) RT_0$
 $\Delta V = K P_0 \frac{V}{4}$
 $\Delta u = h \cdot u = \frac{P}{4} (4 + 3RT) = \frac{P}{28} (4 + 3RT)$

P, V, T_1	$V_1 = \frac{V}{4}$	$2,25$	$0,6$	$9,1$
P_*, T_1	$\frac{3V}{4} - V_1$	350	2	140
$\dots$	$V/4$	665	$2,35$	1250

 $P_{\text{atm}} = P_{\text{atm}}$
 $P \frac{V}{6} = P_N RT$
 $P_{\text{atm}} (\frac{3V}{4} - \frac{V}{6}) = P_H RT$
 $(P_* - P_{\text{atm}}) (\frac{3V}{4} - \frac{V}{6}) = P_c RT$
 $P = \frac{6RT_1 \cdot P_0 V / 2RT_0 - 3 \frac{T_*}{T_0} P_0 = 4P_0}{235} = \frac{40}{47}$
 $P - P_{\text{atm}} = \frac{300}{4} - \frac{V}{6} - \frac{9V}{12} - \frac{2V}{12} = \frac{2V}{12}$
 $P - P_{\text{atm}} = \frac{12}{7} \cdot RT \left(\frac{P_0 V}{4RT_0} + \frac{K P_0 V}{4} \right) = \frac{12}{7} \left(\frac{1}{3} + \frac{KRT}{4} \right) = \frac{12}{7} \left(\frac{1}{3} + \frac{KRT}{4} \right)$

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



Черновик.

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

$$\varphi_1 - \varphi_2 = V$$

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

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E_2, E_3$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{B \cdot \mu_0}{\epsilon_0} = \frac{B \cdot \mu_0}{\epsilon_0}$$

$$E_3 \cdot \frac{d}{3} = V$$

$$E_3 = \frac{3V}{d}$$

$$\omega = E \cdot \epsilon_0$$

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

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

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

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

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

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

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

$$E_2 = E_1$$

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

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

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

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

$$\varphi_1 = \frac{13V}{3}; \quad \varphi_2 = \frac{10V}{3}; \quad \infty - "0" \text{ по полю.}$$

$$E_3 = \frac{mv_0^2}{2} - \varphi_3 q = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{7Vq}{3}; \quad E_2 = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{10Vq}{3}$$

$$E_3 - E_2 = Vq$$



$$\frac{2 \cdot \frac{4V}{3} \cdot q}{m} =$$

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

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

$$0,05 \cdot 0,6 = 0,03$$



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

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

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

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

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

$$E_2 = \frac{U}{d}, \quad E_3 - E_1 = \frac{2U}{d}$$

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

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

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

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

$$\frac{dI}{dt} \quad R \cdot I_{20} \neq I_{0R} = \varepsilon$$

$$\varepsilon + I_0 R = -2L \frac{dI_1}{dt}$$

$$- \varepsilon + I_0 R = -2L \frac{dI_1}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt} + I_1 R =$$

$$-2L \frac{dI_2}{dt}$$

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

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

$$\frac{2}{3}R + \frac{1}{3}R = \frac{5}{3}R$$

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

$$I_{10} = 2I_{20} \quad I_{10} = \frac{2\varepsilon}{5R}, \quad I_{20} = \frac{\varepsilon}{5R}$$

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

$$I_0 R - U_n = \varepsilon$$

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

$$\frac{3\varepsilon}{5} - \varepsilon = U_n = L \frac{dI_n}{dt}$$

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