



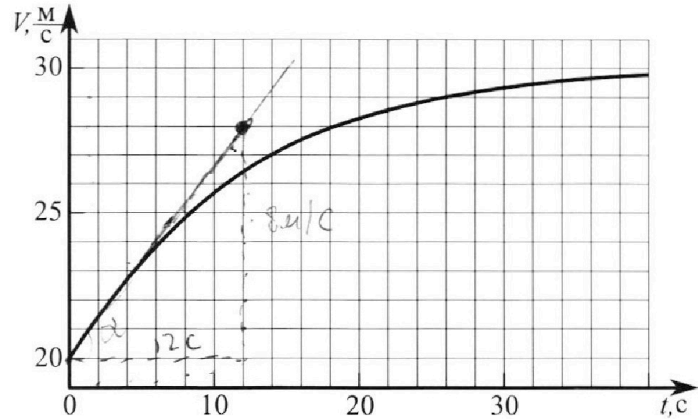
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ 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 $F_k = 200$ Н.



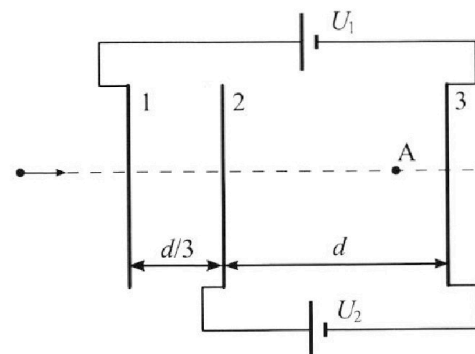
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность числа нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

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/($\text{м}^3 \cdot \text{Па}$). 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 начальное давление в сосуде P_0 . 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 $U_1 = 5U$ 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 $3d/4$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023



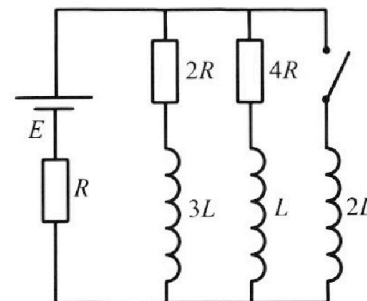
Вариант 11-04

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

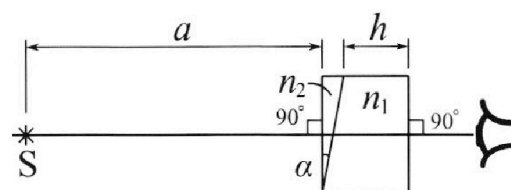
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ 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 $a = 100$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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) в координатах $(v(t))$ — тангенс касательной к графику в этой точке — ускорение
 $a_0 = \frac{8 \text{ м/с}}{12 \text{ с}} = \frac{2}{3} \text{ м/с}^2$

2) при скорости $v = 30 \text{ м/с}$ $a \rightarrow 0$
 \Downarrow
 $F_T = F_K$

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F_T v = \text{const}$$

$$\frac{N}{v_0} = F_K \Rightarrow N = F_K \cdot 30 \text{ м/с} = 6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$ma = F_T - F_0 \Rightarrow F_0 = F_T - ma = \frac{N}{v_0} - ma =$$
$$= \frac{6000}{20} - \frac{240 \cdot 2}{3} = 300 - 160 = \boxed{140 \text{ Н}} = F_0$$

3)

$$N \sim F$$
$$\boxed{\frac{F_0}{F} = \frac{140}{300} = \frac{7}{15}}$$

1

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

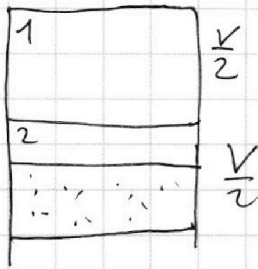
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

1)



$$V_1 = \frac{V}{2}$$

$$V_2 = \frac{4V}{8} - \frac{3V}{8} = \frac{V}{8}$$

система в равновесии

$$\Downarrow$$

$$P_1 = P_2 = P_0$$

$$\frac{P_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0}{P_0 \frac{V}{8} = \nu_2 R T_0} \Rightarrow \boxed{4 = \frac{\nu_1}{\nu_2}}$$

2)

после нагревания появляется
существенное давление водяных паров

$$P \cdot \frac{V}{8} = \nu_1 R \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$\frac{P \frac{V}{8}}{P_0 \frac{V}{2}} = \frac{\nu_1 R \frac{4}{3} T_0}{\nu_2 R T_0} = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{1}{4} = \frac{4}{3}$$

$$P_2 \cdot \frac{V}{2} = \nu_2 R \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$\Downarrow$$

$$P = \frac{16}{3} P_0$$

$$P_2 + P_{\text{ATM}} = P$$

$$\nu_1 = \nu_2 - \Delta \nu \quad (\Delta \nu = K \cdot \frac{3}{8} V \cdot \Delta P) = \nu_2 - K \cdot \frac{3}{8} V \cdot \frac{16}{3} P_0 =$$

$$= \nu_2 - 2 K V P_0 =$$

$$\frac{2(\nu_2 - \frac{13}{8} K V P_0) R \frac{4}{3} T_0}{V} + P_{\text{ATM}} = \frac{16}{3} P_0 = \nu_2 - \frac{13}{8} K V P_0$$

$$2 \cdot \left(\frac{\nu_2 R T_0}{V} \cdot \frac{4}{3} - \frac{13}{8} K V P_0 R \frac{4}{3} T_0 \right) + P_{\text{ATM}} = \frac{16}{3} P_0$$

$$2 \left(\frac{P_0}{8} \cdot \frac{4}{3} - \frac{13}{8} \cdot 0.6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 P_0 \right) + P_{\text{ATM}} = \frac{16}{3} P_0$$

$$\frac{P_0}{3} - \frac{13}{8} \cdot 1.8 P_0 + P_{\text{ATM}} = \frac{16}{3} P_0$$

6

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 checked="" type="checkbox"/>	<input 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!



$$\frac{P_0}{3} - \frac{13}{8} \frac{18}{10} P_0 + P_{\text{ATM}} = \frac{16}{3} P_0$$

$$\frac{P_0}{3} - \frac{117}{40} P_0 + P_{\text{ATM}} = \frac{16}{3} P_0$$

$$-\frac{117}{40} P_0 + P_{\text{ATM}} = 5 P_0$$

$$P_{\text{ATM}} = \frac{317}{40} P_0 \Rightarrow P_0 = \frac{40}{317} P_{\text{ATM}}$$

$$P_{\text{ATM}} = \frac{217}{20} P_0$$

$$P_0 = \frac{20}{217} P_{\text{ATM}}$$

7

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 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) ~~$\Delta U_{2A} = \frac{3}{4} U$~~
 ~~$\Delta U_{13} = \frac{2}{3} 9 \cdot U$~~
 $U_{13} =$

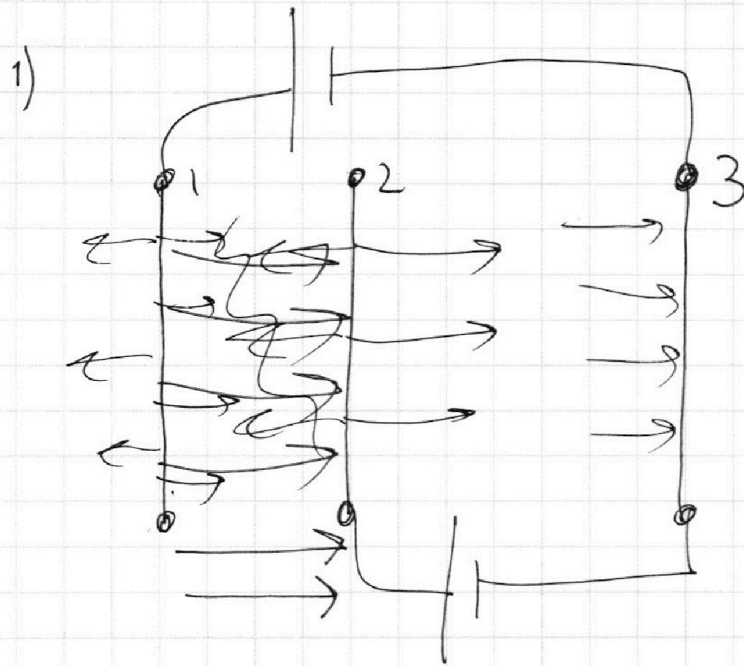
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



поле направлено от 2 к 3

$$\Delta\varphi_{23} = U = E_{23} \cdot d$$

$$\Delta\varphi_{13} = 5U = E_{13} \cdot \frac{4}{3}d$$

$$E_{23} = \frac{U}{d}$$

$$ma = \frac{q \cdot U}{d}$$

$$a = \frac{q \cdot U}{dm}$$

2) $\Delta\varphi = \frac{\Delta W}{q} \Rightarrow \Delta K = U \cdot q$

3) $\Delta\varphi_{12} = 4U$

$$4U \cdot q = \Delta K_{12}; \Delta K_{2A} = \frac{3}{4}U \cdot q$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 4,75q \cdot U + \frac{mv_x^2}{2}$$

$$mv_0^2 = 9,5q \cdot U = mv_x^2$$

$$\sqrt{\frac{mv_0^2 - 9,5q \cdot U}{m}} = v_x$$

при $v_0 < \sqrt{\frac{9,5q \cdot U}{m}}$

частица не достигнет q_0

т. А ~~скорость~~ ~~длина волны~~

5

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

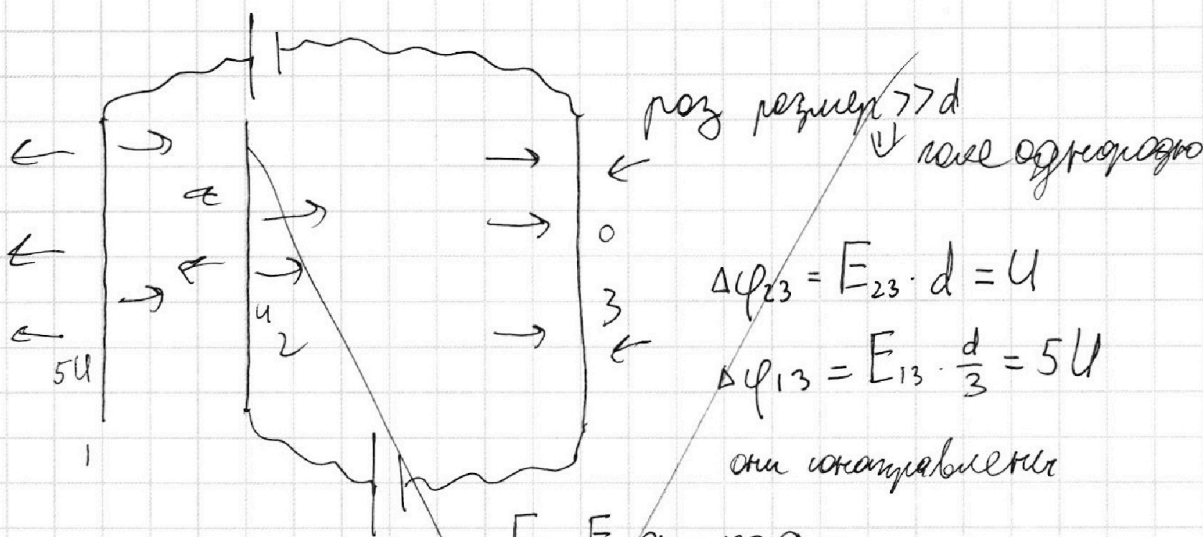
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

1)



$$\Delta\varphi_{23} = E_{23} \cdot d = U$$

$$\Delta\varphi_{13} = E_{13} \cdot \frac{d}{3} = 5U$$

они складываются

$$F = E \cdot q = ma =$$

$$= q \left(\frac{3U}{3d} + \frac{5}{3} \frac{U}{d} \right) = \frac{8}{3} \frac{q \cdot U}{d} = ma$$

$$a = \frac{8q \cdot U}{3dm}$$

2) $\Delta\varphi_{23} = E_{23} \cdot d = U = \frac{\Delta W}{q}$

$$\Delta W_{23} = q \cdot U$$

$$\Delta\varphi_{13} = \frac{5}{3} \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{3} = \frac{5}{9} \frac{U}{d} = \frac{\Delta W}{q} \Rightarrow \Delta W_{13} = \frac{5}{9} \frac{U \cdot q}{d}$$

$$\Delta W_{32} = \frac{14}{9} U \cdot q$$

3) при прелеме 12

$$E_{13} = E_{23}$$

$$\Delta\varphi_{12} = 4U \Rightarrow \Delta W = 4Uq$$

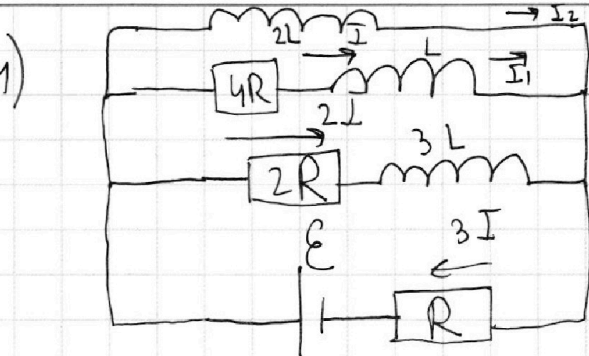
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



режим в цепи установился \Rightarrow
катушки - перемычки

$\Downarrow U_{2R} = U_{4R}$, пусть ток

3-н Кирхгофа для нижней катушки

$$\varepsilon - 3IR - 4IR = 0 \Rightarrow I = \boxed{I_{20} = \frac{\varepsilon}{7R}}$$

2) в катушках L и 3L ток изменится
не может \Rightarrow он такой же а на 2L нулевой

3-н Кирхгофа для внешней катушки

$$-3IR + \varepsilon - L \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\varepsilon - \frac{3R\varepsilon}{7R} = L \frac{dI}{dt}$$

$$\boxed{\frac{4\varepsilon}{7L} = \frac{dI}{dt}}$$

3) 3н К для верхней катушки

$$-4RI_1 - L \frac{dI_1}{dt} + 2L \frac{dI_2}{dt} = 0 \quad | \cdot dt$$

$$-4Rdq_1 - LdI_1 + 2LdI_2 = 0 \quad \text{суммируем}$$

$$-4R\Delta q_1 - L\Delta I_1 + 2L\Delta I_2 = 0$$

в конце $I_{2к} = \frac{\varepsilon}{R}$; м.х. ток будет через верх.

$$\Delta I_1 = 0 - \frac{\varepsilon}{7R} = -\frac{\varepsilon}{7R}$$

$$\Delta I_2 = \frac{\varepsilon}{R} - 0 = \frac{\varepsilon}{R}$$

2

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

 МФТИ

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!



$$+ \frac{L \cdot \varepsilon}{7R} + 2L \cdot \frac{\varepsilon}{R} = 4R \Delta q_1$$

$$\frac{L \varepsilon}{R} \left(\frac{1}{7} + 2 \cdot \frac{7}{7} \right) = 4R \Delta q_1$$

$$\boxed{\frac{L \varepsilon}{4R^2} \left(\frac{15}{7} \right) = \Delta q_1} = \frac{L \varepsilon}{R^2} \cdot \frac{15}{28}$$

3

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

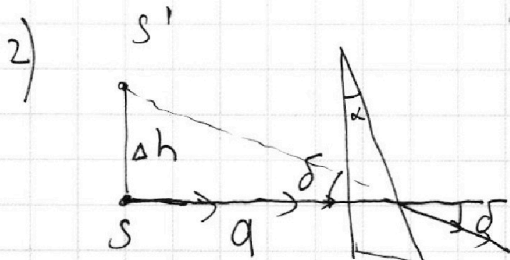
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

n5

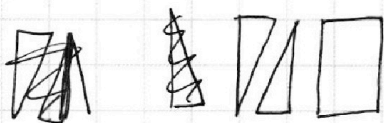
1) $\delta = (n-1)d = 0.7d$



в силу малости углов
эти расстояния на один угол

$$\begin{aligned}\Delta h &= a \cdot \operatorname{tg} \delta = \\ &= a \cdot \delta = a \cdot 0.7 \cdot 0.1 = \\ &= a \cdot 0.07 = \boxed{7 \text{ см}}\end{aligned}$$

3) представим систему



Каждый клин смещает изображение от основания
на $(n-1)d$

I клин \downarrow вниз на 7 см

II клин \uparrow вверх на 4 см

III плоскопараллельно \rightarrow вправо на $\frac{n-1}{n} H = \frac{0.4}{1.4} \cdot 14 = 4 \text{ см}$

итого объект смещен вниз на 3
и вправо на 4

$$\sqrt{4^2 + 3^2} = \boxed{5 \text{ см}}$$

4

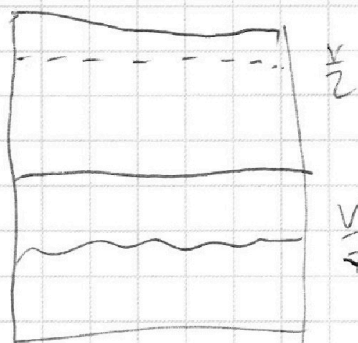
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$$P_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$$

$$P_0 \frac{V}{8} = \nu_2 R T_0$$

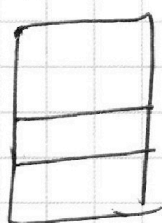
$$\boxed{4 = \frac{\nu_1}{\nu_2}}$$

$$P_1 \frac{V}{8} = \nu_1 R \frac{4}{3} T_0$$

$$P_1 \frac{V}{2} = \nu_2 R \frac{4}{3} T_0$$

$$\nu_2 x = \nu_2 - K \frac{3}{8} V \Delta P$$

$$\frac{1}{4} = \frac{\nu_1}{\nu_2 - \Delta \nu}$$



$$P_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$$

$$P_0 \frac{V}{8} = \nu_2 R T_0$$

$$P_1 \cdot \frac{V}{8} = \nu_1 R \frac{4}{3} T_0 \Rightarrow P_1 = \frac{\nu_1 R T_0 \cdot 32}{V}$$

$$P_0 = \frac{2 \nu_1 R T_0}{V}$$

$$\boxed{P_1 = P_0 \cdot \frac{16}{3}}$$

$$\frac{\nu_2 R T_0}{V} = \frac{P_0}{8}$$

$$P_1 = P_{ATM} + P_r$$

$$P_r \frac{V}{2} = \nu_2 R \frac{4}{3} T_0$$

$$\Delta \nu = \frac{3V}{8} K \cdot \frac{13}{8} P_0$$

$$P_1 = P_{ATM} + \frac{8}{3} \frac{R T_0}{V} \left(\nu_2 - \frac{13}{8} P_0 V K \right)$$

$$P_0 \frac{V}{8} = \nu_2 R T_0$$

$$P_1 \frac{V}{2} = \nu_2 R \frac{4}{3} T_0$$

$$\frac{P_0}{P_1} \cdot \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \frac{\nu_2}{\nu_1}$$

$$\frac{P_0}{P_1} = 3 \frac{\nu_2}{\nu_1}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

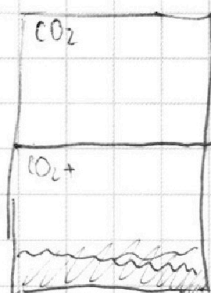
- 1 2 3 4 5 6 7



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



1)



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

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

$$V_{r1} = \frac{4V}{8} - \frac{3V}{8} = \frac{V}{8}$$

$$\frac{P \cdot V_1 = \nu_1 R T}{P V_2 = \nu_2 R T} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{8}} = 4 = \frac{\nu_1}{\nu_2}$$



$$- \frac{d\Phi}{dt} = \mathcal{E} = I R$$

$$\frac{d}{dt} \left(L \cdot \frac{A}{c} \cdot B \right) = I R$$

$$R = \frac{1}{I}$$

2)

$$P_{уст} \frac{V}{8} = \nu_1 R T_0 \frac{4}{3}$$

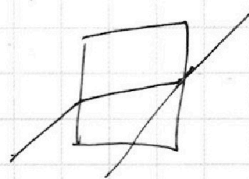
$$\frac{16}{3} P_0 \cdot \frac{5V}{8} = (\nu_2 - \nu_1) R T_{уст}$$

$$P_1 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$$

$$\frac{P_{уст}}{P_1} \cdot \frac{1}{4} = \frac{4}{3} = \frac{16}{3} P_1 = P_{уст} \quad P_{уст} > P_1$$

$$\Delta \rho_{ос} = K \frac{3V}{8} \cdot \Delta P$$

$$P_{уст} \cdot \frac{5V}{8} = (\nu_2 - \nu_1) R T_{уст}$$



$$F_T - F_0 = ma$$

$$A = F S$$

$$N = \frac{A}{t} = F v$$

$$F_T - F_0 = 0$$

$$F_T = F_0$$

$$v_{30} = F_k$$

$$N = F_c \cdot v_{30}$$

$$a_H = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2$$

$$F_c = \frac{F_k \cdot 30}{20}$$

$$\frac{80}{240 \cdot 2} = \frac{3 \cdot 200 - 160}{2} = 300 - 160 = 140 \text{ H}$$

$$F_0 = 140 \text{ H}$$

$$300 \text{ H} \cdot \frac{140}{300} = \frac{7}{15} = 300 - 160 = 140 \text{ H}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



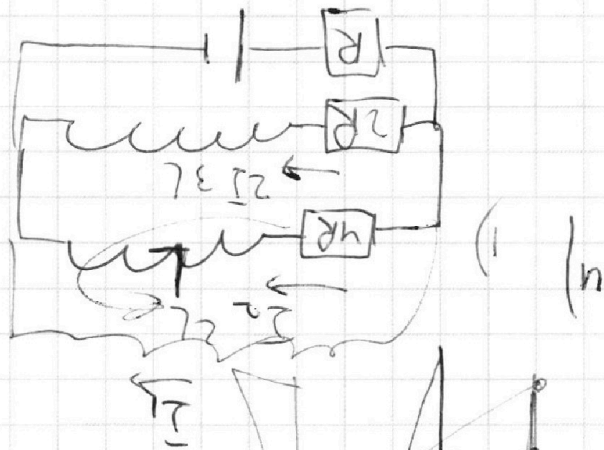
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



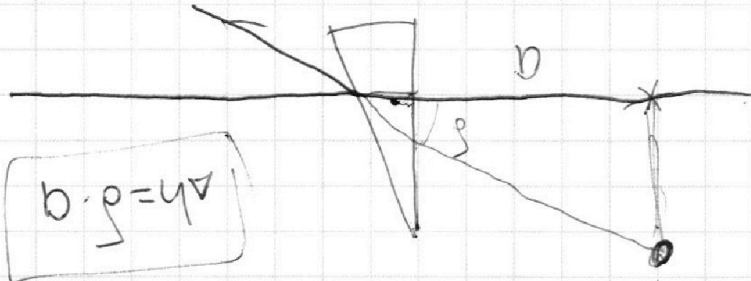
$$\begin{aligned}
 & -4Rq_{\text{чк}} = L \Delta I_2 - 2L \Delta I_1 \\
 & -4Rq_{\text{чк}} - L \Delta I_2 + 2L \Delta I_1 = 0 \\
 & -4R I_2 - L \frac{dI_2}{dt} + 2L \frac{dI_1}{dt} = 0 \quad | \cdot dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\frac{7}{3} \frac{L}{\epsilon}} = \frac{L}{\epsilon - 3 \cdot \frac{\epsilon}{7R} R} = I_0 \\
 & \epsilon - 3IR = LI \\
 & \epsilon - 3IR + \epsilon = L \frac{dI}{dt} = 0 \quad | \cdot dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \boxed{I_0 = \frac{\epsilon}{7R}} \\
 & \epsilon = 3IR + 4IR = 7IR
 \end{aligned}$$



$$\Delta \chi_M = \frac{(n-1) \cdot h}{n}$$



$$\boxed{\Delta h = \delta \cdot a}$$

$$\delta = (n-1)a = 0.7a$$



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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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

