



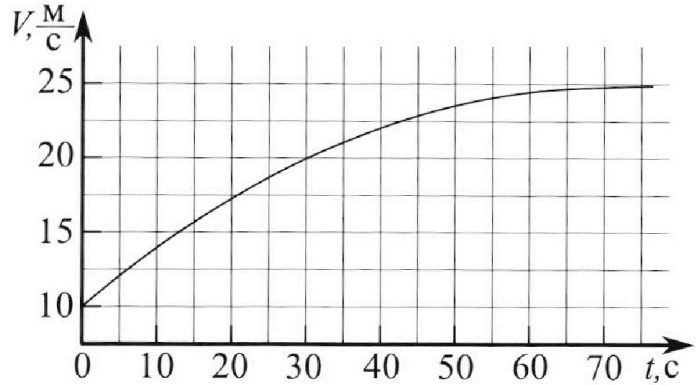
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03



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

1. Автомобиль массой $m = 1500$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

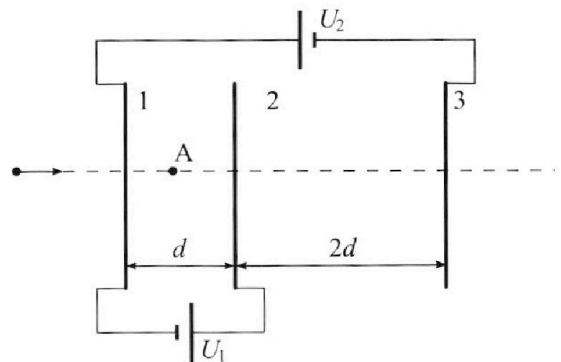
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$ ($P_{\text{АТМ}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

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 $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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 отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. 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 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

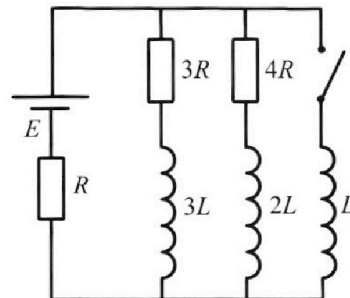


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ 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 $n_{\text{в}} = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ 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.

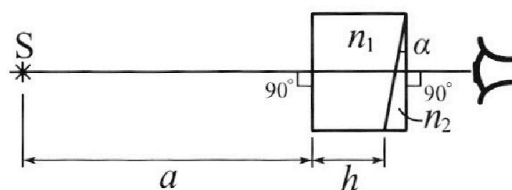


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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!

$v_k = 25 \frac{m}{c}$, $v_0 = 10 \frac{m}{c} = 0,4 v_k$ мкм 1

1) ~~до~~ $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ м/с.

Найти a

а. Поскольку a как только была принята каска-
мелкой (на u , от 0 с $t_1 = 20c$ ~~с~~ \rightarrow ускорение можно предположи-
тельно считать равным)

$$a_0 \approx \frac{v(t_1) - v_0}{\Delta t_1} = \frac{17,5 \frac{m}{c} - 10 \frac{m}{c}}{20c} = 0,375 \frac{m}{c^2}$$

2) Δt

2) В конце пути, когда $a=0$:

$$F_k = F_{спр k}, F_k = k v_k \quad (k v = const, k > 0)$$

$$\text{В начале: } F_0 - F_{спр 0} = m a_0$$

$$F_0 = F_{спр 0} + m a_0 = k v_0 + m a_0 = 0,4 k v_k + m a_0 = 0,4 F_k + m a_0 = \\ = 0,4 \cdot 600 \text{ Н} + 1500 \text{ кг} \cdot 0,375 \frac{m}{c^2} = 240 \text{ Н} + 562,5 \text{ Н} = 802,5 \text{ Н}$$

$$3) P_0 = F_0 v_0 = 802,5 \text{ Н} \cdot 10 \frac{m}{c} = 8025 \text{ Вт}$$

Ответ:
1) $0,375 \frac{m}{c^2}$
2) $802,5 \text{ Н}$
3) 8025 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
<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!



N 2

Метод 5

в начале

P_0, V_0, T_0, J_1

P_0, T_0, V_{CO_2}, J_2

$w = \frac{V}{4}$

$$V_{CO_2} = V - \frac{V}{2} - w = V - \frac{V}{2} - \frac{V}{4} =$$

$$= \frac{V}{4}$$

Ур-ие Менг. Квантума:

$$N_{O_2}; P_0 \frac{V}{2} = J_1 R T_0$$

$$N_{CO_2}; P_0 \frac{V}{4} = J_2 R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{J_1}{J_2} = 2$$

Ответ: 1) 2

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

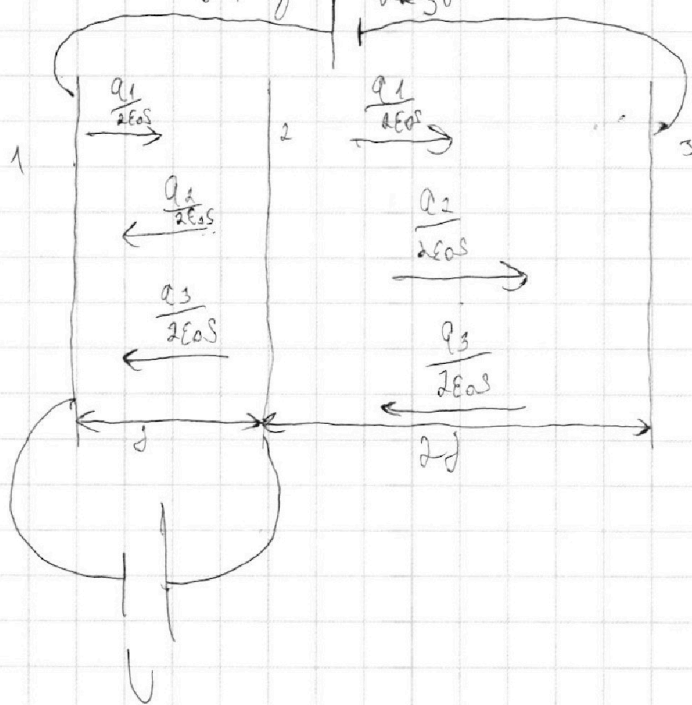
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N3

$$K_0 = \epsilon_0 = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

Конденсатор заряжен на максимум (предположим, что все они идеальные)



$$\varphi_2 - \varphi_1 = +U, \quad \varphi_1 - \varphi_3 = 3U \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_3 = 4U$$

$$\text{BCЗ: } q_1 + q_2 + q_3 = 0,$$

$$\varphi_2 - \varphi_1: \left(\frac{q_3 + q_2 - q_1}{2\epsilon_0 S} \right) d = U,$$

$$\varphi_2 - \varphi_3: \left(\frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \right) d \cdot 2 = 4U$$

$$\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ q_2 + q_3 - q_1 = \frac{2\epsilon_0 S \cdot U}{d} \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2\epsilon_0 S \cdot U}{d} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} q_1 = \frac{-\epsilon_0 S U}{d} \\ q_3 = -\frac{2\epsilon_0 S U}{d} \\ q_2 = \frac{3\epsilon_0 S U}{d} \end{cases}$$

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

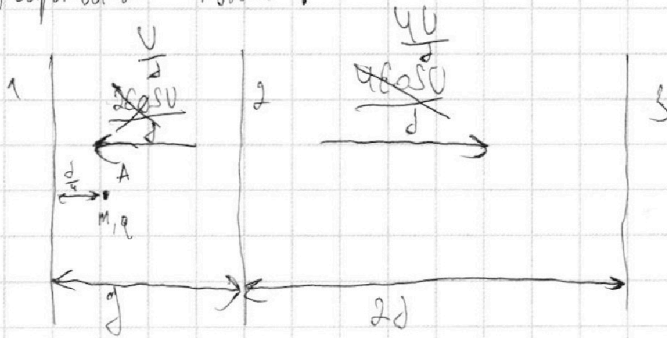
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N3 (прод.)

Мет 2

Картина поля:



1) ~~$F_{Э12} = ma_{12}, q \cdot \frac{2\epsilon_0 SU}{d} = ma_{12}, a_{12} = \frac{2\epsilon_0 SU \cdot q}{m d}$~~

2) ~~$A_{м12} = K_2 - K_1, K_1 - K_2 = -A_{м12} = -A_2 = -(\dots)$~~

з.к.з.:

1) ~~$F_{Э12} = ma_{12}, q \cdot \frac{qU}{d} = q \cdot \frac{U}{d} = ma_{12}, a_{12} = \frac{qU}{m d}$~~

з.к.з.:

2) ~~$A_{м12} = K_2 - K_1, K_1 - K_2 = -A_{м12} = -(-q \cdot \frac{U}{d} \cdot d) =$
 $= qU$~~

з.к.з.:

3) $\frac{mU^2}{2} + A_{м12} = \frac{mU^2}{2}, A_{м12} = -q \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{4} = -\frac{qU}{4}$

$\frac{mU^2}{2} = \frac{mU_0^2}{2} - \frac{qU}{4} \quad | \cdot \frac{2}{m}$

$U^2 = U_0^2 - \frac{qU}{2m}$

Ответ: 1) $\frac{qU}{m d}$
2) qU
3) $\sqrt{U_0^2 - \frac{qU}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

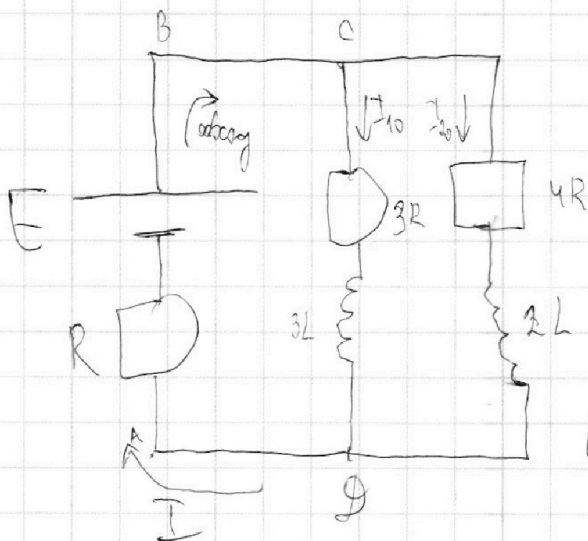
- 1 2 3 4 5 6 7

ЛМФТИ

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



а) См. рисунок 90 ^{№4} (также ~~используем~~, напряжение на конденсаторе нулевое)



$$U_{3R} = U_{4R}, I_{10} \cdot 3R = I_{20} \cdot 4R$$

$$I_{20} = 0,75 I_{10}$$

$$I_{10} = I_{10} + I_{20} = 1,75 I_{10}$$

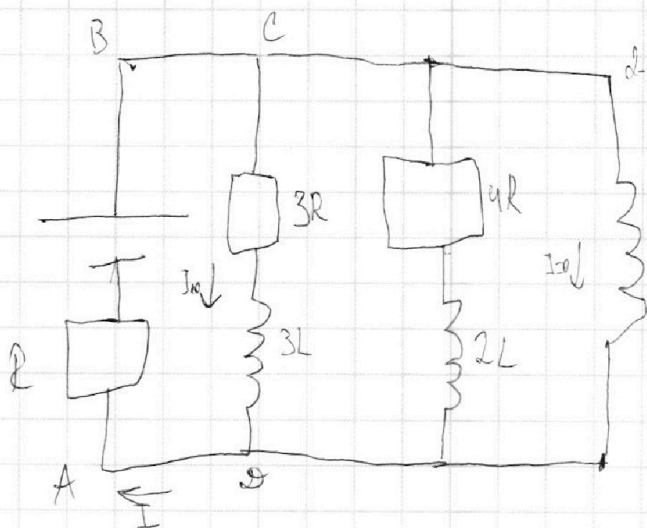
2-е уравнение Кирхгофа для ABCDA:

$$(1) E = I_{10} \cdot 3R + I_{10} \cdot R =$$

$$= I_{10} \cdot 3R + 1,75 I_{10} \cdot R = 4,75 I_{10} R,$$

$$I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

Сразу после замыкания, к.д. ток через конденсатор ~~используем~~ не изменился)



2-е урав. Кирхгофа для ABCDA:

$$E = I_{10} \cdot 3R + I_{10} R + U_{3L}$$

$$\text{из (1)} \Rightarrow U_{3L} = 0$$

$$U_{3L} = U_{3R} = I_{10} \cdot 3R = \frac{12E}{19}$$

$$U_{3L} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}, \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_{3L}}{L} = \frac{12E}{19L}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

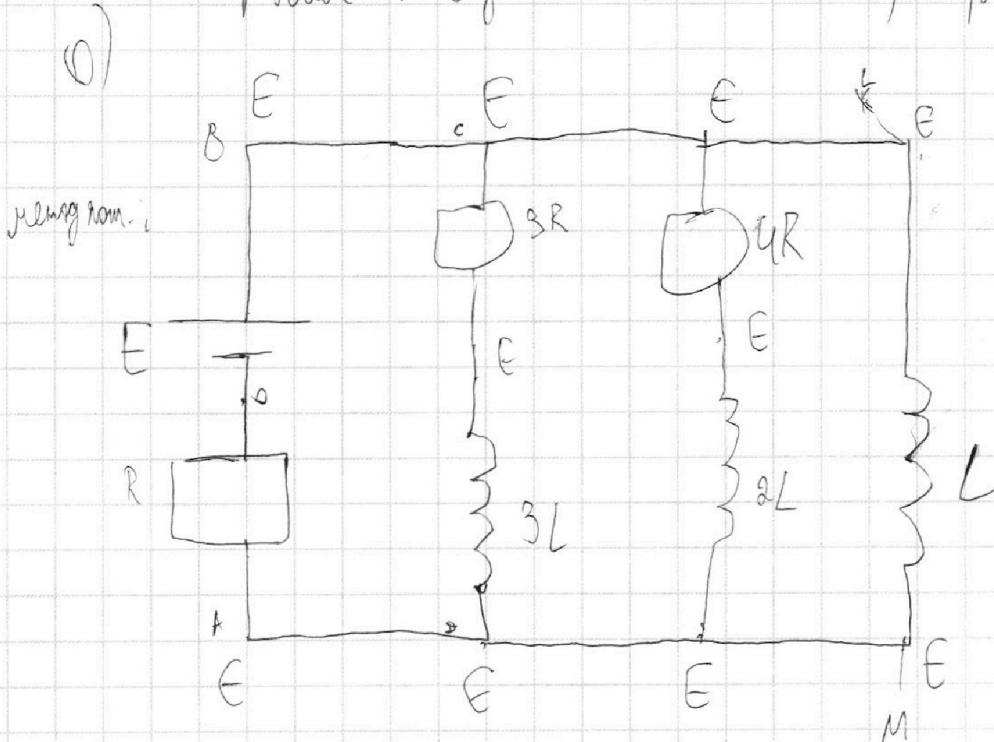
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

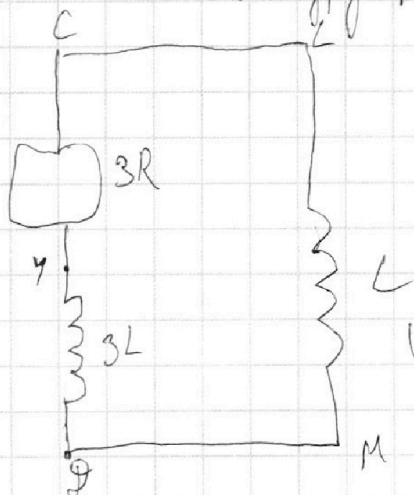


№4 (прод.)
 Усм. резистор $3R$ и индуктивность $3L$ (токи I_{3R} , I_{3L}), напряжение на катушке U_L



Ток через катушку по контуру $ABLMA$ и равен $i = \frac{E}{R}$

Φ_{CLMD} :



~~Ток на $3L$ катушке \Rightarrow~~
 $\Rightarrow \Phi_C - \Phi_D = -L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t}$

~~Ток на L катушке \Rightarrow~~

$$U_C = \Phi_L - \Phi_M = \Phi_C - \Phi_D = L \frac{\Delta I_C}{\Delta t}$$

$$U_{3L} = 3L \cdot \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t}$$

Для разности потенциалов:

$$U_{3R} + \frac{3L \Delta I_{3L}}{\Delta t} = I \cdot L \frac{\Delta I_C}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$I \Delta t \cdot 3R = L \Delta I_C - 3L \cdot \Delta I_{3L}$$

$$\Delta q \cdot 3R = L \Delta I_C - 3L \cdot \Delta I_{3L} \quad (2)$$

МММ 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!

№4 (проб. 2)

Присуммируем токмы. (2) от клемма замык. клемма
до уст. режима:

$$3R \cdot q_{3R} = L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) - 3L (0 - I_{10}) =$$

$$= Li + 3L I_{10} = L \cdot \frac{E}{R} + 3L \cdot \frac{4E}{19R} = \frac{31LE}{19R}$$

$$q_{3R} = \frac{31LE}{57R^2}$$

Ответ:

- 1) $\frac{4E}{19R}$
- 2) $\frac{12E}{19L}$
- 3) $\frac{31LE}{57R^2}$



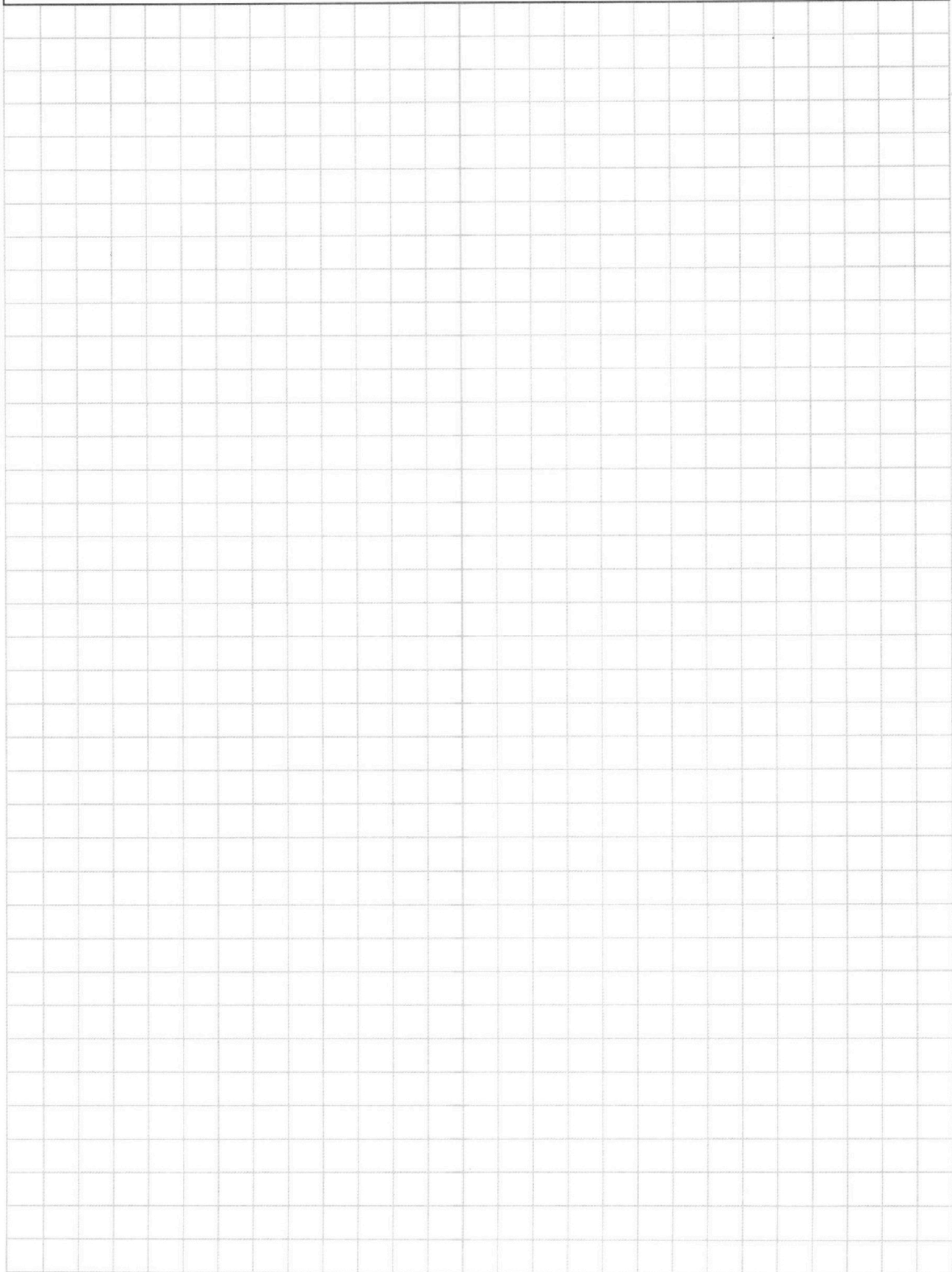
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

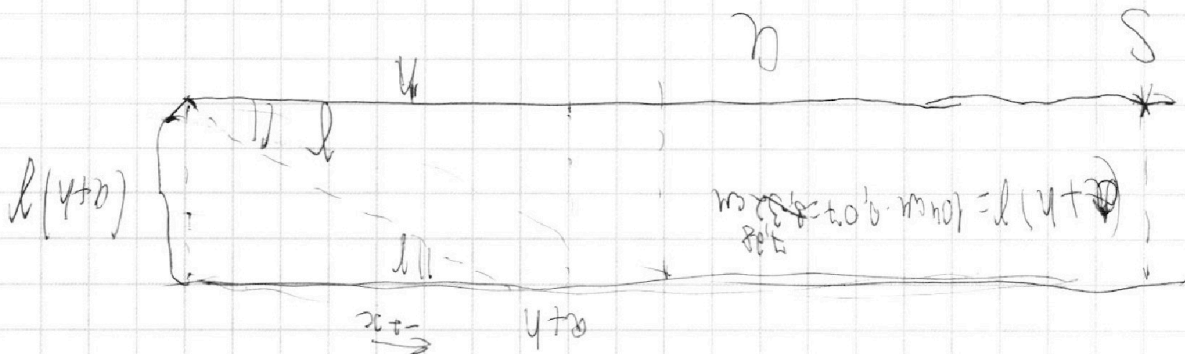
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



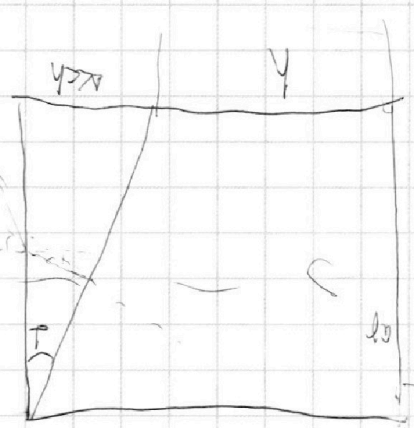
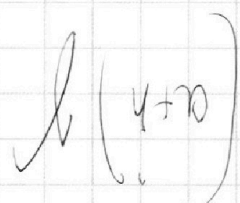
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!





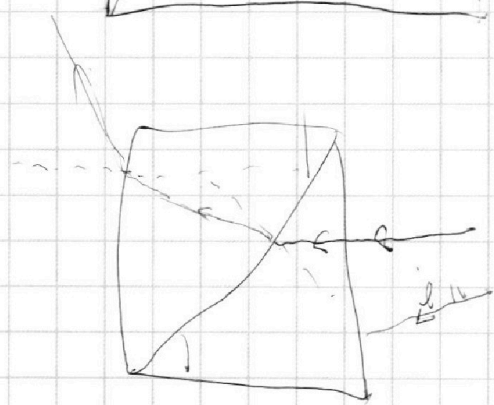
$$l_{y+h} = l_{y+h}, l_{y+h} = l_{y+h}$$

$$\frac{P}{a} = \frac{10000 \cdot 0.02}{0.5}$$



$$\frac{P}{a} = 0$$

$$\frac{P}{a} = \frac{10000 \cdot 0.02}{0.5}$$



$$a = 90000 = \frac{1}{2} h$$

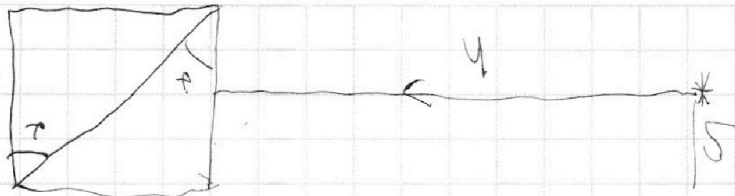
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порядк QR-кода неупреждаем!

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

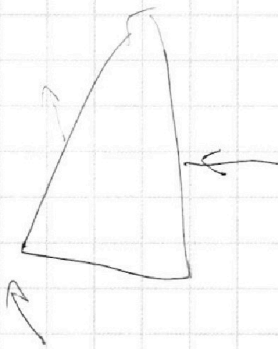




$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$
 $h = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$
 $h = a$

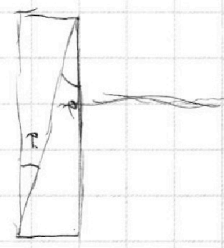
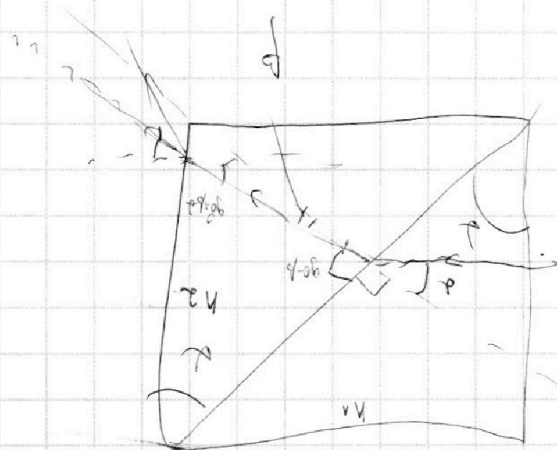
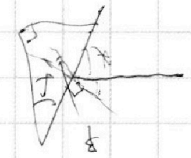
$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$
 $h = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$

$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$
 $h = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$



$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$
 $h = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$

$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$
 $h = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$



Умножение

$d = \frac{a}{\sqrt{2}}$
 $d = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$

На одной странице можно оформить 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 ни не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порядк QR-кода неопустима!



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!



Уравнения

6 вариант:
$$\begin{aligned} p_0 \frac{V}{2} &= \nu_1 RT_0 \\ p_0 \frac{V}{4} &= \nu_2 RT_0 \end{aligned} \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$$

6 вариант:
$$\begin{aligned} p \frac{V}{5} &= \nu^* RT \\ p \cdot \frac{11V}{20} &= \nu_2^* RT \end{aligned}$$

$$\frac{42}{11} = \frac{2\nu_2}{\nu_2^*}, \quad \nu_2 = \frac{11}{2} \nu_2^*, \quad \nu_2^* = \frac{12}{11} \nu_2$$

$$\Delta U = k p w = k w \cdot p = k w \cdot \frac{p_{atm}}{2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{V}{4} \cdot 5 \cdot 10^4 = \frac{25V}{4}$$

$$RT = \frac{pV}{\nu_0 \nu_2} - \text{изб.}$$

Ураза ↓

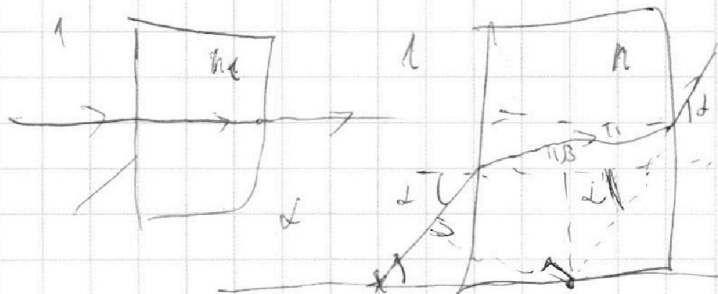
$$V, p_{atm}, T$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$$

$$\Delta = \nu \left(1 - \frac{1}{\kappa}\right)$$

~~$$\Delta A = \nu p \Delta V$$~~



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!

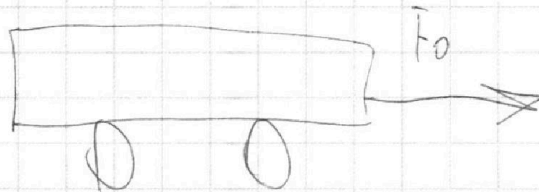


Черновик

N1

$$a) a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{17,5 \frac{м}{с}}{20с} = 0,875 \frac{м}{с^2}$$

$$v = a_0 t, R = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



$$F_0 = m a_0 = 1500 \cdot$$

$$187,5 \cdot 7 =$$

$$F_{comp} = k v$$

$$= 1260 + 52,5 = 1312,5$$

$$F_k - k v_k = 0$$

$$F_0 - k v_0 = m a_0, F_0 = m a_0 + k v_0 = m a_0 + 0,4 F_k =$$

$$= 1500 \cdot 0,875 + 0,4 \cdot 600 = 1312,5 + 240 = 1552,5$$

$$P_0 = \frac{F_0 v_0}{2} \approx \text{или } F_0 v_0, \text{ м.с. } 1552,5 \text{ или } 17162,5$$

$$P \approx 3 \cdot 10^3$$

N2

$$\Delta v = k p w$$

