



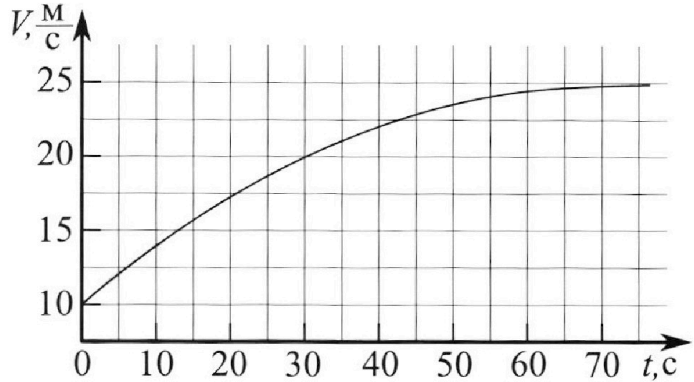
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



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

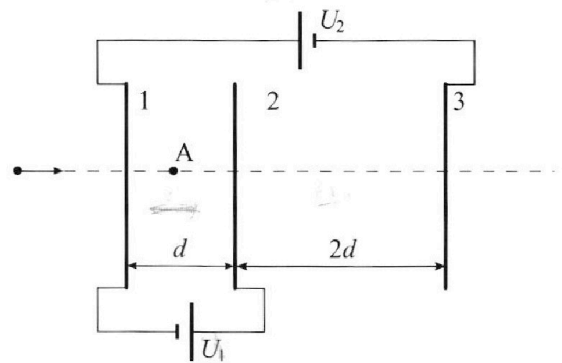
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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/(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 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.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

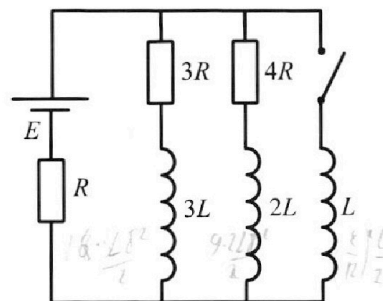


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

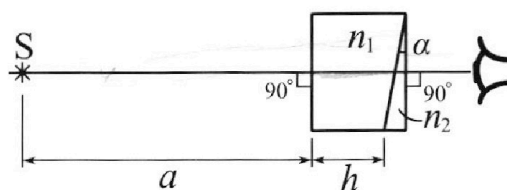
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_в = 1,0$. 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.



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

- 2) Считая $n_1 = n_в = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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



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

при $t \rightarrow \infty$ $a \rightarrow 0 \Rightarrow R_k = 2 \cdot \sigma$ α - угол трения между
шаром и стеной и углом в α_0
при $t \rightarrow \infty$ $\tan \varphi = \frac{14-4}{10-0} = 0,9 \Rightarrow \alpha_0 = \arctan 0,9$ φ - угол наклона траектории
при $t \rightarrow \infty$
 $m a_0 = F_0 - 2 \cdot \sigma = F_0 - F_k \frac{\sigma_0}{\sigma} = m a_0 \Rightarrow \frac{F_k \sigma_0}{\sigma} = 840 \text{ Н}$
 $P = \frac{dA}{dt} = \frac{F \delta S}{dt} = F \sigma = 2 P_0 = P_0 \sigma_0 = 8,4 \text{ кВт}$

Ответ: 1) $0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; 2) 840 \text{ Н}; 3) 8,4 \text{ кВт}$.

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

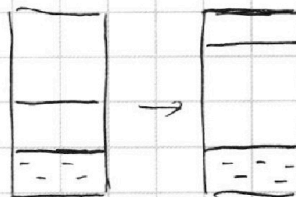
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$pV = \rho RT$

$$\frac{p_0 V}{2V} = \rho_{He} \frac{p_0 V}{2} \quad \rho_{He} = 2 \rho_{CO_2}$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{p_0 V}{4RT_0}$$



новый комп-л: $p_{He} = p_{CO_2} + p_{atm}$

т.к. $S_{He} \ll S_0$ при $t = 100^\circ C$
 $\Delta V_{воздуха} \approx 0$

$$\frac{p_{He} RT}{0,2V} = \frac{(p_{CO_2} + p_{atm}) RT}{0,8V - 0,15V} + p_{atm}$$

$$\frac{p_0 V RT}{4 \cdot 0,2V RT_0} = \frac{\left(\frac{p_0 V}{8RT_0} + \frac{k p_0 V}{8} \right) RT}{0,65V} + p_{atm}$$

$$\frac{T}{0,8T_0} = \frac{\left(\frac{T}{T_0} + \frac{k RT}{8} \right)}{0,65} + 1$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{\frac{T}{T_0} + 2RT}{5,6} + 0,8$$

$$5,6 \frac{T}{T_0} = \frac{T}{T_0} + 2RT + 4,4$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4,4 + 2RT}{5,5} = \frac{4,4 + 1,5}{5,5} = \frac{5,9}{5,5} \approx 1,3$$

ответ) 1) 2; 2) 1,3.

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

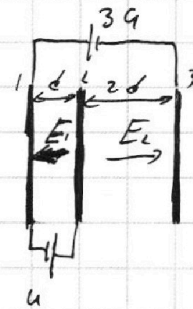
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



т.к. все каналы будут создаваться равномерно
закрепленным малым шквалом, и т.к. $d \ll \sqrt{S}$

все каналы будут цилиндрическими каналы закрепленные
сечением канала \rightarrow вращательное

1-2 и 2-3 $E_2 \text{ макс.}$



1) $dE_1 = 2U$

$-dE_1 + 2dE_2 = 3U$

$E_1 = \frac{U}{d}$

$a_1 = \frac{E_1 \cdot q}{m} = \frac{Uq}{dm}$

2) $K_2 = K_1 + A_{1,2}$

$A_{1,2} = -F_{1,2} d^2 - E_1 q d^2 = -qU$

$K_2 = K_1 + qU$

$K_1 - K_2 = qU$

3) $\frac{mv^2}{2} = \frac{mU_0^2}{2} - F_{1,2} \frac{d}{q} = \frac{mU_0^2}{2} - E_1 q \frac{d}{q} = \frac{mU_0^2}{2} - \frac{qU}{q}$

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

ответ: 1) $\frac{Uq}{dm}$; 2) qU ; 3) $\sqrt{U_0^2 - \frac{qU}{m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



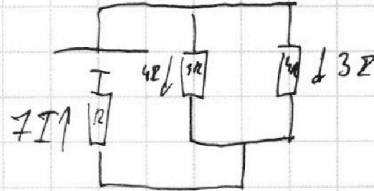
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) Вычислите разность потенциалов между клеммами цепи, указанной на рисунке, если $\mathcal{E} = 30 \text{ В}$

$\rightarrow \mathcal{E}_i$ на катушки равно нулю \rightarrow катушки можно в этом случае зачеркнуть

заменив их перемычками



$$U_{3R} = U_{4R}$$

$$I_{3R} \cdot 3R = I_{4R} \cdot 4R$$

$$\frac{I_{3R}}{I_{4R}} = \frac{4}{3} \rightarrow \text{пусть } I_{3R} = 4I; I_{4R} = 3I$$

$$4I \cdot 3R + (3+4)IR = \mathcal{E}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{19R}$$

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

2) после замыкания ключа:

сразу после замыкания ключа

тогда не будем пользоваться 2)

$$\rightarrow L I_3 = I_{10} \cdot 3R = \frac{12}{19} \mathcal{E}$$

$$I_3 = \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$3) \text{ так } U_{AB} = L I_3 = I_1 \cdot 3R + 3L I_1 = I_2 \cdot 4R + 2L I_2$$

процесс установившегося состояния $L I_3 = 4I_1 \cdot 3R + 3L(0 - I_{10}) = 4I_2 \cdot 4R + 2L(0 - I_{10})$

$$3R I_1 = 4R I_2 + 2L I_{10}$$

$$I_1 = \frac{L}{3R} \left(\frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} \right) = \frac{L \mathcal{E}}{R^2} \frac{31}{57}$$

т.к. в конце цепи установлен ключ и катушка с L станет перемычкой, тогда по резисторам $3R$ и $4R$ не будет течения $\rightarrow I_1 = I_2 = 0$ $\rightarrow I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R}$

ответ 1) $\frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$; 2) $\frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}$; 3) $\frac{L \mathcal{E}}{R^2} \frac{31}{57}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

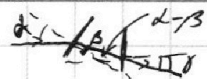
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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) Т.к. $n_1 > n_2$ первая граница не вылезет на воздух и $\alpha_1 = 0$
 \Rightarrow луч отклоняется только 2 границы



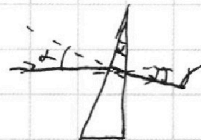
$$\frac{2}{\beta} = \frac{n_1}{n_2} \frac{1}{\beta}$$

т.к. d и β малые

$S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$

(β -угол преломления

луча после второй границы)



$$\beta = \frac{n_1}{n_2}$$

γ тоже малый (γ -угол отклонения луча)

$$\frac{d - \beta}{\gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

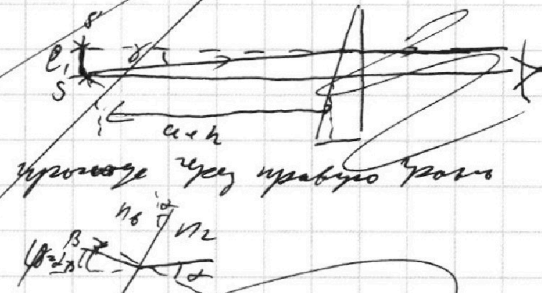
$$\gamma = \frac{n_2}{n_1} (d - d \frac{n_2}{n_1}) = d (\frac{n_2}{n_1} - 1) = 0,07$$

2) Размотать луч около GOO . чтобы увидеть источник
 границы GOO наклонены к границе преломления GOO
 относительно ее параллельно

в этом случае угол отклонения φ

Тогда $\varphi = \alpha + \beta$

рассмотрим обратный ход лучей: при прохождении через правую границу
 граница GOO не преломляется \Rightarrow



Т.к. угол падения α равен β т.е.

угол преломления тоже не

изменяется и будет равен β $\Rightarrow \varphi = d - \beta = d(1 - \frac{n_2}{n_1})$ (φ тоже малый)

$$\beta = (a+k) \varphi = (a+k) d (1 - \frac{n_2}{n_1})$$

2) Т.к. тангенсом φ преломления можно пренебречь

угол α как на рисунке!

первый отклонится на угол β , а

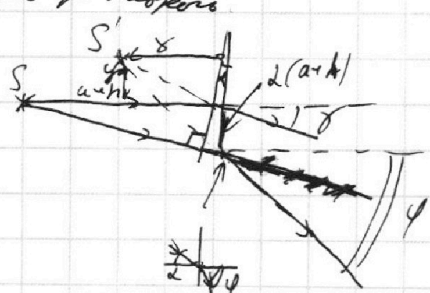
второй будет отклоняться на угол φ и преломится

наслед преломления $\varphi = \frac{n_2}{n_1} d$

$$(a+k)d + a \beta \times \gamma = \times \varphi$$

$$(a+k)d + d (\frac{n_2}{n_1} - 1) \times \times \frac{n_2}{n_1} d$$

$a+k \times \times \Rightarrow$ изобразим β будет более точно, так как не преломится
 $\Rightarrow \gamma = \times \times \times (a+k) d (\frac{n_2}{n_1} - 1) = 2,21 \text{ см}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

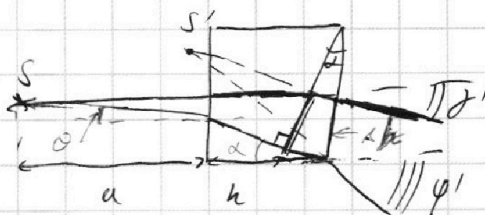


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1-ур. той же, 2-ур. \perp левой грани 2-уровня

$$3) \beta' = \frac{d n_2}{n_0} \\ \gamma' = \frac{d - \beta'}{n_0} n_2 = \frac{d}{n_0} (n_2 - \frac{n_1}{n_0})$$



$$\gamma = \frac{n_2 d}{n_0}$$

$$\theta = \frac{n_1}{n_0} d$$

$$\Delta \beta = a \theta + h \alpha = \frac{n_1}{n_0} (a + h) d$$

$$\delta + \Delta \beta = \gamma'$$

$$\frac{d}{n_0} x (n_2 - n_1) + \frac{n_1}{n_0} (a + h) d - h \alpha = \frac{n_2}{n_0} d \theta$$

$$x \frac{n_2 - n_1}{n_0} - x \frac{n_1}{n_0} - \frac{n_1}{n_0} a - h = \frac{n_2}{n_0} \theta$$

$$x = a - \frac{n_0 h}{n_1}$$

$$\Delta x = h \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1} \right) = 14 \left(1 - \frac{1}{1.4} \right) = \frac{14}{1.4} \cdot 0.4 = 4 \text{ см}$$

$$\Delta y = x \theta = \left(a - \frac{n_0 h}{n_1} \right) \frac{d}{n_0} (n_2 - n_1) = 18 \cdot 2 \cdot 0.8 = 28.8 \approx 29 \text{ см}$$

Ответ: 1) 0,07; 2) 7,2 см; 3) 4 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



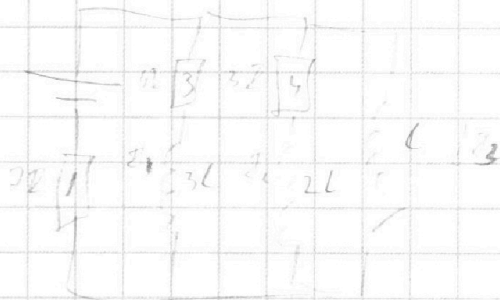
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) $12R + 7L = \mathcal{E}$ 14

$$\bar{I} = \frac{\mathcal{E}}{19R}$$

$$I_3 = 4I = \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

2) $I_2 L = \frac{\mathcal{E}}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}$



3) $2I_1 = I_2 = I_3$

$$2I_1 L = I_2 L = I_3 L$$

$$I_3 L = I_2 L + 4R I_2 = I_1 L + 3R I_1$$

$$I_1 L = -I_2 L + 4R I_2 = -I_1 L + 3R I_1$$

3) $\frac{L(I_3 - 3I_1)}{3R} = \mathcal{E}_1$

$2I_1 = I_2$ $a_0 = 0.4 \frac{1}{17}$

$\text{min } P_0 = 2I_0 = 1P_0 = 1I_0 + 2I_0 = 1I_0 + \frac{P_0}{I_0} = 600 \frac{1}{17} = 35.3 \text{ Вт}$

$\frac{P_0}{I_0} = \frac{10}{17} I_0 = 8.4 \text{ В}$

$\frac{10 \text{ В}}{2k\Omega} = 2 \text{ мА}$

$\frac{10 \text{ В}}{4k\Omega} = 2.5 \text{ мА}$



1) $\frac{I_1}{I_0} = 2$ $4P = P_1 + P_0 = \frac{I_1^2 R_1 + I_0^2 R_0}{0.8 \text{ В}}$ $4P = \frac{2I_0^2 R_1 + I_0^2 R_0}{0.8 \text{ В}}$

$\frac{10 \text{ В}}{8k\Omega} = 1.25 \text{ мА}$ 2 Вт $\frac{10 \text{ В}}{4k\Omega} = 2.5 \text{ мА}$ 1.25 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!



$$\frac{\frac{1}{8} \rho_{10} + \frac{k}{8}}{0,8} \cdot \frac{RT}{T_0} = \dots$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{kRT}{8} + 0,8 \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$2 \frac{T}{T_0} = kRT = 0,64 \dots$$

$$\frac{10}{69} \left(\frac{T}{T_0} - kRT \right) = \dots = \frac{5}{9} \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{32}{5} \cdot \frac{32}{36} \dots$$

$$\frac{T}{T_0} \left(\frac{5}{9} - \frac{5}{32} \right) = \dots = \frac{5}{32} kRT$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{15}{2} \cdot \frac{32}{36} = \frac{39,6}{36} = \frac{11}{10}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{35}{32} \cdot \frac{8}{52} = \dots$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{32}{36} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{3} kRT$$

$\Delta E = U$ $E = \frac{U}{d}$

$-dE_1 = 2dE_2 = 3q$

$2dE_2 = 9q$

$E_2 = \frac{9q}{d}$

1) $a = \frac{qE}{m} = \frac{9qU}{md}$

2) $k_1 - k_2 = E_1 \cdot d \cdot q = Uq$

3) $\sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{2m}} = 0$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{Uq}{4} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 - \frac{Uq}{2m}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

