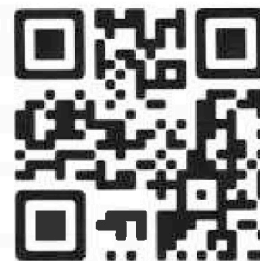




# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

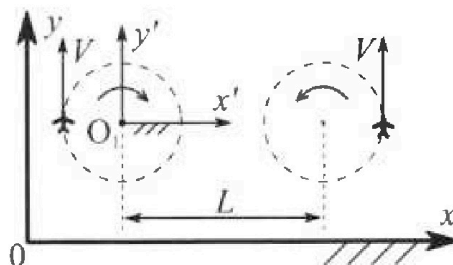
## Вариант 10-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями  $V = 70$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет,  $R=700$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

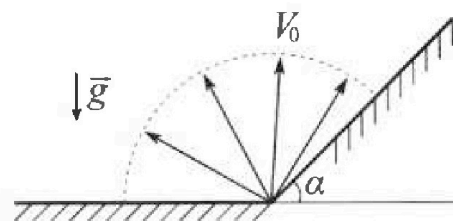
1. Определите отношение  $\frac{P}{mg}$ , здесь  $P$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L=2,1$  км. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно  $S_1 = 160$  м, упавших на склон,  $S_2 = 120$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



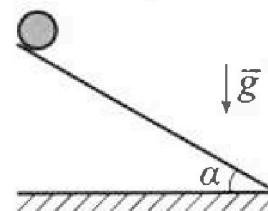
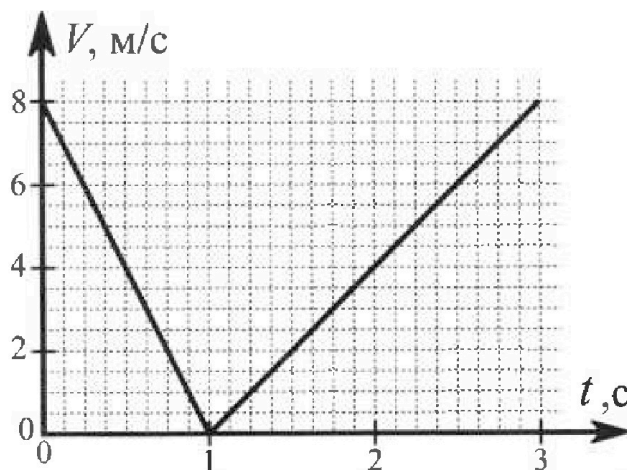
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в  $n=2$  раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на  $L=0,6$  м?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 10-02



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.*

4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят  $Q = 780$  Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на  $|\Delta T_1| = 31,2$  К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на  $|\Delta T_2| = 20$  К.

1. Найдите работу  $A$  внешних сил в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_p$  смеси в изобарическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_1}{N_2}$  числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

*Указание: внутренняя энергия двухатомного газа азота  $U = \frac{5}{2}PV$ .*

5. Частица с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m} < 0$  движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам на расстоянии  $d/8$  от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен  $R$ .

1. Найдите скорость  $V_0$  частицы в рассматриваемый момент времени.

Через некоторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется в этот момент частица?

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

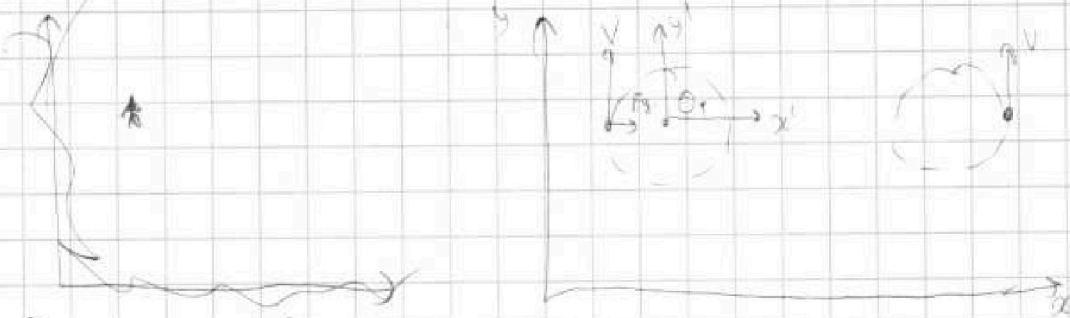


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1. ~~Точка движется по окружности в горизонтальной плоскости.~~  
~~Масса материальной точки  $m$  и радиус окружности  $R$ .~~  
~~Определить величину центростремительного ускорения  $a_c$  и силы  $F_c$ .~~



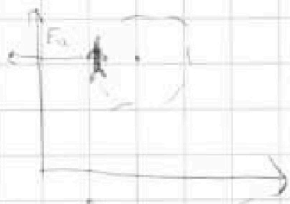
Определим величину:

$a_c$  - центростремительное ускорение  $a_c = \frac{v^2}{R}$

$F_c$  - сила инерции для массы  $m$  в смысле отчета с не вращающимся цилиндром.  $F_c = m \cdot a_c$   $a_c$  - центр. ускорение

$F_g$  - центростремительная сила  $F_g = M a_g$   $M$  - масса цилиндра

1) Точка движется по окружности в горизонтальной плоскости с ~~заданной~~ <sup>заданной</sup> скоростью  $v$ .  
 цилиндром:



на массу действует сила инерции.

$$F_c = m a_c \quad F_c = m a_c = m \frac{v^2}{R}$$

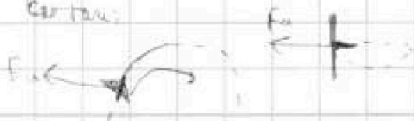
$$a_c = \frac{\sum F_{\text{центр.}}}{m} = \frac{F_g}{m} = a_g$$

Точка удерживается силой инерции на высоте цилиндра, т.е.

$F_c = P$ , т.е. уравновешивает силу тяжести  $P$  на высоте.

радиуса  $R$  цилиндра  $h = R$ .

$$\frac{P}{mg} = \frac{F_c}{mg} = \frac{m \frac{v^2}{R}}{m g} = \frac{4000}{200 \cdot 10} = 0,7$$



ответ 1.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

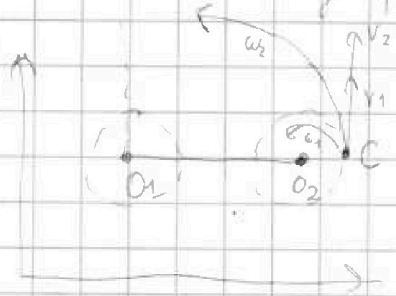
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2) Если мы перейдем в ось  $x'O_1y_1$   
При этом зафиксируем ее относительно центра, то

вернуть нулю формулы условия скорости относительно центра ~~оси~~  $O_1$ :



$$\omega_1 = \omega_2 = \frac{V}{R} = \frac{1}{10} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$V_1 = \omega_1 \cdot R = V$$

$$V_2 = \omega_2 \cdot (L+R) = V \cdot \frac{L+R}{R}$$

$$V_0 = V_1 + V_2 = V \left( 1 + \frac{L+R}{R} \right)$$

направление вверх, т.к.  $V_1$  и  $V_2$  сонаправлены  
(направление 1 уменьшилось)

$$V_0 = V \cdot \frac{3500}{1400} = 350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) 0,4  
2)  $350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$(V_1 \perp a_{y1})$$

$$(V_2 \perp a_{y2})$$

$$(a_{y1} \parallel O_1C)$$

$$(a_{y2} \parallel O_2C)$$

$$(O_1C \parallel O_2C \text{ в точке } C)$$

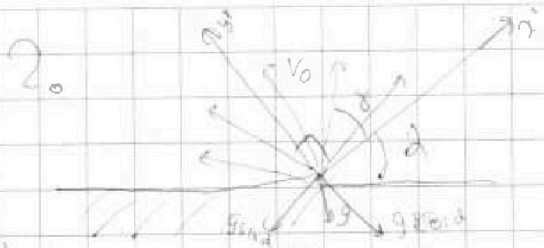


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Какова максимальная высота  $h$  при этом угле наклона?  
 $L = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g}$

$L$  - расстояние по горизонтали  
 $\beta$  - угол между вектором скорости и горизонтом

$L_{\max}$  при  $\sin 2\beta = 1$   
 $\max(\sin 2\beta) = 1$

$$L_{\max} = \frac{v_0^2}{g} = 54 \quad v_0 = \sqrt{54g} = \sqrt{1080} = 33 \text{ м/с}$$

2) Задача 2. Угол наклона  $\beta$  известен. Найти скорость  $v$  в момент, когда  $\beta = 45^\circ$ .  
 Угол  $\gamma$  - угол между вектором скорости и горизонтом.  
 $\gamma = \frac{\pi}{2} - \beta$  (при этом  $\beta = 45^\circ$ )

$$v_x(t) = v_0 \cos \beta - g \sin \beta t$$

$$v_y(t) = v_0 \sin \beta - g \cos \beta t$$

$$y'(t) = v_0 \cos \beta - g \sin \beta t$$

$$x'(t) = v_0 \sin \beta - g \cos \beta t$$

при этом  $\gamma = 45^\circ$   $y'(t) = 0$   
 $y'(t) = v_0 \sin \beta - \frac{g \cos \beta t^2}{2} = 0$   
 $\frac{t}{2} (2v_0 \sin \beta - g \cos \beta t) = 0$   
 $t = 0$  (начало движения)  
 $t = \frac{2v_0 \sin \beta}{g \cos \beta}$   
 $t = \frac{2v_0 \sin 45^\circ}{g \cos 45^\circ} = \frac{2v_0}{g}$

$x'(t)$  - переменная по времени  
 $x'(t) = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \cos \beta} - \frac{g \sin \beta \cdot 4v_0^2 \sin^2 \beta}{2g^2 \cos^2 \beta}$   
 $\frac{2v_0^2}{g \cos \beta} (\sin \beta \cos \beta - \sin^2 \beta \tan \beta)$   
 $x'(t)_{\max}$  при  $(\sin \beta \cos \beta - \sin^2 \beta \tan \beta)_{\max}$

$f(\beta) = \sin \beta \cos \beta - \sin^2 \beta \tan \beta$   
 $f'(\beta) = \cos 2\beta - \sin 2\beta \tan \beta = 0$   
 $\cos 2\beta = \sin 2\beta \tan \beta$   
 $\tan 2\beta = 1$   
 $2\beta = \frac{\pi}{4}$   
 $\beta = \frac{\pi}{8}$

$x(t)_{\max} = \frac{v_0^2}{g \cos \beta} \cdot \frac{2}{\cos \beta} - \frac{v_0^2}{g \cos^2 \beta} = 54$   
 $\frac{2v_0^2}{g \cos^2 \beta} = 54$   
 $\frac{2v_0^2 (1 + \cos 2\beta)}{2g \cos^2 \beta} = 54$   
 $\frac{v_0^2 (1 + \cos 2\beta)}{g \cos^2 \beta} = 54$   
 $\frac{v_0^2 (1 + \cos(\frac{\pi}{4}))}{g \cos^2(\frac{\pi}{4})} = 54$   
 $\frac{v_0^2 (1 + \frac{\sqrt{2}}{2})}{g \cdot \frac{1}{2}} = 54$   
 $v_0^2 = \frac{54 \cdot g}{1 + \frac{\sqrt{2}}{2}}$   
 $v_0 = \sqrt{\frac{54 \cdot g}{1 + \frac{\sqrt{2}}{2}}}$

$f(\frac{\pi}{8}) = \frac{\sin 2\beta}{2} - \frac{(1 - \cos 2\beta)}{2} \tan \beta = \frac{\sin(\frac{\pi}{4})}{2} - \frac{(1 - \cos(\frac{\pi}{4}))}{2} \tan \beta = \frac{\cos \beta + \tan \beta \cdot \sin \beta}{2}$   
 $\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{\cos \beta + \frac{\sin \beta}{\cos \beta}}{1 - \cos \beta} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{\cos^2 \beta + \sin \beta}{\cos \beta} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{1 + \sin \beta}{\cos \beta} \right)$   
 $1 = \frac{1 + \sin \beta}{\cos \beta}$   
 $\cos \beta = 1 + \sin \beta$   
 $\cos^2 \beta = (1 + \sin \beta)^2$   
 $1 - \sin^2 \beta = 1 + 2\sin \beta + \sin^2 \beta$   
 $-2\sin^2 \beta - 2\sin \beta = 0$   
 $\sin \beta (-\sin \beta - 1) = 0$   
 $\sin \beta = 0$  or  $\sin \beta = -1$   
 $\beta = 0$  or  $\beta = \frac{3\pi}{2}$

$f(\beta)$  - параболы  
 1)  $V = 40 \text{ м/с}$   
 2)  $\beta = \arcsin(\frac{2}{3})$

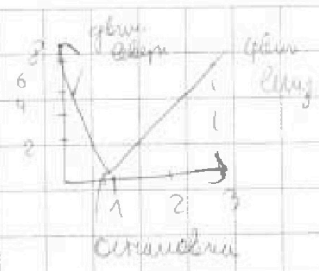
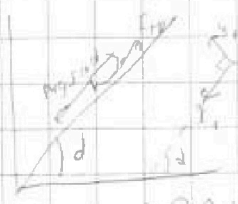
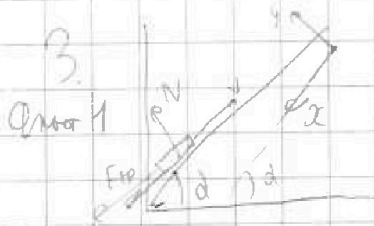
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$mg \sin \alpha$   
а) З.З.У.:

$y: N - mg \cos \alpha = 0$

$x: F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma_1 \rightarrow \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = a$

Значит  $V = 8 - a_1 t$

Итак известно, что  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

2) З.З.У.:

$g_1 + V_2 - \mu g \cos \alpha = 0$

$g_2, mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma_2$

$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$

$V = a_2 t$

$V(2) = 2a_2 = 8 \text{ м/с}$

$a_2 = 4 \text{ м/с}^2 \quad g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 4$

$8 - a_1 = 0 \quad t = 1$

$a = 8$

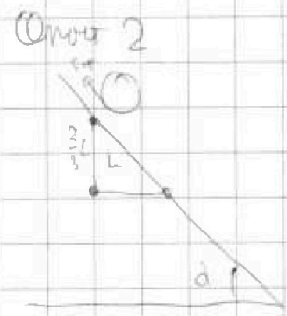
$g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 8$

$g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 4$

$g(2 \sin \alpha) = 12$

$\sin \alpha = \frac{12}{18} = \frac{2}{3}$

Ответ: 1)  $\frac{2}{3}$



без учета:  $V_{\text{центр}} = V \sqrt{2}$

З.З.У. при движении шар:

$F_{\text{тр}} \cdot R = b \cdot \Delta R^2$

$b = \frac{W}{t} \quad b = \frac{W}{t} = \frac{W}{Rt}$

$F_{\text{тр}} = \frac{m V_{\text{центр}}}{R t} = m a_{\text{центр}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

4. ~~Система газ~~

Определим все величины:

$P_{H_2}$  - давление водорода

$V_{H_2}$  - объем водорода

$P_{N_2}$  - давление азота

$V_{N_2}$  - объем азота

$P_0$  - общее давление (общее давление смеси)

$P_0 = P_{H_2} + P_{N_2}$ , так как смесь идеальная газы.

$A_{ext}$  - работа газа  $A_{ext}$  - работа внешних сил (на газ)

$\Delta U$  - общее изменение внутренней энергии смеси

$\Delta U_{H_2}$  - изменение внутренней энергии водорода

$\Delta U_{N_2}$  - изменение внутренней энергии азота

$A = -A_{ext}$

$Q_n$  - количество теплоты

$Q_n < 0$

$\Delta U = \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2}$   $Q_n = -Q_{ext}$   $Q_n$  - это выделяемое тепло.

$V_0, T_0$  - начальные значения объема и температуры в изохорном процессе

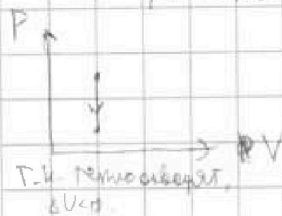
$V_1, T_1$  - конечные значения объема и температуры в изохорном процессе

Изохорный процесс:

$$\Delta U_{H_2} = \frac{3}{2} V_{H_2} R \Delta T_1$$

$$\Delta U = \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2}$$

$$\Delta U_{N_2} = \frac{5}{2} V_{N_2} R \Delta T_1$$



$$A = 0$$

$$Q_n = \Delta U + A = \Delta U$$

$$Q_n = R \Delta T_1 \left( \frac{3}{2} V_{H_2} + \frac{5}{2} V_{N_2} \right)$$

$$R \left( \frac{3}{2} V_{H_2} + \frac{5}{2} V_{N_2} \right) = \Delta T_1 \cdot (-10^3)$$

$$\frac{370}{31,2} = 25 \frac{\Delta T_1}{K}$$

$$\Delta T_1 = \frac{Q_n}{R \left( \frac{3}{2} V_{H_2} + \frac{5}{2} V_{N_2} \right)} < 0$$

$$\Delta T_1 = -|\Delta T_1| = -31,2 K$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Условие:



$P = \text{const}$   
 $Q_n = A + \Delta U$   
 $A = p(V_2 - V_1) < 0$

УСНГ:

- $\int p_n dV_0 = \nu R T_0$   
 $p_n V_0 = \nu R T_0$   
 $p_0 V_0 = (p_{n1} + p_{n2}) V_0 = (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R T_0$
- $\int p_n dV_1 = \nu_{n1} R T_1$   
 $p_0 V_1 = (p_{n1} + p_{n2}) V_1 = (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R T_1$

$\Delta T_2 = T_1 - T_0$   
 $V_1 < V_0$   
 $V_0 = \frac{p_0}{T_1} V_1$   
 $T_1 < T_0$   
 $\Delta T_2 < 0 \leftarrow$   
 $\Delta T_2 = -\Delta T_1 = -20 \text{ K}$

$A = (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R \Delta T_2$

$\Delta U = \Delta U_{n1} + \Delta U_{n2} = \frac{3}{2} \nu_{n1} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{n2} R \Delta T_2 = 25 \Delta T_2 = 500 \text{ Дж} - 500 \text{ Дж}$

$\Delta U_{n1} = \frac{3}{2} \nu_{n1} R \Delta T_2$

$\Delta U_{n2} = \frac{5}{2} \nu_{n2} R \Delta T_2$

$A = Q_n - \Delta U = -780 - (-500) = -280 \text{ Дж}$

$A = \Delta T_2 (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R$

$\nu (\nu_{n1} + \nu_{n2}) = \frac{A}{\Delta T_2} = \frac{-280}{-20} = 14 \frac{\text{дж}}{\text{К}}$

$A_{\text{вн}} = -A = 280 \text{ Дж} \quad \text{--- Ответ 1.}$

$R = 0.31$

$C_D = \frac{Q_n}{\Delta T_2 \cdot (\nu_{n1} + \nu_{n2})} = \frac{Q_n \cdot R}{\Delta T_2 (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R} = \frac{Q_n R}{A} = \frac{780 R}{-280 R} = \frac{39}{14} R \quad \text{--- ответ 2}$

узнаем, что  $\begin{cases} (\frac{3}{2} \nu_{n1} + \frac{5}{2} \nu_{n2}) R = 25 \\ (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R = 14 \end{cases} \quad | : \Rightarrow$

$\frac{\frac{3}{2} \nu_{n1} + \frac{5}{2} \nu_{n2}}{\nu_{n1} + \nu_{n2}} = \frac{25}{14}$

$\nu_{n1} + \nu_{n2} = \frac{3}{2} \nu_{n1} - \frac{3}{2} \nu_{n2}$

$\frac{2 \cdot (\nu_{n1} + \nu_{n2}) + (\nu_{n2} - \nu_{n1})}{2} = \frac{26}{14} \quad | \cdot 2$

$\frac{4}{2} \nu_{n1} + \frac{10}{2} \nu_{n2} = 0$

$\frac{\nu_{n1}}{\nu_{n2}} = \frac{\nu_{n1} \cdot 10}{\nu_{n2} \cdot 10}$

$\frac{\nu_{n2} - \nu_{n1}}{\nu_{n1} + \nu_{n2}} = \frac{50}{14} - 4 = -\frac{3}{7}$

$10 \nu_{n2} = \nu_{n1} = 4$

$\nu_{n2} = 0.4 \nu_{n1}$

$\frac{0.4 \nu_{n1}}{0.4 \nu_{n1}} = 2.5 \quad \text{--- ответ 3}$

$\nu_1$  --- число молекул

Ответ: 1) 280 Дж

2)  $\frac{39}{14} R$

3) 2,5



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

5. Определите величину:

$Q$  - заряд пластины,  $Q > 0$   
плотность заряда

$m$  - масса пластины

$q$  - заряд электрона  $q < 0$

$W$  - кинетическая энергия электрона  
перед пластинкой и пластиной

$S$  - площадь пластины

$F_1$  - сила со стороны электрона заряженной пластины

$F_2$  - сила со стороны электрона заряженной пластины

$E_1$  - напряженность электрического поля, созданная пластиной

$E_2$  - напряженность электрического поля электрона

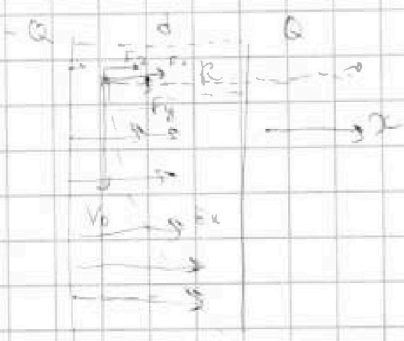
$E_1 - q = F_1$        $(E_1 + E_2) = E_k$  - напряженность электрического поля в конденсаторе

$E_2 - q = F_2$

$$E_k = \frac{Q}{S \epsilon_0}$$

$C$  - емкость конденсатора

$$Q = C \cdot U \quad C = \frac{S \epsilon_0}{d}$$



Пластина  $Q$  и электрона взаимодействуют, а пластины -  $Q$  и электрона взаимодействуют по ЗВК. (или ЗС) сила взаимодействия

$$F = |F_1| + |F_2| = (E_1 + E_2) |E_2| q + |E_2| q =$$

$$|Qq| |E_1 + E_2| = Q \cdot E_k q \cdot \frac{Q}{S \epsilon_0}$$

можно записать

$F$  не зависит от скорости электрона  $R$ .

$$F_2 = \frac{m v_0^2}{R} = \frac{m v_0^2}{R}$$

Если же электрона движется // пластинкам, то  $F_2$  - максимальная

$F$  тоже - максимальная, т.е.  $F = F_2$ .

$$\frac{m v_0^2}{R} = |q| \frac{Q}{S \epsilon_0} = |q| \frac{U}{d}$$

$$Q = C \cdot U = \frac{S \cdot \epsilon_0}{d} U$$

$$v_0^2 = \frac{UR}{d} \cdot \frac{|q|}{m} = \frac{UR}{d} |q|$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2UR}{d} |q|} \cdot \text{ср. скорость}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2) Если известно поле действующее на частицу - поле электромагнитное. Оно потенциальное

Тогда можно записать  $\exists (\exists):$

$$m \cdot \frac{mv_0^2}{2} + W = \frac{mV^2}{2}$$

Уравнение энергии

справа нет  $W$ , там  
или все

консервация

нет эл нет  $\rightarrow$  нет  
сил

$v > v_0$

$$W = W_1 + W_2$$

пот. энергия  
в электр.  
поле  
и электр.  
поле  
и электр.  
поле

пот. энергия  
и электр.  
поле  
и электр.  
поле

$$\text{Потенциал } \varphi_1 = |E_2| \cdot \frac{d}{8}$$

$$\varphi_2 = |E_1| \cdot \frac{d}{8}$$

$$\varphi_1 + \varphi_2 = |E_2| \cdot \frac{d}{8} + |E_1| \cdot \frac{d}{8}$$

$$W_1 = (-Q) \varphi_1 - \text{потенциал электр. поля}$$

$$W_2 = (-Q) \varphi_2 - \text{потенциал электр. поля}$$

$$W_1 + W_2 = -Q \varphi_1 + Q \varphi_2 = Q(\varphi_2 - \varphi_1) = Q(|E_2| \cdot \frac{d}{8} - |E_1| \cdot \frac{d}{8}) = \frac{Qd}{8} (|E_2| - |E_1|)$$

Есть две ветки

первоначально скорость  
по  $x$  меньше поля равна 0

по ир за счет  $m$ -сил. взаимодействий они увеличиваются  
(один движется быстрее параллельно по  $x$  из-за наличия  $\frac{d}{8}$  от  
другой стороны, что приводит к тому) тогда  $V = \sqrt{v_0^2 + v_k^2}$

т.е.  $V > v_0$ . тогда энергия

$W$  электр. и поля

$$Q \cdot U =$$

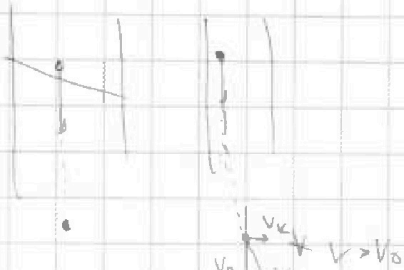
$$\frac{mV^2}{2} - W = \frac{mV^2}{2}$$

$m \neq$

$$V^2 = -2U \left( \frac{R}{d} + 1 \right)$$

$$\frac{m \cdot (-2UR)}{d} + \frac{-eU}{2} = \frac{mV^2}{2} \quad V = \sqrt{-2U \left( \frac{R}{d} + 1 \right)}$$

Ответ: 2)  $\sqrt{-2U \left( \frac{R}{d} + 1 \right)}$





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$x(t) = \frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin \alpha \cos^2 \alpha \sin \alpha t - \sin^2 \alpha t g t)$$

$x'(t) \text{ max min}$

$$x'(t) = 2v_0^2 \cos^2 \alpha t - g \cos \alpha \cdot \frac{t^2}{2}$$

$$x''(t) = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot 4v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$\frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cos \alpha} =$$

$$\frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha) = L_{\text{max}} \text{ или } L_{\text{min}}$$

тогда  $L_{\text{max}} = \text{дискр min } (\sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha)_{\text{max}}$

Максимизируем и минимизируем и найдем минимум и максимум?

$$(\sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha) \cdot \frac{d}{d\alpha} = (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) - 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha =$$

$$\cos 2\alpha - \sin 2\alpha = 0$$

$$2\alpha = \frac{\pi}{4} \quad \alpha = \frac{\pi}{8}$$

$$\left( \sin \frac{\pi}{8} \cos \frac{\pi}{8} - \sin^2 \frac{\pi}{8} \right) = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} - \cos^2 \alpha$$

$$\frac{\sin \frac{\pi}{4}}{2} - \sin^2 \frac{\pi}{8} =$$

$$\frac{\sin \frac{\pi}{4}}{2} - \left( \frac{1 - \cos \frac{\pi}{4}}{2} \right) =$$

$$\sin \frac{\pi}{4} + \cos \frac{\pi}{4} - 1 =$$

$$2 \cdot \frac{\sqrt{2}-1}{2} =$$

$$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$$

$$S_1 = \frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} \cdot \left( \frac{\sqrt{2}-1}{2} \right)$$

$$\cos \alpha = \frac{v_0^2}{g S_1} (\sqrt{2}-1) = \frac{1600}{1200} (\sqrt{2}-1) = \frac{4}{3} (\sqrt{2}-1)$$

Таким образом при  $\alpha \in [0, \frac{\pi}{2}]$

при  $\sin \alpha$  max. Если  $\alpha < \frac{\pi}{8}$ :

$$\left( \sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha \right) \frac{d}{d\alpha} = \cos 2\alpha - \sin 2\alpha$$

$$= \sin(\cos 2\alpha - \sin 2\alpha) = \sin \left( \frac{\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{6} \right) = \frac{\sqrt{3}-1}{2} > 0$$

$$g \cdot \frac{v_0^2}{8} (\sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha) \frac{d}{d\alpha} > 0$$

$$\text{иначе, при } \alpha = \frac{\pi}{6}: \cos 2\alpha - \sin 2\alpha = \cos \frac{\pi}{3} - \sin \frac{\pi}{3} =$$

$$1 - \sqrt{3} < 0$$

$$\rightarrow \text{тогда } \alpha = \frac{\pi}{8} \text{ (sin } \alpha \text{ cos } \alpha - \sin^2 \alpha) \frac{d}{d\alpha} < 0$$

$$\text{иначе } \alpha = \frac{\pi}{8}$$

тогда

$$\sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha: \text{ если } \alpha > \frac{\pi}{8} \text{ то } > 0 \text{ если } \alpha < \frac{\pi}{8} \text{ то } < 0$$

тогда при  $\frac{\pi}{8}$  дискр максимум



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черковой и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

4. Смесь газов  $\rightarrow T_{He} = T_{N_2}$

$T_{He}$  - температура гелия,  $T_{N_2}$  - температура азота

Изотермический процесс:  $V = const$

$$P_{He} + P_{N_2} = P_{tot}$$

объем постоянный:  $P_{He}$  - давление гелия

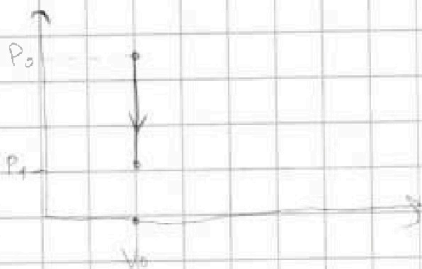
$V_{He}$  - количество вещества гелия

$P_{N_2}$  - давление азота

$V_{N_2}$  - количество вещества азота

$P_{tot}$  - общее давление

$T$  - температура смеси



$$A = 0$$

$$Q = \Delta U$$

тепло излучен энергии

$$Q = V_{He} \cdot R \cdot |\Delta T_1| + V_{N_2} \cdot R \cdot |\Delta T_1|$$

так как температура увеличивается, то

энергия излучен энергии

сдела газом отрицательная

тепла  $|Q_{He}| + |Q_{N_2}| = |Q_{He}| + |Q_{N_2}|$

т.к. они одного знака

$$|Q| = |\Delta U_{He} + \Delta U_{N_2}| = |\Delta U_{He}| + |\Delta U_{N_2}|$$

$$\Delta U_{He} = \frac{3}{2} V_{He} \cdot R \cdot \Delta T_1$$

$$\Delta U_{N_2} = \frac{5}{2} V_{N_2} \cdot R \cdot \Delta T_1$$

$$\frac{2|Q|}{|\Delta T_1| R} = \frac{1}{2} (3V_{He} + 5V_{N_2})$$

$$R \cdot \left( \frac{3}{2} V_{He} + \frac{5}{2} V_{N_2} \right) = \frac{|Q|}{|\Delta T_1|} = \frac{120}{372} = 25 \frac{J}{K}$$

по VENT:

Изотермический процесс:

податок,  $A=0$

$$A = P_0(V_1 - V_0) \quad \left\{ \begin{array}{l} P_{He} V_0 = V_{He} R T_0 \\ P_{N_2} V_0 = V_{N_2} R T_0 \end{array} \right. +$$

$P_0$  - общее давление

$V_0$  - нач. объем

$T_0$  - нач. температура

$T_1$  - конечная температура

$V_1$  - нач. объем

конеч.

$$(P_{He} + P_{N_2}) V_0 = (V_{He} + V_{N_2}) R T_0$$

$$= P_0 V_0$$

$$2) \int P_{He} V_1 = V_{He} R T_1$$

$$P_{He} V_1 = V_{He} R T_1$$

$$P_{tot} V_1 = (P_{He} V_1 + P_{N_2} V_1) =$$

$$(V_{He} + V_{N_2}) R T_1$$

$$|\Delta T_2| = |T_1 - T_0|$$

$$\Delta T_2 < 0, \text{ т.к. } T_1 < T_0 \left( \frac{T_1}{T_0} = \frac{V_1}{V_0} < 1 \right)$$

$$A = P_0 V_1 - P_0 V_0 = (V_{He} + V_{N_2}) R (T_1 - T_0) =$$

$$- |\Delta T_2| (V_{He} + V_{N_2}) R$$

$$T_1 - T_0 = - |\Delta T_2|, \text{ т.к.}$$

$$T_1 < T_0 \text{ и } |T_1 - T_0| = |\Delta T_2|$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

4. Кислород

A-работа газа

$$\Delta U = \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} =$$

при этом,  $Q = A + \Delta U$

$$\frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2 =$$

$Q < 0$  т.к. увеличилось число  $\uparrow$   
 $A < 0$

$$\frac{R \Delta T_2}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2})$$

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

$$|\Delta U| = \frac{R |\Delta T_2|}{2} (3\nu_{He} + 5\nu_{N_2})$$

$\uparrow$  к  $A < 0$  обратное значение

$\uparrow$  к  $\Delta U > 0$  обратное значение

$$|A| = |\Delta T_2| (\nu_{He} + \nu_{N_2}) R$$

$$|Q| = R |\Delta T_2| \left( \frac{3}{2} \nu_{He} + \frac{5}{2} \nu_{N_2} \right) < 0$$

$$R (\nu_{He} + \nu_{N_2}) = \frac{|A|}{|\Delta T_2|} = \frac{14 \frac{J}{K}}{20 K}$$

$$|A| = |Q| - |\Delta U|$$

$$|A| = |Q| - R \cdot \left( \frac{3}{2} \nu_{He} + \frac{5}{2} \nu_{N_2} \right) \cdot |\Delta T_2|$$

$$\frac{12,5}{2} R \nu_{N_2}$$

из первоначального уравнения  
узнаем, что  $\nu_{N_2} = 25 \frac{J}{K}$

$$|A| = 780 - 25 \cdot 20 = 280 \text{ Дж}$$

$$A = -280 \text{ Дж}$$

работа внешних сил  $A_{вн} = -A$

равна - работе газа  $A_{вн} = 280 \text{ Дж}$

$$\frac{m v_0^2}{2} + W = \frac{m v^2}{2}$$



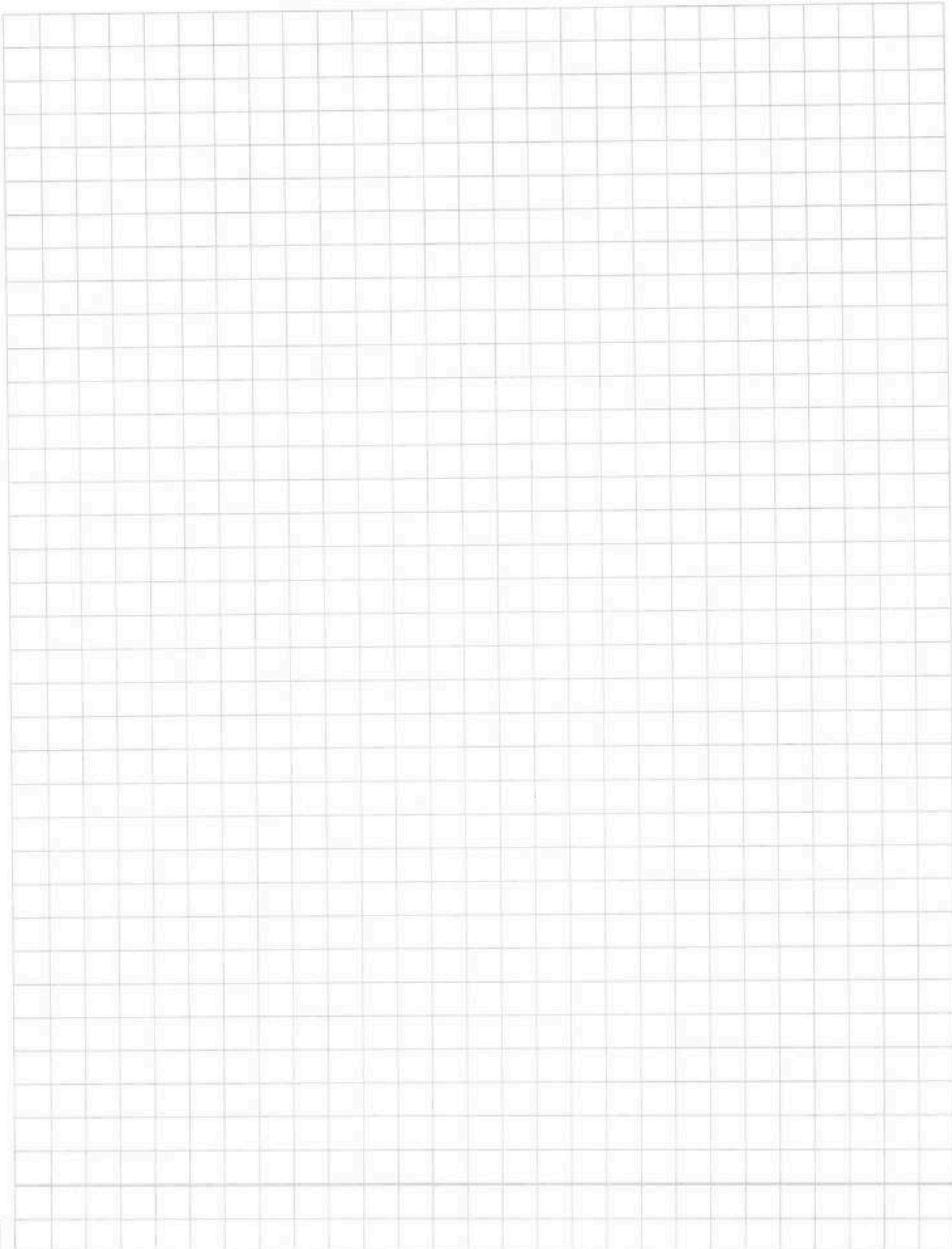


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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"/>

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



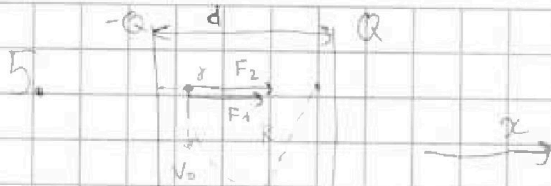


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



1) Определим силу, действующую на частицу?

Это сила со стороны

1  
2  
Это  $Q$ -заряд на положительной заряженной пластине конденсатора.  $Q > 0$ .

Отриц. заряженной пластинки  $F_1$ , а положительной  $-F_2$ .

$$F_1 = E_1 \cdot q \quad F_2 = E_2 \cdot q$$

так как у д. заряд пластинки  $< 0$ , то и заряд ее  $< 0$ .

При этом, так  $x < 0$ , то  $q$  тоже  $< 0$  и  $q$  меньше 0

Тогда отриц. заряженная пластинка будет отталкивать частицу, а положительная - притягивать. Т.е. суммарная сила направлена в одну сторону.

Запишем 2ЗН по оси  $x$ :

$$|F_1 + F_2| = m \cdot a$$

$$Q \cdot (E_1 + E_2) = m \cdot a$$

$$\frac{Q^2}{S \epsilon_0} = m \cdot a$$

$$x \cdot Q \cdot \frac{Q}{S \epsilon_0} = m \cdot a$$

$E_1 + E_2$  - направленность электрического поля внутри конденсатора, равно  $\frac{Q}{S \epsilon_0}$   
 $S$  - площадь пластинки  
 $\epsilon_0$  - конст.

$$Q = C \cdot U = \frac{S \epsilon_0 \cdot U}{d}$$

$$\frac{U}{d} x = a = \frac{v_0^2}{R} \quad v_0 = \sqrt{d}$$