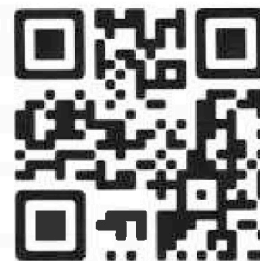




# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

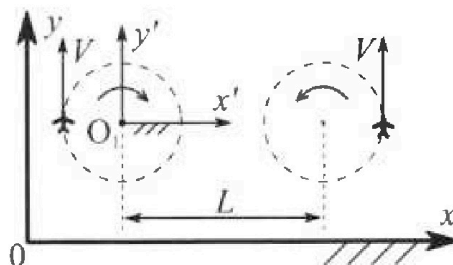
## Вариант 10-02



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>.

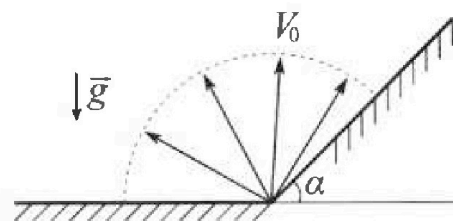
1. Определите отношение  $\frac{P}{mg}$ , здесь  $P$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.



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.

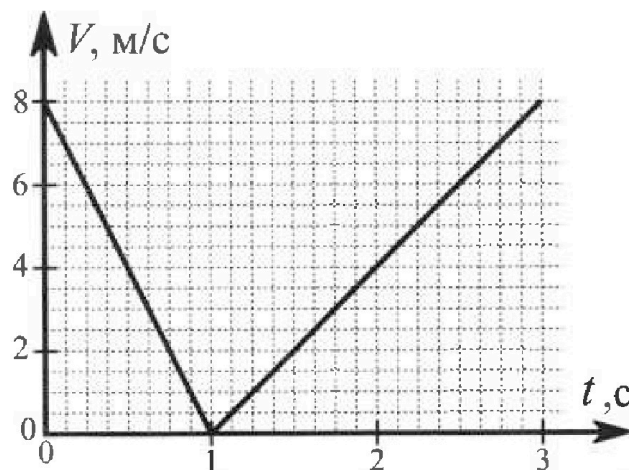
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

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.

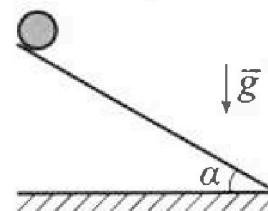
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10$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



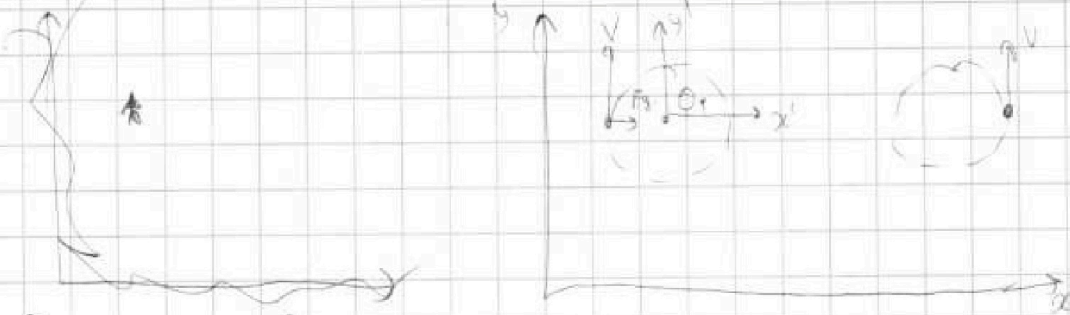
1  2  3  4  5  6  7

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 тела  $m$  движется по окружности радиуса  $R$  с постоянной скоростью  $v$ .~~



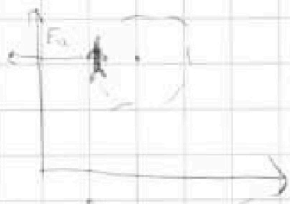
Определим величины:

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

$F_u$  - сила инерции для массы  $m$  в системе отсчета  $S$  не связанной с центром.  $F_u = m \cdot a_u$   $a_u$  - центр. ускорение

$F_y$  - центростремительная сила  $F_y = M a_y$   $M$  - масса центра

1) Точка движется по окружности в системе отсчета  $S$  связанной с центром:



на массу действует сила инерции.

$$F_u = m a_u \quad F_u = m a_y = m \frac{v^2}{R}$$

$$a_u = \frac{\sum F_{\text{центр}}}{m} = \frac{F_y}{m} = a_y$$

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

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

равенства  $F_u$  и силы тяжести  $P$  так:

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



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.

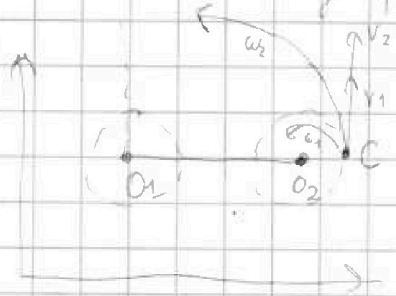
1  2  3  4  5  6  7

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 получим условие 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)  $350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$(V_1 \perp \omega_1)$$

$$(V_2 \perp \omega_2)$$

$$(C \perp O_1 C)$$

$$(C \perp O_2 C)$$

$$(O_1 C \parallel O_2 C \text{ в точке } C)$$

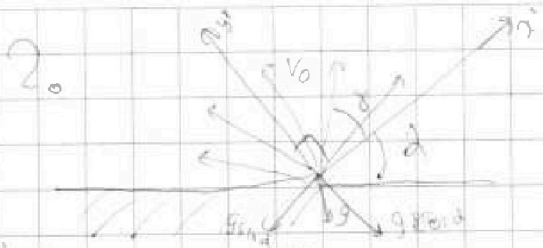


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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  $L$  при стрельбе под углом  $\alpha$  к горизонту?  
 $L = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g}$

$L$  - 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  $\gamma$  между векторами скорости  $v_1$  и  $v_2$  в момент времени  $t$ .  
 $\gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha$  (угол между векторами скорости и горизонтом)

$$v_{1x}(t) = v_0 \cos \alpha - g t \sin \alpha$$

$$v_{1y}(t) = v_0 \sin \alpha - g t \cos \alpha$$

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

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

Условие  $y'(t) = 0$   
 $y'(t) = v_0 \sin \alpha - \frac{g \cos^2 \alpha}{2} t^2 = 0$

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

$$\frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha \tan \alpha)$$

$$\frac{1}{2} (2v_0 \sin \alpha - g \cos \alpha t) = 0$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{2v_0 \tan \alpha}{g}$$

$x'(t) = 0$  при  $(\sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha \tan \alpha)_{max}$

$$f(\alpha) = \sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha \tan \alpha$$

$$f'(\alpha) = \cos 2\alpha - \sin 2\alpha \tan \alpha = 0$$

$$\cos 2\alpha = \sin 2\alpha \tan \alpha$$

$$f'(\alpha) = \cos 2\alpha - \sin 2\alpha \tan \alpha = 0$$

$$\cos 2\alpha = \sin 2\alpha \tan \alpha$$

тогда  $\tan 2\alpha = \frac{1}{\tan \alpha}$   
 $2\alpha = \frac{\pi}{2} - \alpha$   
 $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$$\frac{2v_0^2 (1 - \cos \alpha)}{2g \cos \alpha} = 54$$

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

$$\frac{2v_0^2 (1 - \cos \alpha)}{2g \cos \alpha} = 54$$

$$\frac{2v_0^2 (1 - \cos \alpha)}{2g \cos \alpha} = 54$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{\cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \alpha} \right)^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)^2 = \frac{1}{2 \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{2v_0^2 (1 - \cos \alpha)}{2g \cos \alpha} = 54$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2 \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{2v_0^2 (1 - \cos \alpha)}{2g \cos \alpha} = 54$$

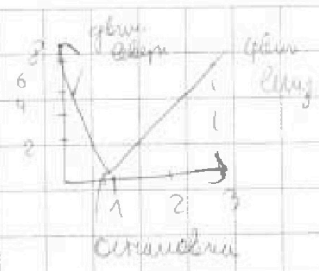
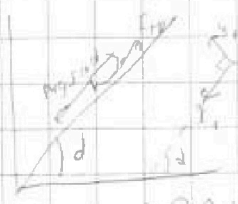
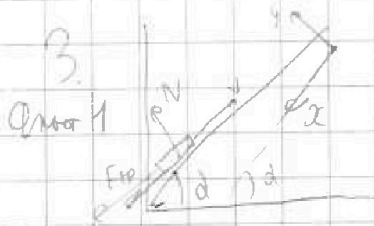
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



3.3.4.

а) 3.3.4.

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

2) 3.3.4.

$$y_1: IV_2 - mg \sin \alpha = 0$$

$$x: mg \sin \alpha - F_{тр} = ma_2$$

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

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

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

$$V = a_2 t$$

$$V(2) = 2a_2 = 8 \text{ m/s}$$

$$a = 4 \text{ g}(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 4$$

3.3.4.

$$V = 8 - a_1 t$$

Величина скорости, то

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

Ответ: 1)  $\frac{2}{3}$

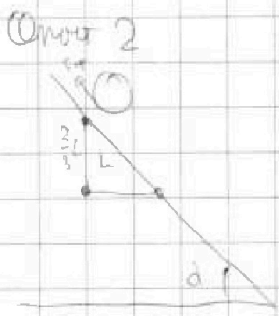
$$a = 8$$

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

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

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

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



без учета:  $V_{центр} = V \omega$

3.3.4. при изменении скорости

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

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

$$F_{тр} = \frac{m V_{центр}}{Rt} = ma_{центр}$$

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 черновком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Печать 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:

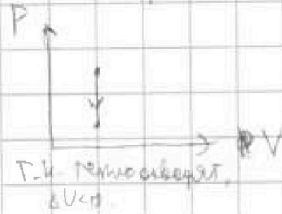
$$\Delta U_{H_2} = \frac{3}{2} V_{H_2} R \Delta T_1$$

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

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

$$A = 0$$

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



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

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

$$\Delta T_1 = 25 \frac{\text{K}}{\text{K}}$$

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

$$\Delta T_1 = -|\Delta T_1| = -31,2 \text{ K}$$



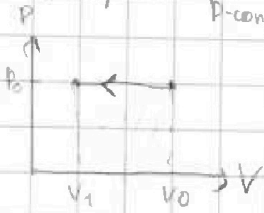
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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:



$$Q_n = A + \Delta U$$

$$A = P_0(V_1 - V_0) < 0$$

УСНГ:

$$1) \int P_n dV_0 = \gamma R T_0$$

$$P_n V_0 = \gamma R T_0$$

$$P_0 V_0 = (P_{n1} + P_{n2}) V_0 = (\gamma_{n1} + \gamma_{n2}) R T_0$$

$$\Delta T_2 = T_1 - T_0$$

$$V_1 < V_0$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{T_0}{T_1}$$

$$T_1 < T_0$$

$$\Delta T_2 < 0 \leftarrow$$

$$\Delta T_2 = -\Delta T_1 = -20 \text{ K}$$

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

$$\Delta U = \Delta U_{n1} + \Delta U_{n2} = 25 \Delta T_2 \left( \frac{3}{2} \gamma_{n1} + \frac{5}{2} \gamma_{n2} \right) =$$

$$2) \int P_n dV_1 = \gamma_{n1} R T_1$$

$$P_{n1} V_1 = \gamma_{n1} R T_1$$

$$P_0 V_1 = (P_{n1} + P_{n2}) V_1 = (\gamma_{n1} + \gamma_{n2}) R T_1$$

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

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

$$25 \Delta T_2 = 500 \text{ Дж} - 500 \text{ Дж}$$

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

$$R (\gamma_{n1} + \gamma_{n2}) = \frac{A}{\Delta T_2} = \frac{-280}{-20} = 14 \frac{\text{Дж}}{\text{K}}$$

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

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

$$R = 0,39$$

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

узнаем, что

$$\begin{cases} \left( \frac{3}{2} \gamma_{n1} + \frac{5}{2} \gamma_{n2} \right) R = 25 \\ (\gamma_{n1} + \gamma_{n2}) R = 14 \end{cases} \quad | : \Rightarrow$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{n2} = 0,4 \gamma_{n1}$$

$$\frac{0,4 \gamma_{n1}}{0,4 \gamma_{n1}} = 2,5 \quad \text{--- ответ 3}$$

$\gamma_{n1}$  --- число степеней свободы

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. Определим величину:

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

$m$  - масса пластины

$q$  - заряд пластины  $q < 0$

$S$  - площадь пластины

$W$  - работу электростатической силы пластины и пластины

$F_1$  - сила со стороны электростатической пластины

$F_2$  - сила со стороны электростатической пластины

$E_1$  - напряженность электрического поля, пластин пластины

$E_2$  - напряженность электрического поля

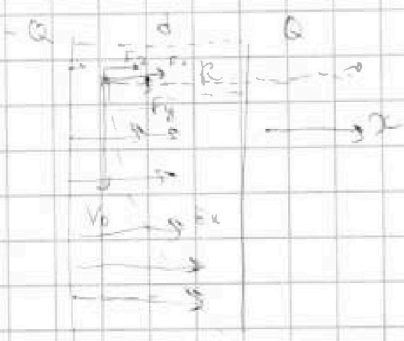
$E_1 - q = F_1$   $(E_1 + E_2) = E_k$  - напряженность электрического поля в конденсаторе

$E_2 - q = F_2$

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

$C$  - емкость конденсатора

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



Пластина  $Q$  и пластина взаимодействуют, а пластины -  $Q$  и пластины взаимодействуют по ЗКН. (как  $2q$ ) сила взаимодействия

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

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

можно записать

$F$  на расстоянии  $R$  от поверхности  $R$ .

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

Если на расстоянии  $R$  от поверхности, то  $F_2$  - максимальная

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

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

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

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{2UR}{d}} \cdot \text{ср. значение 1.}$$



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!

Электрическое поле движущееся по катушке - поле электромагнитное. Оно потенциальное

Поэтому можно записать  $\exists \varphi$ :

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

~~Уравнение потенциала~~

справа нет  $W$ , там  
или все

конденсатора

нет эл поле  $\rightarrow$  нет  $U$

$v > v_0$

$$W = W_1 + W_2$$

пот энергии  
катушки  
и конденсатора

пот энергии  
катушки и конденсатора

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

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

$$\varphi_1 + \varphi_2 = |E_2| + |E_1|$$

$$|E_2| \frac{d}{8} + |E_1| \frac{d}{8}$$

$$|E_2| \frac{Q}{25\epsilon_0} + |E_1| \frac{Q}{25\epsilon_0}$$

$$= \frac{Qd}{25\epsilon_0} = |Q| \frac{V}{2}$$

$$W_1 = (-Q) \varphi_1$$

$$W_2 = (-Q) \varphi_2$$

$$W_1 + W_2 = -Q \varphi_1 - Q \varphi_2 = -Q(\varphi_1 + \varphi_2)$$

Еще как проверить

вероятно, скачки по  $x$  катушке поля равна 0.

по ир за сил  $m$ -ток. Электромагнитное поле увеличивается (оно движется параллельно по  $x$  из катушки  $\frac{d}{8}$  от катушки параллельно, со скоростью  $v$ ) тогда  $v = \sqrt{v_0^2 + v_k^2}$

т.е.  $v > v_0$ . тогда энергия

$W$  катушки и равна

$$Q \cdot U =$$

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

$m \neq$

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

$$\frac{m \left( \frac{-2UR}{d} \right)}{2} + \frac{-Q \cdot U}{2} = \frac{mV^2}{2}$$

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

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!

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

$x'(t) \text{ max min}$   $\sin^2 t$

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

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

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

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

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

Максимизируем и минимизируем и найдем максимум и минимум?

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

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

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

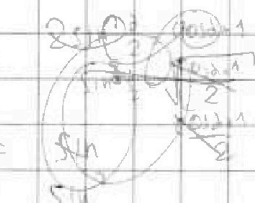
$$(\sin \frac{\pi}{8} \cos \frac{\pi}{8} - \sin^2 \frac{\pi}{8}) = 2 \sin^2 \frac{\pi}{8} - \cos^2 \frac{\pi}{8}$$

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

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

$$\sin \frac{\pi}{4} + \cos \frac{\pi}{4} - 1 = 1 - 2 \sin^2 \frac{\pi}{8} = d$$

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



$$\sin^2 \frac{\pi}{8} = \frac{1 - \cos \frac{\pi}{4}}{2}$$

$$\cos \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

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

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

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

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

$$= \cos \frac{\pi}{4} - \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}-1}{2} > 0$$

$$\text{то } \frac{d}{d\gamma} (\sin \gamma \cos \gamma - \sin^2 \gamma) > 0$$

иначе, при  $d = \frac{\pi}{8}$ :

$$\text{на примере } \cos 2 \cdot \frac{\pi}{8} - \sin 2 \cdot \frac{\pi}{8} = \cos \frac{\pi}{4} - \sin \frac{\pi}{4} =$$

$$\frac{\sqrt{2}-1}{2} < 0$$

тогда при  $\gamma = \frac{\pi}{8}$   $(\sin \gamma \cos \gamma - \sin^2 \gamma) \frac{d}{d\gamma} < 0$

тогда  $\frac{d}{d\gamma} (\sin \gamma \cos \gamma - \sin^2 \gamma) < 0$

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 черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2.



цель

Перемещение по горизонтальной поверхности  $L$ .

цель  $\alpha$   $\beta$  по хор. поверхности.  $v_0$

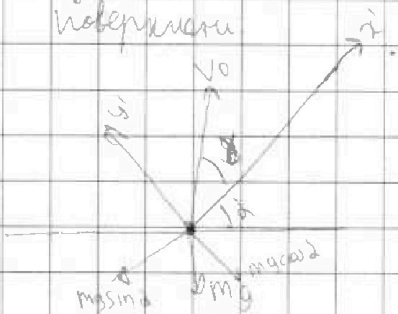
$$L_{\text{горизонт}} = \frac{2R \sin \beta}{\sin \beta} = \frac{2V_0 \sin \beta}{g} \quad L = \frac{2V_0 \sin \beta}{g} \cdot V_0 \cos \beta$$

$$L_{\text{горизонт}} = \frac{2V_0 \sin \beta}{g} \quad V_0^2 \sin 2\beta$$

max(L)  $\Rightarrow$  max  $\sin 2\beta$   
 $\sin 2\beta = 1, \beta = \frac{\pi}{4}, L_{\text{max}} = L_1 = \frac{V_0^2}{g}$

$$V_0 = \sqrt{51g} = \sqrt{1600} = 40 \text{ м/с.}$$

цель  $\alpha$   $\beta$  по осям  $x', y'$   $\beta$   $\gamma$   $\delta$   $\epsilon$   $\zeta$   $\eta$   $\theta$   $\iota$   $\kappa$   $\lambda$   $\mu$   $\nu$   $\xi$   $\omicron$   $\pi$   $\rho$   $\sigma$   $\tau$   $\upsilon$   $\phi$   $\chi$   $\psi$   $\omega$



по осям  $x', y'$   $\beta$   $\gamma$   $\delta$   $\epsilon$   $\zeta$   $\eta$   $\theta$   $\iota$   $\kappa$   $\lambda$   $\mu$   $\nu$   $\xi$   $\omicron$   $\pi$   $\rho$   $\sigma$   $\tau$   $\upsilon$   $\phi$   $\chi$   $\psi$   $\omega$

$$V_x'(t) = V_0 \cos \beta - g \sin \beta t$$

$$V_y'(t) = V_0 \sin \beta - g \cos \beta t$$

$$y'(t) = V_0 \sin \beta t - g \cos \beta \frac{t^2}{2}$$

найти момент, когда  $g'(t_n) = 0$

$$V_0 \sin \beta t_n - g \cos \beta \frac{t_n^2}{2} = 0$$

$$t_n (V_0 \sin \beta - \frac{g \cos \beta t_n}{2}) = 0$$

$$t_n = 0$$

$$t_n = \frac{2V_0 \sin \beta}{g \cos \beta}$$

~~$x(t) = V_0 \cos \beta t - \frac{g \sin \beta t^2}{2}$~~   
 ~~$x'(t) = V_0 \cos \beta - g \sin \beta t$~~   
 ~~$x'(t_n) = V_0 \cos \beta - g \sin \beta \frac{2V_0 \sin \beta}{g \cos \beta} = V_0 \cos \beta - 2V_0 \sin^2 \beta / \cos \beta$~~   
 ~~$x'(t_n) = V_0 \cos \beta (1 - 2 \sin^2 \beta) = V_0 \cos \beta \cos 2\beta$~~

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. 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

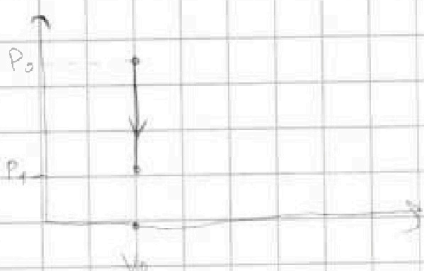
$V_{He}$  - количество вещества гелия

$P_{N_2}$  - давление азота

$V_{N_2}$  - количество вещества азота

$P_{tot}$  - общее давление

$T$  - температура



$$A = 0$$

$$Q = \Delta U$$

тепло излученная энергия

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

так как температура увеличивается, то

энергия излученная

одна газом отрицательная

$$\text{тогда } |Q_{He}| + |Q_{N_2}| = |Q_{He}| + |Q_{N_2}|$$

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 VCUT:

Изотермический процесс:

по закону Авогадро,  $A = 20$

$A$  - количество вещества

$$A = P_0 (V_1 - V_0) / R T_0$$

$P_0$  - общее давление

$V_0$  - начальный объем

$T_0$  - начальная температура

$V_1$  - конечный объем

$T_1$  - конечная температура

$$P_{He} V_0 = V_{He} R T_0$$

$$P_{N_2} V_0 = V_{N_2} R T_0$$

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

$$= P_0 V_0$$

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

$$P_{N_2} V_1 = V_{N_2} R T_1$$

$$P_{tot} V_1 = (P_{He} V_1 + P_{N_2} V_1) = (V_{He} + V_{N_2}) R T_1$$

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

$$\Delta T_2 < 0, \text{ т.к. } T_1 < T_0 \left( \frac{P_1}{P_0} = \frac{V_0}{V_1} < 1 \right)$$

$$A = P_0 V_0 - P_1 V_1 = (V_{He} + V_{N_2}) R (T_1 - T_0) =$$

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

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

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



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 степеней свободы  $\uparrow$

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

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

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

$\uparrow$  т.к.  $\Delta U < 0$  — число степеней свободы

$\uparrow$  т.к.  $\Delta U > 0$  — число степеней свободы

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

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

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

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

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

$$\frac{13,5}{2} R \nu_{N_2}$$

из уравнения Кирхгофа  
знаем, 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  $A_{вн} = 280 \text{ Дж}$

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



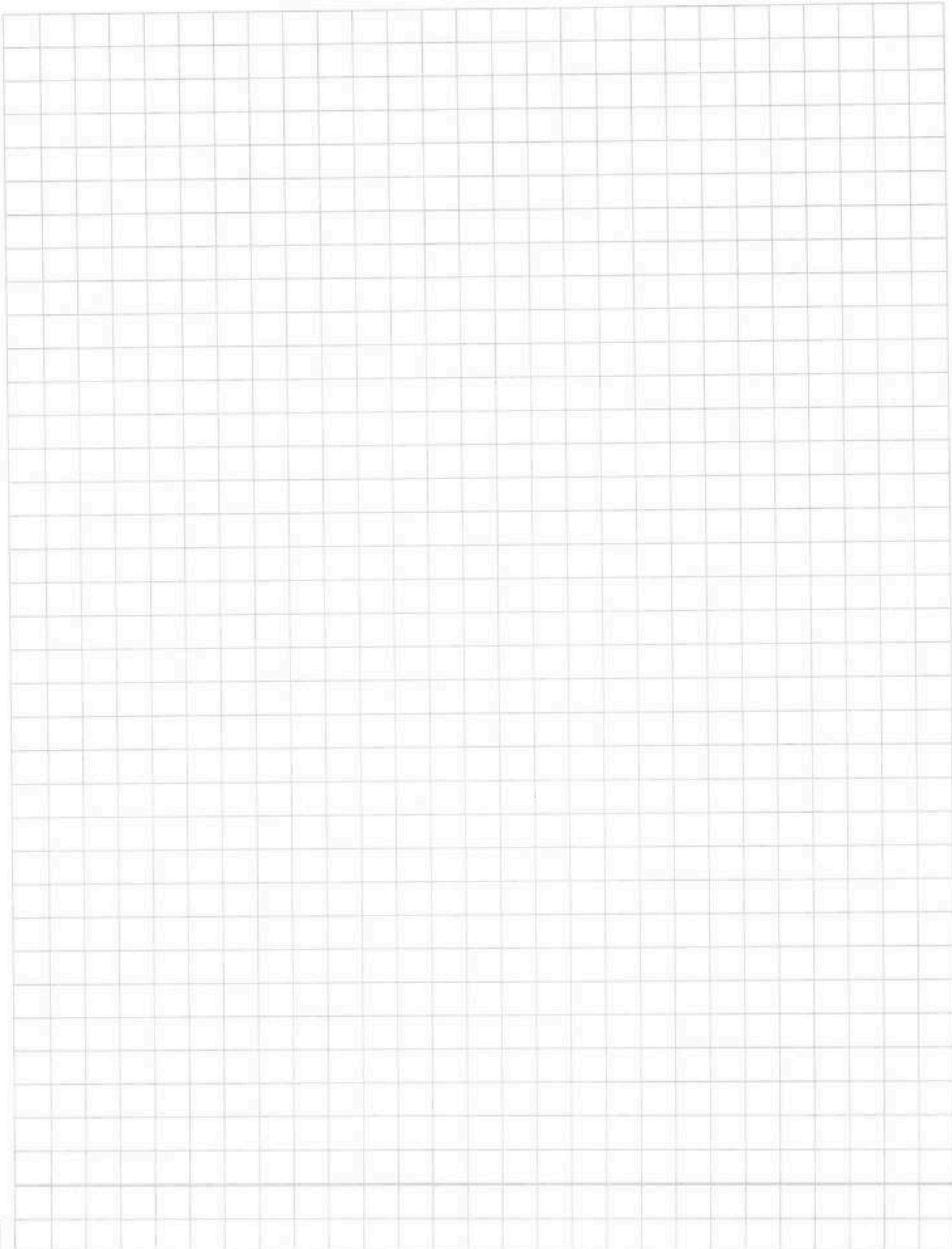


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



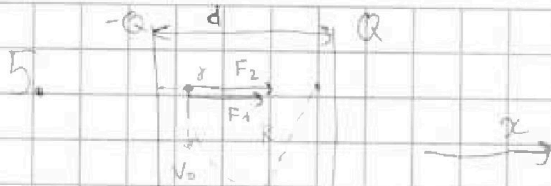


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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?

Источ. сил со стороны

1  
2  
Источ.  $Q$  - 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, т.к.  $x < 0$ ,  $q$  то  $v_0$  то и  $q$  меньше 0

Тогда отриц. заряженная пластинка будет отталкивать частицу, а положительная - притягивать. Т.е. суммарн. сил направлено 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.

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

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