



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

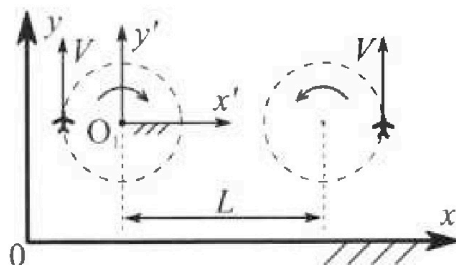
Вариант 10-02



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/с².

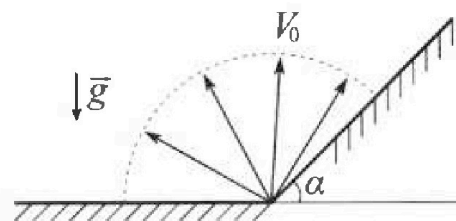
1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



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.

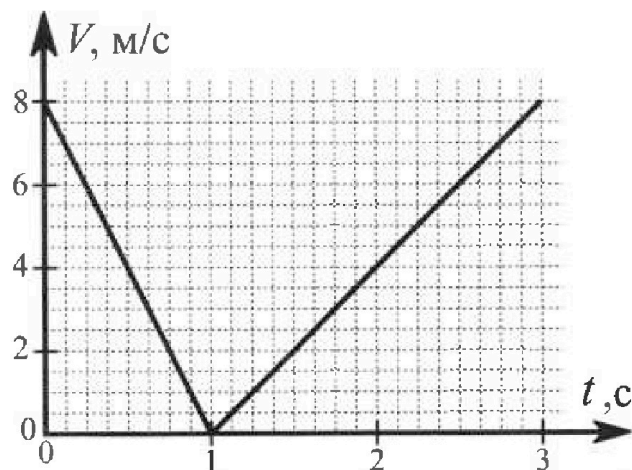
2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U} .

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/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

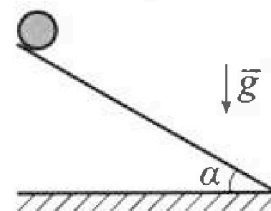
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – 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 μ 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.

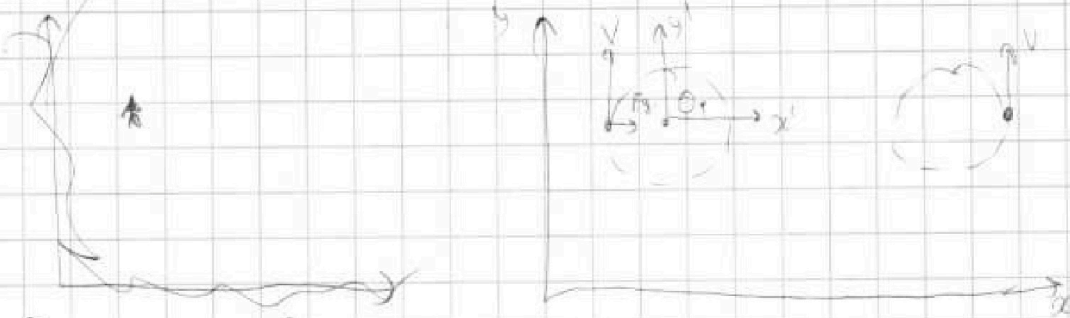


1 2 3 4 5 6 7

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 движется по окружности радиуса R с постоянной скоростью v .~~



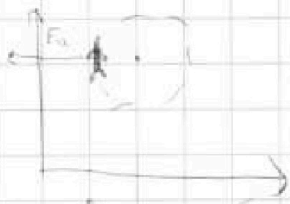
Определим величины:

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

F_u - сила инерции для точки 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 точку действует сила инерции.

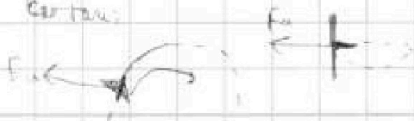
$$F_u = m a_u \quad F_u = m a_y = m \frac{v^2}{R}$$

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

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

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

равенства F_u и P удерживают точку:



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

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.

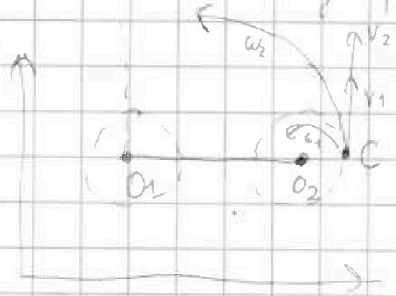
1 2 3 4 5 6 7

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 формулы условия скорости относительно центра ~~осей~~ 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) $350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$(V_1 \perp \omega_1)$$

$$(V_2 \perp \omega_2)$$

$$(C \omega_1 \parallel O_1 C)$$

$$(C \omega_2 \parallel O_2 C)$$

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

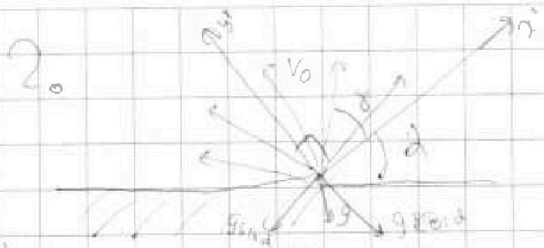


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Кинетическая энергия перемены q_{12}
Кинетическая энергия перемены:
 $L = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g}$

L - перемены по высоте
 β - угол между векторами v_0 и v

L max при $\sin^2 \beta = 1$
 $\max(\sin^2 \beta) = 1$

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

2) Задача 2. Угол между векторами v_0 и v равен α . Угол между векторами v и v_0 равен β .
 $\alpha = \frac{\pi}{2} - \beta$ (угол между векторами v_0 и v)

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

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

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

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

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

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

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

$f'(\alpha) = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \tan \alpha = 0$
 $\cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha \tan \alpha$
 $\tan \alpha = \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} = \cot^2 \alpha$
 $\tan^3 \alpha = 1$
 $\alpha = \frac{\pi}{4}$

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

$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) \frac{1}{2} \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) = \frac{1}{2 \cos^2 \alpha}$
 $\cos^2 \alpha = 1$
 $\alpha = 0$

Угол $\alpha = \frac{\pi}{4}$
Угол $\beta = \frac{\pi}{4}$
Угол $\gamma = \frac{\pi}{4}$

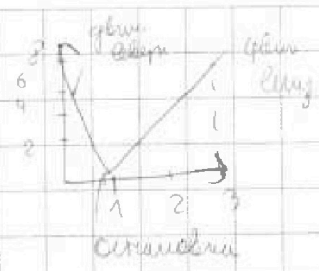
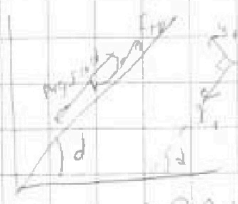
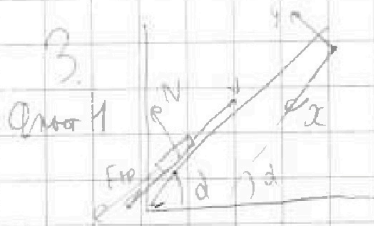
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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. 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.У.:

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

$$x: mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma_2$$

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

$$V = a_2 t$$

$$V(2) = 2a_2 = 8 \text{ м/с}$$

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

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

$$a_1 = 8$$

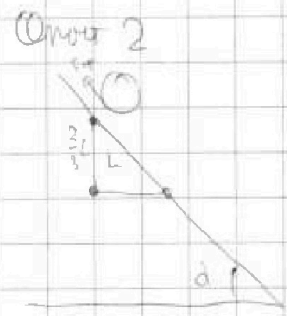
$$g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 8$$

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

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

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

Ответ: 1) $\frac{2}{3}$



без учета: $V_{\text{нач}} = \sqrt{g l}$

З.У. при наименьшей скорости:

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

$$b = \frac{c}{t} \quad b = \frac{c}{t} = \frac{20 \text{ Дж/с}}{0.1 \text{ с}}$$

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

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 газоподобная

A_{ext} - работа внешних сил (или работа)

ΔU - общее изменение внутренней энергии смеси

ΔU_{H_2} - изменение внутренней энергии водорода

ΔU_{N_2} - изменение внутренней энергии азота

$A = -A_{ext}$

Q_n - количество теплоты

$Q_n < 0$

$\Delta U = \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2}$ $Q_n = -Q_{ext}$ (с отрицательным знаком)

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

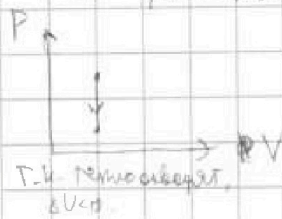
V_1, T_1 - конечные значения объема и температуры в изохорном процессе

Изохорный процесс:

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

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

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



$$A = 0$$

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

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

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

$$\frac{3 \cdot 20}{31,2} = 25 \frac{\Delta T_1}{K}$$

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

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



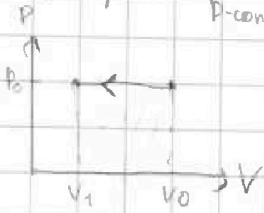
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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:
 1) $\int p_n v_0 = \nu R T_0$
 $p_n v_0 = \nu R T_0$
 $p_0 v_0 = (p_{n1} + p_{n2}) v_0 = (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R T_0$
 2) $\int p_n v_1 = \nu_{n1} R T_1$
 $p_0 v_1 = (p_{n1} + p_{n2}) v_1 = (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R T_1$

$\Delta T_2 = T_1 - T_0$
 $v_1 < v_0$
 $\frac{v_0}{v_1} = \frac{T_0}{T_1}$
 $T_1 < T_0$
 $\Delta T_2 < 0 \leftarrow$
 $\Delta T_2 = -\Delta T_1 = -20 \text{ K}$

$A = (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R \Delta T_2$
 $\Delta U = \Delta U_{n1} + \Delta U_{n2} = \frac{3}{2} \nu_{n1} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{n2} R \Delta T_2 = 25 \Delta T_2 = 500 \text{ Дж} - 500 \text{ Дж}$
 $\Delta U_{n1} = \frac{3}{2} \nu_{n1} R \Delta T_2$
 $\Delta U_{n2} = \frac{5}{2} \nu_{n2} R \Delta T_2$
 $A = Q_n - \Delta U = -780 - (-500) = -280 \text{ Дж}$

$A = \Delta T_2 (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R$
 $\nu (\nu_{n1} + \nu_{n2}) = \frac{A}{\Delta T_2} = \frac{-280}{-20} = 14 \frac{\text{моль}}{\text{К}}$
 $R = 0.31$

$A_{\text{вн}} = -A = 280 \text{ Дж}$ - order 1.
 $C_D = \frac{Q_n}{\Delta T_2 \cdot (\nu_{n1} + \nu_{n2})} = \frac{Q_n \cdot R}{\Delta T_2 \cdot (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R} = \frac{Q_n R}{A} = \frac{280 R}{-280 R} = -\frac{39}{14} R$ - order 2

узнаем, что $\left\{ \begin{aligned} \left(\frac{3}{2} \nu_{n1} + \frac{5}{2} \nu_{n2}\right) R &= 25 \\ (\nu_{n1} + \nu_{n2}) R &= 14 \end{aligned} \right. \Rightarrow$

$\frac{\frac{3}{2} \nu_{n1} + \frac{5}{2} \nu_{n2}}{\nu_{n1} + \nu_{n2}} = \frac{25}{14}$
 $\frac{3(\nu_{n1} + \nu_{n2}) + (\nu_{n2} - \nu_{n1})}{2} = \frac{26}{14} \cdot 2$
 $\frac{\nu_{n2} - \nu_{n1}}{\nu_{n1} + \nu_{n2}} = \frac{50}{14} - 4 = -\frac{3}{7}$

$\nu_{n1} + \nu_{n2} = \frac{3}{7} \nu_{n1} - \frac{3}{7} \nu_{n2}$
 $\frac{4}{7} \nu_{n1} + \frac{10}{7} \nu_{n2} = 0$
 $10 \nu_{n2} = -\nu_{n1} = 4$
 $\nu_{n2} = 0.4 \nu_{n1}$
 $\frac{\nu_{n1}}{\nu_{n2}} = \frac{\nu_{n1} \cdot 10}{\nu_{n2} \cdot 10} = \frac{\nu_{n1}}{0.4 \nu_{n1}} = 2.5$ - order 3

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

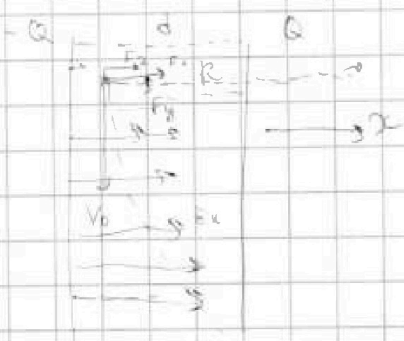
$E_1 - q = F_1$ $(E_1 + E_2) = E_k$ - напряженность электрического поля в конденсаторе

$E_2 - q = F_2$

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

C - емкость конденсатора

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



Пластины Q и $-Q$ заряжены равномерно, а пластины - Q и пластины $-Q$ заряжены по ЗВК. (или ЗС) сила взаимодействия

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

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

можно записать

F не зависит от размера пластины R .

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

Если на электроне действует // пластинкам, то F_2 - максимальная

Force - максимальная, т.е. $F = F_2$.

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

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

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

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



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 потенциально

Поэтому можно записать $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$:

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

Уравнение потенциала

справа нет W , там
нет поле

конденсатора

нет эл поле \rightarrow нет W

$\rightarrow v > v_0$

$$W = W_1 + W_2$$

пот энергии
перенос
в электр
поле
конденсатор

пот энергии
перенос и поле
электромагн
поле

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

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

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

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

$$|E_2| \frac{Q}{2\epsilon_0} + |E_1| \frac{Q}{2\epsilon_0} = \frac{Qd}{2\epsilon_0}$$

$$W_1 = (-Q) \varphi_1 - \text{перенос энергии электромагн}$$

$$W_2 = (-Q) \varphi_2 - \text{перенос энергии электромагн}$$

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

$$= Q(|\varphi_1 + \varphi_2|) = |Q| \frac{Qd}{2\epsilon_0} = |Q| \frac{V}{2}$$

Есть две ветки

первоначально скорость

по x направлению была равна 0.

по ир за счет m -сил взаимодействием они увеличились

(один движется вправо параллельно по x из начала $\frac{d}{8}$ от
другой нулевой, со скоростью v_0) тогда $V = \sqrt{v_0^2 + v_x^2}$

т.е. $V > v_0$. тогда энергия

W перенос и равна

$$Q \cdot U =$$

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

$m \neq$

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

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

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

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!

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

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

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

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

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

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

Максимизируем функцию и найдем минимум и максимум?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

при $\sin \alpha$ на $\alpha < \frac{\pi}{8}$:

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

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

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

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

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

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

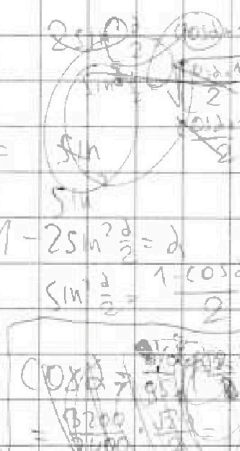
$$= \sin \alpha (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha) = \sin \alpha (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha) =$$

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

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

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

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



тогда при $\frac{\pi}{8}$ будет 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 .

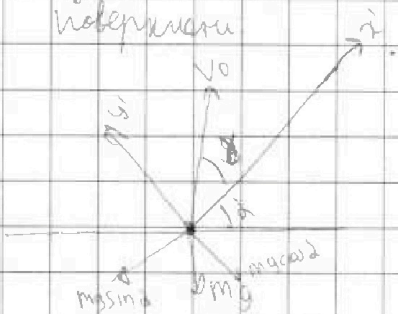
Цель \rightarrow найти длину L по углу β по зад. информации. \rightarrow $\sin 2\beta$

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

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

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

Цель \rightarrow найти скорость v по углу β к вертикали



по осям x, y \rightarrow $\sin \beta, \cos \beta$

$$v_x(t) = V_0 \cos \beta - g \sin \beta t$$

$$v_y(t) = V_0 \sin \beta - g \cos \beta t$$

$$y(t) = V_0 \sin \beta t - g \cos \beta \frac{t^2}{2}$$

найти момент времени, $g'(t_n) = 0$

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

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

$$t_n = 0$$

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

~~$x(t) = V_0 \cos \beta t - g \sin \beta \frac{t^2}{2}$~~
 ~~$x(t_n) = V_0 \cos \beta \frac{2V_0 \sin \beta}{g \cos \beta} - g \sin \beta \frac{1}{2} \left(\frac{2V_0 \sin \beta}{g \cos \beta} \right)^2$~~
 ~~$x(t_n) = \frac{2V_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \cos \beta} - \frac{g \sin \beta}{2} \frac{4V_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \beta}$~~
 ~~$x(t_n) = \frac{2V_0^2 \sin \beta}{g} - \frac{2V_0^2 \sin^3 \beta}{g \cos^2 \beta}$~~

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

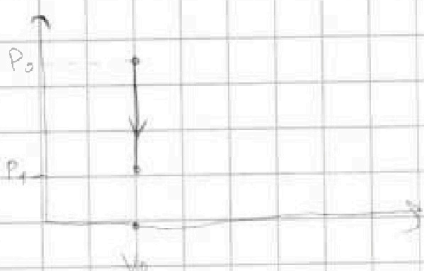
V_{He} - количество вещества гелия

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

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

т.е. они суммируются

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

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

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

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

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

по VCMT:

Изотермический процесс:

по закону Авогадро, $A = Z_0$

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

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

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

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

$$= P_0 V_0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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 т.к. $\Delta U < 0$ число молекул

\uparrow т.к. $\Delta U < 0$ число молекул

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

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

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

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

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

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

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

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



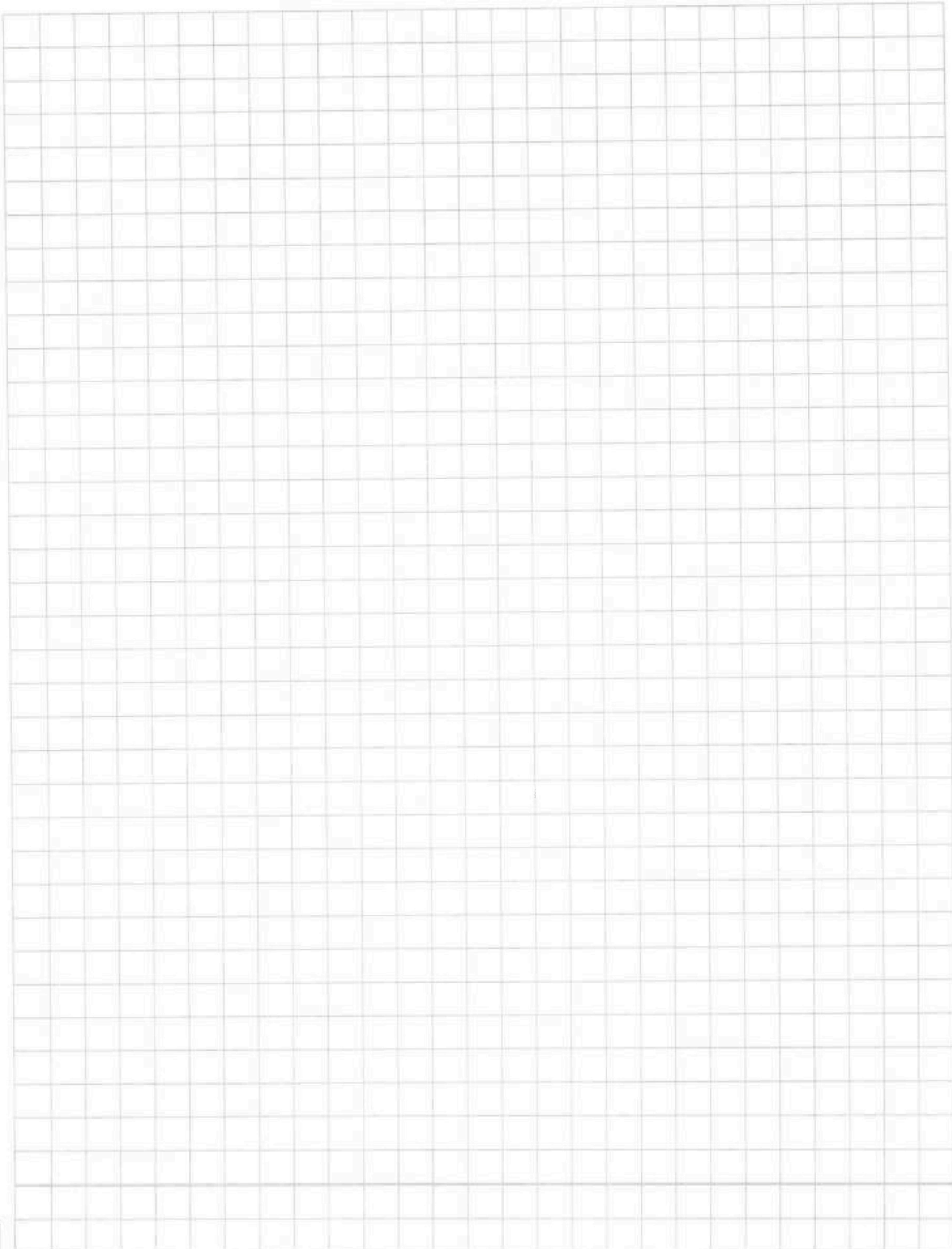


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



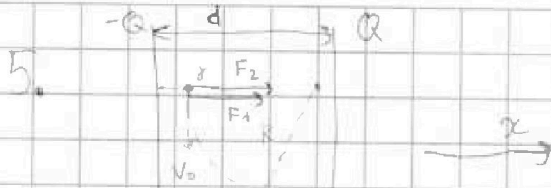


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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, т.к. $x < 0$, то q 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
 ϵ_0 - конст.

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

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