



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

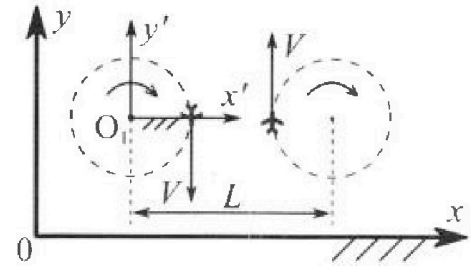
## Вариант 10-01

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  $V = 80 \text{ м/с}$  (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса  $R=800 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

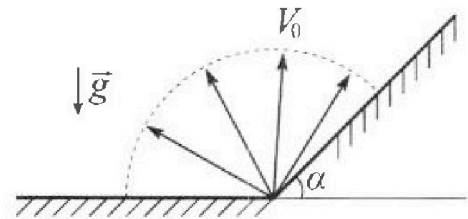
1. На сколько  $\delta$  процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей  $L=2 \text{ км}$ . Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

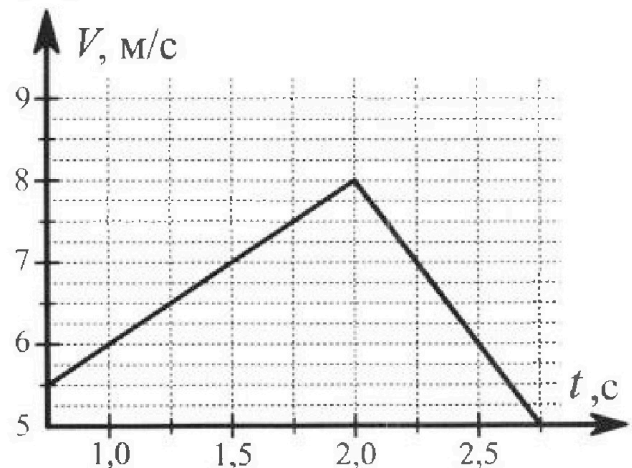
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков  $T = 9 \text{ с}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



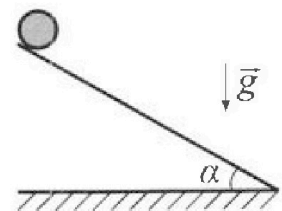
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. На каком максимальном расстоянии  $S$  от точки старта упадет осколок на склон?

3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



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 равна массе бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения по вертикали на  $h=0,3 \text{ м}$ ?
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 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят  $Q = 600$  Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на  $\Delta T_1 = 15$  К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на  $\Delta T_2 = 10$  К.

1. Найдите работу  $A$  смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_V$  смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_{\text{Г}}}{N_{\text{К}}}$  числа атомов гелия к числу молекул кислорода в смеси.

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

5. Частица с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m} > 0$  движется между обкладками плоского конденсатора. Заряды обкладок конденсатора  $Q > 0$  и  $-Q$ , ёмкость конденсатора  $C$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам со скоростью  $V_0$  на расстоянии  $d/4$  от положительно заряженной обкладки.

1. Найдите радиус  $R$  кривизны траектории в этот момент времени.

Через нек оторое 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.

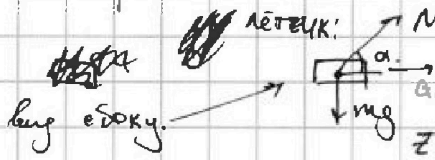
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 10

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!

Задача 51:

1) Рассмотрим лётчика в самолёте. Пусть масса лётчика -  $m$ . Нормал. ускор. -  $a_n$ .  
 $\vec{m}\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}$  и т.д. Нет  $a_t$ , т.к.  $\vec{v}$  вращается с  $\omega$  по часовой стрелке.



$\alpha$ -угол между  $\vec{N}$  и вертикалью.  
 на ось  $ox$ :  $ma_n = N \cos \alpha$  (1)  
 на ось  $oz$ :  $N \sin \alpha - mg = 0$  (2)

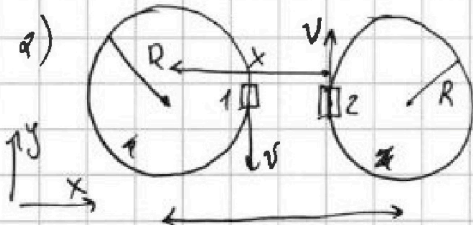
из (1) выразим  $\cos \alpha = \frac{ma_n}{N} = \frac{m v^2}{NR} \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{m^2 v^4}{N^2 R^2}}$

из (2)  $N \sin \alpha = mg \Rightarrow N \cdot \sqrt{1 - \frac{m^2 v^4}{N^2 R^2}} = mg \Rightarrow N^2 \left(1 - \frac{m^2 v^4}{N^2 R^2}\right) = m^2 g^2$

$N^2 - \frac{m^2 v^4}{R^2} = m^2 g^2 \Rightarrow N^2 = m^2 \left(g^2 + \frac{v^4}{R^2}\right) \Rightarrow N = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$

$\vec{F}_{тяж} = m\vec{g}$   
 $\delta = \left(\frac{N}{F_{тяж}} - 1\right) \cdot 100\% = \left(\frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{g} - 1\right) \cdot 100\% = \left(\sqrt{1 + \frac{v^4}{g^2 R^2}} - 1\right) \cdot 100\%$

$= \left(\sqrt{1 + \frac{64}{100}} - 1\right) \cdot 100\% = \left(\frac{\sqrt{164}}{10} - 1\right) \cdot 100\% \approx 29\%$   
 (10164 - 100) %



Перед гём во вращ. со осью  $oz$  с самолётом  
 Угловая скорость первого самолёта  $\omega = \frac{v}{R}$   
 Второй самолёт вращается.

Упер =  $\omega \cdot x = \frac{v}{R} (L - R)$  - вниз (против  $oy$ )  
 скорость, с которой вращ. со 1 самолёта первого самолёт 2.  
 Уперу =  $-\frac{v}{R} (L - R)$

на ось  $oy$ :  
 $U_{ом1} = v_{дв} - U_{пер}$   
 на ось  $oy$ :  
 $U_{ом1} = v - U_{перу} = v + \frac{v}{R} (L - R) = \frac{vR + vL - vR}{R} = \frac{vL}{R} = 80 \cdot \frac{2000 \text{ м}}{800 \text{ с}}$   
 $= \frac{2000}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$U_{ом1} = U = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  - вверх (по оси  $oy$ ).

Ответ  $\delta = \left(\sqrt{1 + \frac{v^4}{g^2 R^2}} - 1\right) \cdot 100\% \approx 29\%$

$U = \frac{vL}{R} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  (вверх, по оси  $oy$ ).



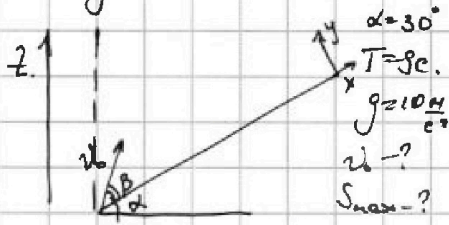
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

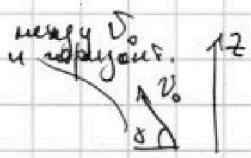
СТРАНИЦА  
18 ИЗ 18

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!

Задача 2.



1) Если осколок полетел правее пунктирной линии, то он упадет быстрее, чем осколок, который полетел левее пунктирной линии симметрично первому осколку относительно этой линии. Иначе говоря, если осколок, а слева его нет. Тогда будет рассматривать полет осколков, не ударяющих ни о склоны.



Закон движения по оси OY (когда нашли время верхний полет):  
 $0 = v_0 \sin \alpha - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$

Затем время полета  $T_0 = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

Тогда время полета  $T = \frac{2v_0}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{gT}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} \frac{m}{c} = 45 \frac{m}{c}$



2) ось OX вдоль склона, ось OY перпендикулярно. Пусть  $\beta$  - угол, под которым бросили осколок к склону. Движение!

по OX:  $x = v_0 \cos \beta t - \frac{g \sin^2 \alpha}{2} t^2$  по OY:  $y = v_0 \sin \beta t - \frac{g \cos^2 \alpha}{2} t^2$

Когда осколок упал  $y=0 \Rightarrow \sin \beta \cdot v_0 \sin \beta t - \frac{g \cos^2 \alpha}{2} t^2 = 0$   $t=0$  - не интересует

$\Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin^2 \beta}{g \cos \alpha}$

Уз (1):  $x = v_0 \cos \beta \cdot \frac{2v_0 \sin^2 \beta}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin^2 \alpha}{2} \cdot \frac{4v_0^2 \sin^4 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha}$

$x' = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} (2 \cos^2 \beta - 4 \sin^2 \beta \cdot \cos \beta \cdot \tan \alpha)$  В момент касания нулю  $x'$

$\Rightarrow \cos^2 \beta - 2 \sin^2 \beta \cdot \tan \alpha = 0 \Rightarrow \tan^2 \beta = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha \beta = 60^\circ \Rightarrow \beta = 30^\circ$

$S = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin(60^\circ) - 2 \cdot \sin^2(30^\circ) \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}) = \frac{v_0^2}{g \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} - 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \right) =$

$= \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \left( \frac{3-1}{2\sqrt{3}} \right) = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{4}{2 \cdot 3 \cdot \sqrt{3}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{gT^2}{2 \cdot 4 \cdot g} = \frac{gT^2}{6} = \frac{10 \cdot 81}{6} \frac{m}{c} =$

$= 15 \cdot 9 \frac{m}{c} = 135 \frac{m}{c}$



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  
2 ИЗ 402

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!

Задача 3 (продолжение) Второй этап:

Богны с веревкой можно считать цилиндром  
 $J = \frac{MR^2}{2}$ ,  $J$  - момент инерции,  $R$  - радиус цилиндра.  
 $M$  - масса веревки и богны

$\sum M = \frac{dW}{dt} J$

Оси откладываем все уравнения через ч.м. момент

оузляет только сила трения  $M = F_{тр} \cdot R$

$F_{тр} \cdot R = \left( \frac{dW}{dt} \right) \frac{MR^2}{2}$   $F_{тр} = \frac{\epsilon \cdot MR}{2} = \frac{\epsilon R \cdot M}{2} = \frac{Ma}{R}$   
 $\epsilon$  - угловое ускорение ч.м.

II з. Ньютона для ч.м.  $M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}$

на  $ox$ :  $Ma = Mg \sin \alpha - F_{тр} = Mg \sin \alpha - \frac{Ma}{2} \Rightarrow a = g \sin \alpha - \frac{a}{2} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow \frac{3}{2} a = g \sin \alpha \Rightarrow$   
 $\Rightarrow a = \frac{2}{3} g \sin \alpha$

3)  $a = \frac{2}{3} g \sin \alpha = \frac{2 \cdot 10 \cdot 3}{3 \cdot 10} \frac{M}{c^2} = \frac{2M}{c^2}$

2)  $v_0 = 0 \Rightarrow a \cdot \sin \alpha \cdot t^2 = 2h \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a \sin \alpha}}$

$v = v_0 + at = a \cdot \sqrt{\frac{2h}{a \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2ha}{\sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2h \cdot 2g \sin \alpha}{3 \cdot \sin \alpha}} =$   
 $= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 2}{3}} \frac{M}{c^2} = \frac{2M}{c}$

4) чтобы богна не проскальзывает  $F_{тр} \leq \mu N = \mu Mg \cos \alpha$

$\frac{Ma}{2} = \frac{M}{3} \cdot \frac{2}{3} g \sin \alpha = \frac{Mg \sin \alpha}{3}$   $\frac{Mg \sin \alpha}{3} \leq \mu Mg \cos \alpha \Rightarrow$   
 $\Rightarrow \mu \geq \frac{2}{3} \tan \alpha = \frac{1}{3} \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{1}{3} \frac{3}{10 \sqrt{1 - \frac{9}{100}}} = \frac{1}{10 \sqrt{\frac{91}{100}}} = \frac{1}{\sqrt{91}}$

Ответ:  $\sin \alpha = 0,3$   $a = \frac{2M}{c^2}$   
 $v = \frac{2M}{c}$   $\mu \geq \frac{1}{\sqrt{91}}$

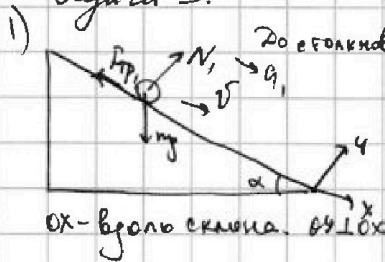


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА 4 ИЗ 10.2

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!

Задача 3.



Из графика видно, что скорость шайбы растет с ускорением, причем модуль скорости увеличивается со временем.

II закон Ньютона:

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр}$$

на OX:  $ma_1 = mg \sin \alpha - F_{тр}$  на OY:  $N_1 - mg \cos \alpha = 0$

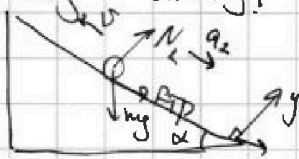
т.к. шайба движется, то  $F_{тр} = \mu N_1$ , где  $\mu$  - коэф. тр. шайбы о накл. плоскости.

$$ma_1 = mg \sin \alpha - \mu N_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Из графика на графике  $a_1$  - тангенс наклона первой прямой, умноженный на масштабный коэф.

$$a_1 = \frac{8-6}{2-1} \frac{m}{c} = \frac{2m}{c^2}$$

Когда шайба резко начала уменьшать свою скорость, произошло столкновение со стенкой, шайба начинает лететь вверх; т.к. шайба летит вверх по склону, то  $F_{тр2}$  вниз по склону?



II закон Ньютона:  $m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр2}$

OX:  $ma_2 = mg \sin \alpha + F_{тр2}$  OY:  $N_2 - mg \cos \alpha = 0$

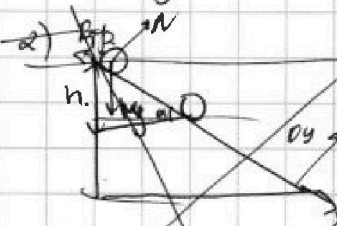
т.к. шайба едет.  $F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg \cos \alpha$

$$ma_2 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_2 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

OX - вдоль склона, OY - перпенд.

Из графика видно:  $|a_2| = \frac{8-6}{2,5-2} \frac{m}{c^2} = \frac{2}{0,5} \frac{m}{c^2} = \frac{4m}{c^2}$

$$\begin{cases} a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \\ a_2 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \end{cases} \rightarrow a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{2 + 4}{2 \cdot 10} = \frac{6}{20} = \frac{3}{10} = 0,3$$



II закон Ньютона для ч.м. движущейся по накл. плоскости вверх

OX:  $ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$

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

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

выразим  $\mu$  и оно должно быть равно  $a_1$

из  $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$  перенесем  $\sin^2 \alpha$  по вертикали.

$$v = v_0 + at \Rightarrow v = a_1 t \Rightarrow \frac{2h}{g \sin \alpha} = \frac{2h}{g \sin \alpha} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3 \cdot 2}{9,8}} = \frac{2m}{c}$$

см. рис. 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  
15 из 104

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!

Задача 4.

1)  $V = \text{const}$   $Q = 600 \text{ Дж}$   $\Delta T_1 = 15 \text{ К}$   
 $p = \text{const}$   $Q = 600 \text{ Дж}$   $\Delta T_2 = 10 \text{ К}$ .

В изохор. процессе:

Первое начало термодинамики:  $Q = \Delta U_1 + A_1$ ,  $A_1 = 0$  т.к.  $V = \text{const}$ .  $\Rightarrow Q = \Delta U_1$   
 $\Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_1 = \Delta T_1 R \left( \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} \right) = Q \Rightarrow \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R} \quad (1)$

В изобар. процессе:

Первое начало термодинамики:  $Q = \Delta U_2 + A_2 \Rightarrow A_2 = Q - \Delta U_2$

$\Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2 \Rightarrow \Delta U_2 = \Delta T_2 R \left( \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} \right) = \Delta T_2 \cdot \frac{Q}{\Delta T_1}$

$A = Q - \Delta U_2 = Q - Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = Q \left( 1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = Q \left( 1 - \frac{10}{15} \right) = \frac{Q}{3} = 200 \text{ Дж}$ .

2) Теплоемкость:  $C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{600 \text{ Дж}}{15 \text{ К}} = 40 \frac{\text{ Дж}}{\text{ К}}$ .

3)  $\frac{N_{\text{He}}}{N_{\text{O}_2}} = \frac{\nu_{\text{He}} N_A}{\nu_{\text{O}_2} N_A} \Rightarrow \frac{N_{\text{He}}}{N_{\text{O}_2}} = \frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{O}_2}} = x$

Изобар. процесс:

При изобар.  $A_2 = A = p \cdot \Delta V$

Ур-ние Менделеева-Клапейрона  $p V_1 = \nu R T_0 = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2}) R T_0 \Rightarrow p \Delta V = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2}) R \cdot \Delta T_2$   
 $p V_2 = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2}) R T_2$

$A = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2}) R \Delta T_2 = \frac{Q}{3}$  (из первого начала)

$\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2} = \frac{Q}{3 R \Delta T_2}$  из (1):  $\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} = \frac{Q}{R \cdot \Delta T_1}$   $|\cdot \nu_{\text{O}_2}$

$\left( \frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{O}_2}} \right) + 1 = \frac{Q}{3 R \Delta T_2 \cdot \nu_{\text{O}_2}} \quad (2) \quad \frac{3}{2} \left( \frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{O}_2}} \right) + \frac{5}{2} = \frac{Q}{R \Delta T_1 \nu_{\text{O}_2}} \quad (3)$

$\frac{(2)}{(3)} = \frac{x+1}{\frac{3}{2}x + \frac{5}{2}} = \frac{Q \cdot R \cdot \Delta T_1 \cdot \nu_{\text{O}_2}}{3 R \Delta T_2 \cdot \nu_{\text{O}_2} \cdot Q} = \frac{\Delta T_1}{3 \Delta T_2}$

$3x \Delta T_2 + 3 \Delta T_2 = \frac{3}{2} x \Delta T_1 + \frac{5}{2} \Delta T_1$

$6x \Delta T_2 + 6 \Delta T_2 = 3x \Delta T_1 + 5 \Delta T_1 \quad x(6 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1) = 5 \Delta T_1 - 6 \Delta T_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow x = \frac{5 \Delta T_1 - 6 \Delta T_2}{6 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1} = \frac{5 \cdot 15 - 6 \cdot 10}{6 \cdot 10 - 3 \cdot 15} = \frac{75 - 60}{60 - 45} = \frac{15}{15} = 1$ .

Ответ:  $A = 200 \text{ Дж}$   $C_V = 40 \frac{\text{ Дж}}{\text{ К}}$   $\frac{N_{\text{He}}}{N_{\text{O}_2}} = 1$ .



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  
4 из 107

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!

Задача 5.

$\delta = \frac{q}{m} > 0$  левая пластинка отталкивает, правая притягивает  $m$ -массе частицы.

$d, \frac{d}{4}, C, v_0$

На частицу действует только  $\vec{F}_{эл} \perp \vec{v}_0$ .

Из закона  $m\vec{a} = \vec{F}_{эл}$  на  $OX$ :  $F_{эл} = ma$ .

Т.к.  $\vec{F}_{эл} \perp \vec{v}_0$ , то  $\vec{a} \perp \vec{v}_0 \Rightarrow \vec{a}$  нормальное ускорение частицы в данный момент времени.

$a = \frac{v_0^2}{R_{кр}} \Rightarrow R_{кр} = \frac{v_0^2}{a}$

т.к.  $F_{эл} = E \cdot q$ ,  $C = \frac{Q}{Ed} \Rightarrow E = \frac{Q}{C \cdot d}$

$F_{эл} = \frac{Q}{C \cdot d} \cdot q = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{Qq}{C \cdot d \cdot m} = \frac{Q}{C \cdot d} \cdot \delta$

$R_{кр} = \frac{v_0^2}{a} = \frac{v_0^2 \cdot C \cdot d}{Q \delta} \Rightarrow R = \frac{v_0^2 \cdot C \cdot d}{Q \delta}$

Средняя плоскость конденсатора имеет нулевой потенциал.

Закон сохранения энергии

$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A_{эл} = (U_1 - U_2)q$   $U$  - потенциал выкладки

$v^2 = v_0^2 + \frac{2 \cdot q \cdot U}{m}$

$U = U_1 + U_2$  - потенциал, который создает левая пластинка

$U = U_1 + U_2$  - потенциал, который создает правая пластинка

Напряженность одной пластины  $E_0 = \frac{E}{2}$

$U_1 = \frac{E}{2} \cdot \frac{d}{4}$   $U_2 = \frac{E}{2} \cdot \frac{3d}{4}$

$U = U_1 + U_2 = \frac{E}{2} \left( \frac{d}{4} + \frac{3d}{4} \right) = \frac{E \cdot d}{2} = \frac{E \cdot d}{4}$

$v^2 = v_0^2 + \frac{2 \cdot \delta \cdot E \cdot d}{4} = v_0^2 + \frac{\delta \cdot Q}{2 \cdot C}$

Ответ:  $R_{кр} = \frac{v_0^2 \cdot C \cdot d}{Q \delta}$ ,  $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{\delta \cdot Q}{2 \cdot C}}$





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 ~~7~~ ИЗ ~~8~~

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!

$J = \frac{1}{2} m R^2$   
 $\frac{m v^2}{2} + \frac{m v^2}{2} = m g h$   
 $v^2 = g h$   
 $\omega^2 R^2 = g h$   
 $\omega = \sqrt{\frac{g h}{R^2}}$   
 $E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m g h$   
 $E_k = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} m R^2 \cdot \frac{g h}{R^2} = \frac{1}{4} m g h$   
 $\frac{1}{4} m g h = \frac{1}{2} m v^2$   
 $v^2 = \frac{1}{2} g h$   
 $v = \sqrt{\frac{1}{2} g h}$   
 $\omega = \frac{v}{R} = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} g h}}{R}$   
 $\omega = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{1}{2} g h}$

Forces and acceleration:  
 $F_p = m g \sin \alpha$   
 $F_N = m g \cos \alpha$   
 $m a = m g \sin \alpha - m g \frac{a}{R}$   
 $a = \frac{2}{3} g \sin \alpha$

Final calculation:  
 $\omega = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{1}{2} g h} = \frac{1}{10} \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 36} = \frac{1}{10} \sqrt{180} = \frac{1}{10} \cdot 6\sqrt{5} = \frac{3\sqrt{5}}{5}$



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  
~~из~~ ~~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!

$\delta = \frac{q}{m} > 0$

$C = \frac{q}{4}$

$U = E \cdot d$

$C = \frac{Q}{4}$

$R_{up} = a_n$

$a_n = \frac{v^2}{R}$

$R_{up} = \frac{v^2}{R}$

$F = q \cdot E_1 + q \cdot E_2 = q(E_1 + E_2)$

$E_1 = \frac{Q}{2\epsilon_0} + \frac{Q}{2\epsilon_0}$

$\varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot d$

$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kq}{r}$

$C = \frac{Q}{E \cdot d}$

$F = \frac{Q}{\epsilon \cdot d}$

$m a_n = F_{an} =$

$m a_n = \frac{Q}{\epsilon \cdot d} \cdot q$

$a_n = \frac{Q}{\epsilon d} \cdot \frac{q}{m} = \frac{Q}{\epsilon d} \cdot \delta$

$R_{ep} = \frac{v_0^2}{\delta} \cdot \epsilon d$

$\varphi_0 = \varphi_0$ ,  $\varphi_2 = 0$

$W_n - W_k =$

$A_{an} = (\varphi_1 - \varphi_0) q$

$\frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = (\varphi_1 - \varphi_0) q$

$v^2 - v_0^2 = \frac{2}{m} q (\varphi_1 - \varphi_0)$

$\varphi = \int E(r) \cdot r$

$\varphi = \int E(r) \cdot r = \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{d}{4} + \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{3d}{4} = \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{d}{4} + \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{3d}{4}$

$E_0 = \frac{Q}{\epsilon_0 d}$

$E = \frac{Q}{\epsilon d}$

$E_0 = \frac{E}{2}$

$U = E \cdot d$

$E_0 d = E_0 \frac{d}{2}$



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

8 ИЗ 10

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!

$V = \text{const}$

$Q = 600 \text{ Дж}$   $\Delta T_1 = 15 \text{ К}$

$p = \text{const}$

$Q = 800 \text{ Дж}$   $\Delta T_2 = 10 \text{ К}$

$Q = \Delta U_2 + A_2$

$\nu_{He}, \nu_{O_2}$   $A_2 = ?$

$Q = \Delta U_1 + A_1 = 0$   $\Delta U_1 = Q$

$\frac{3}{2} \nu_{He} R T_K + \frac{5}{2} \nu_{O_2} R T_K - \frac{3}{2} \nu_{He} R T_0 -$

$-\frac{5}{2} \nu_{O_2} R T_0 = Q$

$\frac{3}{2} \nu_{He} (T_K - T_0) + \frac{5}{2} \nu_{O_2} (T_K - T_0) = Q$

$T_K - T_0 = \frac{Q}{\frac{3}{2} \nu_{He} + \frac{5}{2} \nu_{O_2}} = \Delta T_1$

$A_2 = Q - \Delta U_2 = Q - \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 - \frac{5}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_2$

$\frac{8 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 100 \cdot 100}{8 \cdot 8 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100} \Rightarrow \Delta T_2$

$Q - \left( \frac{3}{2} \nu_{He} (T_K - T_0) + \frac{5}{2} \nu_{O_2} (T_K - T_0) \right) = Q - \Delta T_2 \left( \frac{3}{2} \nu_{He} + \frac{5}{2} \nu_{O_2} \right) =$

$Q - \Delta T_2 \cdot \frac{Q}{\Delta T_1} = Q \left( 1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = Q \left( 1 - \frac{10}{15} \right) = \frac{1}{3} Q$

$Q = c_V \cdot \nu \cdot (T_K - T_0) \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T_1} = c_V \cdot \nu$

$c_{m,m} = \frac{dQ}{dT \cdot \nu}$

$\frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}} = \frac{N_{He}}{N_{O_2}} = X$

$N_{He} = \nu_{He} N_A$   $N_{O_2} = \nu_{O_2} N_A$

$A_2 = \nu_{He} R \Delta T_2 = \frac{Q}{3}$   $\nu_{He} = \frac{Q}{3 R \Delta T_2}$

$\frac{3}{2} \nu_{He} + \frac{5}{2} \nu_{O_2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R}$   
 $\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{X} = \frac{Q}{R \Delta T_1} \cdot \frac{3 R \Delta T_2}{Q} = \frac{3 \Delta T_2}{\Delta T_1}$

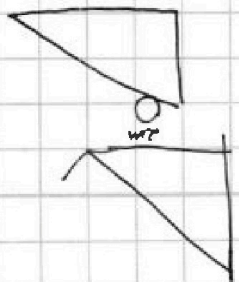
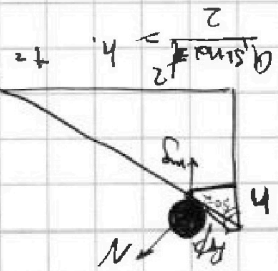
$\frac{5 \cdot 15}{6 \cdot 10 - 3 \cdot 15} = \frac{75}{60 - 45} = \frac{75}{15} = 5$

$3X \Delta T_1 + 5 \Delta T_1 = 6X \Delta T_2$   
 $X(3 \Delta T_1 - 6 \Delta T_2) = 5 \Delta T_1$   $X = \frac{5 \Delta T_1}{6 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1}$

$A_2 = \nu_{He} + \nu_{O_2} = \frac{5}{2} \nu_{He} + \frac{3}{2} \nu_{He} = \frac{8}{2} \nu_{He} = 4 \nu_{He}$

$Q = c_V \nu \Delta T_1$   
 $Q = (c_V + R) \nu \Delta T_2$   
 $Q = \left( \frac{Q}{\Delta T_1} + R \right) \Delta T_2$

$\frac{1}{4} = \frac{5/2}{2 \cdot 8/2} = \frac{5/2}{8} = \frac{5}{16}$   
 $\frac{1}{4} = \frac{5/2}{8} = \frac{5}{16}$



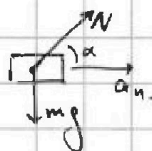
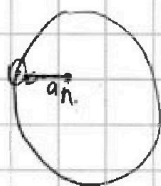


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА ~~13~~ ИЗ ~~13~~

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!



$$N \cos \alpha = \frac{m v^2}{R}$$

$$N \sin \alpha = mg$$

$$\cos \alpha = \frac{m v^2}{NR}$$

$$N \cdot \sqrt{1 - \frac{m^2 v^4}{N^2 R^2}} = mg$$

$$N^2 \left( 1 - \frac{m^2 v^4}{N^2 R^2} \right) = m^2 g^2$$

$$N^2 - \frac{m^2 v^4}{R^2} = m^2 g^2$$

$$N^2 = m^2 \left( g^2 + \frac{v^4}{R^2} \right)$$

$$N = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}} = 12$$

$$\sum \frac{N-1}{mg} = \frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{g} - 1$$

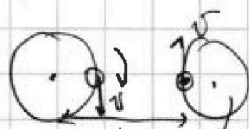
$$\sqrt{1 + \frac{v^4}{g^2 R^2}} - 1 =$$

$$= \sqrt{1 + \frac{800 \cdot 800 \cdot 800 \cdot 8}{100 \cdot 800 \cdot 800}} - 1 = \sqrt{1 + \frac{64}{100}} - 1 = \frac{\sqrt{164}}{10} - 1$$

$$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\sqrt{3}}{1/2} = \frac{\sqrt{3}}{1/2}$$

$$\frac{800 \cdot 8 \cdot 800 \cdot 8}{800 \cdot 800 \cdot 100} = \frac{64}{100}$$

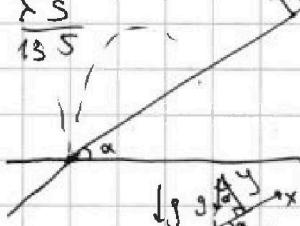
$$\frac{13}{10} - \frac{13}{10} - 1 = \frac{3}{10}$$



$$\frac{\sin 30^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{v}{R} \quad U_{\text{rel}} = \frac{v}{R} \cdot (L-R)$$

$$U_{\text{rel}} = v + \frac{v}{R} (L-R)$$

$$T = 2\pi \cdot v_0 = ?$$



$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2v_0}{g}$$

$$v_0 = \frac{g}{2} = 4.5 \frac{m}{s}$$

$$y: v_0 \sin \beta t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} = g \cdot 20$$

$$v_0 \sin \beta - \frac{g \cos \alpha t}{2} = 0$$

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

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

$$v_0 \cos \beta \cdot \frac{2v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha \cdot \frac{4v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha}}{2} = x$$

$$\frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g \cos \alpha} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \beta \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} = x \quad \text{tg } \beta = \text{ctg } \alpha$$

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

$$\frac{v_0^2}{g \cos \alpha} (2 \cos 2\beta - 4 \sin \beta \cos \beta \text{tg } \alpha) = 0$$

$$2 \cos 2\beta - 2 \sin 2\beta \text{tg } \alpha = 0$$

$$\cos 2\beta = \sin 2\beta \text{tg } \alpha$$

$$\text{tg } 2\beta = \frac{1}{\text{tg } \alpha} = \text{ctg } \alpha$$