



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

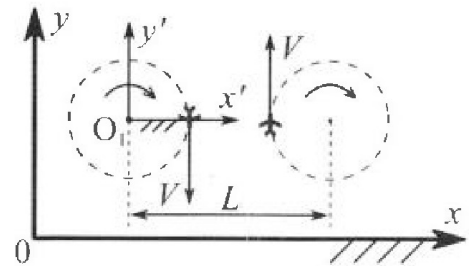
Вариант 10-01

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 $V = 80$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R = 800$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

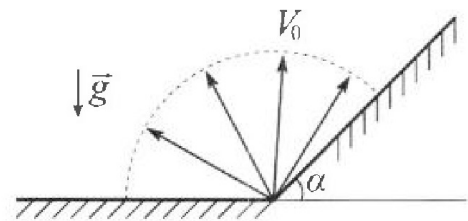
1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



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

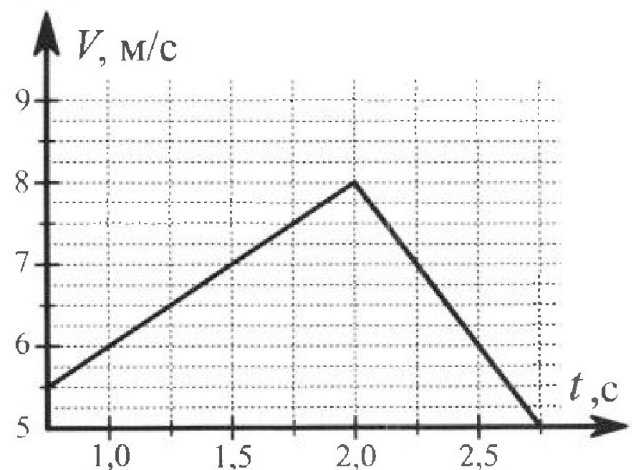
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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 $T = 9$ с. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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?

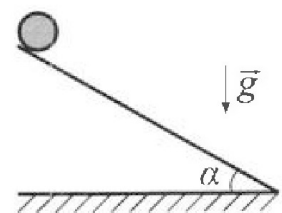
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 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 $h = 0,3$ 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 10-01

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 54.

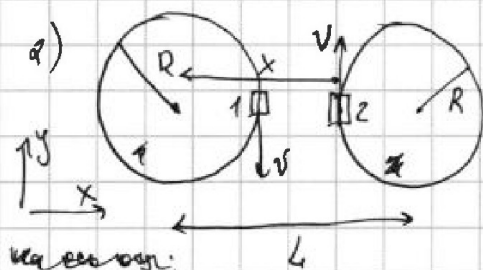
- 1) Рассмотрим лётчика в самолёте. Пусть масса лётчика - m . Нормал. ускор. - a_n .
 И з. Кинематика $\vec{a} = \vec{N} + \vec{g}$ α -угол между $\vec{N}$ и вертикалью.
 на ось ox : $ma_n = N \cos \alpha$ (1)
 на ось oz : $N \sin \alpha - mg = 0$ (2)

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

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

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

$\delta = \left(\frac{N}{mg} - 1\right) \cdot 100\% = \left(\frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{g} - 1\right) \cdot 100\% = \left(\sqrt{1 + \frac{v^4}{g^2 R^2}} - 1\right) \cdot 100\%$
 $= \left(\sqrt{1 + \frac{64}{100}} - 1\right) \cdot 100\% = \left(\frac{\sqrt{164}}{10} - 1\right) \cdot 100\% \approx 29\%$



Перед тем во вращ. со осью с 1 самолётом
 Угловая скорость первого самолёта $\omega = \frac{v}{R}$
 Тогда в момент вращения

Углов. $\omega \cdot x = \frac{v}{R} (L - R)$ - велич. (против ос)
 скорости, с которой вращ. со 1 самолёта первый
 самолёт 2.
 $U_{пер} = -\frac{v}{R} (L - R)$

на ось oy :
 $U_{ом} = v_{де} - U_{пер}$

на ось oy :

$U_{ом} = v - U_{пер} = v + \frac{v}{R} (L - R) = \frac{vR + vL - vR}{R} = \frac{vL}{R} = 80 \cdot \frac{2000}{800} \frac{m}{c}$
 $= \frac{2000}{10} \frac{m}{c} = 200 \frac{m}{c}$

$U_{ом} = U = 200 \frac{m}{c}$ - вверх (по оси oy).

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

$U = \frac{vL}{R} = 200 \frac{m}{c}$ (вверх, по оси oy).



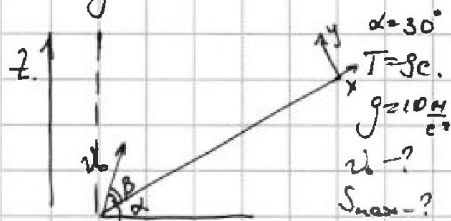
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
18 ИЗ 18

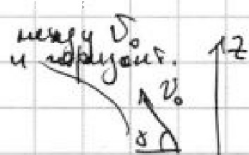
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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. И кверху есть склон, а слева его нет. Тогда будем рассуждать

полет осколков, не ударяющих ни о склон.

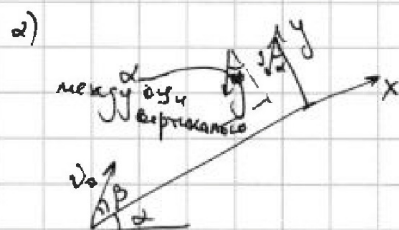


Закон движения по оси OY (когда нахитим верхний склон):

$$0 = v_0 \sin \alpha - g t, \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

Затем координаты скорости. Если нужно то же время.

Тогда время полета $T = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ время полета максим. но если $\sin \alpha = 1$. $T = \frac{2v_0}{g} \Rightarrow \frac{2 \cdot 10}{10} = 2$ с.



ось OX вдоль склона, ось OY перпендикулярна склону.

Пусть β — угол, под которым бросили осколок к склону. Движение:

по OX:

$$x = v_0 \cos \beta t - \frac{g \sin^2 \alpha}{2} t^2 \quad (1) \quad \text{по OY:}$$

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

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

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

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

Вопрос: как упростить? $x' = 0$ —

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

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

$$= \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \left(\frac{3-1}{2\sqrt{3}} \right) = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{4}{2 \cdot 3 \sqrt{3}} = \frac{2v_0^2}{3 \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 10^2}{3 \sqrt{3}} = \frac{200}{3 \sqrt{3}} \approx 38.5 \text{ м}$$



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!

Задача 3 (продолжение) Второй случай:

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

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

Оси вращения все равно, через ч.м. момент

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

$F_{тр} \cdot R = \left(\frac{dw}{dt} \right) \frac{MR^2}{2}$ $F_{тр} = \frac{dw}{dt} \frac{MR}{2} = \left(\epsilon R \right) \frac{M}{2} = \frac{Ma}{2}$
 ϵ - 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) $a = \frac{2}{3} g \sin \alpha = \frac{2 \cdot 10 \cdot 3}{3} \frac{M}{c^2} = \frac{2M}{c^2}$

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

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

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

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

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



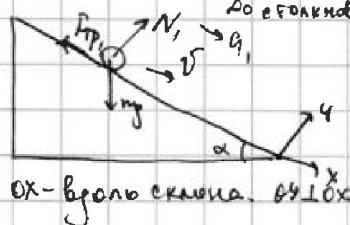
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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.

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

II закон Ньютона:

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

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

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

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

Из графика на графике a_1 - тангенс наклона первой прямой, умноженный на масштабный коэф. $a_1 = \frac{8-6}{2-1} \frac{m}{c^2} = 2 \frac{m}{c^2}$

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

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

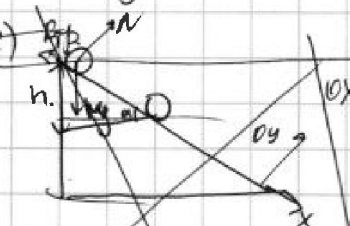
$$OX: ma_2 = mg \sin \alpha + F_{тр2} \quad OY: N_2 - mg \cos \alpha = 0$$

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

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

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

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

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

$OX: ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$ $OY: N - mg \cos \alpha = 0$

$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ мы уже получали такое

выражение и оно было равно a_1 , $a = a_1 = 2 \frac{m}{c^2}$

тогда $a \sin \alpha \cdot t^2 = h$ - перемещение по вертикали.

$\frac{a}{2} \cdot \frac{2h}{a \sin \alpha} = t^2$ $t = \sqrt{\frac{2h}{a \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3 \cdot 2}{2 \cdot 10 \cdot 0,3}} = \sqrt{\frac{2}{10}} = \frac{1}{\sqrt{5}} c$

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

Уравн. Менделеева-Клапейрона $p V_1 = \nu_{\text{He}} R T_1 + \nu_{\text{O}_2} R T_1 \Rightarrow p \Delta V = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2}) R \cdot \Delta T_2$
 $p V_2 = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2}) R T_2$

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

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

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

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

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

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

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

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 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 5.

x
 $\delta = \frac{q}{m} > 0$ — левая пластина отталкивает, правая притягивает m -массе частицы.
 $d, \frac{d}{4}, C, U_0$
 На частицу действует только $\vec{F}_{эл} \perp \vec{U}_0$.
 По закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}_{эл}$.
 Т.к. $\vec{F}_{эл} \perp \vec{U}_0$, то $\vec{a} \perp \vec{U}_0 \Rightarrow \vec{a}$ нормальное ускорение частицы в данный момент времени.
 $a = \frac{U_0^2}{R_{кр.}} \Rightarrow R_{кр.} = \frac{U_0^2}{a}$
 т.к. $F_{эл} = E \cdot q$, $C = \frac{Q}{Ed} \Rightarrow E = \frac{Q}{C \cdot d}$
 $F_{эл} = \frac{Q}{Cd} \cdot q = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{Qq}{C \cdot d \cdot m} = \frac{Q}{Cd} \cdot \delta$
 $R_{кр.} = \frac{U_0^2}{a} = \frac{U_0^2 \cdot Cd}{Q\delta} \Rightarrow R = U_0^2 \cdot \frac{Cd}{Q\delta}$

Средняя плоскость конденсатора имеет нулевой потенциал.

Закон сохранения энергии!
 $\frac{mU^2}{2} - \frac{mU_0^2}{2} = A_{эл.} = (\varphi_1 - \varphi_0)q$ — потен. в середине = 0.
 $U^2 = U_0^2 + \frac{2}{m} \cdot q \cdot \varphi_1$

$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ — потенциал, который создает левая пластина

— потенциал, который создает правая пластина

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

$\varphi_1 = \frac{E}{2} \cdot \frac{d}{4}$ $\varphi_2 = \frac{E}{2} \cdot \frac{3d}{4}$

$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{E}{2} \left(\frac{d}{4} + \frac{3d}{4} \right) = \frac{Ed}{2} = \frac{Ed}{4}$

$U^2 = U_0^2 + \frac{2}{m} \cdot q \cdot \frac{Ed}{4} = U_0^2 + \frac{q}{2} \cdot \frac{Q}{C}$

Ответ: $R_{кр.} = \frac{U_0^2 \cdot Cd}{Q\delta}$, $U = \sqrt{U_0^2 + \frac{q}{2} \cdot \frac{Q}{C}}$



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

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!

Handwritten solution for a physics problem involving a sphere on an inclined plane.

Diagram 1: A right-angled triangle representing the inclined plane.

Diagram 2: A sphere of mass m and radius R on an inclined plane. Forces shown: normal force N , weight mg , and friction force F_{tr} . The angle of the incline is α .

Diagram 3: A sphere with angular velocity ω and linear velocity v . The relationship $v = R\omega$ is indicated.

Equations and Calculations:

- Moment of inertia: $J = \frac{1}{2} m R^2$
- Angular momentum: $\frac{dJ\omega}{dt} = \frac{dJ m R \omega}{dt}$
- Energy: $E_k = \frac{dJ\omega}{dt} = \frac{dJ m R \omega}{dt}$
- Force balance along the incline: $F_{tr} = \mu N$
- Newton's second law: $mg \sin \alpha - F_{tr} = ma$
- Relationship between linear and angular acceleration: $a = R \alpha$
- Velocity: $v = g \sin \alpha t$
- Height: $h = \frac{v^2}{2g \sin \alpha}$
- Final velocity: $v = \sqrt{2gh}$
- Final angular velocity: $\omega = \frac{v}{R}$
- Final angular momentum: $L = J\omega$
- Final energy: $E_k = \frac{1}{2} m v^2$
- Final force: $F_{tr} = \mu mg \sin \alpha$

Calculated values:

- $\sin \alpha = \frac{3}{10}$
- $\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{100}} = \frac{\sqrt{91}}{10}$
- $\mu = \frac{1}{10}$



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!

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

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

$U = Ed$

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

$R_{up} = a_n$

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

$R_{up} = \frac{U^2}{Q_n}$

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

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

$ma_n = F_{an} =$

$ma_n = \frac{Q}{c \cdot d} \cdot q$

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

$R_{ep} = \frac{Q^2}{\epsilon_0} \cdot c \cdot d$

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

$W_n - W_k =$

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

$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \varphi_1 - \varphi_0$

$v^2 - v_0^2 = \frac{2}{m} \varphi_1$

$\varphi = \int E(r) \cdot r = \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{d}{4} + \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{3d}{4} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$

$\frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{d}{4} - \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{3d}{4}$

$E_0 = \text{от } q \text{ под } E = \text{от } q \text{ в } x$

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

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

$U = E \cdot d$

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



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!

$$V = \text{const}$$

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

$$p = \text{const}$$

$$Q = 600 \text{ Дж} \quad \Delta T_2 = 10 \text{ К}$$

$$Q = \Delta U_2 + A_2$$

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

$$\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R T_K + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R T_K - \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R T_0 -$$

$$- \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R T_0 = Q$$

$$\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} (T_K - T_0) + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} (T_K - T_0) = Q$$

$$T_K - T_0 = \frac{Q}{\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2}} = \frac{Q}{\Delta T_1}$$

$$A_2 = Q - \Delta U_2 = Q$$

$$8.8 \cdot 8.8 \cdot 100 \cdot 100$$

$$8.8 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100$$

$$= Q - \left(\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} (T_K - T_0) + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} (T_K - T_0) \right) = Q - \Delta T_2 \left(\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} \right) =$$

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

$$Q = C_V \cdot \nu_{\text{He}} (T_K - T_0) \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T_1} = C_V \cdot \nu_{\text{He}}$$

$$C_{\text{He}} = \frac{dQ}{dT} \cdot \nu$$

$$C_{\text{He}} = 2.5$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T_1}$$

$$\frac{N_r}{N_k} = ?$$

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

$$N_r = \nu_{\text{He}} N_A$$

$$N_k = \nu_{\text{O}_2} N_A$$

$$\frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{O}_2}} = ?$$

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

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

$$\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R}$$

$$\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{x} = \frac{Q}{\Delta T_1 R} \cdot \frac{3 R \Delta T_2}{Q} = \frac{3 \Delta T_2}{\Delta T_1} \cdot 2x$$

$$3x \Delta T_1 + 5 \Delta T_1 = 6x \Delta T_2$$

$$x(3 \Delta T_1 - 6 \Delta T_2) = 5 \Delta T_1 \quad x = \frac{5 \Delta T_1}{6 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1}$$

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

$$A_2 = \nu_{\text{He}} + \nu_{\text{O}_2}$$

$$\frac{5}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{3}{2} \nu_{\text{O}_2} = \frac{8}{2} \nu = 4 \nu$$

$$Q = C_V \Delta T_1$$

$$Q = (C_V + R) \Delta T_2$$

$$\frac{5}{4} = \frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40} = \sqrt{\frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40}}$$

$$\frac{5}{4} = \sqrt{\frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40}}$$

$$\frac{5}{4} = \sqrt{\frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40}}$$

$$\frac{5}{4} = \sqrt{\frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40}}$$

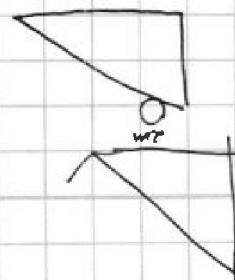
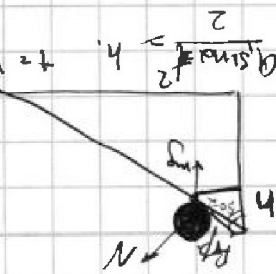
$$\frac{5}{4} = \sqrt{\frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40}}$$

$$\frac{5}{4} = \sqrt{\frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40}}$$

$$\frac{5}{4} = \sqrt{\frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40}}$$

$$\frac{5}{4} = \sqrt{\frac{5/2}{2 \cdot 8.8 \cdot 40}}$$

$$m_{\text{He}} \cdot \nu_{\text{He}} = m_{\text{O}_2} \cdot \nu_{\text{O}_2}$$



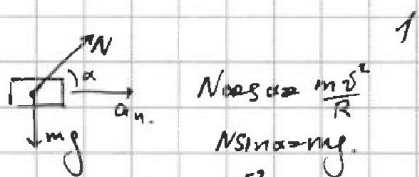
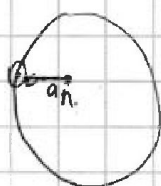


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$$N \sin \alpha = mg$$

$$\cos \alpha = \frac{mv^2}{NR}$$

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

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

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

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

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

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

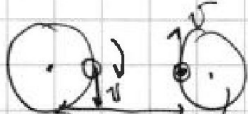
$$\sqrt{1 + \frac{v^4}{g^2 R^2}} - 1$$

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

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

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

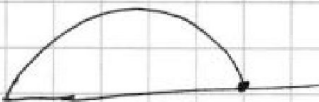
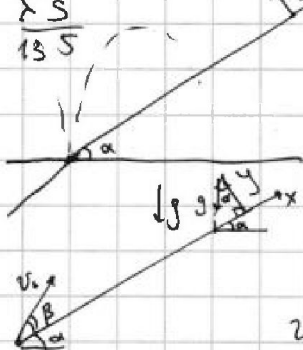
$$\frac{13}{10} \quad \frac{13}{10} - 1 = \frac{3}{10}$$



$$\sin 30^\circ = \frac{L-R}{2R} \quad \cos 30^\circ = \frac{L-R}{2R}$$

$$\vec{U} = \vec{v} - \vec{U}_{\text{шар}} = \vec{v} + \frac{v}{R}(L-R)$$

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



$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{\int} \quad v_0 = \frac{g}{2} = 4.5 \frac{m}{s}$$

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

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

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

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

$$\tan 2\beta = \tan \alpha$$

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

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

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

$$\tan 2\beta = \frac{1}{\tan \alpha} = \tan \alpha$$