

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).

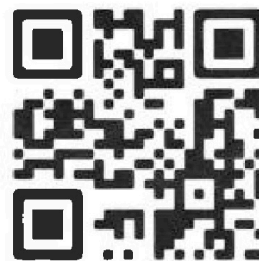
2. С какой по величине скоростью V движется в этот момент частица?



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

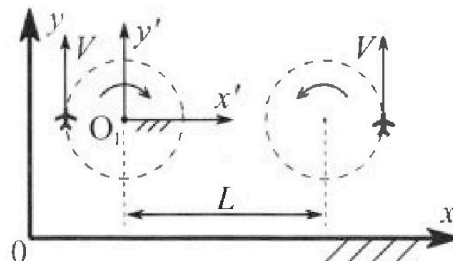
Вариант 10-02

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.

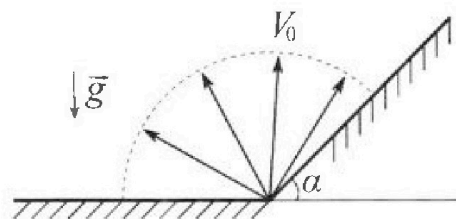
1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



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

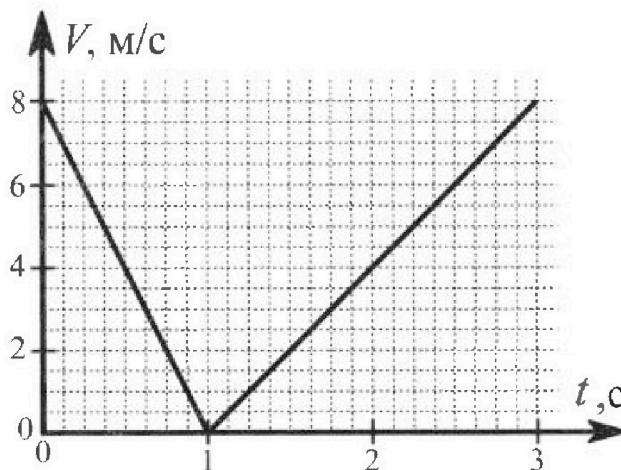
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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.

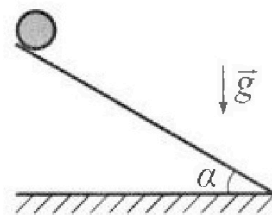
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².



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?



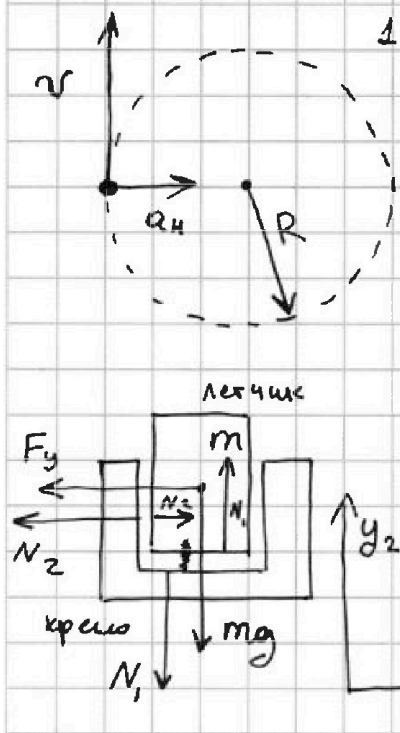


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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. a_n - нормальное ускорение
 m - масса летчика

самолет летит с постоянной по модулю скоростью, значит на летчика действуют только сила тяжести и центробежная сила F_y .

N_1 - сила реакции опоры для летчика по оси y_2 (см. рисунок), N_2 - по оси x_2 . Тогда Второй закон Ньютона (или - ВЗН) для летчика:

$$\begin{cases} y_2: N_1 - mg = 0 \\ x_2: N_2 - F_y = 0 \end{cases}$$

$$F_y = m \cdot a_n = m \frac{v^2}{R}$$

$$\begin{cases} \text{Одняя сила } \vec{P} = \vec{N}_1 + \vec{N}_2 \\ |\vec{P}| = \sqrt{N_1^2 + N_2^2} \\ N_1 = mg \\ N_2 = F_y = m \frac{v^2}{R} \end{cases}$$

$$|\vec{P}| = \sqrt{m^2 g^2 + m^2 \frac{v^4}{R^2}} = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{mg} = \sqrt{1 + \frac{v^4}{R^2 g^2}} = \sqrt{1 + \frac{(70 \text{ м/с})^4}{(700 \text{ м})^2 \cdot (10 \text{ м/с}^2)^2}} = \sqrt{1 + \frac{49}{100}} = \frac{\sqrt{149}}{10}$$

Ответ: $\frac{\sqrt{149}}{10}$



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
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.

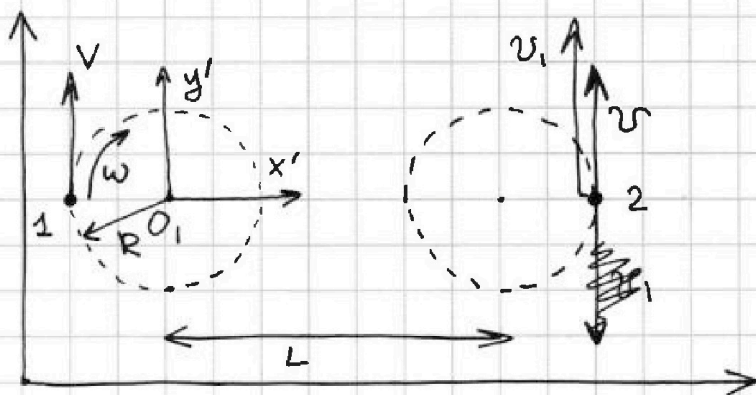
Система отсчета $x'O_1y'$
Вращается с угловой
скоростью ω вокруг O_1 ,
 $\omega = \frac{v}{R}$

Значит в с.о $x'O_1y'$
у 2 самолета есть
кроме v скорость v_1 .

v_1 ~~прямая~~ направлена v
и равна $v_1 = \omega L = v \frac{L}{R}$

Тогда итоговая скорость $\vec{u} = \vec{v} + \vec{v}_1$, $|\vec{u}| = v + v_1 = v(1 + \frac{L}{R}) =$
 $= 70 \text{ м/с} \cdot (1 + \frac{2400 \text{ м}}{800 \text{ м}}) = 4 \cdot 70 \text{ м/с} = 280 \text{ м/с}$

Ответ: $|\vec{u}| = 280 \text{ м/с}$, $\vec{u}$ сонаправлен $\vec{v}$. $\frac{p}{mg} = \frac{\sqrt{149}}{10}$



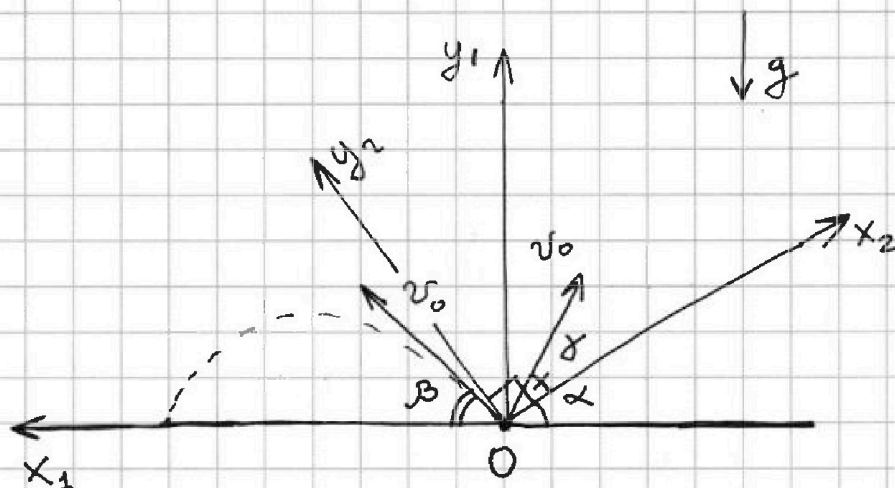


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



Если заряд бросают на горизонтальную плоскость, то, чтобы он прошел максимальное расстояние, его нужно бросить под углом $\beta = 45^\circ$. Запишем законы движения по x_1 и y_1 (см. рисунок) для осколка, летящего под углом β :

$$\begin{cases} x_1(t) = v_0 \cos \beta t \\ y_1(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

Пусть t_n - время, прошедшее от старта осколка до его приземления. Тогда

$$\begin{cases} x_1(t) = S_1 \\ y_1(t) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 \cos \beta t_n = S_1 \\ v_0 \sin \beta t_n - \frac{gt_n^2}{2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_n = \frac{2v_0 \sin \beta}{g} \\ v_0 \cos \beta \cdot \frac{2v_0 \sin \beta}{g} = S_1 \end{cases}$$

$$\text{Подставим } \sin \beta = \cos \beta = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{g} = S_1, \text{ отсюда } v_0 = \sqrt{g S_1} = \sqrt{10 \text{ м/с}^2 \cdot 160 \text{ м}} = \boxed{40 \text{ м/с}}$$

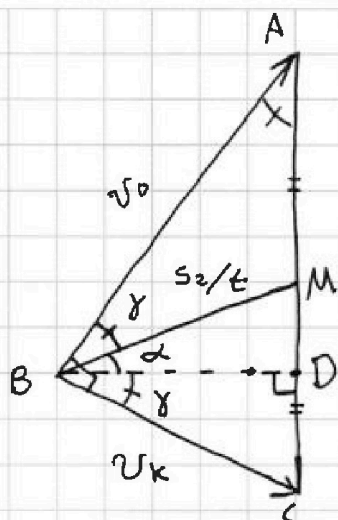
Теперь рассмотрим осколок, упавший на склон с наибольшим перемещением. Построим векторную диаграмму скоростей для него (см. следующий лист)



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!



Известно, что S_2 (или S_2/t) максимально при заданных v_0 и α , тогда $\vec{v}_0 \perp \vec{v}_k \Rightarrow \angle ABC = 90^\circ$. Тогда из откошений в прямоугольном тр. $\angle BAC = \angle DBC$, а $\angle BAC = \angle ABM$, тк BM - медиана $\triangle ABC$ ($AM = MC = \frac{gt}{2}$)
Следовательно $2\gamma + \alpha = \angle ABC = 90^\circ$
 $\gamma = 45^\circ - \frac{\alpha}{2}$

Запишем законы движения для осколка летящего под углом γ по осям X_2 и Y_2 (X_2 угер по склону, $Y_2 \perp X_2$):

$$\begin{cases} X_2(t) = v_0 \cos \gamma t - \frac{g \sin^2 \alpha t^2}{2} \\ Y_2(t) = v_0 \sin \gamma t - \frac{g \cos^2 \alpha t^2}{2} \end{cases}$$

Пусть t_1 - время полета этого осколка, тогда

$$\begin{cases} X_2(t_1) = S_2 \\ Y_2(t_1) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 \cos \gamma t_1 - \frac{g \sin^2 \alpha t_1^2}{2} = S_2 \\ v_0 \sin \gamma t_1 - \frac{g \cos^2 \alpha t_1^2}{2} = 0 \end{cases} \Rightarrow t_1 = \frac{2v_0 \sin \gamma}{g \cos \alpha}$$

$$\frac{2v_0 \sin \gamma}{g \cos \alpha} \left(v_0 \cos \gamma - \frac{g \sin \alpha \cdot 2v_0 \sin \gamma}{2g \cos \alpha} \right) = S_2$$

$$\frac{2v_0^2 \sin \gamma \cos \gamma}{g \cos \alpha} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \gamma}{g \cos \alpha} \cdot \tan \alpha = S_2$$

$$\frac{v_0^2 \cdot \sin 2\gamma}{g \cos \alpha} - \frac{2v_0^2 (1 - \cos 2\gamma) \sin \alpha}{2g \cos^2 \alpha} = S_2$$

$$2\gamma = 90^\circ - \alpha \Rightarrow \cos 2\gamma = \sin \alpha \\ \sin 2\gamma = \cos \alpha$$

$$\frac{v_0^2 \cos \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{v_0^2 \sin \alpha (1 - \sin \alpha)}{g \cos^2 \alpha} = S_2$$

$$\frac{v_0^2}{g} \left(1 - \frac{\sin \alpha - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) = S_2$$

$$\frac{1 - \sin \alpha}{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{S_2 g}{v_0^2} \quad \frac{1}{1 + \sin \alpha} = \frac{S_2 g}{S_1 g}$$

$$\sin \alpha = \frac{S_1}{S_2} - 1 = \frac{4}{3} - 1 = \frac{1}{3}$$

$$\alpha \in (0; \frac{\pi}{4}) \Rightarrow \alpha = \arcsin(1/3)$$

Ответ: $v_0 = 40 \text{ м/с}$, $\alpha = \arcsin 1/3$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

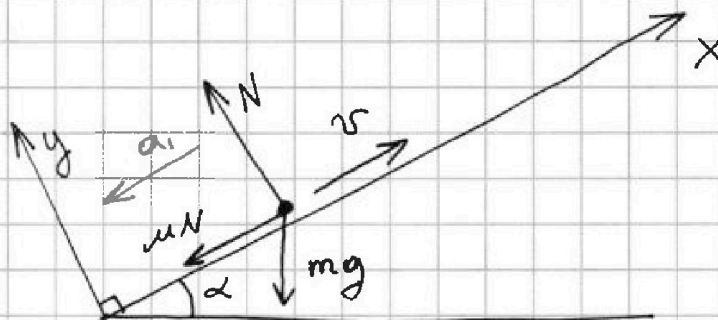
СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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!

Обычно, или майнда останавливаясь и поехала назад, то указательно скорость была вверх. ВЗН для едущей вверх майнда:

$$\begin{cases} y: N - mg \cos \alpha = 0 \\ x: -\mu N - mg \sin \alpha = -ma_1 \end{cases}$$

где N - сила реакции опоры, m - масса майнда, μ - коэф. или трения, a_1 - ускорение майнда.



$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ ma_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \\ a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \end{cases}$$

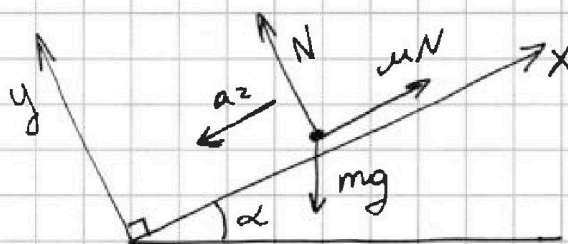
ВЗН для едущей вниз майнда:

$$\begin{cases} y: N - mg \cos \alpha = 0 \\ x: \mu N - mg \sin \alpha = -ma_2^* \end{cases}$$

Где a_2^* - новое ускорение.

$$ma_2^* = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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



Судя и по теории, и по графику ускорение на участках движения вверх и вниз постоянно. Тогда a_1 найдем как

$$a_1 = \frac{v(0) - v(1)}{1 - 0} = 8 \text{ м/с}^2, \quad a_2 = \frac{v(3) - v(1)}{3 - 1} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$\begin{cases} a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \\ a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \end{cases} \quad a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{8 \text{ м/с}^2 + 4 \text{ м/с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{3}{5}$$

~~Обычно sin alpha = 0.6~~



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

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!

M - масса бочки, $m = 2M$ - масса воды в бочке.

Примем за 0 точку O на рисунке. Тогда

начальная энергия бочки

$$E_1 = 3MgL \sin \alpha$$

Бочка без воды - гомотетный цилиндр, его энергия

(и поступательная, и

вращательная) равна MV^2 . Работа сил трения уже учтена.

Вода идеальна, вращаться не будет, значит ее энергия это энергия поступательного движения, равна $\frac{2MV^2}{2}$. Тогда суммарная энергия в конце

$$E_2 = MV^2 + \frac{2MV^2}{2} = 2MV^2$$

Работу сил трения бочки о горку уже учли во вращательном движении, вода о стенки бочки не трется, значит $E_1 = E_2$

$$3MgL \sin \alpha = 2MV^2$$

$$V = \sqrt{\frac{3}{2}gL \sin \alpha} = \sqrt{\frac{9}{10}gL} = \sqrt{\frac{9}{10} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,6 m} = 0,6\sqrt{15} \text{ м/с}$$

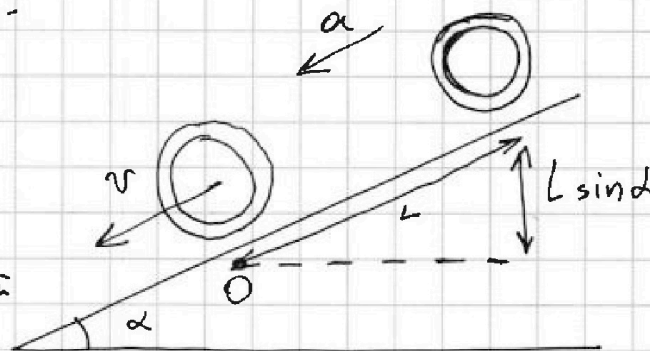
Бочка катится с постоянным ускорением a , тогда

$v(t) = at$ - скорость бочки от времени

$s(t) = \frac{at^2}{2}$ - перемещение бочки от времени.

t_1 - время через которое бочка переместилась на L . Тогда

$$\begin{cases} V = at_1 \\ L = \frac{at_1^2}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} t_1 = \frac{V}{a} \\ L = \frac{aV^2}{2a^2} \end{cases} \quad L = \frac{V^2}{2a} \quad a = \frac{V^2}{2L} = \frac{9gL}{10 \cdot 2L} = \frac{9}{20}g = 4,5 \frac{m}{s^2}$$





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
3 из 3

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!

Если бочка погги
проскальзывает, то
 $F_{тр} = \mu N$
Если ~~бочка~~ движется
с ускорением a , то
относительно центра
бочки бочка движется
с ускорением a , т.к.
пока бочка не-таки не
проскальзывает.

Запишем момент
им относительно
центра бочки (O):

$$F_{тр} \cdot R = Ma \cdot R \quad (R - \text{радиус бочки})$$

Запишем ВЗМ для бочки по оси

x и y (см. картинку):

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

Запишем момент для бочки
относительно центра бочки и плоскости
 $mg \sin \alpha = ma$

Запишем ВЗМ для бочки по оси y (см. рисунок):

$$N - 3Mg \cos \alpha = 0$$

$$N = 3Mg \cos \alpha$$

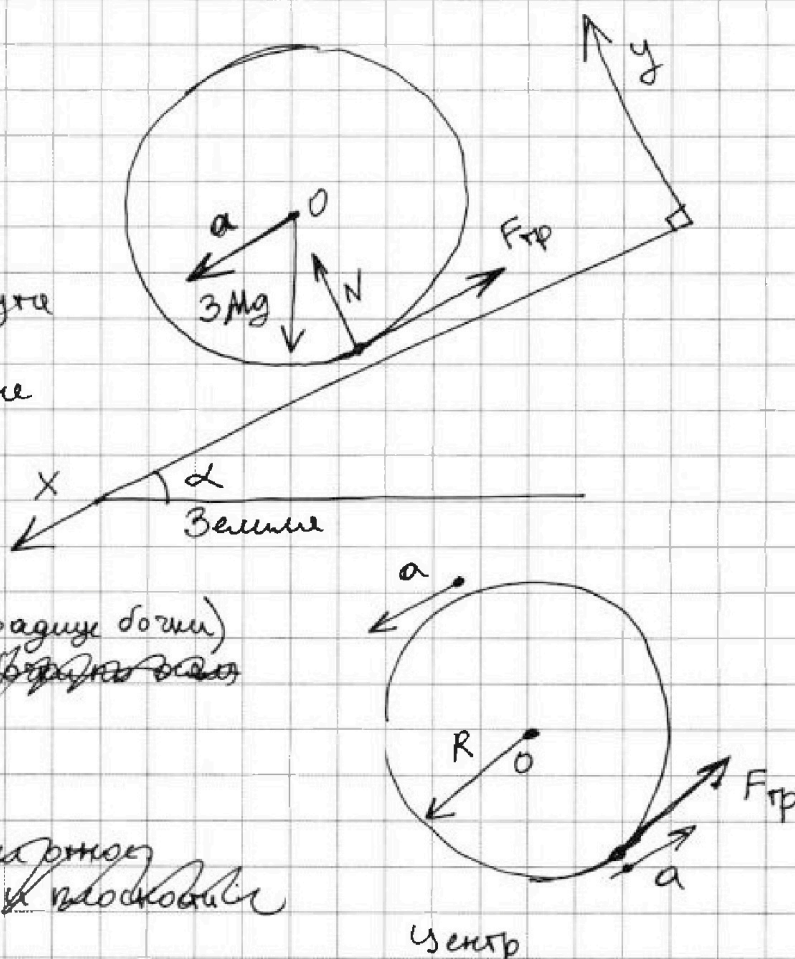
$$F_{тр} = \mu N = 3\mu Mg \cos \alpha$$

$$3\mu Mg \cos \alpha = Ma$$

$$3\mu g \cos \alpha = a \quad \mu = \frac{a}{3g \cos \alpha} = \frac{9}{3 \cdot 20 \cdot \frac{4}{5}} = \frac{3}{16}$$

Критическое μ , при котором бочка погги проскальзывает $= \frac{3}{16}$
при $\mu < \frac{3}{16}$ будет проскальзывать, а при $\mu > \frac{3}{16}$ не будет.

Ответ: $\sin \alpha = \frac{3}{5}$, $v = 0,6\sqrt{15} \text{ м/с}$, $a = 4,5 \text{ м/с}^2$, при $\mu > \frac{3}{16}$





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
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!

Пусть есть V_1 моль гелия и V_2 моль азота.

Тогда где изохорического процесса:

$$\begin{cases} Q_{11} = \frac{3}{2} V_1 R \Delta T_1 \\ Q_{12} = \frac{5}{2} V_2 R \Delta T_2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{где } Q_{11} - \text{энергия отведенная от гелия в} \\ \text{изохорическом процессе, } Q_{12} - \text{от азота,} \\ Q_{21} - \text{от гелия в изобарическом процессе,} \end{array}$$

Ане изобарического: Q_{22} - от азота.

$$\begin{cases} Q_{21} = A_1 + \frac{3}{2} V_1 R \Delta T_2 \\ Q_{22} = A_2 + \frac{5}{2} V_2 R \Delta T_2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} A_1 - \text{работа гелия, } A_2 - \\ \text{работа азота} \end{array}$$

$$\begin{cases} Q_{11} + Q_{12} = Q_{21} + Q_{22} = -Q \\ -Q = (A_1 + A_2) - 20K \cdot R \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_2 \right) \\ -Q = -31,2K \cdot R \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_2 \right) \end{cases}$$

Работа внешних сил $A = -A_1 - A_2$

$$\left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_2 \right) = \frac{Q}{31,2K \cdot R}$$

$$A_1 + A_2 = -Q + \frac{Q}{31,2K \cdot R} \cdot 20K \cdot R = -\frac{14}{39} Q = -\frac{14 \cdot 780 \text{ Дж}}{39} = -280 \text{ Дж}$$

$$A = \boxed{280 \text{ Дж}}$$

$$A_1 = V_1 R \Delta T_2, A_2 = V_2 R \Delta T_2 \quad A_1 + A_2 = (V_1 + V_2) R \Delta T_2 = -A$$

$$(V_1 + V_2) = -A / R \Delta T_2$$

$$-A = \frac{14}{39} Q \Rightarrow V_1 + V_2 = \frac{14 Q}{39 R \Delta T_2}$$

$$Q = C_n (V_1 + V_2) \Delta T_2$$

$$C_n = \frac{Q}{(V_1 + V_2) \Delta T_2} = \frac{Q \cdot 39 R \Delta T_2}{14 Q \cdot \Delta T_2} = \boxed{\frac{39}{14} R}$$

$$\begin{cases} 3V_1 + 5V_2 = \frac{2Q}{14 R \Delta T_2} \\ V_1 + V_2 = \frac{14Q}{39 R \Delta T_2} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \frac{3V_1 + 5V_2}{V_1 + V_2} = \frac{2/39}{14/14} \\ \frac{3V_1 + 5V_2}{V_1 + V_2} = \frac{2}{14} \end{array}$$

$$\begin{cases} Q = 31,2K \cdot R \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_2 \right) \\ Q = 20K \cdot R \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_2 \right) \end{cases} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{5}{4} \quad V = \frac{N}{N_a} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{5}{4}$$

Ответ: $A = 280 \text{ Дж}$, $C_n = \frac{39}{14} R$, $\frac{N_1}{N_2} = \frac{5}{4}$

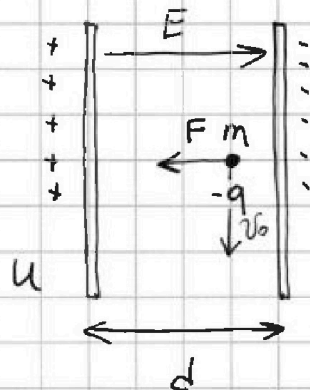


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



E - напряженность эл. поля между обкладками,
 $E = U/d$. F - сила, действующая на частицу
 $\vec{F} = -q\vec{E}$, $|\vec{F}| = qE = qU/d$

a - ускорение частицы

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow |\vec{a}| = \frac{qU}{dm} = \frac{\gamma U}{d}$$

$\vec{a} \perp \vec{v}_0 \Rightarrow a$ - нормальное ускорение

$$a = \frac{v_0^2}{R} \quad v_0 = \sqrt{aR} = \sqrt{\frac{\gamma UR}{d}}$$

Энергия частицы в изначальном положении

$$W_1 = \frac{mv_0^2}{2} + E \cdot \frac{d}{8} \cdot q + E \cdot \frac{7d}{8} \cdot (-q) =$$

$$= \frac{mv_0^2}{2} - \frac{3}{8}Uq = \frac{UqR}{2d} - \frac{3}{8}Uq$$

Когда частица выйдет из конденсатора и будет находится на средней плоскости ее энергии взаимодействия с конденсатором будет 0, так как заряды на пластинках конденсатора равны по модулю и противоположны и равны удалены до пластины равны. ~~а энергия равна 0~~

Значит энергия в конечной точке

$$W_2 = \frac{mv^2}{2}$$

$$W_1 = W_2 \text{ по ЗСЭ}$$

$$Uq\left(\frac{R}{2d} - \frac{3}{8}\right) = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}\left(\frac{R}{2d} - \frac{3}{8}\right)} = \sqrt{U\gamma\left(\frac{R}{d} - \frac{3}{4}\right)}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{\frac{\gamma UR}{d}}, \quad v = \sqrt{U\gamma\left(\frac{R}{d} - \frac{3}{4}\right)}$$



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!

$$\frac{(70)^4}{700^2 \cdot 10^2} = \frac{7^4 \cdot 10^4}{7^2 \cdot 10^6} = \frac{7^2}{10^2} = \frac{49}{100}$$

$$A = (J_1 + J_2) R \Delta T_2$$

$$Q = (J_1 + J_2) R \Delta T_2 + \left(\frac{3}{2} J_1 + \frac{5}{2} J_2\right) R \Delta T_2 = \left(\frac{5}{2} J_1 + \frac{7}{2} J_2\right) R \Delta T_2$$

$$Q = \left(\frac{3}{2} J_1 + \frac{5}{2} J_2\right) R \Delta T_1$$

$$\frac{3J_1 + 5J_2}{5J_1 + 7J_2} = \frac{200}{312} = \frac{25}{39}$$

$$25 \cdot 5J_1 + 25 \cdot 7J_2 = 3 \cdot 39J_1 + 5 \cdot 39J_2$$

$$125J_1 + 175J_2 = 117J_1 + 195J_2$$

$$8J_1 = 20J_2$$

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{20}{8} = \frac{5}{4}$$

$$J_1 = \frac{5}{4} J_2$$

$$Q = \Delta T_2 \cdot R \left(\frac{7}{2} J_2 + \frac{25}{8} J_2\right)$$

$$\frac{28}{8} + \frac{25}{8} = \frac{43}{8}$$

$$A = \frac{74}{39} Q = (J_1 + J_2) R \Delta T_2$$

$$(J_1 + J_2) = \frac{14Q}{39 R \Delta T_2}$$

$$Q = C (J_1 + J_2) \Delta T_2$$

$$Q = C \frac{14Q}{39R}$$

$$C = \frac{39}{14} R$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 7 \overline{) 165} \\ 14 \\ \hline 29 \\ 3 \overline{) 87} \\ 84 \\ \hline 3 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 4 \\ 39 \overline{) 155} \\ 156 \\ \hline -5 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 125 \\ 117 \overline{) 125} \\ 117 \\ \hline 8 \end{array}$$
$$19 \cdot 8 = 152$$

$$\frac{28}{25} = \frac{43}{43}$$

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!



$$\frac{70^4}{700^2 \cdot 100} = \frac{7^2 \cdot 10^4}{7^2 \cdot 10^4 \cdot 10^2} = \frac{7^2}{10^2} = \frac{49}{100} = \frac{51}{100}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T V} = \frac{Q}{\Delta T (V_1 + V_2)}$$

$$v_0^2 = \frac{qUR}{dm} \cdot \frac{m}{2}$$

$$A_1 + A_2 = \frac{14}{39} Q \quad \frac{3V_1 + 5V_2}{V_1 + V_2} = \frac{39}{7}$$

$$\frac{UqR}{2d}$$

$$Q = \frac{14}{39} \quad 39V_1 + 39V_2 = 24V_1 + 35V_2$$

$$\beta = 45^\circ \frac{\pi}{2}$$

$$2\beta + \alpha = 90$$

$$\beta = 45 - \frac{\alpha}{2}$$

$$Q = C \Delta T V$$

$$x(t) = v_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} t$$

$$y(t) = v_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

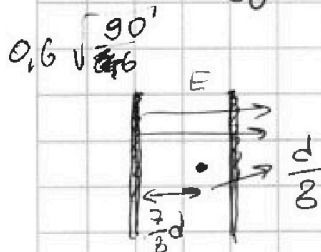
$$\sqrt{2} v_0 - gt = 0 \quad \frac{200}{312} = \frac{25}{39}$$

$$b = \frac{\sqrt{2} v_0}{g}$$

$$A = P \Delta V =$$

$$X = v_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2} v_0}{g} = S_1$$

$$X_2: \quad \frac{39}{7}$$



$$W = U_i q$$

$$x_2(t) = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$y_2(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

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

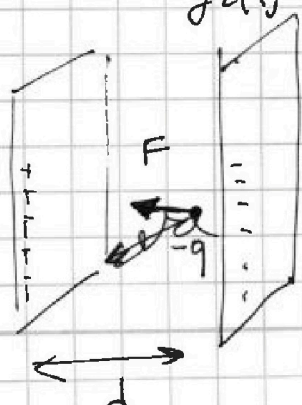
$$x_1 \quad 500$$

$$t_1 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha t}$$

$$E \cdot \frac{6}{8} dq$$

$$= \frac{3}{8} E dq = \frac{3}{8} U q$$

$$v(t) = at$$





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!

$$V_0 \cos \gamma \cdot \frac{2V_0 \sin \gamma}{g \cos \alpha} - \frac{V_0^2 \sin^2 \gamma}{g^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\gamma)}{g \cos \alpha} - \frac{2V_0^2}{g} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \sin^2 \gamma}{\cos^2 \alpha}$$

$$2\gamma = 90 - \gamma$$

$$\sin(2\gamma) = \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha$$

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

$$\frac{\sin \alpha (1 - \cos(90 - \alpha))}{\cos^2 \alpha} = \frac{\sin \alpha (1 - \sin \alpha)}{\cos^2 \alpha}$$

$$1 - \frac{\sin \alpha - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1 - \sin \alpha}{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sin \alpha + 1} \cdot \frac{A}{Q_n}$$

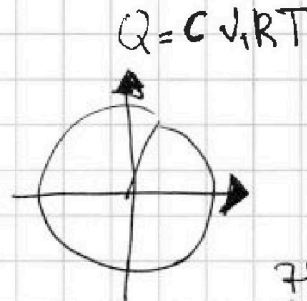
$$\frac{V_0^2}{g(\sin \alpha + 1)} = S_2$$

$$\frac{4000}{g S_1} = S_2$$

$$\sin \alpha + 1 = \frac{S_1}{S_2}$$

$$\sin \alpha = \frac{S_1}{S_2} - 1 = \frac{4}{3} - 1 = \frac{1}{3}$$

$$\arcsin(1/3) \approx$$



$$\frac{780}{39} = \frac{20}{13} = 20$$

$$\begin{array}{r} 780 \overline{) 3} \\ 6 \\ \hline 18 \end{array}$$

$$280$$

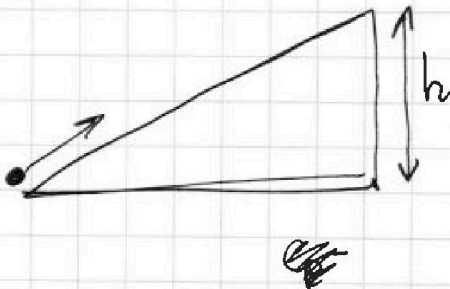


$$PV = \sqrt{RT}$$

$$\frac{20}{31.2} = \frac{200}{312} = \frac{50}{78} = \frac{25}{39}$$

$$\begin{array}{r} 312 \overline{) 4} \\ 28 \\ \hline 32 \end{array} \quad \begin{array}{r} 312 \overline{) 8} \\ 24 \\ \hline 72 \end{array}$$

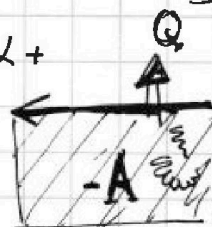
$$\frac{12}{20} = \frac{3}{5}$$



$$\frac{mV_0^2}{2} = mg \sin \alpha + \mu NS$$

$$\frac{V_0^2}{2} = g S \sin \alpha +$$

$$\frac{280}{4000}$$



$$\frac{39}{25} = \frac{14}{14}$$