



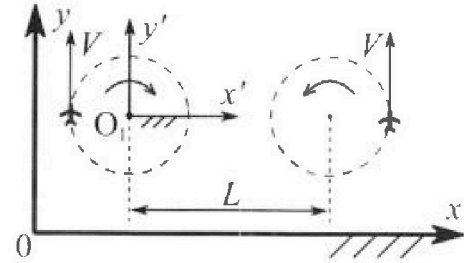
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями  $V = 70$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет,  $R=700$  м. Ускорение свободного падения  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

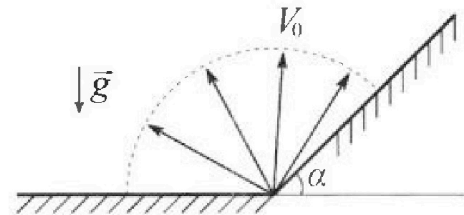


1. Определите отношение  $\frac{P}{mg}$ , здесь  $P$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.

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

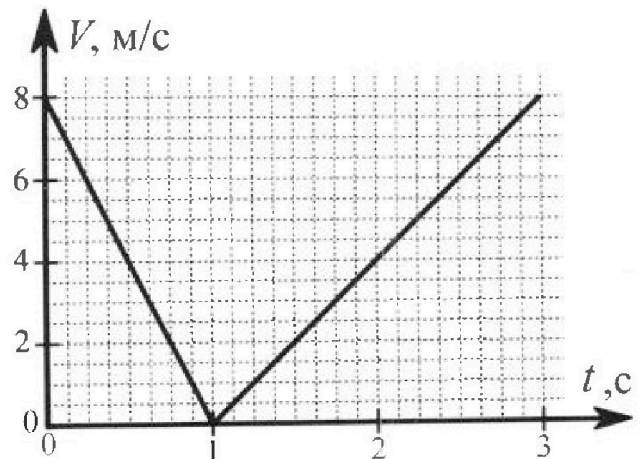
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно  $S_1=160$  м, упавших на склон,  $S_2=120$  м. Ускорение свободного падения  $g=10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

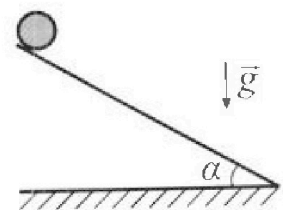
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.



1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в  $n=2$  раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на  $L=0,6$  м?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят  $Q = 780$  Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на  $|\Delta T_1| = 31,2$  К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на  $|\Delta T_2| = 20$  К.

1. Найдите работу  $A$  внешних сил в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_p$  смеси в изобарическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_1}{N_2}$  числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

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

5. Частица с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m} < 0$  движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам на расстоянии  $d/8$  от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен  $R$ .

1. Найдите скорость  $V_0$  частицы в рассматриваемый момент времени.

Через некоторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

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



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

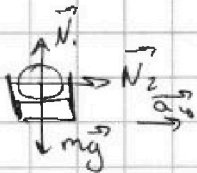
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

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

~~На лётчика действует только 2 силы —~~

Рассмотрим лётчика и кресло. Манёвр происходит в горизонтальной пл-ти  $\Rightarrow \vec{N}_1 \perp \vec{N}_2$



По 2 закону Ньютона:

$$N_1 = mg$$

$$N_2 = m \frac{\sqrt{2}}{R}$$

$$\Rightarrow P = m \sqrt{g^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{R}\right)^2}, \text{ тогда}$$

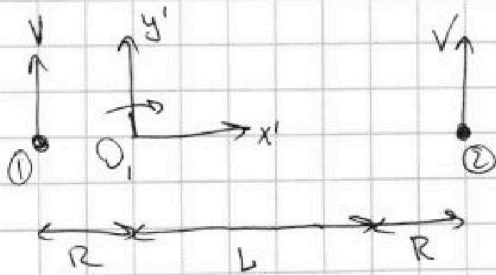
По 3 закону Ньютона  
сила  $\vec{P}$  равна силе  $\vec{N}_1 + \vec{N}_2$

$$P = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$$

$$\frac{P}{mg} = \sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{2}}{gR}\right)^2}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,7 \\ 0,7 \\ \hline 0,49 \end{array}$$

$$\frac{P}{mg} = \sqrt{1 + \left(\frac{70^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{7000 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{70 \cdot 70}{70 \cdot 100}\right)^2} = \sqrt{1 + 0,49} = 0,7 \sqrt{1,49}$$



Отн. точки  $O_1$  в этот момент времени 1-й самолёт имел угловую скорость  $\omega_1 = \frac{v_1}{R} = \frac{v}{R}$ , а 2-й —  $\omega_2 = \frac{v}{R+L}$ .  $\omega_1$  по часовой,  $\omega_2$  — против (на рис.)

При переходе во вращающуюся СО  $y'O_1x'$  (она вращается с  $\omega' = \omega_1$ ) получаем новую угловую скорость 2-го самолёта (2-й в этой СО покоится):  $\omega = \omega_2 + \omega_1 = v \left( \frac{1}{R+L} + \frac{1}{R} \right)$

$$\Rightarrow \text{Тогда скорость } u = \omega \cdot (L+R) = v \left( 1 + \frac{L+R}{R} \right) = \sqrt{\left( 2 + \frac{L}{R} \right)^2} \cdot |v|$$

Можно ~~так~~ вектор этой скорости сонаправлен с вектором скорости второго самолёта (т.е. направлен вверх на рисунке)



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!

$$|\vec{u}| = 70 \frac{м}{с} \cdot \left( 2 + \frac{2100 м}{700 м} \right) = 70 \frac{м}{с} \cdot 5 = 350 \frac{м}{с}$$

Ответ: 1)  $0,1 \sqrt{14g}$ ; 2)  $350 \frac{м}{с}$ , направлена вверх.

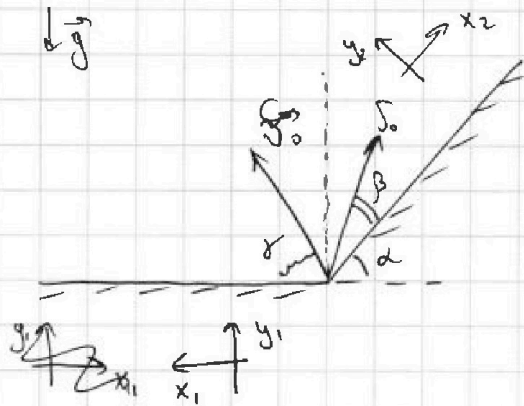


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 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!



Максимальная дальность полета  
снаряда к горизонтальной  
плоскости достигается при угле  $45^\circ$ .

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$O_{x_1}: S_{x_1} = v_0 \cos \alpha \cdot t_1$$

$$O_{y_1}: 0 = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_1 \neq 0$$

$$S_{x_1, \max} = S_1 = \frac{v_0^2}{g}$$

$$S_{x_1} = \frac{v_0^2 2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha \leq \frac{v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{g S_1}$$

$$v_0 = \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 160 \text{ м}} = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ось  $Ox_2$  ~~параллельна~~ параллельна склону. Поскольку, полетевшие  
от ~~склона~~ склона, не упали на него. Рассмотрим самолет,  
полетевший в сторону склона.  $\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$

$$O_{x_2}: S_{x_2} = v_0 \cos \beta t_2 - \frac{g \sin \alpha \cdot t_2^2}{2}$$

$$O_{y_2}: 0 = v_0 \sin \beta \cdot t_2 - \frac{g \cos \alpha \cdot t_2^2}{2} \Rightarrow v_0 \sin \beta = \frac{g \cos \alpha t_2}{2}$$

$$t_2 \neq 0$$

$$t_2 = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

$$S_{x_2} = \frac{v_0 \cos \beta \cdot 2 v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4 v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g \cos \alpha} - \frac{2 v_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos \alpha} \cdot \text{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin 2\beta - 2 \sin^2 \beta \text{tg} \alpha)$$

$$-2 \sin^2 \beta = -2(1 - \cos^2 \beta) = -2 + 2 \cos^2 \beta = -2 + 1 + \cos 2\beta = \cos 2\beta - 1$$

$$\cos 2\beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - 1 + \cos^2 \beta = -1 + 2 \cos^2 \beta$$



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  
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!

Получаем:

$$S_{x2} = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin 2\beta + (\cos 2\beta - 1) \operatorname{tg} \alpha)$$

$S_{x2}(\beta)$  — монотонная функция

$$S_{x2}' = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} (2 \cos 2\beta + 2 \sin 2\beta \operatorname{tg} \alpha) = 0$$

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

$$1 = \operatorname{tg} 2\beta \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

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

Тогда экстремум  $S_{x2}(\beta)$  — там же  $2\beta < 90^\circ$ , иначе  $\alpha = 0^\circ$

$S_{x2}(\beta)$

на промежутке  $\alpha + \beta \in (0^\circ; 90^\circ)$

Этой точке будет соотв. максимум пути

$$1 + \frac{\sin^2 2\beta}{\cos^2 2\beta} = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha} \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} + 1$$

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

$$\text{Аналогично } 1 + \frac{\cos^2 2\beta}{\sin^2 2\beta} = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} + 1$$

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

подставляем в  $S_{x2}(\beta) = S_2$   $S_{x2}(\beta)$  и получаем

$$S_{x2 \max} = S_2 = \frac{v_0^2}{g \cdot \cos \alpha} (\cos \alpha + (\sin \alpha - 1) \operatorname{tg} \alpha) = \frac{v_0^2}{g} +$$

$$+ \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} \left( \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{v_0^2}{g} + \frac{v_0^2}{g} \left( \operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{\operatorname{tg} \alpha \sin \alpha}{\cos \alpha} \right) =$$

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



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!

$$S_2 \cos(1 - \sin^2 \alpha) = \frac{S_0^2}{g} \cdot (1 - \sin \alpha)$$

$$S_2 = S_2 \sin^2 \alpha + \frac{S_0^2}{g} - \frac{S_0^2}{g} \sin \alpha, \text{ замена } p = \sin \alpha$$

$$p^2 - \frac{S_0^2}{g S_2} \cdot p + \left( \frac{S_0^2}{g S_2} - 1 \right) = 0$$

$$p^2 = \sin^2 \alpha$$

$$p = \frac{S_0^2}{2g S_2} \pm \sqrt{\frac{S_0^4}{4g^2 S_2^2} - \frac{2S_0^2}{g S_2} + 1}$$

$$\frac{S_0^2}{g S_2} = \frac{160 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 120 \text{м}} = \frac{1}{15}$$

~~$$p = \frac{1}{15 \cdot 2} \pm \sqrt{\frac{1}{900} - \frac{1}{15} + 1} = \frac{1}{30} \pm \sqrt{\frac{1}{900} + \frac{14 \cdot 2 \cdot 30}{15 \cdot 2 \cdot 30}} = \frac{1}{30} \pm \sqrt{\frac{841}{900}}$$~~

$$p = \frac{1}{15 \cdot 2} \pm \sqrt{\frac{1}{900} - \frac{1}{15} + 1} = \frac{1}{30} \pm \sqrt{\frac{1}{900} + \frac{14 \cdot 2 \cdot 30}{15 \cdot 2 \cdot 30}} = \frac{1}{30} \pm \sqrt{\frac{841}{900}}$$

$$14 \cdot 2 \cdot 30 = 28 \cdot 30 = 840 - 60 = 840$$

$$29^2 = (30 - 1)^2 = 900 + 1 - 60 = 841$$

$$\sqrt{\frac{841}{900}}$$

$$p = \frac{1}{30} \pm \frac{29}{30} = \frac{1 \pm 29}{30}$$

$$\sin \alpha = 1 \quad \alpha = 90^\circ$$

$$p > 0, \quad p = 1$$

Ответ: 1)  $40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; 2)  $90^\circ$

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.

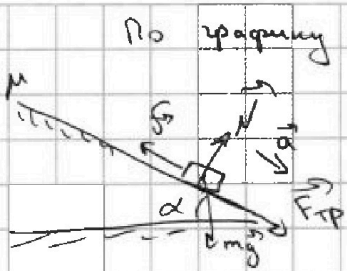


1  2  3  4  5  6  7

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!



По графику видно, это движение равноускоренное. Сначала шайба тормозила, после остановки начала ускоряться. Запишем II закон Ньютона для шайбы, когда она тормозила.

$$m a_1 = \mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha$$

$$a_1 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha \quad (1)$$

Запишем второй закон Ньютона во время разгона шайбы.

$$m a_2 = \mu m g \cos \alpha - m g \sin \alpha$$

$$a_2 = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha \quad (2)$$

Из графика в условии можно найти  $a_1$  и  $a_2$ :

$$a_1 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a_2 = \frac{8}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Подставим (2) в (1):  $a_1 = a_2 + g \sin \alpha + g \sin \alpha$

$$a_1 - a_2 = 2 g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 - a_2}{2g} \quad \sin \alpha = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \underline{0,2}$$

Во втором эксперименте:

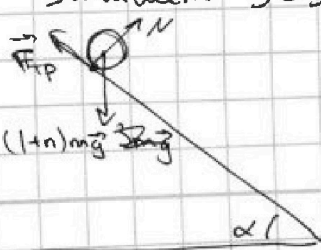
Бочка движется без проскальзывания  $\Rightarrow A_{\text{тр}} = 0 \text{ Дж}$ .

Потенциальная энергия переходит только в поступательную цилиндра и его вращение. Бочка не вращается.

Запишем ЗСЭ:

$$(1+n) m g b \sin \alpha = \underbrace{\frac{n m g v^2}{2}}_{\text{поступательное движение}} + \underbrace{\frac{m v^2}{2}}_{\text{вращение цилиндра}}$$

$$2(1+n) g b \sin \alpha = (n+2) v^2$$







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  
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!

$$v = \sqrt{\frac{2n+2}{n+2} g b \sin \alpha}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 + 2}{2 + 2} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,6 \text{ м} \cdot 0,2} =$$

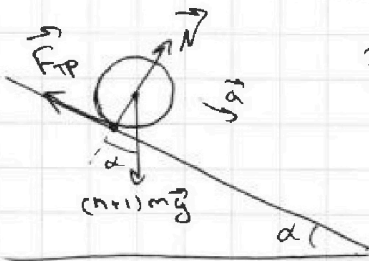
$$= \sqrt{\frac{6}{4} \cdot 6 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 0,2} = \frac{6 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2} \sqrt{0,2}$$

$$v = 3 \sqrt{0,2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{3 \sqrt{2}}{\sqrt{10}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,3 \sqrt{20} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,6 \sqrt{5} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Продифференцируем ЗСЭ по времени, получаем

$$2(1+n) g v \sin \alpha = 2(n+2) v \cdot a, \text{ отсюда}$$

$$a = \frac{1+n}{2+n} g \sin \alpha \Rightarrow a = \frac{3}{4} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,2 = \underline{1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}$$



Запишем II закон Ньютона для сферы с бочком

проскальзывание начинается, когда  $mg \sin \alpha > F_{тр} \Rightarrow$

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

$$\sin \alpha \leq \mu \cos \alpha \Rightarrow \mu \geq \tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$$

$$\mu \geq \frac{0,2}{\sqrt{1 - 0,04}} = \frac{2}{\sqrt{96}} = \frac{1}{\sqrt{24}} = \frac{\sqrt{24}}{24} = \frac{\sqrt{6}}{12}$$

Ответ: 1) 0,2; 2) ~~1,5~~ ~~0,6 \sqrt{5}~~ ~~0,3 \sqrt{20}~~ ~~3 \sqrt{0,2}~~  $0,6 \sqrt{5} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; 3)  $1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ; 4)  $\mu \geq \frac{\sqrt{6}}{12}$



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!

Запишем I начало термодинамики для смеси газов при  $V = \text{const}$

$$\delta Q = dU + \delta A = \underbrace{\frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R dT}_{\text{для He}} + \underbrace{\frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R dT}_{\text{для N}_2} + p dV \overset{0}{\rightarrow}$$

Температура газов одинакова (одна смесь)  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow -Q = \left( 3\nu_{\text{He}} + 5\nu_{\text{N}_2} \right) \frac{R(-|\Delta T_1|)}{2} \Rightarrow 3\nu_{\text{He}} + 5\nu_{\text{N}_2} = \frac{2Q}{R|\Delta T_1|} \quad (1)$$

Запишем I начало термодинамики для смеси газов при  $p = \text{const}$

$$\delta Q = dU + \delta A = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R dT + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} R dT + p dV$$

Газы идеальные:  $pV = \nu RT = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{N}_2}) RT$

$$p dV + \cancel{\nu R dp} = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{N}_2}) R dT, \text{ при } p = \text{const}$$

$$p dV = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{N}_2}) R dT \quad (3)$$

Получаем:  $\delta Q = \left( \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{5}{2} \nu_{\text{N}_2} + \nu_{\text{He}} + \nu_{\text{N}_2} \right) R dT$

$$-Q = \left( \frac{5}{2} \nu_{\text{He}} + \frac{7}{2} \nu_{\text{N}_2} \right) \frac{R(-|\Delta T_2|)}{2} \Rightarrow 5\nu_{\text{He}} + 7\nu_{\text{N}_2} = \frac{2Q}{R|\Delta T_2|} \quad (2)$$

$$\frac{(2)-(1)}{2}: \nu_{\text{He}} + \nu_{\text{N}_2} = \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{|\Delta T_2|} - \frac{1}{|\Delta T_1|} \right) = \frac{Q}{R} \cdot \frac{|\Delta T_1| - |\Delta T_2|}{|\Delta T_1| |\Delta T_2|} \quad (4)$$

Принтегрировав (3), получаем  $A_{\text{газ}} = (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{N}_2}) R(-|\Delta T_2|)$ , подставив (4):

$$A_{\text{газ}} = Q \cdot \frac{|\Delta T_2| - |\Delta T_1|}{|\Delta T_1|}, \text{ так как } A_{\text{газ}} = -A, \text{ то}$$



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 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!

$$A = Q \frac{|\Delta T_1| - |\Delta T_2|}{|\Delta T_1|}$$

$$A = 780 \text{ Дж} \cdot \frac{31,2 \text{ К} - 20 \text{ К}}{31,2 \text{ К}}$$

$$\frac{11,2}{31,2} = \frac{56}{156} = \frac{28}{78} = \frac{14}{39}$$

$$= 780 \text{ Дж} \cdot \frac{11,2}{31,2} = 780 \text{ Дж} \cdot \frac{28}{78} = 280 \text{ Дж}$$

~~В изобарическом процессе теплоёмкость газа всегда равна  $\frac{i+2}{2} R$ , что выводится из I начала термодинамики.~~

~~$$\delta Q = \int c_p dT = (5\nu_{He} + 7\nu_{N_2}) R dT$$~~

~~$$\nu = \nu_{He} + \nu_{N_2} = Q$$~~

ответ

В изобарическом процессе ~~выделено~~ тепло  $Q$ , значит

$$(\nu_{He} + \nu_{N_2}) c_p (-|\Delta T_2|) = -Q, \text{ подставив (4), получаем}$$

$$c_p = \frac{Q}{|\Delta T_2|} \cdot \frac{R |\Delta T_1| |\Delta T_2|}{Q (|\Delta T_1| - |\Delta T_2|)} = \frac{R |\Delta T_1|}{|\Delta T_1| - |\Delta T_2|} = c_p$$

$$c_p = R \cdot \frac{39}{14} \approx 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \frac{39}{14} \approx 23 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\left( \frac{\nu_1}{\nu_{He}} \right) \cdot \left( \frac{\nu_{He}}{\nu_2} \right)}{\left( \frac{\nu_1}{\nu_{N_2}} \right) \cdot \left( \frac{\nu_{N_2}}{\nu_2} \right)} = \frac{\nu_{He}}{\nu_2}$$

$$\begin{array}{r} 831 \quad | 14 \\ 70 \quad | 59 \\ \hline 131 \quad | \\ 126 \quad | \\ \hline 5 \end{array}$$

$$59 \cdot 39 - 100 \cdot 11 = 2301$$

Решим систему уравнений (1) и (4)

$$\begin{cases} (1) & 3\nu_{He} + 5\nu_{N_2} = \frac{2Q}{R|\Delta T_1|} \\ (4) & \nu_{He} + \nu_{N_2} = \frac{Q}{R|\Delta T_2|} \cdot \frac{14}{39} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \nu_{N_2} = \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{|\Delta T_1|} - \frac{27}{13|\Delta T_2|} \right) \\ \nu_{He} = \frac{Q}{R} \left( \frac{14}{39|\Delta T_2|} + \frac{7 \cdot 3}{139|\Delta T_2|} - \frac{1}{|\Delta T_1|} \right) \end{cases}$$

$$2\nu_{N_2} = \frac{2Q}{R|\Delta T_1|} - \frac{Q}{R|\Delta T_2|} \cdot \frac{3 \cdot 14}{39 \cdot 13} = \frac{Q}{R} \left( \frac{2}{|\Delta T_1|} - \frac{14}{13|\Delta T_2|} \right)$$



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  
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!

Получаем:

$$J_{N2} = \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{|AT_1|} - \frac{7}{|3|AT_2|} \right)$$

$$J_{Me} = \frac{Q}{R} \left( \frac{35}{39|AT_2|} - \frac{1}{|AT_1|} \right)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{J_{Me}}{J_{N2}} = \frac{\left( \frac{35}{39|AT_2|} - \frac{1}{|AT_1|} \right)}{\left( \frac{1}{|AT_1|} - \frac{7}{|3|AT_2|} \right)} = \frac{\left( \frac{35}{39 \cdot 20} - \frac{1}{31,2} \right)}{\left( \frac{1}{31,2} - \frac{7}{13 \cdot 20} \right)}$$

$$= \frac{\left( \frac{35 \cdot 31,2 - 39 \cdot 20}{39 \cdot 20 \cdot 31,2} \right)}{\left( \frac{13 \cdot 20 - 7 \cdot 31,2}{31,2 \cdot 13 \cdot 20} \right)} = \frac{35 \cdot 31,2 - 39 \cdot 20}{13 \cdot 20 - 7 \cdot 31,2} \cdot \frac{31,2 \cdot 13 \cdot 20}{39 \cdot 20 \cdot 31,2} = \frac{35 \cdot 104 - 2600}{2600 - 7 \cdot 312}$$

$$= \frac{3640 - 2600}{2600 - 2184} = \frac{1040}{416} = \frac{520}{208} = \frac{260}{104} = \frac{130}{52} = \frac{75}{26}$$

Ответ: 1) 280 Дж; 2)  $\frac{39}{14} R \approx 23 \frac{2}{14} \frac{Дж}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ ; 3)  $\frac{75}{26}$

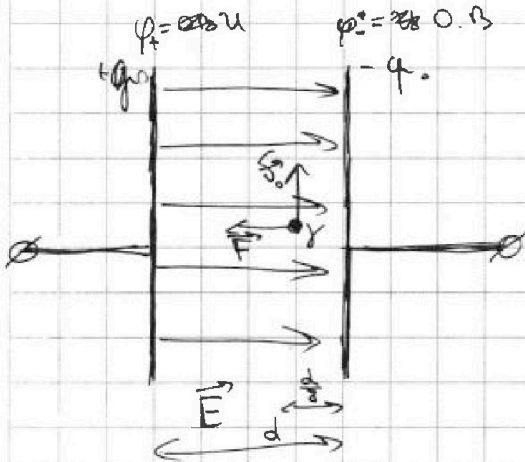


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

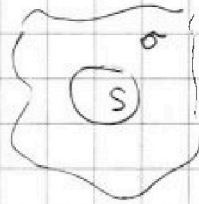
1  2  3  4  5  6  7

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!



По теореме Гаусса напряженность поля бесконечной заряженной пластинки равна:  $\sigma$  - поверхностный заряд



$$2ES = \frac{\sigma S}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{q}{A}, \text{ где } A - \text{площадь всей пластинки}$$

Конденсатор - это 2 пластинки,

находящиеся рядом друг к другу. Напряженность

поля между такими пластинками:  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{(-\sigma)}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$   
(в силу суперпозиции)

Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ . Обозначим на положительной обкладке  $\varphi_+ = U$ , а на отрицательной  $\varphi_- = 0$ , тогда

$$U = E \cdot d = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} \Rightarrow \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{U}{d} \Rightarrow E = \frac{U}{d}$$

~~Когда скорость частицы параллельна обкладкам, она находится на расстоянии  $\frac{7}{8}d - \frac{d}{8} = \frac{7}{8}d$  от положительно заряженной обкладки  $\Rightarrow$  напряженность в этой точке  $E = \frac{U}{(\frac{7}{8}d)} = \frac{8U}{7d}$~~

~~$$F = m \cdot \frac{v_0^2}{R} = E|q| \Rightarrow E \cdot \frac{|q|}{m} = \frac{v_0^2}{R} \quad v < 0 \Rightarrow q < 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \downarrow \vec{E}$$~~

~~$$v_0^2 = \frac{8U}{7d} (-q) \cdot R \Rightarrow v_0^2 = \sqrt{-\frac{8}{7d} qUR}$$~~

$$v < 0 \Rightarrow q_0 < 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \downarrow \vec{E}$$

$$\vec{F} = m \frac{v_0^2}{R} = -Eq_0 \Rightarrow -\frac{U}{d} = \frac{1}{8} \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{4UR}{d}}$$

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!

Нахождение частицы в таком поле можно сравнить с нахождением частицы в гравитационном поле (в модели плоской Земли с постоянным  $\vec{g}$ ), тогда

$$F = ma = -Eq \Rightarrow a = -E\gamma$$

$$\vec{E} \uparrow \uparrow \vec{a}$$

~~тогда~~

Выведем ЗСЭ для этой системы

$$\frac{m\dot{\sigma}^2}{2} + F \cdot \left(\frac{d}{2} - \frac{d}{8}\right) = \frac{m\dot{\sigma}^2}{2}$$

$$\dot{\sigma}^2 - E\gamma \cdot \frac{3}{4}d = \dot{\sigma}^2$$

$$-\frac{U\gamma R}{d} - \frac{U\gamma \frac{3}{4}d}{d} = \dot{\sigma}^2 \Rightarrow$$

$$\dot{\sigma} = \sqrt{-U\gamma \left(\frac{R}{d} + \frac{3}{4}\right)}$$

Ответ: 1)  $\dot{\sigma}_0 = \sqrt{-U\gamma \frac{R}{d}}$ ; 2)  $\dot{\sigma} = \sqrt{-U\gamma \left(\frac{R}{d} + \frac{3}{4}\right)}$

