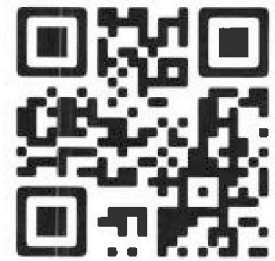




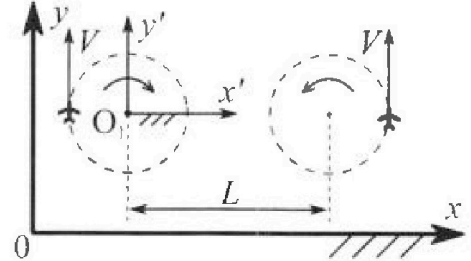
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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>.

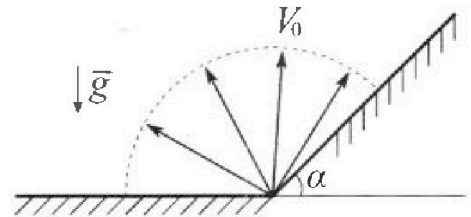


1. Определите отношение  $\frac{P}{mg}$ , здесь  $P$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.

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.

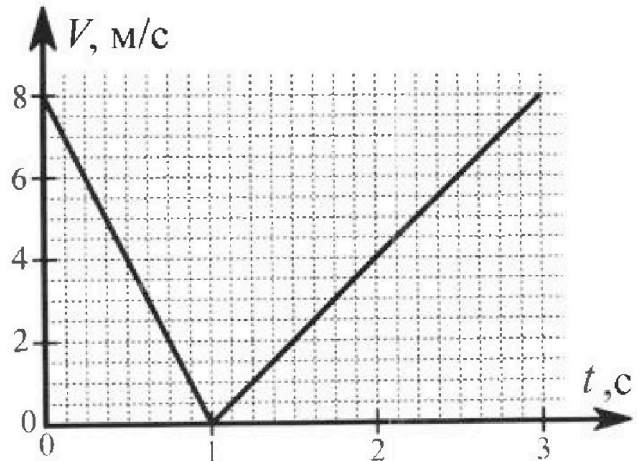
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

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.



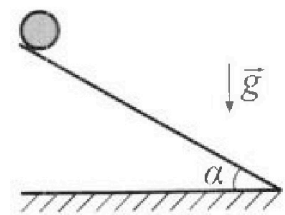
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

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?

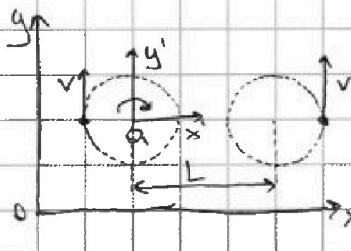
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
5 из 5

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!

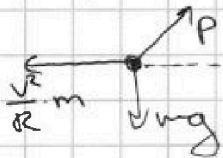


2) В указанной СО всё вращается вокруг  $\tau, O$ , с угловой скоростью  $\omega = \frac{v}{R}$  по часовой стрелке  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{|\vec{a}| = |\vec{v}| - \omega(L+R) = v - v\left(\frac{L}{R} + 1\right) = \boxed{v\frac{L}{R}}}$$

скорость направлена вертикально вниз по оси  $y$ .

1) Заметим, что все силы, действующие на самолёт, расположены в горизонтальной плоскости;



$$P = \sqrt{(mg)^2 + m^2 \frac{v^4}{R^2}} = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{P}{mg}} = \frac{\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}}{g} = \frac{\sqrt{10^2 + \frac{70^4}{700^2}}}{10} = \frac{\sqrt{10^2 + 7^2}}{10} = \boxed{\frac{\sqrt{149}}{10}} \approx 1,2$$



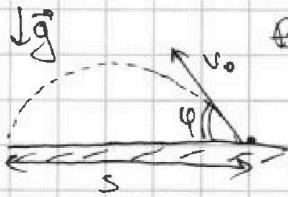


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 5

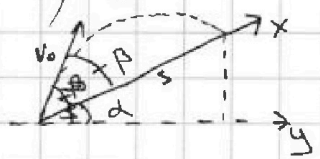
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Величина дальности полёта при горизонтальной поверхности можно определить по формуле:  
 $S = \frac{v_0^2 \sin 2\varphi}{g}$ , т.е. т.к.  $S_1$  - максимальная

такая дальность,  $S_1 = \frac{v_0^2 \cdot 1}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{g S_1} = \sqrt{10 \cdot 160} = 40 \frac{m}{c}$

2)  $g$



Уравнение движения на  $O_x$  (вдоль зорки):

$$v_0 t \cos \beta - \frac{g t^2 \cos \beta}{2} = s$$

на  $O_y$  (горизонт.):

$$v_0 t \cos(\alpha + \beta) = s \cos \alpha$$

Умножим:

$$\left\{ \begin{aligned} v_0 t \cos \beta - \frac{g t^2 \cos \beta}{2} &= s \\ v_0 t \cos(\alpha + \beta) &= s \cos \alpha \end{aligned} \right. \Rightarrow s = v_0 \cdot \frac{s \cos \alpha \cos \beta}{v_0 \cos(\alpha + \beta)} - \frac{g t^2 \cos \beta}{2} \cdot \left( \frac{s \cos \alpha}{v_0 \cos(\alpha + \beta)} \right)^2$$

$$\left\{ \begin{aligned} v_0 t \cos \beta - \frac{g t^2 \cos \beta}{2} &= s \\ v_0 t \cos(\alpha + \beta) &= s \cos \alpha \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow 1 = \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\cos(\alpha + \beta)} - \frac{g t^2 \cos \beta \cos^2 \alpha}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha + \beta)} \Rightarrow$$

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

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

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

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

Пусть  $f(\beta) = \cos \alpha \sin \beta \cos \beta - \sin \alpha \sin^2 \beta$ . Тогда

$$f'(\beta) = \cos \alpha (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta) + 2 \sin \alpha \sin \beta \cos \beta = \cos \alpha \cos 2\beta + \sin \alpha \sin 2\beta$$

$$= \cos(\alpha - 2\beta) = 0 \Rightarrow \alpha - 2\beta = 90^\circ \Rightarrow 2\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$S_2 = S\left(\frac{90^\circ - \alpha}{2}\right) = \frac{2 v_0^2}{g \cos^2 \alpha} \sin \frac{90^\circ - \alpha}{2} \cdot \cos \frac{90^\circ - \alpha}{2} = \frac{2 S_1}{\cos^2 \alpha} \sin \frac{90^\circ - \alpha}{2} \cdot \cos \frac{90^\circ - \alpha}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\sin \frac{90^\circ - \alpha}{2} \cdot \cos \frac{90^\circ - \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} = \frac{S_2}{2 S_1} = \frac{120}{320} = \frac{3}{8} = \frac{\cos \frac{90^\circ - \alpha}{2} \cdot \sin \frac{90^\circ - \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} = \frac{\frac{1}{2} \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \cos^2 \frac{90^\circ - \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{1}{2} - \frac{\sin^2 \alpha \cos^2 \frac{90^\circ - \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \frac{\sin^2 \alpha \cos^2 \left(\frac{90^\circ - \alpha}{2}\right)}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{8} = \frac{\sin^2 \alpha \cdot \frac{\cos(90^\circ - \alpha) + 1}{2}}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{\sin^2 \alpha + \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow 1 - \sin^2 \alpha = 4 \sin^2 \alpha + 4 \sin \alpha \Rightarrow 5 \sin^2 \alpha + 4 \sin \alpha - 1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = -2 \pm 3 \Rightarrow \sin \alpha = 1.$$



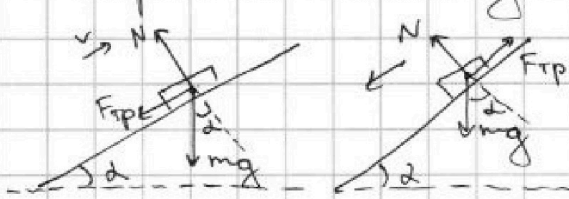


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 5

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!

Как видно из графика, в некоторый момент времени скорость шайбы становится равной 0  $\Rightarrow$  касательная скорость шайбы направлена вверх по склону.



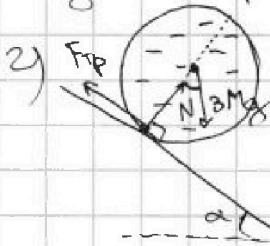
Тогда запишем второй закон Ньютона для движения шайбы:  $\begin{cases} mg \cos \alpha = N \\ mg \sin \alpha + F_{тр} = a_1 m \end{cases}$  вверх;

вниз:  $mg \cos \alpha = N$

$2mg \sin \alpha - F_{тр} = a_2 m$  т.к.  $N$  не меняется, не меняется и  $F_{тр} = \mu N$ . На графике моменты ускорения направлены

кверху и вниз. Тогда,  $|\vec{a}_1| = 8 \frac{m}{c^2}$ ;  $|\vec{a}_2| = 4 \frac{m}{c^2}$ . Имеем:

$$\begin{cases} mg \sin \alpha + F_{тр} = a_1 m \\ mg \sin \alpha - F_{тр} = a_2 m \end{cases} \Rightarrow 2mg \sin \alpha = (a_1 + a_2) m \Rightarrow \boxed{\sin \alpha = \frac{(a_1 + a_2) m}{2mg} = \frac{12}{20} = 0,6}$$



Запишем 3CE для элемента точки + вогн:  $3MgL \sin \alpha = \frac{3Mv^2}{2} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{2gL \sin \alpha} = 7,2 \frac{m}{c}}$

3) Силы, действующие на бочку, не меняются  $\Rightarrow$  по второму закону Ньютона, ускорение постоянно  $\Rightarrow$  его можно найти из перемещения:

$$L = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow \boxed{a = \frac{v^2}{2L} = g \sin \alpha = 6 \frac{m}{c^2}}$$

4) Бочка катится без проскальзывания  $\Rightarrow$  скорость и ускорение точки, соприкасающейся с поверхностью, равны 0.



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 5

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!

При изохорическом процессе  $V = \text{const} \Rightarrow \text{газ}$   
не совершает работы, т.к.  $A = \int p \cdot dV$ . Следовательно,  
по 1-му началу термодинамики,  $\Delta Q = \Delta U + A^{20} = \Delta U$

Пусть  $\nu_1$  - кол-во гелия,  $\nu_2$  - кол-во азота. Тогда

$$Q = |\Delta Q| = \frac{3}{2} \nu_1 R |\Delta T_1| + \frac{5}{2} \nu_2 R |\Delta T_1| \Leftrightarrow Q = \frac{R |\Delta T_1|}{2} (3\nu_1 + 5\nu_2).$$

ИТ газа изобарического ( $p = \text{const}$ ) процесса:

$$Q = |\Delta Q| = \left( \frac{3}{2} \nu_1 R |\Delta T_2| + \frac{5}{2} \nu_2 R |\Delta T_2| \right) + A \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = Q - \frac{R |\Delta T_2|}{2} (3\nu_1 + 5\nu_2) = Q - \frac{R |\Delta T_2|}{R |\Delta T_1|} \cdot \frac{2Q}{R |\Delta T_1|} = Q \left( 1 - \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} \right) =$$

$$= 780 \left( 1 - \frac{20}{31,2} \right) = 780 \cdot \frac{11,2}{31,2} = 25 \cdot 11,2 = 280 \text{ Дж}$$

$$2) \left[ C_p \right] = \frac{7}{2} \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{Q}{|\Delta T_2|} = \frac{780}{20} = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

3) При изобарическом процессе:

$$Q = \frac{R |\Delta T_2|}{2} (3\nu_1 + 5\nu_2) + A = \left( \frac{5}{2} p |\Delta V_1| + \frac{7}{2} p |\Delta V_2| \right) + p (\Delta V_1 + \Delta V_2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow Q = \frac{5}{2} p |\Delta V_1| + \frac{7}{2} p |\Delta V_2|. \text{ С другой стороны,}$$

$$p |\Delta V_1| = \nu_1 R |\Delta T_2| \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Q = \frac{R |\Delta T_1|}{2} (3\nu_1 + 5\nu_2) \\ Q = \frac{R |\Delta T_2|}{2} (5\nu_1 + 7\nu_2) \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{2Q}{R |\Delta T_1|} = 3\nu_1 + 5\nu_2 \\ \frac{2Q}{R |\Delta T_2|} = 5\nu_1 + 7\nu_2 \end{array} \right. \Rightarrow 5\nu_1 + 7\nu_2 = \frac{|\Delta T_1|}{|\Delta T_2|} (3\nu_1 + 5\nu_2)$$

$$\Leftrightarrow \nu_2 \left( 7 - 5 \frac{|\Delta T_1|}{|\Delta T_2|} \right) = \nu_1 \left( 3 \frac{|\Delta T_1|}{|\Delta T_2|} - 5 \right) \Leftrightarrow \left[ \frac{N_1}{N_2} \right] = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{7 - 5 \frac{|\Delta T_1|}{|\Delta T_2|}}{3 \frac{|\Delta T_1|}{|\Delta T_2|} - 5} = \frac{28 - 31,2}{33,6 - 100} =$$

$$= \frac{5(28 - 31,2)}{33,6 - 100} = \frac{5 \cdot 3,2}{6,4} = \frac{5}{2} = 2,5$$

$$\text{Ответ: } A = 280 \text{ Дж}; C_p = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}; \frac{N_1}{N_2} = 2,5.$$



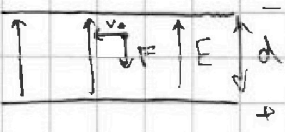


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 5

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!



Найдем поле внутри конденсатора:

$$\text{м.к. } \Delta\varphi_{\text{обл}} = E \cdot d \Rightarrow E = \frac{\Delta\varphi}{d} = \frac{U}{d}$$

Следовательно, в поле пластина в конденсаторе, на ней всё время действует сила  $F$ , направленной в сторону положительной обкладки (м.к.  $\delta < 0$ )

$$|F| = qE = |\delta| m \cdot \frac{U}{d}. \text{ 2-й закон Ньютона для рассмат-}$$

риваемого тел. вр:  $m \cdot a = F$ , где  $a$  - ускорение частицы

$$m \cdot \frac{v_0^2}{R} = F \Leftrightarrow v_0^2 = \frac{FR}{m} = \frac{|\delta| \cdot m \cdot \frac{U}{d} \cdot R}{m} = \frac{UR|\delta|}{d}$$

2) ЗСЭ для ускоренной частицы:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + A_{\text{поля}} \Leftrightarrow v^2 = v_0^2 + \frac{2A_{\text{поля}}}{m} = v_0^2 + \frac{2q(\varphi_2 - \varphi_1)}{m}$$

Пусть потенциал отриц. обкладки  $-\varphi$ , полож.  $+\varphi$ .  
Т.к. потенциал внутри конденсатора меняется равномерно,  $(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{3}{8} \Delta\varphi \Leftrightarrow$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{6q\Delta\varphi}{8m}} = \sqrt{v_0^2 + \frac{3}{4} |\delta| \cdot U}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{\frac{UR|\delta|}{d}}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + \frac{3}{4} U|\delta|}$$





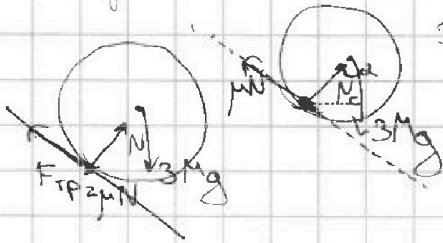
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Черновик.



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

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

$$\sin(x + y) = \sin \frac{x+y}{2} \cdot \cos \frac{x-y}{2}$$

$$x=y \Rightarrow \sin x = \sin x$$

$$x=-y \Rightarrow 0=0$$

$$x=90^\circ - y$$

$$\sin x + \cos x = \sin 45^\circ - \cos(45^\circ - x) =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (\cos 45^\circ \cos y - \sin 45^\circ \sin y) = \frac{1}{2} (\cos x - \sin x)$$

$$\frac{\cos \frac{90^\circ - \alpha}{2} \cdot \sin \frac{90^\circ + 3\alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} =$$

$\downarrow \cos$

$$\cos \frac{90^\circ - \alpha}{2} \left( \sin \frac{90^\circ + 3\alpha}{2} \cos \alpha - \sin \alpha \cos \frac{90^\circ - \alpha}{2} \right) =$$

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

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

$$\frac{\frac{1}{2} \cos^2 \alpha - \sin \alpha \cos^2 \frac{90^\circ - \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{8} - \frac{\sin \alpha \cos^2 \frac{90^\circ - \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} = \frac{3}{8} \Rightarrow \frac{1}{8} = \dots$$

$$\cos 2\alpha = 2\cos^2 \alpha - 1 \Rightarrow 2\cos^2 \alpha = \cos 2\alpha + 1$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{\cos 2\alpha + 1}{2}$$

$$\frac{-4 \pm \sqrt{16 + 4 \cdot 5}}{2} = \frac{-4 \pm 6}{2} = -2 \pm 3$$



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  
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!

Черновики

В геометрическом потенциале?

1.  $v = \text{const}$

$\text{He} \rightarrow \frac{3}{2} pV$

$v = \text{const} \Rightarrow \Delta U = 0$

$Q = 780 \text{ Дж}$

$\text{N}_2 \rightarrow \frac{5}{2} pV$

$Q = \Delta U + A = \Delta U$

$| \Delta T_1 | = 31,2 \text{ К}$

$Q = \frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_1$

$p = \text{const} \quad v = at$

$Q = \left( \frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2 \right) + A$

$| \Delta T_2 | = 20 \text{ К}$

$\frac{at^2}{2} =$

$A = Q - R \Delta T_2 \left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right) = Q - R \Delta T_2 \frac{Q}{R \Delta T_1} = Q \left( 1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)$

$= 780 \cdot \left( 1 - \frac{20}{31,2} \right) = 780 \cdot \frac{11,2}{31,2} =$

|      |     |
|------|-----|
| 7800 | 312 |
| -624 | 25  |
| 1560 |     |
| 1560 |     |
| 0    |     |

|      |               |
|------|---------------|
| 25   | $\sqrt{3}$    |
| 412  | $\frac{1}{2}$ |
| 50   |               |
| 25   |               |
| 25   |               |
| 2800 |               |

$C_P = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{780}{20} = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

3)  $R \Delta T_1 \left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right) = A + R \Delta T_2 \left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right) \Leftrightarrow A = R \left( \frac{3}{2} \nu_1 (\Delta T_1 - \Delta T_2) + \frac{5}{2} \nu_2 (\Delta T_1 - \Delta T_2) \right)$

$A = R (\Delta T_1 - \Delta T_2) \left( \frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 \right)$   
 $\frac{3}{2} \nu_1 + \frac{5}{2} \nu_2 = \frac{A}{R (\Delta T_1 - \Delta T_2)}$

$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = k$

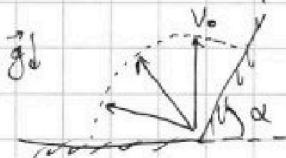
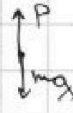
$\cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$



$Q = \frac{3}{2} k \nu_2 R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_1 = \frac{\nu_2 R \Delta T_1}{2} (3k + 5)$

$Q = A + \frac{3}{2} \nu_2 k R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2 = A + \frac{\nu_2 R \Delta T_2}{2} (3k + 5)$

$\varphi = E \cdot x + E \left( \frac{1}{2} dx \right)$



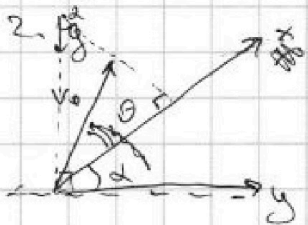
непараллельно...  
 $\frac{v_0^2 \tan^2 2\alpha}{g}$

$s_1 = \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{s_1 g} = 40 \text{ м/с}$

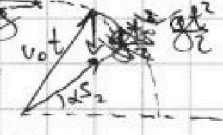
$t v \cos \alpha = s \Rightarrow s = \frac{2v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$

$v t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0$

$v \sin \alpha = \frac{gt}{2} \Rightarrow t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$



$s_2 = v_0 t \cos \theta - \frac{gt^2 \sin \theta}{2}$   
 $v_0 t \cos(\theta + \alpha) = s_2 \cos \alpha \Rightarrow t = \frac{s_2 \cos \alpha}{v_0 \cos(\theta + \alpha)}$



$20 \cdot 0,36$   
 $\approx 3,6 \cdot 2$

$1 = \frac{\cos \alpha \cos \theta}{\cos(\alpha + \theta)} - \frac{s_2 g \sin \theta \cos^2 \alpha}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha + \theta)} \Rightarrow s_2 = \left( 1 - \frac{\cos \alpha \cos \theta}{\cos(\alpha + \theta)} \right) \cdot \frac{2 v_0^2 \cos^2(\alpha + \theta)}{g \sin \theta \cos^2 \alpha} =$

$= \frac{\sin \alpha \sin \theta}{\cos(\alpha + \theta)} \cdot \frac{2 v_0^2 \cos^2(\alpha + \theta)}{g \sin \theta \cos^2 \alpha} = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos(\alpha + \theta)}{g \cos^2 \alpha} = \frac{2 v_0^2}{g \cos^2 \alpha} \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + \theta) =$

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



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!

$$y = (\cos \alpha \sin \theta \cos \theta - \sin \alpha \sin^2 \theta) \rightarrow \max$$

$$y' = \cos \alpha (\cos \theta \cdot \cos \theta - \sin^2 \theta) - \sin \alpha (-2 \sin \theta \cos \theta) = 0$$

$$f'(x) \cdot g'(x) = f(x) \cdot g'(x) + f''(x) \cdot g(x)$$

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

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

$$-\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{ctg} 2\theta$$

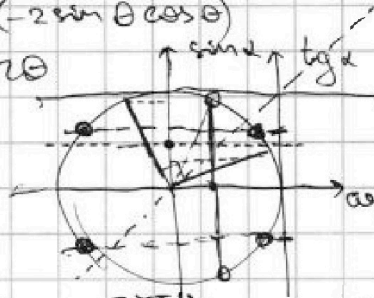
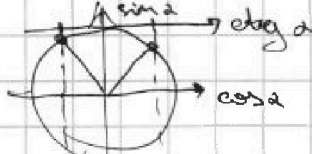
$$-\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} 2\theta = 1$$

$$\operatorname{tg} \alpha =$$

$$-\operatorname{ctg}(90^\circ - \alpha) = \operatorname{ctg}(2\theta)$$

$$\operatorname{ctg} 2\theta + \operatorname{ctg}(90^\circ - \alpha) = 0$$

$$2\theta = 180^\circ - (90^\circ - \alpha) = 90^\circ + \alpha$$



$$\frac{3,2 \cdot 5}{6,4}$$

$$\beta = \frac{90^\circ + \alpha}{2}$$

$$\alpha + \beta = \frac{90^\circ + 3\alpha}{2}$$

$$\sin x = \cos(90^\circ - x)$$

$$\cos x = \sin(90^\circ - x)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \Rightarrow \begin{cases} x = y \\ x = 180^\circ - y \end{cases}$$

$$\frac{\sin x}{\cos x} = \frac{\sin y}{\cos y}$$

$$\sin^2 x + \cos^2 x = \sin^2 y + \cos^2 y$$

$$5 \cdot \frac{31,2}{20} = \frac{31,2}{4}$$

$$\frac{93,6}{20} = 5$$

$$B \cdot K_u = D_{\text{пр}}?$$

$$E \cdot x = \frac{U}{K_u} \cdot m \cdot K_u = U \cdot m$$

$$\frac{2U_0^2}{g \cos^2 \alpha} (\sin \theta \cos \theta \cos \alpha - \sin \alpha \sin^2 \theta) = \frac{2U_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \cos \alpha \cdot \frac{1}{2} \sin(90^\circ + \alpha) - \sin \alpha \cdot \sin^2 \left( \frac{90^\circ + \alpha}{2} \right) \right) = 120$$

$$- \sin \alpha \cdot \sin^2 \left( \frac{90^\circ + \alpha}{2} \right) = \frac{2U_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left( \frac{1}{2} \cos^2 \alpha - \sin \alpha \cdot \sin^2 \left( \frac{90^\circ + \alpha}{2} \right) \right) = 120$$

$$\sin 2x = 2 \sin x \cos x = 2 \sin x \sqrt{1 - \sin^2 x}$$

$$\frac{\sin 2x}{2 \sin x} = \sqrt{1 - \sin^2 x}$$

$$\sin 2x = 2 \sin x - \sin^3 x$$

$$E = \frac{kq^2}{r} \cdot \frac{Ku}{m}$$

$$160 \cdot 2 \left( \frac{1}{2} - \frac{\sin \alpha \sin^2 \left( \frac{90^\circ + \alpha}{2} \right)}{\cos^2 \alpha} \right) = 120$$

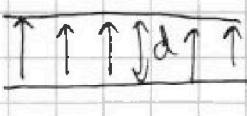
$$\frac{1}{2} - \frac{120}{320} = \frac{1}{2} - \frac{6}{16} = \frac{1}{2} - \frac{3}{8} = \frac{1}{8}$$

$$= \frac{\sin \alpha \sin^2 \left( \frac{90^\circ + \alpha}{2} \right)}{\cos^2 \alpha}$$

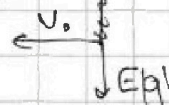
$$\alpha = 30^\circ \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \sin^2(60^\circ) = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$$

$$\frac{kq^2}{m^2} \cdot \frac{Ku}{m}$$

$$\gamma = \frac{q}{m} < 0$$



$$E = \frac{\Delta \varphi}{d}$$



$$E|q| = a \cdot m$$

$$E m |q| = a \cdot m$$

$$a = \frac{U_0^2}{R^2} \Rightarrow U_0 = \sqrt{aR} = \sqrt{ER|q|m}$$

3R? ?

$$\frac{mU_0^2}{2} + qE \cdot \frac{3d}{8} = \frac{mU_0^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{U_0^2 + \frac{6qEd}{8m}}$$

$$\frac{kq^2}{r^2} = U$$

$$\frac{kq^2}{r} \rightarrow D_{\text{пр}}$$



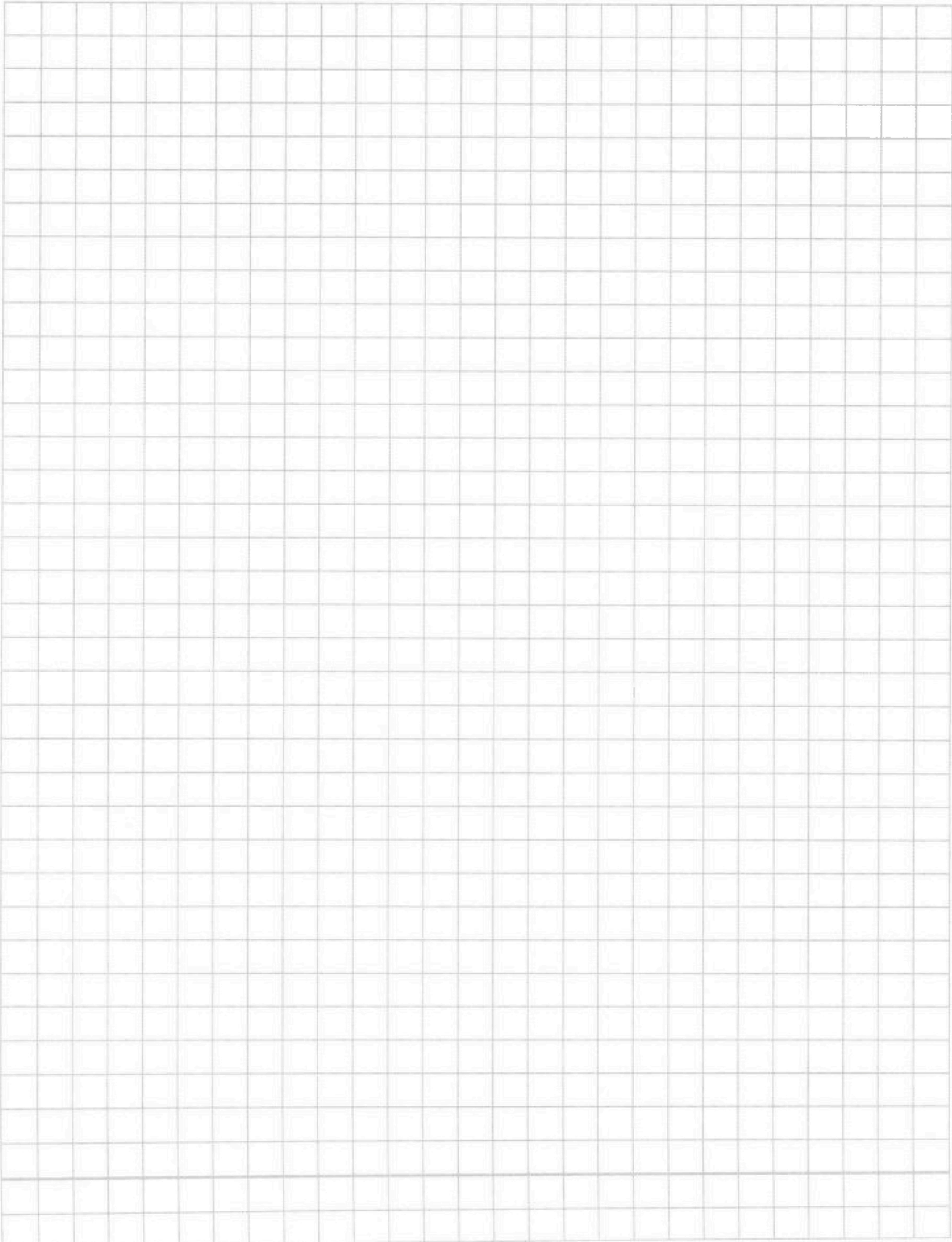


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!





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

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

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

