



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

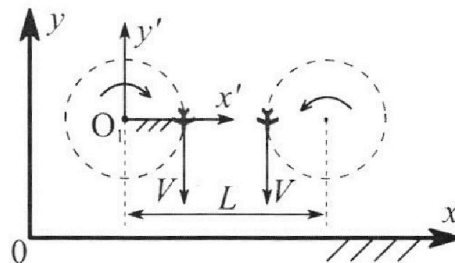
## Вариант 10-03

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  $V = 60$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса  $R = 360$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

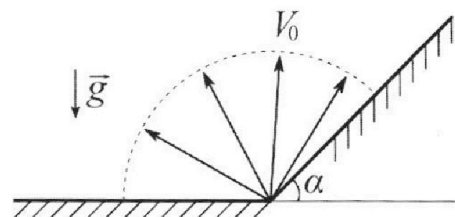
1. На сколько  $\delta$  процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей  $L = 1,8$  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  $\vec{U}$ .

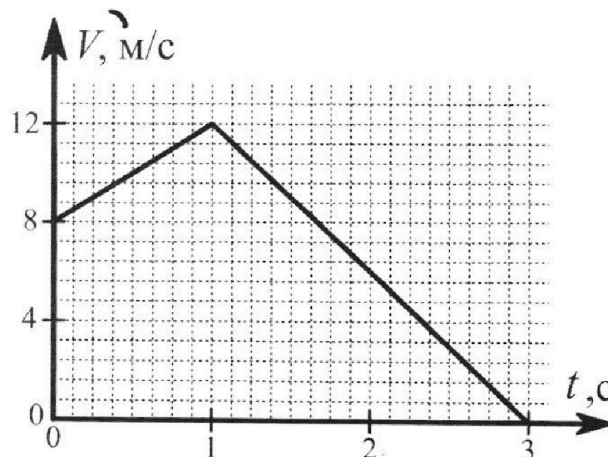
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$ . У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков  $H = 45$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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/с<sup>2</sup>.



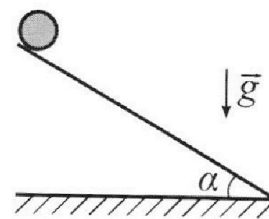
1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в  $n = 3$  раза больше массы бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка в тот момент, когда горизонтальное перемещение бочки равно  $S = 1$  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 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят  $Q = 960$  Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на  $\Delta T_1 = 48$  К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на  $\Delta T_2 = 30$  К.

1. Найдите работу  $A$  смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_V$  смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_{\Gamma}}{N_K}$  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. Конденсатор заряжен, расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется со скоростью  $V_0$  параллельно обкладкам на расстоянии  $d/8$  от положительно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен  $R$ .

1. Найдите напряжение  $U$  на конденсаторе.

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?

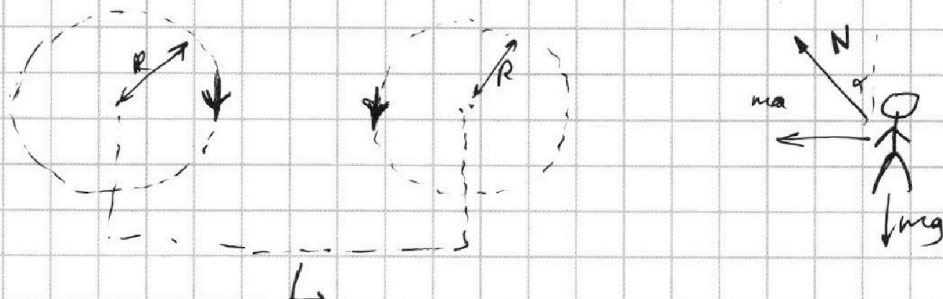


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



~~какая же~~ нормальное ускорение, которое испытывают летчики:

~~все равно~~

$$a = \frac{v^2}{R} = 1 \frac{m}{c^2} ?$$

вс - сила, с которой летчик действует на окруж. =>

II закон Ньютона для летчика:

$$N \sin \alpha = ma; \quad N \cos \alpha = mg \Rightarrow$$

$$N^2 = ma^2 + mg^2 \quad ma = 0,1 mg \Rightarrow$$

$$N^2 = 1,01 mg^2$$

$$\delta = \frac{N - mg}{N} = 1 - \frac{mg}{N}$$

$$\frac{mg}{N} = (1 + 1 \cdot 10^{-2})^{-1/2} = 1 - \frac{1}{2} \cdot 10^{-2} \Rightarrow$$

$$\delta = 0,5\%$$

ω угловая скорость, с которой самолет вращается вокруг центра:

$$\omega = \frac{v}{R}$$

в со. левого самолета

правый самолет если бы не двигался)

интересно бы скорость

$$\vec{a} = (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

$$|\vec{a}| = \omega (L - r)$$

направлено вниз.



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!

если бы самолет вращался вокруг  $O$ ,  
его скорость была бы

$$|\vec{u}| = \omega(L - \cancel{R}) \text{ вниз.}$$

переходя в с.о. связанно с вращающейся <sup>или</sup>  
самолетом нужно вычесть  $L-R$   $\omega R$   $\omega(L-2R)$

$$\vec{u} \Rightarrow$$

$$\vec{u} = v - \omega(L - \cancel{R}) \Rightarrow$$

$$u = v \left(1 - \frac{L - \cancel{R}}{R}\right) = \left(2 - \frac{L}{R}\right)v$$

$$\frac{L}{R} = \frac{1800}{360} = 5 \Rightarrow u = -3v$$

$u < 0 \Rightarrow$  скорость направлена вверх  $\Rightarrow$

~~$u = 3v = 120 \text{ м/с}$~~  и направлена ~~вверх~~

~~$\vec{u}$~~

$$|\vec{u}| = 3v = 180 \text{ м/с} \text{ и направлена вверх.}$$

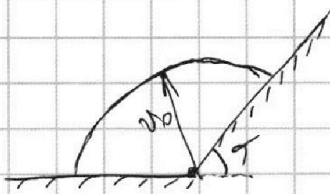


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



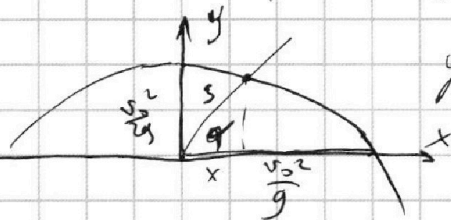
наибольшая высота полета будет у осколка летящего ровно вверх.

$$\text{ЗСЭ: } \frac{m v_y^2}{2} = m g h$$

$$v_y \leq v_0 \Rightarrow h \rightarrow \text{max при } v_y = v_0 \text{ (max)}$$

$$\Rightarrow v_0^2 = 2gh \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 10} = 30 \text{ м/с}$$

S - максимальное расстояние от старта до удара осколка о плоскость.  $\Rightarrow$  нужно найти расстояние до точки, летящей на параболе безопасности и пересекающей крайнюю



ур параболы безопасности;

$$y = ax^2 + b$$

$$\frac{v_0^2}{2g} = b; \quad a \left( \frac{v_0^2}{g} \right)^2 = -\frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow$$

$$a = \frac{g}{2v_0^2} \Rightarrow y = -\frac{gx^2}{2v_0^2} + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\frac{y}{x} = \text{tg } \alpha - \text{ур склона: } \Rightarrow$$

$$x \text{tg } \alpha = -\frac{gx^2}{2v_0^2} + \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow$$

$$\frac{gx^2}{2v_0^2} + x \text{tg } \alpha - \frac{v_0^2}{2g} = 0 \Rightarrow$$

$$x = \frac{-\text{tg } \alpha \pm \sqrt{\text{tg}^2 \alpha + 1}}{\frac{g}{2v_0^2}} \Rightarrow$$

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

$$y = x \text{tg } \alpha = \frac{v_0^2}{g} \left( \frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) \left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)$$

$$S = \frac{x}{\cos \alpha} = \frac{v_0^2}{2g} \frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha}; \quad \sin \alpha = 0,8; \quad \cos \alpha = 0,6 \Rightarrow$$

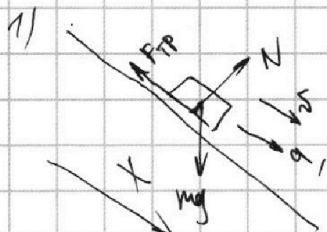
$$S = 45 \frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{45}{1,8} = \frac{5}{0,2} = 25 \text{ м}$$



1  2  3  4  5  6  7

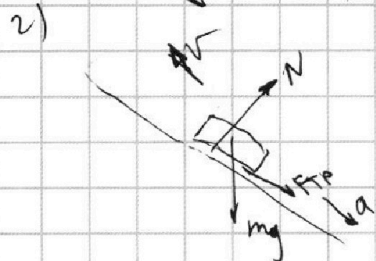
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

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!



или трения в обоих случаях одинаковые, т.к.  $N$  одно и то же.

II закон Ньютона на ось  $x$  для двух случаев



$$\begin{aligned} ma_1 &= mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} \\ ma_2 &= +mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} \end{aligned} \quad \Rightarrow$$

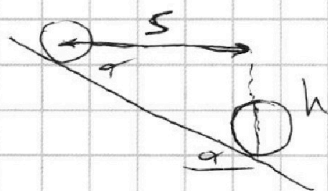
$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha ; \quad | \Rightarrow$$

$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g}$ ;  $a_1$  и  $a_2$  — модули ускорений. найдем из графика:  $a = \frac{dv}{dt}$

$$a_1 = \frac{12-8}{1} = 4 \text{ м/с}^2 ; \quad a_2 = \frac{12-0}{2} = 6 \text{ м/с}^2 \quad | \Rightarrow$$

$$\sin \alpha = \frac{6+4}{2 \cdot 10} = \frac{1}{2} \Rightarrow \left| \sin \alpha = \frac{1}{2} \right|$$

т.к. жидкость идеальная трения между бочкой и водой нет  $\Rightarrow$  в с.ч.м. воды вода покоится.



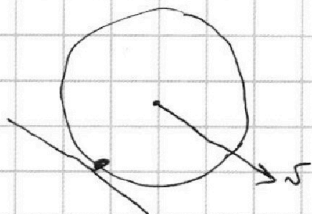
изменение потенциальной энергии бочки:

$$W_p = (n+1) m g h ;$$

скорость с.ч.м. бочки  $v$ :

кинетическая энергия воды:

$$E_{\text{кв}} = \frac{n \cdot m}{2} v^2 ;$$





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 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!

по т. Кенниа кинетическая энергия бочки:

$$E_{кб} = E_{кбс} + E_{кботис}$$

$$E_{кбс} = \frac{mv^2}{2}$$

(с - центр масс:  
( $v_c = v$ )

в с.о. у.м. (т.к. бочка движется)  
без проскальзывания

$$E_{котис} = \int_0^R dm \frac{v^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$$

$$E_{кб} = \frac{mv^2}{2} ; \Rightarrow$$

Кинетическая энергия системы:

$$E_k = E_{кб} + E_{кб} = mv^2 + \frac{(n+1)mv^2}{2} \Rightarrow$$

$$E_k = \left(\frac{n+2}{2}\right) mv^2$$

ЗСДП

$$E_k = W_p \Rightarrow \frac{n+2}{2} v^2 = (n+1) gh$$

$$h = stg\alpha ; \Rightarrow$$

$$v^2 = \frac{2(n+1)gstg\alpha}{n+2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2(n+1)gstg\alpha}{n+2}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 1}{5}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 4 \cdot 3^{-\frac{1}{2}} \text{ м/с}$$

$$\frac{dE_k}{dt} = P_{внеш} + P_{внут} ; \quad \text{т. об. увеличение кин. энергии.}$$

мощность сил реакции опоры 0; т.к. их скорость 0. (точка приложения)

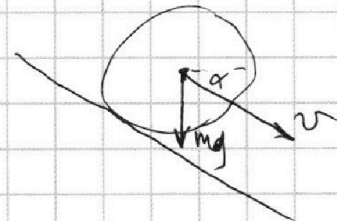
$$P_{внеш} = P_{mg}$$

$$P_{mg} = mg v \sin\alpha ;$$

$$\frac{dE_k}{dt} = mva(n+2) \Rightarrow$$

$$g \sin\alpha = a(n+2) \Rightarrow$$

$$a = \frac{g \sin\alpha}{n+2} = \frac{10 \cdot \frac{1}{2}}{3+2} = 1 \text{ м/с}^2$$



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!

Бочка катится без проскальзывания, если сила трения не превышает  $\mu N \Rightarrow$

$$F_{тр} \leq \mu N;$$

III закон Ньютона на оси  $x$  и  $y$

$$N = mg \cos \alpha; \quad (y)$$

$$(x) ma + mg \sin \alpha = F_{тр} \Rightarrow$$

$$ma + mg \sin \alpha \leq \mu N \Rightarrow$$

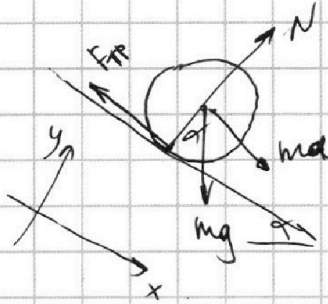
$$ma + mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\mu \geq \frac{a + g \sin \alpha}{g \cos \alpha} \Rightarrow$$

чтобы бочка катилась без проскальзывания

$$\mu \geq \frac{\frac{a}{g} + \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{1}{10} + \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\frac{1}{3} + 1}{\sqrt{3}} = \frac{6}{5\sqrt{3}} \Rightarrow$$

$$\mu \geq \frac{2\sqrt{3}}{5};$$





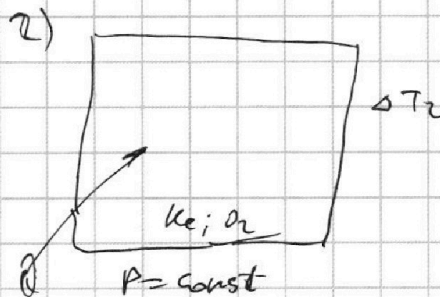
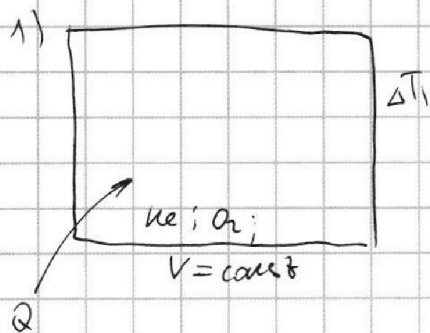


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



1 начало термодинамика для обоих процессов:

$$1: Q = A + \Delta U_1 \Rightarrow \text{м.к. } V = \text{const } A = 0 \Rightarrow$$

$$Q = c_v \Delta T_1 \Rightarrow$$

температура при нагреве смеси:  $c_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

$$2: Q = A + \Delta U_2 \Rightarrow A = Q - c_v \Delta T_2 \Rightarrow$$

$$A = 960 - 20 \cdot 30 = 360 \text{ Дж.}$$

~~$$U_{O_2} = \frac{5}{2} c_v R T = \frac{5}{2} P V \Rightarrow \frac{5}{2} c_v R T = \frac{5}{2} P V$$

$$U_{He} = \frac{3}{2} P V \Rightarrow \frac{3}{2} c_v R T = \frac{3}{2} P V$$~~

$$U_{O_2} = \frac{5}{2} P V = \frac{5}{2} \nu_{O_2} R T; U_{He} = \frac{3}{2} P V = \frac{3}{2} \nu_{He} R T;$$

температура в изобарном процессе:

$$c_p = c_v + R;$$

И. И. Т.

$$\frac{5}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_1 + \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 = Q;$$

~~$$\frac{5}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 = Q$$~~

$$\frac{5}{2} \nu_{O_2} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 = Q; \Rightarrow$$

$$\left( \frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{5}{2} \Delta T_1 \right) \nu_{O_2} = \left( \frac{3}{2} \Delta T_1 - \frac{5}{2} \Delta T_2 \right) \nu_{He} \Rightarrow$$

$$\frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}} = \frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}} = \frac{\frac{5}{2} \Delta T_2 - \frac{5}{2} \Delta T_1}{\frac{3}{2} \Delta T_1 - \frac{5}{2} \Delta T_2} = \frac{7 \cdot 30 - 5 \cdot 48}{3 \cdot 48 - 5 \cdot 30} =$$

$$= \frac{210 - 240}{144 - 150} = \frac{30}{6} = 5$$

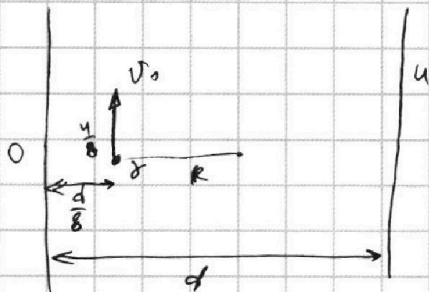


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



II закон Ньютона  
для частицы:

$$ma = F ;$$

$$a = \frac{v^2}{R} \Rightarrow$$

$$F = \frac{mv^2}{R} \quad | \quad F - \text{сила, действующая на частицу.}$$

~~Изменение потенциала линейно~~ с расстоянием  
изменение потенциала линейно изменяется с расстоянием.

ЗСЭ: (от начального положения, то начленна, когда частица в средней плоскости:

$$m \frac{v_0^2}{2} + q\varphi_1 = m \frac{v^2}{2} + q\varphi_2 \Rightarrow$$

$$v^2 = v_0^2 + \frac{2q}{m}(\varphi_1 - \varphi_2) = v_0^2 + \frac{4qU}{8} \quad | \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{4qU}{8}} ;$$

сила действующая на частицу:

$$F = \left( \varphi_2 - \varphi_1 \right) \frac{q}{d} ; \quad \text{от левой}$$

$$F_1 = \frac{q}{d} \frac{q}{d} ; \quad \text{от правой: } \frac{2qU}{d} = F_2 \Rightarrow$$

$$F = \frac{3}{4} \frac{qU}{d} \Rightarrow \quad \frac{3}{4} \frac{qU}{d} = \frac{mv^2}{R} \quad | \Rightarrow \quad 8U = \frac{4d}{3R} v_0^2 \Rightarrow$$

$$1. \quad U = \frac{4d}{3R} v_0^2 ;$$

$$2. \quad v = v_0 \sqrt{1 + \frac{d}{6R}} ;$$

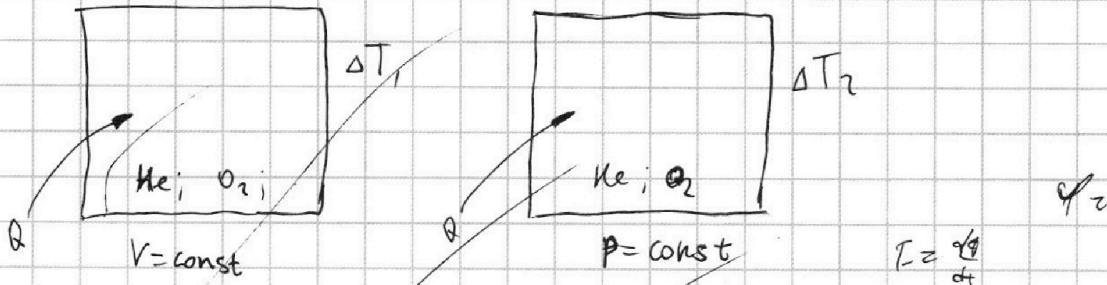


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

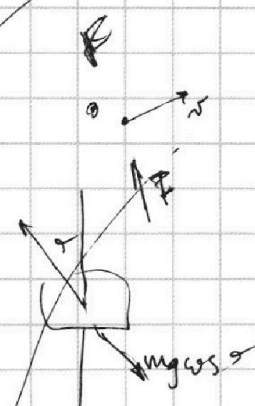
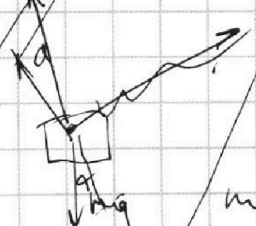
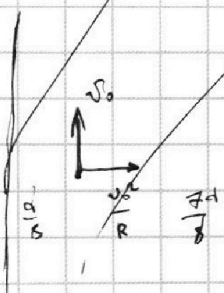


1.  $A = P \Delta V$ ; м.к.  $\Delta T_1$  и  $\Delta T_2$  нормальные  
 $\nu_{He} RT = P_{He} V$   
 $\nu_{O_2} RT = P_{O_2} V$   
 $\nu R (T + \Delta T_2) = P (V + \Delta V) \Rightarrow \nu R \Delta T_2 = P \Delta V = A$

$C_V = \nu_1 C_{V1} + \nu_2 C_{V2}$

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

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



$N \cos \psi = mg \cos \psi$   
 $N \sin \psi = mg \sin \psi$

$ma + mg \cos \psi = N \cos \psi$

$N^2 = (ma)^2 + (mg)^2 + 2$

$q = IRC$

$\frac{dq}{dt} = I$   
 $qC = U$   
 $U = IR$   
 $IC = q$   
 $I RC = q$

$\frac{dq}{dt} = \frac{U}{R} \quad q = \frac{q}{C}$

$\frac{dq}{dt} = IRC = q$

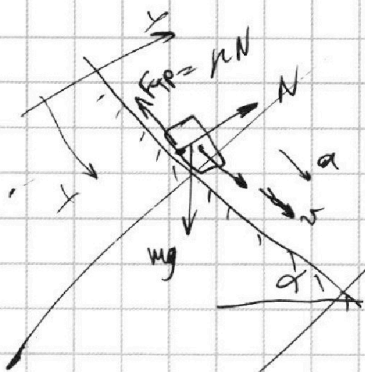


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

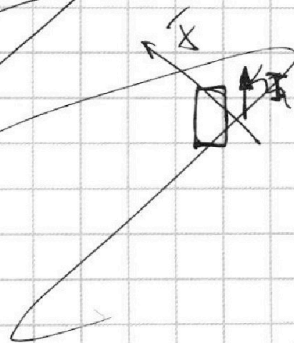
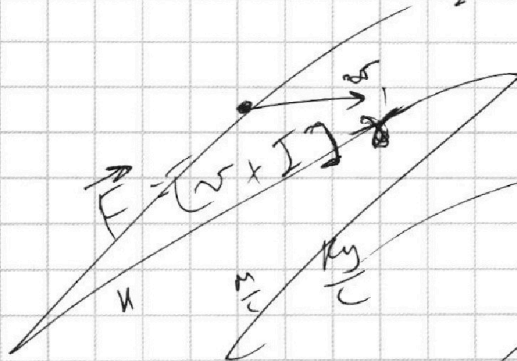
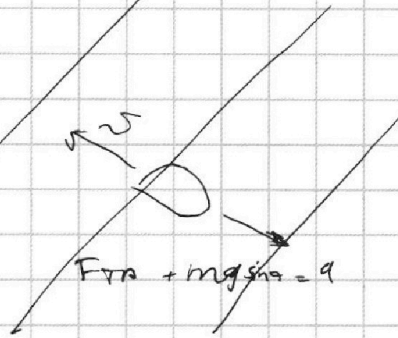
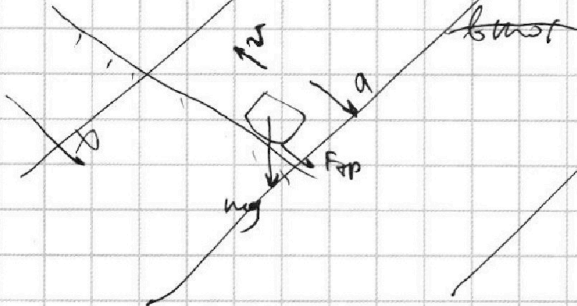


шайба скользит  $\Rightarrow F_{тр} = kN$

II закон Ньютона на ось x/y

~~$mg \sin \alpha - N$~~

$mg \sin \alpha - F_{тр}$



$UI = P = \frac{dE}{dt}$   
 $UI = Fv$   
 $B \cdot ky = \frac{mv}{t} \cdot H$

