



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

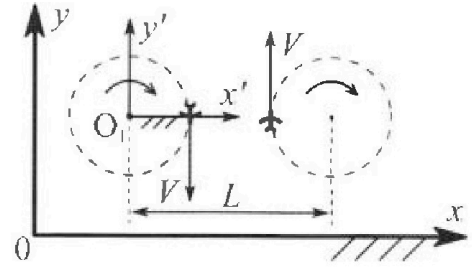
## Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями  $V = 80$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса  $R=800$  м. Ускорение свободного падения  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

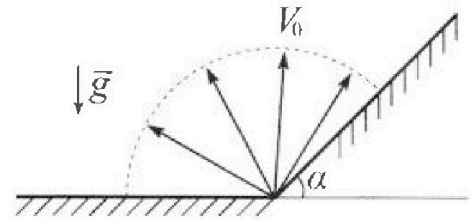
1. На сколько  $\delta$  процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



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

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

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков  $T = 9$  с. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

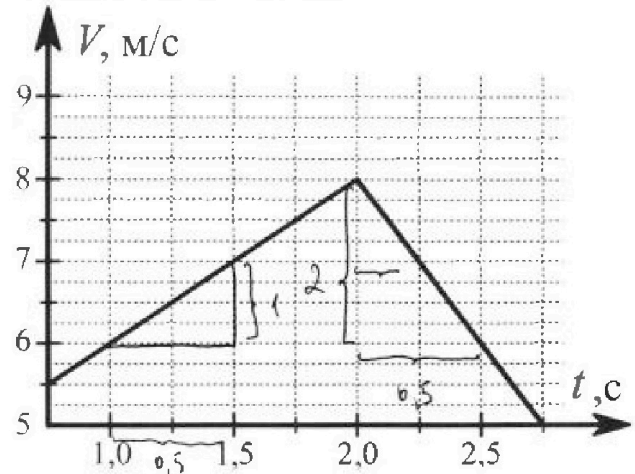


1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.

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.

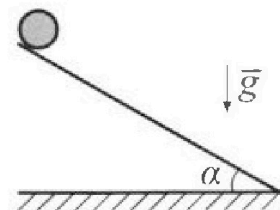


Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды равна массе бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения по вертикали на  $h=0,3$  м?

3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.

4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 10-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят  $Q = 600$  Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на  $\Delta T_1 = 15$  К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на  $\Delta T_2 = 10$  К.

1. Найдите работу  $A$  смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_V$  смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_{He}}{N_{O_2}}$  числа атомов гелия к числу молекул кислорода в смеси.

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

5. Частица с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m} > 0$  движется между обкладками плоского конденсатора. Заряды обкладок конденсатора  $Q > 0$  и  $-Q$ , ёмкость конденсатора  $C$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам со скоростью  $V_0$  на расстоянии  $d/4$  от положительно заряженной обкладки.

1. Найдите радиус  $R$  кривизны траектории в этот момент времени.

Через 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?

$$\begin{aligned}
 \vec{v}_0 + (-\vec{v}) &= \left( \frac{2}{L-R} \right) \vec{v} - \vec{v} = \left( \frac{2}{L} - \frac{2}{L-R} \right) \vec{v} - \vec{v} = \vec{v} \\
 & \quad \left[ \frac{2}{L} - \frac{2}{L-R} \right] \vec{v} + \vec{v} = \vec{v} \\
 \vec{v}_0 + \vec{v} &= \left[ \frac{2}{L} - \frac{2}{L-R} \right] \vec{v} + \vec{v} + \vec{v} = \vec{v} \\
 & \quad \left[ \frac{2}{L} - \frac{2}{L-R} \right] \vec{v} + \left[ \frac{2}{L} - \frac{2}{L-R} \right] \vec{v} + \vec{v} = \vec{v} \\
 \vec{v}_0 + \vec{v} &= \left( \frac{2}{L} - \frac{2}{L-R} \right) \vec{v} + \vec{v} + \vec{v} = \vec{v} \\
 \vec{v}_0 + \vec{v} &= \vec{v} + \vec{v} + \vec{v} = \vec{v} \\
 \vec{v}_0 + \vec{v} &= \vec{v} + \vec{v} + \vec{v} = \vec{v}
 \end{aligned}$$



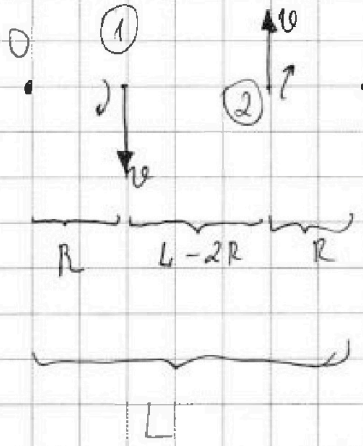
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 1

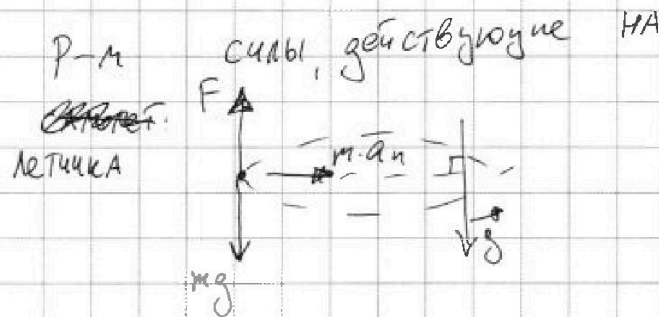
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N 1



$$R = 800 \text{ м}; v = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}, g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1)  $S = ?$  2)  $\vec{u} = ?$



$$P = m \cdot a_n = \frac{mv^2}{R}$$

$$F_T = mg$$

$$N = mg(1 + S) \quad N = P$$

$$P = mg(1 + S), \quad 1 + S = \frac{P}{mg}, \quad S = \frac{P}{mg} - 1$$

$$S = \frac{mv^2}{mgR} - 1 = \frac{v^2}{gR} - 1 = \frac{80 \cdot 80}{10 \cdot 800} - 1 = \frac{8}{10} - 1 = \frac{4}{5} - 1 = -0,2$$

чтобы перейти в СО (1) самолета воспользуемся ЗСС, только вместо  $\vec{v}_{пер}$  будет скорость, с которой БЛ (2) вращался вокруг О с  $\omega$ .  $\omega = \frac{v}{R}$ . так же это можно доказать с помощью векторного произведения

$$\vec{v}_{acc} = \vec{v}_{ан} + \vec{v}_{пер}$$

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + [\vec{\omega}; \vec{L} - \vec{R}] = \vec{v}_1 + \vec{v}_1 \cdot \left(\frac{L}{R} - 1\right); \quad |\vec{v}_1| = v$$

$$\vec{u} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \left(\frac{L-R}{R}\right) = \vec{v}_1 + \vec{v}_1 \left(\frac{L-R}{R}\right) = \vec{v}_1 \uparrow \downarrow v$$

$$= \vec{v}_1 + \frac{vL}{R} - \vec{v}_1 = \frac{vL}{R} \quad \vec{u} = \vec{v}_1 \frac{L}{R}, \quad \text{сокапрован со скоростью}$$

$$u = 80 \cdot \frac{2000}{800} = \frac{2000}{10} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ответ:  $S = -0,2$ ;  $\vec{u} \uparrow \vec{v}_2$ ;  $|\vec{v}_2| = v$ ;  $u = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



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 4

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!

$$\vec{u} = \vec{v} - (\vec{v}_1 + \vec{v} \frac{L}{R} - \vec{v}) \quad |\vec{v}_1| = |\vec{v}| = v_1 \uparrow \vec{v}$$

$$= |\vec{v}|$$

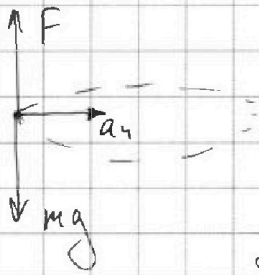
$$[\vec{v}_1; \vec{v}] = \vec{v} \frac{L}{R}$$

$$\vec{u} = \vec{v} - \vec{v}_1 - \vec{v} \cdot \frac{L}{R} + \vec{v} = 2\vec{v} + \vec{v} - \vec{v} \frac{L}{R} =$$

$$= 3\vec{v} - \vec{v} \frac{L}{R}, \quad \vec{u} \text{ напра влеч.} \quad \text{кда } \vec{v}_2 = \vec{v}$$

$$u = 3 \cdot 80 - 80 \frac{2000}{800} = 3 \cdot 80 - \frac{2000}{10} = 380 - 200 =$$

$$= 240 - 200 = 40 \frac{m}{c}. \quad P\text{-м значащих цифр самолета.}$$



вес самолета:  $P = m \cdot a_n = \frac{mv^2}{R}$

$$F_{тяж} = mg, \quad P = mg \cdot (1 + \delta)$$

$$\delta + 1 = \frac{P}{mg}, \quad \delta = \frac{P}{mg} - 1$$

$$\delta = \frac{P}{mg} - 1 = \frac{mv^2}{R \cdot mg} - 1 = \frac{v^2}{gR} - 1 = \frac{(80)^2}{10 \cdot 800} - 1 =$$

$$= \frac{80 \cdot 80}{10 \cdot 800} - 1 = \frac{80}{100} - 1 = 0,8 - 1 = -0,2$$

$$\delta = -0,2 \quad \text{ответ: } \delta = -0,2, \quad u = 40 \frac{m}{c}$$

направлен вдоль скорости (2) (переходим в со.)

черновик

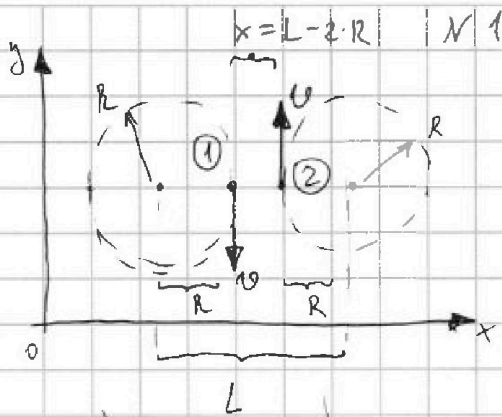


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Дано  $v = 80 \frac{m}{c}$ ;  $R = 800 m$   
 $g = 10 \frac{m}{c^2}$ ;  $L = 2 km$   
 1)  $S - ?$  2)  ~~$\pi - ?$~~

Решение:  $L = 2 km = 2000 m$

Угловая скорость вращения самолетов:  $\omega = \frac{v}{R}$

Расстояние между самолетами или макс сближения:

$x = L - 2R$  для поиска  $\pi$  воспользуемся ЗСС для

вращ. систем отсчета. Переходим в СО (1).

$$\vec{v}_{abs} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{ом} + [\vec{\omega}; \vec{r}] ; \begin{cases} |\vec{v}_{abs}| = v \\ |\vec{v}_{пер}| = v \\ |\vec{v}_{ом}| = v \end{cases} \text{УДРЛОВИЖ}$$

добавок в виде векторного произведения возникает из-за

вращения:  $\vec{v}_{abs} = \vec{v}_{пер} + \vec{u} + [\vec{\omega}; \vec{r}] ; |\vec{r}| = L - 2R$

$\vec{u} = \vec{r} = L - 2R$  — расстояние между телами.

$\vec{v}_{пер} = \vec{u} = \vec{v}_{abs} - (\vec{v}_{пер} + [\vec{\omega}; \vec{r}])$  ИЛИ  $\vec{u} = \vec{v}_{пер}$

можно переписать так:  $\vec{v}_{abs} = \vec{v}_{пер} + \vec{u}$ , где  $\vec{v}_{пер}$  — скорость, с которой вращается бсл (2) с  $\omega$  вокруг центра тяжести (1).

$v_{пер} = \omega(L - R) = \frac{v}{R}(L - R) = \frac{vL}{R} - v$

$\vec{u} = \vec{u} = \vec{v}_{abs} = \vec{v}_{пер} \Rightarrow v = \frac{v}{R}(L - R) = \frac{vL}{R} - v$

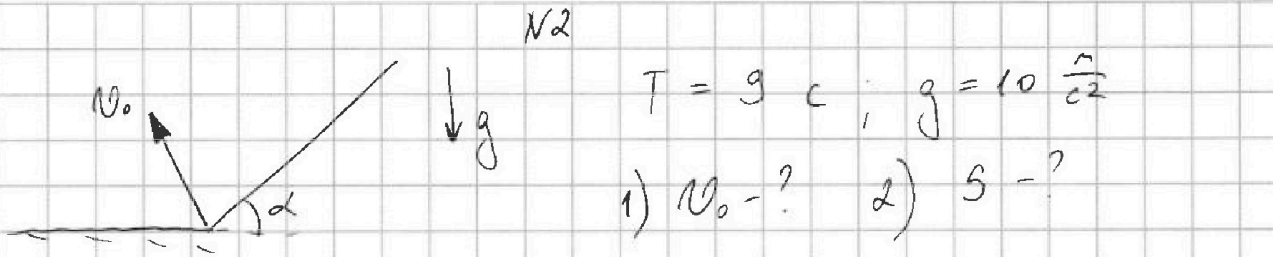


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Решение: Наибольшая горизонт. полета:  $t = t_{\text{max}} = T = 9 \text{ c}$

~~если вектор скорости направлен "от" склона,~~  
~~р-м движение осколка,~~ очевидно, что дальше всего  
будут лететь осколки, забросившие вертикально вверх.  
Так же это можно показать из кинематики  $pyd$ .

$$oy: 0 = 0 + v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} \quad v_0 = \frac{gt}{2}$$

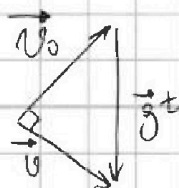
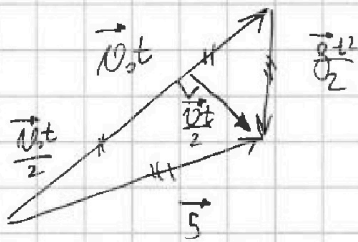
$$t = T; v_0 = \frac{gT}{2} \quad \left| \quad v_0 = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{c}^2} \cdot 9 \text{ c}}{2} = 45 \frac{\text{m}}{\text{c}} \right.$$

Теперь р-м  $pyd$  вдоль склона:

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2} \cdot t \quad (1)$$

если бросок происходит на максимальную дальность, то вектор скорости поворачивается на  $90^\circ$ . изобразим  $\vec{S}$  (1):

отсюда видно, что  $\frac{v_0 t}{2}$  — медиана, а т.к.  $\vec{v} + \vec{v}_0$ , то треугольник равнобедренный, т.е.  $S = \frac{gt^2}{2}$  (2)  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$



и черновик

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!

$$(gt)^2 = v_0^2 + v^2 \quad \text{ЗЦЗ: } \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$$

$$\frac{270}{2} \left| \frac{2}{135} \right.$$

$$\frac{07}{10}$$

$$v_0^2 = v^2 + 2gh \quad S \sin \alpha = h$$

$$v_0^2 = v^2 + 2gS \sin \alpha; \quad v^2 = v_0^2 - 2gS \sin \alpha$$

$$gt^2 = v_0^2 + v_0^2 - 2gS \sin \alpha = 2v_0^2 - 2gS \sin \alpha$$

$$2S = gt^2 \cdot \frac{1}{2} \quad gt^2 = \frac{2v_0^2}{g} - 2S \sin \alpha$$

$$\frac{2v_0^2}{g} - 2S \sin \alpha = 2S, \quad \frac{v_0^2}{g} = S(1 + \sin \alpha)$$

$$\sin \alpha = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$S = \frac{v_0^2}{g(1 + \sin \alpha)} = \left( \frac{gt}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{g(1 + \sin \alpha)}$$

$$S = \frac{10^2 \cdot g^2}{4g} \cdot \frac{1}{10(1 + \frac{1}{2})} = \frac{100 \cdot 81}{4} \cdot \frac{1}{10 \cdot \frac{3}{2}} =$$

$$= \frac{10 \cdot 81}{4} \cdot \frac{2}{3} = \frac{10 \cdot 27}{2} = \frac{270}{2} = 135 \text{ м}$$

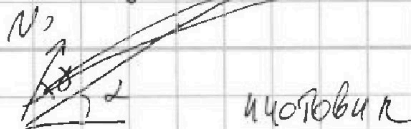
Ответ:  $v_0 = 45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $S = 135 \text{ м}$  | ТАК ЖЕ ПОКАЖЕМ  
УДО ВРЕМЯ БРОСКА

Вверх - наибольшее: 1) движение "от" склона:

$$t = \frac{2v_0 \sin \gamma}{g}, \text{ видно, что } t = t_{\text{max}} \text{ когда } (\sin \gamma) = (\sin \gamma)_{\text{max}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \gamma = 1; \quad \gamma = 90^\circ$$

2) вниз склона:  $t = \frac{2v_0 \sin \gamma}{g \cos \alpha}$  | тоже самое





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 4

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!

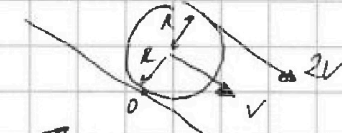
А теперь уличизр и ЗСЭ гда кго

$$mgh = K = \frac{m_0 v_0^2}{2} + K$$

$v = v_0$  в СО г.ч.:



вращение  
вокруг  
оси



движение без проск.

точка O - м.ц.с

$$\frac{v}{R} = \frac{v_1}{2R} \Rightarrow v_1 = 2v$$

ОБРАТИМ внимание: ун бочка вращается, а воза нет  $\Rightarrow$  вращательная энергия есть только у бочки.

Тогда разобьем на два тела: бочка и воза

$$mgh + mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{3mv^2}{2}$$

пот. эи. бочка    пот. эи. воза    кин. энерг. бочки    по т. Кеннига кин. энерг. бочка

$$2mgh = \frac{3mv^2}{2} \cdot \frac{2}{m} \quad \text{и} \quad gh = 3v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{gh}{3}}$$

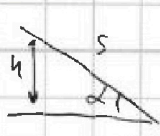
$$v = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 0.3}{3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3}{3}} = \sqrt{4} = 2 \frac{m}{c}$$

чтобы найти ускорение возьмем производную от (\*\*\*)

$$2mgh \quad \text{и} \quad gh = 3 \cdot 2v \cdot \dot{v} \cdot \frac{1}{2}; \quad 2gh = 3v \cdot a$$

$$v = \dot{s}; \quad h = s \sin \alpha; \quad \dot{h} = \dot{s} \sin \alpha; \quad 2g \dot{s} \sin \alpha = 3v \cdot a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{2g \sin \alpha}{3}; \quad a = \frac{2 \cdot 10 \cdot \frac{3}{10}}{3} = 2 \frac{m}{c^2}$$



иногда





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 4

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!

Вернемся к шайбе и 1 опыту.  $mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$

23И на  $Ox$  и  $Oy$ :

$Oy: N = mg \cos \alpha$

$Ox: m a_1 = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$

$m a_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$

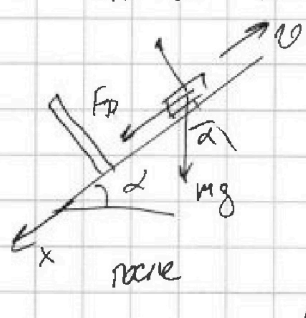
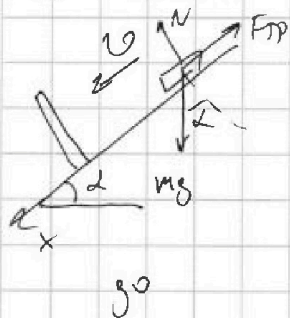
Видно, что "после" скорость падает. Значит  $a_{2x} < 0$

$m a_2 = F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha$  (\*)  $m a_1 = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$  (\*\*)

(\*\*) - (\*):  $m a_1 - m a_2$

Вернемся к шайбе и 1 опыту: т.к.  $a_2 > a_1$ ,

то изначально шайбы толкнули вниз.



23И:  $Ox: m a_1 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$  (\*)

$Ox: m a_2 = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$  (\*\*)

знаки проекций в соответствии с графиком.

(\*) + (\*\*):  $m a_1 + m a_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} + F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$

$m(a_1 + a_2) = 2mg \sin \alpha$ ;  $a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2 \cdot g}$

$\sin \alpha = \frac{2+4}{2 \cdot 10} = \frac{6}{2 \cdot 10} = \frac{3}{10}$   $\sin \alpha = \frac{3}{10} = 0,3$

исходник

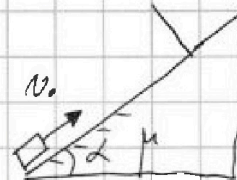
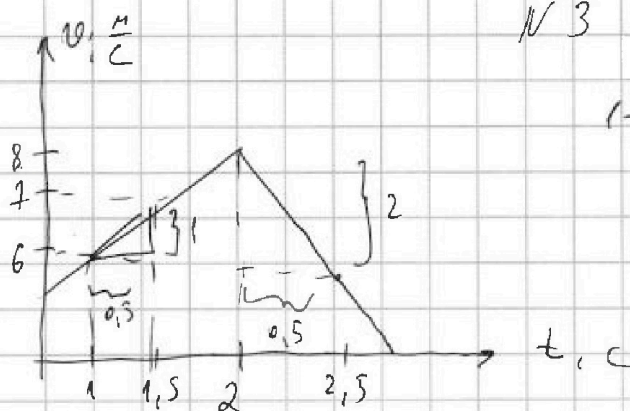


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

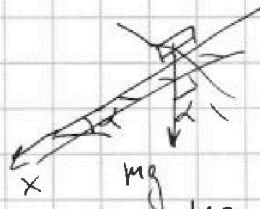
СТРАНИЦА  
1 из 4

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-й опыт:

- 1)  $\sin \alpha$  - ?
- 2)  $v$  - ?
- 3)  $a$  - ?
- 4)  $m$  - ?



$$23 \text{ Н. } m a_1 = m g \sin \alpha$$

$$a_m = g \sin \alpha$$

$$a_m = \frac{dv}{dt}$$

угловый коэф. графика

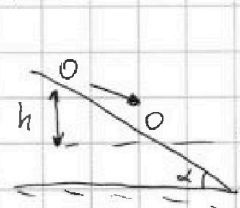
$v(t)$  видно из графика, что в обоих случаях

на первом участке:  $a_1 = \frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,5 \text{ с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   $a = \text{const}$

на втором:  $a_2 = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,5 \text{ с}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . видно, что  $a_2 > a_1$

P-м бочку.  $m_B = m$ ,  $m_B = m$ , общая масса тела:

$$m_0 = m_B + m_B = 2 \cdot m. \quad h = 0,3 \text{ м (из грав.)}$$



движение бочки - смесь вращательного и поступательного. теорема Кеннига:  $K = \frac{m v_c^2}{2} + K'$ ,  
где  $m$  - масса у.м.,  $v_c$  - скорость у.м.,  $K'$  - энергия бочки в со у.м.

- скорость кин. энергия бочки в со у.м.

число 3 к



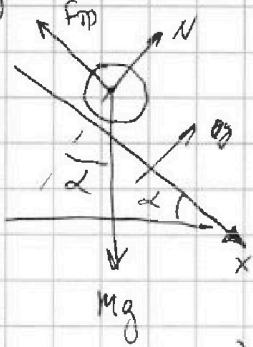
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 4

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!

динамика системы "вода + бочка":  $M_0 = 2M$



$F_{TP} < \mu N$  - условие качения без проскальзывания

закон Ньютона  $Ma = Mg \sin \alpha - F_{TP} \Rightarrow$

по  $y$ :  $N = Mg \cos \alpha \Rightarrow F_{TP} = M(g \sin \alpha - a)$

$M(g \sin \alpha - a) < \mu Mg \cos \alpha \Rightarrow g \sin \alpha - a < \mu g \cos \alpha$

$\frac{3g \sin \alpha}{3} - \frac{2g \sin \alpha}{3} < \mu g \cos \alpha \quad \left| \frac{1}{g} \right. \quad \frac{\sin \alpha}{3} < \mu \cos \alpha$

$\mu < \frac{\frac{1}{3} g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{3 \cos \alpha}$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{3}{10}\right)^2} = \sqrt{1 - \frac{9}{100}}$

$= \sqrt{\frac{100 - 9}{100}} = \sqrt{\frac{91}{100}} = \frac{\sqrt{91}}{10} \approx 1$

$\mu < \frac{\frac{3}{10}}{3 \cdot 1} = \frac{1}{10}$

$\mu < 0,1$  - условие качения без проскальзывания

ответ:  $\sin \alpha = 0,3$ ;  $V = 2 \frac{M}{c}$ ;  $a = 2 \frac{M}{c^2}$ ;  $\mu < 0,1$

44 строк



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!

перенесем (\*):  $Q = \frac{R_0 T_1}{2} \cdot (3\nu_{O_2} + 5\nu_{O_2})$

$\frac{N_K \cdot (3\alpha + 5)}{N_K \cdot (\alpha + 1)}$

$\nu_{O_2} = \frac{N_r}{N_A}$ ;  $\nu_{O_2} = \frac{N_K}{N_A}$ ;  $\frac{2Q}{R_0 T_1} = \frac{3N_r}{N_A} + \frac{5N_K}{N_A}$

$3N_r + 5N_K = \frac{2 \cdot Q \cdot N_A}{R_0 T_1}$  в изобарном процессе:

$P V_1 = \nu R T_2$   
 $P V_2 = \nu R T_2'$   $\Rightarrow P(V_2 - V_1) = \nu R_0 T_2$   $P$  - общее давление  
 $P_0 V = P(V_2 - V_1) = A$   $\nu$  - общее число степеней свободы

$A = \frac{Q}{3}$  (из правил результатов)

$A = \nu R_0 T_2$ ;  $\frac{Q}{3} = \left( \frac{N_r}{N_A} + \frac{N_K}{N_A} \right) R_0 T_2$

$N_r + N_K = \frac{Q \cdot N_A}{3 R_0 T_2}$ ;  $\alpha = \frac{N_r}{N_K} \Rightarrow N_r = \alpha N_K$

$\begin{cases} 3 \cdot \alpha N_K + 5 N_K = \frac{2 Q N_A}{R_0 T_1} \\ \alpha N_K + N_K = \frac{Q \cdot N_A}{3 R_0 T_2} \end{cases}$  делим одно на другое:

$\frac{3\alpha + 5}{\alpha + 1} = 6 \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = 6 \cdot \frac{10}{15} = 6 \cdot \frac{2}{3} = 4$

$3\alpha + 5 = 4\alpha + 4$ ;  $5 - 4 = 4\alpha - 3\alpha$ ;  $\Rightarrow \alpha = 1$

Ответ:  $A = 200 \text{ Дж}$ ,  $C_V = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ ;  $\alpha = 1 = \frac{N_r}{N_K}$

источник



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!

№ 4

$Q = 600 \text{ Дж}$  - кол-во тепла в процессе  $V = \text{const}$   
смесь He ( $i=3$ ) и  $O_2$  ( $i=5$ ).  $\Delta T_1 = 15 \text{ К}$

$Q = 600 \text{ Дж}$  в изобарии ( $p = \text{const}$ ) -  $\Delta T_2 = 10 \text{ К}$

Решение:

1)  $A$  - ?

1 НАЧАЛО для  $p = \text{const}$ :

2)  $C_v$  - ?

$$Q = A + \Delta U_1 = A + \Delta U_{\text{He}_1} + \Delta U_{\text{O}_2_1} =$$

$$3) \frac{M_r}{M_k} - ? = A + \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2 \quad (1)$$

для  $V = \text{const}$ :  $Q = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_1 \quad (*)$

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

$$(1): Q = A + R \Delta T_2 \frac{3\nu_{\text{He}} + 5\nu_{\text{O}_2}}{2}, \quad (2) \rightarrow (1)$$

$$Q = A + \Delta T_2 \frac{Q}{\Delta T_1}, \quad Q - Q \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = A; \quad A = Q \cdot \left( 1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)$$

$$A = 600 \left( 1 - \frac{10}{15} \right) = 600 \cdot \frac{15-10}{15} = 600 \cdot \frac{5}{15} = \frac{600}{3} = 200 \text{ Дж}$$

$C_v = \frac{5Q}{\Delta T}$  - Теплоемкость смеси в изохори. процесс это отношение кол-ва теплоты которое было подведено к увеличению температуры.

$$C_v = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{600 \text{ Дж}}{15 \text{ К}} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

исходник



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

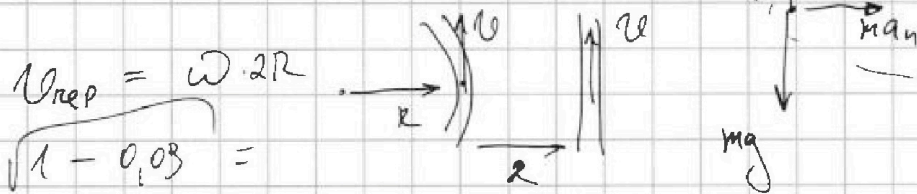
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\vec{N}_{asc} = \vec{N}_{сер} + \vec{M} \cdot \vec{M} = \vec{N}_{сер} - \vec{v}_{сер}$$

$$\vec{M} = \vec{v} - \vec{N}_{asc} = \vec{v}_{сер} + \vec{M} + [\vec{\omega}; \vec{p}]$$

$$\vec{v}_{сер} = [\vec{\omega}; \vec{R}], \quad \vec{N}_{asc} = [\vec{\omega}; \vec{R} + \vec{s}] + \vec{M}$$

$$\vec{s} = L - R, \quad \vec{N}_{asc} = \vec{\omega} \cdot \vec{p}$$



$$v_{сер} = \omega \cdot 2R$$

$$\sqrt{1 - 0,03} =$$

$$= \frac{625}{11}$$

$$= \frac{2025}{10 \cdot 3} \cdot 2 = \frac{625}{11}$$

Черковик

$$gt^2 = \frac{v_0^2 + v^2}{g} = 1$$

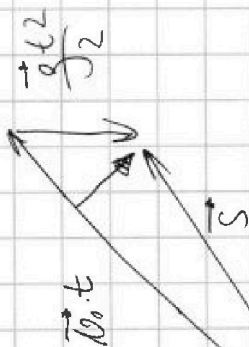
$$v^2 = v_0^2 + 2gs$$

$$gt^2 = v_0^2 + 10^2$$

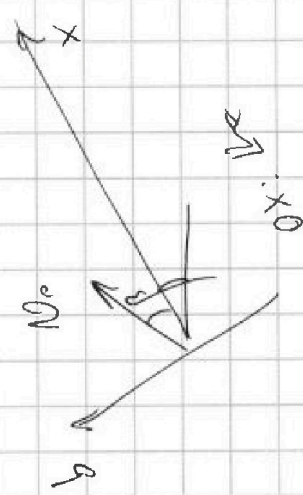
$$\frac{145}{45} = \frac{225}{1500} = \frac{2025}{15000} = t^2$$

$$= \frac{152}{10 \cdot (1 + \frac{1}{2})} = \frac{2025}{10 \cdot \frac{3}{2} + \frac{1}{2}}$$

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{gt^2}{2}$$



$$\frac{2025}{13} = \frac{675}{135} = \frac{14}{13} = \frac{13}{2} = t$$



$$a_2 > a_1$$

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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

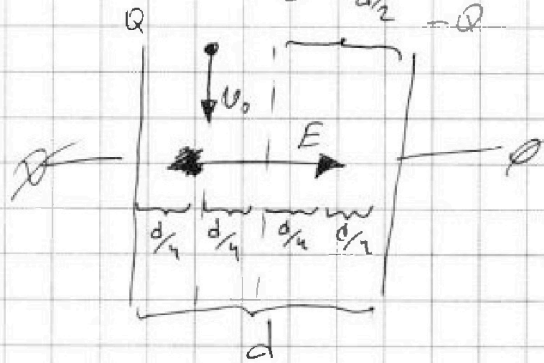
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



N5

$$y = \frac{q}{m} > 0; \quad Q > 0; \quad C; \quad d; \quad v_0$$

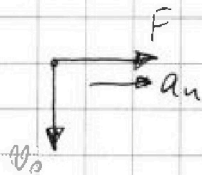
- 1)  $R = ?$
- 2)  $v = ?$



Найдем поле внутри конденсатора. Оно однородное.

$$U = E \cdot d \quad Q_c = C \cdot U; \quad Q_c = Q \Rightarrow U = \frac{Q}{C}$$

$$\frac{Q}{C} = E \cdot d \Rightarrow E = \frac{Q}{C \cdot d} \quad \text{поле направлено от } Q \text{ к } (-Q)$$



$$F = E \cdot q = \frac{Q \cdot q}{C \cdot d}, \quad q - \text{заряд частицы.}$$

Сила создает ускорение, перпендикулярное

скорости  $\Rightarrow$  движение нормальное.  $m \cdot a_n = F = \frac{Q \cdot q}{C \cdot d}$

$$a_n = \frac{Q}{C \cdot d} \cdot \frac{q}{m} = \frac{Q \cdot \gamma}{C \cdot d} \cdot \frac{v_0^2}{R} = \frac{Q \cdot \gamma}{C \cdot d}$$

$$\frac{R}{v_0^2} = \frac{C \cdot d}{Q \cdot \gamma}, \quad R = \frac{C \cdot d \cdot v_0^2}{\gamma \cdot Q}$$

черновик



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.

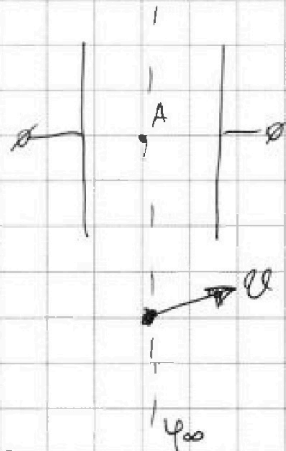
1  2  3  4  5  6  7

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!

через некоторое время:

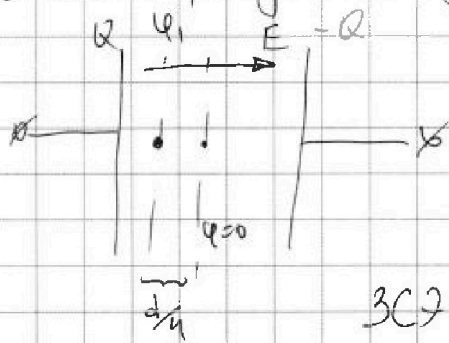
Заметим, что из-за краевых эффектов в точке А поле направлено вертикально вверх (и также в области плоскости срединной)



⇒ срединная плоскость — эквипотенциальная поверхность.

Угнем вдоль этой плоскости на очень малое расстояние.

Там  $\varphi_0 \approx 0$ . Значит, весь потенциал имеет точки срединной плоскости 0. Значит найдем потенциал в момент, когда заряд на расстоянии  $\frac{d}{4}$  от Q



$$E \cdot \frac{d}{4} = \varphi_1 - \varphi_0 = \varphi_1$$

$$\varphi_1 = \frac{E \cdot d}{4} = \frac{Q}{C \cdot d} \cdot \frac{d}{4} = \frac{Q}{4 \cdot C}$$

$$ЗСЭ: \frac{m v_0^2}{2} + q \cdot \varphi_1 = \frac{m v^2}{2} + q \cdot \varphi_0 \quad \left| \cdot \frac{2}{m} \right.$$

$$v_0^2 + 2 \varphi_1 \cdot \frac{q}{m} = v^2; \quad v^2 = v_0^2 + 2 \varphi_1 \cdot \gamma$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \gamma \cdot \frac{Q}{4C}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + \frac{\gamma Q}{2C}}$$

$$\text{ответ: } R = \frac{C d v_0^2}{\gamma \cdot Q}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + \frac{\gamma Q}{2C}}$$

числовик





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!

$$\frac{N_r}{N_k} = ? \quad Q = R \Delta T_1 \left( \frac{3\nu_{He} + 5\nu_{O_2}}{2} \right)$$

$$A = \frac{Q}{3}, \quad \frac{3Q}{3} = \frac{Q}{3} + R \Delta T_2 \left( \frac{3\nu_{He} + 5\nu_{O_2}}{2} \right)$$

$$\frac{2Q}{3} \quad 3\nu_{He} + 5\nu_{O_2} = \frac{2Q}{R \Delta T_1} \quad \frac{2Q}{3} = R \Delta T_2 \frac{3\nu_{He} + 5\nu_{O_2}}{2}$$

$$3\nu_{He} + 5\nu_{O_2} = \frac{4Q}{3R \Delta T_2}$$

$$\nu_{He} = \frac{N_{He}}{N_A}, \quad 3N_{He} + 5N_K = \frac{2Q \cdot N_A}{R \Delta T_1}$$

$$3N_r + 5N_k = \frac{4Q \cdot N_A}{3R \Delta T_2}$$

$$\frac{N_r}{N_k} = \alpha, \quad N_r = \alpha N_k; \quad 3\alpha N_k + 5N_k =$$

$$3\alpha N_k + 5N_k =$$

$$A = Q R \Delta T_2 = \frac{Q}{3} \quad \alpha N_k + N_k$$

$$\frac{N_r}{N_k} \quad (N_r + N_k) R \Delta T_2 = \frac{Q \cdot N_A}{3}$$

неполно



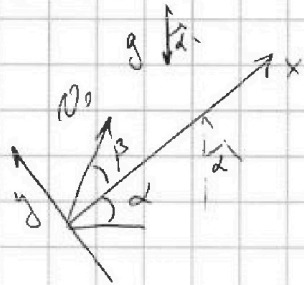
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Теперь  $\rho$ -м в треугольнике:



$$o_x: S = v_{0x} t - \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}, \quad v_{0x} = v_0 \cos \beta$$

$$o_y: 0 = 0 + v_{0y} t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}, \quad v_{0y} = v_0 \sin \beta$$

$$v_{0y} = \frac{g \cos \alpha t}{2} \Rightarrow t = \frac{2 \cdot v_{0y}}{g \cos \alpha} = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

$$S = v_0 \cos \beta \cdot \frac{2 v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4 v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha} =$$

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

$$= \frac{2 v_0^2}{g \cos \alpha} \cdot \left( \sin \beta \cos \beta - \frac{\sin \alpha \cdot \sin^2 \beta}{\cos \alpha} \right) \quad S \text{ зависит от } \beta.$$

Возьмем производную и приравняем к нулю.

$$S' = \frac{2 v_0^2}{g \cos \alpha} \cdot \left( \sin \beta \cos \beta - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \sin^2 \beta \right)' = 0$$

$$\sin \beta (\cos \beta)' + (\sin \beta)' \cos \beta - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot (\sin^2 \beta)' = 0$$

$$-\sin^2 \beta + \cos^2 \beta - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot 2 \cdot \sin \beta = 0$$

Черновики

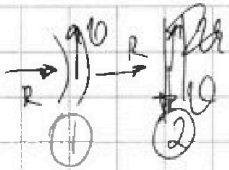


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



или считается ② или ①  
Т.к., если бы ② вращалось вокруг ①

$$\vec{v} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{отн}; \quad \vec{v}_{отн} = \vec{v} - \vec{v}_{пер} = v - 2v = -v$$

$$\omega = \frac{v}{R}; \quad v_{пер} = \omega \cdot 2R = 2R \cdot \frac{v}{R} = 2v$$

$$\vec{v} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер} + [\vec{\omega}; \vec{R}] = \vec{v}_{отн} + \vec{\omega} R$$

$$= \vec{v}_{отн} + 0 \cdot 2R \quad L - 2R + R = L - R$$

$$\vec{v}_{отн} = \vec{v} - \omega(L - R) =$$

$$= \vec{v} - \frac{v}{R}(L - R) =$$

$$= \vec{v} - \vec{v} = \vec{0} \quad \omega = \frac{v}{R}; \quad v$$

$\vec{R}$   $\downarrow$   $\vec{v}$   $\uparrow$   
ЦЕРКОВЬ



$$\vec{v} = \vec{u} + \dots$$

$$\vec{v}_{отн} = [\vec{\omega}; \vec{R}] \quad \vec{v}_{пер} = [\vec{\omega}; \vec{R}] + \vec{\omega} \cdot (L - R)$$

$$\vec{u} = \vec{v} - \frac{vL}{R} + \vec{v} = 2v - \frac{vL}{R} =$$

$$\vec{u} = v_{отн} = 2v - v \frac{L}{R}$$



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!

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

$$p = \frac{1}{3} n c \bar{v}^2 ; \quad pV = NkT$$

$$p = n k T$$

$$P_1 \cdot V = N_r k T$$

1 - газ

$$\vec{v} = \vec{v}_{пер} + \vec{u}$$

$$\vec{v}_{пер} = \vec{v}_i$$

$\uparrow v_i$

$$\frac{N_r}{N_k} = \frac{P_r}{P_k}$$

$$P = P_r + P_k$$

$$P \cdot V_1 = \nu R T_2$$

$$P \cdot V_2 = \nu R T_2'$$

$$v_i = \omega(L-R)$$

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

$$P \cdot \nu = \frac{N}{N_A} ; \quad N = \nu \cdot N_A$$

$$\vec{u} = \vec{v} - \vec{v}_i$$

$$P(V_2 - V_1) = \nu R \Delta T_2$$

$$P_1 \cdot V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 \cdot V_2 = \nu R T_1'$$

$$V_1(P_2 - P_1) = \nu R \Delta T_1$$

$$\epsilon_0 = \frac{C d}{4 \pi} = \frac{C}{d}$$

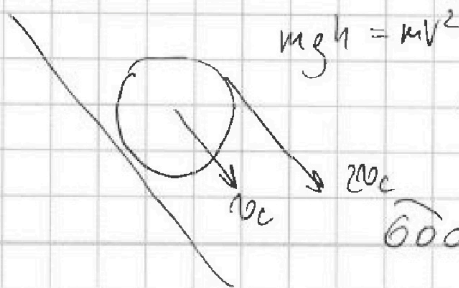
$$\frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$$

черновики

$$C = \epsilon d$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon \cdot d^2}$$

$$E = \frac{q}{2 \epsilon_0} \quad \vec{u} = \vec{v} - \frac{\vec{v} L}{R} + \vec{v}$$



$$mgh = mv^2$$

$$1 - \frac{2}{3}$$

$$\frac{3-2}{3} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{600}{15} = \frac{40}{40}$$

