



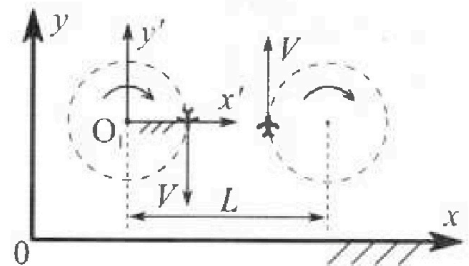
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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/с².

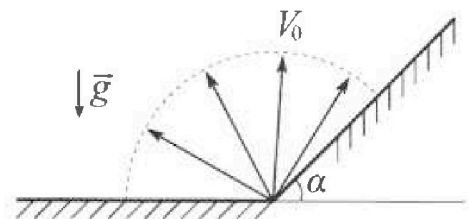


1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

В некоторый момент времени самолеты 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.

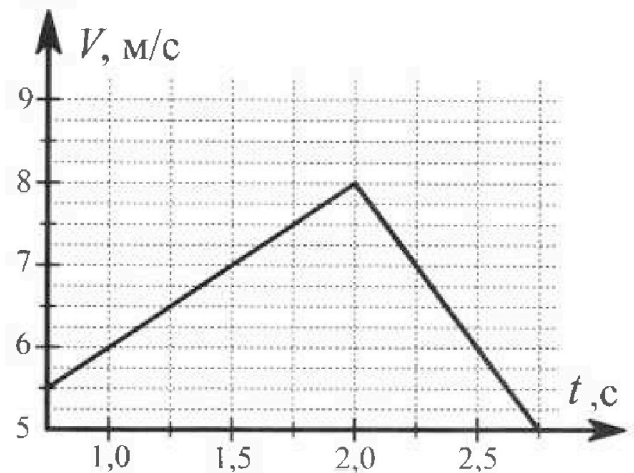
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



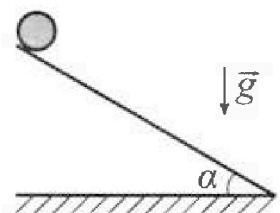
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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/с².



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

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды 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 μ 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 $\frac{N_{\text{г}}}{N_{\text{к}}}$ 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?



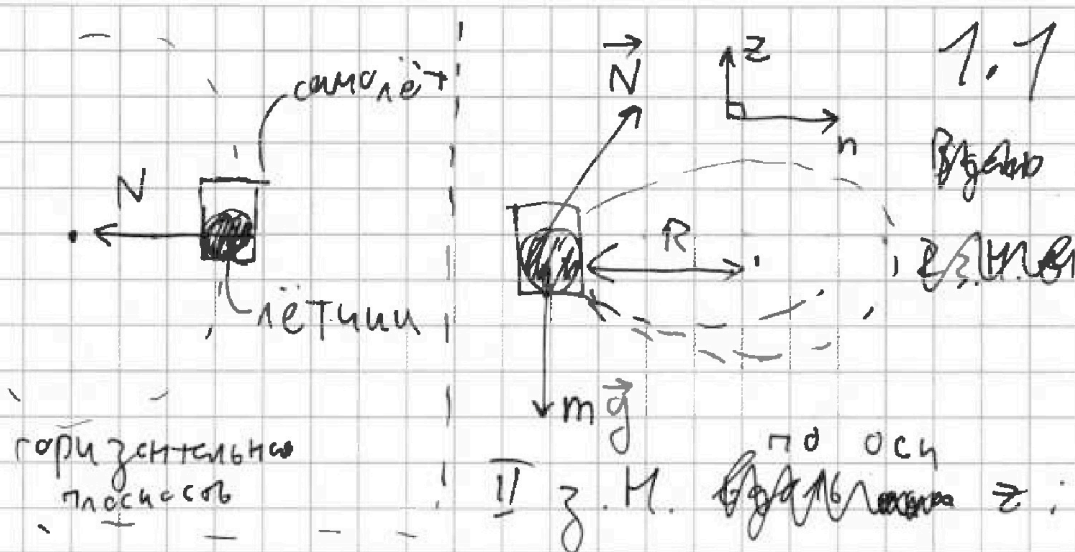
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$N_z - mg = 0 \Rightarrow N_z = mg$$

II з.н. по оси n:

$$N_n = ma_n, \text{ где } a_n - \text{центрострем. уга: } a_n = \frac{V^2}{R}$$

$$N = \sqrt{N_n^2 + N_z^2} \rightarrow \text{Пн формул}$$

$$N = \sqrt{m^2 \frac{V^4}{R^2} + m^2 g^2}, \vec{N} - \text{сила, с которой самолёт действует на лётчика}$$

$$\vec{N} = -\vec{P} \rightarrow \text{II з.н.} \Rightarrow P = N = m \sqrt{g^2 + V^4/R^2}$$

$$S = 100\% \cdot \left(\frac{P}{mg} - 1 \right) = 100\% \cdot \left(\frac{\sqrt{g^2 + V^4/R^2}}{g} - 1 \right)$$

$$S = 100\% \cdot \left(\frac{\sqrt{100 + 80^4/800^2}}{10} - 1 \right) = 10\% \cdot (\sqrt{164} - 10)$$

$$\begin{array}{r} 12,3 \\ - 12,3 \\ \hline 1024 \\ 256 \\ \hline 128 \end{array} = 163,84$$

$$S = 28\%$$

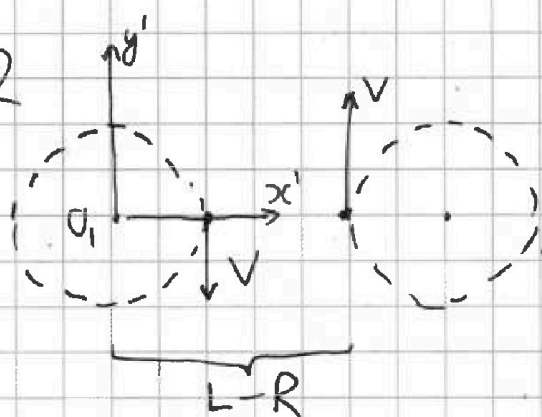


1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

1.2



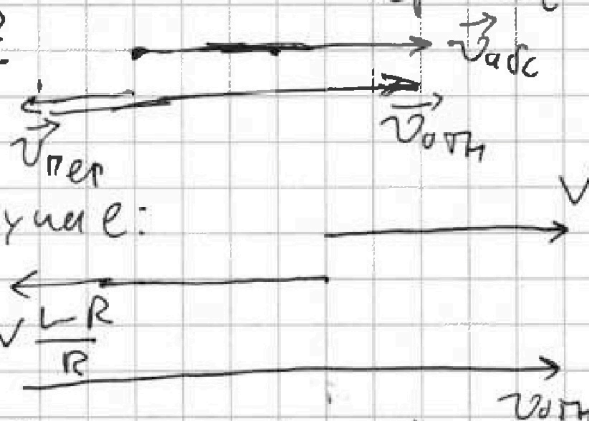
Правило сложения
скоростей:

$$\vec{v}_{адс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$$

(для этого летчика)

СО $y'O, x'$ вращающаяся с угловой скоростью $\frac{V}{R} = \omega$ отн. Земли $\Rightarrow v_{пер} = \omega(L+R) \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_{пер} = V \frac{L+R}{R}$$



В нашем случае:

$$v_{отн} = V \frac{L-R}{R} + V = V \left(\frac{L}{R} - 1 \right) + V = V \frac{L}{R}$$

~~Ответ: 28%; 200 м/с~~

$v_{отн} = 80 \frac{2000}{800} = 200 \text{ м/с}$, напр. вдоль y'
в этот момент времени (сопр. с вектором
абсолютной скорости правого самолета)

Ответ: 28%; 200 м/с вдоль y'



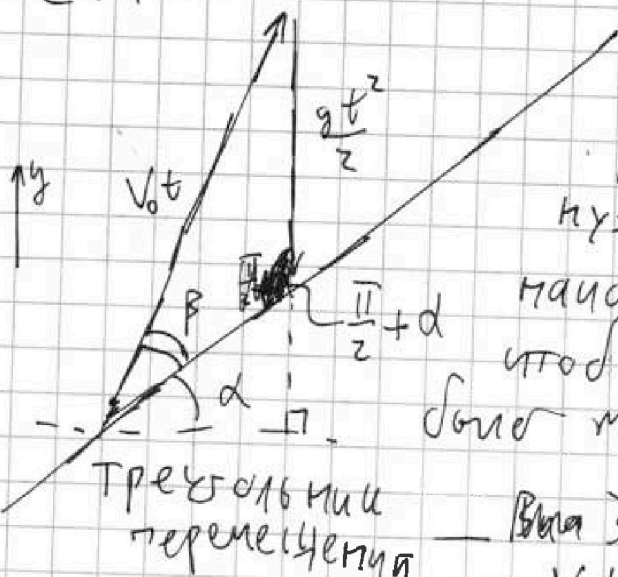
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
7 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!

2.1



Рассмотрим
под каким углом β
и наклонной плоскости
нужно ~~запустить снаряд~~
найти полёт снаряду,
чтобы время полёта
было максимально.

Треугольник
перемещения

Взяв $T \sin$:

$$\frac{V_0 t}{\sin(\alpha + \frac{\pi}{2})} = \frac{gt^2/2}{\sin \beta}$$

$$\frac{gt}{2 \sin \beta} = \frac{V_0}{\sin(\frac{2}{3}\pi)}$$

$$\frac{gt}{2 \sin \beta} = \frac{2V_0}{\sqrt{3}}$$

чем t больше, тем $\sin \beta$ больше, тем больше t
 $\Rightarrow T_{\max}$ будет при наибольшем β , при котором
снаряд упадет на накл. пл. $\Rightarrow \beta = \frac{\pi}{3}$, таким
образом время максимально при вертикальном
положении вектора начальной скорости

$$T = \frac{2V_0}{g} \Rightarrow V_0 = \frac{gT}{2} \quad V_0 = \frac{10 \cdot 9}{2} = 45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

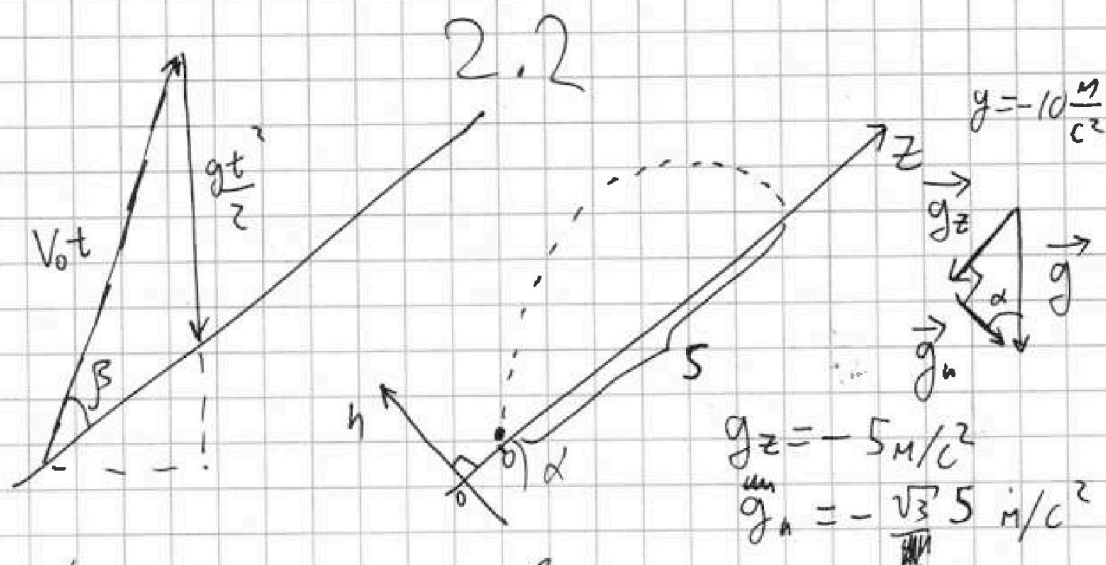
при падении на горизонтальную пл. время
будет меньше в силу одинакового перемещения по y , но
меньшей компонентой скорости вдоль неё!



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!



У-е движения вдоль z:

$$\begin{cases} z(t) = V_{0z}t + \frac{g_z t^2}{2} \\ n(t) = V_{0n}t + \frac{g_n t^2}{2} \end{cases} \quad \begin{matrix} t_n - \text{время от вылета} \\ \text{до падения} \end{matrix}$$

через t_n $n(t_n) = 0 = V_{0n}t_n + \frac{g_n t_n^2}{2}$

$$g_n t_n = -2V_{0n} \Rightarrow t_n = \frac{-2V_{0n}}{g_n}$$

Подставим в $z(t)$

$$z(t_n) = s = V_{0z} \cdot \frac{-2V_{0n}}{g_n} + \frac{g_z}{2} \cdot \frac{4V_{0n}^2}{g_n^2}$$

$$V_{0z} = V_0 \cos \beta \quad V_{0n} = V_0 \sin \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s = \frac{-V_0^2 \cos \beta \sin \beta}{g_n} + \frac{2g_z V_0^2 \sin^2 \beta}{g_n^2}$$

$$L = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g}$$



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!

2.2 продолжение

Имеем:

$$S = \frac{-2V_0^2 \cos \beta \sin \beta}{g_n} + \frac{2g_z}{g_n^2} V_0^2 \sin^2 \beta$$

Т.к. $2g_z = g = \frac{g_n}{\cos \alpha}$, то

$$S = -2V_0^2 \frac{\cos \beta \sin \beta}{g_n} + \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g_n \cos \alpha}$$

$$\frac{S}{2V_0^2} = \frac{\sin^2 \beta}{\sqrt{3}} - \cos \beta \sin \beta \quad \text{— максимизируем}$$

это выражение для максимизации S .

~~1. $\frac{x^2}{\sqrt{3}} - \sqrt{x} \sqrt{1-x^2}$ $\frac{x^2}{3} = x - x^2$ $x^2 - \frac{4}{3}x + \frac{3}{4} = 0$ $x = \frac{3}{4}$~~

~~2. $\sqrt{x} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ Т.к. $\sqrt{x}$ — это $\sin \beta$, отсюда~~

~~3. $\frac{3}{8\sqrt{3}} - \sqrt{\frac{3}{8}} \sqrt{\frac{5}{8}} = \frac{1}{8}\sqrt{5}$ $\frac{1}{4\sqrt{3}} - \frac{\sqrt{5}}{4} = \frac{1}{4}(\frac{\sqrt{5}}{5} - \sqrt{5}) = -\frac{\sqrt{5}}{4}$~~

~~4. $\frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1-x-x^2}$ $x^{0.5} \rightarrow 0.5x^{-0.5} = 0.5 \frac{1}{\sqrt{x}}$~~

~~5. $\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{x}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ $\frac{1}{\sqrt{x}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ $x = \frac{1}{3}$~~

~~6. $\frac{4}{3} = \frac{(1-2x)^2}{x-x^2}$ $4x - 4x^2 = 3(1-4x+4x^2) = 3-12x+12x^2$ $16x^2-16x+3=0$ $4x-4=0$ $x=1$~~



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

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!

2.2 (продолжение 2)

Имеем: $\frac{Sg_4}{2V_0^2} = \frac{\sin^2 \beta}{\sqrt{3}} - \cos \beta \sin \beta$ *

Пусть $\sqrt{x} \rightarrow \sin \beta$, тогда

нужно найти такое β , при котором выражение справа экстремум

$f(x) = \frac{x}{\sqrt{3}} - \sqrt{x} \sqrt{1-x}$, где $\sqrt{x} = \sin \beta$, $\sqrt{1-x} = \cos \beta$
осн. триг. тожд

Экстремум при $\frac{df(x)}{dx} = 0$, т.е.

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{x}{\sqrt{3}} - \sqrt{x} \sqrt{1-x} \right) = 0 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{(1-2x)}{2\sqrt{x(1-x)}} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{(1-2x)^2}{x(1-x)} \Rightarrow 4x - 4x^2 = 3(1 - 4x + 4x^2) = 3 - 12x + 12x^2$$

$$16x^2 - 16x + 3 = 0 \text{ при } x = 1/4 \Rightarrow \sin \beta = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \beta = \pi/6$$

* Подставим $\pi/6 = \beta$ в $\frac{\sin^2 \beta}{\sqrt{3}} - \cos \beta \sin \beta = \frac{1/4}{\sqrt{3}} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} =$
 $= \frac{1}{4} \left(\frac{\sqrt{3}}{3} - \sqrt{3} \right) = \frac{\sqrt{3}}{4} \left(\frac{1}{3} - 1 \right) = -\frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = -\frac{\sqrt{3}}{6}$

Тогда $\frac{Sg_4}{2V_0^2} = -\frac{\sqrt{3}}{6} \Rightarrow S_{\max} = \frac{4V_0^2}{\sqrt{3}g_4}$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

2.2 (продолжение 3)

Имеем: $S_{\max} = \frac{-V_0^2}{\sqrt{3}g_n} = \frac{2V_0^2}{3g}$, где $g = -10 \frac{m}{c^2}$

По модулю: $S_{\max} = \frac{2V_0^2}{3|g|} = \frac{2 \cdot 191T}{3} \cdot \frac{1}{3|g|} \cdot \frac{191T}{2}$

$S_{\max} = \frac{|g|T^2}{6}$ — макс. дальность при падении наклон

на горизонт. наклонную плоскость

Сравним это с максимальной дальностью на

горизонтальную пл: $L = \frac{\sin(2\alpha)V_0^2}{|g|} = \frac{\sin(2\alpha)}{|g|} \cdot \frac{191T}{2} \cdot \frac{191T}{2}$

$L_{\max} = \frac{\sin 191T}{4} > S_{\max} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ искомое макс. расст. $S = L_{\max} = \frac{191T^2}{4}$

$S = \frac{10,87}{4} \cdot \frac{5}{2} \cdot 81 = 202,5 \text{ м}$

Ответ: $45 \frac{m}{c}$; $202,5 \text{ м}$

$S_{\max} = \frac{10}{6} \cdot 9^2 = \frac{3}{2} \cdot 81 = 135 \text{ м}$

Ответ: $45 \frac{m}{c}$; 135 м



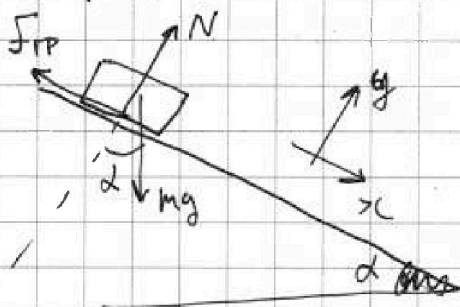
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 6

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!

3.1

Процесс спуска го угара:



2 з.н. на y : $N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

2 з.н. на x : $mg \sin \alpha - F_{тр} = ma$

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

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

До удара $a = \text{const}$, что и показано на графике (первый участок — прямая)

В момент удара на графике происходит излом, поскольку модули угловых коэффициентов на участках графика различны.

Угл. коэф. наклона $V(t)$ до удара соответствует a : $a = \frac{dV(t)}{dt}$, а правая часть уравнения как раз угловой коэффициент

$$a = \frac{8 \text{ м/с} - 6 \text{ м/с}}{2 \text{ с} - 1 \text{ с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Продолжение далее



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.

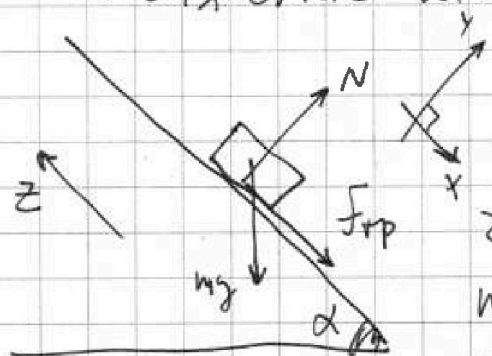
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 6

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!

ВМ 3.1 (продолжение)

Движение шайбы после удара:



2 з.м. на y: $-mg \cos \alpha + N = 0$

$$N = mg \cos \alpha$$

2 з.м. на x:

$$ma' = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

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

$$\Rightarrow ma' = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$a' = g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

аналогично $a_z' = \frac{dV(t)}{dt}$ — равен углу коэр-тф
траектория после удара (излома)

$$a_z' = \frac{6 \text{ м/с} - 8 \text{ м/с}}{2,5 \text{ с} - 2 \text{ с}} = \frac{-2 \text{ м/с}}{0,5 \text{ с}} = -4 \text{ м/с}^2$$

z направ. против x $\Rightarrow$

$$\Rightarrow a' = -a_z' = 4 \text{ м/с}^2$$

Имеем:

$$\begin{cases} a = g (-\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \\ a' = g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \end{cases}$$

продолжение далее.



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 6

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!

Вариант 3.1 (продолжение 2)

Имеем:

$$\begin{cases} a/g = -\mu \cos \alpha + \sin \alpha \\ a'/g = \mu \cos \alpha + \sin \alpha \end{cases} \quad \text{Сложим 2 ур-ня}$$

$$\frac{a+a'}{g} = 2 \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a+a'}{2g} = \frac{2m/c + 4m/c^2}{2 \cdot 10m/c^2}$$

$$\sin \alpha = 0,3$$

Под бошкой подразумевается накатывающая бошка, если не сказано иного

3.2 Поскольку движение без проскальзывания, то: сила трения, действующая на бошку — сила трения покоя, работа силы трения 0 (выполнен 3 с), скорость нижней точки бошки 0, угловая скорость вращения бошки ~~от оси z, прох~~ равна $\omega = \frac{v}{R}$

где v — скорость центра масс бошки

в этот же момент времени

M — масса вагона

$2m$ — масса полной бошки

m — продолжение вагона

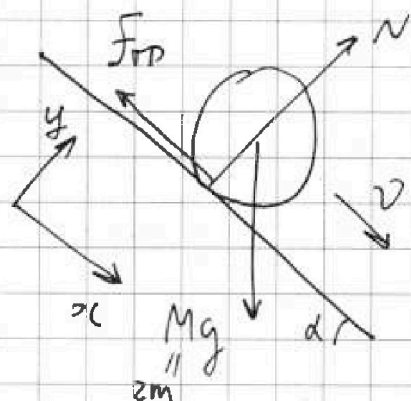


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 из 6

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!



3.2 (продолжение)

Рассчитаем момент инерции бочки отн. оси, проходящей через её Ц.м. перп. торцам

$$L = L_{ст} + L_в$$

$L_{ст}$ — мом. ин. полн. бочки, $L_{ст} = mR^2$,

где R — радиус бочки

$L_в$ — мом. ин. воды $L_в = \frac{mR^2}{2}$

$$L = \frac{3}{2} mR^2$$

Запишем ЗСЭ для момента, когда бочка сместилась на h по вертикали:

$$K_0 + \Pi_0 = K_1 + \Pi_1$$

$$K_0 = 0, \text{ т.к. } v_0 = 0$$

$\Pi_0 = 0$ — нулевой уровень выбран тут

$$K_1 = K_{ц.м.} + K' \text{ — теорема Кёнига}$$

$$\Pi_1 = -mgh$$

$$K_{ц.м.} = \frac{2mv^2}{2} = mv^2, \quad v \text{ — скорость Ц.м.}$$

$$K' = \frac{J}{2} \omega^2 = \frac{J}{2} \frac{v^2}{R^2} = \frac{mR^2 \cdot 3}{2 \cdot 2} \frac{v^2}{R^2} = \frac{3}{4} mv^2$$



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
5 из 6

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!

3.2 (продолжение 2)

$$\text{Имеем: } 0 + 0 = -2mgh + mv^2 + \frac{3}{4}mv^2$$

$$2mgh = \frac{7}{4}mv^2 \Rightarrow \frac{8}{7}gh = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{8}{7}gh} = \sqrt{\frac{8}{7} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{3}{10} \text{ м}} = \sqrt{\frac{24}{7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}$$

$$v = \sqrt{\frac{24}{7}} \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \underline{v = 2\sqrt{\frac{6}{7}} \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

3.3 Мы получим соотношение $\frac{8}{7}gh = v^2$

Возьмём его дифференцируем рассмотрим момент приращений: $\frac{8}{7}g \, dh = 2v \, dv$, $dh = v \sin \alpha \, dt$

$$\text{Тогда } \frac{4}{7}g v \sin \alpha \, dt = dv$$

$$\text{Тогда } \frac{dv}{dt} = a = \frac{4}{7}g \sin \alpha$$

$$\text{При } \sin \alpha = 0,3 \quad a = \frac{4}{7} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{3}{10} = \frac{12}{7} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a = 12/7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Продолжение далее



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
6 ИЗ 6

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!

3.4

2 з.м. для бочки по оси y :

$$N - Mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow Mg \cos \alpha = N \Rightarrow 2mg \cos \alpha = N$$

$$F_{\text{тр скольж}} = \mu N = 2\mu mg \cos \alpha - \text{при скольжении}$$

2 з.м. для бочки по x :

$$2ma_x = Mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} \Rightarrow F_{\text{тр}} = 2m(g \sin \alpha - a_x)$$

Скольжения нет, пока $F_{\text{тр}} < F_{\text{тр скольж}}$

$$\text{т.е. } 2m(g \sin \alpha - a_x) < 2\mu mg \cos \alpha$$

$$g \sin \alpha - a_x < \mu g \cos \alpha, \text{ т.е.}$$

$$g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) < a_x, \sin \alpha - \mu \cos \alpha < \frac{a_x}{g}$$

$$\mu \cos \alpha > \sin \alpha - \frac{a_x}{g}, \mu > \tan \alpha - \frac{a_x}{g \cos \alpha}$$

$$\sin \alpha = 0,3 \Rightarrow \cos \alpha = 0,4 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\mu > \frac{3}{4} - \frac{1}{0,4} \cdot \frac{12}{7} \cdot \frac{1}{10} \quad \mu > \frac{3}{4} - \frac{10}{4} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{12}{7}$$

$$\mu > \frac{3}{4} \left(3 - \frac{12}{7} \right) \quad \mu > \frac{1}{4} \cdot \frac{9}{7} \quad \mu > \frac{9}{28}$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = 0,3; v = 2\sqrt{\frac{6}{7}} \frac{\text{м}}{\text{с}}; a = \frac{12}{7} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \mu > \frac{9}{28}$$



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!

4.1

ПМТ в изобарическом процессе

$$Q = A + \Delta U$$

$$\Delta U = \underbrace{\Delta U_{гр}}_{\text{гелия}} + \underbrace{\Delta U_{кр}}_{\text{кислорога}}$$

$$\Delta U_{гр} = \frac{3}{2} \nu_r R_0 T_2$$

$$\Delta U_{кр} = \frac{5}{2} \nu_k R_0 T_2 = \underbrace{\frac{5}{2} \nu_k R_0 T_2}_{\Delta(PV)}$$

$$\text{Тогда } Q = A + \frac{3}{2} \nu_r R_0 T_2 + \frac{5}{2} \nu_k R_0 T_2 \quad (1)$$

ПМТ в изохорическом процессе

$$Q = A_v^0 + \Delta U_{гв} + \Delta U_{кв}$$

(т.е. $V = \text{const}$)

$$\Delta U_{гв} = \frac{3}{2} \nu_r R_0 T_1; \quad \Delta U_{кв} = \frac{5}{2} \nu_k R_0 T_1$$

$$\text{Тогда } Q = \frac{3}{2} \nu_r R_0 T_1 + \frac{5}{2} \nu_k R_0 T_1 \quad (2)$$

$$\text{Имеем: } \begin{cases} 2Q = 2A + \frac{3}{2} \nu_r R_0 T_2 + \frac{5}{2} \nu_k R_0 T_2 & (\text{из } 1) \\ 2Q = R_0 T_1 (3\nu_r + 5\nu_k) & (\text{из } 2) \end{cases}$$

$$3\nu_r + 5\nu_k = \frac{2Q}{R_0 T_1} \Rightarrow 2Q = 2A + R_0 T_2 \cdot \frac{2Q}{R_0 T_1}$$

$$Q \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = A \Rightarrow A = 600 \left(1 - \frac{10}{15} \right) = 200 \text{ Дж}$$



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!

4.2

из определения теплоёмкости

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

4.3

$$N_{\Gamma} = \nu_{\Gamma} N_A; N_{\text{He}} = \nu_{\text{He}} N_A \Rightarrow \frac{N_{\Gamma}}{N_{\text{He}}} = \frac{\nu_{\Gamma}}{\nu_{\text{He}}} = x$$

из (2) имеем: $2Q = R_0 T_1 (3\nu_{\Gamma} + 5\nu_{\text{He}}) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{2Q}{R_0 T_1} = 3\nu_{\Gamma} + 5\nu_{\text{He}} \Rightarrow \nu_{\Gamma} = \frac{1}{3} \left(\frac{2Q}{R_0 T_1} - 5\nu_{\text{He}} \right)$$

$$\text{и так как } \nu_{\Gamma} = x \nu_{\text{He}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x \nu_{\text{He}} = \frac{2Q}{3R_0 T_1} - 5\nu_{\text{He}} \Rightarrow \nu_{\text{He}} \left(x + \frac{5}{3} \right) = \frac{2Q}{3R_0 T_1}$$

В изобарич. процессе: $Q = Q_{\text{изоб}} \quad (3)$

$$Q = \nu_{\Gamma} \Delta T_2 C_{\Gamma} + \nu_{\text{He}} \Delta T_2 C_{\text{He}}$$

C_{He} и C_{Γ} — молярные теплоёмкости
гелия и гелия в изобарическом процессе

$$\frac{1}{\Delta T_2} \cdot Q = \underbrace{\nu_{\Gamma} x}_{\nu_{\Gamma}} C_{\Gamma} + \nu_{\text{He}} C_{\text{He}} = \nu_{\text{He}} (x C_{\Gamma} + C_{\text{He}}) \quad (4)$$



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

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☒ 4

☐ 5

☐ 6

☐ 7

СТРАНИЦА
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!

4.3 (продолжение)

Имеем:

$$\begin{cases} j_u(x + \frac{5}{3}) = \frac{2Q}{3R \cdot T_1} \quad (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} j_u(x C_r + C_u) = Q / \sigma T_2 \quad (4) \end{cases}$$

Поскольку $C_r = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$

$C_u = \frac{5}{2}R + R = \frac{7}{2}R$, то

(4) приобретает вид $\frac{R}{2} j_u(x \cdot 5 + 7) = \frac{Q}{\sigma T_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow j_u = \frac{2Q}{R \cdot \sigma T_2} \cdot \frac{1}{x \cdot 5 + 7}$ — подставим в (3)

$$\frac{2Q \cdot \frac{1}{3} (3x + 5)}{R \cdot \sigma T_2 (5x + 7)} = \frac{2Q}{3R \cdot \sigma T_1} \Rightarrow 3x + 5 = \frac{\sigma T_2}{\sigma T_1} (5x + 7)$$

Тогда $x \left(3 - \frac{5\sigma T_2}{\sigma T_1} \right) = \frac{7\sigma T_2}{\sigma T_1} - 5$

$$x = \frac{7\sigma T_2 - 5\sigma T_1}{3\sigma T_1 - 5\sigma T_2} = \frac{7 \cdot 10K - 5 \cdot 15K}{3 \cdot 15K - 5 \cdot 10K} = \frac{-5}{-5}$$

$x = 1 = N_r / N_u = 1$

Ответ: $200 \Delta^*$; $40 \frac{\Delta^*}{K}$; 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

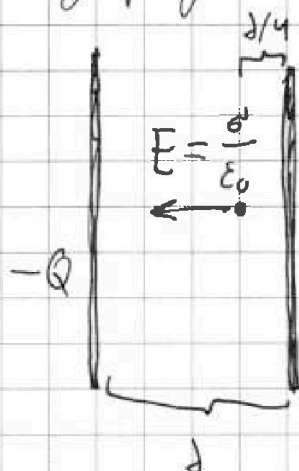
1 из 1

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!

5.1

Напряжённость поля, создаваемое
каждой пластиной равна $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$,

по модулю, где σ — пов. плотность
заряда пластины



Тогда полная напряжённость
между пластинами $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

$$F = Eq = ma_n$$

$$E \frac{q}{m} = a_n$$

$$E \gamma = a_n = \frac{V^2}{R_{кр}} \Rightarrow R_{кр} = \frac{E \gamma}{V^2}$$



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
__ 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!

