



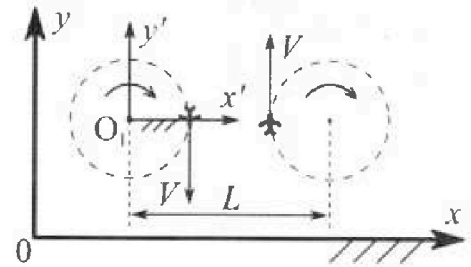
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

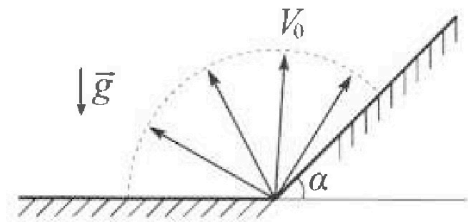


1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

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.

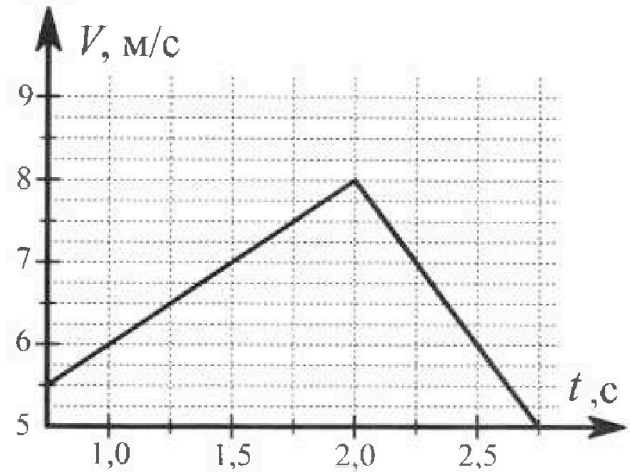
2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U} .

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.



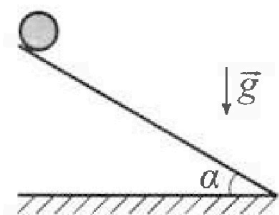
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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?

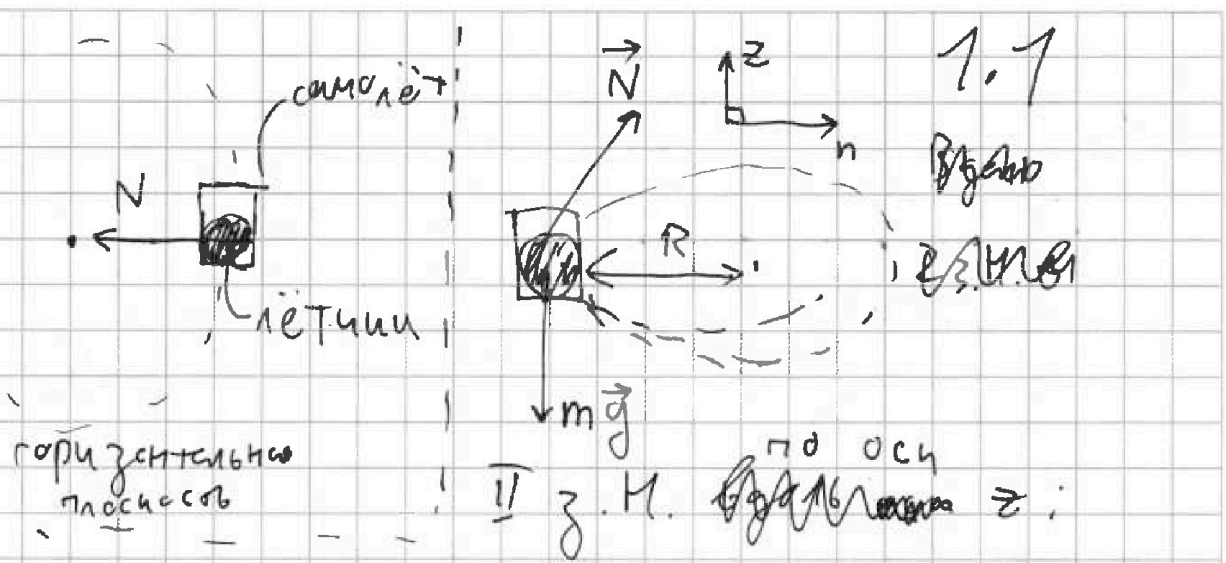


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 осч h:

$$N_h = ma_h, \text{ где } a_h - \text{центрострем. уга: } a_h = \frac{V^2}{R}$$

$$N = \sqrt{N_h^2 + N_z^2} \rightarrow \text{Получаем}$$

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 1024 \\ - 100 \\ \hline 924 \\ 256 \\ \hline 1180 \\ 128 \\ \hline 1308 \end{array} = 163,84$$

$$\delta = 28\%$$

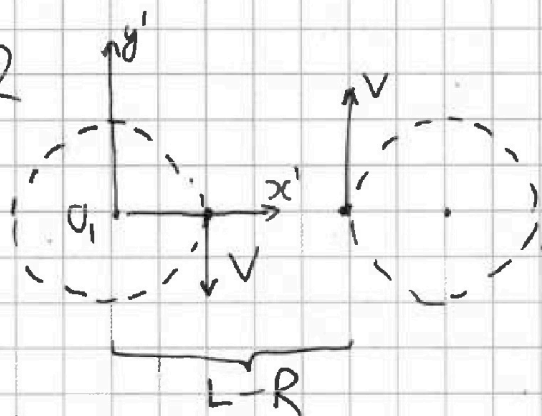


1 2 3 4 5 6 7

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:

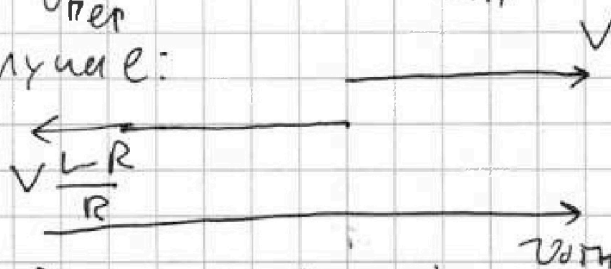
$$\vec{v}_{адс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$$

(для этого летчика)

СО $y'O_1x'$ 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 (сонар. с вектором абсолютной скорости правого самолета)

Ответ: 28%; $200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ вдоль y'



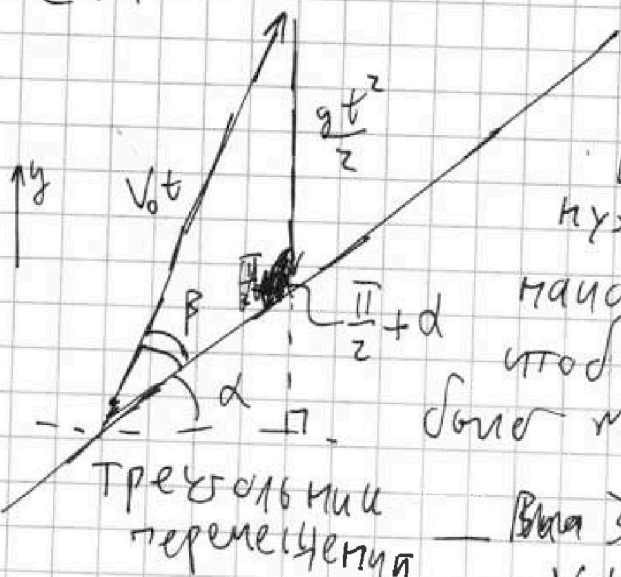
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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~~ запустить снаряд, чтобы полёт оказался, чтобы время полёта было максимальным.

Треугольник перемещения

Взяв запишем $T \cdot \sin \beta$:

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

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

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

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

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

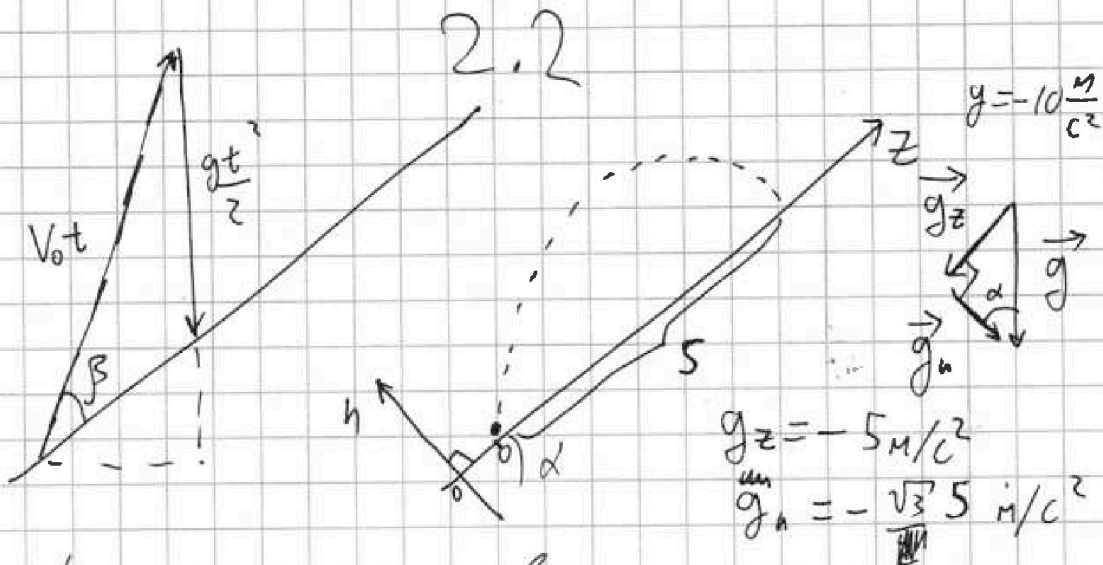
при падении на горизонтальную пл. время будет меньше в силу одинакового перемещ. по y_0 но меньшей компонентой скорости вдоль неё!



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!



Ур-е движения вдоль z:

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

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 $z(t)$

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

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

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

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



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 прояснение

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

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

$$\frac{5g_n}{2V_0^2} = \frac{\sin^2\beta}{\sqrt{3}} - \cos\beta \sin\beta \quad \text{— максимизируем}$$

ем это выражение для максимизации S

~~$\frac{x^2}{\sqrt{3}} - \sqrt{x}\sqrt{1-x} = \frac{2x}{5} = x - x^2 \quad x^{\frac{2}{3}} - x \Rightarrow x = \frac{3}{4}$~~

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

~~$\frac{3}{8\sqrt{3}} - \sqrt{\frac{3}{8}} \cdot \frac{1}{8} = \frac{1}{8}\sqrt{3}$~~

~~$\frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{x-x^2}$~~

~~$\frac{1}{4\sqrt{3}} - \frac{\sqrt{5}}{4} = \frac{1}{4} \left(\frac{\sqrt{5}}{5} - \sqrt{5} \right) = \frac{\sqrt{3}}{4}$~~

~~$\frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{x-x^2} \rightarrow 0,5x^{-0,5} = 0,5 \frac{1}{\sqrt{x}}$~~

~~$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (1-2x) = \frac{1}{\sqrt{3}}$~~

~~$\frac{1}{3} = \frac{(1-2x)^2}{x-x^2}$~~

~~$16x^2 - 16x + 3 = 0 \quad (1-2x)^2 = 3 - 4x + 4x^2 \Rightarrow 3 - 4x + 4x^2 = 3 - 4x + 4x^2$~~



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)

$$\text{Имеем: } \frac{S g_4}{2V_0^2} = \frac{\sin^2 \beta}{\sqrt{3}} - \cos \beta \sin \beta \quad *$$

Пусть $\sqrt{x} \rightarrow \sin \beta$, ~~и т.д.~~

Нужно найти такое β , при котором выражение справа экстремум

$$f(x) = \frac{x}{\sqrt{3}} - \sqrt{x} \sqrt{1-x}, \text{ где } \sqrt{x} = \sin \beta, \sqrt{1-x} = \cos \beta$$

осн. триг. тожд

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

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

$$\Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{(1-2x)^2}{x-x^2} \Rightarrow 40x - 40x^2 = 3(1-4x+4x^2) = 3-12x+12x^2$$

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

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

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

$$= \frac{1}{4} \left(\frac{\sqrt{3}}{3} - \sqrt{3} \right) = \frac{\sqrt{3}}{4} \left(\frac{1}{3} - 1 \right) = -\frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = -\frac{\sqrt{3}}{6}$$

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



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)

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

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

$$S_{\max} = \frac{|g|T^2}{6} - \text{макс. дальность при падении наклонной}$$

на горизонт. наклонной плоскости

Сравним это с максимальной дальностью на

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

$$L_{\max} = \frac{\sin^2 \frac{|g|T}{4}}{4} > S_{\max} \Rightarrow$$

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

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

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

$$S_{\max} = \frac{10}{6} \cdot 9^2 = \frac{3}{2} \cdot 81 = 121,5 \text{ м}$$

Ответ: $45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $121,5 \text{ м}$

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.



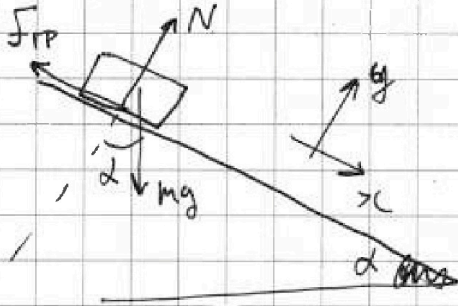
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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 до удара:



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

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

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

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 скачок коэффициента в участках графика отличны.

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

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

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

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.

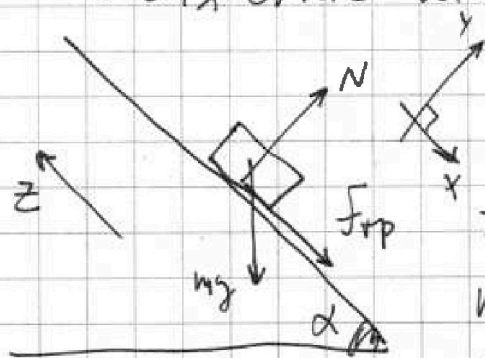
1 2 3 4 5 6 7

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.н. на y: $-mg \cos \alpha + N = 0$

$$N = mg \cos \alpha$$

2 з.н. 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 козор-т

графика после удара (узла)

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

z напр. против x \Rightarrow

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

Имеем:

$$\left\{ \begin{aligned} a &= g (-\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \\ a' &= g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} a &= g (-\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \\ a' &= g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \end{aligned} \right.$$

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:

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

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

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

Под боковой подразумевается начальная боковая, если не сказано иного

3.2 Поскольку движение без проскальзывания, то: сила трения, действ. на бочку — сила трения покоя, работа силы трения 0 (выполняет ЭСЭ), скорость нижней точки бочки 0, угловая скорость вращения бочки ~~от оси в прох~~ равна $\omega = \frac{v}{R}$

где v — скорость центра масс бочки

в этот же момент вращается

m — масса вагона ~~и т.д.~~

$2m$ — масса полной бочки

\ddot{m} — продолжение далее

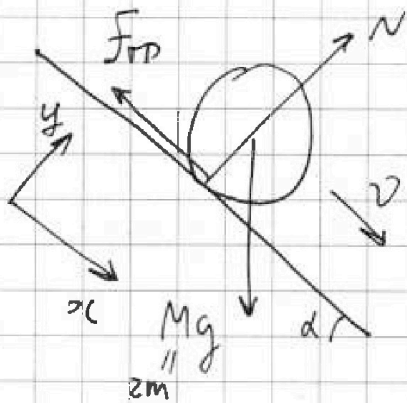


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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

$$L = L_{\text{ст}} + L_{\text{в}}$$

$L_{\text{ст}}$ - мом. ин. полной бочки, $L_{\text{ст}} = mR^2$,

где R - радиус бочки

$L_{\text{в}}$ - мом. ин. воды $L_{\text{в}} = \frac{mR^2}{2}$

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

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

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

$$\Pi_1 = -mgh$$

$K_{\text{ц.м.}} = \frac{2m}{2} v^2 = m v^2$, v - скорость Ц.М. продолже-

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

и 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
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)

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

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

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

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

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

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

$$\text{Тогда } \frac{4}{7}g v \sin \alpha dt = 2v dv$$

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

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

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

Продолжение далее



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 :

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

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

2 з.м. для бочки по x :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 3

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

4.1

ПМТ в изобарическом процессе

$$Q = A + \Delta U$$

$$\Delta U = \Delta U_{гр} + \Delta U_{из}$$

↑ ↑
гелия кислорода

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

$$\Delta U_{из} = \frac{5}{2} \nu_k R_0 T_2$$

(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.к. $V = \text{const}$)

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

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

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

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

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

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

$$N_{\Gamma} = \nu_{\Gamma} N_A; N_{\text{к}} = \nu_{\text{к}} N_A \Rightarrow \frac{N_{\Gamma}}{N_{\text{к}}} = \frac{\nu_{\Gamma}}{\nu_{\text{к}}} = \alpha$$

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

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

и для $\nu_{\Gamma} = \alpha \nu_{\text{к}} \Rightarrow$

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

В изобарич. процессе: $Q = \nu_{\Gamma} \Delta T_2$ (3)

$$Q = \nu_{\Gamma} \Delta T_2 c_{\Gamma} + \nu_{\text{к}} \Delta T_2 c_{\text{к}}$$

$c_{\text{к}}$ и c_{Γ} — молярные теплоёмкости кислорода и гелия в изобарическом процессе

$$\frac{1}{\Delta T_2} \cdot Q = \underbrace{\nu_{\Gamma}}_{\nu_{\Gamma}} \alpha c_{\Gamma} + \nu_{\text{к}} c_{\text{к}} = \nu_{\text{к}} (\alpha c_{\Gamma} + c_{\text{к}}) \quad (4)$$



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:

$$\begin{cases} \mathcal{I}_u(x + \frac{5}{3}) = \frac{2Q}{3R \cdot \sigma T_1} & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathcal{I}_u(x C_r + C_u) = Q / \sigma T_2 & (4) \end{cases}$$

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 $\frac{R}{2} \mathcal{I}_u(x \cdot 5 + 7) = \frac{Q}{\sigma T_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{I}_u = \frac{2Q}{R \cdot \sigma T_2} \cdot \frac{1}{x \cdot 5 + 7}$ — 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 $x \left(3 - \frac{5\sigma T_2}{\sigma T_1} \right) = \frac{7\sigma T_2}{\sigma T_1} - 5$

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

$x = 1 = N_r / N_u = 1$

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

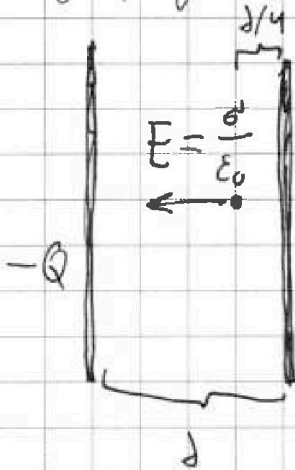
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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, создаваемого каждой пластинкой равна $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

по модулю, где σ — пов. плотность заряда пластинки



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

$$F = Eq = ma_n$$

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

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



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
<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!

