

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

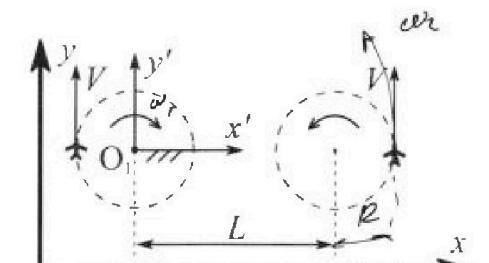
## Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями  $V = 70 \text{ м/с}$  (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолёт,  $R=700 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

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

$$\alpha t = \omega_1 - \omega_2 \quad \delta = (\omega_1 - \omega_2) r \\ \epsilon = \omega_1 - \omega_2$$



$$\omega_1 = \frac{V}{R} = \frac{70}{700} = \frac{1}{10} \text{ c}^{-1} \\ \omega_2 = \frac{V}{R} = \frac{70}{700} = \frac{1}{10} \text{ c}^{-1} \\ \frac{1}{10} - \frac{1}{10} = \frac{1}{10} = \frac{1}{40} \text{ c}^{-1} \\ \omega_1 - \omega_2 = \frac{1}{40} \text{ c}^{-1}$$

В некоторый момент времени самолёты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L=2,1 \text{ км}$ . Вектор скорости каждого самолёта показан на рис.

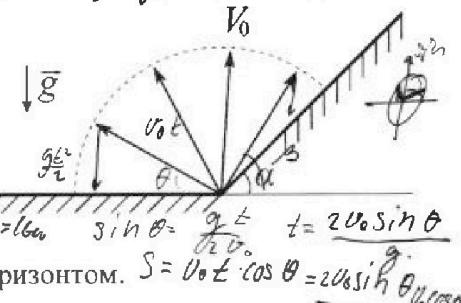
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x' O_1 y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .
2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно  $S_1 = 160 \text{ м}$ , упавших на склон,  $S_2 = 120 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

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

$$\epsilon = \frac{40}{70} = \frac{4}{7} = \frac{2}{7} \text{ c} \\ S = \frac{40}{70} \cdot 2\sqrt{2} \cdot 2 = 160 \text{ m} \\ \sin \theta = \frac{g t}{V_0} = \frac{10 \cdot 2}{40} = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 30^\circ \\ t = \frac{2V_0 \sin \theta}{g} = \frac{2 \cdot 40 \cdot \sin 30^\circ}{10} = 8 \text{ s}$$

$$180^\circ - 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$V_0$$

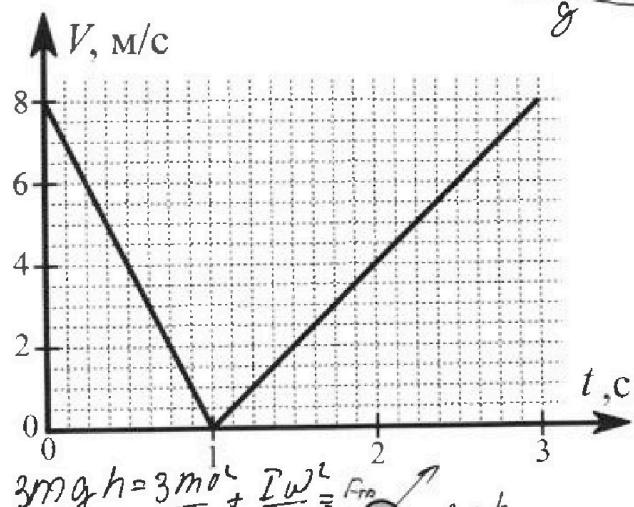


3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

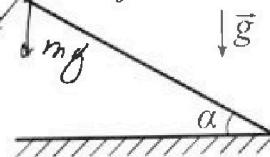
1. Найдите  $\sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в  $n=2$  раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после её перемещения на  $L=0,6 \text{ м}$  относительно наклонной плоскости?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?



$$3mg h = 3m\omega^2 + I\omega^2 \frac{I}{J} F_{fr} \\ 3mg h = \frac{3I\omega^2}{J} + \frac{I\omega^2}{J} \frac{I}{J} F_{fr} = 3gh$$



**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024**

**Вариант 10-02**

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят  $Q = 780$  Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на  $|\Delta T_1| = 31,2$  К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на  $|\Delta T_2| = 20$  К.

1. Найдите работу А внешних сил в изобарическом процессе.

2. Найдите теплоемкость  $C_p$  смеси в изобарическом процессе.

3. Найдите отношение  $\frac{N_1}{N_2}$  числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

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

5. Частица с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m} < 0$  движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам на расстоянии  $d/8$  от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен  $R$ .

1. Найдите скорость  $V_0$  частицы в рассматриваемый момент времени.

Через некоторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется в этот момент частица?

$$A = 0 \quad Q = \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} = \frac{3}{2} \rho_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \rho_{N_2} R \Delta T_1 = \frac{\Delta T_1}{2} R (3U_{He} + 5U_{N_2}).$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{\Delta T_1}{2} R (3U_{He} + 5U_{N_2}) + p\Delta V = \frac{\Delta T_1}{2} R (3U_{He} + 5U_{N_2}) + VR \Delta T_1$$

$$C_p \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{\frac{R}{2} \Delta T_1 (3U_{He} + 5U_{N_2}) + (V_0 - V_2) R \Delta T_1}{\Delta T_1}$$

$$= \frac{5}{2} U_{He} R + \frac{7}{2} U_{N_2} R$$

$$\frac{780}{156} = \frac{480 \cdot 5}{156} =$$

$$= \frac{780 \cdot 5}{4 \cdot 39} =$$

$$= \frac{20 \cdot 5}{5} = 2 \frac{5}{5} =$$

$$= \frac{2 \cdot 5 \cdot 0.01}{4} = \frac{0.02 \cdot 0.01}{4} =$$

$$= 0.2 \cdot 0.01 = 0.002 = 0.2 \cdot 10^{-3}$$

$$U_1 = -g ( \sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha )$$

$$U_2 = -g ( \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha )$$

$$\begin{aligned} & \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\beta}{2}) = \\ & = (\cos 45^\circ \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - \sin 45^\circ \cdot \sin \frac{\alpha}{2}) (\sin 45^\circ \cdot \cos \frac{\beta}{2} - \cos 45^\circ \sin \frac{\beta}{2}) = \\ & = (\cos 45^\circ \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - \sin 45^\circ \cdot \sin \frac{\alpha}{2}) \cdot \cos(45^\circ + \cos \frac{\beta}{2} \sin \frac{\beta}{2} - \sin \frac{\beta}{2}) = \\ & = \cos^2 45^\circ \cdot (1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}) = \frac{1}{2} \cdot (1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}) = \\ & = \frac{1}{2} \cdot (1 - \frac{1 - \cos \alpha}{2}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2} = \\ & = \frac{1}{4} (1 + \cos \alpha) = \frac{1}{4} (1 + 0.96) = 0.24 = 0.24 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$



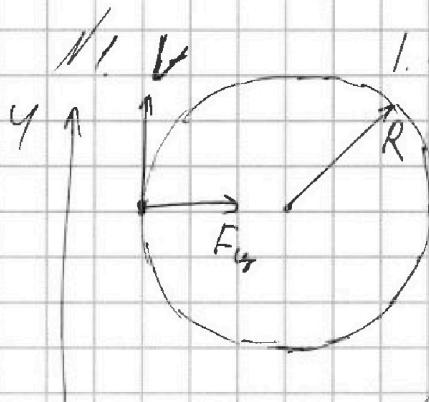


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



1. Рассмотрим силы, действующие на машину в горизонтальной плоскости: (2-й закон Ньютона на  $Ox$ ).  
 $F_{xy} = ma_x$ , где  $F_{xy}$  - центростремительная сила

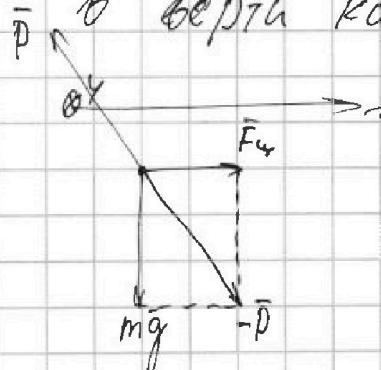
$$\Rightarrow F_{xy} = a = \frac{V^2}{R}$$

$$F_{xy} = m \frac{V^2}{R}$$

Трение силы

$a_x$  - центростремительное ускорение.

Рассмотрим силы, действующие на машину в вертикальной плоскости:



$$\bar{F}_{xy} + mg = -\bar{P}$$

$$|\bar{P}| = \sqrt{mg^2 + F_{xy}^2} = \sqrt{m^2g^2 + m^2 \frac{V^4}{R^2}} =$$

$$m \sqrt{g^2 + \frac{V^4}{R^2}}$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{m \sqrt{g^2 + \frac{V^4}{R^2}}}{mg} = \frac{\sqrt{g^2 + \frac{V^4}{R^2}}}{g} \neq$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{10^2 + \frac{70}{700^2}}}{10} = \frac{\sqrt{100 + 49}}{10} = \frac{\sqrt{149}}{10}$$

$$\frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{149}}{10}$$

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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

2. Пусть система отсчета  $x' O_1 y'$  брачется с угловой скоростью  $\omega_1$ , относительно  $O_1$ . Т.к. она связана

1-м самолетом,  $\omega_1$  равна угловой скорости 1-го самолета относительно  $O_1$ , которая равна  $\frac{V}{R}$ .

$\omega_1 = -\frac{V}{R}$ . Знак "-" означает получение  $\omega_1$  направление против часовой стрелки.

Т.к. скорость 2-го самолета направлена перпендикулярно оси  $x'$ , угловая скорость 2-го самолета  $\omega_2$  относительна  $O_1$  равна

$$\omega_2 = \frac{V}{L+R} \quad \underline{\omega_2 - \text{угловая скорость 2-го самолета относительно } O_1}$$

Знак "+" означает получение  $\omega_2$  направление против часовой стрелки.

Перейдем в CO  ~~$x' O_1 y'$~~ .

Угловая скорость 2-го самолета в CO равна

$$\omega_2' = \omega_2 - \omega_1 = \frac{V}{L+R} + \frac{V}{R} = V \left( \frac{1}{L+R} + \frac{1}{R} \right).$$

Линейная скорость в этой CO у 2-го самолета будет равна

$$V \cdot |\bar{G}| = \omega_2' \cdot (L+R) = V \left( \frac{1}{L+R} + \frac{1}{R} \right) \cdot (L+R) = V \cdot \left( \frac{L+R}{L+R} + \frac{L+R}{R} \right) =$$

$$= V \cdot \left( 1 + \frac{L}{R} + 1 \right) = V \cdot \left( 2 + \frac{L}{R} \right) = 70 \left( 2 + \frac{2,1 \text{ км}}{200 \text{ м}} \right) = 70 \left( 2 + \frac{200 \text{ м}}{200 \text{ м}} \right) = 70(2+3) = 350 \text{ м/с.}$$



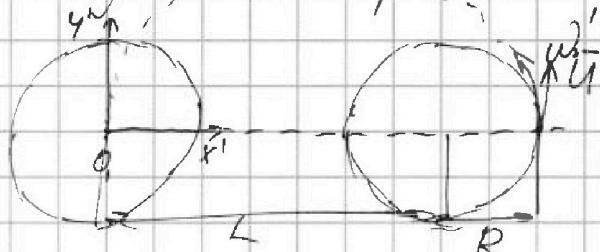
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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!

Найдем -- на Аравление  $\tilde{\sigma}$ :



Они направлены по касательной к окружности с центром в т.  $O_1$ . Т.к. 2-й самолет находит

их продолжение оси  $x'$ , то которая включает

всю в радиус окружности,  $\tilde{\sigma}$  направление

перпендикулярно  $x'$  или борту оси  $y'$

Ответ:  $1 \frac{P}{mg} = \frac{\sqrt{145}}{10}$  2.  $1611 = 350 \text{ м/c}$ ; направление борта оси  $y$ .



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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

1. Дальнотрек. охотник, который прошел более 6000 км  
1979 г.

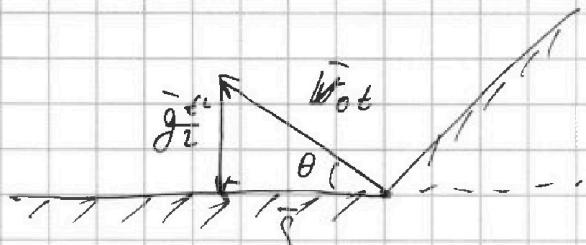
Четырь

~~но неудобно~~ дальше без спектакля, что

Участниками, организаторами и носителями

Наша цель — третий Голубько непременна!

$\sin \alpha = \frac{d}{r}$  при  $r$  в радианах,



now known as *for October*

$$\sin \theta = \frac{g t}{v_{0t}} = \frac{g t}{v_0 \cos \alpha}$$

t-образ наст.

$$t = 2V_0 \sin \theta$$

$$\cos \theta = \frac{s_1}{v_{0t}} g$$

$$S_x = V_0 t \cdot \cos \theta = \frac{V_0 \sin \theta}{g} \cdot 2 \frac{V_0 \sin \theta}{g} \cdot \cos \theta = \frac{2V_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} =$$

$$= \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g} \quad V_0 - \text{const}, g - \text{const.}$$

Гнездовые S. procterae на южном сине, Т.Е.

$$\sin 2\theta = 1 \Rightarrow 2\theta = 90^\circ \quad \underline{\theta = 45^\circ} \quad 2\theta = 90^\circ; \quad \underline{\theta = 45^\circ}$$

$$S_1 = \frac{V_0^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{V_0^2}{g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{g S_1} = \sqrt{10^2 \cdot 1600} = \sqrt{160000} = 400 \text{ cm/s.}$$

$$V_0 = 40 \text{ m/c}$$

2. Рассмотрим окрест, в которой имеет значение  
бескрайний ряд, который опирается на некоторую из

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.

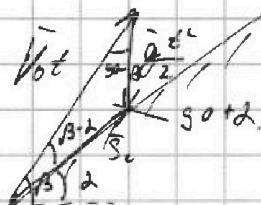


- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Нарисован векторный треугольник первого вида:



Теорема Синусов:

$\beta$  - угол старта зондом, под которым попал стартосейк.  
 $0 < \beta < 90^\circ$

Теорема Косинусов:

$$V_0 t + g t^2 = S_2$$

$$\frac{V_0 t}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{g t^2}{2 \sin(\beta - \alpha)} = \frac{S_2}{\sin(180^\circ - \beta)}$$

$$\frac{V_0 t}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{g t^2}{2 \sin(\beta - \alpha)}$$

$$\frac{V_0 t}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{g t^2}{2 \sin(\beta - \alpha)}$$

$$\frac{V_0 t}{\cos \beta} = \frac{g t^2}{2 \sin(\beta - \alpha)}$$

$$t = 2 \frac{V_0 \sin(\beta - \alpha)}{g \cos \beta}$$

$$\frac{V_0 t}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{S_2}{\sin(\beta - \alpha)}$$

$$S_2 = \frac{V_0 t \cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{V_0 \cos \beta}{\cos \alpha} \cdot \frac{2 V_0 \sin(\beta - \alpha)}{g \cos \beta} = \frac{V_0^2 \cos^2 \beta \sin(\beta - \alpha)}{g \cos^2 \alpha}$$

$t, V_0, g$  - const.

Найден наименьшее значение  $\cos \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)$ .

1. Для нахождения наименьшего значения  $\beta$ , при котором это значение

равно нулю + находимся значение при котором оно

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.



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

~~т.к.  $\cos \beta = \text{const}$ , то  $\sin(\beta - \alpha) = \text{const}$ , только в рассмотренных случаях~~

~~они же~~ ~~занятых~~, нужно найти ~~найденные~~ ~~занятые~~ ~~занятые~~

~~уравнение~~  ~~$\cos \beta \sin(\beta - \alpha)$~~

Следим что, будем производить по  $\beta$

$$(\cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha))' = 0.$$

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

$$\cos(2\beta - \alpha) = 0.$$

$$2\beta - \alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$\beta = \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} = 45^\circ + \frac{\alpha}{2}$$



Выводим  $\cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha)$  приближенно

значим  $\alpha = 45^\circ + \frac{\alpha}{2}$  и равно  $\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$

Из-за максимума  $\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$

будет приблизительно равна

$$(\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})) \cdot \cos^2 \alpha = 0.$$

$$(\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}))^2 \cdot \cos^2 \alpha + 2 \cos \alpha \sin \alpha = 0.$$

$$= (\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}))^2 \cdot \cos^2 \alpha + 2 \cos \alpha \sin \alpha \cdot \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) = 0.$$



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

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

$$\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) = (\cos 45^\circ \cos \frac{\alpha}{2} - \sin 45^\circ \cdot \sin \frac{\alpha}{2})(\sin 45^\circ \cos \frac{\alpha}{2} - \cos 45^\circ \sin \frac{\alpha}{2})$$

$$\cos 45^\circ = \sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$(\frac{1}{\sqrt{2}} \cos \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\alpha}{2})(\frac{1}{\sqrt{2}} \cos \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\alpha}{2}) = \frac{1}{2} (\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot \frac{1}{2} (\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2}) = \\ = \frac{1}{2} (\cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2})^2 = \frac{1}{2} (\cos^2 \frac{\alpha}{2} + \sin^2 \frac{\alpha}{2} - 2 \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2}) = \\ = \frac{1}{2} (1 - \sin \alpha). = \frac{1}{2} - \frac{\sin \alpha}{2} \cdot (\cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha) - \frac{1 - \sin \alpha}{2}).$$

~~$$\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) \cdot \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) = \frac{1}{2} - \sin \alpha$$~~

$$S_2 = \frac{2 V_0^2 \cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \sin(\beta - \alpha)}{g \cos^2 \alpha} = \frac{2 V_0^2 \cos^2 \alpha}{g \cos^2 \alpha} =$$

$$\pm S_2 = \frac{2 V_0^2 \cdot \frac{1}{2} (1 - \sin \alpha)}{g (1 - \sin^2 \alpha)} = \frac{V_0^2 (1 - \sin \alpha)}{g (1 - \sin \alpha) (1 + \sin \alpha)} \quad \begin{array}{l} \text{если } \sin \alpha > 0 \Rightarrow 1 + \sin \alpha > 0 \\ \Rightarrow \sin \alpha - 1 \neq 0. \end{array}$$

$$S_2 = \frac{V_0^2}{g (1 + \sin \alpha)}$$

$$1 + \sin \alpha = \frac{V_0^2}{S_2 g}$$

$$\sin \alpha = \frac{V_0^2}{S_2 g} - 1 = \frac{1600}{120 \cdot 10} - 1 = \frac{1600}{1200} - 1 = \frac{3}{2} - 1 = \frac{1}{2}.$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\text{Ответ: } V_0 = 40 \text{ м/c} \quad \alpha = 30^\circ$$

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.

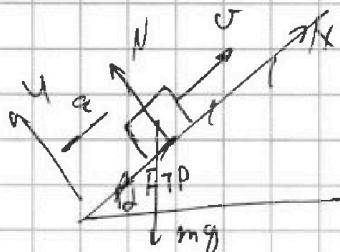


- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

1. Рассмотрим движение скейта вверх по наклонной плоскости.  
2-й и 3-й закон Ньютона на Оy:



$$N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

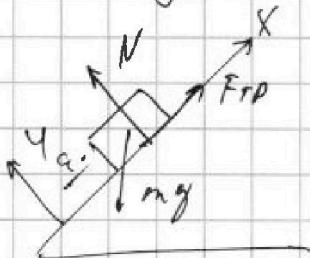
$$\text{На } Oy: -mg \sin \alpha - F_{fp} = +ma$$

$$F_{fp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = -ma$$

$$g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

б) на земле:



$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$Ox: F_{fp} - mg \sin \alpha = -ma_2 \quad ma_2$$

$$F_{fp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = -ma_2$$

$$g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

При  $\alpha_1 < \alpha_2 \Rightarrow$  скейт толкается вверх, после него он останавливается и падает вниз (а3)

(Решение)

$$a_1 + a_2$$

$$g(\sin \alpha_1 + \mu \cos \alpha_1 + \sin \alpha_2 + \mu \cos \alpha_2) = -2g \sin \alpha_2 \Rightarrow \sin \alpha_2 = \frac{g(1 + \mu)}{2g}$$

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.



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

63 Графика:

$$|G_1| = \frac{8}{1} = 8 \text{ дБ/с}^2$$

$$G_1 = -\frac{8}{4} \text{ дБ/с}^2$$

$$|G_2| = \frac{8}{2} = 4 \text{ дБ/с}^2$$

$$G_2 = \frac{8}{2} = 4 \text{ дБ/с}^2$$

$$\sin \alpha = \frac{|G_1| + |G_2|}{2g} = \frac{8+4}{2 \cdot 10} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{G_1 + G_2}{2g} = \frac{-8+4+4}{20} = \frac{-8+8}{20} = \frac{0}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{5}$$

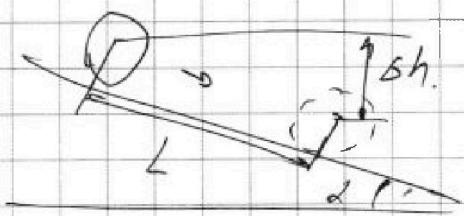
№2. Нужна полная масса дюра рабка  $m$ ,

тогда полная масса бояса  $m(n+1)$ , а полная полная масса  $m(n+1)$ .

Нужна ее радиус  $R$ . т.к. бояса дюра

не враачается момент инерции дюра  $I$

получим  $I = mR^2$   $\delta h$ - изменение высоты дюра



$$\delta h = L \sin \alpha$$

Угловая скорость дюра  $\omega$   
на дюре рабка  $\omega = \frac{v^2}{R}$

Запишем 3 СЭ:

$$3mg\delta h = \frac{3m\omega^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \quad m(n+1)g\delta h = \frac{m(n+1)\omega^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

$$m(n+1)g\delta h \sin \alpha = \frac{m(n+1)\omega^2}{2} + mR^2 \cdot \frac{v^2}{R^2}$$

$$m(n+1)g\delta h \sin \alpha = \frac{v^2(n+1)}{2}$$

$$v^2 = \frac{2m(n+1)g\delta h \sin \alpha}{n+2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2gL\sin \alpha (n+1)}{n+2}}$$



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

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 3

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

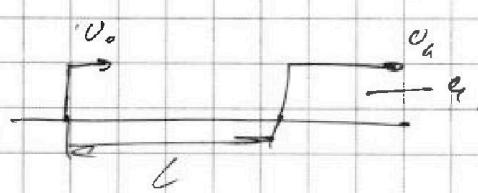
$$U = \sqrt{\frac{2gL \sin \alpha (n+1)}{n+2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,6 \cdot \frac{1}{5} \cdot (2+1)}{2+2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 3}{4}} =$$

$$= \sqrt{1,8} \text{ м/c.}$$

3. Рассмотрим рабочее сопротивление движущегося тела, когда оно скользит со скоростью 0,6 м/c.

Причина, когда тело скользит со скоростью 0,6 м/c:

$$U_0 = 0 \quad U = \sqrt{1,8} \text{ м/c} \quad \cancel{F = \mu mg} \quad L = \frac{a t^2}{2}$$



$$U = at \rightarrow t = \frac{U}{a}$$

$$L = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{U^2}{2a}$$

$$U = \sqrt{1,8} \text{ м/c} \quad a = \frac{U^2}{2L} =$$

$$a = \frac{U^2}{2L} = \frac{1,8}{2 \cdot 0,6} = \frac{1,8}{1,2} = 1,5 \text{ м/c}^2$$

Ответ:  $\sin \alpha = \frac{1}{5}$ ;  $U = \sqrt{1,8} \text{ м/c.}$ ;  $a = 1,5 \text{ м/c}^2$ .

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

- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

СТРАНИЦА  
1 из 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. Рассмотрим изохорический процесс:

$$\begin{array}{|c|} \hline V_{He} = V_{N_2} \\ \hline \vdots & \vdots \\ \hline \end{array}$$

$V_{He} = T_{01} - 60$  (см<sup>3</sup>) гелий  $V_{N_2} = T_{01} - 60$  (см<sup>3</sup>) азота.  
 $\Delta U_1 = \text{const}$ . т.к. в этом процессе.

$$A = P\Delta V; \Delta V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = 0.$$

$$-Q = \Delta U_1 = \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} = \frac{3}{2}V_{He}R\Delta T_1 - \frac{5}{2}V_{N_2}R\Delta T_2$$

$$\underline{\underline{Q = \frac{R\Delta T_1}{2}(3V_{He} + 5V_{N_2})}}, \Delta U_1 = Q = \frac{R\Delta T_1}{2}(3V_{He} + 5V_{N_2})$$

2. Рассмотрим изодиабатический процесс:

$$\begin{array}{|c|} \hline V_1 = V_2 \\ \hline \vdots & \vdots \\ \hline \end{array}$$

$$-Q = \Delta U_2 \neq A = \Delta U_{He}' + \Delta U_{N_2}' \neq A. \Rightarrow \frac{3}{2}V_{He}R\Delta T_2 - \frac{5}{2}V_{N_2}R\Delta T_2$$

$$\Delta U_2 = \frac{-R\Delta T_2}{2}(3V_{He} + 5V_{N_2}) - A.$$

$$A = \frac{R\Delta T_1}{2}Q - \frac{R\Delta T_2}{2}(3V_{He} + 5V_{N_2})$$

$$P = \text{const}.$$

$$\frac{R\Delta T_2}{2}(3V_{He} + 5V_{N_2})$$

?

$$= \frac{\frac{R\Delta T_2}{2}(3V_{He} + 5V_{N_2})}{\frac{R\Delta T_1}{2}(3V_{He} + 5V_{N_2})} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{R\Delta T_2}{R\Delta T_1}(3V_{He} + 5V_{N_2}) = \frac{Q}{A} \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

$$A = Q - Q \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = Q(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}) = 780 \cdot (1 - \frac{20}{31,2}) = 780(1 - \frac{100}{156}) =$$

$$= 780 \cdot \frac{56}{156} = 780 \cdot \frac{14}{39} = 20 \cdot 14 = 280 \text{ дж.}$$

$$A = 280 \text{ дж.}$$

$$2. C_p = \frac{-Q}{\Delta T_2} = \frac{780 \text{ дж}}{(-20 \text{ к})} = 39 \text{ дж/к.}$$

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.



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Задача 3:

$$Q = \Delta U_2 + A_c \quad A_c - \text{работа, совершенная в процессе}.$$

$$Q = -\frac{R \Delta T_2}{2} \left( \frac{3}{2} U_{H2} + 5 U_{M2} \right) - P \Delta V_F$$

$$Q = \frac{R \Delta T_2}{2} \left( 3 U_{H2} + 5 U_{M2} \right) + (U_{H2} + U_{M2}) \cdot P \cdot \Delta T_2 / \Delta T_2$$

$$\frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{3 R \Delta T_2}{2} U_{H2} + \frac{5}{2} R \Delta T_2 U_{M2} + U_{H2} R \Delta T_2 + U_{M2} R \Delta T_2$$

$$\frac{Q}{\Delta T_2} = R \left( \frac{3}{2} U_{H2} + \frac{7}{2} U_{M2} \right) \quad C_p = R \left( \frac{5}{2} U_{H2} + \frac{3}{2} U_{M2} \right) \quad Q = R \Delta T_2 \left( \frac{3}{2} U_{H2} + \frac{7}{2} U_{M2} \right)$$

Задача 4:

$$Q = \frac{R \Delta T_1}{2} \left( 3 U_{H1} + 5 U_{M1} \right) / \Delta T_1$$

$$\frac{Q}{\Delta T_1} = C_V = R \left( \frac{3}{2} U_{H1} + \frac{5}{2} U_{M1} \right) \quad C_V - \text{ теплоемкость при изобарии}$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{780}{31,2} = 24,6 \text{ J/K}$$

Процесс.

$$Q = R \Delta T_2 \left( \frac{5}{2} U_{H2} + \frac{7}{2} U_{M2} \right); Q = \frac{R \Delta T_1}{2} \left( 3 U_{H1} + 5 U_{M1} \right).$$

$$\frac{R \Delta T_2}{2} \left( 5 U_{H2} + 7 U_{M2} \right) = \frac{R \Delta T_1}{2} \left( 3 U_{H1} + 5 U_{M1} \right)$$

$$\frac{5}{2} U_{H2} R \Delta T_2 + \frac{7}{2} U_{M2} R \Delta T_2 = \frac{3}{2} U_{H1} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} U_{M1} R \Delta T_1$$

$$\frac{U_{H2}}{2} (5 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1) = \frac{U_{M2}}{2} R (5 \Delta T_1 - 7 \Delta T_2)$$

$$\frac{U_{H2}}{U_{M2}} = \frac{5 \Delta T_1 - 7 \Delta T_2}{5 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1}; \quad U_{H2} = \frac{N_A N_1}{N_2} U_{M2}; \quad U_{M2} = \frac{N_2}{N_A} U_{H2}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{5 \Delta T_1 - 7 \Delta T_2}{5 \Delta T_2 - 3 \Delta T_1} = \frac{156 - 140}{100 - 93,6} = \frac{16}{6,4} = \frac{1}{0,4} = \frac{5}{2} = 4,5$$

$$\text{Ответ: } A = 180 \text{ дж/К} \quad C_P = 39 \text{ дж/К} \quad \frac{N_1}{N_2} = 2,5$$