

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?



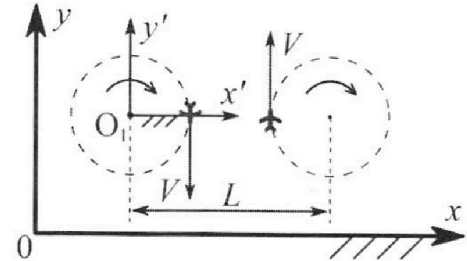
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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  $V = 80 \text{ м/с}$  (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса  $R=800 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

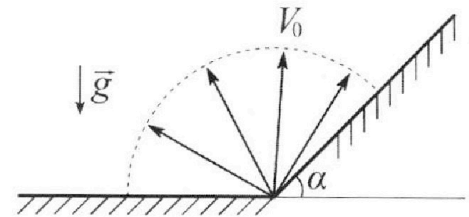


1. На сколько  $\delta$  процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

В не который момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей  $L=2 \text{ км}$ . Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

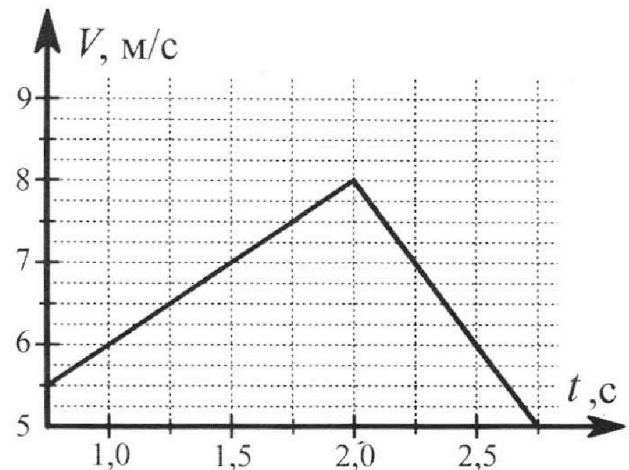
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

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  $T = 9 \text{ с}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



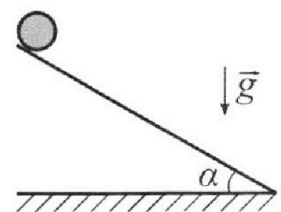
1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. На каком максимальном расстоянии  $S$  от точки старта упадет осколок на склон?

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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



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

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



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

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!

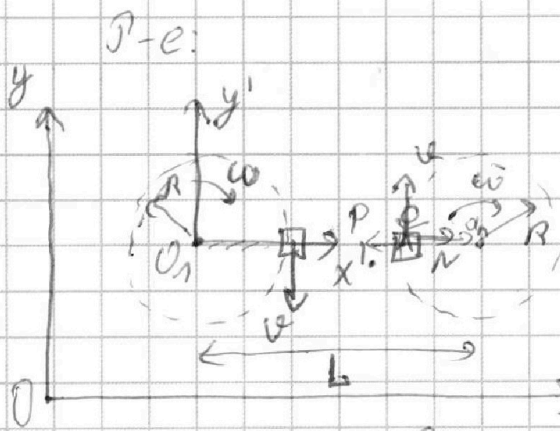
$$\frac{1}{v} = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$R = 800 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1)  $\delta = ?$

2)  $L = 2 \text{ км}$   
 $\vec{v} = ?$



$m$  - масса человека,  $\omega$  - угловая скорость вращения самолёта

1) 23 Н на человека:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{80^2}{800} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

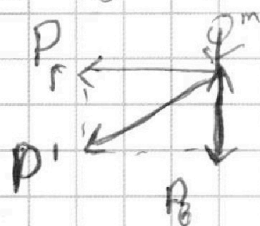
$$m a_n = N$$

$$N = P_p$$

$P_p$  - вес человека в вертикальном положении

$$P_p = \frac{m \omega^2 R}{R}$$

2) Вектор силы:



$P_g = mg$  - вес человека в вертикальном положении

$$\delta = \frac{P_r}{mg}$$

$$P' = \sqrt{P_g^2 + P_r^2}$$

$$\delta = \frac{\sqrt{P_g^2 + P_r^2}}{mg}$$

$$\delta = \frac{m \sqrt{g^2 + \left(\frac{\omega^2 R}{g}\right)^2}}{mg}$$

$$\delta = \frac{\sqrt{g^2 + \left(\frac{\omega^2 R}{g}\right)^2}}{g} = \frac{\sqrt{10^2 + 8^2}}{10} = \frac{\sqrt{164}}{10} = \sqrt{1,64} - 1 = \delta$$

164

$$= \frac{2\sqrt{41}}{10} - 1 = (20\sqrt{41} - 100)\%$$



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

1  2  3  4  5  6  7

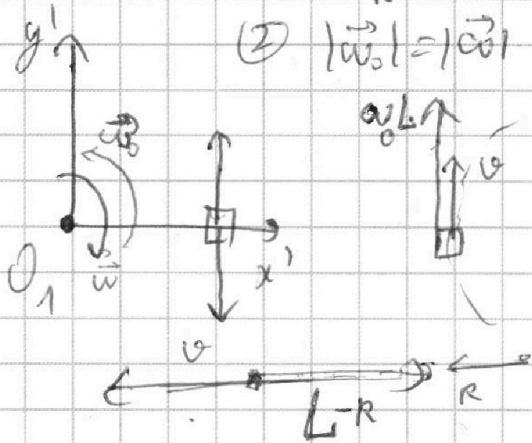
СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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

Пересаждем во  $O_1 x_1 y_1$  вращь. со скоростью  $\omega$ :

①  $\omega = \frac{v}{R}$

②  $|\vec{\omega}| = |\vec{\omega}| \rightarrow$  *переносная угловая скорость*



$$\vec{u} = \vec{v} + \vec{\omega} \times \vec{L}$$

$$u_{x_1} = 0$$

$$u_{y_1} = v + \omega L = v \left(1 + \frac{L R}{R^2}\right)$$

$$u_{y_1} = 80 \left(1 + \frac{1200}{800}\right) = 80 \cdot 2.5 =$$

$$200 \frac{m}{c}$$

$$\Rightarrow u = \sqrt{u_{y_1}^2} = 200 \frac{m}{c}$$

Ответ: 1)  $\delta = \sqrt{1.64} - 1$

$$\delta = (20541 - 100)\%$$

2)  $|\vec{u}| = 200 \frac{m}{c}$

$\vec{u}$  сонаправлена с  $y_1$

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.

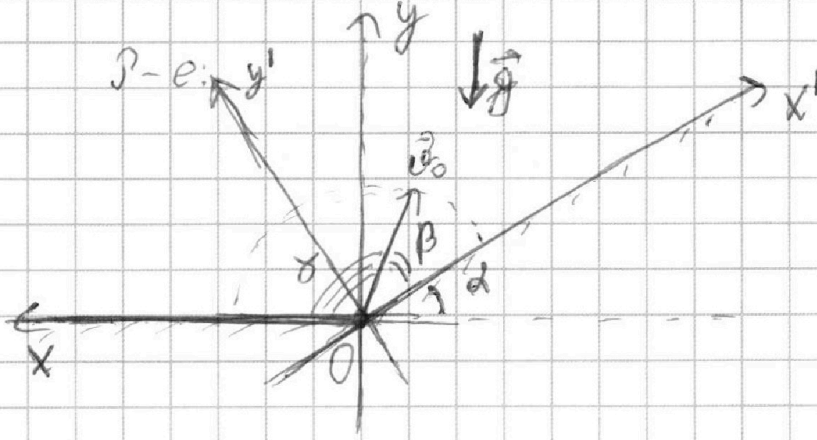


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!

2  
 $d = 30^\circ$   
 $T_{max} = T = \gamma c$   
 $\gamma = 10 \frac{\mu}{c^2}$



- 1)  $\theta_0 = ?$   
 2)  $S = X'_{max} = ?$

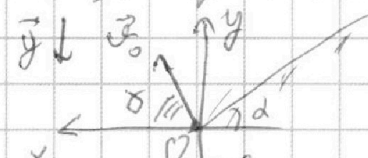
1) Введем две декартовы системы  $CO: xOy$  и  $x'Oy'$

Если угол между осями  $\beta > 90^\circ$   
 т.е.  $\beta > 60^\circ$ ,

то осколок приземлится на горизонт. лучшем.

Если угол между осями  $\beta < 60^\circ$ ,  
 то осколок приземлится на склоне.

2) Рассмотрим 1-й случай:  $\beta > 60^\circ$ . наименьший  
 Будем решать в  $CO: xOy$ . Введем угол  $\delta$  от  $x$  до  $v_0$   
 $\delta$ , который соответственно  $\delta \leq 90^\circ$ .



Затем ур-я движения по осям  $x$  и  $y$ :

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \delta \\ v_y = v_0 \sin \delta - gt; \quad v_{y0} = v_0 \sin \delta \\ x = v_x t \\ y = v_{y0} t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 4

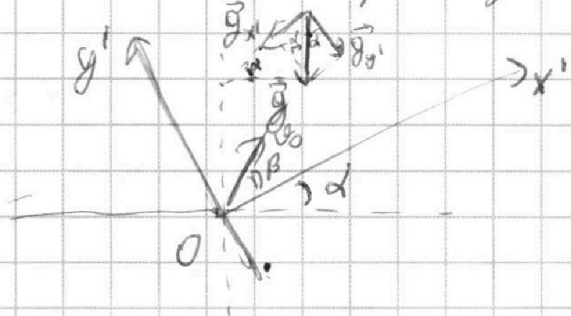
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Из ур-я видно, что проекции скорости полета максимальны при  $\theta = 90^\circ$ :  $\frac{I_{max}}{2} = \frac{v_0 \sin \theta}{g} \rightarrow$  ур-е для наибольшей точки траектории

$$T_{1max} = \frac{2v_0}{g} \rightarrow \text{макс. время полета в 1 случае}$$

~~$$v_{0x} = v_0 \cos \theta$$~~

(3) Рассмотрим второй случай, ребр: перейдем в СО  $x'Oy'$ .



$$\begin{cases} |g_{x'}| = g \sin \alpha \\ |g_{y'}| = g \cos \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_{0x'} = v_0 \cos \beta \\ v_{0y'} = v_0 \sin \beta \end{cases}$$

Запишем ур-я движения по осям  $Ox'$  и  $Oy'$ :

$$\begin{cases} v_{x'} = v_{0x'} - g_{x'} t & (1) \\ v_{y'} = v_{0y'} - g_{y'} t & (2) \end{cases}$$

$$x' = v_{0x'} t - \frac{g_{x'} t^2}{2} \quad (3)$$

$$y' = v_{0y'} t - \frac{g_{y'} t^2}{2} \quad (4)$$

В наибольшей точке по  $y'$  запишем ур-е (2):

$$0 = v_{0y'} - g_{y'} \cdot \frac{t_1}{2}, \text{ где } \frac{t_1}{2} \Rightarrow \text{время подъема, которое из симм. равно времени спуска,} \\ t_1 = \frac{v_{0y'}}{g_{y'}} \Rightarrow t_1 = \frac{t_2}{2}, \text{ где } t_2 - \text{время полета}$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 4

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

$$\frac{T_2}{2} = \frac{v_0 y'}{g y'}$$

$$T_2 = \frac{2v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} \text{ (с)}$$

$$T_2 = T_{2\text{MAX}}, \text{ при } (\sin \beta)_{\text{MAX}}, \text{ т.е. } \beta = 60^\circ$$

$$T_{2\text{MAX}} = \frac{2v_0 \sin 60^\circ}{g \cos 60^\circ} = \frac{2v_0}{g} = T_{1\text{MAX}}$$

$$T = T_{1\text{MAX}} = T_{2\text{MAX}}$$

$$T = \frac{2v_0}{g}$$

$$v_0 = \frac{gT}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} = \boxed{45} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Поуравнению (5) в (3):

$$x' = v_0 x' T_2 - g x' \frac{T_2^2}{2}$$

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

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



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 4

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

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

$$x' = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cdot \cos(\alpha + \beta)}{g \cos^2 \alpha}$$

Положим  $\beta_0$  — значение угла  $\beta$ , при котором  $f(\beta) = \sin \beta \cdot \cos(\alpha + \beta)$ , при  $\alpha \leq 60^\circ$   
 Так как  $x' = k \cdot f(\beta)$ , то  $x'_{\max} = k \cdot f(\beta)_{\max}$

$$f'(\beta) = \cos \beta_0 \cos(\alpha + \beta_0) - \sin \beta_0 \sin(\alpha + \beta_0) = 0$$

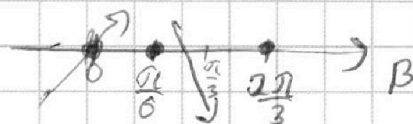
$$\cos(\alpha + \beta_0 + \beta_0) = 0$$

$$\alpha + 2\beta_0 = \frac{\pi}{2} + \pi k$$

$$\beta_0 = \frac{\pi}{6} + \frac{\pi k}{2}$$

$$\text{При } k=0: \beta_0 = \frac{\pi}{6} < \frac{\pi}{3}$$

$$\text{При } k=1: \beta_0 = \frac{2\pi}{3} > \frac{\pi}{3}$$



$$\Rightarrow f(\beta_0 = \frac{\pi}{6}) = f_{\max}$$

На данном промежутке.

Дано:  $v_0 = 45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2)  $S = x'_{\max} = 135 \text{ м}$

$$\Rightarrow f_{\max} = \sin 30^\circ \cdot \cos(30^\circ + 30^\circ) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow S = x'_{\max} = \frac{2v_0^2}{g \cos^2 \alpha} \cdot f_{\max} \Rightarrow S = \frac{2 \cdot 45^2 \cdot 1}{10 \cdot 0.5^2 \cdot 4} = \frac{6 \cdot 15^2}{10} = 135 \text{ м}$$





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 9

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.

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

1)  $\sin \alpha$  - ?

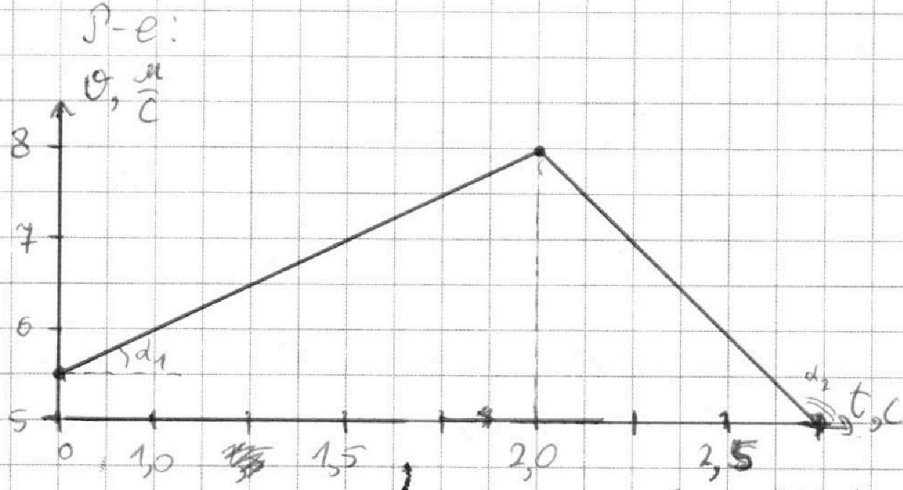
2)  $m_1 = m_2 = m$

$h = 0,3m$

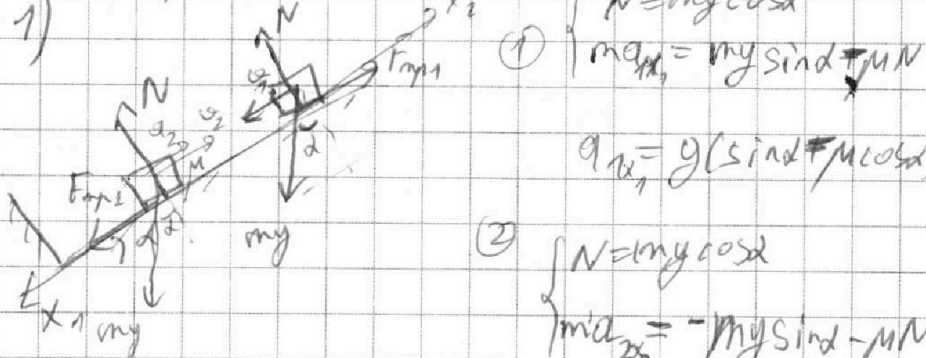
$\mu$  - ?

3)  $a$  - ?

4)  $M$  - ?



Коррелируем оси  $x_1$  и  $x_2$  по углу наклона. В ос.  $x_1$  и  $x_2$  сообразно направлению



$$a_{1x_1} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad (1)$$

$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ m a_{2x_2} = -mg \sin \alpha - \mu N \end{cases}$$

$$a_{2x_2} = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad (2)$$

Из графика:  $a_{1x_1} = \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{2,5}{2,0} = 1,25 \frac{m}{c^2}$

$a_{2x_2} = \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{-3}{0,75} = -4 \frac{m}{c^2}$

~~$$a_{1x_1} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$~~

~~$$a_{2x_2} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$~~

$$a_{1x_1} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$a_{2x_2} = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 4

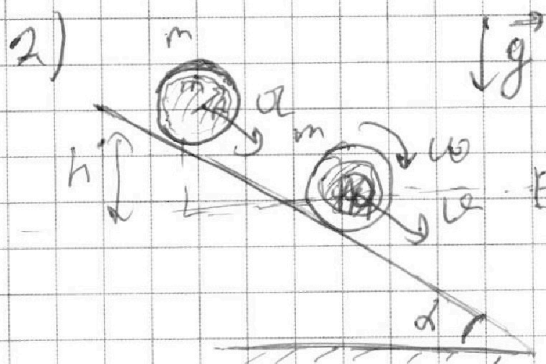
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{cases} Mg \cos \alpha = g \sin \alpha - a_{1x1} \\ Mg \cos \alpha = -a_{2x2} - g \sin \alpha \end{cases}$$

$$g \sin \alpha - a_{1x1} = -a_{2x2} - g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{-a_{2x2} + a_{1x1}}{2g} = \frac{4 + 1,25}{2 \cdot 10} = \frac{21}{40} = \frac{21}{80}$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{80^2 - 21^2}}{80} = \frac{\sqrt{5959}}{80}$$



1) П. К. вода - идеальная жидкость, но в ней нет вязкого трения.

⇒ нет сил вращающихся воды ⇒ она движется поступательно как единое целое.

2) П. К. движение без трения.

$$\Rightarrow \omega R = 0. \text{ На точках обода колеса } v_{\text{пост}} = 0$$

$$v_{\text{вр}} = \omega R = 0$$

3) ЗСЭ:

$$m g h = \frac{m v_{\text{пост}}^2}{2} + \frac{m v_{\text{вр}}^2}{2} \quad \text{кин. э. бочки} \quad \text{кин. э. воды}$$

$$E_{\text{п1}} = E_{\text{п2}} + E_{\text{кин бочки}} + E_{\text{кин воды}}$$

$$E_{\text{п1}} = 2mgh$$

$$E_{\text{п2}} = 0 \quad E_{\text{кин бочки}} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m v^2}{2} = m v^2$$

$$E_{\text{кин воды}} = \frac{m v^2}{2}$$

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 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!

ЗСЗ:

$$E_{\text{пл}} = E_m + E_{kO} + E_{kB}$$

$$2mgh = m\omega^2 + \frac{m\omega^2}{2}$$

$$\omega^2 = \frac{4gh}{3}$$

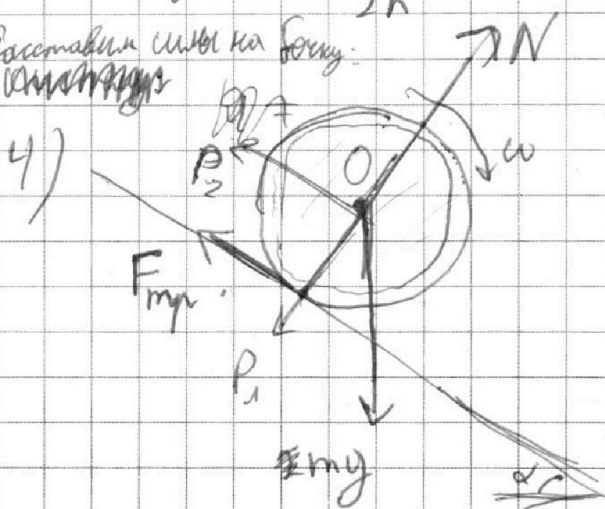
$$\omega = \sqrt{\frac{4gh}{3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 0,3}{3}} = \boxed{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3) П.Р. движение равноускоренное

$$\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{\omega^2}{2a}$$

$$a = \frac{\omega^2 \sin \alpha}{2h} = \frac{\frac{4}{3}gh \sin \alpha}{2h} = \frac{2}{3}g \sin \alpha = \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot \frac{7}{80} = \boxed{1,75} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Рассставим силы на бочку:



$P_1$  и  $P_2$  - силы со стороны бочка.

$\omega$  -  $\omega$  Эйлера отн. точки O.

$$I \varepsilon = F_{\text{тр}} \cdot R$$

$$I = \frac{mR^2}{2} \quad \text{— момент инерции цилиндра}$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

4 из 4

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

$$I \varepsilon = F_{\text{уп}} R$$

$$\frac{mR^2}{2} \varepsilon = F_{\text{уп}} \cdot R$$

$$F_{\text{уп}} = \frac{mR\varepsilon}{2}$$

При ~~этом~~ движении без проскальз.  $\omega_{\text{уп}} = \omega_{\text{пост}}$   
 $\Rightarrow \varepsilon \cdot R = a$

$$F_{\text{уп}} = \frac{ma}{2}$$

при этом

$$\begin{cases} F_{\text{уп}} \leq \mu N \\ N = mg \cos \alpha + P_1 \Rightarrow N = 2m\mu \cos \alpha \\ P_1 = m\mu \cos \alpha \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{ma}{2} \leq 2\mu m \cos \alpha$$

$$\mu \geq \frac{a}{4\mu \cos \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{1,75}{4 \cdot 10 \cdot \sqrt{5959}} \cdot 20$$

$$\mu \geq \frac{3,5}{\sqrt{5959}}$$

$$\text{Dаем: } \sin \alpha = \frac{21}{80}$$

$$2) \quad \mu = 2 \frac{m}{c}$$

$$3) \quad a = 1,75 \frac{m}{c^2}$$

$$4) \quad \mu \geq \frac{3,5}{\sqrt{5959}}$$



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!

1) По определению:

$$Q = C_V (V_H + V_K) \Delta T_1$$

$$C_V = \frac{Q}{(V_H + V_K) \Delta T_1}$$

подставим (3):

$$C_V = \frac{Q}{\frac{A}{R_0 T_2} \Delta T_1}$$

$$C_V = \frac{Q \Delta T_2}{A \Delta T_1} R = \frac{600 \cdot 10}{300 \cdot 15} R$$

2) По определению:

$$Q = C_V \Delta T_1$$

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

3) 1) Заметим (1) и (3):

$$\left\{ \begin{aligned} V_K + V_H &= \frac{A}{R_0 T_2} \quad (3) \\ \frac{3}{2} V_H + \frac{5}{2} V_K &= \frac{Q}{R_0 T_1} \quad (1) \end{aligned} \right.$$

$$(3) \cdot \frac{3}{2} - (1):$$

$$-V_K = \frac{3A}{2R_0 T_2} - \frac{Q}{R_0 T_1}$$

$$V_K = \frac{Q}{R_0 T_1} - \frac{3A}{2R_0 T_2}$$



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 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!

$\gamma$   
 $\gamma_{O_2} = \frac{5}{2}$   $\gamma_{He} = \frac{5}{3}$

$Q = 600 \text{ Дж}$   
 $\Delta T_1 = 15 \text{ К}, v = \text{const}$   
 $\Delta T_2 = 10 \text{ К}, p = \text{const}$

- 1)  $A$  - ?  
2)  $C_v$  - ?  
3)  $\frac{N_p}{N_k}$  - ?  
число молекул

$P = \text{const}$   
а) из уравнения состояния:  $pV = \nu RT$   
 $U_p = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} \nu RT$ ,  $U_k = \frac{5}{2} pV = \frac{5}{2} \nu RT$

1) Запишем I закон термодинамики для изобарного и

$$\begin{cases} Q = A + \Delta U_v \\ Q = A + \Delta U_p \end{cases}$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu_p R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_1$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu_p R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_k R \Delta T_2 + A$$

$$\left( \frac{3}{2} \nu_p R + \frac{5}{2} \nu_k R \right) \Delta T_1 = Q \quad (1)$$

$$\left( \frac{3}{2} \nu_p R + \frac{5}{2} \nu_k R \right) \Delta T_2 = Q - A \quad (2)$$

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{Q}{Q - A}$$

$$Q \Delta T_1 - A \Delta T_1 = Q \Delta T_2$$

$$A = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\Delta T_1} Q = \frac{15 - 10}{15} \cdot 600 \text{ Дж} = \boxed{200 \text{ Дж}}$$

2) В изобарическом процессе:

$$A = p \Delta V = \nu_p R \Delta T_2 + \nu_k R \Delta T_2$$

$$(\nu_p + \nu_k) R = \frac{A}{R \Delta T_2} \quad (3)$$

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!

$$② \quad (3) \cdot \frac{5}{2} - (1):$$

$$v_{\Gamma} = \frac{5A}{2R_0T_2} - \frac{Q}{R_0T_1}$$

③

$$\frac{N_{\Gamma}}{N_K} = \frac{v_{\Gamma} \cdot N_A}{v_K \cdot N_A} = \frac{v_{\Gamma}}{v_K} = \frac{\frac{5A}{2R_0T_2} - \frac{Q}{R_0T_1}}{\frac{Q}{R_0T_1} - \frac{3A}{2R_0T_2}} = \frac{\frac{5A}{20T_2} - \frac{Q}{20T_1}}{\frac{Q}{20T_1} - \frac{3A}{20T_2}}$$

$$\frac{N_{\Gamma}}{N_K} = \frac{\frac{5 \cdot 200}{2 \cdot 10} - \frac{600}{15}}{\frac{600}{15} - \frac{3 \cdot 200}{2 \cdot 10}} = \frac{50 - 40}{40 - 30} = 1$$

Дано:

- 1)  $A = 200 \text{ Дж}$

- 2)  $C_V = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

- 3)  $\frac{N_{\Gamma}}{N_K} = 1$

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 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!

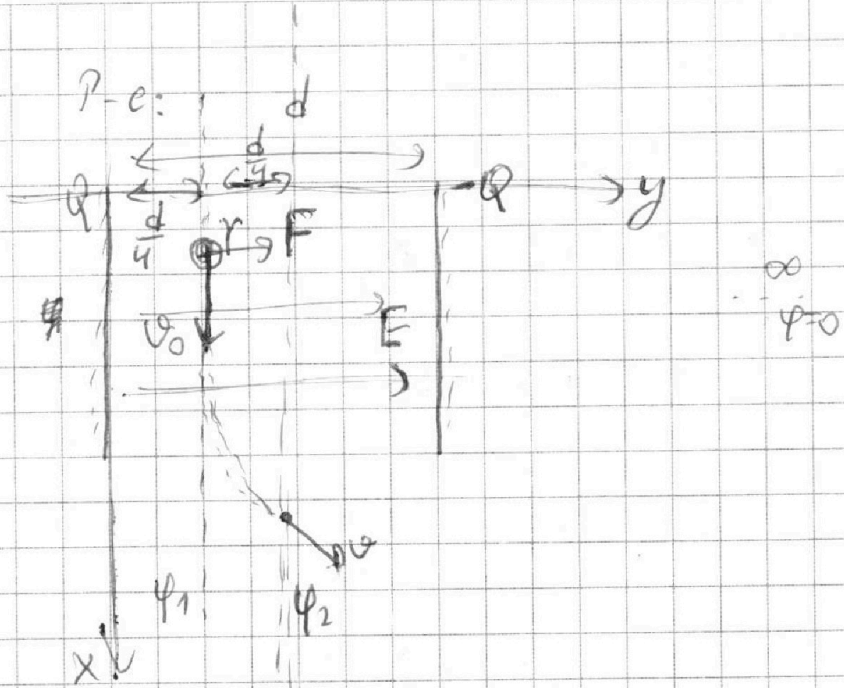
5.  $\varepsilon = 1$   
 $\gamma = \frac{q}{m} > 0$

$Q > 0, C, d,$

$v_0$

1)  $R = ?$

2)  $v = ?$



1) ① 
$$\begin{cases} E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} \\ C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \end{cases} \Rightarrow E = \frac{Q}{Cd}$$

② 
$$\begin{cases} F = E \cdot q \\ ma = F \end{cases}$$

где  $a$  — горизонтальная составляющая ускорения  $y$ ,  
 в этот момент  $a \perp v_0$   
 $\Rightarrow a = a_H = \frac{v^2}{R}$

$ma_H = Eq$

$\frac{v^2}{R} = E \cdot \gamma$

$$R = \frac{v^2}{E \gamma} = \frac{v^2}{\frac{Q \gamma}{Cd}} = \frac{v^2 d C}{Q \gamma}$$





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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

2 ИЗ 2

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

2) В средней точке плоскости  $\varphi_2 = 0$ .

ЗСЭ:  $\Delta E_k = A_3$

$$\left\{ \frac{m\varphi_0^2}{2} = \frac{m\varphi^2}{2} + A_3 \right.$$

$$\left. A_3 = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot q = \frac{E d q}{4}, \text{ м. к. } E = \text{const} \right.$$

$$\frac{m\varphi_0^2}{2} = \frac{m\varphi^2}{2} + \frac{E d q}{4} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$\varphi = \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{E d q}{2m}}$$

$$\boxed{\varphi = \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{q\gamma}{2mC}}}$$

Ответ: 1)  $\boxed{R = \frac{\varphi^2 C d}{q \gamma}}$

2)  $\boxed{\varphi = \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{q \gamma}{2C}}}$

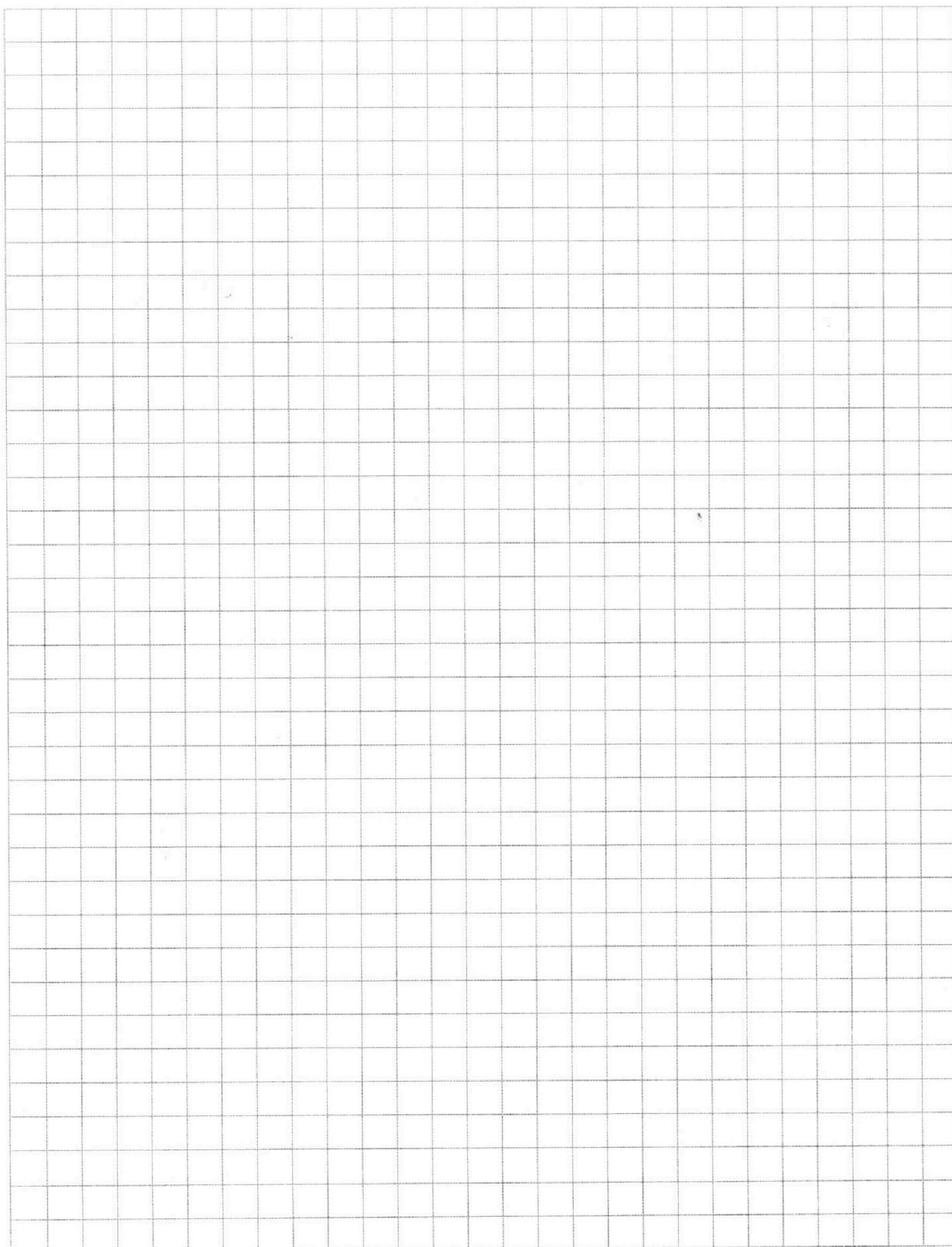


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!





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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

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

$$\frac{T_2}{2} = \frac{\rho_0 y'}{\rho y'}$$

$$T_2 = \frac{2 \rho_0 \sin \beta}{\rho \cos \beta} \quad (5)$$

$$T_2 = T_{2 \max}, \text{ при } \sin \beta = \sin \beta_{\max}, \text{ т.е. } \beta = 60^\circ$$

$$T_{2 \max} = \frac{2 \rho_0 \sin 60^\circ}{\rho \cos 30^\circ} = \frac{2 \rho_0}{\rho} = T_{1 \max}$$

$$\Rightarrow T = T_{1 \max} = T_{2 \max}$$

$$T = \frac{2 \rho_0}{\rho}$$

$$\rho_0 = \frac{\rho T}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} = \boxed{45} \frac{\mu}{\text{с}}$$

2) представим (5) в (3):

$$x' = \rho_0 x' T_2 - \frac{\rho y' T_2^2}{2}$$

$$\frac{\rho y' T_2^2}{2} - \rho_0 x' T_2 + x' = 0$$

Эта функция максимална, при  $T_2 = T_{2 \max} = \frac{\rho_0 x'}{2 \cdot \frac{\rho y'}{2}} = T$

$$m = V_{\text{ампл}} \cdot \mu_{\text{ампл}} = \frac{\mu_{\text{ампл}} \mu_{\text{ампл}}}{\lambda a}$$

$$m = V_{\text{ампл}} \cdot \mu_{\text{ампл}} = \frac{\mu_{\text{ампл}}}{2 \lambda a} \cdot 2 \mu_{\text{ампл}}$$

$$= \frac{\mu_{\text{ампл}} \mu_{\text{ампл}}}{\lambda a}$$

$$Ed = U$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} d = U$$

$$Q = U \cdot \left( \frac{\epsilon_0 S}{d} \right)$$



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!

$$T = \frac{v_{oy}}{g}$$

$$T = \frac{v_{oy} \sin \beta}{g}$$

$$\begin{array}{r} \times 21 \\ 21 \\ + 21 \\ \hline 42 \\ \hline 441 \end{array}$$

$$80^2 - 21^2 = 5959$$

$$\begin{array}{r} 5959 \overline{) 7} \\ - 56 \\ \hline 35 \\ \underline{35} \\ 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5959 \overline{) 11} \\ - 55 \\ \hline 45 \\ \underline{44} \\ 19 \end{array}$$

$$g \frac{T_2^2}{2} - v_{oy} T + x' = 0$$

При  $D > 0$  для одного  $x'$  будет два времени  $T_2$ , т.е. наивысшая и нижняя траектории.

$\Rightarrow x' = x'_{\max}$ , при  $D = 0$ , когда  $T_{21}$  и  $T_{22}$  совпадут

$$D = v_{oy}^2 - 4x'_{\max} \frac{g y'}{2} = 0$$

$$v_{oy}^2 \sin^2 \beta = 2x'_{\max} \cdot g \cos \alpha$$

$$x'_{\max} = S = \frac{v_{oy}^2 \sin^2 \beta}{2g \cos \alpha}$$

$$\frac{v_{oy}^2 \sin^2 \beta}{2g \cos \alpha} = \frac{7}{9}$$

$$2 \cdot \frac{v_{oy}^2 \sin^2 \beta}{g \cos \alpha} = \frac{3 \cdot 4 \cdot 225}{3} = 4 \cdot 225 = 900$$

$$\frac{x'_{\max} \cdot 225}{6} = \frac{x'_{\max} \cdot 450}{3} = 1350$$

$$\begin{cases} 9,25 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \\ 4 = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha \end{cases}$$

$$2g \sin \alpha = 5,25$$

$$\sin \alpha = \frac{5,25}{20} = \frac{21}{80}$$

$$\frac{2 \cdot 45 \cdot \frac{15}{80}}{\frac{1}{4}} = \frac{30 \cdot 45}{10} = 3 \cdot 45 = 135$$