

36

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

Вариант 10-03

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 $V = 60 \text{ м/с}$ (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R=360 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$.

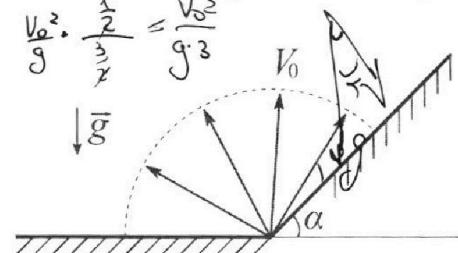
На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?

$$\cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha - \sin^2\alpha = 1 - \cos^2\alpha + \sin^2\alpha$$

В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей $L=1,8 \text{ км}$. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

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} .

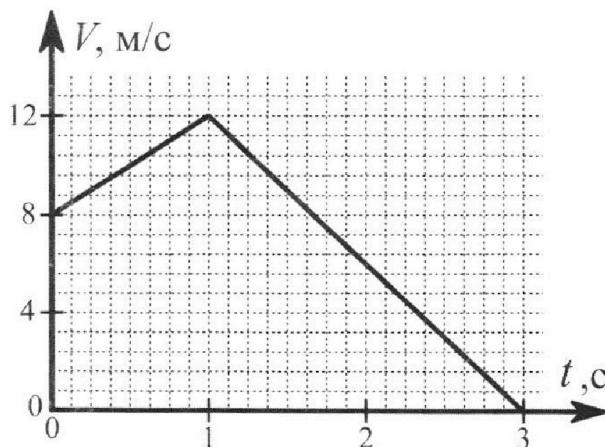
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков $H = 45 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



Найдите начальную скорость V_0 осколков.

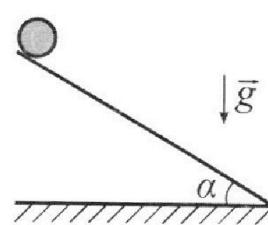
На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в ней $n = 3$ раза больше массы бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью V движется бочка в тот момент, когда горизонтальное перемещение бочки равно $S = 1 \text{ м}$?
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 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 960$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 48$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 30$ К.

- Найдите работу A смеси газов в изобарическом процессе.
 Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
 Найдите отношение $\frac{N_T}{N_K}$ числа атомов гелия к числу молекул кислорода в смеси.

$$\frac{10}{16} \neq \sqrt{\frac{30}{48}}$$

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. Конденсатор заряжен, расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется со скоростью V_0 параллельно обкладкам на расстоянии $d/8$ от положительно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен R .

1. Найдите напряжение U на конденсаторе.

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?

$$\frac{15}{2} + \frac{5}{2} = 10$$

$\begin{array}{r} \times 42 \\ 33 \\ \hline 126 \\ 126 \\ \hline 1386 \end{array}$
 $c = \frac{v}{g}$
 $\sqrt{2} \approx 1,414$
 $\sqrt{2} \approx 1,414$
 $\begin{array}{r} 21124 \\ \times 1417 \\ \hline 1417 \\ 1417 \\ \hline 2668 \\ + 1417 \\ \hline 17078819 \end{array}$
 $\begin{array}{r} 142 \\ 136 \cdot 0,42 \\ \hline 16+20 \\ 16+20 \\ \hline 142 \\ 42 \\ \hline 420 \\ - 284 \\ \hline 1360 \\ + 1010 \\ \hline 1278 \\ - 288 \\ \hline 820 \\ - 132 \\ \hline 96 \end{array}$
 $\begin{array}{r} 142 \\ 142 \\ \hline 1484 \\ + 68 \\ \hline 142 \\ \hline 20364 \end{array}$
 $m \cdot \frac{m}{c^2} \cdot m = I \cdot ER$
 $mg \sin \alpha$
 $\begin{array}{r} 141 \\ 141 \\ \hline 141 \\ + 564 \\ \hline 19881 \end{array}$
 $\cancel{\begin{array}{r} 3200 \\ 192 \\ \hline 1280 \end{array}}$
 $\cancel{\begin{array}{r} 3200 \\ 288 \\ \hline 320 \end{array}}$
 $\cancel{\begin{array}{r} 3200 \\ 288 \\ \hline 320 \end{array}}$

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.

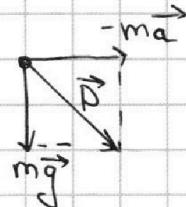
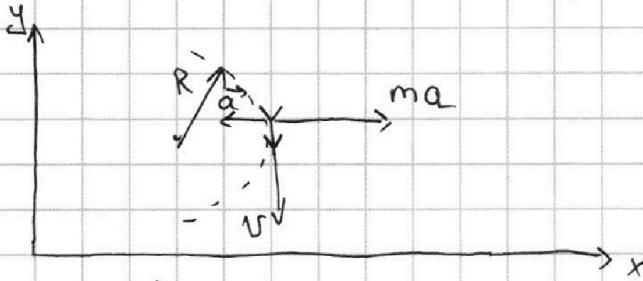
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
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!

Задача 1.

$$V = 60 \text{ м/с} \quad R = 360 \text{ м} \quad g = 10 \text{ м/с}^2$$



$$1) \vec{P} = m\vec{g} - m\vec{a}$$

2) α - центростремительное ускорение.

$$P = \sqrt{g^2 + a^2} \cdot m$$

$$ma = m \frac{V^2}{R} \quad a = \frac{V^2}{R}$$

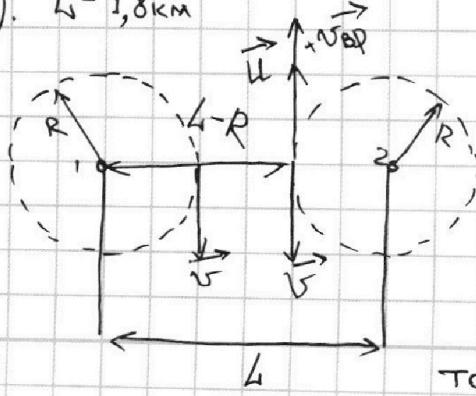
$$3) \delta = 100\% \cdot \left(1 - \frac{mg}{P} \right) = 100\% \cdot \left(1 - \frac{g}{\sqrt{g^2 + \frac{V^4}{R^2}}} \right) =$$

$$= 100\% \cdot \left(1 - \frac{10}{\sqrt{100 + \left(\frac{60 \cdot 60}{360} \right)^2}} \right) = 100\% \cdot \left(1 - \frac{10}{\sqrt{100 + 100}} \right) =$$

$$= 100\% \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 100\% \cdot \left(\frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} \right) = 100\% \cdot \frac{2 - \sqrt{2}}{2}$$

$$\delta = \left(\frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} \right) \cdot 100\% \approx 30\% \quad (1)$$

$$4) L = 1,8 \text{ км}$$



Для нахождения скорости V перейдем во вращающуюся СД $x'y'$

$$\omega = V/R$$

При переходе нужно из каждой точки взять соответствующую скорость $V_{\text{бр}}$



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 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!

$$\vec{U} = \vec{v}_{\text{бр}} + \vec{v} \quad \left(\text{путь } \vec{U} \text{ направлено в положительном} \right.$$

направлении оси Y

$$U = \frac{V}{R}(L-R) - V = V \left(\frac{L-2R}{R} \right) = V \left(\frac{L}{R} - 2 \right) =$$

$$= V \left(\frac{\frac{1800}{360}}{2} - 2 \right) = V \cdot 3 = 3V = 180 \text{ м/с (2)}$$

т.к. $U > 0 \Rightarrow$ оно действительно направлено в положительном направлении оси Y

Отвр: ~~8x10^3~~ ~~100%~~ $\delta = \left| \frac{2-\sqrt{2}}{2} \right| 100\% \approx 30\%$

$U = 180 \text{ м/с}$, направлено в положительном направлении 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.

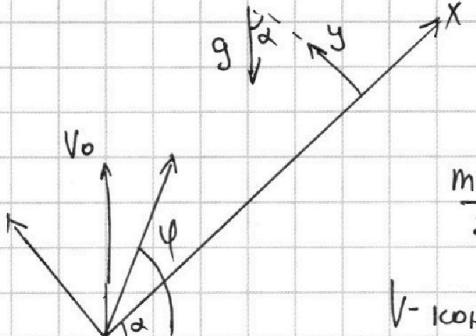
СТРАНИЦА

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!

Задача 2.

$$\sin \alpha = 0,8 \quad \cos \alpha = 0,6 \quad H = 45 \text{ м} \quad g = 10 \text{ м/с}^2$$

 1) из закона сохранения энергии =>

$$\frac{m V_0^2}{2} = mgh + \frac{m V^2}{2}$$

V - конечная скорость

$H_{\max} \rightarrow V=0 \Leftarrow$ достигается
осколком, летящим вертикально
вверх.

$$\frac{V_0^2}{2} = gH \quad V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45} =$$

$$= \sqrt{900} = 30 \text{ м/с} = V_0(1)$$

2. Введем угол ψ так, как он показан на рисунке

(В этом пункте $\psi \in [\alpha; 90]$, осколки пущенные под другими
углом не упадут на поверхность)

тогда ось Y: $y(t) = V_0 \sin(\psi - \alpha)t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$

У конечное = 0 $V_0 \sin(\psi - \alpha) = \frac{g \cos \alpha t}{2} \quad t = \frac{2V_0 \sin(\psi - \alpha)}{g \cos \alpha}$

ось X: $x(t) = V_0 \cos(\psi - \alpha)t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2} =$

$$= V_0 \cos(\psi - \alpha) \cdot \frac{2V_0 \sin(\psi - \alpha)}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4V_0^2 \sin^2(\psi - \alpha)}{g^2 \cos^2 \alpha} =$$

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

$$= \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} \left(\sin(2\psi - 2\alpha) - 2 \sin^2(\psi - \alpha) \operatorname{tg} \alpha \right)$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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!

$$\begin{aligned}
 2 \sin^2(\varphi - \alpha) &= 1 - \cos(2\varphi - 2\alpha) \\
 x &= \frac{V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left(\sin(2\varphi - 2\alpha) - \frac{1}{\cos^2 \alpha} + \cos(2\varphi - 2\alpha) \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} \right) = \\
 &= \frac{V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left(\sin(2\varphi - 2\alpha) + \cos(2\varphi - 2\alpha) \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{1}{\cos^2 \alpha} \right) \\
 x_{\max} &\Rightarrow \max \quad \sin(2\varphi - 2\alpha) + \cos(2\varphi - 2\alpha) \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \\
 &= \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} \cdot \left(\sin(2\varphi - 2\alpha + \beta) \right) \Rightarrow \\
 \cos \beta &= \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \\
 \Rightarrow x_{\max} &= \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} \cdot 1 = \frac{1}{\cos \alpha} \\
 S = x_{\max} &= \frac{V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{1}{\cos^2 \alpha} \right) = \frac{V_0^2}{g \cos^2 \alpha} (1 - \sin \alpha) = \\
 &= \frac{900}{10 \cdot 0,96 \cdot 0,98} \cdot 0,898 = \frac{900 \cdot 64}{10 \cdot 36} = \frac{90 \cdot 64}{36} = \frac{15 \cdot 64}{6} = \frac{5 \cdot 64}{2} = \frac{5 \cdot 32}{1} = 160 \text{ м} \\
 &= \frac{900}{10 \cdot 0,96 \cdot 0,98} \cdot 0,2 = \frac{900 \cdot 20}{10 \cdot 36} = \frac{90 \cdot 20}{36} = \frac{15 \cdot 20}{6} = \frac{5 \cdot 20}{2} = 50 \text{ м} = S_{1/2}
 \end{aligned}$$

Ответ: $V_0 = 30 \text{ м/с}$; $S = 50 \text{ м}$.

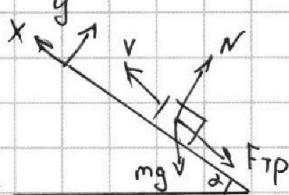
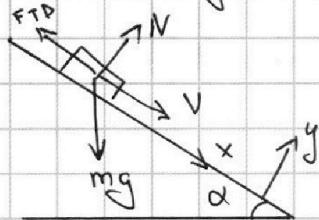
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача 3.

1). т.к на первом участке шайба разгоняется \Rightarrow движение вниз по наклонной пл.



$$N = mg \cos \alpha \quad (Oy)$$

$$a_{x_1} = \frac{12-8}{1} = 4 \text{ м/с}^2 \quad F_Tp = \mu N \quad a_{x_2} = \frac{0-12}{2} = -6 \text{ м/с}^2$$

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

$$m(a_{x_1} - a_{x_2}) = 2m g \sin \alpha$$

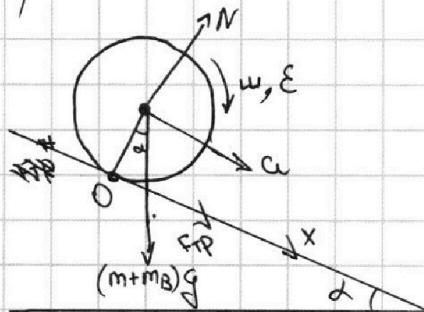
$$\sin \alpha = 0,5 \quad \alpha = 30^\circ$$

$$m a_{x_2} = -m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$$

$$a_{x_1} - a_{x_2} = 2g \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{a_{x_1} - a_{x_2}}{2g}$$

$$= \frac{4+6}{2 \cdot 10} = 0,5$$

2) $m_B = 3m$ m - масса бокса m_B - масса бочки



куда точно направлена сила трения мы не знаем.

отн. Т.О. ~~если сила трения направлена вправо~~

$$(m_B + m)g \sin \alpha \cdot R = I \cdot \varepsilon$$

$$I = mR^2 + \frac{1}{2}m_B \cdot R^2$$

запись искажена

$$(m_B + m)g \sin \alpha \cdot R = (m + \frac{1}{2}m_B)R^2 \varepsilon$$

$$a_T = \varepsilon R = \alpha \leftarrow \text{ускорение центра масс}$$

$$(m_B + m)g \sin \alpha = (m + \frac{1}{2}m_B) \cdot \varepsilon R = (m + \frac{1}{2}m_B) \cdot \alpha$$

$$\alpha = \frac{m_B + m}{m + \frac{1}{2}m_B} \cdot g \sin \alpha = \frac{3m + m}{m + 1,5m} \cdot \frac{1}{2} \cdot g = \frac{4}{5}g = 8 \text{ м/с}^2$$

$$S = \frac{1}{2}a = \frac{V^2}{2a} \quad V = \sqrt{2aS} = \sqrt{2 \cdot 1 \cdot 8} = 4 \text{ м/с} = V \quad (2)$$



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.

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

$$a = \delta \omega / c^2 \quad (3)$$

$$N = (m_B + m) g \cos \alpha$$

3) без проскальзывания $\Rightarrow F_{Tp} \text{ пока } \leq \mu N \leq \cancel{\mu(m_B + m)} \mu / (m_B + m) g \cos \alpha$

Второй закон Ньютона ось X:

$$(m + m_B) g \sin \alpha + F_{Tp} = (m + m_B) a$$

$$\cancel{F_{Tp}} = (m + m_B)(a - g \sin \alpha) \leq \mu / (m_B + m) g \cos \alpha$$

$$a - g \sin \alpha \leq \mu \cos \alpha$$

$$\mu \geq \frac{a - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{8 - 10 \cdot 0,5}{10 \sqrt{3}} \cdot 2 \cancel{= \frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$= \frac{0,8 - 0,5}{\sqrt{3}} \cdot 2 = \frac{0,6}{\sqrt{3}} = \frac{6}{10 \sqrt{3}} = \frac{2 \sqrt{3}}{10} = \frac{\sqrt{3}}{5}$$

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

Ответ: 1) $\sin \alpha = 0,5$

2) $V = 4 \omega / c$

3) $a = 8 \omega / c^2$

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



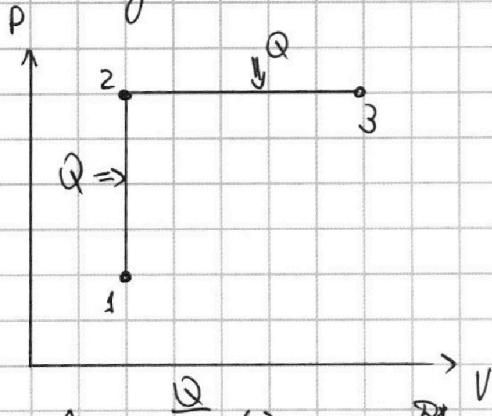
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

Задача 4.



1) λ_{He} - кол-во гелия

λ_{O_2} - кол-во кислорода

$$2) \frac{N_p}{N_k} = \frac{\lambda_{\text{He}}}{\lambda_{O_2}} = d$$

3) Первое начало термодинамики.

$$Q_{12} = Q = A_{12} + \Delta U_{12} = \Delta U_{12} = C_V \cdot \Delta T_1$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} \quad (2) \quad C_V = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$Q_{23} = Q = A_{23} + \Delta U_{23} = A_{23} + \cancel{Q_{12}} + C_V \Delta T_2$$

$$A_{23} = Q - C_V \Delta T_2 = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)$$

$$A_{23} = 960 \left(1 - \frac{30}{48} \right) = 960 \left(\frac{18}{48} \right) = 960 \cdot \frac{3}{8} = \frac{480 \cdot 3}{4} = \frac{120 \cdot 3}{1}$$

$$A = A_{23} = 360 \text{ Дж} \times (1)$$

$$Q_{23} = C_p \cdot \Delta T_2 \quad C_p = \frac{Q_{23}}{\Delta T_2} = \frac{Q}{\Delta T_2}$$

$$d = \frac{N_p}{N_k}$$

$$C_p = \frac{5}{2} \lambda_{\text{He}} R + \frac{7}{2} \lambda_{O_2} R$$

$$\frac{C_p}{C_V} = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{\frac{5}{2} \lambda_{\text{He}} R + \frac{7}{2} \lambda_{O_2} R}{\frac{3}{2} \lambda_{\text{He}} R + \frac{5}{2} \lambda_{O_2} R} = \frac{\frac{5}{2} d + \frac{7}{2}}{\frac{3}{2} d + \frac{5}{2}} = \frac{48}{30} = \frac{8}{5}$$

$$\frac{25}{2} d + \frac{35}{2} = \frac{24}{2} d + \frac{40}{2} \quad \frac{1}{2} d = \frac{5}{2} \quad d = 5$$

$$\text{Ответ: } A = 360 \text{ Дж}, \quad C_V = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}, \quad \frac{N_p}{N_k} = 5$$



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

СТРАНИЦА

1 из 2

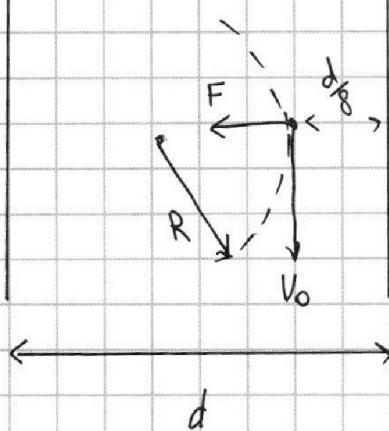
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

Задача 5.

-Q

+Q

$$F = ma \quad a = \frac{V_0^2}{R}$$



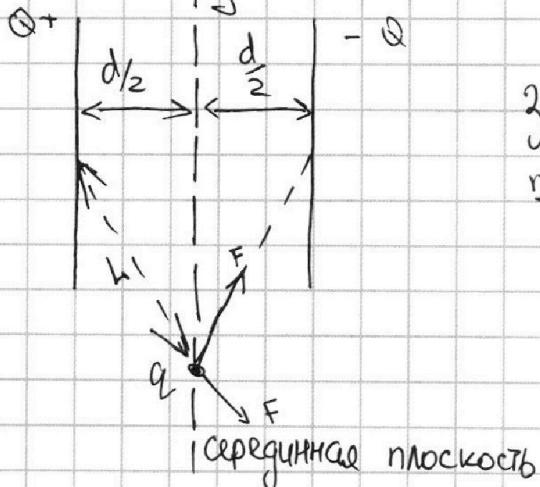
Положительно заряженная частица ($y > 0$) отталкивается от $+Q$ и притягивается к $-Q$

$$\begin{aligned} F &= F_{\text{от}} + F_{\text{пр}} = \\ &= \frac{kQq}{d^2} \cdot 64 + \frac{kQq}{4g d^2 \cdot 64} = \\ &= \frac{kQq}{d^2} \left(64 + \frac{64}{4g} \right) = \frac{kQq}{d^2} \cdot \left(\frac{64 \cdot 50}{4g} \right) = F \end{aligned}$$

$$a = \frac{F}{m} \quad \frac{V_0^2}{R} = \frac{kQy}{d^2} \cdot \frac{3200}{4g}$$

$$V = \frac{kQ}{d}$$

$$\frac{kQ}{d} = \frac{4g V_0^2 d}{3200 y R} = V(1)$$



Ускорение по оси Y равно 0

Запишем ЗСЭ:

$$\frac{mV_0^2}{2} + E_{q_H} = \frac{mV^2}{2} + E_{q_K}$$

E_q - потенциальная энергия

$$E_{q_K} = -\frac{kQq}{L^2} - \frac{k(-Q)q}{L^2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} + E_{q_H} = \frac{mV^2}{2} \quad V_0^2 + \frac{2}{m} E_{q_H} = V^2$$



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.

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

$$\begin{aligned}
 V_0^2 + \frac{2}{m} \cdot \left(-\frac{kQq}{d} \cdot 8 - \frac{k(-Q)q}{7d} \cdot 8 \right) &= V^2 = \\
 = V_0^2 + \frac{2}{m} \left(\frac{kQq}{d} \cdot 8 \left(\frac{1}{7} - 1 \right) \right) &= V_0^2 + \frac{2}{m} \left(\frac{kQq}{d} \cdot 8 \cdot \left(-\frac{6}{7} \right) \right) = \\
 = V_0^2 - \frac{96}{m} \cdot \frac{kQq}{7d} &= V_0^2 - \frac{96}{m} \cdot \frac{kQY}{7d} = \\
 = V_0^2 - \frac{96}{7d} \cdot kY \cdot \frac{V_0^2}{R} \cdot \frac{49d^2}{3200 \cdot kY} &= \\
 = V_0^2 - \frac{V_0^2 d}{R} \cdot \frac{96 \cdot 7}{3200} &= V_0^2 \left(1 - \frac{d}{R} \cdot \frac{7 \cdot 3 \cdot 32}{10 \cdot 32 \cdot 10} \right) = \\
 = V_0^2 \left(1 - \frac{d}{R} \cdot \frac{21}{100} \right) &= V^2
 \end{aligned}$$

$$V = V_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{21d}{100R}}$$

Отвс:

$$V = \frac{49V_0^2 d}{3200 Y R}$$

$$V = V_0 \sqrt{1 - \frac{21d}{100R}}$$



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"/> |

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!

Задача 4.

$$C_p = C_V + R$$

~~Решение~~

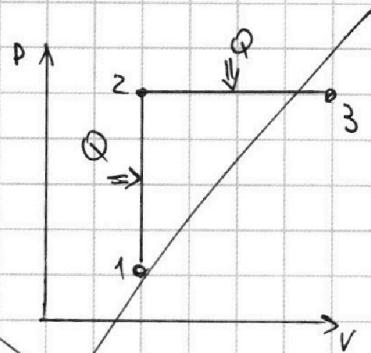
Первое начало термодинамики:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + \Delta H_{12} = \Delta U_{12} = C_V \cdot \Delta T_1 = Q$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + \Delta H_{23} = (C_V + R) \cdot \Delta T_2 = Q$$

$$\cancel{C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{960}{48} = 20 \text{ K}} \quad (2)$$

$$\cancel{\Delta U_{23} =}$$





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

СТРАНИЦА
— ИЗ —

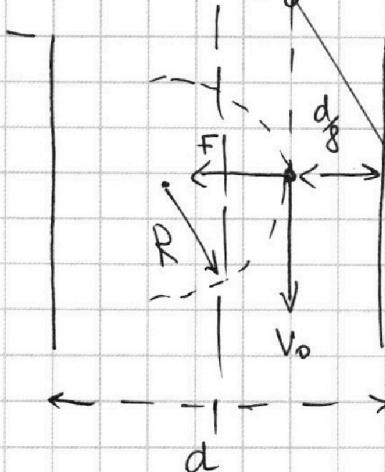
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 5.

$$y = \frac{q}{m} > 0$$

$q > 0 \leftarrow$ отталкивание с положительной заряженной обкладкой

серединная плоскость



$$F = ma \quad a = \frac{V_0^2}{R}$$

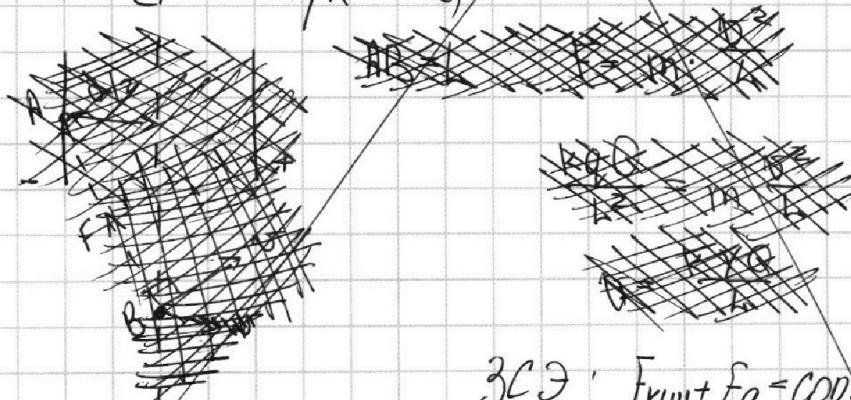
$$F = \frac{k Q Q}{(d/8)^2}$$

Q - заряд на конденсаторе

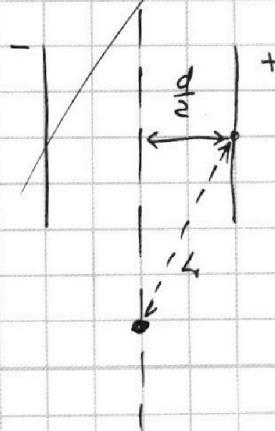
$$64 \frac{k Q Q}{d^2} = m \frac{V_0^2}{R}$$

$$64 \frac{k Y Q}{d^2} = \frac{V_0^2}{R} \quad Q = \frac{V_0^2 d^2}{64 k Y R} \quad (1)$$

$$U = \frac{k Q}{d} = \frac{V_0^2 d}{64 Y R} = U(z)$$



ЗСЭ: $E_{\text{кин}} + E_q = \text{const}$



$$\frac{m V_0^2}{2} - \frac{k Q Q}{d^2} \cdot 64 = \frac{m v^2}{2} - \frac{k Q Q}{L^2}$$

$$\frac{V_0^2}{2} - \frac{k Q Y}{d^2} \cdot 64 = \frac{v^2}{2} - \frac{k Q Y}{L^2}$$



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

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

СТРАНИЦА
— ИЗ —

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

~~$\frac{v^2}{g} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$~~ \rightarrow ~~20~~ \rightarrow ~~$\frac{\sqrt{2}}{2}$~~ \rightarrow ~~$a < \sqrt{2}a$~~ \rightarrow ~~$\frac{1}{1 - \frac{1}{\sqrt{2}}}$~~ \rightarrow ~~$\frac{1}{1 - \frac{1}{\sqrt{2}}}$~~ \rightarrow ~~$V = \frac{5}{3} \cdot \frac{4}{3} = \frac{20}{9}$~~ \rightarrow ~~$\frac{10}{6} = \frac{5}{3}$~~ \rightarrow ~~$\frac{5}{9} \cdot 10 \cdot 30 = 50$~~ \rightarrow ~~$\frac{5}{10} \cdot 30 = 15$~~

$mgsind \cdot R = 18 \times 0,42$ \rightarrow $E_R = m + 15m = \frac{3}{1 - \frac{1}{\sqrt{2}}}$ \rightarrow $\frac{gsind}{2,5} = \frac{2}{\sqrt{2}}$ \rightarrow ~~$\frac{\sqrt{2}}{3} g \cos \varphi = \frac{2}{2}$~~ \rightarrow $y = 2 \text{ m/c.}$

$y: v \sin \varphi t - g \frac{\cos^2 \varphi}{2} = 0$ \rightarrow $t = \frac{2v \sin \varphi}{g \cos \varphi} = \frac{2 \sqrt{5} \sin 45}{g \cos 45} = \frac{2 \sqrt{5} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}{g \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{2 \sqrt{10}}{g}$

$x: v \cos \varphi t - g \frac{\sin^2 \varphi}{2} \cdot \frac{4v^2 \sin^2 \varphi}{g \cos^2 \varphi} + tg \varphi = \frac{2v^2 \cos^2 \varphi \sin \varphi}{g \cos^2 \varphi} - \frac{2v^2 \sin^2 \varphi}{g \cos^2 \varphi} + tg \varphi$

$1 + \frac{4}{3} \frac{4}{\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\Rightarrow \sin 2\varphi - 2 \sin^2 \varphi + tg \varphi =$
 $= \sin 2\varphi - tg \varphi + \cos 2\varphi \cdot tg \varphi =$
 $= \frac{\sin 2\varphi + \cos 2\varphi \cdot tg \varphi - tg \varphi}{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi}}$

$\frac{v^2}{g} \cdot \frac{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi} - tg \varphi}{\cos^2 \varphi} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$2 \sin^2 \varphi = 1$
 $\sin^2 \varphi = \frac{1}{2}$

$mgsind - F = m \cdot g$
 $mgsind + F = 6m$
 $2m \sin 2\varphi = 10$



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

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!

- Q

+ Q

$$\frac{V^2 d}{R} = \left(\frac{kQ}{d} \right) \cdot \frac{3200}{4g}$$

$$m \frac{V^2}{R} = \frac{kQq}{d^2} \cdot 64 + \frac{kQq}{4gd^2} \cdot 64$$

$$= \frac{kQq}{d^2} - \frac{64 \cdot 50}{4g}$$

$$V = \frac{kQ}{d} - \frac{49V^2 d}{R \cdot 3200}$$

$$V = V_0^2 + f_{\text{наг}} \cdot \frac{d}{m}$$

$$f_{\text{наг}} = - \frac{kQq}{d} \cdot 8 + \frac{kQq}{7d} \cdot 8 = - \frac{kQq}{d} \cdot \frac{6}{7}$$

$$- \frac{kQq}{d} \cdot 8 \cdot \frac{6}{7} = \frac{48}{7} \frac{kQq}{d}$$

$$V = V_0^2 + \frac{96}{7} \frac{kQq}{dm}$$

$$\frac{96}{7} \frac{kQq}{d}$$

$$V_0 \left(1 + \frac{49 \cdot 96}{3200 \cdot 7} \right)$$

$$V_0 \left(1 + \frac{7 \cdot 3}{100} \right) = \frac{21}{100} \frac{d}{R}$$

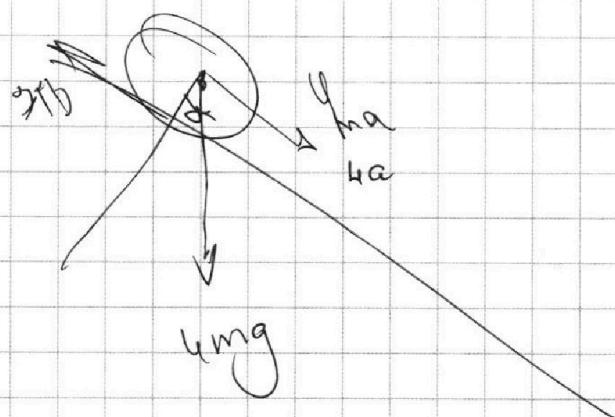


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
ИЗ

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



$$2mg + F_{Tp} = 3\cancel{2}mg$$

$$F_{Tp} = \cancel{f}2mg \leq \mu \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}mg$$

$$a = g \cdot \frac{\alpha}{m}$$

$$0,3g = \frac{F_{Tp}}{m}$$

$$F_{Tp} = 0,3mg \leq \mu mg \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} =$$

$$\mu \geq \frac{0,3 \cdot 2}{\sqrt{3}} = \frac{3 \cdot 2}{10\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2}{10} = \frac{\sqrt{3}}{5}$$

$$\frac{8}{5} \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right) = \frac{\cancel{2}^3 \alpha + \cancel{7}^5}{\cancel{2}^3 \alpha + \cancel{5}^7}$$

$$W = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{960}{48} = 20$$

$$24\alpha + 35 = 25\alpha + 35 \\ \Delta 250.$$

$$A = 960 - 20 \cdot 30$$

$$\approx 960 - 600 = \boxed{360}$$

$$\alpha = 5$$