



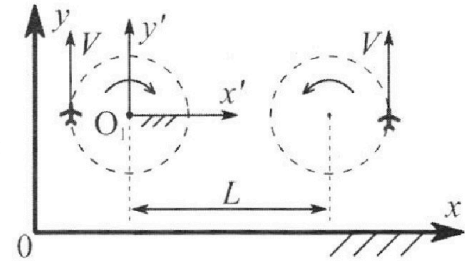
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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  $V = 70$  м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет,  $R = 700$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

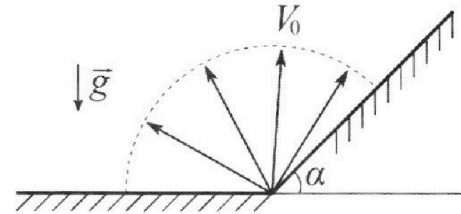


1. Определите отношение  $\frac{P}{mg}$ , здесь  $P$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.

В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L = 2,1$  км. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

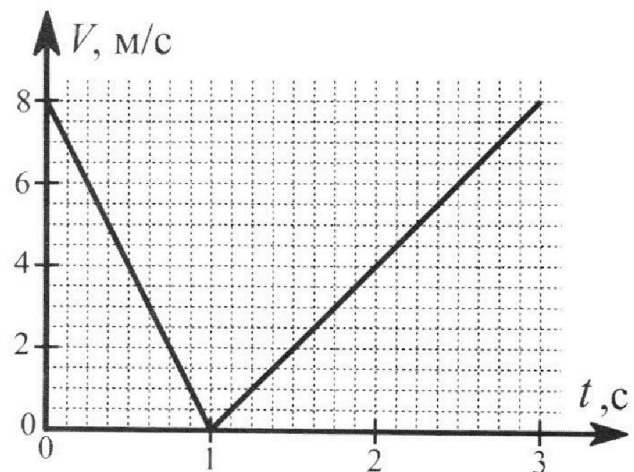
2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x'O_1y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. 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  $S_1 = 160$  м, упавших на склон,  $S_2 = 120$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

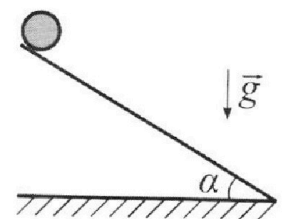
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10$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



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 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 перемещения относительно наклонной плоскости на  $L = 0,6$  м?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?



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  $A$  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 нек оторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

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



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

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

1 ИЗ 2

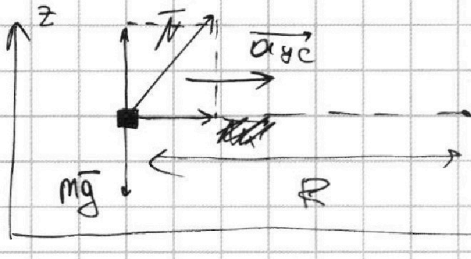
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1 ПУНКТ

Рассмотрим силы, действующие на лётчика:

введём верт. ось z.

вращаем на ось OX!



OX:  $m a_{yc} = N_x$  ①

$a_{yc} = \frac{v^2}{R}$  — центростремительное ускорение

на ось OZ:

OZ:  $N_z = mg$  ②

$N$  — сила реакции опоры, действующая на лётчика

①:  $m \cdot \frac{v^2}{R} = N_x$

$N_x, N_z$  — проекции  $N$  на соотв. оси x и z.

②:  $mg = N_z$

$\sqrt{N_z^2 + N_x^2} = N$

③  $P = N = \sqrt{N_z^2 + N_x^2} = \sqrt{\frac{m^2 v^4}{R^2} + m^2 g^2}$

по м. Пифагора

Пусть  $d$  — искомое соотношение  $\frac{P}{mg}$

$P = N$  — третий з-к, плоскостная

$P = N = \sqrt{N_z^2 + N_x^2}$

$d = \frac{\sqrt{\frac{m^2 v^4}{R^2} + m^2 g^2}}{mg} = \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}$

$d = \sqrt{\frac{v^4}{R^2 g^2} + 1}$

$d = \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}$

$d = \sqrt{\frac{40(7 \cdot 10^4)^4}{(7 \cdot 100)^2 \cdot 10^2} + 9.8} = \sqrt{\frac{7^4 \cdot 10^4 \cdot 7^2}{7^2 \cdot 10^4 \cdot 10^2} + 9.8} = \sqrt{\frac{49}{100} + 9.8}$

$\frac{P}{mg} = d = \sqrt{1.49}$

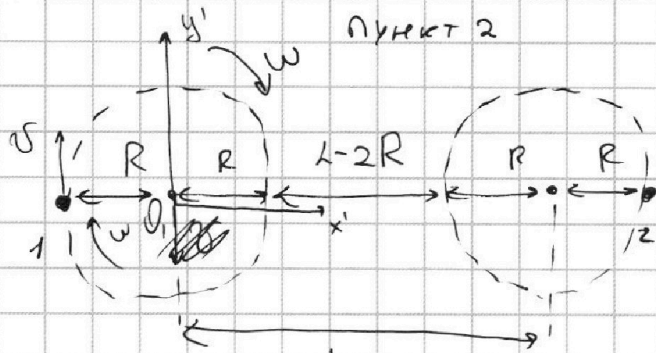


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

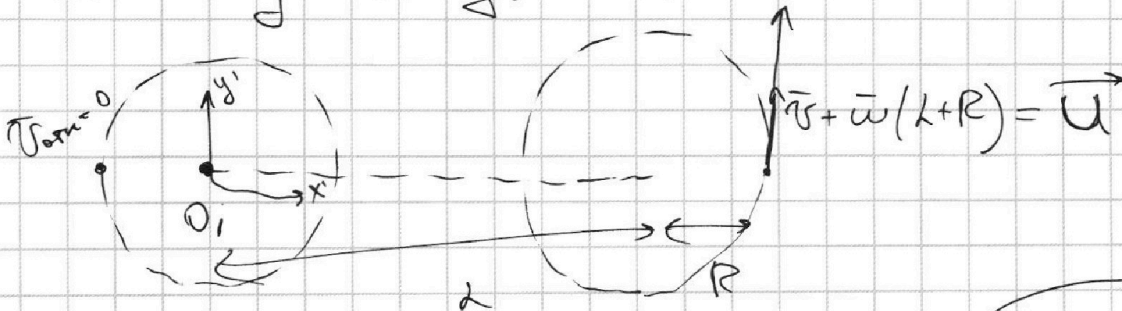


Условие скорости вращения системы  $x'O'y'$  самолёта в С.О.  $x'O'y'$

В С.О., связанной с первым самолётом сам первый самолёт не по движению, а остальные тела вращаются вокруг него ( $\omega_1 = 0$  т.к. самолёт это тело системы)

$\omega_0 = \omega R = v$  Во вращающейся С.О., связанной с 1 самолётом:  $v = \omega R$   $\omega = \frac{v}{R}$

1 самолёт вращается вместе с осью и потому неподвижен в этой С.О.



$$U = v + \omega(L+R) = v + \frac{v}{R}(L+R) = v \left(1 + \frac{L+R}{R}\right)$$

$$U = 70 \frac{m}{c} \left(1 + \frac{2.1 km + 0.7 km}{0.7 km}\right) = 70 \frac{m}{c} \cdot 5 = 350 \frac{m}{c}$$

$$\left(1 + \frac{2.8}{0.7}\right) = 5$$

Ответ:  $\frac{P}{mg} = \sqrt{1.49}$   
 $|\vec{U}| = 350 \frac{m}{c}$ ,  $\vec{U}$  вдоль оси  $y_0$



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.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

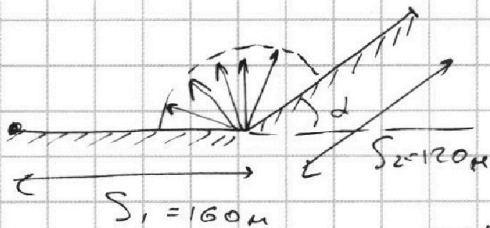
1 ИЗ 4

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

Пункт 1.

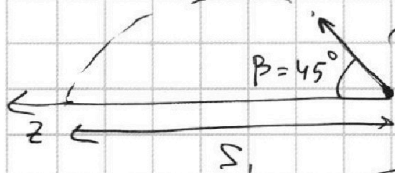
Т.к.  $S_1$  - максимальное перемещение, при угле, под которым лучи освещают, уменьшив на  $S_1 = 45^\circ$



(при заданной конечной скорости луча перемещение максимален при угле отбоя в  $45^\circ$ )

Введем ОЗ:

Выразим  $v_0$  через  $S_1$ :



$$OZ: S_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g} \Rightarrow v_0^2 = \frac{S_1 \cdot g}{\sin 2\beta}$$

$\beta = 45^\circ$

$$v_0 = \sqrt{\frac{S_1 \cdot g}{\sin 2\beta}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{1600 \cdot 10 \frac{m}{c^2}}{1}}$$

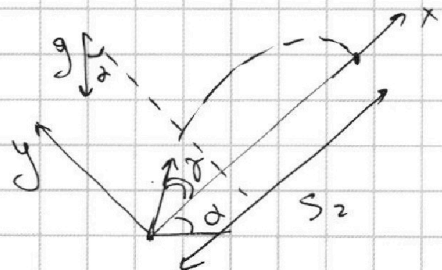
$$\sin 2\beta = \sin 90^\circ = 1$$

$$v_0 = \sqrt{16000 \frac{m^2}{c^2}} = 40 \frac{m}{c}$$

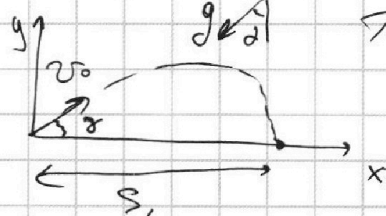
$$v_0 = 40 \frac{m}{c}$$

$$\begin{array}{r} 40 \\ 40 \\ \hline 1600 \end{array}$$

Пункт 2. Определим угол  $\alpha$ :



Введем координатные оси  $x$  и  $y$ :



Пусть  $\beta$  - угол, под которым лучи освещают, уменьшив на  $S_1$ ,  $t$  - время полета

$$OX: S_1 = v_0 \cos \beta t - g \sin \beta \frac{t^2}{2} \quad (1)$$

$$OY: 0 = v_0 \sin \beta t - g \cos \beta \frac{t^2}{2} \quad (2)$$

$$\frac{g \cos \beta \frac{t^2}{2}}{2} = v_0 \sin \beta t \Rightarrow t = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g \cos \beta}$$

$$t = \frac{2 v_0 \cdot \tan \beta}{g}$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

пункт 2 продолжим

~~$$t = \frac{2v_0}{g} \operatorname{tg} \alpha$$~~

$$0 = v_0 \sin \alpha t - g \cos \alpha \frac{t^2}{2}$$

$$\frac{g \cos \alpha t^2}{2} = v_0 \sin \alpha t$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$\textcircled{1}! v_0 \cos \alpha t - g \sin \alpha \frac{t^2}{2} = S_1$$

подставим  $t$ :

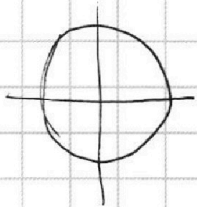
$$v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2 \cos^2 \alpha} = S_1$$

$$\frac{2v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{4v_0^2 \sin \alpha \sin^2 \alpha}{2g \cos^2 \alpha} = S_1$$

$$\frac{2v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cdot \sin^2 \alpha}{g \cos^2 \alpha} = S_1$$

м.к.  $S_1 = \text{MAX}$ ,  $\cos \alpha \cdot \sin \alpha = \text{MAX}$ , а  $\sin^2 \alpha = \text{min}$

$$\frac{2v_0^2}{g \cos \alpha} (\cos \alpha \sin \alpha - \operatorname{tg} \alpha \sin^2 \alpha) = S_1$$

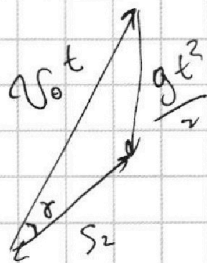


$$(\cos \alpha \sin \alpha)' = 0$$

$$(\sin^2 \alpha)' = 0 = 2$$

$$v_0 t = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}, \quad \frac{g t^2}{2} = \frac{g}{2} \cdot \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2 \cos^2 \alpha} = \frac{2v_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$



неприменяем касусов:

$$\frac{4v_0^4 \sin^4 \alpha}{g^2 \cos^4 \alpha} = \frac{4v_0^4 \sin^2 \alpha}{g^2 \cos^2 \alpha} + S_2^2 - \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cos \alpha} S_2 \cdot \cos \alpha$$



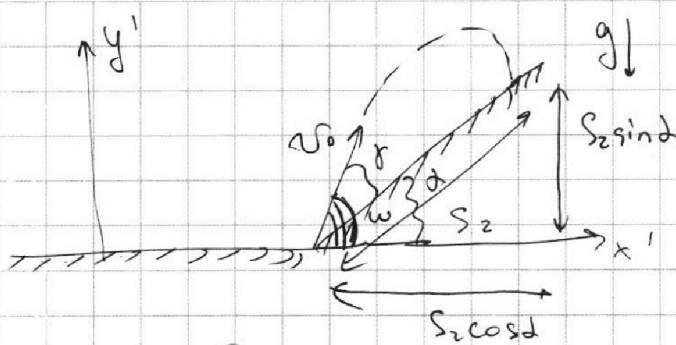
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

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!



OY':

$$S_2 \sin \alpha = v_0 \sin \omega t - \frac{g t^2}{2}$$

$$S_2 \cos \alpha = v_0 \cos \omega t$$

$$t = \frac{S_2 \cos \alpha}{v_0 \cos \omega}$$

$\omega$  - угол наклона к горизонту

~~$$S_2 \sin \alpha = v_0 \sin \omega \cdot \frac{S_2 \cos \alpha}{v_0 \cos \omega}$$~~

~~$$S_2 \sin \alpha = \frac{v_0 \sin \omega \cdot S_2 \cos \alpha}{v_0 \cos \omega} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S_2^2 \cos^2 \alpha}{v_0^2 \cos^2 \omega}$$~~

~~$$S_2 \sin \alpha = S_2 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \omega}{v_0 \cos \omega} - \frac{g S_2^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \omega}$$~~

~~$$\sin \alpha = \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \omega}{v_0 \cos \omega} - \frac{g S_2}{2 v_0^2} \cdot \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \omega}$$~~

$S_2$  максимумом, когда  $\omega = 45^\circ$ !

~~$$\sin \alpha = \cos \alpha \cdot 1 - \frac{g S_2}{2 v_0^2} \cdot \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \omega}$$~~

~~$$\cos^2 45 = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$~~

~~$$\sin \alpha = \cos \alpha \left( 1 - \frac{g S_2}{2 v_0^2} \cos \alpha \right)$$~~

~~$$\frac{g S_2}{2 v_0^2} = \frac{10 \cdot 120}{1600} = \frac{120}{160} = \frac{12}{16} = \frac{3}{4}$$~~

~~$$\sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \cos \alpha \left( 1 - \frac{3}{4} \cos \alpha \right)$$~~

~~$$1 - \cos^2 \alpha = \cos^2 \alpha \left( 1 - \frac{3}{4} \cos \alpha \right)$$~~

~~$$1 - \frac{3}{4} \cos \alpha$$~~

~~$$1 - \cos^2 \alpha = \cos^2 \alpha \left( 1 - \frac{3}{4} \cos \alpha \right)$$~~

~~$$1 - \cos^2 \alpha$$~~

~~$$\sin \alpha = \cos \alpha \left( 1 - \frac{g S_2 \cos \alpha}{2 v_0^2} \right)$$~~

~~$$\frac{g S_2}{2 v_0^2} = \frac{10 \cdot 120}{1600} = \frac{120}{160} = \frac{12}{16} = \frac{3}{4}$$~~

~~$$\sin \alpha = \cos \alpha \left( 1 - \frac{3}{4} \cos \alpha \right)$$~~



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.

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!

$$\sin \alpha = \cos \alpha \left( 1 - \frac{3}{4} \cos \alpha \right)$$

$$1 - \cos^2 \alpha = \cos^2 \alpha \cdot \left( 1 - 1,5 \cos \alpha + \cos^2 \alpha \right)$$

$$1 - \cos^2 \alpha = \cos^2 \alpha - 1,5 \cos^3 \alpha + \cos^4 \alpha$$

$$1 = 2 \cos^2 \alpha - 1,5 \cos^3 \alpha + \cos^4 \alpha$$

$$\cos^4 \alpha - 1,5 \cos^3 \alpha + 2 \cos^2 \alpha - 1 = 0$$

$$\text{Ответ: } \alpha_0 = \arccos \frac{1}{2}$$



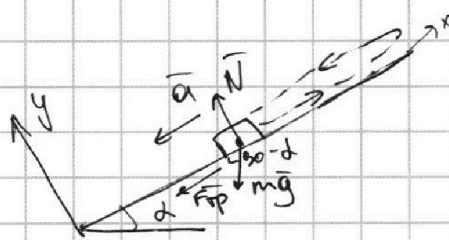
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



и 3 пункта

введем наклонное  $Ox$  и  $Oy$ ,

$\Delta > 0$ , достигли **МАКСИМАЛЬНОЙ** высоты

по траектории!

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8 \frac{m}{c}}{1c} = 8 \frac{m}{c^2}$$

$$\textcircled{Oy}: N = mg \cos \alpha$$

$$\textcircled{Ox}: ma = \mu N + mg \sin \alpha$$

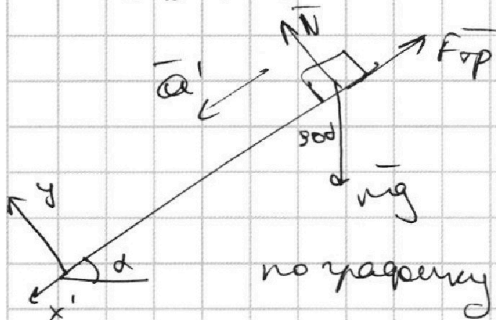
$$ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

введем ось  $x'$ !

После  $\Delta > 0$  достигли

**МАКС. ВЫСОТЫ!**



$$\textcircled{Oy}: N = mg \cos \alpha$$

$$\textcircled{Ox}: ma' = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a' = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

по траектории  $a' = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8 \frac{m}{c}}{2 \cdot 1c} = 4 \frac{m}{c^2}$

выразим  $\sin \alpha$ :

$$\textcircled{1} a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

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

$$\textcircled{2} a' = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$\textcircled{3} \mu g \cos \alpha = g \sin \alpha - a'$$

подставим  $\textcircled{3}$  в  $\textcircled{1}$ :

$$a = g \sin \alpha - a' + g \sin \alpha$$

$$a + a' = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a + a'}{2g}$$

$$\rightarrow \sin \alpha = \frac{8 \frac{m}{c^2} + 4 \frac{m}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 0,6$$

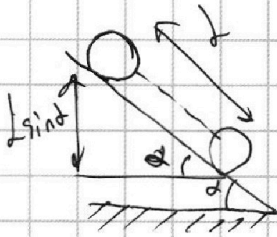


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

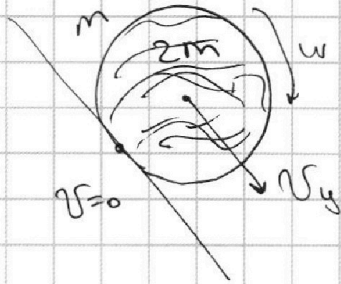


Пункт 2

по теореме Кетнера

$E_{кин} =$

цены  $m$ -масса бочки, когда  $2m$ -масса бочки



по теореме Кетнера

$$E_{кин} = \frac{(m+2m)v^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

кин. энергия  
движения центра  
масс

энергия  
вращения  
бочки, стн.  
ее центра

т.к. кин  
мгновенно  
мгновенно

$$\omega r = v$$

ТОГДА 3 С!

$$E_0 = mgh \sin \alpha$$

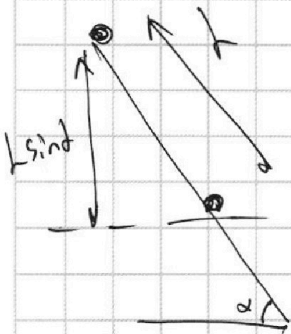
$$E_k = E_{кин} = \frac{m(n+1)v^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = 2mv^2$$

$$E_{кин} = \frac{mv^2}{2}(n+2)$$

$$\frac{mv^2}{2}(n+2) = mgh \sin \alpha$$

$$v^2 = \frac{2gh \sin \alpha}{n+2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gh \sin \alpha}{n+2}}$$



нулевой  
уровень

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{48}}$$

$$v = \sqrt{(0,36 \cdot 5) \frac{m^2}{c^2}}$$

$$v = \sqrt{1,8} \frac{m}{c}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 36 \\ \hline 180 \end{array}$$



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

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!

ПУНКТ 3

определим  $a$ :

$$v_0 = 0 \quad v = at$$
$$v_k = v$$

$$L = \frac{v^2}{2a}$$

$$L = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a}$$

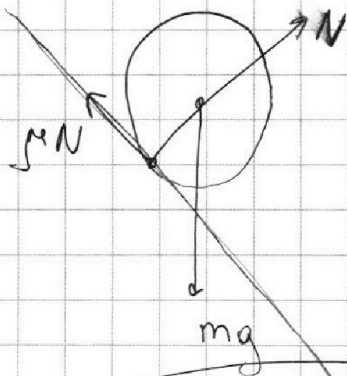
$$2ak = v^2$$

$$a = \frac{v^2}{2L}$$

$$a = \frac{1,8}{2 \cdot 0,6} = \frac{1,8}{1,2} = 1,5 \frac{m}{c^2}$$

ПУНКТ 4

при каких  $\mu$  башка не проскальзывает!



$$\text{Ответ: } 1) \sin \alpha = 0,6$$

$$2) v = \sqrt{1,8} \frac{m}{c}$$

$$3) a = 1,5 \frac{m}{c^2}$$

4) -

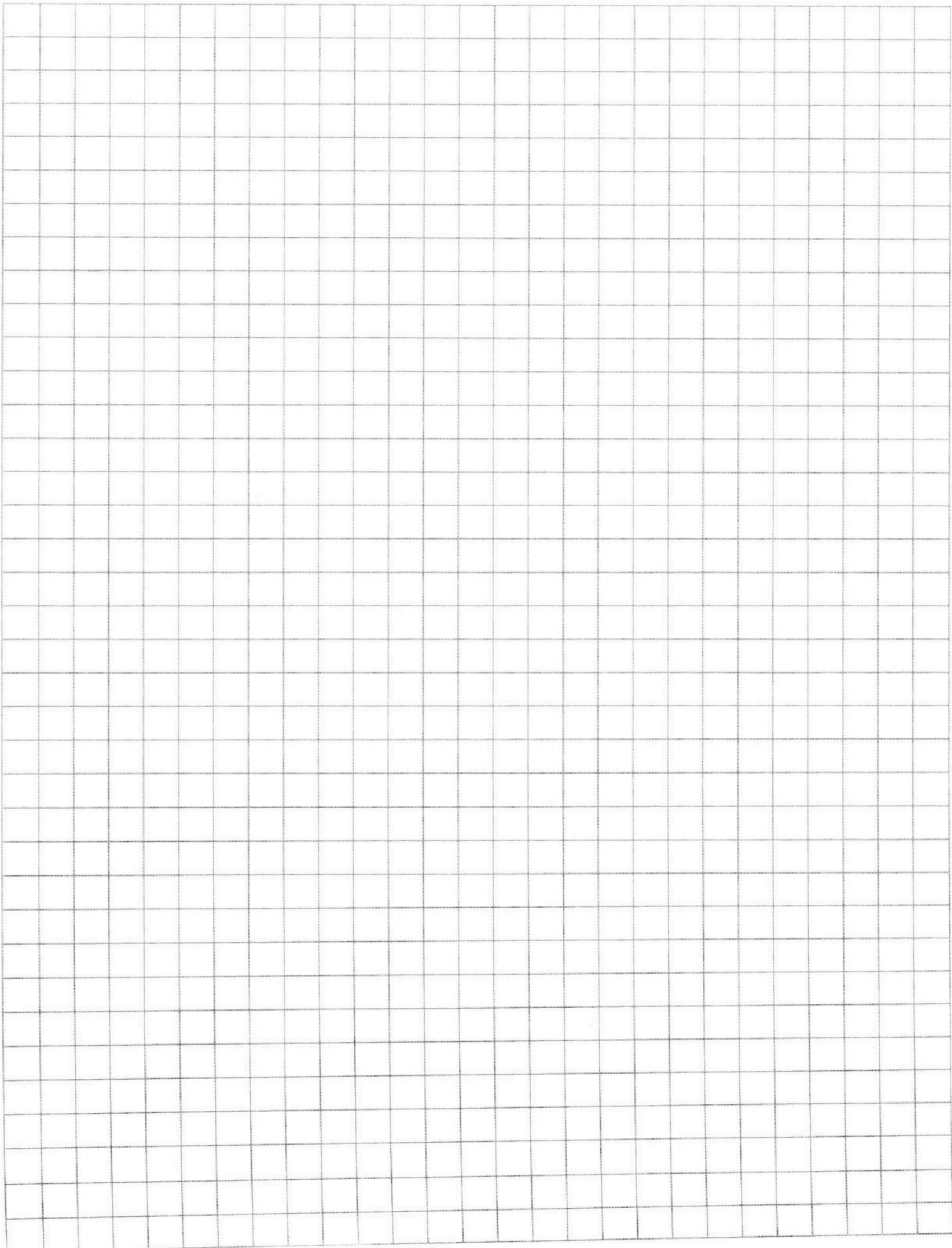


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<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!



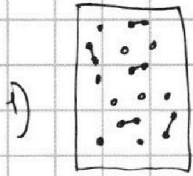


1  2  3  4  5  6  7

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!



$Q = 780 \text{ Дж}$

$\sim 4 \text{ ПУНКТА}$   
 герм-однокатный  $\Delta U_{\text{He}} = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1$   
 озон-двухатомный  $\Delta U_{\text{O}_2} = \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_1$

$V = \text{const}: Q = \Delta U_{\text{He}} + \Delta U_{\text{O}_2} + A_{\text{He}} + A_{\text{O}_2}$

$Q = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_1 = \Delta T_1 R (1,5 \nu_{\text{He}} + 2,5 \nu_{\text{O}_2})$

2)  $p = \text{const} \quad Q = 780 \text{ Дж}$

$Q = \Delta U_{\text{He}}' + A_{\text{газ He}} + \Delta U_{\text{O}_2}' + A_{\text{газ O}_2}$

$\Delta U_{\text{He}}' = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2$

$Q = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2 + A$

$\Delta U_{\text{O}_2}' = \frac{5}{2} \nu_{\text{O}_2} R \Delta T_2$

$Q = \Delta T_2 R (1,5 \nu_{\text{He}} + 2,5 \nu_{\text{O}_2}) + A$

$A_{\text{газ He}} + A_{\text{газ O}_2} = A = p \Delta V$

1)  $1,5 \nu_{\text{He}} + 2,5 \nu_{\text{O}_2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R}$

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

2)  $Q = \Delta T_2 R \cdot \frac{Q}{\Delta T_1 R} + A$

$A = 780 \text{ Дж} \left(1 - \frac{20 \text{ К}}{31,2 \text{ К}}\right)$

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

$\frac{780}{31,2} = 25$

$A = 780 \text{ Дж} \cdot \frac{14}{39} = 280 \text{ Дж}$

Пункт 2

$\frac{2000312}{1872} = 166,206$

$\frac{200}{312} = \frac{100}{156} = \frac{50}{78} = \frac{25}{39}$

определим  $C_p$ :

$1 - \frac{25}{39} = \frac{39}{39} - \frac{25}{39} = \frac{14}{39}$

$Q = C_p \Delta T_2$

$C_p = \frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{780 \text{ Дж}}{20 \text{ К}} = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

$\frac{14}{20} = 0,7$

$\frac{780}{39} = 20$



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!

Пункт 3: ~~R задан постоянная~~

определим  $\frac{N_1}{N_2}$ ;  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_{N1}}{V_{N2}}$

$V = \frac{N}{N_A}$ , где  $N_A$  - число Авогадро,  
а  $N$  - количество молекул

газа  $\Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\nu_{N1}}{\nu_{N2}}$

①:  $1,5V_{N1} + 2,5V_{N2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R}$   $\times 2$

$3V_{N1} + 5V_{N2} = \frac{2Q}{\Delta T_1 R}$

$3V_{N1} = \frac{2Q}{\Delta T_1 R} - 5V_{N2}$

$V_{N2} = \frac{2Q}{5\Delta T_1 R} - \frac{3}{5}V_{N1}$

$5V_{N2} = \frac{2Q}{\Delta T_1 R} - 3V_{N1}$

$3V_{N1} + 5V_{N2} = \frac{(Q-A) \cdot 2}{R \Delta T_2}$

$(1,5V_{N1} + 2,5V_{N2}) R \Delta T_2 = Q - A$

$\frac{V_{N1}}{V_{N2}} = \frac{V_{N1}}{\frac{2Q}{5\Delta T_1 R} - \frac{3}{5}V_{N1}}$

~~1) 1~~

2)  $P_{\Delta V} = (V_{N1} + V_{N2}) R \Delta T_2$   $1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{14}{39}$

$P_{\Delta V} = A_{газа} = A$

~~A~~  $A = (V_{N1} + V_{N2}) R \Delta T_2$

$V_{N1} + V_{N2} = \frac{A}{R \Delta T_2} = \frac{Q(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1})}{R \Delta T_2} = \frac{14}{39} \frac{Q}{R \Delta T_2}$

$A = Q(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1})$

$V_{N1} = \frac{14}{39} \frac{Q}{R \Delta T_2} - V_{N2}$

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!

$$V_{N2} + V_{Me} = \frac{14Q}{39R_0T_2}$$

$$V_{N2} = \frac{14Q}{39\Delta T_2 R} - V_{Me}$$

$$3V_{Me} + 5V_{N2} = \frac{2Q}{\Delta T_1 R}$$

$$3V_{Me} + \frac{70Q}{39R_0T_2} - 5V_{Me} = \frac{2Q}{\Delta T_1 R}$$

$$\frac{70Q}{39R_0T_2} - \frac{78Q}{39R_0T_1} = 2V_{Me}$$

$$\frac{70Q_0T_1 - 78Q_0T_2}{39R_0\Delta T_1} = 2V_{Me}$$

$$V_{Me} = \frac{Q(70\Delta T_1 - 78\Delta T_2)}{78R_0\Delta T_1}$$

$$V_{N2} = \frac{284Q_0T_1}{78R_0T_2R_0\Delta T_1} - \frac{Q(70\Delta T_1 - 78\Delta T_2)}{78R_0\Delta T_1}$$

$$V_{N2} = \frac{284Q_0T_1 - Q(28\Delta T_1 - 70\Delta T_1 + 78\Delta T_2)}{78R_0\Delta T_1}$$

$$\frac{V_{NR}}{V_{N2}} = \frac{Q(70\Delta T_1 - 78\Delta T_2)}{78R_0\Delta T_1} \cdot \frac{78R_0\Delta T_1}{Q(78\Delta T_2 - 42\Delta T_1)}$$

$$\frac{V_{Me}}{V_{N2}} = \frac{70\Delta T_1 - 78\Delta T_2}{78\Delta T_2 - 42\Delta T_1}$$

$$70\Delta T_1 = 70 \cdot 3,2 = 2184 \text{ K}$$

$$78\Delta T_2 = 1560 \text{ K}$$

$$\frac{2184}{12} = 182$$

$$\frac{2184 - 1560}{624} = 1$$

$$= \frac{1560}{624} = \frac{780}{312} = \frac{390}{156}$$

$$= \frac{135}{78}$$

$$\begin{array}{r} 2496 \\ -24 \\ \hline 2472 \\ -42 \\ \hline 2430 \\ \hline 2496 \\ \hline 36 \\ \hline 390 \\ \hline 390 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 312 \\ \times 42 \\ \hline 624 \\ 1248 \\ \hline 13104 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6240 \\ -3120 \\ \hline 3120 \\ \times 312 \\ \hline 6240 \\ 3120 \\ \hline 15600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15600 \\ -13104 \\ \hline 2496 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2496 \\ -24 \\ \hline 2472 \\ -42 \\ \hline 2430 \\ \hline 2496 \\ \hline 36 \\ \hline 390 \\ \hline 390 \\ \hline 0 \end{array}$$



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

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!

Ответ: 1)  $A = 280 \text{ Дж}$

2)  $C_p = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

3)  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{195}{78}$



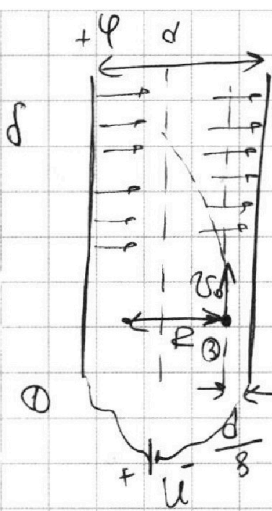
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



пункт 1  
 $U = (\varphi - (-\varphi)) = 2\varphi$  пусть  $q$  - заряд ( $q = \gamma \cdot m$ )

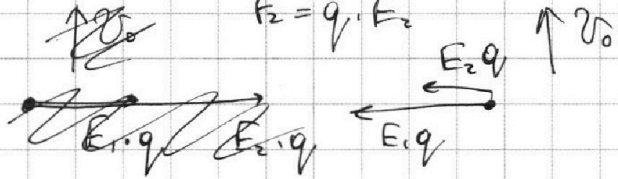
① рассмотрим силы, действующие на заставку!

$$F_{\text{колл}} = \frac{d}{\epsilon_0}$$

напряженность  
внутри  
конденсатора

$$F_1 = q \cdot E_1$$

$$F_2 = q \cdot E_2$$



$$\frac{m v_0^2}{R} = E_1 q + E_2 q$$

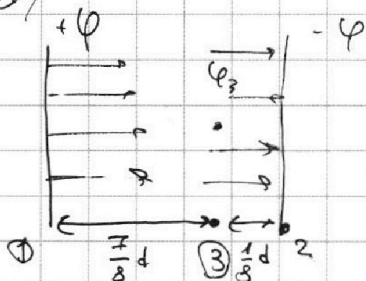
$$\frac{m}{q} \cdot \frac{v_0^2}{R} = E_1 + E_2$$

$$\frac{m}{q} \cdot \frac{v_0^2}{R} = E_{\text{колл}} \quad \text{①}$$

$$\gamma = \frac{q}{m} \text{ где } q - \text{ заряд}$$

вещице,  
ам-масса  
вещицы

$$\gamma < 0$$



$\varphi - (-\varphi)$

$$(\varphi - (-\varphi)) = E_{\text{колл}} d \Rightarrow E_{\text{колл}} = \frac{2\varphi}{d}$$

$$E_{\text{колл}} = \frac{2\varphi}{d} = \frac{U}{d}$$

$U$  - напряжение  
на конденсаторе

$$\text{①: } \frac{m}{q} \cdot \frac{v_0^2}{R} = \frac{U}{d}$$

$$\frac{v_0^2}{R \gamma} = \frac{U}{d} \rightarrow v_0^2 = \frac{U \cdot R \cdot \gamma}{d}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{U R \gamma}{d}}$$

м.к.  $\gamma < 0$ , но и  $q < 0$

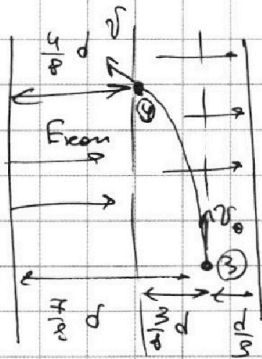


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



пункт 2

~~Энергетическая~~

$W_0$  - начальная энергия частицы

$W_k$  - конечная энергия частицы,

ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} + \varphi_3 q = \frac{m v^2}{2} + \varphi_4 q$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + q(\varphi_3 - \varphi_4) = \frac{m v^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$m v_0^2 + 2q(\varphi_3 - \varphi_4) = m v^2 \quad | : m$$

$$v_0^2 + 2 \frac{q}{m} (\varphi_3 - \varphi_4) = v^2$$

$$v_0^2 + 2 \frac{q}{m} \cdot \left(-\frac{3}{8} U\right) = v^2$$

$$v_0^2 - \frac{3}{4} U = v^2$$

$$v_0^2 - \frac{3}{4} U = v^2$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{3}{4} U}$$

$$v = \sqrt{\frac{U R \gamma}{d} - \frac{3}{4} U} = \sqrt{U \gamma \left(\frac{R}{d} - \frac{3}{4}\right)}$$

$$v_0^2 = \frac{U \cdot R \cdot \gamma}{d}$$

$U$  - напряжение на конденсаторе

$$\varphi_3 - \varphi_4 = -\frac{3}{8} d \cdot E_{\text{кон}}$$

"-", т.к. движение идёт против  $\vec{E}$ .

$$\varphi_3 - \varphi_4 = -\frac{3}{8} \gamma \cdot \frac{U}{d} \cdot \left(-\frac{3}{8} U\right)$$

$$E_{\text{кон}} = \frac{U}{d}$$

Ответ:  $v_0 = \sqrt{\frac{U R \gamma}{d}}$   
 $v = \sqrt{U \gamma \left(\frac{R}{d} - \frac{3}{4}\right)}$



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!

$$\frac{Y_{HE}}{Y_{H2}} = \frac{V_{HE}}{\frac{2}{5} \frac{Q}{\Delta T_1} - \frac{3}{5} Y_{HE}} = \frac{\frac{14}{39} \text{ Q}}{R_0 T_2}$$

$$Y_{HE} = \frac{14}{39} \frac{Q}{R_0 T_2}$$

$$\frac{V_{HE}}{Y_{H2}} = \frac{\frac{14}{39 \Delta T_2}}{\frac{2}{5 \Delta T_1} - \frac{14}{65 \Delta T_2}} =$$

$$= \frac{\frac{14}{39 \Delta T_2}}{\frac{26 \Delta T_2 - 14 \Delta T_1}{65 \Delta T_1 \Delta T_2}} = \frac{14}{39 \Delta T_2} \cdot \frac{65 \Delta T_1 \Delta T_2}{26 \Delta T_2 - 14 \Delta T_1} = \frac{14 \cdot 65 \Delta T_1}{39 \cdot (26 \Delta T_2 - 14 \Delta T_1)}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 65 \\ \times 7 \\ \hline 455 \end{array}$$

$$= \frac{14 \cdot 65 \Delta T_1}{39 \cdot (26 \Delta T_2 - 14 \Delta T_1)} = \frac{14 \cdot 65 \cdot 31,2}{39 \cdot 83,2} = \frac{14 \cdot 65 \cdot 312}{39 \cdot 832}$$

$$26 \Delta T_2 - 14 \Delta T_1 = 26 \cdot 20 \text{ K} - 14 \cdot 31,2 \text{ K} = 83,2 \text{ K} = \frac{14 \cdot 65 \cdot 312}{39 \cdot 104} =$$

$$\begin{array}{r} 31,2 \\ \times 14 \\ \hline 1248 \\ + 312 \\ \hline 436,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 26 \\ \times 20 \\ \hline 520 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 520,0 \\ - 436,8 \\ \hline 83,2 \end{array}$$

$$\frac{312}{832} = \frac{156}{416} = \frac{78}{208} = \frac{39}{104}$$

$$= \frac{14 \cdot 65}{39} = \frac{455}{104}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 65 \\ \times 7 \\ \hline 455 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 312 \\ \times 13 \\ \hline 65 \end{array}$$

$$\frac{14}{65}$$

$$\frac{2}{5} = \frac{26}{65}$$

$$= \frac{14 \cdot 65 \cdot 312}{39 \cdot 104} =$$

$$= \frac{455}{104}$$



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!

$$V_{N_2} + V_{He} = \frac{14 Q}{38 R \Delta T_2}$$

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

$$V_{N_2} = \frac{14 Q}{38 R \Delta T_2} - V_{He}$$

$$3 V_{He} + 5 \left( \frac{14 Q}{38 R \Delta T_2} - V_{He} \right) = \frac{2 Q}{\Delta T_1 R}$$

$$3 V_{He} + \frac{5 \cdot 14 Q}{38 R \Delta T_2} - 5 V_{He} = \frac{2 Q}{\Delta T_1 R}$$

$$\frac{70 Q}{38 R \Delta T_2} - \frac{2 Q}{\Delta T_1 R} = 2 V_{He}$$

$$\frac{70 Q}{38 R \Delta T_2} - \frac{78 Q}{38 R \Delta T_1} = 2 V_{He}$$

$$\frac{70 Q \Delta T_1 - 78 Q \Delta T_2}{38 R \Delta T_1 \Delta T_2} = 2 V_{He}$$

$$V_{He} = \frac{Q (70 \Delta T_1 - 78 \Delta T_2)}{78 R \Delta T_1 \Delta T_2}$$

$$V_{N_2} = \frac{Q (70 \Delta T_1 - 39 \Delta T_2)}{78 R \Delta T_1 \Delta T_2}$$

$$\frac{V_{He}}{V_{N_2}} = \frac{Q (70 \Delta T_1 - 78 \Delta T_2)}{78 R \Delta T_1 \Delta T_2} \cdot \frac{78 R \Delta T_1 \Delta T_2}{Q (28 \Delta T_1 - 70 \Delta T_1 + 39 \Delta T_2)}$$

$$\frac{V_{He}}{V_{N_2}} = \frac{70 \Delta T_1 - 78 \Delta T_2}{39 \Delta T_2 - 42 \Delta T_1} = \frac{20 \cdot 31,2 - 78 \cdot 20}{39 \cdot 20 - 42 \cdot 31,2}$$

$$70 \Delta T_1 - 78 \Delta T_2 =$$

$$= 20 \cdot 31,2 - 78 \cdot 20 = (2184 - 1560) K = 624 K$$

$$\begin{array}{r} 39 \\ \times 20 \\ \hline 780 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2184 \\ - 780 \\ \hline 1404 \end{array}$$



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 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!

