



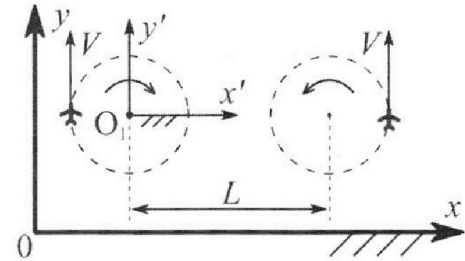
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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/с².

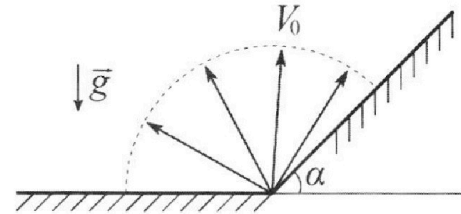


1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.

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.

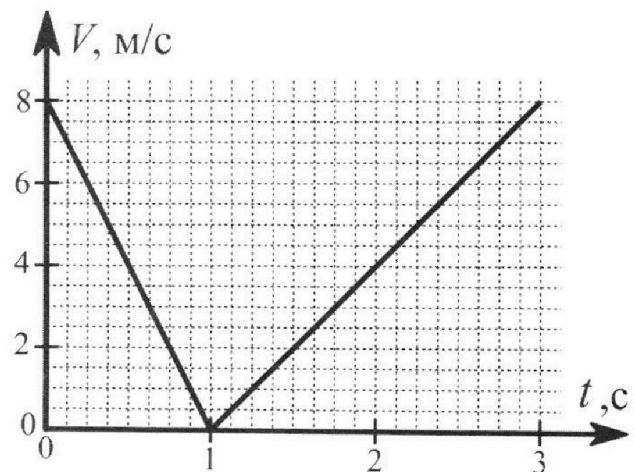
2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U} .

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/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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

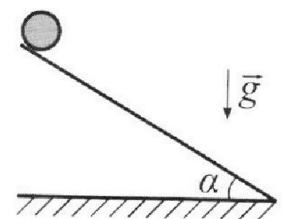
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



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

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды 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 μ 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

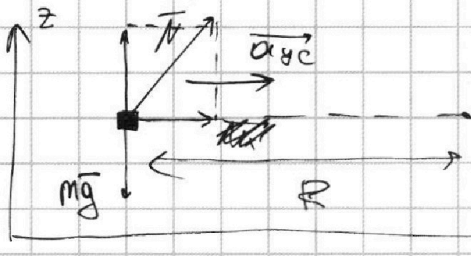
СТРАНИЦА

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

на ось OZ:

OZ: $N_z = mg$ ②

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

N — сила реакции опоры, действующая на лётчика

①: $m \cdot \frac{v^2}{R} = N_x$

②: $mg = N_z$

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

Углы α — искомого соотношения $\frac{P}{mg}$

$P = N$ — третий з-к, плоскостная

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

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

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

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

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

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

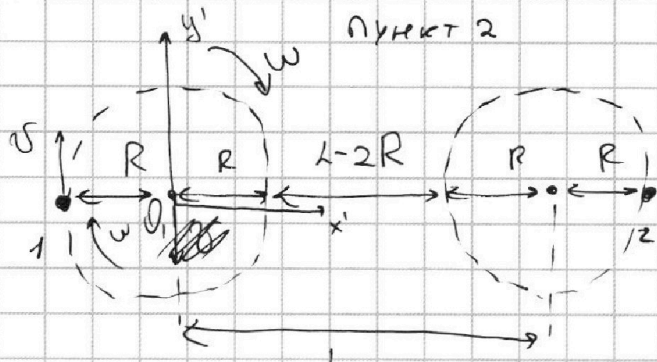


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

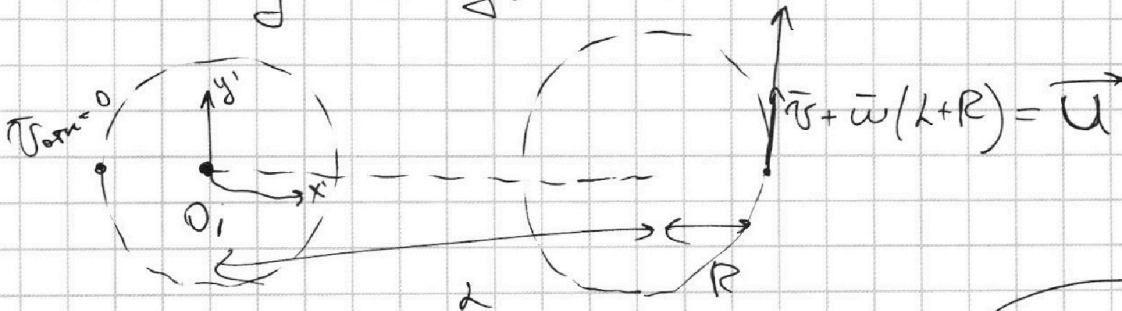


Условие скорости вращения системы $x'O'y'$ самолёта в С.О. $x'O'y'$

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

$\omega_0 = \omega R = v$ 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

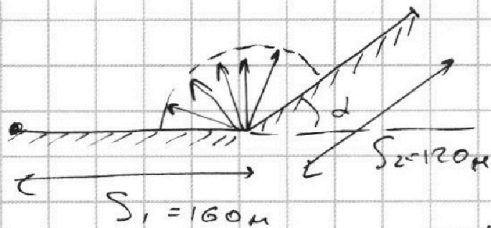
СТРАНИЦА

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.

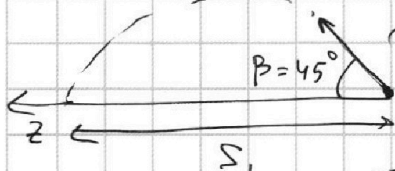


Т.к. S_1 - максимальное перемещение, при угле, под которым летел снаряд, уменьшив на $\alpha_1 = 45^\circ$

(при заданной начальной скорости угол перемещения максимален при угле броска в 45°)

Введем ОЗ:

Выразим v_0 через S_1 :



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

$\beta = 45^\circ$

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

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

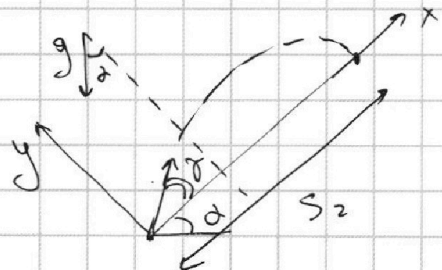
$$\sin 2\beta = \sin 90^\circ = 1$$

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

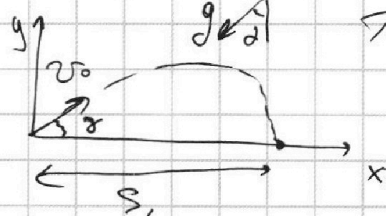
$$v_0 = 40 \frac{m}{c}$$

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

Пункт 2. Определим угол α :



Введем координатные оси x и y ;



Пусть δ - угол, под которым снаряд, уменьшив на S_1 , t - время полета

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

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

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

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



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 :

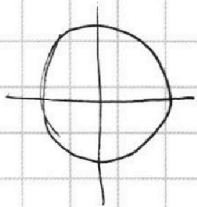
$$v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2 \cos^2 \alpha} = S_1$$

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

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

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

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

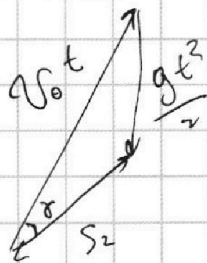


$$(\cos \alpha \sin \alpha)' = 0$$

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

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

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



неприменяем касусов:

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

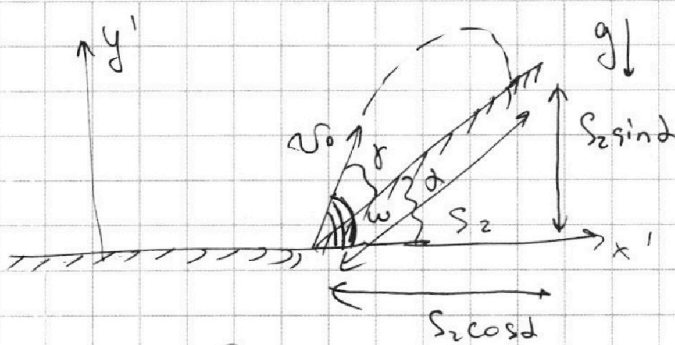
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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' :
 $S_2 \sin \delta = v_0 \sin \omega t - \frac{g t^2}{2}$

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

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

ω - угол наклона к горизонту

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

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

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

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

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

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

~~$\cos^2 45 = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ $\sin \delta = \cos \delta \left(1 - \frac{g S_2}{2 v_0^2} \cos \delta \right)$~~

~~$\frac{g S_2}{2 v_0^2} = \frac{6 \cdot 120}{1600} = \frac{6}{16} = \frac{3}{8}$~~

~~$\sqrt{1 - \cos^2 \delta} = \cos \delta \left(1 - \frac{3}{8} \cos \delta \right)$~~

~~$1 - \cos^2 \delta = \cos^2 \delta \left(1 - \frac{3}{8} \cos \delta \right)$~~

~~$1 - \frac{3}{8} \cos \delta$~~

~~$1 - \cos^2 \delta = \cos^2 \delta \left(1 - \frac{3}{8} \cos \delta \right)$~~

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

$\frac{g S_2}{2 v_0^2} = \frac{6 \cdot 120}{1600} = \frac{120}{160} = \frac{12}{16} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$

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



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!

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

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

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

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

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

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

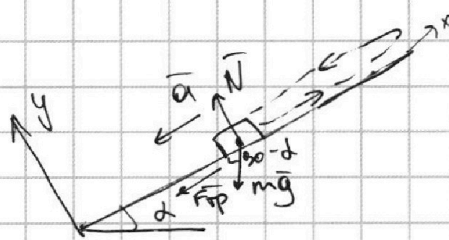
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

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

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

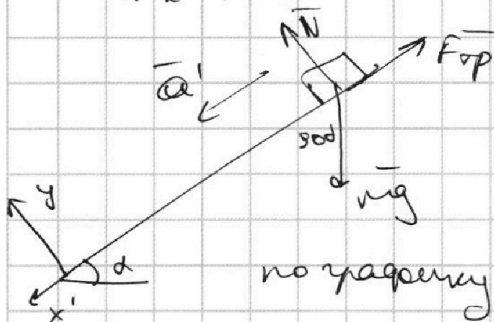
$$\textcircled{Ox}: ma = \mu N + mg \sin \alpha$$

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

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

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 $\textcircled{1}$:

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

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

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

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

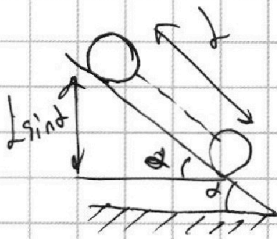


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

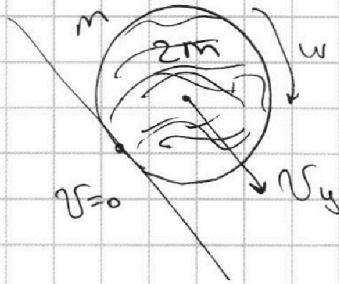


Пункт 2

по теореме Кеттла

$E_{кин} =$

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



по теореме Кеттла

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

кин. энергия
движения центра
масс

энергия
вращения
бочки, отн.
ее центра

т.к. кин
механизм, $\omega r = v$

$$\omega r = v$$

ТОГДА 3 С!

$$E_0 = mgh \sin \alpha$$

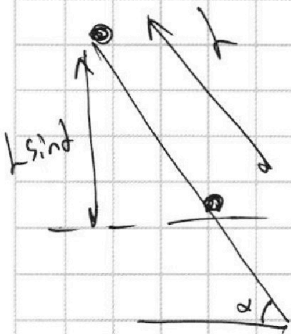
$$E_k = E_{кин} = \frac{m(n+1)v^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = 2mv^2$$

$$E_{кин} = \frac{mv^2}{2}(n+2)$$

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

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

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



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 :

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

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

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

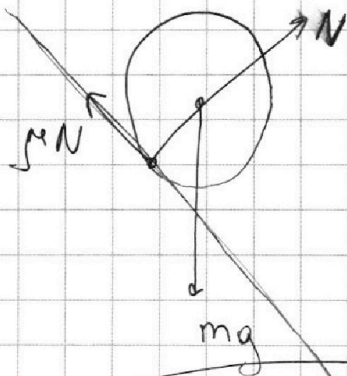
$$2ak = v^2$$

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

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

ПУНКТ 4

при каких μ башка не проскальзывает!



Ответ: 1) $\sin \alpha = 0,6$

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

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

4) -

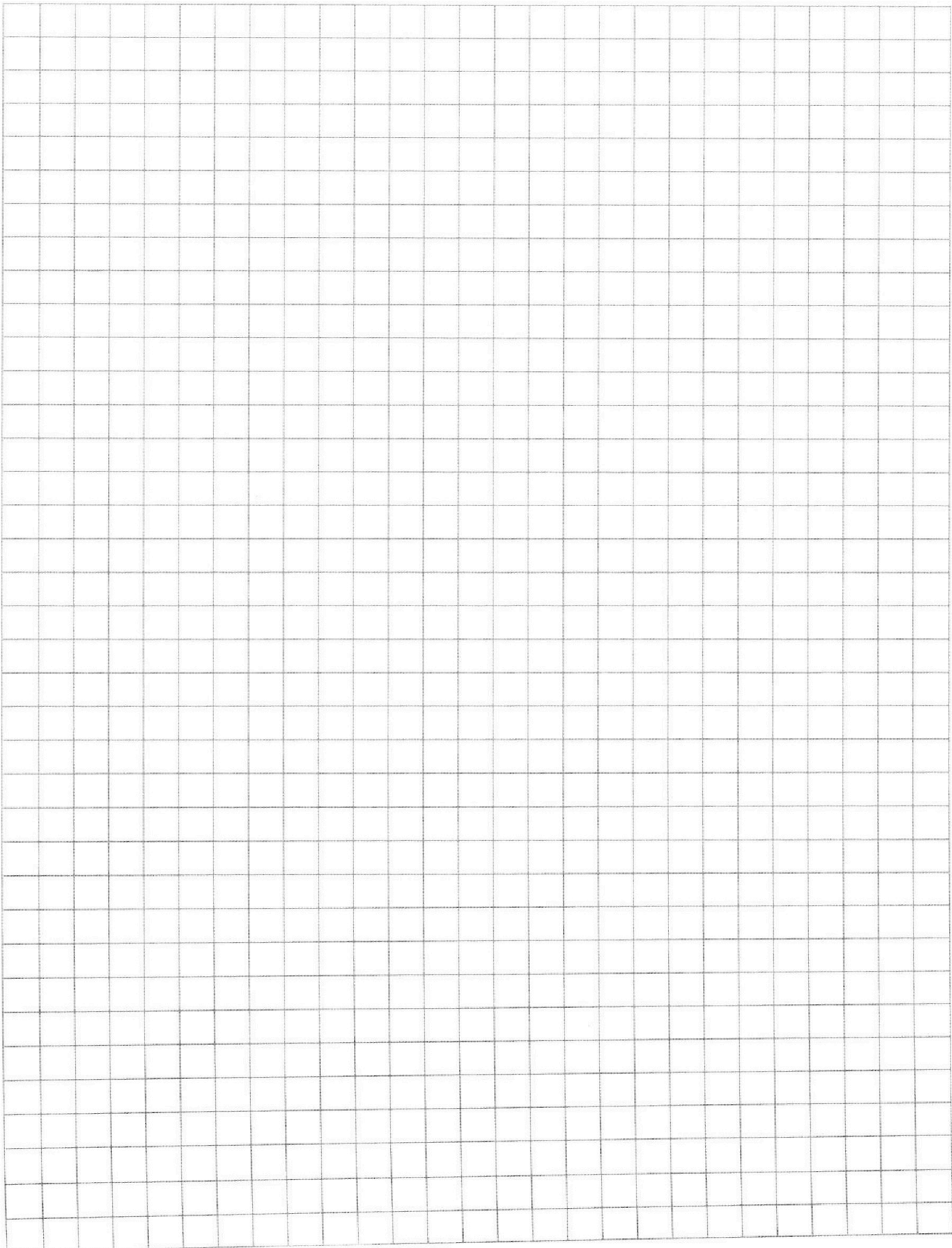


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

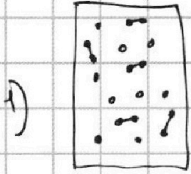




1 2 3 4 5 6 7

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-однокатомный $\Delta U_{\text{He}} = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} R \Delta T_1$
 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) $Q = \Delta T_2 R \cdot \frac{Q}{\Delta T_1 R} + A$

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

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

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

$A = 780 \text{ Дж} \cdot \frac{14}{39} = 20 \text{ Дж} \cdot 14 = 280 \text{ Дж}$

Пункт 2

$\frac{2000312}{1872} = 106,6$

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

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

также $\Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{N1}}{V_{N2}}$

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

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

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

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

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

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

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

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

~~1)~~

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!

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

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

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

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

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

$$\frac{70Q\Delta T_1 - 78Q\Delta T_2}{39R_0\Delta T_1\Delta T_2} = 2V_{Me}$$

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

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

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

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

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

$$70\Delta T_1 = 70 \cdot 31,2 = 2184 \text{ K}$$

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 2496 \\ -24 \\ \hline 2472 \\ -42 \\ \hline 2430 \\ \frac{390}{145} \\ \hline 2430 \\ -2430 \\ \hline 0 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 6240 \\ 3120 \\ \hline 9360 \\ \frac{780}{156} \\ \hline 5 \\ \times 2 \\ \hline 10 \\ 1560 \\ -1310 \\ \hline 2496 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2496 \\ -24 \\ \hline 2472 \\ -42 \\ \hline 2430 \\ \frac{390}{145} \\ \hline 2430 \\ -2430 \\ \hline 0 \end{array}$$



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

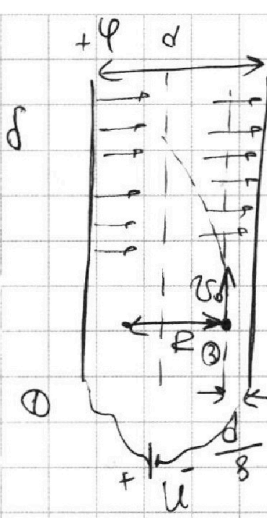
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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 ($q = \gamma \cdot m$) частицы

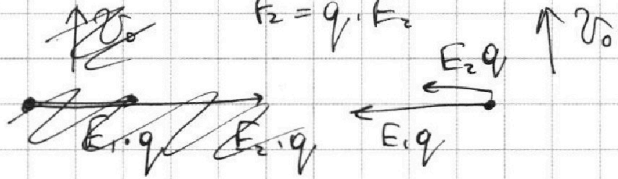
① рассмотрим силы, действующие на частицу!

$$E_{\text{кон}} = \frac{d}{\epsilon_0}$$

напряженность
внутри
конденсатора

$$F_1 = q \cdot E_1$$

$$F_2 = q \cdot E_2$$



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

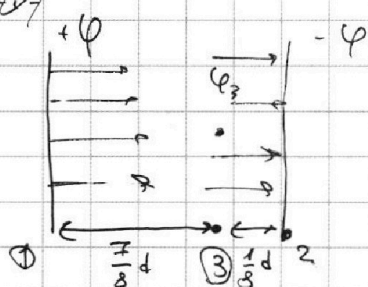
$$\frac{m}{q} \cdot \frac{v_0^2}{R} = E_1 + E_2$$

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

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

величина,
амплитуда
вещицы

$$\gamma < 0$$



$\varphi - (-\varphi)$

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

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

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 $q < 0$

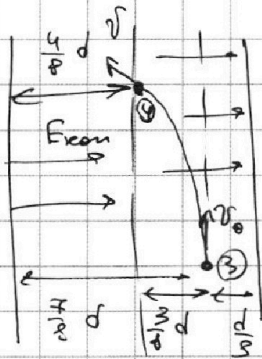


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

~~Энергия~~

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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{14 \cdot 65}{104 \cdot 52} = \frac{455}{52}$$

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



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
_ 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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 70 \cdot 31,2 - 78 \cdot 20 = (2184 - 1560) K = 624 K$$

$$\frac{58}{14} \times \frac{5}{70} = \frac{58}{70}$$

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

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

$$\frac{70 Q \Delta T_1 - 39 Q \Delta T_2}{38 R \Delta T_1 \Delta T_2} = 2 V_{He}$$

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

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

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

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

$$= 70 \cdot 31,2 - 78 \cdot 20 = (2184 - 1560) K = 624 K$$

$$\frac{39}{780} \times \frac{2184}{1404} = \frac{2184}{1404}$$



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!

