



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

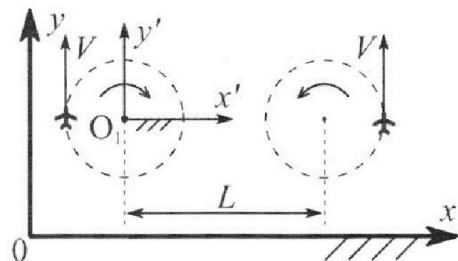
Вариант 10-02

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.

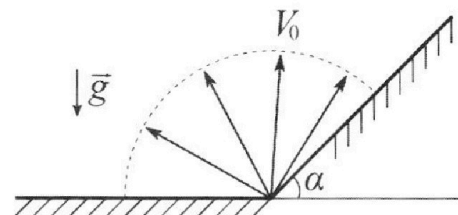
1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



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.



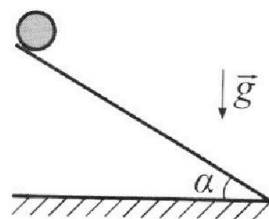
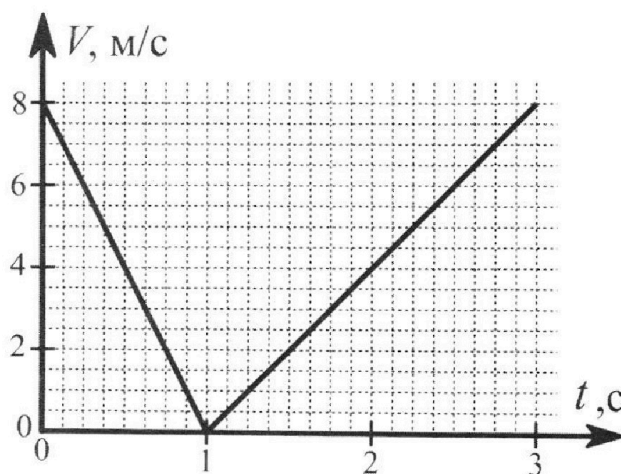
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите угол α , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

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?



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

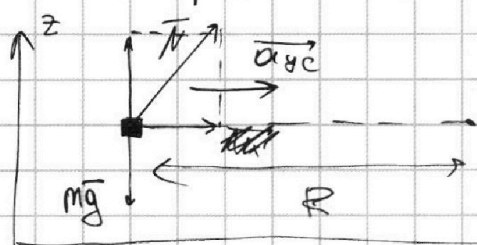
СТРАНИЦА

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.

выберем на ось OX!

OX: $ma_{yc} = N_x$ ①

на ось OZ:

OZ: $N_z = mg$ ②

N - сила реакции
опоры, действующая
на лётчика

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. Ньютона

$\vec{P} = -\vec{N}$ - притяг-
з-е, плоскостная

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

Пусть λ - искомое соотно-
шение $\frac{P}{mg}$

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

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

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

$\lambda = \sqrt{\frac{40(7 \cdot 10^4)^4}{(7 \cdot 100)^2 \cdot 10^2} + 1} = \sqrt{\frac{7^4 \cdot 10^4 \cdot 7^2}{7^2 \cdot 10^4 \cdot 10^2} + 1} = \sqrt{\frac{49}{100} + 1}$

$\frac{P}{mg} = \lambda = \sqrt{1,49}$

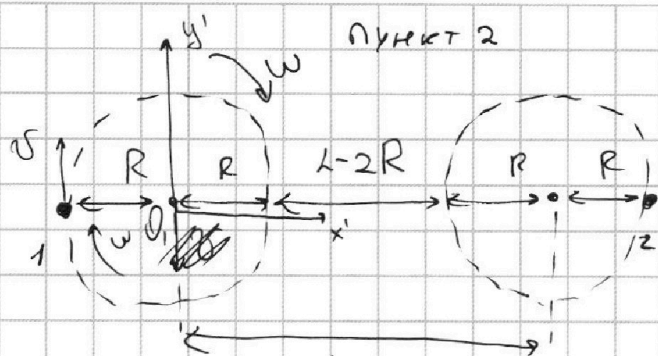


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



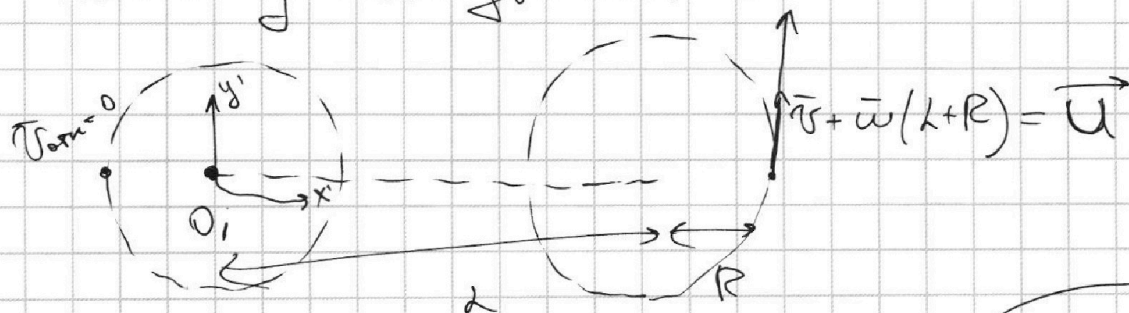
Пусть w -
угловая скорость
вращения системы
 $x'O_1y'$ самолёта
в С.О. $x'O_2y'$

В С.О., связанной с первым самолётом, сам
первый самолёт неподвижен, 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.



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

$$U = 70 \frac{\text{м}}{\text{с}} \left(1 + \frac{2,1 \text{ км} + 0,7 \text{ км}}{0,7 \text{ км}}\right) = 70 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 5 = 350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\left(1 + \frac{2,8}{0,7}\right) = 5$$

Ответ: $\frac{P}{mg} = \sqrt{1,49}$
 $|\vec{U}| = 350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $\vec{U}$ вдоль оси y .



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

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

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

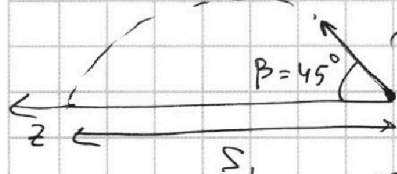
Пункт 1.

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

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

Введем OZ :

Выразим V_0 через S_1 :



$$OZ: S_1 = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{g} \Rightarrow V_0^2 = \frac{S_1 g}{\sin 2\beta}$$

$$\beta = 45^\circ$$

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

$$V_0 = \sqrt{\frac{S_1 g}{\sin 2\beta}}$$

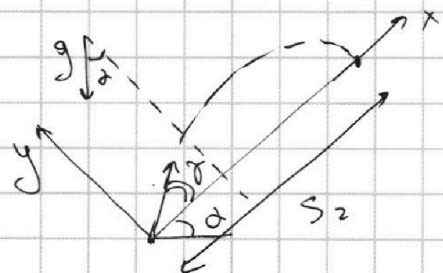
$$V_0 = \sqrt{\frac{1600 \frac{m}{s} \cdot 10 \frac{m}{c^2}}{1}}$$

$$V_0 = \sqrt{16000 \frac{m^2}{c^2}} = 40 \frac{m}{c}$$

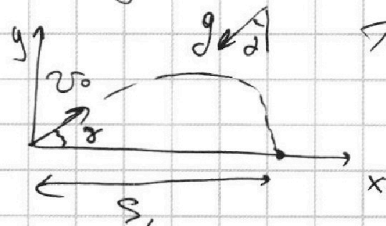
$$V_0 = 40 \frac{m}{c}$$

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

Пункт 2. Определим угол α :



Введем координатные оси x и y :



Пусть δ - угол, под которым брошен осколок, отнесенный на S_1 , т.е. время полета

$$OX: S_1 = V_0 \cos \delta t - g \sin \delta \frac{t^2}{2} \quad (1)$$

$$OY: 0 = V_0 \sin \delta t - g \cos \delta \frac{t^2}{2} \quad (2)$$

$$\frac{g \cos \delta t^2}{2} = 2 V_0 \sin \delta t \Rightarrow t = \frac{2 V_0 \sin \delta}{g \cos \delta}$$

$$t = \frac{2 V_0 \cdot \tan \delta}{g}$$



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 продолжение

$$t = \frac{2V_0}{g} \tan \alpha$$

$$0 = V_0 \sin \alpha t - g \cos \alpha \frac{t^2}{2}$$

$$\frac{g \cos \alpha t^2}{2} = V_0 \sin \alpha t$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$①: V_0 \cos \alpha t - g \sin \alpha \frac{t^2}{2} = S_1$$

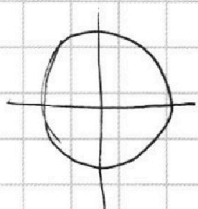
подставляем t: $V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4V_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2 \cos^2 \alpha} = S_1$

$$\frac{2V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{4V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g \cos^2 \alpha} = S_1$$

$$\frac{2V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g \cos \alpha} - \frac{2V_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cos^2 \alpha} = S_1$$

н.к. $S_1 = \max$, $\cos \alpha \cdot \sin \alpha = \max$, а $\sin^2 \alpha = \min$

$$\frac{2V_0^2}{g \cos \alpha} (\cos \alpha \sin \alpha - \sin^2 \alpha) = S_1$$

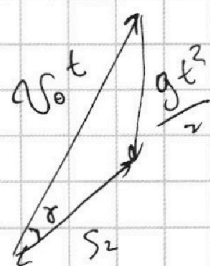


$$(\cos \alpha \sin \alpha)' = 0$$

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

$$V_0 t = \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}, \quad \frac{g t^2}{2} = \frac{2V_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cos^2 \alpha} = \frac{2V_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$



неприменяем:

$$\frac{4V_0^4 \sin^4 \alpha}{g^2 \cos^4 \alpha} = \frac{4V_0^4 \sin^4 \alpha}{g^2 \cos^4 \alpha} + S_2^2 - \frac{4V_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cos \alpha} S_2 \cdot \cos \alpha$$



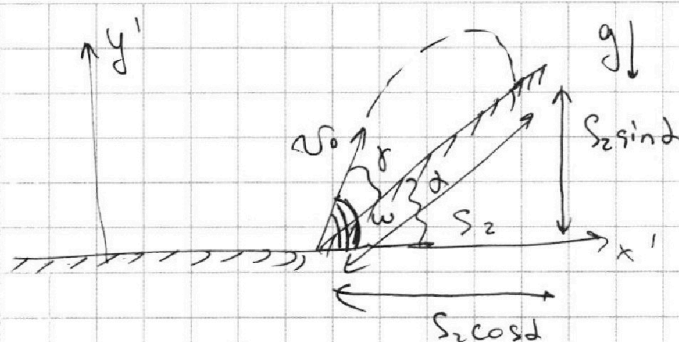
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



ω - угол броска к наклонной

ОУ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

~~$$\frac{g S_2}{2 v_0^2} = \frac{10 \cdot 120}{2 \cdot 1600} = \frac{6}{16} = \frac{3}{8}$$~~

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

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

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

~~$$1 - \cos^2 \alpha = \cos^2 \alpha - \frac{3}{8} \cos^3 \alpha$$~~

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

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

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



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!

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

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

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

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

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

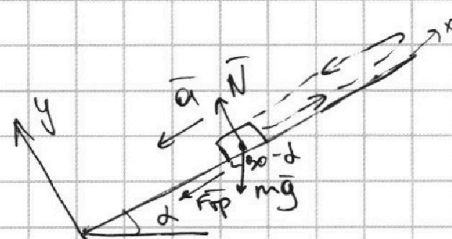
$$\text{Ответ: } \alpha_0 = \arccos \frac{1}{2}$$



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!



~ 3 пункта

введём наклонное Ox и Oy ,

ΔO достижет **максимальной** высоты

по условию!

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

введём ось x' !

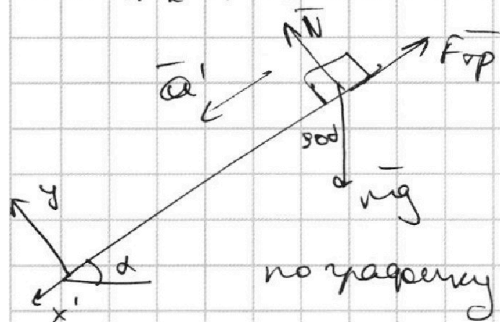
После Δ достигнет **макс. высоты**!

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

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

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

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



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

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

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

по условию $a' = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8 \frac{m}{c}}{(3-1)c} = 4 \frac{m}{c^2}$

выразим $\sin \alpha$:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

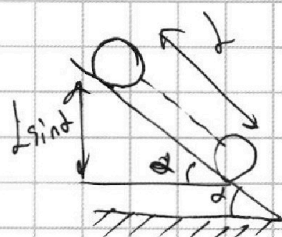


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

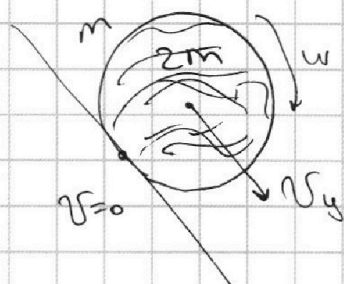


Пункт 2

по теореме Кёнига

$E_{кин} =$

масса m - масса бочки, масса $2m$ - масса бочки



по теореме Кёнига

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

кин. энергия
движения центра
масс

энергия
вращения
бочки, отн.
ее центра

т.к. кин.
массы одинаковы,
 $\omega r = v$

тогда 3СЭ!

$$E_0 = mgh \sin \alpha$$

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

$$E_{кин} = \frac{mv^2}{2}(n+2)$$

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

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

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

$$v = \sqrt{(0.36 \cdot 5) \frac{m^2}{s^2}}$$

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

$$v = \sqrt{1.8} \frac{m}{s}$$



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 :

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

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

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

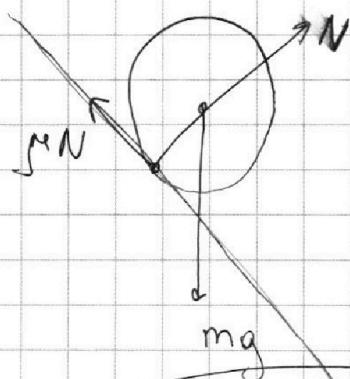
$$2aL = v^2$$

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

$$a = \frac{1,8}{2 \cdot 0,6} = \frac{1,8}{1,2} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Пункт 4

при каких μ башка не проскальзывает?



Ответ: 1) $\sin \alpha = 0,6$

2) $v = \sqrt{1,8} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) $a = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

4) -

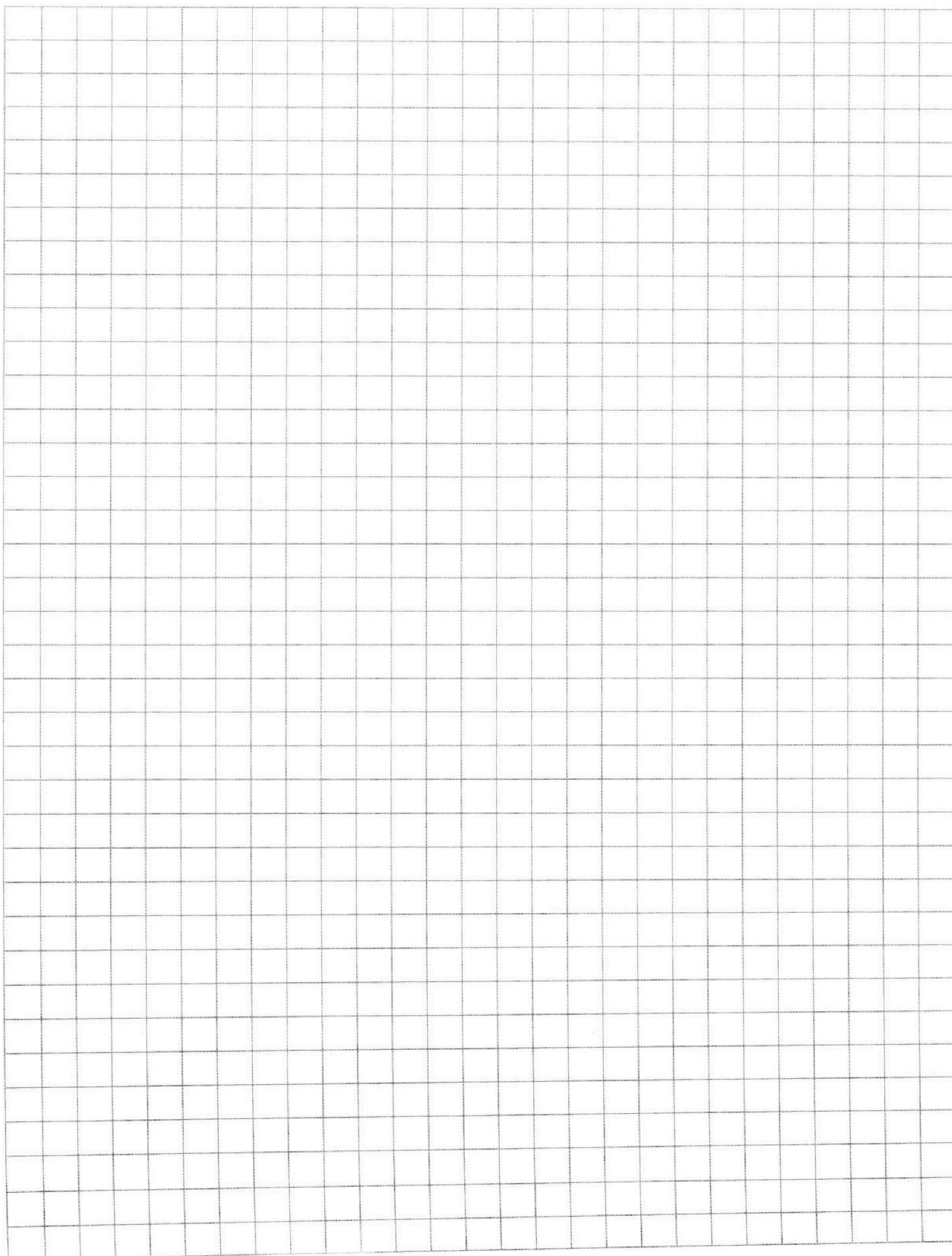


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!

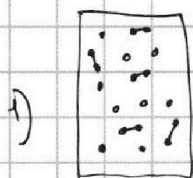




1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

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!



$Q = 780 \text{ Дж}$

ген-однотомный
 озм-двухтомный
 $\sim 4 \text{ ПУНКТА}$
 $\Delta U_{He} = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1$
 $\Delta U_{N_2} = \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_1$

$V = \text{const}: Q = \Delta U_{He} + \Delta U_{N_2} + A_{He} + A_{N_2}$

$Q = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_1 = \Delta T_1 R (1,5 \nu_{He} + 2,5 \nu_{N_2})$

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

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

$\Delta U_{N_2}' = \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2$

$A_{\text{газ He}} + A_{\text{газ N}_2} = A = P \Delta V$

$Q = \Delta U_{He}' + A_{\text{газ He}} + \Delta U_{N_2}' + A_{\text{газ N}_2}$

$Q = \frac{3}{2} \nu_{He} R \Delta T_2 + \frac{5}{2} \nu_{N_2} R \Delta T_2 + A$

$Q = \Delta T_2 R (1,5 \nu_{He} + 2,5 \nu_{N_2}) + A$

1) $1,5 \nu_{He} + 2,5 \nu_{N_2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R}$

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

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

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

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

$A = 780 \text{ Дж} \cdot \frac{14}{39} = 280 \text{ Дж} \cdot 1,4 = 280 \text{ Дж}$

Пункт 2

определим C_p :

$Q = C_p \Delta T_2$

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

$$\begin{array}{r} 780 \\ \times 312 \\ \hline 1560 \\ 15600 \\ 156000 \\ \hline 242400 \end{array}$$

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

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

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

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

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



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:

~~2 задача не решена~~

определим $\frac{N_1}{N_2}$:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_{He}}{V_{N_2}}$$

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

$$\Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{He}}{V_{N_2}}$$

$$\textcircled{1}: 1,5V_{He} + 2,5V_{N_2} = \frac{Q}{\Delta T_1 R} \quad \times 2$$

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

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

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

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

$$(1,5V_{He} + 2,5V_{N_2})R\Delta T_2 = Q - A$$

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

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

~~1)~~

$$2) P_{\Delta V} = (V_{He} + V_{N_2})R\Delta T_2$$

$$1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{14}{39}$$

$$P_{\Delta V} = A_{газа} = A$$

$$A = (V_{He} + V_{N_2})R\Delta T_2$$

$$V_{He} + V_{N_2} = \frac{A}{R\Delta T_2}$$

$$= \frac{Q(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1})}{R\Delta T_2} = \frac{14}{39} \frac{Q}{R\Delta T_2}$$

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

$$V_{He} = \frac{14}{39} \frac{Q}{R\Delta T_2} - V_{N_2}$$

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



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 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!

$$V_{N2} + V_{N1} = \frac{14Q}{39R_0T_2}$$

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

$$3V_{N1} + \frac{70Q}{39R_0T_2} - 5V_{N1} = \frac{2Q}{\Delta T_1 R}$$

$$\frac{70Q}{39R_0T_2} - \frac{78Q}{39R_0T_1} = 2V_{N1}$$

$$\frac{70Q\Delta T_1 - 78Q\Delta T_2}{39R_0\Delta T_1\Delta T_2} = 2V_{N1}$$

$$V_{N1} = \frac{Q(70\Delta T_1 - 78\Delta T_2)}{78R_0\Delta T_1\Delta T_2}$$

$$V_{N2} = \frac{284Q\Delta T_1}{78R_0T_2\Delta T_1} - \frac{Q(70\Delta T_1 - 78\Delta T_2)}{78R_0\Delta T_2\Delta T_1}$$

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

$$\frac{V_{N1}}{V_{N2}} = \frac{Q(70\Delta T_1 - 78\Delta T_2)}{78R_0\Delta T_1\Delta T_2} \cdot \frac{78R_0\Delta T_2\Delta T_1}{Q(78\Delta T_2 - 42\Delta T_1)}$$

$$\frac{V_{N1}}{V_{N2}} = \frac{70\Delta T_1 - 78\Delta T_2}{78\Delta T_2 - 42\Delta T_1}$$

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

$$78\Delta T_2 = 1560K$$

$$\begin{array}{r} 2184 \\ - 1560 \\ \hline 624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1560 \\ - 624 \\ \hline 936 \end{array} = \frac{936}{312} = 3$$

$$\begin{array}{r} 2496 \\ - 24 \\ \hline 2472 \\ - 42 \\ \hline 2430 \\ - 2 \\ \hline 2428 \\ - 19 \\ \hline 2409 \\ - 18 \\ \hline 2391 \end{array}$$

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

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

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

$$\begin{array}{r} 2496 \\ - 24 \\ \hline 2472 \\ - 42 \\ \hline 2430 \\ - 19 \\ \hline 2409 \\ - 18 \\ \hline 2391 \end{array}$$



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?

$F_{\text{кол}} = \frac{d}{\epsilon_0}$ направление силы конденсатора

$F_1 = q \cdot E_1$
 $F_2 = q \cdot E_2$

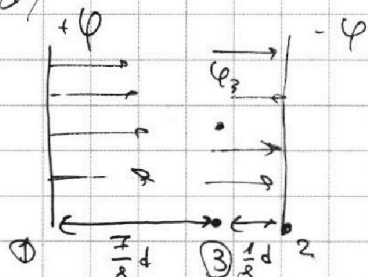
$\frac{m v_0^2}{R} = E_1 q + E_2 q$

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

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

$\gamma = \frac{q}{m}$ где q - заряд
частицы,
масса
частицы

$\gamma < 0$



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

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

U - напряжение на конденсаторе

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

$\frac{m}{q} = \frac{1}{\gamma}$

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

м.к. $\gamma < 0$, но $q < 0$

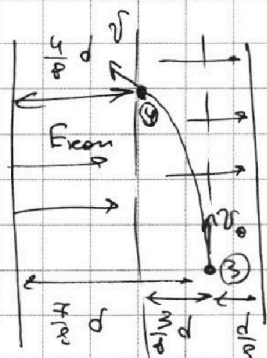


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

~~Е - начальная~~

W_0 - начальная энергия частицы

W_k - конечная энергия частицы,

ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} + \varphi_3 q = \frac{mv^2}{2} + \varphi_4 q$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + q(\varphi_3 - \varphi_4) = \frac{mv^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$mv_0^2 + 2q(\varphi_3 - \varphi_4) = mv^2 \quad | : m$$

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

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

$$v_0^2 - 2 \cdot \frac{3}{8} U = v^2$$

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

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

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

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

U - напряжение на конденсаторе

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

"-", т.к. движение идёт против E .

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

$$E_{\text{кон}} = \frac{U}{d}$$

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!

$$\frac{Y_{ne}}{Y_{n2}} = \frac{Y_{ne}}{\frac{2}{5} \frac{Q}{\Delta T R} - \frac{3}{5} Y_{ne}} = \frac{\frac{14}{39} \text{ Q}}{R_0 T_2}$$
$$Y_{ne} = \frac{14}{39} \text{ Q}$$
$$\frac{Y_{ne}}{R_0 T_2}$$

$$\frac{Y_{ne}}{Y_{n2}} = \frac{\frac{14}{39 \Delta T_2}}{\frac{2}{5 \Delta T_1} - \frac{14}{65 \Delta T_2}}$$

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

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

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

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

$$= \frac{14 \cdot 65 \cdot 31,2}{39 \cdot 83,2} = \frac{14 \cdot 65 \cdot 312}{39 \cdot 832}$$

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

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

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

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

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

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

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



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!

$$\begin{aligned} \begin{cases} V_{N2} + V_{He} &= \frac{14 Q}{38 R \Delta T_2} \\ 3 V_{He} + 5 V_{N2} &= \frac{2 Q}{\Delta T_1 R} \end{cases} \quad V_{N2} = \frac{14 Q}{38 R \Delta T_2} - V_{He} \end{aligned}$$
$$3 V_{He} + 5 \cdot \frac{14 Q}{38 R \Delta T_2} - 5 V_{He} = \frac{2 Q}{\Delta T_1 R}$$
$$\frac{70 Q}{38 R \Delta T_2} - \frac{2 Q}{\Delta T_1 R} = 2 V_{He}$$
$$\frac{70 Q}{38 R \Delta T_2} - \frac{78 Q}{38 R \Delta T_1} = 2 V_{He}$$
$$\frac{70 Q \Delta T_1 - 78 Q \Delta T_2}{38 R \Delta T_1 \Delta T_2} = 2 V_{He}$$
$$V_{He} = \frac{Q (70 \Delta T_1 - 78 \Delta T_2)}{78 R \Delta T_1 \Delta T_2}$$
$$\frac{V_{He}}{V_{N2}} = \frac{Q (70 \Delta T_1 - 78 \Delta T_2)}{78 R \Delta T_1 \Delta T_2} \cdot \frac{78 R \Delta T_2 \Delta T_1}{Q (28 \Delta T_1 - 70 \Delta T_2 + 38 \Delta T_2)}$$
$$\frac{V_{He}}{V_{N2}} = \frac{70 \Delta T_1 - 38 \Delta T_2}{38 \Delta T_2 - 42 \Delta T_1} = 1404 K$$
$$70 \Delta T_1 - 38 \Delta T_2 = 1404 K$$
$$= 70 \cdot 31,2 - 38 \cdot 20 = (2184 - 780) K = 1404 K$$
$$\begin{array}{r} 38 \\ \times 20 \\ \hline 780 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2184 \\ - 780 \\ \hline 1404 \end{array}$$



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
☐

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!

