Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 600$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 15$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 10$ К.

1. Найдите работу A смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_{\Gamma}}{N_{К}}$ числа атомов гелия к числу молекул кислорода в смеси.

Указание: внутренняя энергия двухатомного газа кислорода $U = \frac{5}{2}PV$.

5. Частица с удельным зарядом $\gamma = \frac{q}{m} > 0$ движется между обкладками плоского конденсатора. Заряды обкладок конденсатора $Q > 0$ и $-Q$, ёмкость конденсатора C, расстояние между обкладками d. В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам со скоростью V_0 на расстоянии $d/4$ от положительно заряженной обкладки.

1.Найдите радиус R кривизны траектории в этот момент времени.

Через некоторое время посл е вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

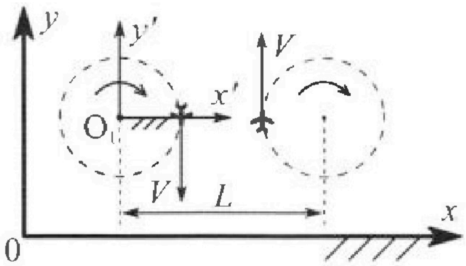
2. С какой по величине скоростью V движется в этот момент частица?

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями $V = 80$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса R=800 м. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2.

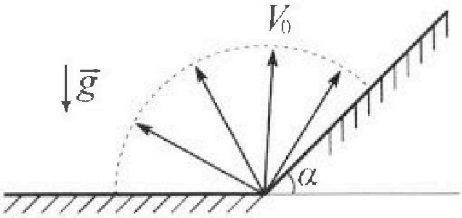


1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

В некоторый момент времени с амолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей L=2 км. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

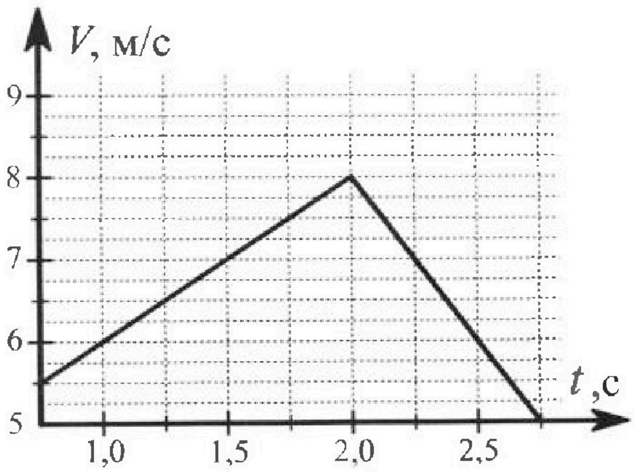
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол $\alpha = 30^0$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков $T = 9$ с. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



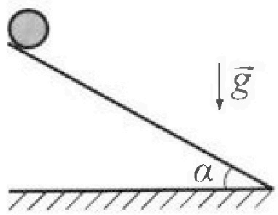
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

3. *В первом опыте* на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2.



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 равна массе бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



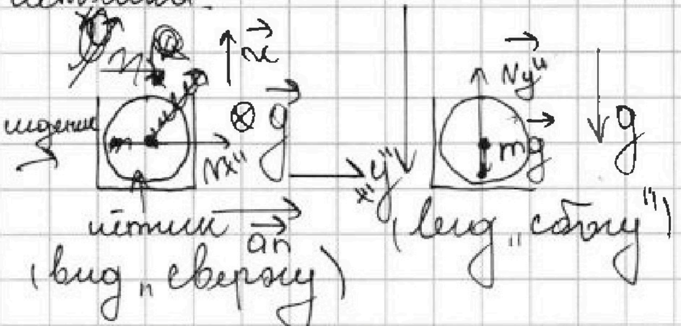
2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения по вертикали на h=0,3 м?
3. Найдите ускорение a, с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?

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

1 [x] 2 [ ] 3 [ ] 4 [ ] 5 [ ] 6 [ ] 7 [ ]

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!

Решение: Рассмотрим силы, действующие на летчика.



Летчик, вместе с самолетом летит по окружности с $v = 80\frac{м}{с} = const$. Значит $a_\tau = 0$, а $a_n = \frac{v^2}{R}$.

По 2-ому з-ну Ньютона $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_n$

на OX'': $N_{x''} = ma_n$

на OY'': $mg - N_{y''} = 0$. Т.к. $N_{x''} \perp N_{y''}$, то $N_{x''}^2 + N_{y''}^2 = N^2$

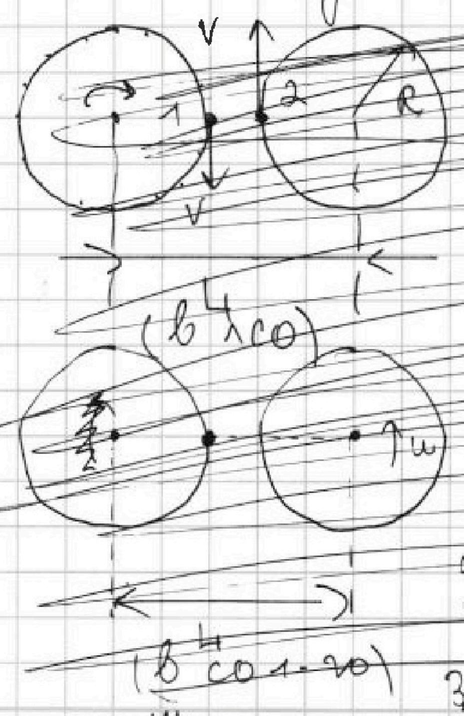
При этом $|\vec{N}| = |\vec{P}|$. Отсюда $N = \sqrt{m^2a_n^2 + m^2g^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow P = \sqrt{a_n^2+g^2}\,m \Rightarrow \frac{P}{mg} = \sqrt{\left(\frac{a_n}{g}\right)^2+1} = \sqrt{1+\left(\frac{v^2}{gR}\right)^2} \Rightarrow \frac{P-mg}{mg} = \sqrt{1+\left(\frac{v^2}{gR}\right)^2}-1$

$\delta = \left(\sqrt{1+\left(\frac{v^2}{gR}\right)^2} - 1\right)\cdot 100\%$. $\delta = \left(\sqrt{1+\left(\frac{(80\frac{м}{с})^2}{10\frac{м}{с^2}\cdot 800м}\right)^2} - 1\right)\cdot 100\%$

$\delta \approx 28\%$.

Рассмотрим ситуацию, когда самолёты максимально сблизились.



~~Перейдем в СО первого самолета (левого). Тогда весь „мир" начнет вращаться со угловой скоростью ω (по модулю) ($\omega = \frac{V}{R}$). Скорость центра правой окружности $v_n = \omega(L-R) = \frac{V}{R}(L-R)$. Пусть прошел маленький промежуток времени Δt. Тогда $\Delta t\,\omega = \Delta\varphi$. Т.к. $\Delta t \ll \frac{2\pi R}{v}$, будем считать все смещения вертикальные (т.к. $\cos\Delta\varphi \approx 1$). Из геометрии $AB = v\Delta t = (L-2R)\Delta\varphi + R\Delta\varphi = (L-R)\omega\Delta t$. Значит $v = V\frac{L-R}{R} \Rightarrow v = 80\frac{м}{с}\cdot\frac{2000м - 800м}{800м}$ ($CB = \Delta\varphi(L-2R)$; $BC = R\Delta\varphi$)~~

~~$v = 120\frac{м}{с}$~~

Ответ: $\delta \approx 28\%$, $v = 120\frac{м}{с}$ ~~(ΔOCG - от смещения 2 самолёта отн. 2-ой окружности)~~

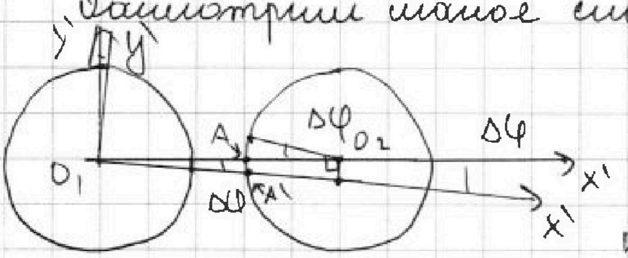
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
X						

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!

Рассмотрим малое смещение 1-го самолёта.



Вместе с ним повернулась вся СО $x'O_1y'$.

$\Delta\varphi << 1$ рад

Отсюда следует, что центр O_1 в данной СО сместился на $\Delta\varphi L = \Delta y_1$

Δx: пренебрегаем, т.к. $1 - \cos\Delta\varphi \approx \frac{\Delta\varphi^2}{2} << \Delta\varphi << 1$)

С другой стороны 2-ой самолёт сместился на Δy_2, при этом повернувшись также на $\Delta\varphi$

$\Delta y_2 = \Delta\varphi R$. С другой стороны точка A (указана на рисунке) сместилась на $\Delta\varphi(L-R) = y_3$.

т.к. $\Delta x << \Delta y$, то 2-ой самолёт „удалился" от O_1 на $\Delta y = \Delta y_3 + \Delta y_2 = \Delta\varphi(L-R+R) = \Delta\varphi L$

Заметим, что $\Delta\varphi = \omega\Delta t$, а $\Delta y = v\Delta t$. Отсюда

$v\Delta t = \omega\Delta t L \Rightarrow v = \omega L$; $\omega = \frac{V}{R} \Rightarrow v = V\frac{L}{R} \Rightarrow v = 80\frac{м}{с}\cdot\frac{2000м}{800м}$

$v = 200\frac{м}{с}$

Ответ: 1) $\delta \approx 28\%$ 2) $v = 200\frac{м}{с}$.

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.

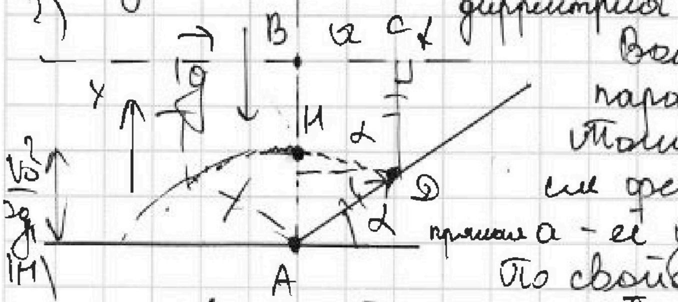
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 1

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

Решение: 1) Наибольшую продолжительность полёта будут иметь осколки, летящий вертикально вверх; значит $T = \frac{2V_0}{g}$ (в силу обратимости движения): ~~T = ...~~ $\Rightarrow V_0 = \frac{Tg}{2} = \frac{9c \cdot 10\frac{м}{с^2}}{2} = 45\frac{м}{с}$.

2)



Воспользуемся свойствами параболы безопасности.

Точка A (откуда вылетают фейерверки) — фокус параболы; прямая a — её директриса.

По свойствам параболы, расстояние от произвольной её точки до фокуса и директрисы равны. Значит из четырёхугольника ABCD, AD = CD. Значит: $S + S\sin(\alpha) = AB$. H — точка наивысшего подъёма. По св-ам параболы $AH = HB$, при этом $AH = \frac{V_0^2}{2g}$ (ур-ние равноускоренного движения на ось y). Значит $AB = AH + HB$, $AB = \frac{V_0^2}{g}$. Отсюда $S = \frac{V_0^2}{g(1+\sin\alpha)}$ $S = \frac{(45\frac{м}{с})^2}{10\frac{м}{с^2}(1+\frac{1}{2})} = \frac{45 \cdot 2 \cdot 45}{10 \cdot 3}$ м

$S = 135$ м

Ответ: 1) $V_0 = 45\frac{м}{с}$ 2) $S = 135$ м.

P.S. (внутри параболы безопасности по определению находятся все точки, куда могут попасть осколки).

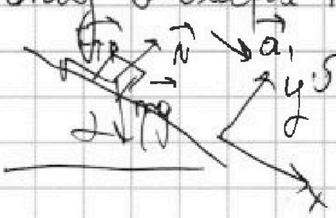
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Решение:

1) Найдём ускорения шайбы при скатывании вниз и ~~вверх~~ подъёме вверх.



Из теоремы и 2-го зна Ньютона:

~~$N = \mu mg$~~ $N = mg\cos\alpha$ (на Ox)

$ma_1 = (mg\sin\alpha - F_{тр}$ ($F_{тр} = \mu N$)

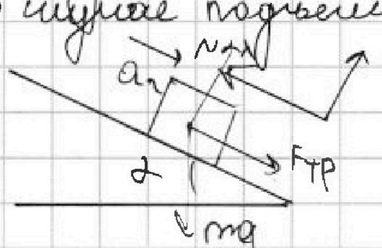
$ma_1 = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$

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

В случае подъёма: $Ox: N = mg\cos\alpha$

$F_{тр} = \mu N$, $a_2 m = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha$

$a_2 = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$



Откуда $a_1 + a_2 = 2g\sin\alpha$

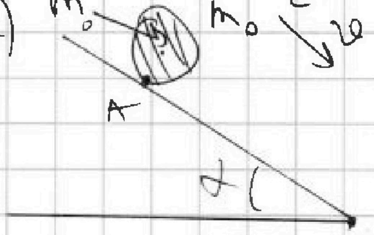
$\sin\alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g}$, $\sin\alpha = \frac{6\frac{м}{с^2}}{2\cdot 10\frac{м}{с^2}} = 0,3.$

(Из графиков) ~~$a_1 = |\vec{a}_1| = 1,25\frac{м}{с^2}$~~ ~~$a_2 = |\vec{a}_2| =$~~

$a_1 = |\vec{a}_1| = 2\frac{м}{с^2}$

$a_2 = |\vec{a}_1| = 4\frac{м}{с^2}$

2)



Если бочка катится без проскальзывания, для неё выполняется ЗСЭ, т.к. $A_{тр} = 0$ и $A_N = 0$

$E_{к\,воды} = m_0\frac{v^2}{2}$. По теореме Кёнига:

$E_к = m_0\frac{v_{цм}^2}{2} + E_к'$ (где $E_к'$ — кин. энергия тела

В СО ЦМ все точки бочки (не воды) в СО ц.м.) вращаются вокруг центра окружности с ω.

Но, с другой стороны $\omega = \frac{v}{R}$ (т.к. проскальзывания нет) (и вращение в ЛСО отн. т. A) Значит $E_к' = m_0\frac{(\omega R)^2}{2}$

$v_{цм} = v$ (R — радиус окружности бочки) Значит $E_к = m_0\frac{v^2}{2} + m_0\frac{v^2}{2}$

$E_к = m_0 v^2$

Откуда ЗСЭ $= \frac{3}{2}m_0 v^2 + 2m_0 gh' = const$.

Откуда ~~$2m_0gh$~~ $2m_0gh = \frac{3}{2}m_0 v^2 \Rightarrow v = \frac{2}{\sqrt{3}}\sqrt{gh} = 2\sqrt{\frac{gh}{3}}$

$v = 2\sqrt{\frac{10\frac{м}{с^2}\cdot 0,3\,м}{3}} = 2\frac{м}{с}.$

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!

Продифференцируем ЗСЭ: $2m_0gh + \frac{3}{2}m_0v^2 = const$

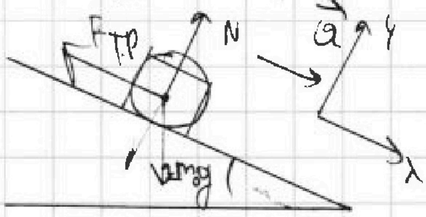
$2m_0g\cdot\frac{dh}{dt} + 3m_0v\frac{dv}{dt} = 0$ $\left(\frac{dv}{dt} = a\right)$ $\left(\frac{dh}{dt} = -v\sin\alpha\right)$

$-2m_0g\cdot v\sin\alpha + 3m_0v\cdot a = 0 \Rightarrow a = \frac{2g\sin\alpha}{3}.$

$a = \frac{2\cdot 10\frac{м}{с^2}\cdot 0{,}3}{3} = 2\frac{м}{с^2}.$

3) Найдём ограничения на $F_{тр}$.

$F_{тр} \le \mu N$ (эффектом „застоя" пренебрегаем)



Запишем 2-ой з-н Ньютона на Oy и Ox:

Oy: $N - 2m_0g\cos\alpha = 0$

~~$F_{тр}$ $2m_0$~~ $2m_0g\sin\alpha - F_{тр} = 2m_0\cdot\frac{2g\sin\alpha}{3}.$

$F_{тр} = \frac{2m_0g\sin\alpha}{3}$ $\operatorname{tg}\alpha = \frac{0{,}3}{\sqrt{1+0{,}3^2}}$

$\frac{2m_0g\sin\alpha}{3} \le \mu\cdot 2m_0g\cos\alpha \Rightarrow \mu \ge \frac{\operatorname{tg}\alpha}{3}$ $\mu \ge \frac{0{,}1}{\sqrt{1+0{,}3^2}}$ 0,01

$\mu \ge \frac{1}{\sqrt{100+9}} \Rightarrow \mu \ge \frac{1}{\sqrt{109}} \Rightarrow \mu \ge \cancel{0{,}096}$

Ответ: $\sin\alpha = 0{,}3$; $v = 2\sqrt{\frac{gr}{3}} = 2\frac{м}{с}$; $a = \frac{2g\sin\alpha}{3} = 2\frac{м}{с^2}.$

$\mu \ge \frac{\operatorname{tg}\alpha}{3} \Rightarrow \mu \ge \frac{1}{\sqrt{100}} \approx \cancel{0{,}096}$ 0,01.

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 ☐

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!

Решение: 1) $C_V \Delta T_1 = Q \Rightarrow C_V = \frac{Q}{\Delta T_1}$ (т.к. $V = const$, $A_V = const = 0$)

$C_V = \frac{600 Дж}{15 К} = 40 \frac{Дж}{К}$

2) $\cancel{C_p = C_V + R}$ $Q = A + \Delta U$ (1-ое начало термодинамики.)

$Q = A + C_V \Delta T_2 \Rightarrow A = Q - \frac{Q}{\Delta T_1}\Delta T_2 = Q\left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) \Rightarrow \cancel{A = 600 Дж}$

$A = 600 Дж \cdot \left(1 - \frac{10К}{15К}\right) = 200 Дж.$

$C_p = \frac{Q}{\Delta T_2}$

($C_{V He}$ и $C_{V O_2}$ – молярные теплоёмкости; $C_{p He}$ и $C_{p O_2}$ – при V и $p = const$ соответственно)

Заметим, что $C_{V He} = \frac{3}{2}R$; $C_{V O_2} = \frac{5}{2}R \Rightarrow$

$\Rightarrow C_V = C_{V He}\nu_{He} + C_{V O_2}\nu_{O_2}$

$C_p = C_V + R = C_{p He}\nu_{He} + C_{V O_2}\nu_{O_2}$ $\cancel{(\text{т.к. } C_V + R = C_p)}$

$\cancel{R = R(\nu_{He}}$ (т.к. $C_{p_i} = C_{V_i} + R$)

$C_p = C_{V He}\nu_{He} + C_{V O_2}\nu_{O_2} + R(\nu_{He} + \nu_{O_2}) \Rightarrow \frac{C_p - C_V}{R} = \nu_{He} + \nu_{O_2}$

$\nu_{O_2} = \frac{C_p - C_V}{R} - \nu_{He} \Rightarrow C_V = \frac{3}{2}R\nu_{He} + \frac{5}{2}R \cdot \left(\frac{C_p - C_V}{R} - \nu_{He}\right)$

$\cancel{\Rightarrow \nu_{He} = \frac{5C_p - 5C_V}{2R} \Rightarrow \nu_{O_2} = \frac{3C_V - C_p}{2R}}$

$\cancel{\frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}} = \frac{\frac{N_Г}{N_A}}{\frac{N_К}{N_A}} = \frac{N_Г}{N_К}, \text{ значит } \frac{N_Г}{N_К} = \frac{3C_p - 5C_V}{3C_V - C_p}}$

$\cancel{\frac{N_Г}{N_К} = \frac{3\frac{Q}{\Delta T_2} - 5\frac{Q}{\Delta T_1}}{3\frac{Q}{\Delta T_1} - \frac{Q}{\Delta T_2}} = \frac{3\Delta T_1 - 5\Delta T_2}{3\Delta T_2 - \Delta T_1}}$

$\nu_{He} = \frac{5C_p - 7C_V}{2R} \Rightarrow \nu_{O_2} = \frac{5C_V - 3C_p}{2R}.$ $\left|\ \frac{N_Г}{N_К} = \frac{\frac{\nu_{He}}{N_A}}{\frac{\nu_{O_2}}{N_A}} = \frac{\nu_{He}}{\nu_{O_2}}.\right.$

$\frac{N_Г}{N_К} = \frac{5C_p - 7C_V}{5C_V - 3C_p} = \frac{5\Delta T_1 - 7\Delta T_2}{5\Delta T_2 - 3\Delta T_1}$

$\frac{N_Г}{N_К} = \frac{5 \cdot 15К - 7 \cdot 10К}{5 \cdot 10К - 3 \cdot 15К} = 1.$

Ответ: 1) $A = 200 Дж$; 2) $C_V = 40 \frac{Дж}{К}$ 3) $\frac{N_Г}{N_К} = 1.$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 1

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

Решение: 1) $C = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0 S}$. $\frac{Q}{S}$ $\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = E$ (поле между пластинами плоского конденсатора при $d << \sqrt{S}$)

$\sigma = \frac{Q}{S} \Rightarrow E = \frac{Q}{S\varepsilon_0} \Rightarrow \frac{QC}{d} = E$.

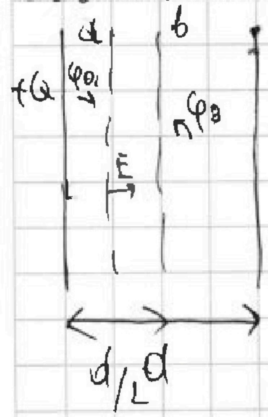
$F = Eq \Rightarrow a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = E \cdot \gamma = \frac{QC}{d}\gamma$

Заметим, что $a = const$ вне зависимости от расстояния до пластины с зарядом +Q.

Заметим, что $a = a_n$ ($a \perp V_0$)

значит $R = \frac{V_0^2}{a_n} = \frac{V_0^2 d}{QC\gamma}$

2) Т.к $\vec{a} = const$, то траектория частицы - парабола. Т.к конденсатор плоский, то эквипотенциальные плоскости будут параллельны обкладкам конденсатора.



$-\varphi_a + \varphi_B = -E d/4. \Rightarrow -\varphi_A + \varphi_B = -\frac{QC}{d} \cdot \frac{d}{4} = -\frac{QC}{4}.$

Запишем з-н сохранения энергии.

$m\frac{V_0^2}{2} + \varphi_a q = m\frac{V^2}{2} + \varphi_B q \Rightarrow$

$\Rightarrow v^2 = V_0^2 + \frac{QC}{4} \cdot 2 \cdot \gamma$

$V = \sqrt{V_0^2 + \frac{QC\gamma}{2}}$

Ответ: 1) $R = \frac{V_0^2 d}{QC\gamma}$ 2) $V = \sqrt{V_0^2 + \frac{QC\gamma}{2}}$.

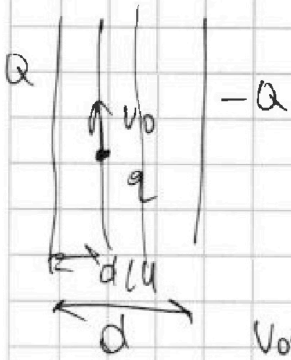
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
X	X	X	X	X	X	X

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!

N3.



$$\frac{\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot d}{\sigma S} = \frac{d}{\varepsilon_0 S} = C.$$

$$C = \frac{d}{\varepsilon_0 S} \qquad \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{S\varepsilon_0} \qquad \frac{\varphi}{Q} = C$$

$$\frac{\frac{\sigma}{\varepsilon_0} d}{Q\sigma S} \qquad \frac{d}{\varepsilon_0 S} = C.$$

$$\frac{2{,}5}{1{,}25} = \mu \frac{QC}{d} \qquad \frac{QC}{d}$$

$$\frac{QCq}{dm} \qquad \frac{3}{0{,}73} \qquad 4.$$

$$\frac{v_0^2}{\frac{QCq}{dm}} = \frac{v_0^2 dm}{QCq} = R.$$

$$\Delta\varphi = -\frac{QCQ}{d}\cdot\frac{d}{4}. \qquad \varphi \quad \frac{QC}{4}.$$

$$-\frac{QCq}{4} \qquad \frac{v_0^2}{2} + \frac{QCq}{4} = \frac{v^2}{2}$$

$$v = \quad C = \frac{d}{S\varepsilon_0}$$

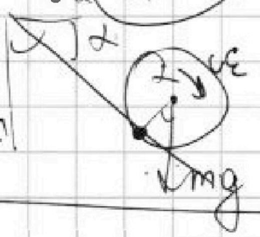
$$\sin\alpha$$
$$2mg - F_{тр} \;\; \frac{2mg\sin\alpha}{3}$$
$$3mg\sin\alpha \le \mu mg\cos\alpha$$

$$\frac{Q}{S\varepsilon_0} \qquad \frac{QC}{d} = E \qquad \frac{QC}{d}\cdot q$$

$$v_0 \cdot 2$$

$$m\frac{v_0^2}{2} + \frac{QC}{4}q = m\frac{v^2}{2} \qquad \frac{v_0^2 d}{QCq}$$

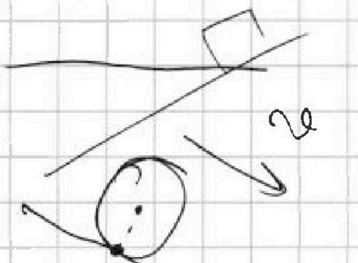
$$\frac{2}{3}tg\alpha \le \mu.$$



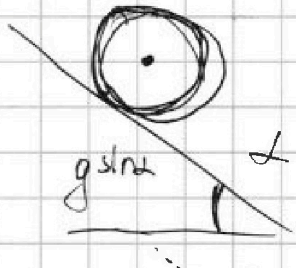
$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{QCq}{2}}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g\sin\alpha}{3}.$$

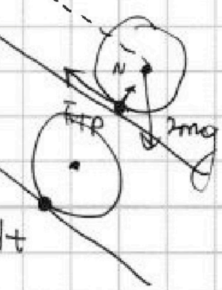
N3.



$$a_1 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$
$$a_2 = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$
$$\frac{a_1 + a_2}{2g} = \sin\alpha$$



$$m\cdot\frac{v^2}{2} + m\frac{v^2}{2} + m\frac{v^2}{2} = \frac{3}{2}mv^2.$$



$$3m\frac{v^2}{2} + mgh = const$$

$$mgh = \frac{3}{2}mv^2 \qquad v = \sqrt{\frac{2}{3}gh}$$

$$3mvdv + mgdh = 0$$

$$3vdv = gdh \qquad 3dv = g\sin(\alpha)dt$$

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!

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 [X] 2 [X] 3 [X] 4 [X] 5 [X] 6 [X] 7 [X]

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!

$\sqrt{109} = 10{,}44$

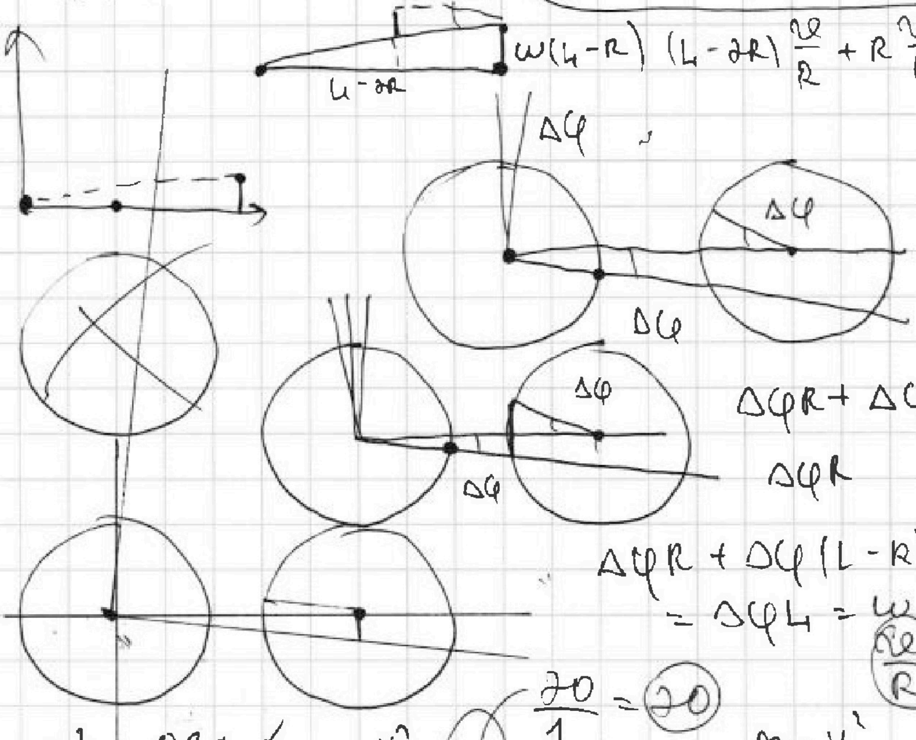
$\frac{QC}{d}\gamma \quad \frac{V_0^2 d}{QC\gamma}$

$10{,}4 \cdot 10{,}4 \quad 104 \cdot 104 = 10816$

$\frac{1}{10{,}4} = 0{,}096$

$1000 \,|\, 104 \quad 0{,}0961$

$\omega(L-R)\quad (L-2R)\frac{v}{R} + R\frac{v}{R} = \frac{v(L-R)}{R}$



$\Delta\varphi R + \Delta\varphi(L-R)$

$\Delta\varphi R$

$\Delta\varphi R + \Delta\varphi(L-R) = \Delta\varphi L = \omega d t_1$

$2{,}5 \quad 1{,}25 \quad 2\,\frac{м}{с^2} \quad 4\,\frac{м}{с^2}$

$\frac{6}{2\cdot 10} = 0{,}3$

$\frac{20}{1} = 20$

$\frac{mV_0^2}{2} + \frac{QC\varphi}{d}\frac{d}{4} = \frac{mV^2}{2}$

$\sqrt{\frac{QC\gamma}{a} + V_0^2}$

$\frac{3}{2}m_0V^2 + 2m_0gh = const$

$\frac{3}{2}m_0V^2 = 2m_0gh$

$3m\,dv - 2m_0g\,dt = 0$

$3a = 2g\sin\alpha \qquad a = \frac{2g}{3}\sin\alpha$

$V = 2\sqrt{\frac{gh}{3}}$

$\frac{3}{10} \quad \frac{1}{3}\cdot\frac{1}{\sqrt{109}}$

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
X	X	X	X	X	X	X

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!

$\frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{3}{2} R\nu_г + \frac{5}{2} R\nu_к$

$\frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{3}{2} R\nu_г + \frac{7}{2} R\nu_к$

$\frac{Q}{\Delta T_2} - \frac{Q}{\Delta T_1} = R(\nu_г + \nu_к)$ 60 40

$\nu_к = \frac{Q(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\Delta T_1 \Delta T_2} - \nu_г$

$\frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{3}{2} R\nu_г + \frac{5}{2}\frac{Q}{\Delta T_2} - \frac{5Q}{2\Delta T_1} - \frac{5}{2} R\nu_г$

$R\nu_г = \frac{5}{2}\frac{Q}{\Delta T_2} - \frac{7Q}{2\Delta T_1} = \frac{5\Delta T_1 - 7\Delta T_2}{2R\,\Delta T_1 \Delta T_2} Q$

$\frac{45\cdot 45}{10\cdot\frac{3}{2}}$ 75 - 135

$R\nu_к = Cp - Cv - \frac{5Cp}{2} + \frac{7}{2}Cv$

$\frac{30-28}{\cancel{30-42}} 2 = 1$

$\frac{1}{2} v_0\sqrt{v_0^2+2gh} = g\cdot\frac{4}{\ldots}$ $s(1+\sin\alpha) = \frac{v_0^2}{g}$ $s(1+\sin\alpha)$

$\frac{5Cv - 3Cp}{2R}$ $\quad \frac{5Cp - 7Cv}{5Cv - 3Cp} = \frac{5\cdot 15 - 7\cdot 10}{5\cdot 10 - 3\cdot 15} = 1.$

$\nu, \nu.$ $\quad \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{3}{2}R\nu + \frac{5}{2}R\nu = 4R\nu$ $\quad 4 = \frac{2v_0}{g} = T$

$\frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{3}{2}R\nu + \frac{7}{2}R\nu = 5R\nu$ $\quad \frac{9\cdot 10}{2}$

$Q\ \frac{600}{15} = 40.$

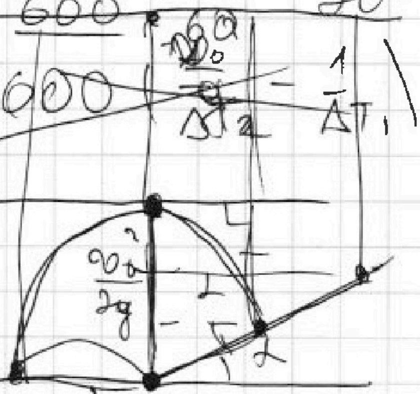
$\cancel{600}$ $\quad 20\cdot 10 = 200$ Дж.

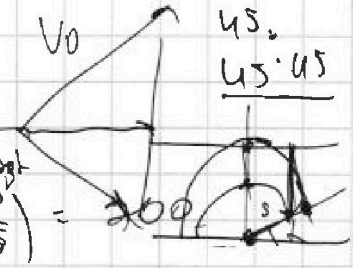
$\cancel{600\left(\frac{v_0}{\Delta T_2} - \frac{1}{\Delta T_1}\right)}$

$600 = A + Q\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$ $\sqrt{v_0^2+2gh}$

$A = 600\left(1 - \frac{2}{3}\right) = 200$

45. $\quad 45\cdot 45$





$\frac{v_0^2}{2g} = x\sin\alpha + x$ $\quad 120 + 15 = 135$ см.

$x = \frac{v_0^2}{2g(1+\sin\alpha)}$

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

$\frac{v_0}{g}$

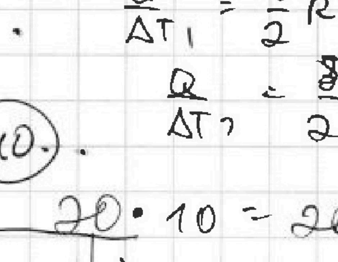
$4 = \sqrt{\left(\frac{v_0}{g}\right)^2 + 2h\frac{v_0^2}{g}}$

$\frac{45^2}{10\cdot\frac{3}{2}} = 3$

$\frac{v_0^2}{g} = x\sin\alpha + x \Rightarrow x = \frac{v_0^2}{g(1+\sin\alpha)}$

$= \frac{45\cdot\cancel{45}\cdot\cancel{2}}{\cancel{30}\cancel{2}}$

1



$\sqrt{h^2+4^2}$ $\quad \frac{v_0^2}{g}$

$\frac{4}{\sin\alpha} = h + \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow \left(\frac{v_0}{g}\right)^2 + 2h\frac{v_0^2}{g} = h^2 + 4^2$

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
x	x	x	x	x	x	x

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!

$\sqrt{1+\left(\frac{80\cdot 80}{10\cdot 800}\right)^2}-1 = \sqrt{\frac{100+64}{100}}-1=\frac{\sqrt{164}}{10}-1$

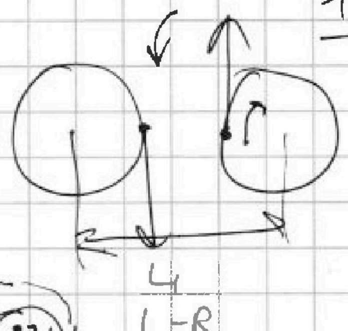
$\frac{20}{1}=20$ см.

$\sqrt{1640}$ $\sqrt{01\,64}=12{,}80$

12,8 · 12,8 = 1024 + 256 + 128 = 384

$1{,}28-1\approx 0{,}28$

22 | 64; 44; 248 | 2000; 1984; 256 | 1600



$(L-R)\frac{v}{R}+v$

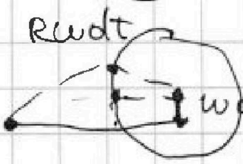
$\frac{L}{R}v=$

12,8 · 12,8 = 1024, 256, 128, 16384

$R\omega dt+\omega dt(L-R)$

$R\,dt$ ~~200~~ ~~200~~

$\omega L=v$



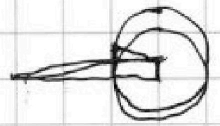
Rωdt, ωdt(L−R)

12,81 · 12,81

c_p-c_v

$d\varphi=\omega dt$

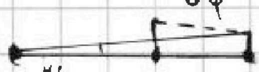
$\omega(L-R)$



$(L-2R)d\varphi+d\varphi R$

$(L-R)d\varphi\omega dt$

dt $\quad\omega(L-R)$



$L-R$

$N=\sqrt{\left(\frac{v^2}{R}\right)^2+g^2}$

$\delta=\sqrt{1+\left(\frac{v^2}{gR}\right)^2}-1$

$v\,\frac{L-R}{}$

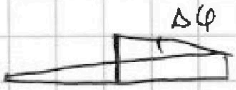
0164

$2c_p-2c_v$

$-3c_p+5c_v$

$\frac{3c_v-c_p}{2R}$

$\sqrt{1+\left(\frac{80\cdot 80}{10\cdot 800}\right)^2}-1$ $\quad\frac{164}{100}$



$C_p=(C_{vHe}+R)\nu_{He}+(C_{vO_2}+R)\nu_{O_2}$

$\frac{\Delta\varphi(L-2R)+\Delta\varphi R}{\Delta\varphi(L-R)}$

$\frac{5}{2}\cdot 10+\frac{7}{2}\cdot 10=40$

$C_p=$

$\nu_{O_2}=$

$-\frac{5}{2}c_v+\frac{3}{2}c_p=R\nu_{He}$

$\nu_{He}=\frac{3c_p-5c_v}{2R}$