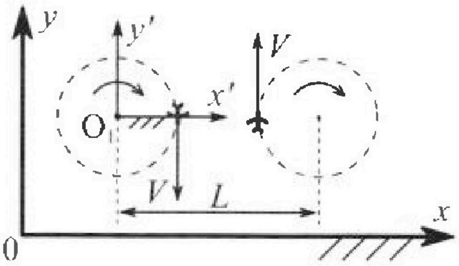
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

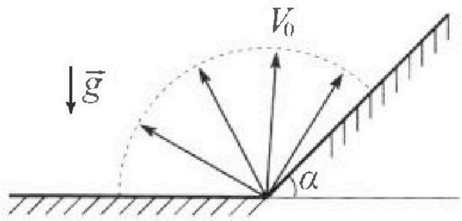


1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

В некоторый момент вре мени самолеты 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.

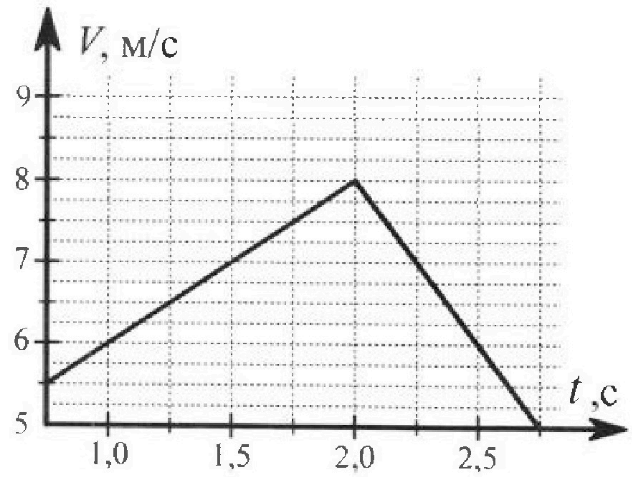
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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.



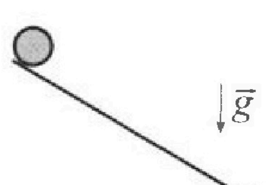
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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?

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 А смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_Г}{N_К}$ 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 врем я 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. Очевидно, что дальше всех летел камень, скорость которого направлена вертикально ~~вн~~ вверх. Время полета этого камня:

$T = 2 \cdot \frac{v_0}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{gT}{2} = 45 \frac{м}{с}$

2. Запишем закон движения на оси (ОУ — „вверх", ОХ — „вправо")

ОУ: $y = v_0 \sin\beta \, t - \frac{gt^2}{2}$, где β — угол, под которым был

ОХ: $x = v_0 \cos\beta \, t$ произведен бросок

$t = \frac{x}{v_0 \cos\beta}$

$y = tg\beta x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2\beta} = tg\beta x - \frac{gx^2}{2v_0^2}(1 + tg^2\beta)$

Уравнение ~~у~~ склона (зависимость координаты у на склоне от х) имеет вид прямой $y = x \, tg\alpha$

Условие того, что осколок упадет на склон — равенство их координат у, х:

$x \, tg\alpha = x \, tg\beta - \frac{gx^2}{2v_0^2}(1 + tg^2\beta)$

Т.к. корень $x = 0$ нам не подходит, то сократим его:

$tg\beta - tg\alpha = \frac{gx}{2v_0^2}(1 + tg^2\beta)$

$x = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{tg\beta - tg\alpha}{1 + tg^2\beta}$

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!

Обоз. $t = tg\beta$;

$$x = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{t - tg\alpha}{1+t^2}$$

Имеем x – функция от t, а значит для максимума x необходим нам ~~его~~ производная $x'(t)$.

$$x'(t) = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{(1+t^2) - 2t\cdot(t - tg\alpha)}{(1+t^2)^2}$$

$$x'(t) = 0 \Rightarrow \frac{2v_0^2}{g(1+t^2)^2} \cdot (1 - t^2 + 2t\,tg\alpha) = 0$$

Т.к. $\frac{2v_0^2}{g(1+t^2)^2}$ не равно нулю, то сокращаем на него

Окончательно имеем:

$$1 - t^2 + 2t\,tg\alpha = 0$$

$$t = tg\alpha \pm \sqrt{tg^2\alpha + 1}$$

Т.к. $t = tg\beta$, то $t > 0$, так что корень $t = tg\alpha - \sqrt{tg^2\alpha+1}$ нам не подходит, т.к. он меньше нуля. Тогда $tg\beta = tg\alpha + \frac{1}{\cos\alpha} = \sqrt{3}$

$\Downarrow$

$\beta = 60°$

Подставим $tg\beta$ и найдем координату X падения на склон:

$$x = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{tg\beta}{\cos\alpha(1+tg^2\beta)}; \quad y = x\,tg\alpha = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{tg\alpha}{\cos\alpha(1+tg^2\beta)}$$

$$S = \sqrt{x^2+y^2} = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{\sqrt{1+tg^2\alpha}}{\cos\alpha(1+tg^2\beta)} = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{1}{\cos^2\alpha(1+tg^2\beta)}$$

Ответ: $S = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{1}{\cos^2\alpha(1+tg^2\beta)}$, где $tg\beta = tg\alpha + \frac{1}{\cos\alpha}$, $\beta = 60°$; $S = 67{,}5$ м

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

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!

Настало время отвечать на вопросы задачи:

2. т.к. сила трения работы не совершает, то вся потенциальная энергия перешла в кинетическую. Кинетическая энергия поступательного движения: $E_п = \frac{2m \cdot V^2}{2} = mV^2$

Т.к. цилиндр катится без проскальзывания, то его угловая скорость ω в этот момент $\omega = \frac{V}{R}$, энергия вращательного движения $E_в = \frac{\omega^2 \cdot mR^2}{2} = \frac{mV^2}{2}$. Запишем ЗСЭ:

$2m \cdot gh = E_п + E_в = \frac{3}{2} mV^2$

$V^2 = \frac{4gh}{3} \Rightarrow \boxed{V = \sqrt{\frac{4gh}{3}} = 2\,\frac{м}{с}}$

3. Из системы уравнений: $\boxed{a = \frac{2}{3} g\sin\alpha = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,6}{3} = 4\,\frac{м}{с^2}}$

4. Т.к. имеет место сила трения покоя, то необходимо $F_{тр} \le \mu N$, где μ – коэффициент трения скольжения

Из системы уравнений:

$mg \cdot \frac{2}{3}\sin\alpha \le \mu \cdot 2mg\cos\alpha$

$\mu \ge \frac{tg\alpha}{3} = \frac{\frac{3}{4}}{3} = \frac{1}{4}$

$\boxed{\mu \ge 0,25}$

Найдём $\cos\alpha$ и $tg\alpha$:

$\sin\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

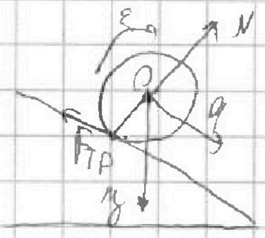
$tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{3}{4}$

Ответ:
2. $V = 2\,\frac{м}{с} = \sqrt{\frac{4gh}{3}}$
3. $a = \frac{2}{3} g\sin\alpha = 4\,\frac{м}{с^2}$
4. $\mu \ge \frac{tg\alpha}{3} \Rightarrow \mu \ge 0,25$

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!



Запишем второй закон Ньютона по оси вдоль плоскости и перпендикулярно ей:

N - сила нормальной реакции

$F_{тр}$ - сила трения (покоя)

$$2ma = 2mg\sin\alpha - F_{тр} \quad (1)$$

$$0 = N - 2mg\cos\alpha \quad (2)$$

Запишем основное уравнение динамики вращательного движения (т.к. вода не вращается, то она не входит в составляющие момента ~~инерции~~ инерции системы):

$$\varepsilon \cdot mR^2 = F_{тр} \cdot R \quad (3)$$

Решим совместно (1)(2)(3):

$$\begin{cases} 2ma = 2mg\sin\alpha - F_{тр} \\ N = 2mg\cos\alpha \\ \varepsilon R m = F_{тр} \Rightarrow am = F_{тр} \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{тр} = ma \\ 3ma = 2mg\sin\alpha \\ N = 2mg\cos\alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{тр} = mg\frac{2\sin\alpha}{3} \\ a = \frac{2}{3}g\sin\alpha \\ N = 2mg\cos\alpha \end{cases}$$

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!

1-2. Внутренняя энергия идеального газа прямопропорциональна температуре: $U = C_V T$ (где C_V - теплоемкость смеси в изохорном процессе)

Запишем первое начало термодинамики для изохорного процесса:

$Q = \Delta T_1 \cdot C_V \Rightarrow C_V = \frac{Q}{\Delta T_1}$

~~Для~~ изобарного

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

Ответ: 1. $\boxed{A = Q\left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) = 200\ Дж}$

2. $\boxed{C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = 40\ \frac{Дж}{К}}$

3. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для газа во изобарном процессе до и после нагрева

$pV_1 = (\nu_1 + \nu_2)RT_1$ $\quad$ p, V_1, V_2, T_1, T_2 - давление, объемы (в начальном и конечном положении), температуры соответствен.

$pV_2 = (\nu_1 + \nu_2)RT_2$

$p(V_2 - V_1) = (\nu_1 + \nu_2)R(T_2 - T_1)$

Заметим, что $p(V_2 - V_1) = A$, а $(T_2 - T_1) = \frac{\Delta U}{C_V}$, ΔU - изменение внутренней энергии системы и из первого закона получим:

$\Delta U = Q - A = Q\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$, ~~подставим имеющиеся данные:~~

$\cancel{Q\left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) = \frac{(\nu_1 + \nu_2)R}{C_V} Q\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$

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 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!

Выразим C_V через ν_1 (количество гелия) и ν_2 (количество кислорода)

$$C_V = R\cdot\left(\frac{5}{2}\nu_2 + \frac{3}{2}\nu_1\right).$$

Подставим все полученные равенства в уравнение

$$Q\left(1-\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right) = \frac{\nu_1+\nu_2}{\frac{3}{2}\nu_1+\frac{5}{2}\nu_2}\cdot Q\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

$$\frac{\Delta T_1-\Delta T_2}{2\Delta T_2} = \frac{\nu_1+\nu_2}{3\nu_1+5\nu_2}$$

$$\frac{\Delta T_1-\Delta T_2}{2\Delta T_2}\cdot 3\frac{\nu_1}{\nu_2} + 5\frac{\Delta T_1-\Delta T_2}{2\Delta T_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}+1$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2}\left(\frac{3\Delta T_1-3\Delta T_2-2\Delta T_2}{2\Delta T_2}\right) = \frac{2\Delta T_2-(5\Delta T_1-5\Delta T_2)}{2\Delta T_2}$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{7\Delta T_2-5\Delta T_1}{3\Delta T_1-5\Delta T_2} = \frac{70-75}{45-50} = \frac{-5}{-5} = 1$$

Заметим, что $\nu_1 = \frac{N_Г}{N_A}$; $\nu_2 = \frac{N_K}{N_A}$ (N_A - число Авогадро) $\Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{N_Г}{N_K}$

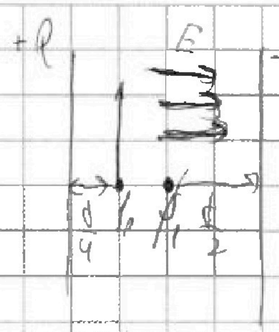
Ответ: 3. $\boxed{\frac{N_Г}{N_K} = \frac{5\Delta T_1-7\Delta T_2}{5\Delta T_2-3\Delta T_1} = 1}$

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 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!



Потенциалы точек, в которых находилась частица и середина конденсатора — $\varphi_0 \varphi_1$ соответственно. Очевидно, они связаны соотношением $\varphi_0 - \varphi_1 = E\left(d - \frac{d}{2} - \frac{d}{4}\right) = \frac{Ed}{4}$

Запишем энергию частицы в начальный момент:

$E_1 = \frac{mv_0^2}{2} + \varphi_0 q$

В конечный момент:

$E_2 = \frac{mv_1^2}{2} + \varphi_1 q$, где v_1 – искомая скорость

Из закона сохранения энергии:

$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} + \varphi_0 q = \frac{mv_1^2}{2} + \varphi_1 q$

$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + (\varphi_0 - \varphi_1)q = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{Ed}{4} q$

$v_1^2 = v_0^2 + \frac{Ed}{2} \cdot \frac{q}{m} = v_0^2 + \frac{Eqd}{2}$

$v_1 = \sqrt{v_0^2 + \frac{Eqd}{2}}$

Ответ: $v_1 = \sqrt{v_0^2 + \frac{Eqd}{2}}$

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

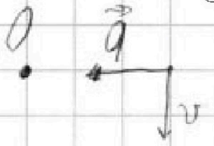
СТРАНИЦА 1 ИЗ 1

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!

1. Т.к. у лётчиков присутствует центростремительное ускорение, но их вес увеличивается.

$\vec{P} = m\vec{g} + m\vec{a}$ $\otimes \vec{g}$

Или (по теореме Пифагора):



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

Рассчитаем величину центростремительного ускорения:

$a = \frac{v^2}{R} = \frac{80\cdot 80}{800} = 8\left(\frac{м}{с^2}\right)$

Тогда вес $P = m\sqrt{g^2+\frac{v^4}{R^2}}$. Сила тяжести $F = mg$

Тогда величину δ:

$\delta = \left(\frac{P}{mg}-1\right)\cdot 100\% = \left(\sqrt{1+\frac{v^4}{(Rg)^2}}-1\right)\cdot 100\%$

$\delta = \left(\sqrt{1+(0,8)^2}-1\right)\cdot 100\% = \left(\sqrt{1,64}-1\right)\cdot 100\% \approx (1,28-1)\cdot 100\% = 28\%$

$\boxed{\text{Ответ: } \delta = \left(\sqrt{1+\left(\frac{v^2}{gR}\right)^2}-1\right)\cdot 100\% \approx 28\%}$

2. Для ответа на поставленный вопрос перейдём в систему отсчёта, связанную с первым самолётом (вращающуюся с угловой скоростью $\frac{V}{R}$ по часовой стрелке). У второго самолёта в таком случае скорость равна сумме собственной скорости и скорости ~~от~~ переносной: $v_{отн} = V + \frac{V}{R}\cdot(L-R) = V\left(1+\frac{L}{R}-1\right) = \frac{VL}{R}$

$\boxed{\text{Ответ: } v_{отн} = \frac{VL}{R} = 200\ \frac{м}{с}}$

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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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. Из графика найдём ускорения шайбы: $a_1 = \cancel{\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(8-5,5)м}{(2-0,5)с}}$

Т.к. движение равноускоренное, то ускорение численно равно тангенсу угла наклона графика $v(t)$:

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8\frac{м}{с} - 7\frac{м}{с}}{2с - 1,5с} = 2\frac{м}{с^2}$$

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{7\frac{м}{с} - 8\frac{м}{с}}{2,25с - 2с} = -4\frac{м}{с^2}$$

Из динамики получим: $a_1 m = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha \Rightarrow$

$a_1 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$; $a_2 m = -mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha \Rightarrow$

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

$a_1 - a_2 = g\sin\alpha$

$$\sin\alpha = \frac{a_1 - a_2}{g} = \frac{2-(-4)}{10} = \frac{6}{10} = 0,3$$

Ответ: $\boxed{\sin\alpha = 0,3}$

2-4. Для решения задачи необходимо разбить движение на вращательное и поступательное (введём обозначения — a - ускорение тела; ε - угловое ускорение (т.к. тело катится без проскальзывания $\varepsilon R = a$, где R - радиус цилиндра); m - масса цилиндра (без воды)).

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. Найдем силу, действующую на частицу. Для этого найдем напряженность поля в конденсаторе:

$dE = U$; где E – напряженность электрического поля в конденсаторе

$\varphi C = U$ U – разность потенциалов обкладок конденсатора

$dE = \varphi C$ d – расстояние между ними

$E = \frac{\varphi C}{d}$

$a = \frac{\varphi C}{d} \cdot 1 \cdot \frac{1}{k} = \frac{\varphi C \gamma}{d}$

Т.к. скорость частицы и её ускорение перпендикулярны (скорость параллельна обкладкам, а поле (и, соответственно ускорение) перпендикулярно), то это ускорение – центростремительное

$a = \frac{v^2}{R}$, где R – искомый радиус кривизны траектории

$$\boxed{R = \frac{v^2}{a} = \frac{v_0^2 d}{\varphi C \gamma}}$$

2 Заметим, что серединная плоскость конденсатора – эквипотенциальная поверхность, а значит потенциал в любой её точке одинаков. Рассчитаем потенциал в точке, находящейся в середине конденсатора через потенциал точки, в которой находилась частица в момент, когда она имела скорость v_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 __ 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!

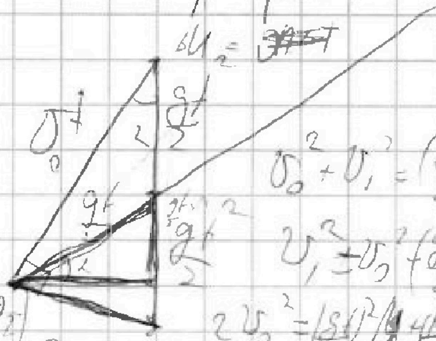
$y = x\,tg\alpha - \frac{g\cdot\left(\frac{x}{v\cos\alpha}\right)^2}{2} = x\,tg\alpha - \frac{gx^2}{2v^2}(1+tg^2\alpha)$ $\quad \frac{A}{\Delta U} = \frac{1}{2}$

$A = p\Delta V$

$y = x\,tg\beta$

$\Delta U_2 = \cancel{3RT}$

$tg\beta = tg\alpha - \frac{gx^2}{2v^2}(1+tg^2\alpha)$



$v_0^2 + v_1^2 = \left(\frac{gt}{2}\right)^2\cdot 4$

$A = p\Delta V$

$\frac{tg\alpha - tg\beta}{1+tg^2\alpha} = \frac{gx}{2v_0^2}$ $\quad \Delta U = \frac{v_1 - v_2}{2(v_1+v_2)}$

$v_1^2 = v_0^2 + \left(\frac{gt}{2}\right)^2(1+\sin\alpha)$

$2v_0^2 = \frac{(gt)^2}{2}$

$\frac{t - tg\beta}{1+t^2} = f(t)$ $\quad a = \frac{qU}{dc}$ $\quad a = \frac{v_0^2}{R}$

$C = \varepsilon_0\frac{S}{d}$ $\quad R = \frac{v_0^2}{a} = \frac{v_0^2 dc}{qU}$

$0 = \frac{1+t^2 - 2t(t - tg\beta)}{(1+t^2)^2}$ $\quad \frac{4\cdot 81}{5}$

$S = \frac{dC}{\varepsilon_0}$ $\quad \frac{2v_1^2}{(4+1+\sin^2\alpha+2\sin\alpha)}$

$0 = 1+t^2 - 2t^2 + 2t\,tg\beta$

$\frac{\frac{P\varepsilon_0}{dC}}{\varepsilon_0} = t = \frac{P}{dC}$ $\quad + \frac{1}{4}\ \frac{8v_0^2}{25}$

$t^2 - 1 - 2t\,tg\beta = 0$

$t^2 - 2t\,tg\beta - 1 = 0$

$t = tg\beta \pm \sqrt{tg^2\beta + 1} = tg\beta \pm \frac{1}{\cos\beta} = \frac{\sin\beta \pm 1}{\cos\beta} = \frac{\sin\beta + 1}{\cos\beta} = \frac{3}{2\cdot\frac{\sqrt3}{2}} = \sqrt3$

$tg\alpha = \sqrt3$ $(\alpha = 60)$

$tg2\alpha = \frac{2tg\alpha}{1-tg^2\alpha}$ $\quad \frac{8(45)^2}{10}$ $\quad \frac{1}{\frac{3}{2}(4/3)}$

$\frac{\frac{45}{3}}{12\ \frac{1}{3}}$ $\quad \frac{13}{2}\cdot 9.5$ $\quad \frac{(9.5)^2}{3\cdot 2.5}$ $\quad 67.5$

$\frac{13.5}{2}$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА __ ИЗ __

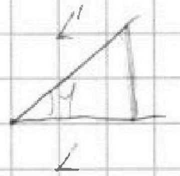
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$(12,5)^2$ $\quad 12,8^2$

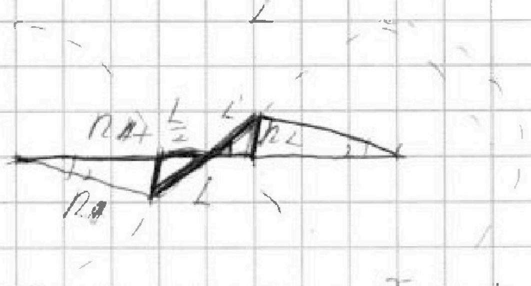
$12,5 \times 12,5 = 156,25$

$12,8 \times 12,8 = 163,84$

L'



$\frac{L'}{L'} = \frac{1}{R}$



$\omega' = \frac{V}{R+L}$

$\omega = \frac{V}{R}$

$\Delta\omega = V\left(\frac{1}{R+L} - \frac{1}{R}\right)$

$L'^2 = R^2 + R^2 + RL + \frac{L^2}{4} - R(2R+L)\cos\alpha$

$L'^2 = R^2 + \left(R+\frac{L}{2}\right)^2 - (2-\alpha^2)R\left(R+\frac{L}{2}\right)$

$R^2 + R^2 + RL - 2R^2 - 2RL$

$\frac{L^2}{4} + L^2 R\left(R+\frac{L}{2}\right)$

$\Delta x^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + L'^2$

$\Delta x^2 = \frac{L^2}{4} + \frac{L^2}{4} + h^2 R\left(R+\frac{L}{2}\right)$

$\Delta x = h\sqrt{R^2 + \frac{RL}{2}} = \sqrt{L + \frac{L}{2R}}$

$\Delta x^2 = \frac{L^2}{4} + h^2 R\left(R+\frac{L}{2}\right) + \frac{L^2}{4}$

$h^2\left(R^2 + \frac{RL}{2}\right) - \frac{L^3}{8R}h^2$

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

$4\rho^2 = \frac{ + L^2 R\left(R+\frac{L}{2}\right) + \left(R+\frac{L}{2}\right)^2 - R^2}{L^2 R\left(R+\frac{L}{2}\right)\left(R+\frac{L}{2}\right)}$

$\Delta x = h\sqrt{R^2 + \frac{LR}{4} - \frac{L^3}{8R}}$

$\frac{RL^2}{4} + L^2\left(R^2 + \frac{LR}{2}\right)$

$\rho = h\frac{L'}{2} = L\frac{L^2}{2R}$