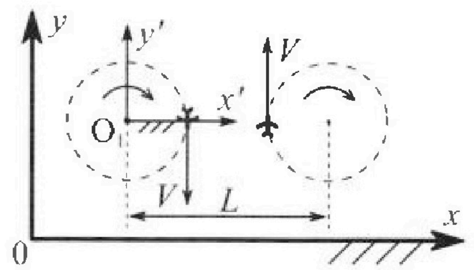
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

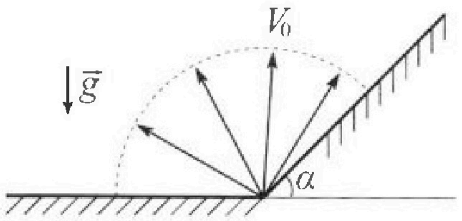


1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

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.

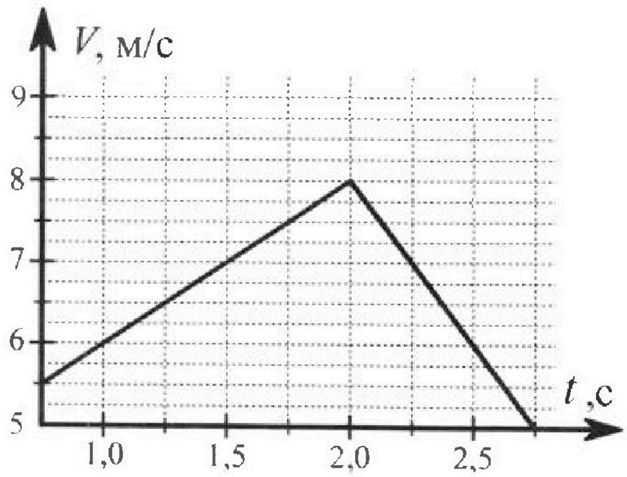
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x' \mathrm{O}_1 y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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.



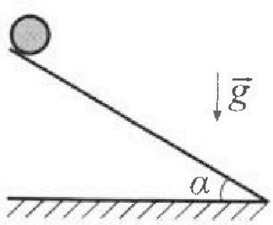
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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 дольше всех летел камень, скорость которого направлена вертикально ~~вн~~ вверх. Время полёта 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 (OY – „вверх" OX – „вправо")

OY: $y = v_0 \sin\beta\, t - \frac{gt^2}{2}$, где β – угол, под которым был произведён бросок

OX: $x = v_0 \cos\beta\, t$

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

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

Уравнение ~~ур~~ склона (зависимость координаты y от x) имеет вид прямой $y = x\, tg\alpha$

Условие того, что осколок упадёт на склон – равенство их координат y, x:

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

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

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

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

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!

Возьмём $t = tg\beta$:

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

Имеем x – функция от t, а значит для максимума x необходима 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 сократим 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. А значит $tg\beta = tg\alpha + \frac{1}{\cos\alpha} = \sqrt{3}$ $\Rightarrow \beta = 60^\circ$

Подставим $tg\beta$ и найдём координату x падения на склон:

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

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

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

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

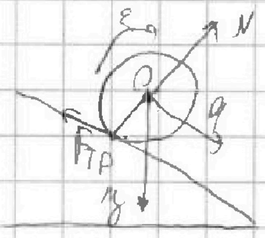
$tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{3}{4}$

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 на ось вдоль плоскости и перпендикулярно ей:

N - сила нормальной реакции

$F_{тр}$ - сила трения (покоя)

$2ma = 2mg\sin\alpha - F_{тр}$ (1)

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

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

$\varepsilon \cdot mR^2 = F_{тр} \cdot R$ (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 прямо пропорциональна температуре: $U = C_V T$ (где C_V – теплоёмкость 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 Клапейрона-Менделеева для газа во изобарном процессе до и после нагрева:

$pV_1 = (\nu_1 + \nu_2)RT_1$ — p, V_1, V_2, T_1, T_2 – давление, объёмы (в начальном и конечном положениях), температуры соответственно

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

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

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~~

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

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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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 [illegible])

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

Подставим все полученные равенства в уравнение

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

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

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

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

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

Заметим, что $\nu_1 = \frac{N_г}{N_A}$; $\nu_2 = \frac{N_к}{N_A}$ (N_A – число Авогадро) $\Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{N_г}{N_к}$

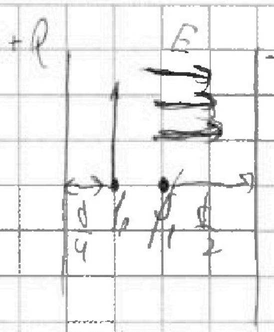
Ответ: 3. $\boxed{\frac{N_г}{N_к} = \frac{5\Delta T_1-7\Delta T_2}{5\Delta T_2-3\Delta T_1} = 1}$

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 — φ_0, φ_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:

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

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

$v_1^2 = v_0^2 + \frac{Ed}{2} \cdot \frac{1}{m} = v_0^2 + \frac{Eqd}{2}$

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

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.

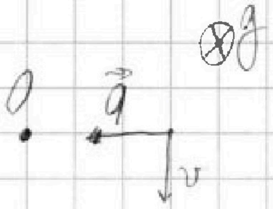
1 [X] 2 [ ] 3 [ ] 4 [ ] 5 [ ] 6 [ ] 7 [ ]

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.

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



Или (по теореме Пифагора):

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

Рассчитаем величину центростремительного ускорения:

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

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

Тогда величина δ:

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

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

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~~ вращения: $V_{отн} = V + \frac{V}{R}\cdot(L-R) = V\left(1+\frac{L}{R}-1\right) = \frac{VL}{R}$

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 напряжённость поля в конденсаторе:

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

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

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

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

$a = \frac{\varphi C}{d} \cdot q \cdot \frac{1}{m} = \frac{\varphi C q}{d}$

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

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

2 Заметим, что срединная плоскость конденсатора – эквипотенциальная поверхность, а значит потенциал любой её точки одинаков. Рассчитаем потенциал в точке, находящейся на 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!

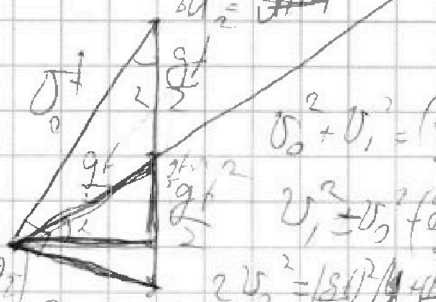
$y = x\,tg\,\alpha - \dfrac{g\cdot\left(\frac{x}{v\cos\alpha}\right)^2}{2} = x\,tg\,\alpha - \dfrac{gx^2}{2v^2}(1+tg^2\alpha)$ $\quad \dfrac{A}{\Delta U} = \dfrac{1}{2}$

$A = p\Delta V$

$y = x\,tg\,\beta$

$\Delta U_2 = $ ~~3RT~~

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



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

$A = p\Delta V$

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

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

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

$a = \dfrac{qU}{dm}$ $\quad a = \dfrac{v_0^2}{R} = v_0$

$\dfrac{t - tg\,\beta}{1+t^2} = f(t)$

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

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

$S = \dfrac{dC}{\varepsilon_0}$

$\dfrac{2v_1^2}{(4+1+\sin^2\alpha + 2\sin\alpha\ldots)}$

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

$\dfrac{q\varepsilon_0}{\frac{dC}{\varepsilon_0}} = E = \dfrac{q}{dC}$ $\quad$ ~~3~~ $+\dfrac{1}{4}\quad \dfrac{8v_0^2}{25g}$

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

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

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

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

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

$\dfrac{\frac{45}{3}}{12\frac{1}{3}}$ $\quad \dfrac{13}{2}\cdot 9\cdot 5$ $\quad \dfrac{(9\cdot5)^2}{3\cdot 2\cdot 5}$ $\quad 67{,}5$

$\dfrac{13\cdot5}{2}$

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 ☐

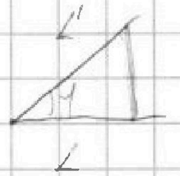
СТРАНИЦА __ ИЗ __

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!

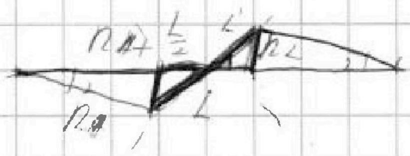
$(12{,}5)^2$: $12{,}5 \cdot 12{,}5$: 625, 250, 125, 15625

$12{,}8^2$: $12{,}8 \cdot 12{,}8$: 1024, 256, 128, 16384

L'



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



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

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

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

$v = v\left(1 + 1 - \frac{L}{R}\right) = v\left(2 - \frac{L}{R}\right)$

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

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

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

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

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

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

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

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

$\Delta x = \alpha\sqrt{R^2 + \frac{RL}{2}} = R\alpha\sqrt{1 + \frac{L}{2R}}$

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

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

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

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

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

$\rho = \alpha \frac{L'}{4} = L\frac{L^2}{2R}$