

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-06

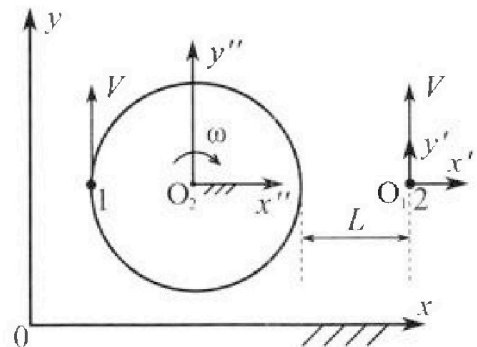
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Два школьника опытным путем изучают механику: первый сидит на краю равномерно вращающейся с круговой частотой $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$ карусели, второй едет по прямой на велосипеде (см. рис.) и оба наблюдают друг за другом. В лабораторной системе отсчета скорости школьников одинаковы по модулю и равны $V = 3 \text{ м/с}$. Все движения происходят в одной горизонтальной плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1. На сколько δ процентов вес второго школьника меньше веса первого школьника?

Указание: считайте, что $(1 + x)^n \approx 1 + n \cdot x$ при $x \ll 1$.

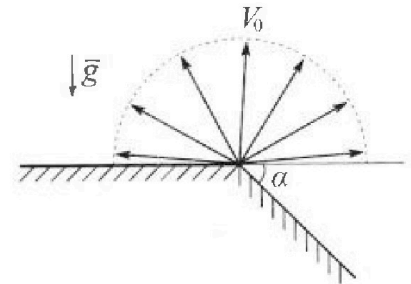


В неко торый момент времени школьники оказались на прямой, проходящей через центр карусели, (см. рис.), в этот момент второй школьник находится на расстоянии $L=9 \text{ м}$ от края карусели. Вектор скорости \vec{V} каждого школьника в этот момент показан на рисунке к задаче.

2. Найдите в этот момент скорость \vec{U}_1 первого школьника в подвижной системе отсчета $x'O_1y'$, связанной со вторым школьником. Система отсчета $x'O_1y'$ движется поступательно относительно лабораторной системы xOy .

3. Найдите в этот момент скорость \vec{U}_2 второго школьника во вращающейся системе отсчета $x''O_2y''$, связанной с первым школьником. Точка O_2 – начало вращающейся системы отсчета. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U}_2 .

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.). У вершины склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее удаление от поверхности склона осколка, упавшего на склон, $H = 48 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Соппротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.

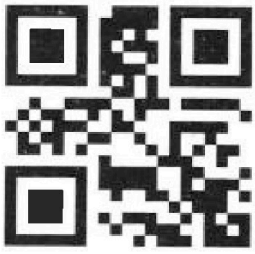
2. Найдите модуль S перемещения за время полета упавшего на склон осколка, наибольшее удаление которого от поверхности склона за время полёта $H = 48 \text{ м}$.

3. На каком максимальном расстоянии S_{MAX} от точки старта один из осколков упадет на склон?

3. В процессе сжатия одноатомного идеального газа среднее число соударений атомов газа со стенками в расчете на единицу площади за единицу времени остается постоянным. Внешние силы совершают работу $A = \frac{5}{27} U_0$, здесь $U_0 = 5,4 \text{ кДж}$ внутренняя энергия газа в начальном состоянии.

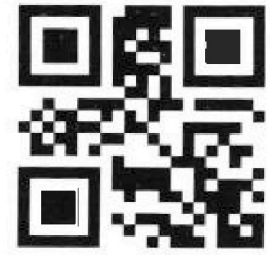
1. Во сколько m раз уменьшается давление газа в процессе сжатия?

2. Какое количество Q теплоты отведено от газа в процессе сжатия?



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

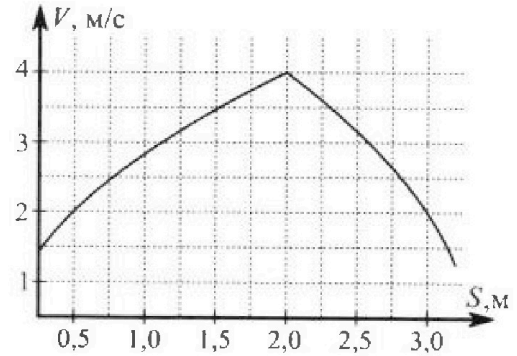
Вариант 10-06



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

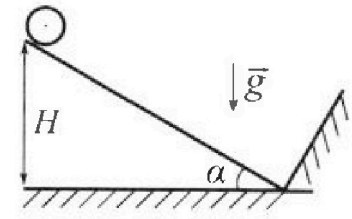
4. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу, которая приходит в движение с нулевой начальной скоростью. Движение шайбы до и после соударения с гладкой стенкой, находящейся у основания наклонной плоскости, происходит вдоль одной и той же прямой. Часть зависимости модуля скорости шайбы от пройденного пути представлена на графике к задаче.

1. Найдите ускорение a , с которым шайба движется в процессе разгона.



Во втором опыте однородный обруч скатывается с той же наклонной плоскости без проскальзывания (см. рис.). Начальная скорость нулевая. Перед абсолютно упругим соударением с гладкой стенкой центр обруча движется со скоростью $V = 4$ м/с.

2. Найдите вертикальное перемещение H центра обруча за время движения от старта до столкновения с гладкой стенкой.
3. Через какое время T после столкновения с гладкой стенкой центр обруча будет находиться на максимальной высоте?



В системе центра масс угловое ускорение обруча при скольжении $\left| \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right| = \frac{\mu g \cos \alpha}{R}$. Коэффициенты трения скольжения шайбы и обруча по наклонной плоскости равны. Радиус обруча $R \ll H$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

5. Вблизи центра квадратной пластины площадью $S = 0,5$ м², по которой однородно распределен заряд $Q = 8 \cdot 10^{-9}$ Кл, закреплен шарик, заряд которого $q = -3,54 \cdot 10^{-9}$ Кл. Масса пластины $M = 4$ кг, масса шарика $m = 12$ г. Расстояние d от шарика до пластины таково, что $d \ll 0,7$ м.

1. Найдите кулоновскую силу F_1 , с которой заряд шарика действует на заряд пластины.
2. Найдите гравитационную силу F_2 , с которой шарик действует на пластину.

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг². Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н·м²).



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

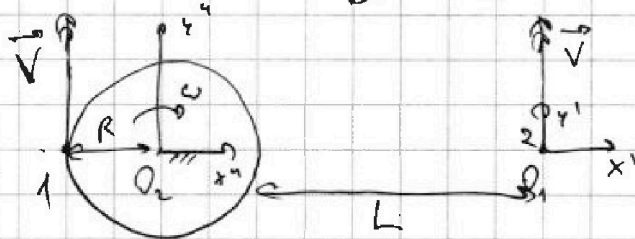
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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

Дано:
 $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$
 $V = 3 \frac{\Delta}{\text{с}}$
 $q = 10 \frac{\Delta}{\text{с}}$
 $L = 9 \Delta$
 $\vec{U}_1 = ?$
 $\vec{U}_2 = ?$

Решение:



$$\frac{V}{R} = \omega \quad (R - \text{РАДИУС ОДН. РАДИА. 1-ГО РАДИАНА})$$

$$R = \frac{V}{\omega} = 3 \text{ м}$$

ПЕРВЫЙ РАДИА В СОС. $y'O_1x_1$ Т.К ОНА ПОСТУПАЕТСЯ, ТО КО ВСЕМ СКОРОСТЯМ ДОБАВИТСЯ ВЕКТОР $-\vec{V}$

$$\vec{U}_1 = \vec{V} + (-\vec{V}) = 0$$

ТЕПЕРЬ ПЕРВЫЙ РАДИА В СОС. $y'O_2x_2$, Т.К ОНА ВРАЩАЕТСЯ, ТО КО ВСЕМ ТУЧКАМ ДОБАВИТСЯ УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ $-\omega$ ОТНОС. СЕРДЦА КТО В ТУЧКЕ O_2 .

ЗНАЧИТ:

$$\vec{U}_2 = \vec{V} + \vec{V}_0 \quad (\vec{V}_0 - \text{ВЕКТОР ВРАЩАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ})$$

Т.К РАДИИ OX И OX' ВЕРХИ ТУЧКА X , И УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ ω , ТО \vec{V}_0 БУДЕТ ПЕРПЕНДИКУЛЯРЕН ПРЯМОМУ O_2X , В ПЛОСКОСТИ ВРАЩЕНИЯ И ВЕРХО РАДИИ OX ПРЯМО УГОЛОМ СТРЕМЯ И ПРЯМО РАДИИ ПО. Т.О А ТАКЖЕ O_2y' НАПРАВЛ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО O_2y УГЛОВАЯ В ПЛОСКОСТИ ВРАЩЕНИЯ ω , Т.О \vec{V}_0 ПАРАЛЛЕЛ O_2y' . Т.К ω ПО ЧАСОВОЙ СТРЕЛКЕ, Т.О $-\omega$ ПРОТИВ, А ЗНАЧИТ \vec{V}_0 СМЕРЯ ОТ РАДИИ O_2x , ЗНАЧИТ \vec{V}_0 СМЕРЯЕТ С O_2y'



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

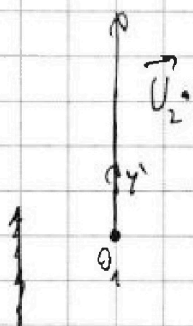
СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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!

$$|\vec{V}_B| = \omega \cdot R_2 R_1 = \omega \cdot (R+L) = 1 \cdot (3+9) = 12 \frac{\Delta}{c}$$

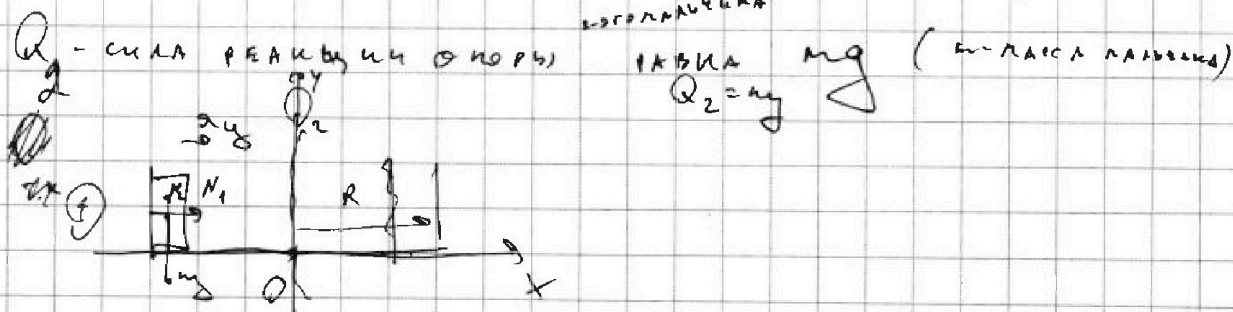
т.к. \vec{V} сонаправлен с $O_1 y'$ и \vec{V}_B сонаправлен с $O_1 y'$, АТЛАН

$$\text{и } \vec{V}_2 = \vec{V} + \vec{V}_B, \text{ то } |\vec{V}_2| = |\vec{V}| + |\vec{V}_B| = v + v_B = 3 + 12 = 15 \frac{\Delta}{c}$$



т.к. сила трения ~~составляет~~ ^{очень мала} ~~мала~~ ^А

БЛОК РАВНОУСЛОВИЯ БЕЗ УСКОРЕНИЯ, ТО



a_y - центростремительное ускорение лавочки

$$a_y = \omega^2 R = 3 \frac{\pi}{c^2}$$

①: закон Ньютона

$$Q_x: m a_y = N_1$$

$$Q_y: 0 = N_2 - mg$$

$N_2 = mg$

$$Q_x = \sqrt{N_1^2 + N_2^2} = m \sqrt{a_y^2 + g^2}$$



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 3

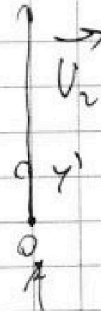
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{m \sqrt{a_3^2 + g^2} - mg}{m \sqrt{a_3^2 + g^2}} \cdot 100\% = \\ &= \frac{\sqrt{3^2 + 10^2} - 10}{\sqrt{3^2 + 10^2}} \cdot 100\% = \frac{10 \sqrt{1 + \left(\frac{3}{10}\right)^2} - 10}{10 \sqrt{1 + \left(\frac{3}{10}\right)^2}} \cdot 100\% = \\ &= \frac{\left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{3}{10}\right)^2\right) - 1}{\left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{3}{10}\right)^2\right)} \cdot 100\% = \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{9}{100} \cdot \left(1 - \frac{9}{200}\right) \cdot 100\% = \frac{9}{2} \cdot \frac{191}{200} = \\ &= \frac{1719}{400} \% \end{aligned}$$

ОТВЕТ: $\delta = \frac{1719}{400} \% \approx \frac{42975}{10000} \approx 4,3\%$

$$\vec{V}_1 = 0$$

$$|\vec{V}_2| = 15 \frac{m}{c}$$





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!

Дано:

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$H = 4,8 \text{ м}$$

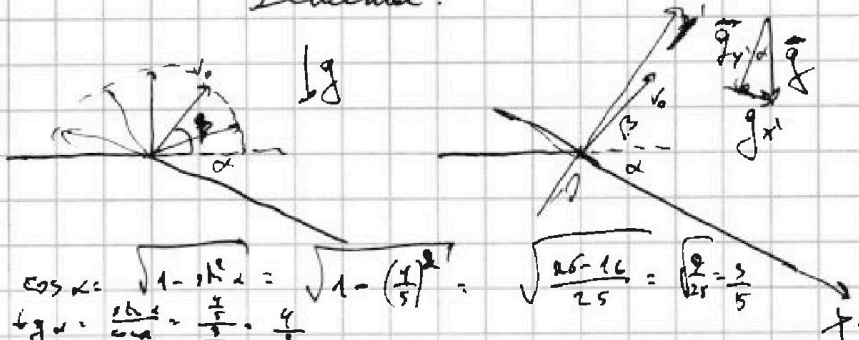
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$V_0 = ?$$

$$S = ?$$

$$S_{\text{max}} = ?$$

Решение:



$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{4}{5}\right)^2} = \sqrt{\frac{25 - 16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$
 $\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{4}{3}$
 скажем что какой-то осколок полетел под углом β к горизонту.

скорость осколка

$$V_{0y'} = V_0 \sin(\alpha + \beta) \quad (V_{0y'} - \text{проекция } V_0 \text{ на ось } Oy' \text{ (аналогично другой проекции с осью } Oy))$$

$$g_{y'} = g \cos \alpha$$

$$V_{0y'} = g_{y'} t_1 \quad (t_1 - \text{время за которое осколок поднимается до максимальной высоты над плоскостью склона})$$

$$t_1 = \frac{V_{0y'}}{g_{y'}} = \frac{V_0 \sin(\alpha + \beta)}{g \cos \alpha}$$

$$H_m = \frac{g_{y'} t_1^2}{2} \quad (H_m - \text{максимальная высота осколка над плоскостью склона})$$

$$H_m = \frac{g_{y'} \cdot V_{0y'}^2}{2 g_{y'}^2} = \frac{V_{0y'}^2}{2 g_{y'}} = \frac{V_0^2 \sin^2(\alpha + \beta)}{2 g \cos \alpha}$$

изменим угол β при котором H_m максимальна с помощью осколка

$$0 = H'_m = \frac{V_0}{2 g \cos \alpha} \cdot 2 \sin(\alpha + \beta_0) \cdot \cos(\alpha + \beta_0) = \frac{V_0}{2 g \cos \alpha} \sin(2(\alpha + \beta_0))$$

$$0 = \sin(2(\alpha + \beta_0)) \quad \text{т.к. } \sin(2(\alpha + \beta_0)) \text{ может быть } \pi \text{ или } 0$$

осколки летят на горизонталь, то: $0 < 2(\alpha + \beta_0) < \pi \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2(\alpha + \beta_0) = \pi$$

$$\beta_0 = \frac{\pi}{2} - \alpha \Rightarrow \sin(\alpha + \beta_0) = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin(\alpha + \beta_0) = 1$$

$$H = \frac{V_0^2 \sin^2(\alpha + \beta_0)}{2 g \cos \alpha} = \frac{V_0^2}{2 g \cos \alpha}$$



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
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!

$$V_0^2 = 2gH \cos \alpha$$

$$V_0 = \sqrt{2gH \cos \alpha} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \frac{48}{5} \cdot \frac{3}{5}} = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

~~$$S = V_{0x} t_1$$~~

$$t_{1g} = \frac{V_{0y}}{g_y} = \frac{V_0 \sin(\alpha + \beta)}{g \cos \alpha} \quad (\text{применяется с коэф. } \frac{3}{5} \text{ - } \\ \text{это данные по осям координат, а не по направлению поля } \vec{g} \text{ к горизонту)}$$

$$= \frac{V_0}{g \cos \alpha}$$

$$V_{0x} = V_0 \cos(\alpha + \beta) = V_0 \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0 \\ g_x = g \sin \alpha$$

$$S = V_{0x} \cdot 2t_{1g} + \frac{g_x (2t_{1g})^2}{2} = \frac{g_x (2t_{1g})^2}{2} = \frac{g \sin \alpha \cdot 4 \cdot V_0^2}{2 g^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{2 V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} = 4 \cdot \frac{2gH \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{2g \cos^2 \alpha} = 4H \tan \alpha$$

($2t_{1g}$ - тк за t_{1g} осколок поднялся к максимальной высоте и за t_{1g} опустился на плоскость)

$$S = 4 \cdot 48 \cdot \frac{4}{3} = 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot \frac{4}{3} \cdot 4^2 = 16^2 = 256 \text{ м}$$

$$V_{0x} = V_0 \cos(\alpha + \beta)$$

$$S_1 = V_{0x} \cdot 2t_1 + \frac{g_x (2t_1)^2}{2} = 2 \cdot \frac{V_0^2 \cos(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}{g \cos \alpha} +$$

$$+ 2g \sin \alpha \cdot \frac{V_0^2 \sin^2(\alpha + \beta)}{g^2 \cos^2 \alpha} = \frac{2V_0^2 \sin \alpha \sin^2(\alpha + \beta)}{g \cos \alpha} + \frac{V_0^2 \sin(2(\alpha + \beta))}{g \cos \alpha}$$

или $2 \sin \alpha \sin^2(\alpha + \beta)$ угол β_1 при котором достигаются максимальные

$$S_1 = S_{\max}$$

$$0 = S_1' = \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} \cdot \cos(2(\alpha + \beta)) \cdot 2 + \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \cdot 2 \sin(\alpha + \beta) \cos(\alpha + \beta)$$

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
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!

$$0 = \frac{2V_0}{g \cos \alpha} \cdot \cos(2(\alpha + \beta_1)) + \frac{2V_0}{g \cos \alpha} \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \sin(2(\alpha + \beta_1))$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \sin(2(\alpha + \beta_1)) = -\cos(2(\alpha + \beta_1))$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(2(\alpha + \beta_1)) = -1$$

$$\operatorname{tg}(2(\alpha + \beta_1)) = -\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = -\frac{3}{4} \quad \delta = 2(\alpha + \beta_1)$$

$$\operatorname{tg} \delta = -\frac{3}{4}$$

$$\frac{\sin \delta}{\cos \delta} = -\frac{3}{4}$$

$$\sin^2 \delta = \frac{9}{16} (1 - \sin^2 \delta)$$

$$\sin^2 \delta \left(1 + \frac{9}{16}\right) = \frac{9}{16}$$

$$\sin^2 \delta \cdot \frac{25}{16} = \frac{9}{16}$$

$$\sin \delta = \pm \frac{3}{5}, \text{ так } \delta > 0, \text{ то } \sin \delta = \frac{3}{5}, \text{ т.к. } \operatorname{tg} \delta < 0, \text{ то } \delta \in \left(\frac{\pi}{2}; \pi\right)$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{\pi}{2} + \arccos\left(\frac{3}{5}\right) = \frac{\pi}{2} + \alpha$$

$$2\alpha + 2\beta_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha$$

$$\beta_1 = \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2}$$

$$S_{\max} = \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \sin^2(\alpha + \beta_1) + \frac{V_0^2 \sin(2(\alpha + \beta_1))}{g \cos \alpha}$$

$$= \frac{2V_0^2 \sin \alpha \sin^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2}\right)}{g \cos^2 \alpha} + \frac{V_0^2 \sin\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)}{g \cos \alpha}$$

$$= \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \left(\frac{1 - \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)}{2}\right) + \frac{V_0^2 \cos \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$= \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} (1 + \sin \alpha) + \frac{V_0^2}{g} = \frac{V_0^2}{g} \left(\frac{\sin \alpha + \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}\right) = \frac{V_0^2 (\sin \alpha + 1)}{g \cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{24^2}{10} \cdot \frac{\left(\frac{4}{5} + 1\right)}{\frac{9}{25}} = 288 \text{ м}$$

$$\text{ОТВЕТ: } V_0 = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}; S = 256 \text{ м}; S_{\max} = 288 \text{ м}$$



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

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!

Дано:

$$A = \frac{5}{24} U_0$$

$$U_0 = 5,4 \text{ кДж}$$

~~А?~~

~~м?~~

~~Q?~~

Решение:

z - количество молекул со скоростью v на единицу объема и единицу площади

$$z \sim n \sqrt{T} \sim \frac{N}{V} \sqrt{T} \sim \frac{\sqrt{T}}{V}, \text{ т.к. } N = \text{const}$$

$$z = \text{const} \Rightarrow \frac{\sqrt{T}}{V} = \text{const}$$

$$pV = \nu RT$$

$$T = \frac{pV}{\nu R}$$

$$\frac{\sqrt{T}}{V} = \frac{\sqrt{\frac{pV}{\nu R}}}{V} = \frac{p^{\frac{1}{2}} V^{-\frac{1}{2}}}{\sqrt{\nu R}} = \text{const}$$

$$p^{\frac{1}{2}} V^{-\frac{1}{2}} = \text{const}$$

$$p V^{-1} = \text{const}$$

$$p \sim V \Rightarrow p = \alpha_0 V$$

$A = \int_{V_0}^{V_1} p dV$ (давление газа в каждой точке процесса параллельно)

$$A = - \int_{V_0}^{V_1} p dV = - \int_{V_0}^{V_1} \alpha_0 V dV = - \alpha_0 \frac{(\alpha_1^2 V_1^2 - V_0^2)}{2} = \frac{\alpha_0 V_0^2}{2} (1 - \alpha_1^2)$$

(V_1 - конечный объем вытесни через p_1 - конечное давление равновесия)

$$U_0 = \frac{3}{2} \nu RT_0 = \frac{3}{2} p_0 V_0 = \frac{3}{2} \alpha_0 V_0^2$$

$$\frac{A}{U_0} = \frac{\frac{\alpha_0 V_0^2}{2} (1 - \alpha_1^2)}{\frac{3}{2} \alpha_0 V_0^2} = \frac{(1 - \alpha_1^2)}{3}$$

$$\frac{3A}{U_0} = 1 - \alpha_1^2 \Rightarrow \alpha_1^2 = 1 - \frac{3A}{U_0} \Rightarrow \alpha_1 = \sqrt{1 - \frac{3A}{U_0}} = \sqrt{\frac{U_0 - 3A}{U_0}}$$

$$p_1 = \alpha_0 V_1, \quad \alpha_0 \propto_1 V_0$$

$$p_0 = \alpha_0 V_0$$

$$M = \frac{p_0}{p_1} = \frac{1}{\alpha_1} = \sqrt{\frac{U_0}{U_0 - 3A}} = \sqrt{\frac{U_0}{U_0 - \frac{3 \cdot 5}{24} U_0}} = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{5}{9}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{4}{9}}} = \sqrt{\frac{9}{4}} = \frac{3}{2} = 1,5$$



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!

$$\begin{aligned} Q_n = -Q &= \Delta U + A = \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_0 V_0) - A = \quad (Q_n - \text{подвращающая работа}) \\ &= \frac{3}{2}(\alpha_0 V_1^2 - \alpha_0 V_0^2) - A = \frac{3}{2}\alpha_0(\alpha_1^2 V_0^2 - V_0^2) = \frac{3}{2}\alpha_0 V_0^2(\alpha_1^2 - 1) = V_0(\alpha_1^2 - 1) \\ &= V_0\left(1 - \frac{2A}{V_0} - 1\right) = -3A - A = -4A \end{aligned}$$

$$Q = 4A = 4 \cdot \frac{5}{24} \cdot V_0 = 4 \cdot \frac{5}{24} \cdot \frac{0,2}{5} \cdot 4 \text{ кДж} = 4 \cdot \frac{5 \cdot 0,2}{24} \cdot 4 \text{ кДж} = 4 \text{ кДж}$$

$$\boxed{\text{ОТВЕТ: } m = 1,5; Q = 4 \text{ кДж}}$$



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 6

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!

QR
ДАНО:

график $v(t)$

$$v = 4 \frac{\Delta}{c}$$

$$g = 10 \frac{\Delta}{c^2}$$

Решить

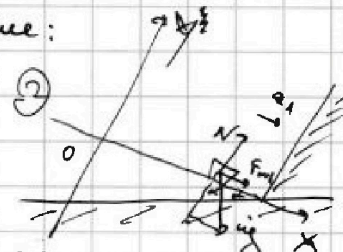
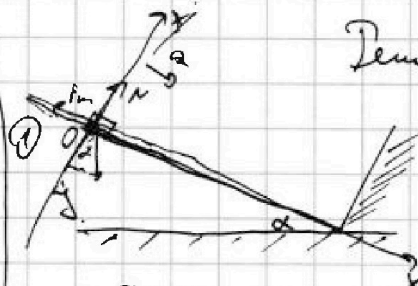
$$\left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = \frac{g \cos \alpha}{\mu}$$

$a = ?$

$\mu = ?$

$T = ?$

Решение:



по III закону Ньютона: (масса шара 561)
т.к. $\vec{F}_p = m\vec{a}$ (F_p - результирующая всех сил при ускорении)

то $a = \frac{F_p}{m}$, а $A_{F_p} = F_p \cdot \Delta S$

Закон сохранения энергии
(СЭР) $\frac{mV_1^2}{2} + A_{F_p} = \frac{mV_2^2}{2}$ (скорость в точке 1 $V_1 = 2 \frac{\Delta}{c}$, скорость в точке 2 $V_2 = 4 \frac{\Delta}{c}$)

$$\frac{mV_1^2}{2} + m a (S_2 - S_1) = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$a = \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2(S_2 - S_1)} = \frac{(4^2 - 2^2)}{2(2 - 0,5)} = \frac{16 - 4}{2 \cdot 1,5} = \frac{12}{3} = 4 \frac{\Delta}{c^2}$$

из III закона Ньютона касаясь

$$\Sigma X: m a = m g \sin \alpha - F_m$$

$$\Sigma Y: 0 = N - m g \cos \alpha$$

$$N = m g \cos \alpha$$

$$F_m = \mu N = \mu m g \cos \alpha, \text{ т.к. движение есть}$$

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

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

(2): т.к. по III закону Ньютона:

$$\vec{F}_{p1} = m \vec{a}_1 \text{ (} F_{p1} \text{ - резулт. всех сил при замедлении)}$$

$$\Rightarrow F_{p1} = m a_1, \text{ а } A_{F_{p1}} = -F_{p1} \Delta S = -m a_1 \Delta S, \text{ т.к. } (\Delta S \text{ - изменение пути, а сила направлена против движения при замедлении)}$$



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 6

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!

5 сд):

$$\frac{m'V_1'^2}{2} + A_{\text{ФР}_1} = \frac{m'V_2'^2}{2} \quad \left(\begin{array}{l} \text{СКОРОСТЬ В ТОЧКЕ 1: } V_1' = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow S_1' = 2 \text{ м} \\ \text{СКОРОСТЬ В ТОЧКЕ 2: } V_2' = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow S_2' = 3 \text{ м} \end{array} \right)$$

(ДО ЧТОБЫ УСТАБИЛИТЬ,
ПОСЛЕ ЗАМЕРЯЛИ ЧР)

$$\frac{m'V_1'^2}{2} - m'a_1(S_2' - S_1') = \frac{m'V_2'^2}{2}$$

$$a_1(S_2' - S_1') = \frac{V_1'^2 - V_2'^2}{2}$$

$$a_1 = \frac{V_1'^2 - V_2'^2}{2(S_2' - S_1')} = \frac{4^2 - 2^2}{2(3 - 2)} = \frac{16 - 4}{2 \cdot 1} = \frac{12}{2} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

из III ЗАКОНА НЬЮТОНА О СЧ

$$\Sigma X: m'a_1 = m'g \sin \alpha + F_{\text{м}1}$$

$$\Sigma Y: 0 = N - m'g \cos \alpha$$

$$N = m'g \cos \alpha$$

$$F_{\text{м}1} = \mu N = \mu m'g \cos \alpha, \text{ т.к. } \text{ЭВНТ ВКЛ} \text{ ЕСТЬ.}$$

$$m'a_1 = m'g \sin \alpha + \mu m'g \cos \alpha$$

$$\text{б) } a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\text{б) + а): } a_1 + a = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a}{2g} = \frac{4 + 6}{2 \cdot 10} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{6} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{а) } a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\mu = \frac{a_1 - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{6 - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{5\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{15}$$



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.

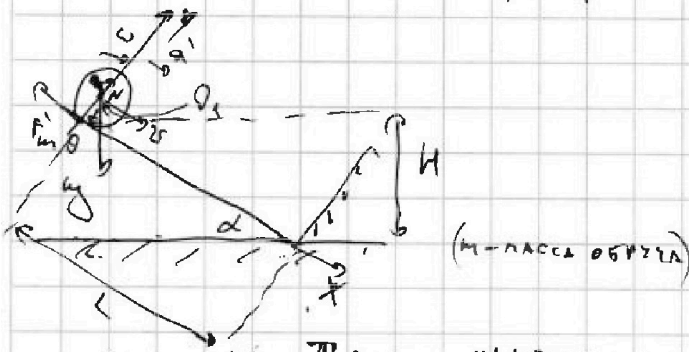
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
3 ИЗ 6

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!

Т.к. при скольжении $\left| \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right| = \frac{g \cos \alpha}{R}$ (относ. точки Q_1) ~~то~~, то $\left| \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right| \cdot I = F_m' R$

(F_m' - сила трения при скольжении)



Запишем III закон Ньютона на оси:

$$O_x: m a' = mg \sin \alpha - F_m'$$

$$O_y: N = mg \cos \alpha$$

$$F_m' = \mu N = \mu mg \cos \alpha, \text{ т.к. } F_m' \text{ - при скольжении}$$

$$\left| \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right| I = F_m' R$$

$$\frac{\mu g \cos \alpha}{R} I = \mu mg \cos \alpha R$$

$$I = m R^2$$

ε - угловое ускорение обрыва при катании (ω - угловая скорость, v - скорость)

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

$$\frac{a'}{R} = \varepsilon$$

$$\varepsilon I = F_m' R, \text{ в } \textcircled{O}_1$$

$$\frac{a'}{R} m R^2 = F_m' R$$

$$F_m' = m a'$$

$$m a' = mg \sin \alpha - m a'$$

$$a' = \frac{g \sin \alpha}{2} = \frac{10 \cdot 1}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



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
4 ИЗ 6

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!

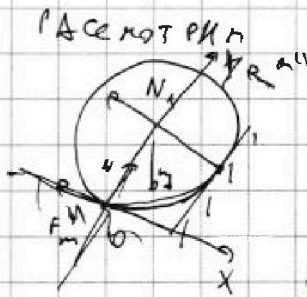
$$L = \frac{a' t_1^2}{2} \quad (\text{т.к. и начальная скорость } 0)$$

$$V = a' t_1$$

$$t_1 = \frac{V}{a'}$$

$$L = \frac{a'}{2} \cdot \frac{V^2}{a'^2} = \frac{V^2}{2a'}$$

$$H = L \sin \alpha = \frac{V^2}{2a'} \sin \alpha = \frac{4^2}{2 \cdot 5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ м}$$



ПАСЕКОТРИН

ЛОКЕТ ТРАПА:
запишем 2 уравнения криволинейного движения:
(F_{mx}'' - проекция F_m'' на ось Ox)

$$Ox: m a'' = N_1 - F_{mx}'' - mg \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

или

т.к. соударения очень быстрые N_1 много больше

любой константы $\Rightarrow N_1 \gg mg \sin \alpha$

$$N_1 \gg mg \sin \alpha > mg \cos \alpha = N$$

~~Вместо~~ $|F_{mx}''| \leq N$ - сравним с N

$$N_1 \gg |F_{mx}''|$$

значит $m a'' = N_1$, а значит

во время удара есть только ускорения поступательное

вдоль все составляющие силы $\neq 0$ направлены

много меньше N_1 и за малое время не успеют измениться

значениям закон сохранения энергии

$$E_B + \frac{mV^2}{2} = E_B + \frac{m(V')^2}{2} \quad (E_B - \text{энергия вращательная не меняется})$$

$(V' = |V|)$, но направление в другую сторону значит $\Delta v = 2V$

обрату кривится в обратном направлении, а есть

в обратном направлении V .

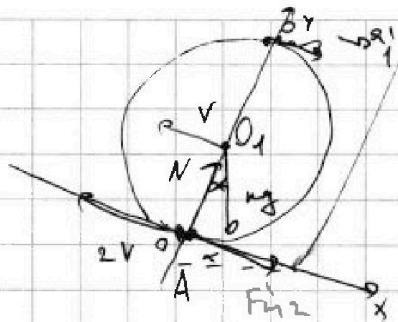
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
5 ИЗ 6

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!



Т.к. максимальная скорость $v_{max} = \frac{v}{R} (v - \text{в момент касания в точку А})$

A - точка касания сферы и плоскости.

Т.к. плоскость наклонена к горизонту, то $\sum F_x = \frac{mg \cos \alpha}{R}$

II закон Ньютона на ось x:

$$O_x: m a_1' = mg \sin \alpha + F_{m2}'$$

$$O_y: 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

т.к. плоскость наклонена $F_{m2}' = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

$$m a_1' = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

$$a_1' = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

v_1 - скорость центра, равна нулю, т.к. сфера не проскальзывает.

ω_1 - угловая скорость.

$$v_1(t) = v - a_1' t = v - g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t$$

$$\omega_1(t) = \frac{v}{R} - \frac{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t}{R}$$

v_A - скорость точки A левее центра, проскальзывает.

$$v_A(t) = v_1(t) + \omega_1 R(t) = v - g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t + v - \mu g \cos \alpha t = 2v - g (\sin \alpha + 2\mu \cos \alpha) t$$

$v_A(t_0) = 0$ t_0 - время, когда проскальзывает, прекращается



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
6 ИЗ 6

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!

$$0 = 2V - g(\sin \alpha + 2\mu \cos \alpha) t_0$$

$$t_0 = \frac{2V}{g(\sin \alpha + 2\mu \cos \alpha)} = \frac{2 \cdot 4}{10 \left(\frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right)} = \frac{2 \cdot 4}{5 \cdot \left(\frac{1}{2} + 1 \right)}$$

$$= \frac{4}{\frac{5}{2} + 1} = \frac{4}{\frac{7}{2}} = \frac{8}{7} \text{ с}$$

$v_1(t_k) = 0$ — время за которое обьект остановился v_1 (и достиг максимальной высоты) если всё это время не касалось поверхности)

$$v = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t_k$$

$$t_k = \frac{v}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{4}{10 \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right)} = \frac{4}{5 + 1} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{ с}$$

$t_k < t_0$, значит всё время t_k — обьект касался поверхности, значит

$$T = t_k = \frac{2}{3} \text{ с}$$

ОТВЕТ: $a = g \frac{\Delta}{2}$ ($\mu = 1/2$); $T = \frac{2}{3} \text{ с}$



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!

$$F_2 = \frac{2\pi GmM}{S} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,64 \cdot 10^{-11} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{0,5} =$$
$$= 16 \cdot 12 \cdot 3,14 \cdot 6,64 \cdot 10^{-14} = 4021,2096 \cdot 10^{-14} \text{ Н} =$$
$$= 4,0212096 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$$

$$\text{ОТВЕТ: } F_1 = 3,2 \text{ Н}$$

$$F_2 = 4,0212096 \cdot 10^{-12} \text{ Н} \approx 4 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$$

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!

Дано:

$$S = 0,5 \text{ м}^2$$

$$Q = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q = -3,54 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$M = 4 \text{ кг}$$

$$m = 12 \text{ г} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$d \ll 0,5 \text{ м}$$

$$F_1 = ?$$

$$F_2 = ?$$

Решение:

a - сторона квадрата

$$S = a^2$$

$$a = \sqrt{S} = \sqrt{0,5} \text{ м} \quad a^2 = 0,5$$

$$\sqrt{0,49} < \sqrt{0,5}$$

$$0,7 < \sqrt{0,5} \Rightarrow a > 0,7$$

$$a > 0,7 \gg d \Rightarrow a \gg d \quad \text{значит можно считать}$$

что для заряда пластина - это бесконечная

плоскость.

$$E_n = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad \text{- напряженность бесконечной плоскости.}$$

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$F_{1 \text{ на } q} = |E_n q| = \frac{|Q q|}{2\epsilon_0 S} \quad \text{сила взаимодействия зарядов на поверхности плоскости}$$

по закону Ньютона сила одного происхождения

действует в обратном направлении, а значит $F_1 = F_{1 \text{ на } q} = \frac{|Q q|}{2\epsilon_0 S}$

$$F_1 = \frac{Qq}{2\epsilon_0 S} = \frac{8 \cdot 10^{-9} \cdot (-3,54 \cdot 10^{-9})}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5} = \frac{28,32}{8,85} = \frac{3,4 \cdot 10^{-17}}{8,85 \cdot 10^{-12}} = \frac{3,4 \cdot 10^{-5}}{8,85} = \frac{3,4}{8,85} \cdot 10^{-5} = 0,38 \cdot 10^{-5} = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

по аналогии между силой кулона и гравитационной:

$$q = \frac{M}{2\epsilon_1} \quad (\epsilon_1 \text{ - масса на единицу заряда})$$

$$m = \frac{M}{S}$$

$$F_{2 \text{ на } q} = \frac{q^2}{2\epsilon_1} = \frac{M^2}{4\epsilon_1 S^2} = \frac{m M}{2\epsilon_1 S} = \frac{2\epsilon_1 G m M}{S}$$

по закону Ньютона $F_2 = F_{2 \text{ на } q} = \frac{2\epsilon_1 G m M}{S}$

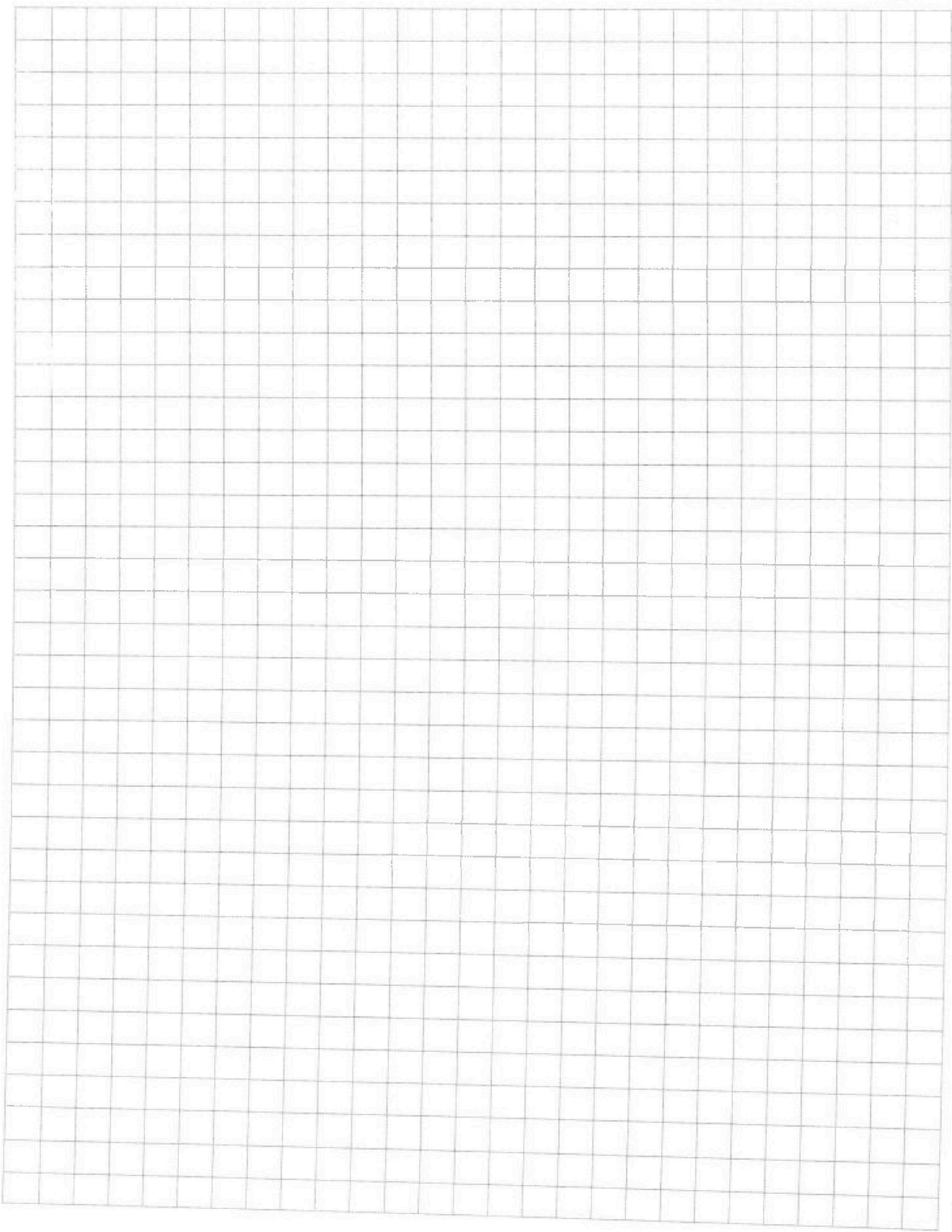


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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



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!

$$2 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 3 = \sqrt{4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 3^2} = \sqrt{4^3 \cdot 3^2} = \sqrt{2^6 \cdot 3^2} = 2 \cdot 3 = 6 \cdot 3$$

$$\begin{array}{r} 885 \overline{) 5} \\ 5 \\ \hline 32 \\ 35 \\ \hline 38 \end{array}$$

$$\frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$\begin{array}{r} 2832 \overline{) 3} \\ 27 \\ \hline 13 \\ -12 \\ \hline 1 \\ 11 \\ -10 \\ \hline 1 \\ 11 \\ -10 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\frac{8}{16}$$

$$\frac{12}{24 \cdot 24} = \frac{1}{48}$$

$$\frac{97}{97}$$

$$\frac{2832}{885} = 0$$

$$\frac{54}{57} = 0,2$$

$$\frac{285}{5} = 57$$

$$\frac{16}{256}$$

$$\frac{24}{12} = 2$$

$$\frac{5}{24} = \frac{59}{60}$$

$$\frac{7}{14}$$

$$\frac{5}{10} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{16}{32} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{24}{48} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{32}{64} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{40}{80} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{48}{96} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{56}{112} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{64}{128} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{72}{144} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{80}{160} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{88}{176} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{96}{192} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{104}{208} = \frac{1}{2}$$

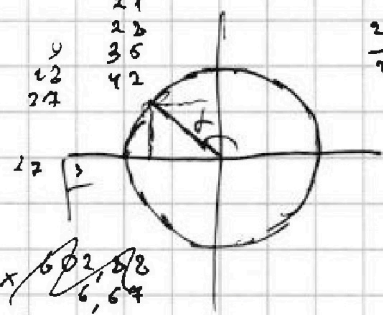
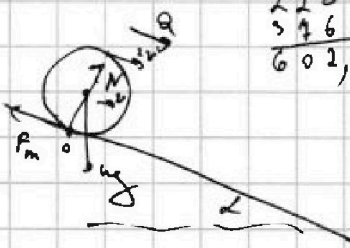
$$\frac{112}{224} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{120}{240} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{128}{256} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{136}{272} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{144}{288} = \frac{1}{2}$$



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

$$a = \frac{V}{\omega} = 9 \text{ m}$$

$$I = m R^2$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

$$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$$

$$\Sigma I = F_m R$$

$$\frac{9}{R} \cdot m R^2 = F_m R$$

$$F_m = 9 m$$

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

$$\frac{a}{R} = \varepsilon$$

$$\frac{100}{191}$$

$$m a = m g \sin \alpha - F_m = m g \sin \alpha - 9 m$$

$$2\alpha = g \sin \alpha$$

$$\alpha = \frac{g \sin \alpha}{2}$$

$$100 + 9 = 109$$

$$\frac{154}{265} = \frac{602,28}{6,64}$$

$$\frac{422016}{361928}$$

$$\frac{361928}{40212096}$$

$$\frac{1419}{25} = 56,76$$

$$\frac{8985}{498} = 18,04$$

$$\frac{42975}{498} = 86,31$$