

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Фейерверк массой  $m = 1 \text{ кг}$  стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через  $T = 3 \text{ с}$  разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва  $K = 1800 \text{ Дж}$ . На землю осколки падают в течение  $\tau = 10 \text{ с}$ .

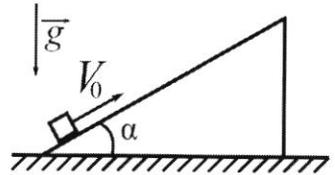
1) На какой высоте  $H$  взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени  $\tau$  осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

*через какое время упадет первый осколок после взрыва*

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\cos \alpha = 0,6$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость  $V_0$  (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$ . Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.  $M = 2m$

2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

$M = m$   
~~не учитывать условие на одинаковость~~  
~~не учитывать одинаковость??~~

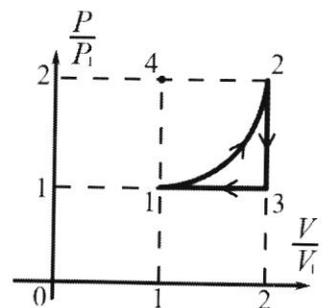
3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение  $a$  модели.

2) Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{\text{MIN}}$  равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,8$ , радиус сферы  $R = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

?

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление  $P_1$  и объём  $V_1$ .



1) Какое количество  $Q$  теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $3R$  от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом  $q > 0$ .

1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $3R$  от центра.

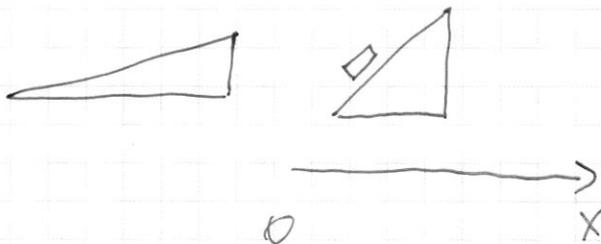
2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Явлениями поляризации пренебрегите.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sim^2$  На систему шайба + клин и действуют  
 грав. силы  $\rightarrow$  сумм. импульсы системы в проекции  
 на грав. ось  $Ox = \text{const}$ . Исходно клин покоится,  
 шайба имеет ск.  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту  $\rightarrow$   
 $(m)$  - её масса  $M = 2m$

исходно сумм. импульсы  $m v_0 \cos \alpha + M \cdot 0 = m v_0 \cos \alpha$   
 в проекции на  $Ox$



~~Когда шайба под~~  
 в момент соприкосновения  
 шайбы и клина.

высоту её ск. отн. клина  $= 0^*$  (тк ~~вектор скорости~~ шайба  
~~проедет ещё вверх по клину~~ клину.  $\rightarrow$  скорости  
 шайбы и клина равны (пусть  $v_1$ ).  $(v_1$  - горизонтально  
 тк клин едет по плоскости, шайба касается его по касательной)  $\rightarrow$

сумм. импульсы системы в проекции на  $Ox = (m+M) \cdot v_1 = m v_0 \cos \alpha \rightarrow$   
 $\rightarrow 3m v_1 = m v_0 \cos \alpha$   
 кин. энергия системы  $= \frac{m v_1^2}{2} + \frac{M v_1^2}{2} = \frac{(m+M) v_1^2}{2} = K_2$

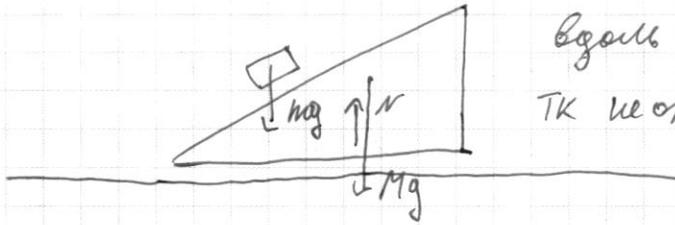
Исходно кин. энергия системы  $= \frac{m v_0^2}{2}$  (кин. энергия клина  $= 0$ ) =

$= K_1$  Изменение кин. энергии системы  $= A_{внеш.}$

$K_2 = K_1 + A_{внеш.}$

На систему действуют силы тяжести  $mg$  и  $Mg$  и сила со ст. стая  $N$ .  
 (1 силу тк ~~трения~~ трения нет).

Книжка не перем. ~~в~~



Вдоль  $N$  - ~~безотрывно~~  
 тк не отрывается от стая,

~~тк~~ Работа  $Mg = 0$  тк книжка не перемещается по верт.  
 тк книжка по гор. стая, работа  $mg = -mgh$  тк  
 книжка поднялась на  $h \rightarrow$

$$(m+M) v_1^2 / 2 = m v_0^2 / 2 - mgh \rightarrow$$

$$3m v_1^2 / 2 = m v_0^2 / 2 - mgh \rightarrow 3 v_1^2 / 2 = v_0^2 / 2 - gh$$

~~$$3 v_1^2 / 2 = v_0^2 / 2 - gh$$~~

$$\begin{cases} 3m v_1 = m v_0 \cos \alpha \end{cases} \rightarrow 3 v_1 = v_0 \cos \alpha = 0.6 v_0 \rightarrow$$

$$3 v_1 = 0.6 v_0 \rightarrow 5 v_1 = v_0 \rightarrow v_1 = v_0 / 5 \rightarrow$$

$$3 \cdot \left(\frac{v_0}{5}\right)^2 = v_0^2 / 2 - gh \rightarrow \frac{3}{25} v_0^2 = v_0^2 / 2 - gh \rightarrow$$

$$\rightarrow 2gh = \frac{22}{25} v_0^2 \rightarrow gh = \frac{11}{25} v_0^2 \rightarrow v_0^2 = \frac{25}{11} gh \Rightarrow$$

$$v_0 = 5 \sqrt{\frac{gh}{11}} = 5 \sqrt{\frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0.1 \text{ м}}{11}} = 5 \sqrt{\frac{2}{11}} \text{ м/с}$$

Ответ:  $v_0 = 5 \sqrt{\frac{2}{11}} \text{ м/с}$

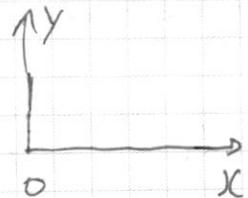
или 2) ~~Анализ~~ ~~Зск в проекции на ОХ вычисляем.~~

$v_{ix}$  и  $v_{iy}$  - скорости шайбы в проекции на ОХ и

~~или~~ ОУ соотв (см. рас),  $v_{ix}$  - ск. книжка в

проекции на ОХ (книжка горизонтально  $\rightarrow$  ск. книжка

$$(a/c) = v_{ix}$$





$$\begin{cases} v_0 \cos \alpha = v_{1x} + v_{2x} \\ v_0^2 = v_{1x}^2 + v_{2x}^2 + v_{1y}^2 \rightarrow \\ v_{1y} = (v_{1x} - v_{2x}) \cdot \operatorname{tg} \alpha \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{1 - 0.36}}{0.6} = \frac{0.8}{0.6} = \frac{4}{3}$$

$$v_0^2 = v_{1x}^2 + v_{2x}^2 + (v_{1x} - v_{2x})^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \rightarrow \text{уб}$$

~~$$v_0^2 = v_{1x}^2 + v_{2x}^2 + v_{1x}^2 - 2$$~~

$$v_0^2 = v_{1x}^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) + v_{2x}^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - 2 v_{1x} v_{2x} \operatorname{tg}^2 \alpha$$

~~$$v_{2x} = v_0 \cos \alpha - v_{1x}$$~~

~~$$v_0^2 = v_{1x}^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) + (v_0 \cos \alpha - v_{1x})^2$$~~

$$v_0^2 = v_{1x}^2 \left( \frac{25}{9} \right) + v_{2x}^2 \frac{25}{9} - 2 v_{1x} v_{2x} \frac{16}{9}$$

$$\Rightarrow v_0^2 = 25 v_{1x}^2 + 25 v_{2x}^2 - 32 v_{1x} v_{2x}$$

$$v_{2x} = v_0 \cos \alpha - v_{1x} = 0.6 v_0 - v_{1x}$$

$$\Rightarrow v_0^2 = 25 v_{1x}^2 + 25 \left( \frac{3}{5} v_0 - v_{1x} \right)^2 - 32 v_{1x} \left( \frac{3}{5} v_0 - v_{1x} \right)$$

$$k = v_{1x} / v_0$$

$$\Rightarrow = 25k^2 + 25 \left( \frac{3}{5} - k \right)^2 - 32k \left( \frac{3}{5} - k \right)$$

$$\Rightarrow = 25k^2 + (3 - 5k)^2 - \frac{96}{5}k + 32k^2$$

$$\Rightarrow = 57k^2 + \Rightarrow -30k + 25k^2 - \frac{96}{5}k$$

~~$$\Rightarrow = 82k^2 - (30 + \frac{96}{5})k + \dots$$~~

$$0 = 82k^2 - \left( \frac{150 + 96}{5} \right) k \quad 246 = 41 \cdot 6$$

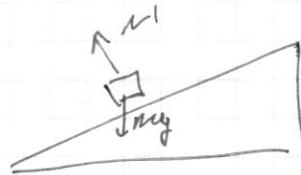
$$0 = k \left( 82k - \frac{246}{5} \right)$$

$$0 = 41k \left( 2k - \frac{6}{5} \right) = 41 \cdot 2 \cdot \left( k - \frac{3}{5} \right) \cdot k \rightarrow$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$k(k - \frac{3}{5}) = 0 \rightarrow k = 0, k = \frac{3}{5} \quad k \in \{0, \frac{3}{5}\}$$

$k = \frac{3}{5} \rightarrow v_{1x} = \frac{3}{5}v_0 \rightarrow v_{2x} = \frac{3}{5}v_0 - v_{1x} = 0$ , т.е. невозм. тк ~~показатель скорости действия на цилиндр  $\frac{1}{2}$  его~~  
~~пов-ти~~ на шарику действуют только 2 силы:  $mg$  и  $N'$ ,



у одной из них проекция на  $Ox = 0$ , у другой  $< 0 \rightarrow$

$$v_{1x} < v_{1x} \cos \alpha = v_0 \cos \alpha$$

исх. ск. шарик вправо на  $Ox \rightarrow k = \frac{3}{5} \text{ (X)} \rightarrow$

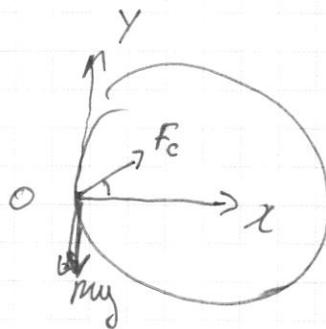
$$k = 0 \rightarrow v_{2x} = v_0 \cos \alpha - v_{1x} = v_0 \cos \alpha = 0.6v_0 \rightarrow$$

$$v_{1y} = \tan \alpha \cdot (v_{1x} - v_{2x}) = \frac{4}{3} \cdot (0 - 0.6v_0) = -0.8v_0$$

$$v_1^2 = v_{1x}^2 + v_{1y}^2 = v_{1y}^2 \rightarrow |v_1| = |v_{1y}| = 0.8v_0$$

ответ:  $0.8v_0$

$\sim 3$



$F_c$  - сил со ст. сферы  
 $\alpha$  - угол между силой с горизонталем (против ч.с).

На шарик действуют сила тяжести

~~Машина по гор. пл - т.е. сила веса круга~~  $\rightarrow$  ( $mg$  и  $F_c$ )  
 $Ox, Oy$  - ~~гор. и верт.~~ ~~гор. осн.~~ ~~и верт.~~

Машина по ~~гор~~ кругу вер. плоскости  $\rightarrow$

$$\text{сумма сил в проекции на } OY = 0 \rightarrow -mg + F_c \sin \alpha = 0$$

~~она  $\rightarrow$   $\alpha$~~   $\alpha$  - выпр. в центр сферы  $\rightarrow$  по вер. оси

рисунок ~~картинка~~ - сечение верт. пл-тью прох. веру точку, где лежит машина и центр сферы,  $Ox$  - ~~направление~~ веру машину в центр сферы

$$\rightarrow \text{сумма сил в проекции на } Ox = F_c \cos \alpha = ma$$

$$(F_c \cos \alpha)^2 + (F_c \sin \alpha)^2 = F_c^2 = (2mg)^2 \rightarrow$$

$$(mg)^2 + (ma)^2 = (2mg)^2 \rightarrow (ma)^2 = 3(mg)^2 \rightarrow a^2 = 3g^2 \rightarrow$$

$$a = \sqrt{3}g$$

$F_c$  - сила сост. сферы на ~~стор~~ машину по 3-му закону Ньютона =  
сила со ст машины на сферу

~

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Осколки осколков после взрыва летят во всевозм. напр. с одинаковыми скоростями.  $\rightarrow$

$$\text{их суммарный импульс} = m \sum_{i=1}^N \vec{v}_i$$

$m$  - масса всего осколка

$N$  - их число,  $\vec{v}_i$  - вектор скорости  $i$ -го осколка  $\rightarrow$

и  $i$ -го осколка для каждого осколка  $i$  есть осколок, летит в обр. направлении (имеет  $v_i = -v_i$ ) так летит во всевозм. напр.  $\rightarrow$

$$\sum_{i=1}^N \vec{v}_i = 0 \rightarrow \text{сумма импульсов}$$

осколка  $= 0$ , взрыв его не изменил (вектор)  $\rightarrow$   
до взрыва импульс  $= 0 \rightarrow$  на высоте  $H$   
энергия  $= 0$ .

на него действ. сила  $m\vec{g}$ ,  $\text{сопр.} = 0 \rightarrow$   
зак. равноуск. в пер.  $\rightarrow U = gT^2/2$   
с уск.  $g$  ( $g$  вертикаль верт. ось координат)

$$H = 10 \text{ м/с}^2 \cdot (3 \text{ сек})^2 / 2 = 90 / 2 \text{ м} = \boxed{45 \text{ м} = H}$$

ОТВЕТ

$$K = \sum_{i=1}^N \frac{m_i (v_i)^2}{2} =$$

$$v - \text{скорость осколков (вс)} \rightarrow K = \sum_{i=1}^N \frac{m_i v^2}{2} = m \frac{v^2}{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow 2K = m v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{3600 \text{ Дж}}{102}} =$$

$$= 60 \text{ м/с}$$

Есть осколок лет. выш (во всех напр) →

он движ. равноуск. время  $T$  до земли.

исходная выш

в проекции на верт. ось  $y$ :  
 $-H = -v \cdot T + -g \frac{T^2}{2}$   
 где  $H$  — выш. на отв.  
 $v$  — проекция нач. ск. на отв.  
 $g$  — уск. вниз.

он движ с пост. уск =  $g$

$$H = vT + g \frac{T^2}{2} \rightarrow 0 = g \frac{T^2}{2} + vT - H \rightarrow$$

$$\rightarrow T = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 4g \frac{H}{2}}}{g} = \frac{-60 \pm \sqrt{3600 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 2 \cdot 10 \text{ м}/\text{с}^2 \cdot 45 \text{ м}}}{10 \text{ м}/\text{с}^2} =$$

$$= \frac{-60 \pm \sqrt{3600 + 900}}{10} \text{ с} = -6 \pm \sqrt{45} \text{ с} =$$

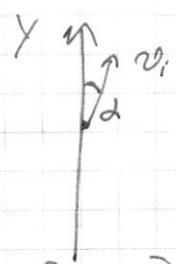
$$= -6 \pm 3\sqrt{5} \text{ с}$$

$$T < 0 \text{ невозм} \rightarrow T = -6 + 3\sqrt{5} \text{ с}$$

ответ:  $-6 + 3\sqrt{5}$  с.

почему первым упрощают  $0H$ ? где угодно  
 осколка время его падения  $T$  и ~~проект~~ нач. скорость  
 дают это в проекции на  $OY$  (все они движут с

пост. уск =  $g$ )  $-H = v \cdot \cos \alpha \cdot T - g \frac{T^2}{2}$



$\alpha$  — угол скорости. Это осколка с верт. осью  $OY$ ,  $v \cos \alpha$  — проекция нач. ск. на отв. →

$$\rightarrow \text{или } v \cos \alpha \cdot T - g \frac{T^2}{2} + v \cos \alpha \cdot T + H = 0$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$gT^2/2 - v \cos \alpha \quad T \rightarrow U = 0 \quad \rightarrow \quad T = \frac{v \cos \alpha \pm \sqrt{v^2 \cos^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$T = \frac{v \cos \alpha - \sqrt{v^2 \cos^2 \alpha + 2gH}}{g} \quad \text{невозможна} \quad \rightarrow \quad v \cos \alpha \rightarrow$$

$$\rightarrow T = \frac{v \cos \alpha + \sqrt{v^2 \cos^2 \alpha + 2gH}}{g} \quad \text{момент. возр. возр}$$

от  $\cos \alpha \rightarrow$  ~~иде~~ наим.  $\sin \alpha$  - при наим.  $\cos \alpha = -1$ .

$\cos \alpha = -1 \rightarrow \alpha = -\pi \rightarrow$  скорость комп.  $v \sin \alpha$ ,  $\gamma T D$ .

~ 4 ~~расшир~~  $\text{расшир}$   $\tau - 2$

$$Q = \Delta U + A \quad \Delta U = \frac{3}{2} \nu (RT) = \nu \left( \frac{3}{2} RT \right) \cdot \frac{3}{2}$$

$$PV \text{ в м. 1} = P_1 V_1, \quad PV \text{ в м. 2} = 2P_1 \cdot 2P_2 \quad (\text{градиент}) \rightarrow$$

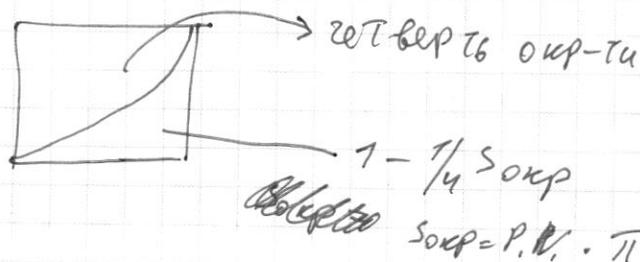
$$\rightarrow \Delta PV = 3 P_1 V_1 \rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 3 P_1 V_1$$

$$A = S_{\text{пог. гр.}} \cdot \text{этот радиус} \quad \text{её можно предст. как}$$

$$\text{или } P_1 V_1 \left( 2 - \frac{\pi}{4} \right) + P_1 V_1 = \left( 2 - \frac{\pi}{4} \right) P_1 V_1 \rightarrow$$

площадь пог. градиент ~~на~~,  $\sigma \text{ гр.}$   $\text{линии}$

со стрелками







Рассуждение стержня на много частей длиной  $\ll R \rightarrow$   
 длины  $dR \rightarrow$  на какой из них заряд  $= \frac{q \cdot dR}{R}$   
 $= q \cdot \frac{dR}{R}$  так  $q$  распредел. равномерно по длине стержня  $\rightarrow$

~~или на какой-то~~ ~~какой-то~~ ~~такой~~ ~~кусок~~ ~~длина~~ ~~суда~~ =  
 произведем их  $1 \dots N \rightarrow$  на  $i$ -й куске длина.



$$\frac{kQ}{(3R + (i-1)dR)^2} \cdot q \cdot \frac{dR}{R} \rightarrow$$

напр. вместе кусочка  
 $q \frac{dR}{R}$  - заряд кусочка

$$\rightarrow \text{Сумма сил} = \sum_{i=1}^N \frac{kQ}{(3R + (i-1)dR)^2} \cdot q \cdot \frac{dR}{R} =$$

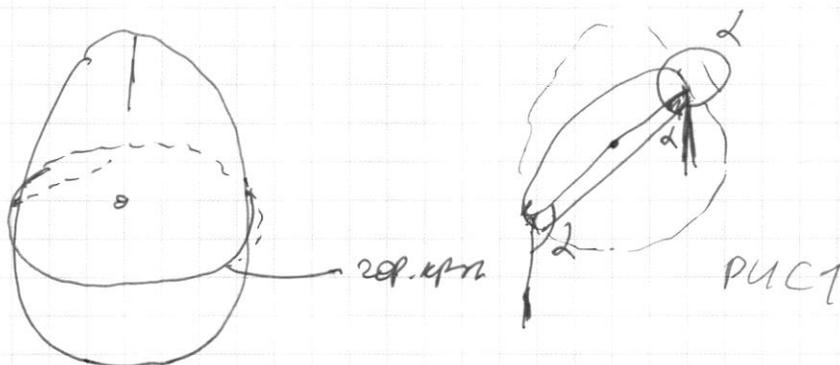
$$= \int_0^R \frac{kQq}{(3R+l)^2} \cdot q \cdot \frac{dl}{R} = \int_0^R \frac{kQq}{R} \int_0^R \frac{dl}{(3R+l)^2} =$$

$$= \frac{kQq}{R} \left( \int_0^R \frac{dl}{(3R+l)^2} \right) =$$

$$= \frac{kQq}{R} = kQq \cdot \frac{Qq}{R} \cdot \left( \frac{1}{3R} - \frac{1}{4R} \right)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3  
2)



на круге след по углу  $45^\circ$  (из условия)

~~ММ~~ при ~~этом~~  $Ox$  - ось верт. линии и  $\alpha$  - угол сферы

$N$  - корн. реакц. на сферу

$F_{mp}$  - сила ~~магн.~~ ~~магн.~~ в любой макс. вр. прелом. точки

сил на  $Ox = \frac{m v^2}{R} \alpha$  - сил, рис 1

сил на  $сум = mg \cos \alpha + N = \frac{m v^2}{R} \alpha$  (касательн. к сфере)

И сила сил в проекции на перп. к  $Ox = 0$  (тк движ. по кругу)  $\rightarrow$

$$F_{mp} + mg \cdot \cos \alpha = 0$$

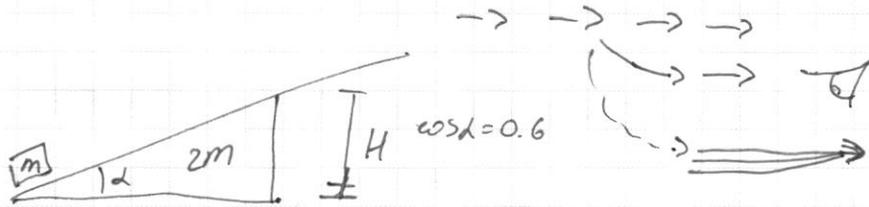


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2 2



2 1 решение 2 2

$$v_0 t - \frac{g t^2}{2} = -H$$

$$v_0 \cos \alpha t - \frac{g t^2}{2} = -H \rightarrow \frac{g t^2}{2} - v_0 \cos \alpha t - H = 0$$

$$t = \frac{v_0 \cos \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha - 4gH}}{g}$$

2 2 1) по ЗСА по OY

$$m a = 2m g \rightarrow a = 2g. \omega^2 R = 2g \rightarrow$$



$$\vec{F}_{cp} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$Ox: F_{cp} \cos \alpha = m a$$

$$Oy: F_{cp} \sin \alpha = m g$$

$$\rightarrow F_{cp}^2 = m^2 a^2$$

$$F_{cp}^2 \cos^2 \alpha + F_{cp}^2 \sin^2 \alpha =$$

$$= m^2 a^2 + m^2 g^2 = (2m g)^2 \rightarrow m^2 (a^2 + g^2) = 4m^2 g^2 \rightarrow m^2 a^2 = 3m^2 g^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow a^2 = 3g^2 \quad Q = A + a u = \dots \text{симметрия по } u.$$

$$\mu = \frac{A}{Q} \quad F_i = \frac{k Q q}{(3R)^2}$$

$$(k x^n)' = k n x^{n-1} = x^{-2} \quad n = -1$$

По теореме Гаусса  $\sum_{j=1}^{N'} \left( \sum_{i=1}^N E_i \delta_i \cos \alpha_i \right) = \left( \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^2} \delta_i \cos \alpha_i \right) \sum_{j=1}^{N'} =$   
 $= \sum_{j=1}^{N'} \left( \sum_{i=1}^N q_i \cdot \varphi_i \right) = \sum_{j=1}^{N'} q_j \cdot 4\pi = q \cdot 4\pi$

TK называется ~~то же самое~~  
 на поверхности сферы радиуса R  
 заряд  $q$  от сферы  $= \frac{4\pi R^2 \rho}{r^2}$   
~~то же самое~~ ~~используя~~ ~~формулу~~

Угол, макс: 1-10 мм. ~~то же самое~~ ~~показано~~, что ~~то же самое~~ ~~лучше~~ ~~применять~~

- и все. что ~~применять~~ ~~то же самое~~
- 1: 12:24 --- 14:21
  - 2: 15-20 мм
  - 3: 0.52.
  - 4: 0.52.
  - 5: OCT.
- 10 мм - 1 шаг  
 3, 4, 5 - по ~~то же самое~~ ~~то же самое~~ ~~то же самое~~

$$\frac{mv_1^2}{2} = mv_1^2 + 2m \cdot v \cdot v_0 \cos \alpha$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \quad v_1^2 + v_2^2 = v_0^2$$

$$v_0 \cos \alpha$$

$$\begin{cases} v_{1x}^2 + v_{1y}^2 & v_{1x} + v_{2x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{1x} + v_{2x} = v_0 \cos \alpha & v_{1y} = \frac{v_{1x} - v_{2x}}{\operatorname{ctg} \alpha} \\ \frac{(v_{1x} - v_{2x})}{v_{1y}} = \operatorname{ctg} \alpha & \end{cases}$$

$$v_{1x}^2 + \left( \frac{v_{1x} - v_{2x}}{\operatorname{ctg} \alpha} \right)^2 + (v_0 \cos \alpha - v_{1x})^2 = v_0^2$$