Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

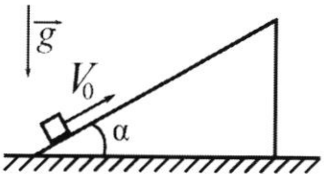
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ м. На землю осколки падают в течение $\tau = 10$ с.

1) Найдите начальную скорость V_0 фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию K осколков сразу после взрыва.

Ускорение свободного падения g=10 м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^0$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость $V_0 = 2$ м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.



1) На какую максимальную высоту H над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

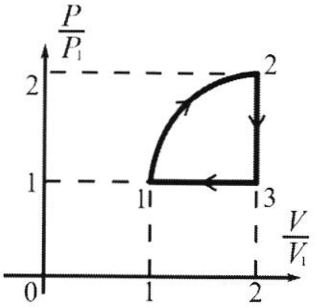
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой P модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = \frac{\pi}{6}$. Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} такого равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,9$.

Ускорение свободного падения g=10 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 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1.



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

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

Универсальная газовая постоянная R.

5. Заряд Q >0 однородно распределен по сфере радиуса R. В первом опыте на расстоянии $2R$ 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 $2R$ от центра.

2) Найдите силу F_2, с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

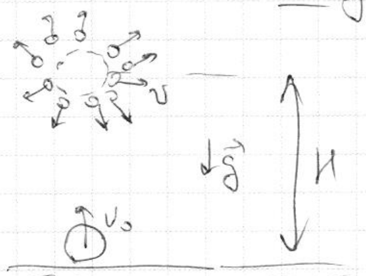
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

Дано:
$m = 2$ кг
$H = 65$ м
$\tau = 10$ с

v_0?
K?

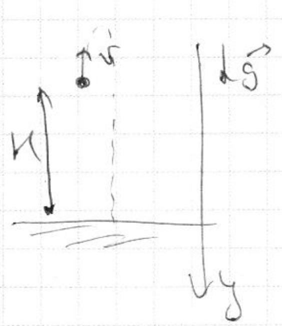


1) Пренебрегая сопр. воздуха, ЗСЭ для фейерверка:

$$\frac{\cancel{m}v_0^2}{2} = \cancel{m}gH$$

$$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2\cdot 10\cdot 65} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \approx 36 \text{ м/с}$$

2) Т.к. осколок, вектор скорости которого направлен вертикально вверх, летит дольше всех остальных, будем считать, что он летит $\tau = 10$с.



$$y:\ -v\tau + \frac{g\tau^2}{2} = H$$

$$v = \frac{\frac{g\tau^2}{2} - H}{\tau} = \frac{g\tau}{2} - \frac{H}{\tau}$$

Тогда суммарная кинетическая энергия:

$$\boxed{K = \sum_i K_i = \sum_i \frac{dm\cdot v^2}{2} = \frac{v^2}{2}\sum_i dm_i = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2}\left(\frac{g\tau}{2} - \frac{H}{\tau}\right)^2}$$

$$K = 1\text{ кг}\cdot\left(\frac{10\cdot 10}{2} - \frac{65}{10}\right)^2 = 1\text{ кг}\cdot(43{,}5)^2 = 1892{,}25 \text{ Дж}$$

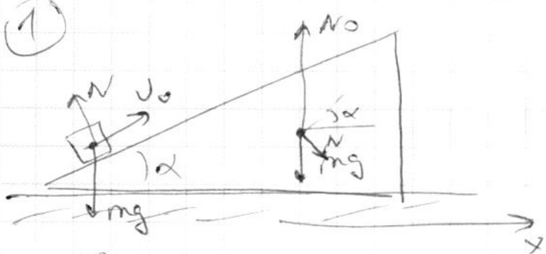
Замечание: Скорость осколков (значит и K) получилась более скорости фейерверка в начале полета. ЗСЭ во время взрыва не выполняется из-за работы внутренних сил, вызвавших взрыв.

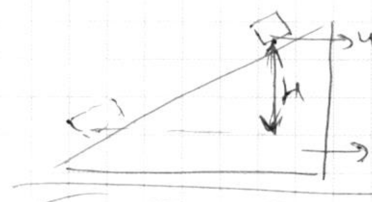
Ответ: 1) 36 м/с 2) 1892,25 Дж

Задача 2

Дано:
$\alpha = 30^\circ$
$v_0 = 2$ м/с

H_{max}?
v?

① 



На макс. высоте шайба не движется отн. клина, т.е. векторы скорости шайбы и клина совпадут.

Запишем ЗСИ в проекции на OX для системы клин + шайба: $m v_0 \cos\alpha = mu + mu \Rightarrow u = \frac{v_0\cos\alpha}{2}$

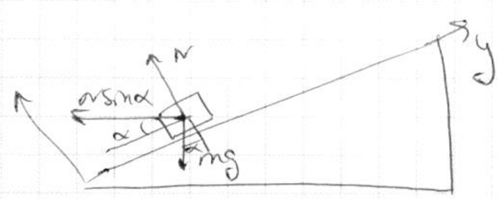
ЗСЭ для той же системы: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + \frac{mu^2}{2} + mgH \Rightarrow$

$\Rightarrow v_0^2 = 2u^2 + 2gH \Rightarrow H = \frac{v_0^2 - 2u^2}{2g} = \frac{v_0^2 - 2\cdot\frac{v_0^2\cos^2\alpha}{4}}{2g} =$

$= \frac{v_0^2}{2g}\left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{2}\right) = \frac{4}{2\cdot 10}\left(1 - \frac{3}{8}\right) = \frac{2}{10}\left(1 - \frac{3}{8}\right) = \frac{1}{5}\cdot\frac{5}{8} = \frac{1}{8}$ м $\approx$

$\approx 0{,}125$ м $\approx 12{,}5$ см

② Заметим, что в любой момент времени $a_{клина}$ (ускорение клина) направлено по оси x и равно $\frac{N\sin\alpha}{m}$.
Перейдем в СО клина. Она неинерциальна, но будем добавлять силу инерции $m\cdot\frac{N\sin\alpha}{m} = N\sin\alpha$.



Запишем в этой СО ЗСЭ для начального и конечного положений в точке старта. (для одной шайбы)

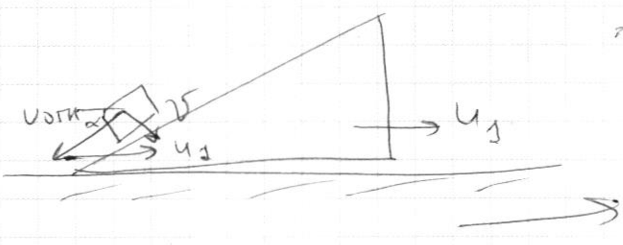
Заметим, что $A_N = 0$ (перпендикулярна перемещению), $A_{mg} = 0$ (замкнутая траектория). Также, из равновесия по оси z: $N\sin^2\alpha + N = mg\cos\alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а значит N постоянна на протяжении всего движения; тогда $A_N = 0$, т.к. работа постоянной силы по замкнутой траектории равна нулю. Итак, из ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_{отн}^2}{2} \Rightarrow v_0 = v_{отн},$$

где $v_{отн}$ — конечная скорость в СО клина. Теперь рассмотрим конечное положение в ИСО:



$$\vec{v} = \vec{v}_{отн} + \vec{u}_1$$

$$\Downarrow$$

$$v_x = v_{отн\,x} + u_1 = -v_{отн}\cos\alpha + u_1$$

Из ЗСИ для начального и конечного положения всей системы:

$$mv_0\cos\alpha = mu_1 + mv_x = mu_1 + mu_1 - mv_{отн}\cos\alpha = 2mu_1 - mv_0\cos\alpha \Rightarrow 2mv_0\cos\alpha = 2mu_1$$

$$\Downarrow$$

$$u_1 = v_0\cos\alpha$$

Осталось записать ЗСЭ для этой же системы в ИСО:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu_1^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = v_0^2 - u_1^2 = v_0^2(1-\cos^2\alpha) = v_0^2\sin^2\alpha$$

$$\Downarrow$$

$$v = v_0\sin\alpha = \frac{v_0}{2} = 1 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 0,125 м

2) 1 м/с

Задача 3

Дано:

$R = 1,2$ м

$v_0 = 3,7$ м/с

$m = 0,4$ кг

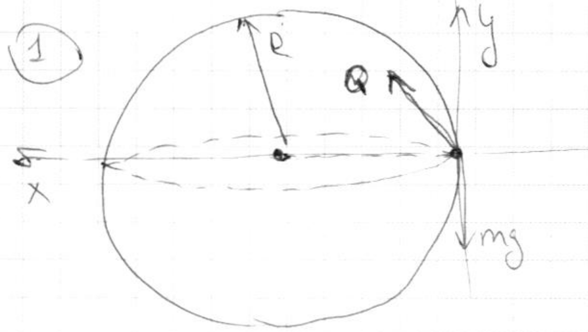
P?

$\alpha = \frac{\pi}{6}$

$\mu = 0,9$

v_{min}?

(1)



В силу равномерности движение машинка имеет только нормальное ускорение $a_n = \frac{v_0^2}{R}$, направленное в центр сферы (по оси x)

II з.Н. $OX: \; ma_n = N \Rightarrow N = \frac{mv_0^2}{R}$

$OY: \; 0 = F_{тр} - mg \Rightarrow F_{тр} = mg$

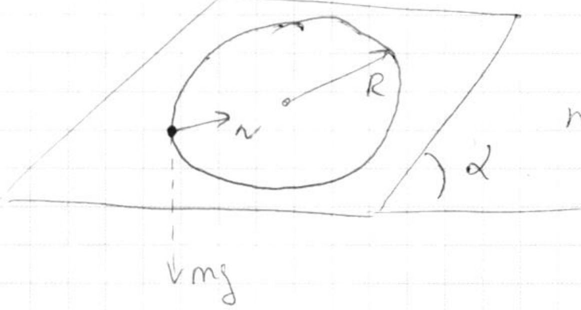
$OY \perp OX$, поэтому $Q^2 = F_{тр}^2 + N^2 = m^2g^2 + \frac{m^2v_0^4}{R^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow Q = m\sqrt{\frac{v_0^4}{R^2} + g^2} = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{3,7^4}{1,2^2} + 100} \approx$

$\approx 0,4\sqrt{(11,4)^2 + 100} \approx 0,4\sqrt{230} \approx 15,1 \cdot 0,4 \approx \underline{6 \text{ Н}}$.

$|\vec{Q}| = |\vec{P}|$ по III з.Н

(2) Попытаемся изобразить плоскость движения:



Будем раскладывать полную реакцию опоры $\vec{Q}$ на нормальную $\vec{N}$, направленную в центр сферы, и касательную $\vec{F}_{тр}$, лежащую в плоскости, перпендикулярной движению

Тогда для удобства разложим на аналогичные составляющие $m\vec{g}$. Видно, что в плоскости движения будет проекция

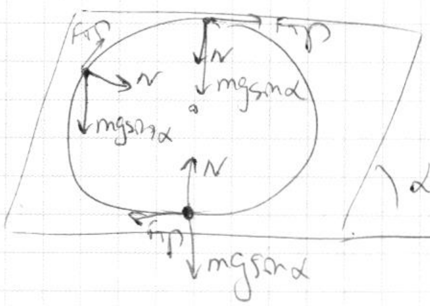
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$mg\sin\alpha$, а в $\perp$ ей плоскости $- mg\cos\alpha$.

Аналогично предыдущей ~~задачи~~ подзадаче, вектор ускорения $\vec{a}$ направлен в центр сферы и шайбы ~~направлен~~ лежит в плоскости движения.

Теперь запишем II з.Н. в плоскости, в которой лежит $\vec{F_{тр}}$: $F_{тр} = mg\cos\alpha$ (1), т.к. $\vec{a}$ не дает проекции на эту плоскость.

Теперь рассмотрим плоскость движения:



Запишем II з.Н. в проекции на ось, направленную к центру:

$$\frac{mv_{min}^2}{R} = N + mg\sin\alpha_z \quad (2),$$

где $mg\sin\alpha_z$ - проекция на эту ось $(mg\sin\alpha)$ принимающая значения $[-mg\sin\alpha; mg\sin\alpha]$

По закону Амонтона-Кулона: $\underset{(1)}{F_{тр} = mg\cos\alpha} \le \mu N$

$(2) \Rightarrow N_{min} + mg\sin\alpha = \frac{mv_{min}^2}{R} \Rightarrow N_{min} = \frac{mv_{min}^2}{R} - mg\sin\alpha$

$$mg\cos\alpha \le \mu\left(\frac{mv_{min}^2}{R} - mg\sin\alpha\right)$$

$$g\cos\alpha + \mu g\sin\alpha \le \frac{\mu v_{min}^2}{R}$$

$$v_{min}^2 = \frac{Rg(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)}{\mu} = \frac{1,2\cdot 10\left(\frac{\sqrt{3}}{2} + 0,9\cdot\frac{1}{2}\right)}{0,9} =$$

$$\frac{4}{3}\cdot 10\cdot\frac{1}{2}(0,9+\sqrt{3}) \approx \frac{2}{3}\cdot 10\,(0,9+1,7) = \frac{20}{3}\cdot 2,6 = \frac{20}{3}\cdot\frac{13}{5} =$$

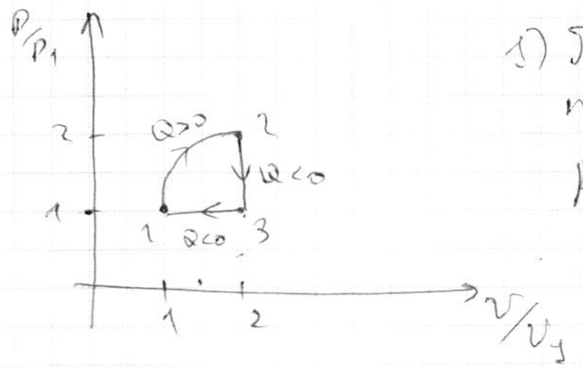
$$= \frac{4\cdot 13}{3} = \frac{52}{3} \approx 17,3 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

$$v_{min} = \sqrt{17,3 \text{ м}^2/\text{с}^2} \approx 4,2 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) ~6Н
2) 4,2 м/с

Задача 4

Дано:
$i=3$
T_1
$\nu = 1$ моль
1) Q?
2) A?
3) η?



1) Т.к. на всем протяжении процесса $1\to2$ совершается $A>0$ и $\Delta U>0$, то $Q>0$ на всём процессе $1\to2$.

Тогда: $Q = A_{12} + \Delta U_{12}$ (I начало), где A_{12} – работа в процессе $1\to2$, её можно посчитать как площадь под участком графика, умноженную на P_1V_1 (масштабные размерные коэффициенты): $A_{12} = \left(1 + \frac{\pi\cdot 1^2}{4}\right)P_1V_1 = \left(1+\frac{\pi}{4}\right)P_1V_1$.

$\Delta U_{12} = \frac{i}{2}\nu R\,\Delta T_{12} = \frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_1)$, T_2 – температура в точке 2

По ур-ию состояния: $\left.\begin{array}{l} P_1V_1 = \nu R T_1 \\ 2P_1\cdot 2V_1 = \nu R T_2 \end{array}\right\} \Rightarrow T_2 = 4T_1$

$\Delta U_{12} = \frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{i}{2}\nu R\cdot 3T_1 = \frac{9}{2}\nu R\cdot T_1 \underset{\nu=1\text{ моль}}{=} \frac{9}{2}RT_1$

Также из ур-ия состояния: $A_{12} = \left(1+\frac{\pi}{4}\right)P_1V_1 = \left(1+\frac{\pi}{4}\right)\nu R T_1 =$
$= \left(1+\frac{\pi}{4}\right)RT_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Получим $Q = RT_1\left(1+\frac{\pi}{4}+\frac{9}{2}\right) = \left(\frac{11}{2}+\frac{\pi}{4}\right)RT_1 \approx \left(\frac{11}{2}+\frac{3}{4}\right)RT_1 =$

$= \frac{25}{4}RT_1$

2) $A = A_{12} + \underset{0}{\underset{\parallel}{A_{23}}} + A_{31}$. A_{12} мы уже вычислили,

A_{31} вычислим аналогично: $A_{31} = -P_1V_1(\cdot 1) =$

$= -\nu RT_1 = -RT_1$

$A = A_{12} + A_{31} = RT_1\left(1+\frac{\pi}{4}-1\right) = \frac{\pi}{4}RT_1 \approx \frac{3}{4}RT_1$

3) ~~Вычислим η по двум различным формулам:~~

~~а) Пусть~~ $\eta = \frac{A}{Q}$. Тогда величины A и Q мы уже нашли, $\eta = \frac{\pi/4\, RT_1}{\left(\frac{11}{2}+\frac{\pi}{4}\right)RT_1} \approx \frac{3/4}{25/4} \approx \frac{3}{25} = 0{,}12$

~~б) Пусть $\eta = \frac{A}{Q_0}$, где $Q_0 = Q + Q_{23} + Q_{31}$, где $Q_{23}, Q_{31} < 0$ — отведенные кол-ва теплоты в процессах $2\to3$ и $3\to1$ соответственно.~~

~~(I начало): $Q_{23} = \overset{0}{A_{23}} + \Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R\cdot(T_3 - T_2)$~~

~~По ур-ию состояния: $P_1 \cdot 2V_1 = \nu RT_3 \Rightarrow T_3 = \frac{P_1V_1}{\nu R}\cdot 2 = 2T_1$~~

~~$Q_{23} = \frac{3}{2}R(-2T_1) = -3RT_1$~~

~~(I начало): $Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -RT_1 + \frac{3}{2}R(T_1 - T_3) =$~~

~~$= -RT_1 - \frac{3}{2}RT_1 = -\frac{5}{2}RT_1$~~

$$\cancel{Q_3 = RT_1\left(\frac{25}{4} - 3 - \frac{5}{2}\right) = \frac{3}{4}RT_1}$$

$$\cancel{\eta = \frac{A}{Q_0} \approx \frac{3_4 RT_1}{\frac{3}{4}RT_1} \approx 1}$$

Ответ: а) $\frac{25}{4}RT_1$

б) $\frac{3}{4}RT_1$

в) $0{,}12$

Задача 5

Дано:

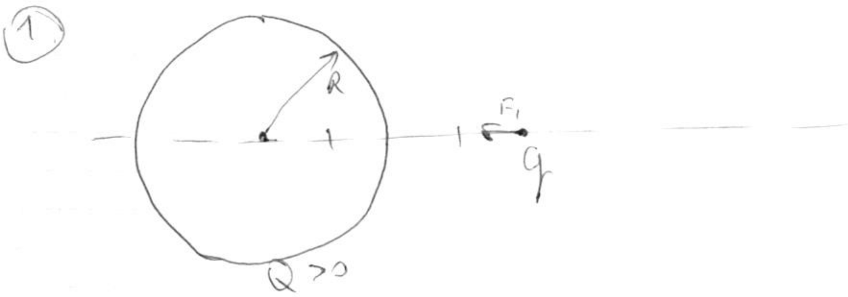
$Q>0$

R

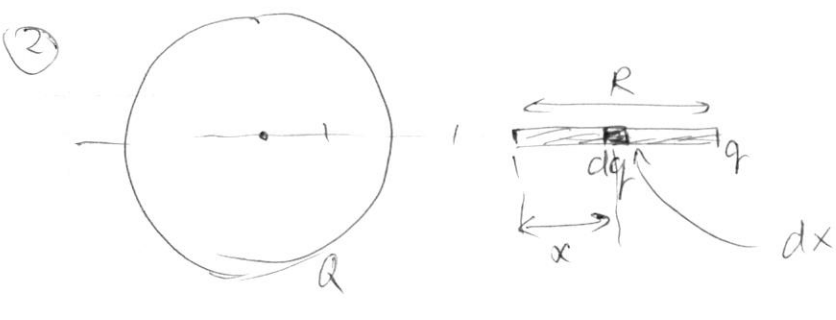
$q>0$

1) F_1?

2) F_2?



По закону Кулона: $F_1 = k\frac{Qq}{(2R)^2} = \frac{kQq}{4R^2}$



Рассмотрим маленькую длину стержня dx, имеющую (в силу однородности) заряд $dq = \frac{q}{R}\cdot dx$.

$dF = k\cdot\frac{Q\cdot dq}{(2R+x)^2}$. Тогда $F_2 = \int_{F(0)}^{F(R)} dF = \int \frac{kQ\cdot dq}{(2R+x)^2} =$

$$= \int_0^R \frac{kQ}{(2R+x)^2}\cdot\frac{q}{R}\,dx = \frac{kQq}{R}\int_0^R \frac{dx}{(2R+x)^2} = \frac{kQq}{R}\left(-\frac{1}{2R+x}\right)\Bigg|_0^R =$$

$$= \frac{kQq}{R}\left(-\frac{1}{3R}+\frac{1}{2R}\right) = \frac{kQq}{6R^2}.$$

Ответ: 1) $\frac{kQq}{4R^2}$ 2) $\frac{kQq}{6R^2}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

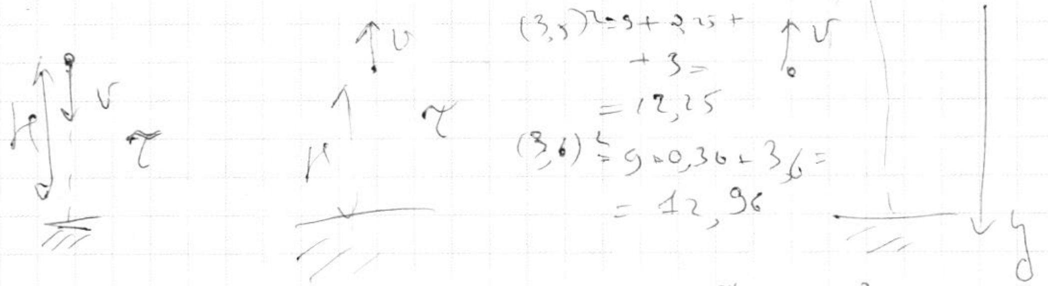
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 1) $\frac{v_0^2}{2g}=H \Rightarrow v_0=\sqrt{2gH}=\sqrt{2\cdot10\cdot65}=\sqrt{1300}=10\sqrt{13}$ м/с ≈ 36 м/с

$\sqrt{13}\approx3{,}6$

2)



$(3{,}5)^2=9+2{,}25+3=12{,}25$

$(3{,}6)^2=9+0{,}36+3{,}6=12{,}96$

$\sum K=\sum\frac{dm\,v^2}{2}=\frac{mv^2}{2}=\frac{2m(43{,}5)^2}{2}=$

$=(43{,}5)^2\,m$

$-v\tau+\frac{g\tau^2}{2}=H$

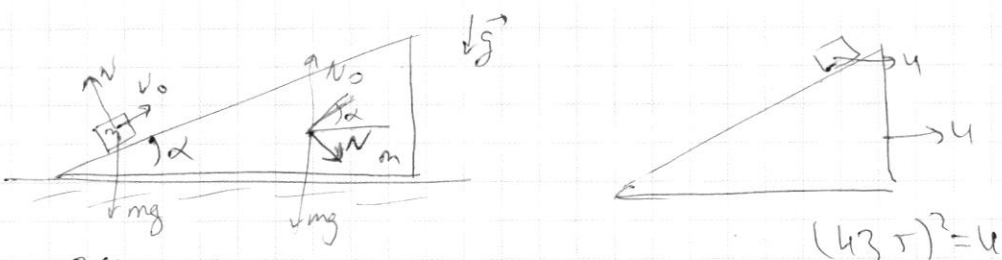
$v=\frac{\frac{g\tau^2}{2}-H}{\tau}=\frac{g\tau}{2}-\frac{H}{\tau}=$

$43{,}5^2=43^2+0{,}25+43=1849+43+0{,}25=1892{,}25$

$43^2=1600+9+240=1849$

$\frac{10\cdot10}{2}-\frac{65}{10}=50-\frac{13}{2}=$ 6,5 $=43{,}5$

№2



1) ЗСИ: $mv_0\cos\alpha=2mu$

$\boxed{v_0\cos\alpha=2u}$

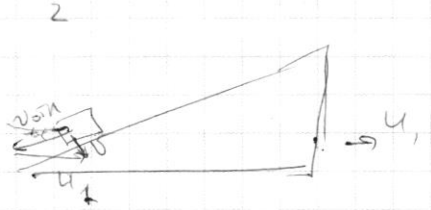
$(43{,}5)^2=43^2+0{,}25+43$

$43^2=1600+9+240=1849$

$1849+43+0{,}25=1892{,}25$

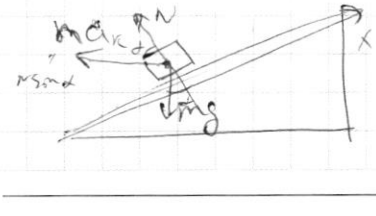
ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2}=mgH+\frac{mu^2}{2}+\frac{mu^2}{2} \longrightarrow H$

2) $\frac{mv_0^2}{2}=\frac{mv^2}{2}+\frac{mu_1^2}{2}$



$2mu=2mv\cos\alpha$

$\boxed{u_1=v_0\cos\alpha}$



$ma_x=N\sin\alpha$

$mv_0\cos\alpha=mu_1+mv_0\cos\alpha+mu_1$

$\frac{mv_{отн}^2}{2}-\frac{mu^2}{2}=A_{N}=N\sin\alpha\cdot0=0 \Rightarrow \boxed{v_{отн}=v_0}$

☑ черновик ☐ чистовик

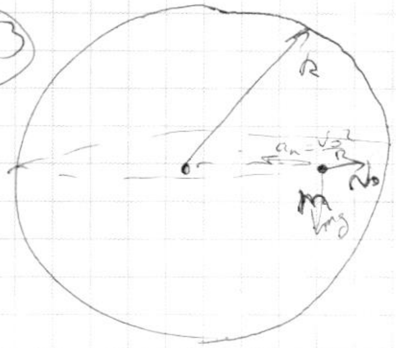
(Поставьте галочку в нужном поле)

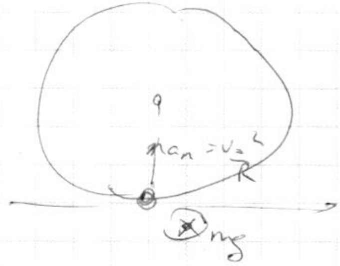
Страница №__

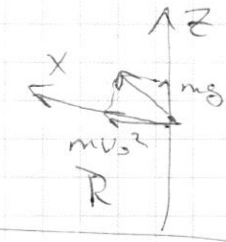
(Нумеровать только чистовики)

№3

1)



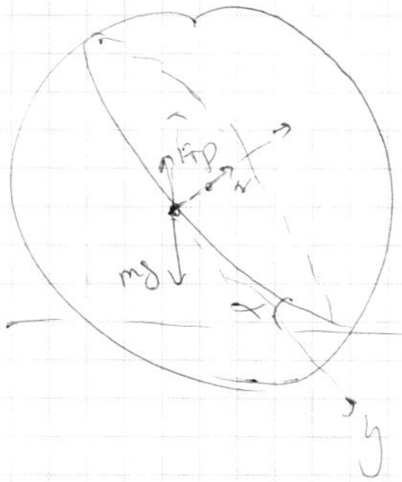


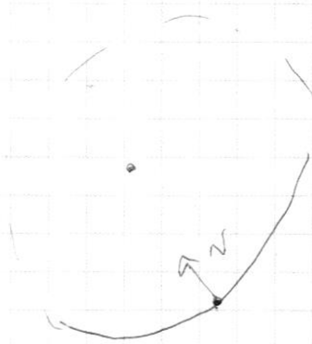


$$\sqrt{\frac{m^2v_0^4}{R^2}+m^2g^2}=$$

$$=m\sqrt{\frac{v_0^4}{R^2}+g^2}=P$$

2)

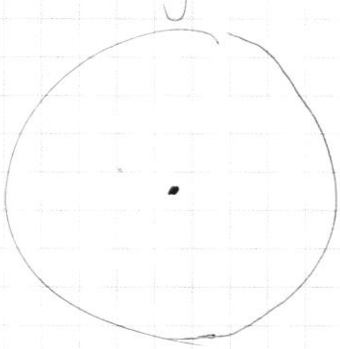


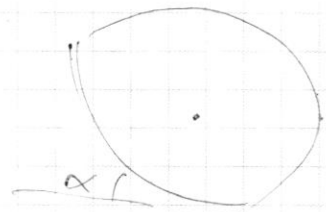


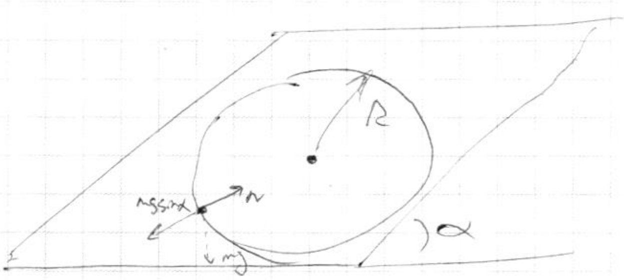
$F_{тр}=mg$

$N=\frac{mv_0^2}{R}$

Сверху:







$F_{тр}=mg\cos\alpha \le \mu N$

$mg\cos\alpha \le \mu N$

$N+mg\sin\alpha=\frac{mv_0^2}{R}$

$N=\frac{mv_0^2}{R}-mg\sin\alpha$

$\frac{mg\cos\alpha}{\mu} \le \frac{mv_0^2}{R}-mg\sin\alpha$

$$\boxed{\frac{v_0^2}{R} \ge g\left(\sin\alpha+\frac{\cos\alpha}{\mu}\right)}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 1) $\delta Q = \delta A + dU = P dV + \frac{i}{2}\nu R\, dT$

$Q = A + \Delta U$

$\frac{A}{P_1V_1} = 1 + \frac{\pi \cdot 1}{4} = 1 + \frac{\pi}{4}$

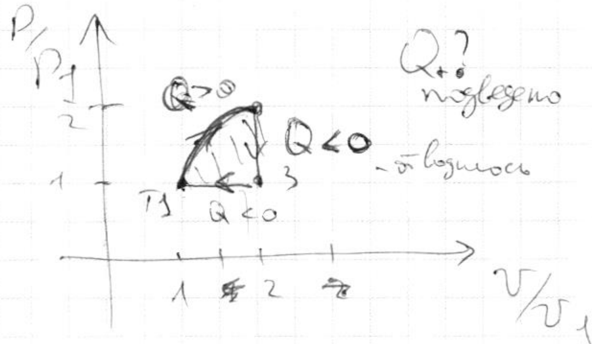
$2P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2$
$P_1V_1 = \nu R T_1$ $\Rightarrow T_2 = 4T_1$

$Q = P_1V_1\left(1+\frac{\pi}{4}\right) + \frac{3}{2}\nu R \cdot 3T_1 = P_1V_1\left(1+\frac{\pi}{4}+\frac{9}{2}\right) =$

$= \left(\frac{11}{2}+\frac{\pi}{4}\right)P_1V_1$

$A = P_1V_1\left(\frac{\pi}{4}\right)$

$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\pi/4}{\frac{\pi}{4}+\frac{11}{2}}$



$\left(\frac{V}{V_1}-2\right)^2 + \left(\frac{P}{P_1}-1\right)^2 = 1$

$2\left(\frac{V}{V_1}-2\right)\cdot\frac{dV}{V_1} + 2\left(\frac{P}{P_1}-1\right)\cdot\frac{dP}{P_1} =$

$\frac{V}{V_1^2} - \frac{2}{V_1} + \frac{P}{P_1^2} - \frac{1}{P_1} = 0 \mid P_1^2V_1^2$

$P_1^2V - 2P_1^2V_1 + PV_1^2 - P_1V_1^2 = 0$

$\left(\frac{3{,}7^2}{1{,}2}\right)^2$

$3{,}7 \cdot \frac{3{,}7}{1{,}2} = 3{,}7\cdot 3 + \frac{3{,}7}{12} = 9 + 2{,}1 + \frac{1}{4} + \frac{7}{120}$

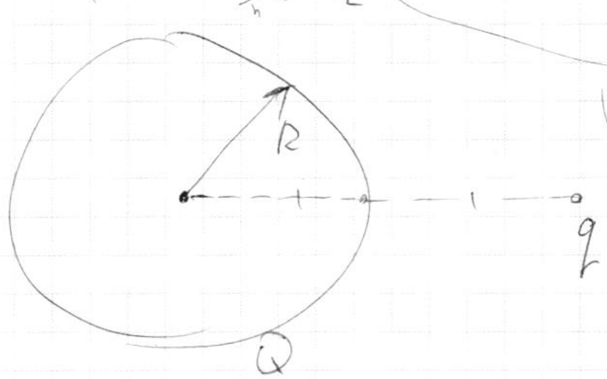
$\frac{3{,}7}{1{,}2} = 3 + \frac{0{,}1}{1{,}2} = 3 + \frac{1}{12}$

$\frac{1}{12} =$

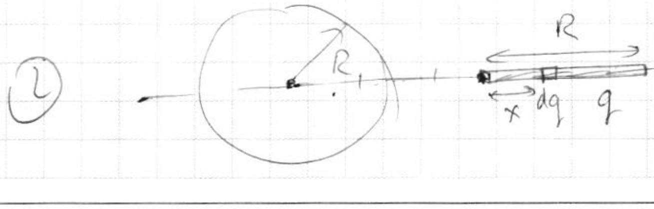
11,35

11,4

№5



$F_1 = \frac{kqQ}{4R^2}$



$F_2 = \sum dF = \sum \frac{k\,dq\,Q}{(2R+x)^2} = kQ\sum\frac{dq}{(2R+x)^2} = kQ\sum\frac{q\cdot\frac{dx}{R}}{(2R+x)^2} = \frac{kQq}{R}\sum\frac{dx}{(2R+x)^2}$

$\frac{1}{6R^2}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$\int_0^R \frac{dx}{(2R+x)^2} = \int_0^R \frac{d(2R+x)}{(2R+x)^2} = -\frac{1}{(2R+x)}\Bigg|_0^R = -\frac{1}{3R} + \frac{1}{2R} =$$

$$= \frac{1}{6R}$$

$(11,4)^2 = 121 + 0,16 + 0,8 \cdot 11 =$

$= 121,16 + 8 + 0,8 =$

$= 129,96 \approx 130$

$\sqrt{230} \approx 15$

$(15,1)^2 = 225 + 0,01 + 3 = 228,01$

$(15,2)^2 = 225 + 0,04 + 6$

$15 \cdot 4 = 6 + 0,1 \cdot 0,4 = 4,04$

$\sqrt{3} \approx 1,7$ $\quad (1,7)^2 = 1 + 0,49 + 1,4 = 2,89$

$(4,2)^2 = 16 + 0,04 + 1,6 = 17,64$

$(4,1)^2 = 16 + 0,8 + 0,$

$25 - 12 - 22 - 20 = 3$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)