Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

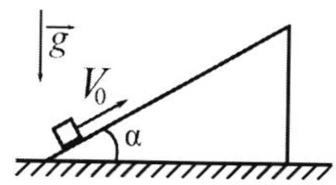
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

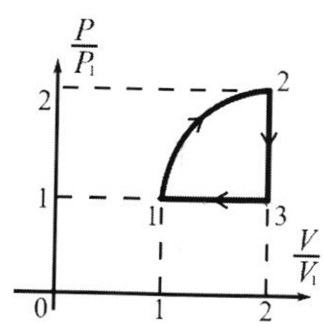
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте 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 $\alpha = \dfrac{\pi}{6}$. 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

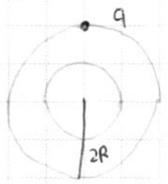
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

задача 5.



1) Возьмём контур радиуса 2R (на нем заряда q нет (не включительно))

поток вектора напряженности через этот контур

по т. Гаусса: $\Phi = \frac{Q}{\varepsilon_0}$ ← диэлектрич. проницаемость вакуума

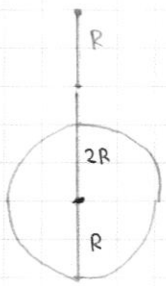
по определению: $\Phi = E \cdot 4\pi \cdot 4R^2$

напряженность поля сферы

$E \cdot 4\pi \cdot 4R^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 4R^2} = \frac{kQ}{4R^2} \Rightarrow F_1 = q \cdot E = \frac{kQq}{4R^2}$

Ответ. $F_1 = k\frac{Qq}{4R^2}$

2)



разобьем стержень на маленькие точечные заряды длиной dr.

$\gamma = q/_R$ - линейная плотность заряда.

сила, действующая на каждый точечный заряд.

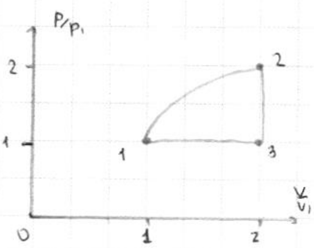
$F_i = k\frac{Qdq}{r^2}$, где r - расстояние от точки до центра сферы (из п.1)

$F_2 = \sum F_i = \int_{2R}^{3R} \frac{kQdq}{r^2} = \int_{2R}^{3R} \frac{kQ\gamma dr}{r^2} = \frac{kQq}{R}\int_{2R}^{3R} r^{-2}dr = \frac{kQq}{R}\cdot\left(-\frac{1}{r}\right)\Big|_{2R}^{3R}$

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

Ответ: $F_2 = \frac{kQq}{6R^2}$

задача 4.



1) $A_{1-2} = \int_{V_1}^{2V_1} p(V)dV + |A_{2-3}| + |A_{1-3}|$

S ~~полукруга~~ дуги на графике $= \frac{1}{4}\pi R^2 = \frac{1}{4}\pi = \int_1^2 \frac{P}{P_1}\frac{dV}{dV_1} \Rightarrow \int_{V_1}^{2V_1} pdV = \frac{1}{4}\pi p_1 V_1$

$A_{1-2} = S_{дуги} + S_{1123} = \frac{1}{4}\pi p_1 V_1 + p_1 V_1 = \frac{5\pi}{4}p_1 V_1 = \frac{5\pi}{4}\nu RT_1$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U$

$T_2 = \frac{2p_1 \cdot V_1 \cdot 2}{\nu R} = 4T_1 \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}\nu R(4T_1 - T_1) = \frac{9}{2}\nu RT_1 \Rightarrow Q_{12} = \left(\frac{5\pi}{4} + \frac{9}{2}\right)\nu RT_1 = \left(\frac{5\pi + 18}{4}\right)\nu RT_1$

$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}$

Ответ: $\left(\frac{5\pi+18}{4}\right)\nu RT_1 = R \cdot T_1\left(\frac{5\pi+18}{4}\right)$

2) $A_{полное} = S_{внутри} = S_{дуги} = \frac{1}{4}\pi p_1 V_1 = \frac{1}{4}\pi \nu RT_1$ (см. п.1)

Ответ: $\frac{1}{4}\pi\nu RT_1 = RT_1 \cdot \frac{\pi}{4}$

3) $\eta = \frac{A}{Q_{получ.}}$ — полученное газом тепло. Газ получает тепло на участке 1-2, на остальных отдаёт

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{R \cdot T_1 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{4}{(5\pi + 18) R T_1} = \frac{\pi}{5\pi + 18}$$

Ответ: $\eta = \frac{\pi}{5\pi + 18}$

задача 2

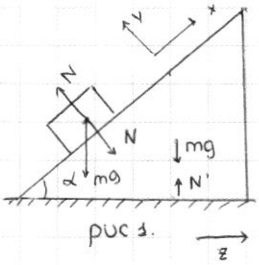


рис 1.

1) расставим силы, действующие на клин и на брусок

N' - сила реакции опоры между пов-тью и клином

N - сила реакции опоры между бруском и клином

II ЗН для бруска в проекции на ось y: $N - mg\cos\alpha = 0$

II ЗН для бруска в проекции на ось x: $-mg \cdot \sin\alpha = m \cdot a_б$

II ЗН для клина в проекции на ось z: $N \cdot \sin\alpha = m \cdot a_к$

$a_б$ и $a_к$ - ускорения бруска и клина соответственно

$N = mg\cos\alpha \Rightarrow N \sin\alpha = mg\sin\alpha\cos\alpha = m a_к \Rightarrow a_к = g \sin\alpha\cos\alpha$

$-mg\sin\alpha = m \cdot a_б \Rightarrow a_б = -g \sin\alpha$

З-н изменения скорости вдоль оси x для бруска: $V(t) = V_0 - g\sin\alpha t$

З-н движения бруска вдоль оси x: $x(t) = V_0 t - g\sin\alpha \frac{t^2}{2}$.

Пусть t_0 - время, когда H - max $\Rightarrow V_0 = g \sin\alpha t_0 \Rightarrow t_0 = \frac{V_0}{g\sin\alpha}$

$$x(t_0) = \frac{V_0^2}{g\sin\alpha} - \frac{V_0^2}{2g\sin\alpha} = \frac{V_0^2}{2g\sin\alpha} \qquad \frac{H}{x(t_0)} = \sin\alpha \Rightarrow H = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}\text{ м}$$

Ответ. $H = \frac{V_0^2}{2g} = 0.2$ м

2) ЗСИ для всей системы вдоль оси z: $mV_0 \cos\alpha = m \cdot V - mV_{кн}\cos\alpha$ — скорость бруска в конце

$V_0\cos\alpha + V_{кн}\cos\alpha = \frac{m}{m} V = V$

ЗСЭ для бруска: $mgH = \frac{mV_{кн}^2}{2} \Rightarrow V_{кн} = \sqrt{2gH} = \sqrt{V_0^2} = V_0$

$V = 2V_0\cos\alpha = 2\sqrt{3}\ \frac{м}{с} \approx 3$ м/с

Ответ: $V = 2V_0\cos\alpha = 3$ м/с

задача 3.

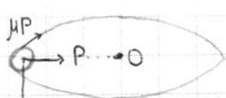


рис. 1

1) II З.Н вдоль оси, направленной из точки в центр

$$P = m \underset{\text{ускорение нормальное}}{a_n} = \frac{mV^2}{R} = \frac{0.4 \cdot 13.69}{1.2} = \frac{13.69}{3} \approx 4.56\text{ Н}$$

Ответ: $P = \frac{mV^2}{R} = 4.56$ Н

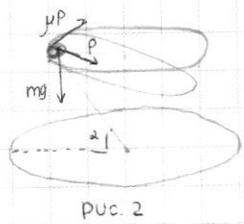


рис. 2

2) $P' + mg \cdot \sin\alpha = \frac{mV_{min}^2}{R}$ (II ЗН)

$\mu P' = mg\cos\alpha \Rightarrow \frac{mg\cos\alpha}{\mu} + mg\sin\alpha = \frac{mV_{min}^2}{R}$

Ответ: $V_{min} = \left(R\left(\frac{g\cos\alpha}{\mu} + \sin\alpha g\right)\right)^{\frac{1}{2}} \approx 4.5$ м/с

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

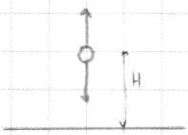
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.



ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = mgH + K$

За минимальное время (t_{min}) долетит шарик (осколок), скорость которого направлена вертикально вниз; За максимальное (t_{max}) - тот, скорость которого вертикально вверх.

V - скорость каждого шарика:

З-н движения для осколка t_{min}: $H = V t_{min} + \frac{g t_{min}^2}{2} \Rightarrow t_{min} = \frac{-V \pm \sqrt{V^2+2gH}}{g} = \frac{-V+\sqrt{V^2+2gH}}{g}$

З-н движения для осколка t_{max}: $0 = H + V t_{max} - \frac{g t_{max}^2}{2} \Rightarrow t_{max} = \frac{-V \pm \sqrt{V^2+2gH}}{-g} = \frac{V+\sqrt{V^2+2gH}}{g}$

$\tau = t_{max} - t_{min} = \frac{V+\sqrt{V^2+2gH} + V - \sqrt{V^2+2gH}}{g} = \frac{2V}{g} \Rightarrow V = \frac{g\tau}{2}$

2) $K = \sum \frac{m_i V^2}{2} = \frac{V^2}{2}\sum m_i = \frac{m(g\tau)^2}{8}$

Ответ: $K = \frac{m(g\tau)^2}{8} = \frac{2}{8}\cdot(10)^4 = 10^4 \cdot 0.25$ Дж $= 25\cdot 10^2$ Дж $= 2500$ Дж

1) $\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V_0^2 = 2gH + V^2 = 2gH + \frac{(g^2\tau^2)}{4} = 130 + 2500 = 2630\ \frac{м^2}{с^2}$

$\Rightarrow V_0 = \left(2gH + \frac{(g\tau)^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}} \approx 51\ \frac{м}{с}$

Ответ: $V_0 = \sqrt{2gH + \frac{(g\tau)^2}{4}} \approx 51\ \frac{м}{с}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

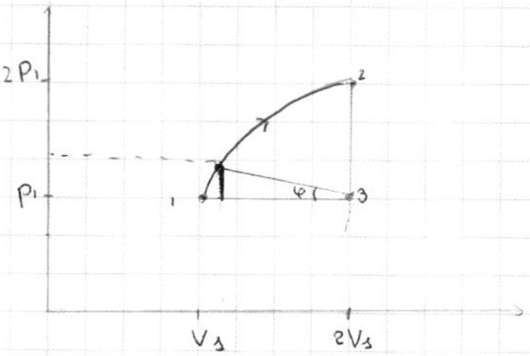
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4.



$\cancel{p_1}\left(\frac{p}{p_1}-1\right)^2+\left(\frac{V}{V_1}-2\right)^2=1$

ур-е уч. 1-2

$(p-p_1)^2+($

$\frac{p^2}{p_1^2}-\frac{2p}{p_1}+1+\left(\frac{V}{V_1}\right)^2-\frac{4V}{V_1}+4=1$

$\cancel{A=S_{пол}=\frac{1}{4}\pi r^2=\frac{1}{4}p_1^2}$

$\frac{p^2}{p_1^2}-\frac{2p}{p_1}+\frac{V^2}{V_1}-\frac{4V}{V_1}=-4$

1) $Q=A+\Delta U=A+\frac{3}{2}\nu R\cdot 4T_1=A+6\nu RT_1=$

$\left(\frac{p}{p_1}-1\right)$

$\cancel{\beta^2-2\beta+\alpha^2+4\alpha=-4}$

$(\alpha-2)^2$

$(p-p_1)^2+(V-2V_1)^2=1$

$p-p_1=\left(1-(V-2V_1)^2\right)^{\frac{1}{2}}$

$p=p_1+\left(1-(V-2V_1)^2\right)^{\frac{1}{2}}$

$p^2-2pp_1+p_1^2+V^2-4VV_1+V_1^2=$

$2p^2-2pp_1 - 4pp_1+p_1^2\cdot 2$

$A=\int\limits_{V_1}^{2V_1}p(V)\,dV=\int\limits_{V_1}^{2V_1}p_1+\int\limits_{V_1}^{2V_1}\left(1-V^2+4VV_1+4V_1^2\right)^{\frac{1}{2}}dV=$

$\frac{d\left(1-V^2+4VV_1+4V_1\right)^{\frac{1}{2}}}{dV}=\frac{1}{2}\cdot\left(1-V^2+4VV_1+4V_1\right)^{-\frac{1}{2}}\cdot(-2V+4V_1)$

$(p-p_1)^2+(V-2V_1)^2=1$

$\sin\varphi+\cos\varphi=1$

$d\ldots=dV\cdot\frac{1}{2}\left(1-V^2+4VV_1+4V_1\right)^{-\frac{1}{2}}\cdot(-2V+4VV_1)$

$dV=\frac{2d\ldots\left(1-V^2+4VV_1+4V_1\right)^{\frac{1}{2}}}{-2V+4VV_1}$

$2V_1-V=\sin\varphi$

$V_0^2=$

$\left(\frac{2V}{V_1}-\frac{V}{V_1}\right)=\sin\varphi$

$\frac{mV_0^2}{3}$

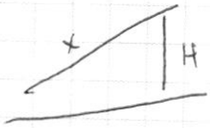
$x^2+y^2=1$

$\cancel{x=\sqrt{1-y^2}}$

$\cancel{\int(1-y^2)^{\frac{1}{2}}}\,dV$

$\left(\frac{p}{p_1}-1\right)=\cos\varphi$

$\frac{d\ldots}{dy}=(1-y^2)^{-\frac{1}{2}}\cdot(-2y)\cdot\frac{1}{2}$



$\frac{H}{x}=\sin\alpha$

$\cancel{dy=}\quad d..$

$x=\frac{H}{\sin\alpha}$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

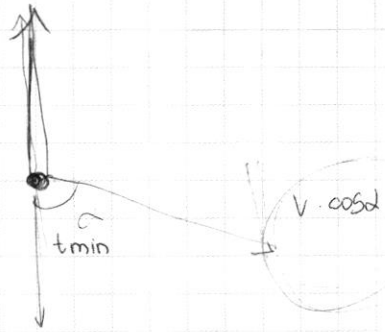
(Нумеровать только чистовики)

$\sin\varphi\ (\cos\varphi)$

$S_{nog} = \frac{1}{4}\pi$

$\frac{mV_0^2}{2} =$

$mgH = m_i V_i$



$-H + V\cdot t_{max} + \frac{g t_{max}^2}{2} = 0$

$\frac{+V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g} = \frac{V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$

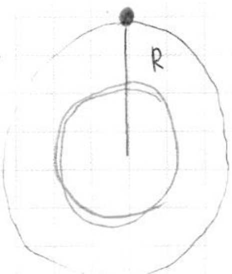
~~mgH~~

$H = Vt + \frac{g t_{min}^2}{2} \Rightarrow \frac{g}{2}\cdot t_{min}^2 + Vt_{min} - H = 0$

$t_{min} = \frac{V \pm \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$

⑤.

1.



по т. Гаусса $\varphi = \frac{Q}{\varepsilon_0}$ $\Rightarrow$ $\frac{Q}{\varepsilon_0} = E\cdot 4\pi\cdot 4R^2 \Rightarrow E = \frac{kQ}{4R^2}$

по опр-ю : $E\cdot 4\pi\cdot 4R^2 = \varphi$

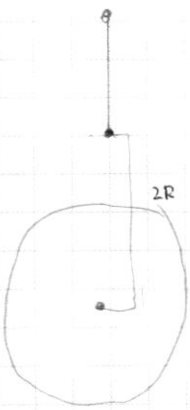
$F = E\cdot q = \frac{kqQ}{4R^2}$

$\boxed{\tau = \frac{2\sqrt{V^2 + 2gH}}{g}}$

$\left(\frac{g\tau}{2}\right)^2 - 2gH - V^2$

$\boxed{K = \frac{m(g\tau)^2}{8} - mgH}$

2.



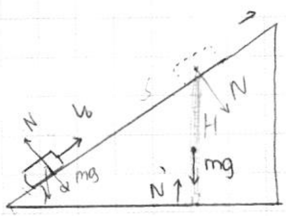
$\gamma = \frac{q}{R}$

$\int_{2R}^{3R} \gamma \frac{kQ}{r^2}\, dr = \frac{kqQ}{R}\int_{2R}^{3R} r^{-2}\, dr = \frac{kQq}{R}\cdot\left(-\frac{1}{r}\right)\Big|_{2R}^{3R}$

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

$\frac{V_0^2}{2g} = H$

2.



$N = mg\cdot\cos\alpha$

$V_0 - g\cdot\sin\alpha t = V(t) \Rightarrow t = \frac{V_0}{g\sin\alpha}$

$N\cos\alpha + mg = N'$

$mg(\cos^2\alpha + 1) = N'$

$x(t) = V_0 t - \frac{g\sin\alpha t^2}{2} = H\cdot\sin\alpha$

$\frac{V_0}{g\cdot\sin\alpha} - \frac{g\sin\alpha\, V_0^2}{(g\sin\alpha)^2\cdot 2} = H\cdot\sin\alpha$

$N\cdot\sin\alpha = ma$

$mg\cos\alpha\cdot\sin\alpha = a$

$\frac{H}{S} = \sin\alpha$

$V_0 - g\sin\alpha t = V(t) \Rightarrow t = \frac{V_0}{g\sin\alpha}$

$V_0 t - g\sin\alpha\frac{t^2}{2} = x(t)$

$2g\cdot\sin^2\alpha\cdot H = 2V_0 - V_0^2 \Rightarrow H = \frac{V_0(2 - V_0)}{2g\sin^2\alpha}$

$H\cdot\sin\alpha = \frac{V_0^2}{\sin\alpha g} - \frac{g\sin\alpha V_0^2}{2(g^2\sin^2\alpha)} = \frac{V_0^2}{2\sin\alpha g} \Rightarrow H = \frac{V_0^2}{2\sin^2\alpha\, g}$

☒ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

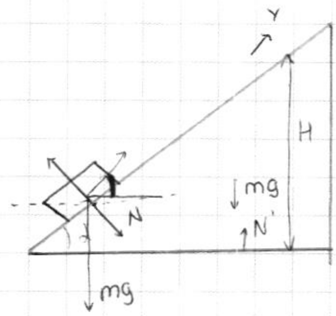
$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + K$

$V^2 + 2gH$

$mg \cdot \tau = mv$

V_{tmax}

$$\frac{V \pm \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$$



$N \cdot \sin\alpha = ma_к$

$mg \cdot \cos\alpha = N \Rightarrow a_к = g \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha$

$V_0 - g \cdot \sin\alpha$

$mV_0 \cdot \cos\alpha = mU - mV_к \cdot \cos\alpha$

$mgH = \frac{mV_к^2}{2} \Rightarrow V_к^2 = \sqrt{2gH}$

$X - g \cdot \sin\alpha \cdot \frac{t_к^2}{2} = 0$

$\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{g\sin\alpha\, t_к^2}{2}$

$x(t_0) - v_0 t_к - \frac{g\sin\alpha\, t^2}{2} = 0$

$x = \frac{H}{\sin\alpha}$

$\frac{V_0^2}{2g\sin\alpha} = V_0 t_к + \frac{g \cdot \sin\alpha\, t_к^2}{2}$

$t_к^2 = \frac{2H}{\sin^2\alpha\, g}$

$\frac{g\sin\alpha\, t_к^2}{2} + V_0 t_к - \frac{V_0^2}{2g\sin\alpha} = 0$

$\frac{V_0^2 \cdot \cancel{g \sin\alpha}\, t_к^2}{4\cancel{g\sin\alpha}}$

$\frac{\sqrt{2H}}{\sin\alpha\sqrt{g}} \cdot g \cdot \sin\alpha = V_к^2$

$D = V_0^2 + V_0^2 = 2V_0^2$

$\frac{-V_0 + \sqrt{2}V_0}{g \cdot \sin\alpha} = \frac{V_0}{g \cdot \sin\alpha}(\sqrt{2} - 2) = t_к$

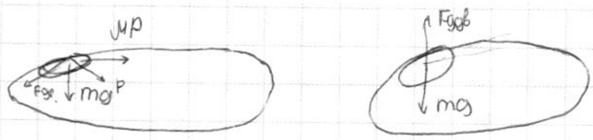
$37 \times 37 = 259 + 111 = 1369$

$V_x(t_к) = V_0$

$N \cdot X$

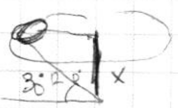
$mgH + mg \cdot \cos\alpha$

$\omega^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$



$P = \frac{mV^2}{R}$

$\omega R = 1$



$\frac{x}{R} = \cos 60 = \sin 30$

$13.68 : 3 = 4.56$

-12

16

-15

18

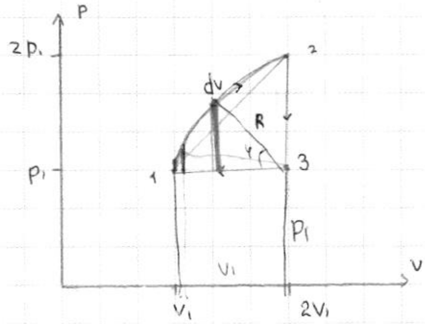
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$(p-p_1)^2 + (V-2V_1)^2 = const$

$2(p-p_1)\cdot\left(\frac{dp}{dV}\right) + 2\cdot(V-2V_1) = 0$

$(p-p_1)\frac{dp}{dV} = 2V_1 - V$

$(p-p_1)dp = (V_1 - V)dV$

$\frac{p^2}{2} = -\frac{V^2}{2} \Rightarrow p^2 = -V^2 \Rightarrow \quad p^2 = V^2$

$p =$

$\sin\varphi = (p-p_1)\cdot R$

~~$A = \int p\,dV$~~

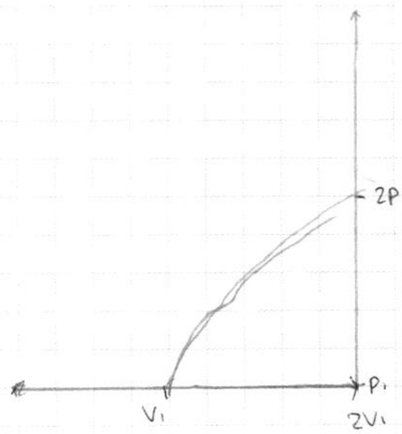
$(p-p_1)^2 + (V-2V_1)^2 = const$

$p^2 - 2pp_1 + p_1^2 + V^2 - 4VV_1 + V_1^2 = const$

$2p\frac{dp}{dV} - 2\frac{dp}{dV}p_1 + 2V - 4V_1 = 0$

$2p\,dp - 2p_1\,dp = (4V_1 - 2V)dV$

$p^2 - 2pp_1 = 4VV_1 - V^2$



$\left(\frac{p}{p_1} - 1\right)^2 + \left(2 - \frac{V}{V_1}\right)^2 = 1$

$\underbrace{\left(\frac{p}{p_1} - 1\right)^2}_{\sin^2\varphi}$ $\quad \underbrace{\left(2 - \frac{V}{V_1}\right)^2}_{\cos^2\varphi}$

$\sin\varphi = \frac{p-p_1}{p_1} \qquad \cos\varphi = \frac{2V_1 - V}{V_1}$

$p_1\cdot\sin\varphi + p_1 = p \qquad V = 2V_1 - V_1\cdot\cos\varphi$

$\int_1^2 \frac{p}{p_1}\cdot d\left(\frac{V}{V_1}\right) = \frac{\pi}{4} = \int_{V_1}^{2V_1} p\,dV = \frac{\pi}{4}p_1V_1 = \frac{\pi}{4}\nu RT_1$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

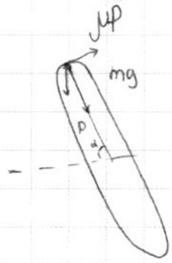
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$mg\sin\alpha + P' = \frac{m v_{min}^2}{R}$

$$\begin{array}{r} 65 \\ \times\ 20 \\ \hline 1300 \end{array}$$

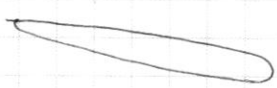
$\boxed{2630}$

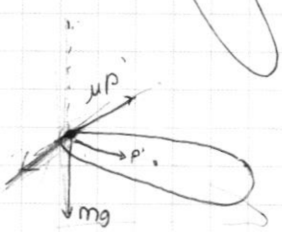
$$\begin{array}{r} 37^2 \\ \times\ 37 \\ \hline 259 \\ 111 \\ \hline 1369 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 53 \\ \times\ 53 \\ \hline 159 \\ 265 \\ \hline 2809 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ \times\ 52 \\ \hline 104 \\ 260 \\ \hline 2704 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ \times\ 51 \\ \hline 51 \\ 255 \\ \hline 601 \end{array}$$





$mg + P'\sin\alpha$

$\mu P = P'\cos\alpha$

$\sqrt{1.2 \times \left(\frac{10-\sqrt{3}}{1.8} + 5\right)} \approx$

$6 + \frac{2}{\sqrt{3}} 10\sqrt{3} = \left(6 + \frac{20}{\sqrt{3}}\right)^{\frac{1}{2}} \approx 4.5$

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)