# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

## Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

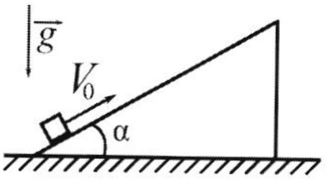
**1.** Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H =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

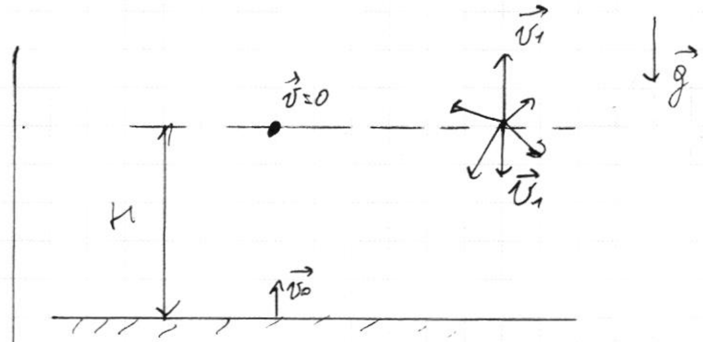
2) Найдите силу $F_2$, с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:
$m = 2$ кг
$H = 65$ м
$\tau = 10$ с
$g = 10$ м/с$^2$
Найти:
$v_0$ -?,
$K$ -?




$$\begin{cases} H = v_0 t - \frac{g t^2}{2} \\ v = v_0 - g t = 0 \end{cases} \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = 10\sqrt{13} \approx 36 \text{ м/с}$$

$$K = \underbrace{\frac{dm v_1^2}{2}}_{\text{1 осколок}} \cdot \underbrace{\frac{m}{dm}}_{\text{кол-во осколков}} = \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$ – скорость осколка

$v_1 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = -H$ – падение осколка, полетевшего вертикально вверх

$v_1 t_2 + \frac{g t_2^2}{2} = H$ – падение осколка, полетевшего вертикально вниз

$$t_1 = \frac{\frac{2v_1}{g} \pm \sqrt{\frac{4v_1^2}{g} + \frac{8H}{g}}}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{v_1}{g} + \sqrt{\frac{v_1^2}{g} + \frac{2H}{g}}$$

$t_1 > 0$

$$t_2 = \frac{-\frac{2v_1}{g} \pm \sqrt{\frac{4v_1^2}{g} + \frac{8H}{g}}}{2} \Rightarrow t_2 = -\frac{v_1}{g} + \sqrt{\frac{v_1^2}{g} + \frac{2H}{g}}$$

$t_2 > 0$

$$t_1 - t_2 = \frac{2v_1}{g} = \tau \Rightarrow v_1 = \frac{\tau g}{2} = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$K = \frac{\tau^2 g^2 m}{8} = 2500 \text{ Дж}$$

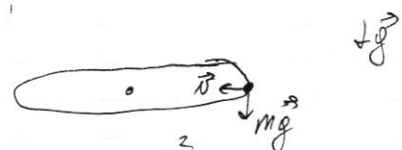
№3

Дано:
$\alpha = \frac{\pi}{6}$
$v_0 = 1{,}8$ м/с
$R = 1{,}2$ м
$g = 10$ м/с$^2$
$m = 0{,}8$ кг
$\mu = 0{,}9$

Найти:
$P$ - ?
$v_{min}$ - ?

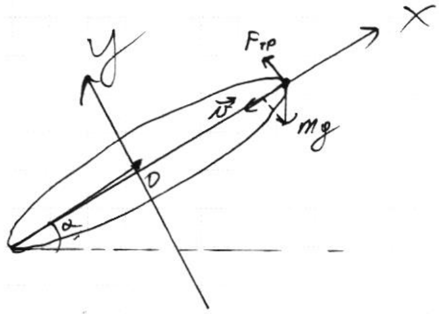
Решение:

1.




$|\vec{P}| = |\vec{N}| = |m\vec{a}| = m\frac{v^2}{R} \approx 4{,}56$ Н

2.




$OX: N + mg\sin\alpha = ma = m\frac{v^2}{R}$

$OY: F_{тр} = mg\cos\alpha$

$\mu N = mg\cos\alpha$

$\mu\left(\frac{v^2}{R} - g\sin\alpha\right) = g\cos\alpha$

$v = \sqrt{\frac{gR}{\mu}(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)} \approx 4$ м/с $= v_{min}$

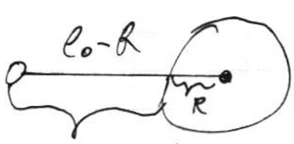
№5

Дано:
$Q, q$
$l_0 = 2R$
$R$
$l_1 = R$

Найти:
$F_1, F_2$ - ?

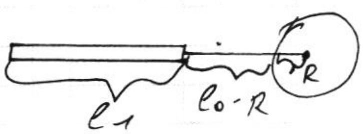
Решение:

1.




$F_k = \frac{kQq}{l_0^2} = \frac{kQq}{4R^2}$

2.




Рассмотрим участок длины $dl \Rightarrow F_k = \frac{kQ\,dq}{l^2}$,

$\frac{dq}{dl} = q' = \frac{q}{l_1}$, $l$ - расстояние от участка до центра сферы

$F_k = \int\limits_{l_0}^{l_0+l_1} \frac{kQq}{l^2 l_1} dl = -\frac{kQq}{l l_1}\Big|_{l_0}^{l_0+l_1} \Rightarrow F_k = \frac{kQq}{l_0 l_1} - \frac{kQq}{(l_0+l_1)l_1} =$

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

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

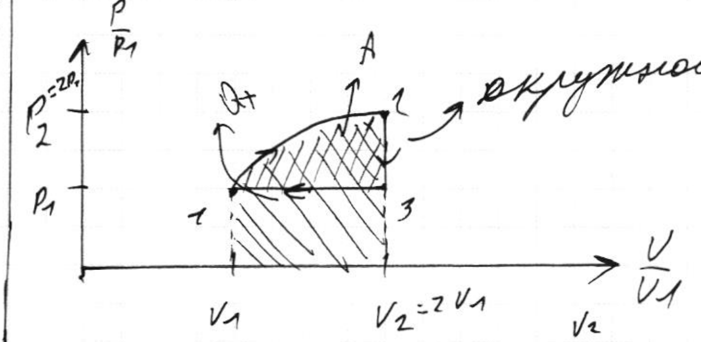
# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано: $\nu = 1$ моль, $T_1$, $R$, $i=3$

Найти: $Q_+$, $A$, $\eta$

Решение:




окружность $\Rightarrow V_2 - V_1 = \Delta V = P_2 - P_1 = \Delta P = r$

$\left.\begin{array}{l} V_2 = 2V_1 \\ P_2 = 2P_1 \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta P = \Delta V = P_1 = V_1$

$$Q_+ = A_{12} + \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \int_{V_1}^{V_2} P(V)dV = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + P_1\Delta V + \frac{\pi}{4}\Delta V^2$$

$$\Delta T = \frac{P_2V_2}{\nu R} - T_1 = \frac{4P_1V_1}{\nu R} - T_1 = 4T_1 - T_1 = 3T_1$$

$$Q_+ = \frac{9}{2}\nu RT_1 + P_1V_1 + \frac{\pi}{4}P_1V_1 = \nu RT_1\left(\frac{9}{2} + 1 + \frac{\pi}{4}\right) = \frac{22+\pi}{4}\nu RT_1 =$$

$$= \frac{22+\pi}{4}RT_1 \approx 6{,}2\,RT_1$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P(V)\,dV + \int_{V_2}^{V_3} P(V)dV + \int_{V_3}^{V_1} P(V)dV = \frac{\pi}{4}\Delta V^2 = \frac{\pi}{4}P_1V_1 = \frac{\pi}{4}\nu RT_1 =$$

$$= \frac{\pi}{4}RT_1 \approx 0{,}8\,RT_1$$

$$\eta = \cancel{1 - \frac{Q_-}{Q_+}}\ \frac{A}{Q_+} \approx \frac{1}{8} = 0{,}125 - 12{,}5\,\%$$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

№2

Дано:

$m_к = m_ш = m$

$\alpha = 30^{\circ}$

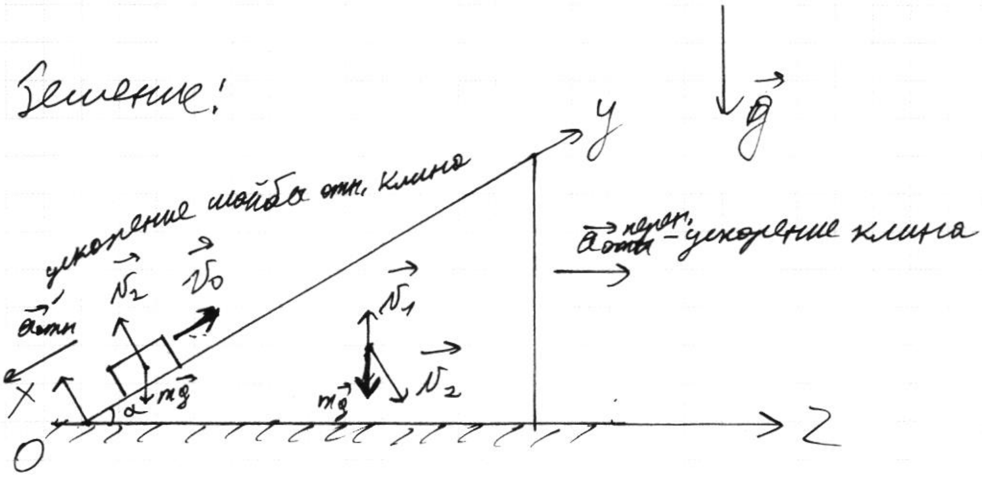
$v_0 = 2$ м/с

$g = 10$ м/с$^2$

Найти:

$H, v$ - ?

Решение:




$$\begin{cases} N_1 = mg + N_2 \cdot \cos\alpha \\ N_2 \cdot \sin\alpha = m a_{перен.} \\ N_2 = mg\cos\alpha \\ mg\sin\alpha = m a_{отн} \end{cases} \quad \begin{aligned} &a_{отн} = g\sin\alpha \\ &\Rightarrow a_{перен.} = \frac{g\sin2\alpha}{2} = g\sin\alpha\cos\alpha \end{aligned}$$

$\cancel{H = \sqrt{\frac{l}{\sin\alpha}}}$ $\cancel{mgH = \frac{mv_0^2}{2}}$ $\cancel{(3СЭ)}$

$\cancel{H = \frac{v_0^2}{2g} = 0{,}2 \text{ м}} \Rightarrow l = \frac{H}{\sin\alpha} = v_0 t - \frac{a_{отн}}{2}$


$a_{абс.}$ - относительно ИСО

$a_{абс} = \sqrt{a_{отн}^2 + a_{пер}^2 - 2a_{отн}a_{пер}\cdot\cos\alpha} = g\sin^2\alpha$

$a_{абс}^2 + a_{пер}^2 = a_{отн}^2 \Rightarrow a_{абс}$ направлена вниз. $\Rightarrow v_ш\cos\alpha = const \Rightarrow v_0\cos\alpha$

$H = v_0\sin\alpha t - \frac{a_{абс}t^2}{2}$ $\Big/ \Rightarrow H = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2a_{абс}} = \frac{v_0^2}{2g} = 0{,}2$ м.

$t = \frac{v_0\sin\alpha}{a_{абс}}$

~~$a_{пер.}t - v_0\cos\alpha = v(t)$ — скорость клина относит. шайбы~~

~~поси OZ~~

~~$v(t)\cdot t + \frac{a_{пер.}t^2}{2} = 0$~~

шайба и клин пройдут один и тот же путь по оси OX относ. земли $\Rightarrow$

$v_0\cos\alpha\, t = \frac{a_{пер.}t^2}{2}$

$t = \frac{2v_0\cos\alpha}{a_{пер}} = \frac{2v_0}{g\sin\alpha} \Rightarrow v = a_{пер}t = 2v_0\cos\alpha \approx 3{,}5$ м/с

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Delta P = \Delta V'$

$t_1^2 - \frac{2v_1}{g} t_1 - \frac{2H}{g} = 0$

$t_2^2 + \frac{2v_1}{g} t_2 - \frac{2H}{g} = 0$

$\frac{100 \cdot 100 \cdot 2}{\frac{8\pi - 6}{\pi + 10}}$

$\boxed{\frac{\pi}{22+\pi}}$

$g^2 \sin^2\alpha + g^2 \sin^2\alpha \cos^2\alpha - 2g^2 \sin^2\alpha \cos^2\alpha$

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

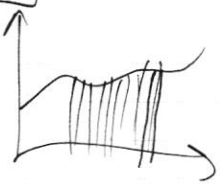
$g^2 \sin^2\alpha \cdot \sin^2\alpha$

$g \sin^2\alpha$

$x^2 + x^2\cos^2\alpha - 2x^2\cos^2\alpha$

$x^2 \sin^2\alpha$

$\frac{\frac{\pi}{4} - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} + \frac{\pi}{4} + 1}$



$v_0 - at = 0$

$3{,}4$

$\frac{6+\pi}{22+\pi}$

$\sqrt{3}$

$\approx 37\sqrt{3}$

$\frac{22 + \pi - 16}{4}$

$\frac{A - \frac{3}{2}\nu RT_1}{\frac{3}{2}\nu RT_1 + S}$

fcldl

$3T_1$

$\vec{a}t - v$

$4T_1$

$T_1$

$2T_1$

$v(t)$

$v\cos\alpha$

$\frac{\sqrt{3}v_0}{2\sqrt{3}} \approx$ $1{,}8 \cdot 2$

$\vec{a}$

$T_1$ $2T_1$

$\frac{3}{2}\nu RT_1 + S - \frac{3}{2}\nu RT_1 - \frac{3}{2}\nu RT_1 - S$

$\sqrt{6 + \frac{20}{\sqrt{3}}}$ $v$ $36$

$\left(\frac{1}{2}+1\right)\nu R 3T_1$

$-\frac{10}{4}\nu RT_1 - \frac{3}{4}\nu RT_1$ $\frac{20}{\sqrt{3}}v$ $\frac{878}{121}$

$v\cos\alpha t = \frac{at^2}{2}$

$\frac{1210}{837}$ $+\left(\frac{22+\pi}{4}\right)\nu RT_1$

$-\left(\frac{3}{4} + \frac{5}{4}\right)\nu RT_1$

$\frac{50}{112}-6$

$7600 - 600 - 126$

$\sin^2\alpha = 0$

$\cos\alpha = 1$

$\frac{2520}{878}$

$\sqrt{35}$

$Q_{12} =$

$\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12} + S - \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23} - \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12}$

$36 \cdot 36 = 216$

$\frac{9}{\frac{9}{2} + \frac{\pi}{4} + 1}$ $\frac{\frac{\pi}{4}}{}$ $\frac{\pi}{22+7}$

$50$ $\frac{75}{2}$

$10$ $8$ $\frac{12{,}96 \cdot 20}{6{,}96}$ $\frac{2000}{696}$ $\frac{500}{174}$ $\frac{250}{87} < 3$

$\vec{v}_1$ $\vec{v}$

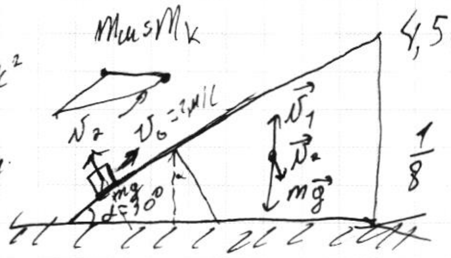
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$\downarrow \vec{g} = 10\ м/с^2$



$\sin\alpha N_2 = m$

$\cos\alpha N_2$

$4{,}56(3)$

$m\frac{v^2}{R}\mu > mg$

$v > \sqrt{\frac{gR}{\mu}}$

$\frac{1}{8}$

$N = \frac{v^2}{R}$ $F_{тр} > mg$

$$\begin{cases} \sin\alpha g = a_{отн} \\ \sin\alpha N_2 = m a_{пер.} \\ N_2 = mg\cos\alpha \\ N_2\cos\alpha + mg = N_1 \end{cases}$$

$a_{пер.} = \frac{\sin^2\alpha g}{2}$

$a_{отн} = \frac{2\sin\alpha}{} g$

$\frac{kQq\,dl^2}{6R^2}$

$\frac{1}{R}$

$P_1 = V_1$

$PV = \nu RT$

$2P_1 2V = \nu RT$

$\frac{\pi}{4}$; $\frac{22+\pi}{4}$

$\frac{\pi}{22+\pi}$

$\frac{dq}{dl} = \frac{q_0}{l_0}$

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

$P_1V_1 + \frac{\pi V_1^2}{4}$

$dq = q\cdot\frac{dl}{l}$

$\frac{dl}{l^2}$ $\frac{kQ\,q\,dl}{l^2 l_0}$

$\boxed{\frac{kQq}{6R^2}}$ $\boxed{\frac{kQq}{6R^2}dl}$ $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ $q\,dl$

$\nu = 1\ моль,\ i = 3$

$dq\ \frac{8}{6z}$ $Q = A + \Delta U$

$\sqrt{6}R$ $1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

$a = \frac{v^2}{R}$

$A + \frac{3}{2}\nu R\Delta T =$

$\frac{dq}{dl} = \frac{q}{l}$ $Q = A + \frac{9}{2}\nu RT_1$

$F = ma = \frac{mv^2}{R}$

$\frac{dq}{dl} = \frac{q}{l}$ $6R^2$

$\frac{Q_+ - Q_-}{Q_+}$ $\frac{9}{4} + 1 + \frac{\pi}{4}$ $\frac{dq}{dl} = \frac{q}{l}$ $A = \int_1^2 P\,dV$ 9 13 16

$q'\cdot l = l$

$28 + \pi$

$Q = \nu RT_1 + \frac{9}{2}\nu RT_1 + \frac{\pi}{4}\nu RT_1 = \nu RT_1\cdot\frac{2\pi + \pi}{4}$

$-\frac{kQ\,dq}{l^2}$ $dq\cdot l =$ $dq\cdot\frac{l}{dl}$

$\frac{kQq}{4R^2}$

$$\begin{cases} Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} \\ Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} \\ Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} \end{cases}$$

$\frac{kQ\,dq}{l^2}dl$

$\mu\left(\frac{v}{R} - g\sin\alpha\right) > g\cos\alpha$

$F = \frac{kQ\cdot q'}{l^2} = \frac{kQ\,dq}{l^3}$

400

$A_{12} = \frac{\pi}{4}V_1^2 = \frac{\pi}{4}\nu RT_1$

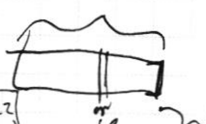
$\sqrt{\frac{gR(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)}{1\ \mu}} \le v$

$\frac{kQq'}{6R}$

$v_1 t + \frac{gt^2}{2} = -H$

$\frac{-kqQ}{l}$

$\mu N = F_{тр} > mg\cos\alpha$



$\boxed{N + mg\sin\alpha = m\frac{v^2}{R}}$

$\frac{kQ\cdot dq}{l^2} = \frac{kQq\,dl}{l^2}$

$13 = (a + 10b)^2$

$\frac{kQq}{l^2\cdot R}$ $\frac{kQ\frac{q}{l_0}\cdot dl}{l^2}$

$\int kqQ\,l^{-2}dl = -kqQ\,l^{-1}$

$\int\frac{kQq'}{l^2}dl = \left.\frac{-kQq'}{l}\right|_{2R}^{3R}$ $\frac{3kQq'}{6R} - \frac{2kQq'}{6R}$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$2\cdot 10\cdot 17\cdot 5$

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

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

$t = \frac{v_0}{g}$

$v_0 = \sqrt{2gH} = 10\sqrt{13} \approx 10\cdot 3{,}5 = 35\,м/с$

$H + v_1 t - \frac{gt^2}{2} = H$

$v_1 t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad t^2 - \frac{2v_1}{g}t - \frac{2H}{g} = 0$

$\frac{2v_1}{g}$ $\quad \boxed{v_1 t - \frac{gt^2}{2} = -H}$

$v_1 - g t_1 = -v_1$

$v_1 t - \frac{gt^2}{2} + H = 0$ $\quad t_1 = \frac{2v_1}{g}$

$10v_1 - 500 + 65 = 0$ $\quad v_1 t_2 + \frac{gt_2^2}{2} = H$

$\boxed{v_1 = 43{,}5\,м/с}$

$t_2^2 + \frac{2v_1}{g}t_2 - \frac{2H}{g} = 0$

$\frac{\frac{2v_1}{g} \pm \sqrt{\frac{8v_1^2}{g^2} + \frac{8H}{g}}}{2} = \frac{2v_1}{g} + \frac{-\frac{2v_1}{g} \pm \sqrt{\frac{8v_1^2}{g^2} + \frac{8H}{g}}}{2}$

$2gH + v_1^2$

$\frac{v_1}{g} = \frac{v_1}{6}$

$H = \frac{v_k^2 - v_1^2}{2g}$

$\frac{dm v_1^2}{2} + dm g H = \frac{dm v_k^2}{2}$

$\int \frac{dm v_1^2}{2} dm = \frac{m v_1^2}{2}$

$x=(10a+b)^2$

289

$13=(10a+b)^2=-70b$

6

$b^2+20ab=4$

$10b(b+10a\cdot 2)=\boxed{x^2-(10a)^2}$

$\cdot 10$

$180\cdot 39\quad 6$

$6\cdot 36$

160

28·8

7·

6x 400

x

400

1,7

2x 200

x

38x 1100

x

3,6

☑ 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

$\sqrt{a^2-b^2}$

$f = \sqrt{1-\frac{b^2}{a^2}}$

235 мин

$\frac{kq}{r^2} = E$

$\sqrt{(x-f)^2+y^2} + \sqrt{(x+f)^2+y^2} = 2a$

$A = Eq\,d$  $\frac{q}{\varepsilon_0} = ES$

$\frac{d\varphi}{d}$  $\frac{dw}{d\varphi}$

$\left((x-f)^2+(x+f)^2+2y^2-4a^2\right)^2 = 4\left((x-f)^2+y^2\right)\left((x+f)^2+y^2\right)$

$(2x^2+2f^2+2y^2-4a^2)^2$

$(x^2+f^2+y^2-2a^2)^2 = (x^2+f^2-2fx+y^2)(x^2+f^2+2fx+y^2)$

$e^{i\varphi} = \cos\varphi + i\sin\varphi$

$f = ae$

$4a^4 - 4a^2x^2 - 4a^2f^2 - 4a^2y^2 + 4f^2x^2 = 0$

$y^2 + \frac{b^2}{a^2}x^2 = b^2$

$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

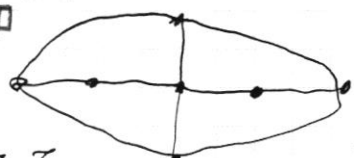
$e = \cos\alpha = \frac{f}{e}$

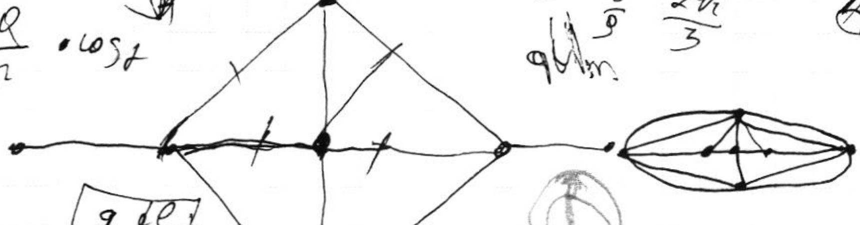
$\frac{\sqrt{e^2-R^2}}{e}$

$\frac{kqQ}{e^2}\cdot\cos\alpha$

$\frac{kqQ}{e^2} + \frac{kqQ}{(e+2R)^2}$

2,718…





$Q$ $\boxed{\frac{q\,de}{2R}}$

$(4fx - 4a^2)^2$

$\frac{kq}{r^2} = \frac{ES}{4\pi r^2}$  $\frac{kqQ}{b^2}\cdot\cos^3\alpha$

$\cos^3\alpha$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)