

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

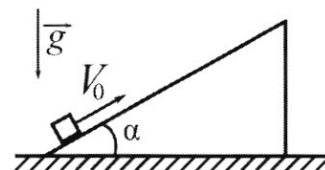
Шифр

(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/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. 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/с².



- 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/с².

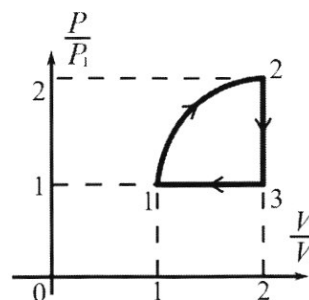
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте 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/с².

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 прямую, 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:	Решение:
$m = 2 \text{ кг}$	1) Запишем ЗСЭ:
$\tau = 10 \text{ с}$	$\frac{mV_0^2}{2} = mgH \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gH} = 10\sqrt{13} \text{ м/с}$
$H = 65 \text{ м}$	2) Т.к. осколки будут падать 10 с., запишем для
$g = 10 \text{ м/с}^2$	самого раннего и самого позднего осколка
$V_0 - ?$	и разность времени (осебудно, что τ - время,
$\sum E_k - ?$	за которое осколки, летящий вертикально вверх
	опустится до первонач. положения, тогда он примет
	вид осколка, летящего вертикально вниз):

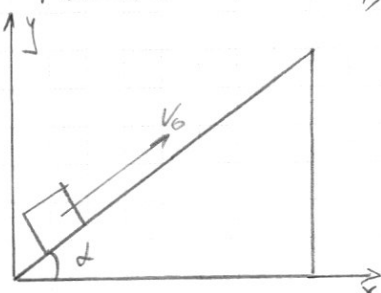


$$0 = V_1 \tau - \frac{g\tau^2}{2} \Rightarrow V_1 = \frac{g\tau}{2} = 50 \text{ м/с}$$

3) Найдем: $\sum E_k = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_1^2}{2} + \dots =$
 $= \frac{V_1^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots) = \frac{V_1^2}{2} \cdot m_0 = \frac{50^2}{2} \cdot 2 = 2500 \text{ Дж}$

Ответ: $V_0 = 10\sqrt{13} \text{ м/с}$ $\sum E_k = 2500 \text{ Дж}$

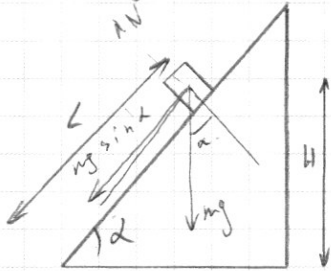
№ 2

Дано:	Решение:	1) Запишем ЗСЭ и ЗСИ на
$\alpha = 30^\circ$		O_x :
$V_0 = 2 \text{ м/с}$		$\frac{1}{2} m V_0^2 = m g h + m V_1^2 \Rightarrow \frac{1}{2} V_0^2 = g h + V_1^2$
$g = 10 \text{ м/с}^2$		$m V_0 \cos \alpha = 2 m V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{V_0}{2} \cos \alpha$
$H; V - ?$		

$$\frac{1}{2} V_0^2 = g H + V_0^2 \frac{\cos^2 \alpha}{4} \Rightarrow H = \frac{V_0^2 (\frac{1}{2} - \frac{\cos^2 \alpha}{4})}{g} =$$

$$2 \frac{4 \cdot (\frac{1}{2} - \frac{3}{16})}{10} = \frac{5}{40} = 0,125 \text{ м}$$

2) Аналогично запишем З.С.Э и. ур. кинематического движения в.С.О. ~~функцией~~:



$$L = \frac{H}{\sin \alpha} = 2H = 0,25 \text{ м}$$

$$L = \frac{a t_1^2}{2}, \quad (\text{по закону 2-н. Ньютона})$$

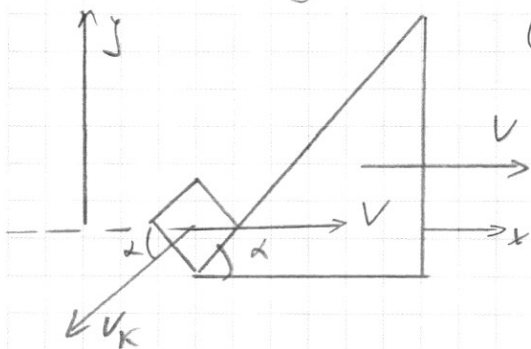
$$m \cdot a = m g \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = g \sin \alpha.$$

$$2H = \frac{a t_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2L}{g \sin \alpha}}$$

$$V_k = g \sin \alpha \cdot t_1 = \sqrt{2Lg \sin \alpha} = \sqrt{Lg} = 0,5\sqrt{10} \text{ м/с}$$

по закону слож. скоростей:



(в.С.О. земли)

Запишем З.С.И:

$$2mV_0 = m \cdot V + m \cdot (V - V_k \cos \alpha)$$

$$V_0 \cos \alpha = V + V - V_k \cos \alpha$$

$$\cos \alpha (V_0 + V_k) = 2V$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot \cos \alpha \cdot (V_0 + V_k) =$$

$$= (2 + 10\sqrt{3}) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} + 15 \approx 15,855 \text{ м/с}$$

Ответ: $H = 0,125 \text{ м}$; $V = 15,855 \text{ м/с}$ *

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

Дано:

$$R = 1,2 \text{ м.}$$

$$V_0 = 3,8 \text{ м/с}$$

$$m = 0,4 \text{ кг.}$$

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

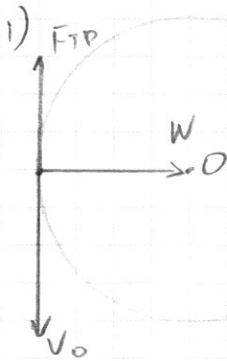
$$\mu = 0,9.$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$P = ?$$

$$V_{\min} = ?$$

Решение:



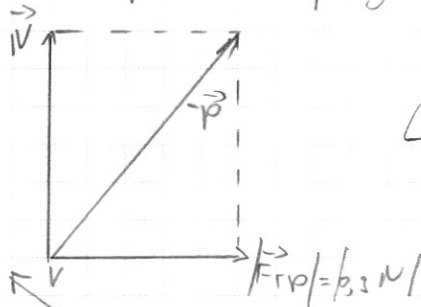
Запишем 2ой 3-ю. Ньютона

на тело:

$$m \cdot a_y = N \Rightarrow N = m \frac{V_0^2}{R} = 4,56 \text{ Н}$$

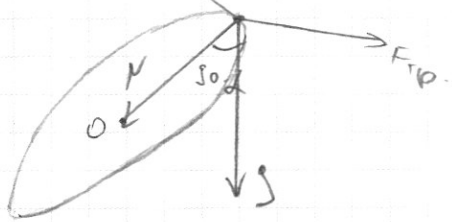
$$F_{тр} = \mu \cdot N = 0,9 N$$

построим треугольник сил и найдем P:



$$P = \sqrt{N^2 + 0,9^2 N^2} = N \cdot \sqrt{1,31} = 4,56 \sqrt{1,31} \approx 6,156 \text{ Н}$$

2)



т.к. сила трения действует по касательной к окр., то она не влияет на $a_y \Rightarrow$ запишем

2ой 3-ю. Ньютона. на тело в т. "O":

$$m \cdot \frac{V_{\min}^2}{R} = N + g \sin \alpha, \text{ при } V_{\min} \cdot N \rightarrow 0;$$

$$m \frac{V_{\min}^2}{R} = g \sin \alpha \Rightarrow V_{\min} = \sqrt{\frac{g R \sin \alpha}{m}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 0,3 \cdot \frac{1}{2}}{0,4}} = \sqrt{15} \text{ м/с}$$

Ответ: $V_{\min} = \sqrt{15} \text{ м/с}$ $P = 6,156 \text{ Н}$

№ 4.

Дано:

T_1
 $i = 3$

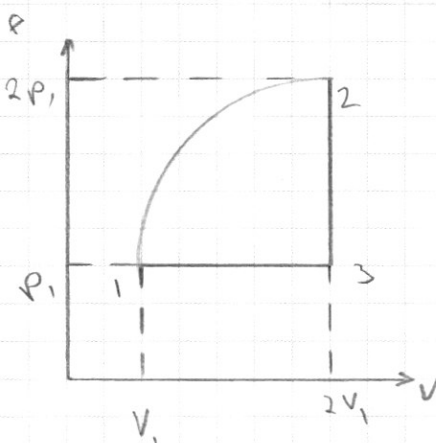
$\nu = 1$

$Q - ?$

$H - ?$

$\eta - ?$

Решение:



1) $Q = \Delta U + A$ (найдем H как $S_{log. зр.}$)

Запишем ур. Менг. - Клапейрона:

$p_1 \cdot V_1 = \nu R T_1$
 $4 p_1 \cdot V_1 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = 4 T_1$

$Q = \frac{3}{2} \cdot 3 \nu R T_1 + \frac{1}{4} \pi \nu R T_1 + \nu R T_1 =$
 $= \nu R T_1 (4,5 + \frac{1}{4} \pi + 1) = 6,285 R T_1$

2) $A = S_{cp.} = \frac{1}{4} \pi \nu R T_1 = 0,785 \nu R T_1 = 0,785 R T_1$

3) $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{0,785 R T_1}{6,285 R T_1} = \frac{152}{1257}$

Ответ: $Q = 6,285 R T_1$; $H = 0,785 R T_1$; $\eta = \frac{152}{1257}$

№ 5.

Дано:

Q

q

R

k

$F_1 - ?$

$F_2 - ?$

Решение:

1) Запишем силу между точечными зарядами и найдем F_1 :

$F_1 = k \cdot \frac{Q \cdot q}{4 R^2}$

2) Аналогично запишем силу между точечным зарядом и по т. Гаусса найдем силу тяжести и F_2 :

Q



Запишем т. Гаусса:

$\Phi = \frac{\sum q}{\epsilon_0} = \int E dS$

$E = \frac{q}{2 R \epsilon_0} \Rightarrow F_{k2} = E \cdot k$

$F_2 = \frac{Q \cdot q}{2 R \epsilon_0}$

Ответ: $F_1 = k \cdot \frac{Q \cdot q}{4 R^2}$; $F_2 = \frac{Q \cdot q}{2 R \epsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

23

$m \cdot \frac{v^2}{R} = N$
 $F_{тр} = m \cdot N = 0.5 \cdot 4.56 = 2.28$
 $P = 2.2536 \text{ W}$
 $F_{тр} = 4.56 \text{ N}$
 $F_{тр} = \sqrt{F_{тр}^2 + N^2}$
 $m \cdot \frac{v_{min}^2}{2} = mg \sin \alpha + N$
 $v_{min} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2.15}{1}} = 2.15$
 $= 5 \sqrt{0.144} = 2.4$

25

1) $F_k = k \cdot \frac{Q \cdot q}{4\pi \epsilon_0 r^2} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{4r^2} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{4r^2}$

$E \cdot Q = F_k \Rightarrow F_k = \frac{q \cdot Q}{r \cdot \epsilon_0}$
 $\int E \cdot dS = \frac{q}{\epsilon_0}$
 $E \cdot dS = \frac{q \cdot dV}{\epsilon_0}$
 $E = \frac{q}{r \cdot \epsilon_0}$
 $E = 32$



$$2 \int \frac{k dq Q}{(2r+dr)^2} = \int \frac{\sigma \cdot dS}{\epsilon_0}$$

$$\frac{\sigma \cdot dS}{\epsilon_0} =$$

$$\sigma = \frac{q}{dS}$$

$$E = \frac{k \cdot dq \cdot Q}{(2r+dr)^2}$$

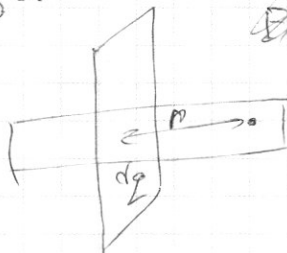
$$\int_0^R \left(\frac{k \cdot dq \cdot Q}{(2r+dr)^2} \right) \cdot 2\pi dr = \int$$

$$2 E \cdot dS = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

$$2 E \cdot dS = \frac{\sigma \cdot dS}{\epsilon_0}$$



$$E = \frac{\sigma}{2 \epsilon_0}$$



$$2 E \cdot dS = \frac{\sigma \cdot dS}{\epsilon_0}$$

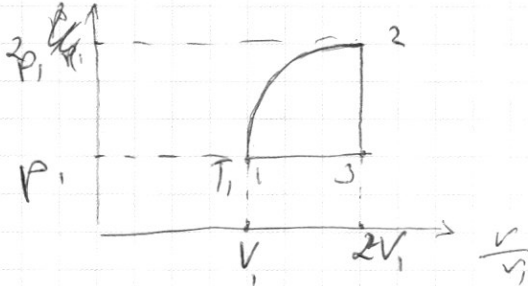
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \cdot 2}$$

$$2 E dS = \frac{\sigma \cdot dS}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma \cdot R}{2 \epsilon_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

24



$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{1}{4} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 4 T_1$$

$$\begin{array}{r} 314 \ 4 \\ - 28 \quad 4 \\ \hline 34 \quad 5 \\ - 38 \quad 0 \\ \hline 6 \ 785 \end{array}$$

$$Q = A + \Delta U = \frac{3}{2} \nu R 3 T_1 + \pi p_1 \cdot V_1 \cdot \frac{1}{4} + p_1 \cdot V_1 =$$

$$= 4,5 \nu R T_1 + \frac{1}{4} \pi \nu R T_1 + \nu R T_1 = \nu R T_1 (4,5 + \frac{1}{4} \pi + 1) =$$

$$= 6,285 \nu R T_1$$

$$Q_k = \frac{1}{4} \pi p_1 V_1 = \frac{1}{4} \pi \nu R T_1 = 0,785 \nu R T_1$$

$$\eta = \frac{A}{Q_k} = \frac{0,785 \nu R T_1}{6,285 \nu R T_1} = \frac{785}{6285} = \frac{15}{1257}$$

$$E = \pi \frac{d^2}{4} \rho \omega^2$$

21

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

$$V_0 = \sqrt{2 g H} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 69} = 10 \sqrt{138}$$

$$u = V_1 t_1 + \int \frac{1}{2} \dots$$

$$H = V_1 t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$0 = V_1 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \Rightarrow \frac{g t_1}{2} = V_1$$

$$V_1 = \frac{g t_1}{2} = 50 \text{ м/с}$$

~~$m \cdot V_0 = V_1 (m_1 + m_2 + m_3 + \dots)$~~

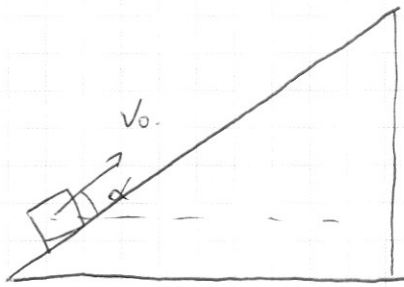
~~$V_0 = V_1 = 40 \text{ м/с}$~~

$$\sum E_k = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_1^2}{2} + \dots = \frac{V_1^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots) = \frac{V_1^2}{2} m_0 =$$

$$= \frac{4000 \text{ Дж}}{2} = 2000 \text{ Дж} = \frac{V_1^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots) =$$

$$\frac{65}{130} = 10 \sqrt{13} \text{ м/с}$$

$$= \frac{1300 \text{ Дж}}{2} = 650 \text{ Дж} \quad \sum E_k = 2500 \text{ Дж}$$



$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$mv_0^2 = mgh + \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$v_0^2 = gh + v_1^2$$

$$\frac{1}{16} = \frac{1}{10} \cdot \frac{2}{10} = \frac{2}{100} = 0,02$$

$$mv_0 \cos \alpha = mv_1$$

$$v_1 = \frac{v_0}{2} \cos \alpha$$

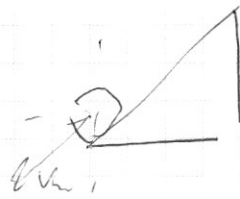
$$\Rightarrow v_0^2 = gh + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{4}$$



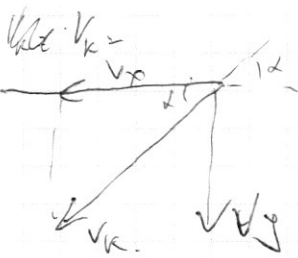
$$mgh = mgh + \frac{mv_1^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2 \cos^2 \alpha}{2} + \frac{mv_0^2 \cos^2 \alpha}{2}$$

$$gh + \frac{v_1^2}{2} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2} + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2}$$

$$2mgh = mv_0^2 \cos^2 \alpha$$



$$L \sin \alpha = \frac{L}{2} \Rightarrow L = \frac{L}{\sin \alpha} = \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g \sin^2 \alpha}}$$



$$v_k = g \sin \alpha t = \frac{g \sin \alpha \cdot \sqrt{2H}}{\sqrt{g \sin^2 \alpha}} = \sqrt{2gH}$$

$$v_g = v_k \cos \alpha = \sqrt{2gH} \cos \alpha$$

$$mv_0 \cos \alpha = mv_0 \cos \alpha = mv_0 \cos \alpha \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = mv_0 \cos \alpha \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$v = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = v_0 \cos \alpha$$

$$gh + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{4} = gh + \frac{v^2}{2} \Rightarrow v = \frac{v_0 \cos \alpha}{\sqrt{2}}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)