

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

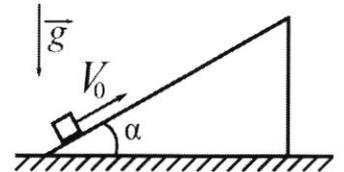
† 1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

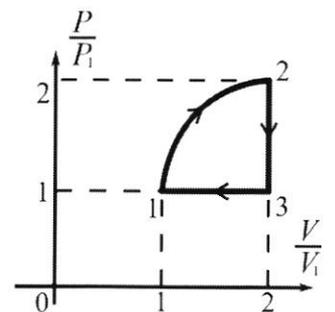
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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 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

51

1) $y = H$ - наименьш. точка $\Rightarrow V_0$ до взрыва в этой точке $0 \leftarrow 3C2: \frac{mv_0^2}{2} = mgH \Rightarrow$
 $\rightarrow V_0 = \sqrt{2gH} = 10\sqrt{13} \left(\frac{M}{c}\right) \approx \underline{\underline{3,5 \left(\frac{M}{c}\right)}}$

2) $T = 10c$ - время между первым падением и поперком

~~$$-H = -Vt_1 - g\frac{t_1^2}{2}$$

$$-H = V(t_1 + T) - g\frac{(t_1 + T)^2}{2}$$

$$\Rightarrow 0 = 2Vt_1 + VT - gTt_1 - g\frac{T^2}{2}$$

$$t_1(2V - gT) = g\frac{T^2}{2} - VT$$

$$t_1 = \frac{g\frac{T^2}{2} - VT}{2V - gT} \approx \underline{\underline{500}}$$~~

$$H = Vt_1 + g\frac{t_1^2}{2} \quad - \text{поиск}$$

$$-H = Vt_2 - g\frac{t_2^2}{2} \quad - \text{Поиск осн.}$$

$$g\frac{t_1^2}{2} + Vt_1 - H = 0$$

$$D = V^2 + 2gH$$

$$t_1 = \frac{-V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$$

$$g\frac{t_2^2}{2} - Vt_2 - H = 0$$

$$D = V^2 + 2gH$$

$$t_2 = \frac{V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$$

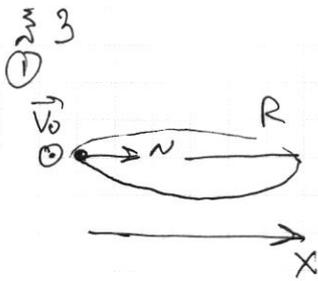
$$t_2 - t_1 = T$$

$$\frac{2V}{g} = T$$

$$V = \frac{gT}{2} = 50 \left(\frac{M}{c}\right)$$

$$E_{\text{кяду}} = \frac{mV^2}{2} = 2500 \text{ Дж}$$

Ответ $3,5 \frac{M}{c}$
 2500 Дж



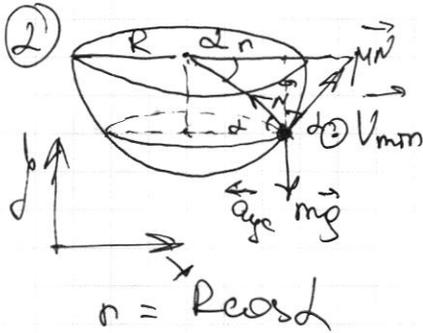
$$|P| = |N|$$

2 3-я ось горизонтальна

$$\text{Ox: } N = m a_{\text{ге}}$$

$$a_{\text{ге}} = \frac{v^2}{R}$$

$$N = P = m \frac{v^2}{R} = \underline{\underline{4,56 \text{ (Н)}}}$$



2 2-я ось горизонтальна

$$\text{Ox: } N \cos \alpha - m v \sin \alpha = m \frac{v_{\text{min}}^2}{R \cos \alpha}$$

$$\text{Oy: } m g = N \sin \alpha + m v \cos \alpha$$

$$N = \frac{m g}{\sin \alpha + v \cos \alpha}$$

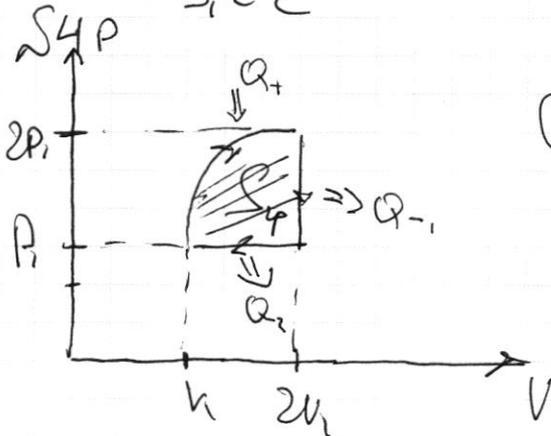
$$\frac{m g}{\sin \alpha + v \cos \alpha} (\cos \alpha - v \sin \alpha) = m \frac{v_{\text{min}}^2}{R \cos \alpha}$$

$$\sqrt{\frac{g R \cos \alpha (\cos \alpha - v \sin \alpha)}{v \cos \alpha + \sin \alpha}} = v_{\text{min}}$$

$$v_{\text{min}} \approx 3,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Орбит 4,56 Н

$$3,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



i=3, т.к. одна ось раз.

$$\text{Ox: } Q_1 = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} p_1 V_1 + \frac{3}{2} 4p_1 V_1 = \frac{9}{2} p_1 V_1$$

$$A = \frac{\pi}{4} p_1 V_1 + p_1 V_1$$

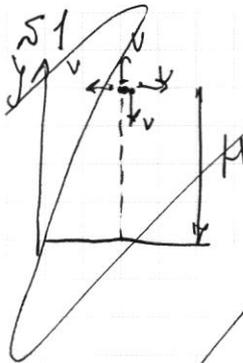
$$Q_1 = \left(\frac{9}{2} + 1 + \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1$$

Этот уравнение Максвелла-Клейнмана

$$p_1 V_1 = \mathcal{D} R T_1, \quad \mathcal{D} = \text{моль (по чис.)}$$

$$Q_1 = \frac{22 + \pi}{4} \mathcal{D} R T_1 \approx 6,2 \mathcal{D} R T_1 \text{ (Дж)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $y = H$ - наиб. точка $\Rightarrow V_{\text{ф}} \text{ до взрыва в этой точке } 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \text{ЗСЭ } \frac{mV_0^2}{2} = mgH \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gH} \approx 10,13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\approx 3,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

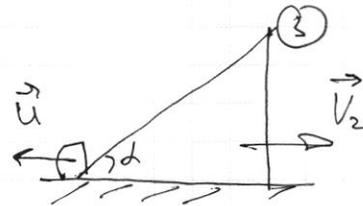
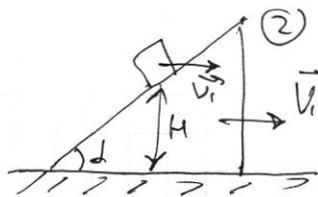
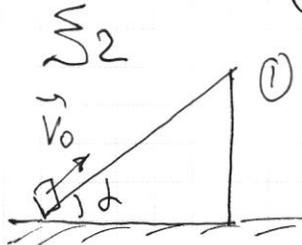
2) $T = 10 \text{ с}$ - время падения осколков, т.е. через $T = 10 \text{ с}$
 все осколки упали \Rightarrow пол. оск. через 10 с упал \Rightarrow

$\Rightarrow -H = VT - g \frac{T^2}{2}$, где V - скор. осколка

$V = g \frac{T}{2} + \frac{H}{T} = 43,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$E_{\text{к.оск.}} = \frac{mV^2}{2} = \frac{2}{2} V^2 = 1892,25 \text{ Дж}$

Ответ $3,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $1892,25 \text{ Дж}$.



$v_2 - ?$
 $H - ?$

ЗСЭ (1 и 2):

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{2mv_1^2}{2} + mgH$

ЗСМ (1 и 2):

$mv_0 = 2mv_1$

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

$v_0^2 = \frac{v_0^2}{2} + 2gH$

$H = \frac{v_0^2}{4g} = 0,4 \text{ м}$

ЗСЭ (1 и 3):

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{mu^2}{2}$

~~ЗСМ (1 и 3):~~ ЗСМ (1 и 3):

$mv_0 = mv_2 - mu$

$u = v_2 - v_0$

$v_0^2 = v_2^2 + v_2^2 - 2v_0v_2 + v_0^2$

$v_2 = v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ Ответ $0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

② $A_{3y} = S_{2p} = \frac{\pi}{4} \rho_1 V_1 = \frac{3,14}{4} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 1, \approx 0,157 \text{ Дж}$ (Дж)

③ $\eta = \frac{A_{3y}}{Q_+} = \frac{A_{3y}}{Q_1} = \frac{0,157 \text{ Дж}}{1,1 \text{ Дж}} = \frac{0,157}{1,1} \approx 0,14$

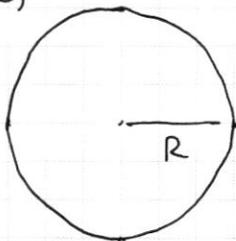
Ответ 0,157 Дж, (Дж)

0,14 Дж, Дж, $\rho = 1 \text{ мкс/м}$

14 %

Σ 5

① Q

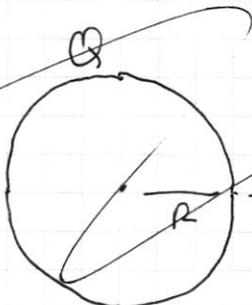


можно считать, что весь заряд Q

собрал в центре сферы \Rightarrow

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

②



центр сферы находится на 2,5R от

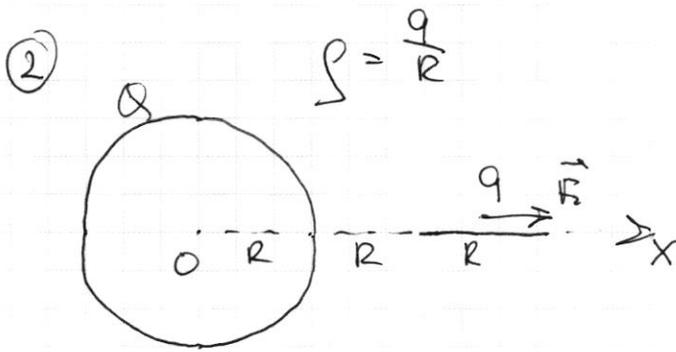
центра сферы \Rightarrow

$$\Rightarrow F_2 = \frac{kqQ}{2,5^2 R^2} = \frac{kqQ}{6,25 R^2}$$

Ответ $\frac{kqQ}{4R^2}$

$\frac{kqQ}{6,25 R^2}$

, от центра сферы действуют



на кол. крест. стринка

$$dF = \frac{k dq Q}{x^2};$$

$$dF = \frac{k dx \lambda Q}{x^2} = \frac{k dx q Q}{x^2} =$$

$$= \frac{k q Q}{R} \frac{dx}{x^2}$$

$$\int y = \frac{1}{x^2}$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{x^2} \Rightarrow dy = -\frac{dx}{x^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow dF = -\frac{k q Q}{R} dy$$

$$F = \int_{\frac{1}{2R}}^{\frac{1}{3R}} -\frac{k q Q}{R} dy = -\frac{k q Q}{R} y \Big|_{\frac{1}{2R}}^{\frac{1}{3R}} = \frac{k q Q}{R \cdot 2R} - \frac{k q Q}{R \cdot 3R} =$$

$$= \underline{\underline{\frac{k q Q}{6R^2}}}$$

Ответ $\frac{k q Q}{6R^2}$ (Н)

$\frac{k q Q}{6R^2}$ (Н)

, действующая от центра сферы.

$$\sqrt{\frac{12 \cdot \frac{R}{2} \left(\frac{R}{2} - 0,45 \right)}{0,45 \cdot R + 0,5}} = \sqrt{\frac{18 - 27,3}{0,45 \cdot 1,732 + 0,5}} = \sqrt{\frac{13,12}{1,26}} = \sqrt{10,5} \approx 3,2 \left(\frac{m}{c} \right)$$

$$\sqrt{\frac{6 \cdot 3 \cdot (3 - 0,45)}{0,45 \cdot 3 + 0,5}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 2,55}{1,35 + 0,5}} = \sqrt{\frac{30,6}{1,85}} = \sqrt{16,54} \approx 4,07$$

6. 2,7

$$\frac{\pi R^2 \cdot \frac{R}{4}}{4} = \frac{\pi R^3}{16}$$

$i=3$

$$Q = \Delta c + A = \frac{3}{2} \cdot 3p_1 V_1 + \frac{\pi p_1 V_1}{4} + p_1 V_1$$

$$p_1 V_1 = 0,2 T_1$$

$$Q = \frac{9}{2} 0,2 T_1 + \frac{\pi}{4} 0,2 T_1 = 0,2 T_1 \left(\frac{9}{2} + \frac{\pi}{4} \right) =$$

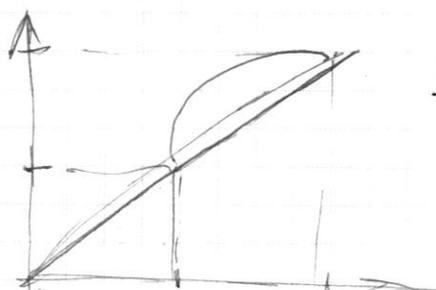
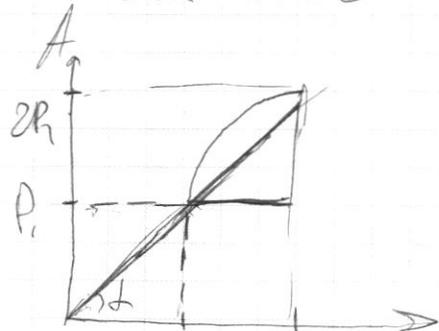
~~$p_1 V_1$~~

$$= 0,2 T_1 \left(\frac{3,14}{4} \right) = 5,2 0,2 T_1 = 5,2 0,2 T_1$$

$$= 0,2 T_1 \cdot 6,2 = 0,2 T_1 \cdot 6,2$$

$$\frac{\pi}{4} 0,2 T_1 = \frac{\pi R}{4} T_1 = \frac{3,14}{4} 0,2 T_1 =$$

$$\frac{Q}{A} = \dots$$



$$\frac{K dQ}{x^2} = \frac{K dx}{R \cdot x^2}$$

$$\frac{dx}{x^2} = \frac{K dx}{R}$$

$$y = x^3$$

$$\frac{dy}{dx} = 3x^2$$

$$y = \frac{1}{x}$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{x^2}$$

$$f_{pd} = \frac{P_1}{V_1}$$

$$P_1 V_1 = 0,2 T_1$$

$$f_{pd} V_1^2 = 0,2 T_1$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{0,2 T_1}{f_{pd}}}$$

$$P_1 = \sqrt{\frac{0,2 T_1}{V_1^2}}$$

$$\int \frac{dy}{y^2} = \int \frac{K dx}{R}$$

$$\frac{P_1 V_1}{4} = \frac{\pi}{4} 0,2 T_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

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

$$V = g \frac{t}{2} - \frac{H}{t} = 50 - 6,5 = 43,5$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{13}$$

780		620
620		0,14
<hr/>		
160		
		2,5
		x 2,5
		72,5
		50
		<hr/>
		6,25
		3,5
		x 3,5
		17,5
		105
		<hr/>
		132,5
		3,5
		x 3,5
		17,5
		1380
		<hr/>
		1035
		<hr/>
		1190,25

$$H = V_0 t - g \frac{t^2}{2} ; g t = V_0$$

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

① $V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \approx 35,7$

② $\frac{mV^2}{2} = \frac{2 \cdot 43,5^2}{2} = 43,5^2 = 1892,25$

	x 3,5
3,5	
<hr/>	
17,5	
105	
<hr/>	
132,5	
	x 3,5
	3,5
	<hr/>
	17,5
	1380
	<hr/>
	1035
	<hr/>
	1190,25

$$\frac{mV_0^2}{2} = mV^2 + mgH$$

$$mV_0 = 2mV$$

$$V = \frac{V_0}{2}$$

$$dq = dRg$$

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

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

$$mV = mV$$

$$V_0^2 = \frac{V_0^2}{4} + gH$$

$$\frac{k dRq}{x^2 R}$$

$$\frac{k d x q}{2 x^2 R}$$

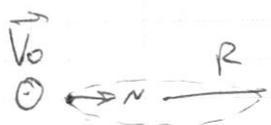
$$mV = mV \int \frac{k dx q R}{2 x^2 R g} =$$

$$V = u = \frac{kq}{2R}$$

$$H = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{4}{2 \cdot 10} = 0,2$$

$$V_0^2 = 2V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{V_0^2}{2}} = f(\frac{R}{g})$$



$$N = m a_{\text{цс}}$$

$$N = P = m \frac{v^2}{R} = 0,4 \frac{136,9}{1,2} = \frac{136,9}{3} = 45,6 \text{ (Н)}$$

	x 3,7
3,7	
<hr/>	
25,9	
111	
<hr/>	
136,9	



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)

