

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарем)

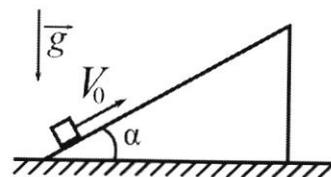
1. Фейерверк массой $m = 1 \text{ кг}$ стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3 \text{ с}$ разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва $K = 1800 \text{ Дж}$. На землю осколки падают в течение $\tau = 10 \text{ с}$.

1) На какой высоте H взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени τ осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол α такой, что $\cos \alpha = 0,6$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость V_0 (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$. Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.

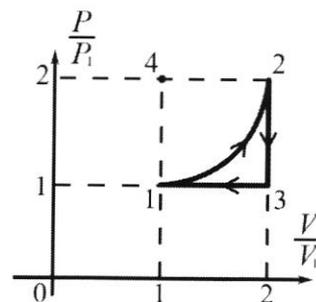
2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение a модели.

2) Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление P_1 и объём V_1 .



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

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $3R$ 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 $3R$ от центра.

2) Найдите силу F_2 , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Дано:

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$T = 3 \text{ с}$$

$$K = 1800 \text{ Дж}$$

$$\gamma = 10 \text{ с}$$

1) H - ?

2) t - ?

Решение:

1)



$$\vec{v}_k = 0 \quad \downarrow \vec{g}$$

П.к. фейрверк взрывается

в высшей точке траектории

то конечная скорость

равна нулю.

Ур-е равноускоренного движения с уско-
рением g :
$$s = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

~~ОУ:
$$\begin{cases} H = v_0 t - \frac{g t^2}{2} \\ v_k = v_0 - g t \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t = \frac{2v_0}{g} \\ H = v_0 t - \frac{g t^2}{2} \end{cases}$$~~

~~$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow H =$$~~

ОУ:
$$\begin{cases} H = v_0 T - \frac{g T^2}{2} \\ v_k = v_0 - g T \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 = g T \\ H = g T^2 - \frac{g T^2}{2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$H = \frac{g T^2}{2} \Rightarrow H = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 9 \text{ с}^2}{2} = 45 \text{ м}$$

2) $K = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$ - скорость, с которой разлетелись осколки.

П.к. сказано, что осколки летят во всевозможных

направлениях, то есть тот, который после взрыва
упасть будет \vec{v} будет вертикально вниз и он бу-
дет являться первым осколком, который упадет на
землю, т.к. $v = \text{const}$.

Ур-е движения на $H = v_0 t$ ОУ:
$$H = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

п.к. это квадратное уравнение, но подставим числа:

$$u = \sqrt{\frac{2k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}}} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$45 = 60t + 5t^2 \Rightarrow t^2 + 12t - 9 = 0$$

$$D = 36 + 9 = 45 \quad \left[\begin{array}{l} t = -6 + \sqrt{45} \Rightarrow \\ t = -6 - \sqrt{45} \end{array} \right. \emptyset$$

$$t = \sqrt{45} - 6 = 3\sqrt{5} - 6 = 3(\sqrt{5} - 2) \approx 0,7 \text{ с}$$

Ответ: 1) $u = 45 \text{ м}$; 2) $t \approx 0,7 \text{ с}$

4) Дано:

$\nu = 1$ моль

$i = 3$

$p_1 = ?; V_1 = ?$

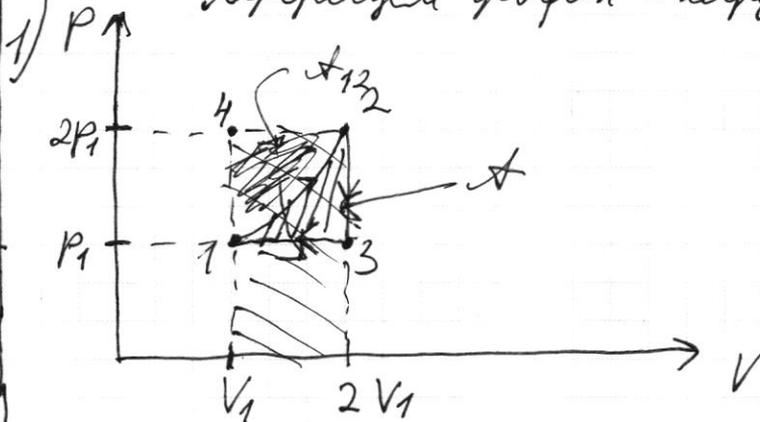
1) $Q = ?$

2) $A = ?$

3) $\eta = ?$

Решение:

Перерисуем график в координаты $p(V)$



Рассмотрим каждый из процессов, чтобы определить, где к газу пошла теплота:

п.к. только в процессе 1-2 газ расширялся, то можно найти $Q = Q_{12}$

В начале термодинамики: $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} =$

$$= A_{12} + \frac{i}{2} \nu R \Delta T$$

Работу A_{12} найдем, как площадь под графиком:

из площади прямоугольника вычтем четверть площади окружности:

$$A_{12} = 2p_1 \cdot (2V_1 - V_1) - \frac{1}{4} \pi (2p_1 - p_1) (2V_1 - V_1) =$$

$$= 2p_1 V_1 - \frac{\pi p_1 V_1}{4} = p_1 V_1 \left(2 - \frac{\pi}{4} \right)$$

Возьмем в 1 и 2 состояниях уравнение состояния газа:

$$\left. \begin{array}{l} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ 2p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \nu R \Delta T = 4p_1 V_1 - p_1 V_1 = 3p_1 V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_{12} = p_1 V_1 (2 - \frac{\pi}{4}) + 3 p_2 V_1 \cdot \frac{1}{2} = p_1 V_1 (2 - \frac{\pi}{4} + \frac{3}{2}) =$$

$$= p_1 V_1 (6,5 - \frac{\pi}{4}) \approx p_1 V_1 (6,5 - 0,8) \approx p_1 V_1 5,7 p_1 V_1$$

2) Работа газа равна площади фигуры 1-2-3-1.
Найдём её так - вычтем из площади квадрата 1-2-3-4

четверть окружности: $\Delta = (2p_1 - p_1)(2V_1 - V_1) -$
 $-\frac{1}{4} \pi p_1 V_1 = p_1 V_1 - \frac{\pi p_1 V_1}{4} = p_1 V_1 (1 - \frac{\pi}{4}) \approx p_1 V_1 (1 - 0,8) =$
 $\approx 0,2 p_1 V_1$

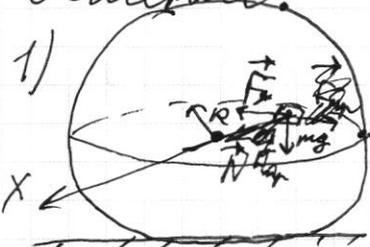
4) $\eta = \frac{\Delta}{Q}$, где Δ - работа за цикл, а Q - ^{подведённое} ~~полученное~~ _{тепло}

$$\eta = \frac{0,2 p_1 V_1}{5,7 p_1 V_1} = \frac{2}{57} \approx 0,035 \Rightarrow \eta = 3,5\%$$

ответ: 1) $Q = 5,7 p_1 V_1$; 2) $\Delta = 0,2 p_1 V_1$; 3) $\eta = 3,5\%$

③ Дано: Решение:

$P = 2 \text{ мг}$
 $\alpha = 45^\circ$
 $\mu = 0,8$
 $R = 1 \text{ м}$



По III-му закону Ньютона:
 $\vec{P} = -\vec{N} \Rightarrow |\vec{N}| = 2 \text{ мг}$

II-й закон Ньютона:

$$m \vec{a} = \vec{N} + m \vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

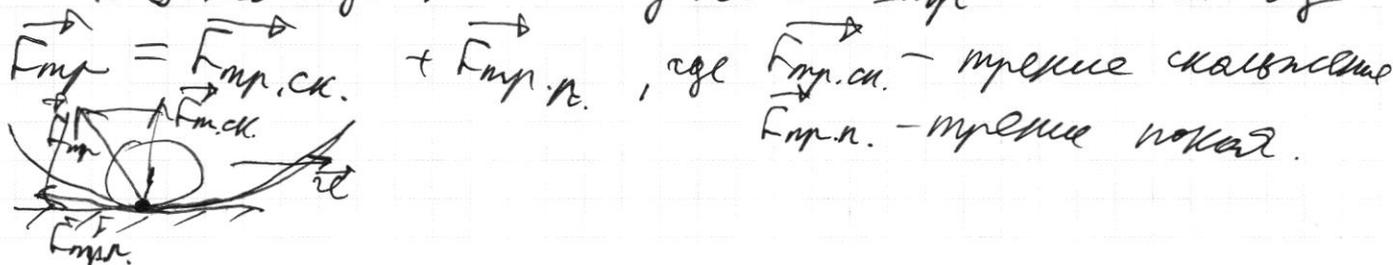
$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y; \vec{a}_x = 0, \text{ т.к. } v = \text{const} \Rightarrow$$

$$\vec{a} = \vec{a}_y$$

1) a - ?

2) v_{min} - ?

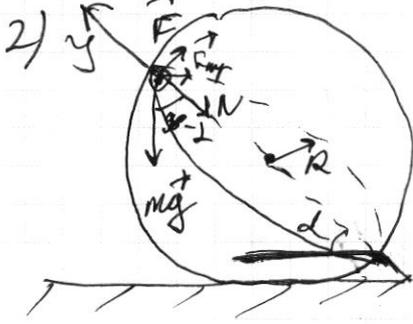
В этом движении у нас $F_{\text{тр}}$ состоит из



OX: $m a_x = \mu N + F_{\text{тр.ск.}} \Rightarrow$

$m a = N - \mu N = 2m g (1 - \mu) \Rightarrow a = 2g(1 - \mu)$

$a = 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (1 + 0,8) = 0,1 \cdot 0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{36 \text{ м}}{\text{с}^2}$



$v = v_{\text{min}}$ тогда, когда модель автомобиля в высшей точке своей траектории будет касаться поверхности сферы, т.е. $N = 0$.

II закон Ньютона на OY:

$$\left. \begin{aligned} m \vec{a}_y &= N - \mu N + mg \sin \alpha \\ N &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} a_y &= g \sin \alpha \\ a_y &= \frac{v_{\text{min}}^2}{R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$v_{\text{min}} = \sqrt{g R \sin \alpha} \Rightarrow v_{\text{min}} = \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ м} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} =$

$= \sqrt{5\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

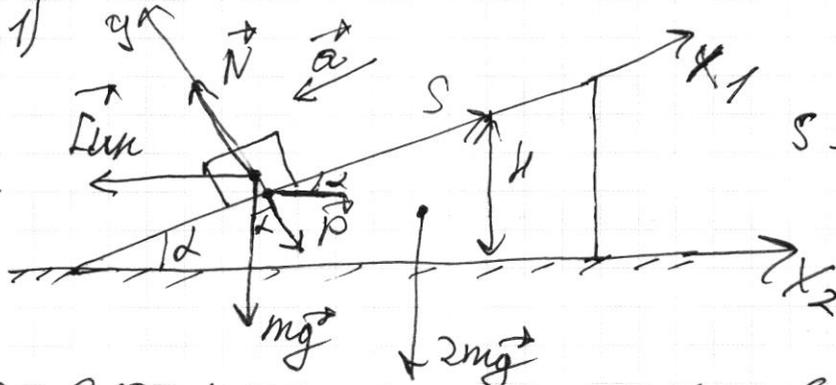
Ответ: 1) $a = 36 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) $v_{\text{min}} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

(2) Дано:

$\cos \alpha = 0,6$

$H = 9,2 \text{ м}$

Решение:



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

1) $v_0 = ?$

2) $v = ?$

Перейдем в СО клина, но т.к. он движется с ускорением, то тогда на шайбу будет действовать сила $F_{\text{ин}} = -m a_{\text{к}}$, где $a_{\text{к}}$ - ускорение клина.

II закон Ньютона для шайбы и клина:

$$\begin{aligned} m \vec{a} &= F_{\text{ин}} + m \vec{g} + \vec{N} \\ 2m \vec{a}_{\text{к}} &= \vec{p} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По мк III-му 3-му флюидомона: $\vec{N} = -\vec{P}$

$$OX_1: -ma_z = -F_{\text{упр}} \cdot \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha$$

$$OX_2: 2ma_x = P \cdot \cos \alpha \sin \alpha$$

$$OY: N = mg \cos \alpha$$

$$N = P$$

$$\left. \begin{aligned} m a_x &= m a_x + m g \sin \alpha \\ 2 m a_x &= m g \cos \alpha \sin \alpha \\ a &= \frac{v_0^2}{2S} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\left. \begin{aligned} a_x &= \frac{g \cos^2 \alpha \sin \alpha}{2} \\ \frac{v_0^2 \sin \alpha}{2M} &= a_x + g \sin \alpha \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\frac{v_0^2 \sin \alpha}{2M} = \frac{g \cos^2 \alpha \sin \alpha}{2} + g \sin \alpha \Rightarrow v_0 = \sqrt{gM(\cos^2 \alpha + 2)}$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,2 \text{ м} \left(\frac{9}{25} + 2 \right)} = \sqrt{2 \cdot \frac{59}{25}} \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= \frac{\sqrt{118}}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 2,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

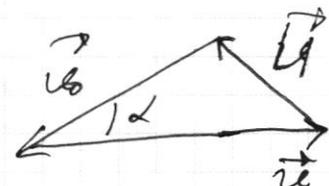
2) Запишем 3 СЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m U^2}{2} + \frac{m v^2}{2}, \text{ где } v_1 - \text{скорость начальная}$$

скорость колеса $v_1 = v_0 \cdot \cos \alpha$, а U - скорость шарика, с которой она упреде будет в точке старта.

$$v_0 \vec{U} = \vec{U} + v_0 \vec{v}, \text{ а так } \theta \neq \alpha$$

$$OX_1: \vec{U} - v_0 \vec{v}$$



По м. кос кос: $U^2 = v_0^2 + v^2 - 2v_0 v \cdot \cos \alpha$

$$v_0^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha = v_0^2 + v^2 - 2v_0 v \cos \alpha + v^2$$

$$2v^2 - 1,2 v_0 v - 0,36 v_0^2 = 0 \quad | :2$$

$$v^2 - 0,6 v_0 v - 0,18 v_0^2 = 0$$

$$D = 0,36 v_0^2 + 0,72 v_0^2 = 1,08 v_0^2$$

$$v = \frac{0,6 v_0 \sqrt{1,08} v_0}{2} \approx 0,8 v_0 \approx 1,8 \frac{m}{c}$$

Ответ: 1) $v_0 = 2,2 \frac{m}{c}$; 2) $v = 1,8 \frac{m}{c}$

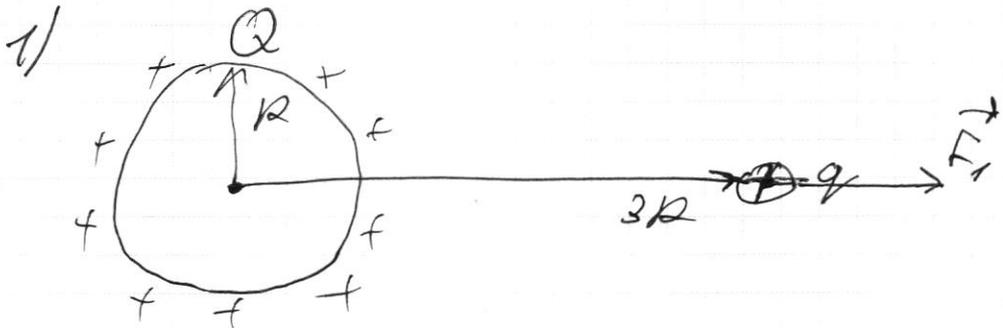
⑤ Дано: | Решение:

$Q - !$; $q - !$

$R - !$

1) $F_1 - ?$

2) $F_2 - ?$

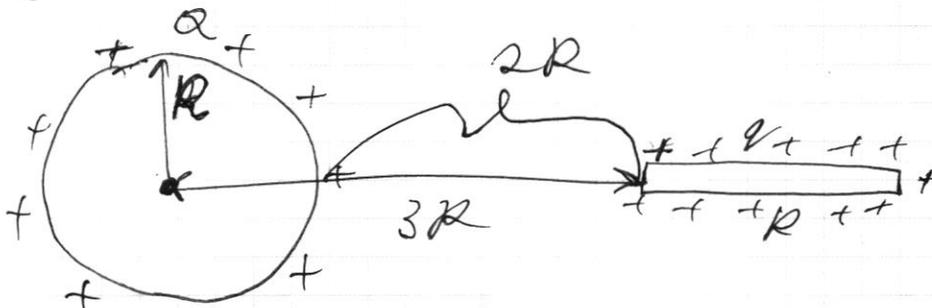


$F_1 = E q$, где E - напряжённость, ~~сфера~~

которую создаёт сфера.

$$E = \frac{kQ}{(3R)^2} = \frac{kQ}{9R^2} \Rightarrow F_1 = \frac{kQq}{9R^2}$$

2)



$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{q}{2\epsilon_0 R^2}$ - напряжённость, которую создаёт стержень?

$$F_2 = Q E = \frac{Qq}{2\epsilon_0 R^2} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} \\ F_2 = \frac{Qq}{2\epsilon_0 R} \end{array} \right\} \Rightarrow F_2 = \frac{2\pi Qqk}{R^2}$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{kQq}{9R^2}$; 2) $F_2 = \frac{2\pi Qqk}{R^2}$

2) $v = a \cdot t$

$t_1 =$

$$\frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_0^3}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2}$$

$t = t_1 + t_2$

~~$t_1 = \frac{H}{\sin \alpha} = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$~~

~~$\frac{v_0^2}{2} = gH + \frac{v_k^2}{2} \Rightarrow v_k \cos \alpha = v_0 - a t_1 \Rightarrow$~~

~~$v_k = a t_1$~~ $\frac{H}{\sin \alpha} = \frac{v_0(v_0 - v_k \cos \alpha)}{a} - \frac{(v_0 - v_k \cos \alpha)^2}{2a}$

~~$0,25 =$~~
$$= \frac{2v_0^2 - 2v_0 v_k \cos \alpha - v_0^2 - v_k^2 \cos^2 \alpha + 2v_0 v_k \cos \alpha}{2a}$$

v_0

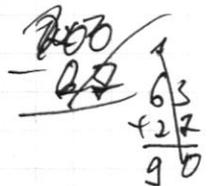
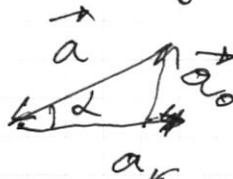
$$= \frac{v_0^2 - (v_k \cos \alpha)^2}{2a} = \frac{v_0^2 - \cos^2 \alpha (v_0^2 - 2gH)}{2a}$$

$v_k^2 = v_0^2 - 2gH$

$v_0^2(1 - \cos^2 \alpha) = \frac{2a_0 H}{\sin \alpha} - 2gH \cos^2 \alpha \Rightarrow$

$\frac{2a_0 H}{\sin \alpha} = v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha \Rightarrow$

~~$m =$~~ $a_0 =$



$$v_0 = \sqrt{a^2 + a_k^2 - 2a \cdot a_k \cos \alpha} =$$

$a = g \sin \alpha$

$a_k = \frac{g \sin \alpha \cos \alpha}{2}$

$$= g \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{1}{4} \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha - 2 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{1}{2} \sin \alpha \cos \alpha \cdot \sin \alpha} =$$

$$= g \sqrt{\sin^2 \alpha - \frac{3}{4} \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha} = g \sin \alpha \sqrt{1 - \frac{3}{4} \cos^2 \alpha} =$$

$$= 0,8 g \sqrt{1 - \frac{3}{4} \cdot \frac{9}{25}} = 0,8 g \sqrt{1 - \frac{27}{100}} = 0,8 g \frac{\sqrt{37}}{10} =$$

$$= g \frac{2\sqrt{37}}{25}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) A = \rho_1 V_1 - \frac{\mu}{4} \rho_1 V_1 = \rho_1 V_1 \left(1 - \frac{\mu}{4}\right) \approx 0,2 \rho_1 V_1$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q} = \frac{5,7}{0,2} = \frac{57}{2} \approx 28,5 = \frac{2}{57} \approx 3,5\%$$

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 57} \\ -0 \\ \hline 20 \\ -0 \\ \hline 200 \\ -171 \\ \hline 290 \\ -285 \\ \hline 50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 57 \\ \times 3 \\ \hline 171 \end{array}$$

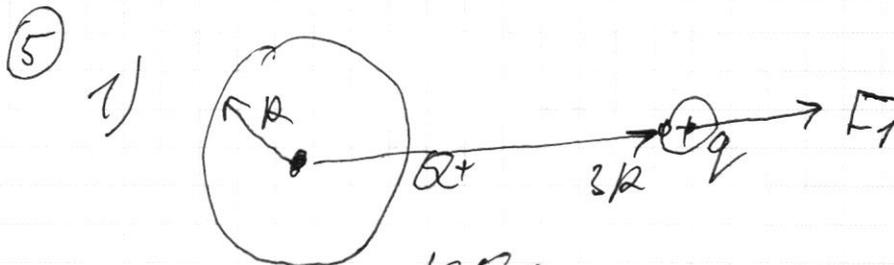
$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 57 \\ \hline 228 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 57 \\ \hline 285 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 1,4 \\ \times 5 \\ \hline 7,0 \end{array}$$

$$\sqrt{2} \\ 2\sqrt{2} =$$

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 57} \\ -0 \\ \hline 20 \\ -0 \\ \hline 200 \\ -171 \\ \hline 290 \\ -285 \\ \hline 5 \end{array}$$

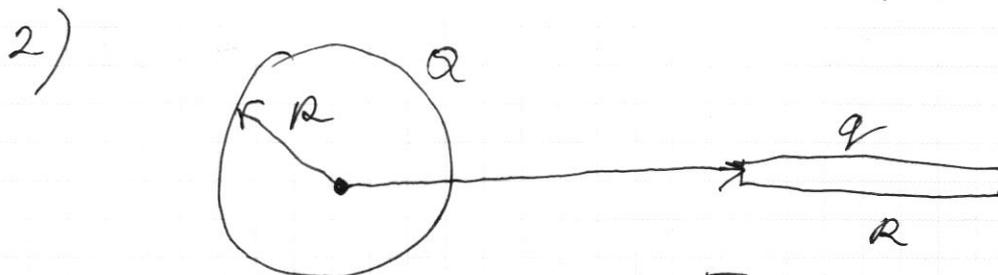


$$F_1 = E \cdot q = \frac{kQq}{9R^2}$$

$$E = \frac{kQ}{9R^2}$$

$$\mu a = 2\mu g - \mu 2kQq =$$

$$= 2g(1 - \mu) = 0,4g = 4 \frac{m}{c^2}$$

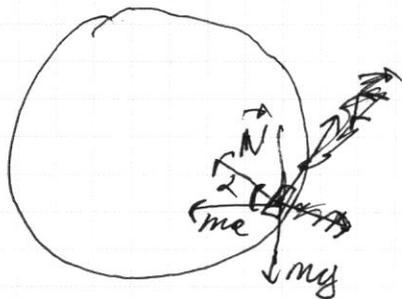


$$F_2 = E Q =$$

$$E \cdot L$$

③

1)



$$N \sin \alpha = mg$$

$$2mg \sin \alpha = mg \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

$$ma = N \cdot \cos \alpha \Rightarrow a = 2g \cos \alpha = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 \frac{m}{c^2} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 5}{2} \approx 4,25 \frac{m}{c^2}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 1,75 \\ \times 5 \\ \hline 8,75 \end{array} \Big| 2$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 34 \\ \hline 34 \\ \hline 0 \end{array} \Big| 4,25$$

$$H = -v_0 \cos \alpha t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$H = -v_0 t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$$

$$\frac{g}{2}(t_2^2 - t_1^2) = v_0(t_2 - \cos \alpha t_1)$$

2)

④) $Q = \Delta_{12} + U_{12} = p_1 V_1 \left(2 - \frac{\pi}{4}\right) + \frac{3}{2} \cdot 3 p_1 V_1 =$

$$\Delta_{12} = 2 p_1 V_1 - \frac{1}{4} \pi V_1 \cdot p_1 = p_1 V_1 \left(2 - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$\left. \begin{array}{l} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_1 V_1 = \nu R T_2 \end{array} \right\} - \quad 3 p_1 V_1 = \nu R \Delta T$$

$$= p_1 V_1 \left(2 - \frac{\pi}{4} + \frac{9}{2}\right) \approx p_1 V_1 (6,5 - 0,8) \approx 5,7 p_1 V_1$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ -0 \\ \hline 10,785 \approx 0,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ -28 \\ \hline 34 \\ -32 \\ \hline 20 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① 1) $t = t_1 + t_2 - t$ $M = mgM = \frac{Mv_0^2}{2} \Rightarrow M = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{9t^3}{2}$
 $t = 6 + 3\sqrt{5}$ $v_0 = gt = \frac{100 \cdot 9 \cdot 0^2}{2}$

2) $\frac{mv^2}{2} = K \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} = 60 = 45 \frac{12}{60}$

$M = v^2 t + \frac{gt^2}{2}$ $M = -v \frac{gt^2}{2} - vt \Rightarrow$
 $D_1 = 36 + 9 = 45 \Rightarrow \sqrt{D_1} = 3\sqrt{5}$ $45 = 5t^2 - 60t \Rightarrow$
 $t = 6 + 3\sqrt{5}$ $t^2 - 12t - 9 = 0$

②
 $P \cdot \sin \alpha = 2m a_{\text{кл.}}$
 $\frac{mv_0^2}{2S} = \frac{mg \cos \alpha \sin \alpha}{2m}$
 $S = \frac{v_0^2}{2a}$ $\sin \alpha = \frac{H}{S} \Rightarrow S = \frac{H}{\sin \alpha}$

$\frac{mv_0^2}{2S} = mg \sin \alpha - m a_{\text{кл.}} \cos \alpha$

$\frac{v_0^2 \sin \alpha}{2H} = g \sin \alpha - \frac{g \cos^2 \alpha \sin \alpha}{2}$

$v_0 = \sqrt{Hg (2 - \cos^2 \alpha)} = \sqrt{2 (2 - \frac{9}{25})} =$

$= \sqrt{2 \cdot \frac{41}{25}} = \frac{\sqrt{82}}{5} \approx 1,8 \frac{m}{c}$

$\frac{v_{\min}^2}{R} = g \cos \alpha \Rightarrow$

$v_{\min} = \sqrt{2Rg \cos \alpha} =$

$M = v^2 t_1 + \frac{gt^2}{2} \Rightarrow \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} =$

$60t_1 + 5t_1^2 - 45 = 0 \Rightarrow \sqrt{100} =$

$t_1^2 + 12t_1 - 9 = 0$

2)
 $\sqrt{D_1} = \sqrt{45} = 3\sqrt{5}$
 $t_1 = -6 + 3\sqrt{5} \approx 0,6 \text{ c.}$

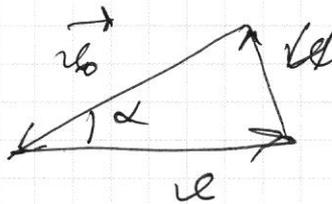
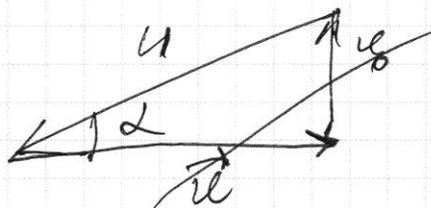
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a_k = \frac{\Phi}{\sin \alpha} = \frac{U^2}{2a}$$

$$v_0^2$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2,2 \\ \hline 0,8 \\ \hline 2,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 0,18 \\ \hline 4 \\ \hline 0,22 \\ + 0,36 \\ \hline 1,08 \end{array}$$



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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow \epsilon_0 =$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)