

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

**Вариант 10-02**

Шифр

(заполняется секретарём)

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  $\tau$  осколки будут падать на землю?

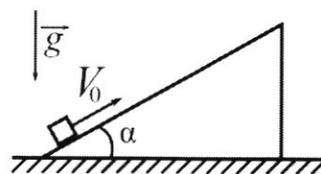
Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha$  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.

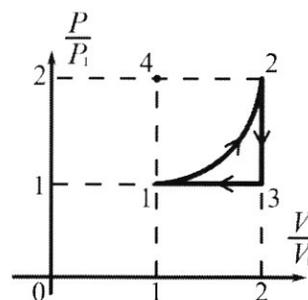
2) Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{MIN}$  равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,8$ , радиус сферы  $R = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного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

Заг. 4) Дано:

$$V = 1 \text{ моль}$$

$$p_1, V_1$$

Найти:

$$Q, A_{\text{цикл}}, \eta$$

1) Газ расширяется полого в процессе 1-2, тогда  $Q = Q_{1-2}$

По I Закону Термодинамики:

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2}$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

Из уравнения  $p_2 = 2p_1, V_2 = 2V_1$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} (4p_1 V_1 - p_1 V_1) = \frac{9}{2} p_1 V_1$$

$A_{1-2}$  меньше равно площади под графиком 1-2 умноженной на  $p_1 V_1$ .

$$A_{1-2} = p_1 V_1 \cdot S$$

$$S = 2 \cdot 1 - \frac{\sqrt{1}}{4} = 2 - \frac{\sqrt{1}}{4} = \frac{8 - \sqrt{1}}{4}$$

$$A_{1-2} = \frac{(8 - \sqrt{1})}{4} p_1 V_1$$

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{9}{2} p_1 V_1 + \frac{(8 - \sqrt{1})}{4} p_1 V_1 = \frac{(26 - \sqrt{1})}{4} p_1 V_1 \approx 5,72 p_1 V_1$$

$$5,72 p_1 V_1$$

2)  $A_{\text{цикл}} = A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-1}$

В процессе 2-3 объем постоянный, следовательно

$$A_{2-3} = 0$$

$$A_{3-1} = -(S_{3-1} \cdot p_1 V_1) = -p_1 V_1 \quad A_{3-1} < 0 \text{ т.к. газ сжимается.}$$

$$A_{\text{цикл}} = \frac{(8 - \sqrt{1})}{4} p_1 V_1 - p_1 V_1 = 5,72 p_1 V_1 - p_1 V_1 = 4,72 p_1 V_1$$

$$= \frac{(4 - \sqrt{1})}{4} p_1 V_1 = \frac{0,86}{4} p_1 V_1 \approx 0,22 p_1 V_1$$

3) т.к цепи замкнуты, то

$$\eta = \frac{Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1}}{Q_{1-2}} \cdot 100\%$$

По I Закону Термодинамики:

$$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3}$$

$$A_{2-3} = 0$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2}(p_3 V_3 - p_2 V_2)$$

из графика  $p_3 = p_1; V_3 = 2V_1$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2}(2p_1 V_1 - 4p_1 V_1) = -3p_1 V_1$$

$$Q_{2-3} = -3p_1 V_1$$

$$Q_{3-1} = \Delta U_{3-1} + A_{3-1}$$

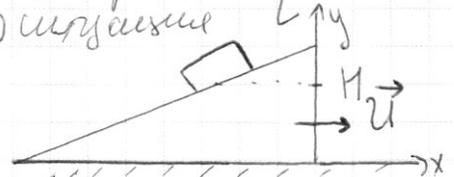
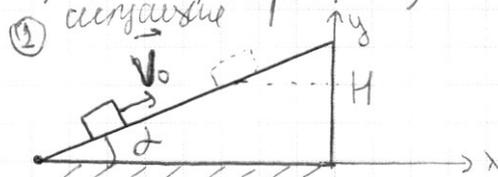
$$\Delta U_{3-1} = \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_3 V_3) = -\frac{3}{2}p_1 V_1$$

$$Q_{3-1} = -\frac{3}{2}p_1 V_1 - p_1 V_1 = -\frac{5}{2}p_1 V_1$$

$$\eta = \frac{5,72p_1 V_1 - 3p_1 V_1 - 2,5p_1 V_1}{5,72p_1 V_1} \cdot 100\% = \frac{0,22}{5,72} \cdot 100\% \approx 3,85\%$$

3) 2) Дано:  $m_{шм} = m_{шмд} = m$   
 $\cos \alpha = 0,6$   
 $H = 0,2 \text{ м}$

Ответ: 1)  $Q = 5,72p_1 V_1$  2)  $A_{шмд} = 0,22p_1 V_1$  3)  $\eta = 3,85\%$



1) Импульс системы шм + шмд дует

вдоль: сохраняется в проекции на OX:

$v_0; v$  В начальный момент шм покоится, шмд движется со скоростью  $v_0$ , во 2 ситуации скорость шмд относительно шм равна нулю и система движется со скоростью  $u$ .

По Закону сохранения импульса в проекции на

$$Ox: m v_0 \cos \alpha = 2 m u \quad \rightarrow u = \frac{v_0 \cos \alpha}{2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По закону сохранения энергии:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{3mU^2}{2} + mgH$$

$$V_0^2 = 3U^2 + 2gH$$

$$U = \frac{V_0 \cos \alpha}{3}$$

$$V_0^2 = \frac{V_0^2 \cos^2 \alpha}{3} + 2gH$$

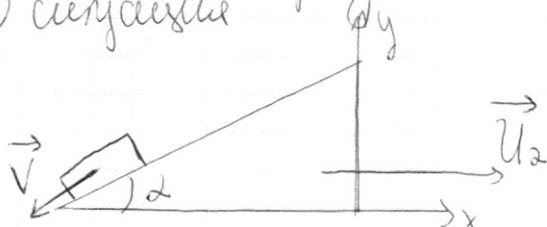
$$V_0^2 = \frac{3 \cdot 6gH}{3 - \cos^2 \alpha}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{6gH}{3 - \cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{12}{3 - 0,36}} = \sqrt{\frac{12}{2,64}} =$$

$$\sqrt{\frac{2}{0,41}} = \sqrt{4,87} \approx 2,2 \frac{m}{c}$$

$$\sqrt{\frac{3}{0,66}} \approx \sqrt{4,54} \approx 2,1 \frac{m}{c}$$

2) Шайба вернулась в точку старта.  
3) сцепление



По закону сохранения импульса в проекции на OX:

$$mV_0 \cos \alpha = mU_2 - mV \cos \alpha$$

$$U_2 = \cos \alpha (V + V_0)$$

По закону сохранения энергии:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mU_2^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$$

$$\begin{cases} U_2^2 = V_0^2 - V^2 \\ U_2 = \cos \alpha (V + V_0) \end{cases} \Rightarrow U_2 = \frac{V_0 - V}{\cos \alpha}$$

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= \frac{V_0 - V}{\cos \alpha} \\ U_2 &= \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha} (V_0 + V) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} V_0 - V &= \cos^2 \alpha V_0 + \cos^2 \alpha V \\ V &= \frac{V_0 (1 - \cos^2 \alpha)}{\cos^2 \alpha + 1} \end{aligned}$$

т.к. массы равны, то

Закон сохранения импульса в ситуации

$$1-2: \quad m V_0 \cos \alpha = 2mU \Rightarrow U = \frac{V_0 \cos \alpha}{2}$$

По закону сохранения энергии:

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

$$V_0 = \sqrt{\frac{4gH}{2 - \cos^2 \alpha}} \approx \sqrt{4,87} \approx 2,2 \frac{M}{c}$$

$$V = \frac{2,2 \cdot 0,64}{2} \approx 1,15 \frac{M}{c}$$

Ответ: 1)  $V_0 \approx 2,2 \frac{M}{c}$  2)  $V \approx 1,15 \frac{M}{c}$

Заг. 1) Дано:

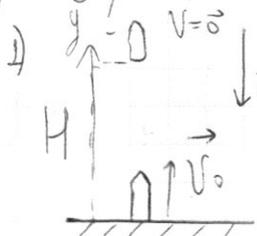
$$m = 1 \text{ кг}$$

$$T = 3 \text{ с}$$

$$k = 1800 \text{ Дж}$$

$$T = 10 \text{ с}$$

$$H = ? \quad T_1 = ?$$



Т.к. траектория взрывается в верхней точке траектории, то на высоте  $H$  его скорость равна нулю.

По закону сохранения энергии:

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

$$\vec{V}(t) = \vec{V}_0 + at \quad \text{В проекции на ОУ:}$$

$$V_y(t) = V_{0y} - gt$$

$$V_y(T) = 0 = V_0 - gT \Rightarrow V_0 = gT$$

$$\frac{mg^2 T^2}{2} = mgH \quad H = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} = 45 \text{ м}$$

$$2) \quad E_k = \sum \dot{E}_{ki} = \sum m_i \dot{V}^2 = m \dot{V}^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{3600}{1}} = 60 \frac{M}{c}$$

Первым упадет осколок, скорость которого будет направлена вертикально вниз.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



тогда  $H = vT_1 + g \frac{T_1^2}{2}$

$$5T_1^2 + 60T_1 - 45 = 0$$

$$T_1^2 + 12T_1 - 9 = 0$$

$$T_1 = \frac{-12 + \sqrt{144 + 36}}{2} =$$

$$= -6 + 3\sqrt{5} \approx 3 \cdot 2,2 - 6 =$$

$$\approx 0,6 \text{ с.}$$

Ответ:  $H = 45 \text{ м}$

$T_1 \approx 0,6 \text{ с}$

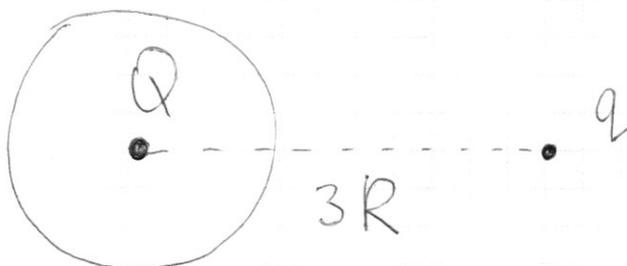
Задача 5)

Дано:

$R; Q; q$

$F_1 = ?; F_2 = ?$

2



1) т.к. сфера заряжена однородно, то это эквивалентно тому, что весь заряд сферы сосредоточен в её центре.

$F_1 = EQ$   $E$  - напряженность поля,

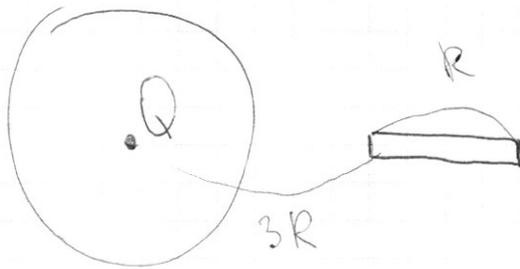
в которое помещен заряд  $Q$ . т.к. внутри однородно заряженной сферы напряженность поля, создаваемая этой сферой равна нулю, то напряженность  $E = Eq$  - напряженность,

создаваемая  $q$  в центре сферы

$$E_q = \frac{kq}{9R^2}$$

$$F_1 = QE_q = \frac{kqQ}{9R^2}$$

②



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3.

Дано:

$$N = 2mg$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\mu = 0,8$$

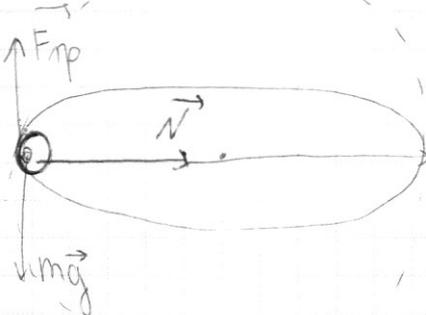
$$R = 1\text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти:

$$a; V_{\min}$$

1) Рассмотри движение автомобиля в горизонтальной плоскости.

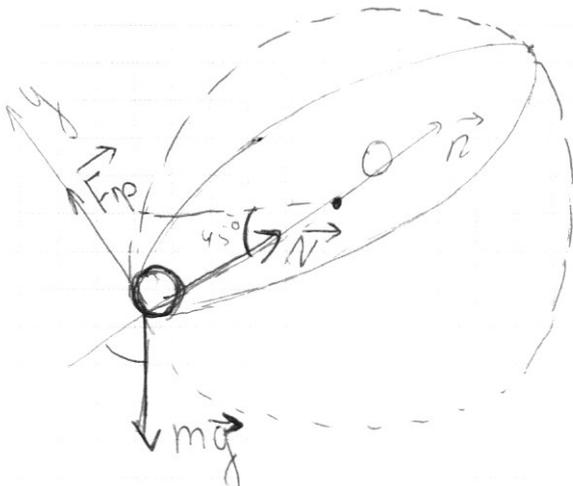


Т.к. сила пружины скольжения, равная  $2mg > mg$ , то при движении автомобиль будет

удерживаться на окружности. По II закону Ньютона в проекции на нормальное направление:  $ma = N$

$$\begin{cases} ma = N \\ N = 2mg \end{cases} \Rightarrow a = 2g = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) Модель движения автомобиля  $45^\circ$ .



Рассмотри случай, когда автомобиль находится в нижней точке траектории.

По II закону Ньютона в проекциях на ОУ и нормальное направление:

$$m a_y = N - mg \cos 45^\circ$$

$$\text{ОУ: } mg \cos 45^\circ = F_{\text{пр}}$$

$$\begin{cases} a_y = \frac{N - mg \cos 45^\circ}{m} \\ a_y = \frac{V^2}{R} \end{cases}$$

$$V = \sqrt{\frac{(N - mg \cos 45^\circ) R}{m}}$$

минимальное значение

$V_{\text{min}}$  достигается при минимальном  $N$   
 при минимальном  $N$   
 $N = F_{\text{прск}}$   $F_{\text{прск}}$  - сила пружины  
 $F_{\text{прск}} \geq mg \cos 45^\circ \Rightarrow N \geq \frac{mg \cos 45^\circ}{\mu} \Rightarrow N_{\text{min}} = \frac{mg \cos 45^\circ}{\mu}$

$$V_{\text{min}} = \sqrt{\frac{mg \cos 45^\circ (1 - \mu) R}{\mu m}} = \sqrt{\frac{g \cos 45^\circ (1 - \mu) R}{\mu}}$$

$$= \sqrt{\frac{10 \cdot 9.8 \cdot 0.92 \cdot 1}{2 \cdot 0.8}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 9.8}{1}} = \sqrt{5 \cdot 9.8} \approx \frac{2.67}{2} \approx 1.335 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $a = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;  $V_{\text{min}} \approx 1.335 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$180 = 9 \cdot 5 \cdot 4 = 6\sqrt{5} = 6 + 3\sqrt{5} < 1$   
 $180 = 9 \cdot 5 \cdot 4 = 6\sqrt{5} = 6 + 3\sqrt{5} < 1$   
 $180 = 9 \cdot 5 \cdot 4 = 6\sqrt{5} = 6 + 3\sqrt{5} < 1$

$20$   
 $20 \cdot \cos \alpha = 12$   
 $\cos \alpha = \frac{12}{20} = 0,6$   
 $\sin \alpha = \frac{16}{20} = 0,8$   
 $U_2 = \cos \alpha (V_0 + V)$   
 $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mU_2^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$   
 $V_0^2 = U_2^2 + V^2$   
 $V_0^2 = \cos^2 \alpha (V_0^2 + V^2 + 2V_0V) + V^2$   
 $V_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) = V^2 (1 - \cos^2 \alpha) + 2V_0V \cos^2 \alpha$   
 $V^2 (1 + \cos^2 \alpha) + 2V_0V - V_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) = 0$   
 $1,36V^2 + 4,4V - 4,87 \cdot 0,64 = 0$   
 $1,36V^2 + 4,4V - 3,1188 = 0$   
 $V = \frac{-4,4 \pm \sqrt{(4,4)^2 + 4 \cdot 1,36 \cdot 3,1188}}{2}$

$45 = 60x + 5x^2$   
 $x^2 + 12x - 9 = 0$   
 $x = \frac{-12 \pm \sqrt{144 + 36}}{2} = \frac{-12 \pm \sqrt{180}}{2}$   
 $\frac{V_0 - V}{\cos \alpha} = \cos \alpha (V_0 + V)$   
 $V_0 - V = \cos^2 \alpha V_0 + \cos^2 \alpha V$   
 $V_0 (1 - \cos^2 \alpha) = V (1 + \cos^2 \alpha)$   
 $\frac{6 \cdot 2}{3 - 0,36} = \frac{12}{2,64} = \frac{3}{0,66}$   
 $\frac{12}{2,64} = \frac{3}{0,66}$

$352^4$   
 $4,87$   
 $\times 0,64$   
 $0,64$   
 $+ 1968$   
 $2922$   
 $31188$

$300 | 66$   
 $204 | 4,54$   
 $360$   
 $- 330$   
 $300$

$21$   
 $\times 21$   
 $42$   
 $441$   
 $V_0^2 = U_2^2 + V^2$   
 $U_2^2 = V_0^2 - V^2$   
 $U = \cos \alpha (V_0 + V)$   
 $U_2 = \frac{V_0 - V}{\cos \alpha}$

$1408$   
 $- 1361$   
 $48$   
 $- 36$   
 $128$   
 $1408$

$64$   
 $\times 28$   
 $128$   
 $1408$

$$1) \quad m = 1 \text{ кг} \\ T = 3 \text{ с}$$

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



$$0 = V_0 - gT$$

$$V_0 = gT$$

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

$$\frac{mV^2}{2} = 1800 \text{ Дж} \quad V = \sqrt{\frac{3600}{m}} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Дано:

$a = ?$

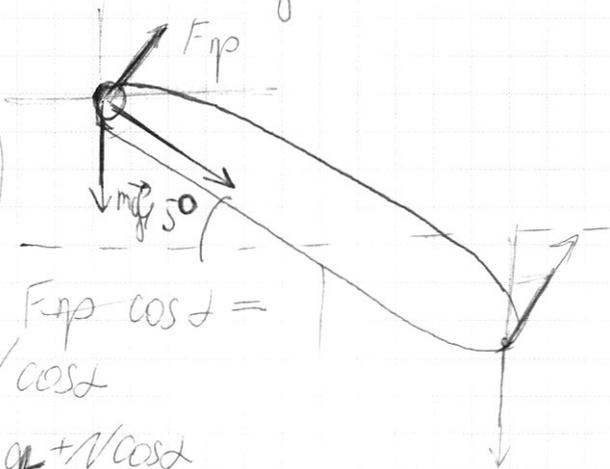
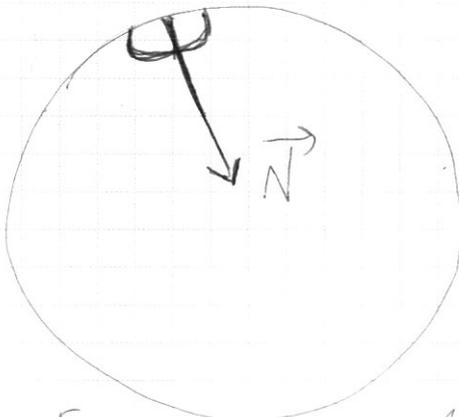
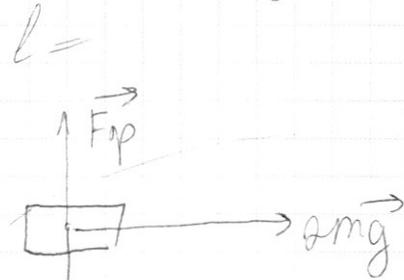
$V_{\text{min}}$

$\mu = 0,8$

$R = 1 \text{ м}$



$$V = gt_1 \\ t_1 = \frac{V^2}{g}$$



$$F_{fp} \cos \alpha =$$

$$F_{fp} \cos \alpha = mg + N \cos \alpha$$

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

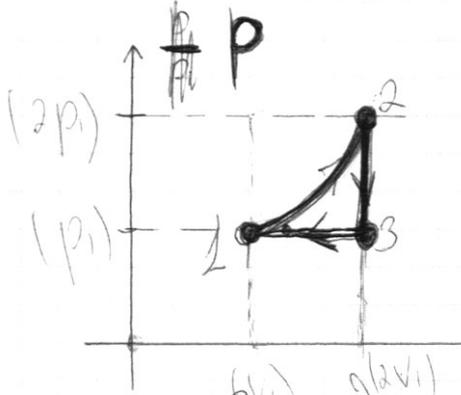
$$N (\mu \cos \alpha - \cos \alpha) = mg$$

$$N = \frac{mg}{\mu \cos \alpha - \cos \alpha}$$

По закону сохранения энергии:

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

4) Дано:  
 $D = 1 \text{ моль}$   
 $p_1, V_1$



$$\frac{10}{86} \quad 10,8$$

$$4$$

$$p_1 \cdot V_1 = \frac{1086 \cdot 400}{2860} \approx 2,715 \approx 2,7 p_1 V_1$$

По I закону расширения

$A_{1-2}$  - площадь под графиком при 1-2, умноженная на  $p_1 V_1$

1-2

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2}$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$A_{1-2} = 2 p_1 V_1$$

$$S_{\text{comp}} = \sqrt{p_1^2}$$

$$p_2 = 2 p_1$$

$$V_2 = 2 V_1$$

$$\Rightarrow \Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$A_{1-2} = 2 p_1 V_1 - \frac{\sqrt{p_1^2}}{4} = p_1 (2 V_1 - \frac{\sqrt{p_1}}{4})$$

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

$$A_2 \quad U_{1-2} = \frac{(18+8-\sqrt{2}) p_1 V_1}{4} = \frac{\sqrt{2}}{4}$$

$$U_{1-2} = \frac{(26-\sqrt{2}) p_1 V_1}{4}$$

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

$$Q_{1-2} = (2 - \frac{\sqrt{2}}{4}) p_1 V_1 + \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{(8 - \sqrt{2}) p_1 V_1}{4} + \frac{6}{4} p_1 V_1 = \frac{(14 - \sqrt{2}) p_1 V_1}{4} = 10,86 p_1 V_1$$

$$A_{2-3} = 0$$

$$A_{3-1} = -p_1 V_1$$

$$A_{\text{цикл}} = A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-1} = (4 - \frac{\sqrt{2}}{4}) p_1 V_1 = \frac{4 - 3/4}{4} p_1 V_1$$

$$\frac{26 - \sqrt{17}}{4} = \frac{26 - 3,14}{4} = \frac{22,86}{4}$$

$$22,86 \overline{) 4} \quad \begin{array}{r} 2286 \overline{) 400} \\ - 2000 \overline{) 5715} \\ \hline 2860 \\ - 2800 \\ \hline 600 \\ - 400 \\ \hline 2000 \\ - 2000 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$2) \quad 0,86 \overline{) 4} =$$

$$\begin{array}{r} 860 \overline{) 400} \\ - 800 \overline{) 0,215} \\ \hline 600 \\ - 400 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$u = \frac{v_0 \cos \alpha}{\cos \alpha} = v_0$$

$$\eta = \frac{A_{1-2} Q_{1-2}}{Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1}}$$

$$Q_{2-3} = A_{2-3} + \Delta U_{2-3} = \Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} (p_3 v_3 - p_2 v_2) = \frac{3}{2} (2 p_1 v_1 - 4 p_1 v_1) = -3 p_1 v_1$$

$$Q_{3-1} = \Delta U_{3-1} + A_{3-1}$$

$$\Delta U_{3-1} = \frac{3}{2} (p_1 v_1 - 2 p_1 v_1) = -\frac{3}{2} p_1 v_1$$

$$Q_{3-1} = -\frac{3}{2} p_1 v_1 - p_1 v_1 = -\frac{5}{2} p_1 v_1$$

Прямая

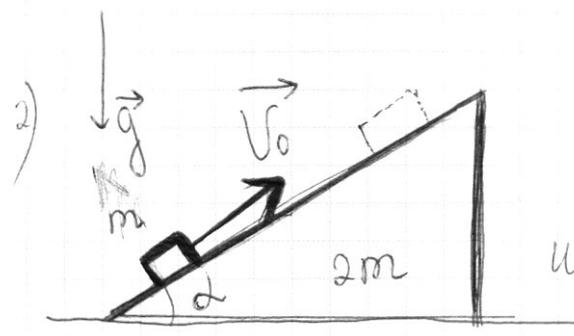
0,22

$$\frac{0,22}{5,72}$$

$$\frac{2200572}{1013}$$

$$\begin{array}{r} 2200572 \\ - 171600384 \\ \hline 4840 \\ - 4576 \\ \hline 2740 \\ - 2888 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{150}{8} \sqrt{2}$$



По закону сохранения энергии:

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

По 3.С.У:

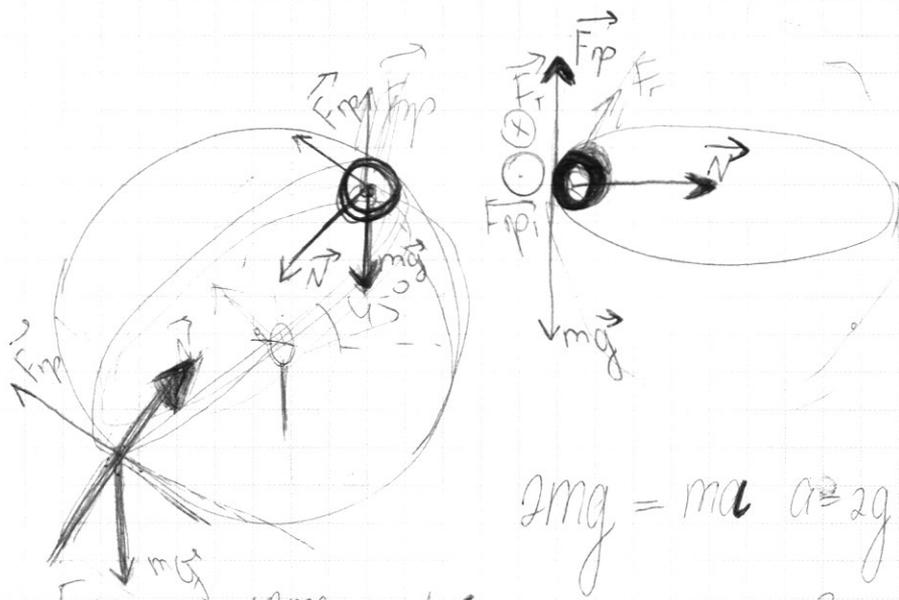
$$m v_0 \cos \alpha = 3 m u$$

$$\frac{800}{090} = \frac{84497}{15000}$$

$$\frac{150}{5} \sqrt{2}$$

$$\frac{497}{8} = \frac{90 - 0}{0,01 \cdot h}$$

3)



$$2mg = ma \quad a = 2g$$

$$F_{fp} = \mu mg = 4,6$$

$$F_{fp} = \mu \mu mg$$



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

$$F_g = N$$

$$F_T = 2\mu mg$$

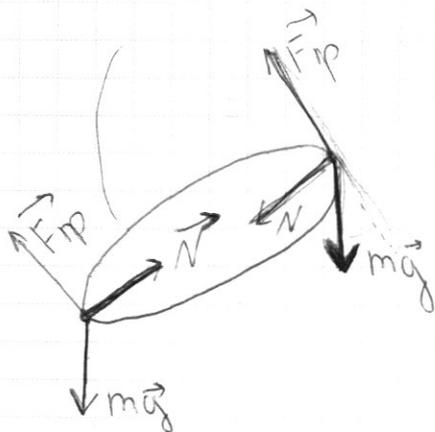
$$\mu N = mg \cos \alpha$$

$$a = N - mg \sin \alpha$$

$$a = N - mg \cos \alpha$$

$$N = \frac{mg \cos \alpha}{\mu} \quad v = \sqrt{\frac{F_{fp} R}{m}}$$

$$a = \frac{mg \cos \alpha (1 - \mu)}{\mu}$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)

$F_1 = \frac{kQq}{9R^2}$   
 $E = \frac{Rq}{9R^2 + \frac{l^2}{4}}$   
 $E_1 = \frac{kqQ}{9R^2}$   
 $E_2 = \frac{kqQ}{16R^2}$   
 $E_{sum} = ksq \left( \frac{1}{9R^2} + \frac{1}{16R^2} \right)$

$E = \frac{kqQ}{9R^2}$   
 $E = \frac{kqQ}{16R^2}$

$E = \frac{12}{2\epsilon_0} = \frac{12}{2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = \frac{12}{1.77 \cdot 10^{-11}} = 6.78 \cdot 10^{11} \text{ V/m}$

Final result:  $5.142$