

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарем)

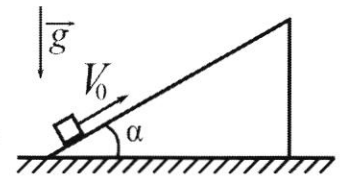
✓ 1. Фейерверк массой $m = 1 \text{ кг}$ стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3 \text{ с}$ разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. 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 раз 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.

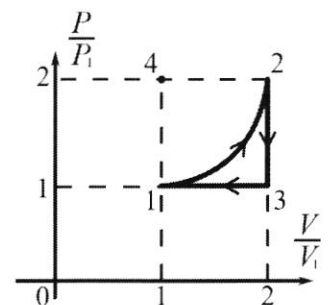
2) Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1 \text{ м}$. Ускорение свободного падения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

✓ 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.



✓ I 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.

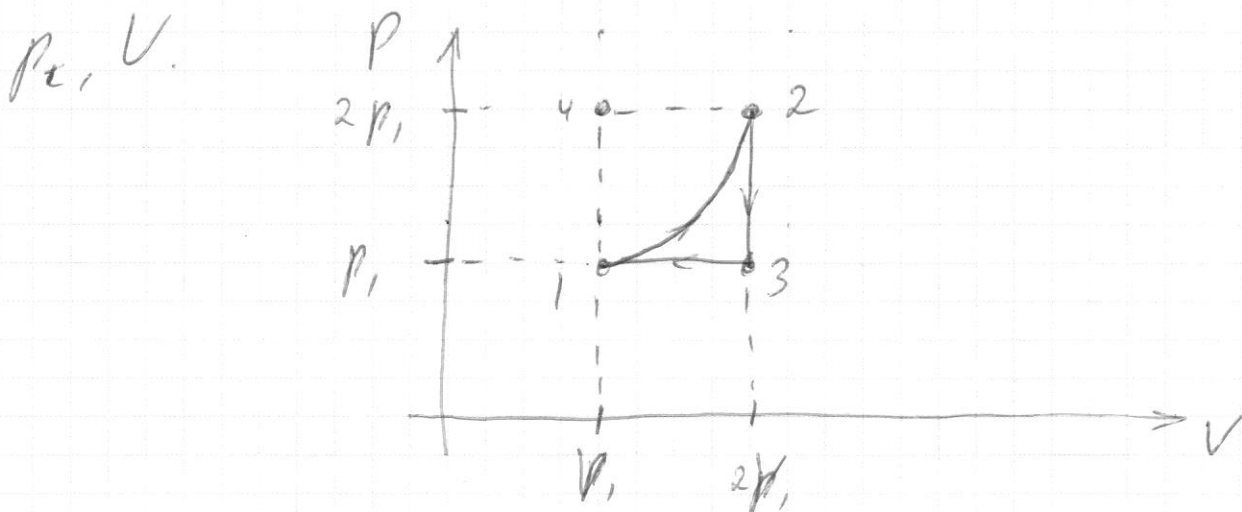
Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $3R$ от центра.

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

4. 1) Перерисуйте график в координатах



2) Запишите уравнение Менделеева - Клапейрона:

$$\text{для 1: } p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_2 = 4 T_1$$

$$\text{для 2: } 2 p_1 \cdot 2 V_1 = \nu R T_2$$

3) Газ расширяется ^{только} в процессе 1-2 $\Rightarrow Q = Q_{12}$

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

$S_{гр}$ - площадь под графиком 1-2, она равна площади прямоугольника минус $\frac{1}{4}$ площади окружности с центром в точке 4. (π - число "пи", $\pi \approx 3,14$)

$$8) H_{13} = \bar{x} S_{yp} = -p, V_1$$

S_{yp} - мощность по уравнению 1-3

$$9) \eta = \frac{H_{12} + H_{13}}{4U_{12} + 4U_{23} + 4U_{13} + H_{12} + H_{13}} =$$

$$= \frac{(2 - \frac{17}{4}) p, V_1 - p, V_1}{}$$

$$= \frac{\frac{3}{2} \Delta R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \Delta R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \Delta R (T_1 - T_3) + H_{12} + H_{13}}{}$$

$$= \frac{(1 - \frac{17}{4}) p, V_1}{}$$

$$= \frac{\frac{3}{2} \Delta R (3T_1 - 2T_2 - T_3) + (2 - \frac{17}{4}) p, V_1 - p, V_1}{}$$

$$\begin{array}{r} 314 \overline{) 4} \\ 2 \overline{) 1} \quad 02 \overline{) 1} \\ \underline{3} \quad 4 \quad \quad \quad \\ -3 \quad 2 \quad \quad \quad \\ \hline 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,7 \overline{) 1} \\ \times 1 \quad 4 \quad \quad \quad 0,22 \\ \underline{3,12} \end{array}$$

$$\frac{4 - 3,14}{26 - 3,16} = \frac{0,86}{22,86} = \frac{86}{2286}$$

$$\begin{array}{r} 8600 \overline{) 2286} \\ \underline{6858} \quad 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2286 \\ \times 2286 \\ \hline 13716 \\ 45720 \\ 45720 \\ 45720 \\ \hline 6858 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2286 \overline{) 4} \\ 20 \overline{) 1} \quad 589 \overline{) 1} \\ \underline{2} \quad 1 \quad \quad \quad \\ \underline{2} \quad 8 \quad \quad \quad \\ \hline 86 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) По 1 началу термодинамики:

$$1-2: Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + A_{12}$$

$$2-3: Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + A_{23}$$

$$3-1: Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + A_{31}$$

$$\begin{aligned} Q_{12} = Q &= \frac{9}{2} \nu R T_1 + (2 - \frac{17}{4}) p_1 V_1 \neq 0 \\ &= (\frac{13}{2} - \frac{17}{4}) p_1 V_1 = \frac{1}{4} (26 - 17) p_1 V_1 \approx 2,25 p_1 V_1 \end{aligned}$$

5) 3-1 - изобарное расширение \Rightarrow

$$A_{31} < 0, \Delta U_{31} < 0 \Rightarrow Q_{31} < 0.$$

2-3 - изохорное увеличение давления: \Rightarrow

$$A_{23} = 0, \Delta U_{23} < 0 \Rightarrow Q_{23} < 0.$$

$$1-2: p \uparrow \uparrow, V \uparrow \uparrow \Rightarrow Q_{12} > 0. \Rightarrow Q^+ = Q_{12}$$

6) Уравнение Менделеева-Клапейрона: для 3.

$$p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = 2T_1$$

(Q^+ - количество подводимого тепла)

$$7) A_{13} = -S_{\text{пр}}' = -p_1 V_1$$

$S_{\text{пр}}'$ - площадь под графиком 3-7.

$$8) A = A_{12} + A_{23} + A_{31} =$$

$$= (2 - \frac{17}{4}) p_1 V_1 - p_1 V_1 = (1 - \frac{17}{4}) p_1 V_1 \approx 0,22 p_1 V_1$$

9) Чтобы определить КПД η по 1 началу термодинамика:

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q^+} = \frac{A}{Q_{12}}$$

$$= \frac{(1 - \frac{17}{4}) p_1 V_1}{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + (2 - \frac{17}{4}) p_1 V_1}$$

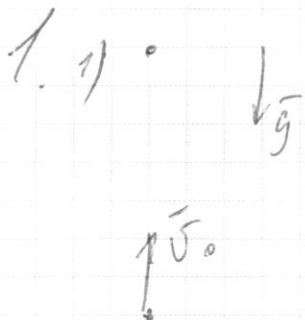
$$= \frac{(1 - \frac{17}{4}) p_1 V_1}{\frac{9}{2} \nu R T_1 + (2 - \frac{17}{4}) p_1 V_1} = \frac{(1 - \frac{17}{4}) p_1 V_1}{\frac{9}{2} p_1 V_1 + (2 - \frac{17}{4}) p_1 V_1}$$

$$= \frac{1 - \frac{17}{4}}{\frac{13}{2} - \frac{17}{4}} = \frac{4 - 17}{26 - 17} \approx 0,03 = 3\%$$

Ответ: ~~$5, 2 p_1 V_1$; $0,22 p_1 V_1$; 3%~~

$\frac{1}{4} (26 - 17) p_1 V_1$; $(1 - \frac{17}{4}) p_1 V_1$; $\frac{4 - 17}{26 - 17}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{cases} K = v_0 \cdot T - \frac{gT^2}{2} = ? \\ v_0 = gT \end{cases}$$

$$K = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 9 \text{с}^2}{2} = 45 \text{ м.}$$

2) Все осколки движутся с одинаковой скоростью $\Rightarrow K = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow$

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{36 \cdot 100 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}}} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

v - \varnothing скорости осколка.

3)

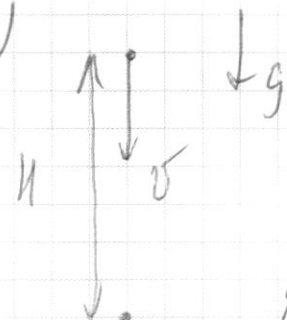
$v(t) = v_0 \cdot \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2}$

Чем больше $\sin \alpha$, тем меньше t

($h(t) = \text{const}$) $\Rightarrow t = t_{\text{max}}$, если $\sin \alpha = 1$

т.е. $\alpha = 90^\circ$.

4)



$$H = v \cdot t_{\text{мин}} + \frac{g t_{\text{мин}}^2}{2}$$

~~$$g t_{\text{мин}}^2 + 2v \cdot t_{\text{мин}} - 2H = 0$$~~

$$g t_{\text{мин}}^2 + 2v \cdot t_{\text{мин}} - 2H = 0$$

$$D/4 = v^2 + g \cdot 2H$$

$$t_{\text{мин}} = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + g \cdot 2H}}{g} \quad t_{\text{мин}} > 0 \Rightarrow$$

$$t_{\text{мин}} = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gH}}{g} =$$

$$= \frac{60 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \sqrt{3600 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 + 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 45 \text{ м}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} =$$

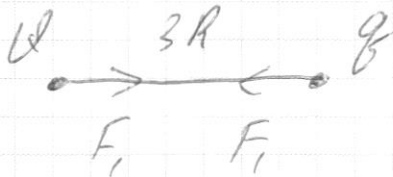
$$= (6 + 3\sqrt{5}) \text{ с}$$

$t_{\text{мин}}$ - время падения + отскоки.

Ответ: 45 м ; $(6 + 3\sqrt{5}) \text{ с}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. 1) Эмпирическая модель заряженной
сферы - это небольшой шарик в
центре O сферы который заряжен
как сфера.

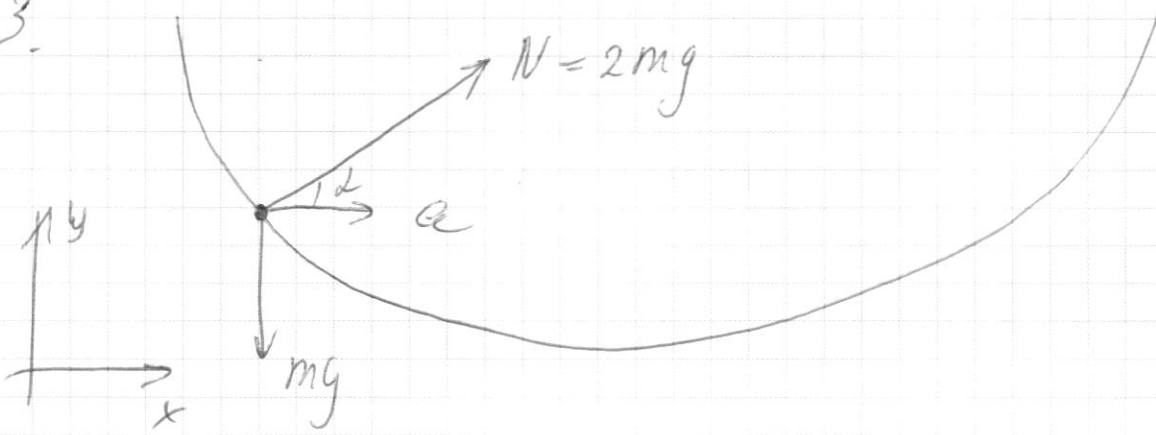


2) По закону Кулона:

$$F_1 = \frac{k \cdot 1Q1 \cdot 1Q1}{gR^2} = \frac{kqQ}{gR^2}$$

Ответ: $\frac{kqQ}{gR^2}$

3.



1) По 3 закону Ньютона:

сила, с которой модель действует на сферу равна по модулю, но противоположная по направлению силе, с которой сфера действует на модель (N) \rightarrow

$$N = 2mg.$$

2) Модель движется в горизонтальной плоскости \Rightarrow по окружности \Rightarrow

$$2 \text{ ЗН: } \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$Ox: N \cdot \cos \alpha = ma \quad \Rightarrow \quad 2mg \cdot \cos \alpha = ma$$

$$Oy: N \cdot \sin \alpha = mg \quad \Rightarrow \quad 2mg \cdot \sin \alpha = mg$$

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

$$2mg \cdot \cos \alpha = ma$$

($\alpha = 30^\circ$)

$$a = 2g \cdot \cos \alpha \Rightarrow$$

$$a = 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Примечание. Если человек движется

в горизонтальной плоскости \Rightarrow

а проекция вектора ускорения на

Oy равна нулю. \Rightarrow Ускорение горизонталь-
но.

Ответ: $10\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{41}{9} v^2 + \frac{81}{45} v v_0 + \frac{41}{9 \cdot 25} v_0^2 = 0.$$

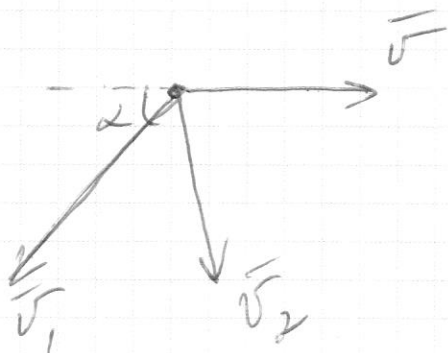
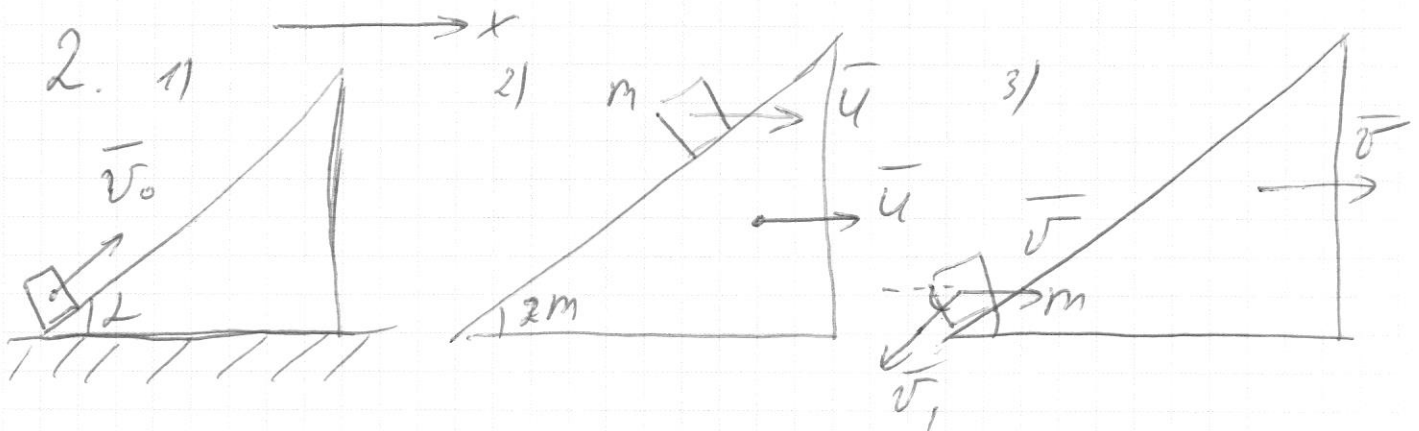
$$41.5 v^2 - 81 v \cdot v_0 + \frac{41}{5} v_0^2 = 0.$$

$$41.25 v^2 - 82.25 v \cdot v_0 + 41 v_0^2$$

$$(5v)^2 - 2 \cdot 5 \cdot 5 v \cdot v_0 + v_0^2 = 0.$$

$$25v^2 - 50 v v_0 + v_0^2 = 0.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



u - скорость клина,
когда шайба на высоте h .
 v_1 - скорости шайбы
относительно клина в
конце.

v_2 - абсолютная скорость шайбы в конце.

$$\vec{v}_{abs} = \vec{v}_{откл} + \vec{v}_{пер} \Rightarrow \vec{v}_2 = \vec{v} + \vec{v}_1 \Rightarrow$$

$$v_2^2 = (v - v_1 \cdot \cos \alpha)^2 + (v_1 \cdot \sin \alpha)^2$$

1) На систему тел (шайба + клин) действуют только вертикальные силы (сила тяжести и сила реакции опоры) \Rightarrow

$$\text{ЗСЧ на } O_x: m v_0 \cdot \cos \alpha = m u + 2m u \Rightarrow$$

$$u = \frac{1}{3} v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{2}{9} v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = v^2 + \left(\frac{2}{3} v_0 \cdot \cos \alpha - v \right)^2 + 2gH + 4 \left(\frac{2}{3} v_0 \cdot \cos \alpha - v \right)^2 \cdot \frac{1}{2} g^2 L$$

$$\frac{2}{9} v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + 2gH = v^2 + \frac{4}{9} v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha - \frac{4}{3} v \cdot v_0 \cdot \cos \alpha + v^2 + 4 \cdot \frac{1}{2} g^2 L \left(v^2 - \frac{2}{3} v \cdot v_0 \cdot \cos \alpha + \frac{1}{9} v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Примечание. Когда шайба достигнет максимальной высоты H её скорости будет параллельна Ox и равен u .

Так как шайба останавливается относительно земли и её абсолютная скорость равен скорости земли.

2) ЗЦЗ на дне (1-2) :

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m u^2}{2} + \frac{2m u^2}{2} + mgH$$

$$v_0^2 = 3u^2 + 2gH$$

$$v_0^2 = \frac{1}{3} v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + 2gH$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{1 - \frac{1}{3} \cos^2 \alpha}} = \frac{10}{\sqrt{22}} \frac{m}{c} = \frac{5}{11} \sqrt{22} \frac{m}{c}$$

3) ЗЦЗ на Ox дне (1-3) :

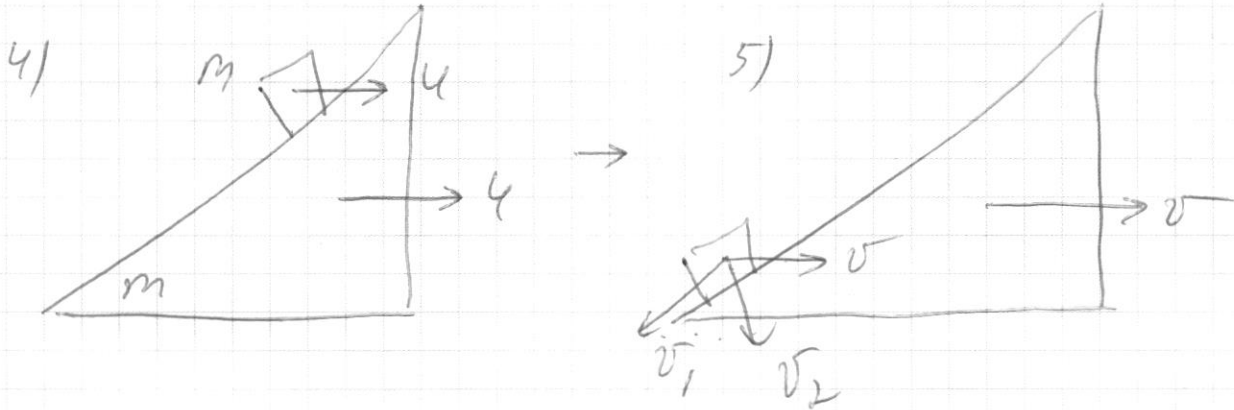
$$m v_0 \cdot \cos \alpha = m (v - v_1 \cdot \cos \alpha) + mH$$

$$v_0 \cdot \cos \alpha = 2v - v_1 \cdot \cos \alpha$$

$$v_1 = \frac{2v - v_0 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

4) З(7) пр. 1-2) :

~~$m v_0$~~



4) З(У на Ох пр. 4/5) :

$$2m u = m(v - v_1 \cdot \cos \alpha) + m U$$

$$\frac{2}{3} m v_0 \cdot \cos \alpha = 2m U - m v_1 \cdot \cos \alpha$$

$$v_1 = \frac{2U - \frac{2}{3} v_0 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} =$$

$$= \frac{2U}{\cos \alpha} - \frac{2}{3} v_0$$

5) З(7 пр. 4/5) :

$$\frac{2m u^2}{2} + m g H = \frac{m v^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} \quad (v_2 = \text{абс. скорость тела})$$

$$\frac{2}{9} v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = v^2 + \frac{v_2^2}{2} - 2U \cdot v_1 \cdot \cos \alpha + 2m g H$$

$$(v_2 - v_1 \cdot \cos \alpha)^2 + (v_1 \cdot \sin \alpha)^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{2}{9} V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = V^2 + V_1^2 - 2V \cdot V_1 \cdot \cos \alpha + 2gH + V_1^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha)$$

$$\frac{2}{9} V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = 2V^2 - 2VV_1 \cdot \cos \alpha + V_1^2 + 2gH$$

$$\frac{1}{9} V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = V^2 - V(2V - \frac{2}{3} V_0 \cdot \cos \alpha) + \frac{1}{2} V_1^2 + gH$$

$$\frac{1}{9} V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = -V^2 + \frac{2}{3} V V_0 \cdot \cos \alpha + gH$$

$$+ \frac{2}{\cos^2 \alpha} (V^2 - \frac{2}{3} V \cdot V_0 \cdot \cos \alpha + \frac{1}{9} V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha)$$

$$V_0^2 (\frac{1}{9} \cos^2 \alpha - \frac{2}{9}) = (\frac{2}{\cos^2 \alpha} - 1) V^2 - \frac{4}{3 \cos \alpha} V \cdot V_0 + \frac{2}{3} V \cdot V_0 \cdot \cos \alpha$$

$$\boxed{\cos \alpha = 0,6}$$

$$\frac{1}{9} V_0^2 (\frac{9}{25} - 2) = (\frac{30}{9} - 1) V^2 - \frac{20^{15}}{9} V V_0 + \frac{2^{19}}{3} V \cdot V_0$$

$$- \frac{1}{9} V_0^2 \cdot \frac{41}{25} + gH$$

$$= \frac{41}{9} V^2 - \frac{22}{45} V V_0$$

$$\frac{41}{9} v^2 - \frac{22}{45} v v_0 + \frac{41}{9 \cdot 25} v_0^2 = g \cdot h$$

$$\frac{1}{9} v^2 - \frac{2}{45} v v_0 + \frac{1}{9 \cdot 25} v_0^2 = g \cdot h \cdot 41$$

$$25v^2 - 10v v_0 + v_0^2 = g \cdot h \cdot 41 \cdot 9 \cdot 25$$

$$(5v)^2 - 2 \cdot (5v) v_0 + v_0^2 = g \cdot h \cdot 41 \cdot 9 \cdot 25$$

$$(5v - v_0)^2 = g \cdot h \cdot 41 \cdot 9 \cdot 25$$

$$5v - v_0 = \sqrt{g \cdot h \cdot 3 \cdot 5 \cdot 41}$$

$$5v = v_0 + 15 \sqrt{41 g \cdot h}$$

$$v = \frac{v_0}{5} + 3 \sqrt{41 g \cdot h}$$

$$v = \frac{v_0}{5} + 3 \sqrt{41 g \cdot h}$$

$$v = \frac{1}{11} \sqrt{22} \frac{m}{c} + 6 \sqrt{205} \frac{m}{c}$$

$$v_0 = \frac{5}{11} \sqrt{22} \frac{m}{c}$$

$$\left(\frac{1}{11} \sqrt{22} + 6 \sqrt{205} \right) \frac{m}{c}$$

Ответ: $\frac{5 \cdot \sqrt{22}}{11} \frac{m}{c}$; ~~$\frac{1}{11} \sqrt{22} \frac{m}{c}$~~

Примечание: ЗСЗ можно применять, так как нет трения (переложер-вишневых ссы)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) По первому началу термодинамики:

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + A_{12}$$

$$Q_{12} = \frac{9}{2} \nu R T_1 + (2 - \frac{17}{4}) p_1 V_1 =$$

$$= \frac{9}{2} \nu R T_1 + (2 - \frac{17}{4}) \nu R T_1 =$$

$$= (\frac{13}{2} - \frac{17}{4}) \nu R T_1 = \frac{1}{4} (26 - 17) p_1 V_1$$

5) Процесс 2-3 - изохорный, а

1-3 - изобарный $\Rightarrow A_{23} = 0$

6) По определению КПД и по 1 началу термодинамики и $A_{23} = 0$:

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}} = \frac{A_{12} + A_{31}}{4\nu U_{12} + 2\nu U_{23} + 2\nu U_{31} + A_{12} + A_{31}}$$

7) Уравнение Менделеева - Клапейрона для 3:

$$p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = 2T_1$$

$$\frac{3}{5} \quad \frac{9}{25} \quad \frac{3}{25} \quad \frac{12}{100} \quad \frac{99}{100}$$

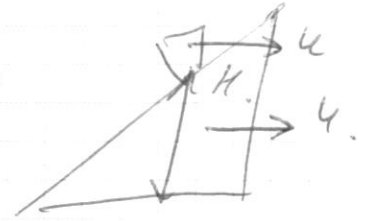
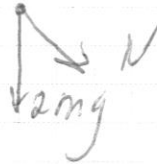
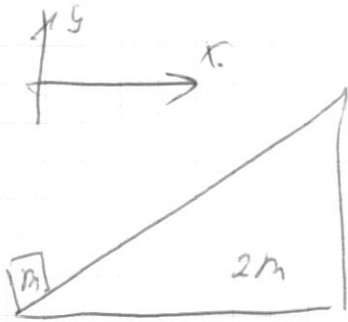
$$\frac{2 \cdot 10 \frac{\mu}{\text{cm}} \cdot 0,2 \mu}{\frac{99}{100}} = \frac{100}{22} \quad \frac{10 \sqrt{22}}{22}$$

$$4 \quad 5 \quad \frac{5}{11}$$

$$900 - 13600.$$

$$45 \cdot 10^5 \cdot 9 \cdot 5 \cdot 100.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ЗСН на α : $m v_0 \cdot \cos \alpha = 3m u$

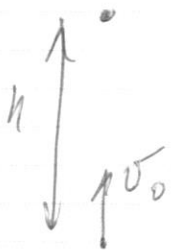
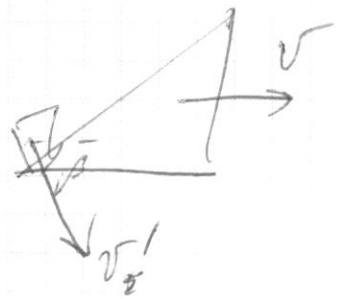
ЗСЭ: $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m u^2}{2} + m g h$

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m}{2} \cdot \left(\frac{v_0 \cdot \cos \alpha}{3}\right)^2 + 2m g h$

$v_0^2 = \frac{1}{3} v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + 2 g h$

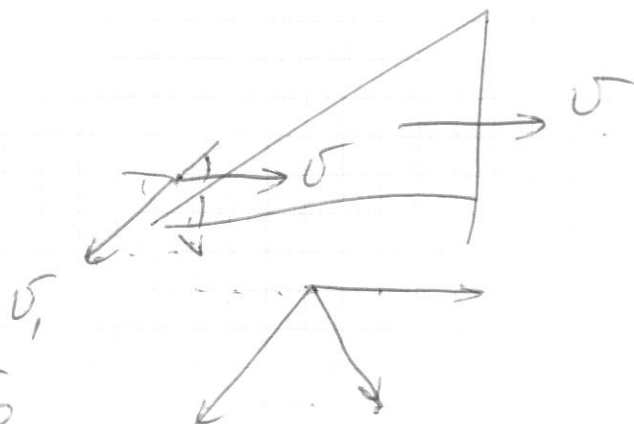
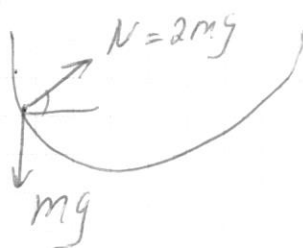
$v_0 = \sqrt{\frac{2 g h}{1 - \frac{1}{3} \cos^2 \alpha}}$

$v + v_1' \cdot \cos \beta = v_0 \cdot \cos \alpha$
 $\frac{v_0^2}{2} = \frac{v_1'^2}{2} + \frac{v^2}{2}$



$h = \frac{g T^2}{2} = v_0 \cdot T - \frac{g T^2}{2}$ $v_0^2 = v_1'^2 + v^2$

$v_0 = g T$



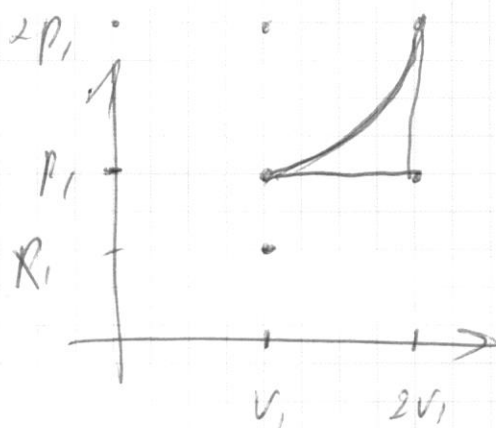
$3v - v_1' \cos \alpha = v_0$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T +$$

$$1: p_1 V_1 = \nu R T$$

$$2: 2p_1 \cdot 2V_1 = \nu R \cdot 4T$$

$$3: p_1 \cdot 2V_1 = \nu R \cdot 2T$$



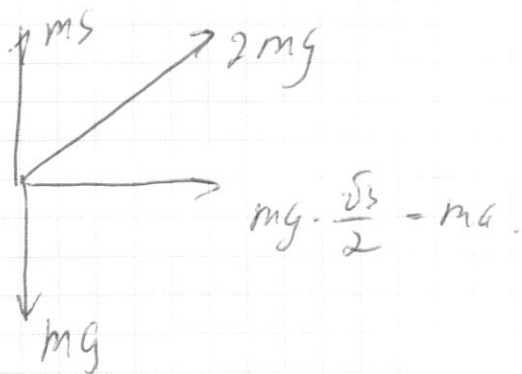
$$S_{21} = 2 \cdot 1 = 27 \text{ r}^2 = 2 - 17$$

$$S_{21} = 2 p_1 V_1 - 17 p_1 V_1 = (2 - 17) p_1 V_1$$

$$Q = \frac{9}{2} p_1 V_1 + (2 - 17) p_1 V_1 = \left(\frac{9}{2} - 17 \right) p_1 V_1$$

$$A = p_1 V_1 - 17 p_1 V_1 = (1 - 17) p_1 V_1$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{13}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{13}} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{13}}{\Delta U_{12} + A_{12} + \Delta U_{23} + A_{23} + \Delta U_{13} + A_{13}}$$



$$a = g \cdot \cos 2 = g \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$v^2 = 2V_1 \cdot v \cdot \cos 2 + v_1^2$$