

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

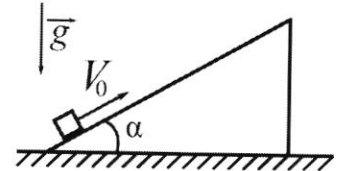
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

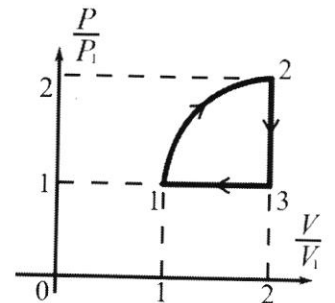
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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 $q > 0$.

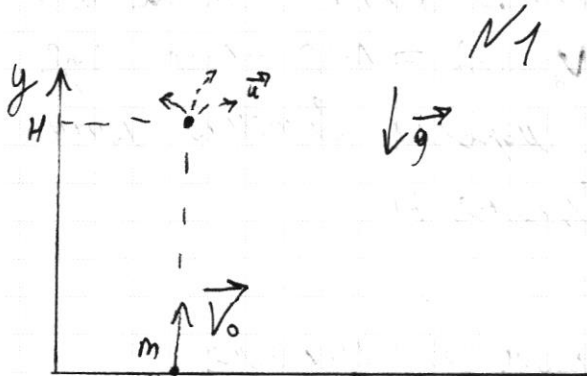
1) Найдите силу F_1 , действующую на заряженный шарик.

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



№1
Дано: $H = 65 \text{ м}$; $m = 2 \text{ кг}$
 $T = 10 \text{ с}$; $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

1) V_0 - ?

п.и. H - высшая точка кр.,

то: $V_H = 0$, тогда: $0 = V_0 - g t$; $H = \frac{g t^2}{2}$; $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$, где
 t - время полёта до высшей точки

$$0 = V_0 - g t; \quad V_0 = g t = g \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \approx 36 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) $\sum E_k$ - ? ; п.и. ~~взрыв происходит мгновенно, и~~
~~результат~~ $\sum E_k = \sum \frac{\Delta m u^2}{2} = \frac{m u^2}{2}$, где u - скорость осколков

Очевидно, что дальше всего будут разлетаться осколки, летящие вертикально вверх, т.е. время его падения T

$$y: -H = uT - \frac{gT^2}{2}; \quad uT = \frac{gT^2}{2} - H$$

$$u = \frac{gT}{2} - \frac{H}{T} = 50 - 6,5 = 43,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\sum E_k = \frac{m u^2}{2} = \frac{2 \cdot 43,5^2}{2} \approx 1892 \text{ Дж}$$

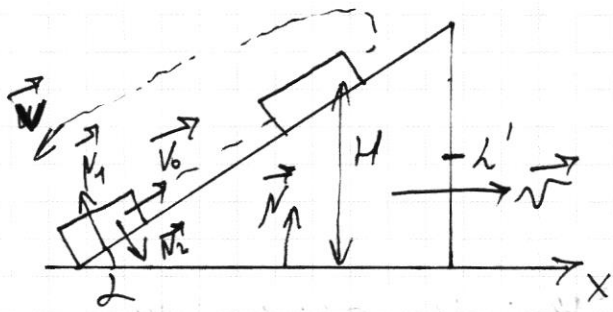
Ответ: $V_0 = 36 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\sum E_k = 1892 \text{ Дж}$.

№2.

Дано: $\alpha = 30^\circ$ движение без трения

$$V_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad m_{\text{к1}} = m_{\text{к2}} = m$$

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



1) H-?

П.и. поверхность гладкая, но для шмента "шмента" выписывается ЗСМ в ох:
 $mV_0 \cos \alpha = mv + mv$, где v - скорость движения шмента,

Когда шмента касаются на высоте H

$$v = \frac{V_0 \cos \alpha}{2} = \frac{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

движение без трения, при этом в шмента:

Анкетом = $A_{N1} + A_{N2} = 0$, тогда по ЗСМЭ:

$$\left(\frac{mV_0^2}{2} + 0 \right) + (0 + mg h')$$

$$= \left(\frac{mv^2}{2} + mgH \right) + \left(\frac{mv^2}{2} + mg h' \right)$$

где h' - некий уровень шмента над платформой $E_k = 0$;

$$\frac{V_0^2}{2} = v^2 + gH; \quad H = \frac{V_0^2 - 2v^2}{2g} = \frac{4 - 2 \cdot \frac{3}{4}}{2 \cdot 10} =$$

$$= \frac{2,5}{20} = \frac{25}{200} = \frac{1}{8} \text{ м} = 0,125 \text{ м}$$

2) ~~и? где и - скорость v?~~
 Аналогично 1 шмента:

ЗСМх: (1) $2mv = -mV \cos \alpha + mv'$, где

v' - скорость шмента после возвращения шмента в исходную позицию.

по ЗСМЭ: (2) $\left(\frac{mv^2}{2} + mgH \right) + \left(\frac{mv^2}{2} + mg h' \right) =$

$$= \left(\frac{mv^2}{2} + 0 \right) + \left(\frac{mv'^2}{2} + mg h' \right)$$

$$(1) \quad 2v = -V \cos \alpha + v'; \quad V \cos \alpha = v' - 2v$$

$$(2) \quad \frac{v^2}{2} + gH + \frac{v^2}{2} = \frac{v^2}{2} + \frac{v'^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$2v^2 + 2gH = v^2 + v'^2; \quad v = \sqrt{v'^2 - 2gH} = v^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v' = V \cos \alpha + 2v ; \quad 2v^2 + 2gH = V^2 + V^2 \cos^2 \alpha + 4Vv \cos \alpha + 4v^2$$

$$V^2 (1 + \cos^2 \alpha) + V \cdot 4v \cos \alpha + 2v^2 - 2gH = 0$$

$$\frac{7}{4} V^2 + 3V - 1 = 0$$

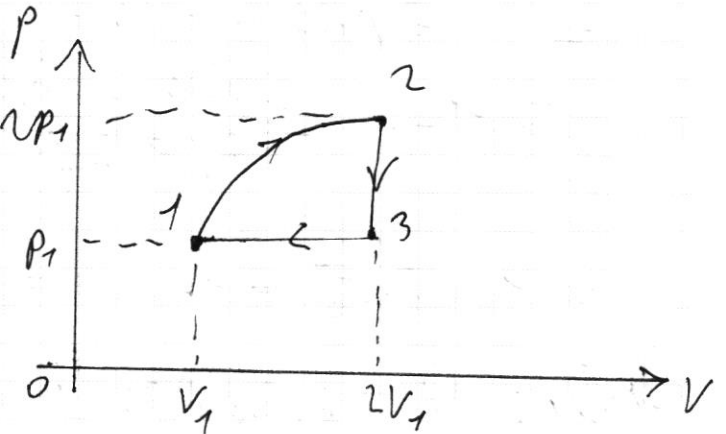
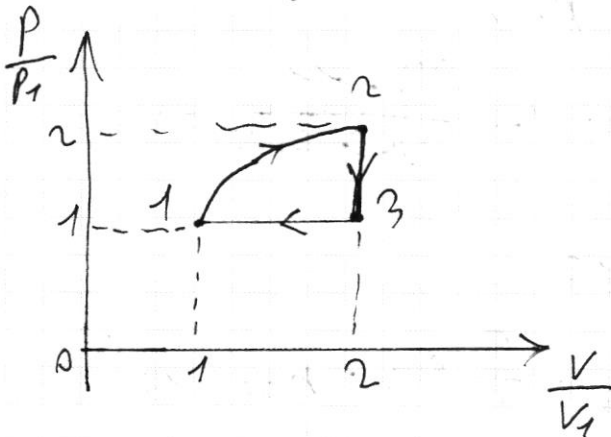
$$V_{1,2} = \frac{-3 \pm \sqrt{9+7}}{3,5} = \frac{-3 \pm 4}{3,5}; \quad V = \frac{1}{3,5} = \frac{10}{35} = \frac{2}{7} \approx 0,29 \frac{M}{C}$$

Ответ: $H = 0,125 \frac{M}{C}$; $V = 0,29 \frac{M}{C}$.

M4

Дано:

$$I = 1 \text{ мА}; \quad T_1$$



Из рисунка видно, что

$$V_2 = V_3 = 2V_1$$

$$P_2 = 2P_1$$

$$P_3 = P_1$$

1) Q - ? (возведено при расширении),
м.е. Q₁₋₂; ~~м.е. Q₂₋₃~~
~~V₂ = 2V₁~~

~~Рисунки~~

13-к Т/В: $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2}$

$$A_{21-2} + \gamma_{21} = (V_2 - V_1) P_1 +$$

$$+ \frac{P}{V} P_1 V_1 = P_1 V_1 + \frac{P}{V} P_1 V_1$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \Delta P V = \frac{3}{2} (2P_1 \cdot 2V_1 - P_1 V_1) =$$

$$= \frac{9}{2} P_1 V_1$$

но z -ую меняем - ман:

$$p_1 V_1 = \gamma R T_1 ; p_1 V_1 = R T_1$$

$$Q = p_1 V_1 + \frac{\pi}{4} p_1 V_1 + \frac{2}{2} p_1 V_1 = \frac{11}{2} R T_1 + \frac{\pi}{4} R T_1 =$$

$$= R T_1 \left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \approx 6,28 R T_1 \text{ и сумма}$$

$$2) A_{2-?} ; A_{2-} = + \gamma p_1 V_1 = \frac{\pi}{4} p_1 V_1 = \frac{\pi}{4} \cdot R T_1$$

$$3) \eta^{-?} ; \eta = 1 - \frac{|Q_x|}{Q_H} \quad (Q_H = Q)$$

$$Q_{2-3} = \Delta u_{23} + A_{23}, \text{ но } \Delta V_{23} = 0 \Rightarrow A_{23} = 0$$

$$Q_{23} = \Delta u_{23} = \frac{3}{2} (p_1 \cdot V_1 - 2 p_1 \cdot V_1) = \frac{3}{2} (-2 p_1 V_1) =$$

$$= -3 p_1 V_1$$

$$Q_{31} = \Delta u_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_1 \cdot 2 V_1) - (V_1 + 4 V_1) p_1 =$$

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

$$\eta = 1 - \frac{\left(\frac{5}{2} p_1 V_1 + 3 p_1 V_1 \right)}{R T_1 \left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4} \right)} = 1 - \frac{R T_1 \cdot 11}{2 R T_1 \cdot \left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4} \right)} =$$

$$= 1 - \frac{11}{11 + \pi} = 1 - 0,87 = 0,13$$

Ответ: $Q = 6,28 R T_1 ; A_{2-} = \frac{\pi}{4} \cdot R T_1 ; \eta = 0,13$

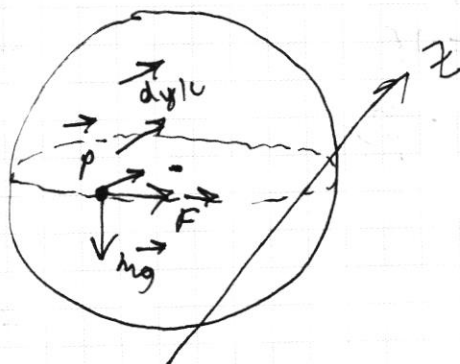
N_3 (1 мкг воздуха)

Дано: $R = 1,2 \mu$

$V_0 = 3,7 \frac{\mu}{\text{с}}$

$m = 0,4 \mu$

1) P -?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

м. и. движение равномерное, но $a = a_{ц/к}$

З: $F = m a_{ц/к}^2$

$$F = m \frac{v_0^2}{R} = 0,4 \cdot \frac{3,7^2}{1,2} \approx 4,56 \text{ Н}$$

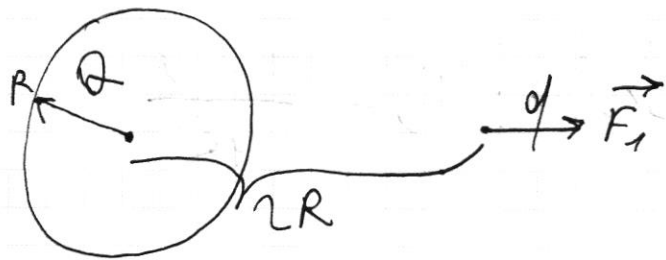
Ответ: $F = 4,56 \text{ Н}$

№ 5

Дано:

$Q > 0, q > 0; R;$
к - коэф. прот.

1) $F_1 = ?$

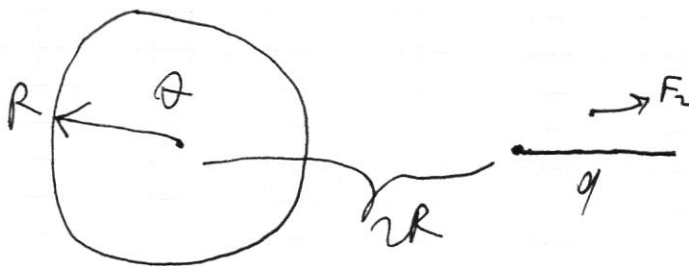


по з-ну Кулона:

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

(однородное распределение заряда по сфере
равноильно точечному заряду Q;
находящемуся в центре сферы)

2) $F_2 = ?$



На каждую точку сферы действует сила

$$F_i = \frac{kQ \Delta q}{(R + r_i)^2}, \text{ где } \sum \Delta q = q \text{ и } \sum r_i = R$$

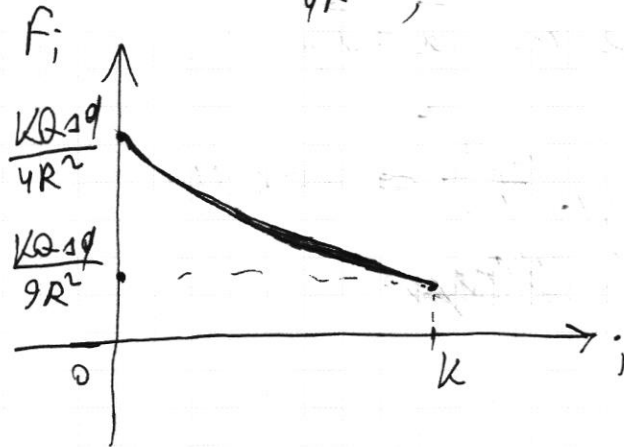
$$F_2 = \sum_0^k F_i = \sum \frac{kQ \Delta q}{4R^2 + 4Rr_i + r_i^2}, \text{ где } \Delta r_i - \text{среднее}$$

математическая величина, м.е.

$$F_2 = \sum \frac{kQ\Delta q}{4R^2 + 4R\Delta r_i} = kQq \cdot \sum \frac{1}{4R^2 + 4R\Delta r_i}$$

$$F_i = \frac{kQ\Delta q}{4R^2 + 4R\Delta r_i}, \text{ удельная сила. - Удельная}$$

$$F_0 = \frac{kQ\Delta q}{4R^2}; \quad F_k = \frac{kQ\Delta q}{9R^2}$$



Ответ: $F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$.

аналогичное разложение: $\sum M_x: 2mV = -m\ell \cos\alpha + mV'$

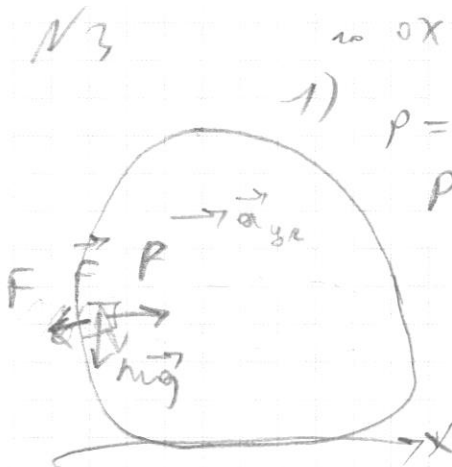
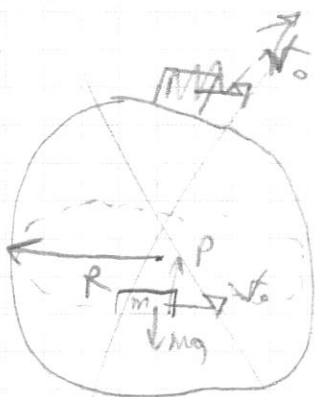
V' - см. линия касания ℓ с α \rightarrow α \rightarrow α

то $\sum M_x: \left(\frac{mV^2}{2} + mgH\right) + \left(\frac{mV'}{2} + mgH'\right) = \left(\frac{m\ell^2}{2} + 0\right) + \left(\frac{mV'^2}{2} + mgH'\right)$

$mV^2 + 2mgH = \frac{m\ell^2}{2} + \frac{mV'^2}{2}, 2V^2 + 2gH = \ell^2 + V'^2$

выразить ℓ и подставить

$R = 12 \text{ м}$
 $V_0 = 3,7 \text{ м/с}$
 $m = 0,4 \text{ кг}$

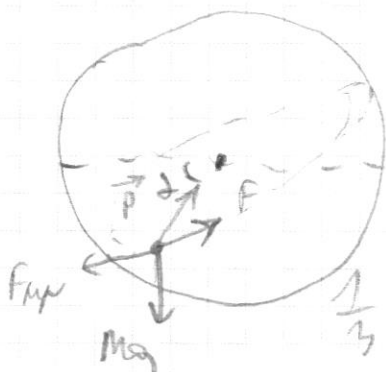


$\rho = m\ell/R$
 $\rho = \frac{mV}{R}$

$\frac{10}{8} / 0,125$
 $\frac{20}{-16}$
 $\frac{40}{0}$

$\frac{37}{37}$
 $\frac{259}{110}$
 $\frac{1369}{1369}$

2)



$\alpha = \frac{\pi}{6}; V_{min} = ?$

$g = 10$
 $m = 0,9$

$\frac{1}{3} \cdot 37^2$

$\frac{126}{9}$

$\frac{1}{1}$
 $\frac{1}{1^2}$
 $\frac{1}{11}$
 $\frac{1}{72}$
 $\frac{1}{435}$
 $\frac{1}{882}$
 $\frac{1}{6,28}$

$\frac{1369}{12}$
 $\frac{13}{16}$
 $\frac{13}{15}$
 $\frac{13}{15}$
 $\frac{13}{15}$

$1 + \cos^2 \alpha = 1 + \frac{3}{4} = \frac{7}{4}$

$4V \cos \alpha = 4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 6$

$= \frac{4 \cdot 3}{4} = 3$

$2 \cdot \frac{3}{4} - 2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{4} = 1,5 - 5 = -3,5$

$= 1,5 - \frac{10}{4} = 1,5 - 2,5 = -1$

$\frac{13050}{174000}$
 $\frac{1892,25}{1892,25}$

$\frac{157}{17}$
 $\frac{157}{17}$

$\frac{7}{10}$
 $\frac{7}{10}$
 $\frac{7}{10}$
 $\frac{7}{10}$

$\frac{10}{2}$
 $\frac{10}{2}$
 $\frac{10}{2}$
 $\frac{10}{2}$

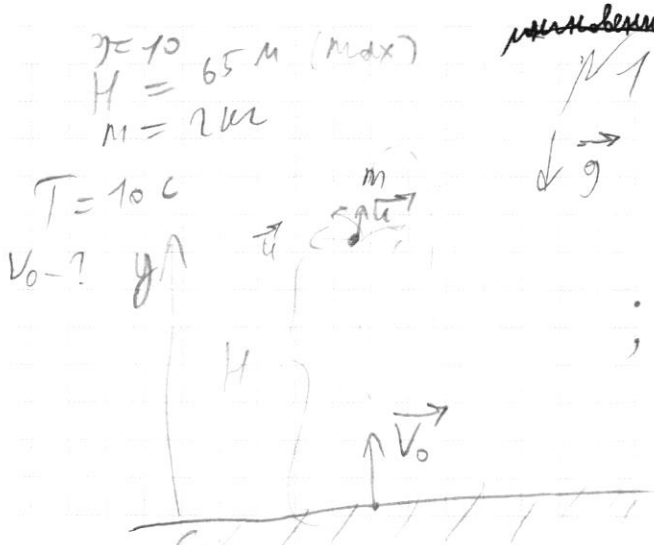
2)

$\frac{110}{96}$
 $\frac{110}{96}$
 $\frac{110}{96}$
 $\frac{110}{96}$

$\frac{110}{116}$

$1,57$
 $12,57 \approx 12,6$
 $11 \frac{1}{2}$
 $11 \frac{1}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



м.ч H - max высота, м

$v_{ис} \text{ в коэф} = 0$

1) $y: H = \frac{v_0 t}{2}; t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$
 $v = v_0 - g t$
 $v_0 = g \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2gH}$

2) $\sum E_k = ? \text{ (дж)}$

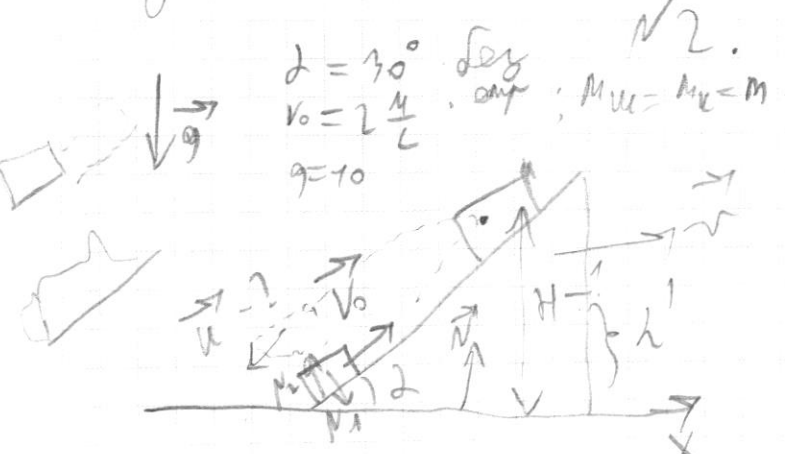
21
37
35
72
1070
1215
36
36
216
1080
1296

м.ч. взрыв происходит мгновенно по ЗИ: $0 = \Delta m \vec{u} - \Delta m \vec{u}'$

$\sum E_k = \sum \frac{\Delta m u^2}{2} = \frac{M u^2}{2}$; очевидно, что дальше
век будет подан только вертикально.

время его падения $T = 10 \text{ с}$

$y: -H = uT - \frac{gT^2}{2}, uT = \frac{gT^2}{2} - H; u = \frac{gT}{2} - \frac{H}{T}$



1) *м.ч.* ков m , m_0

по Ox для m и m_0

выполняется ЗИ: $v = \frac{v_0 \cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

АЛЖАВАНТА
 $m v_0 \cos \alpha = m v + m_0 v'$
 где v' - скорость m_0 в
 конце

$v_0 \cos \alpha = 2v, v = \frac{v_0 \cos \alpha}{2}$

50 - 65
10
50 - 65
8
10825
10
10
10
10

движение без отрыва, при этом в шаре m и m_0

Акселом = $A_n + A_{\tau} = 0$, тогда по ЗИ:

$(\frac{m v_0^2}{2} + 0) + (0 + m g h) = (\frac{m v^2}{2} + m g H) + (\frac{m_0 v'^2}{2} + m_0 g h')$

$\frac{m v_0^2}{2} = m v^2 + m g H; H = \frac{v_0^2 - 2v^2}{2g} = \frac{v - 2 \cdot \frac{v}{2}}{2 \cdot 10} = \frac{v - v}{20} = 0$

k -коэф. прит.

№5.

$Q > 0, q > 0$;

однородное
равновесие
затрага & на сфере



$q \rightarrow F_1 \rightarrow$

равновесие
мгновенный заряд Q
& заряде сpher. прит.

$$F_1 = k \frac{qQ}{4R^2}, \quad 2)$$



№12

На какой высоте летит самолет

гравитация $F_1 = k \frac{Q \cdot \Delta q}{(R + \Delta R)^2}$;

ΔR радиус $\Delta R = R$

$$\sum F_i = F_2$$

$$F_2 = \sum k \frac{Q \cdot \Delta q}{(R + \Delta R \cdot i)^2}$$

сумм радиусов, что

$$F_{1i} = k \frac{Q \Delta q}{4R^2}$$

$$F_{1i} = \frac{10 \Delta q}{9R^2}$$

всего n элементов

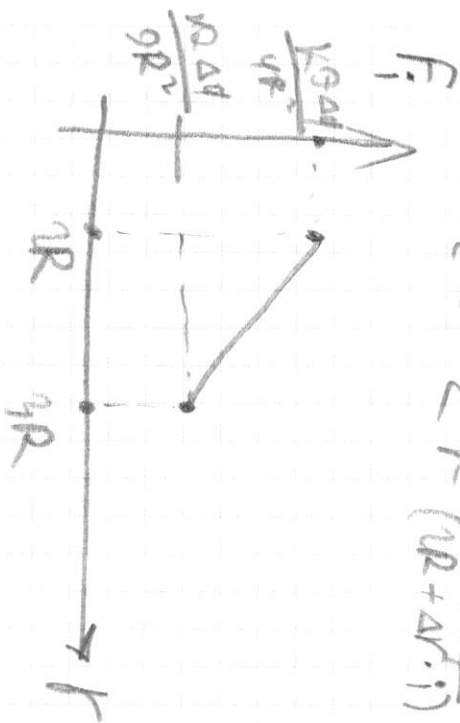
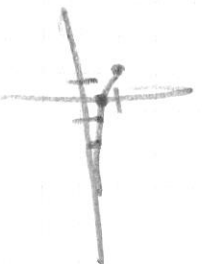
$$\delta = \frac{q}{k}$$

$$\Delta q = \delta \Delta R$$

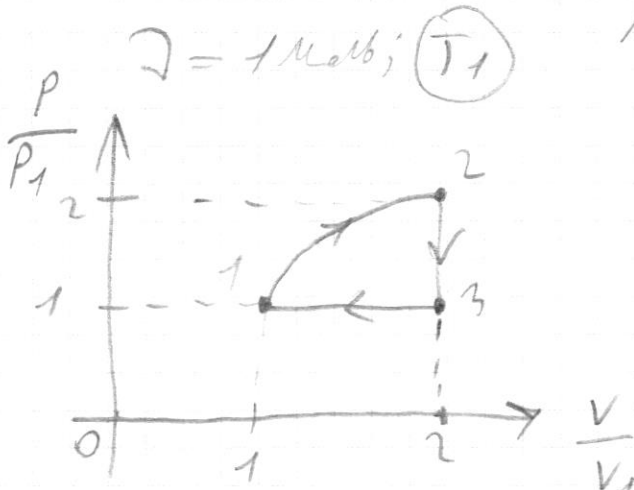
$$F_2 = \sum k \frac{Q \cdot \Delta q}{(R + \Delta R \cdot i)^2} =$$

$$= k Q q \sum \frac{1}{(R + \Delta R \cdot i)^2} = k Q q \sum \frac{1}{4R^2 + 4R \Delta R \cdot i}$$

$$y = \frac{2 + x}{1 - 10} \Big|_{0,5}^{2,1}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

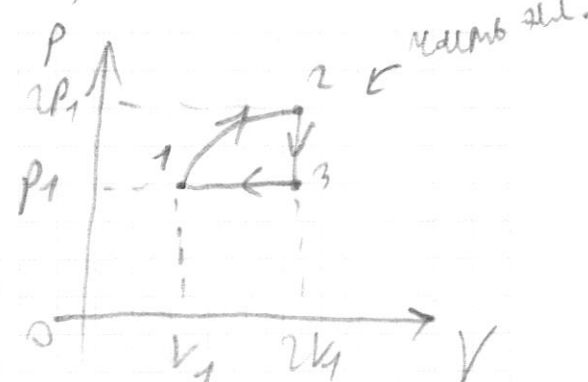


ИЧ. $P_1 = 4$; $V_1 = 6$, тогда $S_{из} = 4 \cdot 6 = 24$
 $S_{из} = \frac{\pi}{4} \cdot 6^2 = 9\pi \approx 28.27$
 $S_{из} = 4 \cdot 6 = 24$
 $S_{из} = \frac{\pi}{4} \cdot 6^2 = 9\pi \approx 28.27$

1) $Q = ?$ (подв в рамку) 1-2
 из пр: $V_2 = 2V_1 = V_3$ в пр 1-2.
 $P_2 = P_1$ $\frac{P}{V} = \text{const}$ $\rightarrow Q_{из} = 12 \cdot 4 = 48$

$P_3 = P_1$
 1-3 пр: $Q = \Delta U + A_{2-3} =$
 $= \frac{3}{2} p_1 \Delta V + S_{из} (P; V)$
 3-1 из пр: $Q = \Delta U + A_{3-1} =$

(1) $P_1 V_1 = \nu R T_1$; (2) $P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2$, $4P_1 V_1 = \nu R T_2$
 (3) $P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_3$; $P_1 V_1 = \nu R T_3$



$S_{из} = (V_2 - V_1) \cdot P_1$
 $S_{из} = (2V_1 - V_1) \cdot P_1 + \frac{\pi V^2}{4}$
 $S_{из} = P_1 V_1 + \frac{\pi V_1^2}{4}$
 $\Delta U = \frac{3}{2} (P_1 \cdot 2V_1 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1$
 $Q = S_{из} + \Delta U = \frac{1}{2} P_1 V_1 + P_1 V_1 + \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{11}{2} P_1 V_1 = \frac{11}{2} \nu R T_1 + \frac{\pi}{4} \nu R T_1$

2) $A_{2-3} = ?$: $A_{2-3} = S_{из} = \frac{\pi}{4} P_1 V_1 = \frac{\pi}{4} \nu R T_1$

3) $\eta = ?$ $\eta = \frac{A_{из}}{Q_{из}} = \frac{Q_{из} - Q_{вх}}{Q_{из}} = 1 - \frac{Q_{вх}}{Q_{из}}$ $Q_{из} = Q$

$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3} = \Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} (P_1 \cdot 2V_1 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1$

$Q_{3-1} = \Delta U_{3-1} + A_{3-1} = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_1 \cdot 2V_1) - (2V_1 - V_1) \cdot P_1 =$

$= -\frac{3}{2} P_1 V_1 - P_1 V_1 = -\frac{5}{2} P_1 V_1$

$\eta = 1 - \frac{-\frac{5}{2} P_1 V_1}{\frac{11}{2} P_1 V_1 + \frac{\pi}{4} P_1 V_1} = 1 - \frac{5}{11 + \frac{\pi}{2}} = 1 - \frac{11 R T_1}{11 + \frac{\pi}{2}}$