

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

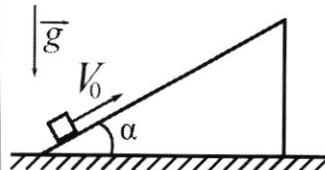
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разбивается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

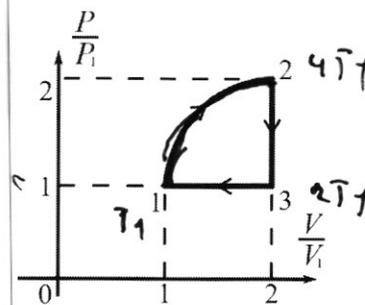
1) С какой по величине силой P модель действует на сферу?

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.

ymasing

$$99 \cdot \frac{372}{8}$$

10

$$\frac{99}{12}$$

0,9.

$$\frac{9}{2}$$

$$\frac{372}{3} =$$

$$\begin{array}{r} 137 \\ -15 \\ \hline 122 \\ -10 \\ \hline 20 \end{array}$$

~~4556 - 25~~

$$4556 \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{5}{2} =$$

$$4556 \cdot 225$$

$$\begin{array}{r} 4556 \\ \times 225 \\ \hline 2280 \\ 912 \\ 912 \\ \hline 102600 \end{array}$$

7026

$$10,2600$$

N1

1) $E = E_n + E_k$

то есть, так как скорость не меняется.

$E =$

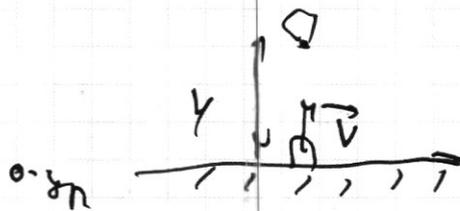
$mgk + 0 = \frac{mv_{max}^2}{2}$

$gk = \frac{v_{max}^2}{2}$

$v_{max} = \sqrt{2gk}$

$v_{max} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.3} = 2.45 \frac{m}{c}$

~~$v_{max} = 2.45 \frac{m}{c}$~~ $v_{max} \approx 36 \frac{m}{c}$



2) Если человек идет со скоростью v направленной и с горизонтальной скоростью, то быстрее всего пройдет расстояние со скоростью, направленной вертикально вниз. Если человек идет со скоростью v направленной вертикально вверх, то быстрее всего пройдет расстояние со скоростью, направленной вертикально вверх.

для того, у которого скорость направлена вверх:

$x = v_0 t + vt + \frac{gt^2}{2}$

$g = -10$

$x = x_0 + vt - 5t^2$



для того, у которого скорость направлена вертикально вниз:

$x = x_0 - vt_1 - 5t_1^2$

$t_1 = 0$ и т.д.

$x_0 + vt - 5t^2 = 0$

$x_0 - vt_1 - 5t_1^2 = 0$

$t - t_1 = 0$

$vt + t_1 + 5ct_1 + t_1 + t_1 - t_1 = 0$

~~$v = 5 \cdot 10 = 50 \frac{m}{c}$~~

~~Ответ:~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

35,9

$$vt + \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$vt - 5 \frac{t^2}{2} = 0$$

$$10V - 5 \cdot \frac{100}{2} = 0$$

36,2

$$10V = 500$$

$$V = 50$$

$$36,3$$

$$36,3$$

$$989$$

$$2178$$

$$1089$$

$$1318,69$$

$$1825$$

$$2190$$

$$1095$$

$$1332,25$$

$$36,2, 1276$$

$$37,2, 1349$$

$$35,9$$

$$35,9$$

$$1795$$

$$1077$$

$$1288,81$$

$$25,99$$

$$36$$

$$36$$

$$216$$

$$33$$

$$33$$

$$108$$

$$175$$

$$1296$$

$$105$$

$$1227$$

$$636$$

$$36$$

$$216$$

$$106$$

$$72$$

$$36$$

$$1312$$

$$37$$

$$1399$$

8.



$$2x_0 = 5(t_1^2 + t_2^2)$$

$$2x_0 = 5(t_1^2 + t_2^2)$$

$$36,1$$

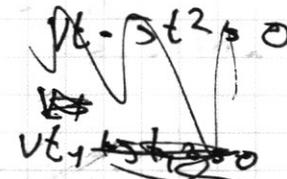
$$36,1$$

$$381$$

$$2166$$

$$1083$$

$$1303,21$$



$$v_1 t_1 + v_2 t_2 + 5(t_1 - t_2) = 0$$

$$x_0 + vt - 5t^2 = 0$$

$$x_0 + vt - 5t^2 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

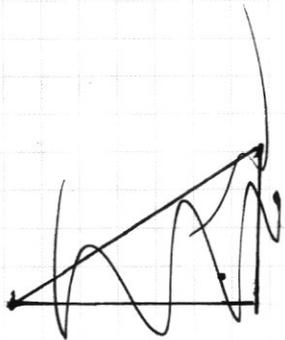


$$K = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} \dots = (m_1 + m_2 + \dots + m_n) \cdot \frac{v^2}{2}$$

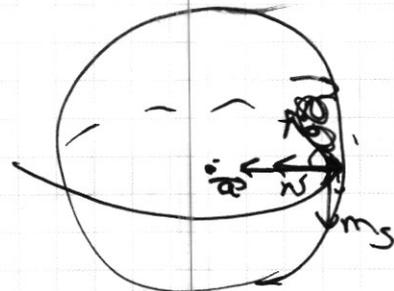
$$= m \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{2} = 2500 \text{ Дж}$$

ответ: 1) $v = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
2) $K = 2500 \text{ Дж}$

№2



№3



На шарнире соединены mg и N , $F_{\text{тр}} = P$
шарнир не падает, $m \cdot k$ $F_{\text{тр}} = mg$

$$\cos \alpha \cdot N = m \cdot a$$

$$\sin \alpha \cdot N = m \cdot g$$

$$N^2 = \left(\frac{m \cdot v^2}{R} + m \cdot g \right)^2$$

$$N = \sqrt{\left(\frac{m \cdot v^2}{R} + m \cdot g \right)^2}$$

$$P = \sqrt{\left(\frac{m \cdot v^2}{R} + m \cdot g \right)^2}$$

$$Ox: N = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$N = P \text{ по } 3 \text{ и } 5$$

$$\Rightarrow P = N$$

$$P = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$P = \frac{0,4 \cdot 37^2}{1,2} \text{ Н}$$

$$P = 46 \text{ Н}$$

Если $G = 4 \text{ Н}$ и $mg = 4 \text{ Н}$, $F_{\text{тр}} = 10,26 \text{ Н}$, $mg = 4 \text{ Н}$
 $F_{\text{тр}} = mg$, шарнир не падает.

$$80,5 + 6 \rightarrow$$

$$\frac{Q \cdot Q \cdot \epsilon}{Q \cdot r} = \dots$$

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

$$N = \frac{m v^2}{R}$$

$$\begin{array}{r} 393 \\ 2 \overline{) 786} \\ 393 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$2) \quad N_{\text{cord}} = \frac{m v^2}{R}$$

$$N_{\text{rod}} = mg$$

$$(9 \cdot 10^{11})^2 \cdot 16 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 0,15 \rightarrow$$

$$\begin{array}{r} \times 3,7 \\ 3,7 \\ \hline \end{array}$$

30

$$\begin{array}{r} 111 \\ 13 \overline{) 144} \\ 137 \\ \hline 69 \end{array}$$

$$11,5 + 8 = 19,5$$



$$13,645 + 13,7$$

$$\begin{array}{r} 4,2 \\ 4 \cdot 0,9^2 = 76 + 66 \end{array}$$

$$\text{① } 3,7$$

$$\begin{array}{r} 372 \\ 3 \overline{) 1116} \\ 111 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$137 \overline{) 30}$$

$$\begin{array}{r} -13,7 \\ 13,7 \overline{) 3} \\ 13,7 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \cdot 553 \\ 0,9 \overline{) 553} \\ 453 \\ \hline 100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 137 \overline{) 30} \\ -120 \\ \hline 170 \\ -100 \\ \hline 70 \end{array}$$

$$N + mg \cos \alpha = \frac{m v^2}{R}$$

$$\frac{50}{9} \cdot 537 + 6$$

$$F_{\text{sp}} = mg \sin \alpha$$

$$F_{\text{mu}} = mg \sin \alpha$$

$$N = \frac{mg \sin \alpha}{\mu}$$



$$\begin{array}{r} -396 \\ 30 \overline{) 1116} \\ 1116 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{g \sin \alpha}{\mu} + g \cos \alpha = \frac{v^2}{R}$$

$$10 \cdot \frac{0,7}{2} = 1,2$$

$$\frac{\dots}{0,9} \rightarrow 10 \cdot 6$$

$$\begin{array}{r} 17,73 \\ 20 \overline{) 354,6} \\ 354,6 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$N = mg \cos \alpha = \frac{m v^2}{R}$$

$$\frac{5537 \cdot 1,2}{0,9} = \frac{6 \cdot 537}{0,9}$$

$$= \frac{20}{3} \cdot 537$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Если бы автомобиль мог двигаться по поверхности Земли, он бы никогда не останавливался и не упал бы с поверхности Земли

Ох:

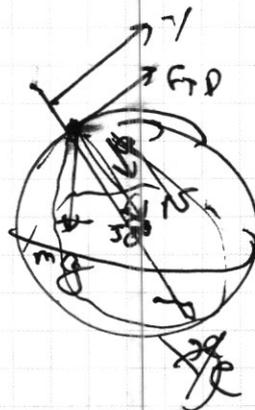
$$N + mg \sin \alpha = ma$$

Оу: ~~...~~ $F_{sp} = mg \cos \alpha$

$F_{sp} = \mu N$ по закону Ампера-Кулона

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

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



$$\frac{mg \cos \alpha}{\mu} + g \sin \alpha = ma \quad a = \frac{v_{min}^2}{R}$$

$$\frac{g \cos \alpha}{\mu} + g \sin \alpha = \frac{v_{min}^2}{R}$$

$$v_{min} = \sqrt{\frac{g \cos \alpha \cdot R}{\mu} + g \sin \alpha \cdot R}$$

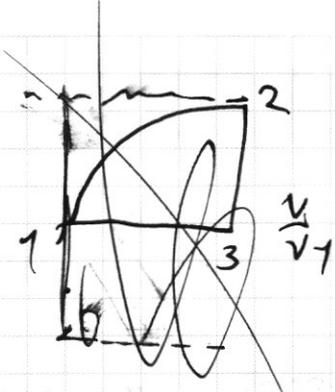
$$v_{min} = 4,19 \frac{m}{c}$$

Ответ: 1) 4,19 м. 2) 4,19 $\frac{m}{c}$

~~...~~

~~...~~

1) $Q = A \cdot v \cdot S$
 2) $P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$
 3) $P = \rho \cdot g \cdot H \cdot A \cdot v \cdot S$



$$\frac{2P_1}{P_1} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{2V_1}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$2 \cdot T_2 = 2T_1$$

$$T_2 = T_1$$

$$Q_{12} = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

A — работа расширения $P \cdot \Delta V$

$P_1 V_1 = P_2 V_2$ по уравнению Менделеева-Клапейрона

$$Q = \frac{9}{2} \nu R T_1 + \nu R T_1 + \frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$Q = 11 \nu R T_1$$

$$Q = 11 \nu R T_1$$

2) А газа — работа расширения газа

$$A_{\text{газа}} = P_1 V_1 = \nu R T_1 = R T_1$$

$$3) \eta = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}} \quad Q_{\text{н}} - Q_{\text{х}} = A_2 \text{ газа}$$

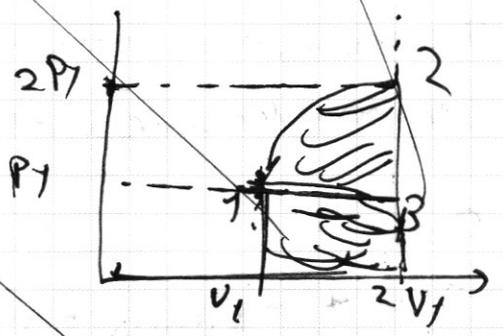
$$\eta = \frac{R T_1}{11 \nu R T_1} = \frac{10}{11} = \frac{2}{13}$$

$$\eta = 15,3\%$$

Ответ: 1) $11 \nu R T_1$

2) $R T_1$

3) $15,3\%$



$$Q = A + \Delta U$$

$$Q = \frac{3 \nu R T_1}{2} + \nu R T_1 = \frac{5 \nu R T_1}{2}$$

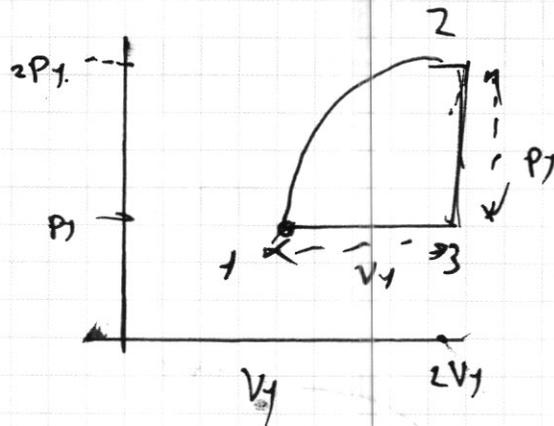
$$\frac{80}{10} = 8$$

$$\frac{80}{10} = 8$$

$$\frac{80}{10} = 8$$

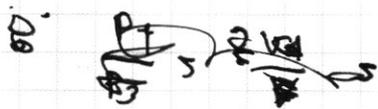
$$\frac{80}{10} = 8$$

мы
 определим график
 в координатах $P \sim V$)



A_{12} — площадь графика

$$A_{12} = \frac{\pi \cdot P_1 \cdot V_1}{4} + P_1 V_1$$



$$\frac{T_1}{T_3} = \frac{V_1}{2V_1}$$

$$T_3 = 2T_1$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{2V_1}{4V_1}$$

~~$$T_3 = 2T_1$$~~

$$T_2 = 2T_3 = 4T_1$$

$$Q_{12} = 8U + A$$

$$8U = \frac{3}{2} \cdot \eta \cdot R \cdot 3T_1$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot P_1 \cdot V_1 + P_1 V_1$$

$$Q = \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{4} \right) \cdot P_1 \cdot V_1$$

$$Q = (1,5 + 0,25) \cdot \eta R T_1$$

$$Q = 1,75 \eta R T_1$$

$$\eta = 1 \text{ моль}$$

~~$$Q = 1,75 \eta R T_1$$~~

кампенбана $0,3 R T_1 = 0,3 \text{ моль}$

2) A_2 функция $\frac{1}{4} \cdot P_1 \cdot V_1 = 0,25 \eta R T_1 = 0,25 R T_1 \cdot \text{моль}$.

3) $\eta = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{0,8 R T_1}{1,75 R T_1} = \frac{0,8 R T_1}{1,75 R T_1} = \frac{8}{17,5}$

$$\eta = 0,457$$

ответ: 1) $0,3 R T_1 \cdot \text{моль}$

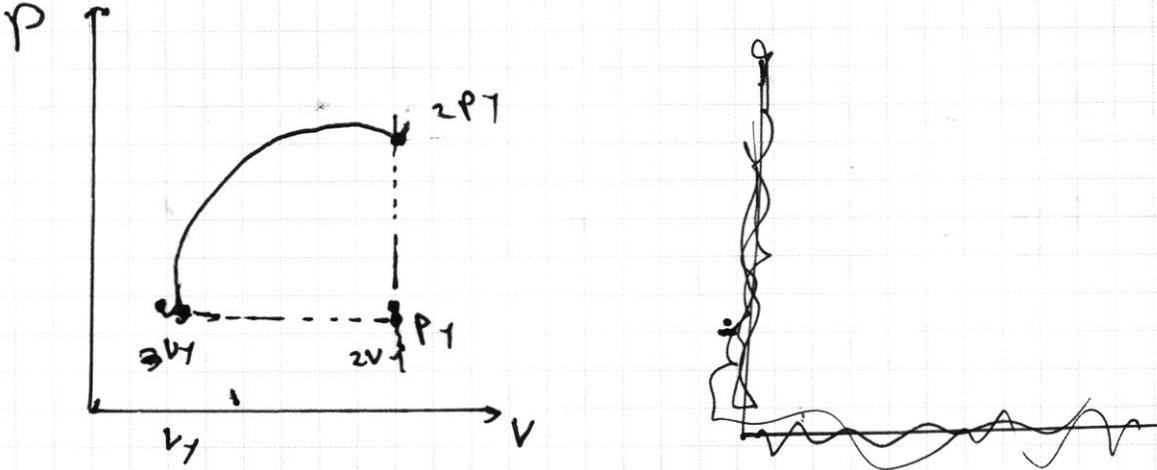
2) $0,25 R T_1 \cdot \text{моль}$

3) $0,457$

$\frac{1}{4} P_1 \cdot V_1 \approx$ площадь графика $P \sim V$)
 в силу величины определим,
 берем ту часть из элементов

$P_1 \cdot V_1 = 0,25 R T_1$ по формуле
 Менделеева идеального газа

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\varphi = \frac{\pi}{2} \sin \omega t + 2\pi \frac{3}{2} \varphi R$$

$$\frac{5}{2} \sin \omega t + \frac{3}{2} \sin 2\omega t = 5,5 \sin \omega t$$

$$\begin{array}{r} 20 \cdot 1,3 \\ 140 \\ \hline 280 \\ 140 \\ \hline 420 \end{array}$$

4,5; 11
9,17

$$\frac{20}{13} \cdot \frac{13}{91}$$

$$4 + 9 \cdot 8 = 47$$

$$\int \frac{1}{x^2} dx$$

$$v^2 = 2gh$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{1}{x^3} \quad \frac{4}{20} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

$$5 = 0,37 \cdot 112$$

$$\sqrt{\frac{103}{0,9} + 6}$$

$$\frac{v^2}{2} = mgh$$

$$v^2 = 2gh$$

$$n = \frac{v^2}{20}$$

$$\frac{20}{3} \cdot 0,37 \cdot 112$$

$$\begin{array}{r} 1123 \\ - 20 \\ \hline 3460 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 34,6 \\ - 3 \\ \hline 31,6 \\ - 17 \\ \hline 14,6 \end{array}$$

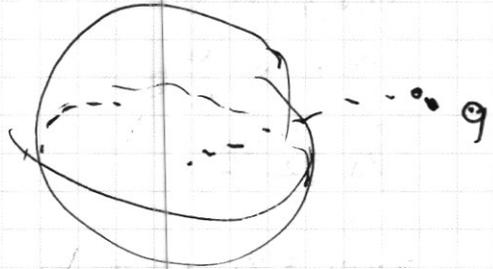
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) для сферы:

$$1) \quad E = \frac{k \cdot Q}{R^2}$$

$$E_{\text{то же}} = F_0 \cdot E \cdot q$$

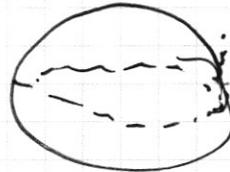
$$F_0 = \frac{k \cdot Q \cdot q}{4 R^2}$$



2) Разобьем сферу на маленькие участки, где заряд можно считать постоянным

$$E_{i, s} = \frac{k \cdot Q_i}{R_i^2}$$

$$F_{i, s} = k \cdot q_i \cdot Q_i / R_i^2$$



3) формулу суммируем

$$F_{0, s} = k \cdot q \cdot Q \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i^2}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i^2} \approx \int_{2R}^{3R} \frac{1}{R^2}$$

$$\int \frac{1}{R^2} = \frac{3}{R^3} - \frac{2}{R^3} = \frac{1}{R^3}$$

проинтегрируем $\int \frac{1}{R^2}$, получим ответ.

$$1) \quad F_{0, s} = \frac{k \cdot Q \cdot q}{4 R^2}$$

№2

№ 3-11

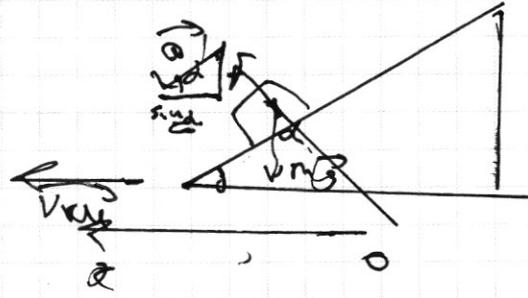
$$mg \cos \alpha = N$$

$$mg \sin \alpha = ma$$

$$a = g \sin \alpha$$

$$a = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$x = x_0 + v_0 x t + \frac{a x t^2}{2}$$

$$x = 0 + 2t - 2,5t^2$$

$$v = v_0 + a x t$$

$$v = 2 - 5t$$

$$t = 0,4 \text{ с}$$

$$x_{\text{max}} = 0,8 - 2,5 \cdot 0,4 \cdot 0,4$$

$$x_{\text{max}} = 0,4 \text{ м}$$

$$h_{\text{max}} = x_{\text{max}} \cdot \sin \alpha = 0,2 \text{ м}$$

За время, пока ~~он~~ маятник движется со скоростью v_0 на высоте h достигнет $t = \frac{h}{v_0}$ с

Васю со скоростью

~~$$v = v_0 + a x t$$~~

~~$$v = 2 + 5 \cdot 0,2 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$~~

$$v = v_0 + a x t$$

$$a x = a \cdot \cos \alpha$$

$$v = \frac{4}{5} \text{ с} \cdot \frac{0,3}{2} = 5$$

$$v = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \text{ направлена влево}$$

Ответ:

$$v = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } 1) 0,2 \text{ м}; 2) 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$