

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

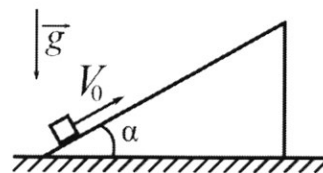
Шифр

(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  $\tau$  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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

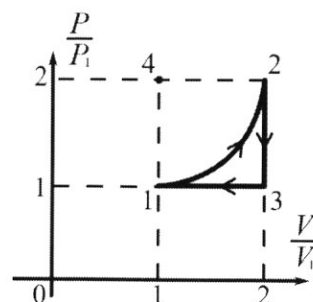
- 1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.
- 2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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  $V_{\text{MIN}}$  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

N1

1)



Пусть  $v_0$  - начальная скорость фрейер-верка.  $v$  - скорость в какой-то момент. Тогда  $v = v_0 - gt$ . Во время подъёма на максимальную высоту подъёма  $v = 0$ ,  $t = T = 3$  с, т.е.

$$0 = v_0 - gT$$

$$v_0 = gT = 10 \cdot 3 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{При этом } H = v_0 T - \frac{gT^2}{2} = 30 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 3^2}{2} = 90 - 45 = 45 \text{ м.}$$

Ответ: 45 м

2) После взрыва  $E_k = \sum \frac{m_i v_i^2}{2} = \sum \frac{m_i v^2}{2} =$

$$= \frac{v^2}{2} \cdot \sum m_i = \frac{v^2}{2} \cdot m, \text{ где}$$

(т.к. скорости частиц осколков одинаковы)

$v$  - скорость осколков

$$v = \sqrt{\frac{2 E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} = \sqrt{3600} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Понятно, что если все осколки полетят равномерно во всех направлениях, то найдётся осколок, который полетит вертикально вниз. Тогда он делит вниз равные все остальные, т.к. его проекция по вертикальной оси, направленную вниз наибольшая (т.к. все скорости равны по модулю)

Пускаю уравнение движения на вертикальную ось, направленную вверх:

$$y = H - vt - \frac{gt^2}{2}$$

Когда он достигнет го земли  $y = 0$ , т.е.

$$H - vt - \frac{gt^2}{2} = 0$$

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

$$t = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 4 \cdot \frac{g}{2} \cdot H}}{g} = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 2gH}}{g} =$$

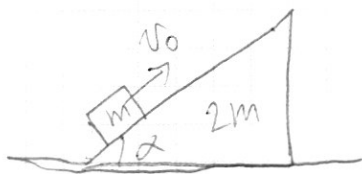
$$= -\frac{60}{10} \pm \frac{\sqrt{60^2 + 2 \cdot 10 \cdot 45}}{10} = -6 \pm \frac{\sqrt{3600 + 900}}{10} =$$

$$= -6 \pm \sqrt{36 + 9} = -6 \pm \sqrt{45} =$$

$$= -6 \pm 3\sqrt{5}$$

Потому, что  $-6 - 3\sqrt{5} = t$  не подходит, т.к.  $0 < 0$ .

ответ:  $-6 + 3\sqrt{5}$  с



№2 В момент, когда шайба остановилась её скорость <sup>скорости клина</sup> равна 0.

ЗС И на горизонтальную ось:

$m v_0 \cos \alpha = (2m + m) v_{кл}$ , где  $m$  и  $2m$  - массы шайбы и клина соотв., а  $v_{кл}$  - скорость клина в момент остановки шайбы.

$$v_{кл} = \frac{v_0 \cos \alpha}{3} = \frac{v_0 \cdot 0,6}{3} = v_0 \cdot 0,2$$

ЗС Э:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m g H}{2} + \frac{m v_{кл}^2}{2} + \frac{m v_{кл}^2}{2}$$

начальный момент      момент остановки шайбы      Ек. шайбы      Ек. клина      Ек. шайбы

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + m \cdot (0,2v_0)^2 + \frac{m}{2} \cdot (0,2v_0)^2 \quad | \cdot 2$$

$$mv_0^2 = 2mgh + 3m \cdot (0,2v_0)^2 \quad | : m$$

$$v_0^2 = 2gh + 3 \cdot 0,04v_0^2$$

$$v_0^2 = 2gh + 0,12v_0^2$$

$$0,88v_0^2 = 2gh$$

$$v_0^2 = \frac{2gh}{0,88}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{0,88}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,2}{0,88}} = \sqrt{\frac{4}{0,88}} =$$

$$= \sqrt{\frac{400}{88}} = \sqrt{\frac{50}{11}} \approx \sqrt{4,54} \approx 2,1 \frac{m}{c}$$

Ответ:  $2,1 \frac{m}{c}$

2)



Аналогично предыдущему пункту  
в момент остановки шаров;

$$\text{ЗСИ: } mv_0 \cos \alpha = (m+m) \cdot v_{кл.}$$

$$v_{кл.} = \frac{v_0 \cos \alpha}{2} = v_0 \cdot 0,3$$

$$\text{ЗЭЭ: } \frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{m v_{кл.}^2}{2} + \frac{m v_{кл.}^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + m v_{кл.}^2 \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_0^2 = 2gh + 2 v_{кл.}^2$$

$$v_0^2 - 2 \cdot (v_0 \cdot 0,3)^2 = 2gh$$

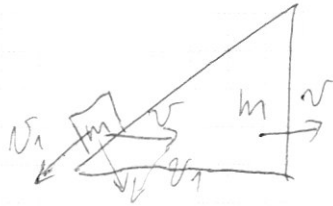
$$v_0^2 - 0,18 v_0^2 = 2gH$$

$$0,82 v_0^2 = 2gH$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{0,82}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,2}{0,82}} = \sqrt{\frac{4}{0,82}} = \sqrt{\frac{400}{82}} = \sqrt{\frac{200}{41}} \approx \sqrt{4,878} \approx$$

$$\approx 2,2 \frac{m}{c}$$

Пусть в момент возвращения маятника её скорость от кривизны равна  $v_1$ . Тогда:



$v$  - скорость кривизны

$$v_m^2 = v^2 + v_1^2 + 2 v v_1 \cdot \cos \alpha$$

(по т. косинусов)

$$v_m^2 = v^2 + v_1^2 + 1,2 v v_1$$

$$v_m = \sqrt{v^2 + v_1^2 + 1,2 v v_1}$$

$$\text{ЗСЭ: } \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_m^2}{2} + \frac{m v^2}{2}$$

$$v_0^2 = v^2 + v_1^2 + 1,2 v v_1 + v^2$$

$$v_0^2 = 2v^2 + v_1^2 + 1,2 v v_1$$

$$\text{ЗСУ: } m v_0 \cos \alpha = m v + m v - m v_1 \cos \alpha \quad | : m$$

$$0,6 v_0 = 2v - 0,6 v_1$$

$$v_0 \approx 2,2$$

$$0,6 \cdot 2,2 = 2v - 0,6 v_1$$

$$v = 0,3 \cdot 2,2 + 0,3 v_1 = 0,66 + 0,3 v_1$$

$$(2,2)^2 = 2(0,66 + 0,3 v_1)^2 + v_1^2 + 1,2 \cdot (0,66 + 0,3 v_1) \cdot v_1$$

$$4,84 = 2(0,4356 + 0,396 v_1 + 0,09 v_1^2) + v_1^2 + 0,792 v_1 +$$

$$4,84 = 0,8712 + 0,792 v_1 + 0,18 v_1^2 + 1,36 v_1^2 + 0,792 v_1 + 0,36 v_1^2$$

$$1,54 v_1^2 + 1,584 v_1 - 3,9688 = 0$$

$$v_1 = \frac{-1,584 \pm \sqrt{1,584^2 + 4 \cdot 1,54 \cdot 3,9688}}{2 \cdot 1,54} \approx$$

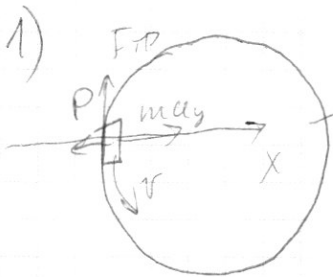
### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\approx \frac{-1,6 \pm \sqrt{1,6^2 + 4 \cdot 1,5 \cdot 4}}{2 \cdot 1,5} = \frac{-1,6 \pm \sqrt{2,56 + 24}}{3} \approx$$

$$\approx \frac{-1,6 \pm \sqrt{26,56}}{3} \approx \frac{-1,6 \pm 5,1}{3} = \frac{3,5}{3}$$

$$v = 0,66 + 0,3 \cdot v_1 = 0,66 + 0,3 \cdot \frac{3,5}{3} = 0,66 + 0,1 \cdot 3,5 = 0,66 + 0,35 = 1,01 \frac{m}{c}$$

Ответ:  $\approx 1,01 \frac{m}{c}$



вид сверху  $v_1$  действует вниз, перпендикулярно плоскости рисунка.

Полюс в проекции на ось x;

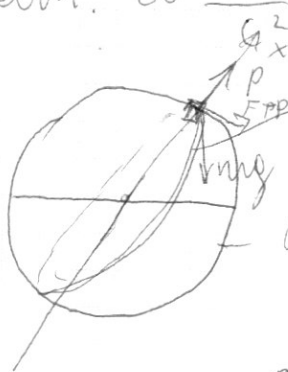
$$P = ma$$

$$P = 2mg \text{ (по условию)} \quad 2mg = ma$$

$$a = 2g = 20 \frac{m}{c^2}$$

Ответ:  $20 \frac{m}{c^2}$

2)



траектория морем | Рассмотрим самую верхнюю точку траектории.

в проекции на ось x; ( $F_{TP} \perp x$ )

$P \perp v$   $mg$   $\cos 45^\circ = ma_y$ .

При минимальной скорости  $P=0$ , т.е.

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

$$a_y = \frac{v_{\min}^2}{R}$$

$$mg \cos 45^\circ = \frac{m v_{\min}^2}{R}$$

$$g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{v_{\min}^2}{R}$$

$$v_{\min} = \sqrt{gR \cdot \cos 45^\circ} = \sqrt{10 \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \sqrt{5\sqrt{2}} \approx$$

$$\approx \sqrt{5 \cdot 1,41} = \sqrt{7,05} \approx 2,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $\approx 2,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $\sqrt{4}$

1)  $A = \Delta W + Q$

Расширение газа идет только в процессе 1-2, т.к. 2-3 - изохорный процесс, а в 3-1 ~~объем~~ объем уменьшается.

$$W_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$W_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} \cdot 2 p_1 \cdot 2 V_1 = 6 p_1 V_1$$

$$A = S \text{ под графиком } p_1 V_1 = \cancel{2 p_1 V_1}$$

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

$$\Delta W = (6 - 1,5) p_1 V_1 = 4,5 p_1 V_1$$

$$Q = 4,5 p_1 V_1 - \left( 2 - \frac{\pi}{4} \right) p_1 V_1 =$$

$$= 2,5 p_1 V_1 + \frac{\pi}{4} p_1 V_1 = \left( 2,5 + \frac{\pi}{4} \right) p_1 V_1 \approx$$

$$\approx (2,5 + 0,785) p_1 V_1 \approx 3,285 p_1 V_1$$

Ответ:  $3,285 p_1 V_1$

2)  $A \text{ газа} = S \text{ внутри цикла} \cdot p_1 V_1 = \left( 1 - \pi \cdot 1^2 \cdot \frac{1}{4} \right) p_1 V_1 =$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= (1 - \frac{\pi}{4}) P_1 V_1 \approx (1 - 0,785) P_1 V_1 = 0,215 P_1 V_1$$

Ответ:  $\approx 0,215 P_1 V_1$

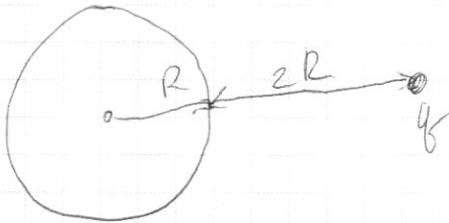
3)

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{0,215 P_1 V_1}{3,285 P_1 V_1} = \frac{215}{3285} \approx 0,065 = 6,5\%$$

Ответ: 6,5%

N5

1)



П.к. размеры шарика неболь-  
шие, то можно считать его  
точечным зарядом.

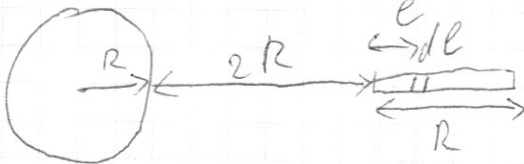
$$F = E_{\text{ср}} \cdot q = \frac{kQ}{(3R)^2} \cdot q = \frac{kq \cdot Q}{9R^2}$$

$E_{\text{ср}} = \frac{kQ}{r^2}$ , если заряд  $q$  находится на расстоя-  
нии  $r > R$  (из теоремы Гаусса)

Ответ:

$$\frac{kqQ}{9R^2}$$

2)



Будем считать силу, действо-  
вую на шар, как заряд  
шара, умноженной на сум-

му полей, создаваемых каждой точкой на-  
лички.

$$F = Q \cdot \int \frac{k \cdot q_i}{(l+3R)^2} = Q \cdot \int \frac{k \cdot dl \cdot \frac{q}{R}}{(l+3R)^2} =$$

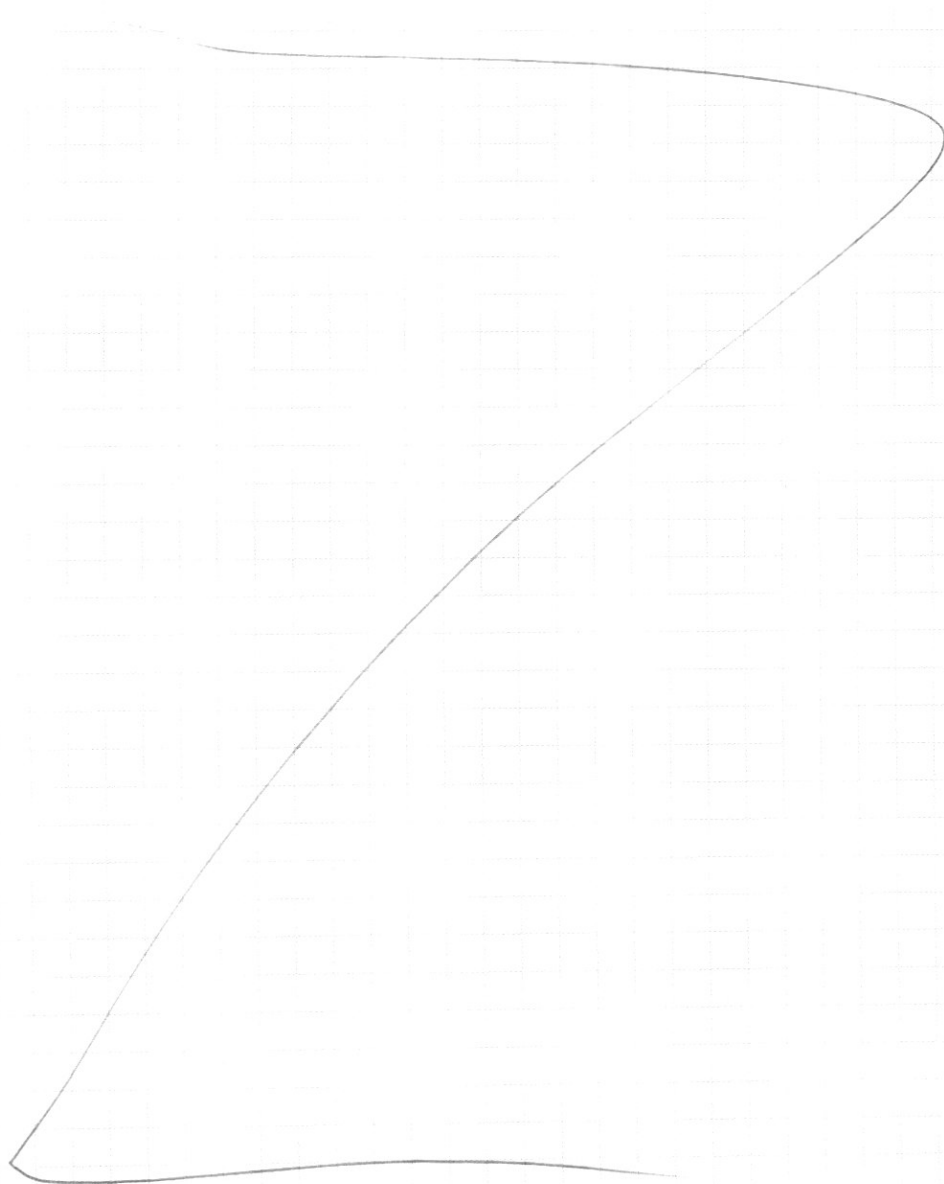
$\frac{q}{R}$  - плотность  
заряда на поверхности

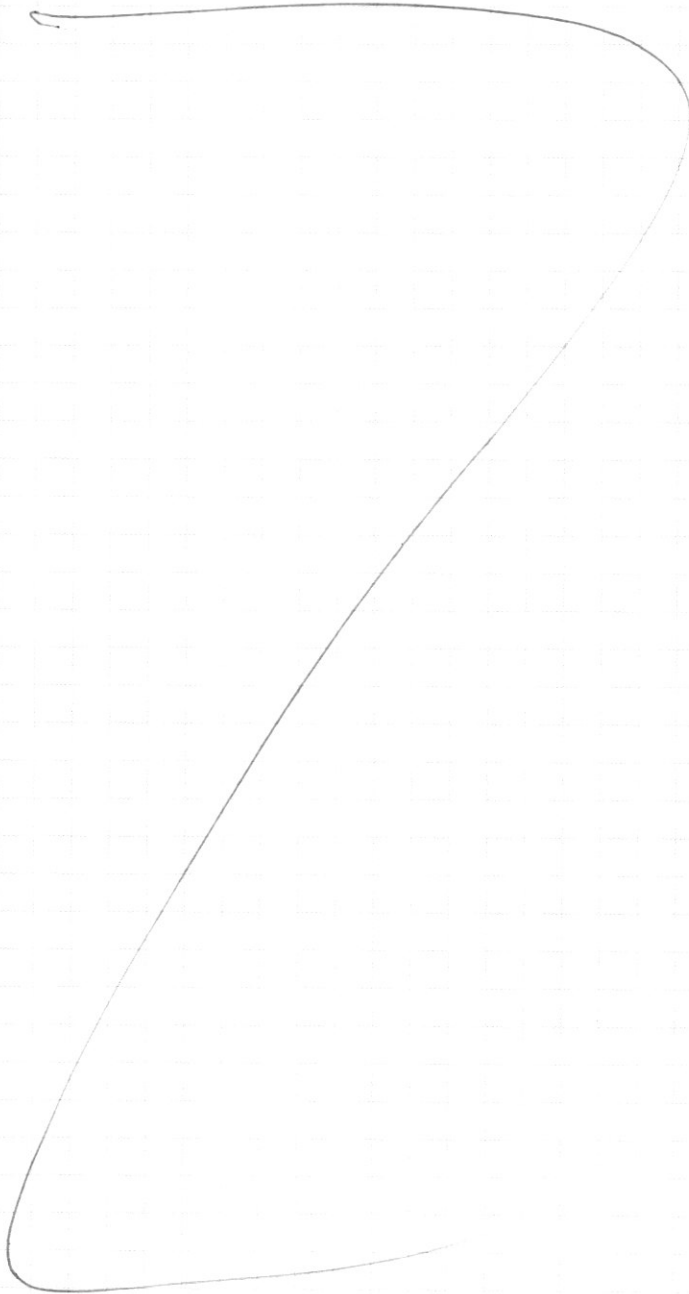
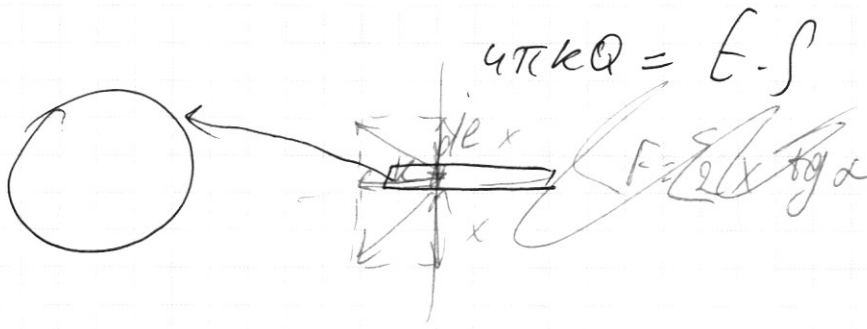


$$= \frac{Q \cdot k q}{R} \cdot \int \frac{dl}{(l+3R)} \quad (l \in [0; R]) = \frac{Q \cdot k q}{R} \cdot \left( -\frac{1}{l+3R} \right) \Big|_0^R =$$

$$= \frac{Q \cdot k q}{R} \cdot \left( \frac{1}{3R} - \frac{1}{4R} \right) = \frac{Q \cdot k q}{12 R^2}$$

Ответ:  $\frac{k q Q}{12 R^2}$





### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgH + m \cdot (0,2 v_0)^2 \quad | : m, m \neq 0$$

$$\frac{v_0^2}{2} = gH + 0,09 v_0^2$$

$$400 | 82 \quad 200 | 41$$

$$0,5 v_0^2 - 0,09 v_0^2 = gH$$

$$v_0^2 (0,41) = gH$$

$$v_0^2 = \frac{gH}{0,41}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gH}{0,41}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 0,2}{0,41}} = \sqrt{\frac{2}{0,41}} =$$

$$= \sqrt{\frac{200}{41}} \approx \sqrt{4,878} \approx 2,2 \frac{m}{c}$$

Ответ:  $2,2 \frac{m}{c}$

$$\begin{array}{r} 50 \cdot 2 \\ 10 \cdot 3 \\ \hline 0,46 \end{array}$$

$$1 - 0,12 = 0,88$$

$$v_0^2 = v_{кл}^2 + v_1^2$$

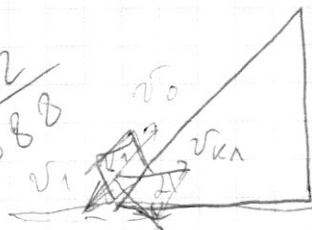
$$\begin{array}{r} 50 | 11 \\ 44 \quad 4,54 \\ \hline 60 \\ 55 \\ \hline 50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 50 | 11 \\ 44 \quad 4,54 \\ \hline 60 \\ 55 \\ \hline 50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 50 \cdot 1 \cdot 1 \\ 10 \cdot 1 \cdot 6 \\ \hline 22 \quad 31 \\ \times 22 \\ \hline 484 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \cdot 2 \\ 10 \cdot 3 \\ \hline 0,66 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \cdot 10 \\ 0,840 \\ 0,8712 \\ \hline 3,9688 \end{array}$$



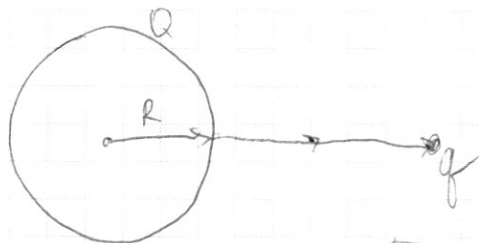
$$E_0 = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$I_0 = m v_0 \cos \alpha$$

$$m v_0 \cos \alpha = m v_{кл} = m v_1 \cos \alpha$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_{кл}^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} \quad 0,792 - 2 =$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



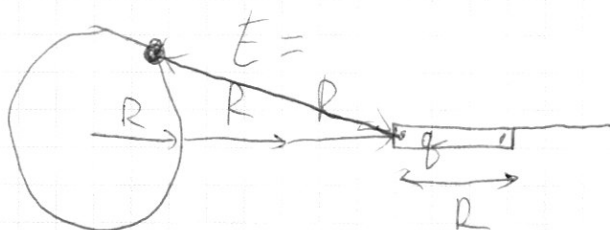
$$F = E q = \frac{k Q q}{(3R)^2} = q \cdot \frac{k Q}{(3R)^2}$$

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

$$E = \frac{k q}{r^2}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = gH + \frac{g}{100} v_0^2 \cdot 2$$

$$v_0^2 - \frac{g}{50} v_0^2 = 2gH$$



$$E_c = \frac{k q}{r^2} v_0^2 \left( \frac{41}{50} \right) = 2gH$$

$$v_0^2 = \frac{100gH}{41}$$

$$v_0 = 10 \sqrt{\frac{gH}{41}} = 10 \sqrt{\frac{10 \cdot 0.2}{41}}$$

$$4\pi k q \sigma \cdot S = E \cdot S = 10 \sqrt{\frac{2}{41}}$$

$$\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$4\pi k \sigma \cdot S = 4\pi \cdot \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \sigma \cdot S = E \cdot S$$

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

$$\begin{array}{r} 123 \\ 23 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 529 \\ \frac{v_0^2}{4} \end{array} \quad \begin{array}{r} 22 \\ 22 \\ \hline 44 \\ 14 \\ \hline 484 \end{array}$$

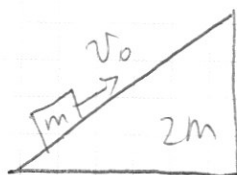
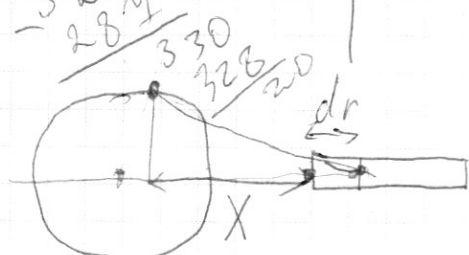
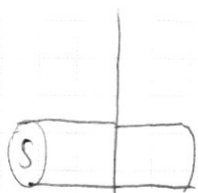
$$m v_0 = 2m \cdot v$$

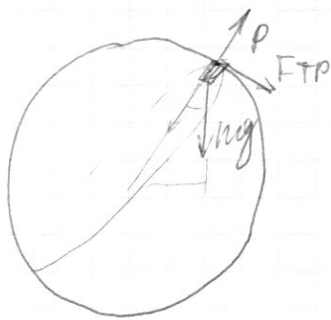
$$v = \frac{v_0}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgH + \frac{2m \cdot \frac{v_0^2}{4}}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgH + \frac{m v_0^2}{4}$$

$$\begin{array}{r} .910 \\ 200 \overline{) 41} \\ \underline{164} \phantom{0} \\ 328 \phantom{0} \\ \underline{320} \\ 280 \phantom{0} \\ \underline{280} \\ 0 \end{array}$$





$P \perp FTP$

$$mg \cos 45^\circ = P = ma_y$$

$$a_y = g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,17 \\ 2,17 \\ \hline 189 \\ + 54 \\ \hline 729 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ 26 \\ \hline 156 \\ + 52 \\ \hline 616 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,1414 | 4 \\ \underline{0} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ -31 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline 34 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ -32 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline 21 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \end{array}$$

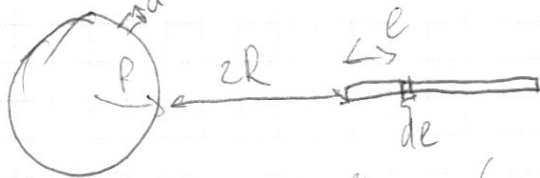
$$\begin{array}{r} 215 | 3285 \\ \underline{0} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ 2150 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline 0 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ -21500 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline -19680 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline 18200 \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \phantom{00} \end{array}$$

$$\int x = \frac{x^2}{2} \quad \frac{1}{3R} - \frac{1}{4R}$$

$$\int (l+3R)^{-2} = \frac{(l+3R)^{-1}}{-1} =$$

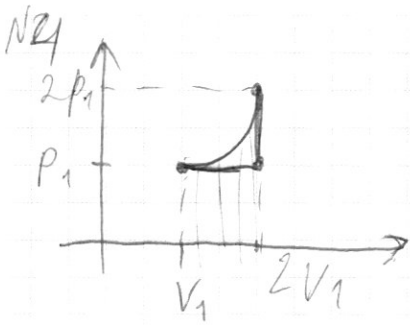
$$\int x^n = \frac{x^{n+1}}{n+1}$$

$$x = \frac{q}{R} = \frac{l}{l+3R} = -\frac{1}{l+3R}$$



$$Q/E = \frac{kq}{(l+3R)^2} \int \frac{k \cdot dl \cdot q}{R \cdot (l+3R)^2}$$

$$= \frac{kQq}{R} \cdot \frac{dl}{(l+3R)^2} \Big|_0^R = \frac{kQq}{R}$$



$$A_{\text{изг}} \text{возгон} = Q + \Delta W$$

$$\frac{mv^2}{2} =$$

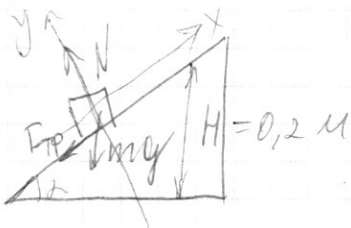
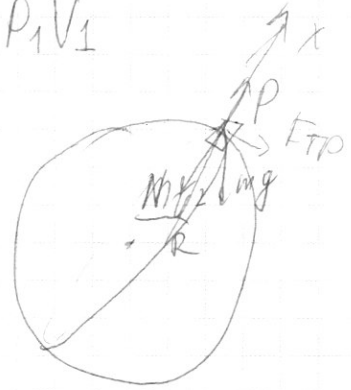
$$A_{\text{изг}} = v_1 \cdot 2P_1 -$$

$$A_{\text{изг}} = v_1 \cdot 2P_1 - P_1 v_1$$



$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$H = 0,2 \text{ м}$$



$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$$

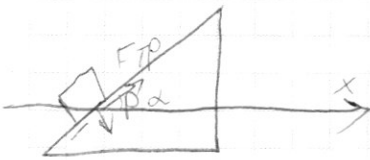
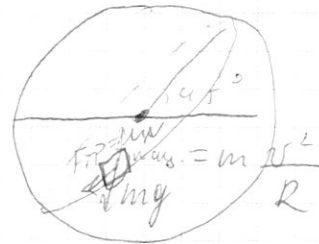
$$H = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\alpha = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{H}{\frac{4}{5}} = \frac{5H}{4}$$

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

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N = \mu mg \cos \alpha$$

$$x: x = 0 + v_0 t - \frac{at^2}{2}$$



$$ma = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$P = N = mg \cos \alpha$$

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

$$x: \text{максимум} =$$

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

$$x = v_0 t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot t^2}{2}$$

$$\frac{5H}{4} = v_0 t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot t^2}{2}$$



$$m v_0 \cos \alpha =$$

$$= -m v_0 \cos \alpha + m v_{\text{кл}}$$

$$2m v_0 \cos \alpha = 2m v_{\text{кл}}$$

$$v_{\text{кл}} = v_0 \cos \alpha$$



$$m a_y = 2mg$$

$$a_y = 2g$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

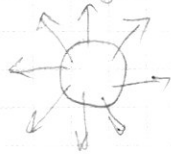
$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \quad H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{30 \cdot 30}{2 \cdot 10} = \frac{90}{2} = 45 \text{ м}$$

$$t_{\text{вып.}} = \frac{v_0}{g} \quad H = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$v_0 = gt = 10 \cdot 3 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad v_0^2 = 2gH$$

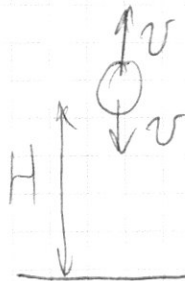
~~$mgh + k = mgh$~~

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} = \sqrt{3600} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$k = \sum \frac{m_i v_i^2}{2} = \frac{v}{2} \sum m_i = \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2k}{m}}$$



$$y = H - vt - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = vt - \frac{gt^2}{2}$$

$$45 = 60t - \frac{5t^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$9 = 12t - t^2$$

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

$$t = \frac{12 \pm \sqrt{144 - 4 \cdot 9}}{2} =$$

$$\begin{array}{r} 144 \\ - 36 \\ \hline 108 \\ | 4 \\ \hline 828 \\ | 27 \\ \hline 288 \\ + 36 \\ \hline 108 \\ | 3 \\ \hline 144 \\ | 36 \\ \hline 144 \\ | 4 \\ \hline 0 \end{array}$$

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

$$45 + 60t - 5t^2 = 0 \quad | : 5$$

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

$$t^2 - 12t - 9 = 0$$

$$t = \frac{12 \pm \sqrt{144 + 36}}{2} =$$

$$= \frac{12 \pm \sqrt{36(1+4)}}{2} =$$

$$= 6 \pm 3\sqrt{5}$$

$$t_0 = 6 + 3\sqrt{5}$$

$$= 6 \pm 3\sqrt{3}$$

$$t_н = 6 - 3\sqrt{3}$$

$$6 + 3\sqrt{5} - 6 + 3\sqrt{3} = 3(\sqrt{5} + \sqrt{3})$$