

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

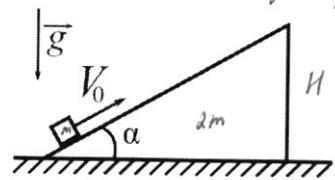
(заполняется секретарём)

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.

через какое время после взрыва осколки упадут на землю.

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



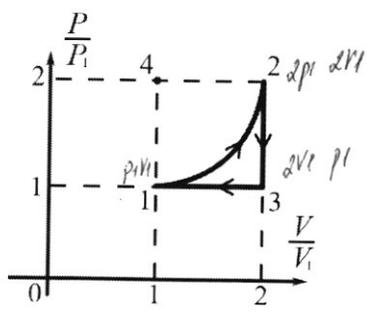
$H = 0,2 \text{ м}$ . Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

- 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  $q > 0$ .

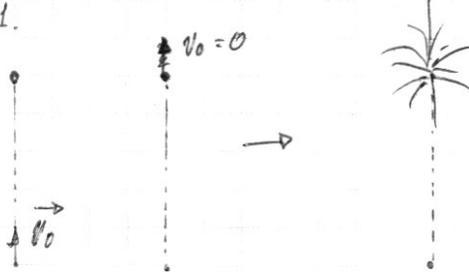
- 1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.
- Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $3R$  от центра.

- 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

№ 01.



1) Задача корректная. Все условия задачи учтены. Ответ определен.

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

ЗСЗ для проверки.

$$v_0 = \sqrt{2gH}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = gH \quad v_0^2 = 2gH$$

из II. кинематика.

$$v_0 - gT = 0 \Rightarrow v_0 = gT$$

Ответ: 1)

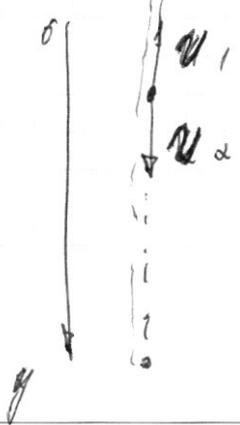
$$g^2 T^2 = 2gH$$

$$H = \frac{g T^2}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} = 45 \text{ м}$$

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

2) в момент разрыва падает осколок, который падает вертикально вниз, и ~~он~~ вертикально вверх.  $v_1 = v_2 = v$

$\Delta t$  нахождение и это  $x$

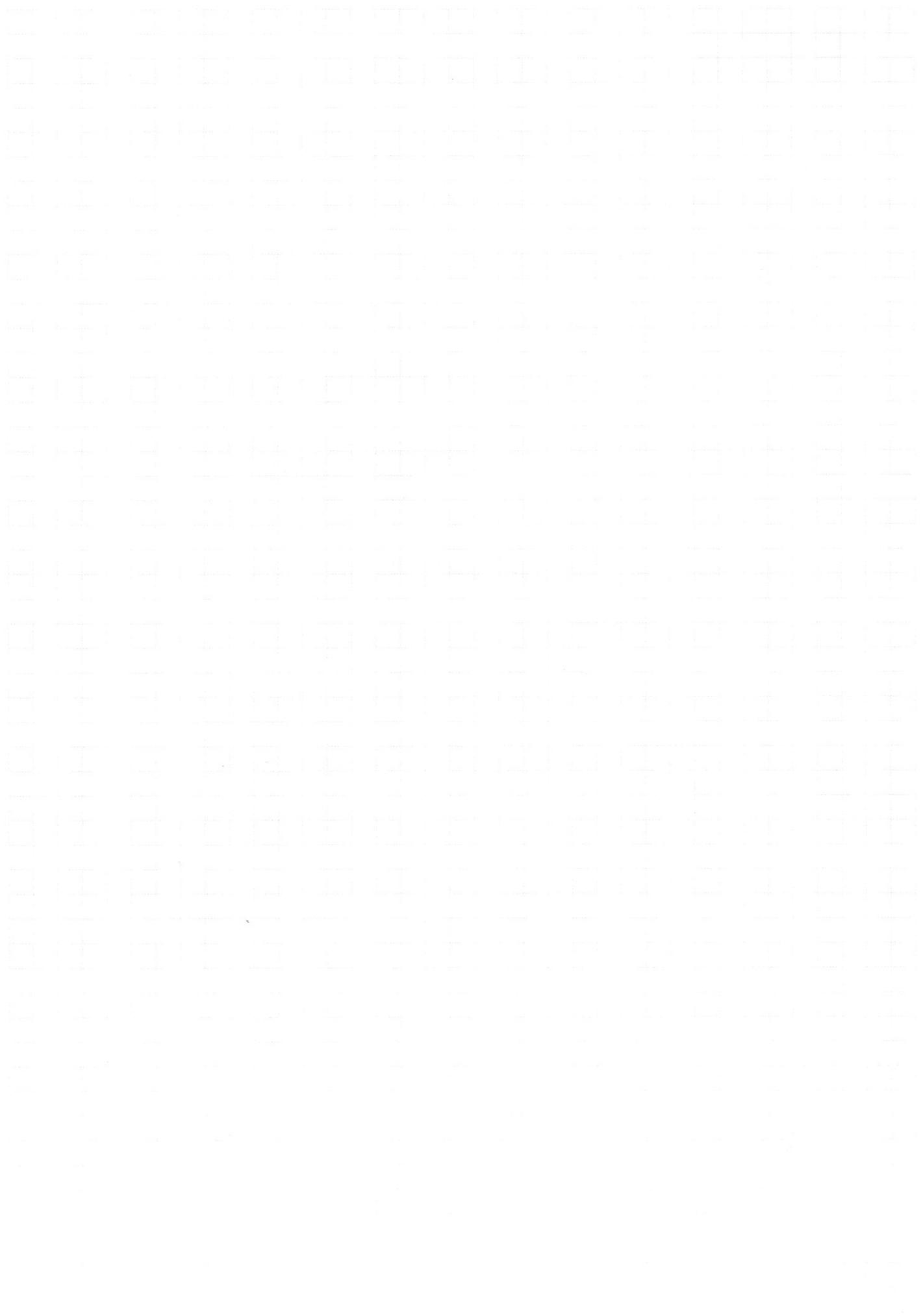


$$H = -v t_1 + g \frac{t_1^2}{2}$$

$$t_1 - t_2 = \tau$$

$$\textcircled{2} H = v t_2 + g \frac{t_2^2}{2}$$

$$t_1 = \tau + t_2$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Предположим, что их начальная скорость, что их массы равны.

$$K = \frac{m_{\text{оск.}} \cdot v_{\text{оск.}}^2}{2}$$

$$\Delta K = \frac{m_{\text{оск.}} \cdot \Delta v_{\text{оск.}}^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{\Delta K}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{\Delta K}{m}} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

из ур. (2)

$$\frac{g}{2} t_{\text{оск.}}^2 + v t_{\text{оск.}} - H = 0$$

$$5 t_{\text{оск.}}^2 + 60 t_{\text{оск.}} - 45 = 0$$

$$D = 3600 + 4500 = 8100$$

$$t_{\text{оск.}} = \frac{-60 \pm \sqrt{8100}}{10}$$

$$t_{\text{оск.}} = \frac{-60 \pm 90}{10}$$

$$t_{\text{оск.}1} = \frac{-60 - \sqrt{45 \cdot 100}}{10} < 0 \text{ не подходит.}$$

$$t_{\text{оск.}2} = \frac{-60 + \sqrt{45 \cdot 100}}{10} = \frac{-60 + 10 \sqrt{45}}{10} = -6 + 3\sqrt{5} > 0$$

Ответ:  $t_{\text{оск.}} = 3\sqrt{5} - 6$  с

~~Длина плечей~~

~~Пропорел решение.~~

$$~~t_1 - t_2 = r - ?~~$$

$$~~y(1). H = -vt_1 + \frac{gt_1^2}{2} = -vr - vt_2 + \frac{g(t_2+r)^2}{2} =~~$$

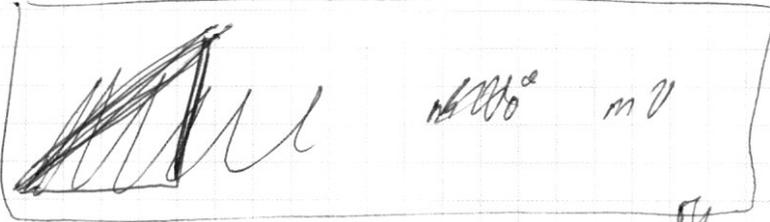
$$~~H = -vr - vt_2 + \frac{g}{2} (t_2^2 - 2t_2r + r^2) =~~$$

$$~~= -vr - vt_2 + \frac{g}{2} t_2^2 - g t_2 r + \frac{g}{2} r^2~~$$

~~y(2)~~

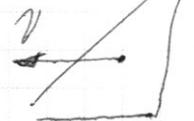
$$~~H = vt_2 + \frac{gt_2^2}{2}~~$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



2)

ЗС И



$$\mu v_0 \cos \alpha = 2 \mu v$$

$$v = \frac{v_0 \cos \alpha}{2} = v_0 \cdot 0,3$$

1)

ЗСЭ:

$$\frac{3m v^2}{2} + mgH = \frac{3m v_x^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2}$$

$$3 v^2 + 2gH = 3 v_x^2 + v_0^2$$

$$3 \cdot (0,3)^2 v_0^2 - v_0^2 + 2gH = 3 v_x^2$$

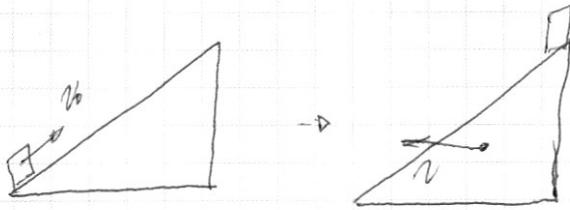
3

~~3~~

$$\frac{-\frac{73}{100} v_0^2 + 4}{3} = v_x^2$$

$$\frac{-\frac{73}{20} + \frac{80}{20}}{3} = v_x^2$$

№ 2.



$$\text{ЗСЭ: } \frac{m}{2} v_0^2 = mgh + \frac{3m}{2} v^2$$

$$v_0^2 = 2gh + 3v^2$$

ЗСН:

$$mv_0 \cos \alpha = 3mv$$

$$\text{или } v = \frac{v_0 \cos \alpha}{3} = 0,2 v_0$$

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

$$v_0^2 (1 - 3 \cdot 0,04) = 2gh$$

$$v_0^2 = \frac{2gh}{0,82} = \frac{10 \cdot 10}{0,82} \approx \frac{10 \cdot 10}{4}$$

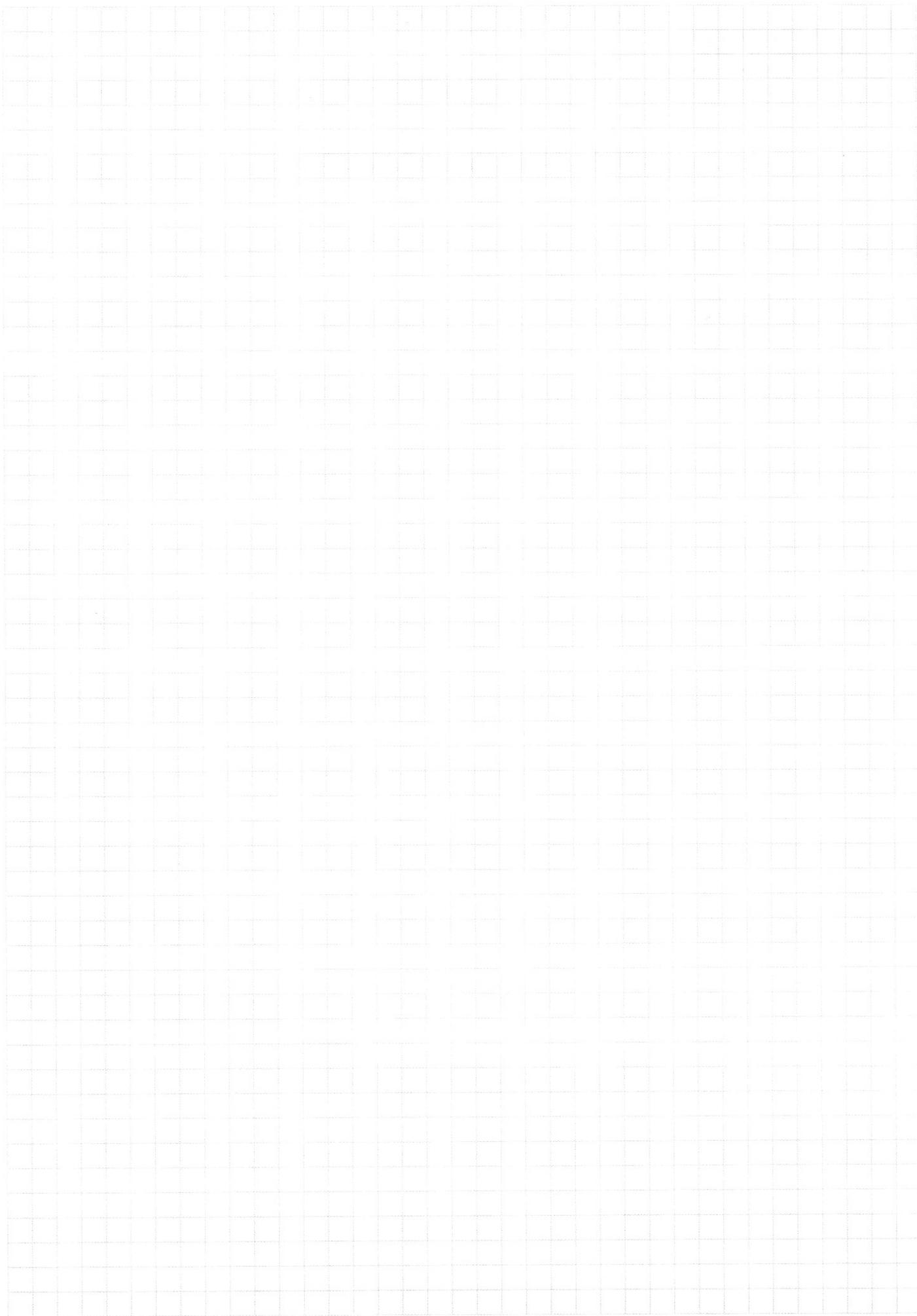
$$v_0 = \sqrt{\frac{10 \cdot 10}{4} \cdot 11} = 5\sqrt{11}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{5} \frac{m}{c}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ:  $v_x^2 = \frac{7}{60}$   
 $v_x = \sqrt{\frac{7}{60}} \frac{м}{с}$

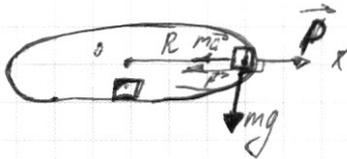


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3.



$$P = N = 2mg$$

м.к. движение равномерное, то  $F_{\text{об}} = \text{const}$   
по 3 з. Ньютона  $-\vec{P} = \vec{N}$

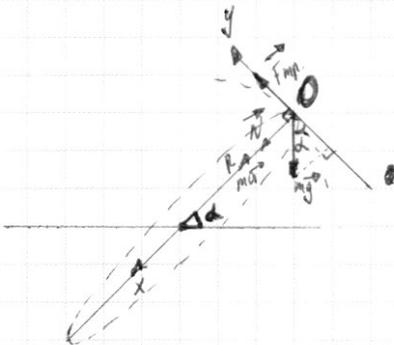
1) м.к. автомобиль не ускорит с "оптимальн", то  
разреш

$$\vec{m}\vec{a} = \vec{N}$$

на OX

$$ma = N = 2mg \Rightarrow \text{Общ. } a = 2g$$

2)



в м. 0 самое экстремальное место.  
(следует рассмотреть  
силы именно там.  
Если там все вычислили,  
то и на других участках  
математика не упрощет.

$$F_{\text{тр}} = N\mu$$

на OY:

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

на OX:

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

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

$$\mu a' \geq \mu g \frac{\cos \alpha}{\mu} + \mu g \sin \alpha$$

$$a'_{\min} = \frac{v_{\min}^2}{R} \text{ (предельная скорость)} \Rightarrow \frac{v_{\min}^2}{R} = g \left( \frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right)$$

Общ.:

$$v_{\min} = \sqrt{gR \left( \frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right)} = \sqrt{10 \cdot \frac{15}{2} \cdot \left( \frac{\cos 30^\circ}{0.4} + \sin 30^\circ \right)}$$

$$= \sqrt{10 \cdot \frac{15}{2} \cdot \frac{5}{4}} = \sqrt{\frac{15}{2} \cdot \frac{5}{1}} = \sqrt{\frac{75}{2}} = \frac{5\sqrt{15}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

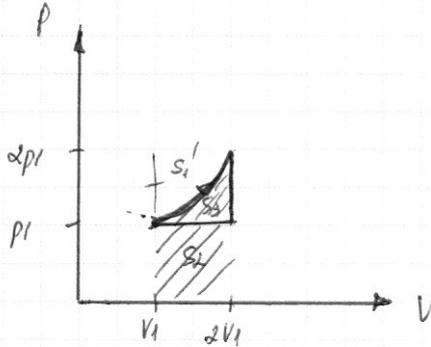


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 04.



13. Т. Д.

$$1) Q = A' + \Delta U$$

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) \\ &= \frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} \cdot 3 p_1 V_1 = \\ &= \frac{9}{2} p_1 V_1 \end{aligned}$$

$$A' \approx \text{площадь } S \text{ под графиком.} = S_{\text{длинн. трик}} = S_3 + S_2$$

$$S_2 = p_1 V_1$$

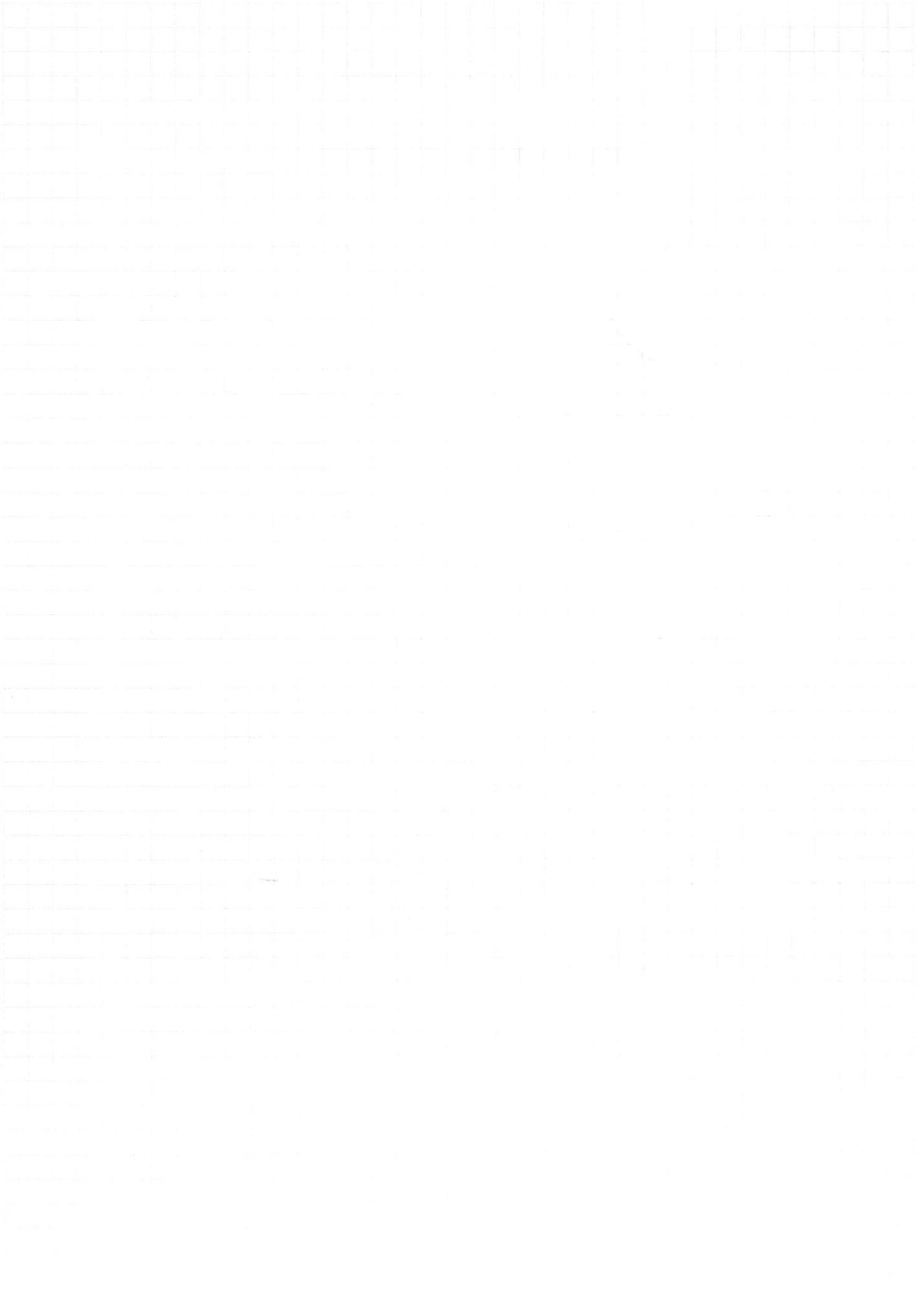
$$S_3 = p_1 V_1 - S_1 = S_1 = \frac{1}{4} S_{\text{окр.}} = \frac{1}{4} \pi \cdot p_1^2 = \frac{1}{4} \pi p_1 V_1$$

$$S_3 = p_1 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1$$

(м.к. окр. 42 = окр. 11 из  
общ. окр.)

$$A' = S_2 + S_3 = p_1 V_1 \left(2 - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$\begin{aligned} \text{Овл. 1: } Q &= A' + \Delta U = \frac{9}{2} p_1 V_1 + \left(2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1 = \left(\frac{9}{2} + 2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1 = \\ &= \frac{18 + 8 - \pi}{4} p_1 V_1 = \frac{26 - \pi}{4} p_1 V_1 \end{aligned}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)  $A'_{23} = 0$ , т.к.  $\Delta V = \text{const}$

$$A'_{31} = -p_1 V_1$$

Сумма:  $A'_\Sigma = A'_{12} + A'_{31} = p_1 V_1 \left(2 - \frac{\sqrt{6}}{4}\right) - p_1 V_1 = \left(1 - \frac{\sqrt{6}}{4}\right) p_1 V_1$

2)  $\eta = \frac{A'}{Q_{\text{нагр.}}} = \frac{A'_\Sigma}{Q_{12}} =$  в процессах 23 и 31 газ отдаёт тепло.

$$= \frac{\left(1 - \frac{\sqrt{6}}{4}\right) p_1 V_1}{\frac{26 - \sqrt{6}}{4} p_1 V_1}$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const.}$$

$$A'_{23} = 0 \Rightarrow Q_{23} = \Delta U_{23}$$

$p = \text{const } p \downarrow \Rightarrow T \downarrow \Rightarrow$   
 $V = \text{const}$   
 $\Rightarrow \Delta T < 0 \Rightarrow Q < 0$

$$= \frac{4 - \sqrt{6}}{26 - \sqrt{6}} = \frac{0,0686}{22,86} \approx$$

$$A'_{31} < 0$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

$p = \text{const } V \downarrow \Rightarrow$   
 $\Rightarrow T \downarrow \Rightarrow \Delta T_{23} < 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta U_{31} < 0$$

$$Q = \Delta U + A' < 0$$

$$\approx \frac{1}{23}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$H = 16T - \frac{gT^2}{2} \quad v_0^2 = 2gH$$

$$H - \sqrt{2gH} T + \frac{gT^2}{2} = 0 \quad v_0 = \sqrt{2gH}$$

$$x^2 - T\sqrt{2g} x + \frac{gT^2}{2} = 0 \quad \sqrt{H} = x$$

$$x^2 - 3 \cdot \sqrt{20} x + 45 = 0$$

$$D = 9 \cdot 20 - 4 \cdot 45 = 180 - 180 = 0$$

$$x = \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{a}} \quad \frac{3\sqrt{20}}{2} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{20} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{4 \cdot 5} = 3\sqrt{5}$$

$$H = x^2 = 9 \cdot 5 = 45 \text{ м}$$

$$\text{кг} \quad \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$p = F \Delta t \quad \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с}$$

$$mV + mU_1 = mU_2$$

$$\sqrt{5} \quad 5 \cdot \sqrt{0,2} = \sqrt{\frac{2}{10}} = \frac{5 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{5} \cdot \sqrt{5} \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{5}} = \sqrt{5}$$

$$10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} \cdot \frac{9 \cdot 3}{4} \cdot \frac{5}{\sqrt{2}} \cdot \frac{9}{2} \quad 3 \sqrt{\frac{5}{10 \cdot 2}}$$

$$10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \left( \frac{5}{4} + 1 \right)$$

$$\frac{5 \sqrt{2} \cdot 9}{4} \quad \frac{5 \cdot 9}{2 \sqrt{2}} \sqrt{\frac{15}{2 \sqrt{2}}}$$

$$\frac{3m}{2} v^2 + m g H \quad \Rightarrow \quad m \left( \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2} + m g H = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_x^2}{2} \right)$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gH = v_0^2 + v_x^2$$

$$\frac{4}{100} \cdot 3 = \frac{16}{100} v_0^2$$

$$\frac{82}{100} v_0^2 \left( \cos^2 \alpha - 1 \right) + 2gH =$$

$$5 \cdot \left( 0,64 - 1 \right)$$

$$5 \cdot 0,64 + 0,4 \cdot 10 = v_x^2$$

Итого  $\sqrt{5(0,64 + 0,8)} = v_x$

$$\sqrt{5} \cdot \sqrt{1,44}$$

$$v_x = v_x + v_0 \cos \alpha$$

$$v_x = v - v_0 = 0,4 v$$

v

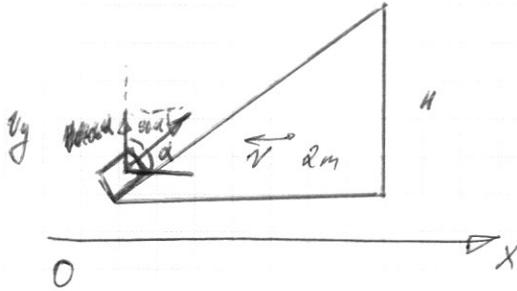
~~v~~

~~104~~  
8

~~114~~  
490

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2.



1) Все углы  $\rightarrow$  трения нет.

2) ЗСЭ при движении системы.



3) ЗСЭ на ОХ.

$$m v_0 \cos \alpha = 2 \rho h v^2$$

$$v = \frac{v_0 \cos \alpha}{2} = 0,3 v_0$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{2 \rho h v_0^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2 g H + 2 v^2$$

$$v_0^2 = 2 g H + 2 \cdot 0,09 v_0^2$$

$$(1 - 0,18) v_0^2 = 2 g H$$

$$v_0^2 = \frac{2 \cdot g H}{0,82} \approx \frac{4}{5}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot g H}{0,82}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 11}{0,82}} = \sqrt{270,7} \approx 16,45 \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \text{Н}}{1}} = 5 \sqrt{10^5} = 5 \cdot 10^2 \cdot \sqrt{10} = 500 \sqrt{10} \text{ м/с}$$

Ответ:  $v_0 = \sqrt{5 \cdot 15} \cdot \sqrt{\frac{2}{5 \cdot 2}} = \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

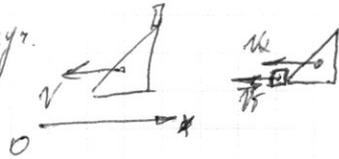
2) ЗСЦ:

$$m v_0 \cos \alpha = m v$$

$$v = 0,6 v_0$$

далее ЗСЦ для

2 сур.



в момент поездки бруска

обратно или имеет скорость  $v$ ,

а брусок имеет потенциальную энергию  $mgH$

на ОХ:

$$- m v =$$