

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

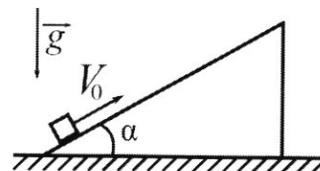
(заполняется секретарём)

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.

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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

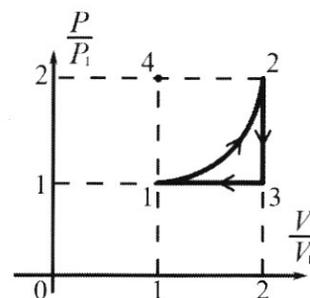
- 1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.
- 2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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  $q > 0$ .

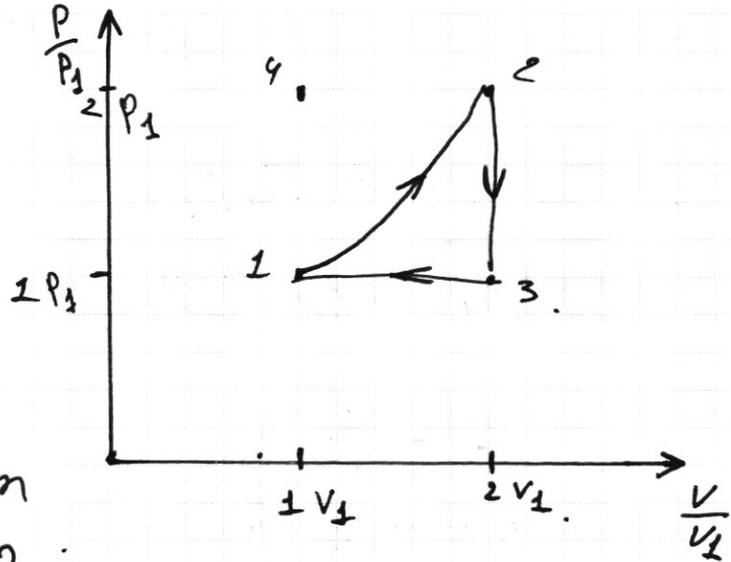
- 1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.
- Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $3R$  от центра.
- 2) Найдите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

Даны  
 $\nu = 1 \text{ ммб}$   
 $i = 3$

Задача №4.



газ термодинамически  
на участке 1-2:

по 1-ому началу термодинамики:

$$Q = A + \Delta U, \text{ где}$$

$$\text{где } S_{\text{цикл}} = S R^2$$

$$A = 2 \frac{P}{P_1} \cdot \frac{V}{V_1} - S R \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{P}{P_1} \cdot \frac{V}{V_1}$$

$$\text{где } A = 2 P_1 V_1 - 0,25 S R P_1 V_1$$

~~Газовая смесь~~ ~~идеальный газ~~ ~~идеальный газ~~

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu (T_k - T_n) = \frac{i}{2} \cdot 1 \cdot (T_k - T_n) =$$

$$\text{где } \frac{i}{2} (2 P_1 \cdot 2 V_1 - P_1 V_1), \quad i = 3.$$

$$1,5 (3 P_1 V_1) = 4,5 P_1 V_1 \text{ мдж}$$

$$Q = 6,5 P_1 V_1 - 0,25 S R P_1 V_1$$

## Задача 4 продолжение

$$A_{зг} = P_1 V_1 - \frac{1}{4} \eta L P_1 V_1$$

по определению:  $\eta = \frac{A_{зг}}{Q_{под}} =$

$$= \frac{P_1 V_1 - \frac{1}{4} \eta L P_1 V_1}{6,5 P_1 V_1 - 0,5 \eta L P_1 V_1} =$$

$$= \frac{1 - \frac{1}{4} \eta L}{6,5 - 0,5 \eta L} =$$

приблизительный счет:

пусть  $\eta L = 3,1$

$$\frac{1 - \frac{3,1}{4}}{6,5 - 0,5 \cdot 3,1} = \frac{1 - 0,775}{6,5 - 1,55} = \frac{0,225}{4,95} =$$

$$= \frac{1}{20} \approx 5\%$$

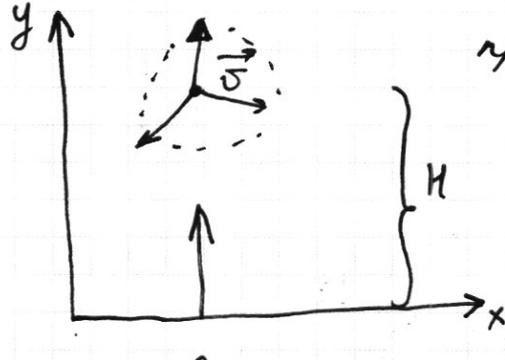
Ответ на задачу 4:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = 6,5 P_1 V_1 - 0,25 \eta L P_1 V_1 \\ A_{зг} = P_1 V_1 - \frac{1}{4} \eta L P_1 V_1 \\ \eta = \frac{1 - \frac{1}{4} \eta L}{6,5 - 0,5 \eta L} \approx 5\% \end{array} \right.$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано.  
 $m = 1 \text{ кг}$   
 $T = 3 \text{ с}$   
 $K = 1800 \text{ Дж}$   
~~\_\_\_\_\_~~

Задача 1.



Планировка при изменении  
 правил: когда упадет  
 первый объект  
 там и двинется.

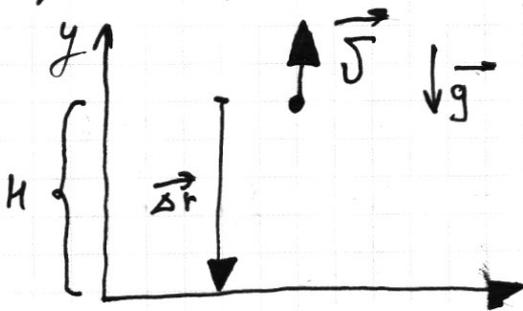
Запишем выражение для энергии.

$$\frac{m v^2}{2} = K, \text{ где } m - \text{масса вещества}$$

$$2K = m v^2$$

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

проанализировав, пытаюсь, что самым  
 быстрым упадут те объекты, которые летели  
 строго вверх и  $v_y$  их максимальна.



$$\vec{H} = \vec{v}_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

$$Oy: -H = v_0 t - \frac{g t^2}{2} \quad | \cdot (-1)$$

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

$$\text{где } H = \frac{g t^2}{2} - \sqrt{\frac{2K}{m}} \cdot t =$$

~~$$= \frac{10 \cdot 10^2}{2} - \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} \cdot 10 = \frac{1000}{2} - 60 \cdot 10 =$$

$$= 500$$~~

Задача №2.

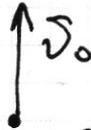
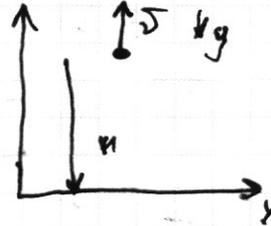
~~Даны все век будет лететь вертикаль,~~  
~~а меньше все иными кусок.~~

Графиком изменение скорости.

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

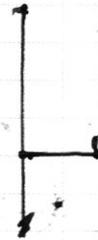
$$mv^2 = 2K$$

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



$$\text{от } \begin{cases} H = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \\ 0 = v_0 - gt \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} H = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \\ \vec{v} = \vec{v}_0 + g t \end{cases}$$



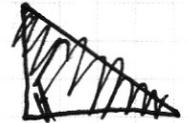
$$t = \frac{v_0}{g}$$

$$v_0 = gt$$

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

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

$$2H = gt^2$$



Это первый ось как  
укажет:

Задача №2.

$$H = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} = \boxed{45 \text{ м}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2K}{m}} = 60 \text{ м/с.}$$

$t$  всегда  $> 0 \Rightarrow$  второй нуль скорости

$$H = v_2 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$t_1 = \frac{-60 + \sqrt{3600 + 2 \cdot 45 \cdot 10}}{10}$$

$$\frac{gt^2}{2} + v_2 t - H = 0$$

$$= \frac{-60 + \sqrt{4500}}{10} = \frac{-6 + \sqrt{45}}{1} = -6 + 3\sqrt{5} = -6 + 3 \cdot 2,2 = 0,6$$

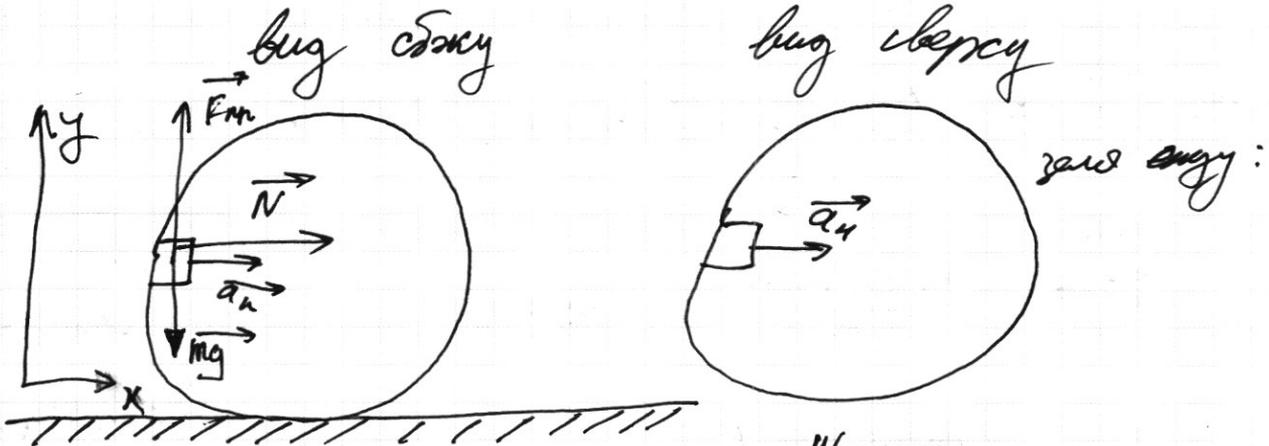
$$D = v_2^2 + 4H \cdot \frac{g}{2} = v_2^2 + 2gH$$

$$t_{1,2} = \frac{-v_2 \pm \sqrt{v_2^2 + 2gH}}{g}$$

$$\text{Ответ: } \begin{cases} H = 45 \text{ м/с} \\ t_2 = 0,6 \text{ с} \end{cases}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3.



$$\vec{m a_n} = \vec{N} + \vec{F_{fr}} + \vec{m g}$$

$$\begin{cases} O_x \{ m g = F_{fr} \\ O_y \{ m \frac{v^2}{R} = N \end{cases} \Rightarrow m \frac{v^2}{R} = 2 m g \quad | : m$$

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

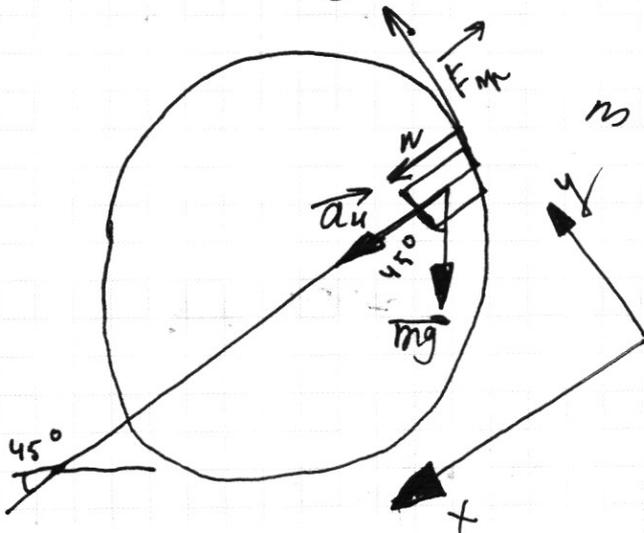
$$a = 2g = 20 \text{ м/с}^2$$

$$20 \text{ м/с}^2$$

то 2 зоны флотации:

Самая критическая точка  
теория на практике.

Ситуация №2.



$$\vec{m a_n} = \vec{m g} + \vec{N} + \vec{F_{fr}}$$

$$O_x \{ m a_n = N + m g \cos 45.$$

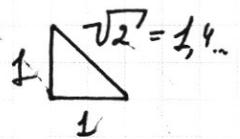
$$O_y \{ F_{fr} = m g \sin 45.$$

Задача 3 продолжение.

$$\begin{cases} m \frac{v^2}{R} = N + mg \cos 45 \\ N \mu = mg \sin 45 \end{cases}$$

$$N = \frac{mg \sin 45}{\mu}$$

Чтобы найти  $\sqrt{2}$  воспользуемся известными свойствами и найдем значение тангенса:



$$m \frac{v^2}{R} = \frac{mg \sin 45}{\mu} + mg \cos 45 \quad | : m$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{g \sin 45}{\mu} + g \cos 45$$

$$v^2 = \frac{g \sin 45 R}{\mu} + g \cos 45 R$$

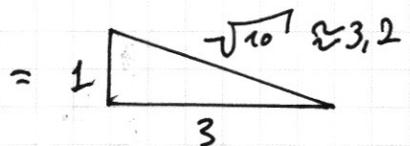
$$v = \sqrt{\frac{g \sin 45 R}{\mu} + g \cos 45 R}$$

Ответ  
 $a = 20 \text{ м/с}^2$   
 $v \approx 2,98 \text{ м/с}$

$$= \sqrt{\frac{10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 1}{0,8} + 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 1}$$

$$\begin{array}{r} 4 \overline{) 8} \\ 40 \overline{) 0,8} \dots \\ \underline{60} \\ 60 \end{array}$$

$$= \sqrt{\frac{5 \cdot 1,4 \cdot 1}{0,8} + 5 \cdot 1,4}$$



$$= \sqrt{\frac{4}{0,8} + 4}$$

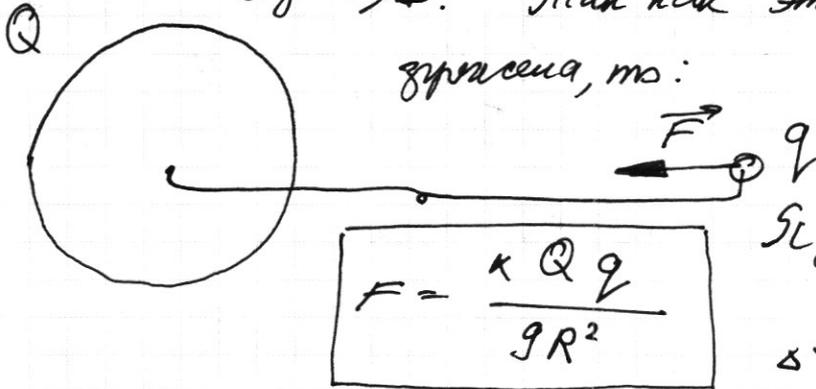
$$= \sqrt{0,9 + 4} = \sqrt{4,9} = \dots$$

$$= \sqrt{0,49 \cdot 10} \cdot \sqrt{0,49} \cdot 3,2 \approx$$

$$\approx 0,9 \cdot 3,2 = 10^{-2} \cdot 9 \cdot 32 = 10^{-2} (270 + 18) = 10^{-2} \cdot 298 \approx \boxed{2,98 \text{ м/с}}$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

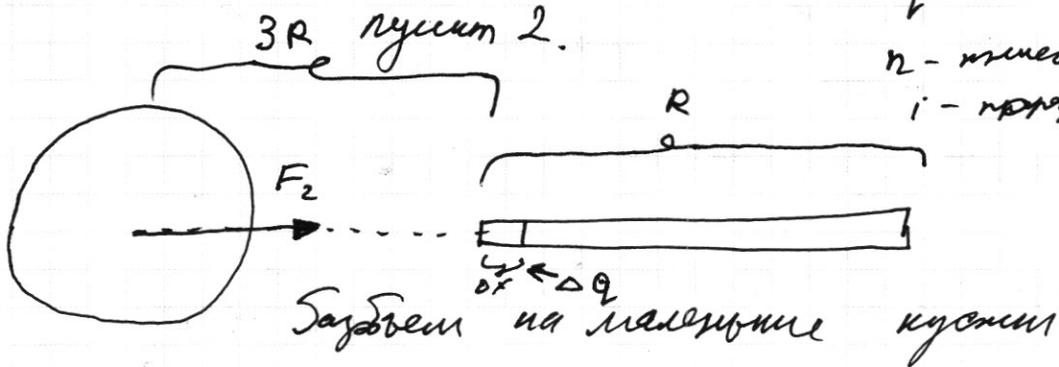
Задача 13. Если как это всегда бывает  
выражена, то:



$$F = \frac{k Q q}{R^2}$$

Следующим образом:

- $\Delta x$  - малый участок
- $\Delta q$  - малый заряд
- $n$  - количество участков
- $i$  - порядковый номер участка



Разобьем на маленькие кусочки

Согласно принципу суперпозиции:

$$F_k = \sum_{i=1}^n F_{\Delta x_i}$$

$$F_{\Delta x_i} = \frac{k Q \Delta q}{3R + \Delta x_i}$$

~~разобьем на~~

$$F_2 = k Q \sum_{i=1}^{\frac{R}{\Delta x}} \frac{\Delta q}{3R + \Delta x_i} =$$

~~$F_{\Delta x_i} = \frac{k Q \Delta q}{3R + R}$~~   ~~$F_{\Delta x_i} = \frac{k Q \Delta q}{4R}$~~

$$= k Q q \sum_{i=1}^{\frac{R}{\Delta x}} \frac{1}{3R + \Delta x_i}$$

Ответ:  $F_1 = \frac{k Q q}{R^2}$  |  $F_2 = \frac{k \cdot Q \cdot \Delta q \cdot 24}{4R}$

Черновик

$$2,25 (1 - 0,36) = 2$$

~~2,25 =~~

$$H = \frac{10.49}{2} - \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} \cdot 4 =$$

$$2,25 \cdot \left(1 - \frac{0,36}{3}\right) = 2 = \frac{490}{2} - 60 \cdot 4 =$$

$$\frac{10.49}{2} - 60 \cdot 4 = 2,25 \cdot 0,88 = 2$$

= 3

$$H = \frac{gt^2}{2} - vt = \frac{10.49}{2} - 420$$

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

60 · 10 = 600

~~m\sqrt{2} = 2k~~  $\frac{1000^2}{2} =$

$$v = \sqrt{\frac{2k}{m}} = 60 \text{ м/с} \cdot H = 10t^2$$

$$k = 5t^2 - 60t$$

~~H =~~  $k_0 = \frac{60}{10} = 6 \text{ с}$

~~H = 6 \cdot 10 - 10 \cdot 10~~

$$H = \frac{60 \cdot 10 - 10 \cdot 100^2}{2}$$

$$F = k \cdot q \sum_{i=1}^n \frac{1}{3R + \Delta x(i-1)}$$

$$\frac{1}{3R} + \frac{1}{3R + \Delta x \left(\frac{R}{\Delta x} - 1\right)}$$

$$\frac{1}{3R} + \frac{1}{3R + R}$$

$$\frac{4R + 3R}{12} = \frac{7R}{12}$$

~~60 \cdot 49 \cdot 100~~

~~60 \cdot 100~~

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

*Задача*

$\cos \alpha = 0,6$   
 $v_0 = v_0$   
 $H = 0,2 \text{ м}$

$\sqrt{2}$

$v_0 - ?$   
 $v_{\text{масса}}$

*Будем считать закрыты стержни*

$M$  — масса шайбы

ЗСЭ:  $\frac{M v_0^2}{2} = \frac{3M v_k^2}{2} + M g H$

ЗСИ:  $M v_0 = (M + 2M) v_k$

$$\begin{cases} v_0^2 = 3 v_k^2 + g H \\ v_0 \cdot \cos \alpha = 3 v_k \end{cases}$$

где  $v_k = \frac{v_0 \cdot \cos \alpha}{3}$

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

$$v_0^2 = \frac{(v_0 \cdot \cos \alpha)^2}{3} + g H$$

$$v_0^2 - \frac{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}{3} = g H$$

$$v_0^2 \left( 1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3} \right) = g H$$

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

$$= \sqrt{\frac{10 \cdot 0,2}{1 - \frac{0,36}{3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{1 - 0,12}}$$

√3 прымаем

$$\sqrt{\frac{2}{0,88}} = \sqrt{\frac{200}{88}} = \sqrt{\frac{100}{44}} =$$

$$\sqrt{\frac{50}{22}} = \sqrt{\frac{25}{11}} = \frac{5}{\sqrt{11}} = \frac{5}{3,2} = \frac{50}{32} =$$

√11 прыкладна менш за 3 и 4 дзяліць на трыццаці =  $\frac{25}{16} =$   
 мы наблізілі 3,2 мнс-на трыццаці  $\approx \boxed{1,5}$

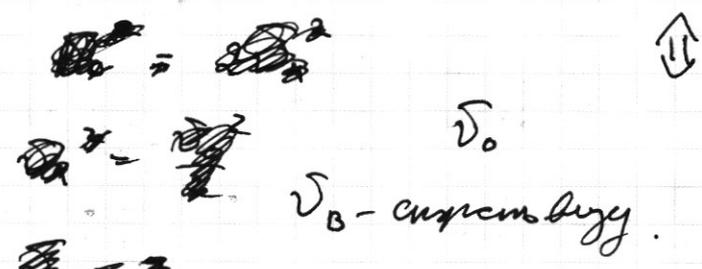
$$32^2 = (30+2)^2 = 900 + 120 + 4 = 1024. \text{ мы } \approx$$

$$\approx \boxed{1,5 \text{ м/с}}$$



Цяпер мы зможам зрабіць з гэтым з'явіліся ўсталяваныя ЗЭ,  
 у нас прымаем ~~з'явіліся~~  $E_{\text{пот}}$  ужо востра

$$\begin{cases} \text{ЗЭ} \left\{ \frac{Mv_0^2}{2} = \frac{2Mv_k^2}{2} \right. \\ \text{ЗСН} \left\{ Mv_0 \cos \alpha = 2Mv_k \right. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0^2 = 2v_k^2 \\ v_0 \cos \alpha = 2v_k \end{cases}$$



З'явіліся  $v_k^1 - ?$

$$\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mv_k^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} \\ mgh + \frac{2mv_k^2}{2} = \frac{Mv_k^{12}}{2} + \frac{mv_0^2}{2} \end{cases}$$

Аб'ект:  $\begin{cases} v_0 = 1,5 \text{ м/с} \approx \\ v = \end{cases}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1/3

вычислить

$$\begin{cases} v_0^2 = v_k^2 + v_B^2 \\ gh + 2v_k^2 = v_k'^2 + v_B^2 \end{cases}$$

~~$$v_B^2 = gh + 2v_k^2 - v_k^2$$~~

~~$$v_0^2 = v_k'^2 + gh + 2v_k^2 - v_k^2$$~~

$$v_0 = 1,5 \text{ м/с.}$$

$$v_0 \cdot \cos \alpha = 2v_k$$

$$v_k = \frac{v_0 \cdot \cos \alpha}{2} = \frac{1,5 \cdot 0,6}{2} \approx \boxed{0,45 \text{ м/с.}}$$

$$\begin{cases} \frac{2m v_k^2}{2} + mgh = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} \\ 2m v_k^2 = -v_1 m \cdot \cos \alpha + 2v_2 m \end{cases}$$

по 3 СИ:

1)

~~$$2v_k^2 + gh = v_1^2 + v_2^2$$~~

~~$$2v_k^2 = -v_1 \cos \alpha + 2v_2$$~~

Найти  $v_1^2$

$$2v_k^2 + gh = v_1^2 + \left( \frac{2v_k + v_1 \cos \alpha}{2} \right)^2$$

$$v_2 = \frac{2v_k + v_1 \cos \alpha}{2}$$

Задача 12.

$$2v_k^2 + gh = v_1^2 + \left( \frac{2v_k + v_1 \cos \alpha}{2} \right)^2 \cdot 4.$$

$$8v_k^2 + 4gh = 4v_1^2 + 4v_k^2 + 4v_kv_1 \cos \alpha + v_1^2 \cos^2 \alpha = 0$$

$$4v_1^2 - 4v_k^2 + 4v_kv_1 \cos \alpha + v_1^2 \cos^2 \alpha - 4gh = 0.$$

$$4v_1^2 + v_1^2 \cos^2 \alpha + 4v_kv_1 \cos \alpha - 4v_k^2 - 4gh = 0.$$

$$D = (4v_1 \cos \alpha)^2 + 4b(4v_k^2 + 4gh)$$

$$v_1' = \frac{-4v_k \cos \alpha \pm \sqrt{(4v_1 \cos \alpha)^2 + 4b(4v_k^2 + 4gh)}}{2b}$$

ответов нет.