

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

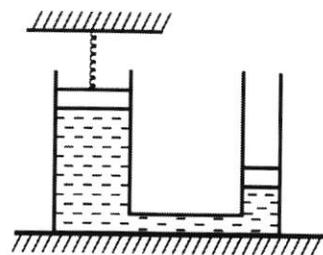
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарем)

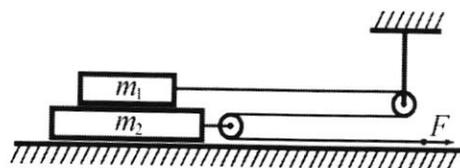
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . На свободных поверхностях жидкости находятся лёгкие поршни. Зазоров между стенками сосудов и поршнями нет. Левый поршень соединён пружиной жёсткости k с верхней опорой. Разность уровней жидкости в сосудах равна h . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/2$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



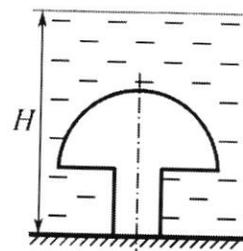
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $2R$ от центра планеты.
 - 2) Найдите период T обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



- 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- 2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=2,5$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа.



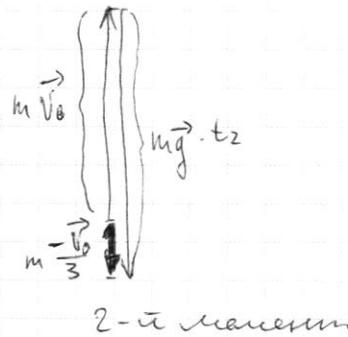
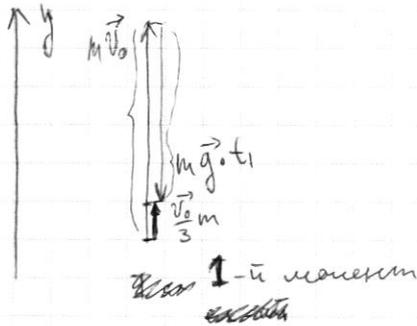
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

- 1) Найдите давление P_1 вблизи дна.
- 2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

- Возможно помнить, что т.к. камень сначала летит вверх, первая скорость, а затем вниз (после достижения макс. высоты), кабура её, то моментом, когда ск-ть камня была по модулю равна $\frac{v_0}{3}$ было два (до достиг. макс. высоты, в к-ой ск-ть была 0 и после).



~~Важно помнить, что...~~

Запишем закон сохранения энергии для камня в

проекции на ось oy (в. пр.):

$$(1) \quad \underbrace{(m \frac{v_0}{3})}_{\substack{\uparrow \\ \text{конечный} \\ \text{импульс}}} - \underbrace{(m v_0)}_{\substack{\uparrow \\ \text{начальный}}} = -mgt_1 \Rightarrow \text{ответ: } t_1 = \frac{m \frac{2v_0}{3}}{mg} = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,8 \text{ с}$$

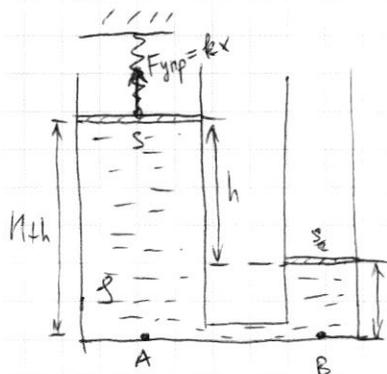
$$(2) \quad \underbrace{(-m \frac{v_0}{3})}_{\substack{\downarrow \\ \text{конечный} \\ \text{импульс}}} - \underbrace{(m v_0)}_{\substack{\downarrow \\ \text{начальный}}} = -mgt_2 \Rightarrow \text{ответ: } t_2 = \frac{m \frac{4}{3} v_0}{mg} = \frac{4v_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,6 \text{ с}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

Задача 2.



1) Т.к. сосуда сообщаются, давления в м-ках

A и B одинаковы гидростатически:

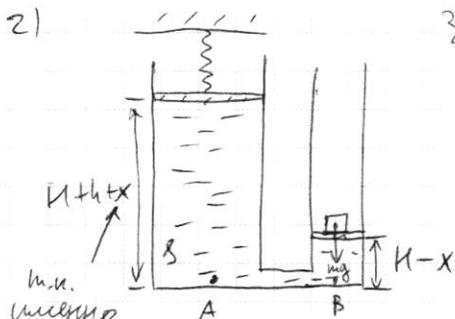
$$p_A = \rho g (H+h) - \frac{kx}{S} = p_B = \rho g H$$

откуда:

$$\Rightarrow x = \frac{\rho g h S}{k}$$

нужно
H-уровень
высоты
в уровне
сосуде в 1-ом случае

2)



н.к.
масса
на ступень
давления
поднимая
сверху левый
поршень, чтобы
продвижка
была недеформ.

Заменим такое же ур-ие для случая,

когда подвижка не деформировалась:

$$p_{A2} = \rho g (H+h+x) = p_{B2} = \rho g (H-x) + \frac{mg}{S}$$

$$\rho g (H+h+x - H+x) = \frac{2mg}{S}$$

$$\rho g \left(h + \frac{2\rho g h S}{k} \right) = \frac{2mg}{S}$$

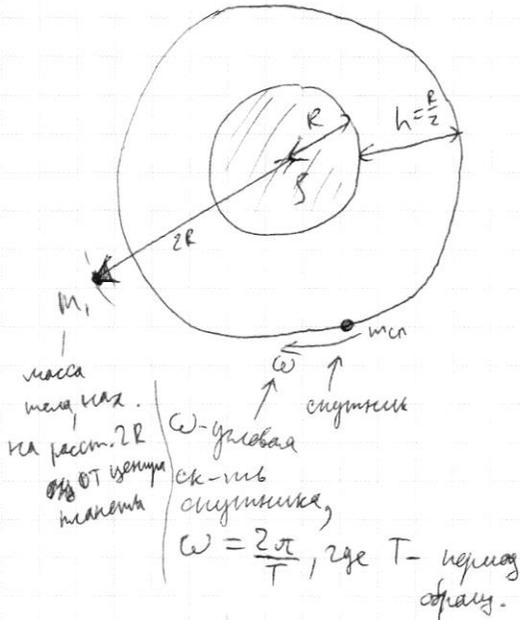
~~$$\rho g h S + 2\rho^2 g^2 h S^2 / k = 2mg$$~~

откуда:

$$\Rightarrow m = \frac{\rho h S}{2} \left(1 + \frac{\rho g S}{k} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3.



$$\begin{aligned}
 1) F_{тяж_1} &= m_1 g_1 = G \cdot \frac{m_1 M}{(2R)^2} = G \cdot \frac{m_1 \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{4R^2} = \\
 &= G \cdot \frac{m_1 \pi R \rho}{3} \\
 \Rightarrow g_1 &= \frac{G \pi R \rho}{3}
 \end{aligned}$$

масса оболочки
 масса на расстоянии $2R$ от центра оболочки
 сила тяжести
 масса на расстоянии $2R$ от центра оболочки
 ускорение свободного падения на $2R$ от центра

2) Запишем 2 закона Ньютона для спутника массой $m_{сп}$:

$$F_{тяж_{сп}} = m_{сп} a_n$$

центростремительное ускорение спутника

$$G \cdot \frac{m_{сп} M}{(R+h)^2} = m_{сп} \cdot \omega^2 (R+h)$$

$$\frac{4}{3} G \pi R^3 \rho = \frac{4\pi R}{T^2} (R+h)$$

$$T^2 \cdot G R^3 \rho = 3\pi (R+h)$$

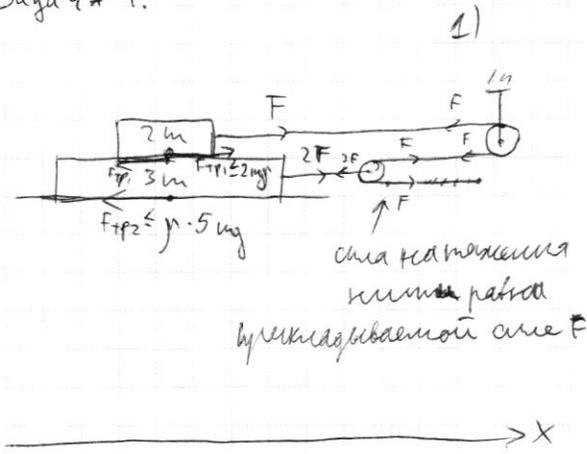
$$\text{Ищем: } T = \sqrt{\frac{3\pi \cdot 1,5R}{G R^3 \rho}} =$$

~~$$T = \sqrt{\frac{3\pi \cdot 1,5R}{G R^3 \rho}}$$~~

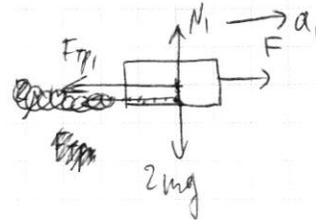
$$= \sqrt{\frac{9\pi}{2G R^2 \rho}}$$

~~$$\begin{aligned}
 G \cdot \frac{m_{сп} M}{(R+h)^2} &= m_{сп} \cdot \omega^2 (R+h) \\
 G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho &= \frac{4\pi R}{T^2} (R+h) \\
 T^2 \cdot G R^3 \rho &= 3\pi (R+h) \\
 T &= \sqrt{\frac{3\pi \cdot 1,5R}{G R^3 \rho}} = \sqrt{\frac{9\pi}{2G R^2 \rho}}
 \end{aligned}$$~~

Задача 4.



Запишем силы, действующие на оба блока по отдельности (отн. земли)



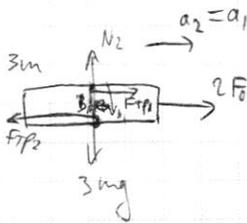
Третий верхний груз имеет ускорение a_1 , тогда по 2 закону Ньютона:

Итак:

0 X:

$$2m a_1 = F_0 - F_{тр1} = F_0 \quad (\text{по укл.})$$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{F_0}{2m} \quad (1)$$



Аналогично со 2 грузом, ускорение a_2 должно совпадать с a_1 , так как сила трения между грузами равна 0 так как они не движутся относительно друг друга.

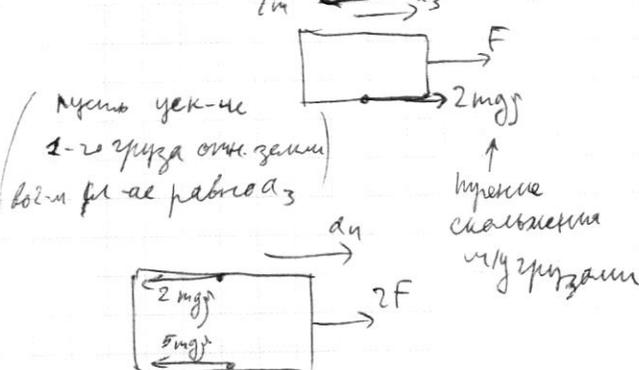
$$(2) \quad 3m a_1 = 2F_0 - F_{тр2} + F_{тр1} = 2F_0 - 5mg$$

$$(1)(2) \Rightarrow 3m \cdot \frac{F_0}{2m} = 2F_0 - 5mg$$

$$F_0 \left(2 - \frac{3}{2}\right) = 5mg$$

$$\Rightarrow F_0 = \frac{5mg}{\frac{1}{2}} = 10mg$$

2) Для 2-го груза запишем 2 закон Ньютона, действующий на оба груза:



0 X:

$$1\text{-й груз: } 2m a_3 = F + 2mg \quad (3)$$

$$2\text{-й: } 3m a_4 = 2F - 2mg - 5mg = 2F - 7mg \quad (4)$$

$$(3) \Rightarrow F = 2m(a_3 - g) \quad (5)$$

$$(4) \Rightarrow F = \frac{m}{2} (3a_4 + 7g) \quad (6)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(продолжение задачи 4)

~~$$\Rightarrow F = 2mg (a_3 - g) = \frac{1}{2} m (3a_4 + 7g)$$~~

~~$$2a_3 - 2g = 1,5a_4 - 3,5g = 0$$~~

~~$$a_3 = \frac{1}{2} (1,5a_4 + 1,5g)$$~~

~~$$\Rightarrow \text{Как мы видим: для } F_{\text{мин}} \text{ надо}$$~~

~~$$\hookrightarrow \text{уравн (5)} \Rightarrow F_{\text{мин}} \text{ достигается при } \dots \text{ минимальном}$$~~

Т.к. по ур., верхний брусок скользит влево от
нижнего, $\Rightarrow a_3 \leq a_4$, и.е.:

$$(5) \Rightarrow a_3 = \frac{F}{2m} + g$$

$$(6) \Rightarrow a_4 = \frac{1}{3} \left(\frac{2F}{m} - 7g \right)$$

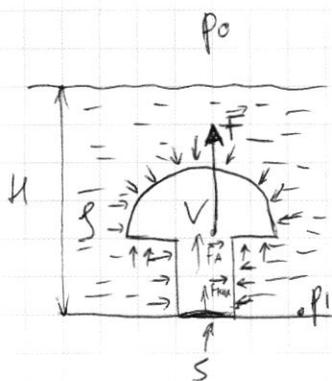
$$\frac{F + 2mg}{2m} \leq \frac{2F - 7mg}{3m}$$

$$3F + 6mg < 4F - 14mg$$

$$F \geq 20mg \text{ ответ:}$$

$$\text{тогда } F_{\text{мин}} = 20mg$$

Задача 5.



ответ:

$$1) p_1 = p_0 + \rho g h = 10^5 \text{ Па} + 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 2,5 \text{ м} = 10^5 \text{ Па} + 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

2) Т.к. вверху конструкция в воде не заметна, она давит на конструкцию только

снизу (см. рис., ~~и~~ давление на конструкцию со стороны воды показано стрелочками).

В камне сила, с которой вода действует на конструкцию можно представить выходящими силами Архимеда, как бы выталкивала конструкцию, если бы под ней заметалась вода и силы давления на нижнюю часть конструкции (к-ая соприкасается с дном) $F_{\text{ниж}}$ со стороны воды — которую потеряла выталкивающая сила из-за того, что под конструкцией из-за камня не заметалась вода, т.е.:

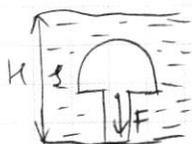
$$F = F_A - F_{\text{ниж}} = \rho g V - p_1 S = (\rho g V - (p_0 + \rho g h) S) =$$

(направление силы F направлено вверх)

$$= 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} - 125 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 =$$

$$= 80 \text{ Н} - 250 \text{ Н} = -170 \text{ Н} < 0 \text{ Н} \Rightarrow \text{сила } F$$

на самом деле направлена в обратную сторону от предполагаемого направления, т.е. вниз и равна по модулю



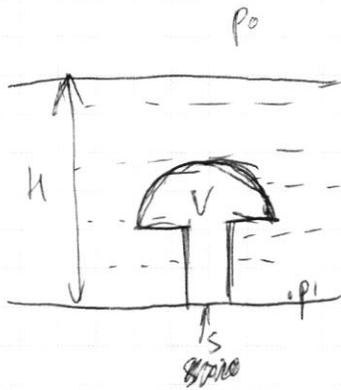
ответ:

$$F = (p_0 + \rho g h) S - \rho g V = 170 \text{ Н}$$

~~drag force~~

$$a_n = 0 \Rightarrow F = \rho_1 \rho_2 g V = 2 \rho_1 \rho_2 - 2 \rho_2 g V$$

$$\rho_1 \rho_2 g V = 2 \rho_1 \rho_2 \\ \Rightarrow \rho_2 = \frac{7}{4} \rho_1$$



$$p_1 = p_0 + \rho g h$$

$$100 \text{ kg} + 25$$



$$F_A = \rho g V$$



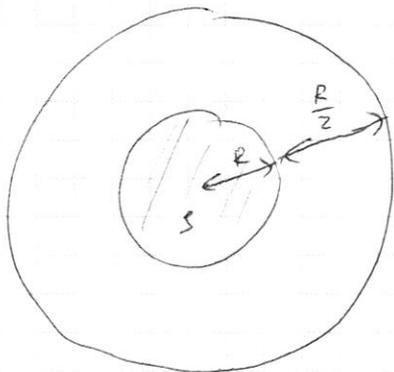
$$8 \text{ cm}^3 = (8 \text{ cm})^3 = (8 \cdot 10^{-2} \text{ m})^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

~~20~~

$$\cancel{20 \text{ cm}^3} \Rightarrow 20$$

$$20 \text{ cm}^2 = 20 (20 \text{ cm})^2 = 20 (10^{-2} \text{ m})^2 \\ = 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg_1 = F = G \frac{mM}{(2R)^2} = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho \cdot m}{4R^2} =$$

$$= \frac{G \pi \rho m R}{3}$$

$$g_1 = G \frac{\pi R \rho}{3}$$

$$mg_1 = G \frac{mM}{6R^2}$$

$$K = G \cdot \frac{m^2}{r^2}$$

$$G = \frac{K \cdot r^2}{m^2} \cdot \frac{m}{m} \cdot \frac{m}{m}$$

$$G \frac{mM}{R^2} = m \omega^2 R$$

$$GM = \frac{4\pi R^3}{3} \rho$$

$$\frac{4}{3} G \pi R^3 \rho$$

$$\frac{G R^3 \rho}{3} = \frac{\pi}{T^2}$$

$$\frac{m \cdot m}{c^2} \cdot \frac{m^2}{m^2} \cdot \frac{m^2}{m^2} \cdot \frac{m}{m^3} = \frac{1}{c^2}$$

$$c^2 \cdot \frac{m \cdot m^2}{R^2} \cdot \frac{m^2}{m^2} \cdot \frac{m}{4R^3} = 1$$

$$m \cdot \frac{m}{c^2} \cdot \frac{m^2}{m^2} = 1$$

$$\frac{m \cdot m^2}{R^2} \cdot \frac{m^2}{m^2} = \frac{1}{c^2}$$

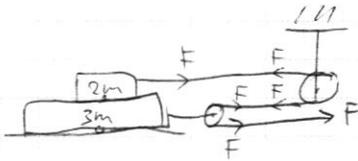
$$\frac{m \cdot m \cdot m}{c^2 \cdot m}$$

$$\sqrt{\frac{1}{\frac{m \cdot m^2}{c^2} \cdot \frac{m^2}{m^2} \cdot m^3}} =$$

$$= \sqrt{\frac{m \cdot c^2}{m^3 \cdot m \cdot m}}$$

$$\frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{g} \right) = \frac{p}{2 \cdot g} = \frac{p}{18} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{g} \right) = \frac{10}{2 \cdot g} = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}$$



$$\frac{2 \cdot 144}{9 \cdot 45} = \frac{288}{45} = \frac{576}{90} \cdot \frac{1}{2}$$

$$45 \cdot 4 = 40 \cdot 4 + 5 \cdot 4 = 160 + 20 = 180$$

$$\begin{array}{r} 288 \quad | \quad 45 \\ -225 \\ \hline 063 \\ -45 \\ \hline 180 \\ -180 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$50 \times 40 = 2000$$

$$\begin{array}{r} 514 \\ \times 45 \\ \hline 2570 \\ +2058 \\ \hline 23130 \end{array}$$

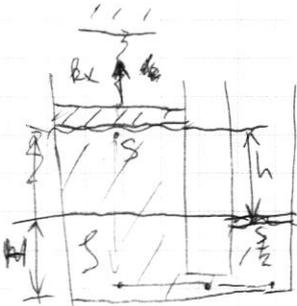
$$10^{-2} \frac{576}{3} = \frac{192}{100} = 1.92$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 288 \\ \times 2 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\frac{1}{5}$$

$$50 + 20 + 2 = 72$$

$$\begin{array}{r} 288 \quad | \quad 45 \\ -270 \\ \hline 180 \\ -180 \\ \hline 0 \end{array}$$



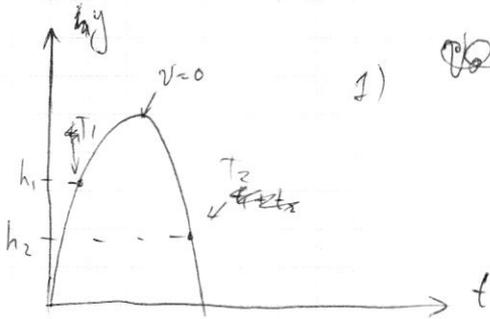
$$\frac{5 \cdot 144}{2} = \frac{72}{9} = 8$$

$$(h+h)sg - \frac{kx}{s} = sgh$$

$$\sum \frac{1}{2} kx + \frac{2sghs}{k} = \frac{2h}{s}$$

$$h = \frac{2hs}{2k + 2sgs^2hg} = \frac{hs}{2} \left(1 + \frac{2sgs}{k} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$v_0 = \frac{2v_0}{3} = \frac{2v_0}{3}$~~

$$gt_1 = v_0 \cdot (1 - \frac{1}{3}) \Rightarrow t_1 = \frac{2v_0}{3g}$$

~~$g(t_2) = v_0 \cdot \frac{1}{3}$~~

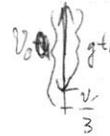
$$g(t_2 = \frac{v_0}{3}) \Rightarrow T_2 = \frac{v_0}{3g} + t_1$$

$$2) h_1 = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = v_0 \cdot \frac{2v_0}{3g} - \frac{g \cdot \frac{4v_0^2}{9g^2}}{2} = \frac{v_0^2}{g} \left(\frac{2}{3} - \frac{2}{9} \right) = \frac{4v_0^2}{9g}$$

$$h_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$= \frac{4v_0^2}{9g}$$

$$h_2 = v_0 \cdot \frac{2v_0}{3g} + \frac{v_0}{3g}$$



$$\frac{12}{15} = \frac{4}{5} = \frac{8}{10} = 0.8$$

$$v_0 - gt_1 = \frac{v_0}{3}$$

$$gt_2 - v_0 = \frac{v_0}{3}$$

$$\begin{array}{r} 514 \\ \times 90 \\ \hline 4626 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 514 \\ + 36 \\ + 9 \\ + 155 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{24 \cdot 144}{9 \cdot 105} = \frac{288}{45} + \frac{514}{180}$$

$$\frac{288}{45} = \frac{225}{180} - \frac{45}{180}$$

$$\begin{array}{r} 288 \quad | \quad 45 \\ - 225 \\ \hline 063 \\ - 45 \\ \hline 180 \\ - 180 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{v_0^2}{g} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{18} \right) = \frac{4v_0^2}{9g}$$

$$= \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{9-1}{18} = \frac{8v_0^2}{18g}$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ + 20 \\ \hline 275 \end{array}$$