

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

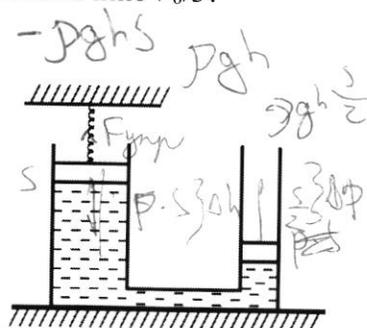
Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

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 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

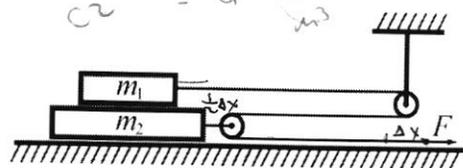
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $2R$ от центра планеты.
- 2) Найдите период T обращения спутника.

$$V = G \cdot \frac{M}{r^2}$$

$$\frac{4}{3}\pi R^3 \rho = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

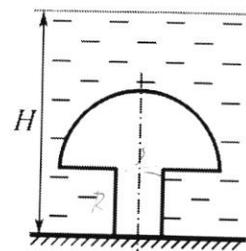
$$\frac{4}{3}\pi R^3 \rho = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

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.

$$\frac{\frac{3}{2}}{\frac{16}{27}} =$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{27}{16} = \frac{81}{32}$$

$$\frac{2}{3m} F - \frac{5}{3} \mu g$$

$$= \frac{1}{2m} F - \mu g$$

$$= \frac{1}{6m} F - \frac{2}{3} \mu g = \mu \cdot 2 \mu g$$

$$\frac{1}{6m} F =$$

$$\frac{48}{54} = \frac{5}{9}$$

~~2/3~~

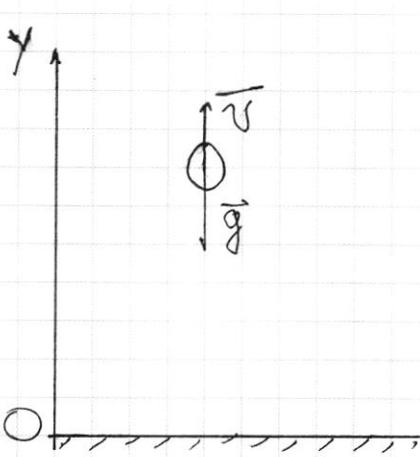
$$\frac{2 \times 1.5R}{\sqrt{\frac{16}{27} \cdot G \cdot \rho \cdot r \cdot 1.5R^2}} = \frac{3kR}{\sqrt{\frac{1}{9} G \rho r}} =$$
$$= \frac{9}{2} \cdot \sqrt{\frac{r}{2G\rho}}$$

$$\frac{2}{5m} F - \frac{5}{3} mg = \frac{1}{2m} F - mg$$

$$\frac{1}{5m} F = \frac{2}{3} mg$$

$$F = 4mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



н1.

Уравнение равноускоренного движения: $\overline{v} = v_0 + \overline{a}t + \frac{\overline{a}t^2}{2}$

на ОУ: $y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ (1)

Продифференцируем по времени: $v = v_0 - gt$

Когда: $\frac{1}{3} v_0 = |v_0 - gt|$

$gt = \frac{2}{3} v_0$ | $gt = \frac{4}{3} v_0$

$t_1 = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12 \frac{m}{c}}{3 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 0,8c$; $t_2 = \frac{4v_0}{3g} = \frac{48 \frac{m}{c}}{30 \frac{m}{c^2}} = 1,6c$

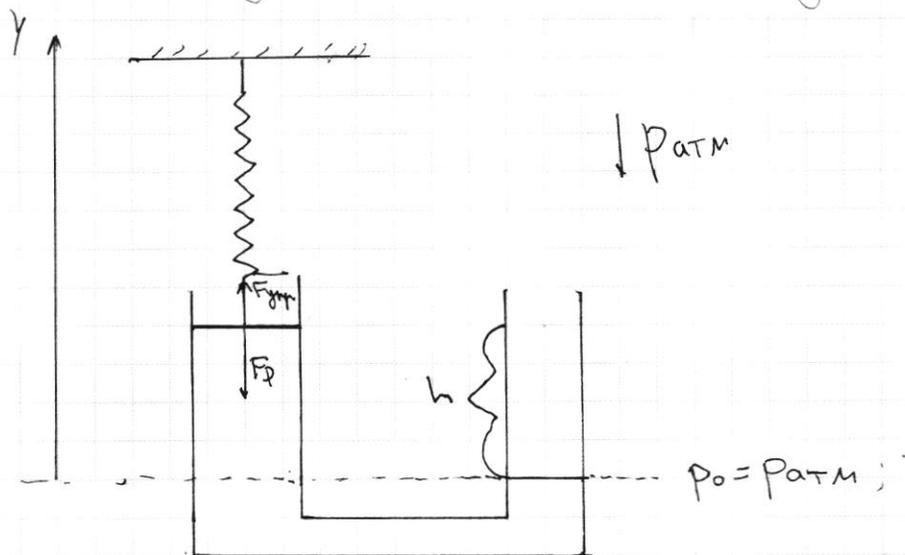
Подставим в 1.

$y = 0 + 12 \frac{m}{c} \cdot 0,8c - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot (0,8c)^2}{2} = 9,6m - 3,2m = 6,4m$

$y = 0 + v_0 \cdot \frac{2v_0}{3g} - \frac{g \cdot (\frac{2v_0}{3g})^2}{2} = \frac{2v_0^2}{3g} - \frac{2v_0^2}{9g} =$
 $= \frac{6v_0^2}{9g} - \frac{2v_0^2}{9g} = \frac{4v_0^2}{9g} = 6,4m$

Ответ: 6,4м

Заметим, что условия $\sim Z$ и $\frac{\delta}{2}$ соблюдаются \Rightarrow
 \Rightarrow на одинаковой высоте давление одинаково



Заметим также, что если перерезать пружину, то когда система придет в равновесие (поршень на одинаковой высоте) пружина δ сжмется \Rightarrow пружина растянута, сила действует со стороны пружины на поршень направлена вверх.

Но на уровне поршня δ давление $p = -\rho g h + p_{atm}$
 (тогда сжмется на h мы получим $p_0 = p_{atm}$)

$$F_c = \Delta p \cdot S = (p - p_0) \cdot S = -\rho g h S$$

тогда условие равенства сил: $F_{up} = 0$ (2 з.к.)

$$F_{up} = -F_c = \rho g h S \quad (\text{из проекции на } OY)$$

$$k \cdot X = F_{up}$$

$$X = \frac{F_{up}}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$$

Заметим, что чтобы пружина не была деформирована, поршень δ должен подняться на X , тогда

~~то поднимаем~~ под него заметим силу $\mathcal{U}_0 = S \cdot X$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Поршень $\frac{s}{2}$, из-за того, что v_0 уменьшилось
опустившись на $\frac{v_0}{\frac{s}{2}} = h_2$

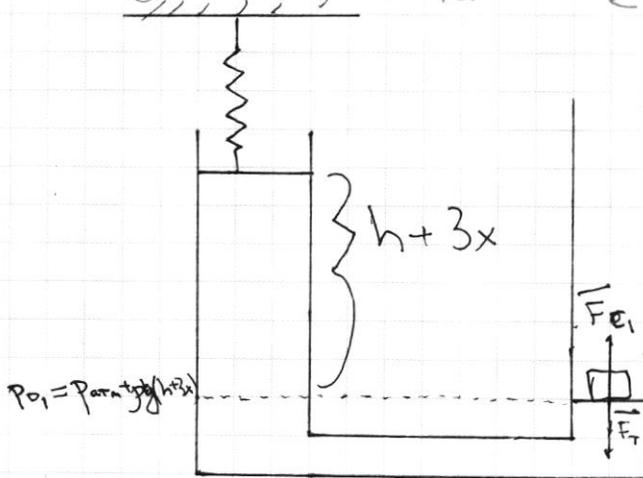
$$h_2 = \frac{v_0}{\frac{s}{2}} = 2x \Rightarrow \Delta h_{\text{объёма}} = x + 2x = 3x.$$

Из-за разности давлений $\Delta p_1 = \rho g \cdot (h + 3x)$

$$F_{c1} = \Delta p_1 \cdot \frac{s}{2} = \rho g (h + 3x) \cdot \frac{s}{2}$$

$$mg = F_{c1} = \rho g \left(h + \frac{\rho g h s}{k} \cdot 3 \right) \cdot \frac{s}{2}$$

$$m = \rho \left(h + 3 \cdot \frac{\rho g h s}{k} \right) \cdot \frac{s}{2}$$



F_{c1} - сила давления
на поршень $\frac{s}{2}$

F_T - сила тяжести груза

Ответ: 1) $\frac{\rho g h s}{k}$; 2) $\rho \left(h + 3 \cdot \frac{\rho g h s}{k} \right) \cdot \frac{s}{2}$

$$F_T = G \cdot m_1 \cdot M \cdot \frac{1}{r^2} \quad \sim 3.$$

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

$$F_T = m_1 g_1 \Rightarrow \text{при } r = 2R$$

$$m_1 g_1 = G \cdot \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot m_1}{(2R)^2}$$

$$1) g_1 = G \cdot \rho \cdot \frac{1}{3} \pi R$$

$$g_2 = G \cdot \frac{M}{r^2} \quad r = 1,5R = (0,5R + R)$$

$$g_2 = G \cdot \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \pi}{(1,5R)^2} = G \cdot \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \pi}{\frac{9}{4} R^2}$$

$$g_2 = \frac{16}{27} G \rho \pi R$$

Заметим, что если спутник движется по кругу на высоте h над поверхностью $a_n = \frac{v^2}{R+h}$; $v = \sqrt{a_n r}$

$a_n = g_2$ (соответствующее значение ускорения гравит. на спутник)

$$T = \frac{L}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{a_n r}} = \frac{2\pi \sqrt{r}}{\sqrt{a_n}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r}{a_n}} =$$

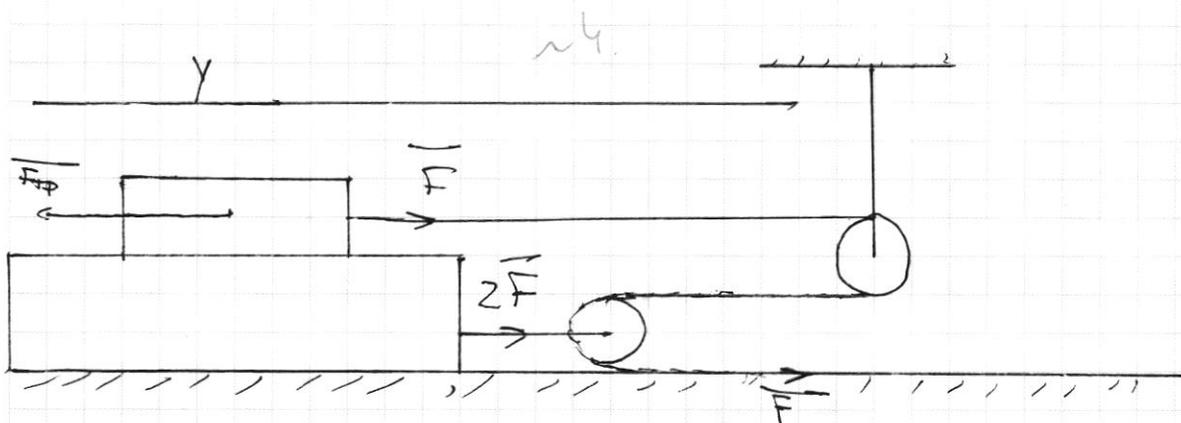
$$= 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r}{g_2}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{1,5R}{\frac{16}{27} G \rho \pi R}} = 2\pi \sqrt{\frac{81}{32 G \rho \pi}} =$$

$$= 18\pi \sqrt{\frac{1}{32 G \rho \pi}} = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2 G \rho}}$$

Ответ: 1) $g_1 = G \cdot \rho \cdot \frac{1}{3} \pi R$

2) $T = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2 G \rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Зададим, что: $F_{тр} = 0$ при Δa - разности ускорений
 $\Delta a = 0$

$$F_{\Sigma} = m a \text{ (II з.п.)}$$

$$a_1 = \frac{F_0 - F_{тр}}{2m} = \frac{F_0}{2m} \text{ (на ОУ)}$$

$$a_2 = \frac{2F_0 - F_{тр}}{3m} = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{3m} \text{ (на ОУ)}$$

$$a_2 - a_1 = 0 \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$\frac{3F_0}{6m} = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{6m}$$

$$F_0 = 10\mu mg$$

2) Работает при $2m |a_2 - a_1| = F - \mu 2mg$ - из-за НОУ

$$a_1 = \frac{F_0 - F_{тр}}{2m} = \frac{F - 2\mu mg}{2m} \text{ (на ОУ)}$$

$$a_2 = \frac{2F - F_{тр}}{3m} = \frac{2F - 3\mu mg}{3m} \text{ (на ОУ)}$$

$$2m \left| \frac{F_0}{6m} \right| = F - 2\mu mg$$

$$\frac{F}{3} = F - 2\mu mg$$

$$F = 3\mu mg$$

Ответ: а) $10\mu mg$
б) $3\mu mg$

~5.

1) Давление воды $P_1 = P_{atm} + \rho H g = 100000 \text{ Па} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 25 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 100000 \text{ Па} + 250000 \text{ Н} = 125 \text{ кПа}$

2) Заметим, что сила выталкивания $F_{арх} = \rho V g$ ($V_1 = \frac{V}{2}$; V - объем сферы которую мы рассматриваем)

Заметим, что $\rho H g$ действует на верхнюю плоскую часть

$F_{арх} = F_{P1} - F_{P2} = \rho V g$ ($V_1 = \frac{V}{2}$)

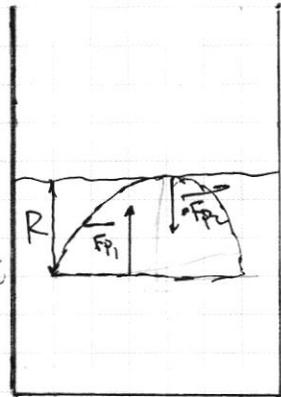
F_{P1} мы можем рассчитать

$F_{P1} = \pi R^2 \cdot \rho g R = \pi \rho g R^3$

$V = \frac{4}{3} \pi R^3$

$F_{P1} = \frac{3}{4} V \rho g$

$V = \frac{2}{3} \pi R^3 \Rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{3V}{2\pi}}$
 $\pi R^2 \cdot 3 = \frac{3}{4} V \rho g \Rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{V}{4\pi}}$
 $= \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}} \sqrt[3]{\frac{V}{\rho g}}$



$\rho \frac{2V}{4} g = \frac{3}{4} V \rho g - F_{P2}$ $F_{P2} = \frac{1}{4} \rho V g$ - давление воды сверху на поверхность полушара.
 при $\pi \approx 3$ $\frac{V}{2} = 4 R^3$ $R^3 = \sqrt[3]{\frac{V}{5}} = 1 \text{ см}^3 = 10 \text{ см}^3$

Но, под некоторую часть сферы вода не подтекает \Rightarrow на нее сила давления не действует

F_{P3} - давление воды снизу на ~~сферу~~ на $\frac{1}{4}$ из сферы или на $\frac{1}{4}$ из сферы или $\frac{1}{4}$ из сферы

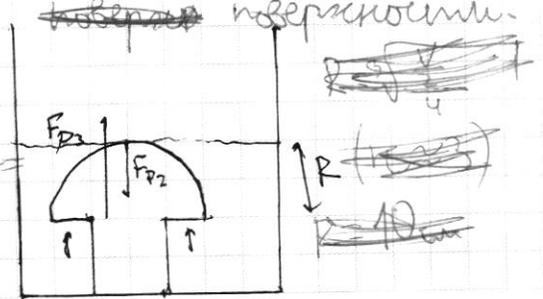
$F_{P3} = \rho g H \cdot S = \rho g R \cdot (\pi R^2 - S)$ или $\frac{1}{4}$ из сферы

$F_{P0} = F_{P3} - F_{P2} = \frac{3}{4} \rho g V - \frac{1}{4} \rho g V - \rho g R S = F_{арх} - \rho g R S =$

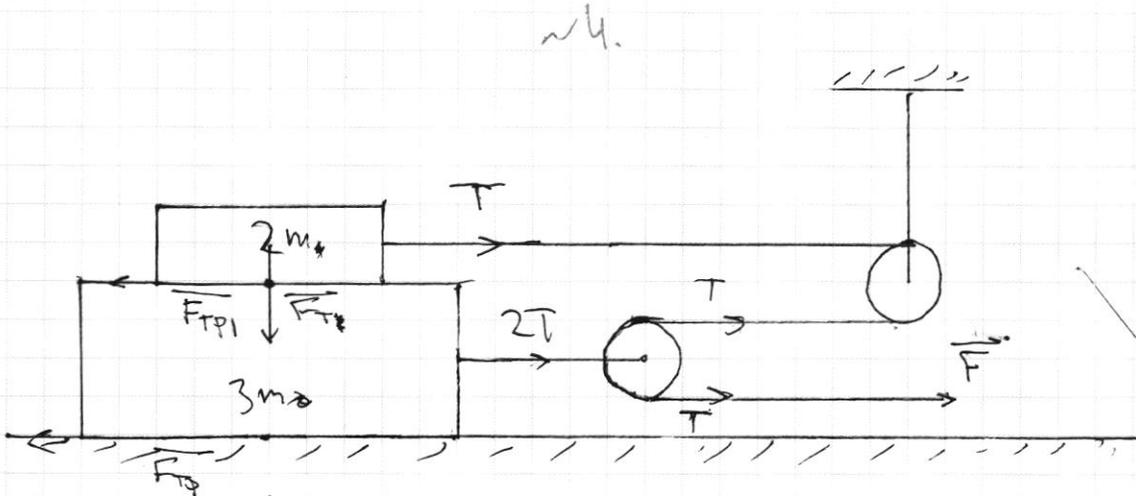
$= \rho g R^3 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{кг}} - \rho g R^2 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 10 \text{ см} \cdot 20 \text{ см}^2 =$

$= 80 \text{ Н} - 2 \text{ Н} = 78 \text{ Н}$

Ответ: 1) 125 кПа 2) 78 Н



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) F_{\Sigma} = m \cdot a \text{ (II з.н.)}$$

$$- F_{\text{тр}} + T = 2m \cdot a \quad (F_{\text{тр}} = 0 - \text{по условию})$$

$$T = 2m \cdot a$$

$$a = \frac{T}{2m} = \frac{F_0}{2m}$$

~~Заметим, что если нет 1 блока на теле 2, который движется с $\frac{F_0}{2m}$~~

~~$$a = \frac{F_0}{2m}$$~~

Заметим, что это достаточно, если нижний блок движется с ускорением $a = \frac{F_0}{2m}$

$$- F_{\text{тр}} + 2T = m_2 \cdot a$$

m_2 - масса 2тел

$$- \mu \cdot 5m + 2F_0 = 3m \cdot a = 3m \cdot \frac{F_0}{2m}$$

(их масса 2T)

$$2F_0 =$$

$$- \mu \cdot 5mg + 2F_0 = 1,5F_0$$

$$- \mu \cdot 5mg - 0,5F_0 \quad F_0 = 10mg$$

2) Заметим, что такое получаемое при
разности ускорений ~~между~~ $\Delta a = \mu \frac{2}{3} mg$

$$2F_0 - 5\mu mg = 3m\alpha, \quad (\text{II з.к.})$$

$$\alpha_1 = \frac{2}{3m} F_0 - \frac{5}{3} \mu g$$

$$F_0 - 2\mu mg = 2m\alpha_2$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{2m} F_0 - \mu g$$

$$\Delta a = \alpha_1 - \alpha_2 = \frac{1}{6m} F - \frac{2}{3} \mu g$$

$$\mu g = \frac{2}{3} \mu g = \frac{1}{6m} F$$

$$\frac{5\mu mg}{3} = \frac{1}{6} F$$

$$10\mu mg = F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 1

$$\frac{V_0}{3} = 4 \frac{m}{c}$$

$$\Delta V = \frac{2}{3} V_0 = 8 \frac{m}{c}$$

$$\Delta V = g t = 0 \Rightarrow t = 0,80$$

$$y = V_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\frac{3F - 6mg}{m} = \frac{4F - 6mg}{m}$$

$$\frac{10 \cdot 0,64c}{2} = 3,2$$

$$\frac{4 \cdot 144}{90} =$$

$$= \frac{4 \cdot 9 \cdot 16}{90} =$$

$$= \frac{4 \cdot 16}{10} = 6,4$$

~~7,2~~



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)