В-7 Работа выполнена на 7 листах.

1	2	3	4	5	Σ
5	10	2	6	0	23

Задача 3.

1. По условию, процесс, происходящий с газом внутри пузырька - изотермический. $\Rightarrow pV_0 = p'V'$ по з-ну Бойля-Мариотте, где p - давление пузыряка на дне озера, V_0 - его объём у дна озера, p' и V' - давление и объём соответственно на глубине.

2. Пусть $\frac{H}{h_0} = \varepsilon$, где ε - это усл. ед. в графике, H - настоящая глубина, h_0 - параметр, по которому мы сравниваем. $H = \varepsilon h_0$.

3. $p = p_0 + \rho_в g \varepsilon_0 h_0 = p_0 + \rho_в g h_0$, т.к. $\varepsilon_0 = 1$.
$p' = p_0 + \rho_в g \varepsilon h_0$, ε опред. из графика

4. $V_0 = \frac{4}{3}\pi r_0^3$; $V' = \frac{4}{3}\pi r^3$.

$$(p_0 + \rho_в g h_0) r_0^3 = r^3 (p_0 + \rho_в g \varepsilon h_0)$$

$$r = r_0 \sqrt[3]{\frac{p_0 + \rho_в g h_0}{p_0 + \rho_в g \varepsilon h_0}}$$

п. 3 - 1 балл

5. Движение пузырька можно считать равномерным $\Rightarrow$ $F_A = F_c$ (mg, т.к. оно мало, мы пренебрегаем).

это не так, но вывод верный

это следует из того, что $F_\Sigma = m \cdot a$, $a = 0$

п. 1 - 1 балл

$\rho_{в} g V' = k \vartheta r$; $\cancel{\rho_{в} g \frac{4}{3}\pi r^2 t} = k \underbrace{\vartheta \cdot t}_{\varepsilon h_0}$.

$\cancel{k \varepsilon h_0 = \rho_{в} \frac{4}{3}\pi r^2 t}$.

6. Из графика:

Это не равномерное движение все дальнейшие рассуждения не верны

$\varepsilon_1 = 0{,}92$ при $t_1 = 0{,}5$ с

$\varepsilon_2 = 0{,}64$ при $t_2 = 2$ с.

$$\begin{cases} k\varepsilon_1 h_0 = \rho_{в} \frac{4}{3}\pi r_1^2 \cdot t_1 & (1) \\ k\varepsilon_2 h_0 = \rho_{в} \frac{4}{3}\pi r_2^2 t_2 & (2) \end{cases}$$

Поделим (1) на (2):

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{r_1^2 t_1}{r_2^2 t_2} ; \frac{\varepsilon_1 t_2}{\varepsilon_2 t_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{r_0}{r_0} \cdot \sqrt[3]{\frac{(p_0+\rho g h_0)(p_0+\rho_{в} g \varepsilon_2 h_0)}{(p_0+\rho_{в} g h_0)(p_0+\rho_{в} g \varepsilon_1 h_0)}}\right)^2$$

$$\left(\frac{\varepsilon_1 t_2}{\varepsilon_2 t_1}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{p_0+\rho_{в} g \varepsilon_2 h_0}{p_0+\rho_{в} g \varepsilon_1 h_0}.$$

$$13{,}79 = \frac{10^5 + 10^4 \cdot 0{,}64 h_0}{10^5 \cdot 10^4 + 10^4 \cdot 0{,}92 h_0}$$

$$13{,}79 = \frac{10 + 0{,}64 h_0}{10 + 0{,}92 h_0}.$$

$$137{,}9 + 12{,}69 h_0 = 10 + 0{,}64 h_0.$$

$h_0 = -10{,}7$ (м) (Получили с минусом, т.к. считали, что пузырь двигался от поверхн. в глубь, а не наоборот.)

$h_0 = 10{,}7$ (м).

7. $K = \rho_в \frac{4\pi r_2^2 t_2}{3\varepsilon_2 h_0} = \rho_в \frac{4\pi t_2 r_0^2}{3\varepsilon_2 h_0} \cancel{\sqrt{}} \cdot \left(\frac{p_0+\rho_в g h_0}{p_0+\rho_в g \varepsilon_2 h_0}\right)^{\frac{2}{3}}$

$$K = \frac{1000 \cdot 3{,}14 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 0{,}64 \cdot 10{,}7} \cdot \left(\frac{10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 10{,}7}{10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 0{,}64 \cdot 10{,}7}\right)^{\frac{2}{3}} =$$

$$= 0{,}014 \left(\frac{Н \cdot с}{м^2}\right).$$

8. $K \cdot h_0 = \frac{4}{3}\pi \left(r_0 \sqrt[3]{\frac{p_0+\rho_в g h_0}{p_0}}\right)^2 \cdot \rho_в g \tau_1$

$$\tau_1 = \frac{3 K h_0}{4\pi \rho_в g r_0^2} \cdot \left(\cancel{\sqrt{}}\frac{p_0+\rho_в g h_0}{p_0}\right)^{-\frac{2}{3}}$$

$$\tau_1 = \frac{3 \cdot 0{,}014 \cdot 10{,}7}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} \cdot \left(\frac{10^5 + 10^4 \cdot 10{,}7}{10^5}\right)^{-\frac{2}{3}} = 2{,}2 \ (с)$$

9. $\tau_2 = \frac{3KH}{4\pi \rho_в g r_0^2} \cdot \left(\frac{p_0+\rho_в g H}{p_0}\right)^{-\frac{2}{3}}$

$$\tau_2 = \frac{3 \cdot 0{,}014 \cdot 10}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 10^4 \cdot 10^{-6}} \cdot \left(\frac{10^5 + 10^4 \cdot 10}{10^5}\right)^{-\frac{2}{3}} = 2{,}1 \ (с)$$

Ответ: $h_0 = 10{,}7$ м; $\tau_1 = 2{,}2$ с; $\tau_2 = 2{,}1$ с.

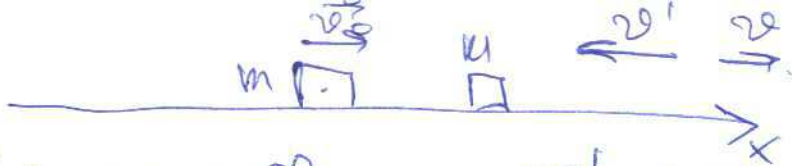
Задача 2.

1. $\Delta E = A_{вн. силы}$

$$\frac{m \cancel{M} v_0^2}{2} = -\cancel{2M}\mu g l - \mu M g l_1 - \mu M g l_2$$

$\frac{\cancel{M} v_0^2}{6} = \cancel{2M}\mu g l$; $l = \frac{v_0^2}{6\cancel{12}\mu g}$ – это суммарное растояние, которые прошли оба бруска. $l = l_1 + l_2$; l_1 – левый, l_2 – правый.

2.



ЗСИ: x: $m v_0 = -m v' + M v$

$v_0 = -v' + 3v$ (1)

ЗСЭ: $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v'^2}{2} + \frac{M v^2}{2}$

$v_0^2 = v'^2 + 3v^2$ (2)

3. Поделим (2) на (1)

$\frac{v_0^2 - v'^2}{v_0 + v'} = \frac{3v^2}{3v}$; $v = v_0 - v'$

$v_0 = -v' + 3v_0 - 3v'$; $v' = \frac{v_0}{2} \Rightarrow v = \frac{v_0}{2}$

3. Таким образом, при каждом столкновении второй брусок приобретает скорость, равную половине скорости тележки =>

$\cancel{Mv_0^2} - \left(\frac{M(\frac{v_0}{2})^2}{2} + \frac{M(\frac{v_0}{8})^2}{2} + \dots\right) = \mu M g l_2$

$\frac{v_0^2}{2}\left(\frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^6} + \frac{1}{2^{10}} + \dots\right) = \mu g l_2$

В скобках — бесконечная геометрическая прогрессия со $q = \frac{1}{2^4}$ и $b_1 = \frac{1}{2^2}$ =>

$\frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} + \dots = \frac{b_1}{1-q} = \cancel{\frac{1}{3}}\ \frac{4}{15}$

$\cancel{\frac{v_0^2}{12} = \mu g l_2}$

$\cancel{l_2 = \frac{v_0^2}{12\mu g} \Rightarrow l_1 = \frac{v_0^2}{12\mu g}}$

$\frac{v_0^2 \cdot 4}{2 \cdot 15} = \mu g l_2$

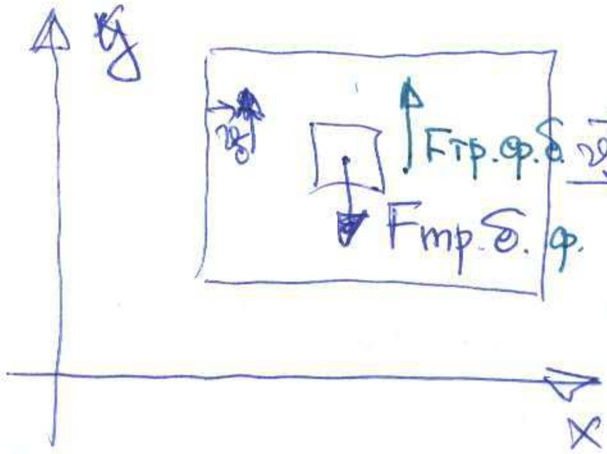
$l_2 = \frac{2v_0^2}{15\mu g}$

$l_1 = \frac{v_0^2}{30\mu g}$.

В-7

Ответ: $l_2 = \frac{2v_0^2}{15\mu g}$; $l_1 = \frac{v_0^2}{30\mu g}$

Задача 1.



По условию: $\sqrt{3}\vec{v} = \vec{v}_б + \vec{v}_ф$

$3v^2 = v_б^2 + v_ф^2$.

Фанера двигалась вначале только по x $\Rightarrow v_ф = v \Rightarrow$

$v_б = 2v$.

По 2-му з-ну Ньютона:

$y: -m a_б = -\mu m g = F_{тр.б.ф.}$

$m a_б = F_{тр.ф.б.}$

(По 3-му з-ну Ньютона: $\vec{F}_{тр.б.ф.} = -\vec{F}_{тр.ф.б}$)

$\Downarrow$

Скорость бруска по v_y не меняется относительно льда (т.к. $\vec{a}_б = -\vec{a}_ф$).

Скорость фанеры относительно льда растёт, т.к. $v_{ф.y}$ тоже растёт $\Rightarrow$

$v_{ф.x} = const$

⇒ Из векторного сложения скоростей:

v — минимальная скорость фанеры ⇒

⇒ $\sqrt{3}v$ — min скорость льда, так

как $\vec{v}_{б\ \text{отн. льда}} = \vec{v}_ф + \vec{v}_б$.

Ответ: v и $\sqrt{3}v$.

Задача 4.

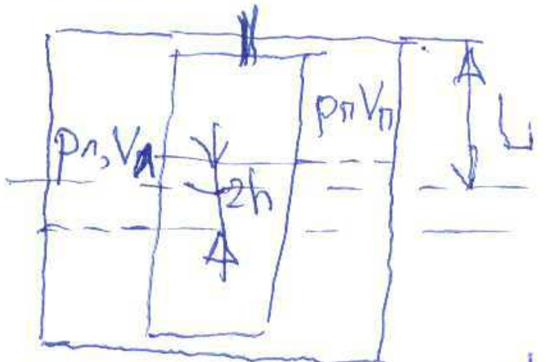
1. После того, как воздух в правом колене нагрели, то часть воздуха из правого колена перешла в левое.

Пусть эта часть $\Delta\nu$.

2. По уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$+\begin{cases} p_п V_п = (\nu - \Delta\nu) R T_0 \\ p_л V_л = (\nu + \Delta\nu) R T_0 \end{cases}$$

$$p_п V_п + p_л V_л = 2\nu R T_0 = 2 p_0 V_0.$$



$$p_л = p_п + 2\rho g h$$

$$p_п(L-h) + p_л(L+h) = 2p_0 L$$

$$p_п L - \cancel{p_п h} + p_п L + 2ghL\rho + \cancel{p_п h} + \cancel{p_п}\rho g h^2 \cdot 2 = 2p_0 L$$

$$\cancel{p_п(2L} + \cancel{2}L p_п = \cancel{2}p_0 L - \cancel{2}\rho g h^2 - \cancel{2}\rho g h L$$

$$p_п = p_0 - \rho g h - \frac{\rho g h^2}{L}.$$

$p_1 = p_0 + \rho g h - \frac{\rho g h^2}{L}$ B-7

$T = \frac{(V+\Delta V)}{V-\Delta V} T_0 = \cancel{\frac{p_{\text{п}} V_{\text{п}}}{1}}\ \frac{p_1 V_1}{p_{\text{п}} V_{\text{п}}} =$

$= \frac{\left(p_0 + \rho g h - \frac{\rho g h^2}{L}\right)(L+h)}{\left(p_0 - \rho g h - \frac{\rho g h^2}{L}\right)(L-h)}$

Ответ: $T = \frac{\left(p_0 + \rho g h - \frac{\rho g h^2}{L}\right)(L+h)}{\left(p_0 - \rho g h - \frac{\rho g h^2}{L}\right)(L-h)}$

Задача 5.

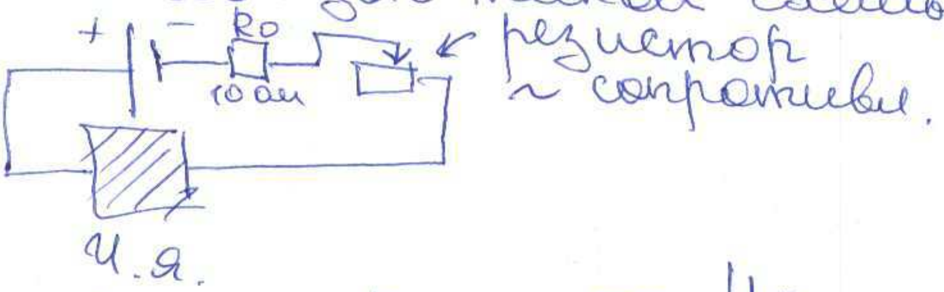
Не могу решить по определению, т.к. жюри отказалось ответить на вопрос: „Что такое диод?". См. лист вопросов.

В-07. Работа выполнена на 7 страницах.

Задание 10.2.

1. Опытным путём устанавливаем, что диод подключён параллельно какому-то резистору, т.к. ток идёт независимо от того, какими полюсами мы подключили черный ящик к источник тока.

2. Измерили ~~вах~~ ВАХ Ч.я (чёрного ящика) с помощью такой схемы:



Измеряем U_0 на R_0 $\Rightarrow I = \frac{U_0}{R_0}$ — это ток в цепи. $I_{ч.я} = \frac{U_0}{R_0}$.

Измеряем $U_{ч.я}$ на ч.я.

Табл. 1.

U_0, В	0,03	0,04	0,05	0,06
$U_{ч.я}$, В	1,67	2,50	3,31	3,85
$I_{ч.я}$, А	0,003	0,004	0,005	0,006

1	2	Σ
12	14	26

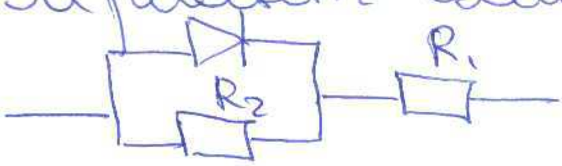
А теперь поменяем полюса Ч.я:

Табл. 2.

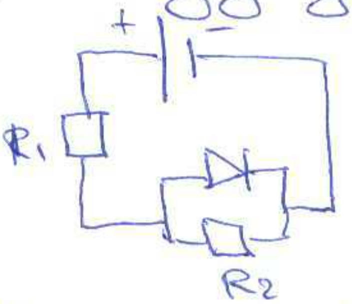
U_0, В	0,02	0,05	0,13	0,24
$U_{ч.я}$, В	1,66	2,21	3,06	4,18
$I_{ч.я}$, А	0,002	0,005	0,013	0,024

3) График см. на миллиметровой бумаге.

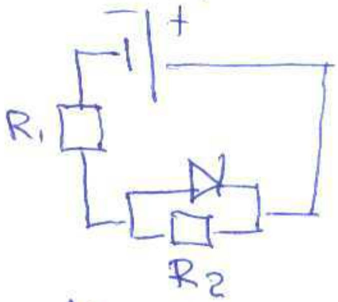
3. Вариант схемы Ч. я:



4. Следует из того, что

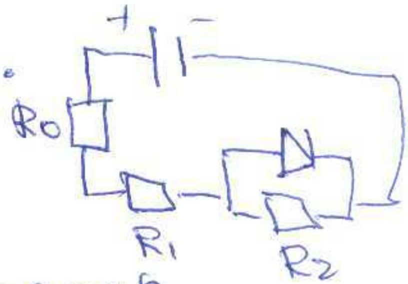


$U_{цепи} = 4{,}37$ В



$U_{цепи} = 4{,}20$ В

4. I.



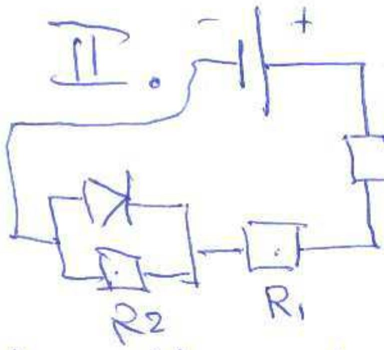
$U_0 = 0{,}26$ В

$I = 0{,}026$ А

$U_1 + U_2 + U_д = 4{,}37$

(т.к. диод открыт.)

II.



$U_0 = 0{,}24$ В

$I = 0{,}024$ А

$U_1 + U_2 = 4{,}20$ В

(т.к. диод закрыт)

Отсюда получаем

$R_1 = 160$ Ом

$R_2 = 400$ Ом.

Примечание: точность мультиметра очень высока, поэтому его погрешностью мы пренебрегаем.

Ответ: $R_1 = 160$ Ом; $R_2 = 400$ Ом.

В-7 Задача 10.1.

1. Плотность крупы на дне мешка находим следующим образом:
1) Находим $m_ш$ – массу шприца.
2) Насыпаем в шприц крупы до предела его шкалы измерения – в этом случае погрешность будет минимальной. При этом, как можно сильнее давим на поршень – как бы создаём условия на дне мешка.
3) ~~ρ~~ = Измеряем $\bar{m} = m_к + m_ш$ – массу шприца с крупой.

$m_к = \bar{m} - m_ш$

4) $\rho_к = \frac{m_к}{V} = \frac{\bar{m} - m_ш}{V}$

$V = (20 \pm 2)\,см^3$ (Погрешность измерения возьмём как половину Ц.Д. шприца).

$m_ш = (11,18 \pm 0,01)\,г$ (Погрешность измерения электронных весов возьмём как 0,01 г – т.е. последнюю цифру на дисплее).

~~Найдём~~

$\bar{m} = (28,21 \pm 0,01)\,г.$

Методом верхних и нижних границ найдём искомую $\rho_к$:

$$\rho_{к_{max}} = \frac{28,22 - 11,17}{18} = 0,92 \left(\frac{г}{см^3}\right)$$

$$\rho_{к_{min}} = \frac{28,20 - 11,19}{22} = 0,77 \left(\frac{г}{см^3}\right)$$

$\rho_к = \frac{\rho_{к max} + \rho_{к min}}{2}$

$\Delta \rho_к = \frac{\rho_{к max} - \rho_{к min}}{2}$

$\rho_к = (0{,}85 \pm 0{,}07) \frac{г}{см^3}$

$\varepsilon_к = \frac{\Delta \rho_к}{\rho_к}$

$\varepsilon_к = 8\%$

Вывод: $\rho_к = (0{,}85 \pm 0{,}07) \frac{г}{см^3}$, ~~тр~~ при этом относительная погрешность составила 8%, что довольно-таки очень даже неплохо. Мы получили, что $\rho_к < \rho_в$, что согласуется с наблюдением: когда мы ~~в ст~~ сыпем крупу в воду, она сначала плавает на поверхности (пренебрегаем $F_{пов. нат.}$), а потом набухает и тонет.

г. Так как крупу можно рассматривать как плотную упаковку, то рассмотрим одно зёрнышко: само по себе оно занимает $V_з = \frac{4}{3}\pi r^3$ (где r – это его радиус), но и у него же есть „личное пространство" – куб $V = (2r)^3$ – в него ещё одно зёрнышко поместиться не может.

Отсюда мы получаем, что с одной стороны: $V_ш = 8r^3 N$ (N – кол-во зёрен) $\Rightarrow r^3 = \frac{V_ш}{8N}$; а с другой – $V_ш = N \cdot (\frac{4}{3}\pi r^3 + V_в)$

$V_в$ – объём воздуха.

$V_в = 8r^3 - \frac{4}{3}\pi r^3$

$V_з = \frac{V_ш - V_в}{N} = \frac{V_ш - 8r^3 + \frac{4}{3}\pi r^3}{N} = \frac{V_ш}{N}\left(1 + \frac{\pi}{6} - \frac{1}{N}\right)$

Массу зёрнышка найдём так: отсчитали 200 зёрнышек и взвесили их.
Таким образом, $m_з = (6,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$ г
(погрешность находилась также методом верхних границ.)
Если m – масса крупы, то $N = \frac{m}{m_з}$.
Итак, $\rho_з = \frac{m_з}{V_з} = \frac{m_з \cdot N}{V_ш\left(1+\frac{\pi}{6}-\frac{1}{N}\right)} =$

$$= \frac{m}{V_ш\left(1+\frac{\pi}{6}-\frac{m_з}{m}\right)}$$

Значения m и $V_ш$ измерены уже в п. 1:

$$m = \bar{m} - m_ш.$$

$$\rho_з = \frac{\bar{m}-m_ш}{V_ш\left(1+\frac{\pi}{6}-\frac{m_з}{\bar{m}-m_ш}\right)}$$

Методом верхних границ находим $\rho_з$:

$$\rho_{з\,max} = \frac{28,22-11,17}{18\cdot\left(1+\frac{\pi}{6}-\frac{6,1\cdot10^{-3}}{28,20-11,19}\right)} = 0,62 \left(\frac{г}{см^3}\right)$$

$$\rho_{з\,min} = \frac{28,20-11,19}{22\left(1+\frac{\pi}{6}-\frac{5,9\cdot10^{-3}}{28,22-11,17}\right)} = 0,51 \left(\frac{г}{см^3}\right)$$

$$\rho_з = \frac{\rho_{з\,max}+\rho_{з\,min}}{2}; \quad \rho_з = (0,57 \pm 0,05)\,\frac{г}{см^3}.$$

$$\Delta\rho_з = \frac{\rho_{з\,max}-\rho_{з\,min}}{2}; \quad \varepsilon_з = \frac{\Delta\rho_з}{\rho_з}; \quad \varepsilon_з = 89\%.$$

Вывод: $\rho_з = (0,57 \pm 0,05)\frac{г}{см^3}$, при этом $\varepsilon_з = 9\%$, что очень даже не плохо.

3. 1) Найдём массу драже:

$N \cdot m_{др} = (5{,}02 \pm 0{,}01)$ г

$N = 10$

$m_{др}$ это масса одной конфеты.

2) ~~Давно~~ Чтобы найти $N \cdot V_д$ сделаем вот что:

равномерно перемешаем драже с зерном в шприцу, при этом $V_ш = (20 \pm 2)$ см^3 – объём смеси

Найдём $m_д$ – массу добавочного зерна => Найдём $V_д$ – объём добавочной крупы: $V_д = \frac{m_д}{\rho_к}$ ($\rho_к$ возьмём из п. 1)

Таким образом, $N \cdot V_{др.} = V_ш - V_д = V_ш - \frac{m_д}{\rho_к}$

и $\rho_{др} = \frac{m_д}{V_д} = \frac{N \cdot m_{др}}{N \cdot V_{др}} = \frac{N \cdot m_{др}}{V_ш - \frac{m_д}{\rho_к}}$.

$$\boxed{\rho_{др} = \frac{10\, m_{др}}{V_ш - \frac{m_д}{\rho_к}}}$$

$m_д = (12{,}68 \pm 0{,}01)$ г

$\rho_{др.\,max} = \frac{10 \cdot 5{,}03}{18 - \frac{12{,}69}{0{,}78}} = 29 \left(\frac{г}{см^3}\right)$

$\rho_{др.\,min} = \frac{10 \cdot 5{,}01}{22 - \frac{12{,}67}{0{,}82}} = 6{,}1 \left(\frac{г}{см^3}\right)$

В-7

$\rho_{др.} = \frac{\rho_{др.max} + \rho_{др.min}}{2}$; ~~$\rho_{др.} = 17,5 \pm$~~

$\Delta\rho_{др.} = \frac{\rho_{др.max} - \rho_{др.min}}{2}$;

$\rho_{др.} = (18 \pm 11) \frac{г}{см^3}$

$\varepsilon_{др.} = 61\% \left(= \frac{\Delta\rho_{др.}}{\rho_{др.}} \right)$

Вывод: $\rho_{др.} = (18 \pm 11) \frac{г}{см^3}$. ~~$\varepsilon = 61\%$~~

Относительная погрешность получилась очень большой из-за неточности измерения объёма, но мы сделали все, что уменьшить $\varepsilon_{др.}$

Как говорится, лучше знать о величине хоть что-то, чем не знать о ней ничего.