

## 8 класс

### Решения и система оценивания

*Редакторы:* Абзальдинов У.Х., Курамшин Б.К.

#### Задача 1. Пара олимпиадных угадаек

(автор: Мустафин И.И.)

1. Из уравнения реакции гидролиза  $Mg_2C_3$  следует, что количество, выделившегося газа  $\Gamma_1$ , равно количеству  $Mg_2C_3$ .

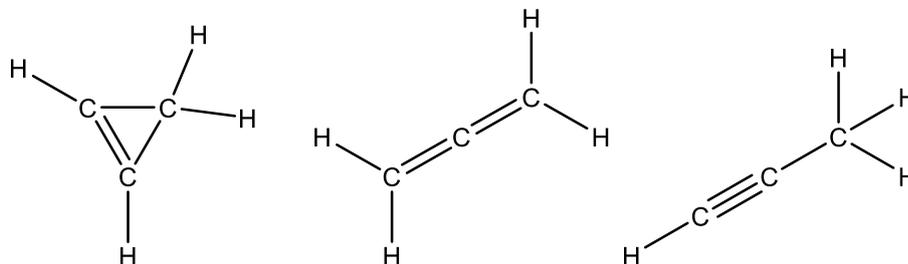
$$n(\Gamma_1) = n(Mg_2C_3) = \frac{m(Mg_2C_3)}{M(Mg_2C_3)}$$

Рассчитаем объём газа  $\Gamma_1$  из уравнения Менделеева – Клапейрона:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{m(Mg_2C_3) \cdot R \cdot T}{M(Mg_2C_3) \cdot p} = \frac{1.00 \text{ г} \cdot 8.314 \frac{\text{кПа} \cdot \text{л}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273 \text{ К}}{84.63 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 101.325 \text{ кПа}} = \mathbf{0.265 \text{ л}}$$

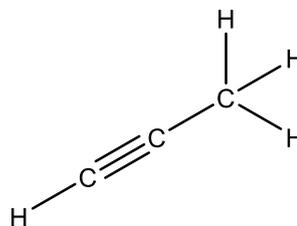
2. Из уравнения реакции гидролиза  $Mg_2C_3$  можно однозначно определить брутто-формулу  $\Gamma_1 - C_3H_4$ .

Можно составить три различные структурные формулы, соответствующие составу  $C_3H_4$ :



Только в третьем варианте структуры все три атома углерода в его молекуле имеют разное окружение.

Структура  $C_3H_4$ :



3. При гидролизе карбидов выделяются углеводороды, при сжигании которых образуется углекислый газ, следовательно,  $\Gamma_2 - CO_2$

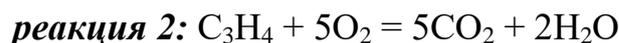
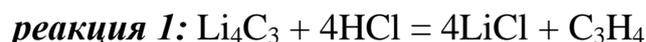
Найдём  $n(CO_2)$ , выделившегося при сжигании  $\Gamma_1$  из уравнения Менделеева – Клапейрона:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.325 \text{ кПа} \cdot 3.606 \text{ л}}{8.314 \frac{\text{кПа} \cdot \text{л}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{ К}} = 0.15 \text{ моль}$$

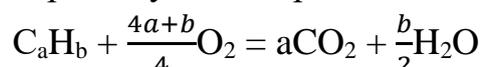
Пусть соотношение  $n(\text{CO}_2) : n(\text{A}) = x$ , тогда  $n(\text{A}) = 0.15/x$  моль, где  $x$  должен быть кратным трём (т. е. количеству атомов углерода в  $\Gamma_1$ ). Найдём молярную массу **A**:

$$M(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{n(\text{A})} = \frac{3.20 \text{ г} \cdot x}{0.15 \text{ моль}} = 21.33 \cdot x, \text{ при } x = 3, M(\text{A}) = 64 \text{ г/моль.}$$

Данная молярная масса соответствует **A** – **Li<sub>4</sub>C<sub>3</sub>**.



Запишем реакцию сгорания углеводородов в общем виде:



Отсюда можно сделать вывод, что соотношение между количеством  $\text{CO}_2$  и углеводорода равно количеству атомов углерода в составе углеводорода.

При постоянном давлении и температуре (293 К, 760 мм рт. ст.) объёмы газов соотносятся как их количества. Найдём соотношение между количествами газов  $\Gamma_3$  и  $\text{CO}_2$ , образовавшихся в ходе реакций 3 и 4 соответственно:

$$n(\text{CO}_2) : n(\Gamma_3) = V(\text{CO}_2) : V(\Gamma_3) = 2.404 : 1.202 = 2 : 1$$

Из данного соотношения можно сделать вывод, что в составе  $\Gamma_3$  присутствует два атома углерода.

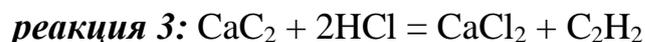
Найдём  $n(\text{CO}_2)$  из уравнения Менделеева – Клапейрона:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.325 \text{ кПа} \cdot 2.404 \text{ л}}{8.314 \frac{\text{кПа} \cdot \text{л}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{ К}} = 0.10 \text{ моль}$$

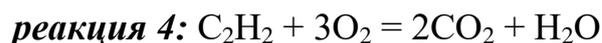
Пусть соотношение  $n(\text{CO}_2) : n(\text{B}) = x$ , тогда  $n(\text{B}) = 0.10/x$  моль, где  $x$  должен быть кратным двум (т. е. количеству атомов углерода в  $\Gamma_3$ ) Найдём молярную массу **B**:

$$M(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{n(\text{B})} = \frac{3.20 \text{ г} \cdot x}{0.10 \text{ моль}} = 32.00 \cdot x, \text{ при } x = 2, M(\text{A}) = 64 \text{ г/моль.}$$

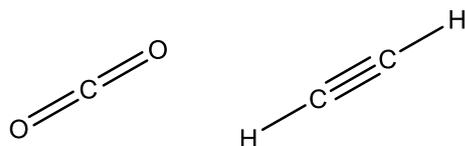
Данная молярная масса соответствует **B** – **CaC<sub>2</sub>**.



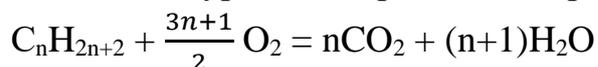
из данной реакции следует, что  $\Gamma_3$  – **C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>**.



**4.** Структурные формулы  $\text{CO}_2$  и  $\text{C}_2\text{H}_2$  соответственно:



**5.** Запишем уравнение реакции сгорания алкана в общем виде:



Для того, чтобы объём продуктов сгорания алкана в газообразном состоянии оказался равен объёму исходной стехиометрической смеси алкана с кислородом, суммарное количество вещества в системе должно оставаться постоянным до и после реакции, т. е. количество образующихся веществ в реакции должно быть равно количеству реагентов:

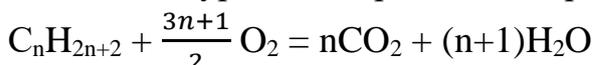
$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) + n(\text{O}_2) = n(\text{CO}_2) + n(\text{H}_2\text{O})$$

$$1 + \frac{3n+1}{2} = n + (n+1)$$

$$n = 1$$

Значит алкан – **СН<sub>4</sub>**.

**6.** Запишем уравнение реакции сгорания алкана в общем виде:



Составим таблицу, отражающую состав в смеси до начала и после протекания реакции:

	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
было	1	10	0	0
прореагировало	1	$\frac{3n+1}{2}$		
стало	0	$\frac{19-3n}{2}$	n	n+1

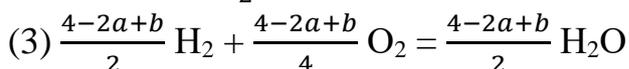
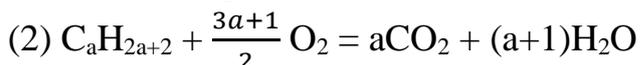
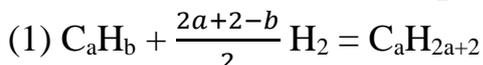
При постоянстве объёма и температуры давления соотносятся как количества вещества, значит, суммарное количество веществ в системе после реакции в 1.182 раза больше, чем было до начала реакции. Составим отношение:

$$\frac{\frac{19-3n}{2} + n + (n+1)}{1+10} = 1.182$$

Результатом решения уравнения является  $n = 5$ .

Формула алкана: **С<sub>5</sub>Н<sub>12</sub>**.

**7.** Составим уравнения, протекающих в сосуде реакций, из соображений о том, что в исходной смеси водород может находиться в избытке:



Составим таблицу, отражающую изменение соотношения компонентов смеси в ходе реакций:

	$\text{C}_a\text{H}_b$	$\text{H}_2$	$\text{C}_a\text{H}_{2a+2}$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
было	1	3	0	0	0	0

прореагировало в первой реакции	1	$\frac{2a + 2 - b}{2}$				
стало после окончания первой реакции	0	$\frac{4 - 2a + b}{2}$	1			
закачали O <sub>2</sub>				10		
прореагировало во второй реакции			1	$\frac{3a + 1}{2}$	a	a+1
прореагировало в третьей реакции		$\frac{4 - 2a + b}{2}$		$\frac{4 - 2a + b}{4}$		$\frac{4 - 2a + b}{2}$
стало после окончания второй и третьей реакций		0	0	0	a	$\frac{6 + b}{2}$

Так как количество закаченного в систему кислорода равняется количеству прореагировавшего кислорода (т. к. после окончания реакций кислорода в системе не осталось), то можно составить уравнение:

$$10 = \frac{3a+1}{2} + \frac{4-2a+b}{4}$$

При постоянстве объёма и температуры давления соотносятся как количества вещества. Составим соотношения суммарного количества веществ в исходной и конечной смеси:

$$\frac{2660}{760} = \frac{a + \frac{6+b}{2}}{1+3}$$

Получаем систему уравнений:

$$10 = \frac{3a+1}{2} + \frac{4-2a+b}{4}$$

$$\frac{2660}{760} = \frac{a + \frac{6+b}{2}}{1+3}$$

Решая данную систему уравнений, получаем  $a = 6$ ,  $b = 10$ . Исходный углеводород – C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>.

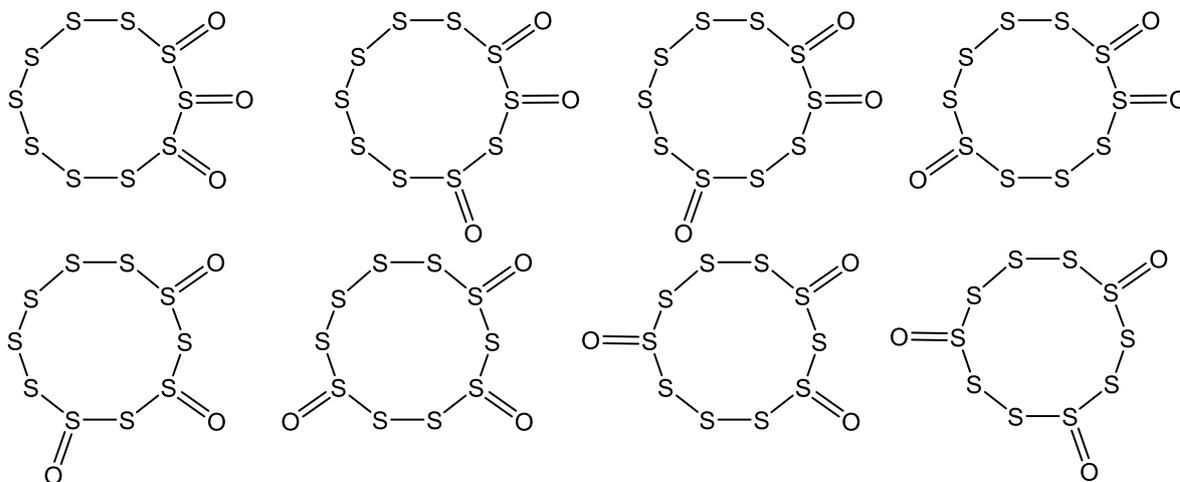
### Система оценивания:

1. Объём газа – **1 балл**.
2. Брутто-формула и структурная формула по **1 баллу**. Всего **2 балла**.
3. Неизвестные вещества по **1 баллу**, уравнения реакций по **1 баллу**. Всего **8 баллов**.
4. Структурные формулы по **1 баллу**. Всего **2 балла**.
5. Формула алкана – **2 балла** (без объяснения – 0 баллов). Всего **2 балла**.
6. Составление уравнения соотношения суммарного количества веществ до и после реакции *или* иной способ организации аналогичной информации –

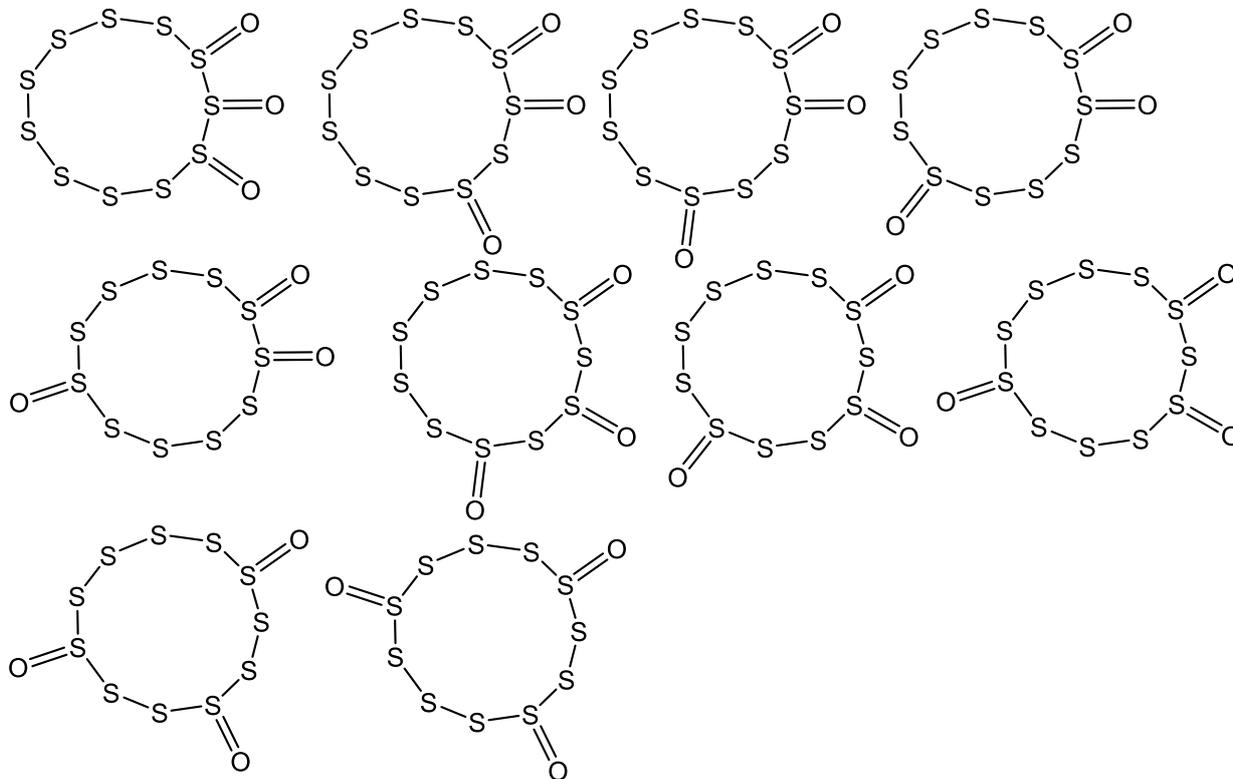


5. 5 изомеров  $S_nO_2$  образуют молекулы, содержащие 10 и 11 атомов серы:  $S_{10}$  и  $S_{11}$ . Структуры их аналогичны. Их приводить не обязательно.

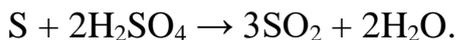
6. Изомеры  $S_{10}O_3$  (8 штук):



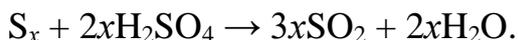
Изомеры  $S_{11}O_3$ :



7. Реакция серы с серной кислотой на 1 атом серы:

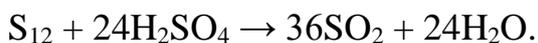


На 1 молекулу  $S_x$ :



Количество выделившегося  $SO_2$  равно  $3.25 \cdot 10^{21} / 6.022 \cdot 10^{23} = 5.397 \cdot 10^{-3}$  моль = 5397 мкмоль. Значит,  $3x = 5397/150 = 35.98$ , то есть  $x = 12$ .

Уравнение реакции:



**Система оценивания:**

**1. 1 балл.**

**2. Формулы А, Б, В, Г – по 1 баллу. Всего 4 балла.**

**3. Структурные формулы А, Б, В, Г – по 0.5 балла. Всего 2 балла.**

**4. Структуры 3 изомеров  $S_7O_2$  и 4 изомеров  $S_7O_3$  – по 0.5 балла. Всего 3.5 баллов**

(каждый лишний изомер – минус 0.5 балла, всего не менее 0 б.)

**5. Две молекулы – по 1 баллу. Всего 2 балла.**

(каждый лишний пример – минус 0.5 балла, всего не менее 0 б.)

**6. Структуры 18 изомеров – по 0.5 балла. Всего 9 баллов.**

(каждый лишний изомер – минус 0.5 балла, всего не менее 0 б.)

**7. Вывод о 12 атомах серы в молекуле – 2.5 балла, уравнение реакции – 1 балл. Всего 3.5 балла.**

(без обоснования – 0 баллов).

**ИТОГО: 25 баллов**

**Задача 3. Химия и быт**

*(автор: Хасаншина Л.И.)*

**1. Судя по описанию понятно, что А –  $I_2$ , В –  $KMnO_4$ , С –  $H_2O_2$ .**

Действительно,  $M(A):M(B):M(C) = 253.8 : 158 : 34 = 7.46 : 4.65 : 1$

**2. Элемент, входящий в состав А – йод. Тогда молярная масса D (в расчете на 1 атом I) равна  $127/0,7651 = 166$  г/моль, на не йод приходится  $166 - 127 = 39$  г/моль, следовательно, D – KI.**

**Реакция 1:**  $KI + I_2 = KI_3$

**E –  $KI_3$**

**3.  $V(p\text{-ра } C_2H_5OH) = m/\rho = 40/0.8 = 50$  мл**

$m(p\text{-ра}) = 100 \cdot 0.94 = 94$  г

$m(H_2O) = m(p\text{-ра}) - m(p\text{-ра } C_2H_5OH) - m(KI) - m(I_2) = 94 - 40 - 5 - 2 = 47$  г

$V(H_2O) = m/\rho = 47$  мл

$n(I_2) = 5/254 = 0.020$  моль

$n(KI) = 2/166 = 0.012$  моль

KI в недостатке,  $n(KI_3) = n(KI)$

$m(KI_3) = n \cdot M = 0.012 \cdot 420 = 5.04$  г

$\omega(KI_3) = m(KI_3)/m(p\text{-ра}) \cdot 100\% = 5.04/94 \cdot 100\% = 5.36\%$

**4.  $M(F) = 29 \cdot 0.586 = 17$  г/моль, F –  $NH_3$**

Белый творожистый осадок – хлорид серебра. Тогда  $n(\text{AgCl}) = 7.18/143.5 = 0.05$  моль =  $n(\mathbf{G})$

$$M(\mathbf{G}) = 8.5/0.05 = 170 \text{ г/моль, } \mathbf{G} - \text{AgNO}_3$$

$$n(\mathbf{H}) = C \cdot V = 10 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0.12 \text{ моль}$$

$$M(\mathbf{H}) = 29.76/0.12 = 248 \text{ г/моль}$$

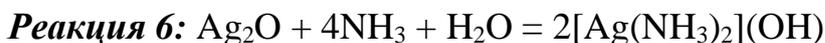
$$N(\text{O}) = M(\mathbf{H}) \cdot \omega(\text{O})/M(\text{O}) = 248 \cdot 0.5161/16 = 8$$

$$N(\text{S}) = M(\mathbf{H}) \cdot \omega(\text{S})/M(\text{S}) = 248 \cdot 0.2581/32 = 2$$

Раз соль растворилась при нагревании, значит,  $\mathbf{H}$  – кристаллогидрат.



**5. I – AgI.** Уравнения реакций



**Система оценивания:**

1. Вещества – по 1 баллу. Всего 3 балла.
  2. Вещества – по 1 баллу. Уравнение реакции – 1 балл. Всего 3 балла.
  3. Объем раствора этанола, объем воды – по 1 баллу, массовая доля  $\text{KI}_3$  – 3 балла. Всего 5 баллов.
  4. Вещества – по 2 балла. Без обоснования – 0 баллов. Всего 6 баллов.
  5. Вещество – 1 балл. Уравнения реакций – по 1 баллу. Всего 8 баллов.
- ИТОГО: 25 баллов.**

**Задача 4. – Дирижабль? Ага!**

*(автор: Ахмедов Т.Я.)*

1. Для расчета, скорости нужно не забыть перевести температуры в Кельвины, а массу в кг/моль:

$$v_{\text{H}_2} = \sqrt{\frac{\gamma_{\text{H}_2} RT}{M}} = \sqrt{\frac{1.4 \times 8.314 \times 298}{0.002}} = 1316 \text{ м/с}$$
$$v_{\text{He}} = \sqrt{\frac{\gamma_{\text{He}} RT}{M}} = \sqrt{\frac{1.667 \times 8.314 \times 298}{0.004}} = 1016 \text{ м/с}$$

2. Приравняем скорость распространения звука в смеси к скорости распространения звука в гелии:

$$v_{He} = \sqrt{\frac{\gamma_{смеси} RT}{M_{смеси}}}$$

$$M_{смеси} = \frac{\gamma_{смеси} RT}{v_{He}^2}$$

$$M_{смеси} = \frac{1.4 \times 8.314 \times 298}{1016^2} = 0.00336 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 3.36 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M_{смеси} = x_{H_2} \times M_{H_2} + x_{O_2} \times M_{O_2}$$

$$3.36 = x_{H_2} \times 2 + (1 - x_{H_2}) \times 32$$

$$x_{H_2} = 95.47 \%$$

$$x_{O_2} = 4.53 \%$$

Тогда смесь водорода и кислорода нужно приготовить в соотношении 21 к 1 соответственно

3. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}$$

$$\rho_{H_2} = \frac{101.325 \times 2}{8.314 \times 273} = 0.08928 \frac{\text{г}}{\text{л}}$$

$$\rho_{He} = \frac{101.325 \times 4}{8.314 \times 273} = 0.1786 \frac{\text{г}}{\text{л}}$$

4. Подъемная сила газа определяется как разность выталкивающей силы Архимеда и силы тяжести:

**Водород:**

$$F = F_A - mg$$

$$F = (\rho_{возд} V_{дирижабля} - m_{дирижабля})g$$

$$m_{дирижабля} = m_{кабины} + m_{газа}$$

$$m_{газа \text{ в шарике}} = \frac{pVM}{RT} = \frac{1 \times 101.325 \times 200\,000\,000 \times 0.002}{8.314 \times 298} = 16\,359 \text{ кг}$$

$$m_{дирижабля} = 100\,000 + 16\,359$$

$$F = (1.186 \times 200\,000 - 116\,359) \times 9.8$$

$$F = 1\,184\,242 \text{ Н} = 1.184 \text{ МН}$$

**Гелий:**

$$F = F_A - mg$$

$$F = (\rho_{возд} V_{дирижабля} - m_{дирижабля})g$$

$$m_{\text{газа в шарике}} = \frac{pVM}{RT} = \frac{1 \times 101.325 \times 200\,000\,000 \times 0.004}{8.314 \times 298} = 32\,717 \text{ кг}$$

$$m_{\text{дирижабля}} = m_{\text{кабины}} + m_{\text{газа}} = 100\,000 + 32\,717$$

$$F = (1.186 \times 200\,000 - 132\,717) \times 9.8$$

$$F = 1\,023\,933 \text{ Н} = 1.024 \text{ МН}$$

$$n = \frac{1.184}{1.024} = 1.156 \text{ раз}$$

5. Рассчитаем состав газа **A** и **B**. Учтем, что молекулы представляют собой октаэдры с атомами фторов в вершинах и атомом неизвестного элемента в центре. Тогда:

$$\frac{M(\mathbf{B})}{M(\mathbf{A})} = 2.04$$

$$\frac{M(\mathcal{E}_B) + 19 \times 6}{M(\mathcal{E}_A) + 19 \times 6} = 2.04$$

$$M(\mathcal{E}_B) - 2.04M(\mathcal{E}_A) = 118.56$$

С учетом того, что фторид образован элементом в степени окисления +6, можно ограничиться вариантами S, Se, Te, Cr, Mo, W, Tc, Re, Ru, Os, Ir, Rh Pt, U, Np, Pu. Осмысленным будет перебор если  $\mathcal{E}_A$  – обладает маленькой молярной массой, чтобы разница в его массе и массе  $\mathcal{E}_B$  составляла небольшую разницу. Так как в случае серы разница масс соответствует  $M(\mathcal{E}_B) = 186 \text{ г/моль} - \text{W}$ , для хрома  $M(\mathcal{E}_B) = 224 \text{ г/моль}$ , а в случае селена уже  $280 \text{ г/моль}$  что является предельной атомной массой – перебор остальных элементов не имеет смысла. **A** – **SF<sub>6</sub>**, **B** – **WF<sub>6</sub>**

6. Проведем расчет подобный тому, что мы уже делали в пункте 4, только за неизвестную переменную обозначим  $d$  – толщину стенок сосуда

$$F_A > mg$$

$$(\rho_{\text{SF}_6} - \rho_{\text{установки}})gV_{\text{установки}} > 0$$

$$(\rho_{\text{SF}_6} - \rho_{\text{установки}}) > 0$$

$$\rho_{\text{установки}} = \frac{m_{\text{кубика}}}{V_{\text{кубика}}}$$

$$m_{\text{кубика}} = (1^3 - (1 - d)^3) \times 2700$$

$$\rho_{\text{возд}} = \frac{pM}{RT} = \frac{101.325 \times 146}{8.314 \times 273} = 6.518 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 6.518 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$6.518 = \frac{(1^3 - (1 - d)^3) \times 2700}{1}$$

$$d = 0.0008 \text{ м} = 0.8 \text{ мм}$$

**Система оценивания:**

- 1. Скорости – по 2 балла. Всего 4 балла.**
- 2. Соотношение газов – 3 балла. Всего 3 балла.**
- 3. Плотности соединений – по 2 балла. Всего 4 балла.**
- 4. Соотношение подъемных сил - всего 6 баллов.**
- 5. Соединения – по 1 баллу. Объяснение разницы газов при вдыхании – 2 балла. Всего 4 балла.**
- 6. Толщина стенок – 4 балла. Всего 4 балла.**

**ИТОГО: 25 баллов**