

## Пояснительная записка

В задание теоретического тура входит 6 задач, каждая из которых максимально оценивается в 20 баллов. При подсчете рейтинга участников в суммарном балле за теоретический тур учитываются баллы только ПЯТИ задач. Баллы за задачу с минимальным числом баллов не суммируются, то есть за теоретический тур можно получить максимум 100 баллов. Выполнение практического тура максимально оценивается в 40 баллов. Максимальное количество баллов, которое может получить участник за оба тура, составляет 140 баллов.

## Решения задач теоретического тура

### Девятый класс

#### Задача 9-1 (авторы: Дроздов А.А., Андреев М.Н.)

$$\nu(\text{Al}_2\text{S}_3) = \frac{15}{2 \cdot 26.982 + 3 \cdot 32.066} = \frac{15}{150.162} = \mathbf{0.10 \text{ моль}}$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}) = m(\text{p-ра}) \cdot \omega(\text{Na}_2\text{S}) = 200 \cdot 0.1677 = 33.54 \text{ г}$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{S}) = \frac{33.54}{22.99 \cdot 2 + 32.066} = \frac{33.54}{78.046} = \mathbf{0.43 \text{ моль}} - \text{Na}_2\text{S} \text{ взят в избытке,}$$

поэтому  $\text{H}_2\text{S}$  не выделяется. Процесс можно представить как 2-х стадийный: на первой – выпадает гидроксид, на второй – осадок частично растворяется в растворе сульфида натрия, имеющего щелочную реакцию. Выпавший осадок – это гидроксид алюминия, при прокаливании которого образуется оксид алюминия:

$$\nu(\text{Al}(\text{OH})_3) = 2 \cdot \nu(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2 \frac{3.57}{26.982 \cdot 2 + 15.999 \cdot 3} = 2 \frac{3.57}{101.961} = \mathbf{0.070 \text{ моль}}$$

1)	$\text{Al}_2\text{S}_3$	+	$3\text{Na}_2\text{S}$	+	$6\text{H}_2\text{O}$	=	$6\text{NaHS}$	+	$2\text{Al}(\text{OH})_3$
	моль								
	Было		<b>0.1</b>		<b>0.43</b>		0		0
	Прореагировало		0.1		0.30				
	Осталось (образовалось)		0		0.13		0.60		0.20

2)	$\text{Al}(\text{OH})_3$	+	$\text{Na}_2\text{S}$	+	$\text{H}_2\text{O}$	=	$\text{NaHS}$	+	$\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
	моль								
	Было		0.20		0.13		0.21		
	Прореагировало		0.13		0.13				
	Осталось (образовалось)		<b>0.07</b>		0		0.34		0.13

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{Al}_2\text{S}_3) + m(\text{p-ра Na}_2\text{S}) - m(\text{Al}(\text{OH})_3)$$

$$m(\text{p-ра}) = 15 + 200 - 5.46 = 209.54 \text{ г,}$$

в растворе присутствуют:  $\text{NaHS}$  и  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$

$$m(\text{NaHS}) = (0.60 + 0.13) \cdot (22.99 + 32.066 + 1.006) = 40.93 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0.13 \cdot (22.99 + 26.982 + (15.999 + 1.008) \cdot 4) = 15.34 \text{ г,}$$

$$\omega(\text{NaHS}) = 40.88 / 209.54 = 0.1951 \text{ или } \mathbf{19.51\%}$$

$$\omega(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 15.34 / 209.54 = 0.0732 \text{ или } \mathbf{7.32\%}$$

Соляная кислота реагирует и с гидросульфидом натрия, и с тетрагидроксоалюминатом натрия:



моль 0.60+0.13      **0.73**



моль 0.13      4·0.13 = **0.52**

$$v(\text{HCl}) = 0.73 + 0.52 = 1.25 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl}) = 1.25 \cdot (1.008 + 35.453) = 45.576 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 45.625 / 0.1 = 456.25 \text{ г}$$

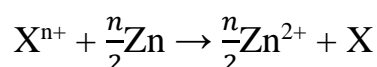
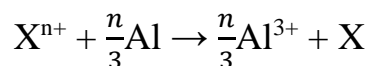
$$V_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 456.25 \text{ г} / 1.05 \text{ г/мл} = 434.52 \text{ мл}$$

**Система оценивания:**

Уравнения реакций по 2 балла	<b>8 баллов</b>
Расчет массовой доли гидросульфида натрия	<b>4 балла</b>
Расчет массовой доли тетрагидроксоалюмината натрия	<b>4 балла</b>
Расчет объема соляной кислоты	<b>4 балла</b>
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

**Задача 9-2 (автор: Пошехонов И.С.)**

1. Металл **X** при растворении в азотной кислоте образует соль **A** – нитрат этого металла. При помещении металлических пластинок в раствор соли **A** протекают следующие процессы:



При осаждении  $\nu$  моль металла **X** масса пластинок изменяется на  $\nu \cdot |M(\text{X}) - \frac{n}{3} M(\text{Al})|$  и  $\nu \cdot |M(\text{X}) - \frac{n}{2} M(\text{Zn})|$ . Отношения масс пластинок равны:

$$\frac{|M(\text{X}) - 8.994 n|}{|M(\text{X}) - 32.695 n|} = \frac{0.971}{0.738}$$

$$\frac{|M(\text{X}) - 8.994 n|}{|M(\text{X}) - 32.695 n|} = 1.316$$

Если  $n = 1$ , а  $M(\text{X}) > 32.7$ , то  $M(\text{X}) = 107.7$  г/моль, если  $n = 2$ , то  $M(\text{X}) = 216.6$  г/моль, если  $n = 3$ , то  $M(\text{X}) = 325.0$  г/моль.

Варианты с  $n = 2$  и  $3$  не имеют смысла, значит, искомый металл **X** - серебро **Ag**, а **A** – нитрат серебра, т.к. образуется при взаимодействии металла с азотной кислотой.

Вычислим количество вещества  $\text{AgNO}_3$ :

$$\Delta m = \nu \cdot |M(\text{Ag}) - \frac{1}{3} M(\text{Al})| \Rightarrow \nu(\text{AgNO}_3) = \frac{\Delta m}{107.87 - \frac{1}{3} 26.982} = \frac{0.971}{80.888} =$$

0.012 моль

Объем раствора – 100 мл = 0.1 л  $\Rightarrow c(\text{AgNO}_3) = \nu/\nu = 0.0012$  моль/л.

### 2. Уравнения реакций:

- 1)  $3\text{Ag} + 4\text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow 3\text{AgNO}_3 + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $2\text{AgNO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaNO}_3 + \text{Ag}_2\text{O}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 \rightarrow 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
- 4)  $2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + 5\text{H}_2\text{S}(\text{изб.}) \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NH}_4\text{HS}$
- 5)  $\text{Ag}_2\text{S} + 4\text{KCN}(\text{конц.}) \rightarrow \text{K}_2\text{S} + 2\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$
- 6)  $2\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2] + \text{Zn} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4] + 2\text{Ag}$

Таким образом, зашифрованные вещества:

<b>X</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Ag	$\text{AgNO}_3$	$\text{Ag}_2\text{O}$	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$	$\text{Ag}_2\text{S}$	$\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$

3. Серебро зачастую встречается в природе в виде примесей, сопутствующих другим минералам, в том числе в виде сульфида серебра.

Цианидный процесс лежит в основе одного из промышленных методов получения этого металла.

**Система оценивания:**

- |                                                       |                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. Расчет молярной массы металла – 1.5 балла          | <b>2.5 балла</b>  |
| Определение концентрации <b>A</b> в растворе – 1 балл |                   |
| 2. Формулы веществ <b>A – E</b> по 1.5 балла          | <b>7.5 баллов</b> |
| Уравнения реакций по 1.5 балла                        | <b>9 баллов</b>   |
| 3. Обоснование промышленного использования реакций    | <b>1 балл</b>     |
| <b>ИТОГО:</b>                                         | <b>20 баллов</b>  |

**Задача 9-3 (автор: Серяков С.А.)**

1. Вычислим количество вещества газа **C**:

$$v_C = \frac{0.236 \text{ л}}{22.4 \text{ л/моль}} = 0.0105 \text{ моль}$$

$$M_A = n \cdot \frac{m_A}{v_C} = 9.524 \cdot n, \text{ где } n - \text{ число моль } C \text{ газа на 1 моль } A.$$

Судя по схеме синтеза **A** (*p-циии* 5, 6), оно содержит литий и неизвестный металл.

<i>n</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
$M_A, \text{ г/моль}$	9.52	19.05	28.57	38.10	47.62
$M_A - M_{Li}$	2.58	12.11	21.63	31.15	40.68

Низкая молярная масса **A** позволяет предположить, что в состав **A** кроме **Li** могут входить **Be**, **Mg**, **Al** при этом третьим элементом может быть только водород, тогда можно предположить, что газ **C** – это **H<sub>2</sub>**. По молярной массе подходит только **Al**, состав **A** = **LiAlH<sub>4</sub>**.

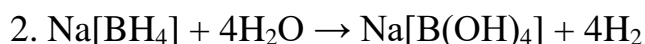
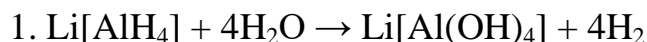
Поскольку соотношение элементов в веществе **B** аналогичное, то из равенства выделяющихся при гидролизе объемов водорода следует, что суммарная масса катионов в молярной массе **B** совпадает с рассчитанной для вещества **A**. Найдём элементы, для которых:

$M_1 + M_2 = M(Li) + M(Al) = 34$ , где  $M_1$  и  $M_2$  – молярные массы одновалентного и трехвалентного элементов (возможно, что оба двухвалентные):

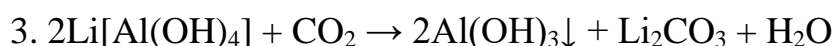
$M_1$	7 (Li)	23 (Na)	39 (K)
$M_2$	27 (Al – A)	11 (B)	<0

Следовательно вещество **B** – боргидрид натрия  $\text{Na}[\text{BH}_4]$ .

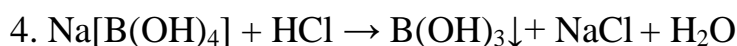
**Уравнения реакций:**



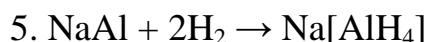
При хранении в открытом сосуде  $\text{CO}_2$ , содержащийся в воздухе, будет реагировать с алюминатом натрия:



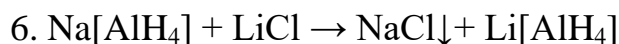
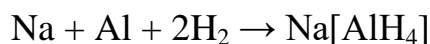
A при подкислении бората натрия соляной кислотой может образоваться борная кислота:



Сплав **H** =  $\text{NaAl}$  состоит из натрия и алюминия в мольном соотношении 1 : 1

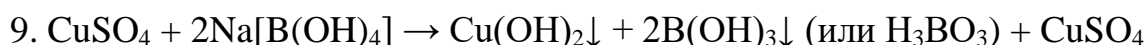


или



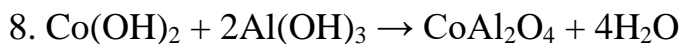
<b>A</b> = $\text{Li}[\text{AlH}_4]$	<b>B</b> = $\text{Na}[\text{BH}_4]$	<b>C</b> = $\text{H}_2$	<b>D</b> = $\text{Li}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
<b>E</b> = $\text{Na}[\text{B}(\text{OH})_4]$	<b>F</b> = $\text{Al}(\text{OH})_3$	<b>G</b> = $\text{B}(\text{OH})_3$	<b>H</b> = $\text{NaAl}$
<b>I</b> = $\text{Na}[\text{AlH}_4]$	<b>J</b> = $\text{CoAl}_2\text{O}_4$	<b>K</b> = $\text{CuB}_2\text{O}_4$	

2. Получение сложных оксидов  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  и  $\text{CuB}_2\text{O}_4$ .



Не допускается наличие в продуктах тетрагидроксоалюмината кобальта и  $\text{Cu}[\text{B}(\text{OH})_4]_2$  по причине неустойчивости этих веществ в водной среде вследствие гидролиза. По этой причине, например, нельзя получить силикат алюминия по обменной реакции в водном растворе.

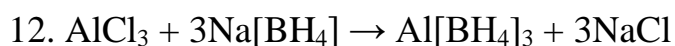
«Правильная» стехиометрия для образования  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  и  $\text{CuV}_2\text{O}_4$  достигается соотношением соответствующих гидроксидов в реакции гидролиза на предыдущей стадии:



**3.** Обменные реакции с участием упомянутых веществ и  $\text{AlCl}_3$ :



Движущей силой этой реакции является образование полимерного  $\text{AlH}_3$ .



Возможные продукты этой реакции, содержащие гидрид-ион - это  $\text{AlH}_3$ ,  $\text{B}_2\text{H}_6$  и  $\text{Al}[\text{BH}_4]_3$ .  $\text{AlH}_3$  отпадает, т.к. он образуется в предыдущей реакции,  $\text{B}_2\text{H}_6$  – газ, методом исключения легколетучая жидкость - это  $\text{Al}[\text{BH}_4]_3$ .

**Система оценивания:**

- |                                                                          |                  |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. 11 веществ (А – К) по 1 баллу;                                        | <b>14 баллов</b> |
| уравнений реакций (1 – 6) по 0.5 балла;                                  |                  |
| 2. 4 уравнения реакции синтеза <b>Ж</b> и <b>К</b> по 1 баллу;           | <b>4 балла</b>   |
| 3. 2 уравнения реакций <b>А</b> и <b>В</b> с $\text{AlCl}_3$ по 1 баллу; | <b>2 балла</b>   |

**ИТОГО 20 баллов**

**Задача 9-4 (автор: Курашкин Б.К.)**

**1.** **А** – бинарное вещество, состоящее только из селена и серы. Тогда газ **В**, получающийся при окислении **А** кислородом, – это диоксид серы,  $\text{SO}_2$ . Можно предположить, что **Б** – один из оксидов селена ( $\text{SeO}_2$  или  $\text{SeO}_3$ ). При растворении в воде оксидов селена получают соответствующие кислоты ( $\text{H}_2\text{SeO}_3$  или  $\text{H}_2\text{SeO}_4$  соответственно), которые далее восстанавливаются сернистым газом с образованием твердого простого вещества – селена. Значит, можно рассчитать массовую долю селена в оксиде и определить формулу оксида.

$$w(\text{Se}) = \frac{78.3}{110} = \frac{78.96}{78.96 + 16.00x} \Rightarrow x = 2$$

Значит, **Б** – это  $\text{SeO}_2$ , **Г** – это  $\text{H}_2\text{SeO}_3$ .

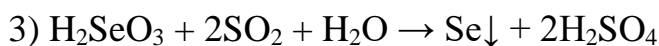
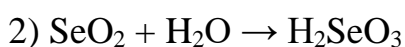
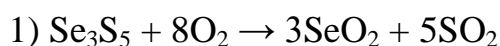
Из данных задачи и проведенных расчетов видно, что в 131 мг вещества **А** содержится 78.3 мг селена. Тогда масса серы в **А** равна  $131 - 78.3 = 52.7$  мг. Определим мольное соотношение элементов в **А**.

$$v(\text{Se}):v(\text{S}) = \frac{78.3}{78.96} : \frac{52.7}{32.07} = 0.991 : 1.643 = 1.00 : 1.66 \approx 3 : 5$$

Тогда формула **А** –  $\text{Se}_3\text{S}_5$ .

Осталось определить формулу кислоты **Д**. Она образуется в реакции селенистой кислоты с диоксидом серы, причем диоксид серы – восстановитель. Значит, сера окисляется до степени окисления +6, и **Д** – серная кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**2. Уравнения реакций:**



**3. Найдем количество сернистого газа, которое получится из 131 мг  $\text{Se}_3\text{S}_5$ :**

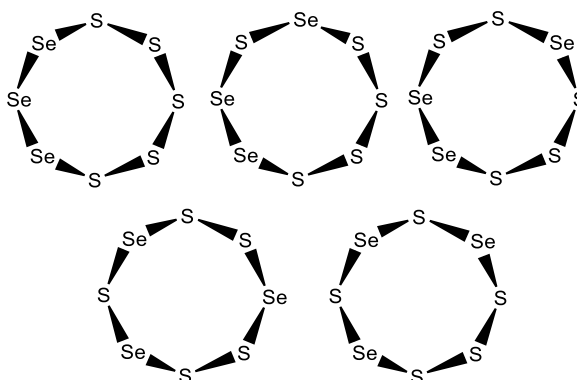
$$v(\text{SO}_2) = 5v(\text{Se}_3\text{S}_5) = 5 \cdot \frac{0.131}{78.96 \cdot 3 + 32.07 \cdot 5} = 1.65 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$pV(\text{SO}_2) = v(\text{SO}_2)RT \Rightarrow T = \frac{pV(\text{SO}_2)}{v(\text{SO}_2)R} = \frac{101325 \cdot 58.2 \cdot 10^{-6}}{1.65 \cdot 10^{-3} \cdot 8.314} = 430 \text{ K}$$

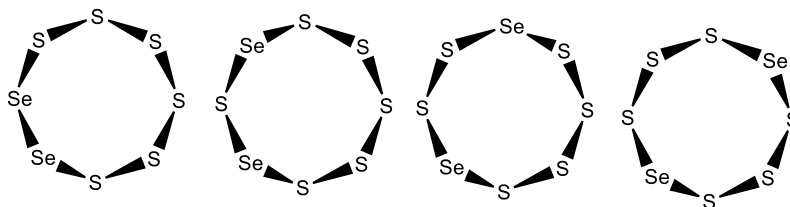
**4. Соединение **А** имеет пять циклических изомеров, строение которых аналогично строению молекул  $\text{S}_8$  и  $\text{Se}_8$ .**



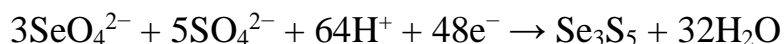
*ВсОШ по химии, Региональный этап  
2018–2019 учебный год  
Решения задач экспериментального тура*



5.4 изомера образуют  $\text{Se}_2\text{S}_6$  и  $\text{Se}_6\text{S}_2$ . Изомеры в случае первого соединения выглядят следующим образом (для  $\text{Se}_6\text{S}_2$  – аналогично).



6. Полуреакция образования  $\text{Se}_3\text{S}_5$ :



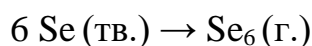
**Система оценивания:**

Элементы решения	Оценка
1. Определение <b>А</b> – 2 балла, <b>Б</b> – <b>Д</b> – по 1 баллу, Подтверждение расчетом <b>А</b> и <b>Б</b> – по 1 баллу	8 баллов
2. Уравнения реакций 1 – 3 – по 1 баллу	3 балла
3. Расчет температуры – 2 балла	2 балла
4. 5 изомеров – по 0.5 балла каждый лишний – минус 0.5 балла	2.5 балла
5. 2 формулы веществ – по 0.5 балла, 4 изомера – по 0.5 балла каждый лишний изомер – минус 0.5 балла	3 балла
6. Уравнение полуреакции восстановления с образованием <b>А</b> – 1.5 балла	1.5 балла

**Итого: 20 баллов**

**Задача 9-5 (автор: Курамшин Б. К.)**

1. Энтальпия образования  $\text{Se}_6$  (г.) – это энтальпия реакции:



Она получается суммированием 0.75 первой реакции, 1 второй реакции,  $-0.75$  третьей реакции и  $-1.5$  четвертой реакции. По закону Гесса, искомый тепловой эффект тогда рассчитывается аналогичным образом:

$$\Delta_f H(\text{Se}_{6(z.)}) = 0.75\Delta_r H_1 - 0.75\Delta_r H_3 - 1.5\Delta_r H_4 + \Delta_r H_2 = 33.1 \text{ ккал/моль.}$$

Энтальпию образования  $\text{Se}_3$  (г.) найдем из энтальпии пятой реакции.

$$\Delta_r H_5 = 2 \cdot \Delta_f H(\text{Se}_{3(z.)}) - \Delta_f H(\text{Se}_{6(z.)})$$

$$\Delta_f H(\text{Se}_{3(z.)}) = \frac{1}{2}(\Delta_r H_5 + \Delta_f H(\text{Se}_{6(z.)})) = 43.2 \text{ ккал/моль.}$$

Энтальпия образования  $\text{Se}_3$  больше, так как он менее стабилен из-за высокого углового напряжения в трехчленном цикле.

**2.** Известна энтальпия реакции  $3\text{Se}_2$  (г.)  $\rightarrow$   $\text{Se}_6$  (г.)  
 $\Delta_r H_2^\circ = -71.4$  ккал/моль.

Энтальпия реакции  $\text{Se}_6$  (г.)  $\rightarrow$   $6\text{Se}$  (г.) равна  $\Delta_r H_6^\circ = 6E_{\text{св}}(\text{Se}_6) = 6 \cdot 49.4 = 296.4$  ккал/моль.

Необходимо найти энтальпию реакции  $\text{Se}_2$  (г.)  $\rightarrow$   $2\text{Se}$  (г.)  $\Delta_r H^\circ = E_{\text{св}}(\text{Se}_2)$ . Эта реакция получается сложением  $1/3$  реакции  $\text{Se}_6$  (г.)  $\rightarrow$   $6\text{Se}$  (г.) и  $1/3$  реакции  $3\text{Se}_2$  (г.)  $\rightarrow$   $\text{Se}_6$  (г.), значит энергию связи находим следующим образом.

$$E_{\text{св}}(\text{Se}_2) = \frac{1}{3}\Delta_r H_2 + \frac{1}{3}\Delta_r H_6 = 75.0 \text{ ккал/моль}$$

Энергия связи в  $\text{Se}_2$  значительно больше, чем в  $\text{Se}_6$ , так как связь в  $\text{Se}_2$  двойная, а в  $\text{Se}_6$  связи одинарные.

**3.** Среднее количество атомов в молекуле – это отношение средней молярной массы смеси молекулярных форм селена к атомной массе селена. Найдем его для описанной в условии смеси.

$$P_{\text{общ}} = P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 = 12.0 + 10.0 + 9.8 + 8.7 + 6.1 + 2.0 + 1.5 = 50.1$$

кПа

*ВсОШ по химии, Региональный этап  
2018–2019 учебный год  
Решения задач экспериментального тура*

$$M_{cp} = M_2 \frac{p_2}{P_{общ}} + M_3 \frac{p_3}{P_{общ}} + \dots + M_8 \frac{p_8}{P_{общ}} = \frac{M(Se)}{P_{общ}} \cdot (2p_2 + 3p_3 + \dots + 8p_8) = 475.5$$

г/моль

$$n = \frac{M_{cp}}{M(Se)} = \frac{475.5}{79.0} = 6.0$$

4. Равновесие образования больших циклов  $Se_n$  из меньших при увеличении давления сдвигается в сторону уменьшения числа частиц, то есть в сторону больших циклов. Значит, среднее число атомов в молекуле увеличится.

5. Плотность становится ниже предсказанной на основе состава, в котором нет атомарного селена. Значит, при более высоких температурах начинается атомизация селена и в заметных количествах образуется  $Se$  (г.), что понижает среднюю молярную массу и плотность смеси.

**Система оценивания:**

- |                                                                                                                                                                                                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1. Расчет энтальпий образования $Se_6$ (г.) и $Se_3$ (г.) – по 2 балла                                                                                                                               | <b>6 баллов</b>      |
| Объяснение соотношения между ними – 2 балла                                                                                                                                                          |                      |
| 2. Расчет энергии связи в $Se_2$ (г.) – 2 балла                                                                                                                                                      | <b>4 балла</b>       |
| Объяснение величины энергии связи – 2 балла                                                                                                                                                          |                      |
| 3. Расчет средней молярной массы и среднего количества атомов в молекуле – по 3 балла. Если среднее количество атомов правильно найдено без использования средней молярной массы, ставится 6 баллов. | <b>6 баллов</b>      |
| 4. Указание на увеличение среднего числа атомов – 1 балл, Верное объяснение – 1 балл                                                                                                                 | <b>2 балла</b>       |
| 5. Указание на образование атомарного селена – 2 балла                                                                                                                                               | <b>2 балла</b>       |
| <b>Итого:</b>                                                                                                                                                                                        | <b>20<br/>баллов</b> |

**Задача 9-6 (автор: Каргов С. И.)**

1. Уравнение радиоактивного распада:



2. Константа распада равна:

$$k = \frac{0.693}{\tau_{1/2}} = \frac{0.693}{87.7} = 7.90 \cdot 10^{-3} \text{ лет}^{-1}.$$

Количество распавшегося за 1 год плутония равно

$$-\Delta N = k \cdot N \cdot \Delta t = 7.90 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 1 = 7.90 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

3. Число распадов в единицу времени представляет собой скорость реакции распада. Поэтому

$$\begin{aligned} -\frac{\Delta N}{\Delta t} &= k \cdot N = 7.90 \cdot 10^{-3} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 4.76 \cdot 10^{21} \text{ распадов в год} = \\ &= \frac{4.76 \cdot 10^{21}}{365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 1.51 \cdot 10^{14} \text{ распадов в секунду}. \end{aligned}$$

4. Дефект массы равен

$$\begin{aligned} \Delta m &= m({}_{94}^{238}\text{Pu}) - m({}_{92}^{234}\text{U}) - m({}_2^4\text{He}) = \\ &= 238.049560 - 234.040952 - 4.001506 = 7.10 \cdot 10^{-3} \text{ г/моль} = 7.10 \cdot 10^{-6} \\ &\quad \text{кг/моль} \end{aligned}$$

5. Этому дефекту массы соответствует энергия

$$\begin{aligned} E &= (\Delta m) c^2 = 7.10 \cdot 10^{-6} \text{ кг/моль} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2 = \\ &= 6.39 \cdot 10^{11} \text{ Дж/моль} = 6.39 \cdot 10^8 \text{ кДж/моль} \end{aligned}$$

6. Такое же количество энергии выделится при сжигании

$$m(\text{C}) = \frac{6.39 \cdot 10^8}{393.5} \cdot 12 = 1.95 \cdot 10^7 \text{ граммов (19.5 тонн) углерода}.$$

**Система оценивания:**

- |                                                                                             |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. Уравнение радиоактивного распада                                                         | 3 балла  |
| 2. Расчёт константы распада – 2 балла,<br>Расчёт количества распавшегося плутония – 3 балла | 5 баллов |
| 3. Расчёт числа распадов в секунду                                                          | 3 балла  |
| 4. Расчёт дефекта массы                                                                     | 3 балла  |
| 5. Расчёт энергии                                                                           | 3 балла  |
| 6. Расчёт массы углерода                                                                    | 3 балла  |

**ИТОГО: 20 баллов**