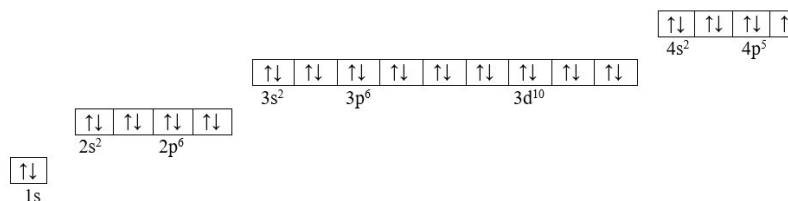


Решение задачи 1.

1. Второй элемент, образующий жидкое простое вещество в стандартных условиях, – ртуть Hg.
2. Бром – типичный неметалл, имеющий атомный номер **35** и относящийся к **4** периоду и **17** группе (**VII** в короткопериодной таблице) таблицы Менделеева.
3. Количество протонов соответствует атомному номеру. Количество электронов в электронейтральном атоме соответствует количеству протонов. Количество нейтронов можно вычислить, если вычесть из атомной массы атома число его протонов. Следовательно:
 ^{79}Br : количество протонов – **35**, электронов – **35**, нейтронов – $79 - 35 = 44$.
 ^{81}Br : количество протонов – **35**, электронов – **35**, нейтронов – $81 - 35 = 46$.
4. В таблице Менделеева относительная атомная масса брома указана как 79,904. Относительная атомная масса элемента рассчитывается как:
 $A_r(^n\text{X}) \cdot \chi(^n\text{X}) + A_r(^m\text{X}) \cdot \chi(^m\text{X}) + \dots = A_r(\text{относ.})$, где χ – мольная доля изотопа X.
Составим уравнение, где x – мольная доля изотопа ^{79}Br , а $(1-x)$ – ^{81}Br :
 $x \cdot 79 + (1-x) \cdot 81 = 79,904$, откуда $x = 0,548$.
Следовательно, содержание изотопа ^{79}Br – **54,8%**, а ^{81}Br – **45,2%**.
5. Электронная конфигурация атома брома – **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$** .
Расположение электронов на энергетических уровнях приведено ниже:



6. Поскольку бром находится в 17 (VII) группе, на его внешнем энергетическом уровне находится **7 электронов**. Соответственно, высшая степень окисления брома – **+7**, а низшая – **-1**.
7. HBr – бромоводород, или бромоводородная кислота (в растворе).
HBrO – бромноватистая кислота.
AgBr – бромид серебра (I).
Соответствующие классы веществ: кислота (гидрид), кислородсодержащая кислота, соль.

Система оценивания:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Верный элемент | 2 балла |
| 2. Четыре ответа по 1 баллу | 4 балла |
| 3. Шесть ответов по 1 баллу | 6 баллов |
| 4. Содержания изотопов по 1 баллу | 2 балла |
| 5. Электронная конфигурация и схема по 1 баллу | 2 балла |
| 6. Три ответа по 1 баллу | 3 балла |
| 7. Три названия и три класса по 1 баллу | 6 баллов |

ИТОГО

25 баллов

Решение задачи 2.

1. На рисунке видно, что фрагмент содержит в себе 12 атомов углерода. Поскольку каждый атом углерода должен образовывать четыре связи, необходимое количество атомов водорода – 14, а брутто формула фрагмента – $C_{12}H_{14}$.
2. Всего в фрагменте присутствуют четыре двойные связи, каждая из которых образована двумя атомами углерода. Значит, ответ на этот пункт – 8 атомов углерода.
3. Найдем молярную массу звена:
 $M(C_{12}H_{14}) = 12 \cdot 12 + 14 = 158 \text{ г/моль}$.
Средняя молярная масса полимера составляет 100000 г/моль. Чтобы найти количество фрагментов, содержащихся в 1 макромолекуле полимера, разделим его среднюю молярную массу на молярную массу одного звена:
 $\frac{100000}{158} = 633 \text{ фрагмента}$.
4. Найдем количество вещества полимера, содержащееся в 250 г каучука:
 $n = \frac{m}{M} = \frac{250}{100000} = 0,0025 \text{ моль}$.
Теперь найдем число молекул:
 $N = n \cdot N_A = 0,0025 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,5 \cdot 10^{21} \text{ молекул}$.
5. Из указанных массовых долей выводится отношение серы к каучуку как $\frac{1,1}{63,8}$. Рассчитаем массу серы в 100 г каучука:
 $m_S = 100 \cdot \frac{1,1}{63,8} = 1,72 \text{ г}$.
6. Найдем количество вещества и число атомов серы:
 $n_S = \frac{1,72}{32} = 0,0538 \text{ моль}$, $N_S = 0,0538 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,24 \cdot 10^{22} \text{ шт}$.
В 100 г каучука содержится $6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{100}{100000} = 6,02 \cdot 10^{20} \text{ молекул}$.
Рассчитаем число атомов серы на одну макромолекулу:
 $N_{S/\text{кауч}} = \frac{3,24 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{20}} = 54 \text{ шт}$.
7. На одну сшивку приходится 2 атома серы, значит, число сшивок:
 $\frac{54}{2} = 27 \text{ шт}$.

Система оценивания:

- | | |
|---|----------|
| 1. Брутто-формула | 4 балла |
| 2. Число атомов углерода в двойных связях | 3 балла |
| 3. Число звеньев | 6 баллов |
| 4. Число молекул в 250 г каучука | 4 балла |
| 5. Масса серы на 100 г каучука | 3 балла |
| 6. Число атомов серы на макромолекулу | 3 балла |
| 7. Число сшивок | 2 балла |

ИТОГО

25 баллов

Решение задачи 3.

1. Для расчета массовой доли иридия воспользуемся формулой:

$$\omega = \frac{m(\text{Ir})}{m(\text{образец})} \cdot 100\% = \frac{0,0023}{1,8422} \cdot 100\% \approx 0,12\%.$$

2. Исходя из описанных химических свойств, а именно: светло-серый сплав двух благородных металлов с желтыми вкраплениями, растворение части образца в азотной кислоте и образование характерного белого творожистого осадка, полное растворение другой части в «царской водке» и получение блестящего желтого королька после восстановления и прокаливания, можно сделать вывод, что металл **X** – золото Au, а металл **Y** – серебро Ag.

При реакции образца с азотной кислотой растворяется серебро с образованием соли **B** – AgNO₃ и газа **A** – NO₂, часть которого взаимодействует с NaCl в опыте 3, в результате чего выпадает белый творожистый осадок **C** – AgCl массой 0,3057 г.

Масса чистого золота, полученного в опыте 4, составила 0,3450 г.

Рассчитаем их массы в изначальном образце:

$$m(\text{AgCl}) = 0,3057 \cdot 5 = 1,5285 \text{ г},$$

$$n(\text{Ag}) = \frac{1,5285}{143,3} = 0,01066 \text{ моль},$$

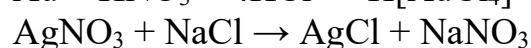
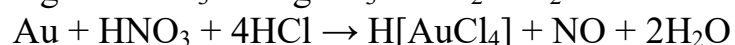
$$m(\text{Ag}) = 0,01066 \cdot 107,9 = 1,1500 \text{ г}.$$

$$m(\text{Au}) = 0,3450 \cdot 2 = 0,6900 \text{ г}.$$

Найдем массу образца:

$$m_{\text{обр}} = 1,1500 + 0,6900 + 0,0023 = 1,8423 \text{ г}, \text{ что совпадает с указанной массой образца с учетом округления.}$$

3. Уравнения реакций:



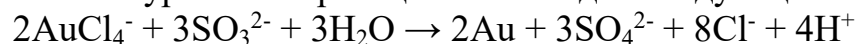
Рассчитаем массовые доли металлов:

$$\text{Au: } \frac{0,6900}{1,8422} = 0,3746 = 37,46\%$$

$$\text{Ag: } \frac{1,1500}{1,8422} = 0,6243 = 62,43\%.$$

4. Сульфит натрия в реакции играет роль **восстановителя**.

Ионное уравнение реакции 4 выглядит следующим образом:



Продукты, которые могут образоваться в условиях реакции – Au, Na₂SO₄, NaCl, HCl, H₂SO₄.

Система оценивания:

- | | |
|--|----------|
| 1. Расчет массовой доли | 2 балла |
| 2. Определение X – 3 балла | 8 баллов |
| Определение Y, B и C по 1 баллу | |
| Определение A – 2 балла | |
| 3. Уравнения реакций по 2 балла | 6 баллов |
| <i>Уравнения с верными веществами, но неверными коэффициентами оцениваются половиной от максимального балла.</i> | |
| 4. Массовые доли металлов по 1,5 балла | 3 балла |
| 5. Роль сульфита натрия – 1 балл | 6 баллов |
| Пять продуктов по 1 баллу | |

ИТОГО **25 баллов**

Решение задачи 4.

- Уравнения реакций:
(1) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}$
(2) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$
- Рассчитаем массу железа, которую можно получить из печи. Для этого сначала рассчитаем количество оксида железа (III):
$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1000 \text{ кг}}{160 \text{ г/моль}} = 6,25 \text{ кмоль.}$$

Из 1 кмоль оксида железа (III) образуется 2 кмоль железа:
$$n(\text{Fe}) = 6,25 \cdot 2 = 12,5 \text{ кмоль.}$$

$$m(\text{Fe}) = 12,5 \cdot 56 = 700 \text{ кг.}$$
- 40% железа (5 кмоль) восстанавливается прямым путем (1), в ходе которого из 2 кмоль Fe образуется 3 кмоль CO. Следовательно:
$$n(\text{CO})_{\text{прям}} = 5 \cdot \frac{3}{2} = 7,5 \text{ кмоль}$$

60% железа (7,5 кмоль) восстанавливается непрямым путем (2), в ходе которого на 2 кмоль Fe расходуется 3 кмоль CO и образуется 3 кмоль CO_2 .
$$n(\text{CO})_{\text{расх}} = 7,5 \cdot \frac{3}{2} = 11,25 \text{ кмоль} = n(\text{CO}_2)_{\text{непр}}$$

По условию, соотношение газов в колошниковом газе $\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2} = \frac{3}{1}$, следовательно, количество угарного газа:
$$n(\text{CO})_{\text{итог}} = 3 \cdot 11,25 = 33,75 \text{ кмоль.}$$

7,5 кмоль угарного газа уже образовалось в ходе прямого восстановления, значит дополнительно нужно $33,75 - 7,5 = 26,25$ кмоль. Угарный газ образуется в ходе следующей реакции:
$$2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{CO})}{2} = \frac{26,25}{2} = 13,125 \text{ кмоль.}$$

Необходимый объем кислорода:
$$V(\text{O}_2) = 13,125 \cdot 22,4 = 294 \text{ м}^3.$$

4. Кислород составляет 35% от объема дутья, остальное приходится на азот. Значит, количество азота:

$$n(\text{дутья}) = \frac{13,125}{0,35} \cdot 0,65 = 24,375 \text{ кмоль.}$$

Общее количество газов в колошниковом газе:

$$33,75 + 11,25 + 24,375 = 69,375 \text{ кмоль.}$$

Найдем объем при указанных условиях:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{69,375 \cdot 8,314 \cdot 523}{253312,5} = 1190,85 \text{ м}^3.$$

Изменение объема при изменении температуры и давления можно выразить следующим образом:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2} = \frac{298}{523} \cdot \frac{2,5}{1} \approx 1,42.$$

Значит, объем увеличится примерно в 1,42 раза.

Система оценивания:

1. Два уравнения реакций по 2 балла	4 балла
2. Расчет количества оксида железа – 2 балла Расчет массы железа – 3 балла	5 баллов
3. Определение количества дополнительного угарного газа – 2 балла Объем кислорода – 5 баллов	7 баллов
4. Объем колошникового газа – 6 баллов Расчет изменения объема – 3 балла	9 баллов
ИТОГО	25 баллов