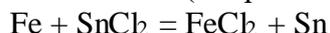


10 класс

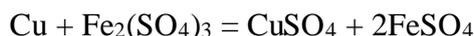
I вариант

№ 1

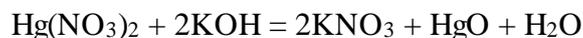
1) Погружение железной пластинки в раствор хлорида олова (II) ведет к типичной реакции замещения – железо способно вытеснить олово (см. ряд активности металлов):



2) Медь не может вытеснять железо из растворов его солей (см. ряд активности металлов), но ион железа в данном случае имеет заряд +3, что позволяет ему выступать в роли окислителя меди:



3) Взаимодействие растворов нитрата ртути (II) и гидроксида калия, очевидно, процесс не окислительно-восстановительный. Судя по таблице растворимости, гидроксид ртути (II) не существует. Единственное соединение с той же степенью окисления ртути, которое может образоваться, – оксид:



4) Взаимодействие хлорида меди (II) с иодидом калия – окислительно-восстановительный процесс: Cu^{2+} – окислитель, I^- – восстановитель (поэтому соединение CuI_2 не существует):



5) Добавление по каплям раствора нитрата цинка к раствору гидроксида натрия указывает на избыток щелочи. Соединения цинка являются амфотерными, следовательно, в растворе будет образовываться комплексное соединение:



Рекомендации к оцениванию:

1) За каждое уравнение реакции по 1 баллу

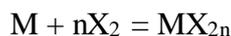
1·5 = 5 баллов

ИТОГО

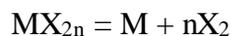
5 баллов

№ 2

Уравнение реакции:



Уравнение реакции электролиза:



Количество вещества галогена, полученного при электролизе (оно же – количество вещества галогена, вступившего в реакцию с металлом) составляет:

$$n = 9830/96500 \cdot 2 = 0,0507 \text{ моль}$$

(z в данном случае равно 2, так как одна молекула галогена образуется из двух галогенид-ионов).

Молярная масса X_2 : $M = 8,14/0,0509 = 159,1 \text{ г/моль}$, т.е. неизвестный галоген – **бром**.

Аналогичным образом ведем расчет молярной массы металла. Количество вещества металла, полученное при электролизе (оно же – количество вещества металла, вступившего в реакцию с галогеном) составляет $n = 9830/96500z$ моль, а его молярная масса $M = 3,0 \cdot 96500z/9830 = 29,45z$, где z – валентность металла в галогениде.

Составим таблицу:

z	M, г/моль	металл
1	29,45	–
2	58,9	Co
3	88,35	–
4	117,8	–
5	147,25	–

6	176,7	–
7	206,15	–
8	235,6	–

Неизвестный металл – **кобальт**.

Уравнение реакции электролиза расплава: $\text{CoBr}_2 = \text{Co} + \text{Br}_2$.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| 1) Определение галогена | 2 балла |
| 2) Определение металла | 2 балла |
| 3) Уравнение реакции электролиза | 1 балл |
| ИТОГО | 5 баллов |

№ 3

Глинозем – Al_2O_3 ; каустическая сода – NaOH ; нашатырь – NH_4Cl ; купоросное масло – H_2SO_4 .

Уравнения реакций:

- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (сплавление)
- $\text{NaAlO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3 + \text{NaCl}$
(или $2\text{NaAlO}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + (n - 1)\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 + 2\text{NaCl}$)
- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NH}_4\text{HSO}_4$
- $\text{NH}_4\text{HSO}_4 = \text{NH}_3 + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (прокаливание)
(или $\text{NH}_4\text{HSO}_4 = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$)

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 1) Формулы соединений по 0,75 балла | $0,75 \cdot 4 = 3$ балла |
| 2) Уравнения реакции по 0,5 балла | $0,5 \cdot 4 = 2$ балла |
| ИТОГО | 5 баллов |

№ 4

А) NH_3 и PH_3

Б) Не одинаковы. Скорость реакции зависит от концентрации, выраженной количеством вещества в единице объема (чаще всего моль/л). Количество вещества образующегося аммиака ($20/17 = 1,18$ моль) в два раза больше, чем фосфина ($20/34 = 0,59$ моль), поэтому скорость реакции образования аммиака в два раза выше.

В) Моль/(л·с) (другие варианты размерности, в которых моль делится на единицу измерения объёма (м^3 , дм^3 и пр.) и на единицу измерения времени (мин, час и пр.) также являются верными).

Г) Согласно правилу Вант-Гоффа, при повышении температуры на 10 градусов Цельсия скорость реакции возрастает в 2–4 раза, что математически выражается формулой:

$$V_{T_2}/V_{T_1} = (\gamma)^{(T_2-T_1)/10}$$

где T_2 и T_1 – температуры, при которых измеряется скорость реакции, V_{T_2} и V_{T_1} – скорости реакций при соответствующих температурах, γ – температурный коэффициент скорости, $(T_2-T_1)/10$ – показатель степени, в которую возводится γ , т.е. для условия задачи $V_{T_2}/V_{T_1} = (2)^4$. Скорость реакции **увеличится в 16 раз**.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|------------------------|
| 1) Формулы веществ по 0,5 балла | $0,5 \cdot 2 = 1$ балл |
| 2) Правильный ответ на вопрос Б | 1 балл |
| 3) Объяснение при ответе на вопрос Б | 1 балл |
| 4) Размерность скорости | 0,5 балла |
| 5) Влияние температуры, качественный ответ | 0,5 балла |
| 6) Количественное увеличение скорости | 1 балл |
| ИТОГО | 5 баллов |

№ 5

1) Общая формула предельного углеводорода – C_nH_{2n+2} . Тогда формулы моно- и дибромпроизводных: $C_nH_{2n+1}Br$ и $C_nH_{2n}Br_2$ соответственно. Массовые доли галогена в них:

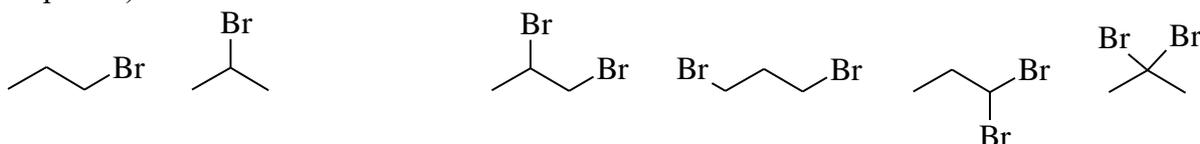
$$\omega_1(Br) = \frac{80}{14n + 81} \cdot 100\% \quad \omega_2(Br) = \frac{160}{14n + 160} \cdot 100\%$$

По условию в дибромпроизводном массовая доля брома в 1,218 раза больше, следовательно, можно составить уравнение:

$$\frac{160 \cdot (14n + 81)}{(14n + 160) \cdot 80} = 1,218$$

решая которое, получим, что $n = 3$, т.е. неизвестный углеводород – пропан C_3H_8 .

2) У пропана 2 моно- и 4 дибромпроизводных (основной продукт монобромирования – 2-бромпропан):



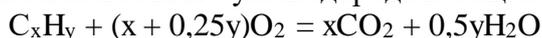
3) В пропане два типа неэквивалентных атомов водорода: 6 из них принадлежат двум первичным атомам углерода, а 2 других – вторичному. В условиях повышения температуры и активности галогена селективность снижается, и будет действовать статистический фактор. При повышенной температуре радикальное хлорирование пропана приведет к образованию преимущественно 1-хлорпропана.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------------------|
| 1) Молекулярная формула углеводорода | 1,5 балла |
| 2) Число моно- и дибромпроизводных по 1 баллу | $1 \cdot 2 = 2$ балла |
| 3) Основной продукт монобромирования | 0,5 балла |
| 4) Основной продукт монохлорирования (только с обоснованием) | 1 балл |
| ИТОГО | 5 баллов |

№ 6

Запишем уравнение сгорания неизвестного углеводорода в общем виде:



Учитывая, что количество вещества кислорода в 4,5 раза больше количества вещества углеводорода (900/200), получаем уравнение с двумя неизвестными:

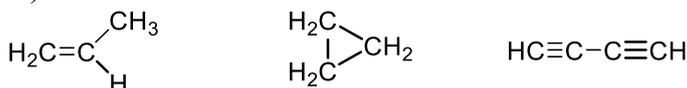
$$n(O_2)/n(C_xH_y) = (x + 0,25y)/1 = 4,5$$

Откуда $y = (4,5 - x) \cdot 4$

Далее перебирая целочисленные значения x (число атом углерода в молекуле), найдём соответствующие значения y (число атом водорода в молекуле):

$x = 1$	$y = 14$	CH_{14} (не имеет химического смысла)
$x = 2$	$y = 10$	C_2H_{10} (не имеет химического смысла)
$x = 3$	$y = 6$	C_3H_6
$x = 4$	$y = 2$	C_4H_2

Таким образом, неизвестный углеводород может иметь брутто-формулу C_3H_6 или C_4H_2 . Составу C_3H_6 отвечает общая формула C_nH_{2n} , т.е. углеводород может иметь либо 1 двойную связь, либо это циклоалкан. Составу C_4H_2 отвечает общая формула C_nH_{2n-8} . В этом случае, несмотря на кажущееся многообразие возможных структур, единственным разумным вариантом с химической точки зрения является наличие в углеводороде 2 тройных связей. Тогда три возможные структурные формулы неизвестного углеводорода (пропен, циклопропан, бутадиин):

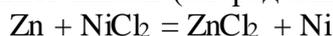


Рекомендации к оцениванию:

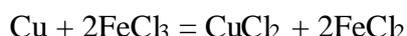
- 1) За выход на брутто-формулы C_3H_6 и C_4H_2 , в том числе подбором по 1 баллу $1 \cdot 2 = 2$ балла
 2) Структурные формулы по 1 баллу $1 \cdot 3 = 3$ балла
ИТОГО **5 баллов**

II вариант**№ 1**

1) Погружение цинковой пластинки в раствор хлорида никеля (II) ведет к типичной реакции замещения – цинк способен вытеснить никель (см. ряд активности металлов):



2) Медь не может вытеснять железо из растворов его солей (см. ряд активности металлов), но ион железа в данном случае имеет заряд +3, что позволяет ему выступать в роли окислителя меди:



3) Взаимодействие растворов нитрата серебра и гидроксида натрия, очевидно, процесс не окислительно-восстановительный. Судя по таблице растворимости, гидроксид серебра не существует. Единственное соединение с той же степенью окисления серебра, которое может образоваться – оксид:



4) Взаимодействие хлорида меди (II) с иодидом калия – окислительно-восстановительный процесс: Cu^{2+} – окислитель, I^- – восстановитель (поэтому соединение CuI_2 не существует):



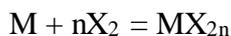
5) Добавление по каплям раствора хлорида алюминия к раствору гидроксида калия указывает на избыток щелочи. Соединения алюминия являются амфотерными, следовательно, в растворе будет образовываться комплексное соединение:

**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) За каждое уравнение реакции по 1 баллу $1 \cdot 5 = 5$ баллов
ИТОГО **5 баллов**

№ 2

Уравнение реакции:



Уравнение реакции электролиза:



Количество вещества галогена, полученного при электролизе (оно же – количество вещества галогена, вступившего в реакцию с металлом) составляет:

$$n = 3726/96500 \cdot 2 = 0,0193 \text{ моль}$$

(z в данном случае равно 2, так как одна молекула галогена образуется из двух галогенид-ионов).

Молярная масса галогена X_2 : $M = 4,9/0,0193 = 253,9$ г/моль, т.е. неизвестный галоген – **иод**.

Аналогичным образом ведем расчет молярной массы металла. Количество вещества металла, полученное при электролизе (оно же – количество вещества металла, вступившего в реакцию с галогеном) составляет $n = 9800/96500z$ (моль), а его молярная масса $M = 4,0 \cdot 96500z/3726 = 103,6z$, где z – валентность металла в галогениде.

При $z = 2$, $M = 103,6 \cdot 2 = 207,2$ г/моль, т.е. неизвестный металл – **свинец**.

Уравнение реакции электролиза расплава: $PbI_2 = Pb + I_2$

Рекомендации к оцениванию:

1) Определение галогена	2 балла
2) Определение металла	2 балла
3) Уравнение реакции электролиза	1 балл
ИТОГО	5 баллов

№ 3

Метеоритный металл – Fe; жёлто-зелёный газ – Cl₂; каустическая сода – NaOH; гематит – Fe₂O₃.

Уравнения реакций:

- 1) $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$
- 2) $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$
(или $2\text{FeCl}_3 + 6\text{NaOH} + (n - 3)\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 6\text{NaCl}$)
- 3) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HI} = 2\text{FeI}_2 + \text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

Рекомендации к оцениванию:

1) Формулы соединений по 0,75 балла	0,75·4 = 3 балла
2) Уравнения реакции по 0,5 балла	0,5·4 = 2 балла
ИТОГО	5 баллов

№ 4

А) NH₃ и H₂S

Б) Скорость реакции зависит от концентрации, выраженной количеством вещества в единице объема (чаще всего моль/л). Количество вещества образующегося аммиака ($6,8/17 = 0,4$ моль) в два раза больше, чем сероводорода ($6,8/34 = 0,2$ моль), поэтому скорость реакции образования аммиака в два раза выше.

В) Моль/(л·с) (другие варианты размерности, в которых моль делится на единицу измерения объёма (м³, дм³ и пр.) и на единицу измерения времени (мин, час и пр.) также являются верными).

Г) Согласно правилу Вант-Гоффа, при повышении температуры на 10 градусов Цельсия скорость реакции возрастает в 2–4 раза, что математически выражается формулой:

$$V_{T_2}/V_{T_1} = (\gamma)^{(T_2-T_1)/10}$$

где T₂ и T₁ – температуры, при которых измеряется скорость реакции, V_{T₂} и V_{T₁} – скорости реакций при соответствующих температурах, γ – температурный коэффициент скорости, (T₂–T₁)/10 – показатель степени, в которую возводится γ, т.е. для условия задачи V_{T₂}/V_{T₁} = (2)³. Скорость реакции **увеличится в 8 раз**.

Рекомендации к оцениванию:

1) Формулы веществ по 0,5 балла	0,5·2 = 1 балл
2) Правильный ответ на вопрос Б	1 балл
3) Объяснение при ответе на вопрос Б	1 балл
4) Размерность скорости	0,5 балла
5) Влияние температуры, качественный ответ	0,5 балла
6) Количественное увеличение скорости	1 балл
ИТОГО	5 баллов

№ 5

1) Общая формула предельного углеводорода – C_nH_{2n+2}. Тогда формулы моно- и дибромпроизводных: C_nH_{2n+1}Br и C_nH_{2n}Br₂ соответственно. Массовые доли галогена в них:

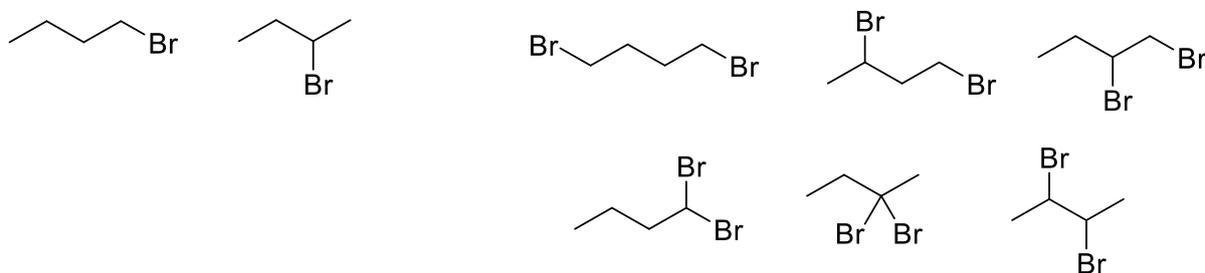
$$\omega_1(\text{Br}) = \frac{80}{14n + 81} \cdot 100\% \quad \omega_2(\text{Br}) = \frac{160}{14n + 160} \cdot 100\%$$

По условию в дибромпроизводном массовая доля брома в 1,269 раза больше, следовательно, можно составить уравнение:

$$\frac{160 \cdot (14n + 81)}{(14n + 160) \cdot 80} = 1,269$$

решая которое, получим, что $n = 4$, т.е. неизвестный углеводород – *n*-бутан C_4H_{10} .

2) У бутана 2 моно- и 6 дибромпроизводных (основной продукт монобромирования – 2-бромбутан):



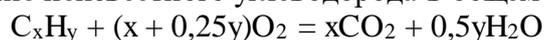
3) В бутане два типа неэквивалентных атомов водорода: 6 из них принадлежат двум первичным атомам углерода, а 4 других – вторичным. В условиях повышения температуры и активности галогена селективность снижается, и будет действовать статистический фактор. При повышенной температуре радикальное хлорирование бутана приведет к образованию преимущественно 1-хлорбутана.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------------------|
| 1) Молекулярная формула углеводорода | 1,5 балла |
| 2) Число моно- и дибромпроизводных по 1 баллу | $1 \cdot 2 = 2$ балла |
| 3) Основной продукт монобромирования | 0,5 балла |
| 4) Основной продукт монохлорирования (только с обоснованием) | 1 балл |
| ИТОГО | 5 баллов |

№ 6

Запишем уравнение сгорания неизвестного углеводорода в общем виде:



Учитывая, что количество вещества кислорода в 4 раза больше количества вещества углеводорода (600/150), получаем уравнение с двумя неизвестными:

$$n(O_2)/n(C_xH_y) = (x + 0,25y)/1 = 4$$

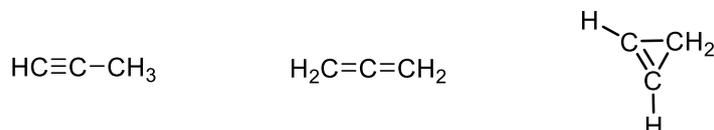
Откуда $y = (4 - x) \cdot 4$

Далее перебирая целочисленные значения x (число атом углерода в молекуле), найдём соответствующие значения y (число атом водорода в молекуле):

$x = 1$	$y = 12$	CH_{12} (не имеет химического смысла)
$x = 2$	$y = 8$	C_2H_8 (не имеет химического смысла)
$x = 3$	$y = 4$	C_3H_4
$x = 4$	$y = 0$	–

Таким образом, неизвестный углеводород имеет брутто-формулу C_3H_4 . Такому составу отвечает общая формула C_nH_{2n-2} , т.е. углеводород может иметь либо 1 тройную связь, либо 2 двойных связи, либо 1 двойную связь и цикл.

Тогда три возможные структурные формулы неизвестного углеводорода (пропин, аллен, циклопропен):



Рекомендации к оцениванию:

- 1) За выход на брутто-формулу C_3H_4 , в том числе подбором
- 2) Структурные формулы по 1 баллу

ИТОГО

2 балла

1·3 = 3 балла

5 баллов