

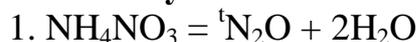
# Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии

2020/21 учебный год

## Решения и критерии оценивания заданий 10 класса

Максимально 45 баллов

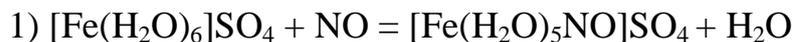
### 10-1. Получение чистых газов



2. В колбу-реактор (1) погружается твердый нитрат аммония и нагревается до разложения. Термометр (2) необходим для поддержания температуры не выше  $250^\circ\text{C}$ . В противном случае может быть взрыв. Продукты разложения поступают в ловушку (3), охлаждаемую льдом (4), где конденсируется вода. В склянках (5) газ очищается от примеси оксида азота (II). Щелочь в склянке (6) улавливает примеси углекислого газа и оксида азота (IV). В склянке (7) улавливается кислород, который окисляет гидросульфит натрия. В склянке (8) с серной кислотой и колонке (9) с оксидом фосфора поглощается остаточное количество воды. В конденсаторе (10), погруженном в сосуд Дьюара с жидким воздухом (11) собирается жидкий оксид азота (I).

3. Нагревание горлышка колбы необходимо для предотвращения конденсации паров воды и попадания её в реактор.

4. В водном растворе сульфат железа (II) образует аквакомплекс, который с оксидом азота образует смешанный нитрозильный комплекс коричневого цвета.



Критерии оценивания

- |  |                     |
|--|---------------------|
| 1. За уравнение реакции получения оксида азота (I)   | - 0,5 балла         |
| 2. За объяснение назначения компонентов установки по | 0,5 балла за каждый |
|  | - 5,5 баллов        |
| 3. За объяснение нагревания горлышка реактора        | - 1 балл            |
| 4. За уравнения реакций 2-5 по                       | 0,5 балла           |
| за уравнение реакции 1                               | - 1 балл            |
|  | - 3 балла           |

Итого: 10 баллов

### 10-2. Соли неизвестного металла

При действии на смесь серной кислоты протекают реакции:



В воде растворится только хлорид, карбонаты и силикаты двухзарядных металлов мало растворимы в воде.

Отсюда  $m(\text{MCl}_2) = 76 - 57 = 19$  г.

При прокаливании остатка карбоната и силиката металла разлагается только карбонат



Масса уменьшается на  $57 - 35 = 22$  г за счет выделения углекислого газа.  $n(\text{CO}_2) = 0,5$  моль

Это соответствует 0,5 моль и 11,2 л газа.

Тогда  $V(\text{HCl}) = 20,16 - 11,2 = 8,96$  л.

По уравнению 1:  $n(\text{MCl}_2) = 0,5 n(\text{HCl}) = 0,4$  моль;

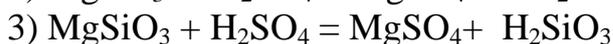
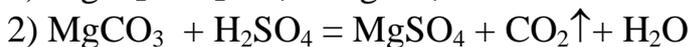
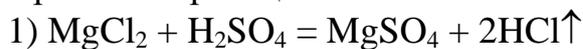
Обозначим через  $x$  молярную массу металла, тогда

$$M(\text{MCl}_2) = x + 71; \quad n(\text{MCl}_2) = m : M$$

$$0,4 = 19 : (x + 71); \quad x = 24$$

Металл - магний.

Уравнения реакций:



По уравнению 4 найдем массу  $\text{MgCO}_3$ .

$$n(\text{MgCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль};$$

$$m(\text{MgCO}_3) = 0,5 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г/моль} = 42 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{MgCl}_2) = 19 : 76 = 0,25$$

$$\omega(\text{MgCO}_3) = 42 : 76 = 0,553$$

$$\omega(\text{MgSiO}_3) = 0,197$$

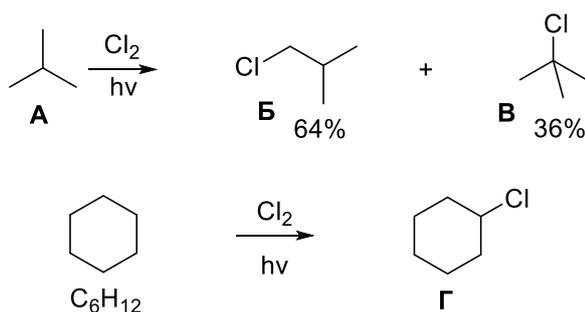
Критерии оценивания

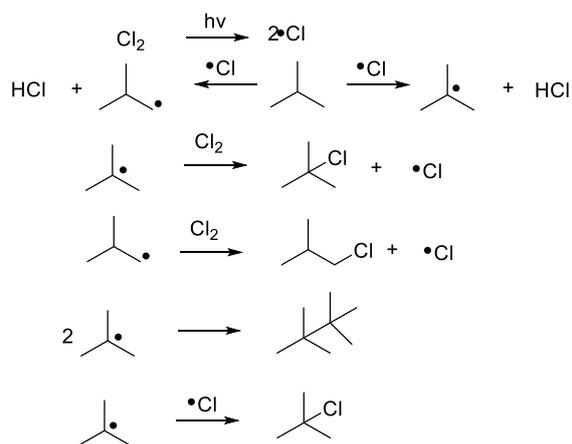
- |  |            |
|--|------------|
| 1. За определение металла                | - 5 баллов |
| 2. За уравнения реакций 1-4 по 0,5 балла | - 2 балла  |
| 2. За расчет массовых долей солей        | - 1 балл   |

Итого: 8 баллов

### 10-3. Хлорирование алканов

Схемы реакций:





Механизм:

Первая стадия инициации. Вторая, третья и четвертая рост цепи. Последние две, как пример обрыва цепи.

Как правило образующиеся третичные радикалы более устойчивы, чем первичные и разрыв связи С-Н у третичных атомов протекает легче. Однако, несмотря на это, при хлорировании изобутана А1-хлор-2-метилпропана получается больше. Все дело в количестве первичных атомов водорода – их 9, против 1-го, т.е. несмотря на то, что скорость реакции по третичному атому ~ в 5 раз выше ( $36/(64/9)$ ), со статистической точки зрения взаимодействие с одним из 9 атомов водорода более вероятно, соответственно основной продукт соединения Б.

В циклогексане ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ) все атомы водорода вторичные и эквивалентны, поэтому не будет протекать конкурирующих реакций с образованием более стабильных радикалов и количеством разрушающихся связей.

Критерии оценивания

1. За и структурные формулы вещества А и продуктов Б, В по 0,5 балла  
- 1,5 балла
  2. За схемы реакций по 0,5 балла  
- 1 балл
  3. За правильно написанное соотношение продуктов реакции А Б и В (не обязательно точные цифры: больше Б, чем В) – 1 балл;
  4. За объяснение соотношения продуктов – 3 балла;
  5. За механизм реакции – 1,5 балла
  6. За объяснение образования монозамещенного продукта Г – 2 балла
- Итого: 10 баллов

#### 10-4. Тепловой эффект разложения

1. Найдем тепловой эффект реакции разложения пероксида водорода



В соответствии с законом Гесса

$$Q_{\text{разл.}} = Q_{\text{ОБР}}^0(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{ОБР}}^0(\text{H}_2\text{O}_2) = 285,8 - 187,0 = 98,8 \text{ (кДж/моль)}$$

2. Обозначим теплоту, которая выделяется при разложении пероксида водорода  $Q_1$ , а теплоту, которая пойдет на нагревание калориметра  $Q_2$ .

$$Q_1 = Q_2$$

$$Q_1 = n(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot Q_{\text{разл.}}$$

$$Q_2 = cm\Delta T$$

$$m = \rho V,$$

где  $c$  – теплоемкость раствора,  $m$  – масса раствора в калориметре,  $\rho$  и  $V$  – плотность и объем раствора в калориметре соответственно. Поскольку речь идет об очень разбавленном растворе, можем принять его плотность равной плотности воды.

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot Q_{\text{разл.}} = c\rho V\Delta T$$

или

$$\frac{n(\text{H}_2\text{O}_2)}{V} = \frac{c\rho\Delta T}{Q};$$

$$C(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{c\rho\Delta T}{Q} = \frac{4,2\text{кДж} \cdot 1000\text{г} \cdot 0,02\text{К} \cdot \text{моль}}{\text{К} \cdot \text{кг} \cdot \text{дм}^3 \cdot 98800\text{Дж}} = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3$$

Критерии оценивания

1. За уравнение разложения пероксида водорода - 0,5 балла
2. За расчет теплового эффекта - 2,5 балла
3. За составление теплового баланса - 4 балла

Итого: 7 баллов

### 10-5. Неожиданный результат обычной реакции

Уравнения реакций разложения:



Потеря массы – это масса образовавшегося кислорода.

$$n(\text{O}_2) = m(\text{O}_2) : M(\text{O}_2) = 3,5 : 32 = 0,109 \text{ моль}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = m(\text{KMnO}_4) : M(\text{KMnO}_4) = 30 : 158 = 0,190 \text{ моль.}$$

Если бы прошла только первая реакция, то было бы

$$n(\text{O}_2) = 0,19 : 2 = 0,095 \text{ моль.}$$

В нашем случае образовалось дополнительно  $0,109 - 0,095 = 0,014$  моль кислорода.

Тогда по уравнению 2 :  $n(\text{K}_3\text{MnO}_4) = 0,028$  моль;

$$n_{\text{прореаг.}}(\text{K}_2\text{MnO}_4) = 0,042 \text{ моль}$$

Таким образом, осталось  $n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = 0,095 - 0,042 = 0,053$  моль;

Оксида марганца в двух реакциях образовалось

$$n(\text{MnO}_2) = 0,095 + 0,014 = 0,109 \text{ моль}$$

Взаимодействие с соляной кислотой



$$n(\text{Cl}_2) = 2n(\text{K}_2\text{MnO}_4) + 1,5n(\text{K}_3\text{MnO}_4) + n(\text{MnO}_2) = 2 \cdot 0,053 + 1,5 \cdot 0,028 + 0,109 = 0,257 \text{ моль}$$

$$V(\text{Cl}_2) = n \cdot V_m = 0,257 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,757 \text{ л.}$$

Критерии оценивания

1. За уравнения реакций 1-5 по 1 баллу - 5 баллов
2. За расчет количества вещества компонентов твердого остатка - 4 балла
3. За расчет объема хлора - 1 балл

Итого: 10 баллов