



## Разбалловка

|  |                     |
|--|---------------------|
| Установление строения полимеров П <sub>1</sub> – П <sub>10</sub> | 10x0,25 б. = 2,5 б. |
| Название полимеров П <sub>1</sub> – П <sub>10</sub>              | 10x0,25 б. = 2,5 б. |
| Установление строения X  | 0,5 б.              |
| Установление строения веществ А – О                              | 14x0,25 б. = 3,5 б. |
| Ответ, что одуванчик содержит млечный сок.                       | 1 б.                |
| <b>ИТОГО</b>   | <b>10 б.</b>        |

## Задача №10-2

Равновесие в сосуде устанавливается через 15 минут. Рассчитаем равновесные концентрации веществ в сосуде:

$$[\text{COCl}_2] = 0,20/2 = 0,10 \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = (0,56 - 0,2)/2 = 0,18 \text{ моль/л}$$

Запишем выражение константы равновесия данной реакции:

$$K_p = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]} = \frac{0,1}{0,18^2} = 3,08$$

Вычислим константу скорости реакции при 500°C:

$$k = \frac{1}{t} \frac{n(\text{COCl}_2)_t}{n(\text{CO})_0 (n(\text{CO})_0 - n(\text{COCl}_2)_t)}$$

$n(\text{CO})_0$  – начальное количество монооксида углерода, моль;

$n(\text{COCl}_2)_t$  – количество образовавшегося фосгена в момент времени  $t$ , моль

| $t$ , мин | $k$ , мин <sup>-1</sup> моль <sup>-1</sup> |
|-----------|--|
| 5         | 0,066                                      |
| 10        | 0,066                                      |
| 15        | 0,066                                      |
| среднее   | 0,066                                      |

Постоянство константы скорости реакции свидетельствует о том, что это реакция второго порядка. Используя уравнение Вант-Гоффа определим константу реакции при 520 °C:

$$k_2 = k_1 * 3^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = 0,066 * 3^{\frac{793 - 773}{10}} = 0,594$$

После удаления фосгена реакционная смесь имеет

состав:

$$[\text{CO}] = 0,18 \text{ моль/л}, n(\text{CO}) = 0,36 \text{ моль}$$

$$[\text{Cl}_2] = 0,18 \text{ моль/л}, n(\text{Cl}_2) = 0,36 \text{ моль}$$

Запишем выражение для константы скорости реакции:

$$k_2 = \frac{1}{t} \frac{n(\text{COCl}_2)_t}{n(\text{CO})_0 (n(\text{CO})_0 - n(\text{COCl}_2)_t)} = 0,594$$

$$n(\text{COCl}_2)_t = \frac{k_2 t n(\text{CO})_0^2}{1 + k_2 t n(\text{CO})_0}$$

Через 10 минут:  $n(\text{COCl}_2) = 0,245$  моль,  $[\text{COCl}_2] = 0,123$  моль/л

$$[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = 0,18 - 0,123 = 0,057 \text{ моль/л}$$

Вычисляем константу равновесия реакции при 520°C:

$$K_p = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]} = \frac{0,123}{0,057^2} = 37,86$$

Константа скорости реакции увеличивается с ростом температуры, так как наблюдается увеличение скорости реакции. В первом приближении это можно объяснить увеличением скорости движения частиц и большей вероятностью их соударения.

Константа равновесия реакции увеличивается, это свидетельствует о том, что с ростом температуры равновесие смещается вправо. Чем больше значение константы равновесия,

тем больше равновесная концентрация продуктов. Следовательно, равновесие смещено вправо (в сторону продуктов). Уменьшение константы равновесия свидетельствует об увеличении концентрации исходных веществ, по сравнению с продуктами, то есть смещению равновесия влево.

Подобное поведение константы равновесия характерно для эндотермических реакций.

#### Разбалловка

|   |              |
|---|--------------|
| Вычисление константы равновесия при 500°C           | 2 б.         |
| Расчет константы скорости реакции при 500°C*        | 1 б.         |
| Заключение, что это реакция второго порядка         | 0,5 б.       |
| Расчет константы скорости реакции при 520°C*        | 1 б.         |
| Вычисление константы равновесия при 520°C           | 3 б.         |
| Объяснение причины роста константы скорости реакции | 1 б.         |
| Объяснение причины увеличения константы равновесия  | 1 б.         |
| Вывод, что реакция эндотермическая                  | 0,5 б.       |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>10 б.</b> |

\*Допускается расчет константы скорости реакции через концентрации веществ, в этом случае единица измерения  $k$  [ $\text{мин}^{-1}\text{моль}^{-1}\text{л}$ ]

#### Задача №10-3

Определим простейшую формулу углеводорода А:

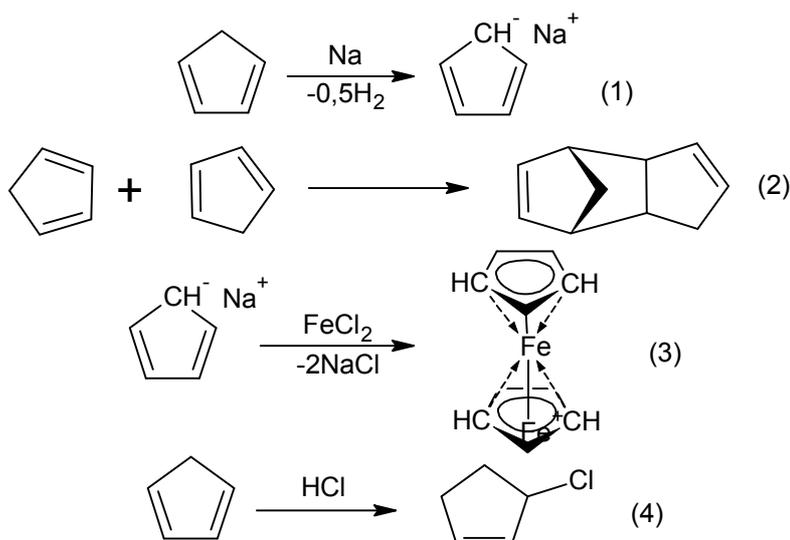
$$\text{C:H} = 90,91/12 : 9,09/1 = 7,58 : 9,09 = 5 : 6$$

Простейшая формула углеводорода  $\text{C}_5\text{H}_6$ .  $M(\text{C}_5\text{H}_6) = 12 \cdot 5 + 6 = 66 \text{ г/моль}$ .

Увеличение молярной массы углеводорода при хранении может быть связана с процессом димеризации:  $M' = 66 \cdot 2 = 132 \text{ г/моль}$ . Из полученных данных следует, что истинная формула углеводорода А –  $\text{C}_5\text{H}_6$ .

Так как для углеводорода А характерна спонтанная димеризация, характерная для реакций Дильса-Альдера, поэтому вещество А обладает свойствами сопряженного диена. Это – цикlopentadiен.

Цикlopentadiен обладает кислотными свойствами, а так же способен вступать в реакции 1,4-присоединения:



А – цикlopentadiен; В – цикlopentadiенил натрия;

С – ферроцен; D – 3-хлорциклопентен.

Цикlopentadiен обладает также восстановительными свойствами, поэтому способен вступать в реакцию серебряного зеркала. Данное свойство может быть использовано при изготовлении елочных игрушек.

## Разбалловка

|  |                 |
|--|-----------------|
| Установление простейшей формулы вещества А                                     | 3 б.            |
| Определение структурных формул веществ А – Д                                   | 4x1 б. = 4 б.   |
| Уравнения реакций (1) – (4)  | 4x0,5 б. = 2 б. |
| Свойство, позволяющее использовать циклопентадиен при подготовке к Новому году | 1 б.            |
| <i>ИТОГО</i>   | <i>10 б.</i>    |

## Задача №10-4

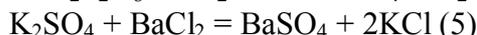
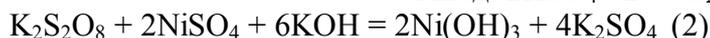
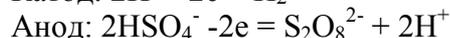
Определим строение вещества А. Очевидно, что оно содержит калий, и серосодержащий анион. Обозначим вещество А общей формулой  $K_xAn$ , где  $x$  – заряд аниона  $An$ . Тогда:  
 $w(An) = 100 - 28,89 = 71,11\%$

$$K:An = 28,89/39 : 71,11/M = 0,741 : 71,11/M$$

Если  $K : An = 1:1$ , то  $M = 96$  г/моль, однако аниона  $SO_4^-$  не существует

Если  $K : An = 2:1$ , то  $M = 192$  г/моль, что соответствует аниону  $S_2O_8^{2-}$

Получаем что соединение А –  $K_2S_2O_8$



А – пероксодисульфат калия ( $K_2S_2O_8$ );

Б – водород;

В – гидроксид никеля (III);

Г – марганцевая кислота.

Д – кислород

По закону Фарадея получаем:

$$n(K_2S_2O_8) = I \cdot t / (z \cdot F) = 4 \cdot 45 \cdot 60 / (2 \cdot 96485) = 0,056 \text{ моль}$$

$$m(K_2S_2O_8) = 270 \cdot 0,056 = 15,11 \text{ г.}$$

Расчет можно провести исходя из количества выделившегося водорода:

$$n(H_2) = n(K_2S_2O_8) = 1,255 / 22,4 = 0,056 \text{ моль}$$

После охлаждения полученного раствора:

$$m(K_2S_2O_8 \text{ в растворе}) = 1,7 \cdot 400 / 100 = 6,8 \text{ г.}$$

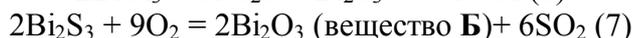
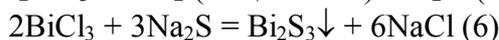
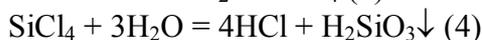
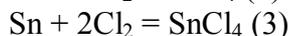
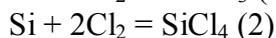
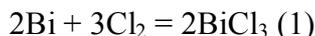
$$m(K_2S_2O_8 \text{ в осадке}) = 15,11 - 6,8 = 8,31 \text{ г.}$$

## Разбалловка

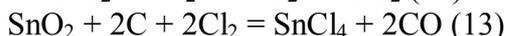
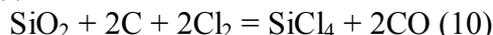
|   |                 |
|---|-----------------|
| Определение вещества А                                | 3 б.            |
| Определение веществ Б – Д                             | 4x0,5 б. = 2 б. |
| Написание уравнений реакций (1) – (6)                 | 6x0,5 б. = 3 б. |
| Расчет массы полученного $K_2S_2O_8$ (любым способом) | 2 б.            |
| <i>ИТОГО</i>  | <i>10 б.</i>    |

**Задача №10-5**

В состав Советского сплава входят щелочные металлы, которые являются очень реакционноспособными, поэтому данный сплав легко окисляется кислородом, а также взаимодействует с водой.



Сульфид олова необходимо обжечь в токе кислорода, для получения оксида, а из оксидов растворением в кислоте (для висмута) или прокаливанием с углем в атмосфере хлора возможно получение хлоридов:



$\text{Si} \rightarrow \text{SiCl}_4$ :  $n(\text{Si}) = n(\text{SiCl}_4) = m(\text{SiCl}_4)/M(\text{SiCl}_4) = 0,20/170 = 0,0012$  моль

$$m(\text{Si}) = n(\text{Si}) \cdot M(\text{Si}) = 0,0012 \cdot 28 = 0,034 \text{ г}$$

$$w(\text{Si}) = 0,034/0,20 = 0,17 \text{ (17,0\%)}$$

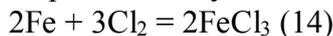
$2\text{Bi} \rightarrow \text{Bi}_2\text{O}_3$ :  $n(\text{Bi}) = n(\text{Bi}_2\text{O}_3)/2 = 1,02/(466 \cdot 2) = 0,0011$  моль

$$m(\text{Bi}) = 0,0011 \cdot 209 = 0,230 \text{ г}$$

$$w(\text{Bi}) = 0,230/0,500 = 0,46 \text{ (46,0\%)}$$

$w(\text{Sn}) = 1 - 0,17 - 0,46 = 0,37 \text{ (37,0\%)}$

При хлорировании железо образует хлорид, который при действии сульфида натрия образует осадок одновременно с хлоридом висмута:

**Разбалловка**

|   |                   |
|---|-------------------|
| Объяснения недостатков Советского сплава                | 2 б.              |
| Написание уравнений реакций (1) – (7), (11), (12), (14) | 10x0,25 = 2,5 б.  |
| Написание уравнений реакций (8), (9), (10), (13), (15)  | 5x0,5 = 2,5 б.    |
| Определение количественного состава сплава              | 3x0,5 б. = 1,5 б. |
| Определение стадии, на которой осаждается железо        | 1,5 б.            |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>10 б.</b>      |