

Задания заключительного тура

Всероссийского конкурса научных работ школьников «Юниор» 2014-2015 учебного года секция биологии и экологии, 10 класс

1. Смесь газообразных водорода и азота ввели в реакционный сосуд. После установления равновесия при некоторой температуре содержание реагентов в системе было следующее: (моль/л) $H_2 - 9$; $N_2 - 3$; $NH_3 - 4$. Вычислите по этим данным константу равновесия K_C , исходные концентрации водорода и азота (в исходной системе продукты реакции отсутствуют) и степень превращения азота в аммиак.
2. Какую геометрическую форму имеют ионы $[NiCl_4]^{2-}$ и $[Ni(CN)_4]^{2-}$. Почему ион $[NiCl_4]^{2-}$ парамагнитен, а ион $[Ni(CN)_4]^{2-}$ диамагнитен? Для иллюстрации своего ответа представьте электронное строение ионов в виде энергетических ячеек.
3. Через 100 г. 37,8% раствора нитрата меди (II) пропущено такое количество электричества, которое способно вызвать полное разложение 10 г. Гидроксида натрия. После окончания эксперимента электролизер был оставлен на ночь. На следующий день платиновые электроды вынуты из электролита, промыты, высушены и взвешены. Изменение массы одного из них составило 3,975 г. Объясните результаты эксперимента, приведите соответствующие расчеты и реакции.
4. Во многих современных напитках углевод сахарозу $C_{12}H_{22}O_{11}$ (обычный сахар) заменяют дипептидом (белком) аспартамом $C_{14}H_{18}O_5N_2$. Известно, что 1 г. аспартама благодаря более сильному сладкому вкусу может заменить до 200 г. сахарозы. а) Сколько молекул сахарозы может заменить одна молекула аспартама? б) Можно ли использовать аспартам вместо сахара для консервации варенья? Ответ обоснуйте.

Решения

1. Запишем для заданной реакции синтеза аммиака выражения константы равновесия через равновесные молярные концентрации компонентов и рассчитаем ее:

$$K_p = \frac{\bar{C}_{NH_3}^2}{\bar{C}_{N_2} \bar{C}_{H_2}^3}$$

$$K_C = \frac{4^2}{3 \cdot (9)^3} = 0,0073 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2}$$

Исходные концентрации реагентов ($C_{O_{N_2}}$, $C_{O_{H_2}}$) к моменту равновесия разделяются на две составляющих: равновесная концентрация реагента (\bar{C}_{N_2} , \bar{C}_{H_2}) и та часть реагента, которая к моменту установления прореагировала (C'_{N_2} , C'_{H_2}) и образовала продукты (равновесную концентрацию аммиака \bar{C}_{NH_3}). Таким образом $C_{O_{N_2}} = \bar{C}_{N_2} + C'_{N_2}$. Концентрацию C'_{N_2} находим, используя законы стехиометрических соотношений количеств веществ, участвующих в реакции. Для

образования двух молей аммиака необходимо, чтобы в реакцию вступил один моль азота, соответственно для образования 4 молей аммиака потребуется два моля азота, т.е. $C'_{N_2} = 2$ моль/л.

Тогда

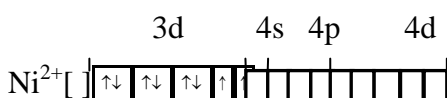
$$C_{oN_2} = \bar{C}_{N_2} + C'_{N_2} = 3 + 2 = 5 \text{ моль/л.}$$

Аналогично находим $C_{oH_2} = \bar{C}_{H_2} + C'_{H_2} = 9 + 6 = 15$ моль/л.

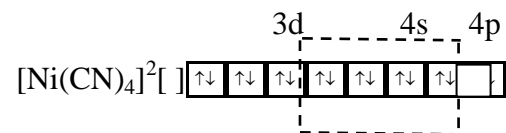
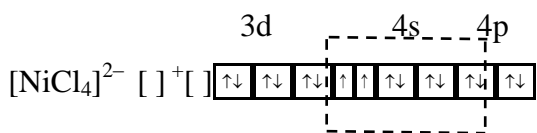
Степень превращения N_2 : $\alpha(N_2) = C'_{N_2} / C_{oN_2} = 2/5 = 0,4$ или 40%

Ответ: $K_C = 0,0073 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2}$; $C_{oN_2} = 5$ моль/л; $C_{oH_2} = 15$ моль/л; $\alpha(N_2) = 40\%$.

2. Запишем электронные формулы атома и иона никеля:



Ионы Cl^- и CN^- образуют донорно-акцепторные связи с ионом никеля, предоставляя неподеленные электронные пары на вакантные орбитали иона никеля. Ион Cl^- обладает слабым электромагнитным полем и не изменяет электронной конфигурации иона никеля. В образовании связи участвуют свободные *s*- и три *p*- орбитали, тип гибридизации sp^3 , форма иона $[NiCl_4]^{2-}$ - тетраэдр. Ион CN^- обладает сильным электромагнитным полем, объединяют два неспаренных *d*-электрона. В образовании связи участвуют свободные орбитали: одна *d*-, одна *s*- и две *p*- орбитали, тип гибридизации dsp^2 , форма иона $[Ni(CN)_4]^{2-}$ - плоский квадрат. Электронные конфигурации ионов $NiCl_4^{2-}$ и $[Ni(CN)_4]^{2-}$



В электронной конфигурации иона $NiCl_4^{2-}$ сохранились два неспаренных электрона, такой ион будет обладать магнитными свойствами, он парамагнитен. В электронной конфигурации иона $[Ni(CN)_4]^{2-}$ нет неспаренных электронов, такой ион не будет обладать магнитными свойствами, он диамагнитен.

4. Количество электричества при электролизе гидроксида натрия и раствора нитрата меди одинаково, можно записать следующие выражения, используя закон Фарадея:

$$m(B) = \frac{M(B) \cdot I \cdot t}{n \cdot F}$$

$$I \cdot t = \frac{m(\text{NaOH}) \cdot n_1 \cdot F}{M(\text{NaOH})} = \frac{m(\text{Cu}) \cdot n_2 \cdot F}{M(\text{Cu})}$$

где n – число электронов, участвующих в электродных реакциях, для NaOH $n_1=1$, для Cu^{2+} $n_2=2$.

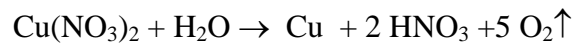
Найдем массу и количество меди, которая выделилась на платиновом катоде:

$$m(\text{Cu}) = \frac{m(\text{NaOH}) \cdot M(\text{Cu}) \cdot n_1}{M(\text{NaOH}) \cdot n_2} = \frac{10 \cdot 63,6 \cdot 1}{40 \cdot 2} = 7,95 \text{ г.}$$

Количество меди составит:

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) / M(\text{Cu}) = 0,125 \text{ моль}$$

При электролизе раствора нитрата меди в электролизере протекает реакция и в электролите накапливается азотная кислота в количестве 0,25 моль, в соответствии с уравнением электролиза:



За время стояния электролизера прошла реакция взаимодействия выделившейся меди с 0,25 моль азотной кислотой:



Количество меди, которое при этом растворилось равно 0,0625 моль или 3,975 г. Следовательно, масса меди на катоде уменьшилась и составила $7,95 - 3,975 = 3,975$ г.

Ответ: Изменение массы катода составляет 3,975 г.

4. а) Сравним молярные массы сахарозы и аспартама:

$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342$ г/моль; $M(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_5\text{N}_2) = 294$ г/моль; 1г аспартама составляет $1/294 = 0,0034$ моль, а 200 г сахарозы составляет $200/342 = 0,585$ моль.

Определим, сколько молекул сахарозы может заменить одна молекула аспартама:

$$x = 0,585 \cdot 1/0,0034 = 172 \text{ молекулы.}$$

Одна молекула аспартама может заменить 172 молекулы сахарозы.

б) Сахар используют как консервант, потому что большинство микроорганизмов не может размножаться в концентрированном растворе сахарозы (в варенье обычно около 50 % сахара). Если вместо сахара использовать аспартам, то микроорганизмы будут очень хорошо развиваться в белковой среде при комнатной температуре. Использовать аспартам для консервации нельзя.

Ответ: а) 172 молекулы; б) нельзя