

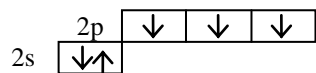
11 класс

11.1. Определите тип гибридизации в молекулах NH_3 и BF_3 . Объясните, почему молекула NH_3 менее прочная, чем BF_3 .

Решение:

Азот имеет электронную конфигурацию: $1s^2 2s^2 2p^3$.

Определим тип гибридизации азота в молекуле аммиака:



В образовании связи участвуют три единичных электрона, находящиеся на p-орбиталях, но гибридизоваться p-орбитали без s не могут, поэтому тип гибридизации sp^3 .

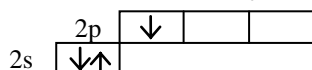
Покажем механизм образования молекулы аммиака.

Три гибридные орбитали взаимодействуют с s-орбиталями водорода, а четвертую занимает неподеленная электронная пара азота.

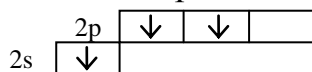
Определим форму молекулы – это тригональная пирамида. Валентный угол 107° . Отклонение от характерного для этого типа гибридизации валентного угла 109° объясняется наличием на одной из гибридных орбиталей неподеленной электронной пары, электроны которой имеют такие же спины, что и электроны на гибридных орбиталях. Из-за этого происходит расталкивание электронных пар и валентный угол уменьшается.

Электронная конфигурация атома бора: $1s^2 2s^2 2p^1$.

Объяснение образования молекулы фторида бора:



При небольших возбуждениях спаренные электроны распариваются, образуются 3 неспаренных электрона:



Три неспаренных электрона участвуют в образовании связи, пустая орбиталь не гибридизуется, тип гибридизации sp^2 .

Покажем механизм образования молекулы фторида бора.

Три гибридных орбитали взаимодействуют и p орбиталями фтора, образуя одинарные связи. Негибридизованная орбиталь в образовании связи не участвует.

Определим форму молекулы фторида бора.

Для sp^2 типа гибридизации и четырехатомных молекул характерна форма равностороннего треугольника, где валентный угол составляет 120° . Между свободными негибридизованными орбиталями бора и неподеленными

электронными парами фтора происходит образование дополнительных связей по донорно-акцепторному механизму. В результате происходит упрочнение молекулы. Поэтому молекула фторида бора более прочная, чем молекула аммиака.

11.2. Определите pH раствора, полученного при сливании 200 мл 0,05M раствора серной кислоты и 200 мл 0,3M раствора гидроксида калия.

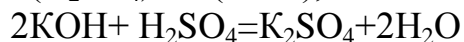
Решение:

Определим число молей KOH:

$$v(\text{KOH}) = 0,3 \cdot 0,2 = 0,06 \text{ моль}$$

Напишем уравнение протекающего процесса:

$v(\text{H}_2\text{SO}_4) < v(\text{KOH})$, значит образуется средняя соль.



Определим избыток KOH:

т.к. KOH и H_2SO_4 реагируют в соотношении 2:1, то

$$v(\text{KOH изб}) = 0,06 - 0,02 = 0,04 \text{ моль}$$

Определим концентрацию KOH с учетом разбавления:

$$v(\text{KOH}) / (V_1 + V_2) = 0,04 / (200 + 200) = 0,1 \text{ моль/л}$$

Определим pH раствора.

Считая данный раствор идеальным, а диссоциацию KOH полной:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - (-\lg C(\text{OH}^-)) = 14 + \lg C(\text{KOH}) = 14 + \lg 0,1 = 13$$

11.3. Энтальпия нейтрализации 1 моль соляной кислоты раствором гидроксида натрия равна – 55,9 кДж, энтальпия нейтрализации 1 моль монохлоруксусной кислоты CH_2ClCOOH тем же раствором гидроксида натрия равна - 59,75 кДж. Чему равна энтальпия диссоциации монохлоруксусной кислоты? Какая часть соли разлагается при добавлении 1 моль HCl к 1M раствору $\text{CH}_2\text{ClCOONa}$, если при этом поглощается 1,904 кДж?

Решение:

Напишем уравнение нейтрализации монохлоруксусной кислот раствором NaOH:



Напишем уравнение диссоциации монохлоруксусной кислоты:
 $\text{CH}_2\text{ClCOOH} - \text{HCl} = \text{CH}_2\text{ClCOONa} + \text{NaCl}$, или в ионном виде:
 $\text{CH}_2\text{ClCOOH} = \text{CH}_2\text{ClCOO}^- + \text{H}^+$

Определим энтальпию диссоциации монохлоруксусной кислоты:

$$\Delta H_{(\text{дис})} = \Delta H_2 - \Delta H_1$$

$$\Delta H_{(\text{дис})} = -59,75 - (-55,9) = -3,85 \text{ кДж}$$

Напишем уравнение взаимодействия продукта нейтрализации монохлоруксусной кислоты и HCl:



Выразим тепловой эффект разложения соли монохлоруксусной кислоты с учетом доли разложения соли (α):

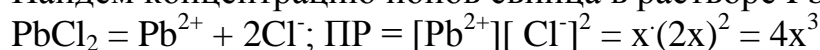
$$\Delta H_{(\text{разл})} = \alpha(\Delta H_1 - \Delta H_2) = \alpha(-55,9 + 59,75) = \alpha 3,85 \text{ кДж}$$

Определим долю разложившейся соли: $\alpha = 1,904 / 3,85 = 0,49$.

11.4. Исходя из схемы гальванического элемента: $\text{Pb}|\text{PbSO}_4||\text{PbCl}_2|\text{Pb}$, составьте уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС элемента при использовании насыщенных растворов солей свинца при температуре 298К. (ПР (PbSO_4) = $1,6 \cdot 10^{-8}$, ПР (PbCl_2) = $2,12 \cdot 10^{-5}$)

Решение:

Найдем концентрацию ионов свинца в растворе PbCl_2 :



$$x = \sqrt[3]{\frac{\text{ПР}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{2,12 \cdot 10^{-5}}{4}} = 1,7410 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}, [\text{Pb}^{2+}] = 1,7410 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

Найдем значение потенциала свинцового электрода с раствором PbSO_4 :

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg [\text{Me}^{n+}],$$

$$\varphi = -0,126 + \frac{0,059}{n} \lg (1,26 \cdot 10^{-4}) = -0,126 - 0,115 = -0,241 \text{ В}$$

Найдем значение потенциала свинцового электрода с раствором PbCl_2 :

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg [\text{Me}^{n+}]$$

$$\varphi = -0,126 + \frac{0,059}{n} \lg (1,74 \cdot 10^{-3}) = -0,126 - 0,081 = -0,207 \text{ В}$$

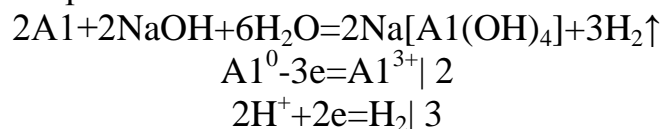
Определим ЭДС. $E = \varphi(\text{катода}) - \varphi(\text{анода})$, $\varphi(\text{катода}) > \varphi(\text{анода})$
 $E = -0,207 - (-0,241) = 0,034 \text{ В}$

11.5. Смесь алюминия и серы прокалили без доступа воздуха. Половину продукта растворили при комнатной температуре в водном растворе гидроксида натрия, при этом выделилось 3,36 л газа (н.у.). Ко второй половине продукта при комнатной температуре добавили воды, при этом выделилось 6,72 л газа (н.у.). Установить массу исходной смеси и долю алюминия в смеси.

Решение:

Напишем уравнение взаимодействия:

т.к. половина продукта растворилась в водном растворе гидроксида натрия, значит в смеси оставался избыточный алюминий, который реагировал с раствором гидроксида натрия:



Найдем количество выделившегося водорода:

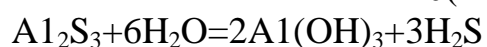
$$\nu(\text{H}_2) = V/V_m = 3,36/22,4 = 0,15 \text{ моль}$$

Вычислим количество избыточного алюминия в половине продукта:

$$\begin{array}{l} 2 \text{ моль Al} - 3 \text{ моль H}_2 \\ X - 0,15 \text{ моль} \\ X = 0,1 \text{ моль} \end{array}$$

Найдем избыточное количество алюминия во всем продукте:

$$\nu(\text{Al}) = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ моль}$$



Рассчитаем количество выделившегося сероводорода:

$$\nu(\text{H}_2\text{S}) = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль}$$

Найдем количество сульфида во второй половине продукта:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ моль Al}_2\text{S}_3 - 3 \text{ моль H}_2\text{S} \\ X - 0,3 \text{ моль} \\ X = 0,1 \text{ моль} \end{array}$$

Найдем количество сульфида во всем продукте:

$$\nu(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ моль}$$

Найдем число молей алюминия при взаимодействии с серой:

$$\begin{aligned}
 &2 \text{ моль } \text{Al} - 1 \text{ моль } \text{Al}_2\text{S}_3 \\
 &x - 0,2 \text{ моль} \\
 &x = 0,4 \text{ моль}
 \end{aligned}$$

Найдем исходное количество алюминия в смеси:

$$0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ моль}$$

Найдем исходное количество серы в смеси:

$$\begin{aligned}
 &3 \text{ моль } \text{S} - 1 \text{ моль } \text{Al}_2\text{S}_3 \\
 &X - 0,2 \text{ моль} \\
 &X = 0,6 \text{ моль}
 \end{aligned}$$

Найдем массу исходной смеси:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{Al}) + m(\text{S}) = 0,6 \cdot 27 + 0,6 \cdot 32 = 35,4 \text{ г.}$$

Найдем массовую долю алюминия в смеси:

$$\omega = m(\text{Al}) / m(\text{смеси}) = 16,2 / 35,4 = 0,4567 \text{ или } 45,76\%$$