

強者の戦略

「無機化学の総合問題」

2017 年度「強者への道」、化学の第 3 回を担当する古谷です。よろしくお願いします。

今回は 2017 年の九州大学の問題です。無機化学の総合力を試すには非常に良い問題だと思います。特に難しくはありませんが、東大・京大であっても基本問題は少なからず出題されるので、こういう問題をしっかり完答できることが大切です。強者を志す皆さんには、是非 10 分程度で解ききって欲しいと思います。

【問題】

次の文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。

アンモニアは常温・常圧で空気より軽い気体であり、分子中の窒素原子と水素原子は〔ア〕を形成している。一方、アンモニア分子どうしは、窒素原子が大きな〔イ〕を有するため、他の分子中の水素原子と〔ウ〕で引き合い、〔エ〕を形成する。

アンモニアは工業的には^(A)ハーバー・ボッシュ法により合成される。アンモニアは濃塩酸と反応し、塩化アンモニウムを生成する。この際、水素イオンとアンモニアの窒素原子は〔オ〕を形成する。固体の塩化アンモニウムは塩化セシウム型の結晶構造を有し、アンモニウムイオンと塩化物イオンの間で〔カ〕が形成される。^(B)塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱すると再びアンモニアが生成する。^(C)アンモニアと塩化アンモニウムが等モル量溶解した水溶液は緩衝液となる。^(D)アンモニア水に金属イオンを加えると、金属の水酸化物やアンミン錯体などを生成する。

問 1 〔ア〕～〔カ〕に当てはまる最も適切な語を以下の語群から選び、答えよ。

語 群

| | | | | |
|---------|---------|-------------|--------|-------|
| イオン結合, | 共有結合, | 金属結合, | 水素結合, | 配位結合, |
| アミド結合, | ペプチド結合, | ファンデルワールス力, | 原子半径, | 電離定数, |
| エンタルピー, | エントロピー, | イオン化エネルギー, | 電気陰性度, | 静電気力, |
| 酸化力, | 還元力 | | | |

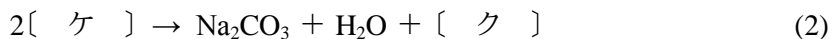
問 2 以下の文章(1)～(4)は下線部(A)のアンモニア製造プロセスについて説明したものである。誤っているものをすべて選び、番号で答えよ。

- (1) 窒素と水素をアンモニアの原料とし、酸化鉄を主な成分とした触媒が用いられる。
- (2) 触媒の量を変えることにより反応の平衡定数が変化する。
- (3) 温度を上げるほど反応の平衡定数が大きくなるため、反応は高温で行われる。
- (4) 反応は高圧で行い、特殊な反応容器が用いられる。

問 3 下線部(B)はアンモニアの実験室的製造方法を示している。この反応を化学反応式で示せ。

強者の戦略

問 4 次の式(1),(2)はアンモニアを原料とした炭酸ナトリウムの合成法(ソルベー法)を示す。〔キ〕～〔ケ〕に入る化学式をそれぞれ答えよ。



問 5 下線部(C)について、濃度 0.2mol/L のアンモニア水溶液 100mL と 0.2mol/L の塩化アンモニウム水溶液 100mL を混合した溶液(a)の pH を答えよ。さらに、溶液(a)に 0.02mol/L の塩酸 200mL を混合した溶液(b)の pH を求めよ。ただし、溶液の温度はすべて 25°C とする。また、計算には以下の数値の中から必要なものを用い、小数第 2 位まで答えよ。

アンモニアの電離定数 $K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{mol/L}$

$\log_{10}2.0 = 0.30$ $\log_{10}3.0 = 0.48$ $\log_{10}5.0 = 0.70$

問 6 下線部(D)について、次に示す金属イオンが含まれる水溶液に過剰のアンモニア水を加えたときの主な生成物の化学式を示せ。また、その様子を下の語群から選び、答えよ。

(1) Fe^{3+} (2) Cu^{2+}

語 群

白色沈殿, 黒色沈殿, 深青色沈殿, 黄緑色沈殿, 赤褐色沈殿,
無色溶液, 深青色溶液, 黄褐色溶液, 黄緑色溶液, 赤褐色溶液