

北海道教育大学教育学部札幌校

教員養成課程

理数教育専攻 理科教育分野

令和2年度編入学試験問題

専門試験（化学）

注意事項

- 1 試験時間は10:00～12:00である。試験開始の合図があるまでは、この問題用紙を開かないこと。
- 2 問題は、問題1から3までの計3問題あります。3問題すべてについて解答すること。
- 3 解答用紙は3枚あります。所定の解答欄に解答すること。
- 4 受験番号は、3枚の解答用紙の指定欄にすべて記入すること。

問題 1 「アンモニアの噴水」という実験が、中学校理科や高等学校化学基礎の教科書に掲載されている。この実験に関して以下の問い（問 1 ～ 3）に答えなさい。なお、「アンモニアの噴水」の実験操作の概略は以下のとおりである。（配点 100 点）

「アンモニアの噴水」の実験操作の概略

操作 1 内部が乾燥している丸底フラスコにアンモニアを捕集する。

操作 2 二つの孔のあいたゴム栓を用意し、この栓の一方の孔に、先端を細くした適当な長さ（丸底フラスコと、**操作 5** のビーカーの中に充分入るような長さ）のガラス管を差し込み、もう一方の孔に少量の水を入れたスポイトのガラス部分を差し込む。

操作 3 **操作 2** の栓を、丸底フラスコに取り付ける。

操作 4 **操作 3** の丸底フラスコを、丸底部を上に向けてスタンドに固定する。

操作 5 ビーカーに水を入れ、さらにフェノールフタレイン指示薬を数滴入れる。

操作 6 **操作 4** の丸底フラスコの、ガラス管の先端を細くしていない方を、**操作 5** のビーカーの溶液に入れる。

操作 7 丸底フラスコに取り付けたスポイトに入っている水を、丸底フラスコ内に入れる。

問 1 **操作 1** の具体的な方法を説明しなさい。ただしポンベに充填されているアンモニアを使う方法は不可である。また使用する器具の具体的な大きさや試薬の使用量については言及する必要はない。説明には以下の事項を含めなさい。（80 点）

- (1) 使用する試薬と化学反応式。
- (2) どのような器具をどのように配置するか。発生したアンモニアの乾燥方法と捕集方法。
- (3) 注意する点。

問 2 「アンモニアの噴水」の以下の点について説明しなさい。（10 点）

- (1) なぜビーカーに入れた水が上昇して丸底フラスコの中に入っていくのか。
- (2) ビーカーに入っている時の水の色と、丸底フラスコの中に入った水の色。またそれはなぜか。

問 3 アンモニアの代わりに窒素を使用して**操作 1 ～ 7** を行なった場合、以下の点について説明しなさい。（10 点）

- (1) どのような現象が観察されるか。
- (2) それはなぜか。

問題2 以下の問1～問4に答えなさい。水素と酸素の原子量はH : 1.0, O : 16.0とする。

(配点100点)

問1 次の(1)～(2)の化学結合について説明し、その結合でできている物質の具体例を1つずつ示しなさい。

(20点)

(1)イオン結合 (2)水素結合

問2 次の(1)～(3)の分子では、原子同士がどのように結合し、その結果どのような立体的構造をとるのか？

次にあげるキーワードを使いながら文と図で説明しなさい。ただし、(1)～(3)の各々の分子の説明毎に全キーワードを使う必要はない。(45点)

(1)メタン (2)エチレン (3)アセチレン

キーワード

1s軌道 2s軌道 2p軌道 sp混成軌道 sp²混成軌道

sp³混成軌道 単結合 二重結合 三重結合 σ結合 π結合

問3 次の(1)と(2)のSI組立単位の定義を説明しなさい。(10点)

(1) N (ニュートン) (2) J (ジュール)

問4 標準状態(1atm条件下)で、0°Cの水108.0gを加熱して全て100°Cの水蒸気にしたとする。この際、

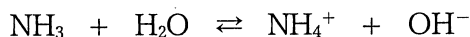
この物質(水)が吸収した熱量を求めなさい。ただし、0°Cの水の標準モル融解熱は $\Delta H_{fus}^{\ominus} = 6.01 \text{ kJ mol}^{-1}$,

100°Cの水の標準モル蒸発熱は $\Delta H_{vap}^{\ominus} = 40.66 \text{ kJ mol}^{-1}$, 標準状態における液体の水の平均定圧モル熱容

量は $\bar{C}_{p,m} = 75.4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。計算結果だけでなく計算過程も示すこと。(25点)

問題3 以下の問1～問4に答えなさい。(配点100点)

問1 水溶液中のアンモニアの塩基解離平衡は次のように表わされ、この塩基解離定数は、 $pK_b=4.7$ である。



アンモニアの共役な酸であるアンモニウムイオンの酸解離定数(pK_a)を十分な説明を加えて求めなさい。
ただし、水のイオン積は、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ である。(30点)

問2 次の文章の(ア)に適切な化学式を書きなさい。また、(イ)から(エ)に当てはまる語句を下の語群から選びなさい。(20点)

硫酸銅水溶液にアンモニア水を加えていくと溶液は、青色から深青色に変化する。この変化は $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ から(ア)になるためである。この例では銅イオンは(イ)として、水分子やアンモニアは(ウ)として働き、それらの間に錯体を形成する。このとき形成される結合は配位結合であり、(ウ)のイオンや分子を配位子と呼んでいる。錯体の生成反応は(エ)の酸である金属イオンと(エ)の塩基である配位子との反応である。

語群：ブレンステッド、アレニウス、ルイス、プロトン供与体、プロトン受容体、電子対供与体、電子対受容体、錯体、酸、塩基、沈殿、交換体、立体、イオン、共有、金属、配位

問3 水酸化マグネシウムの沈殿の純水に対する溶解度(飽和溶液の濃度)は $S \text{ mol/L}$ であった。(30点)

- (1) この飽和溶液における化学平衡を反応式で表わしなさい。
- (2) 水酸化マグネシウムの溶解度積 K_{sp} を求めなさい。
- (3) この飽和溶液の pH を 10 に調節したときのマグネシウムイオン濃度を求めなさい。

問4 塩基性条件下で過マンガン酸イオン溶液に過酸化水素水を加えたところ、気体を生じながら黒褐色の沈殿を生じた。過マンガン酸イオンおよび過酸化水素についてのそれぞれの変化(半反応式)を書きなさい。ただし、反応式中の水素を除く全ての原子に酸化数を付すこと。(20点)