

## 化学 (全2の1)

全問をおとして、必要があれば次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5, Ca = 40, Zn = 65

1 以下の問いに答えよ。

- ブタンの密度は標準状態で何 g/L か。有効数字 2 桁で答えよ。
- 水 490 g と質量パーセント濃度 60.0 % の酢酸水溶液を用いて、質量モル濃度が 0.500 mol/kg の酢酸水溶液を作成するとき、60.0 % 酢酸水溶液は何 g 必要か。有効数字 3 桁で答えよ。
- 0.10 mol/kg の塩化カルシウム水溶液の凝固点 [°C] を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、水の凝固点は 0 °C、水のモル凝固点降下は 1.9 K·kg/mol とし、塩化カルシウムは完全に電離するものとする。
- ニンヒドリン反応によって検出される官能基は何か。名称を答えよ。
- 不斉炭素原子をひとつだけもつものを選び、記号で答えよ。
  - 1-アミノ-2-ブタノール
  - 3-アミノ-2-ブタノール
  - 2,3-ブタンジオール
  - 3-メチル-1-ブタノール
  - 3-メチル-1,3-ブタンジオール

2 窒素と水素を適切に反応させることでアンモニアを合成(反応 A)することができる。25 °C における結合エネルギーと反応 A の圧平衡定数は、それぞれ表 1 と表 2 のとおりとする。以下の問いに答えよ。特に指定がない限り有効数字は 2 桁とし、必要であれば次の数値を用いよ。log<sub>10</sub> 2 = 0.30, log<sub>10</sub> 3 = 0.48, log<sub>10</sub> 5 = 0.70

表 1 25 °C における結合エネルギー

結合	結合エネルギー [kJ/mol]
N≡N	946
H—N	391
H—H	436

表 2 反応 A の圧平衡定数 K<sub>p</sub>

温度	圧平衡定数 [Pa <sup>-2</sup> ]
T <sub>1</sub>	4.0 × 10 <sup>-13</sup>
T <sub>2</sub>	2.0 × 10 <sup>-16</sup>

- 反応 A の 25 °C における熱化学方程式を答えよ。ただし、全ての分子は気体として存在しているとする。
- 反応 A の圧平衡定数 K<sub>p</sub> を各分子の分圧を用いて表せ。ただし、分子 X の分圧を p<sub>X</sub> と表記せよ。
- 温度 T<sub>1</sub> において、平衡状態における水素の分圧が p<sub>H<sub>2</sub></sub> = 2.0 × 10<sup>6</sup> Pa、アンモニアの分圧が p<sub>NH<sub>3</sub></sub> = 4.0 × 10<sup>6</sup> Pa であった。この時の窒素の分圧を答えよ。
- (3)において、反応容器中におけるアンモニアの存在率を答えよ。ただし、容器中には窒素、水素、アンモニアのみが存在する。
- ピストン付きの反応容器に 10 mol の窒素と 30 mol の水素を加えた。この反応容器を使って、温度 T<sub>1</sub>、圧力 P の条件下で反応 A を進めたと、平衡状態に達したときのアンモニアの存在率が 60 % であった。容器中に存在するアンモニアの物質量を答えよ。
- 表 2 における、T<sub>1</sub> と T<sub>2</sub> の関係として適切なものを記号で答えよ。また、その理由を記述せよ。
  - T<sub>1</sub> > T<sub>2</sub>
  - T<sub>1</sub> < T<sub>2</sub>
- 反応 A は工業的にアンモニアを合成する際にも使用され、工業的製造では四酸化三鉄を主成分とした触媒を使用する。この製法を何と呼ぶか。
- 図 1 は、温度 T、圧力 P の条件下での反応 A におけるアンモニア存在率の時間変化を示している。同じ条件において触媒を添加した際の存在率曲線を実際で書き加えよ。
- 1.0 mol のアンモニアを 5.0 L の水に溶解させた。この時のアンモニウムイオンの濃度を答えよ。ただし、アンモニアの電離定数を K<sub>a</sub> = 2.0 × 10<sup>-6</sup> mol/L とする。
- (9)のアンモニア水溶液の pH を答えよ。ただし、水のイオン積を K<sub>w</sub> = 1.0 × 10<sup>-14</sup> (mol/L)<sup>2</sup> とし、小数第 2 位まで求めよ。

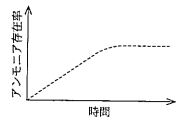


図 1 アンモニアの存在率曲線

## 化学 (全2の2)

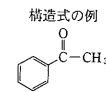
3 周期表 12 族に属する亜鉛 Zn は、価電子を 2 個もち、2 価の陽イオンになりやすい。亜鉛の単体は希塩酸と反応して水素を発生する。また、亜鉛イオン Zn<sup>2+</sup> を含む水溶液に塩基を少量加えると、白色ゲル状の水酸化亜鉛が沈殿する。水酸化亜鉛は塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応する(ア)であり、溶けるとどちらも無色の溶液となる。また、水酸化亜鉛にアンモニア水を過剰に加えると、無色の(イ)を生じて溶ける。

水銀は、亜鉛と同じ 12 族に属する。水銀の単体は常温で液体の金属で、密度が 13.5 g/cm<sup>3</sup> と水に比べて非常に大きい。亜鉛や水銀のように密度の比較的大きい金属のことを(エ)という。水銀イオンを含む水溶液に硫化水素を通じると、(ウ)色の沈殿を生じる。これを加熱して昇華させると(エ)色になる。以前、水銀は温度計などに使われてきたが、近年では単体および化合物の毒性のため、ほとんど用いられなくなった。以下の問いに答えよ。

- (ウ)~(イ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- 下線部(a)において、水酸化亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液との反応を化学反応式で示せ。
- (A)にあてはまるイオンの名称を答えよ。
- 下線部(b)に対して、水酸化アルミニウムは、水酸化ナトリウム水溶液とは反応するが、アンモニア水を過剰に加えても溶解しない。水酸化亜鉛と水酸化アルミニウムの塩基に対する溶解性が異なる理由について説明せよ。
- 下線部(c)において、水銀の単体は、なぜ温度計に用いられていたか。物理化学的な理由を 2 つ記せ。
- 硫酸亜鉛を含む試料 3.0 g を水に溶かし、炭酸ナトリウム水溶液を加えて炭酸亜鉛として完全に沈殿させた。沈殿をろ過し、洗浄した後、約 450 °C に加熱し、ZnO として質量を測定したところ 0.50 g であった。試料中の硫酸亜鉛の質量パーセントを有効数字 2 桁で求めよ。ただし、炭酸亜鉛は水に溶けないものとする。

4 果実のような芳香のある液体の有機化合物 A がある。A の分子式は C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> である。A に水酸化ナトリウム水溶液を加えて十分に反応させた後、蒸留したところ液体 B が得られた。B に塩基性の条件下でヨウ素を加えて反応させると、特異臭をもつ黄色沈殿 C が生じた。蒸留の残留物に希硫酸を加えると、刺激臭のある化合物 D が生成した。D をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱すると、器壁に単体の銀が析出した。

また、A の構造異性体であり、同様に果実のような芳香のある液体の有機化合物 E は、水酸化ナトリウム水溶液を加えて十分に反応させてから蒸留すると、液体 F を与えた。F は塩基性の条件下でヨウ素を加えても反応しなかったが、F をナトリウムと反応させると気体 G が発生した。一方、蒸留の残留物に希硫酸を加えると、刺激臭をもつ化合物 H が生成した。H をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱しても、銀の析出は見られなかった。以下の問いに答えよ。ただし、構造式は例にならって記すこと。



- 化合物 A の名称を答えよ。
- 化合物 B と D は何か。構造式で答えよ。
- 下線部(a)について、反応の名称と黄色沈殿 C の化学式を答えよ。
- 下線部(b)の反応について、反応の前後での銀の酸化数の変化を答えよ。
- 下線部(c)について、化合物 D と同様の反応が見られる物質をひとつ選び、その構造式を答えよ。
 

1-プロパノール、 2-プロパノール、 プロピオンアルデヒド、 プロピオン酸、 プロピレン
- 下線部(c)の反応について、示性式を用いた化学反応式を答えよ。
- 化合物 A と E に共通に見られ、下線部(c)の反応に関わる結合の名称を答えよ。
- 気体 G の名称を答えよ。