

化 学

1

解答

問 1. イ 問 2. ウ 問 3. ウ 問 4. オ 問 5. エ
問 6. エ 問 7. エ 問 8. ウ 問 9. ア

解説

《小問 9 問》

問 1. コップの表面についた水滴は、空気中の水蒸気がコップの外壁に冷やされて凝縮したものである。凝縮 $\leftrightarrow$ 蒸発，凝固 $\leftrightarrow$ 融解，凝華 $\leftrightarrow$ 昇華といった状態変化では化学式そのものが変化しないので，物理変化に分類される。

問 2. 硫黄 S の原子番号は 16 であり，これは硫黄原子の原子核中にある陽子の個数を表す。一方，「S」の左上に表記された「34」は質量数と呼ばれ，これは原子が原子核中にもつ陽子と中性子の合計の個数を表す。したがって，中性子の数は $34 - 16 = 18$ 個となる。価電子は硫黄原子のもつ最外殻電子数に一致する。硫黄 S は陽子の個数と等しい 16 個の電子をもち，その電子配置は K 殻：2 個，L 殻：8 個，M 殻：6 個となるので，価電子数は 6 個である。

問 3. マグネシウムと塩酸の反応，アルミニウムと塩酸の反応はそれぞれ以下の反応式 I，II で示される。



合金中のマグネシウムの物質量を $x[\text{mol}]$ ，アルミニウムの物質量を $y[\text{mol}]$ とおく。合金の質量が 7.8 g， $\text{Mg} = 24$ ， $\text{Al} = 27$ より

$$24x + 27y = 7.8 \quad \cdots \cdots \text{①}$$

反応式より，マグネシウム Mg の反応で消費される塩化水素 HCl は $2x[\text{mol}]$ ，アルミニウム Al の反応で消費される塩化水素 HCl は $3y[\text{mol}]$

であるから

$$2x + 3y = 0.80 \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

①, ②を連立方程式として解くと

$$x = 0.10[\text{mol}], \quad y = 0.20[\text{mol}]$$

問4. ブレンステッド・ローリーの定義では、酸は水素イオン H^+ を反応相手に受け渡す物質、塩基は反応相手から水素イオン H^+ を受け取る物質とされている。本問の場合、右向きの反応では、水 H_2O からリン酸水素イオン HPO_4^{2-} に対して水素イオン H^+ が受け渡され、 H_2O は水酸化物イオン OH^- 、 HPO_4^{2-} はリン酸二水素イオン H_2PO_4^- へと変化している。したがって、水 H_2O が酸としてはたらいっている。一方、左向きの反応を考えると、リン酸二水素イオン H_2PO_4^- から水酸化物イオン OH^- に対して水素イオンの受け渡しが起こっているため、リン酸二水素イオン H_2PO_4^- が酸となっている。

問5. 塩化ナトリウム NaCl の 20°C における溶解度 $35.8\text{ g/水 } 100\text{ g}$ は最初に溶解していた 35.0 g より大きいので、塩化ナトリウムの結晶は析出しない。一方、硝酸カリウム KNO_3 の 20°C における溶解度は $31.6\text{ g/水 } 100\text{ g}$ であるから、 $35.0 - 31.6 = 3.4\text{ g}$ の硝酸カリウムの結晶が析出する。

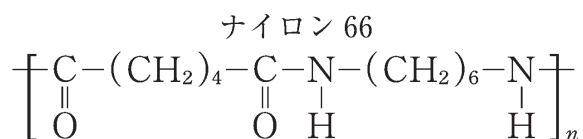
問6. a. 誤文。気体分子はそれぞれ異なった速さで動いている。高温ほどその平均値は大きくなる。

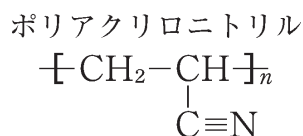
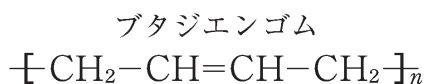
d. 誤文。固体を構成する粒子はそれぞれ決まった位置を中心に振動しており、完全に静止しているわけではない。

問7. エ. 誤文。アルカリ土類金属のうち、 Mg , Be は炎色反応を示さない。

問8. ウ. 誤り。ベンゼンスルホン酸からナトリウムフェノキシドを合成する過程では、ベンゼンスルホン酸と水酸化ナトリウム NaOH を固体どうし加熱するアルカリ融解が行われる。

問9. ナイロン 66, ブタジエンゴム, ポリアクリロニトリルの構造式はそれぞれ以下の通り。ナイロン 66 はアミド結合を含んでいる。





2

解答

(A)問 1. イ 問 2. エ 問 3. ウ

(B)問 4. ウ 問 5. エ 問 6. (1)—ア (2)—カ

解説

《酸化還元反応，反応速度論》

(A)問 1. c. 誤文。ある物質が酸化されるとは，その物質が反応相手に電子を与えることを意味する。すなわち，還元剤としてはたらいっている。

問 2. 酸化還元反応では原子の酸化数変化を伴う。アは「O₂」（酸化数変化：0 → -2），イは「Cl₂」（酸化数変化：-1 → 0），ウは「Cu」（酸化数変化：0 → +2），オは「Cl₂」（酸化数変化：0 → -1，+1），カは「Zn」（酸化数変化：0 → +2），「H₂」（酸化数変化：+1 → 0）である。エはシュウ酸と水酸化ナトリウムの中和反応であり，酸化還元反応ではなく，酸塩基反応に区分される。

問 3. オゾンとヨウ化カリウムの化学反応式は，問題文中に与えられている反応式より



反応式の係数比から，生じたヨウ素 I₂ 0.750 mol と同物質量のオゾン O₃ が含まれていたことがわかる。オゾンの体積百分率は

$$\frac{22.4 \times 0.75}{56.0} \times 100 = 30 [\%]$$

(B)問 4. 反応速度は単位時間あたりの物質のモル濃度の変化量であり，絶対値をとった正の値で表すことに注意する。B のモル濃度の増加量は (g - f) [mol/L]，時間は (t₂ - t₁) [s] であるから

$$\text{B の平均の反応速度 } v = \frac{\text{B のモル濃度の増加量}}{\text{反応時間}} = \frac{g - f}{t_2 - t_1}$$

問 5. X の濃度が 0.010 mol/L から 0.020 mol/L へ 2 倍となるとき，反応速度は，1.2 × 10⁻³ mol/(L・s) から 4.8 × 10⁻³ mol/(L・s) へ 4 倍となっていることから，反応次数 n は 2 であることがわかる。したがって，X の濃度を 0.050 mol/L としたときの反応速度は，X の濃度が 0.010 mol/L で

ある場合の 5^2 倍となる。

$$(1.2 \times 10^{-3}) \times 5^2 = 3.0 \times 10^{-2} [\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})]$$

問 6. (1) 触媒を加えると、より低いエネルギーの活性化状態を経由して反応が進むが、反応物と生成物の状態におけるエネルギーは変化しない。

(2) 固体の触媒は不均一触媒と呼ばれる。これに対して、反応溶液に均一に混じり合った触媒は均一触媒と呼ばれる。触媒は反応の前後において変化しないため、酸化数の変化も起こらない。

3

解答

(A)問 1. (1)―ア (2)―ア (3)―イ (4)―エ

(B)問 2. (1)―カ (2)―エ

問 3. ウ

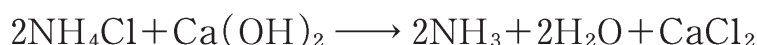
解説

《オストワルト法, アンモニアの性質と製法, ハロゲンの性質, 溶解度積》

(A)問 1. (1) a. 硝酸の工業的な製法であるオストワルト法の最初の段階のアンモニア NH_3 の空気酸化反応において、白金は触媒として使われる。

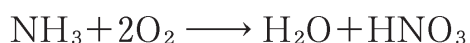
b. 窒素 N の酸化数はアンモニア NH_3 中において -3 であるが、一酸化窒素 NO 中において $+2$ と増加しており、アンモニアは酸化されているとわかる。

(2) 塩化アンモニウム NH_4Cl からアンモニア NH_3 を発生させるには、強塩基を加えて弱塩基であるアンモニアを遊離させる酸塩基反応を用いればよい。選択肢中にある強塩基は水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ だけであり、反応式は以下のように書ける。



(3) 気体の乾燥に用いることができるのは、水をよく吸収するがその気体自身とは反応しない物質である。アンモニアは塩基性気体であるから、アンモニアと酸塩基反応を起こしてしまう酸性の乾燥剤は用いることができない。濃硫酸と十酸化四リンは酸性、ソーダ石灰は塩基性であり、アンモニアにはソーダ石灰のみが利用できる。

(4) (反応 I + 反応 II $\times 3$ + 反応 III $\times 2$) $\div 4$ より、オストワルト法全体の化学反応式は



アンモニアの分子量 17 g/mol , 硝酸 HNO_3 の分子量 63 g/mol である

から、化学反応式の係数比より、アンモニア 17 g(1 mol) から硝酸 63 g が生じる。濃度 63% の硝酸水溶液を 1000 g つくるために必要なアンモニアの質量は

$$1000 \times 0.63 \times \frac{17}{63} = 1.7 \times 10^2 [\text{g}]$$

(B)問 2. (1) ハロゲン単体の酸化力は、原子番号の小さいものほど大きくなる。

(2) ハロゲン単体はいずれも無極性分子であり、分子量の大きいものほどファンデルワールス力が強くなるため、融点・沸点が高くなる。融点・沸点は、 $\text{F}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Br}_2 < \text{I}_2$ であり、常温常圧では F_2 と Cl_2 が気体、 Br_2 は液体、 I_2 は固体となっている。

問 3. 塩化銀の沈殿反応は $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl}$, ヨウ化銀の沈殿反応は $\text{Ag}^+ + \text{I}^- \longrightarrow \text{AgI}$ であり、溶解度積はそれぞれ

$$\text{塩化銀: } K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.8 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$\text{ヨウ化銀: } K_{\text{sp}}(\text{AgI}) = [\text{Ag}^+][\text{I}^-] = 2.1 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

と表される。加えた $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$ の硝酸銀 AgNO_3 がすべて溶解したと仮定すると、沈殿反応に関係する各イオンのモル濃度は

$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = [\text{I}^-] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

となる。このとき

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = (1.0 \times 10^{-5})^2 = 1.0 \times 10^{-10} < K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$$

となるから、塩化銀 AgCl の白色沈殿は生じないが

$$[\text{Ag}^+][\text{I}^-] = (1.0 \times 10^{-5})^2 = 1.0 \times 10^{-10} > K_{\text{sp}}(\text{AgI})$$

となるから、ヨウ化銀 AgI の黄色沈殿は生成する。

4

解答

(A)問 1. ア 問 2. (1)—ウ (2)—ウ

(B)問 3. オ 問 4. (1)—エ (2)—イ (3)—カ

解説

《油脂とセッケン，酸素を含む脂肪族化合物の構造推定》

(A)問 1. ア. 誤文。セッケンは弱酸である脂肪酸のナトリウム塩やカリウム塩である。

問 2. (1) ステアリン酸の分子量は 284 である。グリセリン (分子量 92)

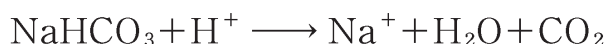
1 分子とステアリン酸 3 分子のエステル結合によってできる。1 つのエステル結合につき水 (分子量 18) 1 分子が除かれるので、この油脂の分子量は

$$284 \times 3 + 92 - 18 \times 3 = 890$$

(2) a. 常温で固体の油脂は、炭素間二重結合をもたない飽和脂肪酸で構成されているものが多く、脂肪と呼ばれる。

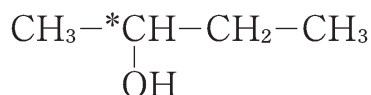
b. 不飽和脂肪酸とは炭素間二重結合を含む脂肪酸のことであり、これを構成脂肪酸とする油脂に対して水素 H_2 を付加すると、飽和脂肪酸から構成される油脂へと変化し、融点上がる。このようにして得られた油脂を硬化油と呼ぶ。

(B)問 3. オ. 誤文。操作 II は酸性物質である酢酸や硫酸を中和する操作であり、炭酸ナトリウムとの反応では遊離した炭酸から二酸化炭素が生じる。反応式は以下の通り。



問 4. (1) **A**~**D** のうち、**B** のみが単体のナトリウムと反応しなかったことから、**B** がジエチルエーテルであることがわかる。**A** と **C** は酸化を受けることから、それぞれ 1-ブタノールか 2-ブタノールのいずれかに該当し、消去法により **D** が第三級アルコールの 2-メチル-2-プロパノールであることがわかる。**A**、**C** の酸化化合物である **E**、**F** のうち、**F** はフェーリング反応を示すことからアルデヒドと判断できる。酸化によってアルデヒドを生じるのは第一級アルコールであるから、**C** が 1-ブタノール、**A** が 2-ブタノールとわかる。

(2) 不斉炭素原子をもつ化合物は以下の 2-ブタノール (**A**) のみである。



(3) **C** (1-ブタノール) の分子量は 74 であり、1 mol の **C** からは 1 mol の **F** が、1 mol の **F** からは赤色沈殿 (Cu_2O) を 1 mol 生じる。 Cu_2O の式量は 144 であるから、3.7 g の **C** から生じる赤色沈殿の質量は

$$3.7 \times \frac{144}{74} = 7.2 [g]$$