

▶ 出題のねらい

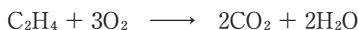
「2021 年 共通テスト化学基礎」の第1問では、小問集合の形式で、化学基礎の全範囲からまんべんなく出題された。今回は、混合物、化学反応の量的関係、水素を含む化合物、原子の構造、中和反応、弱酸の電離度、酸化数、酸化剤と還元剤の量的関係、金属の酸化還元反応に関する問題を出题した。

▶ 解説

問1 単一の物質のみからなるものを純物質といい、1種類の元素からなる純物質を単体、2種類以上の元素からなる純物質を化合物という。斜方硫黄 S_8 、白金 Pt は単体、ドライアイス CO_2 、シュウ酸二水和物 $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$ は化合物である。一方、いくつかの純物質が混ざった物質を混合物といい、青銅は銅 Cu とスズ Sn の混合物である。以上より、④が正解である。

(答) 1…④

問2 エチレンの完全燃焼の化学反応式は次の通りである。



よって、エチレンと酸素は、物質量比 1:3 で反応する。ここで、燃焼させたエチレンの物質量は、

$$\frac{1.4 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.050 \text{ mol}$$

であり、燃焼に必要な酸素の物質量は、

$$0.050 \text{ mol} \times 3 = 0.15 \text{ mol}$$

である。よって、燃焼に必要な酸素の 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における体積は、

$$0.15 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 3.36 \text{ L}$$

である。以上より、③が正解である。

(答) 2…③

問3 化合物 A～D の分子量から、「水素の原子量×水素原子の数」を引いた値は、それぞれ次の通りである。

A… $16 - 1.0 \times 4 = 12$

B… $17 - 1.0 \times 3 = 14$

C… $18 - 1.0 \times 2 = 16$

D… $20 - 1.0 \times 1 = 19$

よって、A～D に含まれる水素原子以外の原子は、A は C (原子量 12)、B は N (原子量 14)、C は O (原子量 16)、D は F (原子量 19) であり、各化合物の化学式は、次の通りである。

A… CH_4 、B… NH_3 、C… H_2O 、D… HF

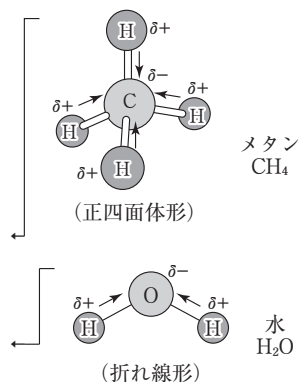
①…誤 CH_4 分子は、分子内の 4 つの C-H 結合は極性をもつが、正四面体形であり、分子全体では結合の極性が打ち消されるため無極性分子となる。よって、この記述は誤りである。

②…正 H_2O 分子は、折れ線形である。

③…正 HF の電子式は次の通りである。

$$\leftarrow \text{物質量 (mol)} = \frac{\text{質量 (g)}}{\text{モル質量 (g/mol)}}$$

$\leftarrow 0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 1 mol の気体が占める体積は 22.4 L





⋯: 非共有電子対

よって、分子中に3組の非共有電子対をもつ。

- ④…正 分子に含まれる電子の総数は、分子を構成する原子の原子番号の合計(陽子の総数)と一致する。ここで、A～Dの分子を構成する原子の原子番号の合計は、それぞれ次の通りである。

$$\text{A} \cdots 1 \times 4 + 6 = 10$$

$$\text{B} \cdots 1 \times 3 + 7 = 10$$

$$\text{C} \cdots 1 \times 2 + 8 = 10$$

$$\text{D} \cdots 1 + 9 = 10$$

よって、A～Dの分子に含まれる電子の総数はいずれも10である。

以上より、①が正解である。

(答) 3…①

問4 原子核は、陽子と中性子で構成されており、陽子と中性子の数の和を質量数という。原子核を取り巻く電子の質量は、陽子や中性子の質量と比べると極めて小さいため、原子核の質量は原子の質量とほぼ等しい。また、原子がイオンになるときや他の原子と化学結合をつくるときに重要な役割をする電子を、価電子という。以上より、⑥が正解である。

(答) 4…⑥

問5

- a 図1の滴定曲線より、弱酸Xと水酸化ナトリウムの中和反応の中和点のpHは約8.5である。よって、変色域が塩基性側(pH 8.0～9.8)であるフェノールフタレインは、この中和反応の中和点の前後で変色する。なお、フェノールフタレインは変色域よりも酸性側で無色、塩基性側で赤色を示すため、中和点の前後では無色から赤色に変化する。以上より、④が正解である。

(答) 5…④

- b 図1の滴定曲線より、水酸化ナトリウム水溶液を滴下する前の弱酸Xの水溶液のpHは3.0である。よって、この水溶液の水素イオン濃度は $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ である。また、中和点までに要した水酸化ナトリウム水溶液は25 mLであることより、1価の弱酸Xのモル濃度をC (mol/L) とおくと、(酸から生じる H^+ の物質量) = (塩基から生じる OH^- の物質量)であることから、次の関係式が成り立つ。

$$1 \times C (\text{mol/L}) \times \frac{20}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{25}{1000} \text{ L}$$

よって、

$$C = 0.125 \text{ mol/L}$$

である。ここで、求める電離度を α とおくと、

$$0.125\alpha = 1.0 \times 10^{-3}$$

$$\alpha = 8.0 \times 10^{-3}$$

である。以上より、6は⑧、7は⑩、8は③が正解である。

(答) 6…⑧、7…⑩、8…③

←陽子1個と中性子1個の質量はほぼ等しく、電子1個の質量は陽子1個の質量の約 $\frac{1}{1840}$ である。

←変色域

フェノールフタレイン

pH 8.0～9.8

メチルオレンジ

pH 3.1～4.4

問6 ①～⑤の分子において、窒素原子の酸化数はそれぞれ次の通りである。

① HNO_3 …窒素原子の酸化数を x とおくと、

$$1 + x + (-2) \times 3 = 0$$

$$x = +5$$

② N_2 …単体中の原子の酸化数は 0 である。

③ N_2O_4 …窒素原子の酸化数を x とおくと、

$$2x + (-2) \times 4 = 0$$

$$x = +4$$

④ NO_2 …窒素原子の酸化数を x とおくと、

$$x + (-2) \times 2 = 0$$

$$x = +4$$

⑤ NH_3 …窒素原子の酸化数を x とおくと、

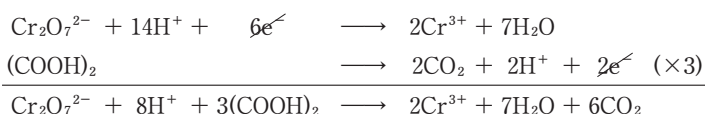
$$x + 1 \times 3 = 0$$

$$x = -3$$

以上より、①が正解である。

(答) 9…①

問7 ニクロム酸イオンおよびシュウ酸の反応式を足すと、次のイオン反応式が得られる。



よって、反応したニクロム酸カリウムと発生した二酸化炭素の物質
量比は、1 : 6 である。ここで、発生した二酸化炭素の物質量は、

$$\frac{2.24 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.100 \text{ mol}$$

である。よって、加えた水溶液に溶解していたニクロム酸カリウムの
物質量は、

$$0.100 \text{ mol} \times \frac{1}{6} \doteq 0.0167 \text{ mol}$$

である。以上より、①が正解である。

(答) 10…①

酸化数

- 単体中の原子の酸化数は 0
- 化合物を構成する原子の酸化数の総和は 0
- 化合物中の H 原子の酸化数は一般に +1
- 化合物中の O 原子の酸化数は一般に -2
ただし、 H_2O_2 中の O 原子の酸化数は -1
- 単原子イオンの酸化数はその電荷に等しい
- 多原子イオンを構成する原子の酸化数の総和はイオンの電荷に等しい

←シュウ酸の反応式は、3 倍してから足す。

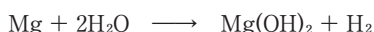
問8 主な金属のイオン化傾向とその反応性は、次の通りである。

金属	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	H ₂	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
イオン化傾向	大 ← 小																
空気中における反応	乾燥空気中ですみやかに酸化				乾燥空気中で徐々に酸化		湿った空気中で徐々に酸化							変化しない			
水との反応	常温で反応				熱水と反応		高温で水蒸気と反応		変化しない								
酸との反応	塩酸や希硫酸と反応して水素を発生※1											硝酸や熱濃硫酸と反応※2			王水と反応		

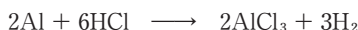
※1 Pbは塩酸や希硫酸には溶けない。これは、Pbをこれらの酸に入れると、水に難溶性のPbCl₂、PbSO₄が生成しPbの表面を覆ってしまい、反応が止まってしまうためである。

※2 Al、Fe、Niなどは濃硝酸や熱濃硫酸には溶けない。これは、これらの金属の単体を酸に入れると、表面にち密な酸化被膜を形成し、反応が止まってしまうためである。このような状態を不動態という。

- ①…正 上の表より、マグネシウムの単体は、常温の水とは反応しないが熱水とは反応して水素を発生する。マグネシウムと熱水の反応の化学反応式は次の通りである。

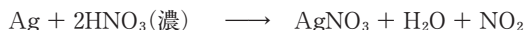
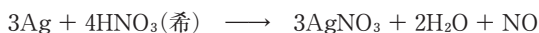


- ②…正 上の表より、アルミニウムの単体は、希塩酸と反応して水素を発生しながら溶解する。アルミニウムと希塩酸の反応の化学反応式は次の通りである。



- ③…正 上の表より、鉄は銅よりもイオン化傾向が大きいため、銅(Ⅱ)イオンが溶けた水溶液に鉄の単体を浸すと、鉄が溶解して、銅の単体が析出する。

- ④…誤 上の表より、銀の単体は、希硫酸とは反応しないが希硝酸とは反応する。ただし、銀と希硝酸の反応によって発生する気体は一酸化窒素である。なお、銀と濃硝酸の反応では二酸化窒素が発生する。



よって、この記述は誤りである。

以上より、④が正解である。

(答) 11…④

第2問 イオンからなる物質

▶ 出題のねらい

「2021年 共通テスト化学基礎」の第2問では、化学基礎の範囲では扱われていないテーマに関する問題が出題されたが、リード文の内容をよく読めば化学基礎で学習する知識を基に解答できるような思考問題であった。今回は、「イオンからなる物質」を題材に、思考問題を出題した。

▶ 解説

問 1

- a 正塩の水溶液の性質は、一般に次の通りである。
 強酸と強塩基の中和反応で生成する塩…中性
 弱酸と強塩基の中和反応で生成する塩…弱塩基性
 強酸と弱塩基の中和反応で生成する塩…弱酸性
 よって、KCl は中性、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ は弱酸性、 CH_3COONa は弱塩基性、 Na_2SO_4 は中性である。以上より、②が正解である。

(答) 12…②

- b 一般に、酸の H が残っている塩は酸性塩、塩基の OH が残っている塩は塩基性塩、酸の H も塩基の OH も残っていない塩は正塩に分類される。ここで、炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 は、酸の H が残っているため、酸性塩に分類される。また、炭酸水素ナトリウムは、弱酸 (H_2CO_3) と強塩基 (NaOH) からなる塩であり、水溶液は弱塩基性を示す。以上より、④が正解である。

(答) 13…④

問 2

- a
 ①…正 NaCl のように陽イオンと陰イオンからなる結晶をイオン結晶といい、イオン結晶は、固体の状態では電荷をもつイオンが移動できないため電気を通さない。一方、融解液や水溶液は、イオンが移動できるため電気をよく通す。
 ②…正 イオン結晶に外から力を加えると、イオンの配列がずれ、同符号の電荷をもつイオンどうしが接するため反発力が生じる。そのため、イオン結晶は硬いがもろい。
 ③…誤 Na^+ は Ne 原子と同じ電子配置をもつ単原子イオンであり、 Cl^- は Ar 原子と同じ電子配置をもつ単原子イオンである。よって、この記述は誤りである。
 ④…正 NaCl の結晶中に含まれる Na^+ と Cl^- の物質量は等しい。ここで、Na の原子量は 23、Cl の原子量は 35.5 であり、各イオンのモル質量は 23 g/mol、35.5 g/mol である。よって、結晶中に含まれる Na^+ の質量は Cl^- の質量よりも小さい。
 以上より、③が正解である。

(答) 14…③

- b 表 1 より、各操作における沈殿の有無は、それぞれ次の通りである。
 ア… Na^+ 、 Cl^- 、 Ba^{2+} 、 OH^- の混合水溶液となるため、沈殿を生じる陽イオンと陰イオンの組合せは存在しない。
 イ… Pb^{2+} 、 NO_3^- 、 H^+ 、 Cl^- の混合水溶液となるため、 PbCl_2 の沈殿を生じる。
 ウ… Cu^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- の混合水溶液となるため、 CaSO_4 の沈殿を生じる。
 以上より、⑥が正解である。

(答) 15…⑥

←塩の分類

正塩：酸の H^+ も塩基の OH^- も残っていない塩のこと。

酸性塩：酸の H^+ が残っている塩のこと。

塩基性塩：塩基の OH^- が残っている塩のこと。

※水溶液の性質とは直接には対応していない。

c 塩化バリウムと塩化ナトリウムを溶かした水溶液に十分な量の硫酸ナトリウムを加えると、 Ba^{2+} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} の混合水溶液となり、 Ba^{2+} は BaSO_4 (化合物 A) となって沈殿する。さらに、 BaSO_4 の沈殿をろ過した後の水溶液に十分な量の硝酸銀水溶液を加えると、 Na^+ 、 Ag^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- の混合水溶液となり、 Cl^- は AgCl (化合物 B) となって沈殿する。ここで、はじめに溶かした塩化バリウム BaCl_2 と塩化ナトリウム NaCl の物質量を、それぞれ x (mol)、 y (mol) とおくと、「 Ba^{2+} の物質量 = BaSO_4 の物質量」より、

$$x = 0.20 \text{ mol}$$

である。また、「 Cl^- の物質量 = AgCl の物質量」より、

$$2x + y = 0.50 \text{ mol}$$

である。よって、 $y = 0.10 \text{ mol}$ である。以上より、①が正解である。

(答) 16…①