

2006/1/29 23:48version

【第 1 問】

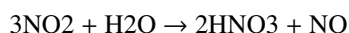
問 1 a 硝酸はアンモニアからオストワルト法により作られている。

オストワルト法とは、3 つの反応からなる。

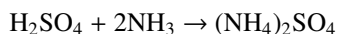
(1) アンモニアを白金触媒下で 900°C 程度に加熱し、一酸化窒素を得る
 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

(2) 空气中で一酸化窒素を酸化し二酸化窒素を得る
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

(3) 二酸化窒素と水を反応させ硝酸と一酸化窒素を得る（一酸化窒素は (1) の反応に再利用する）



b 硫酸アンモニウムは硫酸とアンモニアを反応させることで得られる。



c サリチル酸メチルはサリチル酸のカルボキシル基をメチル化することで得られる。

d ポリ塩化ビニルは塩化ビニルを重合することで得られる。

a と b がアンモニアから製造される。よって答えは (1)。

問 2 (1) 正しい。

(2) 間違い、アセトアニリドは以下の化学式であり、**解熱剤**として利用される。

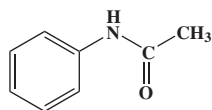


図 1 アセトアニリド

(3) 正しい。

(4) 正しい。

(5) 正しい。キッチン調べてみよう！

よって答えは (2)。

問 3 (1) 正しい。

(2) 正しい。有害な気体を用いる際はドラフト内で実験を行うようにする。硫化水素は火山などで発生するガスで、卵が腐ったにおいがする。濃度が高くなると、頭痛吐き気などの症状がみられ死に至る。塩素は黄色をした気体で、刺激臭をもつ。塩素系と酸性の洗剤を混ぜると、発生する気体でもある。また、戦時中には毒ガスとしても利用されていた。

(3) 正しい。

(4) 正しい。

(5) 正しい。

(6) 間違い。水酸化ナトリウム水溶液が皮膚などについたら、すぐに多量の水で十分に洗う。希塩酸で洗うのは危ない。

よって答えは (6)。

問 4 (1) 正しい。ヨウ素は昇華するので、混合物から精製するのに利用できる。

(2) 間違い。塩化ナトリウムを取り出すには、食塩水を加熱し水を蒸発させる。

(3) 正しい。

(4) 正しい。

(5) 正しい。

よって答えは (2)。

問 5 (1) 間違い。アルカリ金属、アルカリ土類金属は典型元素であり、名前からわかるとおり金属元素である。アルカリ金属は水素を除いた周期表の 1 族で、リチウム Li、ナトリウム Na、カリウム K などがある。アルカリ土類金属はベリリウム Be とマグネシウム Mg を除く周期表の 2 族でカルシウム Ca やバリウム Ba などがある。それぞれ 3 つは覚えておこう。

(2) 間違い。アルカリ土類金属は典型元素である。

- (3) 間違い. アルカリ金属は周期表で 1 族, つまり最外殻電子が 1 つで電子 1 つを供与すれば 18 族の希ガスと同じ電子配置になり安定になる. そのため 1 価の陽イオンになりやすい.
- (4) 間違い. 17 族は 1 価の陰イオンになりやすい.
- (5) 正しい. 遷移元素である鉄は酸化数が +2, +3 のものがある. FeO は酸化数が +2 で, Fe₂O₃ は +3 である. また, この酸化鉄(II)と酸化鉄(III)がモル比で 1:1 で混じった物は Fe₃O₄ である. つまり, Fe₃O₄ は純物質ではない. よって答えは (5).

問 6 a 分子構造式を書く際, 共有電子対を線で表すことがある. 価標はその線のことである. 図 2 に問題中の分子構造を全て示した.

- (1) 窒素分子中の N は 3 本の価標を持つ.
- (2) フッ素分子中の F は 1 本の価標を持つ.
- (3) メタン分子中の C は 4 本の価標を持つ. ちなみに H は 1 本の価標を持つ.
- (4) 硫化水素分子中の S は 2 本の価標を持つ. ちなみに H は 1 本の価標を持つ.
- (5) 酸素分子中の O は 2 本の価標を持つ.

このため, 硫化水素中の価標が最も多く 4 本である. 答えは (4).

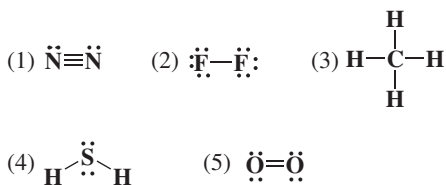


図 2 価標

- b (1) H₂O は全て単結合の三角形の分子
- (2) CO₂ は二重結合を持つ直線形分子
- (3) NH₃ は全て単結合の三角錐形の分子
- (4) C₂H₂ は三重結合を持ち直線形の分子
- (5) C₂H₄ は二重結合を持つが直線形ではない

以上より, (2) の二酸化炭素が二重結合を持つ, 直線形の分子である.

【第 2 問】

問 1 窒素 N₂ と酸素 O₂ の分子量がそれぞれ 28 と 32 であることから, 空気の平均分子量は $28 \times 0.8 + 32 \times 0.2 = 28.8$ と求まる. 標準状態で同じ体積, つまり同じ mol 数, で空気は 0.29g で別の気体は 0.58g ということから, 空気の $2 \left(= \frac{0.58}{0.29} \right)$ 倍の分子量を持つ気体と考えられる. よって, この気体の分子量は $28.8 \times 2 = 57.6$ である. この数値に近い分子量を持つ気体を選べばよい.

- (1) アルゴン Ar の分子量は 40(暗記する必要はない)
- (2) キセノン Xe の分子量は 132(絶対暗記する必要なし)
- (3) プロパン C₃H₈ の分子量は 44(C=12, H=1 は暗記)
- (4) ブタン C₄H₁₀ の分子量は 58
- (5) 二酸化炭素 CO₂ の分子量は 44(O=16 は暗記)

以上より 57.6 に最も近い (4) が答え.

注) アルゴンやキセノンは全く暗記している必要はない. ただしアルゴンは原子番号が 18 なので, 分子量は $18 \times 2 = 36$ より大きいという感覚は必要.

また, H=1, C=12, O=16 の原子量は暗記する必要あり.

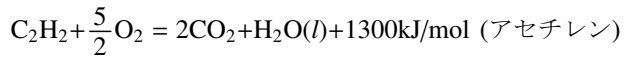
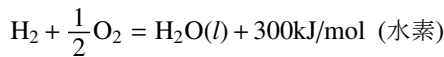
問 2 a アセチレンの物質量を x mol をおくと, 水素は $(1-x)$ mol.

$$\therefore x \times 1300 + (1 - x) \times 300 = 800$$

$$\therefore x = 0.5[\text{mol}]$$

よって答えは (3)

- b 水素とアセチレンの燃焼を表す熱化学方程式は以下に示す通りである。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ は液体 (liquid の頭文字) 状態の水を表す。



前の問題で分かった通り水素とアセチレンが 0.5mol づつなので、(水素) と (アセチレン) 式はそれぞれ 0.5mol 倍された分反応した。よって、水は(水素) 式より 0.5mol、(アセチレン) 式より 0.5mol 生じた。合わせて 1mol なので、その質量は水の分子量 18 を用いて $1 \times 18 = 18\text{g}$ と求まる。答えは、(2)。

- 問 3 a 塩酸の濃度を $x\text{mol/l}$ とすれば、

$$[\text{H}^+ \text{ の mol 数}] = \left\{ \begin{array}{l} \underbrace{x \times 0.5 \times 1}_{\text{HCl 1 分子から出るプロトンの数}} \\ - \underbrace{0.010 \times 0.5 \times 1}_{\text{NaOH 1 分子が反応するプロトンの数}} \end{array} \right\} \times \underbrace{1}_{[\text{電離度}]}$$

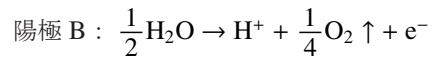
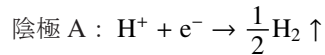
pH2.0 なので、この式が 10^{-2} と等しいことから x を解くと、 $x = 0.03\text{mol/l}$ と求まる。

よって、答えは (3)。

- b pH2.0 より、塩酸の方が過剰にある。よって、水酸化ナトリウムが $y\text{mol}$ あるとすると、中和するとき発熱が起こることから、 $y \times 56\text{kJ}$ 発熱すると考えられる。したがって、 $y = 0.01 \times 500 \times 10^{-3} = 0.005$ であるから、 0.28KJ 発熱する。つまり、答えは (5)。

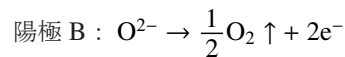
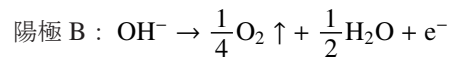
- 問 4 a 電源のマイナス極から電子 e^- が流れ、白金電極 A 上で電子や陰イオンを溶液中に取り込む (あるいは、プロトンなどの陽イオンを吐き出す) 反応をする。その反応により溶液中の電荷がマイナスになり、電氣的に中性状態に戻るため白金電極 B 上で溶液中から電子や陰イオンを吐き出す (あるいは、プロトンなどの陽イオンを取り込む) 反応が起きる。

A, B ではそれぞれ以下の反応が起きている。



以上より 1mol の電子が流れたとき、A では 0.5mol の水素が発生するが、B では 0.25mol の酸素が発生する。A で発生した水素は B で発生した酸素の 2 倍あるので、答えは (2) である。

注) 陽極の反応では、たびたび反応物として水酸化物イオン OH^- や酸素イオン O^{2-} を用いて適切でない反応を書く人がいる。例えば

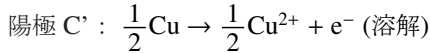
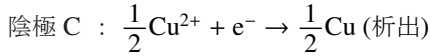


などである。硫酸銅は強酸と弱塩基の塩であり、その水溶液は加水分解により弱酸性を示す。そのため、溶液中の水酸化物イオン OH^- は 10^{-7}mol/l 以下であり、反応物とは考えにくい。酸素イオン O^{2-} はさらに少ないので、反応物ではありえない。こういった間違いに注意しよう!

- b 銅電極 C (陰極) と CuSO_4 水溶液をはさんで反対にある銅電極を C' (陽極)、銀電極 D (陰極) と AgNO_3 水溶液をはさんで反対にある銀電極を D' (陽極) とする。

イオン化傾向が白金 Pt よりも高い金属、例えば銅 Cu や銀 Ag を陽極として用いた場合金属がイオン化して溶けることに注意する。今回は C'、D' どちらも溶解する。

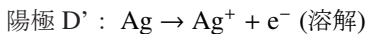
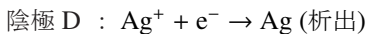
C、C' ではそれぞれ以下の反応が起きている。



陽極に不純物を含む銅電極を、陰極に純粋な銅電極を用いることで銅の精製が可能である。不純物として銅よりイオン化傾向が高い亜鉛などはイオン化するが、溶液中に銅イオンがあるかぎり陰極に析出することはない。一方、銅よりもイオン化傾向の低い白金や銀ではイオン化せず陽極の下にたまる。この不純物を陽極泥 (anode mud) と呼び、いったん溶解した鉛などの硫酸イオンと不溶性の塩を形成するものが含まれる場合もある。

また、銅よりもイオン化傾向の低い白金などを電極として用いた場合、陰極では溶液中の銅が析出し、陽極では水の電気分解と同様の反応をし酸素が発生する。

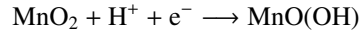
D、D' ではそれぞれ以下の反応が起きている。



以上より、1mol の電子が流れたとき C では 0.5mol の銅が、D では 1mol の銀が析出する。0.5mol の銅は 32g、1mol の銀は 108g なので、C の増加量が 100g のとき 300 強 g になるものを探すと、答えは (5) となる。

【第 3 問】

問 1 ① 酸化マンガン(IV) はマンガン乾電池の正極で



などの反応を起こす。よって、これは正しくない。

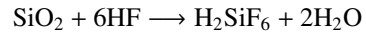
- ② 正しい。
- ③ 正しい。
- ④ 正しい。
- ⑤ 正しい。

よって、答えは①である。

問 2 ① 正しい。

- ② 正しい。
- ③ 正しい。
- ④ 正しい。

⑤ 二酸化ケイ素をフッ化水素酸に溶かすと

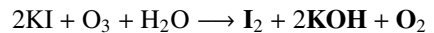


の反応が起きる。水ガラスとはケイ酸ナトリウムのことなので、これは正しくない。

よって、答えは⑤である。

問 3 a オゾンは酸素の同素体であり、O₂ に紫外線を当てると生成する。よって、答えは④である。

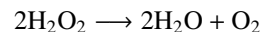
b オゾンは I⁻ を酸化するので



の反応が起きる。そのため、ヨウ化カリウムデンプン紙をオゾンにさらすと、ヨウ素が発生し、それとデンプンが反応して、青紫色に変色する。

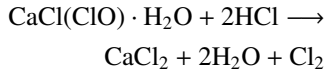
よって、答えは⑥である。

問 4 ア 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えると、酸化マンガン(IV)が触媒として作用して



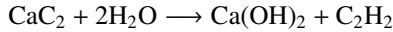
の反応を起こし、酸素が発生する。

イ さらし粉に塩酸を加えると



の反応が起き、塩素が発生する。

ウ カーバイドに水を滴下すると

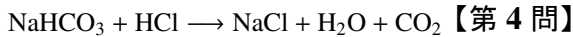


の反応が起き、アセチレンが発生する。

以上から、酸素は植物の光合成で発生するので、アは b である。塩素は赤いバラの花を入れると花が脱色するので、イは a である。アセチレンを臭素水に通じると、 Br_2 が付加するので臭素水の色が消えるので、ウは c である。

よって、答えは③である。

問 5 a 今回の実験の反応式は



である。

直線 A のときは、 HCl が過剰に存在しているはずである。よって

① NaHCO_3 の式量を M_1 、 CO_2 の分子量を M_2 とする。 NaHCO_3 の添加量が $a_1 \text{ g}$ のとき、 CO_2 の発生量 $b_1 \text{ g}$ は

$$b_1 = \frac{a_1}{M_1} \cdot M_2$$

である。同様にして、添加量が $a_2 \text{ g}$ のとき、 CO_2 の発生量 $b_2 \text{ g}$ は

$$b_2 = \frac{a_2}{M_1} \cdot M_2$$

である。よって、直線の傾きは

$$\frac{b_2 - b_1}{a_2 - a_1} = \frac{\frac{a_2}{M_1} \cdot M_2 - \frac{a_1}{M_1} \cdot M_2}{a_2 - a_1} \\ = \frac{M_2}{M_1}$$

となる。よって、正しい

② 正しくない。

③ 塩素はすでに過剰なので、これ以上塩素を増やしても、生成量の変わり方は変化しない。よって、正しくない。

④ 同様にして、正しくない。よって、答えは①である。

b グラフの途中の点から、 NaHCO_3 を増やしても、 CO_2 の生成量が変化しないということは、それ以降、 NaHCO_3 が過剰になっているということである。よって、 HCl は完全に反応しているはずなので、 HCl の濃度を $x \text{ mol/l}$ とすると

$$\frac{1.1}{44} = \frac{x \times 50 \times 10^{-3}}{\text{HCl の分子量}} \\ \Leftrightarrow x = 0.50$$

よって、答えは②である。

問 1 単結合からのみなる化合物はグリセリンである。よって、答えは④である。

問 2 乳酸以外はすべてカルボキシル基を 2 つもつ。よって、答えは④である。

問 3 アセチレンに酢酸が 1 : 1 で付加して生じる化合物は、酢酸ビニルである。よって、答えは③である。

問 4 a では不斉炭素が 0 個、b では不斉炭素が 1 個、c では不斉炭素が 2 個、d では不斉炭素が 1 個できる。よって、答えは⑤である。

問 5 エタノールの酸化によって、アセトアルデヒドや酢酸が生じる。

ここで、本実験では化合物 A を穏やかに加熱していること、アセトアルデヒドの沸点は約 20.8°C 。酢酸の沸点は約 118°C であり、A は気体になっていることから、A はアセトアルデヒドであると考えられる。よって

a アセトアルデヒドの水溶液はアルカリ性ではないので、アセトアルデヒドの水溶

液にフェノールフタレインを入れても赤く変色しない。よって、正しくない。

- b アセトアルデヒドは還元性があるので、フェーリング液とともに加熱すると、赤色の Cu_2O が沈殿する。よって、正しい。
- c アセトアルデヒドはヨードホルム反応を起こし、黄色の CHI_3 が沈殿する。よって、正しい。

よって、答えは⑤である。

問 6 ① 常温では両方とも固体である。

- ② 両方とも酸性であるので、水酸化ナトリウム水溶液に溶ける。
- ③ 両方ともフェーノル性ヒドロキシル基をもつので、塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色する。
- ④ サリチル酸に NaHCO_3 を入れると、気体(CO_2)が発生するが、フェノールは炭酸より弱い酸なので、 NaHCO_3 を入れても、気体は発生しない。
- ⑤ ヒドロキシル基をもっていれば無水酢酸と反応するので、両方とも反応する。

よって、答えは④である。

問 7 まず、条件 c よりこの炭化水素を C_nH_{n+4} とおく。

ここで、条件 a, b よりこの炭化水素の不飽和度は 3 であると分かるので

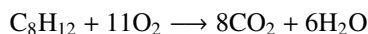
$$\frac{2n - (n + 4) + 2}{2} = 3$$

$$\Leftrightarrow \frac{n - 2}{2} = 3$$

$$\Leftrightarrow n = 8$$

となる。つまり、この炭化水素は C_8H_{12} である。

この炭化水素を完全燃焼すると、 CO_2 と H_2O だけになるので、反応式は



と考えられる。よって、答えは⑤である。