

本科 2 期 11 月度

解答

Z 会東大進学教室

高 2 東大化学



21 章 無機物質① 元素の周期表, ハロゲン

問題

■ 演習

【1】

解答

問1 (E)

問2 (B)

問3 (D)

解説

問1 周期表第2周期から第5周期までのハロゲン(17族)元素は順にF, Cl, Br, Iである。これらの電子配置はすべて最外殻に7個電子をもつため、他の非金属元素と1価の共有結合をする。また、金属元素とは1価の陰イオンとなってイオン結合する。

F K2, L7

Cl K2, L8, M7

Br K2, L8, M18, N7

I K2, L8, M18, N18, O7

同周期内では最も陰性が大きい元素で、単体は強い酸化力をもつ(=相手から電子を奪いやすい)。よって、多くの金属から電子を奪って自身は1価の陰イオンとなりやすい(例: $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$)。

単体は常温・常圧では、F₂(淡黄色)、Cl₂(黄緑色)は気体、Br₂は赤褐色の液体、I₂は黒紫色の固体で存在し、いずれも着色している。

したがって、選択肢の中では(E)が誤り。

問2

(A) 塩化水素の実験室での製法である。



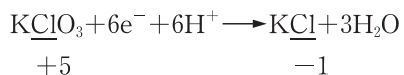
(B) 塩化水素は非常に水溶性が大きいため、水上置換ができず、また、分子量36.5は空気の平均分子量28.8より大きい(→同温・同圧下では同体積の空気より重い)ため、下方置換で捕集する。

(C) フッ化水素は、ガラス、ケイ砂、石英などの主成分であるSiO₂と反応する。



(D) 水溶液ではフッ化水素酸を除くハロゲン化水素酸はすべて強酸としてはたらく(酸の強さは、 $\text{HF} \ll \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$)。

- (E) 塩素酸イオン ClO_3^- に含まれる塩素原子の酸化数は +5 である。これは、非金属元素としては比較的大きな酸化数であるため、電子を奪い、酸化剤として作用しやすい。



したがって、(B)が誤り。

問3 ハロゲンの単体はいずれも酸化力をもつが、原子番号の小さい元素の単体ほど酸化力が強い。これは、原子番号の小さい原子ほど、原子核と最外電子殻との距離が小さいため、陰イオンになりやすい（＝酸化力が強い）ためである。ハロゲン単体の酸化力は $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ であるため、周期表の上に位置する単体は下に位置する陰イオンから電子を奪うことができるが、この逆向きの反応は起こらない。

- a : $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$
- b : $2\text{F}^- + \text{Cl}_2 \nrightarrow$ (反応しない)
- c : $2\text{I}^- + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{Br}^-$
- d : $2\text{Cl}^- + \text{I}_2 \nrightarrow$ (反応しない)

【2】

解答

問1 ア；17 イ；7 ウ；1 エ；高 オ；フッ化水素 カ；高 キ；水素
ク；濃硫酸 ケ；大き コ；下方置換 サ；フッ化水素酸

問2 (1) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$

(2) A；入れる物質…水

理由…塩化水素を除去するため。

B；入れる物質…濃硫酸

理由…水分を除去するため。

(3) ウ

(4) $2\text{I}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$

問3 ハロゲン単体は相手から電子を奪ってハロゲン化物イオンになりやすく、酸化力がある。
また酸化力は原子番号順に小さくなる。(58字)

問4 (1) $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HF} + \text{O}_2$

(2) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HClO}$

解説

問1

ア～ウ 17族元素の原子は、最外殻に7個の電子をもつ。また電子親和力が大きいので、電子を引き寄せる性質が強く、1価の陰イオンになりやすい。

エ ハロゲン単体の性質は、原子番号とともに規則的に変化する。単体の融点や沸点は、原子番号が大きくなるほど高くなる。これは、原子番号が大きくなるほど分子量が大きくなり、したがって分子間力も大きくなるためである。

オ～キ 次に、ハロゲン化水素について沸点を比較してみる。原子番号が大きくなるほど沸点が高くなるという原則から考えると、フッ化水素の沸点が最も低いはずであるが、フッ化水素では分子間に強い水素結合が働くため、とくに沸点が高くなっている。

ク～サ 塩化水素は実験室では、塩化ナトリウムと濃硫酸を加熱して発生させる。



塩化水素 (HCl；分子量 36.5) は、空気 (平均分子量約 28.8) よりも重く、しかも水によく溶けるので、下方置換により捕集する。ハロゲン化水素はすべて水に溶けやすく、フッ化水素の水溶液 (フッ化水素酸) は弱酸性、その他はすべて強酸性を示す。

問2

(1) 塩素は、酸化マンガン(IV)と濃塩酸を加熱して発生させることができる。



(2) 上の反応式からわかるように、 Cl_2 の発生と同時に H_2O (水蒸気) も発生する。また、濃塩酸からは塩化水素ガス (HCl) も発生してくる。そのため、純粋な Cl_2 を得るには、 H_2O や HCl を除去しなければならない。そこで洗気びん A には水を入れ、ここで HCl を吸収させる。また洗気びん B には濃硫酸を入れ、ここで H_2O を吸収させる。A、B の順序を逆にすると、最終的に H_2O を含んだ気体を捕集することになる。

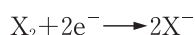
(3) 塩素は水に溶けやすい気体であるため、水上置換は不適切である。塩素は空気よりも重い気体なので、下方置換によって捕集する。

(4) 塩素はヨウ素よりも酸化力が強いので、ヨウ化物イオンは次のように塩素によって酸化され、ヨウ素が遊離する。



ここで生じた I_2 とデンプンとの反応（ヨウ素デンプン反応）により、ヨウ化カリウムデンプン紙は青色に変色する。

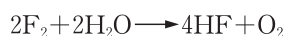
問3 ハロゲン単体がハロゲン化物イオンになるのは、次のように相手から電子を奪う反応である。



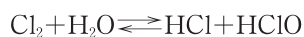
したがって、「ハロゲン化物イオンになる傾向の強さ」とは、ハロゲン単体の酸化力の強さを意味し、原子番号が大きくなるほど、酸化力は小さくなる。

問4

(1) フッ素 F_2 は非常に酸化力が強く、水を酸化して O_2 を発生させる。水との反応は非常に激しい。



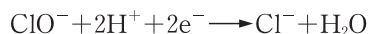
(2) 塩素を水に溶かすと一部反応して次亜塩素酸 HClO を生成する。



上に示したように、塩素を水に溶かすと次亜塩素酸を生成するが、これが酸化力をもつため、塩素水は漂白や殺菌に用いられる。

HClO の酸化剤としてはたらきをイオン反応式で表すには、次のように考えればよい。

HClO が電離して生成する ClO^- が酸化力をもつが、このときの塩素の酸化数は +1 である。これが反応して Cl^- （塩素の酸化数は -1）になることによって相手から 2 個の電子を奪う。したがって、次のような反応式を書くことができる。



【3】

解答

問1 紫色

問2 名称；塩素 反応式； $2\text{I}^- + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$

問3 ヨウ化カリウム

問4 モル濃度； $5.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ ヨウ素の総量； $2.5 \times 10^2 \text{mg}$

解説

問1 海藻灰の抽出液にはヨウ化ナトリウムなどが含まれており，実験室では酸化マンガン(Ⅳ)と希硫酸を加えて加熱して反応させる。



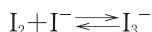
生じたヨウ素は昇華し，紫色の気体となっており，これを冷やして固体のヨウ素を得る。

問2 ヨウ化物イオンを酸化することのできるハロゲンの気体としては，塩素が適する。



臭素でもヨウ化物イオンを酸化できるが，臭素は常温・常圧では液体であり，吹き込む気体としては塩素が適する。

問3 ヨウ素は，水には溶けにくく，ヘキサンなどの有機溶媒には溶けやすい。ヨウ素は，ヨウ化物イオンが存在すると，水溶性の三ヨウ化物イオンを生じて溶ける。



ヨウ化物イオンを含む塩としては，ヨウ化カリウムが一般的である。

問4 ハロゲン化物イオンは，銀イオンと反応して水に難溶な化合物を生じる。



この質量が470mgであった。AgI(式量235)の物質量と水溶液中の I^- の物質量は等しいことより， I^- の質量は

$$\frac{470 \times 10^{-3}}{235} \times 127 = 0.254 [\text{g}] = 254 [\text{mg}]$$

ヨウ素のモル濃度は

$$\frac{\frac{470 \times 10^{-3}}{235}}{\frac{40}{1000}} = 5.0 \times 10^{-2} [\text{mol/L}]$$

22 章 無機物質② 酸素, 硫黄

問題

■ 演習

【1】

解答

問1 (1) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$

(2) $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{SO}_3$

問2 25 g

問3 (ア); (e)

(イ); (d)

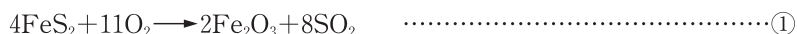
(ウ); (a)

問4 0.10

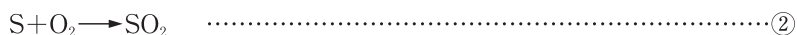
解説

問1

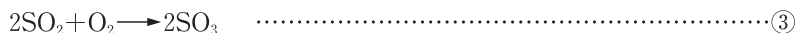
(1) FeS_2 を燃焼すると、酸化鉄(Ⅲ)と二酸化硫黄が生じたとあるので反応式は



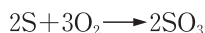
となる。原料として硫黄を用いたときの反応式は次のようになる。



(2) 二酸化硫黄を空气中で酸化すると、三酸化硫黄の気体が生じる。



問2 ②×2 + ③より



となる。これより、1 mol の S (原子量 32.1) がすべて反応すると、1 mol の SO_3 (分子量 80.1) が生じるので、10g の硫黄から生じる SO_3 は

$$\frac{10}{32.1} \times 80.1 = 24.95 \text{ [g]}$$

と求めることができる。

問3

(ア) エタノールからエチレンが生じているので、水が脱離している。したがって、濃硫酸による脱水作用が適する。

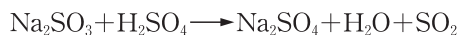


(イ) 銅に濃硫酸を加えて加熱すると、二酸化硫黄が生じる。



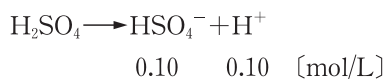
このとき、銅は $\text{Cu}(0) \rightarrow \text{Cu}(+2)$ のように酸化されており、硫酸中の硫黄は $\text{S}(+6) \rightarrow \text{S}(+4)$ のように還元されている。したがって、熱濃硫酸の酸化作用が適する。

(ウ) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると二酸化硫黄が発生する。

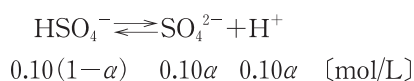


ここでは、弱酸の塩 (Na_2SO_3) に強酸 (H_2SO_4) を加え、強酸の塩 (Na_2SO_4) と弱酸 ($\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_3$) が生じている。したがって、希硫酸の強酸性が適する。

問4 硫酸の電離の様子は次のように表すことができる。まず、第一段階の電離について、電離がすべて進行すると仮定するので



第二段階の電離度を α として、電離後の水溶液中の各イオンの濃度は



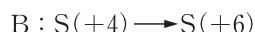
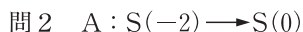
上記および希硫酸の水素イオン濃度が 0.11mol/L であることより

$$0.10 + 0.10\alpha = 0.11$$

$$\therefore \alpha = 0.10$$

【2】

解答



解説

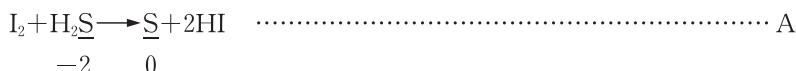
問1, 2 硫化水素は還元剤, 二酸化硫黄は主に還元剤としてはたらく。



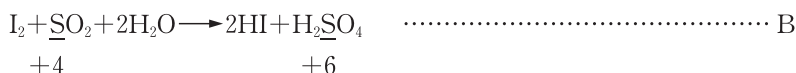
ヨウ素は酸化剤としてはたらくことができ, 硫化水素, 二酸化硫黄によって還元される。ヨウ素の酸化剤としての反応を示すイオン反応式は次のようになる。



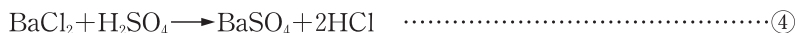
① + ③より



② + ③より



問3 硫酸塩には, 水に溶けるものが多いが, アルカリ土類金属であるバリウムの塩は水に溶けにくい。ここでは, 硫酸バリウムの白色沈殿が生じる。



問4 B, ④の反応式の係数より, 反応する SO_2 と H_2SO_4 と BaSO_4 について次の物質質量比が成り立つ。



したがって, 沈殿した BaSO_4 (式量 233) の物質質量と, 吸収された SO_2 の物質質量は等しい。

以上より, 求める SO_2 の物質質量は

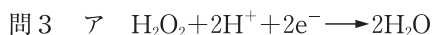
$$\frac{93 \times 10^{-3}}{233} = 3.99 \times 10^{-4} \text{ [mol]}$$

【3】

解答



問2 O—H 結合の極性が互いに打ち消しあわないため、分子全体としては極性がある。

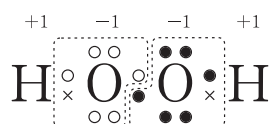


問4 (a) $9.8 \times 10^4 \text{Pa}$

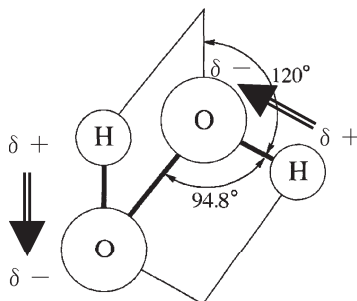
(b) 1.7kJ

解説

問1 過酸化水素分子における電子の割り当てを示すと以下のようになる。共有結合において、共有電子対は電気陰性度の大きい方の原子に割り当てる。同一元素の原子間の共有電子対は均等に割り当てる。電子式の上にした数字は、各原子の酸化数である。

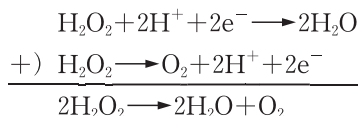


問2 問題に与えられた図に極性を表す矢印を書き込むと次のようになる。

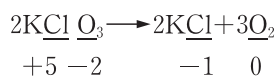


結合の極性が互いに打ち消しあわないので、分子全体としては極性をもつ。問1のような電子式などは、実際の分子の形状を表したものではないことに注意しよう。

問3 過酸化水素の分解では、過酸化水素どうして電子の授受が行われている。つまり、過酸化水素は酸化剤と還元剤の両方の役割をはたしている。このような反応を、自己酸化還元反応という。アとイの電子 e^- を含むイオン反応式を互いにたし合わせると



ちなみに、酸素の実験室的製法である塩素酸カリウムの分解反応も、自己酸化還元反応である。



問 4

- (a) 捕集された気体（酸素と水蒸気の混合気体）の全圧は大気圧に等しく、また、ドルトンの分圧の法則より、次の式が成り立つ。

$$(\text{大気圧}) = (\text{酸素の圧力}) + (\text{水蒸気の圧力})$$

したがって、酸素の圧力を P [Pa] とすると

$$P = 1.01 \times 10^5 - 3.17 \times 10^3 = 101 \times 10^3 - 3.17 \times 10^3 = 97.83 \times 10^3 = 9.78 \times 10^4 \text{ [Pa]}$$

- (b) 初めに存在していた過酸化水素の質量は次のように求められる。

$$1.11 \times 2 \times \frac{30}{100} = 0.666 \text{ [g]}$$

このうち、10%が分解したので、残っていた過酸化水素（分子量 34）の物質量は

$$\frac{0.666 \times \frac{90}{100}}{34} = 1.76 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

となる。熱化学方程式より、2 mol の過酸化水素の分解で 193 kJ の熱量が発生することから、求める熱量を Q [kJ] とすると、次の比例式が成り立つ。

$$2 \text{ [mol]} : 193 \text{ [kJ]} = 1.76 \times 10^{-2} \text{ [mol]} : Q \text{ [kJ]}$$

$$\therefore Q = 1.69 \text{ [kJ]}$$

23 章 無機物質③ 窒素，リン，炭素，ケイ素

問題

■ 演習

【1】

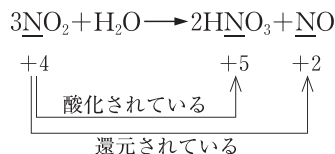
解答

- 問1 ①：一酸化窒素，b ②：二酸化窒素，c
 問2 ③，④：4NO，6H₂O(順不同) ⑤：2NO ⑥：2NO₂
 ⑦：3NO₂ ⑧：NO
 問3 ⑨：イオン化傾向 ⑩：不動態
 問4 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2$
 酸化剤：HNO₃(+5→+4) 還元剤：Cu(0→+2)
 問5 0.28kg

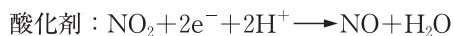
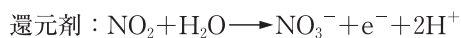
解説

問1，2

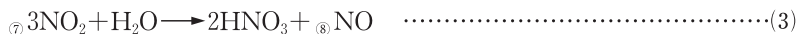
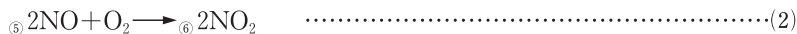
- ① 一酸化窒素 NO：無色気体。水に難溶。空気中では酸素 O₂ と容易に反応して二酸化窒素 NO₂ になる。
 ② 二酸化窒素 NO₂：赤褐色の有毒気体。冷水に溶けて（水と反応して）硝酸 HNO₃ と NO を生じる*。



* この反応において，NO₂ は，一部は還元されて NO となり，残りは酸化されて HNO₃ となっている（自己酸化還元反応）。



- ③～⑧ 反応式で示すと次のようになる。

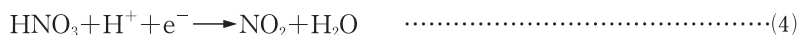


問3

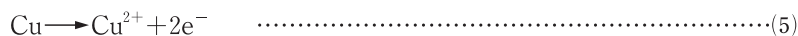
- ⑨ 硝酸 HNO₃ は酸化力が強く，水素よりもイオン化傾向の小さい Cu，Ag などとも反応する（ただし，白金，金とは反応しない）。

- ⑩ 濃硝酸に対して，Al，Fe，Niなどの金属は緻密な酸化被膜をつくり，反応しない。このように，金属が本来反応すべき条件にありながら，反応を起こさない状態を，不動態という。

問4 濃硝酸が酸化剤としてはたらくときの反応は



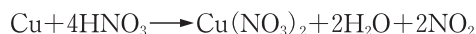
一方，Cuは酸化されて Cu^{2+} になるので



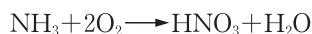
(4)×2+(5)より， e^- を消去すると，イオン反応式が得られる。



左辺の H^+ は， HNO_3 の電離により生じたものであると考えられるから，両辺に 2NO_3^- を加えて整理すると，化学反応式が得られる。



問5 オストワルト法を1つの反応式で表すと， $((1)+(2) \times 3 + (3) \times 2) \times \frac{1}{4}$ より



となり， NH_3 1molから HNO_3 1molが生じる。標準状態では NH_3 1molは22.4Lであるから，生じる HNO_3 (分子量63)の質量は

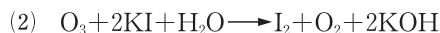
$$\frac{100}{22.4} \times 63 = 281.25 \text{ [g]} = 0.28125 \text{ [kg]}$$

【2】

解答

問1 ア；半導体 イ；昇華 ウ；水ガラス

問2 (1) 空気中で自然発火するため、水中に保存する。(21 字)



問3 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \longrightarrow \text{Si} + 2\text{CO}$

問4 $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

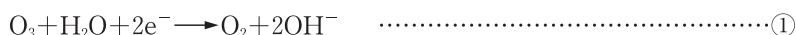
問5 多数の原子からなる共有結合の結晶だから。(20 字)

解説

問1 イ 固体の二酸化炭素はドライアイスともいう。固体から気体への変化は「昇華」である。

問2

(2) オゾンは酸化剤として次のようにはたらく*。



ヨウ化カリウムは還元剤として次のようにはたらく。



①+②より



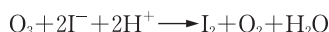
I^- は KI の電離により生じていると考えられるので、 2K^+ を両辺にたして整理すると、次の化学反応式が得られる。



*①式は液性を考慮し、左辺に水を表したが、酸性溶液中では次の反応式が書かれる。



③+②より



として、両辺に 2K^+ 、 2OH^- をたしても、同じ反応式が得られる。

問3 反応で生成する気体は、ギ酸を濃硫酸で脱水した際に生成する気体と同じとあるので、一酸化炭素 CO である。ギ酸は濃硫酸と反応させると、次のように CO を発生する。



問4、問1 ウ 二酸化ケイ素を水酸化ナトリウムとともに加熱すると、ケイ酸ナトリウムが得られる。



ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、粘性の高い水ガラスが得られる。

問5 二酸化炭素は C 1 原子と O 2 原子が共有結合によって分子をつくり、固体において分子はゆるやかな分子間力によって結びついているにすぎない。このため、昇華しやすく、二酸化炭素は常温で気体である。一方、二酸化ケイ素は Si1 個、O4 個からなる正四面体型構造が、共有結合により立体網目状に次々に連なった結晶をつくっている。この共有結合は強く安定であり、結晶は硬く、高い融点をもつ。

【3】

解答

問1 ア；NO または一酸化窒素 イ；NO₂ または二酸化窒素 ウ；オストワルト
エ；SO₂ または二酸化硫黄 オ；SO₃ または三酸化硫黄 カ；接触

問2 ① $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
② $\text{AgNO}_3 + \text{HBr} \longrightarrow \text{AgBr} + \text{HNO}_3$
③ $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$

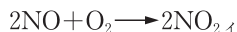
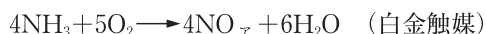
問3 (1) アレニウスの定義；酸とは水に溶けて水素イオンを生じる物質であり，塩基とは水に溶けて水酸化物イオンを生じる物質である。
ブレンステッド・ローリーの定義；酸とは相手に水素イオンを与えることができる物質であり，塩基とは相手から水素イオンを受け取ることができる物質である。
(2) 化学反応式； $\text{NH}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
アレニウスの定義が適用できない理由；この反応は水溶液中で起こっていない。

解説

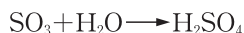
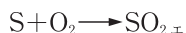
問1 塩化水素の製法を示す化学反応式は次のようになる。



硝酸の製法を示す化学反応式は次のようになる（オストワルト₇法）。



硫酸の製法を示す化学反応式は次のようになる（接触₈法）。

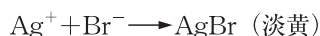


問2 実験1から4をまとめると次のようになる。A～Dはそれぞれ，実験4においては濃い酸（濃塩酸など），実験1～3においてはうすい酸（希塩酸など）と考えてよい。

		HCl	HBr	HNO ₃	H ₂ SO ₄	
実験1	Ba(OH) ₂ 水溶液	—	—	—	BaSO ₄ 白色	硫酸塩の沈殿
実験2	AgNO ₃ 水溶液	AgCl 白色	AgBr 淡黄色	—	—	ハロゲン化銀 の沈殿
実験3	Cu	—	—	NO 無色	—	希酸の酸化力
実験4	濃 NH ₃ 水	NH ₄ Cl 白煙	NH ₄ Br 白煙	NH ₄ NO ₃ 白煙	—	酸の揮発性
		C	B	D	A	

実験1：硫酸塩は水に溶けるものが多いが (Na_2SO_4 , CuSO_4 など), アルカリ土類金属イオンや鉛(II)イオンの硫酸塩 (CaSO_4 , PbSO_4 など) は水に溶けにくい。これにより A が硫酸と決定できる。

実験2：フッ化物イオン F^- 以外のハロゲン化物イオンは, 銀イオン Ag^+ によって, 水に難溶なハロゲン化銀の沈殿を生じる。

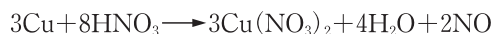


これにより B が臭化水素酸, C が塩酸と決定できる。

注: 銀の硫酸塩も水には難溶であるが, 希硫酸中では溶解するため, 本問の条件で沈殿は生じない。

また, 銀の硫酸塩について入試で聞かれることはないので覚える必要はない。ここではハロゲン化銀の沈殿について確認しておいてほしい。

実験3：塩酸, 臭化水素酸は酸化力のない酸である。硝酸は希硝酸, 濃硝酸とも酸化力があり, 銅を溶解する。硫酸は希釈されて希硫酸となっているので, 酸化力はない (熱濃硫酸が酸化作用を示す)。これにより D が硝酸と決定できる。希硝酸に銅を入れると, 無色の NO が発生し, また水溶液中に生じた Cu^{2+} により, 溶液が青色になる。

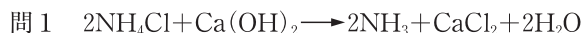


実験4：塩化水素は揮発性の酸であり, アンモニアと反応し白煙を生じる。ハロゲン化水素である臭化水素についても同様の性質をもつと考えてよい。硝酸も揮発性の酸である。硫酸は不揮発性の酸であるため, 白煙は生じない。

問4 アレニウス (アレニウス) の定義では, 水溶液中の酸・塩基反応しか説明できず, 水以外の溶媒中での酸・塩基反応の説明や, 水にはほとんど溶けない物質, あるいは気体どうしの反応について, 酸・塩基の説明ができないなどの欠点があった。ブレンステッドとローリーの定義により前記の反応についても酸・塩基の説明ができるようになった。

添削課題

解答



問2 ア；① イ；④ ウ；②

問3 あ；⑨ う；③

問4 い；② え；④

問5 A；② B；① C；③ D；① E；①

問6 13kg

解説

問2, 3 整理すると次のようになる。

	色・臭い	水溶性	水溶液の液性
アンモニア NH_3	無色・刺激臭	非常によく溶ける	弱塩基性
一酸化窒素 NO	無色・無臭	溶けにくい	—
二酸化窒素 NO_2	赤褐色・刺激臭	よく溶ける	酸性

問3, 4 窒素に関連する工業的製法は次の二つが重要である。

アンモニア；ハーバー・ボッシュ法（ Fe_3O_4^* を主成分とした触媒を用いる）

硝酸；オストワルト法（第1段階に白金を触媒として用いる）

なお、与えられた他の選択肢から得られる物質は次のようになる。

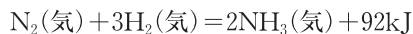
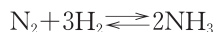
② アンモニアソーダ法；炭酸ナトリウム

④ イオン交換膜法；水酸化ナトリウム

⑤ 接触法；硫酸

*化合物名は四酸化二鉄(Ⅲ)鉄(Ⅱ)である。

問5 平衡状態にある可逆反応に対して、外部から何らかの変化を加えると、その変化を和らげる方向に平衡が移動し、新しい平衡状態となる。これをルシャトリエの原理という。



A 加熱すると、温度上昇を和らげる方向である「左向き」に平衡が移動する。

B 加圧すると、全体の圧力を小さくする方向、すなわち、気体分子の総数が少なくなる方向である「右向き」に平衡が移動する。

C 触媒を加えると反応速度は大きくなるが、平衡は「移動しない」。

D 水素を加えると、その濃度上昇を和らげる方向、すなわち、水素が消費される方向である「右向き」に平衡が移動する。

E 塩化水素を加えると生成物のアンモニアと酸・塩基反応をしてしまい、アンモニアが減少する。そのため、アンモニアの濃度減少を和らげる方向、すなわち、アンモニアが生成する方向である「右向き」に平衡が移動する。

問6 原料であるアンモニア NH_3 1mol に含まれる窒素原子は、すべて目的物である硝酸 HNO_3 1mol に含まれると考えてよいので、物質量の比は、アンモニア：硝酸 = 1 : 1 である。したがって、標準状態で 2800L のアンモニアから生じる硝酸の物質量はアンモニアの物質量に等しく

$$\frac{2800}{22.4} = 125 \text{ [mol]}$$

である。これを硝酸（分子量 63）の質量に換算すると

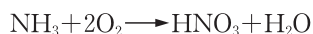
$$63 \times 125 = 7875 \text{ [g]}$$

である。これらが質量パーセント濃度 60% の硝酸に含まれているので、求める硝酸の質量を x [kg] とすると

$$x \times \frac{60}{100} = 7875 \times 10^{-3}$$

$$\therefore x = 13.1 \text{ [kg]}$$

オストワルト法の反応式をひとつにまとめ、その反応式の係数から求めてもよい。（第1段階 + 第2段階 $\times 3$ + 第3段階 $\times 2$ ） $\times \frac{1}{4}$ より、次の式が得られる。



これより、物質量の比は、アンモニア：硝酸 = 1 : 1 となり、以降は前述の計算と同じである。



会員番号	
------	--

氏 名	
-----	--