

■ 序章 化学と人間生活 ■

◆ 演習問題 ◆

14【1】解 イ

解説 (ア) 人類の金属の利用は、製錬の容易な銅などから始まり、製錬の困難なアルミニウムの利用が一番遅れた。正しい。

- (イ) 鉄の地殻中での存在量はアルミニウムに次いで多く、最も多く利用されている金属である。誤り。
(ウ) 銅は、古代メソポタミアで紀元前 3000 年頃の利用が始まった。正しい。
(エ) アルミニウムを再利用すると、鉱石から製造するのに比べて約 3% のエネルギーで済む。正しい。
(オ) 金はさびにくく、いつまでも美しい光沢を保ち続ける。正しい。

14【2】解 ウ

解説 (ア) プラスチックは、容易に成形でき、水や薬品にも強い。正しい。

- (イ) プラスチックは、石油から人工的に合成されたものである。正しい。
(ウ) ポリエステルは、ポリエチレンテレフタレートで成分とする合成繊維である。誤り。
(エ) ナイロンは、絹に似た性質をもつ世界初の合成繊維である。正しい。
(オ) ビニロンは、絹に似た性質をもつ日本初の合成繊維である。正しい。

14【3】解 エ

- (ア) ガラスは透明で耐久性・耐薬品性に優れている。正しい。
(イ) ソルビン酸は、細菌の増殖を抑制するはたらきをもち、食品の保存料に用いられる。正しい。
(ウ) 食塩の摂取量 = みそ汁の濃度 × みそ汁の量の関係がある。正しい。
(エ) 水道水は、細菌の増殖を抑えるために、塩素殺菌することが法律で義務づけられている。一方、体に危険性がないように、塩素の濃度の上限値が定められている。誤り。

14【4】解 イ

解説 洗剤の洗浄効果は、洗剤分子が一定数個集まってミセルとよばれる球状の粒子をつくることであられる。ミセル形成に必要な最小の濃度を臨界ミセル濃度といい、セッケンの場合約 0.2% である。この濃度以下では、洗剤の洗浄効果はあらわれないが、洗剤の濃度をあまり濃くしても、洗剤が無駄になるだけで、洗浄効果は上がらない。

■ 第 1 編 物質の構成と化学結合 ■

【第 1 章 物質の構成】

21【問】1. 解 純物質：(ア), (ウ), (カ), (キ)

混合物：(イ), (エ), (オ), (ク)

解説 混合物は 2 種類以上の物質が混じりあったもので、自然界に存在する多くの物質が該当する。純物質は、1 種類の物質だけからできたものである。もし、化学式が書けるのであれば、1 つの化学式で書けるものが純物質、そうでないものが混合物になる。

水溶液は混合物であり、ここでは、食塩水が塩化ナトリウム NaCl の水溶液であること、塩酸が塩化水素 HCl の水溶液であることに注意する。

25【問】2. 解 (1) (オ) (2) (ウ) (3) (イ) (4) (エ)

(5) (ア) (6) (カ)

解説 (1) 温度による溶解度の差を利用して分ける。この場合、塩化ナトリウムは少量のため、析出せずに水溶液中に残る。硝酸カリウムの溶解度は高温では大きく、低温では小さいため、冷却による再結晶によって結晶を得やすい。

- (2) 固体→気体→固体の変化の過程を利用して、昇華するものを取り出す。塩化ナトリウムは昇華しないが、ナフタレンは昇華する。
(3) 沸点の差により、液体混合物を複数の成分に分ける。空気には窒素・酸素・アルゴンなどが含まれる。石油(原油)にはさまざまな炭化水素が含まれている。これらを沸点の範囲の違いにより、いくつかの成分に分けて利用している。
(4) 特定の成分のみが溶けやすい溶媒を用いて、目的の物質を溶かし出す。ヘキサンは油などの成分をよく溶かす性質をもった溶媒である。
(5) 液体→気体→液体の変化を利用して、混合物から単一の成分を取り出す。海水は、塩類などさまざまな物質を含むが、 100°C 付近で蒸留することにより、純粋な水だけが得られる。
(6) 液体と、それに不溶な物質の混合物を分離する。水はろ紙を通過できるが、砂粒は通過できない。

28【問】3. 解 単体…(イ), (ウ) 化合物…(ア), (エ), (オ)

混合物…(カ)

解説 1 種類の元素からなる物質が単体、2 種類以上の元素が一定の割合で結合してできた物質が化合物である。もし、化学式が書けるのであれば、化学式に含まれる元素記号が 1 種類であれば単体、2 種類以上のもは化合物となる。混合物はふつう 1 つの化学式で表せないが、塩酸は HCl と表すことがあるので注意を要する。

28 問 4. 解 (1) 元素 (2) 単体 (3) 単体

解説 単体は、1種類の元素からなる実在する物質で、具体的な性質をもつ。元素は、物質を構成する成分で、具体的な性質をもたない。

(1) リン酸カルシウム中のカルシウムという成分を表し、「元素」を示す。

(2) 窒素という具体的な物質を表し、「単体」を示す。

(3) 酸素という具体的な物質を表し、「単体」を示す。

29 問 5. 解 (イ)

解説 同素体は同じ元素からなる単体で、性質(構造や分子式なども)が異なる物質どうしのことである。炭素C：ダイヤモンド・黒鉛・フラーレン・カーボンナノチューブなど、酸素O：O₂(酸素)・O₃(オゾン)、硫黄S：斜方硫黄・単斜硫黄・ゴム状硫黄、リンP：黄リン・赤リンの4元素は知っておきたい。

(ア)・(ウ)・(オ)は成分元素が異なる単体、(イ)はともに酸素と炭素からなる異なる化合物、(カ)は同一物質で状態が異なるもので、いずれも同素体ではない。

31 問 6. 解 (1) 塩素 (2) 銅

解説 (1) 白濁したので塩化銀の生成が考えられる。塩素の存在がわかる。

(2) 青緑色は、銅の炎色反応である。

33 問 7. 解 (温度の高い順) t_3 , t_2 , t_1

(エネルギーが最も大きい) t_3

解説 温度が高くなると、気体分子の熱運動が激しくなり、速さの大きな分子の割合が増え、分布曲線は右のほうへ移動する。ただし、気体分子の総数は変わらないので、ピークの山の高さ(分子の数)は小さくなる。

また、気体分子のもつ平均の運動エネルギーは、温度が高いほど大きい。

◆ 演習問題 ◆

37 [1] 解 (1) (a) 枝付きフラスコ

(b) リービッヒ冷却器 (c) アダプター

(d) 三角フラスコ

(2) 温度計下端の球部を、枝付きフラスコの枝の付け根の高さにする。

(3) ②

(4) 突発的な沸騰(突沸)を防ぐため。

(5) ろ紙を用いて、細かい砂の混じった海水をろ過して砂を取り除く。得られたろ液を蒸留装置を用いて蒸留すると純粋な水が得られる。

解説 (1) (b)はリービッヒコンデンサーともいう。

(2) 蒸留装置では、気体となった物質が枝の先で凝縮して液体になる原理を利用しているので、枝分かれ

の部分に温度計をおき、枝管のほうに入っていく蒸気の温度を測る必要がある。

(3) 上から水を流すと、管内に含まれる空気は上へのぼろうとするのでいつまでも抜けず、管内に空気が溜まって冷却が妨げられる。下から上に向かって水を流せば空気はスムーズに排出され、管内はすべて水で満たされ、効率よく冷却することができる。

(4) 液体を加熱する場合に、突然激しく沸騰し、液体が飛んで枝管の方へ入り込むことがある。この突沸を防ぐために、あらかじめ沸騰石を入れておくと、穏やかな沸騰が持続する。

37 [2] 解 (ア), (イ)

解説 「元素」として用いられる場合は、物質そのものではなく、その物質を構成する成分の種類をさしている。「単体」として用いられる場合は、具体的に存在する物質そのものをさしているので、「単体の」をその語の前につけると意味が通る。

(ア) 「酸素」という具体的な物質を表しており、単体名である。

(イ) 「水という化合物中の酸素」という物質の成分を表しており、元素名である。

(ウ) 文頭の「酸素とオゾン」の部分はそれぞれの単体を表しており、「酸素の同素体」の部分は、物質の成分を表しており、元素名である。

(エ) 「酸素」という具体的な物質を表しており、単体名である。

37 [3] 解 (1) AB間：固体、BC間：固体+液体、CD間：液体、DE間：液体+気体

(2) BC間：融解、DE間：沸騰

(3) t_2 ：融点、 t_3 ：沸点

(4) t_2 ：273K、 t_3 ：373K

(5) 点E、点C、点A

解説 (1) 物質の三態の変化は、温度が低い順に固体→液体→気体であり、その状態変化が起こる間は温度が一定となる。

(2) BC間は固体から液体への変化なので融解、DE間は液体から気体への変化で沸騰となる。

(3) BC間の変化は固体から液体への変化で、 t_2 は融点である。DE間の変化は液体から気体への変化で、 t_3 は沸点である。

(4) セルシウス温度に273を加えれば、絶対温度の数値となる。水は0°Cで融解し、100°Cで沸騰する。
 t_2 ：0+273=273(K)、 t_3 ：100+273=373(K)

(5) 物質を構成する粒子の熱運動は、温度が高いほど激しい。

37 【4】 解 (1) 凝縮 (2) 蒸発 (3) 昇華

- 解説** (1) 暖かい室内の水蒸気が冷たいガラスに触れて冷やされ水滴となる現象は、凝縮である。
 (2) 毛髪についた水滴を加熱すると水蒸気に変化する現象は、蒸発である。
 (3) 0°C 以下で氷を放置すると、直接、固体から気体への変化(昇華)が起こるので、次第に小さくなる。

【第2章 物質の構成粒子】

39 問 8. 解

	(1) ^{24}Mg	(2) ^{28}Si	(3) ^{40}Ar	(4) ^{39}K	(5) ^{39}K	(6) ^{197}Au
陽子の数	12	14	18	19	19	79
中性子の数	12	14	22	20	22	118
電子の数	12	14	18	19	19	79

解説 原子核のまわりの電子の数、および原子核を構成する陽子の数は、ともに原子番号(元素記号の左下の数字)に等しい。原子核を構成する中性子の数は、質量数(元素記号の左上の数字)と原子番号(元素記号の左下の数字)との差である。

41 問 A. 解 11460年 (1.1×10^4 年)

解説 放射性同位体がもとの量の1/2になるまでの時間(半減期)が5730年なので、もとの量の $(\frac{1}{4}) = (\frac{1}{2})^2$ になるまでの時間は、 $5730 \times 2 = 11460$ 年

44 問 9. 解

	(1) He	(2) C	(3) Al	(4) S	(5) Ar	(6) Ca
最外殻電子の数	2	4	3	6	8	2
価電子の数	0	4	3	6	0	2

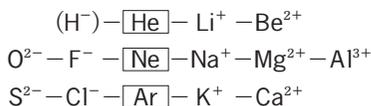
解説 原子がもつ電子の数は原子番号と等しく、原則として内側の電子殻から順に配置され、K殻には2個、L殻には8個、M殻には18個まで電子が入ることができる。ただし、KやCaは、電子がM殻に8個入った後、残りの電子はN殻に入り、価電子の数は1、2個となることに留意する。また、価電子の数は最外殻電子の数に等しいが、貴ガス元素の場合には0とする。

47 問 10. 解

	イオン式	名称	同じ電子配置をもつ貴ガス
(1)	Li^+	リチウムイオン	ヘリウム
(2)	O^{2-}	酸化物イオン	ネオン
(3)	Al^{3+}	アルミニウムイオン	ネオン
(4)	Cl^-	塩化物イオン	アルゴン
(5)	Ca^{2+}	カルシウムイオン	アルゴン

解説 イオンの名称は、単原子の陽イオンは“元素名”+“イオン”となり、単原子の陰イオンは“元素名”+“素”+“化物イオン”とする(例外： $\text{S} \rightarrow$ 硫黄 \rightarrow 硫化物イオン)。

なお、単原子イオンの電子配置は原子番号が最も近い貴ガス元素と同じである。貴ガス元素の前後のイオンを示すと、



のようになり、上記の貴ガス元素の前後のイオンは同じ電子配置である。

48 問 11. 解 (1) 18 (2) 10 (3) 10 (4) 10 (5) 50

解説 単原子イオンにおいて、陽イオンの価数は、その数だけ電子が減っていることを表し、陰イオンの価数は、その数だけ電子が増えていることを表している。このことは、多原子イオンでも同様であるから、陽イオンがもつ電子の数……(イオンを構成する原子の原子番号の総和)-(イオンの価数) 陰イオンがもつ電子の数……(イオンを構成する原子の原子番号の総和)+(イオンの価数) で表すことができる。

- (1) $\text{K}^+ : 19 - 1 = 18$ (個)
 (2) $\text{F}^- : 9 + 1 = 10$ (個)
 (3) $\text{OH}^- : 8 + 1 + 1 = 10$ (個)
 (4) $\text{NH}_4^+ : 7 + 1 \times 4 - 1 = 10$ (個)
 (5) $\text{SO}_4^{2-} : 16 + 8 \times 4 + 2 = 50$ (個)

◆ 演習問題 ◆

55 【1】 解 (オ)

解説 (ア) 原子には正の電荷をもつ陽子と同数の負の電荷をもつ電子が存在するので、電気的に中性である。誤り。

- (イ) 電子は原子核から遠く離れた位置まで広く存在する。そのため、原子の大きさは原子核の大きさよりもずっと大きい。誤り。
 (ウ) 電子の質量は陽子や中性子と比べて非常に小さく、原子の質量は、原子に含まれる陽子と中性子の質量の和にほぼ等しい。誤り。
 (エ) 最外電子殻がL殻ということは第2周期の元素であり、化学的性質が似ているとはいえない。誤り。
 (オ) 同位体の定義である。正しい。

55 【2】 解 (1) 29

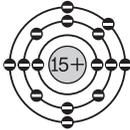
- (2) 原子半径：Ar, イオン半径： O^{2-}

解説 (1) Cu^{2+} は二価の陽イオンだから、陽子の数は $27+2=29$ (個) である。原子番号は陽子の数とするので、原子番号は 29 である。

(2) 同族元素の原子半径は、周期が増すほど大きくなり、原子半径は $\text{Ne} < \text{Ar}$ である。同じ電子配置をとるイオンどうしでは、原子番号が大きいイオンほど小さくなる。これは、原子核の正電荷が大きくなり、電子を強く原子核に引きつけるためである。したがって、イオン半径は $\text{O}^{2-} > \text{Al}^{3+}$ となる。

55 【3】 **解** (1) (ア) C (イ) N (ウ) O (エ) Ne
(オ) Na (カ) Al (キ) S (ク) Cl

(2) ①



② K(2) L(8) M(5)

(3) K(2) L(8) (4) Na (5) Ne (6) F, Cl

解説 (2) リン P は原子番号 15 だから、原子核の正電荷は +15 であり、K 殻に 2 個、L 殻に 8 個、M 殻に 5 個の電子をもつ。

(3) マグネシウム Mg は原子番号 12 であり、陽イオン Mg^{2+} では最外殻の M 殻の電子 2 個が失われており、K 殻に 2 個、L 殻に 8 個の電子をもつ。

(4) 周期表の左下に位置する元素ほど陽性が強い。
(5) 周期表の右上に位置する元素ほど、イオン化エネルギーは大きい。
(6) 17 族の元素は、電子 1 個を受け取って一価の陰イオンになりやすい。

55 【4】 **解** (1) イ (2) オ (3) ア, キ, ク, ケ
(4) ク

解説 (1) アルカリ金属元素に(ア)の水素は入らないので注意する。

(2) 遷移元素は周期表の中央部のへこんだ部分(オ)である。
(3) 非金属元素は水素と周期表の右上に位置する元素(キ), (ク), (ケ)である。
(4) ハロゲン元素は 17 族であり、右から 2 列目の(ク)に位置する。

【第 3 章 粒子の結合】

57 【問】 12. **解** ㉓ $\text{Cs}^+ : 8, \text{Cl}^- : 8$ ㉔ $\text{Zn}^{2+} : 4, \text{S}^{2-} : 4$

解説 ㉓ 単位格子中の Cs^+ (位置番号 0) は、その周囲に 8 個の Cl^- (位置番号 1 ~ 8) に取り囲まれている。同様に、 Cl^- も 8 個の Cs^+ に取り囲まれている。

㉔ 単位格子中の Zn^{2+} (位置番号 0) は、その周囲に

4 個の S^{2-} (位置番号 1 ~ 4) に取り囲まれている。同様に、 S^{2-} も 4 個の Zn^{2+} に取り囲まれている。

57 【問】 13. **解** Na^+, Cl^- それぞれ 4 個分ずつ含まれる。

解説 塩化ナトリウム NaCl の単位格子に実際に含まれる粒子は、頂点は $\frac{1}{8}$, 面の中央は $\frac{1}{2}$, 辺の上は $\frac{1}{4}$, 中心は 1 個で考えればよいから、

$$\text{Na}^+ : \frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4 (\text{個})$$

$$\text{Cl}^- : \frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4 (\text{個})$$

58 【問】 14. **解** (1) KCl 塩化カリウム

- (2) MgCO_3 炭酸マグネシウム
(3) $\text{Al}(\text{OH})_3$ 水酸化アルミニウム
(4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 硫酸アンモニウム

解説 イオンからなる物質の組成式は、陽イオンを先に、陰イオンを後に書く。物質は電氣的に中性だから、電荷の和が 0 になるようにイオンの数を決める。単原子イオンの数は右下に、多原子イオンが複数ある場合には () でくくって右下にその数を表す。

イオンからなる物質の名称は、陰イオンの名称を先により、陽イオンを後からよぶ(後ろから前へと読む)。このとき「~化物イオン」では「物イオン」をとり、「~酸イオン」では「イオン」をとってから、陽イオンの名称の「イオン」をとって読む。

※ 原則は単原子の陽イオンは“元素名” + “イオン”でよび、単原子の陰イオンは“元素名”^{マイナス} + “素” + “化物イオン”とよぶ。

例 MgCO_3 ~~炭酸イオン~~ マグネシウム~~イオン~~
 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ~~水酸化物イオン~~ アルミニウム~~イオン~~

58 【問】 15. **解** (1) MgCl_2 (2) ZnS

- (3) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ (4) Fe_2O_3

解説 イオンからなる物質の物質名を化学式に直すには、陰イオンは名称の前半から、「酸化」→ O^{2-} , 「塩化」→ Cl^- , 「硫化」→ S^{2-} , 「〇〇酸」→ その酸の陰イオンとする。陽イオンは名称の後半から、「金属元素名」→ そのイオン, または「アンモニウム」→ NH_4^+ とする。

63 【問】 16. **解**

	(1)	(2)	(3)	(4)
電子式	$:\ddot{\text{Cl}}:\ddot{\text{Cl}}:$	$\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$	$\text{H}:\text{C}::\text{N}:$	$\text{H}:\ddot{\text{O}}::\ddot{\text{O}}:\text{H}$
共有電子対	1	2	4	3
非共有電子対	6	2	1	4

解説 各原子が不対電子を出し合い、それを共有し

て電子対(共有電子対)をつくると、分子が形成される。分子の電子式においては、1つの原子のまわりに2個ないし8個の電子が位置するように工夫すればよい。なお、電子対は1対を1組と表現する。

$$r = \frac{\sqrt{3}}{4}l = \frac{1.7}{4} \times 2.9 \times 10^{-8} \text{ cm} \doteq 1.2 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

◆ 演習問題 ◆

63 問 17. 解

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
電子式	$\cdot\ddot{\text{I}}:\ddot{\text{I}}\cdot$	$\text{H}:\ddot{\text{F}}\cdot$	$\text{H}:\ddot{\text{S}}:\text{H}$	$\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}$ H	$\begin{array}{c} \cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot \\ \cdot\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{Cl}}\cdot \\ \cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot \end{array}$
構造式	I-I	H-F	H-S-H	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$

解説 問16と同様に考える。三原子分子以上の価標の方向は、いずれの方向に書いてもよい。構造式では、非共有電子対を省略し、共有電子対の1組(:)を1本の価標(-)で表せばよい。

68 問 18. 解 (エ)

解説 (ア) Ca^{2+} と Cl^- からなるイオン結合のみ。

(イ) N原子とH原子からなる共有結合のみ。

(ウ) Na^+ と OH^- からなるイオン結合と、 OH^- にはO原子とH原子の共有結合がある。

(エ) NH_4^+ と Cl^- からなるイオン結合と、 NH_4^+ にはN原子とH原子の共有結合があり、そのうちの1つは NH_3 分子と H^+ による配位結合で生じたものである。

74 問 19. 解 極性分子:(2),(3)

無極性分子:(1),(4),(5)

解説 (1) 同じ原子からなる二原子分子は無極性分子である。

(2) 異なる原子からなる二原子分子は極性分子である。

(3) SとOは同族元素なので、 H_2O が折れ線形の極性分子だから、硫化水素 H_2S も極性分子と考える。

(4) SとOは同族元素なので、 CO_2 が直線形の無極性分子だから、二硫化炭素 CS_2 も無極性分子と考える。

(5) CH_4 のように、C原子が同じ元素の4原子と結合する場合には正四面体構造をとる。

したがって、四塩化炭素 CCl_4 も正四面体構造と考えられ、C-Clに極性があっても、分子全体としては無極性分子となる。

85 問 A. 解 $1.2 \times 10^{-8} \text{ cm}$

解説 体心立方格子では、体対角線上で原子が接している。単位格子の一辺の長さを l とすると、体対角線の長さは $\sqrt{3}l$ で、この中に原子半径 r の4つが含まれる。

$$\sqrt{3}l = 4r \quad \therefore r = \frac{\sqrt{3}}{4}l$$

90 【1】 解 (1) (a) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (b) Li_3PO_4

(c) $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ (d) $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$

(e) LiOH , MgCO_3 , AlPO_4

(2) (a) CaCO_3 (b) NaCl (c) CaCl_2

(d) NaHCO_3

解説 (1) 名称で与えられたイオンをイオン式で表すと、陽イオンには一価、二価、三価があり、陰イオンも同様である。これより、 $|\text{Aの価数}| \times \text{Aの数} = |\text{Bの価数}| \times \text{Bの数}$ になるようにイオンを組み合わせればよい。

(a) $\text{AB}_2 \cdots \text{A}^{2+} : \text{B}^- = 1 : 2$ で結合

(b) $\text{A}_3\text{B} \cdots \text{A}^+ : \text{B}^{3-} = 3 : 1$ で結合

(c) $\text{A}_3\text{B}_2 \cdots \text{A}^{2+} : \text{B}^{3-} = 3 : 2$ で結合

(d) $\text{A}_2\text{B}_3 \cdots \text{A}^{3+} : \text{B}^{2-} = 2 : 3$ で結合

(e) $\text{AB} \cdots \begin{cases} \text{A}^+ : \text{B}^- = 1 : 1 \text{ で結合} \\ \text{A}^{2+} : \text{B}^{2-} = 1 : 1 \text{ で結合} \\ \text{A}^{3+} : \text{B}^{3-} = 1 : 1 \text{ で結合} \end{cases}$

90 【2】 解 (1)

	(a)	(b)	(c)
電子式	$\cdot\ddot{\text{Br}}:\ddot{\text{Br}}\cdot$	$\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}:\text{C}:\ddot{\text{O}}:\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
構造式	Br-Br	H-C=C-H	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$

(2) (a) (カ) (b) (ア) (c) (オ) (d) (エ) (e) (ア), (オ), (カ)

(3) (イ)

解説 (1) 電子式は、1つの原子のまわりに2個ないし8個の電子が位置するように工夫すればよい。このとき、p.63 図43の原子価を参考にするとよい。構造式を表すには、各原子のもつ価標の数(原子価)をもとにして、各原子の価標が過不足なく結合するように表せばよい。

(2) (a) 分子中の電子の総数は、分子を構成する原子の原子番号の総和である。したがって、

(ア) $9 \times 2 = 18$ (イ) $1 + 17 = 18$

(ウ) $1 \times 2 + 8 = 10$ (エ) $7 + 1 \times 3 = 10$

(オ) $6 \times 2 + 1 \times 4 = 16$ (カ) $6 + 8 \times 2 = 22$

(b)~(e) 次のように電子式や構造式を書いて考える。

	(ア)	(イ)	(ウ)
電子式	$:\ddot{\text{F}}:\ddot{\text{F}}:$	$\text{H}:\ddot{\text{Cl}}:$	$\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$
構造式	F-F	H-Cl	H-O-H
非共有電子対	6組	3組	2組
共有電子対	1組	1組	2組
形	直線形	直線形	折れ線形
分子の極性	無	有	有

	(エ)	(オ)	(カ)
電子式	$\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}$ H	$\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$ H H	$\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}$
構造式	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	O=C=O
非共有電子対	1組	0組	4組
共有電子対	3組	6組	4組
形	三角錐形	長方形	直線形
分子の極性	有	無	無

(3) (イ) 原子間で共有されていない電子対を非共有電子対という。誤り

91【3】**解** 黒鉛では、炭素原子のもつ価電子4個のうち3個を共有結合に使って、平面の層状構造をつくっているが、残る1個の価電子がその平面上を自由に移動できるため、電気をよく導く。

解説 ダイヤモンドでは、炭素原子のもつ価電子4個をすべて共有結合に使って、立体の網目構造をつくっているが、結晶中には自由に動ける電子が存在せず、電気を導かない。

91【4】**解** (1) Cu (2) Fe (3) Al

解説 (1) 銅は赤色の光沢をもつ金属で、長い年月、風雨にさらされると、空気中の二酸化炭素や水などと反応して銅の炭酸塩・硫酸塩・水酸化物からなる複雑な組成の緑青ろくしょうとよばれる緑色のさびができる。(2) 建築物の構造材として使われるのは鉄である。灰白色の金属で、湿った空気中では酸化鉄(III)Fe₂O₃を主成分とする赤さびを生じる。(3) 飲料缶やサッシにはアルミニウムが用いられる。アルミニウムは銀白色の軽い金属である。

91【5】**解** (1) (ア), (ウ)

(2) (a) 共有結合 (b) 金属結合 (c) イオン結合
(d) 共有結合
(e) 共有結合(配位結合を含む), イオン結合

解説 (1) 分子からなる物質だけは分子式で表されるが、それ以外の物質はすべて組成式で表される。組成式で表す物質は、金属の単体・共有結合結晶・NH₄⁺および金属イオンを含む物質(イオンからな

る物質)である。

(2) 化学結合には、共有結合(配位結合を含む), イオン結合, 金属結合があるが, 分子間力は化学結合には含まれない。分子からなる物質と共有結合結晶は共有結合のみ。金属の単体は金属結合のみ。イオン結合の物質の場合, 単原子イオンのみから構成されている場合はイオン結合のみであるが, 多原子イオンを含む場合は, 多原子イオンは非金属原子が共有結合してできているので, イオン結合と共有結合をもつことになる。

91【6】**解**

	(1)	(2)	(3)	(4)
A群	(ウ)	(ア)	(イ)	(イ)
B群	(オ)	(キ)	(エ)	(カ)
C群	(コ)	(ケ)	(サ)	(ク)
D群	(ス)	(シ)	(ス)	(ス)
E群	(セ)	(タ)	(チ)	(ソ)

解説 ・イオン結晶：陽イオンと陰イオンとが静電気力(クーロン力)で無数に結合している。固体では電気伝導性はないが、液体や水に溶解させた状態では電気を導く。組成式で表す。
・分子結晶：分子は一定数個の非金属元素の原子が、電子対を共有する共有結合で結合してできている。分子間に弱い力がはたらいいて互いに引きあう。やわらかく、融点は低く、昇華する物質もある。分子式で表す。
・共有結合結晶：非金属の原子(C, Siなど)が、無数に共有結合で結合している。一般に、非常に硬く、融点は非常に高い。組成式で表す。
・金属結晶：金属原子が、自由電子を仲立ちとして結合している。展性・延性を示し、熱・電気をよく伝える。組成式で表す。

■ 第 2 編 物質の変化 ■

【第 1 章 物質と化学反応式】

100 問 1. 解 (1) 10.8 (2) 35.5

解説 原子量は、その元素を構成する同位体の相対質量と存在比から求めた原子の相対質量の平均値である。存在比は百分率で与えられているので、相対質量にかけるときは 100 で割ることを忘れないようにする。

$$(1) 10.0 \times \frac{20.0}{100} + 11.0 \times \frac{80.0}{100} = 10.8$$

$$(2) 35.0 \times \frac{75.8}{100} + 37.0 \times \frac{24.2}{100} = 35.484 \approx 35.5$$

101 問 2. 解 (1) 28 (2) 36.5 (3) 44
(4) 98 (5) 180

解説 分子量は分子を構成している元素の原子量の総和である。原子量は、裏表紙に記載された値を利用する。一般に、原子量は H, He, Li, Be, Cl, Cu は小数第 1 位まで、その他は整数値で扱うことが多い。

$$(1) \text{窒素 } N_2 \quad 14 \times 2 = 28$$

$$(2) \text{塩化水素 } HCl \quad 1.0 + 35.5 = 36.5$$

$$(3) \text{二酸化炭素 } CO_2 \quad 12 + 16 \times 2 = 44$$

$$(4) \text{硫酸 } H_2SO_4 \quad 1.0 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$$

$$(5) \text{グルコース } C_6H_{12}O_6$$

$$12 \times 6 + 1.0 \times 12 + 16 \times 6 = 180$$

101 問 3. 解 (1) 32 (2) 18 (3) 62
(4) 100 (5) 74 (6) 56

解説 式量は組成式を構成する元素の原子量の総和である。なお、電子の質量は小さいので無視できる。

$$(1) \text{硫化物イオン } S^{2-} \quad S \text{ の原子量と同じで } 32$$

$$(2) \text{アンモニウムイオン } NH_4^+ \quad 14 + 1.0 \times 4 = 18$$

$$(3) \text{硝酸イオン } NO_3^- \quad 14 + 16 \times 3 = 62$$

$$(4) \text{炭酸カルシウム } CaCO_3$$

$$40 + 12 + 16 \times 3 = 100$$

$$(5) \text{水酸化カルシウム } Ca(OH)_2$$

$$40 + (16 + 1.0) \times 2 = 74$$

$$(6) \text{鉄 } Fe \quad 56$$

103 問 4. 解 (1) 0.30 mol (2) 1.8×10^{24} 個
(3) CO_2 分子 : 4.5×10^{23} 個, O 原子 : 9.0×10^{23} 個

解説 (1) $\frac{1.8 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} = 0.30 \text{ mol}$

(2) $3.0 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 1.8 \times 10^{24}$
この場合、単位は無次元となるが、答えには「個」をつけておく。以下同様。

(3) $CO_2 : 0.75 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 4.5 \times 10^{23}$
 CO_2 1 分子中に O 原子は 2 個含まれるから、O 原子の数は CO_2 分子の数の 2 倍になる。

$$O : 4.5 \times 10^{23} \times 2 = 9.0 \times 10^{23}$$

104 問 5. 解 (1) 4.8 g (2) 0.80 mol (3) 8.5 g
(4) 0.75 mol (5) 50 g (6) 0.20 mol
(7) $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$, $6.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$

解説 (1) C=12 より、モル質量は 12 g/mol である。

$$0.40 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol} = 4.8 \text{ g}$$

(2) Mg=24 より、モル質量は 24 g/mol である。

$$\frac{19.2 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0.80 \text{ mol}$$

(3) $NH_3=17$ より、モル質量は 17 g/mol である。

$$0.50 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol} = 8.5 \text{ g}$$

(4) $O_2=32$ より、モル質量は 32 g/mol である。

$$\frac{24 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.75 \text{ mol}$$

(5) $CaCO_3=100$ より、モル質量は 100 g/mol である。

$$0.50 \text{ mol} \times 100 \text{ g/mol} = 50 \text{ g}$$

(6) $FeS=88$ より、モル質量は 88 g/mol である。

$$\frac{17.6 \text{ g}}{88 \text{ g/mol}} = 0.20 \text{ mol}$$

(7) $CaCl_2=111$ より、モル質量は 111 g/mol である。

$$\frac{222 \times 10^{-3} \text{ g}}{111 \text{ g/mol}} = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$CaCl_2$ 1 mol 中のイオン (Ca^{2+} と $2Cl^-$) の物質量の和は 3 mol だから、3 倍になる。

$$2.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 3 = 6.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

105 類題 1. 解 (1) 1.0×10^{22} 個 (2) 22 g

(3) 水素原子 : 2.4×10^{24} 個, 酸素原子 : 1.2×10^{24} 個

(4) 硫酸イオン : 3.0×10^{23} 個,
ナトリウムイオン : 6.0×10^{23} 個

解説 (1) C=12 より、モル質量は 12 g/mol である。

$$\frac{0.20 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 1.0 \times 10^{22}$$

(2) $CO_2=44$ より、モル質量は 44 g/mol である。

$$\frac{3.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} \times 44 \text{ g/mol} = 22 \text{ g}$$

(3) $H_2O=18$ より、モル質量は 18 g/mol である。

$$\frac{36 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 2.0 \text{ mol}$$

$$H \text{ 原子} : 2.0 \text{ mol} \times 2 \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 2.4 \times 10^{24}$$

$$O \text{ 原子} : 2.0 \text{ mol} \times 1 \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 1.2 \times 10^{24}$$

(4) $Na_2SO_4=142$ より、モル質量は 142 g/mol である。

$$\frac{71 \text{ g}}{142 \text{ g/mol}} = 0.50 \text{ mol}$$

$$SO_4^{2-} : 0.50 \text{ mol} \times 1 \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 3.0 \times 10^{23}$$

$$Na^+ : 0.50 \text{ mol} \times 2 \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 6.0 \times 10^{23}$$

106 問 A. 解 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

解説 滴下したステアリン酸の物質量は、ステアリン酸のモル質量が $284\text{g}/\text{mol}$ より、

$$\frac{35.5 \times 10^{-3} \text{g}}{284 \text{g}/\text{mol}} \times \frac{0.10}{100} = 1.25 \times 10^{-7} \text{mol}$$

単分子膜中のステアリン酸分子の数は、

$$\frac{165 \text{cm}^2}{2.2 \times 10^{-15} \text{cm}^2} = 7.5 \times 10^{16}$$

よって、アボガドロ定数を N_A とおくと、次式が成り立つ。

$$1.25 \times 10^{-7} \text{mol} \times N_A [/\text{mol}] = 7.5 \times 10^{16}$$

$$N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$$

107 問 6. 解 (1) 5.6L (2) 0.500mol

解説 (1) $0.25 \text{mol} \times 22.4\text{L}/\text{mol} = 5.6\text{L}$

$$(2) \frac{11.2\text{L}}{22.4\text{L}/\text{mol}} = 0.500\text{mol}$$

108 問 7. 解 (1) $1.25\text{g}/\text{L}$ (2) 40

解説 (1) 窒素 N_2 1mol 当たりで考えると、

$$\frac{28.0 \text{g}/\text{mol}}{22.4\text{L}/\text{mol}} = 1.25\text{g}/\text{L}$$

$$(2) 1.8\text{g}/\text{L} \times 22.4\text{L}/\text{mol} = 40.32 \div 40\text{g}/\text{mol}$$

分子量はモル質量の単位を除いて、 40 となる。

109 問 8. 解 (イ), (エ), (オ)

解説 空気の見かけの分子量は 表 p.108 より 28.8 だから、これより分子量が小さいものを選べばよい。それぞれの分子量は次の通り。

$$(ア) \text{CO}_2 : 44 \quad (イ) \text{H}_2 : 2.0 \quad (ウ) \text{H}_2\text{S} : 34$$

$$(エ) \text{NH}_3 : 17 \quad (オ) \text{CH}_4 : 16 \quad (カ) \text{C}_3\text{H}_8 : 44$$

分子量が 28.8 より小さい気体は、(イ) H_2 、(エ) NH_3 、

(オ) CH_4 である。

109 類題 2. 解 (1) 42g (2) 5.6L (3) 44

解説 (1) $\text{CO} = 28$ より、モル質量は $28\text{g}/\text{mol}$ である。

$$\frac{33.6\text{L}}{22.4\text{L}/\text{mol}} \times 28\text{g}/\text{mol} = 42\text{g}$$

(2) $\text{CO}_2 = 44$ より、モル質量は $44\text{g}/\text{mol}$ である。

$$\frac{11\text{g}}{44\text{g}/\text{mol}} \times 22.4\text{L}/\text{mol} = 5.6\text{L}$$

(3) 気体 1mol (標準状態で 22.4L) の質量を求めればよい。

$$11\text{g} \times \frac{22.4\text{L}/\text{mol}}{5.6\text{L}} = 44\text{g}/\text{mol}$$

分子量はモル質量の単位を除いて、 44 となる。

114 まとめ 解

$$\text{1 (ア)} 6.0 \times 10^{23} \text{個} \quad (イ) 3.0 \times 10^{23} \text{個}$$

$$(ウ) 9.0 \times 10^{23} \text{個} \quad (エ) 1.2 \times 10^{24} \text{個} \quad (オ) 1.0 \text{mol}$$

$$(カ) 5.0 \text{mol} \quad (キ) 0.025 \text{mol} \quad (ク) 10 \text{mol}$$

$$\text{2 (ア)} 2.4 \text{g} \quad (イ) 30 \text{g} \quad (ウ) 51 \text{g} \quad (エ) 12 \text{g}$$

$$(オ) 0.010 \text{mol} \quad (カ) 0.20 \text{mol} \quad (キ) 0.050 \text{mol}$$

$$(ク) 0.050 \text{mol}$$

$$\text{3 (ア)} 5.6 \text{L} \quad (イ) 56 \text{L} \quad (ウ) 1.00 \text{mol}$$

$$(エ) 3.00 \text{mol} \quad (オ) 0.400 \text{mol} \quad (カ) 0.250 \text{mol}$$

$$\text{4 (ア)} 1.0 \text{g} \quad (イ) 28 \text{g} \quad (ウ) 0.60 \text{g}$$

$$(エ) 90 \text{g} \quad (オ) 6.0 \times 10^{21} \text{個} \quad (カ) 1.2 \times 10^{23} \text{個}$$

$$(キ) 3.0 \times 10^{22} \text{個} \quad (ク) 6.0 \times 10^{23} \text{個}$$

$$\text{5 (ア)} 5.6 \text{L} \quad (イ) 5.6 \text{L} \quad (ウ) 32 \text{g} \quad (エ) 51 \text{g}$$

$$(オ) 17 \text{g} \quad (カ) 0.80 \text{g}$$

$$\text{6 (ア)} 6.0 \times 10^{23} \text{個} \quad (イ) 1.8 \times 10^{24} \text{個}$$

$$(ウ) 9.0 \times 10^{22} \text{個} \quad (エ) 1.5 \times 10^{23} \text{個} \quad (オ) 5.6 \text{L}$$

$$(カ) 28 \text{L}$$

$$\text{解説 1 (ア)} 1.0 \text{mol} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 6.0 \times 10^{23} \text{(個)}$$

$$(イ) 0.50 \text{mol} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 3.0 \times 10^{23} \text{(個)}$$

$$(ウ) 1.5 \text{mol} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 9.0 \times 10^{23} \text{(個)}$$

$$(エ) \text{CaCl}_2 1 \text{mol} \text{ 中に } \text{Ca}^{2+} \text{ は } 1 \text{mol} \text{ 含まれるので, } 2.0 \text{mol} \times 1 \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 1.2 \times 10^{24} \text{(個)}$$

$$(オ) \frac{6.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} = 1.0 \text{mol}$$

$$(カ) \frac{3.0 \times 10^{24}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} = 5.0 \text{mol}$$

$$(キ) \frac{1.5 \times 10^{22}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} = 0.025 \text{mol}$$

$$(ク) \frac{6.0 \times 10^{24}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} = 10 \text{mol}$$

$$\text{2 (ア)} \text{C} = 12, 0.20 \text{mol} \times 12\text{g}/\text{mol} = 2.4 \text{g}$$

$$(イ) \text{Ca} = 40, 0.75 \text{mol} \times 40\text{g}/\text{mol} = 30 \text{g}$$

$$(ウ) \text{H}_2\text{S} = 34, 1.5 \text{mol} \times 34\text{g}/\text{mol} = 51 \text{g}$$

$$(エ) \text{MgO} = 40, 0.30 \times 40\text{g}/\text{mol} = 12 \text{g}$$

$$(オ) \text{C} = 12, \frac{0.12 \text{g}}{12\text{g}/\text{mol}} = 0.010 \text{mol}$$

$$(カ) \text{Mg} = 24, \frac{4.8 \text{g}}{24\text{g}/\text{mol}} = 0.20 \text{mol}$$

$$(キ) \text{CO}_2 = 44, \frac{2.2 \text{g}}{44\text{g}/\text{mol}} = 0.050 \text{mol}$$

$$(ク) \text{Na}_2\text{CO}_3 = 106, \frac{5.3 \text{g}}{106\text{g}/\text{mol}} = 0.050 \text{mol}$$

$$\text{3 (ア)} 0.25 \text{mol} \times 22.4\text{L}/\text{mol} = 5.6 \text{L}$$

$$(イ) 2.5 \text{mol} \times 22.4\text{L}/\text{mol} = 56 \text{L}$$

$$(ウ) \frac{22.4\text{L}}{22.4\text{L}/\text{mol}} = 1.00 \text{mol}$$

$$(エ) \frac{67.2\text{L}}{22.4\text{L}/\text{mol}} = 3.00 \text{mol}$$

$$(オ) \frac{8.96\text{L}}{22.4\text{L}/\text{mol}} = 0.400 \text{mol}$$

$$(カ) \frac{5.60\text{L}}{22.4\text{L}/\text{mol}} = 0.250 \text{mol}$$

4 (ア) $H=1.0, \frac{6.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} \times 1.0 \text{ g/mol} = 1.0 \text{ g}$

(イ) $Fe=56, \frac{3.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} \times 56 \text{ g/mol} = 28 \text{ g}$

(ウ) $H_2O=18, \frac{2.0 \times 10^{22}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} \times 18 \text{ g/mol} = 0.60 \text{ g}$

(エ) $Al^{3+}=27, \frac{2.0 \times 10^{24}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} \times 27 \text{ g/mol} = 90 \text{ g}$

(オ) $C=12,$

$$\frac{0.12 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 6.0 \times 10^{21} \text{ (個)}$$

(カ) $Mg=24,$

$$\frac{4.8 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 1.2 \times 10^{23} \text{ (個)}$$

(キ) $CO_2=44,$

$$\frac{2.2 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 3.0 \times 10^{22} \text{ (個)}$$

(ク) $Na_2CO_3=106, Na_2CO_3$ 1 mol 中の Na^+ は 2 mol。

$$\frac{53 \text{ g}}{106 \text{ g/mol}} \times 2 \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 6.0 \times 10^{23} \text{ (個)}$$

5 (ア) $CH_4=16, \frac{4.0 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6 \text{ L}$

(イ) $CO=28, \frac{7.0 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6 \text{ L}$

(ウ) $O_2=32, \frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 32 \text{ g/mol} = 32 \text{ g}$

(エ) $NH_3=17, \frac{67.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 17 \text{ g/mol} = 51 \text{ g}$

(オ) $H_2S=34, \frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 34 \text{ g/mol} = 17 \text{ g}$

(カ) $He=4.0, \frac{4.48 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 4.0 \text{ g/mol} = 0.80 \text{ g}$

6 (ア) $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 6.0 \times 10^{23} \text{ (個)}$

(イ) $\frac{67.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 1.8 \times 10^{24} \text{ (個)}$

(ウ) $\frac{3.36 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 9.0 \times 10^{22} \text{ (個)}$

(エ) $\frac{5.60 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 6.0 \times 10^{23}/\text{mol} = 1.5 \times 10^{23} \text{ (個)}$

(オ) $\frac{1.5 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6 \text{ L}$

(カ) $\frac{7.5 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} \times 22.4 \text{ L/mol} = 28 \text{ L}$

117 問 9. 解 (1) 20% (2) 溶質 24 g, 溶媒 96 g

解説 (1) $\frac{\text{溶質}}{\text{溶液}} : \frac{25 \text{ g}}{25 \text{ g} + 100 \text{ g}} \times 100 = 20 \text{ (％)}$

(2) 必要な溶質を x [g] とすると,

$$\frac{x \text{ [g]}}{120 \text{ g}} \times 100 = 20$$

$$x = 24 \text{ g}$$

溶媒は $120 \text{ g} - 24 \text{ g} = 96 \text{ g}$

118 問 10. 解 (1) 0.25 mol/L

(2) 物質量 : 0.10 mol, 質量 : 1.7 g, 体積 : 2.2 L

解説 (1) $NaOH=40$ より, モル質量は 40 g/mol, $NaOH 2.0 \text{ g}$ の物質量は,

$$\frac{2.0 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.050 \text{ mol}$$

$$\text{モル濃度} : \frac{0.050 \text{ mol}}{0.20 \text{ L}} = 0.25 \text{ mol/L}$$

(2) 溶質の物質量 = モル濃度 \times 体積より

$$0.40 \text{ mol/L} \times \frac{250}{1000} \text{ L} = 0.10 \text{ mol}$$

$NH_3=17$ より, モル質量は 17 g/mol である。

$$\text{質量} : 0.10 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol} = 1.7 \text{ g}$$

$$\text{体積} : 0.10 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 2.24 \text{ L} \approx 2.2 \text{ L}$$

118 類題 3. 解 (1) 15 mol/L (2) 59%

解説 (1) 溶液 1 L で考えると, 密度が 0.90 g/cm³ だから, その質量は 1000 倍すれば求められ, そのうちの 28% が純粋な NH_3 であり, それを物質量に変換すればよい。

$$0.90 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3 \times \frac{28}{100} \times \frac{1}{17 \text{ g/mol}}$$

$$= 14.8 \dots \text{ mol} \approx 15 \text{ mol} \Rightarrow \text{モル濃度は } 15 \text{ mol/L}$$

(2) 濃硝酸 1 L で考えると, その中に硝酸 (モル質量 : 63 g/mol) は 13 mol 含まれるから, その質量は, $13 \text{ mol} \times 63 \text{ g/mol} = 819 \text{ g}$

この濃硝酸 1 L, すなわち 1000 cm³ の質量は,

$$1.4 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3 = 1400 \text{ g}$$

したがって, 質量パーセント濃度は,

$$\frac{\text{溶質}}{\text{溶液}} : \frac{819}{1400} \times 100 = 58.5 \approx 59 \text{ (％)}$$

119 問 11. 解 32 g, 25°C

解説 40°C での硝酸カリウムの溶解度は

64 g/100 g 水である。これは 100 g の水に 64 g まで溶解することを意味しているから, 50 g の水にはその半分の 32 g まで溶解する。

また, 硝酸カリウムの溶解度が 40 g/100 g 水になる温度を求めればよいから, グラフより約 25°C である。

119 類題 4. 解 70 g

解説 x [g] の硫酸銅 (II) 五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ が溶解するとすれば, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ x [g] の結晶中の溶質 (無水物) の質量は $\frac{160}{250} x$ [g] であるから, 20°C の

$CuSO_4$ の飽和水溶液では次式が成りたつ。

$$\frac{\text{溶質}}{\text{溶液}} = \frac{\frac{160}{250} x \text{ [g]}}{200 + x \text{ [g]}} = \frac{20 \text{ g}}{100 \text{ g} + 20 \text{ g}}$$

$$x = 70.4 \dots \text{ g} \approx 70 \text{ g}$$

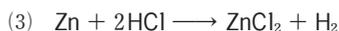
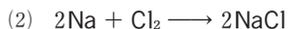
120 類題 5. 解 80g

解説 40°Cの飽和溶液(100+65)gを15°Cまで冷却すると、溶解度の差(65-25)gの結晶が析出する。40°Cの飽和溶液330gを15°Cに冷却したとき析出するKNO₃をx[g]とおくと、次式が成り立つ。

$$\frac{\text{析出量}}{\text{溶液の質量}} : \frac{(65-25)\text{g}}{(100+65)\text{g}} = \frac{x[\text{g}]}{330\text{g}}$$

$$x=80\text{g}$$

122 問 12. 解 (1) 2H₂ + O₂ → 2H₂O



解説 反応前後の物質がわかれば、ほとんどの化学反応式の係数は目算法でつけることが可能である。このとき、次の①~③に着目し、その物質の係数を1としてから、ほかの物質の係数を順に決めていく。

① 最も複雑に見える化学式(たいていはこれぐらいまくいく)。

② 両辺で原子数がつりあっていない元素を含む物質のうちのいずれか。

③ ある元素が、左辺、右辺で1つの物質のみに含まれているもの(①, ②でも考慮するとよい)。

次に、分数でもよいから順に係数を決定していく。一度決めたものはあとから変えてはいけない。最後に係数に分数があったら、全体を何倍かして係数の分母を払い、係数を最も簡単な整数にする。

化学反応式が完成したら、必ず両辺の元素の種類と数が合っているか確認する。

122 類題 6. 解 (1) C₃H₈ + 5O₂ → 3CO₂ + 4H₂O



解説 (1) 一般に、C, Hのみや、C, H, Oのみの物質の完全燃焼の化学反応式は、CはすべてCO₂、HはすべてH₂Oになることから考える。すなわち、Cの数と同じだけCO₂が生成し、Hの数の2分の1のH₂Oが生成する。O₂の係数は後で右辺に含まれるO原子の数から決めればよい。

C₃H₈の1分子が完全燃焼すると、CはすべてCO₂になるから、CO₂は3分子生成する。HはすべてH₂Oになるから、H₂Oは4分子生成する。そこでまず、



の式を書く。そうすると、右辺の酸素原子の数は合計3×2+4×1=10個である。ゆえにO₂の係数は5となり、求める化学反応式が得られる。

(2) (1)と同様に考える。



このとき、右辺のO原子は7個であるが、エタノール自身にO原子が1個含まれるので、酸素O₂の係数は(7-1)÷2=3となる。

(3) 酸化マンガン(IV)は触媒であり、反応式には書かない。



と書いてから、O原子に着目すると、KClO₃を2倍、O₂を3倍すれば合うことがわかる。したがって、KClの係数は2となる。

(4) アルミニウムは三価の陽イオンAl³⁺になることに留意する。Al, H₂SO₄, Al₂(SO₄)₃, H₂を並べてから、Al₂(SO₄)₃を基準にして、Alの係数を2, H₂SO₄の係数を3とすると、H₂の係数が3と求まる。

123 問 A. 解 a=3, b=8, c=3, d=2, e=4

解説 与式より、次の関係がわかる。

$$\text{Cu} : a=c \cdots \textcircled{1}$$

$$\text{H} : b=2e \cdots \textcircled{2}$$

$$\text{N} : b=2c+d \cdots \textcircled{3}$$

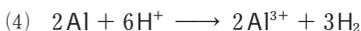
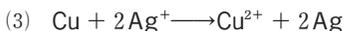
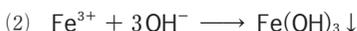
$$\text{O} : 3b=6c+d+e \cdots \textcircled{4}$$

$$\textcircled{4}-\textcircled{3} \text{ より, } 2b=4c+e$$

$$\textcircled{2} \text{ より } b=2e \text{ を代入して, } 3e=4c$$

e=1 とすると、c=3/4, a=3/4, b=2, d=1/2 となり、全体を4倍する。

123 問 13. 解 (1) 2Ag⁺ + S²⁻ → Ag₂S↓



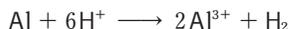
解説 イオン反応式では、完成後に、両辺で原子の種類と数が合っているかの確認だけでなく、電荷の総和も等しいことを確認すること。

(3) Cu, Agの原子の数は両辺で等しいが、電荷の総和は左辺は+1, 右辺は+2で等しくない。そこで、電荷の総和を+2に合わせるため、Ag⁺の係数を2とすると、Agの係数も2となり、イオン反応式が完成する。

(4) Al原子の数は両辺で等しい。H原子の数を合わせるため、H⁺の係数を2とする。



両辺の電荷の総和を+6に合わせるため、H⁺の係数を6, Al³⁺の係数を2とする。



最後に、Alの係数を2, H₂の係数を3にしてイオン反応式を完成させる。

124 問 14. 解 (1) 6個

- (2) $\text{CO}_2 : 8\text{ mol}, \text{O}_2 : 4\text{ mol}$
 (3) $\text{O}_2 : 1.6\text{ g}, \text{CO}_2 : 4.4\text{ g}$ (4) 8.0 g
 (5) $\text{O}_2 : 7.5\text{ L}, \text{CO}_2 : 15\text{ L}$ (6) 16 L

解説 物質量の比は $\text{CO} : \text{O}_2 : \text{CO}_2 = 2 : 1 : 2$ である。

- (1) 2個の CO 分子から2個の CO_2 が生成するから、
 CO 6個からは6個の CO_2 が生成する。
 (2) 反応する O_2 を x [mol], 生成する CO_2 を y [mol] とすると、
 $8\text{ mol} : x$ [mol] : y [mol] = $2 : 1 : 2$
 $x = 4\text{ mol}(\text{O}_2), y = 8\text{ mol}(\text{CO}_2)$
 (3) 反応した O_2 を x [g], 生成した CO_2 を y [g] とすると、
 CO のモル質量は 28 g/mol , O_2 のモル質量は 32 g/mol , CO_2 のモル質量は 44 g/mol より、
 $\frac{2.8\text{ g}}{28\text{ g/mol}} : \frac{x}{32\text{ g/mol}} : \frac{y}{44\text{ g/mol}} = 2 : 1 : 2$
 $x = 1.6\text{ g}, y = 4.4\text{ g}$
 (4) 反応した O_2 を x [g] とすると、
 $\frac{11.2\text{ L}}{22.4\text{ L/mol}} : \frac{x}{32\text{ g/mol}} = 2 : 1$
 $x = 8.0\text{ g}$
 (5) 反応した O_2 を x [L], 生成した CO_2 を y [L] とすると、
 $15\text{ L} : x$ [L] : y [L] = $2 : 1 : 2$
 $x = 7.5\text{ L}, y = 15\text{ L}$
 (6) 係数の比から、 CO_2 32L が生成したとき、 CO 32L と O_2 16L が反応している。したがって、体積の減量は、
 $(32\text{ L} + 16\text{ L}) - 32\text{ L} = 16\text{ L}$

126 類題 7a. 解 (1) 二酸化炭素 : 11 g, 水 : 9.0 g

- (2) 8.4 L (3) 42 L

解説 このときの化学反応式は、



$\text{CH}_4\text{O} = 32$ より、メタノールのモル質量は 32 g/mol ,
 メタノール 8.0 g の物質量は、

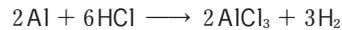
$$\frac{8.0\text{ g}}{32\text{ g/mol}} = 0.25\text{ mol}$$

- (1) 二酸化炭素 $0.25\text{ mol} \times \frac{2}{2} \times 44\text{ g/mol} = 11\text{ g}$
 水 $0.25\text{ mol} \times \frac{4}{2} \times 18\text{ g/mol} = 9.0\text{ g}$
 (2) 酸素 $0.25\text{ mol} \times \frac{3}{2} \times 22.4\text{ L/mol} = 8.4\text{ L}$
 (3) 空気中の酸素の体積パーセントは 20% なので、
 必要な空気の体積は、 $8.4\text{ L} \times 5 = 42\text{ L}$

126 類題 7b. 解 (1) 6.72 L (2) 26.7 g

- (3) 0.600 mol (4) 500 mL

解説 このときの化学反応式は、



$\text{Al} = 27.0$ より、アルミニウムのモル質量は 27.0 g/mol , アルミニウム 5.40 g の物質量は、

$$\frac{5.40\text{ g}}{27.0\text{ g/mol}} = 0.200\text{ mol}$$

- (1) $\text{H}_2 : 0.200\text{ mol} \times \frac{3}{2} \times 22.4\text{ L/mol} = 6.72\text{ L}$
 (2) $\text{AlCl}_3 : 0.200\text{ mol} \times \frac{2}{2} \times 133.5\text{ g/mol} = 26.7\text{ g}$
 (3) $\text{HCl} : 0.200\text{ mol} \times \frac{6}{2} = 0.600\text{ mol}$
 (4) 必要な塩酸を x [mL] とすると

$$1.20\text{ mol/L} \times \frac{x}{1000} [\text{L}] = 0.600\text{ mol}$$

$$x = 500\text{ mL}$$

127 類題 8a. 解 (1) 12 g

- (2) 残った物質 : 酸素, その質量 : 1.6 g

解説 反応する2つの物質の量(質量, 体積, 物質
 量など)が与えられた場合は、過不足なく反応する
 とは限らず、一方が残る場合もある。この場合、不足
 したほうを基準にして量的関係を考えなければならない。

このときの化学反応式は、 $2\text{Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{MgO}$

- (1) Mg のモル質量は 24 g/mol だから、

$$\text{マグネシウム} \quad \frac{7.2\text{ g}}{24\text{ g/mol}} = 0.30\text{ mol},$$

$$\text{酸素} \quad \frac{4.48\text{ L}}{22.4\text{ L/mol}} = 0.200\text{ mol}$$

$\text{Mg} : \text{O}_2 = 2 : 1$ の物質量の比で反応するから、
 酸素が過剰であり、マグネシウムはすべて反応する。
 よって、生成する MgO の物質量は、反応した Mg
 の物質量と同じ 0.30 mol である。 MgO のモル質量
 は 40 g/mol より、生成した MgO の質量は、

$$0.30\text{ mol} \times 40\text{ g/mol} = 12\text{ g}$$

- (2) 反応する酸素の物質量は、 Mg の物質量の $\frac{1}{2}$ だか
 ら、

$$0.30\text{ mol} \times \frac{1}{2} = 0.15\text{ mol}$$

残る酸素の質量は、 O_2 のモル質量が 32 g/mol だ
 から、

$$(0.200\text{ mol} - 0.15\text{ mol}) \times 32\text{ g/mol} = 1.6\text{ g}$$

127 類題 8b. 解

- (1) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

- (2) 3.36 L (3) 5.00 g

解説 (2) 炭酸カルシウム $\frac{15.0\text{ g}}{100\text{ g/mol}} = 0.150\text{ mol}$

$$\text{塩化水素} \quad \frac{73.0\text{ g} \times 0.200}{36.5\text{ g/mol}} = 0.400\text{ mol}$$

CaCO₃ : HCl = 1 : 2 の物質量の比で反応するから、塩化水素が過剰であり、炭酸カルシウム 0.150 mol はすべて反応し、同じ物質量の CO₂ 0.150 mol が発生する。よって、発生する CO₂ の体積(標準状態)は、
0.150 mol × 22.4 L/mol = 3.36 L

(3) 塩化水素は 0.400 mol - 2 × 0.150 mol = 0.100 mol 残っているから、反応する炭酸カルシウムの質量は、CaCO₃ = 100、モル質量が 100 g/mol より、
 $(0.100 \text{ mol} \times \frac{1}{2}) \times 100 \text{ g/mol} = 5.00 \text{ g}$

- 131 問 A. 解 (1) 定比例の法則
(2) 質量保存の法則 (3) アボガドロの法則
(4) 倍数比例の法則 (5) 気体反応の法則

解説 (1)のように、1種類の化合物において、成分元素の質量比が一定であるという内容が、定比例の法則である。

(4)のように、2種類以上の化合物において、一方の元素Aの一定質量に対する他方の元素Bの質量比が一定であるという内容が、倍数比例の法則である。

◆ 演習問題 ◆

- 132 【1】 解 (1) 6種類
(2) ⁶³Cu : ⁶⁵Cu = 70% : 30% (3) 37.5%

解説 (1) 異なる n 個のものから、くり返しとることを許して r 個とる組合せの数は、重複組合せであり、¹⁶O¹⁶O, ¹⁷O¹⁷O, ¹⁸O¹⁸O, ¹⁶O¹⁷O, ¹⁷O¹⁸O, ¹⁶O¹⁸O の6種類である。

(2) ⁶³Cu の割合を x [%] とすると、⁶⁵Cu は (100 - x) [%] であり、銅の原子量が 63.5 だから、

$$62.9 \times \frac{x}{100} + 64.9 \times \frac{100-x}{100} = 63.5$$

$$x = 70\%$$

したがって、⁶⁵Cu は残りの 30% になる。

(3) 塩素分子は Cl₂ で表され、その種類は ³⁵Cl³⁵Cl, ³⁵Cl³⁷Cl, ³⁷Cl³⁷Cl の3種類となる。その割合は、³⁵Cl : ³⁷Cl = 3 : 1 だから、図のように考えるとわかりやすい。

	³⁵ Cl... $\frac{3}{4}$	³⁷ Cl... $\frac{1}{4}$
³⁵ Cl... $\frac{3}{4}$	³⁵ Cl ³⁵ Cl $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4}$	³⁵ Cl ³⁷ Cl $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4}$
³⁷ Cl... $\frac{1}{4}$	³⁷ Cl ³⁵ Cl $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$	³⁷ Cl ³⁷ Cl $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$

※ は同じ分子
相対質量 72.0 の塩素分子は ³⁷Cl³⁵Cl のことだから、

$$\left(\frac{3}{4} \times \frac{1}{4}\right) \times 2 \times 100 = 37.5 (\%)$$

- 132 【2】 解 (1) 1.8 × 10²⁴ 個 (2) 48 (3) 197
(4) 71.0

解説 (1) 硝酸マグネシウムは Mg(NO₃)₂ で表されるので、1 mol 中に O 原子は 6 mol 含まれる。

Mg(NO₃)₂ = 148 より、モル質量は 148 g/mol なので、

$$\frac{74 \text{ g}}{148 \text{ g/mol}} \times 6 \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 1.8 \times 10^{24}$$

(2) M のモル質量を x [g/mol] とすると、

$$M : O = \frac{60}{x \text{ [g/mol]}} : \frac{100-60}{16 \text{ g/mol}} = 1 : 2$$

x = 48 g/mol 原子量は単位を除いて 48。

(3) 原子 1 mol 当たりの質量(モル質量)を求めると、
3.28 × 10⁻²² g × 6.0 × 10²³ / mol = 196.8 g/mol
原子量は単位を除いて、196.8 ÷ 197

(4) 気体 1 mol 当たりの質量(モル質量)を求めると、

$$21.3 \text{ g} \times \frac{22.4 \text{ L/mol}}{6.72 \text{ L}} = 71.0 \text{ g/mol}$$

分子量は単位を除いて、71.0

- 132 【3】 解 (1) (ウ) (2) (ア) (3) (エ)

解説 (1) 気体 1 mol 当たりの質量(モル質量)が最も大きいものを選ばばよい。それぞれのモル質量は次の通り。

- (ア) 4.0 g/mol (イ) 44 g/mol (ウ) 64 g/mol
(エ) 16 g/mol (オ) 44 g/mol

(2) 物質質量 = $\frac{\text{物質の質量}}{\text{モル質量}}$ で求まるから、モル質量が最も小さいものを選ばばよい。

(3) (構成する原子の数/モル質量)の値が最も大きいものを選ぶ。モル質量はすべて 4 で割れるから、次の値で比較すると容易であり、すぐに(エ)とわかる。

$$(ア) \frac{1}{1.0} \quad (イ) \frac{3}{11} \quad (ウ) \frac{3}{16} \quad (エ) \frac{5}{4}$$

$$(オ) \frac{11}{11}$$

- 132 【4】 解 (1) 水素 : 酸素 = 5 : 1 (2) 7.0

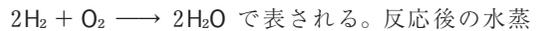
(3) 空気のモル質量は、

$$28.0 \text{ g/mol} \times \frac{4}{4+1} + 32.0 \text{ g/mol} \times \frac{1}{4+1}$$

= 28.8 g/mol である。

ある気体の分子量が 28.8 より大きければ空気より重く、小さければ空気より軽いと判断できる。

解説 (1) このときの化学反応式は、



で表される。反応後の水蒸気の体積は無視できるので、水素が 3.0 mL 残っていたことになるから、減少した混合気体の体積の

6.0 mL - 3.0 mL = 3.0 mL は完全燃焼した水素と酸素の体積の和に等しい。水素と酸素は 2 : 1 の体積比で反応するので、燃焼した水素は 2.0 mL、酸素は 1.0 mL である。

これより、反応前の水素は 5.0 mL、酸素は 1.0 mL あったことになる。

- (2) 水素 H₂ のモル質量は 2.0 g/mol、酸素 O₂ のモル質量は 32 g/mol だから、混合気体 1 mol 当たりの質量を求め、単位を除くと、見かけの分子量となる。

$$2.0 \text{ g/mol} \times \frac{5.0 \text{ mL}}{5.0 \text{ mL} + 1.0 \text{ mL}} + 32 \text{ g/mol} \times \frac{1.0 \text{ mL}}{5.0 \text{ mL} + 1.0 \text{ mL}} = 7.0 \text{ g/mol}$$

133【5】 解 質量 : 50 g, 体積 : 28 mL

解説 濃硫酸が x [g] 必要とすると、H₂SO₄ = 98 より、硫酸のモル質量は 98 g/mol だから、H₂SO₄ の物質量について次式が成りたつ。

$$1.0 \text{ mol/L} \times \frac{500}{1000} \text{ L} = x [\text{g}] \times \frac{98}{100} \times \frac{1}{98 \text{ g/mol}}$$

$$x = 50 \text{ g}$$

$$\text{体積は } \frac{50 \text{ g}}{1.8 \text{ g/cm}^3} = 27.7 \dots \text{ cm}^3 \doteq 28 \text{ cm}^3 = 28 \text{ mL}$$

133【6】 解 (1) 二酸化炭素 : 6.0 mol, 水 : 9.6 mol

- (2) メタン : 1.6 mol, プロパン : 0.3 mol

解説 (1) このときの化学反応式は次の通りである。



合計 3.6 mol で、2 : 1 の物質量だから、

CH₄ : 2.4 mol, C₃H₈ : 1.2 mol が存在した。化学反応式の係数より、

$$\text{生成する CO}_2 : 2.4 \text{ mol} + 3 \times 1.2 \text{ mol} = 6.0 \text{ mol},$$

$$\text{生成する H}_2\text{O} : 2 \times 2.4 \text{ mol} + 4 \times 1.2 \text{ mol} = 9.6 \text{ mol}$$

- (2) メタンを x [mol], プロパンを y [mol] とすれば、

$$\text{CO}_2 \text{ について : } x + 3y = \frac{56}{22.4}$$

$$\text{H}_2\text{O について : } 2x + 4y = \frac{79.2}{18}$$

これより、x = 1.6 mol, y = 0.3 mol

133【7】 解 (1) 2NaHCO₃ → Na₂CO₃ + H₂O + CO₂

- (2) 0.125 mol (3) 70%

解説 (2) 反応式の係数より、生成した Na₂CO₃ の物質量と発生した CO₂ の物質量は等しいから、

$$\frac{2.80 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.125 \text{ mol}$$

- (3) 反応式の係数より、(反応した NaHCO₃ の物質量) : (発生した CO₂ の物質量) = 2 : 1 である。

NaHCO₃ = 84 より、モル質量は 84 g/mol だから、

反応した NaHCO₃ の質量は、

$$0.125 \text{ mol} \times 2 \times 84 \text{ g/mol} = 21 \text{ g}$$

よって、炭酸水素ナトリウムの純度は、

$$\frac{21 \text{ g}}{30.0 \text{ g}} \times 100 = 70 (\%)$$

133【8】 解 (1) 0.033 g

- (2) ① イ ② オ ③ エ

解説 (1) このときの化学反応式は、

Zn + 2HCl → ZnCl₂ + H₂ で表される。反応した亜鉛と発生した水素の物質量は等しいから、用いた Zn を x [g] とすると、Zn のモル質量は 65 g/mol より、

$$\frac{x [\text{g}]}{65 \text{ g/mol}} = \frac{11.2 \times 10^{-3} \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}}$$

$$x = 3.25 \times 10^{-2} \text{ g} \doteq 0.033 \text{ g}$$

- (2) ① 塩酸の濃度を 2 倍にすると、必要な塩酸の体積は半分ですむから、2.00 mL で気体の発生が終了する。Zn の量は変わらないので、H₂ の発生量は 11.2 mL である。

- ② 亜鉛の質量を 2 倍にすると、必要な塩酸の体積は 2 倍になるので、8.00 mL で気体の発生が終了する。このとき、Zn の量が 2 倍なので、H₂ の発生量は 22.4 mL となる。

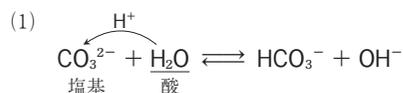
- ③ 塩酸の濃度を 1/2 倍にすると、必要な塩酸の体積は 2 倍になるので、8.00 mL で気体の発生が終了する。このとき、Zn の量は変わらないので、H₂ の発生量は 11.2 mL である。

【第 2 章 酸と塩基の反応】

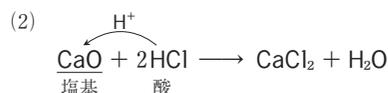
137 問 15. 解 (1) 酸 (2) 塩基 (3) 酸

- (4) 塩基 (5) 酸

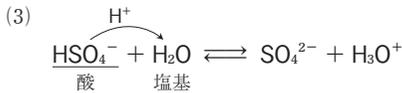
解説 酸・塩基の定義はいろいろある。アレーニウスは、酸とは水溶液中で水素イオン H⁺ を生じる物質、塩基とは水溶液中で水酸化物イオン OH⁻ を生じる物質という定義をした。一方、ブレンステッドとローリーは、酸・塩基の定義をもっと拡張して、H⁺ を相手に与えるものを酸、H⁺ を相手から受け取るものを塩基と定義した。この定義の場合、「酸としてはたらく」、「塩基としてはたらく」と表現したほうがよい。



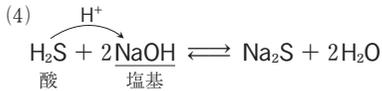
H₂O は H⁺ を放出している所以酸であり、CO₃²⁻ は H₂O から H⁺ を受け取っている所以塩基である。



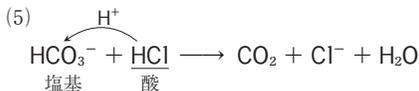
HCl は H^+ を放出しているから酸であり, CaO は HCl から H^+ を受け取っているから塩基である。



HSO_4^- は H^+ を放出しているから酸であり, H_2O は H^+ を受け取っているから塩基である。



H_2S は H^+ を放出しているから酸であり, NaOH は H^+ を受け取っているから塩基である。



HCl は H^+ を放出しているから酸であり, HCO_3^- は H^+ を受け取っているから塩基である。

140 問 16. 解 (1) 0.020 (2) $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

解説 (1) 電離度 (α) = $\frac{\text{電離している酸のモル濃度}}{\text{溶けている酸のモル濃度}}$
($0 < \alpha \leq 1$)
$$= \frac{1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{0.050 \text{ mol/L}} = 0.020$$

(2) 酢酸の濃度を c [mol/L], そのときの電離度を α とすると, 量的関係は次式で表される。



水素イオン濃度を $[H^+]$ とすると,

$$[H^+] = c\alpha = 0.10 \text{ mol/L} \times 0.016 = 1.6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

143 類題 9. 解 (1) $[H^+] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$, pH=2

(2) $[H^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, pH=3

(3) $[H^+] = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$, pH=13

(4) $[H^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$, pH=11

解説 水素イオン濃度 $[H^+] = \text{酸の価数} \times \text{モル濃度} \times \text{電離度}$ より,

(1) $[H^+] = 1 \times 0.010 \text{ mol/L} \times 1.0$
 $= 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ pH=2

(2) $[H^+] = 1 \times 0.050 \text{ mol/L} \times 0.020$
 $= 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ pH=3

水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-] = \text{塩基の価数} \times \text{モル濃度} \times \text{電離度}$ より,

(3) $[\text{OH}^-] = 2 \times 0.050 \text{ mol/L} \times 1.0 = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$
 表 p.142 図 19 より, $[H^+] = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$
 pH=13

(4) $[\text{OH}^-] = 1 \times 0.040 \text{ mol/L} \times 0.025$
 $= 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

表 p.142 図 19 より, $[H^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$
 pH=11

144 問 17. 解 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, pH=4

解説 強酸や強塩基はとくに指示がない場合は電離度は 1 とするので, 希釈した場合も電離度 1 のままとする。したがって, もとの塩酸は $[H^+] = 0.010 \text{ mol/L}$ であり, これを 100 倍に希釈すると水素イオンの濃度は 100 分の 1 になるから,

$$[H^+] = 0.010 \text{ mol/L} \times \frac{1}{100} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

pH は, $[H^+] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ より, 4 となる。

147 類題 A. 解 (1) 13 (2) 11

解説 水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-] = \text{塩基の価数} \times \text{モル濃度} \times \text{電離度}$ より,

(1) $[\text{OH}^-] = 2 \times 0.050 \text{ mol/L} \times 1.0$
 $= 0.10 \text{ mol/L}$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2}{0.10 \text{ mol/L}}$$

$$= 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L} \quad \text{pH}=13$$

(2) $[\text{OH}^-] = 1 \times 0.040 \text{ mol/L} \times 0.025$
 $= 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2}{1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}$$

$$= 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L} \quad \text{pH}=11$$

147 類題 B. 解 (1) 1.4 (2) 12.7

解説 pH を求める場合, $[H^+]$ の対数をとると有効数字は意味をなさなくなるので, 通常は小数第一位まで表せばよい。

(1) 水素イオン濃度 $[H^+] = \text{酸の価数} \times \text{モル濃度} \times \text{電離度}$ より,

$$[H^+] = 1 \times 0.04 \text{ mol/L} \times 1 = 4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(4 \times 10^{-2}) = 2 - 2\log_{10}2$$

$$= 2 - 2 \times 0.3 = 1.4$$

(2) 水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-] = \text{塩基の価数} \times \text{モル濃度} \times \text{電離度}$ より,

$$[\text{OH}^-] = 1 \times 0.05 \text{ mol/L} \times 1 = 5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

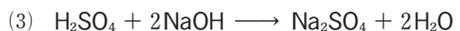
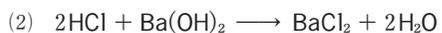
$$[H^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2}{5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}$$

$$= 2 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2 \times 10^{-13}) = 13 - \log_{10}2 = 13 - 0.3$$

$$= 12.7$$

149 問 18. 解 (1) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH}$



解説 (1) 酢酸は一価の酸, 水酸化カリウムも一価の塩基だから, 1:1 の物質量の比で反応し, CH_3COOK を生成する。

(2) 塩酸は一価の酸, 水酸化バリウムは二価の塩基だ

から、2:1の物質量の比で反応し、塩 BaCl_2 を生成する。

- (3) 硫酸は二価の酸、水酸化ナトリウムは一価の塩基だから、1:2の物質量の比で反応し、塩 Na_2SO_4 を生成する。

149 問 19. 解 (1) 0.050 mol (2) 3.7 g

解説 (1) 硝酸は一価の酸、水酸化カルシウムは二価の塩基だから、2:1の物質量の比で反応する。したがって、 x [mol] の水酸化カルシウムを必要とすると、

$$0.10 \text{ mol} : x [\text{mol}] = 2 : 1 \quad x = 0.050 \text{ mol}$$

- (2) 酢酸は一価の酸、水酸化カルシウムは二価の塩基だから、2:1の物質量の比で反応する。水酸化カルシウムの質量を x [g] とすると、 $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 74$ より、モル質量は 74 g/mol だから、

$$0.10 \text{ mol} : \frac{x [\text{g}]}{74 \text{ g/mol}} = 2 : 1 \quad x = 3.7 \text{ g}$$

153 類題 10. 解 (1) 0.16 mol/L (2) 25 mL

解説 (1) 酢酸は一価の酸、水酸化ナトリウムは一価の塩基である。酢酸の濃度を x [mol/L] とすると、次式が成りたつ。

$$1 \times x [\text{mol/L}] \times \frac{15}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{24}{1000} \text{ L}$$

$$x = 0.16 \text{ mol/L}$$

- (2) 水酸化カルシウムは二価の塩基でモル質量は 74 g/mol であり、塩酸は一価の酸である。必要な塩酸の体積を x [mL] とすると、次式が成りたつ。

$$1 \times 0.16 \text{ mol/L} \times \frac{x}{1000} [\text{L}] = 2 \times \frac{0.148 \text{ g}}{74 \text{ g/mol}}$$

$$x = 25 \text{ mL}$$

153 類題 11. 解 0.21 g

解説 吸収させたアンモニアの物質量を x [mol] とすると、硫酸は二価の酸、アンモニアと水酸化ナトリウムはどちらも一価の塩基なので、次式が成りたつ。

$$2 \times 0.20 \text{ mol/L} \times \frac{50}{1000} \text{ L}$$

$$= 1 \times x [\text{mol}] + 1 \times 0.50 \text{ mol/L} \times \frac{15}{1000} \text{ L}$$

これより、 $x = 0.0125 \text{ mol}$ となる。その質量は、 $\text{NH}_3 = 17$ 、モル質量は 17 g/mol より、

$$17 \text{ g/mol} \times 0.0125 \text{ mol} = 0.2125 \text{ g} \approx 0.21 \text{ g}$$

154 問 20. 解 (1) フェノールフタレイン、無色 → 赤色

- (2) フェノールフタレイン、赤色 → 無色、メチルオレンジ、橙黄色 → 赤色

- (3) メチルオレンジ、橙黄色 → 赤色

解説 (1) この中和によって生成する塩は酢酸ナト

リウムであり、その水溶液は塩基性だから、塩基性側に変色域があるフェノールフタレインが適する。

- (2) この中和によって生成する塩は塩化ナトリウムであり、その水溶液は中性だから、フェノールフタレインもメチルオレンジも適する。

- (3) この中和によって生成する塩は硫酸アンモニウムであり、その水溶液は酸性だから、酸性側に変色域があるメチルオレンジが適する。

156 問 A. 解 水酸化ナトリウム : 0.020 g, 炭酸ナトリウム : 0.11 g

解説 混合水溶液中の NaOH を x [mol]、 Na_2CO_3 を y [mol] とおく。

・滴定開始からフェノールフタレインが変色した第1中和点までに、 NaOH と Na_2CO_3 が中和される。

$$x + y = 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{15}{1000} \text{ L}$$

・第1中和点からメチルオレンジが変色した第2中和点までに、 NaHCO_3 (Na_2CO_3 と同じ物質質量) が中和される。

$$y = 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L}$$

$$x = 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad y = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

NaOH のモル質量は 40 g/mol 、 Na_2CO_3 のモル質量は 106 g/mol より、

$$\text{NaOH} : 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ g}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 : 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 106 \text{ g/mol} = 1.06 \times 10^{-1} \text{ g} \approx 0.11 \text{ g}$$

157 問 21. 解

	もとの酸	もとの塩基	水溶液	
(1)	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$	CH_3COOH	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	塩基性
(2)	Na_2SO_4	H_2SO_4	NaOH	中性
(3)	NH_4Cl	HCl	NH_3	酸性
(4)	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	HNO_3	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	酸性

解説 塩が正塩であることを確認した後、もとの酸や塩基の強弱から塩の水溶液の性質を決める。このとき、強酸は HCl 、 H_2SO_4 、 HNO_3 、強塩基はアルカリ金属元素とアルカリ土類金属元素の水酸化物であることを覚えておけば、その他は弱酸・弱塩基としてよい。

◆ 演習問題 ◆

162 【1】 解 (1) (イ) (2) (オ)

解説 (1) (ア) HCl のような O 原子を含まない酸もある。誤り。

- (イ) 弱酸の水溶液の電離度は、濃度が薄いほど大きくなる。正しい。

(ウ) 酸の強弱は電離度の大小に関係し、酸の価数は関係しない。誤り。

(エ) 価数が同じ酸と塩基では、酸・塩基の強弱に関わらず、同じ物質質量で中和が完了する。誤り。

(2) (ア) 酸性が強いほど $[H^+]$ が大きくなり、pH は小さくなる。誤り。

(イ) 水酸化ナトリウムは電離度 1 と考えてよいので、pH=11 の水溶液を 100 倍に希釈すると $[OH^-]$ も 100 分の 1 になるので、pH=11-2=9 となる。誤り。

(ウ) 酸はいくら薄めても pH7 に近づきだけで、それを超えて 8 になることはない。これは、pH7 付近では、水の電離を無視できないからである。誤り。

(エ) 塩酸は一価の強酸、硫酸は二価の強酸だから、同じモル濃度の場合、硫酸のほうが $[H^+]$ は大きくなるので、pH は小さくなる。誤り。

(オ) 水酸化ナトリウムは強塩基、アンモニアは弱塩基である。同じモル濃度の場合、水酸化ナトリウム水溶液のほうが $[OH^-]$ は大きくなるので、pH は大きくなる。正しい。

162 【2】 解 (1) $[H^+] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$, pH=2

(2) $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$, pH=7

(3) $[H^+] = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$, pH=1

解説 酸・塩基の混合水溶液の pH は、酸・塩基の物質質量の過不足を調べ、どちらが過剰であるかを判断する。また、混合水溶液の体積にも留意して、 $[H^+]$ や $[OH^-]$ を求める必要がある。

(1) $H^+ : 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{30}{1000} \text{ L} = 3.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$OH^- : 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

したがって、 $(3.0 - 1.0) \times 10^{-3} \text{ mol}$ の H^+ が未反応で残る。溶液の体積は 200 mL だから、

$[H^+] = \frac{(3.0 - 1.0) \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.20 \text{ L}} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$,

pH=2

(2) $H^+ : 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{30}{1000} \text{ L} = 3.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$OH^- : 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{30}{1000} \text{ L} = 3.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

H^+ と OH^- が過不足なく反応する。強酸と強塩基の中和なので、溶液は中性 (pH=7) となる。

(3) $H^+ : 2 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{20}{1000} \text{ L} = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$OH^- : 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$[H^+] = \frac{(4.0 - 1.0) \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.030 \text{ L}} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$,

pH=1

162 【3】 解 (1) (オ) (2) (エ) (3) (ア) (4) (イ)

(5) (カ)

解説 0.1 mol/L のアンモニア水 1 L に 0.1 mol/L 塩酸を加えていくと、塩酸の体積によって次のように各化学種の物質質量は変化する。

・ 0 L ~ 1 L NH_3 は電離度が小さく、滴定前はほとんど電離せず、加えた塩酸の物質質量だけ以下の反応が進むと考えられる。



したがって、塩酸とほぼ同じ物質質量の NH_3 が減少し、 NH_4^+ と Cl^- が塩酸と同じ物質質量で増加する。

・ 1 L ~ 2 L 中和反応は完了して、加えた塩酸の物質質量だけ、 H^+ と Cl^- が増加する。

(1) NH_3 : 初めおよそ 0.1 mol (0.099 mol) 存在するが、加えた塩酸の物質質量と同じだけ減少し、塩酸が 1 L 加えられたときは 0 になる。よって、(オ) の変化をする。

(2), (5) H^+ : 初めは

$[OH^-] = 1 \times 0.1 \text{ mol/L} \times 0.01 = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ で、

OH^- は 1 L 中に $1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 含まれるが、 $[H^+]$ はこれよりもさらに微小である。塩酸が加えられると塩基性は次第に弱くなり、1 L 加えられると弱酸性になるが、 H^+ も OH^- も微小である。1 L をこえると、塩酸は過剰になり、加えた分がほぼそのまま H^+ となって存在し、2 L 加えた時点では、 H^+ の物質質量は $1 \times 0.1 \text{ mol/L} \times 1 \times (2 - 1) \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ になる。したがって、 H^+ は(エ) の変化をとる。一方、 OH^- は依然微小なので(カ) となる。

(3) Cl^- : 最初は 0 であり、塩酸を加えると、中和とは関係なく変化せずに残るので、最後まで塩酸の物質質量と同じだけ増加するから、(ア) の変化をとる。

(4) NH_4^+ : 最初は $1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 存在し、アンモニアがすべて中和されるまでは、ほぼ塩酸と同じ物質質量だけ生じるが、中和が完了した後は塩酸を加えても増加することはないので、(イ) の変化をする。

163 【4】 解 (1) (a) イ、メスフラスコ

(b) ウ、ホールピペット (c) エ、コニカルビーカー

(d) ア、ビュレット

(2) (イ), (エ) (3) 0.098 mol/L

(4) この滴定は、弱酸と強塩基の組合せの中和滴定であり、中和点は塩基性側にかたよる。そのため、塩基性側に変色域をもつフェノールフタレインが適当である。

色の変化：無色→赤色

(5) 0.74 mol/L, 4.4%

解説 (1), (2) (a) 正確な体積に希釈したり, あるモル濃度の溶液をつくるにはメスフラスコを用いる。これは, 純粋な水を加えて使用するものだから, 純粋な水でぬれていても, そのまま用いてよい。

(b) 一定体積の溶液をはかりとるのはホールピペットで行う。純粋な水でぬれていると, 濃度が薄まってしまうので, 用いる溶液で数回すすいでから使う。

(c) 反応容器には三角フラスコ・コニカルビーカーなどが用いられる。これは純粋な水でぬれていても, 内容物の物質量的変化はないからそのまま用いてよい。

(d) 溶液を少量ずつ滴下し, その体積を読み取るにはビュレットを用いる。純粋な水でぬれていると, 濃度が薄まってしまうので, 用いる溶液で数回すすいでから使う。

(3) シュウ酸二水和物の式量： $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126$ より, モル質量は 126 g/mol だから, シュウ酸水溶液の濃度は,

$$\frac{3.15 \text{ g}}{\frac{126 \text{ g/mol}}{0.500 \text{ L}}} = 0.0500 \text{ mol/L}$$

水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を x [mol/L] とすると, シュウ酸は二価の酸, 水酸化ナトリウムは一価の塩基より,

$$2 \times 0.0500 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 1 \times x \text{ [mol/L]} \times \frac{10.2}{1000} \text{ L}$$

$$x \approx 0.098 \text{ mol/L}$$

(4) この中和によって生成する塩は酢酸ナトリウムであり, その水溶液は塩基性だから, 塩基性側に変色域があるフェノールフタレインが適する。コニカルビーカーには酸が入っていて, ビュレットから水酸化ナトリウム水溶液を滴下しているから, 無色→赤色の変化である。

(5) 5 倍に希釈した酢酸のモル濃度を y [mol/L] とすると, 次式が成りたつ。

$$1 \times y \text{ [mol/L]} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 1 \times 9.80 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times \frac{15.0}{1000} \text{ L}$$

$$y = 0.147 \text{ mol/L}$$

もとの食酢中の酢酸モル濃度は, この 5 倍になる。

$$0.147 \text{ mol/L} \times 5 = 0.735 \text{ mol/L} \approx 0.74 \text{ mol/L}$$

酢酸の質量パーセント濃度は, $\text{CH}_3\text{COOH} = 60$ より, モル質量は 60 g/mol だから, 酢酸 1L で考えると,

$$\frac{\text{溶質}}{\text{溶液}} = \frac{0.735 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol}}{1000 \text{ cm}^3 \times 1.0 \text{ g/cm}^3} \times 100 = 4.41 \approx 4.4 (\%)$$

163 【5】 **解** (1) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

(2) $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

解説 (2) 吸収させた二酸化炭素の物質量を x [mol] とすると, 中和点での H^+ と OH^- の物質量について次式が成りたつ。なお, この中和滴定では溶液 200 mL のうち 20 mL を使用したことに注意する。

$$2 \times x \text{ [mol]} + 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{18}{1000} \text{ L} \times \frac{200 \text{ mL}}{20 \text{ mL}} = 2 \times 0.050 \text{ mol/L} \times \frac{200}{1000} \text{ L}$$

$$x = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

【第 3 章 酸化還元反応】

165 【問】 22. **解**

	(1)	(2)	(3)	(4)
酸化された物質	C	Al	CH_4	H_2S
還元された物質	CuO	Fe_2O_3	O_2	O_2

解説 この段階では, 「酸素と化合したら酸化された」「酸素を失ったら還元された」「水素を失ったら酸化された」「水素と化合したら還元された」とする。

166 【問】 23. **解**

	(1)	(2)	(3)	(4)
酸化されたもの	Zn	I^-	Na	Fe
還元されたもの	H^+	Cl_2	Cl_2	S

解説 それぞれについて, 電子の授受を考えて酸化・還元を判断する。「電子を失ったら酸化された」「電子を受け取ったら還元された」と判断する。

168 【類題】 12. **解** (1) (ア) +7 (イ) +5 (ウ) +3

(エ) +1 (オ) -1

(2) (ア) 0 (イ) 0 (ウ) +2 (エ) -2 (オ) -2

(カ) +2 (キ) +3 (ク) +4 (ケ) -1 (コ) +4

(カ) +2 (シ) +3 (ス) +6

(セ) NH_4 の N : -3, NO_3 の N : +5

解説 (1) 酸化数が決まっているものを基準として, 分子全体で総和が 0 になるようにして求める。酸化数が変化することが多い原子は, 非金属元素や遷移元素である。また, 酸化数は個々の原子について表すことに注意する。イオンの場合は酸化数の総和がイオンの電荷に等しくなるようにする。また, 酸化数には, 必ず+, -の符号をつける必要がある。

Cl 原子の酸化数を x とおくと,

$$(ア) (+1) + x + (-2) \times 4 = 0 \quad x = +7$$

$$(イ) (+1) + x + (-2) \times 3 = 0 \quad x = +5$$

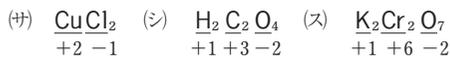
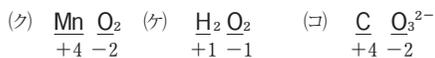
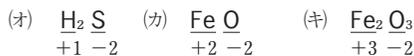
$$(ウ) (+1) + x + (-2) \times 2 = 0 \quad x = +3$$

(エ) $(+1) + x + (-2) = 0$ $x = +1$

(オ) $(+1) + x = 0$ $x = -1$

(2) (ア), (イ) 単体は 0 とする。

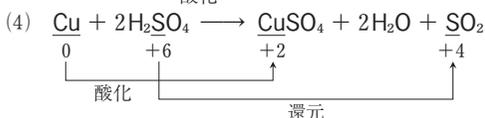
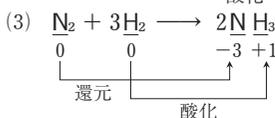
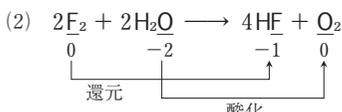
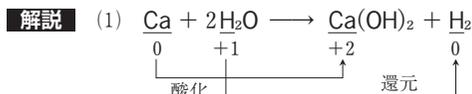
(ウ), (エ) 単原子イオンはイオンの電荷と酸化数が等しい。



(セ) NH_4NO_3 は NH_4^+ と NO_3^- で構成されていると考える。
 N H_4 N O_3
 -3 $+1$ $+5$ -2

169 問 24. 解

	(1)	(2)	(3)	(4)
酸化された物質	Ca	H_2O	H_2	Cu
還元された物質	H_2O	F_2	N_2	H_2SO_4



173 問 A. 解 (1) $\text{SO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$



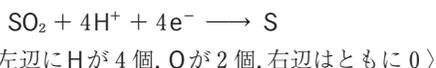
解説



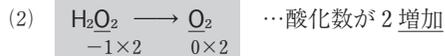
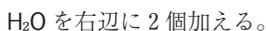
〔手順 1〕 酸化剤だから、酸化数の変化分の電子を左辺に加える。



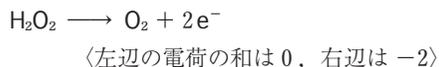
〔手順 2〕 両辺の電荷をつりあわせるために、 H^+ を左辺に 4 個加える。



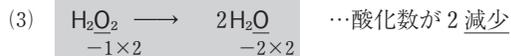
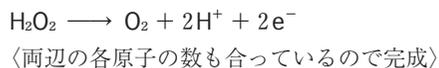
〔手順 3〕 両辺の原子数をつりあわせるために、



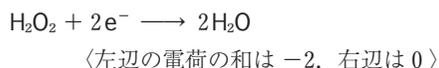
〔手順 1〕 還元剤だから、酸化数の変化分の電子を右辺に加える。



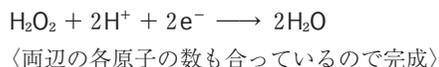
〔手順 2〕 両辺の電荷をつりあわせるために、 H^+ を右辺に 2 個加える。



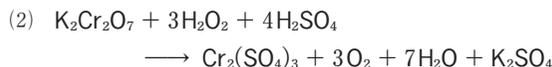
〔手順 1〕 酸化剤だから、酸化数の変化分の電子を左辺に加える。



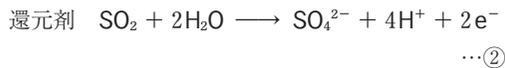
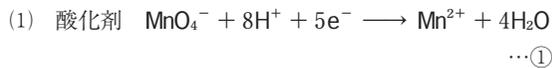
〔手順 2〕 両辺の電荷をつりあわせるために、 H^+ を左辺に 2 個加える。



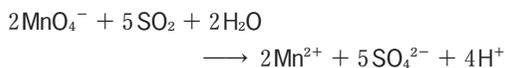
176 問 25. 解 (1) $2\text{KMnO}_4 + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$



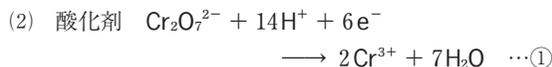
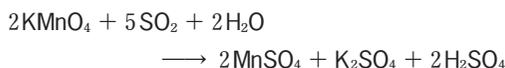
解説 それぞれ、酸化剤が還元される反応式と、還元剤が酸化される反応式から電子を消去して、1つのイオン反応式をつくる。次に、省略されていたイオンを両辺に加えて電荷が 0 になるように整理すると、化学反応式が完成する。



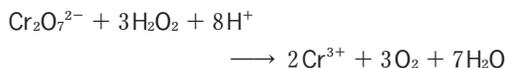
①式×2+②式×5より、



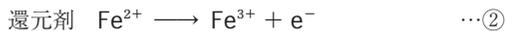
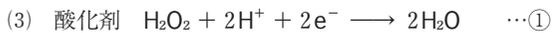
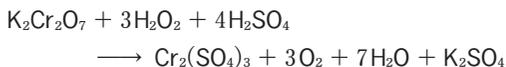
両辺に 2K^+ を加えて整理すると、



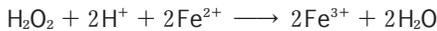
①式×1+②式×3より、



両辺に $2K^+$, $4SO_4^{2-}$ を加えて整理すると、



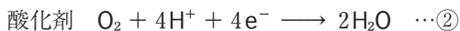
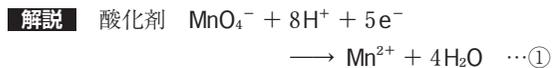
①式×1+②式×2より、



両辺に $3SO_4^{2-}$ を加えて整理すると



179 問 A. 解 2.0 mg/L



①より、 MnO_4^- 1 mol は e^- 5 mol を受け取る酸化剤である。②より、 O_2 1 mol は e^- 4 mol を受け取る酸化剤である。したがって、 MnO_4^- 1 mol は O_2 $\frac{5}{4}$ mol と同じはたらきをする。

試料水 100 mL の酸化に要した $KMnO_4$ の物質量は、

$$5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 5.0 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

これを O_2 に換算すると、

$$5.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \times \frac{5}{4} = \frac{25}{4} \times 10^{-6} \text{ mol}$$

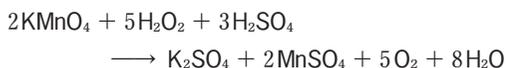
試料水 1 L 当たりでは $\frac{25}{4} \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ となり、 O_2

のモル質量は 32 g/mol より、

$$\text{COD} : \frac{25}{4} \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 32 \text{ g/mol} \times 10^3 = 2.0 \text{ mg/L}$$

180 類題 13. 解 0.90 mol/L

解説 このときの化学反応式は次式で表される。



これより、 $KMnO_4 : H_2O_2 = 2 : 5$ の物質量の比で反応する。10 倍して希釈した過酸化水素水の濃度を x [mol/L] とすると、

$$0.015 \text{ mol/L} \times \frac{24.0}{1000} \text{ L} \times 5 = x \text{ (mol/L)} \times \frac{10}{1000} \text{ L} \times 2$$

$$x = 0.090 \text{ mol/L}$$

最初の過酸化水素の濃度はこの 10 倍なので、

$$0.90 \text{ mol/L}$$

183 問 26. 解 (1) $Cu^{2+} + Zn \longrightarrow Cu + Zn^{2+}$, Zn



解説 (1) 銅より亜鉛のほうがイオン化傾向が大きいので、亜鉛 Zn は酸化されて電子を失い亜鉛イオン Zn^{2+} となり、銅 (II) イオン Cu^{2+} はその電子を

受け取って還元され単体の銅 Cu となる。青色の銅 (II) イオンが少なくなるので、溶液の青色は薄くなる。

(2) (1)と同様に、イオン化傾向は鉛より亜鉛のほうが大きいので、Zn は Zn^{2+} となり、 Pb^{2+} は Pb となる。

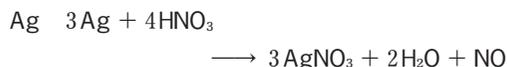
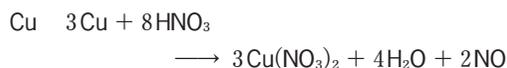
186 問 27. 解 (1) Na, Ca (2) Cu, Ag

解説 (1) 常温の水と反応するのは、ナトリウムとカルシウムである。

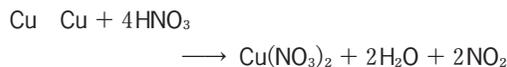


(2) 銅 Cu, 銀 Ag は水素よりイオン化傾向が小さいので希塩酸や希硫酸とは反応しないが、酸化力のある硝酸や熱濃硫酸とは反応する。

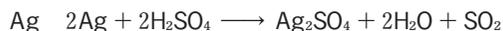
・希硝酸との反応



・濃硝酸との反応

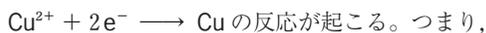


・熱濃硫酸との反応



192 問 28. 解 (1) $Cu^{2+} + Zn \longrightarrow Cu + Zn^{2+}$

(2) $CuSO_4$ 水溶液。電池を放電すると、



の反応が起こる。つまり、 $CuSO_4$ が減少していくので、 $CuSO_4$ 水溶液の濃度を高くするとよい。

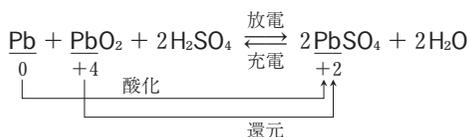
解説 (1) (61)式と(62)式の辺々を加えると電子が消去され、 $Cu^{2+} + Zn \longrightarrow Cu + Zn^{2+}$ が得られる。

193 問 29. 解 (1) 酸化剤：酸化鉛(IV) 還元剤：鉛

(2) (a) 増加 (b) 増加 (c) 減少

(3) 負極：96 g 正極：64 g

解説 (1) 鉛蓄電池の放電・充電の反応は次のようになる。



放電で上式が右に進むと、 PbO_2 が酸化剤として、Pb が還元剤としてはたらく。

(2), (3) 鉛蓄電池の放電で 2.0 mol の電子が流れると、次の質量の変化が起こる。

負極：Pb ⇨ PbSO₄ 96 g (SO₄ の分) 増加

正極：PbO₂ ⇨ PbSO₄ 64 g (SO₂ の分) 増加

電解液 $\left\{ \begin{array}{l} \text{H}_2\text{SO}_4 \quad 2.0 \times 98 \text{ (g) 減少} \\ \text{H}_2\text{O} \quad 2.0 \times 18 \text{ (g) 増加} \end{array} \right\} 160 \text{ g 減少}$

これより、負極や正極の質量は増加し、電解液の質量は減少する。

195 問 30. 解 (1) 1.4 kg (2) 6.0 × 10² L

解説 (1) (69) 式より、Fe₂O₃ 1 mol から 2 mol の Fe が得られる。したがって、x [kg] の酸化鉄 (Ⅲ) が必要とすると、Fe₂O₃ の式量は、56 × 2 + 16 × 3 = 160、モル質量は 160 g/mol より、

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = \frac{x \text{ [kg]}}{160 \text{ g/mol}} : \frac{1.0 \text{ kg}}{56 \text{ g/mol}} = 1 : 2$$

$$x = 1.42 \cdots \text{ kg} \doteq 1.4 \text{ kg}$$

(2) (69) 式より、2 mol の鉄を得るのに 3 mol の一酸化炭素が必要だから、必要な CO の体積は、

$$\frac{1.0 \times 10^3 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} \times \frac{3}{2} \times 22.4 \text{ L/mol} = 6.0 \times 10^2 \text{ L}$$

199 問 31. 解 (1) 陽極：2Cl⁻ → Cl₂ + 2e⁻

陰極：2H₂O + 2e⁻ → H₂ + 2OH⁻

(2) 陽極：2H₂O → O₂ + 4H⁺ + 4e⁻

陰極：Ag⁺ + e⁻ → Ag

(3) 陽極：2H₂O → O₂ + 4H⁺ + 4e⁻

陰極：2H₂O + 2e⁻ → H₂ + 2OH⁻

解説 水溶液の電解生成物は次のように考えればよい。反応式は、酸化・還元酸化剤・還元剤が示す反応のイオン反応式のつくり方と同じである。

陽極 (① → ② → ③の順)

① 白金、炭素以外の電極

→電極がイオンとなる

② ハロゲン化物イオン→その単体が生成

③ その他→酸素が発生

陰極 (電極に関係せず①または②)

① Znよりイオン化傾向が小さいイオン

→その単体が生成 (一部水素発生もあり)

② Alよりイオン化傾向が大きいイオン

→水素が発生

202 問 32. 解 (1) 0.50 mol (2) 1.6 × 10⁻¹⁹ C

(3) 0.012 mol

解説 (1) $\frac{48250 \text{ C}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} = 0.50 \text{ mol}$

(2) $\frac{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} \doteq 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

(3) $\frac{0.60 \text{ A} \times (32 \times 60 + 10) \text{ s}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} = 0.012 \text{ mol}$

202 類題 14. 解 (1) 0.0400 mol (2) 0.448 L

(3) 7.72 × 10³ 秒

解説 (1) Cu²⁺ + 2e⁻ → Cu より、銅の物質量の 2 倍の電子が流れる。

$$\frac{1.27 \text{ g}}{63.5 \text{ g/mol}} \times 2 = 0.0400 \text{ mol}$$

(2) 陽極では、2Cl⁻ → Cl₂ + 2e⁻ の反応が起こる。

$$0.0400 \text{ mol} \times \frac{1}{2} \times 22.4 \text{ L/mol} = 0.448 \text{ L}$$

(3) 電気分解した時間を x [s] とすると、

$$\frac{0.500 \text{ A} \times x \text{ [s]}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} = 0.0400 \text{ mol}$$

$$x = 7.72 \times 10^3 \text{ s}$$

203 類題 15. 解 (1) 小さくなる (2) 0.050 mol

(3) 1.6 g

解説 電解槽 A では次の反応が起こる。

陰極：Cu²⁺ + 2e⁻ → Cu

陽極：2H₂O → O₂ + 4H⁺ + 4e⁻

電解槽 B では次の反応が起こる。

陰極：2H₂O + 2e⁻ → H₂ + 2OH⁻

陽極：4OH⁻ → O₂ + 2H₂O + 4e⁻

(1) H⁺ が生成するので、pH は減少する。

(2) 電解槽 B では、電子 4 mol 当たり、混合気体 3 mol が生成する。したがって、流れた電子の物質量は、

$$\frac{0.84 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times \frac{4}{3} = 0.050 \text{ mol}$$

(3) 63.5 g/mol × 0.050 mol × $\frac{1}{2}$ = 1.5875 g ≐ 1.6 g

◆ 演習問題 ◆

204 【1】 解 (エ)

解説 (ア) 酸化剤は、自分自身は還元される。誤り。

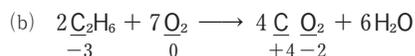
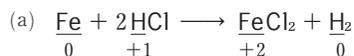
(イ) 物質が水素と化合する反応は還元である。誤り。

(ウ) 金属イオンが金属になる反応では、電子を受け取っており、還元されている。誤り。

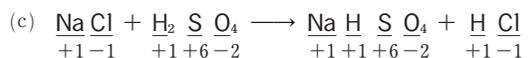
(エ) 酸化還元反応では、授受した電子の数は等しいので、(酸化数の増加量の総和) = (酸化数の減少量の総和) の関係が成り立つ。正しい。

204 【2】 解 (a) HCl (b) O₂ (d) HNO₃ (e) Cl₂

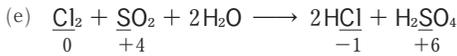
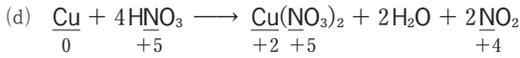
解説 酸化数が減少した原子をもつ物質が酸化剤である。



燃焼反応は酸素が酸化剤。



酸化数が変化した原子はない。



204【3】解 (1) (ア) 2 (イ) Fe³⁺ (ウ) 酸化

(エ) -1 (オ) -2 (カ) 還元

(キ) 酸素(または O₂) (ク) 赤紫

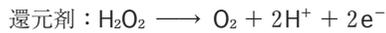
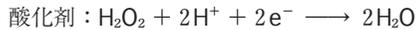
(ケ) ほぼ無(または淡桃) (コ) 還元 (サ) 酸化

(シ) 硫黄(または S)

(2) (a) 還元剤 (b) 酸化剤 (c) 酸化剤

(3) Cl₂, I₂, S

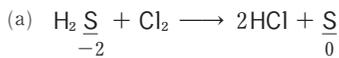
解説 (1) 過酸化水素は、相手によって、酸化剤としても還元剤としても作用する。



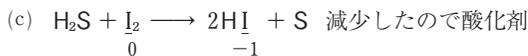
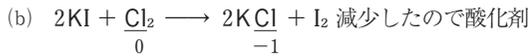
二酸化硫黄も、相手によって、酸化剤としても還元剤としても作用する。



(2) 酸化数が減少した原子をもつ物質は酸化剤、酸化数が増加した原子をもつ物質は還元剤である。



増加したので還元剤

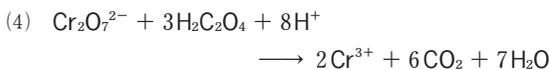


(3) (a)より、Cl₂はH₂Sを酸化したが、この反応は右辺から左辺へは進まないで、SはHClを酸化することはない。よって、SよりCl₂のほうが強い酸化剤である。(b)より、Cl₂はKIを酸化したが、(a)と同様にI₂はKClを酸化することはないので、I₂よりCl₂のほうが強い酸化剤である。(c)より、I₂はH₂Sを酸化したが、(a)と同様にSはHIを酸化することはないので、SよりI₂のほうが強い酸化剤である。これより、Cl₂, I₂, Sの順に酸化剤として弱くなる。

205【4】解 (1) 0.150 mol/L

(2) ① メスフラスコ ② ホールピペット

(3) (a) 6 (b) 2Cr³⁺ (c) 2CO₂



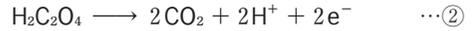
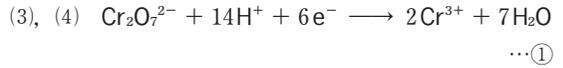
(5) 3.1×10⁻² mol/L

解説 (1) シュウ酸二水和物 H₂C₂O₄·2H₂O=126より、モル質量は126 g/mol。シュウ酸標準液の濃度は、

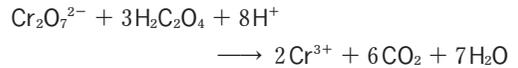
$$\frac{1.89 \text{ g}}{\frac{126 \text{ g/mol}}{0.100 \text{ L}}} = 0.150 \text{ mol/L}$$

(2) ① 一定モル濃度の溶液をつくるには、メスフラスコを用いる。

② 一定体積の溶液をはかり取るには、ホールピペットを用いる。



①式+②式×3より、



(5) 二クロム酸カリウム水溶液のモル濃度をx[mol/L]とすると、反応式の係数より、Cr₂O₇²⁻:H₂C₂O₄=1:3の物質量の比で反応するから、次式が成り立つ。

$$x \text{ [mol/L]} \times \frac{16}{1000} \text{ L} : 0.150 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 1 : 3$$

$$x = 3.125 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \doteq 3.1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

205【5】解 (1) A:Zn B:Mg C:Au D:Ag E:Cu



解説 (1) (a)より、Bは熱水と反応するので、マグネシウムである。

(b)より、A・Bは塩酸と反応するので、亜鉛・マグネシウムのいずれか、C・D・Eは塩酸と反応しないので、銅・銀・金のいずれかであり、Aが亜鉛と決まる。

(c)より、Cは硝酸に溶けないのでイオン化傾向が最小の金。D⁺+E⁻→E⁺+Dの反応が起こるので、イオン化傾向はE>Dである。よって、Eが銅、Dが銀となる。

205【6】解 (イ), (オ)

解説 (イ) 電池を放電すると、負極では酸化反応が起こり、導線に向かって電子が流れ出す。誤り。

(オ) 溶鉱炉で得られた炭素を約4%含んだ鉄を銑鉄という。誤り。

■ 卷末資料 ■

221 問 1. (1) 10^2 (2) 10^5 (3) 10^{-2} (4) 10^{-7}

221 問 2. (1) 2.24×10^5 (2) 9.65×10^4
(3) 6.7×10^{-2} (4) 2.4×10^{-4}

221 問 3. (1) 10^{14} (2) 10^{-5} (3) 10^{15}
(4) 5.6×10^9 (5) 2.5×10^{-6}

222 問 4. (1) 46.4°C (2) 46 g/100 g 水

223 問 5. (1) 2 桁 (2) 3 桁

223 問 6. (1) 1.78×10^6 (2) 5.67×10^{-5}

223 問 7. (1) 2.3 (2) 3.1 (3) 2.1

223 問 8. (1) 7.0 (2) 1.2