

1学期の学習内容

2010年度(機械・電気・材料化学)理科総合A

身のまわりのおもだった物質は、たかだか数十種類の元素が色々な結びつくことでできている。1学期は、その元素と結びつき方、および物質の量について学ぶ。

このまとめで、太字で書かれている部分が重要な用語である。この用語を正しく理解しているか1学期の期末テストで判定する。

このまとめでは一部を除き用語だけを整理してある。その用語の具体的な内容や例となる物質名などは自分で調べておくこと。

物質の構成

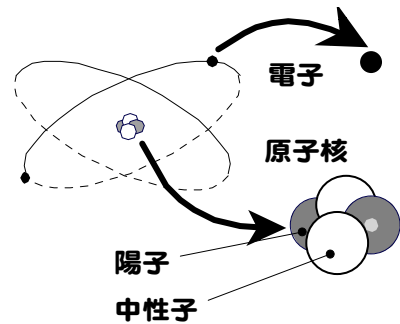
混合物と純物質

化学で扱う物質を**混合物**と**純物質**に分ける。純物質とは「物理的な分離操作によってそれ以上、性質の異なる成分に分けられないものを言う」あるいは「その物質のどの部分を取り出しても同じ性質であるもの」と説明される。

元素と原子

(化学)物質を構成する基本要素(Element)を**元素**(Element)という。原子は元素の実体である。元素を**陽子の数(原子番号)**で並べたものが**周期表**である。元素の実体は原子であり、原子は**原子核**と**電子**でできている。

ひとつの元素を構成する**原子**は必ず同じ数の**陽子**を持つが、**中性子数**が異なる**原子**もあり、それらを**同位体**という。



単体と化合物

ひとつの元素だけからなる物質を**単体**と言う。単体であってもその原子間の結びつき方の違いによって異なる性質を示すものを**同素体**という。

周期表と元素

1869年にロシアの**メンデレーエフ**等によって提唱された**周期表**は、当時発見されていた元素をその重さ(今で言う原子量)の順に並べたら周期的に似た性質のものが現れる**周期律**を表にしたもので、当時未発見の元素の存在をその性質も含めて予測しそれが的中したことで認められることになった。周期表の横(行)を**周期**という、縦(列)―似た性質を持つグループ―を**族**という。ひとつの族に属する元素をまとめて**同族元素**という。特に**アルカリ金属**、**アルカリ土類金属**、**ハロゲン**、**希ガス**は良く使われる。

またその元素の化学的、物理的性質によって**典型元素**、**遷移元素**、**金属元素**、**非金属元**

素と分類される。これらも頻繁にされるので重要である。

アルカリ金属 (水素を除く 1 族の元素) Li, Na, K, Rb, Cs, Fr

アルカリ土類元素 (4 周期以降の 2 族の元素) Ca, Sr, Ba, Ra

ハロゲン (1 7 族の元素) F, Cl, Br, I, At

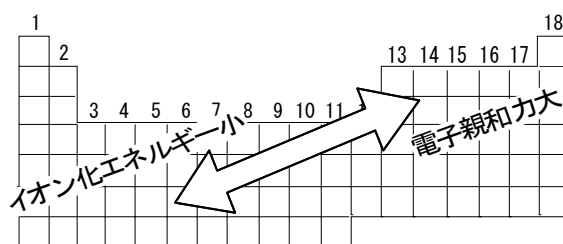
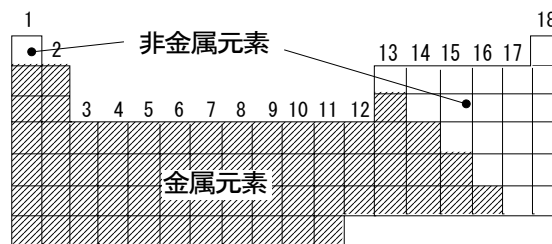
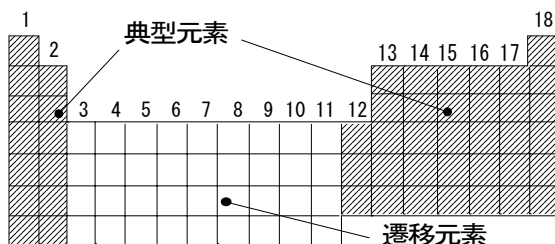
希ガス (1 8 族の元素) He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn

典型元素 (1 族、2 族、1 2 族~1 8 族の元素)

遷移元素 (3 族~1 1 族の元素)

金属元素 (2 周期の 2 族より左、3 周期の 1 3 族より左、4 周期の 1 4 族より左、5 周期の 1 5 族より左、6 周期の 1 6 族より左の元素)

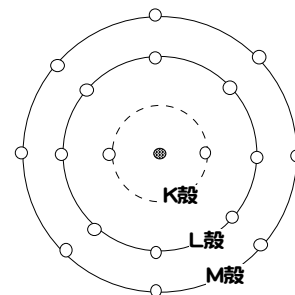
非金属元素 (金属元素以外)



これらのグループの性質は、最外殻の電子の数による。したがって周期表と、周期表と関連付けてそれぞれのグループの性質を決定する電子配置について、ただしく理解しておく必要がある。

周期表と原子の構造

電子はK殻,L殻・・・と呼ばれる**電子殻**(軌道)上に存在し、それぞれの殻に入りうる電子の数は決まっている。それを**電子配置**という。原子の最も外側の殻(軌道)を**最外殻**といい、そこにある電子を**最外殻電子**という。最外殻の電子が何個存在するかがその元素の性質を決定する事が多い。そのため、他の元素と結合するときに働く最外殻の電子を**価電子**という。



	1族	2族 12族	13族	14族	15族	16族	17族	18族
2周期以降								
最外殻電子数	1個	2個	3個	4個	5個	6個	7個	8個
価電子	1個	2個	3個	4個	5個	6個	7個	0個
原子価	1	2	3	4	3	2	1	0

物質を構成する粒子内、および粒子間に働く力

すべての化学物質は 110 種類あまりの元素のいくつかが単独、または何種類かが色々な方法で結びついている。また、その結びつき方や性質は最外殻の電子の配置によるものである。

イオンとイオン相互作用

イオン化エネルギーの低い金属元素と、電子親和力の大きい非金属元素は、金属元素は電子を失って陽イオンに、非金属元素は電子を受け取って陰イオンになって静電気力で結びつくイオン結合をする。イオン結合によってつくられる結晶を**イオン結合性結晶**という。

イオンになるのは、次の**共有結合**によってつくられる**多原子イオン**もある。

イオンの名称と記号、価数(教科書の表)

陽イオンの名称

元素の名前にイオンをつける。

例：ナトリウムイオン，カルシウムイオン

遷移元素のイオンは、価数をローマ数字で書く。

例：鉄(II)イオン，鉄(III)イオン

陽イオンの記号と価数

典型元素の場合は、基本的に族名から価数を決められる。



遷移元素は元素名の後の () 内のローマ数字

鉄(II)イオン Fe^{2+} , 鉄(III)イオン Fe^{3+}
銅(I)イオン Cu^+ , 銅(II)イオン Cu^{2+}

多原子イオンは、覚える。

例：アンモニウムイオン NH_4^+

陰イオンの名称

元素の名前から「素」を除き「化物イオン」をくわえる。硫化物イオンなど特別なものもある。

例：塩化物イオン, 酸化物イオン, フッ化物イオン

多原子イオンは覚える。

例：硝酸イオン, 水酸化物イオン, 硫酸イオン, 炭酸イオン

陰イオンの記号と価数

族名から決定される。

例： Cl^- , O^{2-} , F^-

多原子イオンは、覚える。

例：硝酸イオン NO_3^- , 水酸化物イオン OH^-
硫酸イオン SO_4^{2-} , 炭酸イオン CO_3^{2-}

イオン結合物質の化学式

イオン結合物質を化学式で表すときは、構成する元素の種類と整数比を示す組成式を使う。組成式を書くときは陽イオンを前に書く。また多原子イオンの数が複数になるときは多原子イオンを括弧でくくる。

NaCl	塩化ナトリウム
CaCl_2	塩化カルシウム
CuSO_4	硫酸銅(II)
AlCl_3	塩化アルミニウム
KNO_3	硝酸カリウム
SrCl_2	塩化ストロンチウム

分子内結合(非金属元素どおしの結合)

共有結合

非金属元素は**電子親和力**が大きいので、非金属元素どおしが結びつく場合は、結合に関わる原子の最外殻の軌道が希ガス型の電子配置になるように、最外殻の電子を共有することによって結合する。この結合を共有結合という。結合に関わる電子は結合している原子間にある。

共有結合に使われる電子の数は**原子価**といい、その原子の**不対電子**の数と等しい。
(ポイント：族と最外殻の電子数、価電子の数、原子価の関係を理解しておく。)

価電子・原子価・共有結合の考え方

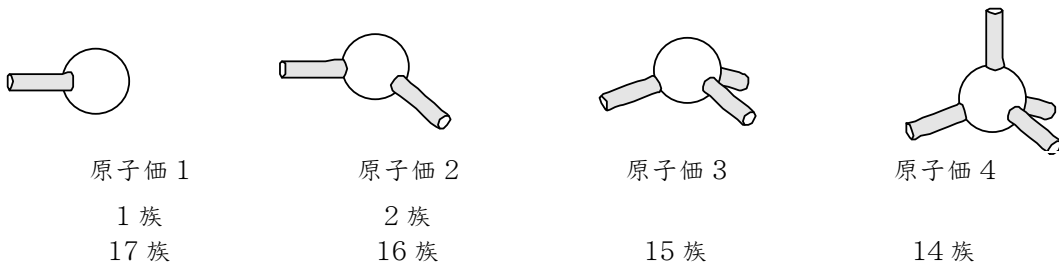
- 2周期以降の典型元素については、最外殻には8個の電子が入る。(1周期は2個)
- 8個の電子は2個ずつのペア席(2×4)で考える。
- 最外殻の電子は1族では1個、2族では2個、遷移元素を抜かして12族で2個、13族は3個というふうに電子が増えていく。これを**価電子**。また一人だけ座っている電子の数が**原子価**
- それらはすでにある電子の隣ではなく(2)の空いた席に入っていく。
- 14族ですべての席にひとつずつ電子が入る。**価電子4個、原子価4**
- 15族では始めて二人座った席(孤立電子対)ができる。**価電子は5個であるが、原子価は3**となる。ここから原子価は減っていく
- 16族では同様に二人座った席(孤立電子対)が二つできる。**価電子は6個、原子価は2**となる。17族(ハロゲン)についても考えてみよう。
- 18族では、最外殻の電子はすべて埋まるので、**価電子は0個、原子価も0**

	1族	2族 12族	13族	14族	15族	16族	17族	18族
2周期以降								
最外殻電子数	1個	2個	3個	4個	5個	6個	7個	8個
価電子	1個	2個	3個	4個	5個	6個	7個	0個
原子価	1	2	3	4	3	2	1	0

共有結合の形

共有結合は、この一人でいる電子(原子価)を共有するため、原子価の数だけ共有結合することができる。すなわち、炭素(14族)は、原子価が4であるので原子価1の水素4つと結びつくことができる。窒素(15族)は3個の水素と、酸素(16族)は2個の水素と、ハロゲンは1個の水素と結びつき、それぞれアンモニア、水、塩化水素となる。

上で説明した電子の座る4個の席は中心から4つの方向（正四面体の4つの頂点の方向）にあると考えると形がわかる。



2重結合、3重結合・・・多重結合

非金属元素の単体

また、酸素と酸素は二つずつ、計4個の電子を共有して二重結合で酸素分子を作り、窒素(15族)は3重結合で窒素分子を作る。



非金属元素の単体の多くは、原子価と同じ数の結合する腕を持つ。

他の原子との結合

異なる非金属元素についても同様に二酸化炭素は、原子価4の炭素1個と原子価2の酸素2個が結びついたものであるがその構造を考えてみよう。

分子

共有結合によって結合した、あるいは化学結合をせずに原子単独で存在している希ガスなどのまとまりを持った原子団を分子という。一般に非金属元素同士が分子を作る傾向がある。He、Ne、Arなどのように希ガスの原子が単独で存在するような場合には**単原子分子**と呼ばれる。水素、窒素、酸素、フッ素などのように同種の原子同士で結合して二原子分子をつくる傾向がある。

分子性化合物は、固有の形と電気的な特性を持ち、そのことがその物質の固有な性質に反映される。

きわめて多数(数千～数十万)の原子が結合した分子は**高分子**と呼ばれ、ゴム、プラスチック、たんぱく質、DNAなどがある。

また、ダイヤモンドや水晶のように全体が共有結合で結びついた結晶は巨大分子と考えたほうがその性質を理解しやすい。

分子性物質の化学式 参考(テストには出ない)

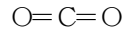
分子を作っている物質は、非金属元素のみからなる場合は、その分子に含まれる元素を [B, Si, C, Sb, As, P, N, H, Se, S, I, Br, Cl, O, F] の順に、その分子に含まれる個数をつけて書く(分子式)。(↑この順番は覚えなくて良い!、自然に覚える)

【構造式】

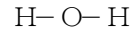
共有結合の結合を **価標** という線で表す。二重結合や三重結合は二重線、三重線で表す。



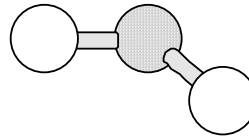
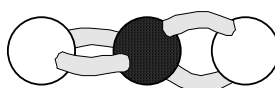
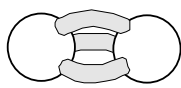
窒素分子



二酸化炭素分子



水分子

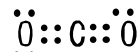


【電子式】

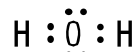
電子の状態を示す必要があるときにのみ使われる。共有結合に関わる電子を二つの原子間に置く。共有結合に関わらない電子対(非共有電子対)はそれが所属する原子の周りに示す。(水素以外は周囲の電子は必ず8個になる)



窒素分子



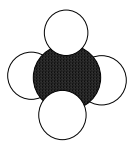
二酸化炭素分子



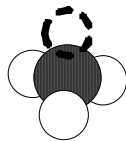
水分子

共有結合による物質(分子)の形

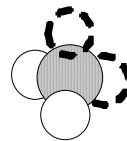
共有結合による化合物(分子)の形は、構成する原子それぞれの周囲に存在する共有電子対、非共有電子対の状態、すなわち結合の仕方によって決まる。



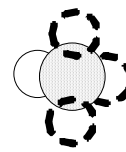
メタン CH₄



アンモニア NH₃



水 H₂O



フッ化水素 HF

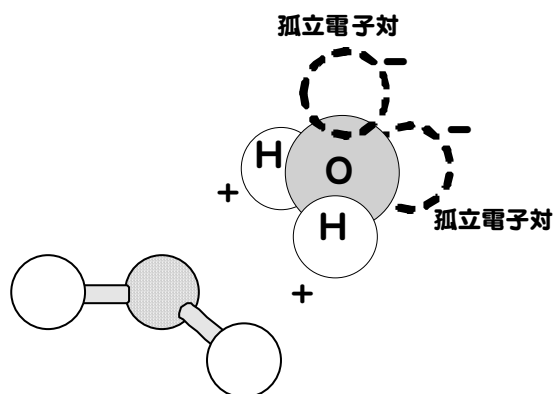
共有結合における極性

異種の原子が共有結合している場合に、それぞれの**電気陰性度**が異なると、電子が**電気陰性度**の高い方に偏(かたよ)る。また、分子の中に孤立電子対(非共有電子対)を持つ原子がある場合はその電子対は負の電気を帯びている。これらの原因により分子の一方に電荷の偏り(**極性**)が生じることがある。このような分子を**極性分子**という。水分子やアンモニア

分子の非共有電子対を含む形が対称形である場合その分子は極性を持たない**無極性分子**となり、そうでない場合は**極性分子**になる。二酸化炭素やメタン

水分子の形とその性質

水分子は、酸素の二つの非共有電子対と、二つの水素原子との共有結合で図のような形をしているため、水素原子と酸素(の非共有電子対)との間で強く**分極**している。(極性がある)その事が水の特異な性質の原因となっている。



分子内の水素結合

たんぱく質のような高分子の場合、分子内に共有結合した水素と非共有電子対を持つ原子が存在する場合、分子内の水素結合(後述)により形が決まり特異な性質を持つ。

固体を形成する化学結合

共有結合でできた結晶(固体)

ダイヤモンドや水晶の結晶は、多数の原子が共有結合で結びついている(巨大分子と見なすと理解しやすい)。

共有結合の結晶は極めて強いものが多い。電子は結合している原子間に固定されているため電気

は流れない。

イオン結合性の固体

陽イオンと陰イオンが静電気力で結びついている結合。

イオン結合している物質の融点は高く、固くてもろい。電子はそれぞれのイオンに所属する。多原子イオン(や分子性イオン)は、共有結合(配位結合^{※1}を含む)した原子団がイオンとなる。
(分子とは呼ばない)

例：食塩の結晶

※1 配位結合

共有結合の一種で、電子が一方の原子からのみ一方的に供与されるもの。

金属結合の固体

金属元素どおしが結合する場合は、それぞれの原子の持つ最外殻電子が構造全体に広がり、電子のガスのなかに金属元素の原子が整列している。そのため金属には、**展性**や**延性**という性質が現れる。また、結合に関わる電子は構造全体に広がっている (自由電子)。自由電子の存在が**金属光沢**や**導電性**の原因になる。

固体を形成する分子間力

水素結合による固体

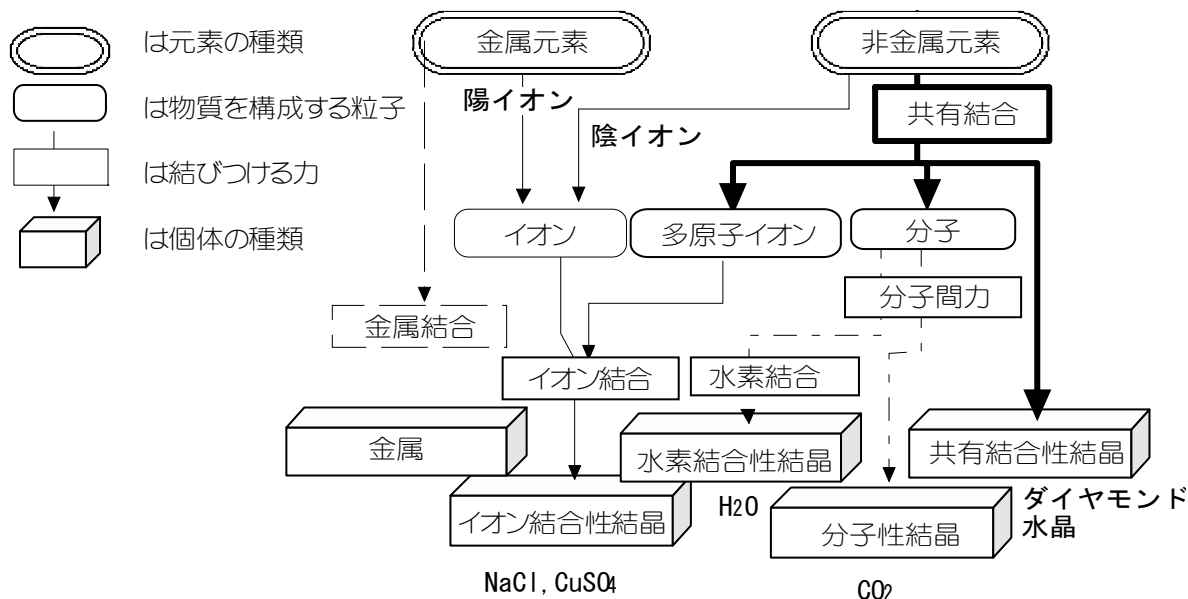
分子間力の一種で、共有結合している水素原子と、非共有(孤立)電子対との間での強い静電的な力による結合。

水の特異な性質や、DNAや酵素をはじめとするたんぱく質の構造を決定する重要な結合。

ファンデルワールス力による固体

分子間には、一定の距離以上に近づくとファンデルワールス力という弱い引力が働く。これによりイオン結合や金属結合をしない分子であっても固体や液体になる。

ファンデルワールス力の原因は、非極性の分子であっても近接した場合に一方のわずかな電荷の揺らぎが、他方の電荷の偏りを招くこととされている(希ガスや非金属元素の単体)。また、極性のある分子と非極性分子が近接した場合も同様な引力が働く(水に溶けた塩素分子)場合や、極性分子どおしに働く引力もファンデルワールスに含める(HClの液体や固体)ことがある。



液体を作る分子間力

液体中での分子・原子間に働く力 (これは化学結合ではない)

液体の性質も、その粒子間に働く静電的な引力で考える。

水(液体)と水素結合

水分子は、水素原子2個と酸素原子1個が共有結合した図のような構造をしている。この水素原子と酸素原子の非共有電子対が静電的な引力で強くひきつけあう。水の固体(氷)は、そのために隙間の大きな結晶(前ページ)であり、溶けるとその隙間に水分子が入り込むことで溶けると体積が減少する。

この力は、液体であっても存在し 水の高い沸点、高い表面張力、高い誘電率、高い粘度など液体の水の特異な性質の原因となっている。また、水素結合による部分な立体結合は液体中でも存在し 50°Cであっても 50%程度は残っている。

イオン性物質の液体

イオン結合している物質を融(と)かすと、イオン間に静電的な引力が存在したまま液体になるため沸点は高い。(液体なので)それぞれのイオンは自由に動いて電荷を運べるため導電性が現れる。

ファンデルワールスカ

ファンデルワールスカで結びついている固体は結合力が弱いため、融点が低く低温で液体になる。また分子間力が弱い場合は沸点も低く、液体である温度範囲が狭い、常圧では液体になれず固体から直接液体になる(昇華する)ものも多い。

例：昇華するもの・・・ドライアイス(二酸化炭素)、ヨウ素

液体での分子間力

液体は構成する粒子間に分子間力が働いて、構成粒子間の距離はほぼ一定に保たれるが位置は自由に移動できる。液体の沸点をはじめとする性質はこの分子間に働く力の大きさに大きく依存する。同じ程度の分子間力の場合は、粒子自体の分子量に大きさに応じて高くなる。水は同じ分子量の他の物質に比較して**水素結合**による分子間力が大きいため沸点や比熱、表面張力、粘度などが異常に高い。

また、ひとつひとつの分子間力は弱くても何万という原子がつながっている高分子は全体としては大きな分子間力となって現れ沸点が高くなる。

原子量と分子量

質量数

原子一個の質量はとても小さいので、炭素の同位体 ^{12}C の質量を 12 とした場合に、それぞれの原子の質量がいくつであるかを示した 比の数値を質量数 という。★比なので単位はない

原子量

自然界に存在する元素は質量数の異なる **同位体** を含むため、 ^{12}C を 12 とした場合の同位体の存在比を含めた平均質量を **原子量** という。

分子量・式量

化合物の質量も、同じように炭素 ^{12}C の質量を 12 として得られる比の値で、化合物に含まれる原子量を足したもの。分子は分子式から **分子量** を、塩は **組成式** から **式量** を用い、金属は原子量を用いる。

物質質量

物質の量は [物質質量] で比較する。物質量の単位はモル (mol) である。

(比較)

物体の質量は質量で比較する。質量の単位は kg である。

物質量の定義

0.012kg の炭素 12 (^{12}C) に含まれる原子と等しい数の構成要素を含む系の物質の量。

モルを使うときは、構成要素が指定されなければならないが、それは原子、分子、イオン、電子、その他の粒子または、この種の粒子の特定の集合体であってよい。

物質の量は

1. 物質質量で比較する。
2. 物質量の単位はモル (mol) である。
3. 1 モルにはアボガドロ定数 (Avogadro constant) 個の物質が含まれる。

4. アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

モルと他の物理量との関係

質量(kg)と物質量(mol)の関係

分子で構成される物質についてはその物質の**分子量**に g の単位をつけたものが、その物質1モルの質量と等しい。

イオンで構成される物質については、その物質の**式量**に g 単位をつけたものをその物質1モルの質量とする。

金属においては、その金属の**原子量**に g 単位をつけたものが、その金属1モルの質量とする。

このように、物質量を問うときは、必ず何を構成単位としたかを明示すること。

分子量

物質を構成する粒子が分子の場合は、分子をつくっている原子の原子量の総和を分子量という。

例：水の分子量は、水素元素の原子量を 1.01、酸素元素の原子量を 16.00 とすると

$$2 \times 1.01 + 1 \times 16.00 = 18.02$$

より、18.0 (有効数字3桁)となる。

式量

イオン結合性物質については、明確な構成単位がないため、構成する元素の最小の存在比で計算する。(組成式で示される元素の原子量の総和)

例：食塩(NaCl)の式量は、ナトリウムの原子量を 23.0、塩素の原子量を 35.5 とすると、

$$23.0 + 35.5 = 58.5$$

より、58.5 となる。

物質量と体積の関係

アボガドロの法則

同一圧力、同一温度、同一体積のすべての種類の気体には同じ数の分子が含まれる。

気体の状態方程式

$$pV = nRT$$

p: 圧力、V: 体積、n: 物質量、R: 気体定数、T: 熱力学温度 (絶対温度)

標準状態と気体の体積

式を変形して $V = nRT/p$ として $n = 1 \text{ (mol)}$ とすると、気体1モルの体積は、

$$V = RT/p$$

より、温度と圧力が決まれば計算できる。

※ ただし、圧力の単位をなににするかで R の値は異なる。

※ また、「ある温度」「ある圧力」を[標準状態]と定めると、標準状態での気体の体積を知ることができる。教科書では 0°C、1 気圧(1.013×10⁵Pa)を標準状態としたときの 1モルの気体の体積 22.4l を用いる。

物質質量を用いると理解できること。【重要】

★ 化学反応における収率を知ることができる。

実験で行ったテルミット 反応 (下記反応式) について

出発物質と生成物、それぞれの 1モルあたりの質量を求めなさい。

Fe₂O₃ は [分子量|式量|原子量] で計算するので 1モルあたりの質量は g/mol

Fe は [分子量|式量|原子量] で計算するので 1モルあたりの質量は g/mol

注意) 1モルあたりの質量という場合と 1モルの質量という問では単位が違う!!

・ 1モルの Fe₂O₃ を原料とすると何モルの Fe が取り出せるはずか?

Fe₂O₃ 1モルから []モルの鉄(Fe)が取り出せるか反応式から mol

質量で見ると、[]mol × []g/mol

・ 3.2グラムの出発物 Fe₂O₃ から何グラムの生成物 Fe が取り出せるはずなのか?

(考え方) 1モルの Fe₂O₃ は []g なので、3.2g は、[a] mol である。

[a]mol の Fe₂O₃ からは [b]mol の Fe が取り出せるはずなので、

Fe 1 mol が [c]g であることから、[b]mol の Fe は []g である。

・ 収率(%) = (実際の生成物の重さ) ÷ (すべて反応した場合の生成物の重さ) が計算できる。

★ 気体の体積から気体の重さ

アボガドロの法則から、温度と圧力が同じだと気体の重さは、その分子量に比例することがわかるので、空気に比較してその気体が重いか、軽いかを想像できる。

このように、質量だけではけっして比較できないものが物質量を使うことで比較できる。

1) 空気の組成を体積比、酸素20%、窒素80%としたときの空気1モルの平均質量を求めなさい。

2) 次の気体の1モルの重さを計算しなさい。

水素

一酸化炭素(CO)

二酸化炭素(CO₂)

硫化水素(H₂S)

硫化水素(H₂S)

プロパン(C₃H₈)

3) 同じモル数の気体は同じ体積なので、それぞれの気体の重さはその気体1モルの重さに比例する。空気より重い気体と軽い気体に分けてみよう。

練習問題（中間テストの範囲を除く）

(問1) 次の元素の価電子の数、不対電子の数、原子価を書け。

	窒素	リン	臭素	酸素	ヨウ素	炭素	フッ素	ケイ素	塩素
価電子の数									
不対電子の数									
原子価									

(問2) 次の分子の電子式と構造式を書いて、その分子の形を図から選べ。

	H ₂	CO ₂	CH ₄	O ₂	NH ₃	N ₂	C ₂ H ₂	Cl ₂	HCl	CH ₃ OH
電子式										
構造式										
分子の形										

(問3) 次の物質を結合の種類で分けなさい。

HCl, H₂O, Al, NaCl, CO₂, NH₃, CaCl, SO₂, KF, MgSO₄, Na, CaO

共有結合	A
イオン結合	B
金属結合	C

(問4) 次の物質の固体(結晶)について、A,B,C,D,Eについて該当するものを選んで表を完成さなさい。(ドライアイスと氷は分子内ではなく分子間の結びつきについて考えること)

		アルミニウム	ドライアイス	食塩	水	ダイヤモンド
A)結晶の種類		1	2	3	4	5
B)原子,イオン,分子間の結合		6	7	8	9	10
結晶の性質	C)導電性	11	12	13	14	15
	D)延性・展性	16	17	18	19	20
	E)融点	21	22	4	23	24

A: 結晶の種類 [1: 共有結合結晶 2: イオン結晶 3: 金属結晶 4: 分子結晶]

B：原子,イオン,分子間の結合

[1：静電気力, 2：電子の共有, 3：ファンデルワールスカ 4：自由電子
5：水素結合]

C：導電性 [1：あり 2：なし]

D：延性・展性 [1：あり 2：なし]

E：沸点/融点 [1：-79℃で昇華 2：3550℃ 3：0℃ 4：801℃ 5：660℃]

(問5) 次の分子で極性のあるものはマイナスになる原子の元素記号をカッコ内に書け。

極性がない場合はカッコ内に「なし」と記入せよ。

塩素分子(a), 水分子(b), 塩化水素分子(c), 二酸化炭素分子(d),
窒素分子 (e), ヘリウム分子 (f), メタン分子 (g), アンモニア分
子 (h)