

問題 6 : 希ガスの発見

問題 5 で扱った H_2 , N_2 , O_2 , CO_2 や CH_4 をはじめとした分子は原子間の化学結合により形成されている。19 世紀に価数の概念は存在したが、化学結合の裏にひそむこの基本原理は長年明らかにされなかった。皮肉にも、反応性に乏しい希ガスの発見が、希ガス以外の元素がなぜ化学結合を形成するかという問いに手がかりを与えた。

1882 年にレイリーは、プラウトの仮説を検証するため、気体の密度を正確に再決定することを試みた。

6-1. プラウトの仮説とは何か？プラウトはどのような証拠を用いて仮説を支持したか？

(インターネットや他の情報源を使って調べよ)

酸素を除去して高純度な窒素を精製するため、レイリーはラムゼーにより推奨された方法を適用した。空気を液体アンモニア中に通じ、続いて赤熱した銅を含む管に通すと、管内では空気中の酸素がアンモニア分子の水素により消費された。過剰のアンモニアは硫酸を用いて除去した。水も除去された。銅は接触表面積を増加させて用いられ、指示薬としても働いた。すなわち、銅が輝きを呈している間はアンモニアが反応していることを示すことになる。

6-2. アンモニア分子の水素が空気中の酸素を消費する化学当量反応式を示せ。空気の組成(体積比)は、窒素 78%、酸素 21%、アルゴン 1%であるとせよ(レイリーは知らない)。反応式には空気中の窒素とアルゴンを含めて記せ。

6-3. 上記の測定により得られる窒素の密度をもとに窒素の分子量を計算せよ。ここで、レイリーは当初知らなかったことだが、アルゴンは窒素の密度に寄与したとする。(原子量 : $\text{N} = 14.0067$, $\text{Ar} = 39.948$)

レイリーは、赤熱した銅に直接空気を通ずることによっても窒素を生成させた。

6-4. 赤熱した銅によって空気中の酸素が消費される化学当量反応式を記せ。反応式には空気中の窒素とアルゴンを含めて記せ。

6-5. 二番目の測定法により得られる窒素の密度をもとに、窒素の分子量を計算せよ。

6-6. レイリーが驚いたことに、二種の方法により得られた密度には約 1/1000 の違いが見られ、その違いは小さいが再現した。6-3 と 6-5 の解答からその違いを明らかにせよ。

6-7. この密度の違いを拡大してみせるため、レイリーはアンモニアを用いる測定において空気の代わりに高純度な酸素を用いた。この変更は密度の違いにどのような影響を与えるか？

6-8. 空気中の酸素のみならず窒素も熱したマグネシウム(銅よりも反応性が高い)との反応により除去された。すると、空気中の約 1%を占める新しい気体が単離された。新しく単離された気体の密度は空気の密度の約()倍であった。

6-9. 5cc の空気から単離された新しい気体に未知のスペクトルが現れた。最も特徴的であったことは、定圧熱容量と定容熱容量の比(C_p/C_v)が 5/3 と、とりうる最大値を示したことである。この観察結果は、分子運動すべてが()に由来することを示した。従って、アルゴンは単原子ガスである。

(1) 電子 (2) 振動 (3) 回転 (4) 並進

6-10. 10 m x 10 m x 10 m の大きさの広間内に存在するアルゴンの標準状態における重量を計算せよ。

1894 年にレイリーとラムゼーはアルゴンの発見を発表した。他の希ガス(He, Ne, Kr, Xe)も次々に発見され、周期表には新しいグループが追加された。その結果、レイリーとラムゼーはそれぞれノーベル物理学賞、化学賞を 1904 年に受賞した。

6-11. 元素名にはギリシャ語やラテン語を起源とするものがあり、その元素の特徴や発見の状況を表している。下記の元素名とその意味を結べ。

ヘリウム ●	● 新しい
ネオン ●	● 見知らぬ
アルゴン ●	● 怠慢な
クリプトン ●	● 隠れた
キセノン ●	● 太陽