

2.3 原子の組成

原子の主構成成分は**電子(electron)**、**陽子(proton)**、**中性子(neutron)**です。原子の**核(nucleus)**又は芯は陽子と中性子とから出来ています。電子は核の周りの空間に見出されます(Fig. 2.10)。正味の電荷を持たない原子では、核の周りの負に帯電した電子の数と同数の正に帯電した陽子が核にあります。

Fig. 2.10 全ての原子は一つ又はそれ以上の陽子(正に帯電した)からなり、そして一般には少なくとも同数の中性子(電荷のない)が極端に小さな核に包み込まれています。電子(負に帯電した)は核の周りに雲のように空間に配置しています。電氣的に中性な原子の電子の数は陽子の数に等しくなります。

原子は極端に小さく；典型的な原子の半径は 30–300 pm(3×10^{-10} m)です。原子の信じがたい小ささを例えると、茶匙一杯の水(約 1cm^3)に含まれる原子の数は大西洋の水を茶匙ですくう回数の三倍にもなります。

同じ元素の原子は全て核に同数の陽子を持ちます。この数を**原子番号(atomic number)**と呼び、記号 **Z** で示します。教科書の裏表紙の周期表では、各元素の原子番号は元素記号の上に示されています。例えばナトリウム原子は 11 個の陽子を含む核を持ち、原子番号は 11、ウラニウム原子は 92 の核陽子を持ち、 $Z=92$ です。

時刻や経度が、英国のグリニッチの時間と経度に対して標準化されているのと同様に、原子の質量の尺度も、ある一つの標準に対して相対化されています。その標準は炭素原子の質量です、その核には 6 個の陽子と 6 個の中性子があります。そのような原子を正確に 12 **原子質量単位(atomic mass unit)**(12 amu)の質量を持っていると定義します、すなわち $1\text{amu} = 1/12 \times$ (核に 6 個の陽子と 6 個の中性子を持つ炭素原子の質量) です。他の全ての元素の質量は、この質量に対して相対的に決められます。例えば、実験が示すように酸素原子は平均で炭素原子よりも 1.33 倍重く、よって酸素原子の質量は $1.33 \times 12.0\text{amu}$, 16 amu になります。

原子に含まれる基本粒子の質量は実験的に決定されてきました(Tab. 2.1)。陽子と中性子は 1 amu に非常に近く、一方で電子は 2000 倍程、軽いことに注目して下さい。

TABLE 2.1 原子内粒子の性質

原子質量の相対尺度が確立すると、核組成の分かっている原子の質量が評価出来ます。陽子と中性子は 1 amu に近い質量なので、その差はしばしば無視されます。電子は軽いので、多数であっても原子の質量に大きな影響は与えません。従って、原子の質量評価は、ただ原子の陽子と中性子の数を足し合わせればよいのです。その結果をその原子の特有の**質量数(mass number)**と呼び、記号 **A** で示します。例えば、ナトリウム原子は 11 個の陽子と 12 個の中性子をその核に持ちます；その質量数 A は 23 です。ウラニウムの最も一般的な原子は 92 個の陽子と 146 個の中性子を持ち、よって $A=238$ です。組成の分る原子は次のような表記法に従って記号で表せます。



(元素記号で原子番号が分かるので、下付文字 Z の表示は自由選択です)。例えば以前に記したナトリウム原子の記号は ${}^{23}_{11}\text{Na}$ 又は単に ${}^{23}\text{Na}$ です。言葉ではナトリウム 23 と言います。

原子の実際の質量は、質量分析器を用いて実験的に決定できます(Fig. 2.11)。実際の質量は近似的には質量数と等しいけれども、観測される実際の質量は整数ではありません(${}^{12}\text{C}$ を除いて、これは定義により正確に 12 です)。例えば、32 個の中性子を持つ鉄原子 ${}^{56}\text{Fe}$ の質量は 57.9333 amu、すこし質量数より小さい値です。

Fig. 2.11 質量分析器とスペクトル。(a) 気体を真空にされた管に注入します。電子ビームが中性の原子あるいは分子から電子をはじき出し、試料の一部をイオン化します。帯電した極板を使って正イオンがスリットに向かって加速され、装置の別の部分に入ります。第一番目のスリットを通った正イオンはその経路に対して垂直の電場に移動します、そこでイオンの電荷と質量の比によって決められる曲線経路を移動します。二番目のスリットの後ろにある検知器がこのスリットを通った電荷を持った粒子を検知します。(ここでは磁場は炭素-12 イオンが二番目のスリットに当たるように調節され、ヘリウム-4 イオンより質量の少ないビームは大きく曲がり、目標のスリットに当たらない調節されています) (b) 質量分析器でアンチモンの異なる同位体が形成するイオンの分離の結果。主なピークは最も豊富にある同位体、アンチモン-121 に対応します。アンチモン同位体の相対存在分率を示します。

例題 2.1 原子組成

練習問題 2.3 原子組成