

第1章 物理的な概念

電子管 (electron tube) は、完全にあるいは一部排気した容器の中に、いくつかの電極が入っている装置である。そのような装置の有用性は、電極の電圧によって通る電流の大きさを制御できる能力に由来する。電子管という用語から示唆されるように、すべての種類の電子管の動作は、管の内部の電子 (electrons) の動きに依存している。電子は、既知の最も小さな素粒子で、その質量は 9.03×10^{-28} g で、 16×10^{-20} coulomb すなわち 4.8×10^{-10} 静電単位 の負の電荷 e を持っている。多くの種類の電子管の動作は、物質を構成している別の基本的な粒子の分離と運動にも依存している。この理由から、これらの基本的な粒子の振る舞いを支配する根本的な過程を簡潔に論じることは、電子管とその応用を研究するのに役立つ。

1-1 励起，イオン化，放射

電子の質量は、原子の質量よりはるかに小さく、最も軽い原子である水素の質量は、電子の質量の約 1800 倍である。原子の質量の大部分は、原子核 (nucleus) が占めている。原子核は、帯電した粒子と中性の粒子の安定した組み合わせであり、正味の正電荷は、元素の原子番号と等しい。原子は、相対的にゆるく結び付けられている電子を持っており、その数は普通は原子番号と等しい。したがって、普通の原子は中性である。

実験により、原子は運動エネルギーを持っているだけでなく、内部にエネルギーを吸収できることがわかっている。内部のエネルギーは、原子を構成している粒子の配置に関連している。内部のエネルギーは、量子 (quanta) という離散的な量でしか変わらない。したがって、原子は、内部のエネルギーの量によって特徴付けられる限定された安定な状態 (states) でのみ存在する。通常の状態では、原子は基底状態 (normal state) という内部エネルギーが最小の状態にある可能性が最も高い。原子の内部エネルギーが基底状態を超えると、励起状態にある (excited) といわれる。励起を引き起こすには、原子に高速で運動する正または負の粒子が衝突することにより、運動エネルギーの一部またはすべてを衝突時に原子に渡すなど、いくつかの手段がある。励起の限定的な場合がイオン化 (ionization) であり、ゆるく結合された電子を、原子内に留めようとする静電力に逆らって原子から引き離せるだけのエネルギーが原子に吸収された状態である。1 個以上の電子を失った原子は、イオン化された (ionized) といわれ、正イオンの一種である。2 個以上のエネルギー量子を吸収して励起またはイオン化が連続して起こることもある。

励起された原子がより低いエネルギーの状態に戻る際に、通常電磁放射を伴う。原子のエネルギーは離散的な値しか取れないので、元のエネルギー状態から他の

エネルギーの低い状態への変化に対応する放射された電磁エネルギーは、限定された光量子 (photon) と呼ばれる電磁エネルギー量子の放出と常に結び付いている。放射されたエネルギーの周波数は、 $W_1 - W_2 = h\nu$ という関係によって決定される。ここで、 W_1 と W_2 はそれぞれ原子の最初と最後の状態のエネルギーで、 h はプランク定数 (Planck's constant) という普遍的な定数 (6.55×10^{-27} erg-sec) で、 ν は放射されたエネルギーの周波数であり、単位は Hz である。この関係式の形から、量 $h\nu$ は放出された光量子のエネルギーであることがわかる。元素の放射スペクトルの各線は、元素の原子の、あるエネルギー状態から別の低い内部エネルギー状態への遷移を表している。

光量子は、原子や分子との相互作用において、素材の粒子の特徴をいくつか示す。光量子は、あたかもエネルギーのかたまりのような振る舞いをする。原子と、内部エネルギーの変化に必要とされるエネルギーを持つ光量子の衝突により、原子が励起されることがある。原子から電子を取り除くのに必要なエネルギー以上のエネルギーを持つ光量子が衝突すると、衝突により原子のイオン化が起こることもある。

励起、イオン化、放射という現象を説明する原子の構造を描こうという試みが、いくつか行なわれてきた。もっともうまくいったものは、Bohr が提案したもので、惑星が太陽の周りを運動するのと同じように、1 個以上の電子が原子の原子核を中心として運動するという仮定に基づいている。内部エネルギーの値が限定されるという観測結果を説明するために、電子は決まった軌道の中だけを運動することができ、1 個以上の電子が元の軌道から原子核からより離れた他の軌道に突然に移るときに原子の内部エネルギーが増える、と仮定された。放射は 1 個以上の電子が元の軌道からより原子核に近い他の軌道に飛び移るときに起こると仮定された。このような描写は、主に、観測された現象を説明したり、他の現象を予測したりする能力において価値がある。3 個以上の軌道電子を持つ原子の振る舞いは複雑なので、Bohr による原子の描写の有用性は、水素とヘリウム原子に限定される。

励起、イオン化、放射の現象は、分子についても観測される。分子はより複雑で、内部エネルギーの一部は、分子を構成している原子の振動や回転運動によるものであるという事実から、分子は同じ元素の原子よりも多くの安定状態を持つ。

1-2 電子ボルト

帯電した粒子が自由空間において電界によって加速されたときに得たエネルギーは、電荷に最初と最後の位置の電位差を掛けたものと等しいので、運動量の増加の測度として電位差を使うことがある。事実、任意のエネルギーの量を、「電子ボルト」で表してよい。電子ボルト (electron volt) は、自由空間において 1 個の電子が 1 ボルトの電位差によって加速されたときに得たエネルギーの量である。原子や分子のイオン化や励起に必要なエネルギーを電子ボルトで表すと、しばしば都合がよい。