

[1] ド・ブロイ波（物質波）とは何かを、式を用いて説明しなさい。

ド・ブロイは、波動性を持つと考えられてきた光が粒子性を示すのであれば、従来粒子と考えられてきた電子などにも波動性が伴うと考え、これを物質波（ド・ブロイ波）と提唱した。質量 m の粒子が速度 v で運動するとき、その運動量 $p = mv$ に対応する物質波の波長 λ は、次式で与えられる（ h はプランク定数）。

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

[2] 化学反応の自発性を議論する際に、エントロピーとギブズエネルギーを用いる方法の違いを説明しなさい。

化学反応の自発性をエントロピーで議論する場合、系のエントロピー変化 ΔS_{sys} のみでは不十分であり、外界のエントロピー変化 ΔS_{surr} を含めた宇宙全体のエントロピー変化

$$\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}}$$

を考える必要がある。一方、一定温度・一定圧力の条件下では、外界を明示的に考慮せず、系のギブズエネルギー変化 ΔG のみによって自発性を判断できる。すなわち、 $\Delta S_{\text{univ}} > 0$ のときは自発的に進行し、同様に $\Delta G < 0$ のときも反応は自発的に進行する。

[3] 反応速度定数と活性化エネルギーの関係について、アレニウスの式を用いて説明しなさい。あわせて、温度が反応速度に与える影響にも言及しなさい。

反応速度定数 k と活性化エネルギー E_a の関係は、アレニウスの式によって表される。

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

ここで A は頻度因子、 R は気体定数、 T は絶対温度である。この式は、反応が進行するためには活性化エネルギー E_a を超えることが必要であることを示している。活性化エネルギー E_a が大きいほど、反応速度定数 k は小さくなり、また、温度 T が上昇すると、反応速度定数 k は指数関数的に増大する。