7 振幅の時間依存性

7.1 静止している原子; 定常状態

”粒子が正確に決まったエネルギーを持つ”ことは粒子が永久に持続するときのみに成り立つ．つまり

- 原子; 励起状態から電磁相互作用によってエネルギーを電磁波として放出する
- 原子核;(原子に同じ)
- 原子核より軽い原子; より軽い粒子に崩壊する

といった過程を近似により考慮しない場合のみに成り立つ．ただし, この章では上のような場合を考慮しないことにする．

静止している原子が静止エネルギー E_0 を持っているとする．このとき原子をある場所に発見する確率振幅はどこでも位置によらない同じ値を持つ．ここで, 振幅の位相は点から点に移るに従って変化しうるが, 静止している原子の場合, 振幅は全く同じになる[*1]．

ここで, 時刻 t における空間内の任意の点 (x,y,z) における振幅が

$$ae^{-i(E_0/\hbar)t} \tag{7.1}$$

のように, 時間の関数として表されると仮定する．

ある決まったエネルギー準位にある原子は定常状態にある．これは, 振幅が (**??**) から与えられ, 確率は時間に依存しないことからわかる．

また, 異なるエネルギーを持つ２つの違った状態を混ぜあわせた”状態”があるとすると２つの状態のそれぞれの振幅は

$$e^{-i(E_1/\hbar)t} \quad \text{および} \quad e^{-i(E_2/\hbar)t} \tag{7.3}$$

のように時間的に変化する．そしてこの２つのある組み合わせになっていると干渉が起き, 確率が時間的に変化する[*2]．静止している粒子については, これで終わり．

[*1] これは不確定性関係 $\Delta p \Delta x = \hbar$ から, 運動量の不確定さが 0 であるとき位置の不確定さが無限大にならなくてはならない, ということから成り立つことがわかる．

[*2] これらのエネルギーの両方にある一定の値を加えても, 確率は変化しない．つまり, 任意のエネルギースケールを用いることが可能であり, 基底状態のエネルギーを原点にとったり, 静止質量をエネルギーの原点に取ると都合が良いこともある．