

スピノ何?

(清丸「量子場の基礎」 §1.2 脚注1) の(4)の説明)

(注) エとか何とかの係数とか符号は略す!
 だが、光子のスピノを考える。

電磁場の E, B は、 (A, ϕ) から導かれる。
 (A, ϕ) が「基本変数」になる。

$\phi=0$ の真空中を考える。

$$E = -\frac{\partial A}{\partial t}, \quad B = \nabla \times A$$

電磁場の運動量 $\propto \int (E \times B) d^3r$ なの?
 角運動量は、

$$J \propto \int r \times (E \times B) d^3r$$

↑ 中心からの
距離

$$\propto \int r \times (A \times (\nabla \times A)) d^3r$$

これをみると、 r と ∇ があるの、 ∇ が r にかかると、 r も ∇ も含まれるようになる。
 あり!

電場の電流と

場の内部回転

$$\mathbf{J}_s \propto \int (\mathbf{A} \times \mathbf{A}) d^3r$$

となる。(残りの \mathbf{J} は軌道角運動量)

もし \mathbf{A} が、時々刻々向きを変えたと

$\mathbf{A} \times \mathbf{A}$ となるので $\mathbf{J}_s \neq 0$ となる。

これが電磁場の「intrinsic angular momentum」

であるが、電磁場を量子化すると

電場の光子のスピンになる。

$$\mathbf{J}_s = \sum \text{光子のスピン}$$

($\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$ かつ $\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$ では、 $\mathbf{k} \cdot \mathbf{A} = 0$ となる。 $\mathbf{J}_s \parallel \mathbf{k}$ となる、スピンは横電波方向) となる。これは光子の特性である。

さて、電子も光子のまねをして場の基底状態に似た状態になる。すると、 \mathbf{A} が右に

回ると「場の内部回転」が \mathbf{J} に現れる。これが電子のスピンです。