

§

$F=E+IB$ 在 Clifford 代數框架中的(古典力學)電磁場

$$\nabla F = J = \rho - \vec{j} \quad (\text{Maxwell 方程})$$

$$J^\mu(x) = c \bar{\psi}(x) \gamma^\mu \psi(x) \quad \text{量子場論的 Dirac 場(電流密度)}$$

物質產生電磁場，電磁場影響物質場：

1. Dirac 場 $\psi(x)$ 透過 $J^\mu = c \bar{\psi}(x) \gamma^\mu \psi(x)$ 產生電流 J^μ
2. 這個電流 J^μ 作為源，透過 $\nabla F = J^\mu$ 產生電磁場 F (及其對應的四維勢 A_μ)
3. 電磁場勢 A_μ 透過耦合後的 Dirac 方程影響 $\psi(x)$ 的演化。

$$(i\gamma^\mu (\partial_\mu + iqA_\mu) - m)\psi = 0$$

這兩個方程構成一個自洽(self-consistent)的系統。