

以下ではまず，古典の電磁気学を考えよう．電磁場中の電子の運動方程式は，

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -e(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (0.0.1)$$

と書けるのであった．電磁場中の電子のハミルトニアンは，

電磁場中の電子のハミルトニアン

$$H = \frac{1}{2m} (\mathbf{p} + e\mathbf{A})^2 - e\phi \quad (0.0.2)$$

である．ただし  $\mathbf{A}$  はベクトルポテンシャルで，

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \nabla \phi \quad (0.0.3)$$

$$\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A} \quad (0.0.4)$$

を満たす．本節では  $U(1)$ <sup>1</sup>Gauge 対称性を扱い説明し電磁場の起源を探る．

<sup>1</sup>Unitary

