

§ Spinors in Physics

第 1 章：旋量的起源與基本概念

1. 旋量和向量、張量的區別。
2. $SU(2)$ 與 $SO(3)$ 的關係：旋量是 $SO(3)$ 的「雙覆蓋表示」。
3. 720° 才能回復的直觀例子（咖啡杯實驗）。
4. 群論基礎：Lie 群與 Lie 代數。

第 2 章：Pauli 旋量

1. 二分量旋量（Pauli spinors）。
2. Pauli 矩陣與 $SU(2)$ 表示。
3. 自旋 $1/2$ 的量子力學形式化。
4. Stern – Gerlach 實驗與自旋測量。
5. 自旋算子的代數結構。

第 3 章：相對論性旋量與 Weyl 旋量

1. Lorentz 群 $SO(3,1)$ 及其雙覆蓋 $SL(2,C)$ 。
2. 二分量 Weyl 旋量：質量零粒子的描述。
3. 左旋、右旋（chirality）的數學形式。
4. 中微子理論中的 Weyl 旋量。

第 4 章：Dirac 旋量

1. 四分量旋量的引入。
2. 狄拉克方程的推導：將相對論與量子力學結合。
3. 正能量與負能量解的物理解釋。
4. 狄拉克矩陣與 Clifford 代數。
5. 電子與正電子的旋量描述。

第 5 章：Majorana 旋量

1. Majorana 表述：旋量等於自身的電荷共軛。
2. Majorana 粒子的可能性（例如中微子）。
3. 實旋量（real spinors）與對稱性。

第 6 章：旋量與幾何

1. Clifford 代數與 Spin 群。

2. $\text{Spin}(n)$ 與 $\text{SO}(n)$ 的關聯。
3. 流形上的旋量場 (spinor field)。
4. 旋量在微分幾何與引力理論中的地位。
5. Dirac 算子與自旋幾何的基礎。

第 7 章：旋量在物理學中的應用

1. 量子場論 (QFT) 中的旋量場。
2. 費米 - 狄拉克統計與自旋統計定理。
3. 規範場與旋量：量子電動力學 (QED)。
4. 弦論、超對稱中的旋量簡介。

第 8 章：哲學與歷史觀點

1. 狄拉克、Weyl、Majorana 對旋量的貢獻。
2. 龐加萊與洛倫茲對相對論基礎的影響（呼應他對科學史的興趣）。
3. 旋量不僅是數學工具，而是理解物理世界的深層結構。

總結

Jean Hladik 的這本書有幾個特色：

1. 由淺入深：從 $\text{SU}(2)$ 的二分量旋量講起，一直推進到 Dirac 與 Majorana。
1. 兼顧數學與物理：每一章既有嚴謹的群論、代數推導，又有物理直觀的解釋。
2. 科學史視角：Hladik 對愛因斯坦、龐加萊等人的角色非常關注，這種風格也滲透在他講旋量的方式裡。