

洛倫茲

bee*

114.08.27

一個神祕高手，對我而言！

摘要

本文概述荷蘭物理學家亨德里克 安東 洛倫茲 (H. A. Lorentz) 的生平與主要科學成就：電子理論、洛倫茲力、洛倫茲變換與洛倫茲—洛倫茲關係。

我很難寫下心得，雖然是 19 世紀末、20 世紀初的科學貢獻，但太難了！¹

1. 生平

- **1853**：生於荷蘭阿納姆 (Arnhem)。
- **1875**：萊頓大學博士 (電磁光學)。
- **1878–1912**：任萊頓大學理論物理教授，建立歐陸重要理論物理中心。
- **1892–1904**：發展電子理論、提出「局部時間」、完成洛倫茲變換的成熟形式。
- **1902**：與彼得·齊曼 (P. Zeeman) 因齊曼效應獲諾貝爾物理學獎。
- **1912–1928**：任哈勒姆泰勒斯博物館 (Teylers) 實驗室主任，並持續在萊頓講學。
- **1918**：獲皇家學會科普利獎章。
- **1926**：主持祖德海工程潮汐委員會 (俗稱「洛倫茲委員會」)，建立潮汐方程。

*bee 美麗之家: <http://www.beehome.idv.tw>

¹本文來自於 Chatgpt 的資料整理，與我在完美的理論一書中的閱讀收穫。

- **1928**：於哈勒姆辭世。愛因斯坦在追悼文稱其為「我們大家的導師」。

看完洛倫茲的生平，真是一位有重大貢獻的理論物理學家。深感驚奇！

【問題】：為什麼洛倫茲會研究「局部時間」呢？他看到甚麼？又，他的想法是怎樣產生的？洛倫茲變換的產生，到底是怎樣的神來一筆呢？

2. 科學貢獻一：電子理論、色散與齊曼效應

- 電子理論 (1892–1904)：將物質視為帶電電子與帶正電的載體所構成，光與物質的作用以電子受迫振盪來描述。由此推得折射律、色散與吸收——即今日教科書裡的洛倫茲振子模型。
- 齊曼效應 (1896)：用電子理論預言光譜線在磁場中會分裂；齊曼實驗證實後，兩人因此於 1902 年同獲諾貝爾獎，確立「光譜—原子結構—電磁學」的關聯。

怎樣都覺得這成就很驚人，不清楚大學物理系畢業的學生，是否可以清楚這些成就。

3. 科學貢獻二：洛倫茲力與帶電粒子運動

在經典電動力學中，帶電粒子的受力為

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}), \quad (1)$$

稱為【洛倫茲力】。在相對論形式下可寫為四維

$$F^\mu = q F^{\mu\nu} u_\nu, \quad (2)$$

其中 $F^{\mu\nu}$ 為電磁場張量， u^ν 為四速度；此一協變寫法貫穿現代加速器物理與場論。

【問題】：好想知道張量的發展歷史，並迅速的進入張量的世界。

4. 科學貢獻三：洛倫茲變換、局部時間與相對論基礎

爲使麥克斯威方程在不同慣性系下保持形式不變，他引入局部時間與長度收縮觀念，最終給出保持光速 c 不變的座標變換：

$$\begin{aligned} x' &= \gamma(x - vt), & t' &= \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right), \\ y' &= y, & z' &= z, & \gamma &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \end{aligned} \quad (3)$$

這就是洛倫茲變換。

愛因斯坦（1905）以相對性原理與光速不變爲公設，將之升華爲狹義相對論；但數學骨架與對稱群（洛倫茲群）的奠基，洛倫茲功不可沒。

我們可以從愛因斯坦的假設出發，利用線性變換得到洛倫茲變換，這個推論是我們可以理解的。

5. 洛倫茲—洛倫茲關係與介質光學

- Ludvig Lorenz（丹麥）先在 1869 年從光學出發推得折射率與密度（極化率）關係。
- Hendrik A. Lorentz（荷蘭）隨後在 1878 年以電磁電子理論獨立得到同一公式；教科書常見的「1880 年」其實多是後來的約定寫法，較新的史料指出 1878 才是他首次提出的年份。

這就是爲什麼今天叫做洛倫茲—洛倫茲關係（Lorentz–Lorentz relation）。它與更早的 Clausius–Mossotti 關係（把介電常數與極化率相連，19 世紀中期）密切相關，不過 Lorentz–Lorentz 公式是用折射率 n 表述：

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{4\pi}{3} N\alpha, \quad (4)$$

其中 N 是粒子數密度、 α 是微觀極化率。

6. Chapgtp 的結論：歷史地位

他把麥克斯威電磁學「相容於運動」這個難題徹底打通，爲狹義相對論鋪下數學道路，也用電子理論把光學、光譜與物質結構連了起來——從方程到工程，從觀念到制度，他是 20 世紀物理學的地基工程師。

7. 心得

以前念書的過程中，從來不認識洛倫茲大師。現在閱讀洛倫茲的生平與貢獻，看到從 19 世紀到 20 世紀，不管是數學還是物理，其發展都相當驚人。

人生在世，不一定要有重大的貢獻，但是，如果可以從大師的貢獻分享一些發現科學的喜悅，是一種福氣。

是不是應該也把這種喜悅分享給學生呢？

我們懂得多，說的平易，分享才有其意義！加油！