# 第 6 章 相对论的建立和发展

## 6.1 历史背景

相对论是现代物理学的重要基石。它的建立是 20 世纪自然科学最伟大的发现之一，对物理学、天文学乃至哲学思想都有深远影响。

相对论是科学技术发展到一定阶段的必然产物，是电磁理论合乎逻辑的继续和发展，是物理学各有关分支又一次综合的结果。在第 5 章中我们已经介绍了以太漂移实验的否定结果。这些结果促使人们对以太和绝对坐标系的存在产生怀疑。表 6 – 1 列举了 1908 年以前一些著名的以太漂移实验。

**表 6 – 1 著名的以太漂移实验[[1]](#footnote-1)**

|  |  |
| --- | --- |
| 光行差实验 | 布拉德雷（1728），阿拉果（1810），（爱里1871） |
| 部分曳引实验 | 斐索（1851），霍克（1868），迈克耳孙-莫雷 （1886），肯定了菲涅耳部分曳引假说。 |
| 偏振面旋转实验 | 法拉第（1845 年发现），玛斯卡特（1872），瑞利 （1902），布雷斯（1905），洛仑兹理论预计有 10−4 的效应，实验未得到。 |
| 干涉仪实验 | 迈克耳孙（1881），迈克耳孙-莫雷（1887），有利于斯托克斯完全曳引假说 |
| 转盘实验 | 洛奇（1892） |
| 磁流实验 | 洛奇（1897），对拉摩理论有很大影响。 |
| 双折射实验 | 瑞利（1902），布雷斯（1904），精度达 10−13。 |
| 电容器扭转实验 | 特劳顿与诺伯尔（1903） |
| 电阻实验 | 特劳顿与兰金（1908） |
| 单极感应实验 | 法拉第（1831 年发现），勒赫特（1895），找不到统一的解释。 |

19 世纪后半叶，光速的精确测定为光速的不变性提供了实验依据。

与此同时，电磁理论也为光速的不变性提供了理论依据。1865 年麦克斯韦在《电磁场的动力学理论》一文中，就从波动方程得出了电磁波的传播速度。并且证明，电磁波的传播速度只取决于传播介质的性质。

1890 年赫兹把麦克斯韦电磁场方程改造得更为简洁。他明确指出，电磁波的波速（即光速）*c*，与波源的运动速度无关。可见，从电磁理论出发，光速的不变性是很自然的结论。然而这个结论却与力学中的伽利略变换抵触。

为了解决这些矛盾，洛伦兹在 1892 年一方面提出了长度收缩假说，用以解释以太漂移的零结果；另一方面发展了动体的电动力学。他假设以太是绝对静止的，从他的电磁理论推出了菲涅耳曳引系数。随后，又在 1895 年与 1904 年先后提出一阶与二阶变换理论，建立一组变换方程（洛伦兹变换）

*γ* =（1 − *v*²/*c*²）−1/2 （6 – 1）

*x*′ = *γ*（*x* − *vt*），*y*′ = *y*，*z*′ = *z*，*t*′ = *γ*（*t* − *vx*/*c*²） （6 – 2）

从而把一个时空坐标系（*x*′，*y*′，*z*′，*t*）与另一个以不变速度 *v* 相对于它运动的时空坐标系（*x*，*y*，*z*，*t*）联系起来。

然而尽管他的理论能够解释一些现象（例如能解释为什么探测不到地球相对于以太的运动），但却是在保留以太的前提下，采取修补的办法，人为地引入了大量假设，致使概念繁琐，理论庞杂，缺乏逻辑的完备性和体系的严密性。洛伦兹提出的时空变换方程在形式上与后来爱因斯坦的狭义相对论几乎完全相同，但是仍然没有跳出绝对时空观的框架。他已经走到了狭义相对论的边缘，却没有能够创立狭义相对论。

还有一位英国物理学家，名叫拉摩（Joseph Larmor，1857—1942），他以发现在外磁场中转动的电子的进动（1895 年）而闻名于世，1898 年完成《以太和物质》一文，文中不仅包含精确的变换方程（方程（6 – 1）和方程（6 – 2）），而且还推出了费兹杰惹-洛伦兹长度收缩假设。有证据证明，拉摩的工作独立于洛伦兹，而且早于洛伦兹。[[2]](#footnote-2)

法国著名科学家彭加勒（Henri Poincarè）对洛伦兹理论起过积极作用。他在1895年就对用长度收缩假说解释以太漂移的零结果表示不同看法。



图 6 – 1 彭加勒

1898 年，他在《时间的测量》一文中指出：“我们对于两个时间间隔的相等没有直觉。——要从时间测量的定量问题中分离出同时性的定性问题是困难的。”

1902 年，彭加勒在他的《科学的假设》一书中，对牛顿的绝对时空提出质疑。他写道：

“1．没有绝对空间，我们能够设想的只是相对运动；可是通常阐明力学事实时，就好像绝对空间存在一样，而把力学事实归诸于绝对空间。

2．没有绝对时间；说两个持续时间相等是一种本身毫无意义的主张，只有通过约定才能得到这一主张。

3．不仅我们对两个持续时间相等没有直接的直觉，而且我们甚至对发生在不同地点的两个事件的同时性也没有直接的直觉。

4．力学事实是根据非欧几里得空间陈述的，非欧几里得空间虽说是一种不怎么方便的向导，但它却像我们通常的空间一样合理。”[[3]](#footnote-3)

1904 年彭加勒第一次提出“相对性原理”。他在一次演说中讲道：

“相对性原理（就是）根据这个原理，不管是对于固定不动的观察者还是对于一个匀速平移着的观察者来说，各种物理现象的规律应该是相同的；因此，我们既没有，也不可能有任何方法来判断我们是否处于匀速运动之中。”[[4]](#footnote-4)

他把局域时当作物理概念来研究，考虑处于匀速相对运动的两个观察者，他们希望用光信号使他们的钟同步，他指出：“用这种方法调节的钟，不会标志出真正的时间，它们所标志的是我们所称的局域时，根据相对性原理的要求，不可能知道自己是在静止中还是在做绝对运动。”

他接着说：“不幸的是（这一推理）并不充分，还需要补充假设，人们应该假设，运动着的物体在它们的运动方向上受到均匀的收缩。”彭加勒走到了相对论的大门，却止步在收缩假说前。

彭加勒的这篇演讲词以惊人的预见力结束，他写道：

“也许我们还要构造一种全新的力学，我们只不过是成功地瞥见到它，在这种力学中，惯性随速度而增加，光速会变为不可逾越的极限。通常的比较简单的力学可能依然是一级近似，因为它对不太大的速度还是正确的，以至于在新动力学中还可以找到旧动力学。”

但是，他接着又说：“我急于要说的是，我们现在仍未达到这种地步，直到目前为止，还没有任何东西证明（旧原理）不会胜出，并且经过斗争保持纯净”[[5]](#footnote-5)。

1905 年，彭加勒先后完成了两篇题为《电子的电动力学》的论文，他从光行差及其有关现象以及迈克耳孙的工作，得出结论：“看来，表明绝对运动的不可能性是自然界的普遍规律”。他还对洛伦兹变换进行加工整理，使它的数学形式更加简洁。他指出，与洛伦兹变换相关的是不同参照系里测量到的空间和时间的坐标，因此是一种真实的变换。于是，长度收缩不再是为了解释某一实验而引起的特设假定，而是满足物理学的相对性原理的结果。

显然，此时彭加勒已经非常接近狭义相对论的实质，不过他的论文还没有正式发表，爱因斯坦的划时代文献《论动体的电动力学》就已经问世了。

1. 详见：郭奕玲，沈慧君.著名经典物理实验.北京科技出版社，1991.第 23 至 27 章。 [↑](#footnote-ref-1)
2. Pais A.Subtle is the Lord....Oxford Univ.Press，1982.126 [↑](#footnote-ref-2)
3. 彭加勒著，李醒民译.科学的价值.光明日报出版社，1988：73 ~ 74 [↑](#footnote-ref-3)
4. 转引自：杨建邺著.窥见上帝秘密的人——爱因斯坦传.海南出版社，2003.159 ~ 160 [↑](#footnote-ref-4)
5. Pais A.Subtle is the Lord....Oxford Univ.Press，1982.128 [↑](#footnote-ref-5)