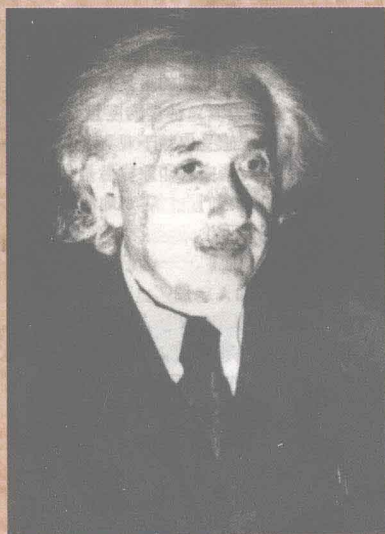


凌瑞良【编著】

# 物理与科学技术



◆ 苏州大学出版社



# 物理与科学技术

凌瑞良【编著】

◆ 苏州大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

物理与科学技术/凌瑞良编著. —苏州: 苏州大学出版社, 2003. 9

(虞山科技丛书/凌瑞良主编)

ISBN 7-81090-154-0

I. 物… II. 凌… III. 物理学—普及读物  
IV. O4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 068027 号

## 物理与科学技术

凌瑞良 编著

责任编辑 周建兰

---

苏州大学出版社出版发行

(地址: 苏州市干将东路 200 号 邮编: 215021)

常熟高专印刷厂印装

(地址: 常熟市元和路 98 号 邮编: 215500)

---

开本 850×1168 1/32 印张 28.25(共六册) 字数 706 千

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-81090-154-0/N·1 定价: 84.00 元  
(共六册)

---

苏州大学版图书若有印装错误, 本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话: 0512-67258802

## 《虞山文库》总序

许 霆

虞山，以“十里青山半入城”的姿态与文化历史名城常熟融合，对常熟文化的形成与发展影响巨大，并进而成为常熟的别名和常熟文化的标志。商末，周太王长子泰伯、次子仲雍让国避奔江南，建立“勾吴”，泰伯、仲雍相继成为首领。仲雍死后葬于常熟卧牛山，仲雍又名虞仲，山遂以虞为名。春秋时期的言偃生于常熟，北学中原，成为孔门七十二贤人中的“十哲之九”，晚年回归故土传道讲学，“道启东南”，“文开吴会”，死后葬于虞山东麓。仲雍和言偃，昭示了常熟文化源头的深邃和博大，标志着吴地早期文明曙光终于开启出一个区域文化的圣地。

常熟文化发展绵延不绝。南北朝昭明太子的“文选”，开始了常熟文化发展的自觉时代；自唐代陆贽高中状元，常熟历史上出过8个状元483个进士；北宋时郑时性嗜书好藏书，开了明清时代常熟出版、藏书兴盛的先河，赵琦美与脉望馆、瞿氏与铁琴铜剑楼、毛晋与汲古阁都对中国文化史作出过重大贡献；元代的黄公望，以其绘画理论和创作开创了明清山水画的新纪元；明清之际以王翬为首的“虞山画派”、以钱谦益为代表的“虞山诗派”、严澂的琴学理论和虞山琴派，还有虞山书派、虞山印派等，都达到全国一流水平，影响一时风气；近代以来，黄人的文学史论、曾朴的谴责小说等，表明常熟文化在求新变革时吐故纳新的活力。基于这种深厚的文化底

蕴，常熟当代文明，更是显示了勃勃生机。

常熟高等专科学校就坐落在人文荟萃的虞山脚下，接受着常熟深厚博大的传统文化和生生不息的现代文明的滋养。学校在与地方经济和文化的互动发展中获得不竭的创造精神，塑造崭新的主体形象，确立自身的价值目标。学校有一批人文和理工学人，更是为常熟的传统文化甘泉所浸润，以虞山的人格精神塑造品行，用致远的人生追求敬业乐教。宋人朱熹在《丹阳公祠堂记》中说言偃为人，“必当敏于闻道而不滞于形器，岂所谓南方之学，得其精华者，乃自古而已然也耶”。明末龚立本纂修《常熟县志》15卷，其中《风俗志》说常熟士人“贫不负诺，富不易交，吐纳风流，意气横溢。表人胜士，千里命驾者比比，人物显晦殊途，或矜名节，或树勋庸，或敦学术”，这都揭示了常熟传统文化中独特的人格精神。这种精神是常熟文化生生不息的产物和动力，也是常熟文化走向现代文明的底蕴和财富。常熟高等专科学校的学人，在市场经济发展的大潮中，自觉地从立足的虞山福地的传统人格精神中汲取营养，坚持自强不息、敏捷好学、达美达诚的学风，在学术园地和育人园圃播种、耕耘和收获，形成了一批学术探索和教学研究成果，这是可喜可贺的。

常熟虞山，由于其深厚的文化积淀和不断的文化传承，已经成为一种文化创造的意象。正因为如此，我们愿意把这批初步的成果以“虞山文库”为名，汇集出版。我们无意创造学派，而意在宣示精神，表明当代学人对传承人文传统、创造现代文化使命的一种担当。我们衷心希望这项工作能够继续下去，能有更多的成果充实文库，承当起当代学人文化建设的重任。

2003年4月

# 前 言

由于受高考指挥棒的影响,原高中阶段过早地进行文理分科,以后虽说有所改革,但各校还是文理经纬分明地进行教学。这种组织形式的教学结果使文科大学生的自然科学知识,特别是现代科学技术知识匮乏;理工科大学生对人文知识、社会科学知识很少问津。有识之士早已关注这种不正常的现象。中共中央、国务院《关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》指出:“高等教育要重视培养大学生的创新能力、实践能力和创业精神,普遍提高大学生的人文素质和科学素质。”根据这一精神,我校在五年前就对较少接触科学技术的文科大学生,开设了《物理与科学技术》选修课。通过本课程的学习,使文科大学生能了解科学技术基础知识以及包涵在科学技术发展过程中的科学思想、科学精神和科学技术的社会功能等。

20 世纪物理学被公认为是科学技术发展中一门重要的带头学科,它所积累的知识、创造的方法仍然是今天自然界以及社会圈最犀利的武器;另外,物理学中有一套最安全、最有效的科学方法。本课程侧重介绍现代物理学前沿内容。

又考虑到文科学生的特点,本课程内容主要采用定性阐述和理解性解释。课程中好多知识内容仅是结论性的、描述性的,冗长、繁琐的数学理论推导全部免去。故本课程在科学的严谨性上是否有问题,本人还很难把握,诚望读者批评、指正。

凌瑞良

2003 年 6 月于常熟

## 目 录

## 第一章 相对论简介

|     |                      |      |
|-----|----------------------|------|
| 第一节 | 引言 .....             | (1)  |
| 第二节 | 狭义相对论产生的历史背景 .....   | (2)  |
| 第三节 | 狭义相对论的创立 .....       | (4)  |
| 第四节 | 狭义相对论的主要结论及其意义 ..... | (8)  |
| 第五节 | 爱因斯坦生平简介 .....       | (16) |
| 第六节 | 爱因斯坦的贡献和影响 .....     | (18) |

## 第二章 量子力学简介

|     |                 |      |
|-----|-----------------|------|
| 第一节 | 引言 .....        | (20) |
| 第二节 | 量子力学的发展背景 ..... | (21) |
| 第三节 | 量子力学的实验基础 ..... | (27) |
| 第四节 | 量子力学的建立 .....   | (31) |
| 第五节 | 量子力学的基本原理 ..... | (34) |

## 第三章 物质的微观结构及其规律

|     |                   |      |
|-----|-------------------|------|
| 第一节 | 引言 .....          | (38) |
| 第二节 | 基本粒子的分类及其性质 ..... | (39) |
| 第三节 | 夸克模型 .....        | (43) |
| 第四节 | 四种相互作用力 .....     | (47) |

|                |      |
|----------------|------|
| 第五节 统一场论 ..... | (54) |
|----------------|------|

## 第四章 大爆炸宇宙学

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第一节 引言 .....          | (59) |
| 第二节 宇宙学中的几个基本概念 ..... | (60) |
| 第三节 宇宙是均匀介质 .....     | (61) |
| 第四节 宇宙的膨胀 .....       | (62) |
| 第五节 宇宙的有限或无限 .....    | (71) |
| 第六节 宇宙的年龄 .....       | (76) |
| 第七节 宇宙大爆炸的概念 .....    | (78) |
| 第八节 3K 微波背景辐射 .....   | (79) |

## 第五章 空间技术与空间资源

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 第一节 空间——人类的第四环境 ..... | (82)  |
| 第二节 空间技术 .....        | (86)  |
| 第三节 运载火箭 .....        | (88)  |
| 第四节 人造地球卫星 .....      | (95)  |
| 第五节 中国的“神舟”飞船 .....   | (108) |

## 第六章 激光及其应用

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 第一节 引言 .....    | (118) |
| 第二节 激光的特性 ..... | (118) |
| 第三节 激光的原理 ..... | (121) |
| 第四节 激光器简介 ..... | (124) |
| 第五节 激光的应用 ..... | (129) |

|            |       |
|------------|-------|
| 参考文献 ..... | (136) |
|------------|-------|

# 第一章 相对论简介

## 第一节 引言

纵观物理学的历史长河,物理学的发展大致可分为两个时期。第一个时期称为经典物理学或近代物理学时期,它开始于伽利略(1564—1642),奠基于牛顿(1642—1727),终结于麦克斯韦(1831—1888)。这一时期物理学已建立了具有完整数学框架的三大理论:(1) 牛顿力学,确定粒子的运动;(2) 麦克斯韦电动力学,确定电磁场和电磁波的运动;(3) 热力学和统计物理,确定热平衡态的物性。第二个时期称为现代物理学时期,这是在对经典物理学进行革命的基础上诞生的。这场革命由 1895 年德国物理学家伦琴(1845—1923)发现 X 射线为开端,揭开了微观世界和物质高速运动的奥秘。经过最近一百多年的发展,特别是在世界顶尖级物理学大师爱因斯坦、海森伯、薛定谔、玻尔、狄拉克等人的相继努力下,形成了以相对论、量子论(量子力学)为代表的基础理论系统。相对论和量子力学的诞生堪称 20 世纪最伟大的科学革命,两者已共同成为 20 世纪人类科技文明的基石,也从哲学上根本改变了人们关于时间、空间、物质和运动的传统概念。正如江泽民 2000 年 5 月在接受美国《科学》杂志独家专访时强调指出的:“可以说,如果没有量子理论,就不会有微电子技术;如果没有相对论,就没有原子弹,也不会有核电站。”相对论和量子力学的创建使物理学和化学乃至天文学和地质学可以统一在物质科学的名义之

下,相对论与量子力学是构成现代物理学的两大理论支柱。

## 第二节 狭义相对论产生的历史背景

至 19 世纪末,经典科学取得了前所未有的进步和成功。在物理学领域,牛顿的力学体系一度被看做是对科学根本问题的最终解答,以此为基础,人们统一了声学、热学、光学和电磁学,描绘出了一幅小至原子、大到宇宙天体的似乎是最终和一劳永逸的世界图景。这样辉煌的成就,使不少科学家产生了一种错觉,认为物理学的大厦已经落成,物理学的发展已到达顶峰,剩余的工作仅是在某些细节上作些补充和发展,只不过是把物理常数测得更精确些,把一些基本规律更加广泛和准确地应用到各种具体问题的解决中去。也难怪早在 19 世纪 70 年代,德国慕尼黑大学实验物理学的教授约利(Jolly, 1809—1884)就曾劝他的学生普朗克不要学物理,因为物理理论已经完成了,没有可供青年一代大显身手的余地;在 19 世纪末,开耳芬、迈克耳逊等人公开说过,未来的物理学真理只有到小数点后面的第六位数字去寻找。然而,正当他们认为物理学已经达到顶峰,并陶醉于这种“尽善尽美”的境界之中的时候,出乎意料地爆发了物理学的危机。在 19 世纪和 20 世纪之交,一系列新的发现与经典理论预见的结果相左,如光速不变(1879—1887 年迈克耳逊—莫雷),黑体辐射(1859 年基尔霍夫, 1879 年斯特藩, 1884 年玻尔兹曼, 1898 年维恩),光电效应(1887 年赫兹),放射性(1896 年贝克勒尔),电子轨道的不稳定性(1899 年卢瑟福),等等,形成了所谓的经典物理学危机,这些危机中又数“以太漂移实验”和“黑体辐射现象”的研究最为突出。

1887 年,美国物理学家迈克耳逊(A. A. Michelson, 1852—1931)和莫雷(E. W. Morley, 1836—1923)为了寻找地球相对于绝对静止的“以太”运动所形成的以太风,进行了著名的以太漂移实

验,但实验的结果却同经典(近代)物理学理论的预言完全相反(即所谓的零结果),这使物理学界大为震惊。同时有关气体比热容的实验结果也与能量均分定理发生了尖锐的矛盾。这两个问题被英国物理学家开尔文及汤姆逊在 1890 年 4 月 27 日的英国皇家学会的讲演中称为物理学晴朗天空中的“两朵乌云。”

### 一、迈克耳逊—莫雷以太漂移实验

19 世纪,电现象、磁现象得到了充分的研究,并取得了长足进步,安培、库仑、奥斯特和法拉第等人功绩卓著,麦克斯韦以优美简洁的方法建立了统一的电磁理论——麦克斯韦方程组(包括微分形式和积分形式)。按照当时科学家的看法,光波或电磁波与人们所熟悉的声波完全一样,其传播也需要一种介质,这种介质充满全宇宙,渗透在一切物体内部,被称为“以太”。如果真是这样,就像声波在空气中传播一样,相对于静止的以太,光或电磁波的传播速度必定是各向同性的。事实上,在定量描述电磁场的麦克斯韦方程组里确实出现了一个常数  $C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$  ( $\epsilon_0$  为真空中的介电常数,

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $\mu_0$  为真空中的磁导率,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{T} \cdot \text{mA}^{-1}$ ),它表明电磁波在真空中总以不变的速度  $c$  向各个方向传播,一些相关的实验也证实了这一点。但按照经典力学的速度合成法则:  $v_{\text{绝}} = v_{\text{牵}} + v_{\text{相}}$ ,在不同的参照系中,光或电磁波沿不同方向的速度应该不同。即如果承认经典速度合成法则,就可以作出如下判断:应该存在一个特殊的惯性系,即“以太参照系”,在这个参照系中,麦克斯韦方程组采取标准形式,而对于其他惯性系,麦克斯韦方程组的形式应有所改变。也就是说,既然光或电磁波相对以太的速度是各向同性的,且恒等于  $c$ ,那么人们可通过不同的参照系,如地球,观察到由于这些参照系本身相对于绝对静止的以太参照系的运动而造成的光在不同方向的传播速度的差异;或者反言之,人们可以由光速在不同方向的差异,判定一个惯

性系相对静止以太的运动状态,并确认以太的存在。沿着这样的思路,考虑到地球本身的转动,很多人致力于观察刮过地球表面的“以太风”工作。一系列有关“以太漂移实验”中,最具有判决意义的是 1876—1887 年间迈克耳逊和莫雷合作进行的精度较高的实验,但实验结果明白无误地表明,光或电磁波的传播速度是一个完全不变的量,即人们预期的“以太风”并不存在。这就如同宣告经典物理学的理论预言与实验结果不相符,因为“以太漂移实验”是一个零结果。

## 二、能量均分原理

在温度为  $T$  的平衡状态下,物质(气体、液体或固体)分子的每一个自由度都具有相同的平均动能,其大小都等于  $\frac{1}{2}kT$ ,玻尔兹曼常数  $k=1.380\,662\times 10^{-23}\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$ 。

# 第三节 狭义相对论的创立

## 一、狭义相对论的基本原理

爱因斯坦于 1905 年在德国《物理学年鉴》杂志上连续发表了 4 篇论文。这 4 篇论文中任何一篇都可以对 20 世纪物理学的发展具有指导性意义。

第一篇论文是《由分子运动论平衡态液体中悬浮微粒的运动》。在该文中爱因斯坦给出了布朗粒子在时间  $t$  内的位移在  $x$  轴投影的方均值公式。第二篇论文是《关于光的产生和转化的一个启发性观点》。在该文中爱因斯坦将普朗克的量子论引入光电效应,成功地解释了光电效应。这是爱因斯坦获诺贝尔物理学奖的主要理由。第三篇论文是《论运动物体的电动力学》。在这篇论文中,爱因斯坦抛弃了绝对空间和绝对时间的概念,提出了狭义相对论的两条公设——“光速不变原理”和“狭义相对性原理”。第四

篇论文是《物体的惯性同其所含能量有关吗》。在该论文中爱因斯坦提出了著名的质能方程  $E=mc^2$ , 这是计算原子核结合能的理论依据。

### 1. 光速不变原理

爱因斯坦(Albert. Einstein, 1879—1955)16岁时就读于瑞士苏黎世附近的阿劳中学,在此期间他就思考这样的问题:如果行驶在海面上的轮船的速度与海浪的波动是同步的,那么在船上的观察者看来,海面就会是静止的,可是,考虑到光也是一种波(电磁波),如果设想一个观察者骑在“光子”上与光子一样运动,那么在他的眼里,光的传播就会停止。然而事实上,这样的事情是不会发生的,这就是著名的“阿劳悖论”,它蕴含了光速问题的特殊性。

如果观察者看到的是一个在空间振荡着而又静止不前的电磁场(波),这明显与麦克斯韦方程组不符,与直觉经验和实验事实也不符。而如果认为观察者看见的是一条以一定速度传播的光,则又违反经典(近代)物理学中的速度合成法则。面对这样的矛盾,好多物理学家都陷入了一种百思不解的困惑,真有一种山穷水尽疑无路的感觉。

经过多年的思考,同时考虑到既然光速不变一再被各种实验所确证,爱因斯坦认为,我们应该毫无保留地接受这样的事实,并且将其提升为公理,从而得到了狭义相对论的基本原理之一——光速不变原理:在彼此相对做匀速直线运动的任一惯性参照系中,所测得的光速都是相同的。此原理表明,在这些惯性系中,光速与光源和光的接受者的运动状态无关。这一由实验事实作强有力支撑的原理的认识和提出,就意味着必须对经典(近代)物理学理论进行修改。

### 2. 狭义相对性原理

经过对力学和电磁学理论的长期深入的思考,爱因斯坦认为,自然界的物质运动是统一的,作为自然规律正确反映的科学理论

就要显示出应有的简单性。具体到经典力学,爱因斯坦认为伽利略的力学相对性原理就体现了简单性的思想。因为此相对性原理指出,对于描述运动来讲,任何惯性参照系都是等价的、平权的。伽利略在当年提出这一原理时的实验依据是:一个坐在密闭船舱中的人无论用什么物理方法,也无法判断该船是否在相对于河流做匀速直线运动。然而经典力学从本质上来讲,又需要一个与任何具体事物无关的绝对静止的参照系,因为任何一个与具体事物相联系的参照系,如地面参照系,甚至太阳参照系等,都会由于该事物自身的运动而不具备严格的惯性系的要求。

时至 19 世纪末,这一绝对静止的参照系体现为“以太参照系”。如前所述,电磁学中的麦克斯韦方程组只对以太参照系成立,这样,以太参照系的“优越地位”与力学相对性原理发生了对立。爱因斯坦认为,这不是自然现象本身固有的,问题是发生在我们所习惯的旧有的概念和理论上。根据自然界的物质统一性思想,爱因斯坦作了大胆又果断的抉择,摒弃了绝对静止的概念,而将相对性原理保留,并推广为狭义相对论的另一个基本原理——狭义相对论原理:一切彼此做匀速直线运动的参照系,对于描述运动的一切规律来说都是等价的。或物理学的定律在所有的惯性参照系中都具有不变的形式,这就是爱因斯坦相对性原理。此原理表明绝对静止的参照系是不存在的(迈克耳逊—莫雷以太漂移实验的零结果就是有力的佐证)。

以上两个基本原理是奠定狭义相对论的理论基础,而建立相对论的突破口是千百年来人们所习惯的盲目的“同时性”观念的推翻。

## 二、同时的相对性

设有事件 A,某一天北京时间上午 9 点,地面上一个人走进自己的办公室,而一列行驶的火车上的一位乘客恰好翻开一本书,我们称之为事件 B。那么,按照经典力学的观点,无论是对于地面

上的观察者,还是对于火车上的观察者,或者是对于其他惯性参照系上的观察者,事件 A 和事件 B 都是同时发生的,这是天经地义之事,或者说这种同时性具有绝对的意义;事情也可以这样说,在经典力学中,当世界上所有的钟在某一时刻校准后,那么它们在不同参照系中将永远是同步的。

事实上,同时性是相对的而不是绝对的,爱因斯坦的列车实验证明了这一点。

假想一列火车以速度  $v$  驶过车站站台,而且正当列车的中点  $O$  经过站台上的一个信号灯柱时,该灯柱上的信号灯发出了一束光信号。如果在列车的头  $A$  和列车的尾  $B$  处各有一个观察者来接收刚才发生的光信号,那么两位观察者是否同时接到光信号呢(图 1-1)?

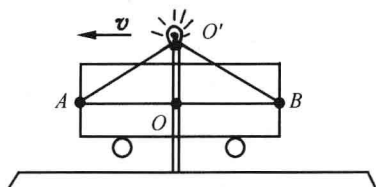


图 1-1 爱因斯坦列车实验

结论可按如下两种情形来分析:

若以运动的火车为参照系,则根据光速不变原理,灯柱信号灯发出的光沿各个方向传播的速度相同,又车上两观察者距信号灯的距离  $AO'$  与  $BO'$  也相同并不随时间改变,因此他们应同时接受到光信号,或者说,事件 A 和 B 具有同时性。

若以地面为参照系,则虽然按光速不变原理,灯柱信号灯发出的光沿各个方向传播的速度仍然相同,但光信号在向 A 和 B 传播一段时间内,火车也向前运动了一段距离,即已有  $AO' > BO'$ ,因此车头 A 处的观察者接收到其信号的时间要晚于车尾 B 处的观察者,即事件 A 和 B 不具有同时性。

爱因斯坦的列车实验是他深入研究同时性问题时设想出的一个思想实验,它否定同时的绝对性充满了不容置疑的实证精神,因此也具有撼动绝对时空观和经典力学的伟力。

爱因斯坦是最善于演绎法而不太相信归纳法的人。

以光速不变原理和狭义相对性原理为前提,经过严密的逻辑和数学论证,爱因斯坦花 5 个星期,于 1905 年终于创立了震撼世界的狭义相对论。

创立狭义相对论时,爱因斯坦年仅 26 岁,风华正茂。

## 第四节 狭义相对论的主要结论及其意义

### 一、洛伦兹变换

狭义相对论的核心内容是它所给出的一组有别于伽利略变换的新的坐标变换关系——洛伦兹变换。

设惯性系  $k'$ , 相对于另一惯性系  $k$  以速度  $v$  沿  $x$  轴方向做匀速直线运动, 且  $t=t'=0$  时, 两坐标系重合(图 1-2), 又设一质点

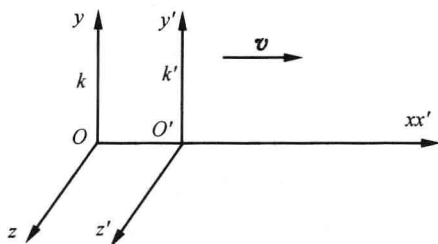


图 1-2

$P$ , 它在  $k$  系中的坐标和  $k'$  系中的坐标分别为  $(x, y, z, t)$  和  $(x', y', z', t')$ , 则从两条基本原理出发, 经过一定的逻辑推论可得, 两组坐标之间的关系为

$$\begin{array}{l}
 \left\{ \begin{array}{l} x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{array} \right. \quad \text{正变换} \\
 \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{x' + vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{array} \right. \quad \text{逆变换}
 \end{array} \quad (1)$$

(1) 式称为洛伦兹变换。

应该指出,在洛伦兹那里,虽说他也得出了上述变换,但他为了得到(1)式,竟提出了十一个特殊假设,尽管如此,还是捉襟见肘,实质上是为了使麦克斯韦方程组满足相对性原理而硬凑出来的。而在爱因斯坦这里,(1)式是光速不变原理和狭义相对性原理的必然逻辑结果。

事实上,在爱因斯坦之前洛伦兹和斐兹杰已提出了洛伦兹—斐兹杰变换,但它仅仅只是为解释迈克耳逊—莫雷实验的以太零结果而从数学上拼凑出来的,因为他们对牛顿的时空观深信不疑。而爱因斯坦具有开拓进取、敢于向权威挑战的精神,毫无疑问,正是由于具有这种精神,是他创建了相对论而不是别人。有人曾问爱因斯坦成功的秘密是什么? 爱因斯坦说:“成功=勤奋+正确的方法+少说废话。”

(1) 式说明,时间和空间均与运动有关,时间与空间是相互联系、相互制约的一个整体,决不是像牛顿经典力学所描绘的那样绝对。由此可见,相对论的出现实质上是关于时空观念的一次大革命。

## 二、物体在运动方向上的收缩

测量物体长度的原则是: 测量一个物体的长度,即空间间隔的办法是,同时( $t_1 = t_2$  或  $t_1' = t_2'$ )测量它两端的坐标。设有一直尺在  $k'$  系中沿  $x'$  轴静止放置(图 1-3),根据测量原则,测得尺子的长度为  $l_0 = x_2' - x_1'$ ,  $l_0$  称为固有长度。