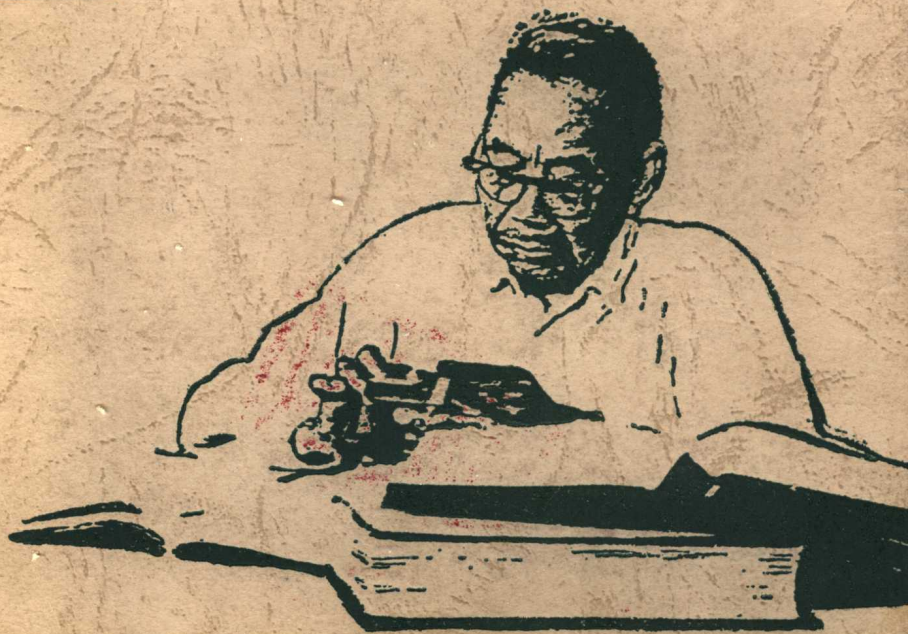


束星北 著



狭义相对论

国家自然科学基金资助项目

青岛出版社

吴大猷 著



狭义相对论

国家自然科学基金资助项目

商务印书馆

狭义相对论

国家自然科学基金资助项目

束星北 著

青岛出版社

鲁新登字08号

责任编辑 徐 诚 翁文庆

封面设计 王鸿祥

狭义相对论

束星北 著

*

青 岛 出 版 社 出 版

(青 岛 市 徐 州 路 77 号)

邮 政 编 码:266071

新华书店北京发行所发行

潍坊华光电子(集团)股份有限公司实验印刷厂照排

胶南市印刷厂印刷

*

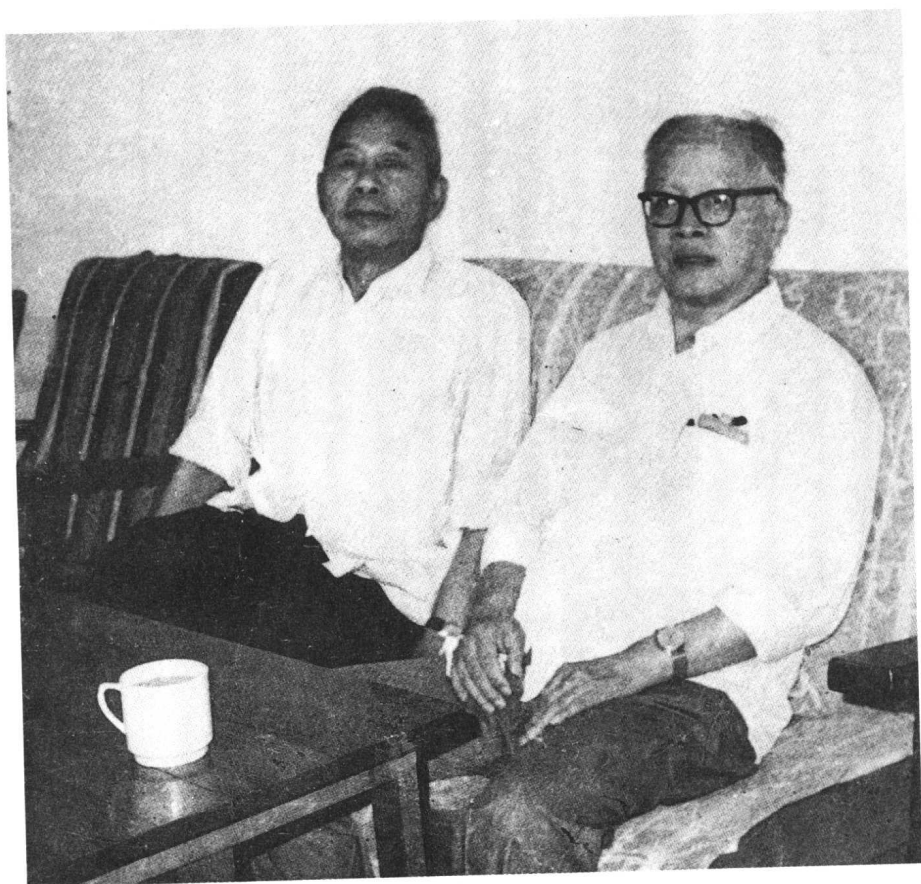
1995年12月第1版 1995年12月第1次印刷

32开本(850×1168毫米) 16印张 4插页 400千字

印数1—2000

ISBN 7-5436-1383-2/G·512

定价:50.00元



1983年，束星北先生(左)与王淦昌先生合影。

序 言

束星北先生1907年10月1日出生于江苏省南通市。幼时聪慧异常，少年时即有独力奋斗精神。1924年入杭州之江大学，翌年转学到济南齐鲁大学就学。1926年他远涉重洋，走勤工俭学道路，先后在美国堪萨斯城拜克大学、旧金山加州大学，德国汉诺威工业大学、英国爱丁堡大学求学。他在德国期间，曾任爱因斯坦的研究助手。1930年，他作为研究生，进英国剑桥大学，旋又转到美国麻省理工学院，1931年获博士学位。“九一八”事变后，他即回国，被南京中央军官学校聘为物理教官。1932—1935年间他在杭州浙江大学物理系任副教授。由于不满当时浙大校长郭任远的专横，1935年物理系全体师生愤然离开浙大，束星北先生去上海任暨南大学数学系主任兼交通大学物理教授。1936年竺可桢出任浙大校长，束先生及物理系原班人马回到浙大。直至1952年全国各大学院系调整，原有七个学院的综合性的浙江大学，压缩成为一个工科大学，束星北先生遂被分配到在青岛的山东大学。

我于1936年由山东大学转到杭州浙江大学，开始认识束星北先生。那时我们都在物理系任教，接触渐多，相互了解亦渐深。我很钦佩他的物理基础的坚实，思维的敏捷，对问题的看法很有独到之处。因此我常请教他，受益匪浅。他的授课，非常吸引人，在当时物理系里，是最受学

生欢迎的教师。著名物理学家李政道教授,常常感叹地回忆起自己1943—1944年间在浙大学习时,受束先生教导,得到很多的启发。他在教“理论力学”时,开头一个月,专门讲牛顿运动三定律,把力学的基本原理,阐述得如此透澈,如此生动,使学生们都为之神往。他教“热力学”时,同样用一个月的时间,讲“熵”的概念和热力学第二定律。这些都是学生们最难理解的问题,经他的讲述,学生们就感到轻松愉快地进入了物理学的殿堂。“狭义相对论”和“电磁学”更是他的两门拿手好戏。这次印行的《狭义相对论》就是他几十年教授这门课程的结晶。书中有些内容属于他自己的独创,是一般同名的教科书所见不到的。至于“电磁学”他也曾写过一部讲义,可惜由于文化大革命的动乱,原稿几经辗转,已下落不明。

束星北先生秉性耿直、豪爽,热爱祖国,热爱真理。1947年浙大学生自治会主席于子三遭反动当局杀害,为抗议这一暴行,经他倡议浙大教授会通过决议,罢教一天,有力地支援了学生的民主斗争。解放后,他更加热爱党、热爱祖国,致力于物理学的教学与研究工作,历经人世沧桑。党的十一届三中全会前后,他的境遇开始有所改善。1978年他被国家海洋局第一研究所聘任为研究员,主持“动力海洋学进修班”,为培训中级研究人员尽心尽力。1979年,他的冤案彻底平反,名誉完全恢复。1981年,他当选为山东物理学会名誉理事长和中国海洋物理学会名誉理事长。正当他以充沛的精力,满怀信心地去追回被迫荒废了的岁月时,不幸于1983年10月30日猝然病逝于

青島。

这部《狭义相对论》遗稿,大概是束星北先生在1957年“反右”运动以后开始撰写的,在他去世之前,还认真地进行修改、补充。束星北先生是一位十分严谨的科学家。在青島出版社同志的热情支持下,这部遗稿经过束先生的亲人和学生的整理,终于能够同读者见面了。这不仅有助于我国相对论物理学的教学和研究,也是对这位才华出众的爱国科学家坎坷一生的一种意义深长的纪念。

王淦昌

一九九二年十二月于北京

前 言

“狭义相对论”本身可分为两部分，一部分是爱因斯坦的“不能决定坐标绝对速度”的相对论原理；另一部分是 *Minkowski* 的“时空统一，四维宇宙”的理论。两部分虽然相互联系，但是物理意义和教学方法有些不同，有时用一种方法容易解决的问题，用另一种方法却不容易，甚至无法解决，所以本书也依次分成两部分进行研究。

首先应当解释一下，在许多很好的相对论书籍出版之后，再写一本关于相对论的《狭义相对论》的书的原因。

1. 导出的方法稍有不同。 *more physical than mathematical*. § 2.2—§ 2.3.

2. 强调二个质点运动在相对力学中的困难及克服，通常相对论书中这一点不甚强调，例如质点系统的动量（除接触力之外），一般不能守恒，一般不是四维矢量。

3. 一般相对论书中都认为系统的熵为标量，实则由于同时观念的改变（由于时间剖面的不同），系统的熵的数值视所取的时间剖面的不同，除特殊情况外，一般熵也不是标量。有的书中有此错误，甚至有些相对论专家在这方面也不严格。

书中有些内容，如 § 7.6 有关热流应力场能张量的整章，§ 7.7 中非平衡状态下热力学热平衡方程及统计力学以及 § 7.2 中内禀角动量和积，§ 7.5 中的一些例子和

§ 2.2 用的推论方法, § 4.4 中的推论和引例等等, 是作者的个人创造, 文责自负。由于本人的哲学和科学水平有限, 对质量能量问题也只能写出个人的看法。

本书如被用作教科书, 则可视课时长短酌量略去几节, 如 § 5.5、§ 5.6、§ 5.7、§ 6.4、§ 7.2(C), § 7.6(A)、(C)、(D)、§ 7.9 等节可以略去而无损于本书的连续性。

书中名词绝大多数依照 1956 年 9 月科学出版社出版的《物理学名词》一书, 人名一般直接用原文写出。书中拉丁指标一般只代表 1、2、3 的空间部分; 希腊指标一般代表 1、2、3、4 时空部分。

书中内容有些是自己多年来的研究成就, 有的没有发表过, 有的只发表了些简单结论, 在晚年时, 将一些研究成果写出来, 供后人参考是有一定意义的。

束星北

1983 年 5 月于青岛

目 录

序言

前言

第一篇 狭义相对论(即特殊相对论)

第一章 古典物理学与相对论 (3)

§ 1.1 牛顿力学(物体在空间位置变化的规律) (3)

§ 1.2 力学方法完全不能确定绝对空间 (5)

§ 1.3 电磁学定律可以确定绝对空间吗? (10)

§ 1.4 光速与光源速度无关的实验证明 (14)

§ 1.5 不同参照系上波动进行的古典研究 (15)

第二章 爱因斯坦的狭义相对论

(即“特殊相对论”) (22)

§ 2.1 狭义相对论原理 (22)

§ 2.2 运动系统上钟和尺变化的推论 (24)

§ 2.3 钟尺变化的相对性和实测纪录的不变性 (35)

§ 2.4 洛伦兹变换式 (44)

§ 2.5 相对速度在任意方向的洛伦兹变换式 (50)

§ 2.6 洛伦兹变换式数学的导出方法 (54)

第三章 相对论使运动学改变 (58)

§ 3.1 点运动的变换式 (58)

§ 3.2 “刚体”在非匀速运动下的变形 (66)

§ 3.3 平面简谐波频率、方向及速度的变换 (71)

§ 3.4 运动坐标上几何图形的改变 (79)

§ 3.5	平面波的射线速度·····	(82)
§ 3.6	随平面波移动几何图形的改变·····	(86)
第四章	相对论使物理学改变 ·····	(92)
§ 4.1	动量守恒定律·····	(92)
§ 4.2	牛顿力学方程的改变·····	(98)
§ 4.3	质量、能量与热量·····	(105)
§ 4.4	质点的视质量和时钟的快慢率不是加速度的函数 ·····	(112)
§ 4.5	电磁方程 ·····	(119)
§ 4.6	光的几个性质 ·····	(127)
§ 4.7	洛伦兹力方程协变性要求 ·····	(139)
§ 4.8	一般碰撞问题 ·····	(145)
第二篇	四维宇宙(数学部分)	
第五章	时空统一的四维宇宙 ·····	(161)
§ 5.1	Minkowski 的四维宇宙 ·····	(161)
§ 5.2	四维宇宙图示法 ·····	(166)
§ 5.3	保角变换 ·····	(180)
§ 5.4	洛伦兹变换的广泛研究 ·····	(185)
§ 5.5	四元数 ·····	(194)
§ 5.6	实数洛伦兹变换的四元数表示法 ·····	(198)
§ 5.7	洛伦兹变换的群性 ·····	(206)
第六章	N 维空间笛卡儿张量 ·····	(214)
§ 6.1	导言及张量定义 ·····	(214)
§ 6.2	张量的基本性质 ·····	(219)
§ 6.3	四维矢量及二阶反对称张量的几个性质 ·····	(226)
§ 6.4	旋量 ·····	(244)
第三篇	经典物理学概论	

第七章 物理定律的四维表示	(261)
§ 7.1 质点力学	(261)
§ 7.2 物理学中三大守恒定律的阐述	(271)
§ 7.3 微观电动力学	(301)
§ 7.4 宏观电动力学	(320)
§ 7.5 连续体力学系统的绝热变化	(352)
§ 7.6 连续体在非绝热情况下的变化及各种 场能张量	(385)
§ 7.7 热力学及统计力学	(426)
§ 7.8 场论的变分法	(460)
§ 7.9 Dirac 质点的波动方程	(474)

第一篇

狭义相对论

(即特殊相对论)

第一章 古典物理学与相对论

§ 1.1 牛顿力学(物体在空间位置变化的规律)

牛顿在观察各种物体运动之后,总结出著名的运动三定律。在牛顿、伽利略之前,人们对“力”的了解模糊不清,一般以为物体的“速度”和力成比例。如物体不受外力推动,则即停止运动,但牛顿观察到这只是由于外界对它摩擦力的影响;假使没有外界阻力和其他力的作用,则运动的物体将沿着直线永远地等速进行。牛顿总结实验和观察作出运动第一定律:“如无外力作用,则物体的运动情况(运动的速度及方向)不变”,这又称为物质运动的“惯性”,是物质内在的性质。

牛顿又观察到当有外力影响时(这种影响除万有引力以及后来发现的电磁力之外,都是宏观上在互相“接触”时才发生),物体的运动情况就起变化。此运动情况 $m\mathbf{V}$ 的变化率与外力的大小和方向成正比:

$$\frac{d}{dt}(m\mathbf{V}) = \mathbf{F} \quad (1.1.1)$$

式中 $\mathbf{V}$ 为物体的速度。严格地讲,牛顿力学原先只指理想的“质点”, $\mathbf{V}$ 是“质点”的速度, $\mathbf{F}$ 为外力。力的大小及方向可以用另外方法测量; m 是物体自身的惯性质量(n 个完全相同物体的惯性质量为一个物体的 n 倍),[过去的一切实验,似乎证明质量 m 的数值不受外力、温度、压力以及分裂、聚合或运动速度的影响而改变,因之在一切情形下 m 似乎是不变的常数(质量守恒定律)],是物质内在的性质,是变化的根据。

现在有一点必须澄清,速度 V 以及 dV/dt 究竟对什么“参考系统”计算? 一个在火车内保持静止的物体,地面上人看来则是以火车的速度 V 行进,而车内人看来则是速度为零。在式(1.1.1)内应当用哪一种看法(所谓“参考系统”或“参照系”)呢? 假使火车速度不变,则由于两种看法都是 $dV/dt=0$,所以定律(1.1.1)不受影响,但是当火车有加速 a 时,地面上人照式(1.1.1)的结论,这个物体必定受到力

$$F = m \frac{dV}{dt} = ma \quad (1.1.2)$$

的作用,而车上人则以为物体始终保持静止。

$$F = m \cdot 0 = 0 \quad (1.1.3)$$

现在,我们可以用实验来区别,到底是式(1.1.2)对,还是式(1.1.3)对? 实验结果证明是式(1.1.2)对而否定式(1.1.3),这可以用弹簧钩住物体,看火车加速时弹簧是否伸长来验证。因之车内人的观察不符合实验,不能作为“参考系统”,由此可见牛顿第二定律(1.1.1)里面的 V 和 dV/dt 必定是对某种不动或恒速运动的参考系统*而言的,但是我们知道地球本身在空间也有运动,因之从理论上讲,牛顿定律必须是对所谓“绝对静止或恒速运动”的空间而言,也只有这样,方程(1.1.1)才不发生本身的矛盾。否则一个物体在各种不同的加速系统看来可具有不同的加速度;那么 F 的数值就变成可大可小,甚至可有可无的符号;那就不能表示外物对它的客观影响。

力 F 的大小方向可以用另法计算。例如万有引力依照牛顿引力定律为

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} r_0.$$

* 或称“参照系”,亦常称为参考“坐标”。本书在 § 4.8 之前,只用“系”或“系统”字样