



袖珍经典

相对论的意义

[美] 阿尔伯特·爱因斯坦 著 郝建纲 刘道军 译 李新洲 审校

上海世纪出版集团

相对论的意义

[美] 阿尔伯特·爱因斯坦 著 郝建纲 刘道军 译
李新洲 审校

世纪出版集团 上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

相对论的意义/(美)爱因斯坦(Einstein, A.)著;
郝建纲, 刘道军译. —上海: 上海科技教育出版社,
2005. 4

(世纪人文系列丛书)

ISBN 7-5428-3787-7

I. 相... II. ①爱... ②郝... ③刘...

III. 相对论—研究 IV. 0412. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 010051 号

责任编辑 郑华秀

装帧设计 陆智昌

相对论的意义

[美]阿尔伯特·爱因斯坦 著

郝建纲 刘道军 译

李新洲 审校

出 版 世纪出版集团 上海科技教育出版社
(200235 上海冠生园路 393 号 www.ewen.cc)

发 行 上海世纪出版集团发行中心

印 刷 山东新华印刷厂临沂厂

开 本 787 × 965 mm 1/32

印 张 6

插 页 4

字 数 110 000

版 次 2005 年 4 月第 1 版

印 次 2005 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 7-5428-3787-7/N · 655

图 字 09-2000-302 号

定 价 15.00 元

相对论的意义

世纪人文系列丛书编委会

主任

陈 昕

委员

丁荣生	王一方	王为松	王兴康	包南麟	叶 路
张晓敏	张跃进	李伟国	李远涛	李梦生	陈 和
陈 昕	郁椿德	金良年	施宏俊	胡大卫	赵月瑟
赵昌平	翁经义	郭志坤	曹维劲	束敬东	潘 涛

出版说明

自中西文明发生碰撞以来，百余年的中国现代文化建设即无可避免地担负起双重使命。梳理和探究西方文明的根源及脉络，已成为我们理解并提升自身要义的借镜，整理和传承中国文明的传统，更是我们实现并弘扬自身价值的根本。此二者的交汇，乃是塑造现代中国之精神品格的必由进路。世纪出版集团倾力编辑世纪人文系列丛书之宗旨亦在于此。

世纪人文系列丛书包涵“世纪文库”、“世纪前沿”、“袖珍经典”、“大学经典”及“开放人文”五个界面，各成系列，相得益彰。

“厘清西方思想脉络，更新中国学术传统”，为“世纪文库”之编辑指针。文库分为中西两大书系。中学书系由清末民初开始，全面整理中国近现代以来的学术著作，以期为今人反思现代中国的社会和精神处境铺建思考的进阶；西学书系旨在从西方文明的整体进程出发，系统译介自古希腊罗马以降的经典文献，借此展现西方思想传统的生发流变过程，从而为我们返回现代中国之核心问题奠定坚实的文本基础。与之呼应，“世纪前沿”着重关注二战以来全球范围内学术思想的重要论题与最新进展，展示各学科领域的新近成果和当代文化思潮演

化的各种向度。“袖珍经典”则以相对简约的形式，收录名家大师们在体裁和风格上独具特色的经典作品，阐幽发微，意趣兼得。

遵循现代人文教育和公民教育的理念，秉承“通达民情，化育人心”的中国传统教育精神，“大学经典”依据中西文明传统的知识谱系及其价值内涵，将人类历史上具有人文内涵的经典作品编辑成为大学教育的基础读本，应时代所需，顺时势所趋，为塑造现代中国人的人文素养、公民意识和国家精神倾力尽心。“开放人文”旨在提供全景式的人文阅读平台，从文学、历史、艺术、科学等多个面向调动读者的阅读愉悦，寓学于乐，寓乐于心，为广大读者陶冶心性，培植情操。

“大学之道，在明明德，在新民，在止于至善”（《大学》）。温古知今，止于至善，是人类得以理解生命价值的人文情怀，亦是文明得以传承和发展的精神契机。欲实现中华民族的伟大复兴，必先培育中华民族的文化精神；由此，我们深知现代中国出版人的职责所在，以我之不懈努力，做一代又一代中国人的文化脊梁。

上海世纪出版集团
世纪人文系列丛书编辑委员会
2005年1月

相对论的意义

原出版者说明

1921 年，爱因斯坦在关于广义相对论的详尽论文发表 5 年之后及他永久离开欧洲加入高等研究院(Institute for Advanced Study)12 年之前，访问了普林斯顿大学，在那里做了当年的斯塔福德·利特尔讲演(Stafford Little Lectures)。这四次讲演，构成了对他那时尚有争议的相对论的概述。普林斯顿大学出版社以《相对论的意义》为题汇集了这些讲演，这是第一本由一家美国出版社出版的爱因斯坦著作。在该出版社出版的后续版本中，爱因斯坦添加了详述该理论的新材料。附录“非对称场的相对论性理论”的修订版本，是爱因斯坦最后一篇科学论文，添加于他逝世后的 1956 年版本中。

版本说明

本书第一版于 1922 年由梅休因公司 (Methuen and Company) 在英国、并由普林斯顿大学出版社 (Princeton University Press) 在美国出版，包括爱因斯坦先生 1921 年 5 月在普林斯顿大学所做的斯塔福德·利特尔讲演的原文。在第二版中，爱因斯坦先生添加了一个附录，讨论自 1921 年以来相对论的一些进展。在第三版中，爱因斯坦又添加一个附录 (附录二) 论述其“引力理论的推广”。在第五版中，这一个附录已被完全修订了。

第五版说明

在现在这个版本里，我全面修订了原来的附录“引力理论的推广”，并将标题更新为“非对称场的相对论性理论”。因为我已成功地简化了场方程的推导及形式，其中部分工作是与我的助手考夫曼(B. Kaufman)合作完成的。这样整个理论在不改变其内容的情况下就变得更加明晰了。

爱因斯坦
1954年12月

目录

原出版者说明 / 1

版本说明 / 2

第五版说明 / 3

相对论前物理学中的空间与时间 / 1

狭义相对论 / 25

广义相对论 / 59

广义相对论(续) / 83

第二版附录 / 113

附录二 非对称场的相对论性理论 / 139

相对论前物理学中的空间与时间

相对论(theory of relativity)和空间与时间的理论(theory of space and time)是紧密相连的。因此,我将首先对我们的空间与时间观念起源进行一番简要的探讨。尽管我知道在这样做时,会引入一个引起争议的话题。一切科学,不论是自然科学抑或心理学,其目的都在于使我们的经验互相协调并将它们纳入一个逻辑体系。然而,我们习以为常的空间与时间观念又是如何与我们经验的特征相联系的呢?

个体的经验是以事件序列的形式呈现在我们面前的。在这个序列里我们记忆中的各个事件看来是依照“早”和“迟”的标准排列的,而对于这个标准则不能再做进一步的分析了。因此,对于个体来说,就存在着一个“我”的时间(I-time),或曰“主观时间”(subjective time),这个时间本身是不可测度的。我们确实可以把每个事件与一个数字联系起来,依照这样一种方式,即较迟的事件与较早的事件相比对应于较大的数,然而这种

联系的本质却可以是十分随意的。将一个时钟所指出的事件顺序和既定事件序列的顺序相比较，我就能用这个时钟来定义这种联系。我们将时钟理解成提供了一连串可以计数的事件的东西，它还有其他一些性质，我们将在以后再讨论。

借助于语言，不同的个体能在一定的程度上比较各自的经验。通过比较，人们就会发现不同个体的某些感觉(sense perceptions)是彼此一致的，而对于另一些感觉，却无法建立起这样的一致性。我们习惯于把对不同个体而言是共同的因而多少是非个体特有的感觉当作真实的感觉。自然科学，尤其是其中最基本的物理学，就是研究这样的感觉。物理客体的概念，特别是刚体的概念，便是这样一类感觉的一种相对恒定的复合。在同样的意义上，一个时钟也是一个物体，或者说是一个体系，它有一个附加的性质：它所计数的一连串事件是由全可视为相等的元素构成的。

我们的概念与概念体系之所以能得到承认，其唯一理由在于它们代表的是我们经验的复合。除此之外，它们并无其他的理性依据。我坚信，哲学家曾对科学思想的进步起过有害的影响，他们把某些基本概念从经验论(empiricism)的领域里(在那儿它们是受人们驾驭的)取出来，提升到先验论(the *a priori*)的难以捉摸的高处。因为即使观念世界看起来并不能借助逻辑的方法从我们的经验中演绎出来，但就一定的意义而言，它还是人类心

智(human mind)的产物,没有人类的心智便无科学可言。不过,这个观念世界很难独立于我们经验的性质之外,正如衣服依赖于人体的形状一样。这对于我们的时间与空间概念尤为正确。迫于事实,物理学家只好使时间与空间概念从先验论的奥林帕斯山降落到人间的土地上来,以整理这些概念并使之适用于实际情况。

现在,我们来讨论对于空间的概念和判断。在这里,密切注意经验和我们的概念之间的关系仍然是非常重要的。在我看来,庞加莱(Poincaré)在其著作《科学与假设》(La Science et l'Hypothèse)的叙述中,已经清楚地认识了这一道理。在我们所能感觉到的所有刚体变化中间,那些可以被我们身体的主动运动抵消的变化是以简单性(simplicity)为其标志的;庞加莱称之为位置变化。通过简单的位置变化,能使两个物体相接触。在几何学中有基本意义的全等定理,就与支配这类位置变化的定律有关。下面的讨论对于空间概念来说是很重要的。将物体 $B, C, \dots$ 附加到物体 A 上去可以形成新的物体,我们说我们延伸了物体 A 。我们可以这样延伸物体 A , 使其与任意其他物体 X 相接触。物体 A 的所有延伸的集合,我们可以定义为“物体 A 的空间”。于是,一切物体都在“(随意选定的)物体 A 的空间”里的说法是正确的。在这种意义下,我们不能抽象地谈论空间,而只能谈论“属于物体 A 的空间”。在日常生活中,当我们要判定物体的相对位置时,地壳扮演了一个

如此重要的角色，它导致了一个抽象的空间概念，而这当然是无法论证的。为了使我们自己免于这项致命的错误，我们将只提到“参考物体”或“参考空间”（space of reference）。我们将会看到，只是由于广义相对论才使得这些概念的精确化成为必要。

我不打算详细地讨论参考空间的某些性质，正是这些性质导致我们认为点是空间的基本元素，并将空间设想为一个连续统（continuum）。我也不打算进一步分析一些表明连续点列或曰线的概念为合理的空间性质。如果假定了这些概念以及它们和大量的坚实经验之间的关系，就很容易说出我们所指的空间三维性（three-dimensionality）是什么：每一个点都可以用这样一种方式与3个数 x_1, x_2, x_3 （坐标）相联系，即这种相互联系是唯一的，而且当这个点描绘一个连续的点列（一条线）时，它们就作连续变化。

在相对论前物理学（pre-relativity physics）里，假设理想刚体位形的定律是符合于欧几里得几何学（Euclidean geometry）的。它的意义可以表述如下：标记在刚体上的两点构成一个间隔。可以采取多种方式使得这个间隔与我们的参考系相对静止。如果现在能用坐标 x_1, x_2, x_3 表示这个空间里的点，使得该间隔两端的坐标差 $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3$ ，对于该间隔所取的每个方向都有相同的平方和：

$$s^2 = \Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2, \quad (1)$$

则称这样的参考空间为欧几里得空间，这样的坐标为笛卡儿坐标*。对于一个无穷小间隔，我们事实上取这个假设的极限情况就可以了。还有一些不那么特殊的假设包含在这个假设里，鉴于这些假设具有根本的意义，我们也必须给予重视。首先，假设了我们可以任意移动理想刚体。其次，假设了理想刚体对于取向所表现的行为与物体的材料及其位置的改变无关，换言之，只要能使两个间隔重合一次，则随时随地都能使它们重合。上述两个假设对于几何学（特别是物理测量）都至关重要，它们都是自然而然地由经验得来的；在广义相对论里，必须假定这两个假设只有对于那些与天文尺度相比无限小的物体与参考空间才是有效的。

我们将量 s 称为间隔的长度。为了能唯一确定这个量，需要任意确定一个具体的间隔长度；例如，令它等于 1（单位长度），那么所有其他间隔长度就可以确定了。如果我们使 x_ν 线性地依赖于参量 λ ，即

$$x_\nu = a_\nu + \lambda b_\nu,$$

那么我们就得到了一条线，该线具有欧几里得几何中直线应具有的一切性质。特别地，这明显意味着把间隔 s 沿着一条直线放置 n 次，就能获得长度为 $n \cdot s$ 的间隔。

* 这个关系必须对于任意选择的原点和间隔方向（比值 $\Delta x_1 : \Delta x_2 : \Delta x_3$ ）都能成立。