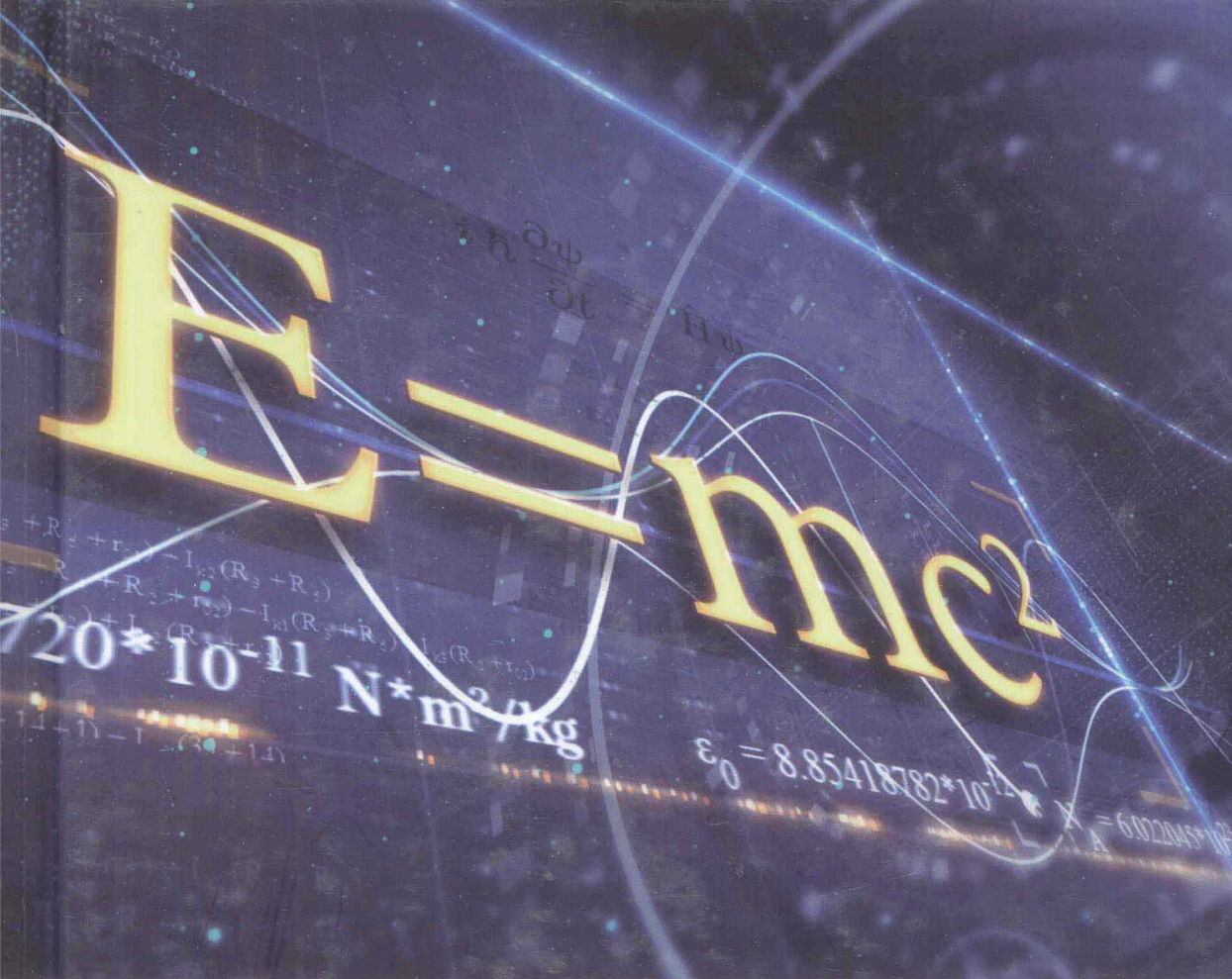


相对论研究系列

相对论探疑

蔡立 著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

相对论研究系列

相对论探疑

蔡 立 著



上海交通大学出版社

内 容 提 要

爱因斯坦狭义相对论建立于 1905 年,由于爱因斯坦在狭义相对论中没有考虑对称性破缺,从而导致狭义相对论缺少了引力理论,这是爱因斯坦的一个重大失误。本书论述由于这一失误给相对论带来的问题以及针对这些问题提出的解决方案。作者还对相对论的未来发展进行了展望。引入对称性破缺的思想,对狭义相对论的基本原理进行修改。

本书可供力学、数学、物理学、天文学和宇宙学等专业的大学生、研究生和科研人员参考,也可供所有具有大学本科知识水平、对爱因斯坦相对论感兴趣的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

相对论探疑/蔡立著. —上海:上海交通大学出版社,2013

(相对论研究系列)

ISBN 978-7-313-09621-0

I. 相... II. 蔡... III. 相对论—研究 IV. O412.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 081066 号

相对论探疑

蔡 立 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

浙江云广印业有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:14.75 字数:272 千字

2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-09621-0/O 定价:78.00 元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0573-86577317

我们的理论，不管目前多么成功，都并不完全真实，它只不过是真理的一种近似，而且，为了找到更好的近似，我们除了对理论进行理性批判之外，别无他途。

——波普尔

我感到在我的工作中没有任何一个概念会很牢固地站得住脚，我也不敢肯定我所走的道路是正确的……它肯定会被一个新的理论所取代……我相信深化理论的进程是没有止境的。

——爱因斯坦

前 言

作者从 1979 年开始学习、研究相对论,最初是怀着一种好奇和崇拜的心情,研读爱因斯坦、霍金等人的著作。然而,随着研究的深入,由崇拜转向独立思考,再由独立思考到探讨怀疑,经过 30 多年的研究探索,终于得到一些结果。现在,把多年的研究成果整理出来,写成一套相对论研究丛书。

爱因斯坦相对论是一个公理化的理论体系,包括狭义相对论、广义相对论以及用广义相对论研究宇宙问题而产生的大爆炸宇宙理论和黑洞理论。本丛书的主要内容是对爱因斯坦理论进行探疑和证伪,然后在此基础上,对相对论进行修改。

本丛书的第一本《黑洞探疑》已于 2012 年出版,这本书的结论是:只要狭义相对论正确,广义相对论的黑洞理论就一定存在错误,黑洞不应该存在。反之,黑洞如果存在,爱因斯坦的狭义相对论就一定有错误。由此得出,在黑洞问题上,爱因斯坦的狭义相对论和广义相对论之间是存在矛盾的,因此,无论是狭义相对论还是广义相对论,都需要进行一次全面的、系统的重新研究与检验。

本书是这套丛书的第二本,作者将在《黑洞探疑》的基础上,继续对爱因斯坦狭义相对论和广义相对论进行探疑,找出相对论存在的问题,进而对爱因斯坦理论进行修改,在这本书里,作者将指出爱因斯坦的一个重大失误。

爱因斯坦是公认的 20 世纪最伟大的科学家,因为他创立了相对论而闻名于世。相对论是现代物理学的两大基础之一,它对现代科学的发展产生了巨大的影响,此外,爱因斯坦还是量子理论的创始人之一。因此,对爱因斯坦在科学上的功绩,给予任何崇高的评价都是合适的。然而,任何一个伟大人物都不可能超越他所处的历史时代,爱因斯坦相对论诞生于 100 多年前,因此,不可避免地对一些物理问题的认识还不够深刻。

今天,人们都知道,对称性和对称性破缺(或叫不对称性)是两个重要的物理概念。然而在 100 多年前人们只知道对称性的重要,对称性破缺的概念还没有形成,直到 1956 年李政道和杨振宁关于弱相互作用中宇称不守恒的理论提出后,人们才认识到对称性破缺的重要性。

爱因斯坦狭义相对论建立于 1905 年,当时人们还没有认识到对称性破缺的重要性,因而,在狭义相对论中爱因斯坦只考虑了对称性,他要求物理学的规律都满足洛伦兹变换的协变性,而引力规律偏偏不满足这一性质,于是,爱因斯坦认为狭义相对论中没有引力理论。

本书将要论述:由于爱因斯坦没有考虑对称性破缺,从而导致狭义相对论缺少了引力理论,这是爱因斯坦的一个重大失误。

首先,这一失误导致了爱因斯坦建立的狭义相对论在力学上不是一个完整的理论,它不能与牛顿力学做到完全匹配。我们知道,牛顿力学和狭义相对论都是惯性参考系的理论。两者的区别在于,牛顿力学只能在速度远小于光速的情况下使用,而狭义相对论没有这一限制,狭义相对论可以看成牛顿力学在高速时的推广。牛顿力学包含两部分内容:以牛顿第二定律为核心的运动理论和以万有引力公式为主要内容的引力理论。狭义相对论既然是对牛顿力学的发展,因此,从逻辑上看,狭义相对论也应该包含两部分内容,即狭义相对论的运动理论和狭义相对论的引力理论。然而遗憾的是由于没有引入对称性破缺的思想,爱因斯坦在建立狭义相对论时,只能对牛顿第二定律进行推广,却不能把万有引力公式推广到狭义相对论。这就导致了狭义相对论在力学上不是一个完整的理论,在 $\beta \rightarrow 0$ 的时候,它不能与牛顿力学完全匹配。

其次,由于狭义相对论中没有引力理论,导致广义相对论建立时,爱因斯坦不得不使用一个牛顿力学的公式——牛顿极限公式,使用这个公式的后果是把牛顿力学的势函数带到了广义相对论的结果里,因此,爱因斯坦建立的广义相对论实际上不是真正的广义相对论,而是广义牛顿引力理论。

另外,狭义相对论是惯性参考系的理论,在惯性参考系的理论中应该给出惯性参考系的定义,然而,在爱因斯坦狭义相对论中却无法定义惯性参考系,这也是狭义相对论中的一个困难问题。本书将论述导致这个困难的原因是狭义相对论中缺少引力理论,建立引力理论后惯性参考系的定义问题将得到解决。

针对爱因斯坦相对论存在的上述问题,作者在这本书中提出了三个观点:

(1) 把对称性破缺的思想引入狭义相对论,对狭义相对性原理进行修正,进而消除狭义相对性原理与引力理论之间的矛盾,为在狭义相对论中建立引力理论铺平道路。

(2) 物理学中参考系的定义不应借助绝对性与相对性这些哲学概念,而应利用物理学的客观规律来定义。

(3) 为了研究万有引力的起因,同时也为了与量子力学相和谐,在狭义相对论中需要重新引入以太概念。不过本书不再使用以太这个名词,而称其为真空暗物质。

基于上述思想,作者对爱因斯坦相对论进行了修改与补充,主要内容包括:修改了狭义相对性原理;给出惯性参考系的严格定义;在狭义相对论中建立一个引力理论;借助狭义相对论的引力理论,还对广义相对论的真空场方程进行了修改。修改后的狭义相对论保留了爱因斯坦狭义相对论的原有公式,同时,在狭义相对论中增加了一个引力理论。狭义相对论经过修改后,原来理论中的悖论将被消除,更重要的是利用修改后的相对论,我们可以研究宇宙中的暗物质,并探讨万有引力的物理机理。

一个新的理论是否有价值,主要取决于这个理论能否解决旧理论所无法解决的问题。

星系中存在着暗物质,在 20 世纪 30 年代人们就知道,但暗物质究竟是什么,至今仍是天体物理学的一个难题。本书找出相对论存在的问题后,对爱因斯坦的真空场方程进行了修改,并利用修改后的方程对宇宙暗物质进行了研究。我们将证明,弯曲的时空中有能量,这一能量是构成星系暗物质的重要组成部分。

在牛顿力学里,牛顿遗留给后人一个问题,这就是万有引力的起因问题。作者用了 30 多年的时间,研究探索牛顿 300 年前遗留的这一问题,作者借助新建立的狭义相对论的引力理论,对牛顿万有引力的起因进行了物理解释,同时,还对牛顿引力超距作用产生的原因进行了分析。作者的研究表明,引力现象是宏观的量子力学现象,只有把以太假设成一种宏观量子物质——真空暗物质,利用连续介质力学的方法研究真空暗物质,最终才能解释引力的物理机理。

作者一贯主张从事物理学的学习与研究,一定要认真研读物理学史,因为,物理学历史上的一些思想对我们今天的研究工作具有重要的借鉴作用。在这本书里,作者提出了三个物理思想。这三个思想都有其历史渊源,第一个思想受到了李政道和杨振宁关于弱作用下宇称不守恒思想的启发;第二个思想受高斯的内蕴几何思想和马赫思想的影响;第三个思想是作者在研究笛卡儿、牛顿等人关于以太的论述时产生的。为了使读者更容易理解本书的物理思想,附录对这三个物理思想的形成过程作了简要的介绍。

在科学上没有终极的理论,爱因斯坦的相对论也需要不断完善和发展。本书还对相对论的未来发展进行了展望。

19 世纪,罗巴切夫斯基对欧几里得平行公理做了改动,由此导致了非欧几何学的诞生;1908 年,策梅罗用公理化方法修改了集合论,把康托的朴素集合论发展成公理集合论。虽然历史不会重演,但历史却惊人地相似,作者认为,当年发生在几何学和集合论中的现象,在不久的将来就会在相对论中再现。

狭义相对性原理是狭义相对论中两个基本原理之一,也是爱因斯坦相对论公理系统中的一个重要公理。当年爱因斯坦提出这一原理时,没有考虑到对称性破

缺,然而,今天对称性破缺的重要性已被物理学家所认识,在这种情况下,如果把对称性破缺的思想引入相对论,对狭义相对论的基本原理进行修改,其后果将类似于非欧几何学,在物理学中势必导致非爱因斯坦相对论的诞生。

作者认为,非爱因斯坦相对论应该具有以下特点:

(1) 非爱因斯坦相对论是对牛顿力学的全面推广,把牛顿力学由低速推广到高速,由欧几里得空间推广到闵可夫斯基空间。这个理论不仅要推广牛顿第二定律,同时还要推广牛顿万有引力定律,从而实现非爱因斯坦相对论与牛顿力学的完全匹配,即在 $\beta \rightarrow 0$ 时,非爱因斯坦相对论将退化为牛顿力学。

(2) 非爱因斯坦相对论是对爱因斯坦相对论的修改与完善。既保留了狭义相对论的公式,同时又把对称性破缺的思想引入相对论,在狭义相对论中补充一个引力理论,借助这个理论可以解决惯性参考系的定义困难,给出运动和静止的客观定义,进而消除狭义相对论中的悖论;借助狭义相对论的引力方程,还可以对爱因斯坦广义相对论的场方程进行修改。

(3) 非爱因斯坦相对论能够与量子力学相和谐,并与量子力学结合起来解释宇宙暗物质,研究引力的物理机理,构建新的量子宇宙模型,最后,牛顿 300 多年前遗留下来的问题,即万有引力的起因问题,借助非爱因斯坦相对论也将得以解决。

总之,20 世纪物理学诞生了两个理论——相对论和量子力学,目前,这两个理论是不和谐的,他们之间存在着矛盾。这个矛盾必将孕育出物理学的一次科学革命,这场科学革命的结果之一,就是对爱因斯坦相对论的修改,并在爱因斯坦相对论之外开辟一个新的领域——非爱因斯坦相对论。

今天我们就处在这场科学革命的前夜,摆在每一位物理学家面前有两条路,我们必须做出选择。

其一,做这场科学革命的推动者,积极促进非爱因斯坦相对论的诞生。

其二,继续维护爱因斯坦的权威,做这场科学革命的阻碍者。

虽然爱因斯坦是伟大的,但是,我们不应该因为他的伟大而拒绝对他的批评。事实上,正是因为他的伟大,爱因斯坦的任何一个失误或疏忽,都可能成为今天科学进一步发展的巨大障碍。

200 多年前,托马斯·杨发现了光的干涉与衍射现象,由于这个工作与牛顿的光粒子理论相冲突,在一段时间里,托马斯·杨的工作备受责难,当时托马斯·杨写下这样一段话:“虽然我仰慕牛顿的大名,但我并不因此认为他是万无一失的……我遗憾地看到他也会弄错,而他的权威也许有时甚至阻碍了科学的进步。”

今天,我们或许需要用同样的态度来看待爱因斯坦。此书并非否定爱因斯坦,而是把多年来在相对论研究中所发现的一些问题提出来,希望今后有更多的人能够关注和讨论这些问题。通过对这些问题的探讨和不同学术观点的争论,促进基

基础物理学的研究和发展。同时也希望本书能够起到抛砖引玉的作用,能为从事相对论研究的专业人员和业余爱好者带来一些新的思考和启示,进而提高相对论研究的学术水平。

蔡 立

2013年5月28日于北京

目 录

第一篇 狭义相对论探疑

第 1 章	牛顿力学概述	3
第 2 章	狭义相对论建立前物理学出现的一些问题	12
第 3 章	狭义相对论的建立	17
第 4 章	狭义相对论悖论产生的原因	28
第 5 章	对狭义相对性原理的重新考察以及爱因斯坦的一个重大 失误	32
第 6 章	从公理化的角度对比牛顿力学与狭义相对论	38
第 7 章	爱因斯坦的一个重大失误给广义相对论和统一场论 带来了问题	41
第 8 章	修改狭义相对性原理必将导致一个新的相对论理论的 建立	44
第 9 章	狭义相对论修改前后基本概念和基本定律的对比	48
第 10 章	牛顿万有引力公式的推广和等效原理的数学方程	51
第 11 章	物理学的参考系应该如何定义	54
第 12 章	修改狭义相对性原理后给相对论带来的观念变化	61
第 13 章	非爱因斯坦狭义相对论引力公式的应用 ——论证宇宙中不存在黑洞	69

第二篇 广义相对论探疑

第 14 章	广义相对论的建立以及一个令人困惑的问题	79
第 15 章	爱因斯坦对等效原理的表述准确吗?	87
第 16 章	从公理化的角度看爱因斯坦的广义相对论	

	实际上是广义牛顿引力理论	91
第 17 章	修改爱因斯坦广义相对论的基本思路	101
第 18 章	对爱因斯坦真空场方程的修正	108
第 19 章	对真空能和宇宙暗物质的讨论	114
第 20 章	通过真空场方程看广义相对论存在的问题	119
第 21 章	引力几何化的局限性	124
第 22 章	广义相对论实验探疑	130
第 23 章	广义相对论的适用范围	140
第 24 章	为什么广义相对论的施瓦西黑洞与牛顿力学的 拉普拉斯黑洞完全相同	145
第 25 章	为什么弗里德曼方程与牛顿力学的宇宙方程完全相同	149
第 26 章	大爆炸宇宙学探疑	155
第 27 章	由广义相对论引出的新问题	159

第三篇 宇宙中的暗物质与万有引力的起因

第 28 章	微波背景辐射与真空中的暗物质	165
第 29 章	真空暗物质假设	172
第 30 章	对万有引力起因的探讨	177
第 31 章	引力场的连续介质方程与等效原理数学方程成立的条件	183
第 32 章	新引力波方程	187
第 33 章	关于引力物理机理的讨论	194
第 34 章	狭义相对论的适用范围和有待研究的一个问题	199
第 35 章	两个实验建议	205
附录	三个物理思想的形成过程	208
参考文献		219

第一篇 狭义相对论探疑

公理化方法是科学研究中的一种重要方法,自从欧几里得用公理化方法建立了欧几里得几何学以来,公理化的方法已经在几何学、力学和集合论等许多学科取得了重大发展,并成为这些学科研究中最重要方法之一。爱因斯坦的相对论也属于公理化的理论。对于公理化理论,如果公理系统中存在瑕疵将会导致严重的问题。对于这一点历史上是有教训的。

19世纪末,康托提出了无穷集合的概念,进而建立了集合论。在康托最初建立的集合论中,并没有用严格的、准确的公理化的方法对集合进行定义,而是仅仅根据朴素的直觉,给出了集合的定义。1902年,罗素从康托的集合论中导出一个悖论,这就是著名的罗素悖论。罗素悖论的出现,引起了当时数学界和逻辑界的极大震动,它直接冲击了以严谨著称的数学和逻辑学,动摇了传统的数学概念,由此引发了一个波及整个数学基础的危机,数学史上称第三次数学危机。为了解决这一危机,数学家开始对集合论的公理系统进行重新研究。1908年,策梅罗建立了第一个集合论公理系统,此后,公理集合论代替了康托的朴素集合论,这场危机才得以平息^[2,3]。

历史的经验值得借鉴,回顾这段历史可以看到,20世纪初的那场数学危机,数学家用严格的公理化的方法对数学中的基本概念和基本原理进行重新定义、重新处理后,才得以平息。

今天,基础物理学也存在一些危机,相对论与量子力学的不和谐、广义相对论得出一些违反物理常识的结果、狭义相对论中存在大量的悖论,这一切都促使我们联想:爱因斯坦相对论作为一个公理化的理论,在这个理论中是否存在与康托集合论相类似的现象?相对论的公理系统是否存在问题呢?

第 1 章 牛顿力学概述

1.1 牛顿力学的诞生

发生于 16、17 世纪的科学革命极大地改变了人类历史的进程,这场革命是从哥白尼发表《天体运行论》开始的。1543 年,哥白尼的伟大著作《天体运行论》出版,在这本书中哥白尼提出,一切天体都绕着太阳转动,太阳为它们的中心,因而太阳是宇宙的中心。《天体运行论》的出版,标志着由哥白尼开启的一场科学革命的开始^[4]。

在哥白尼之前,亚里士多德的理论 and 托勒密的宇宙学说占据主导地位。公元前 4 世纪,亚里士多德的宇宙是以地球为中心的,球形的地球处在宇宙的中心,月亮、太阳、行星和恒星固定在半透明的天球,绕着地球旋转。天空最内的区域是地球以上、月球以下的区域。天空较外面的一层是天体所在的区域。经过后来的不断修缮,这个理论越来越符合天文学的观测,最终在公元 140 年形成了托勒密的宇宙体系。托勒密的宇宙是一个有严格组织的宇宙,人人都能理解,它确立了人类在万物中的地位和重要性,宇宙聚集在一个中心的周围,而人类占据着这个中心。因此,托勒密的宇宙理论与其说是科学,不如说是宗教,它为宗教提供了理论基础。正是这一原因,使这个理论流行了 1400 年。

哥白尼的理论动摇了亚里士多德的理论 and 托勒密的宇宙体系,哥白尼的思想后来经过伽利略、开普勒等人的发展,逐渐趋于完善,特别是开普勒和伽利略的工作,为牛顿理论体系的建立奠定了基础。开普勒的工作是在第谷大量的观测数据基础上,分析并总结出了行星绕日运动的三定律。对于地面上的物体运动,伽利略结合科学思维与实验观察,对亚里士多德的理论进行了认真而又深刻的批判。伽利略还设计出著名的斜面实验,令人信服地推证出如果没有阻力作用,物体将保持匀速直线运动状态,这一工作无疑是牛顿建立惯性规律的重要基础^[5]。

1687 年,牛顿《自然哲学的数学原理》的发表,标志着牛顿理论体系的建立。在《自然哲学的数学原理》中,牛顿确立了力学的三条基本规律和万有引力定律,并

严格地证明了在与距离平方成反比的引力作用下,天体运行的轨道是椭圆,或者是其他圆锥曲线。牛顿指出宇宙中的一切物体均按万有引力定律互相吸引,他还运用引力定律和力学原理解释了一些重要的天文现象,例如:在讨论星系运动时,不仅要考虑太阳的引力,还必须考虑由于其他天体的摄动可能导致椭圆轨道的偏离;讨论了太阳摄动对月球运动的影响,牛顿据此认为,岁差乃是月、日对地球赤道隆起部分的附加引力造成地轴缓慢运动的结果。牛顿还解释了潮汐的成因,确定了彗星的轨道,从而,人们第一次揭开了天体运行之谜。为了描述物体运动,牛顿和莱布尼茨几乎同时发明了微积分。《自然哲学的数学原理》反映了人类对自然认识的一次大飞跃和第一次伟大的综合^[6]。

在牛顿之前,物理学和天文学并不统一,人们普遍认为,宇宙中的规律有两种,即天上的规律和地上的规律。牛顿的重大贡献就在于,他发现了支配宇宙中物体运动的乃是同一套定律:它使苹果落到地上,也使行星绕着太阳旋转。牛顿力学理论不仅可以解释开普勒发现的行星运动的规律,而且也实现了天上的运动规律与地上的运动规律的统一。

1.2 牛顿力学的基本概念与基本定律

公理化方法是科学研究中的一种重要方法,2000多年前,欧几里得的《几何原本》是公理化的典范,该书从一些定义和公理出发,通过演绎的方法,建立了一个逻辑严谨的几何理论体系。欧几里得的《几何原本》对后来的科学产生了深远的影响,爱因斯坦曾说过:“如果欧几里得未能激起你少年时代的热情,那么你就不是一个天生的科学思想家。”

牛顿的《自然哲学的数学原理》效仿了欧几里得《几何原本》的体系和风格,《自然哲学的数学原理》一开篇,牛顿就给出了定义、公理或运动的定律,这部分内容与第三篇的万有引力定律一起,构成了牛顿力学的公理体系。

牛顿力学的公理系统包括以下内容:

- (1) 牛顿力学的基本概念,包括:质量、时间、空间、惯性、力和动量等。
- (2) 牛顿运动三定律和万有引力定律。

1) 牛顿运动定律

(1) 牛顿第一定律:任何物体都保持静止的或匀速直线运动的状态,直到其他物体的作用迫使它改变这种状态为止。

物体保持它的原有运动状态不变的性质称为物体的惯性,所以牛顿第一定律又称为惯性定律,惯性定律是由伽利略发现的,因此有时也称为伽利略惯性定律。

(2) 牛顿第二定律:物体的动量对时间的变化率同该物体所受的力成正比,并

和力的方向相同。

这里的物体指的是质点,动量的定义是物体的质量与速度的乘积 mv ,若作用于物体上的力为 F ,则牛顿第二定律可写成:

$$F = \frac{d}{dt}(mv) \quad (1-1)$$

(3) 牛顿第三定律。又称作用和反作用定律,其内容是:对于任何一个作用必有一个大小相等而方向相反的反作用。即两物体之间的相互作用一定是大小相等、方向相反,且沿同一直线。

2) 牛顿万有引力定律

牛顿根据开普勒定律和伽利略的自由落体定律,经过长期的研究发现:自然界中任何两个物体之间存在着一种相互的引力,称为万有引力。在《自然哲学的数学原理》第三卷“论宇宙的系统”中,牛顿给出了万有引力定律,自然界中任何两个物体都以一定的力互相吸引着,力同两个物体的质量乘积成正比,同它们之间距离的二次方成反比。如果用 m_1 和 m_2 表示两个物体的质量, r 表示它们之间的距离,则万有引力定律可表示为:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1-2)$$

1.3 绝对时空概念在牛顿力学中的作用

在牛顿力学的基本概念中,绝对时间、绝对空间和质量这三个概念最为重要。因为,在物理学的量纲分析中有七个基本量,其中三个是力学基本量:时间、长度和质量,其他物理量都可以用基本量导出。因此,在牛顿力学里,时间、空间和质量是三个最基本的概念。

关于绝对空间和绝对时间,牛顿在《自然哲学的数学原理》中对这两个概念是这样论述的:

“绝对空间,就其本性来说,与任何外在的情况无关。始终保持着相似和不变。”

“绝对的、纯粹的数学的时间,就其本性来说,均匀的流逝与任何外在的情况无关。”

提起牛顿的绝对空间和绝对时间,作者想做一点说明:自从狭义相对论建立后,提起牛顿的绝对时空观,人们大都沿用爱因斯坦的观点,对牛顿的绝对时空持批评态度,强调绝对时空存在的问题,而忽视了绝对时空概念在牛顿力学中起到的重要作用,为了弥补这一不足,下面我们首先分析牛顿绝对时空概念中有价值的

东西。

作者认为,牛顿引入绝对空间的意义在于,有了绝对空间的概念,在牛顿力学里就可以严格地定义参考系。

众所周知,牛顿力学是用解析的方法研究力学问题的,而解析数学的奠基人是笛卡儿,因此,笛卡儿的思想对牛顿影响很大。笛卡儿创立了解析几何,在解析几何中研究一个几何图形,例如,研究一个曲面,首先需要给定一个笛卡儿坐标系,然后把曲面放到坐标系中,借助笛卡儿坐标建立曲面方程,有了曲面方程就可以用解析的方法研究几何问题了。

牛顿把笛卡儿解析几何中的思想推广到力学。在牛顿力学里研究物体运动也需要有一个坐标系,在物理学中叫参考系或参照系。牛顿引入绝对空间的概念,其中的一个重要作用就是在牛顿力学中可以定义一个标准参考系——绝对参考系,即固定在绝对空间上的参考系。有了这个参考系,在牛顿力学里就可以给出惯性参考系的定义,惯性参考系是指与绝对参考系保持静止或做匀速直线运动的参考系。

在牛顿力学里惯性参考系是可以严格定义的,这一点非常重要,后面讨论狭义相对论时将会看到,爱因斯坦放弃绝对空间的概念后,在狭义相对论里出现了惯性参考系无法定义的问题。

1.4 力学相对性原理与伽利略变换

1632年,伽利略发表了《关于两大世界体系的对话》,书中有一段描述:“把你和一些朋友关在一条大船甲板下的主舱里,同时还有几只苍蝇、蝴蝶和其他小飞虫,舱内放一只大水碗,其中有几条鱼。然后,挂上一个水瓶,让水一滴一滴地滴到下面的一个宽口罐里。船停着不动时,你留神观察,小虫都以等速向舱内各方向飞行,鱼向各个方向随意游动,水滴滴进下面的罐中,你把任何东西扔给你的朋友时,只要距离相等,向这一方向不必比另一方向用更多的力。你双脚齐跳,无论向哪个方向跳过的距离都相同。当你仔细观察这些事情之后,再使船以任何速度前进,只要运动是匀速的,也不忽左忽右地摆动,你将发现,所有上述现象丝毫没有变化,你也无法从其中任何一个现象来确定,船是在运动还是停着不动。”

伽利略的这段描述包含一个重要思想:给定两个惯性参考系,一个是地面参考系,另一个是相对地面做匀速直线运动的船上的参考系,在封闭的船舱内所进行的一切力学实验与在地面上所进行的实验没有差异,即两个惯性参考系是等价的。把伽利略的这一思想推广到一般情况,得到的就是力学相对性原理:力学规律在所有惯性参考系都有相同的形式。