

21世纪高等院校教材

光学与近代物理 引论

徐送宁 洪佩智 编著



兵器工业出版社

21 世纪高等院校教材

光学与近代物理引论

徐送宁 洪佩智 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书包括光学与近代物理两部分。光学部分除讲述光的干涉、衍射和偏振,以及光电效应、康普顿散射规律,着重阐述波粒二象性这一核心概念,并把它上升到对一切实物粒子所具有的共同属性的认识上外,还将光学内容延伸到现代光学中以激光、全息照相、光纤为代表的光信息科学与技术领域,用大学物理语言及思维方式阐述所涉及的基本物理概念、相关基础知识及其在工程技术中的重要应用。近代物理部分主要涉及狭义相对论和量子力学基础,其中包括一系列重要的具有开创性的物理概念,从经典物理所遇到不可克服的困难,物理学的发展,引导到相对论和量子论的必然。

本书在相关的章节中穿插了“科学史话”、“科学家介绍”、“前沿科学”等内容,帮助读者开拓新视野,激发求知欲与创新意识。本书可作为高等院校工科各专业物理课程教材,也可供高校师生或工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

光学与近代物理引论 / 徐送宁,洪佩智编著. —北京:
兵器工业出版社, 2003. 3

ISBN 7-80172-121-7

I. 光... II. ①徐...②洪... III. ①光学②物理学
IV. ①043②041

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 016785 号

出版发行: 兵器工业出版社

责任编辑: 李翠兰

社 址: 100089 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 兵器工业出版社印刷厂

版 次: 2003 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1-2550

封面设计: 同力永正

责任校对: 徐送宁

责任印制: 莫丽珠

开 本: 787×960 1/16

印 张: 21

字 数: 507 千字

定 价: 28.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

本教材是应我院本科新一轮(2002级)教学计划的总体改革要求而编写的。编写的出发点是从工科物理课程进行模块式教学这一改革思路出发,考虑各课程的教学改革要适应学院总体培养目标的需要,将大学物理最能体现现代化特色的“光学与近代物理”模块进一步延伸到现代光学范畴,形成本教材。其内容包括狭义相对论、量子力学基础以及光的波动性、光的量子性、激光、全息照相与光纤等。作为工科各专业(也含文、管类专业)的一门必修课,该课程在大学第一学年第二学期开设,计划在48学时内完成。本教材在内容上又可分为光学与近代物理学两大部分。

光学部分包括光的波动性、光的量子性以及激光、全息照相、光纤等内容,共5章。光学部分的前2章,讲述传统的波动光学基本知识:光的干涉、光的衍射和光的偏振,这些内容对于认识光的波动性,认识物理图像中的波动图像是必要的;而讲述黑体辐射、光电效应与康普顿散射等内容,对于认识光的量子性,以及在此基础上对光的本性——波粒二象性的认识则是十分重要的。

光学部分的后3章,主要阐述激光、全息照相、光纤中的物理概念、基本原理,介绍器件的结构与特性,及其在工程技术中的相关应用。在基础物理课程中多引入一些现代物理知识是人们的共识,但如何遴选内容,却是仁者见仁,智者见智。本书所展现的现代光学领域,确切地说是光信息科学与技术领域,具体地是以激光为载体的有关信息的获取、传输、传感、检测与处理等构成的学科领域。所涉及的基本物理概念与相关基础知识,既是近代物理基本内容的延续,又是对21世纪的科学与技术产生重大影响的光子学及光子技术中的重要内容。从新的视角出发,用大学物理的语言及思维方法阐述及处理这些内容,图文并茂重点突出地介绍一些有极强生命力或有产业前景的应用方向,都会给学生耳目一新的感觉。不断开拓物理课程的新视野,是物理教学改革的重要组成部分。让学生在掌握物理学基本内容的前提下,不断获得认识及处理现代物理问题的新视角与新思维,是激发求知欲望,活跃思想,培养创新意识的新起点。

近代物理学部分包括相对论和量子力学基础2章。近代物理学是20世纪发展起来的物理学庞大领域,相对论和量子力学是该领域的两大支柱。本教材在相对论中主要介绍狭义相对论的基本原理、洛伦兹变换、相对论的时空观以及质速关系、质能关系等崭新的物理概念和物理图像。为了使学生对相对论的概念有比较深入的认识,利用从实际问题中提出的经典物理所遇到的

不可克服的矛盾,展现相对论诞生初期物理学界所发生的那场革命的一些具体细节(见科学史话),并将高速运动引起的一些物理量量值的变化,用图、表形式整体直观地反映出来等等,对于认识牛顿力学与绝对时空观的局限性,引出相对论的必然,并在此基础上展开相对论基本原理、时空变换、时空观以及思考高速运动领域问题方法的阐述是必要的,也是十分有益的。

量子力学涉及微观粒子的研究领域。微观粒子所表现的是我们所熟悉的宏观物体行为完全不同的特性,如能量量子化、波粒二象性、不确定关系、隧道效应等等。微观粒子的运动,从基本概念、基本规律形式到思考问题的方法均表现出同传统的经典物理完全不同的品性。在这部分内容的处理上,其特色之一,是在光的波粒二象性认识之后直接引出实物粒子的波粒二象性,这对于认识波粒二象性是自然界一切实物粒子的共同属性十分有利;特色之二,是把氢原子问题作为专题,从介绍氢原子光谱的实验规律,到玻尔的氢原子理论,最后给出氢原子问题的量子力学解法,让学生切实了解到一个具体原子问题的多种科学研究方法,从中体会各种研究方法的特点,其成功与不足之处。这对于了解用量子力学方法解决具体原子问题的基本思路是一种比较好的学习与认识途径。

本书通过“科学史话”、“科学家介绍”,向学生提供一些重要的近代物理学史知识,如迈克耳逊—莫雷实验,世界上第一台激光器和中国第一台激光器的诞生过程比较等;介绍在光学与近代物理学中有重大建树的中外著名科学家的生平与贡献;希望学生能从这些中外科学家的无畏的开创精神、严谨的治学态度、以及爱国的思想境界等方面获得教益。“前沿科学”介绍了“光子学”、“核磁共振”、“扫描隧穿显微镜”,以及“广义相对论简介”等。以上这些内容都适时地穿插在相关章、节之中,与正文相得益彰,成为本书不可分割的重要组成部分。这对于学生理解课程内容,提高学习兴趣,扩大视野以及在各自的专业范围内开拓思路是会有一些帮助的。

本书在编写过程中,也吸收了本校其它物理教师在长期教学及教学改革过程中积累的宝贵经验。本书的编写也可以说是他们所进行的教学改革的一种延续,或者说是为适应学院近期总体教学改革所进行的一种新尝试。同时,我们还借鉴了国内外许多相关教材(见本书参考文献),从中得到不少启发与教益,在此一并表示衷心的感谢。

本书的第1章、第5、6、7章由洪佩智编写;第2、3、4章由徐送宁编写。本书的编写与使用,作为一种改革尝试,有待于在实践中进一步完善与提高。由于编写时间仓促,加上编者的知识与水平有限,书中的错误与不妥之处,欢迎读者批评指正。

作 者

2002年12月于沈阳

目 录

第 1 章 狭义相对论	1
1.1 牛顿相对性原理和伽利略变换	2
1.1.1 牛顿相对性原理	2
1.1.2 伽利略变换	3
1.1.3 伽利略变换体现了牛顿力学的时空观	5
科学家介绍 爱因斯坦	7
1.2 爱因斯坦假设与洛伦兹变换	9
1.2.1 爱因斯坦假设	9
1.2.2 洛伦兹坐标变换	10
1.2.3 洛伦兹速度变换	15
科学史话 迈克耳逊—莫雷实验	18
1.3 狭义相对论时空观	22
1.3.1 同时性的相对性	22
1.3.2 时间的相对性(钟慢效应)	25
1.3.3 长度的相对性(尺缩效应)	29
1.3.4 两种时空观的比较	34
1.4 狭义相对论动力学基础	35
1.4.1 相对论质量 动量 质点动力学基本方程	35
1.4.2 相对论动能 静能 总能量	38
1.4.3 相对论质量和能量的关系	40
1.4.4 相对论能量和动量的关系	42
* 1.5 广义相对论简介	43
1.5.1 广义相对论的两条基本原理	44
1.5.2 广义相对论的实验验证	45
习题	48
第 2 章 光的波动性	50
2.1 光的干涉	51
2.1.1 光的相干性 光程 光程差	51
2.1.2 杨氏双缝 洛埃镜	56
2.1.3 薄膜干涉	62
2.1.4 干涉现象的应用 干涉仪	72
2.2 光的衍射	76

2.2.1 光的衍射现象 惠更斯—菲涅尔原理	77
2.2.2 单缝的夫琅和费衍射	79
2.2.3 光栅衍射	87
2.2.4 圆孔的衍射 光学仪器的分辨本领	94
2.2.5 X射线的衍射	97
2.3 光的偏振	99
2.3.1 光的偏振状态	99
2.3.2 起偏和检偏 马吕斯定律	101
2.3.3 反射光和折射光的偏振 布儒斯特定律	104
2.3.4 光的双折射	107
* 2.3.5 偏振光的干涉	113
* 2.3.6 人为双折射	117
* 2.3.7 旋光现象	119
习题	121
第3章 光的量子性	130
3.1 热辐射 普朗克量子假设	130
3.1.1 热辐射	130
3.1.2 黑体	132
3.1.3 黑体辐射规律	132
3.1.4 普朗克量子假设	133
3.2 光电效应	135
3.2.1 光电效应	135
3.2.2 光电效应的实验规律	135
3.2.3 经典电磁理论的困难	138
3.2.4 光子假说 爱因斯坦方程	138
3.3 康普顿效应	139
3.3.1 康普顿效应的实验规律	140
3.3.2 康普顿效应的理论解释	140
3.3.3 光的波粒二象性	143
习题	144
第4章 量子力学基础	145
4.1 实物粒子的波粒二象性	145
4.1.1 德布罗意物质波假设	145
科学家介绍 德布罗意	147
4.1.2 德布罗意波的实验验证	148

4.1.3 德布罗意波的统计解释	152
4.2 不确定关系	152
4.3 波函数 薛定谔方程	156
4.3.1 波函数	156
4.3.2 薛定谔方程	158
科学家介绍 薛定谔	162
4.4 薛定谔方程的应用	163
4.4.1 一维无限深方势阱	163
* 4.4.2 隧道效应	165
前沿科学 扫描隧穿显微镜	167
* 4.4.3 谐振子	168
4.5 氢原子	170
4.5.1 氢原子光谱的实验规律	170
4.5.2 玻尔的氢原子理论	172
科学家介绍 玻尔	178
4.5.3 氢原子的量子力学处理方法	180
* 4.5.4 多电子原子中电子分布	186
前沿科学 核磁共振	188
习题	192
第5章 激光	194
科学史话 梅曼研制成功世界上第一台激光器	194
科学史话 中国第一台激光器的诞生	196
5.1 激光产生的基本原理	198
5.1.1 粒子数按能级的统计分布	198
5.1.2 自发辐射 受激辐射 受激吸收	199
5.1.3 爱因斯坦系数及其相互关系	201
5.1.4 粒子数反转分布与光放大	203
5.1.5 光学谐振腔	207
5.2 激光的特性及应用	215
5.2.1 高斯光束	215
5.2.2 激光光束的特性	220
5.2.3 激光的应用	222
科学家介绍 王大珩——中国的光学之父	227
5.3 激光器	229
5.3.1 激光器的分类	229

5.3.2 常用的几种激光器	231
5.3.3 其它激光器	245
5.3.4 激光技术展望	248
前沿科学 光子学	250
习题	252
第6章 全息照相	254
6.1 全息照相的过程与特点	254
6.1.1 全息照相与普通照相的区别	254
6.1.2 全息照相的记录与再现	256
6.1.3 全息照相的特点	258
6.2 全息照相的基本原理	259
6.2.1 波前	259
6.2.2 波前的全息记录	260
6.2.3 物光波前的再现	262
6.3 全息照相中的实验技术	263
6.3.1 光源	263
6.3.2 记录介质	264
6.3.3 辅助元件	265
6.4 全息图的类型	267
6.5 全息技术的应用	270
6.5.1 全息光学元件	270
6.5.2 全息干涉	272
6.5.3 全息技术的其它应用	273
习题	274
第7章 光学纤维	276
7.1 光的全反射原理	277
7.2 光纤的结构与传光原理	278
7.2.1 阶跃折射率型光纤	279
7.2.2 梯度折射率型光纤	282
7.2.3 自聚焦光纤	284
7.3 光纤的特性	286
7.3.1 光纤的特性参量	286
7.3.2 光纤的传输特性	289
7.4 特殊光纤	293
7.4.1 低色散单模光纤	293

7.4.2 单模保偏光纤	295
7.4.3 特定波段光纤	296
7.4.4 塑料光纤	297
7.5 光纤的耦合与光纤无源器件	298
7.5.1 光纤的耦合与连接	298
7.5.2 光纤无源器件	301
7.6 光纤的制造与应用	306
7.6.1 光纤的制造	306
7.6.2 光纤的应用	308
习题	319
部分习题答案	320
参考文献	325

第1章 狭义相对论

19世纪末,以牛顿力学、玻耳兹曼统计力学、麦克斯韦电磁场理论为主要支柱的经典物理学,已形成一个完整成熟的理论体系,取得了巨大的成就,强有力地推动着科学和技术的进步。

20世纪初,随着科学与技术的发展,以及人们对微观领域的深入研究,又发现了许多新的实验现象,如迈克耳逊—莫雷实验、热辐射、光电效应、康普顿效应等等,它们都与经典物理学之间产生了尖锐的矛盾,使之陷入了无法解脱的困境。在解决这些矛盾的过程中,物理学经历了三次影响深远的革命,它们深刻地改变了人们对物理世界的了解与理解。作为这三次革命的标志与结果,是爱因斯坦狭义相对论(1905年)和广义相对论(1916年)以及量子力学(1925年)的创立。

爱因斯坦相对论是研究物体运动接近光速时所遵循的规律。狭义相对论指出了物理定律对一切惯性参考系是等价的,它揭示了空间与时间的内在联系,质量和能量的内在联系;广义相对论进一步指出物理定律对一切参考系都是等价的,它更深入地揭示了时间的性质,以及与运动的物质之间所存在的不可分割的联系。相对论不仅为大量的科学实验与对自然现象的观察结果所证实,而且已经成为近代科学技术不可缺少的理论基础,它从根本上改变了传统的时间、空间的观念,建立了崭新的时空观。

相对论不仅在近代物理学中占有重要地位,而且对近代高新技术也有深远的影响。很多高新技术与学科前沿,如加速器技术、近代高能粒子实验技术、核能的开发与利用、宇宙天体力学等都离不开相对论。所以,相对论不仅是近代物理学的基础,也是近代高新技术的理论基础。

相对论的建立使人们认识到,在物体的运动速度可以与光速相比拟的情况下,牛顿力学已不再适用,必须代之以爱因斯坦的狭义相对论;但是在低速运动情况下,牛顿力学是狭义相对论很好的近似。

本章主要讲述狭义相对论的基础知识,即狭义相对论的两个基本假设、狭义相对论时空观,“同时性”、“时间测量”和“长度测量”的相对性,最后介绍狭义相对论动力学的主要概念与结论。

1.1 牛顿相对性原理和伽利略变换

力学是研究物体的运动的,物体的运动就是它的位置随时间的变化。定量地研究这种变化,必须选定适当的参考系。基本力学概念,如位置、速度和加速度等,以及力学规律都是相对一定的参考系才有意义。在处理实际问题时,我们可以选用不同的参考系。在任一参考系上分析研究物体的运动时,都要应用力学规律。这样就提出了一个问题:相对于不同的参考系,力学基本定律的形式完全一样吗?

运动既然是物体的位置随时间的变化,那么,无论是对运动的描述还是运动定律的建立,都离不开对长度和时间的测量。因此,和上述问题紧密联系而又更基本的问题是:相对于不同的参考系,对长度和时间的测量结果一样吗?

对以上这些基本问题的回答,物理学经历了从牛顿力学到爱因斯坦相对论的发展。

1.1.1 牛顿相对性原理

对于上述的第一个问题,牛顿力学的回答是:对于任何惯性参考系,牛顿定律都成立。也就是说,对于不同的惯性系,力学的基本定律——牛顿定律,其形式完全一样。因此,在任何惯性系中观察,同一力学现象将按同样的形式发生和演变。这个结论叫做**牛顿相对性原理**或称为**力学相对性原理**,也叫**伽利略不变性**。

力学相对性原理的思想首先是伽利略表述的。伽利略在1632年出版的著作“关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话”中有一段生动的叙述:“把你和一些朋友关在一条大船甲板下的主舱里,再带几只苍蝇、蝴蝶和其他小飞虫。舱内放一只大水碗,其中放几条鱼。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个方向飞行,鱼向各个方向随便游动,水滴滴进下面的罐子中。你把任何东西扔给你的朋友,只要距离相等,向这一方向不比向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等。当你仔细观察这些事情后,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。即使船运动得相当快,在跳跃时,你将和以前一样,在船底板上跳过相同的距离,你跳向船尾也不会比跳向船头来得远,虽然你跳到空中时,脚下的船底板在向着你跳的相反方向移动。你不论把什么东西扔给你的同伴,无论他是在船头还是在船尾,只要你站在他的对面,你也并不需要

用更多的力。水滴将像先前一样,滴进下面的罐子,一滴也不会滴向船尾。虽然水滴在空中时,船已行驶了一些距离。鱼在水中游向水碗前部所用的力,不比游向水碗后部来得大;它们一样悠闲地游向放在水碗边缘任何地方的食饵。最后蝴蝶和苍蝇将继续随便地到处飞行,它们也决不会向船尾集中,并不因为它们可能长时间地停留在空中,脱离了船的运动,为赶上船的运动显出累的样子。”

以上这一段叙述,简直是对力学相对性原理生动描述和严格推理相结合的杰作。它表明,在一个惯性系的内部所作的任何力学实验,都不能确定这一惯性系本身是在静止状态还是在作匀速直线运动;也就是说,一切惯性系对于描述运动的力学定律来说是完全等价的,不存在任何一个惯性系会比其它惯性系更优越;或者说,一切惯性系中的力学定律都有完全相同的形式。以上这些也可以看作是力学相对性原理的几种不同表述,但它们表述的内涵都是相同的。

关于空间和时间概念,牛顿曾这样描述:“绝对空间,就其本性而言,与外界任何事物无关,而永远是相同的和不动的。”以及“绝对的、真正的和数学的时间自己流逝着,并由于它的本性而均匀地与任何外界对象无关地流逝着。”这就是牛顿的绝对空间和绝对时间概念。所谓绝对空间是指长度的测量与参考系无关;而绝对时间是指时间的测量也和参考系无关。也就是说,空间两点之间的距离,或者前后发生的两个事件之间的时间间隔,无论在哪个惯性系中测量都是一样的。

1.1.2 伽利略变换

牛顿的绝对空间与绝对时间概念,是一般人对空间和时间概念的高度总结。牛顿的相对性原理和他的绝对时空概念有着直接的联系,这种联系由伽利略变换来表述。

设有两个相对作匀速直线运动的惯性参考系,分别在其上建立两个直角坐标系 $S(o, x, y, z)$ 和 $S'(o', x', y', z')$, 如图 1.1 所示, 两者的坐标轴分别相互平行, 而且 x 轴和 x' 轴重合在一起, S' 系相对 S 系沿 x' 轴正向以匀速率 u 运动。选择两坐标原点 o 与 o' 重合作为计时零点。

设在任一时刻 t , 某质点 P 在 S 系和 S' 系中的时空坐标分别为: $P(x, y, z, t)$ 和 $P(x', y', z', t')$ 。根据牛顿的绝对时空概念, 以及对图 1.1 的分析, 可以得出两个惯性参考系 S 和 S' 对描述同一质点 P 的两组时空坐标之间的变换关系, 即

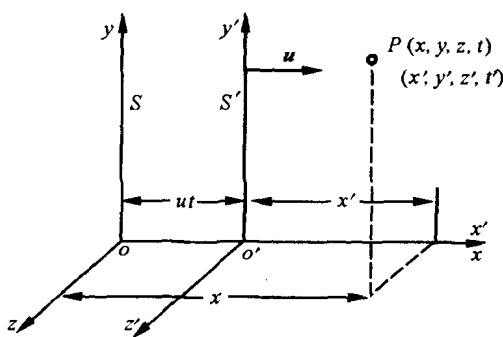


图 1.1 伽利略变换

$$\begin{cases} x' = x - ut \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases} \quad (1.1)$$

或

$$\begin{cases} x = x' + ut' \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases} \quad (1.2)$$

以上变换称为伽利略坐标变换,其中(1.1)式为正变换,(1.2)式为逆变换。

根据速度是位置对时间的一阶导数,即

$$\begin{aligned} v'_x &= \frac{dx'}{dt'}, & v'_y &= \frac{dy'}{dt'}, & v'_z &= \frac{dz'}{dt'} \\ v_x &= \frac{dx}{dt}, & v_y &= \frac{dy}{dt}, & v_z &= \frac{dz}{dt} \end{aligned}$$

将式(1.1)对时间求导,且考虑到 $t' = t$, 容易得出伽利略速度变换,即

$$\begin{cases} v'_x = v_x - u \\ v'_y = v_y \\ v'_z = v_z \end{cases} \quad (1.3)$$

(1.3)式中的三式可以合并成一个矢量式,即

$$\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{u} \quad (1.4)$$

将(1.4)式再对时间求导,可以得出伽利略加速度变换。由于 $\mathbf{u}$ 与时间 t 无关,所以有

$$\frac{d\mathbf{v}'}{dt'} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

即

$$\mathbf{a}' = \mathbf{a} \quad (1.5)$$

这说明同一质点的加速度在不同惯性系内测得的结果完全相同。

在牛顿力学里,质点的质量和运动速度无关,因而也不受参考系的影响。牛顿力学中的力也和参考系无关。因此,只要 $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ 在参考系 S 中是正确的,那么,对于参考系 S' 来说,由于 $\mathbf{F}' = \mathbf{F}$, $m' = m$ 以及(1.5)式,必然有

$$\mathbf{F}' = m'\mathbf{a} \quad (1.6)$$

即对参考系 S' 来说,牛顿定律也是正确的。所以说,牛顿定律对任何惯性系都是正确的。

1.1.3 伽利略变换体现了牛顿力学的时空观

伽利略变换是力学相对性原理的数学表述,而力学相对性原理与牛顿绝对时空观是密切联系在一起的。因此,通过伽利略变换,可以确定在一个惯性系中不论是同地还是异地“同时发生”的两个事件,在其它惯性系看来是否也是“同时发生”。以及确定在不同惯性系中测量相同二个事件发生的时间间隔之间以及发生地的空间间隔之间的关系。

1. 同时性是绝对的

设 S 系中的观察者测得两事件均于 t_1 时刻发生(二者可发生在同一地点或不同地点), S' 系中的观察者测得这两事件分别于 t'_1, t'_2 时刻发生,由伽利略变换可知

$$t'_1 = t_1, \quad t'_2 = t_2$$

即

$$t'_1 = t'_2$$

这表明在 S' 系中观测两事件也是同时发生的。可见同时性与观察者的运动无关,即同时性是绝对的。

2. 时间间隔是绝对的

设 S 系中的观察者测得两事件分别于 t_1, t_2 时刻相继发生, S' 系中测得这两事件发生的时刻分别为 t'_1, t'_2 , 由伽利略变换可知

$$t'_1 = t_1, \quad t'_2 = t_2,$$

则

$$t'_2 - t'_1 = t_2 - t_1$$

$$\Delta t' = \Delta t$$

可见 S 系和 S' 系测得二事件的时间间隔是相同的,即时间间隔是绝对的。

3. 杆的长度是绝对的

设在 S' 系沿 x' 轴放置一直杆,杆相对 S' 系静止, S' 系以匀速率 u 相对 S 系沿 x' 轴正向运动,如图 1.2 所示。

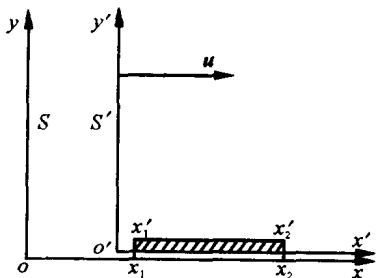


图 1.2 杆的长度不变

在 S' 系看来,杆是静止的,测得静止杆两端点的坐标分别为 x'_1, x'_2 ,则杆长为

$$\Delta x' = x'_2 - x'_1$$

在 S 系看来,杆是运动的,须同时($t_1 = t_2 = t$)测得杆两端点的坐标分别为 x_1, x_2 (若不同时测杆两端点的坐标,则坐标差值不能表示杆长),则 S 系测得的杆长为

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

由伽利略变换可知

$$x'_1 = x_1 - ut, \quad x'_2 = x_2 - ut$$

则
即

$$x'_2 - x'_1 = x_2 - x_1$$

$$\Delta x' = \Delta x$$

可见,在 S 系和 S' 系测得杆的长度是相同的,即长度是绝对的。

以上分析表明,伽利略变换体现了牛顿的绝对时空观。按照这种观点,在一个惯性系中不论是同地还是异地“同时发生”的两个事件,在其它惯性系看来都是“同时发生的”;不仅如此,不同的惯性系对同样两个事件发生的时间间隔、发生地的空间间隔的测量,结果都是相同的。显然,绝对时空观符合人们的日常生活经验。

科学家介绍

爱因斯坦(Albert Einstein, 1879 ~ 1955)

爱因斯坦,犹太人,1879年出生于德国符腾堡的乌尔姆市。1896年进入瑞士苏黎世工业大学学习,1900年毕业。1902~1907年在瑞士专利局工作。在这一时期,他对物理学研究倾注了极大的热情与努力。他经常邀请一些志同道合的青年朋友,利用业余时间定期举行物理学研究讨论会,在此基础上他进行了一系列最有创造性且具有重大历史意义的研究,并取得了重大进展,如创立了相对论与光的量子论等。1914年他任德国威廉皇家学会物理研究所所长兼柏林大学教授。由于希特勒法西斯的迫害,他于1933年到美国定居,任普林斯顿高级研究院研究员,直到1955年逝世。

爱因斯坦的主要科学成就体现在以下几个方面:

1. 创立了狭义相对论

1905年,他发表了题为《论运动物体的电动力学》的论文,完整地提出了狭义相对论,揭示了空间与时间的本质联系,引起了物理学的革命。同年他又提出了质能相当性,在理论上为原子能时代开辟了道路。

2. 发展了量子论

1905年,他发表了题为《光的产生和转化的一个启发性观点》的论文,提出了光的量子论,首次揭示了微观粒子的波粒二象性。1916年他提出受激辐射理论,该理论成为20世纪60年代崛起的激光技术的理论基础。1924年,他发展了量子统计理论。

3. 创立了广义相对论

1915年,他发表了题为《广义相对论基础》的论文,创立了广义相对论。广义相对论揭示了空间与时间、物质与运动的统一性,几何学和物理学的统一性,解释了引力的本质,为现代天体物理学和宇宙学的发展打下了重要的基础。

4. 开创了现代宇宙学

他晚年努力探索的统一场论的思想,指出了现代物理学发展的一个重要方向。20世纪60~70年代,人类在这一领域的研究已取得可喜成果。