



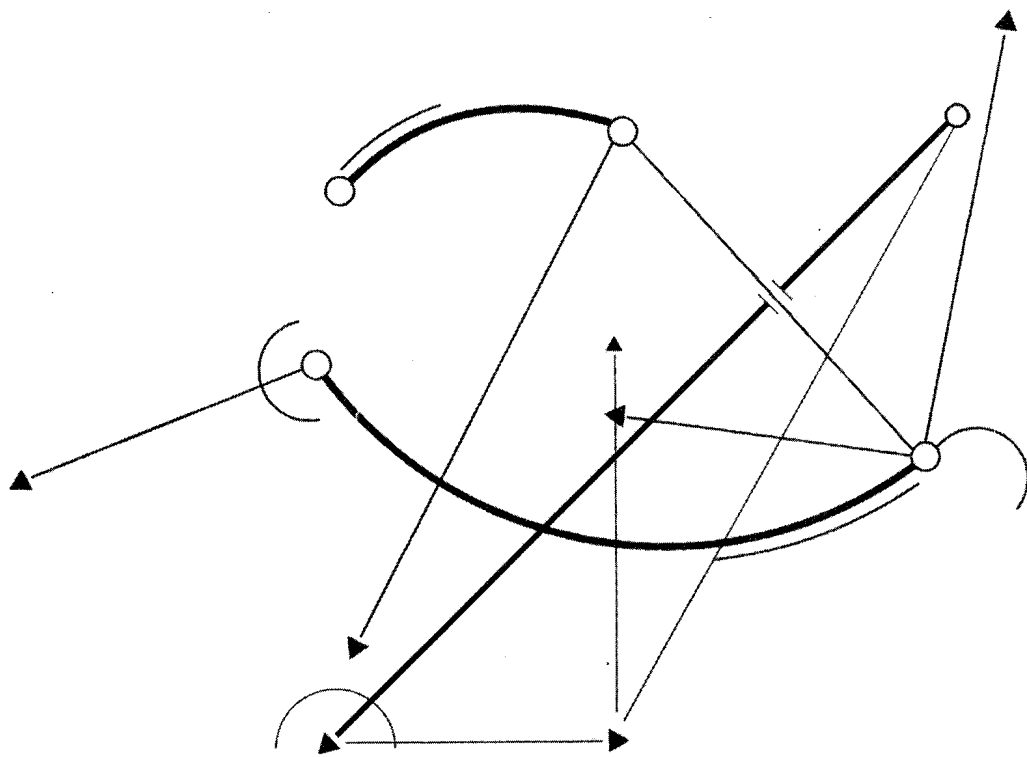
常熟理工学院教材基金资助出版

物理学史话与知识专题选讲

主编 凌瑞良 副主编 张国清 陆 军

Physics: History and Selected Topics

常熟理工学院教材基金资助出版



Physics: History and Selected Topics

物理学史话与知识专题选讲

主编 凌瑞良 副主编 张国清 陆军

图书在版编目(CIP)数据

物理学史话与知识专题选讲 / 凌瑞良主编. —南京:
南京师范大学出版社, 2009. 12
ISBN 978-7-5651-0053-6/O · 33

I. ①物… II. ①凌… III. ①物理学史—普及读物
②物理学—普及读物 IV. O4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 225751 号

书 名 物理学史话与知识专题选讲
主 编 凌瑞良
副 主 编 张国清 陆 军
责任编辑 倪晨娟 邱银虎
出版发行 南京师范大学出版社
地 址 江苏省南京市宁海路 122 号(邮编:210097)
电 话 (025)83598077(传真) 83598412(营销部) 83598297(邮购部)
网 址 <http://press.njnu.edu.cn>
E-mail nspzbb@njnu.edu.cn
印 刷 扬州市文丰印刷制品有限公司
开 本 787×960 1/16
印 张 14
字 数 259 千
版 次 2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5651-0053-6/O · 33
定 价 26.00 元

出 版 人 闻玉银

南京师大版图书若有印装问题请与销售商调换
版权所有 侵犯必究

序 言

——行走在科学与人文之间

丁晓原

凌君瑞良有许多称谓，同辈的叫他凌先，晚辈喊他凌老师，正规一点的则称凌教授，因官至市政协副主席，于是我们也常常以官职主席尊之。但是，他并不是职业官人——只会为政，不理专业，并无专长。他是以民主党派的代表性人物参政的，到龄后退休而返讲坛，既教书育人，又潜心学术研究，像模像样地做着教授。对于他的这些作为，我是充满敬意的。

作为教授，凌瑞良热爱自己的职业和专业。早在上个世纪90年代初，他的教学成果就获得了省普通高校优秀教学成果奖。他在课堂教学中极其投入，常激情洋溢而又严谨求实，尽管普通话勉强，但感染力有之，给学生很深的印象。他是一个不懈于人生追求的人。十年“文革”改变了这个“老三届”原初的人生规划，但没有改变他前行的志向。他一直努力于学业的进取，从苏州大学、北京师范大学，到南京大学，留下了凌瑞良勤奋好学的身影。他以量子理论和大学物理教学作为自己研究的方向，曾出版多部著作，在《物理学报》等发表了许多论文。在他那里，学术研究和教学研究是其第一爱好，第二爱好或许就是闲聊漫谈了，而闲聊漫谈往往也和研究有关，每逢突发灵感寻得发现，或接到什么重要刊物的用稿通知，谈兴高浓，欣喜不掩，嘎嘎然手之舞之，足之蹈之，也让我们能分享他的学术快乐。此种情由非道中人不可领略。凌瑞良先生大约长我一辈，我们俩的专业又分属理和文，照理应该是有点隔的。但不知为什么我们走得近了，何故使然，具体细节已无考，但有一点是可以肯定的——原来我们是聊友。大约十五六年前，我们成了邻居，在一个小区前后两栋房子里住着。那时居住条件差，每逢炎夏，家里热得呆不住，便会不约而同地走到楼下，一来二去熟了，就聚在一起，天南海北、校内社会、教学科研等等神聊大侃起来，当然“聊会”的主角或主角之一必定是凌瑞良。以物理科学为专业，其人却也有葱郁的人文气息。我记得梁实秋在《雅舍》中曾有言：雅舍自有个性，有个性就可爱。他便是一个有事业心，又是个性卓然的人。

年方62的凌瑞良教授新著即将要出版了。这是他去年以来出版的第二部著作。2008年凌瑞良和冯金福教授合作的《熵、量子与介观量子现象》，在科学出版

社出版。新著《物理学史话与知识专题选讲》，由书名可见其中主要包含了物理史和物理学知识两方面的内容，我所感兴趣的或者吸引我的当是物理学史话的部分。史话者非为严整的史著，在我看来是历史书写的一种自由体。史话中史实要素叙写以外，也有轶事趣味等闲适话语，普通读者对此是很喜欢阅读的。凌瑞良教授写作物理学史话，既与其学科背景有关，长期从事物理学研究和教学，熟稔物理学发展史，同时也关联着他的人文情怀。这样的一种主体配位，促成作者有可能行走在科学与人文之间。凌著物理学史话正是这样，作者在具体的写作中设置了科学与人文复合的叙事点，在讲述爱因斯坦、徐寿、胡刚复、王淦昌、吴健雄、于敏等 10 多位著名物理学家的科学成就和科学贡献的同时，也注意通过叙写他们有意味的人生故事，充分展示科学家的多姿多彩的精神世界。如爱因斯坦一讲，突出爱因斯坦重大的科学贡献和影响，也穿插了他“鲜为人知的事”，由此使读者真切地感受到爱因斯坦的伟大和平凡。有人提请爱因斯坦为以色列共和国第二任总统候选人，爱因斯坦却说：“方程对我更重要些，因为政府要不断向前，而方程却是一种永恒的东西。”史话正是以对人物自身个人化的叙说，完成了对科学家可敬可近形象的立体写真。

时序三秋，稻菽千重。早在六七年前，我就听凌瑞良教授聊起他物理学史话的话题，经年而作，他把聊说的，落实为一行行透发着科学家和作者自己生命气息的文字。他曾把一些自己颇为得意的章节打印出来给我，使我得以有先读为快之便。他也把有的篇章处理成单篇，寄给有关的刊物发表，受到读者的好评。春华秋实，勤劳的耕耘者，一定是会有所收获的。在凌瑞良教授《物理学史话与知识专题选讲》出版之际，作为一个人文工作者，我向作者表示祝贺，同时也期待有更多融通科学与人文的著作奉献给读者。

2009 年 10 月写于虞阳

前言

世间有法学家和各种议会制定的法规,有人们的良知决定的道德准则,还有固有的自然规律。与人们制定的法规不同,自然规律是不可违背和逃避的,人们只能利用它们来为自己服务。物理学研究最一般的自然规律。什么是自然规律?是谁规定的?它们为什么只能发现,不能创造?又为什么不可违背?人们有意识地观察自然和周围的世界已有几千年,发现世界中存在着令人惊叹的和谐一致的规律法则。

物理学家们探索事物的因果关系,努力去解释和利用它。他们这么做是出于求知欲,是由于对大自然之美的惊羨和人类固有的解决谜团的努力。认识自然奥秘的渴望,对人类、对社会、对历史的高度责任感,驱使他们抛弃了个人利益和对日常生活的关心,不顾艰难困苦和旁人对他们的误解。所有自然规律发现者的命运往往是富于戏剧性和颇有教育意义的,他们的功绩在当时常常得不到人们的认可,往往要等到下一代人才能认识到他们工作的意义。当然,物理学家也是人,也有“七情六欲”,他们同常人一样有自己的偏爱和个性。

当今,科学技术的迅猛发展正日新月异地刷新着人类社会的面貌,它不仅带来物质财富空前的丰富多彩,而且深刻地影响着人们的生产方式、生活方式、行为方式和思维方式。虽然笔者从事物理教学和研究已有几十年,但总觉得时间不够,对无奇不有的大千世界、广袤无际的宇宙空间、深奥莫测的变幻自然仍然认识肤浅,知之甚少。鉴于此,静心学习一些物理学领域最新、最前沿的知识和理论十分必要。

最近我们编著了《物理学史话与知识专题选讲》一书,上面所述也许是撰写本书的最原始、最朴素思想和动因。其实笔者早在校教务处工作期间(1995—2003),为贯彻中共中央、国务院《关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,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,从1998年开始就组织全校性的教授系列讲座。本人作为发起者和组织者曾先后向文科与工科学学生作过10多个专题讲座和报告,反应积极,效果良好。几乎与此同时,诸多中学出于素质教育和探究性教育的需要,也曾特邀笔者作过多次类似的讲座和报告。《物理学史话与知识专题选讲》就是在这些专题讲座和报告的基础上,通过不断修正、补充与完善才写成的,它是笔者于2003年

9月由苏州大学出版社出版的《物理与科学技术》一书的姐妹篇。

本书包括两大内容,一是物理学史,二是物理学知识。物理学史部分详细介绍了爱因斯坦、徐寿、胡刚复、萨本栋、李复几、李耀邦、何育杰、夏元璠、王淦昌、吴健雄、于敏等11位物理学家的家世与生平简历、主要的科学成就和科学贡献、教育业绩和生活轶事等。物理学知识部分主要侧重于较新、较前沿、较实用的知识。具体有最新基本粒子的分类及其性质,夸克模型,四种相互作用力,统一场论,宇宙的膨胀,哈勃定律,宇宙的年龄,宇宙的有限与无限,大爆炸概念,微波背景辐射,暗物质,暗能量,电磁波谱,电磁污染,物质的放射性及污染,光污染和噪声污染等。

参加本书编写工作的还有:苏州市中学物理学科带头人、昆山市秀峰中学张国清校长;苏州市中学物理学科带头人、苏州市名教师、苏州新区实验初级中学陆军校长。

全书共有十二讲,每讲内容完整、独立并自成体系,不受一般书籍要求系统性强制约,更注重的是史料的完整性、可靠性、真实性,物理学知识的前沿性、科学性、逻辑性和实用性。教学时可根据实际需要灵活选用书中任一讲开讲,不影响教学效果。

物理学史的撰写充分体现写真、写实、写活的原则。本书所反映的文史资料丰富、翔实,在保证史料高度真实的基础上,写作时采用事中叙人、人涉其事、事必及物的方法。全书语言朴实,举例生动形象,记实详细可靠,分析仔细透彻,可读性较强,不乏趣味性。

物理学知识的撰写侧重较新、较前沿的知识;侧重与人类生活、生态环境密切相关的知识;侧重与工农业生产、国防事业和科学技术密切相关的知识。写作时在确保物理知识的逻辑性、严谨性和科学性的基础上,对相关知识仅作定性阐述和理解性解释,结论性和描写性的居多,避免了冗长复杂的数学推演和深奥晦涩的理论阐述,具有高科普性。

书中专题介绍的物理学家和科学家,除伟大的爱因斯坦外,几乎全是我国自己的物理学家和科学家,他们中除晚清科学家徐寿外,又都是近代物理学家和科学家,故本书应是激发广大学生爱国热情,鼓励其献身科学的好教材。

除此之外,本书图文并茂,插图精选、珍贵、逼真。

通过本书的教学至少能使学生取得如下收获:①通过对物理学知识、理论和方法的发生与发展规律的研究,可以帮助学生了解过去,认识现在,展望未来。②书中多位物理学大师、科学家勇于攻关和善于创新的科学精神,严谨踏实的科学作风,非凡的学术思想,坚持不懈、顽强拼搏的毅力,敏锐的观察和一针见血的洞察力,对待困难和逆境的态度,对名誉、地位及金钱的看法,豁达宽广的胸襟,真



诚无私的待人,对祖国、对人民的热爱,献身科学的精神将会对学生产生强烈的冲击,使其留下深刻印象,从而能有效地达到做人教育、爱国主义教育、辩证唯物主义与历史唯物主义教育、创新教育、追求真理和献身科学的崇高思想教育之目的。同时,通过本书教学能使青年学生直接从物理学家及科学家那里获得科学思想、科学精神、科学态度和科学方法的培养和熏陶。③现在教学中普遍存在学生视野狭窄,知识面不宽的问题,特别是在工科大学物理课时缩减以后,这个问题更为突出。本书物理学知识部分能激发和培养学生兴趣,满足多方面的要求,让他们广泛涉猎、开阔视野、拓展思路。

物理学史部分介绍提及的所有物理学家和科学家从事的事业,取得的科研成果都具有国际领先水平,有的甚至达诺贝尔奖水平,故连同物理学知识部分最新最前沿的知识在内,本书所涉及的物理学知识都是一些高深知识。本书虽属科普读物,但学术性较强。

本书的出版曾得到朱林生副院长的直接关心,获得常熟理工学院教材出版资助,在此表示衷心感谢!

最后还要真诚感谢丁晓原副院长,他热情鼓励我们写就此书,帮我们定下本书书名,还为本书作序。

凌瑞良于常熟

2009年6月18日

目 录

■ 序 言/1

■ 前 言/1

■ 第一讲 世纪风云人物——爱因斯坦/1

- 一、爱因斯坦的科学贡献和影响/1
- 二、爱因斯坦的狭义相对论简介/2
- 三、爱因斯坦的生平简历/7

■ 第二讲 中国近代科学先驱——徐寿/10

- 一、1881年徐寿在世界著名科学杂志《自然》周刊上发表论文/10
- 二、从英国《自然》杂志的学术地位看徐寿论文的学术贡献/16
- 三、徐寿先生生平简介、主要学术活动与科学贡献/16
- 四、徐寿成功地培养了一个出色儿子/21

■ 第三讲 中国物理学前辈——胡刚复/25

- 一、胡刚复的家世/25
- 二、胡刚复的生平简历/30
- 三、胡刚复的主要科学成就/31
- 四、胡刚复的教育业绩/33
- 五、胡刚复的浓浓师生情/39
- 六、胡刚复两件鲜为人知的事/41

■ 第四讲 蒙古族科学家——萨本栋/46

- 一、萨本栋显赫的家世/46
- 二、萨本栋的生平简历/50
- 三、萨本栋的主要科学成就/53
- 四、萨本栋的教育业绩/56
- 五、萨本栋的几件轶事/66

▣ 第五讲 中国近代物理学的创始者们/70

- 一、中国留学史上第一位物理学博士李复几/71
- 二、中国留学史上第二位物理学博士李耀邦/76
- 三、中国近代物理学拓荒者何育杰先生/79
- 四、中国最早最好的物理学大师夏元璥先生/82

▣ 第六讲 两弹一星元勋、著名核物理学家——王淦昌/86

- 一、王淦昌的“中微子探测建议”与诺贝尔奖擦肩而过/87
- 二、王淦昌的主要科学贡献/95
- 三、王淦昌的浓浓师生情/102
- 四、王淦昌的参政议政/110
- 五、王淦昌的家世与生平简介/115

▣ 第七讲 中国的居里夫人——吴健雄/121

- 一、吴健雄的家世及其简历/121
- 二、吴健雄对美国“曼哈顿计划”的贡献/129
- 三、吴健雄的重要科学贡献/132
- 四、吴健雄的几件鲜为人知的事/139

▣ 第八讲 氢弹理论研究领头人——于敏/146

- 一、于敏是氢弹理论研究的“加速基因”/148
- 二、中国氢弹的爆炸及其国际影响/151
- 三、核武器研究的两大特点/152

▣ 第九讲 物质的微观结构及其规律/154

- 一、基本粒子的分类及其性质/155
- 二、夸克模型/157
- 三、四种相互作用力/161
- 四、统一场论/167

▣ 第十讲 大爆炸宇宙学/171

一、宇宙学中的几个基本概念/171

二、宇宙是均匀介质/172

三、宇宙的膨胀/173

四、宇宙的有限或无限/175

五、宇宙的年龄/176

六、宇宙大爆炸的概念/177

七、3K 微波背景辐射/178

▣ 第十一讲 暗物质与暗能量/181

一、暗物质/181

二、暗能量——宇宙的真正“主宰者”/187

三、暗物质与暗能量关系新观点/191

▣ 第十二讲 物理污染/193

一、电磁污染/194

二、放射性污染/203

三、光污染/206

四、噪声污染/206

第一讲 世纪风云人物——爱因斯坦

一、爱因斯坦的科学贡献和影响

爱因斯坦(Albert Einstein, 1879—1955)一生在狭义相对论、广义相对论、量子论、分子运动论、宇宙学和统一场论等六个领域都作出了巨大贡献,其中四个领域他是开创者。

广义相对论可以说是爱因斯坦一个人多年孤军奋战的结果,至于早期量子论和量子力学(包括波动力学)虽然都不是爱因斯坦创立的,但在决定性的发展阶段上,他作出了不可取代的贡献,特别是在早期。因此,对于近代、现代物理理论的建立,爱因斯坦应居首功。



图1 爱因斯坦

按诺贝尔物理学奖颁发的标准,爱因斯坦至少可得五次奖(指狭义相对论、质能相当性、广义相对论、光量子论、布朗运动等五项工作),事实上他只得到一项(1921年度),获奖的理由是由于他在数学物理学方面,特别是由于他发现了光电效应定律。这里避而不谈相对论和光量子论,而偏偏突出了仅仅作为光量子论一个推论的光电效应,这是因为瑞典科学界在20世纪早期过分注重实验物理学,而将理论轻视为纯粹的猜想,爱因斯坦的相对论在当时引起了科学界极大的争议。爱因斯坦收到的授奖通知上甚至特别指出:他在获奖演说时仅限于正式的授奖理由,而不得提到相对论。结果爱因斯坦没有按照惯例在传统的授奖大会上发表学术演讲,而是到另一个集会上去作学术报告。

关于爱因斯坦的科学贡献,玻恩说:“即使他没有写过一行关于相对论的著作,我认为他也还是历史上最伟大的理论物理学家之一。”

前苏联大名鼎鼎的理论物理学家诺贝尔奖获得者朗道曾对20世纪杰出物理学家的贡献作了一个有趣的比较。他把这些人一生的贡献分成几等,每隔一等相差一个数量级。他把玻尔、海森伯、狄拉克、薛定谔等人都列为第一等(他自己列为第二等),唯独爱因斯坦被破格列为第1/2等。英国《物理世界》杂志最近在100位著名物理学家中选出的10位最伟大者中,爱因斯坦排名第一。

1919年11月,在宣布日蚀观测的结果时,英国皇家学会会长,J·J·汤姆逊

声称,爱因斯坦的理论是“人类思想史上最大的成就之一”,“它不是发现一个外围的岛屿,而是发现整个科学新思想的大陆”。

1920年,英国哲学家罗素来中国讲学时,多次把爱因斯坦和列宁并提,称他们是当代两大伟人,一个代表科学革命,一个代表社会革命。

1931年,法国物理学家朗之万作过这样的评价:“在我们这一时代的物理学家中,爱因斯坦的地位将在最前列。他现在是并且将来也还是人类宇宙中有头等光辉的一颗巨星。很难说,他究竟是同牛顿一样伟大,还是比牛顿更伟大,不过可以肯定地说,他的伟大是可以同牛顿相比拟的。照我的见解,他也许比牛顿更伟大,因为他对于科学的贡献更深入到人类思想基本概念的结构中。”

总之,爱因斯坦是一位伟大的科学家,又是一位富有哲学探索精神的杰出的思想家,同时也是一个正直的、精神境界高尚的、有强烈正义感和社会责任感的人,是一个为人类进步和幸福而奋斗终生的伟大的国际主义者和“世界公民”。他是人类科学史和思想史上一颗明亮的巨星。

二、爱因斯坦的狭义相对论简介

1. 相对论是现代物理学的两大理论支柱之一

纵观历史长河,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,它开始于伽利略(1564—1642),奠基于牛顿(1643—1727),终结于麦克斯韦(1831—1879)。这一时期中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,它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100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本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。正如江泽民同志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。

2. 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作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終的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,开尔文、迈克尔逊等人公开说过,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,一系列新的发现和经典理论预见的结果相左,如光速不变(1879年迈克尔逊-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,美国物理学家迈克尔逊(A. A. Michelson, 1852—1931)和莫雷(E. W. Morley, 1838—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演讲中称为物理学晴朗天空中的“两朵乌云。”

(1) 迈克尔逊-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,这种介质充满整个宇宙,渗透在一切物体内部,被称为“以太”。如果真是这样,就像声波在空气里的传播一样,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 $C = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ (ϵ_0 为真空中的介电常数, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, μ_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。这也就是说, 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 年间迈克尔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同实验结果不相符, 因为“以太漂移实验”是一个零结果。

(2) 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 $kT/2$, 玻尔兹曼常数 $k = 1.380\,662 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

3. 狭义相对论的创立

(1) 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 篇论文中任何一篇对 20 世纪物理学的发展都具有指导意义。

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内的位移在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《物体的惯性同它所含能量有关吗》。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 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速是同步的, 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样以一定速度而进行的光,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,好多物理学家都百思不解,真有一种“山重水复疑无路”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收者的运动状态无关。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。因为力学相对性原理指出,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。他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——狭义相对性原理: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,即物理学的定律在所有的惯性参照系中都具有不变的形式。此原理表明绝对静止的参照系是不存在的(迈克尔逊-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则

是千百年来人们所习惯的盲目的“同时性”观念的推翻。

(2) 同时的相对性

设有事件 A：每一天北京时间上午 9 点，地面上的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，按我们经典力学观点，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核准后，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？（见图 2）

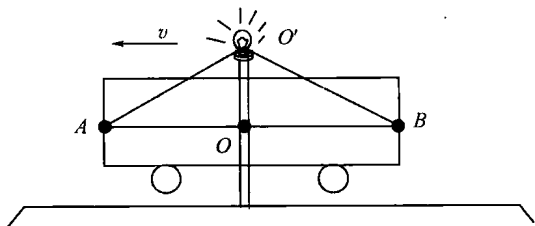


图 2 爱因斯坦列车实验

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' 也相同并不随时改变，因此他们应同时接收到光信号，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，它否定了同时的绝对性，充满了不容置疑的实证精神，具有撼动绝对时空观和经典力学的伟力。