



iCourse · 教材

中国大学资源共享课主讲教材

倪光炯 王炎森

物理与文化

——物理思想与人文精神的融合

(第三版)

出版社



iCourse · 教材

中国大学资源共享课主讲教材

倪光炯 王炎森

WULI YU WENHUA

WULISIXIANG YU RENWENJINGSHEN DE RONGHE

物理与文化

—物理思想与人文精神的融合

(第三版)



内容提要

本书是倪光炯、王炎森编著的《物理与文化——物理思想与人文精神的融合》(第二版)的修订版。

本书保持了前两版被读者广泛认可的特点,同时根据使用本书的任课教师和读者的意见和建议,对全书作了精心的修改、补充和精简,力求用“第一手资料”,真实、生动地反映物理学家们的科学思想和科学方法,以及对后人的启示,并着重改写了某些内容,使之更加流畅易懂。

全书以物理学基础知识为载体,通过对物理学发展史上的一些有里程碑意义的重大发现过程,以及对有关著名物理学家的科学思想、科学方法和科学精神的介绍,充分展现了物理学所包含的丰富的人文内涵。作者力图将物理思想与人文精神的融合贯穿于全书,注重对学生科学素质的培养。书中不涉及高等数学知识,学习和阅读本书只需具有中学的物理和数学基础。

本书另有配套电子教案等教学辅助资料,可供使用本书作为课堂主讲教材的教师使用。本书可作为高等学校科学素质教育教材及文科类学生的物理教材,也可供对物理学感兴趣的广大读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

物理与文化:物理思想与人文精神的融合/倪光炯,王炎森编著. --3版. --北京:高等教育出版社, 2015.9

ISBN 978-7-04-043126-1

I. ①物… II. ①倪… ②王… III. ①物理学-高等学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 140980 号

策划编辑 王 硕	责任编辑 王 硕	封面设计 王 鹏	版式设计 于 婕
插图绘制 杜晓丹	责任校对 胡美萍	责任印制 刘思涵	

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京明月印务有限责任公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787mm × 1092mm 1/16	版 次	2005 年 7 月第 1 版
印 张	17.75		2015 年 9 月第 3 版
字 数	420 千字	印 次	2015 年 9 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	31.50 元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 43126-00

第三版序

本书第二版于2009年3月由高等教育出版社出版以来,广受同行和读者厚爱,累计印刷13次,印数达6万多本。目前,全国约有100多所学校在使用本教材。我们在此谨向有关的老师和同学以及所有关心本书并给予鼓励的广大读者,表示衷心的感谢。

根据广大老师、同学和读者反映的意见,第三版在基本保持第二版的特点和风格基础上,主要作了如下的一些修改和补充:

1. 新版中进一步强调对一些物理学家所做出的重大发现过程的介绍,尤其是尽量用“第一手资料”对这些物理学家的科学思想、科学方法和科学精神,包括他们受世人尊敬的高尚道德品质作必要的补充,希望更有利于对年轻读者科学素质的培养。

2. 在新版中根据本书特点,从物理学发展史以及能更好地反映物理学家科学思想的角度,对原§7-4、§7-5和§7-6三节作了一些改写和补充。这里要感谢复旦大学王季陶教授针对我们这部分工作所进行的热情讨论和所提供的帮助,并为我们提供了宝贵资料。另外,在新版中将原第七章有关热力学基础和分子运动统计规律的介绍改为第五章,将经典物理内容集中在一起。

3. 原附录7B现改为附录5B“气候变化引发全球危机”,是根据最近资料全部新写的,以便能更客观、真实地反映近况,有利于引发读者思考。

4. 许多读者对“结束语”中附录(现改为“附篇”)“关于治学之道的若干思考”表示赞赏,故在第三版中原作者(倪光炯)又增加了最后一点关于“情商”的讨论。希望本附篇内容能更好地体现我们写本书的宗旨,鼓励和希望年轻读者能成为一个具有高素质的全面发展的人才。

5. 其他散布全书的细小改正、改进或补充。

希望第三版能更适合于教与学,更符合我们写本书的宗旨。

回忆我们开始考虑写这本书的时候,震惊世界的“9·11事件”刚刚过去。全世界善良的人们曾经希望:21世纪将比20世纪对人类更和平、更安全,人们的生活将更和谐、更幸福。但14年时间过去了,即使不说是“事与愿违”,至少也是很不如意的。请看核扩散、核战争的严重危险依然存在,全球气候和生态环境比上世纪明显地恶化了(请见附录5B),社会生活节奏越来越快。许多人在生活、工作和学习的压力下,走路、乘车甚至讲话都是急匆匆的,他们感到不快乐,或不大快乐。现在问:这是怎么回事呢?

历史地看问题,大概从第二次世界大战结束、核武器大量生产以后,人类社会在主流上开始从尊重文学、艺术、古典音乐和科学的缓慢发展型社会逐渐转变为技术主导或驱动的竞争型社会了。这一转变到20世纪末因大型计算机和网络技术的发明而加速,其结果正如本书§1-4节结束时所说,“两种文化分裂的后果到21世纪开始表现出新的特征:科学技术的发展使其发明者进一步沦为自己发明的工具,使社会上绝大多数成员都‘身不由己’地被潮流推着走……”因两种文化分裂而造成的物质文明与精神文明发展不平衡正是人类社会孕育着的巨大危险。(见本书第一版序。)而这一危险从21世纪以来不是缓解了,而是正在有所加剧。请看社会生产效率

固然明显地提高了,但人们的实际生活质量和幸福感却不能同步地上升,社会两极分化趋势加大了^①。再看网络技术发展本应给人类带来许多好处和方便,不料它也会对社会(大到国家、小至个人)的安全构成威胁。人们还看到,网络对原来社会秩序有很大的冲击,报刊和书籍首当其冲,接着就会轮到传统的商业。有些网络技术权威人士甚至预言:不少商场很可能将在“网购”的浪潮下一个个倒下去。大家逛街时看到的商店将变得冷冷清清,这样大多数人会高兴吗?

在此序中写入上述这些话,目的是希望读者能进一步认识到科学技术是一把“双刃剑”,以及“两种文化的分裂”将对人类社会发展带来严重后果,这些都是值得我们大家深入思考的问题。素质的培养远比知识和技能的培养来得重要,希望本书在传播知识的同时,能更多地在对年轻读者的全面素质的培养方面起到应有的作用。

最后,我们在开始拟订第三版的修订计划时,就得到了马世红教授和孔青副教授两位正在复旦大学用本教材开设“物理与文化”课程的年轻同事的宝贵帮助,后阶段他们还认真地阅读了本书稿,提出了宝贵的意见和建议。高等教育出版社和王硕编辑在本书的出版和发行过程中给了我们大力的支持和帮助。我们谨在此一并表示衷心的感谢。

倪光炯 王炎森

2015年6月

^① 法国青年教授皮凯蒂(Thomas Piketty, 1971—)于2013年出版了一本书《21世纪的资本(Capital in the Twenty-First Century)》,2014年被译成多国文字,至2015年全球销售量已达150万本。书中根据他努力搜集的时间跨度达200年的经济数据,分析了法、英、德、意、美、加、日、瑞典、中国等国的国内社会财富与收入的不平等状况随时间如何演变(结构、动力学及其在各国间异同的比较等)。笔者在听了 he 受电视台采访时的对话后,开始阅读这本被誉为“可能是十多年来最重要的经济学书”,认为作者确实深入浅出地讨论了当代经济学家和广大读者共同关心的最重要的社会问题之一。经过一年多反复讨论,作者本人与许多经济学家都承认此问题的产生及其对策远比本书中数据和分析所显示的要复杂得多。

第二版序

本书第一版于2005年7月由高等教育出版社出版以来,广受同行和读者厚爱。据不完全统计,目前,全国有70多所学校正在使用此教材。我们在此谨向有关的老师和同学,以及所有关心本书并给予鼓励的广大读者,表示衷心的感谢。

我们也要感谢高等教育出版社和有关编辑,尤其是陶铮同志。她从策划本书开始,自始至终以极大的热情为本书的出版和宣传做了大量工作。为本书第二版的修订,她又收集了各方面的意见,并汇总了一些老师对作者所写的“表示感谢和征求意见信”的答复。经我们反复讨论,考虑到本教材适用范围较广,决定将第二版改名为《物理与文化——物理思想与人文精神的融合》。

在本书第一版出版后的几年里,通过一些会议和通信,我们有机会和全国各地从事文科或其他科非物理类物理课程教学工作的老师交流切磋,从而获得了许多宝贵的经验和建议。我们认为,第二版还应该保持第一版被广大读者认可的特点和风格,努力探索一条适合对非理工类专业的学生进行物理教学的道路——继续以“突出物理学所包含的丰富科学思想和文化内涵”为重点,重视从物理学重大发现的探究过程中,挖掘著名物理学家的创新思维、研究方法和科学精神,重视反映科学上的新进展以及反映社会生活中一些与物理相关的课题。另外,在补充一些物理思想与人文精神相融合的内容的同时,删减了一些数学公式过多、叙述太专、难于教学的内容。例如,删除第九章(作为替代,在第八章后加了一个附录);重新改写了第七章,改为主要介绍热力学基础(包括热的本质、理想气体物态方程、热力学第一定律及其应用、热力学第二定律以及熵与信息等)和分子运动统计规律。为了精简,还删掉了第二章的三个附录。在新版中,各章难度的分布更加均匀,风格稳定一致,为适应学生的数理基础,便于阅读,在正文中原则上将不出现高等数学的符号。我们希望广大读者能够拥有广阔的视野和社会责任感,能对一些关系人类命运的重要问题,怀有科学的态度和认识,因此,本书在第七章的附录7B中专门介绍了“关于全球气候变化研究的新进展”,希望引起读者的重视和关注。我们期待第二版教材能更适合于教学,有更多的教师和学生能接受它、喜欢它。

本书第二版仍然面向高等院校人文、经管、金融等文科类学生,适合于作为每周2~3学时的物理课程教材。实践表明:本教材还可用于科学素质教育,也可供医学院、商学院学生类似课程使用,对讲授大学物理和中学物理的教师也将有一定参考价值。我们希望本书能为文化教育事业添砖加瓦。这里我们希望推荐一位美国著名作家 Henry Miller(1891—1980)对读者所讲的话:“在当今年代,许多人相信做任何事情都可以有捷径,但我们要学到的最大教训是:从长远来看,最困难的道路才是最容易的。”我们的愿望究竟能否实现,还希望继续得到广大老师、同学和读者的指正。

倪光炯 王炎森

2008年12月

第一版序

20 世纪汹涌澎湃的科技革命浪潮把人类推到了与 21 世纪相会的门槛上。在赞美新世纪的曙光时,人们的耳畔却仿佛响起了查尔斯·狄更斯(1812—1870)的声音(《双城记》):

“这是最好的时候,这是最坏的时候;这是智慧的年代,这是愚蠢的年代;这是信仰的新纪元,这是怀疑的新纪元;这是光明的季节,这是黑暗的季节;这是希望之春,这是失望之冬;我们将拥有一切,我们将一无所有;我们正在直登天堂,我们正在直下地狱……”

是的,在当今社会,每一个深思熟虑的人都会既有一种幸福感,又有一种危机感,或者说“机遇与挑战并存”的感觉吧。科技的发展使人们的物质生活空前地富裕起来,但竞争又使生活节奏变得太快;与此同时,地球上有限的能源及其他不可再生的资源也以日益加快的节奏被消耗;在人类活动日益加剧的干预下,地球整体生态环境继续恶化。在与“原子能”这把“双刃剑”和平共处了 55 年之后,另一把名为“基因工程和克隆技术”的“双刃剑”又被握到了人们的手上,又一次产生了“拔剑四顾心茫然”的感觉。

如果说,100 年前人们曾怀疑过科学是否会继续大发展的话,那么今天主要的担心则是科技能否被正确利用的问题了。这关系到我们这个“地球村”究竟能否达到“可持续发展”的目标,而假如处理不当的话,我们“地球村”便好像“泰坦尼克号”,高速行驶在夜幕下平静而冰冷的海洋上。

那么,危机集中表现在哪里呢?看来用物理的术语来表示还是合适的,即“不平衡”三个字。物质文明与精神文明发展不平衡:人对“自然”的认识或改变似乎已经很多,而对自己的认识或“人性”的改变实在太少;人本来是自然界的一部分,本应与自然和谐相处,如今却企图凌驾于自然之上并已受到自然的惩罚而不自觉。物理学告诉我们:不平衡状态会导致倾覆或者“相变”,人类社会也正孕育着巨大的危险。

造成这一不平衡状态的原因极为复杂,需要深入研究,但有一点已被指出的是由于四百多年来人类文化和人才教育上的分裂所致。随着“文艺复兴”,欧洲走出中世纪,科学发展起来,人类文化中便分出了科学文化,逐渐区别于早已形成的人文文化。与此相应地,在培养年轻人的大学里,实行了高度专业化的教育。于是一个人,尽管可能是某种科技(或人文)领域里的专家,却对人类文化的更广大领域所知甚少。这一局限性导致自己专业活动中的短期行为和全局观念的缺乏。有些科技专家只管埋头专业工作,人文意识淡薄,他们总是把对人类社会的发展可能会产生长期或全局性影响的事情或决定都推给政治家去做。而有些政治家凭各种猜疑、傲慢或偏见甚至一时冲动而匆忙作出的决定,造成了不可挽回的严重后果,这又与他们自身的局限性有着密切的关系。这样的事例,在 20 世纪难道还见得少吗?

一切社会活动都是人的活动,要改善我们的社会,就必须改善和提高人的全面素质。因此我们的教育应当致力于培养德、智、体、能、美等诸方面和谐发展的一代新人。而要做到这一点,正如已故著名女科学家吴健雄所指出,就应该把人类文化已经长期分裂而造成隔阂的两种文

化——科学文化与人文文化——在学校校园里重新加以弥合,这是为了避免社会可持续发展中出现危机而必须解决的一个刻不容缓的问题。新世纪的年青一代,不但是各行各业的专家,而且都应该有广博的知识,有完善的人格修养,能够相互沟通,相互理解,负责任而有远见。只有让从这样优秀的群体中选拔出来的最优秀人才做“船长”和“领航员”,才能使新的“泰坦尼克号”避开一切冰山暗礁,驶向幸福的彼岸。

以上的话是我于2000年4月15日为同济大学吴翔等五位教授编著的《文明之源——物理学》一书所写序言的前半部,此书于2001年9月由上海科学技术出版社出版。我于2001年9月6日刚从美国回到上海,就发生了震惊世界的“9·11事件”。第二天高等教育出版社物理编辑室负责人等三位编辑专程到复旦大学来访问,与几位教师(王炎森、郑永令等和我)谈到他们通过在全国各地的调查了解,认为有需要再出一本文科物理书,它与以前出版的《改变世界的物理学》(第二版)(倪光炯,王炎森,钱景华,方小敏编著,复旦大学出版社,1999)有不同的主线,应更加突出科学的思想和文化内涵,而适当减少技术细节。并且明确地建议由我们来写这本书。这一想法与我们几年来听到的对《改变世界的物理学》一书的反映是一致的,也与教育界以至社会各方面对教育改革中必须强调人文精神或科学精神的共识一致。今天有识之士都在大声呼吁:在21世纪,一个年轻人只掌握某一种(科技或人文)专业知识是远远不够的,我们必须警惕“有知识没文化”或“做科技工作却不讲科学精神、科学态度和科学方法”的现象。经过会上会后的反复讨论,我们决心接受他们的意见,努力来做这件虽然难做却必须做的事。

经过三年多时间的酝酿,数易其稿,最后定下来的执笔者是王炎森和我两人,分工合作如下:第一、七、八、九、十章、结束语和附录(倪);第二、四章(倪、王);第五、六章(王);第三章(王、倪);最后全书由倪负责(王协助)定稿。

2003年10月初稿写好并打印后,我们将它分送许多位教授和专家审阅,并于11月24日在复旦大学开了一个审稿会,出席者有陆靖(化学系、教务处长、会议主席)、蒋平、郑永令(物理学系)、陆福全(现代物理研究所)、包闻亮(通信科学与工程系)、金重远(历史学系)、胡守钧(社会学系)、尹伯成(经济学院)、王德峰(哲学系)、丁光宏(力学系)、平郑骅(高分子科学系)、龚少明(复旦大学出版社)、沈永宝(网络学院)和方家驹(教务处)等14位教授、专家。他们在热烈的讨论中对本书初稿给予了充分的肯定,并提出了许多改进的意见。此外,陈苏卿(复旦大学物理学系)、赵寿元(复旦大学生命科学学院)、陈其荣(复旦大学哲学系)、段一士(兰州大学理论物理研究所)、陆埏(南京大学天文学系)、王梓坤(北京师范大学数学系)、沈致远(美国杜邦公司中心研究院)、梁培德(美国波特兰州立大学物理学系)和林琼桂(中山大学物理系)等教授也分别对本书的写作给予了热诚的讨论、帮助和鼓励。

在书稿的打印和反复修改过程中,现代物理研究所研究生史习珩也给了我们很多帮助。

我们谨向上述所有专家、教授和一切关心本书的朋友们表示衷心的感谢。

在本书写作过程中还得到高等教育出版社和复旦大学教务处的大力支持和热情帮助,也一并致谢。

2003年春天,中国科技大学张永德教授把他的新著《量子力学》一书赠我时,录了一首我过去的诗讲他的心情:

科海浩荡宁有涯?扬帆远航便为家。

愿引好花成一景,移红播绿美中华。

我记起这首诗是我于 1995 年为祝贺《科学》杂志创刊 80 周年而写的。从那时以来,随着我国科技事业的发展,科技出版界也日益繁荣。万紫千红才是春。愿我们大家一起努力耕耘,共同呼唤中华民族乃至全人类更加美好的春天吧。

倪光炯

2004 年 12 月于复旦大学

目录

第一章 两种文化的历史演变	1	运动概念	29
§ 1-1 源远流长的中华文明	2	三、伽利略对科学方法的贡献	32
一、五千年光辉历史的回眸——夏商周 断代工程	2	§ 2-4 牛顿和经典力学的成熟	32
二、中国四大发明对世界文明作出伟大 贡献	3	一、牛顿简历	32
§ 1-2 探讨我国科学在历史上逐渐 落后的原因——“李约瑟难题”	4	二、牛顿运动三定律	33
§ 1-3 试论东方哲学与西方哲学的 异同	7	三、万有引力定律的创立过程	34
一、哲学是什么？——东西方不同的 “开局”	7	四、牛顿的自然哲学思想	39
二、从《易经》到老庄哲学和元气论	9	五、站在巨人肩上的牛顿	40
三、西方哲学为何对近代科学起促进 作用？	11	六、牛顿物理学的局限性	41
§ 1-4 文艺复兴和科学革命 两种 文化的分裂	13	§ 2-5 动量守恒定律 机械能守恒 定律	41
§ 1-5 可持续发展呼唤东西方文化的 融合	16	一、动量 力的冲量 动量守恒定律	41
§ 1-6 21 世纪需要科学文化与人文 文化的融合	17	二、机械运动的两种量度——动量和 动能	43
附录 1 谁最早发现美洲？	18	三、重力势能 功 机械能守恒定律	44
思考题	20	四、进一步讨论几个问题	45
参考资料	20	§ 2-6 振动与波	46
第二章 经典力学的建立和发展	22	一、胡克定律和弹性势能	46
§ 2-1 坐标系 位置矢量 速度	22	二、振动的描述	48
§ 2-2 从哥白尼到开普勒	24	三、波的描述	50
一、向地心说挑战——哥白尼创立日 心说	24	§ 2-7 角动量 角动量守恒定律	51
二、开普勒行星运动三定律	25	一、从开普勒第二定律引进角动量 概念	51
§ 2-3 伽利略和近代力学的诞生	28	二、角动量守恒定律及其应用	52
一、坚持真理 支持哥白尼学说	28	思考题	53
二、斜面实验 提出自由落体定律和惯性 定律	29	习题	53
		参考资料	55
		第三章 从静电现象到电磁波	56
		§ 3-1 静电和静磁现象的研究	57
		一、静磁和静电现象的早期研究	57
		二、库仑定律	58
		三、从库仑定律的建立看类比方法的 重要性	61
		§ 3-2 电流的产生及其磁效应	61

II 目录

一、从动物电研究到伏打电堆发明	61	一、声波多普勒效应	104
二、奥斯特发现电流磁效应	62	二、电磁波多普勒效应及雷达	105
三、安培对电流磁效应的深入研究	64	三、激波和切连科夫辐射	106
§ 3-3 电磁感应定律	66	§ 4-6 光的共振吸收 激光原理和 激光冷却	107
一、电磁感应现象的发现	66	一、两能级原子与光的相互作用	107
二、创造性的科学思维——磁感线与 场概念的引入	68	二、爱因斯坦关于受激辐射的预言和 激光的发明	108
三、带电粒子在电场和磁场中所受的力 和场强的定义	71	三、激光冷却 玻色-爱因斯坦凝聚	109
四、磁通量	74	附录 4 光速的测量	110
五、楞次定律	75	思考题	111
六、法拉第电磁感应定律及其应用	76	习题	112
七、做一个“平凡的法拉第”	77	参考资料	112
§ 3-4 麦克斯韦电磁场理论的建立 与电磁波的发现	78	第五章 热力学基础 熵与概率 统计 规律性	113
一、一场伟大的变革	78	§ 5-1 热的本质 热功当量	113
二、麦克斯韦方程组的建立	79	一、从燃素到热质	113
三、预言电磁波 实现第三次大综合	81	二、伦姆福的发现 热的动力说	114
思考题	83	三、焦耳实验 热功当量的测定	115
习题	83	§ 5-2 温度 热力学温标 理想 气体物态方程	116
参考资料	84	一、温度	116
第四章 光的本性是什么?	85	二、热力学温标与理想气体物态 方程	117
§ 4-1 光的微粒说	86	§ 5-3 相变 相变潜热 临界点和 三相点	118
一、牛顿对光的色散的研究	86	§ 5-4 热力学第一定律及其应用	121
二、牛顿的微粒说	86	一、等温膨胀过程中体系对外做功 内能	121
§ 4-2 光的波动说	87	二、热力学第一定律	122
一、惠更斯的波动说	87	三、气体的比定容热容和比定压热容	123
二、光的反射	88	四、卡诺循环与热机效率	124
三、光的折射	89	§ 5-5 卡诺定理 热力学第二定律 与熵的玻耳兹曼公式	128
四、光的全反射	90	一、卡诺定理	128
§ 4-3 光的干涉 衍射 偏振	91	二、热力学第二定律的几种主要表述	129
一、双缝干涉和薄膜干涉	91	三、熵 熵增加原理	131
二、单缝衍射和单孔衍射 仪器 分辨率	94	四、宏观不可逆性与洛施密特佯谬	132
三、光的偏振	97	五、概率与熵 玻耳兹曼公式	133
§ 4-4 光的波粒二象性	99	§ 5-6 麦克斯韦分布和玻耳兹曼	
一、光电效应和爱因斯坦的“光子” 假设	99		
二、康普顿效应	102		
§ 4-5 多普勒效应和激波	104		

分布	136	一、背景——两朵乌云	171
一、麦克斯韦速度分布律	136	二、观念的根本突破——“能量量子化”假设	172
二、玻耳兹曼分布	138	三、量子观念在“非难”中得到发展	175
§ 5-7 信息与概率的关系——信息量的定义	139	§ 7-2 第一个钻到原子中心的人——卢瑟福	176
一、信息量定义与平均信息量	139	一、J. J. 汤姆孙的原子模型	176
二、概率相同的 n 个同类事件的平均信息量举例	140	二、 α 粒子探针的奇迹	176
附录 5A 混沌	143	三、卢瑟福的“原子核式结构”模型的提出和遭遇	177
附录 5B 气候变化引发全球危机	148	四、卢瑟福的预言和“中子”的发现	178
思考题	151	§ 7-3 和谐乐章——玻尔模型	179
习题	151	一、行星模型的鉴赏家	180
参考资料	152	二、玻尔原子结构模型的基础	180
第六章 打开微观世界研究大门的三大发现	153	三、玻尔模型	181
§ 6-1 X 射线的发现	154	四、玻尔模型的贡献与困难	185
一、阴极射线的发现及其本性的争论	154	五、玻尔研究所的倡建	186
二、一种新射线的发现	155	§ 7-4 德布罗意与物质波	186
三、偶然中有必然	156	一、一个从文科转到理科的博士生	186
四、X 射线的本性和应用	157	二、物质波的提出	187
§ 6-2 放射性的发现	157	三、电子波动性的实验验证	189
一、贝可勒尔的一个惊人的意外发现	157	§ 7-5 描写物质波动的方程及波函数的统计解释	191
二、贝可勒尔的“先验观念”和居里夫人的新的突破	159	一、薛定谔波动方程	191
三、 α 、 β 和 γ 三种射线	161	二、波函数的统计解释 薛定谔对生命科学的新贡献	192
四、放射性衰变规律	163	三、对量子力学作出重要贡献的其他物理学家	192
§ 6-3 电子的发现	166	四、一场在 20 世纪传为佳话的科学争论	193
一、阴极射线本性之争宣告结束	166	附录 7 哥本哈根精神	195
二、敢于突破传统观念	167	思考题	196
三、电子发现对现代科学和技术发展的深远意义	168	习题	197
附录 6 卡文迪许实验室	168	参考资料	197
思考题	170	第八章 时空观的革命——相对论	199
习题	170	§ 8-1 光速不变性和同时性的相对性	199
参考资料	170	一、力学相对性原理和伽利略变换	199
第七章 物质观的革命——量子论	171	二、测量“以太风”的迈克耳孙-莫雷实验	201
§ 7-1 开创物理学新时代的“量子”概念的提出	171		

IV 目录

三、爱因斯坦的追光佯谬 狭义相对论 的两个基本原理	203	参考资料	230
四、由光速不变原理导出时间延缓	205	第九章 物理亦文化	232
§ 8-2 洛伦兹收缩 洛伦兹变换		§ 9-1 现代物理学的认识论	232
速度相加定律	206	一、认识论的相对性原理	233
一、由光速不变原理导出洛伦兹 收缩	206	二、什么实验最美?	234
二、洛伦兹变换	208	三、测量与信息	236
三、速度相加定律	210	四、物质结构观的演变	239
§ 8-3 质能关系	210	§ 9-2 现代物理学的方法论	242
一、质-能等价关系的导出	211	一、模型方法的实质	242
二、狭义相对论中的多普勒效应	215	二、对称性在物理学中的地位	243
三、核的聚变和裂变 太阳能	216	§ 9-3 从相对真理到绝对真理	
§ 8-4 广义相对论简介	218	人择原理	246
一、等效原理和广义协变原理	218	附录 9 人类社会历史所引发的思考 ...	248
二、有引力场的空间-时间是弯曲的 ...	220	思考题	250
三、广义相对论的实验验证	222	参考资料	251
四、一位伟大的科学家和思想家	225	结束语 人类从何处来? 向何处去?	252
附录 8 关于天体物理学和宇宙学若干 问题的对话	226	参考资料	256
思考题	230	[附篇] 关于治学之道的若干思考	257
习题	230	参考资料	262
		习题答案	263
		附表	265

如果我们不了解过去,也就没有多少希望掌握未来。

——李约瑟

第一章 两种文化的历史演变

作为本书的导论,第一章提醒读者注意:人类文化可以分为科学文化和人文文化这两大范畴.它们各自的内涵以及两者之间的关系不断地随着时间变化,同时也存在着空间地域上的差异和相互影响.这种变化和影响乃是人类社会进步的重要动力,它们使世界变得如此丰富多彩,但同时也充满了不确定因素和危险性.因此,人们殷切地期望:在 21 世纪已经开始的两种文化重新融合的过程将会给人类带来和谐和福祉.

然而,这一过程又是十分艰难而曲折的.原因在于:传统是一种巨大的力量,不管我们今天对它是褒是贬,为毁为誉,甚至不管我们是否愿意正视它,它已经并将继续在历史上留下它的烙印.而今天发生的一切又将成为明天的历史.

本章试图环绕科学发展史对两种文化由合而分,再由分到合的历史过程作简单介绍和一些探索性的讨论.希望读者暂且跳出具体的物理知识内容,深入思考影响科学发展(包括物理学发展)的一些基本问题,包括社会制度、经济发展与人类文明的程度,一些代表人物的哲学观念、科学思想和方法,以及两种文化分裂还是融合的历史演变等.读者将会看到:我们提出的问题远比我们试图回答的要多,或许当读者看完本书后,这一感觉会更加强烈.但这正是我们希望提醒自己和读者的话——处在竞争社会中的我们尤其匮乏的不是物质,而是精神.东西方许多思想家留下无数充满智慧的告诫,我们听到了吗?

物理学作为当今科学技术发展中的一门基础学科,它的一系列重大发现或发明都是两种文化融合所创造出的成果,它们充分体现了物理学的真、善、美.不管你曾经惧怕物理、讨厌物理,或者有兴趣却又总是学不好,读过本书第一章,你会懂得,在你最美好的青春岁月里,该主动学一点物理.也许在课堂上,你就会感到激动;也许你要用一生时间慢慢体味学习物理的意义,无论是为了你自己,还是为了我们这个世界.

§ 1-1 源远流长的中华文明

一、五千年光辉历史的回眸——夏商周断代工程

地球上 有史可考的古代文明发源地大体分布在两个区域,一是地中海附近的埃及、希腊和两河流域(即美索不达米亚,指西亚底格里斯和幼发拉底两河流域平原,在今叙利亚东部和伊拉克境内),一是在东方的中国和印度。

全世界的华人都称自己是“炎黄子孙”。在传说中,黄帝是中原各族的共同祖先,姬姓,号轩辕氏,曾于阪泉(今河北省涿鹿县东南)打败另一部落(姜姓)首领炎帝(号烈山氏,一说即神农氏),后又于阪泉击杀九黎族首领蚩尤,被拥戴为部落联盟领袖。传说有很多发明创造,如养蚕、舟车、文字、音律、医学、算数等,都创始于炎黄时期,现存《素问》一书,是《黄帝内经》的一部分。但是炎黄时期的精确年代已不可考,只能估计为距今约 5 000 年。

黄帝以后父系氏族社会后期的部落联盟领袖,在传说中先有他的孙子颡顼(号高阳),曾孙帝喾(号高辛氏),然后是玄孙尧,史称唐尧。他曾命羲和掌管时令,制定历法,咨询四岳,选舜(史称虞舜)为继承人,史称“禅让”。舜即位后,又挑选贤人,治理民事,并选拔治水有功的夏后氏部落领袖禹为继承人。禹死后禅让给皋陶。但传说中禹的儿子启建立了中国历史上第一个朝代(奴隶制国家),姒姓,史称为“夏”,建都阳城(今河南省登封市东),传到十三代桀,为商汤所灭。夏代约从公元前 21 世纪到前 16 世纪。商朝曾多次迁都。后盘庚迁都殷(今河南安阳小屯村),故商亦称殷。当时农业已较发达,手工业能铸造铜器和白陶,交换扩大,出现早期城市,传至十七代纣,被周武王攻灭。商代约从公元前 16 世纪到前 11 世纪。

若读者查阅辞海^[1]的附录,可见我国历史纪年表是从公元前 841 年西周共和元年记起的。原因是这以前的年代在历史研究中都不精确,大家存在很多争议。从 1996 年起,在宋健院士推动下,由历史、考古、天文、放射性测年技术等各方面 170 位科学家联合攻关,一个名为“夏商周断代工程”的研究项目开始启动,到 2000 年为止的阶段成果^[2]已能把三代比较准确的纪年定下来了。

首先,“武王克商”的故事在《封神榜》一书早有记载,但神话不可信,究竟发生在哪一年?这是研究的关键。过去历史学家有 44 种说法,最早为公元前 1127 年,最迟为前 1018 年,相差达 109 年!这次科学家用放射性¹⁴C 考古技术对武王克商的出发地镐京(今陕西省长安县马王镇)出土的木炭、兽骨等进行分析,结合殷墟遗址出土的甲骨文和对当时天象(月食)的记载分析等各种手段,最后首选出武王克商的时间是公元前 1046 年^[3]。由此上溯,定出商代开始的年份是公元前 1600 年,再往前推出夏代的始年是公元前 2070 年。

研究中一个非常精彩的发现如下。古代出土了一部《竹书纪年》,书中有一句话:“懿王元年天再旦于郑”。“郑”有凤翔、华县等说,但总在西周京城镐京附近,而关键是“天再旦”三个字。1944 年刘朝阳指出:这是说“天亮了两次”,即一种“日全食”现象,南京紫金山天文台张培瑜先生算出那次日全食应在公元前 926 年或前 899 年,美国加州理工学院三位科学家进一步算出时间应是公元前 899 年 4 月 21 日凌晨 5 时 48 分。为了保证科学的准确性,以刘次沅先生为首的专

题组仔细观察了1997年3月9日发生在新疆北端与俄、蒙、哈三国交界处的日全食,在天文爱好者和当地居民帮助下,共收到60人从18个地点寄来的35份报告,印证了上述计算,从而肯定公元前899年为周懿王元年,可见中国古代天文观察和历史记录是何等准确^[4]。

夏商周断代工程向全世界展示了历史悠久且熠熠生辉的中华文明,也是在我国科学家集体大协作下奏出的科学精神、科学态度和科学方法的一曲凯歌^[5]。

二、中国四大发明对世界文明作出伟大贡献

英国哲学家弗朗西斯·培根(F. Bacon, 1561—1626)是欧洲文艺复兴时期的杰出启蒙者^①,他在代表作《新工具》一书(Novam Organum, 1620)中写道^[6,7]:“我们充分看到了发明的威力、功效和后果.这种作用无论在什么地方都不如古人一无所知的三项发明更加惹人注目……这三项发明就是:印刷术、火药和指南针,它们改变了世界的整个面貌和事物的状况.印刷术使文学改观,火药使战争改观,指南针使航海改观.可以说,没有哪一个王朝,没有哪一个宗教派别,没有哪一个伟人曾经对人类发展产生过比这些发明更大的力量和影响。”

看来培根当时不知道这三大发明(还有造纸术)都来自中国,在今天剑桥科学史丛书^[6]中竟然不讲清楚,这是不公正的,让我们看历史事实吧。

我国古代在竹简上刻字或在缣帛上写字,“缣贵而简重,并不便于人”(《后汉书·蔡伦传》),在西汉时就发明了纸.蔡伦(?—121,东汉人)发明用树皮、麻头、破布、旧渔网等原料造纸,于105年奏报朝廷后在民间推广,所造纸有“蔡侯纸”之称.中国纸在公元400年的南朝时开始普遍使用,并在以后几百年中向亚洲其他地区出口,但造纸技术对外秘而不宣,因此长时间内中国独家占有经济进步与社会发展的优势.公元1000年左右(北宋)是中国文化的鼎盛时期,当时已大量使用品质优良的竹纸.可是公元751年,在怛罗斯战役中,中国造纸工人当了阿拉伯的俘虏,造纸业便逐渐扩展到阿拉伯世界,再于12世纪传入欧洲^[8,9]。

有了纸,书的传播便日益广泛,开始时还是用手抄写的,但这太花时间,且易抄错,因此雕版印刷术便应运而生了.到宋代,雕版印刷技术已相当完善,并逐渐从木版发展到铜版.在宋仁宗庆历年间(1041—1048),湖北英山平民毕昇(约970—1051)发明了活字印刷术^②.到元、明、清三代,逐渐转成木活字印刷^[8].1298年元代王桢发明木活字,1403年左右朝鲜人发明金属铸字,1455年前后德国人谷登堡(J. Gutenberg)发明铅活字印刷术。

雕版印刷技术于唐代传到日本,约在12世纪传到埃及,到14世纪末,又从波斯(今伊朗)传入欧洲,为欧洲科学的兴起及文艺复兴运动提供了一个重要的物质条件.马克思在1863年给恩格斯的信中认为印刷术、火药和指南针的发明“是资产阶级发展的必要前提”。

讲到火药,它的主要成分是硫黄、硝石(KNO_3)和木炭,其发明人已不可考,可能它是道家炼丹过程中的意外发现.读者可能都知道,诺贝尔奖的发起人诺贝尔本人是一位化学家和工程师,他就是从火药起家的.据说他的朋友发现他常去的一个工厂内,在一件电气设备后藏有一张纸,原来是中国1544年(明朝嘉靖年间)一本书《武经总要》中的一页,上面是用中国古文写的关于

① 他曾说:“一切都依赖于把目光牢牢地盯住自然界的事实。”

② 据沈括(1031—1095)《梦溪笔谈》记载,毕昇在胶泥上刻字,一字一印,用火烧硬后,便成活字,再用有框的铁板敷以掺有纸灰的松脂蜡,排上活字后加热使蜡熔化,泥字即固着在铁板上可供印刷了。

炸药的配制方法^{①[10]}。此书是北宋大臣曾公亮(999—1078)主编的,有四十卷,分前后集,前集今有中华书局影印的明朝正德年间(1506—1521)刊本。看来诺贝尔得到的是更迟些时候流入欧洲(瑞典)的版本。在南宋周密(1233—1298)所著《武林旧事》一书中,就有“烟火起轮,走线流星”的记载。此处“流星”指一种烟火玩物,即火箭。到元明期间便出现用火药推进的箭,用作攻击性武器,不久也传入了欧洲。

诺贝尔发明了雷管,并把硝化甘油做成一种无危险性的物品,他建立了企业,用炸药来开掘隧道、爆破岩石,1895年11月27日(病逝前一年)立下设立(诺贝尔)奖金的遗嘱。

最后来看指南针。在我国战国时期(公元前476—前221)就出现了最早的指南针,称作“司南”,它是用天然磁石做成的像一只勺的东西,其圆形的底可在平滑的方位盘上自由旋转,它静止后,勺柄的指向就是南方。但它磁性弱,转动时摩擦阻力大,不能满足航海的需要。

后来就发展出利用人工磁化的方法,发明了指南鱼^②,来指示方向,这种磁化方法比欧洲同类方法早了400多年^[8]。沈括在《梦溪笔谈》中则介绍了用天然磁石摩擦钢针使之磁化的方法。

经过司南和指南鱼,近代的指南针出现了。从两宋起,历经元、明到清初,广泛在航海中使用水浮法指南针,用灯芯等较轻物体做浮标,磁针贯穿而过,使它浮在水面上指南。为提高准确性,进一步将指南针与方位盘连成一体,称为“罗盘”。从明朝永乐三年(1405年)起,航海家郑和率62艘船组成的大舰队,官兵27800余人,先后7次出使西洋,28年间遍访30余国和地区,直达非洲东岸、红海和伊斯兰教圣地麦加,促进了我国与亚非各国的经济和文化交流,写下世界航海史上辉煌的篇章(见附录1)。这样大规模远洋航海的安全,当然离不开指南针和罗盘。

我国指南针约于公元12世纪末到13世纪初经过阿拉伯传入欧洲。1492年,意大利航海家哥伦布(C. Colombo, 1446—1506)发现美洲大陆;1522年,葡萄牙航海家麦哲伦(F. Magellan, 1480—1521)的船队完成环球航行。世界历史从此揭开了新的一页。

由上面介绍可见,培根说三(四)大发明改变了世界,实在非常正确。这里要强调的是:四大发明最早出现在中国的土地上,它们对世界文明的伟大贡献是永远不应被忘记的。

§ 1-2 探讨我国科学在历史上逐渐落后的原因——“李约瑟难题”

1915年我国《科学》杂志创刊,发表了著名学者任鸿隽先生(1886—1961)《说中国无科学的原因》一文。此后关于中国古代有没有科学的讨论一直延续到今天。哲学家冯友兰先生(1896—1990)于1922年的文章《为什么中国没有科学——对中国哲学史及其后果的一种解释》,气象学家竺可桢先生(1890—1974)于1945年的文章《为什么中国古代没有产生自然科学》,物理学家吴大猷先生(1907—2000)于1998年的文章《近数百年中国科学落后于西方的原因》等都很有影

① 《武经总要》(著于1040—1044)中配方为:硫黄15两,硝石30两,木炭5两,草乌头5两,巴豆2.5两,沥青2.5两,另加少量砒霜。

② 据前述《武经总要》中的记载如下:把薄铁片剪成长约6.7 cm,宽约1.7 cm的鱼形,在炭火中烧红后,沿地磁场磁化,蘸入水中使之迅速冷却(此即“淬火过程”),最后“以密器收之”,可能是把指南鱼放在天然磁石旁边以形成闭合磁路,让它保持磁化或继续磁化。