

现代光学与光子学的进展



第二集

天津科学技术出版社

OPTICS AND PHOTONICS

图书在版编目 (CIP) 数据

现代光学与光子学的进展. 第二集 / 红外与激光工程编辑部编.

—天津: 天津科学技术出版社, 2006

ISBN 7-5308-4078-9

I. 现... II. 红... III. ①光学-文集②光子-文集 IV. ①043-53②0572.31-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 002586 号

责任编辑: 王定一

版式设计: 雒桂芬

责任印制: 张军利

天津科学技术出版社出版

出版人: 胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话 (022) 23332393 (发行部) 23332390 (市场部) 27217980 (邮购部)

网址: www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

天津中铁物资印业有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 35.25 字数 674 000

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 75.00 元

《现代光学与光子学的进展》

(第二集)编委会

主 编: 王大珩

副主编: 母国光 周立伟 周炳琨

杜祥琬 殷兴良 曹建国

编 委: 杨嘉墀 金国藩 张履谦

庄松林 侯 洵 王启明

陈良惠 姚建铨 范滇元

刘颂豪 牛憨笨 周寿桓

姚骏恩 叶声华 黄瑞松

崔玉平

执行编辑：赵雪燕 何淑珍
责任编辑：王红琨 翟远征
黄 霏
排 版：刘继英

前 言

《现代光学与光子学的进展》文集第一集出版后，受到了广大读者的热烈欢迎和光学界人士的普遍赞扬，并殷切希望文集能继续出版。我感到十分高兴的是，《现代光学与光子学的进展》文集第二集在中国航天科工集团第三研究院的支持下，在航天三院八三五八所的主持下，在中国光学界的院士、专家们大力支持以及《红外与激光工程》编辑部同志们的不倦努力下问世了。

回顾过去的百年光学，20 世纪是现代光学与光子学取得辉煌成就的世纪。20 世纪初，普朗克的量子假说、爱因斯坦的相对论和光量子论、玻尔的原子假说为世纪光学的发展奠定了坚实的基础。20 世纪 50 年代，傅里叶光学为光学信息处理、相干光理论、光学全息的发展吹响了号角。60 年代，激光器的诞生标志着量子光学由学术走向技术，也标志着电子学与光学的联姻，使传统光学、近代光学进入现代光学和光子学的新阶段。激光器的发明是 20 世纪的重大成就之一，开始了光学领域一场新的革命。到 70 年代，光纤技术、半导体激光技术、

全息技术取得重大突破。而电子学与光学的结合、渗透和联姻，产生和建立了光电子信息学科。特别是美籍华人高锟博士提出的用光导纤维来传输信息的设想，促使了光纤通信的诞生和世界通讯技术的革命。20 世纪 70 至 80 年代，激光、光纤、光纤通信、光存储、光显示、全息、微光与红外技术的迅猛发展，使传统光学进入了现代光学与光子学的时代。90 年代，光纤通信与计算机的结合，进入了一个以互联网发展为中心的创新高峰期。互联网的发展是信息技术发展过程中一个重大的“革命性”转折，因此 90 年代被称为信息技术发展的“互联网时代”。它与历史上铁路、电力等的创新情况相比，规模和影响更加空前，使人类从此进入了信息社会。人们借助于光通信技术迈进互联网时代。

当我们迈入 21 世纪时，世界已进入了一个所谓的信息技术的时代。未来的社会将是以“3T”（ $T = 10^{12}$ ）为起点的高度信息化社会，即信息传输容量达到 Tb/s，信息处理频率达到 THz；信息存储密度达到 TB（位元）。电子技术由于受到荷电性、带宽、互扰等固有的物理限制，已很难满足“3T”信息社会的需求。而光子技术不存在传输的瓶颈效应，带宽比电子技术大几个数量级，并具有响应速度快、传输容量大、存储密度大、处理速度快、微型化、集成化以及高度的抗电磁干扰性的特点，完全可以满足“3T”的需求。因此国内外光学界人士普遍认为，21 世纪将是光的

世纪；21 世纪的光子技术就相当于 20 世纪的电子技术，将起着引导和带头作用。光学老又新，前程端似锦。我对现代光学与光子学的发展非常乐观。

新中国成立 50 多年来，光学在众多领域取得了重大的进展，在中国迈向信息社会的进程中和社会主义现代化建设中做出了自己的贡献。特别是 20 世纪 80 年代以来，由于高技术发展的需要，我国的现代光学与光子学——激光、光电子、光纤通信、光存储、光显示、全息、微光与红外技术的迅猛发展，促进了当代科技、国防、经济的发展和人民物质水平的提高。国家自然科学基金的设置以及“863”高技术计划的实施，促进了光学和光子学的前沿基础研究以及应用研究的发展。国家重点实验室的建立，使应用光学和光学工程的科学研究实验条件得到了很大的改善。近 20 年来，中国光学完成了由传统光学向现代光学的过渡和转变；微电子技术、计算机技术在光学上得到了广泛应用；光电子学和光子技术得到大力发展；现代光学与光子学形成了一系列新的学科分支并向其他学科渗透；光学与光子技术的应用已普及或渗透到国民经济、国防建设各领域，特别是高新科技领域。我国的现代光学与光子技术和世界上高技术发展的潮流一样，蒸蒸日上，在世界上也有相当的地位。因此，我对我国的光学与光子学的发展同样满怀信心，相信中国

光学界将为攀登现代光学与光子学的高峰做出应有的贡献。

目前，中国科学院在组织编写2006~2020年国家科技中长期规划。这个历史阶段，也是中国全方位进入小康社会的时期。为了使我国科学技术的进展能跟上这个时代，立足于世界之林，我们需要搞一个中长期科技发展规划。在这项规划中，一个主要导向就是要研究高技术和高技术的产业化。这个规划包括的内容主要有：信息技术、能源、材料科学、生命科学、航空航天等。现在的立项中，加入了激光技术这一项，我认为这是很正确的。这里涉及两个方面的问题：激光技术以及激光应用于工业技术各个领域，这两个方面的发展可以说方兴未艾。在高技术中，我们不只是研究激光作为战略高技术国民经济国防应用上所取得的丰硕成果；更重要的是促使研究成果产业化。光学要面向未来，面向国民经济、面向国防发展。目标就是让我们的光学高技术行业能够屹立于世界之林，能够在国际市场上占有一席之地。同时，现代光学与光子学技术本身，也随着市场的需求、发展的需要，结合我们建设社会主义强国的经济形势，全方位实现小康社会，得到更大的发展。中国的光学科技工作者在这方面是大有可为的，生逢其时，应该在这方面做出自己的贡献。

关于光学知识的普及，我认为，我国光学界的一个重要任务是，让人们了解光学，理解光学，

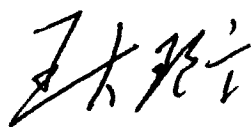
认识光学，进而和我们一起研究光学。在这方面，编辑出版《现代光学与光子学的进展》文集是一个很好的开端，使我感到很欣慰；我衷心希望能把光学普及的事情做得更好。

这两本文集的内容十分丰富，也比较全面。它包括：光学的基本问题，高功率激光，固体激光技术，光通信及器件，光网络与光子集成，光存储技术，全息术，光电显示技术，自适应光学，光学信息处理与图像融合技术，微光、红外热成像及器件，高速摄影技术，光电子测量技术，航天光学系统与紫外光学，高技术战争中的光电子技术、光电对抗技术，扫描探针显微镜，二元光学，光学精密模压技术，光子生物学与激光医学，激光制造与光电产业，光电子技术的展望等，总计有 59 篇。

由此可见，这两本文集的内容覆盖了现代光学与光子学涉及的主要研究领域，而且每篇文章都是出自我国光学领域的行家之手。因此，文集具有较高的权威性和指导意义。我认为，这两本文集是我们光学界一笔宝贵的精神财富。我希望从事现代光学和光子学的青年人，特别是博士生、硕士生和大学生们，能够认真阅读这两本文集，无论对于扩大自己的知识面，或是对于学习和从事科学研究都会有所启发，有所教益的。

借此机会，一方面我要感谢这两本文集的每一位作者，感谢他们对文集出版的支持和对

光学普及工作的贡献；另一方面，我由衷感谢中国航天科工集团公司、航天科工集团第三研究院及八三五八所的领导们，特别是殷兴良总经理、曹建国院长、崔玉平所长，他们对中国光学事业的热忱以及一贯支持，使我很受感动。我还要感谢编委会的同志们，八三五八所赵雪燕主任及她领导的《红外与激光工程》编辑部的全体成员，没有他们的辛勤劳动，这两本文集的出版是不可能的。



2005年11月15日

目 录

论科学与科学精神	王大珩	1
“863 高技术”的创始人——大珩先生	杜祥琬	16
先生之风，山高水长 ——祝贺王大珩先生从事科学 活动 68 年	周立伟	23
挑战极限的高功率激光	范滇元，钱列加	32
全固态激光技术进展	周寿桓	45
激光制造与现代化	邓树森	73
硅基光电子集成技术的进展	余金中	89
光通信系统中的光电子技术	黄德修	119
光通信前沿技术：集成波长解复用接收器件	任晓敏	139
新型集成光电子器件及其在光纤网络中的应用	罗 毅，陈向飞，彭江得，等	159
聚合物光子学及其应用	明 海，杨 军，马 辉	177
光电信息处理的应用	张以谟	202
现代高技术战争中的光电子技术	梅遂生	229
光电对抗技术及进展	刘京郊	244

目 录

光学制导技术及其进展	邓仁亮, 冯龙黔	266
全息术的新进展: 数字激光全息三维图像信息处理和传输		
	徐大雄	285
扫描探针显微镜	姚骏恩	292
激光精密测量	叶声华, 郝继贵	321
图像融合技术及其新进展*	倪国强	335
光机型高速摄影技术进展	李景镇	357
现代光学精密模压技术及进展	辛企明, 张治全	387
激光大气传输与大气探测研究进展	龚知本, 王英俭	409
非经典光场在量子测量与量子通信中的应用	彭堃堉	434
光束变换和广义光束变换进展	王绍民, 赵道木	462
从米到秒: 稳频激光——飞秒光梳——冷原子喷泉		
钟——光钟	李天初	492
光子生物学与光子医学的进展*	刘颂豪, 孟耀勇	515
激光医学的进展	顾 瑛	529

论科学与科学精神

王大珩

(中国科学院高技术研究与发展局, 北京 100864)

1 引言

“科学与科学精神”并不是一个新的论题。近代科学自从牛顿、伽利略等人创立以来直到今天,科学与科学精神,一直是科学界和社会公众关心和议论的论题。这一论题今天又引起大家的关注,是由于目前在学术界内科学精神的淡忘和缺失以及在科学知识普及上的缺陷。前几年法轮功出现的时候,引发了一个问题,法轮功为什么会出现?而且又那么猖狂?为什么如此公开地反科学,还能欺骗蒙蔽这么多人?这确实是一个值得我们深思的问题。近年来,我们在科学研究上取得很大的进展,在科学普及方面也做了不少工作,但效果不显著。这里的问题是,我们的科普工作往往只谈科学事实的成就而缺乏科学精神的灌输。因此,我认为在全社会大力普及科学知识和弘扬科学精神是十分必要的。

我不揣自己认识的浅薄,就科学与科学精神等方面谈谈我的一些感受和认识。

2 什么是科学

要了解科学精神,首先要了解我们对科学是怎么认识、怎么理解的。

“什么是科学?”要给出一个精致而完整的定义,获得人们普遍赞同是十分困难的。对科学本质的看法大致可以分为两大类。一,科学是一种认识,一个知识体系。二,科学本质上是一种活动,是产生知识的社会活动,是一种科学生产。两种观念相互对立,但实际上是从不同角度来观察科学的本质的。

“什么是科学?”目前比较一致的认识是:科学是人类对客观世界(自然界、人类社会与人的思维)的规律性认识,及由这种规律性的认识建立的知识体系。我国1999年出版的《辞海》中把“科学”定义为:“运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质和规律的知识体系。”如果把上面的表述说得更简洁一些,是否可以认为:科学是对客观事物正确认识和理解的知识体系。

科学，作为社会意识形态之一，是人类活动的一个范畴。科学是改造自然、推动技术进步和社会发展的源泉，是体现人的智慧与精神的世界观与方法论的基础。科学，就其本质而言是探求真理的一种精神活动。科学创造应理解为创造新的知识，发现新的规律，丰富科学知识的新体系和改造世界的新观念、新思想、新方法。

科学技术在当代的威力以及对社会的巨大效用是毋庸置疑的，它不仅在推进生产力的发展中起决定性的作用，在经济活动中居主导地位，为人类提供越来越丰富的物质财富，而且还渗透于人们的日常生活，影响着人们的生活、交往、认知方式及思想观念。

对科学家而言，科学的目的是为了探寻自然界、宇宙的本质关系与规律，发现和揭示客观世界的奥秘。科学的任务是使人类得到知识，由无知变有知，由少知变多知，由浅知变深知，从无序中寻找有序，从偶然中发现必然。科学家追索真理的精神是科学事业蓬勃发展的源头，许多伟大的科学发现正是来自这种执著的求真精神，而伟大理论的创建又导致了重大的技术革新与应用。

在科学创造的历史长河中，有许多大家熟知的事例，如哥白尼的“日心说”，牛顿的万有引力定律，麦克斯韦的电磁理论，普朗克的量子论，爱因斯坦的相对论，卢瑟福、玻尔的原子结构理论以及沃森和克里克的DNA（脱氧核糖核酸）双螺旋结构，等等，这些伟大的科学理论和发现，不仅深刻揭示了物质运动的内在规律，也推动了科学技术、经济与人类社会的巨大进步。

3 什么叫知识

上面谈到，科学是对客观事物正确认识和理解的知识体系。下面对这一定义中的“知识”、“认识”和“正确”等词语给予解释。

什么叫知识？知识是人类认识的成果或结晶。在这里用比较简单的方法说明如下。

关于知识的问题要回答五个W：what、why、where、when、who，即“何事”“何故”“何地”“何时”“何人”的问题。

何事：小到基本粒子，大到整个宇宙，包括所有的事物。

何故：物质相互作用的机制及原理的探索、真理的追求。

何时：概括整个宇宙历史很长的时间，可回溯到百亿年。时间的精确度为 10^{-18} s。

何地：代表空间，从基本粒子的尺度到宇宙的空间尺度，这也是包罗万象的，也包括生物空间。

何人：从一个人到世界及全人类。

自然科学是把人的因素排除在外面的，这些知识叫作自然科学。能把人包括在

内，特别是研究人与人或者人与社会之间的关系，称为人文科学，或者是社会科学。上面这五个“何”字的提法，是针对认识世界来说的。如果把改造世界也作为知识内容的话，那还要加上三个“何”字，即何为（How），在何为（How）中又包括两个概念：何向、何效。这三个“何”字指的是方向和效益。

何为：如何去做。

何向：做事的方向和路线。

何效：数量、质量、效益和弊病。

我称它们为八“何”的知识体系。

这个知识体系当然包括自然科学与文学艺术，也包括社会科学等。自然科学关注的是脱离于人之外的客观存在，与人的主观感受无关，因此要求准确的描述和可重复性的检验，讲究真实性和继承性。科学求真，真中涵美。而文学艺术则依赖于人的个体感受，常以人为价值作为取舍标准，对它的描述模糊、歧义和多变。文艺求美，美中涵真。而社会科学如政治、经济、法律、伦理、道德等介乎两者之间。

接下来谈谈“认识”和“正确”这两个词。“认识”指的是认识物质的存在和运动的形式，以及不同物质的区别，物质之间互动的关系以及运动规律和普遍原理等。“正确”指的是认识的途径必须是正确的，是运用范畴、定理、定律等思维形式得来的认识，它反映了现实世界各种现象的本质和规律。

4 科学的共同规范

科学精神是科学的精神气质和科学家价值观念的集中体现。科学精神可以从两个方面进行描述，一是广义的，从科学对待社会活动的方方面面，即从科学社会学的角度，或从科学作为知识体系的角度来描述。另一是狭义的，从科学工作者在进行科学活动中所应遵守的思维方式、行为准则、价值取向等来描述，即从事科学工作的指导思想。这里，科学精神实际可以说是“科学研究精神”。

从科学社会学的角度，半个多世纪前的默顿和后来的齐曼曾将现代科学的“共同规范”归纳为五个方面。

（1）普遍性 科学独立于种族、肤色、信仰和国家，呈现出人类普遍认知和接受的基本特征。科学研究揭示的规律具有普遍意义。科学的标准是客观的，它不取决于倡导者的个人属性或社会属性；科学向任何有才能的人敞开大门。

（2）共有性 科学知识为公共的知识，研究结果必须公开。科学的发现是科学社会协作的产物，标志着人类的进步步伐，它进入人类的知识宝库，属于全人类共同享有的资源。

（3）公正性 or 无偏见性 科学必须是客观的，不受个人或团体利益、意识形

态操纵。科学不容欺骗行为和谋私利行为。

(4) 合理的怀疑 科学不承认绝对的权威和永恒的真理，科学是批判的、革命的，科学家根据事实可以对任何知识进行自由的质疑和批判。

(5) 原创性 科学研究必须是创新的。不能对现有知识提供新内容的科学研究没有任何贡献。

上述这套社会规范已经成为国际科学界所持有的共同理念，形成科学独有的社会精神气质，支配着参加科学的人的行为，形成人们的科学良心。这五项基本规范是从科学社会学的角度提出的，其英文大写的五个字母合在一起简称为 CUDOS，以方便记忆。

5 科学的特征

上面谈的是国际科学界从科学社会学的角度提出的基本规范。那么，从科学作为知识体系的层次看，科学具有哪些特征呢？

(1) 规律性 万物运动都有自然的规律性，而规律性是独一无二的，不以人的意志为转移的。说得更神秘一点，是不以神的意志为转移的。如果把自然的物质运动规律说是天意，那么只有一个天，没有第二个天。

科学力求研究事物的本质，使其目标朝向一元化，即追求单一的真实面目。因此，科学研究越深入，便显得越枯燥乏味；而艺术则朝向多元化发展，使得生活丰富多彩。科学总是在逐步迈向一些最基本的问题：什么是物质组成的最基本单元，宇宙的起源与最终命运是什么，为什么地球上的生命如此丰富多彩，等等。

(2) 诚实性，也称“严格性” 科学的认识，是知识活动的一种基本形式，它的核心是认识事物本质的途径。中国孔子有句名言，“知之为知之，不知为不知，是知也”，这才是科学上的“知”，是真知。这里面特别要说明的是，不以小知以为知，把真知和不知以为知摆在一起看，是知识是否具有科学性的一个分界线。

举例说，有神论把不知以为知，就是把不知当作知，所以不是科学的。人类从愚昧走向文明的过程中，对许多事物开始是不理解和推测的，于是乎把这种现象的出现归结为神的意志，从历史上看，至少已经有几千年了。而人类对科学体系的建立、对科学的认识只有几百年的历史，有神论的传统和文化至今仍弥漫着整个世界，而且被统治者所利用，作为维持社会秩序和安定的手段。有许多国家把有神论和政权密切地结合起来。我在国外就碰到这个情况，有人问我信什么教，答曰不信教。他说岂有此理，人还有不信教的。在科学高度发展的当代，人们在传统意识和行为上，仍保持着有神论的烙印，科学家也在所难免。在实验室里他是无神论者，但是在社会上也是随着有神论的大流，成为有神论和无神论的两面派。

这说明，当前整个社会的思想意识远远落后于科学思维所指出的先进道路，所

以使全社会的意识形态自觉地将科学化付诸行动还有漫长的路要走。

(3) 严谨性, 即正确的科学路线 在认识过程上, 由表及里, 由浅入深, 由简入繁, 由中间向两头扩展, 对真理的认识是可望而难以企及的。科学不承认没有事实依据的先验论, 它的深入由低级到高级主要是理性认识的过程。这是科学的核心所在。但是, 理性认识要经由实验、论证来确立。

(4) 实践性 实践是检验真理的惟一标准, 对此, 不用多解释了, 只是简述现在用的主要方法。

1) 经过实验室的试验论证和模拟试验, 这是直接论证。

2) 利用自然环境进行各种因素的观察和分析。比如说气象条件不能搬到实验室里来, 天空的条件没有办法搬到实验室里来, 只能就地观测, 进行数据上的分析, 然后再从分析上得出结论。

3) 触类旁通和举一反三, 取得旁证。有些规律本来是适用于局部范围的, 但是从各种现象的推论上, 可以扩展它的范围。比如, 力学的定理是在地球上做的, 但是可以扩展到天文上面, 这就是举一反三取得旁证。

4) 局部试点, 逐步修订完善。对于社会中的许多现象和问题, 要认识到这样做是否合适。有什么问题, 可以进行局部的试点, 通过试点找出问题, 然后逐步修正, 使所采取的措施更加接近实际。

5) 从事物的内在因素寻找相互关系。在社会科学领域很多工作是这样做的, 要把社会的各种因素的相互关系找出来, 印证这个理论是否合适, 是否可以付诸行动。

6) 重视异常现象。实践中有时会出现异常现象, 它的发现可能揭示其中蕴藏着新的东西。始料不及的异常现象常常是发现新事物、新规律的源泉。一次, 我和一个美国的科学家同坐一辆车, 我问他, 你所研究出的结果和你原来料想的结果完全一样, 你是高兴还是不高兴? 他说那是最倒霉的, 我什么新东西都没有得到。假设在实验室里出现了他没有预料到的现象, 那他就会高兴, 那样才会有新的发现, 可以寻找新东西。也正是因为这样, 通过这种不可预料问题的解决, 在科学或者在我们的科学认识上, 包括我们的行动和实际工作, 才能取得进展。事实上, 许多诺贝尔奖获得者的创造性工作都是在偶然的发现之后提出来的, 由于他们的发现引起了科学上一个领域的进展。

7) 等待时机。最后实在没有办法了, 只好等待。1913~1915 年, 爱因斯坦提出广义相对论, 由这个理论, 爱因斯坦预言, 光线必被引力场所折弯。但这必须由实验验证, 因为只有日食的时候, 才可以做这个试验, 故只好等待。经过将近 5 年的等待和煎熬, 直到 1919 年 5 月, 英国的爱丁顿爵士领导的两个观测队分别在巴西和西非拍摄到日全蚀照片, 其观测结果分别为 $1.61 (\pm 0.30)$ 、 $1.98 (\pm 0.12)$