

THE SERIES
OF FRONTIER

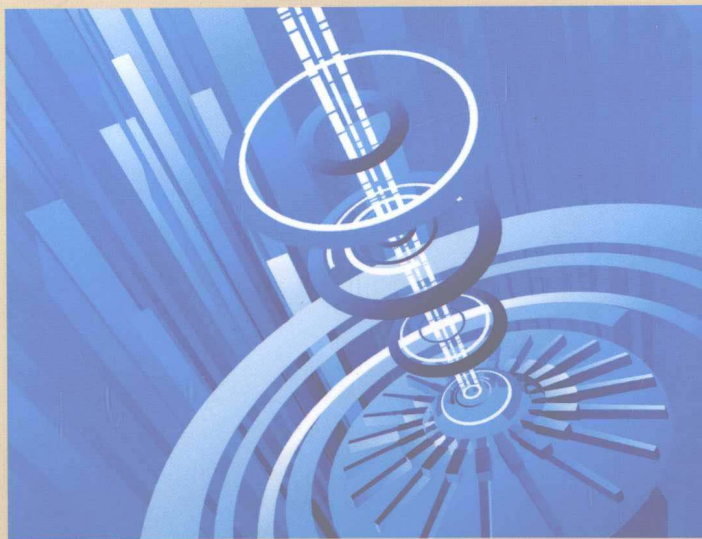
科技前沿书系

SCIENCE
&
TECHNOLOGY

从纯科学史的观点研究科学革命，有着重要的意义，因为这种研究来自科学发展的实际进程。从科学革命的观点观察在现代科学革命全过程中起过主力军作用的卡文迪什实验室的地位及其作用有助于该项研究的具体化和深入。

科学革命与卡文迪什实验室

阎康年 著





THE SERIES
OF FRONTIER

科技前沿书系

SCIENCE
&
TECHNOLOGY

科学革命与 卡文迪什实验室

阎康年 著

山西出版传媒集团
山西教育出版社

图书在版编目(C I P)数据

科学革命与卡文迪什实验室/阎康年著. —3 版. —太原:山西教育出版社, 2012. 1

(科学前沿丛书/甘师俊, 陈久金主编)

ISBN 978 - 7 - 5440 - 5055 - 5

I. ①科… II. ①阎… III. ①物理学 - 实验室 - 概况 - 英国 - 普及读物 IV. ①04 - 245. 61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 182440 号

科学革命与卡文迪什实验室

KE XUE GE MING YU KA WEN DI SHEN SHI YAN SHI

责任编辑 郭志强

复 审 薛海斌

终 审 刘立平

装帧设计 王耀斌

印装监制 贾永胜

出版发行 山西出版传媒集团·山西教育出版社

(太原市水西门街馒头巷 7 号 电话:0351 - 4035711 邮编:030002)

印 装 山西人民印刷有限责任公司

开 本 850 × 1168 1/32

印 张 6.875

字 数 168 千字

版 次 2012 年 1 月第 3 版 2012 年 1 月山西第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5440 - 5055 - 5

定 价 13.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。电话:0358 - 7641044

“科普前沿书系”编委会

主 编◎ 甘师俊 陈久金

副 主 编◎ 王渝生 刘 钝 曹效业
王葆青 任兆文

编 委◎ (按姓氏笔画为序)

王克迪 王佩琼 王葆青 王渝生
甘师俊 刘 钝 刘戟锋 迟 计
任兆文 李小娟 李劲松 苏荣誉
陈久金 陈朝勇 张 藜 张国祚
张柏春 周 元

项目策划◎ 苏荣誉 迟 计 周 元 王佩琼

引 言

本书是就科学革命理论问题和从科学革命的观点观察卡文迪什实验室的贡献两个方面，着重分析和写出的。从纯科学史的观点研究科学革命，特别是现代科学革命，有着重要的意义，因为这种研究来自科学发展的实际进程。从科学革命的观点观察在现代科学革命全过程中起过主力军作用的卡文迪什实验室及其科学家们的地位和作用，有助于该项研究的具体化和深入。也许这两点构成了本书的特色。

关于科学革命，著述浩如烟海，看法纷纭，各有优点和不足，本书试图从科学革命应具有明确的代表性理论体系着眼，通过对卡文迪什实验室在现代科学革命中起的重要推动作用，展开具体的分析，如此可能更有助于对两者的深入了解。卡文迪什实验室曾经以现代科学革命的主要中心之一、人才苗圃和世界的物理学家圣地著称，出过一个科学组织所能培养的最多的诺贝尔奖获得者，达 25 人次；产生过 4 个皇家学会主席、6 个大英科学促进会主席；奠基了电磁理论、原子物理、核物理、X 射线晶体分析理论、分子生物学和非晶体半导体理论等；发现过电子、元素的人工嬗变、中子、正电子、重氢核聚变、金属结晶费米面、血红蛋白和肌红蛋白大分子结构、DNA 双螺旋结构、类星体、脉冲星、非晶体和有机聚合物半导体材料等；发明过云室、质谱仪、X 射线摄谱仪、射电望远镜和加速器等。这些重大的发现、发明开拓

了很多现代科学新领域，在现代科学史上有着划时代的重大意义，因而大大地推动了现代科学革命的进程。

已经发生的两次科学革命，都是从观测或实验着手，在天体和原子两个极端的物质存在形式上展开了物质观和物质组成理论的根本变革，因而首先从本体论上改变了人类的自然观和科学观。卡文迪什实验室在揭开原子内的微观宇宙方面作出了决定性的重大贡献，它的发展史是沿着物质的微观组成的科研路线展开的。步步深入，层层揭示，从无机界到有机界，从非生命物到生命物，从基本粒子到中子星，不但发现了大量自然现象，而且追踪到它们的构成、演化和遗传的机理，对现代科学革命的产生与发展起了重大的作用，从而涌现出了一代代名载史册的伟大科学家。从科学革命的观点看待和评价他们的贡献，可能更贴切和适当些。

为了进一步探讨这些问题，笔者借1988年至1989年赴剑桥访问研究的机会，访问了前卡文迪什教授A. B 派帕德爵士。在一次谈话中，曾经谈起自己在对卢瑟福和J. J 汤姆森研究方面的工作和看法，这些工作在张文裕教授给他的推荐信中已经谈到过。笔者提出，应当从现代科学革命的观点观察他们和卡文迪什实验室的地位、作用和贡献，这一意见意外地引起了A. B 派帕德的很大兴趣，十分支持笔者做这样的尝试，并且在后来给笔者的信中建议要做就“作出成果来”。他们这些话，一直萦绕在脑海中，并一直为此做着准备。

1993年8月，笔者有幸出席了在西班牙的萨拉哥萨召开的第19届国际科学史大会，在物理史组会议上宣读了《原子论框架的突破与现代科学革命》论文，文中就科学革命判据、科学史分期和代表性科学理论体系的观点做了说明，并且对国外已有的科学革命理论，特别是T. S. 库恩的“范式”理论的缺陷提出了不同的意见，引起与会者在会上和会下的很大兴趣。现在，在这本书中将这些理论和笔者的几点看法介绍出来，并且按照A. B 派帕德

教授的劝导，从现代科学革命的观点对卡文迪什实验室作出的推动这次革命的人和事，摘其首要者做了重点的介绍和说明，希望通过该室这个生动个例的具体剖析，从科学管理的角度对该室在现代科学革命中的作用加以阐述。

通过这本书，笔者不是要系统介绍卡文迪什实验室的历史和在各个方面的成功经验，因为这些内容在笔者的一本专著《卡文迪什实验室：现代科学革命的圣地》中做了比较全面的和系统的说明，而是就该室在现代科学革命中作出的重大贡献，以及有关的人和事，进行具体的分析和说明，以期从中得出一些规律性的东西，有助于对现代科学革命和总的科学革命研究做深入的展开。据笔者所知，尽管科学革命理论的研究和著述是很多的，但是在这种理论的创新研究和真正从科学史方面具体进行研究却并不多见。特别是从一个在某次科学革命过程中始终起过重大作用的科学家和科学组织的具体事例角度，展开详细分析和说明的著作仍还是一个空白，也许这本书可以在这些方面具有新的特色，希望能够引起大家的兴趣。

对于科学与文明的 5000 年历史长河来说，现代科学革命才短短 100 年，可谓是短暂的，卡文迪什实验室又只是一个科学组织，自然有其局限性。但是，从现代科学在科学史上的高深、精确、复杂、严密和重要性来说，它的特殊重要意义和现实作用是很大的。从卡文迪什实验室的重大贡献和产生了名载史册的科学家之多来说，解剖这个实验室对于深刻了解现代科学革命的进程又有其特殊的意义，会使人们深入地了解物质观和物质组成理论是怎样在这次科学革命中进行变革和得到发展的，并且从中可以看到 J. J 汤姆森、卢瑟福、W. L. 布拉格等及他们的学生和助手在现代科学革命中所起的重要作用，以及他们所处的重要地位。

这本书是在上述意图之下所做的一次尝试，只是由于笔者对卡文迪什实验室近期研究具体情况了解欠缺，又很少资料可供查

询，以及与前期相比它的近期在现代科学革命中占有的比重稍有降低，因此仅就要点做了说明。该书的出版如果能够对我国的科教兴国和科技现代化的实现起到一定的作用，提供某些有益的借鉴，对笔者而言就是一大安慰。由于该书在很多方面做了一些探索和尝试，存在问题和不足在所难免，望广大读者批评指正。

阎康年

目 录

一、科学与科学革命	(1)
1. 什么是科学和科学革命?	(2)
2. 科学革命诱发了思想解放运动	(7)
3. 科学革命导致了技术革命和产业革命	(10)
4. 科学革命深刻影响了人的思维方式	(13)
5. 科学革命间接地影响了人的生活方式	(15)
6. 现代科学革命发生前的卡文迪什实验室	(20)

二、科学家和科学组织与科学革命	(23)
1. 近代科学革命中作出贡献的主要科学家	(24)
2. 现代科学革命中的主要科学家和科学组织 ...	(26)
3. 卡文迪什实验室对现代科学革命的主要贡献 ...	(29)

三、卡文迪什实验室的成立与历任卡文迪什教授	(39)
1. 成立的背景和经过	(40)
2. 建室的宗旨、性质和方针	(42)
3. 历任卡文迪什教授及其主要特点和贡献	(46)

四、J. J 汤姆森时期与现代科学革命 (59)

1. 电磁质量的发现——现代科学革命的先声 ... (60)
2. 电子的发现——揭开现代科学革命序幕
 一大贡献 (61)
3. 探索电子的对应物——正电子的尝试 (73)
4. 改革研究生制度面向世界广选人才 (77)
5. 从新西兰招来一只打洞很深的野兔 (80)
6. 培养的诺贝尔奖获得者 (83)

五、原子物理、核物理的兴起与一代人才的成长... (92)

1. 卢瑟福在回剑桥前的主要科学成就 (92)
2. 1919 年之后的主要科学成就 (94)
3. 无争议地当选卡文迪什教授的卢瑟福 (96)
4. 两个德国“囚徒”成为核物理的干将 (99)
5. P. 卡皮查巧遇良师益友 (104)
6. 氮变为氧同位素的发现 (111)
7. 从预言到发现中子和正电子 (115)
8. 新炼金术 (123)
9. “科学是国际的”观点的早期提出者 (126)
10. 在剑桥培养出 7 个诺贝尔奖获得者 (128)
11. 葬在牛顿墓旁的一代核物理大师 (130)

六、培育新科学思想和人才的辛勤园丁 (135)

1. 一个过渡型负责人的选择 (137)
2. W. L. 布拉格是怎样当选卡文迪什教授的? ... (138)
3. 遇到困难多想卢瑟福是怎么办的 (140)

4. 任用国内外能人和进行民主管理 (142)
 5. 培育新思想和人才的辛勤园丁 (147)
-

七、分子生物学诞生和成长的摇篮 (154)

1. 蛋白质分子结构是怎样发现的? (155)
 2. 重大发现——DNA 双螺旋结构 (158)
-

八、无线电物理与射电天文学的突破 (172)

1. 无线电物理研究的进展 (175)
 2. 射电天文学的重大发展 (176)
 3. 脉冲星或中子星的发现与意义 (180)
-

九、超导体和半导体研究在卡文迪什实验室 (183)

1. 超导体研究的重要贡献 (184)
 2. 半导体研究的重要成就 (192)
-

十、在科学管理上对现代科学革命的贡献 (196)

1. 方针政策的制订与发展 (196)
 2. 科学组织与管理方法 (204)
-



科学与科学革命

科学革命的研究随着近代科学的迅速发展，越来越引起自然科学界、社会科学界和科学哲学界的关注，特别在科学史、科学学和科学哲学等诸学科中产生了极大的兴趣。这种关注和兴趣在震撼人心的法国大革命之后，从政治革命的观点出发扩展到科学领域上，不少学者试图从科学的基本观念、理论和体制的根本变革考察科学的动态发展，以期得出一些规律性的看法。显然，这样的研究不论从科学本身的内在发展规律来看，还是从科学与社会的关系来看，都是十分重要的。如果考虑到科学发展的不平衡性、上升的周期性和阶段性特征，以及在发展阶段上存在质的差异、在科学革命时期划时代的科研成果涌出和人才辈出的明显现象，研究科学革命就更加重要了。

科学革命研究对于科学史工作者而言，有一个科学史分期及各个时期的特点和规律问题，如果能够搞清楚与科学革命有关的一些基本概念、判别科学革命产生的主要标志、各次科学革命的特性和代表性的科学理论，以及各个时期的基本发展规律，对于科学宏观发展的研究及其社会影响，有着很大的理论与现实意义。

也许出于上述这些原因，在第一次世界大战之后科学和技术取得快速发展的时候，科学革命的研究成为学术界的热门，各种看法、理论和科学史分期的方法如雨后春笋，旧波未平，新波又起，到 1960 年之后几乎成为知识界人人皆谈的重大课题。但是，在这种热潮之中，难免泥沙俱下，使人们目不暇接，看法也莫衷

一是，公说公有理，婆说婆有因，混淆人们的理解和视线，有必要进行比较深入的说明。为此，本章介绍与此有关的几种说法，并且介绍了几点新的看法，供读者们有个一般性的了解。

对于科学革命看法的分歧，归根结底来自对科学和科学革命如何理解，不同的理解和认识就会导致不同的看法和科学史的分期。因此，有必要分别说明如下：

1. 什么是科学和科学革命

对于一个科学概念，人们可以从不同的角度进行理解和下定义，这是习已为常的现象。但是，在限定的研究范围内，则基本上只有一种理解和定义是最佳选择，这也是做学问的人所熟悉的。由于本书说明的是科学发展的历史及其各阶段的科学特征，那么从这样的观点出发，科学和科学革命的概念就应该加以限定或确认。为此，将两者分别做如下的说明：

① 什么是科学？

尽管很多搞科学的人天天在做具体的科学研究和教学，但是在谈到究竟什么是科学时，却往往感到茫然。有些人认为科学是一种活动，它像人类活动的其他方面一样，是人们认识和了解自然进行的一种活动而已。我们知道人类的活动实在是太多了，如果从活动的观点来理解或定义科学，那么它与人类无数的活动种类的区别也只在于如何了解自然上，因此忽视了科学的发展在今天已经成为决定人类生存与发展的重大作用的性质。有的学者认为，科学是人类认识自然及其规律的学问，这是有一定道理的，因为迄今的科学发展无非是属于这样的探索的学问，但是认识自然及其发展规律是每项科学探索所共有的，我们总不能说每一项这样的探索得到的认识都是一种科学，因而陷入泛科学论。我们说，科学不仅是认识某种自然现象及其变化规律，而更在于在获

得了它们的感性知识之后，必须上升为理性的知识，也就是只有使这种认识形成系统的知识之后，才能够上升为科学，这应该是科学与经验和感知的主要区分。因此，我们说科学是关于自然现象及其变化规律的系统化了的知识的总和。

科学是积累的系统实证知识。G. 萨顿认为，如果人们将科学定义为系统化了的实证知识，那么他们就必须牢记“实证知识的获得和系统化只是人类的活动，这种活动是真正积累的 and 进步的，那么人们就会立刻理解这些学习的重要性”。^① 这种说法的意思是说，科学只能是经过实证的并且系统化了的的知识，凡是未经实证的如假设、假说、命题和推理都不能看作科学，这显然是不对的，例如原子论在科学实验上证实原子存在（1908 年）之前，不但有了两千多年的漫长历史，而且通过牛顿和道尔顿（John Dalton）将原子论引入科学，并予以科学化，已经成为一种科学理论。可见，假说是科学产生和发展的重要前提。有些学者错误地理解萨顿的上述名言，误认为萨顿将科学定义为一种活动，这显然与萨顿的原意不符，因为他认为实证知识的获得和系统化才是人类的一种活动，而不是指科学知识本身是一种活动而言的。此外，仅仅某项科学知识，即使它是实证了的和系统化了的，还不能说成是科学，而必须是系统的很多知识的总和才能构成科学。J. D. 贝尔纳认为，“科学是时刻增长的知识集合体”，“科学为一种建制、一种方法，又为许多经验日渐成长而更加有组织的集合”^②，也就是说科学是知识、方法、经验和科学管理体制的总和。但是，他忽视了经验管理体制与科学的本质区别，

① “Sarton on the History of Science”，ed: by D. Stimson, Harvard, (1962), P. 1.

② J. D. 贝尔纳著伍况甫译：《历史上的科学》，科学出版社，1981 年，第 18 页。

而“集合体”与系统化的总和又有差异，所以这种理解科学的方法还不够严密。美国技术史学奠基人之一 M. 克兰兹伯格 (M. Kranzberg) 则说“科学可看作人了解客观世界的一种企图”，^① 我们知道科学并不是人类的一种打算和企图，而是在探索和思考之后知识化了的、系统化的东西，它不是某个企图或尝试，而是理性化了的、确认下来的、系统的知识的总体。

通过上述种种说法可以看出，对科学的理解有着多种多样的说法，但是说得概括些和更严谨些，科学应当是人类认识自然现象及其变化规律的系统知识的总和。如果将技术理解为关于制和做的系统知识和技艺的总和，则可以发现科学是关于人认识自然的，技术则是关于人制造和操作的知识和技艺的，二者迥然不同，却有密切关系。

② 什么是科学革命？

对科学概念的不同理解，自然带来多种不同的科学革命说法，如美国的科学史奠基人 G·萨顿 (George Sarton) 认为科学的发展有如人之登楼梯，是一种科学知识递增的过程。他的弟子、哈佛大学科学史教授 I. B. 柯恩 (I. B. Cohen) 认为科学革命是由一个个科学发展的小步伐总和而成。爱因斯坦 (Albert Einstein) 说科学革命往往发生在科学基本概念的根本变革。科学学奠基人 J. D. 贝尔纳 (John D. Bernal) 认为科学革命是关于描述自然的一种图像被另一种图像所取代，而许多科学观念的改变就构成一场科学革命。美国前科学史学会主席 S. G. 布拉什 (Stephen G. Brush) 认为科学革命是科学知识导引的世界观的根本变革。英国著名科学哲学家 K. 波普尔 (Karl popper) 认为科学革命是已经建立的科学理论被新的科学理论合理地推翻。

^① M. Kranzberg and C. W. Pursell: “Technology in Western Civilization”, New York, (1967) P. 5.

这些具有代表性的看法分别从科学的概念、观念、理论和图像的变革观察科学是否发生了革命。目前，关于科学革命颇有影响的想法是美国科学史学家和科学哲学家 T. S. 库恩（Thomas S. Kuhn）在 1962 年提出的科学结构范式理论，按照这种看法科学革命是非积累性的，系由一种科学结构的范式全部或部分地被新的范式所取代，简单地说科学革命就是范式的变革。但是究竟什么是范式呢？他有 22 种以上的说法，使不少学者抓不住范式的实质内容。其实，他说的范式是一个哲学概念，由科学的概念、范例、模型、科学共同体的意见等等构成的集合体。这个看法是有一定道理的，但是他的范式概念无所不包，使人难以具体理解，特别在用到科学史的分期时难以掌握。

按照近些年来，我国科学界和科学哲学界的理解，可以用中国的自然辩证法百科全书中的说法：由科学前沿的新发现和崭新的科学基本概念与理论的确立而导致的科学知识体系的根本变革。这个说法综合了科学发现、基本概念和理论三个方面，由它们引起的科学知识体系的根本变革才产生了科学革命。可见，科学知识体系的变革才构成一次科学革命。

我们知道，科学理论来自科学观测和科学实验，历次科学革命前后的科学知识体系都是以前后两个时期的科学观测和实验的发现为根据建立起来的，如果新的观测和实验的发现的科学与旧的科学知识体系发生了矛盾和背离，就说明过去的科学知识体系出现了它无法说明的事实。开始时，往往靠扩大和推广（有时是部分修改）旧的理论来包容它，但是到了修修补补无法解决问题时，旧的知识体系便发生了危机。为了解决这场危机，许多新的科学理论纷纷出现，只有等到建立起新的能包容所有新的科学发现的新科学知识体系出现时，才算全面完成了新的科学革命。此后进入新科学革命的发展期，直到新的科学危机出现而导致更新的科学革命。

这样看来，一次科学革命是以一定时期内的科学知识体系为标志的。从哥白尼（Copernicus）在 1543 年发表《天体运行论》开始的近代科学革命到牛顿（Isaac Newton）在 1687 年发表《自然哲学的数学原理》，一般认为属于近代科学革命时期，因为出现了牛顿力学体系。到 1895 年，德国物理学家伦琴（Wilhelm Konard Rontgen）发现了 X 射线，继而接连发现了放射性、电子、镭、量子论、相对论、原子核和原子有核结构，以及出现了崭新的量子力学，这样密度很大的重要科学发现接踵而至，使经典的科学概念和理论发生了根本的变革，出现了现代物理革命。在物理革命之后，又出现了天体演化理论、宇宙大爆炸理论和发现了 DNA 双螺旋结构，分子生物学诞生了，使这场科学革命从非生物界扩展到生物界，到今天还没有出现能够包容这样广阔领域的代表性科学知识新体系。目前有许多关于现代科学革命的说法，大多数科学家认为现代科学革命的形成期尚未结束。也就是说，我们仍处于现代科学革命的时期。

一般说来，科学革命是科学发展历史的阶段性分期的标志，这一点是公认的，因此才使科学革命的研究引起科学界的极大关注。

③ 科学史的分期问题

按照前述的科学革命是由科学前沿的新发现和崭新的科学基本概念与理论的确立而导致的科学知识体系的根本变革，而新科学概念和理论又是以新的科学观测和实验的发现为基础的，那么新的意义重大的科学观测和实验上的发现便成为一次新科学革命的先导。从既往发生的科学革命来看，这样的科学观测和实验上的发现往往发生在物质组成上，例如哥白尼的日心地动说是由天文观测太阳系的结构和运动关系与古代的托勒密地心说不符而产生的，而 19 世纪末的三大发现（X 射线、放射性和电子）也都是关于物质结构的。再考虑到物质观在哲学上属于本体论，而运