



狄拉克： 科学和人生

Dirac: A Scientific Biography

【丹】赫尔奇·克劳著 肖明 龙芸 刘丹译 杨建邺校



湖南科学技术出版社



● 科学家传记系列 ●



狄拉克： 科学和人生

Dirac: A Scientific Biography

〔丹〕赫尔奇·克劳著 肖明 龙芸 刘丹译 杨建邺校



湖南科学技术出版社



● 科学家传记系列 ●

Dirac: A Scientific Biography

©Cambridge University Press 1990

湖南科学技术出版社通过英国剑桥大学出版社获得本书中文简体版中国大陆地区出版发行权。

著作权合同登记号：18-2007-006

图书在版编目 (CIP) 数据

狄拉克:科学和人生 / (丹)赫尔奇·克劳著;肖明,龙芸,刘丹译. —长沙:湖南科学技术出版社,2009.4

(科学家传记系列)

书名原文:Dirac:A Scientific Biography

ISBN 978-7-5357-5564-3

I. 狄... II. ①赫...②肖...③龙...④刘...
III. 狄拉克,P.(1902~1984)-传记 IV. K835.616.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 040087 号

科学家传记系列

狄拉克:科学和人生

著者:[丹]赫尔奇·克劳

译者:肖明 龙芸 刘丹

校者:杨建鄯

责任编辑:孙桂均 吴炜

文字编辑:陈一心

出版发行:湖南科学技术出版社

社址:长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系:本社直销科 0731-4375808

印刷:长沙瑞和印务有限公司

(印装质量问题请直接与本刊联系)

厂址:长沙市井湾路 4 号

邮编:410004

出版日期:2009 年 4 月第 1 版第 1 次

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:20.75

插页:2

字数:440000

书号:ISBN 978-7-5357-5564-3

定价:45.00 元

(版权所有·翻印必究)

| 前 言 |

ix

狄拉克（1902~1984）是有史以来最伟大的物理学家之一，他的贡献堪与蜚声世界的科学巨匠牛顿、麦克斯韦、爱因斯坦和玻尔的贡献相提并论。然而与这些明星人物不同，他在物理学界以外是默默无闻的。在他逝世几年之后，已有两本纪念文集 [库尔森阿格努和维格纳（1987），以及泰勒（Taylor）（1987）]，还有一本历史性的传记论文集 [达利兹和佩尔斯（1986）]，以及一本详细描述狄拉克早期物理学生涯的著作 [梅拉和雷琴堡（Helmuth Rechenberg）（1982+），第4卷] 问世。这些著作都是由熟知他的科学家撰写的，表达了物理学家对这位伟大同事的由衷敬意。从某种意义上来说，一个传记作家能亲自接触并了解他的写作对象是一个优势，不过这并不总是一个必要的优势。我就从没有见过狄拉克。

尽管本书远不能说是完善的，但我希望它能够对狄拉克的人生及科学贡献提供一个全面的、连贯的记述。由于狄拉克是一个非常有个性的 人物，倾其一生于物理学，所以本书的重点就自然放在他的科学工作上，毕竟是这些工作使他永垂不朽。本书大部分章节（第一、第二章，第五至第六章和第八至第十一章）基本上都是关于这些贡献的历史记述，当然也有少数几章在个人经历方面叙述得更详尽些。基于一个观点——一本科学传记不只是描写科学家的成功，还应该讨论其失败，所以，我对狄拉克这方面的情形也作了比较详细的描述（第八、九章和第十一章）。现在看来，它们被认为要么是失败的，要么是不重要的，但构成了他科学生涯的一部分。其他几章（第一、第二、第七章和第十二章）纯粹是传记性的。我在第十二章试图勾画出玻尔眼中的狄拉克形象。玻尔曾经对狄拉克评论说：“在所有物理学家中狄拉克具有最纯洁的心灵。”我在描述狄拉克的人生和科学之外，在第十三章和第十四章，试图从一般的哲学层面探讨他的物理学观点。另外还有2个附录，其中包括一个文献研究，从量化的角度讨论了狄拉克的论著。

我在撰写本书期间，走访了许多图书馆和档案馆，以期获得相关资料。我的资料来自如下各处：哥本哈根玻尔研究所玻尔的科学通信；玻尔研究所量子物理学历史档案；维也纳物理图书中心薛定谔的遗作；伊萨卡康奈尔大学档案馆贝特论文；华盛顿国会图书馆手稿部；剑桥邱吉尔学院（现移至塔拉哈西佛罗里达州立大学）狄拉克论文；纽约美国物理学会物理学历史研究中心；莱顿布尔哈韦（Boerhaave）博物馆埃伦费斯特档案；斯德哥尔摩瑞典皇家科学院诺贝尔档案；苏塞克斯大学图书馆；林道诺贝尔奖获奖者会议委员会。我对以上资料源惠许我使用或引用表示十分感激。本书引用的许多信件，如果是用英语写的，只是照字面引用。在这些信件当中，奇特的

英语用法分别由泡利、伽莫夫、埃伦费斯特、海森伯和其他人作出了解释。我要感谢以下人士给我提供了信息和帮助，他们是：冯·迈南（Karl von Meyenn）、佩尔斯爵士、派斯、阿尔瓦雷茨、莫特爵士、施韦伯（Silvan Schweber）、雷琴堡、达瑞格（Olivier Darrigol）、哥特弗艾德（Kurt Gottfried）、罗斯伯格（Ulrich Röseberg）、科泽尼科夫（Aleksy Kozhevnikov）、伊登、阿斯罗德（Finn Aaserud）和简森（Carsten Jensen）。我还要特别感谢霍维斯（Robert Corby Hovis）对我手稿的细心编辑和许多有益的建议。

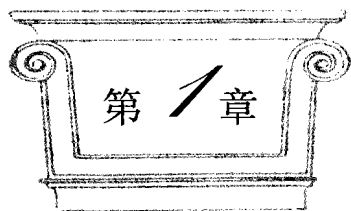
赫尔奇·克劳

1988年11月于纽约伊萨卡

| 目 录 |

第一章	早年岁月	1
第二章	量子力学的发现	11
第三章	相对论和自旋电子	35
第四章	旅行者与思考者	49
第五章	哲学家的梦想	65
第六章	量子和场	88
第七章	50 年的物理学家生涯	111
第八章	“所谓的量子电动力学”	121
第九章	电子和以太	139
第十章	只是有一点让人失望	151
第十一章	在宇宙学中探险	165
第十二章	最纯洁的心灵	183
第十三章	物理学哲学	194
第十四章	数学美原理	205
附录 I	狄拉克文献研究	219
附录 II	狄拉克文献	230
注释和参考文献	243
一般参考文献	287

人名索引	310
名词索引	316
译后记	321



第一章 早年岁月

在给自已的学术论文及信件署名时，狄拉克惯用“P·A·M·Dirac”。那么“P·A·M”究竟是什么意思呢？长期以来，这似乎是一个谜，而狄拉克也不愿意去揭开它。1929年，那时已是著名物理学家的狄拉克到美国访问，在一次招待晚宴上，主人决意乘机揭开这个谜底。在圆桌的每个座位上，主人分别放上写有用来猜测P·A·M代表什么意思的卡片，例如Peter Albert Martin或者Paul Alfred Matthew。经过一番研究后，狄拉克笑着指出，他的全名完全可以通过把卡片上的字母适当组合而得到。其他来宾经过一番周折，终于猜测出狄拉克的全名是：保罗·艾德里安·莫里斯·狄拉克（Paul Adrien Maurice Dirac）。^[1]

狄拉克这个法语发音的名字是由他父亲查尔斯·狄拉克取的。查尔斯1866年出生在瑞士瓦莱州（一个讲法语的州）的蒙泰，直到1919年才成为英国公民。他在20岁时就背叛了家庭，远走他乡到日内瓦大学学习。之后，大约于1890年来到英格兰，定居在布里斯托尔，以教法语为生。1896年，他在布里斯托尔商业职业技术学校谋得一席教职，并在布里斯托尔邂逅了弗洛伦斯·霍尔滕，1899年和她完婚。弗洛伦斯比查尔斯小12岁，是一位船长的女儿。结婚一年后，查尔斯夫妇的第一个孩子雷金纳德·狄拉克出生了，又过两年，即1902年8月8日，保罗·狄拉克也降生，他们家那时住在蒙克（Monk）大街。^[2]又过了四年，狄拉克家庭的第三个孩子比阿特丽

斯·玛格丽特·狄拉克也诞生了。

多年来，查尔斯似乎有意不与瑞士老家通音信。查尔斯夫妇没有告之他们的婚姻和第一个孩子的出生。不过在1905年，查尔斯还是带着妻子和两个孩子一起去日内瓦探望了他母亲，那时他父亲去世已有10个年头了。和哥哥妹妹一样，保罗一出生就加入了瑞士国籍，直到1919年17岁时才取得英国国籍。

保罗在童年和青年时性格上受到的影响贯穿了他一生，这些影响主要来自于他父亲查尔斯。查尔斯是个固执己见、专制的家长，控制着整个家庭，使之沉闷且与世隔绝。他自己厌恶社交，因此把孩子们管得也像坐牢一般。保罗在回忆中，曾流露出对父亲的抱怨，抱怨把他养育在一个冷酷、沉寂和孤立的环境中。他曾哀怨地对梅拉说：“命中注定我该是个内向的人。”^[3]他在1962年的另一次会见中诉说道：“我在那些日子里从不与任何人讲话，除非别人对我说话。我是一个性格十分内向的人，因此就把时间都用在大自然思考上。”^[4]他在父亲1936年去世时没有感到伤心，在给妻子的信中写道：“我现在感到自由多了。”^[5]他在1962年还说：^[6]

实际上，在孩提时期，我一点社交活动也没有。……我父亲立下了一个家规：只允许用法语讲话。他认为这样会对我学习法语有好处。由于我不能用法语表达，所以我就只好保持沉默而不能用英语讲话，因此，我那时变得十分沉默寡言，而这一切在我很小的时候就这样了……

保罗还回忆了他家在进餐时所遵守的一条规矩：他和父亲在餐厅吃饭，而不讲法语的母亲和哥哥妹妹在厨房吃饭。这个导致家庭关系破裂的特殊安排，也似乎是他父亲固执己见——在餐桌上只能讲法语——造成的。

与其他大物理学家——例如玻尔、海森伯和薛定谔——不一样，保罗不是在一个有文化教养或社交融洽的氛围中长大的。他早年对艺术、诗歌和音乐鲜有所闻，讨论在蒙克大街也是不受欢迎的。无论他萌发什么想法，也只能将它们埋藏在心中。也许正如保罗曾经透露的那样，他父亲厌恶社交和感情表现，是源于他在瑞士童年时期所受到的影响。保罗推断：“我猜想我父亲也有一个不幸的童年。”^[7]

直到1923年去剑桥大学为止，保罗一直同父母住在一起。年少的他害羞而孤独，对前途迷茫未卜。他很少和男孩一起玩耍，更不用说女孩了。尽管他偶尔也踢足球、打板球，但对运动既无兴趣，也不擅长。“他常去图书馆，但很少参加游戏，”他的一位同学回忆道，“在一次少有的场合，我看见他拿着一副板球拍，但样子却显得那么笨拙。”^[8]有件事可证明，他从儿时就抱有病态地厌恶社交的态度。1920年夏，他到拉格比市一个工厂做实习生，而哥哥雷金纳德恰好也受雇于那个工厂。以前从没有离开过家的他，在街上经常遇见他哥哥，但他们从不讲话。“我们在街上遇见时，”他回忆说，“我们之间一句话都不讲。”^[9]

查尔斯家庭教育孩子的方式方法在感情上伤害了孩子们。父亲憎恨任何形式的社交，而母亲则不要孩子们和外面的女孩子交往。保罗青年时不曾有过女朋友，而且长

期持有排斥性欲的柏拉图观念。他有位好朋友叫萨拉曼，是一位作家。他曾向她倾诉说：“无论在童年时期，还是在青少年时期，我从未见过裸体女人。……1927年，我和卡皮查一起到苏联，我才第一次看到裸体女人，她是一个孩子，一个少女。我所看到的裸体青春，我被带到一个女孩游泳池，她们在那里游泳都没有穿游泳衣。我觉得她们很美。”^[10]他不能抗拒父亲对他的影响，只能以对待宗教般的热忱聚精会神于数学和物理，以弥补他在感情和社交方面的空缺。他与父亲的关系冷淡而又紧张，不过并没有公开对抗。他因此渐渐下意识地孕育了憎父情结，不希望和父亲有任何接触。在自家的几个孩子当中，查尔斯特别关心保罗，因为他为保罗的聪慧而骄傲。然而，他关心孩子的方式方法带来的却是疏远和悲剧。他是一位严师，以严格训练和严厉惩罚学生而远近闻名。由于他对自己的孩子寄予厚望，自然期望给他们以最好的教育。但是，他十分缺乏对人情的了解，只会要求孩子守纪律与服从，这就使得他成为一个没有爱心且不受欢迎的暴君。查尔斯1936年去世，他的妻子5年后也去世了。

不仅仅是保罗深受其害，他哥哥雷金纳德也深受其害。缺乏社交以及在智力上不及弟弟的自卑感，使雷金纳德非常沮丧。他本想学医，但父亲非要他去学习工程学。他1919年以第三等的成绩从工程专业毕业，1924年以自杀方式悲剧性地结束了生命，那时他在伍尔弗汉普顿跑工程事务。

年幼的保罗最初被送到主教路小学读书，12岁时又被转到商业职业技术学校读书，他父亲在那里任教。与那时英国许多学校不同的是，商校不重视古典文学和艺术，只是重视科学、实用科目和现代语言。保罗在学校表现得不错，但也没有被认为是一位杰出的天才，仅在数学上表现出异常的兴趣和才能。数学使他着迷。他阅读了大量的、超过他这个年龄所能接受的数学书籍。他受到了良好的现代教育，但缺乏古典文学和人文主义的内容，而这些在大陆和英国其他学校的教育内容中都是不可缺少的。海森伯、泡利、玻尔、外尔和薛定谔接受的教育在内容上比他更广泛、更传统。他从没有接触过希腊神话、拉丁语或者古典诗歌，这部分地是由于他早年所受的教育和他父亲的影响。后来他与物理学中的同事相比，他在文化和人性方面的视野要狭窄一些。他从来没有被广阔的视野所吸引，也没有享受到更传统的教育，然而，他却认为，他很庆幸地来到商校学习。“对于学习科学和现代语言来说，这是个挺不错的学校，”他在1980年回忆说，“那里不教拉丁语，也不教希腊语，我很乐意这样，因为，我欣赏不了古典文化的价值。”^[11]

保罗在义务教育阶段连跳了几级，结果在16岁时就完成了中学学业。不过，他跳级并不是因为他被认为是一个非凡的天才。1979年他讲述道：^[12]

在大学里，所有年轻人都被赶出校门服兵役去了，只剩下一些教授，他们要么是年纪太大，要么就是身体状况不行。教室里空空如也。一些年少的孩子们，只要能够接受知识就让他们跳级，以便尽早送进那些空着的教室里去。

对于未来从事何种职业，保罗并没有什么特别的主意。他是个沉静的、无主见的

男孩。“我自己无法做主，”他告诉梅拉，“我的人生道路已经开始，但我还没有想好该怎么走。”^[13] 1918年，他进入布里斯托尔大学工学院，成为电机工程专业的大学
5 生。这并不是因为他真的想成为一名工程师，而是因为成为工程师似乎是自然而然的事情，因为这是一个稳定的职业。他哥哥雷金纳德那时也在工学院学习。工学院和商校共用同一栋楼房，保罗因此对周边环境十分熟悉。

缺乏主见和独立性，部分地解释了为什么保罗没有选择学习数学——他唯一喜爱的学科。他曾认为，如果他将来要成为一位数学家，那么他就不得不去中学当教师，而这是他不愿意做的，而且他也决不会成为一个好老师。至于选择专业研究作为职业，他还没有想到。

作为电机工程专业的大学生，保罗在学习期间就与数学和物理学接触密切。他学习了所有规定的课程（材料测试、电路和电磁波），掌握了这些课程所必需的数学。他更喜欢理论内容，而对讲授的工程数学有点不满意。在布里斯托尔大学，尽管他的物理学和数学知识得到了很大提高，但工程技术还是主要学习内容。许多被认为与工程无关的内容没有包括在课程当中，例如，无论是原子物理学，还是麦克斯韦的电力学，都没有被系统地讲授，作为一门现代的、“不相关的”的课程——相对论，也自然不包括在规定的课程当中。

在枯燥的工程学学习期间，对保罗未来职业起至关重要影响的一个事件发生了，那就是爱因斯坦的相对论一夜间举世瞩目。促成该事件发生的主要原因，是英国天文学家1919年惊人地证实了广义相对论所做的预言。弗兰克·戴森和爱丁顿那一年宣布，对日食的观测证实了爱因斯坦所预言的光线弯曲。^[14] 这一事件引起了巨大的轰动，使诞生了14年之久、一直默默无闻的相对论突然间变得家喻户晓了。对相对论一无所知的狄拉克也开始沉迷于相对论，并想深入地了解它，而不只是停留在报纸所介绍的那样浅显的内容上。他回忆道：^[15]

要找到产生这个巨大影响的原因是很容易的。我们刚刚经历过一场可怕的、十分残酷的战争。……每个人都想忘记它。那时，相对论作为一种通向新思想境界的奇妙想法出现了，这是对过去发生的战争的一种忘却。……那时，我是布里斯托尔大学的一名学生，当然也被卷进由相对论激起的浪潮当中。我们大家对此谈论很多，互相讨论相对论，但极少有什么准确的知识能将讨论继续下去。相对
6 论曾经是每个人觉得自己能够以一般哲学方式写文章讨论的主题。哲学家们只是提出了每一事物都必须相对于其他事物来加以考虑的观点，他们居然因此声称他们一贯懂得相对论。

1920~1921年，狄拉克同几个工科大学生一起聆听了关于相对论的一个系列讲座。那是哲学家布诺德开设的，他那时是布里斯托尔大学的教授。该讲座讨论的是相对论的哲学问题，而不是狄拉克所喜欢的物理学和数学问题。尽管狄拉克不太赞赏布氏的哲学见解，但布氏的讲座还是激励着他更深入地思考空间与时间的关系。他从那

时开始就一直钟情于相对论，并很快深入下去了。他起先埋头钻研爱丁顿 1920 年出版的畅销书《空间、时间与引力》（*Space, Time and Gravitation*）。在随后的布里斯托尔大学数学研究结束之前，他已掌握了狭义相对论和广义相对论，包括里面所使用的绝大多数的数学工具。

在工程学理论课程方面，狄拉克表现得相当出色，但在实验和技术方面，他既不感兴趣也不是那么特别擅长。他在 1921 年以优异成绩从大学毕业后开始找工作，但未能如愿以偿。其原因一是他的条件不是最好的，二是经济萧条导致英国那时的失业率特别高。在短暂地无所事事之后，幸运的是布里斯托尔大学为他提供一个免费研究数学的机会，他高兴地接受了。

从 1921 年至 1923 年，狄拉克专攻数学，特别是应用数学。尽管他没有独自研究什么课题，但仍然坚持不懈地钻研，并被带进一个纯数学推理的世界，这与他以前遇到的工程学方法有本质上的不同。布里斯托尔的数学家虽不偏重于研究，但他却拥有两个非常优秀的老师——弗雷泽和哈塞，他们很快就认识到他的杰出才能。他对弗雷泽的印象最深，多年后赞扬弗雷泽是“一位极好的老师，能够用数学基本思想的奇妙激发学生”。^[16] 弗雷泽和哈塞均来自剑桥，且都认为，他应该到那所著名大学去完成他的研究生学业。1923 年夏，他在布里斯托尔大学以优异成绩通过了考试，在科学与工业研究系（Department of Scientific and Industrial Research, DSIR）提供的奖学金的资助下，于 1923 年秋入学剑桥大学。

这已不是狄拉克第一次来到剑桥了。在父亲的要求下，在工程学毕业后，他曾在 1921 年夏来到这个著名的大学城，参加申请圣约翰学院奖学金（Exhibition Studentship）⁷ 的考试。他通过了考试，并获得了奖学金——每年 70 英镑。然而，由于他得不到另外的资金，外加上他父亲不能够或者不愿意支持他来剑桥，他于是只好返回布里斯托尔。1923 年，只是当得到 DSIR 的奖学金作为补充，他才最终如愿以偿地进入了剑桥。

剑桥大学开启了狄拉克人生中的一个新篇章，把他造就成为一位著名的物理学家。他离开了父母亲以及鲜能激发其智力的布里斯托尔，但起初并不能确信他是否有能力在研究上取得成功。布里斯托尔与拥有伟大科学传统的剑桥不能同日而语。21 岁的他来到剑桥时，这里不仅云集了诸如拉莫尔、J·J·汤姆逊、卢瑟福、爱丁顿和金斯这样伟大的科学家，而且还聚集了诸如查德威克、布莱克特、福勒、米尔恩、阿斯顿、哈特里、卡皮查和伦纳德-琼斯这些冉冉升起的科学明星。^[17] 他被录取在圣约翰学院，但有段时间不得不在外面租房住，因为学院的房子太紧张了。在 1925 年的大部分时间里，他住在阿尔法（Alpha）大街，那里离圣约翰只有几百米远。

作为研究生，狄拉克必须选择导师，由导师来建议或者确定他将要研究的题目。由于缺乏科学经历，以及对剑桥物理学家不够了解，他想拜坎宁安为师，向他学习相对论。他是在 1921 年的一次考试中知道坎宁安的，而且知道他是电磁理论方面的一位专家，还是关于电子论和相对论方面书籍和文章的作者。^[18] 坎宁安 1911 ~ 1946 年在圣约翰学院任教，1923 年时年仅 42 岁。他曾是相对论在英国传播的先驱者，但他

发现，他很难再跟上新一代的物理学了，因此也就不想再带研究生了。他曾回忆说：“我感觉到现代物理学正远离我而去，我迷路了。”^[19]狄拉克结果被分配给福勒。这无疑是个幸运的选择，因为，坎宁安属于旧物理学，而福勒对原子理论有兴趣，而且是少数几个有竞争力的英国物理学家之一。不过，福勒研究的领域不是相对论，所以，狄拉克起初对坎宁安未能作为他的导师感到有些失望。

福勒是剑桥在现代理论物理学领域主要的代表人物，而且是紧跟量子理论最新进展的唯一一人。这些进展当时是由德国人和丹麦人发动的。福勒与德国量子物理理论学家保持着密切的联系，特别是与哥本哈根的玻尔关系更加紧密。另外，他还是卡文迪什的理论家和实验家联系的唯一纽带。不过，作为研究生的导师，他多少有点不称职，因为他经常出国，即使他在剑桥，研究生也很难找到他。1926~1927年在福勒手下做研究生的威尔逊回忆道：“就像我们其他人一样，福勒在学院的研究室（在三一学院）工作，如果你想请教他，在找到他之前，你需要专程拜访他大约6次才能找见他。他住在特兰平顿，在那里做大部分的工作。”^[20]害羞而又保守寡言的狄拉克很可能不经常去请教福勒。福勒的主要兴趣是在原子的量子理论和统计力学上，以及它们在天体物理学上的应用。狄拉克在1923年夏对原子理论和统计物理学知之甚少，他还发现这些领域远没有他知之甚多的电动力学和相对论有味。然而，作为福勒的研究生，他不得不去学习那些新学科，而且不久就发现它们很有意思：^[21]

福勒向我介绍了一个十分有趣的新领域，这就是卢瑟福、玻尔和索末菲的原子。我先前从没有听说过玻尔理论，这使我大开眼界。令我非常惊讶的是，人们能够在原子理论中应用经典电动力学方程。在我过去看来，原子是一个完全假想的事物，但今天有人已经开始研究关于原子结构的方程了。

狄拉克开始努力学习并掌握那些新知识，以弥补他在布里斯托尔所学知识与剑桥所要求掌握的知识之间的差距。他的确学得很不错。从福勒那里，或者通过研究在剑桥图书馆能够看到的国内外杂志上的论文，他潜心研究原子理论。通过研读量子理论主导刊物《物理学期刊》（*Zeitschrift für Physik*）上的文章，以及索末菲的权威著作《原子结构与谱线》（*Atombau und Spektrallinien*），他知道了许多德国学者。他只用一年时间就非常熟悉原子的量子理论了。为了掌握数学方法，他还仔细阅读了惠特克的《分析动力学》（*Analytical Dynamics*），该著作成为他的标准参考书。惠特克是位数学家，以前曾在剑桥工作过。狄拉克从他的这部著作中熟悉了哈密顿动力学和一般变换理论，这两个理论成了他随后在量子理论研究工作中的指导方法。与此同时，通过研读爱丁顿新近出版的著作《相对论数学原理》（*The Mathematical Theory of Relativity*），以及聆听爱丁顿关于狭义相对论、广义相对论和张量分析的讲座，他进一步增进了他的相对论知识。他偶尔也有机会和爱丁顿本人讨论问题，他对这段经历评价道：“遇见这样一位伟人真是三生有幸，他是相对论的英国鼻祖。”^[22]

除了读爱丁顿的著作和听他的讲座外，狄拉克也去听坎宁安关于电磁理论和狭义

相对论的系列课程。^[23]在40年之后，坎宁安曾回忆过那时的一段经历，他当时对辐射场中的电场和磁场分量刚给出了一个冗长的计算：²⁴

记得有一天我在班上说：“这是一个非常简单的最终结果，但为什么是这样的呢？它怎么能被这样推导出来呢？”一周之后，一位年轻人，在我印象中他刚到剑桥只有一年或者两年，来到我跟前并对我说：“这就是你要的结果。”这位年轻人就是狄拉克。

1923年，在坎宁安课程班上还有一位学生叫斯莱特，是来自哈佛的一位博士后研究生，当时正在欧洲做访问学者。斯莱特和狄拉克当时彼此不认识，直到多年后他们才记忆起他们曾在同一个班学习过。^[25]1923~1924年曾在爱丁顿手下做研究生的比利时人勒梅特，几年后改变了宇宙学，他也曾和狄拉克在同一个班学习过，但他们也是在十几年后才彼此认识的（见第十一章）。在福勒、坎宁安和爱丁顿的班上，曾与狄拉克同过学的还有托马斯，他1924年获得学士学位，1929年之前一直待在剑桥。根据他的回忆，年轻的狄拉克是一位不声不语的人，在狄拉克发表关于量子力学的著名论文之前，狄拉克在剑桥是默默无闻的。“他沉默寡言，”托马斯1962年回忆说，“当你问他一个问题，他会说，哦，那很难啊。一周之后，他会带给你一个完整的答案。”^[26]

感谢剑桥那启迪人的环境，它使狄拉克的科学视野变得更加广阔，并且使他首次接触到了理论物理学的前沿。由于见过越来越多的人物，而且与松散的社会群体保持不断的联系，狄拉克逐渐变得不那么害羞和内向了。他曾回忆在几何学教授亨利·贝克的家中参加每周举行一次的几何学茶会的情形：^[27]

茶会大大激起了我对数学美的兴趣。在这里最重要的事情就是尽力用优美的形式来表达这些关系，而且非常成功。我在投影几何方面做过一些工作，在一次茶会上也作过一次报告。这也是我生平所作的第一个学术报告，因此我记得十分清楚。

尽管在剑桥有几个有相当吸引力的学术俱乐部——例如天文台俱乐部、三一数学学会和卡文迪什学会，但狄拉克只把他的兴趣限定在两个俱乐部上，一是他1924年5月加入的 ∇^2V 俱乐部，二是同年年末加入的卡皮查俱乐部。这两个俱乐部对成员有限制，需要通过选举确定。俱乐部会议在学院内举行，通常是在圣约翰学院狄拉克的房间里。 ∇^2V 俱乐部的成员主要是数学物理学家，他们在俱乐部会议上发布自己的研究工作。剑桥绝大多数理论家都是这个俱乐部的成员，在1924年有爱丁顿、杰弗里、米尔恩、查德威克、哈特里、布莱克特、福勒、斯托纳（Stoner）、卡皮查和狄拉克。卡皮查俱乐部——一个非正式讨论性的俱乐部——是由苏联传奇式的物理学家卡皮查于1922年创办的，那时他还是卢瑟福的研究生。俱乐部会议每周星期二在三一学院举行，阅读或者讨论涉及物理学新进展方面的论文。实验物理学家是卡皮查

俱乐部的主力军，这与以理论定位的 ∇^2V 俱乐部的情况恰恰相反。狄拉克在 1924 年末当选为卡皮查俱乐部的会员之后，聆听了来自国外许多著名访问学者的报告，例如弗兰克的报告（1924 年 10 月）和玻尔的报告（1925 年 5 月）。俱乐部会议一直由卡皮查主持，直到 1934 年夏，他回国探亲而不再能回到剑桥为止（见第 7 章）。俱乐部到那时已举行了 377 次会议，狄拉克参加了其中多数的会议。除二战（第二次世界大战——译者注，下同）及 1930 年秋季学期担任 ∇^2V 俱乐部主席以外，他一直是这两个俱乐部的活跃分子。^[28]

狄拉克在剑桥过着宁静的生活，全身心地投入学习和研究之中。理论物理学属于数学系，而数学系却没有属于自己的建筑。在为数不多的理论物理研究生之间，还不存在社交或者学业联系的传统，理论物理研究生通常是孤独地坐在卡文迪什实验室的房间里或者小图书室中，小图书室有时也充当茶室。莫特曾回忆说，在剑桥作为物理专业的学生是“一件孤独得可怕的事情”。^[29]然而，狄拉克一点儿也没有觉得孤独。倘若他愿意，他本可以加入系外学生活动，但他不想那样。他故意逃避也许会干扰他研究的外部活动——无论是政治、运动，还是女孩。他在有关回忆中写道：^[30]

我那时还只是个研究生，除了搞研究以外再没有什么别的职责，于是我集中全部精力于更好地理解物理学当时所面临的问题。我和那时的大学生一样，对政治一点兴趣也没有，我完全投身于科学工作之中，日复一日从不中辍，只有星期天才放松一下。如果天气好的话，我就独自一人到乡间走一走。散步的目的是在一周紧张学习之后休息一下，也许还想为下星期一的研究得到一个新的看法。但这些散步的主要目的是休息，就是有问题我也会把它们置诸脑后有意地不去思考。

在这令人惊讶的、短短的时期内，狄拉克着实把自己从一个学生努力地转变成为一位羽翼丰满的科学家。在到剑桥只有半年之后，即 1924 年 3 月，他就把他的第一篇科学论文提交给《剑桥哲学学会学报》（*Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*），这是一种地方性的、但却具有国际知名度的期刊。^[31]该论文讨论的是由他导师福勒提出的一个统计力学问题，无论是问题，还是论文都没有特别的意义，正如处女论文常常表现的那样，该论文仅仅是个热身。狄拉克那时已经决意要成为一名研究型的物理学家，因为他觉得这样才有能力对科学的发展作出贡献。他仍对专攻什么领域举棋不定。他偏爱物理学的基本问题和普遍问题，但对如何用新方法处理这些问题还有些茫然。他的首篇论文处理的是相当宽泛领域中的具体问题，涉及相对论、量子理论和统计力学（见附录 II 中的参考文献）。

狄拉克是非常多产的，两年内发表了 7 篇论文，并成功地在英国理论物理学界崭露头角。他具备解决理论性难题的才能，引起了剑桥内外人士的关注。福勒曾对著名博物学家达尔文的孙子、爱丁堡大学的自然哲学（物理学）教授达尔文说，狄拉克是他的一位天才学生。达尔文于是便要求狄拉克帮他解决一个困扰他多时的问题，即

证明在任意坐标下量子化一个动力学系统所得的结果都相同，这正是适合狄拉克口味的问题。^[32]

狄拉克的早期论文发表在最知名的英国期刊上，论题都是由福勒、米尔恩、爱丁顿和卢瑟福推荐的。他在这些论文中采用的方法是：取已知理论中的一个众所周知的结果，然后对它提出非难，以求得一个更好的理解。如果有可能，他就应用相对论观点去讨论这个结果，使其具有更大的普遍性：^[33]

那时存在一类一般性问题，一旦看到它用非相对论形式表示，人们就能把它修改成适合狭义相对论的形式。这很像是一种游戏，一有机会我就沉溺于此。有时¹²的结果使我感到十分有趣，因此就会写上一篇小论文。

其中一篇小论文讨论的是天体物理学的一个问题：假设来自太阳内部的辐射，在太阳大气层内发生康普顿散射时，如何计算太阳辐射谱线的红移。该问题是由数学家、天文学家米尔恩提出的。在1925年初的几个月中，米尔恩暂时成为狄拉克的导师，因为福勒离开剑桥到哥本哈根去了。狄拉克对天体物理学不是特别感兴趣，但还是聆听了米尔恩关于恒星大气物理学的课程，并对这方面的知识有了很好的了解。^[34]他解决了米尔恩提出的问题，但在结束语中，说所提出的机制不能解释观测到的红移，这个结论与米尔恩的期望背道而驰。他再也没有研究天体物理学问题了，不过，后来一些课题的研究仍源于米尔恩的培养（见第十一章）。

狄拉克早期的另外一篇论文讨论的是相对论中的一个问题，即速度的定义。^[35]该问题在爱丁顿的著作《相对论数学原理》中曾被讨论过，爱丁顿在狄拉克论文发表前对它尤感兴趣。爱丁顿提出各种各样的选择，主要属于编辑上的考虑，这些是狄拉克乐于接受的。在推荐狄拉克这篇论文之前，爱丁顿在狄拉克的手稿上评论道：“（这篇文章需要）一段介绍性的段落……就像这样……你不要忘记改写这段……请看这些观点，我要收回它们。”^[36]

简而言之，狄拉克1925年夏天的境遇是：他已证明自己是一位天才的物理学家，具备处理复杂理论性问题以及应用数学方法的本领。他在剑桥被普遍认为是有前途的理论物理学家，但在国外还名不见经传。他的贡献令人感兴趣，但不显著，也不具有重大的原创性。总之，他首批发表的7篇论文可以看做是某些更加复杂问题的基础，但他还不知道这些复杂问题的本质。他模糊地感觉到，他已经做好了捕大鱼¹³的准备，直到海森伯的量子力学论文发表之后，他才明白自己捕捉的对象在哪里。然后，事情发生了急剧地变化，他从一个普通物理学家突变成为可与麦克斯韦和牛顿媲美的一位自然哲学家。他在到剑桥10年之后荣获了诺贝尔物理学奖。

他在发现量子力学之前是怎样生活的？正如前面所提到的那样，他一直过着一种朴素的、平淡无奇的生活，只与物理学打交道，别的就很少涉及。他内向的性格还是没有多少改变，尽管他与剑桥的物理学家，特别是与福勒保持着联系，但这些联系并没有转化成为朋友关系。他与剑桥的同学几乎没有联系，他把大部分时间花在图书馆

以及星期天孤独的散步当中。“我多半在清晨工作，”他写道，“我认为清晨是一个脑力最好的时候，而一接近黄昏，我就有点迟钝，特别是在晚餐之后。”^[37]

在职业早期生涯当中，狄拉克已形成一种笔锋简练的风格：概念清晰，开门见山，文字精确娴熟，逻辑性强。在写论文时，他总是事先成竹在胸，然后小心翼翼地把它写在纸上，一旦写作完毕几乎不需要做什么修改。与他工作习惯及性格大相径庭的玻尔曾评论道：“狄拉克无论什么时候送给我一份手稿，笔迹总是如此整洁优雅，内容无须改动，读他的文章简直是一种美学的享受。倘若我建议做微小改动，他会不高兴，而且不予理睬。”^[38]塔姆以同样的口气回忆了玻尔在阅读狄拉克论文校样时所发生的有趣对话：^[39]

玻尔：“狄拉克，你为什么只修改了几处印刷错误，而不增加一点新内容呢？离你写作已有多时了，难道就没有任何新的观点吗？”

狄拉克：“我母亲曾告诉我，凡事须三思而后行。”