

Niels Bohr



尼耳斯·玻尔集

第七卷 量子物理学的基础 II

1933-1958

戈 革 ○ 译



华东师范大学出版社

E·吕丁格尔 F·奥瑟若德 主编

尼耳斯·玻尔集

第七卷

量子物理学的基础 II

1933-1958

J·卡耳外尔 编 戈 革 译

华东师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

尼耳斯·玻尔集. 第7卷, 量子物理学的基础. 2, 1933~1958/(丹) 玻尔(Bohr, N. H. D.) 著; 戈革译.
—上海: 华东师范大学出版社, 2012. 5
ISBN 978-7-5617-9560-6

I. ①尼… II. ①玻… ②戈… III. ①玻尔, N. H. D. (1885~1962)—文集②量子力学—文集 IV. ①Z453.4②0413.1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 108381 号

尼耳斯·玻尔集 第七卷 量子物理学的基础 II (1933—1958)

著 者 (丹麦) 尼耳斯·玻尔
译 者 戈 革
策划编辑 王 焰
特约策划 黄曙辉
项目编辑 庞 坚
审读编辑 沈毅骅
装帧设计 高 山

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
网 址 www.ecnupress.com.cn
电 话 021-60821666 行政传真 021-62572105
客服电话 021-62865537 门市(邮购)电话 021-62869887
门市地址 上海市中山北路 3663 号华东师范大学校内先锋路口
网 店 <http://hdsdcbs.tmall.com/>

印 刷 者 上海中华商务联合印刷有限公司
开 本 787×1092 16 开
印 张 22
字 数 389 千字
版 次 2012 年 6 月第 1 版
印 次 2012 年 6 月第 1 次
印 数 1—1500
书 号 ISBN 978-7-5617-9560-6/O·223
定 价 88.00 元(精)

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题, 请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)

Foundations of Quantum Physics II (1933 – 1958), Volume 7 (Niels Bohr Collected Works)
Copyright © Elsevier Science B. V. , 1996

Simplified Chinese translation copyright © East China Normal University Press Ltd, 2012

This edition published by agreement with Niels Bohr Archive.

All rights reserved.

上海市版权局著作权合同登记 图字：09 - 2010 - 703 号



尼耳斯·玻尔(左面一人为阿耳伯特·施魏策尔*,
Albert Schweitzer),哥本哈根,1959

* [中译者按:施魏策尔(1875—1965)为德国-法国的著名慈善家、神学家、医生和音乐家。他 30 岁时已是著名的音乐家,但因关心人类的命运,特别是非洲黑人的生活而改学医学,并身体力行,在加蓬设立医院,为人治病。他研究人类文化、伦理学和世界宗教,大力反对原子武器。后于 1952 年获诺贝尔和平奖,于 1959 年获得丹麦的桑宁奖。上图即他到丹麦领奖时和玻尔见面的情况。]

译者说明

1. 本书作者可以说是科学史上一位“大名垂宇宙”的人物；他的生平，见本书第一卷所载其得意门生雷昂·罗森菲耳德撰写的《传略》；他的科学-哲学思想，应该由科学史界和科学哲学界作出认真的研究和公正的评价，在此不以个人浅见妄加评论。

2. 本书所收的文章和书信，除英文者外，有的附有丹麦文原文或德文原文，中译本主要据英文本译出（有些书信只有德、法文本的，也译出），其他文字的原文一律不排印，以节篇幅。德、法等文的翻译，得到其他师友协助的，都分别注出姓名，并在相应的地方，予以标明，以示感谢。

3. 人名译法：有通用译法者尽量采用通用译法，但也有少数例外；索引中已有者，正文中不再附注原文；索引中没有（出现次数较少）者，在初次出现时附注原文。

4. 中译本排列次序一依外文版原书。

5. 外文版原书中的个别印刷错误或明显笔误，译文中都作了改正，一般不再附注说明。

6. 本书中的边码均为外文版原书中的页码。

7. 中译本脚注格式参照外文版原书，少量中译者注另行标出。

8. 表示量、单位的符号一般照录原书，不强求与现行标准相合。

主 编 序

V

这是《尼耳斯·玻尔集》中从头到尾在尼耳斯·玻尔文献馆的主持下编成的第一本书,本文献馆是在玻尔诞生百周年即 1985 年正式成为丹麦教育部下属的一个独立单位的.这也是我负担了一部分责任的第一本书,我于 1989 年继艾里克·吕丁格尔之后担任了文献馆馆长和《玻尔集》主编的职务.《量子物理学的基础》这两卷(第六、七卷)的工作,是由主编吕丁格尔和编辑约尔根·卡耳卡尔合力开始的,他们分担了第六卷的任务.卡耳卡尔在编辑《基础》方面的早先经验不但对完成本卷大有帮助,而且也使我熟悉了特别属于主编的各项任务.尤其重要的是,本卷和以后各卷的编选工作,都大大得力于吕丁格尔在我就任以前对整部书的慎重的全面计划.因此,他的早先工作对其余两卷书的内容准备就是大有帮助的,而且也使得定义和表述编辑特点的工作成为多余的了,因为那些问题已经在吕丁格尔为 1984 年出版的第五卷所撰的主编序中谈过了.

另一方面,和出版者的合作却有了很大的变动.例如,当我到任时,埃耳斯维公司中负责《玻尔集》工作的人换了新人.更加重要的是,当出版者决定按文献馆制备的电子排版来出版第七卷时,出版过程本身也改变了.这种决定使得文献馆有必要在和埃耳斯维公司密切合作下发展新的工作程序,该公司的主要代表是出版者约斯特·基尔茨(Joost Kircz)和责任编辑亨克·普伦特尔(Henk Pruntel)及费尔·梅斯曼(Fer Mesman).我盼望我们在本书最后两卷的准备方面能够继续进行有成果的合作.

我也要像卡耳卡尔在他的前言中那样向文献馆中继续为《玻尔集》而热心工作的人员们致谢.最后,我也要为了他们的赞同和支持而向文献馆董事会的董事们表示感谢.

VI

芬·奥瑟若德

1995 年 5 月于尼耳斯·玻尔文献馆

期刊名称缩写表

XIV

<i>Acad. Copenhagen, Math.</i>	Matematisk-fysiske Meddelelser udgivet af Det Kongelige
<i>Phys. Com.</i>	Danske Videnskabernes Selskab (København)
<i>Ann. d. Phys.</i>	Annalen der Physik (Leipzig)
<i>Ber. Sächs. Akad. math.</i>	Berichte über die Verhandlungen der Sächsischen
<i>-phys. Kl.</i>	Akademie der Wissenschaften zu Leipzig,
	mathematischphysikalische Klasse
<i>Berl. Ber.</i>	Sitzungsberichte der Königlichen Preussischen Akademi
	der Wissenschaften zu Berlin
<i>Copenhagen Acad. Math.</i>	Matematisk-fysiske Meddelelser udgivet af Det Kongelige
<i>-phys. Comm. Dan.</i>	Danske Videnskabernes Selskab (København)
<i>Mat. -fys. Medd.</i>	
<i>Handbuch der Phys. Hb.</i>	Handbuch der Physik (Berlin 1933)
<i>d. Physik</i>	
<i>Helv. Phys. Acta.</i>	Helvetica Physica Acta (Basel)
<i>J. de Physique</i>	Le Journal de physique et le radium (Paris)
<i>Journ. Chem. Soc.</i>	Journal of the Chemical Society (London)
<i>Journ. Frankl. Inst.</i>	Journal of the Franklin Institute (Philadelphia)
<i>Kgl. Danske Vid. Sels.</i>	Matematisk-fysiske Meddelelser udgivet af Det Kongelige
<i>Math. -fys. Medd.</i>	Danske Videnskabernes Selskab (København)
<i>Kon. Ned. Akad. v. Wet.</i>	Proceedings, Koninklijke Nederlandse Akademie van
	Wetenschappen (Amsterdam)
<i>Leipziger Ber.</i>	Leipziger Berichte
<i>Mat. -Fys. Medd.</i>	Matematisk-fysiske Meddelelser udgivet af Det Kongelige
<i>Mat. -Fys. Medd. Dan.</i>	Danske Videnskabernes Selskab (København)
<i>Vidensk. Selsk.</i>	
<i>Mat. -Fys. Med. of the</i>	
<i>Kgl. Danske</i>	

XV

Videnskabernes Selskab

<i>Naturwiss.</i>	Die Naturwissenschaften (Berlin)
<i>Naturwiss. Rundschau</i>	Naturwissenschaftliche Rundschau (Stuttgart)
<i>Overs. Dan. Vid. Selsk.</i>	Oversigt over Det Kongelige Danske Videnskabernes
<i>Overs. Dan. Vidensk.</i>	Selskabs Virksomhed (København)
<i>Selsk. Virks.</i>	
<i>Phil. Mag.</i>	Philosophical Magazine (London)
<i>Phil. Sci.</i>	Philosophy of Science (East Lansing)
<i>Phys. Rev.</i>	The Physical Review (New York)
<i>Phys. Zs.</i>	Physikalische Zeitschrift (Leipzig)
<i>Proc. Cambr. Phil. Soc.</i>	Proceedings of the Cambridge Philosophical Society
<i>Proc. Roy. Soc.</i>	Proceedings of the Royal Society (London)
<i>Prog. Theor. Phys.</i>	Progress of Theoretical Physics (Kyoto)
<i>Rev. Mod. Phys.</i>	Reviews of Modern Physics (New York)
<i>Sächs. Akad.</i>	Berichte über die Verhandlungen der Sächsischen
<i>Sächs. Akad. der Wiss.</i>	Akademie der Wissenschaften zu Leipzig,
<i>Verh. d. Sächs. Ak.</i>	mathematischphysikalische Klasse
<i>Verh. der Kgl. Dän.</i>	Oversigt over Det Kongelige Danske Videnskabernes Sel
<i>Gesellsch. d. Wiss.</i>	skabs Forhandlinger (København)
<i>Z. Phys.</i>	Zeitschrift für Physik (Braunschweig)
<i>Z. Physik</i>	
<i>Zs. f. Phys.</i>	

名词缩写表

XVI

AHQP	Archive for History of Quantum Physics(量子物理学史档案)
AIP	American Institute of Physics, College Park, Maryland(美国物理学研究所,学院园,马里兰州)
Bohr MSS	Bohr Manuscripts(玻尔文稿), AHQP
BR	Bohr-Rosenfeld, <i>Zur Frage der Messbarkeit der elektromagnetischen Feldgrößen</i> (see p. [7], ref. 6)(玻尔-罗森菲耳德,《论电磁场量的可测量性问题》(德文本)(见原 p. [7], 注 6)
BSC	Bohr Scientific Correspondence(玻尔科学通信), AHQP
Mf	Microfilm(缩微胶片)
MS	Manuscript(底稿)
NBA	Niels Bohr Archive, Copenhagen(尼耳斯·玻尔文献馆,哥本哈根)
PWB II	Pauli Wissenschaftlicher Briefwechsel, Bd. II (see p. [10], ref. 9)(泡利科学通信集,第二卷)(见原 p. [10], 注 9)

目 录

XI

译者说明	(5)
主编序	(7)
第七卷前言	(9)
目 录	(13)
期刊名称缩写表	(17)
名词缩写表	
致谢(中译本略)	

第一编 相对论性量子理论

引言	(3)	
1. 论电磁场量的可测量性问题(1933)	(3)	
2. 论电子理论中的对应方法,索尔威 1933	(25)	
3. 场测量和电荷测量	(30)	
30 年代中的序曲	(33)	
完成(1949—1950)	(39)	
4. 基本粒子,思考的总结	(41)	
I. 电磁力场的有限可测量性(和 L·罗森菲耳德合撰)(摘要)	(43)	
II. 论电磁场量的可测量性问题(和 L·罗森菲耳德合撰)	(45)	
III. 第七届索尔威会议上的一般讨论 论电子理论中的对应性方法	(79)	XII
IV. 量子理论中的场测量和电荷测量(未发表稿)	(89)	
V. 量子电动力学中的场测量和电荷测量(和 L·罗森菲耳德合撰)	(101)	
VI. 基本粒子物理学的问题	(110)	
VII. 第八届索尔威会议上的一般讨论 关于原子物理学现状的几点 一般评述	(115)	

附录 L·朗道和 R·派尔斯：测不准原理向相对论性量子理论中的推广 (摘录)	(120)
J·林德哈德：用带电粒子进行的测量中的不准性(未发表稿， 摘录)	(120)
W·海森伯：论和物质自辐射中的产生相联系的电荷起伏	(130)

第二编 互补性：量子描述的基岩

引言	(141)
1. 发荣滋长	(141)
2. 决胜	(142)
3. 最后的分析	(149)
4. 静穆澄清	(164)
I. 量子力学和物理实在	(174)
II. 物理实在的量子力学描述能不能被认为是完备的?	(176)
III. 原子物理学中的因果性问题	(185)
XIII IV. 原子物理学中的分析与综合(摘要)	(201)
V. 论因果性和互补性的观念	(203)
VI. 就原子物理学中的认识论问题和爱因斯坦进行的商榷	(215)
VII. 自然科学的认识论问题(摘要)	(243)
VIII. 量子物理学和哲学——因果性和互补性	(245)
IX. 原子和人类知识	(253)
附录 A·爱因斯坦、B·波道耳斯基和 N·罗森：物理实在的量子力学 描述能不能被认为是完备的?	(265)

第三编 通信选

引言	(275)
所收信件的目录	(276)
通信正文	(278)
阿耳伯特·爱因斯坦	(278)
沃尔纳·海森伯	(278)
奥斯卡·克莱恩	(288)

亨德瑞克·A·克喇摩斯	(288)
沃尔夫冈·泡利	(289)
雷昂·罗森菲耳德	(310)
厄尔温·薛定谔	(311)
维克多·外斯考普	(314)

尼耳斯·玻尔文献馆所藏有关稿本简目

引言	(316)
索引	(322)

第一编 相对论性量子理论

引言

3

约尔根·卡耳卡尔

1. 论电磁场量的可测量性问题(1933)

在 1927 年,玻尔和海森伯在测不准关系式的基础上在非相对论量子力学的范围内分析了观察过程中的互补特点. 在此处所要讨论的这篇关于定域场的测量问题的论文中,玻尔和罗森菲耳德把分析扩展到了具有无限多个自由度的体系和必须把同时性的相对性考虑在内的情况. 通过详细的考察,玻尔和罗森菲耳德揭示了量子电动力学之物理诠释的基础^①.

在初步形式下,自由辐射场的量子化,亦即光子的概念,是由爱因斯坦在 1905 年引入的;这构成了一种普遍量子场论的萌芽. 把辐射场看成由无限多个量子化的所谓虚谐振子所构成的体系,这种认识给光子概念提供了一种合理的基础,而光子概念则被证实为对量子电动力学的后来发展具有决定性的意义. 在 1913 年,玻尔创立了我们现在所说的“旧量子论”,它能够成功地说明大量的实验资料. 不过,玻尔从一开始就强调了这种描述的初步性. 事实上,揭示其适用性之有限范围的详细研究,开辟了海森伯、薛定谔和狄喇克在 1925—1926 年间创立质点量子力学之自洽表述形式的道路. 由测不准关系式所蕴涵的单一谐振子的“零点振动”,很快就把人们的注意力引向了表示为无限多个这种振子的场的“真空起伏”. 而且,虚谐振子的广义位置变量和广义动量变量之间的对易关系式,蕴涵了互补电磁场量之间的附有测不准关系的对易关系式.

4

事实上,早在 1925 年,当矩阵力学刚刚诞生时,玻恩、海森伯和约尔丹就向着一种量子电动力学的综合理论迈出过第一步. 提供了那么多场量子化之基本

^① 这篇论文之精义的一种最明晰的总结见玻尔在 30 年代写的《论场测量和电荷测量》的一篇未发表稿的第一节. 这个第一节已收入本引言中(见原第 26 页),全稿见本卷原第 195 页.

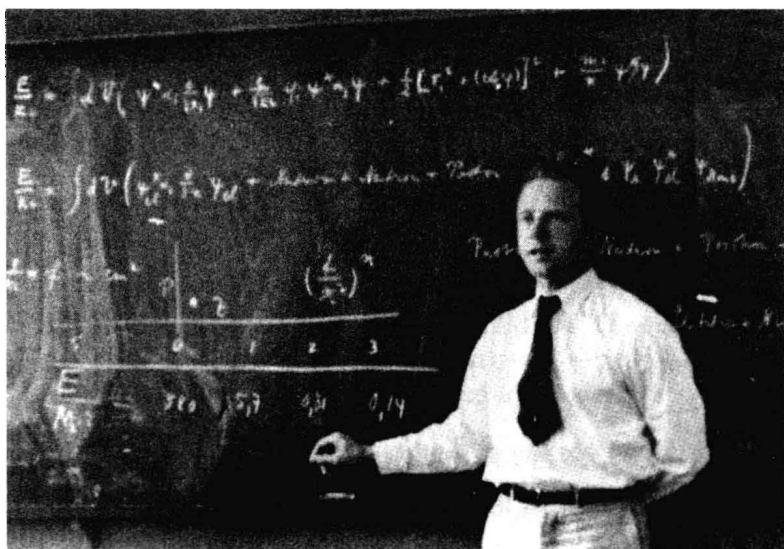
工具的狄喇克论文《量子电动力学的基础》和测不准关系式属于同一年。最后,玻尔的科摩演讲在 1928 年的正式刊出,以几个月的时差而和狄喇克相对论性电子波动方程的发表,和约尔丹及维格纳的费米子场的量子化,而从此处的考虑看来最重要的是和约尔丹及泡利的自由电磁场之相对论不变的对易关系式的导出相重合。

不过,由于各种发散性和“负能态”的存在,在量子电动力学的表述形式中却还有着很多的困难,它们可以使人们对描述及其基础本身的自治性发生疑问。因此,当时想必曾经使人们重振信心的就是克莱恩和仁科 1929 年在狄喇克方程的基础上导出了自由电子对光的康普顿散射截面,这种结果通过在对对应性极限下和汤姆孙经典公式的符合而使得有希望在某种程度上和经验领域发生联系。事实上,在 1931 年,丽丝·迈特纳及其合作者们做到了第一次对克莱恩-仁科公式进行直接的实验检验。

到了玻尔的法拉第演讲被发表时,不但海森伯和泡利可以说已经弄好相对论性场量子化的表述形式,而且 C·D·安德孙也已经预言了正电子的存在并发表了尝试性的实验证据。在同一年,即在 1932 年,C·摩勒就在狄喇克方程的基础上导出了相对论性的电子-电子弹性散射的截面。

* * *

现在让我们转入我们的主要论题。从尼耳斯·玻尔文献馆中现有的资料看来,海森伯似乎是提出量子电动力学范围内的对易算符和相关测不准关系式之



沃尔纳·海森伯(1936 年在哥本哈根)