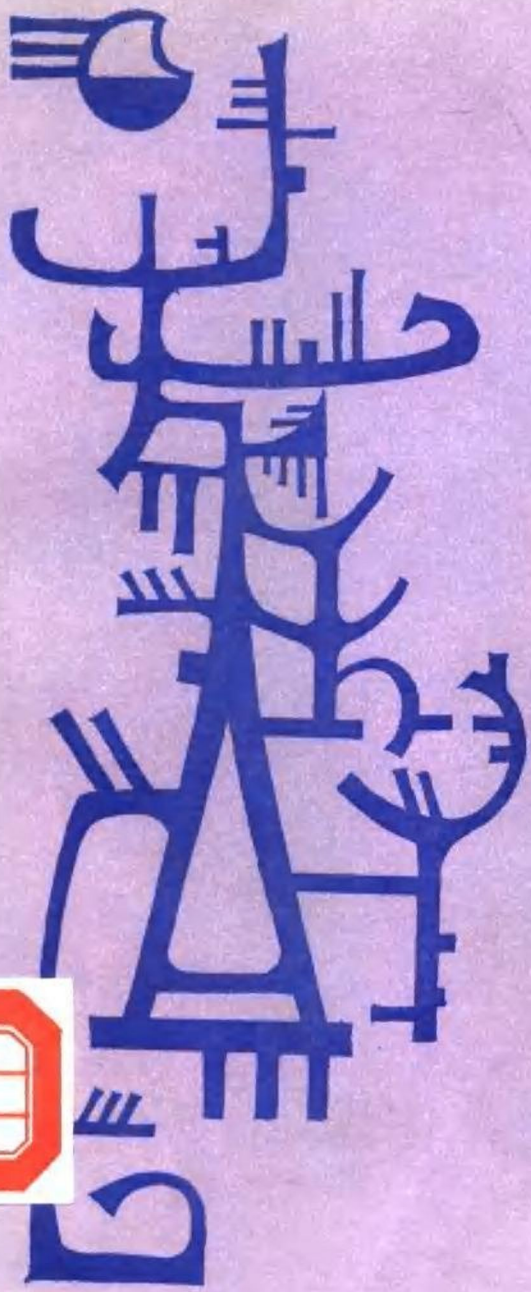


• 《波士頓科學哲學研究》文選

量子革命

• •
(比) 雷昂·羅森菲耳德著
商 務 印 書 館



0148412

《波士顿科学哲学研究》文选

量子革命

——雷昂·罗森菲耳德文选

〔比〕雷昂·罗森菲耳德 著

戈 革 译

商 务 印 书 馆

1991年·北京

本书选译自 Boston Studies in the Philosophy
of Science/Volume XXI
Selected Papers of
Léon Rosenfeld
D. Reidel Publishing Company, 1979

LIANGZI GEMING
量子革命
——雷昂·罗森菲耳德文选
〔比〕雷昂·罗森菲耳德 著
戈 革 译

商务印书馆出版
(北京王府井大街36号 邮政编码100710)
新华书店总店北京发行所发行
北京第二新华印刷厂印刷
ISBN 7-100-00776-3/B·102

1991年11月第1版 开本850×1168 1/32
1991年11月北京第1次印刷 字数154千
印数 0-3 200册 印张6 5/8

定价: 2.45元

《波士顿科学哲学研究》文选编辑委员会

主编： 范岱年

编委：（以姓氏笔划为序）

戈 革 蓝 征 邱仁宗 范岱年

责任编辑： 郭继贤

序 言

Robert S. Cohen 教授

(《波士顿科学哲学研究》丛书主编)

《波士顿科学哲学研究》(Boston Studies in the Philosophy of Science)这套丛书从一开始就是从跨学科和国际范围的最广泛的框架来着眼的。丛书的作者们有物理学家、天文学家、生物学家、地质学家和其他自然科学家,还有数学家、历史学家、人类学家、经济学家,而且当然也有哲学家和其他社会科学家、语言学家、心理学家、医生和文艺批评家。这套丛书主要依靠美国的学者,同时也能够包容全世界其他许多国家的作者的著作。既然欧洲的科学已成为世界的科学,对这种科学的哲学的、历史的和批判的研究也就成了普遍感兴趣的课题。

我们相信,科学哲学本身既是自觉地批判的,也是科学的、假说性的;既是理性的、怀疑论的而不是独断论的,也是人道的;而且还容纳关于第一原理的探讨。因此,《波士顿研究》丛书的目的之一就是发展科学家与哲学家以及史学家之间的合作。结果,科学哲学就既成了认识论性的又成了历史性的:一旦对把科学方法等同于物理学的方法这种观点提出了质疑,就不仅开始了对生物学和心理学的深入考查,而且也开始了对历史学和社会科学,特别是经济学、社会学和人类学的深入考查。《波士顿科学哲学研究》丛书注视并反映了在用各种观点来理解科学事业的努力中所有这些互动。

我们——Marx Wartofsky 和我——开始是在Philipp Frank的支持下,继续科学统一学会的事业。这个学会先从纳粹占领的奥地利逃难到了荷兰,当第二次世界大战开始时,又从荷兰迁到了

美国。这个学会是老的维也纳学派的后代。这样，我们就在 1960 年发起了波士顿科学哲学讨论会，而《波士顿科学哲学研究》开始是作为那些讨论会的论文选集而出版的。我们从波士顿大学研究生院得到支持和一点经费来发起第一学期的讨论会，以后又从美国国家科学基金会得到了五年慷慨的资助。国家科学基金会接受我们的头五卷《波士顿科学哲学研究》丛书作为我们的年度报告，从而在财务上开始了我们与荷兰的 Dordrecht 的出版家 Anton Reidel 先生二十多年愉快的合作，他成了我们的一位好朋友。（后来他出售了他的出版公司，而我们仍然保持了与 D. Reidel 出版公司的友好关系。）

后来，我们联合了大波士顿的所有学院与大学的同行：哲学家、科学家、人文学家、逻辑学家、社会科学家、心理学家和医生。还有一些来自政府实验室和商业实验室以及来自神学院的人士参加我们的活动。起初我们在不同的大学聚会，但很快确立了我们在每星期二晚上在固定时间和地点聚会的习惯。我们通过与其他地区性团体、全国性团体和国际性团体的合作，增加了专门的项目。我们与科学哲学协会 (Philosophy of Science Association)、黑格尔学会 (Hegel Society)、美国科学促进会 (AAAS)、国际科学史和科学哲学联合会 (IUHPS) 合作举行过两年一次的会议。我们庆祝过在世的当代人物，诸如 Popper, Grünbaum, Frank, Bunge, Struik, Lorenzen 等。与此相似，我们也悼念过其他当代人物，诸如：Carnap, Hanson, Benjamin Nelson, Léon Rosenfeld, Lakatos 和 Bar-Hillel，我们也举办过关于 Goethe、Spinoza 和 Hegel 的讨论会以纪念历史上的人物。

多年来，我们试图对标准观点之内和标准观点之外的科学哲学家都作出反应，对经验论的、约定论的以及分析的科学哲学之外的科学哲学家都有所反应。所谓“之外”，意味着跨越思想的局

限和地理的边界。到我们这里的访问学者来自：加拿大、爱尔兰、苏格兰、英格兰、法国、意大利、东德和西德、奥地利、西班牙、希腊、南斯拉夫、丹麦、荷兰、墨西哥、巴西、古巴、澳大利亚、新西兰、南非、埃及、以色列、挪威、瑞典、芬兰、波兰、捷克、匈牙利、保加利亚、苏联的六个加盟共和国、日本和中国；在《波士顿研究》丛书中也有来自越南和印度的作者。

对于被选入中国的《〈波士顿科学哲学研究〉文选》中的论文的所有作者来说，得悉将在中国哲学界、史学界和科学界拥有我们的读者，这是一种不寻常的荣誉和快乐。既然科学是国际性的，那么对科学的哲学理解与批判也就是国际性的。

1987年7月9日于波士顿

(范岱年 译)

编者的话

《波士顿科学哲学研究》(Boston Studies in the Philosophy of Science)丛书是一套国际知名的科学哲学丛书。它从1963年出版第一卷以来,迄今已出版了一百多卷。关于这套丛书的缘起、历史、性质和宗旨,丛书主编 R. S. Cohen 教授在序言中已作了简明的介绍。

我们这套《〈波士顿科学哲学研究〉文选》是根据Cohen教授的倡议于1985年开始筹划的。Cohen教授等先选出了130篇论文,建议我们从中选译。我们又从中选出了100篇左右,组织翻译、校阅。现在,决定按照论文的不同专题内容,分专辑出版,以飨读者。

由于长期的封闭,我们对国际上近三十多年来的科学哲学论著翻译、介绍、研究得很少。这种状况,自七十年代末开始有所转变,但总的来说,还是远远不够的。我们希望这套《文选》的出版,能为促进这种转变,作出一点贡献。

在这套《文选》即将陆续付印、出版之际,我们要对 R. S. Cohen 教授的倡议与帮助、许多译者和编校者的辛勤劳动、对商务印书馆的大力支持表示深切的感谢。

范岱年

1988年9月于北京

目 录

一、原编者序[节录]	1
二、热力学定律的创生	3
三、量子理论演化中的第一阶段.....	18
四、Max Planck 和熵的统计定义	62
五、1929 年的量子理论: 关于第一届哥本哈根 会议的回忆.....	75
六、Niels Bohr 六十寿辰献词.....	88
七、因果性概念的演化	104
八、为互补性而争论	124
九、关于量子理论基础的误解	145
十、量子理论的基础和互补性	154
十一、Einstein 和 Bohr 之间的认识论冲突	169
十二、Niels Bohr 对认识论的贡献	175
十三、量子力学中的测量过程	190

一、原编者序〔节录〕

出版本卷的决定,是当意大利物理学会于1971年在Como湖畔举办 Varenna 夏季讲习班时作出的,当时 Léon Rosenfeld 教授(1904~1974)正在那里讲授量子理论史。在他的关于物理学的基础和发展的著作中,我们早就被那种认识论的、历史的和社会的见解的独特融合所打动了,因此我们就决定在那里向他提出了出版他的一本论文集的想法。他很热情地作出了反应,并且同意了协助我们选择论文;此外,他也同意写一篇长篇的引言并且分别对一些论文作出评注,那些论文是他从当时的观点看来需要严格地再评价的。因为,他当时仍然在孜孜不倦地致力于有关理论物理学基础的理论考察和批判思索。我们肯定不曾把这本书设想成一位“当代贤哲”的纪念文集,而只是更实用地把它设想成一种有用的工具,来把它交给那些致力于和这些困难问题作斗争的同道们和学生们的。但是,十分可悲的是,命运却给我们的工作加上了一个纪念性的面貌〔指 Rosenfeld 于 1974 年逝世〕。

我们曾经商定,为了使这本书对当代的物理学界和哲学界最有用处,我们将把一切非英文的选篇翻译成英文。论文的取舍是通过通信来进行的,而且当 1973 年 Rosenfeld 教授访问波士顿大学时已经达到了一种地步,使我们能够和他共同起草一份几乎是最后的目录了;这份目录就是本书的依据。很不幸,在他逝世时,他还不曾动手撰写引言和评注。感谢他的挚友和合作者 Stefan Rozental 教授给我们提供了一篇引言,但是他也和我

们一样感到没有 Rosenfeld 本人的出版评介是本书的一种损失。

中译者按：《波士顿科学哲学研究》丛书第二十一卷是 Léon Rosenfeld 论文选，内容很丰富，篇幅也很大，此处所选只是该卷的一小部分。

二、热力学定律的创生

[1941a]

建立两条伟大的热力学定律的历史，在不止一个方面是有教育意义的。按照惯例从它的纯逻辑学的方面考虑起来，这种历史引起了科学方法方面的一些多样而重要的问题，各问题在这里是以其特殊的简单性和明晰性而出现的。事实上，热力学的逻辑结构显示出一些很纯粹的线条：它归结为两条具有普适意义的定律，它们表现着最普遍的“永动机”不可能性的两个独立的而又密切联系着的方面。成功地理清这两条定律、认识到它们的独立性、而后又提出它们的相容性问题的那种方式，提供了一组界限清楚的事实来供我们分析；这些事实没有复杂的分支或繁琐的附属细节。可以区分出三个或多或少互相衔接的阶段：第一个阶段以 Carnot 这一伟大的孤立形象为主，这一阶段包括尚非完善形式下的第二定律的叙述(1824年)及其在科学界的缓慢扩散(从1834年到1847年)；第二阶段包括从1839年到1847年这段时间，在此期间，一些仍然是孤立的先驱者们，特别是 R. Mayer 和 Joule，得到了第一定律或自然力守恒定律的表述；第三阶段(1848~1851年)以这两条定律的逻辑综合为其极致，这主要归功于 W. Thomson 和 Clausius 的努力。创立了这一伟大理论的那些研究者们的深度和独创性，使得研究他们的主导观点并分析他们的想法的发展显得特别有吸引力。我们知道⁽¹⁾，在实验归纳和理论思辨或哲学思辨在发现中所分别起的作用方面，以及在自然规律的逻辑结构方面，这种分析都曾经引人注目地给我们提供了宝贵的教益。

但是科学的进步并不是通过仅仅取决于一种内禀逻辑一致性

的那些观察和论证的简单连缀来进行的；在它的具体现实中，它是带着一种社会现象的一切复杂性而出现的，它既是社会组织的发展的一种后果又是改善这一组织的一种强有力的工具。从这种观点看来，热力学史也是有着独一无二的兴趣的，因为它是和一次“工业革命”密切地联系着的，而那次“工业革命”就是文明进步中最有决定性的阶段之一。在单独一个轮廓清楚的问题的历史中，很少遇到如此突出的一个例证，足以阐明科学思想和社会进化之间那种有成果的相互作用的各个方面。在以下的论述中，我们所关心的主要就是问题的这一方面。

如果我们首先检查一下导致发现这两条定律的那些根源，我们就会发现这些根源在相同的重要意义上属于两个很大的考察领域；这两个领域曾经总是决定着科学的进步，而且它们在象我们在此所涉及的那种社会变革的伟大时代中总是显示得特别突出。这种领域一方面是和生产和运输的经济组织在其发展的每一新阶段上提出的那些技术问题，另一方面就是倾向于改善人类社会的生活和健康的那些努力。在上面提到的那种演进的头两个阶段中，热力学的先驱者们不是工程师（例如 Carnot 和 Joule）就是医生（例如 Mayer）：Carnot 承担了在蒸汽机的动作中揭示热和机械功之间的关系的的工作；Joule 在电动机的情况下作了相同的事；而 Mayer 则在人体的情况下作了相同的事。

即使决定新的科学问题的本性的是社会需要，这些需要却远远不是从一开始就被普遍地理解了，而且这些问题也不是一下子就被觉察到了的。相反地，它们的解决总是归功于一些孤立的先驱者，他们可以说“走在了时代的前面”。而且，在一种根本上新的想法能够被消化，能够被纳入本阶段普通思维之中并在科学中以及它的技术应用和生物学应用中起到应有的作用以前，总是要有一番激烈的斗争的。因为，某一时期的精神生活是建筑在一些概念

和理论的基础上的，而这种基础本身是在概括已经得到的知识的那种企图下费劲巴结地建造起来的；因此，只有作为最后一招，人们才会作出深刻地改变这种基础的决定⁽²⁾。在热力学史上，我们看到年轻的自学成才的工程师们和同时代的物理学流派之间的一种重大的分歧；前者直接地受到了“时代需要”的启示，而后者虽然肯定也很杰出，但却正在延续着另一个时代的传统。在长达四分之一世纪的期间内，由孤立的研究者们如此清楚地认识了[两条]伟大的新定律遇到了普遍的不理解；只有在这一期间以后，我们才在两条定律的综合的最后阶段中初次看到一些“职业物理学家”在建造这一科学分支方面起了积极的作用，而直到那时，这一科学分支是在不依靠他们甚至在某种程度上是在排斥他们的情况下痛苦地成长起来的。但是，这种情况的原因恰恰就在于，在那时，在1850年前后，完全是在新的工业文明的精神下被教育出来的第一代达到了成熟，而且其中最杰出的青年成员开始担任大学教授了！因此，新学说的逻辑完成就和在创立该学说时出过力的新人在社会标准和文化标准上取得确定的胜利成为同时的了。

如果我们从以上所匆忙叙述了的观点来考虑热力学定律的发现，那就会有一出戏剧展现在我们面前，而以上概述了的三个阶段就是这出戏剧的三幕，其中每一幕都包括了这样一个双重的主题：启发着发现的社会需要和为使发现所提供的新前景得到社会承认而进行的必要斗争。

我们说过，正是在“工业革命”的框架内，热力学才诞生了。启示了 Carnot 的工作的⁽³⁾，就是分析蒸汽机的功能以发现更好地利用它们的原理的那种企图。当然，古代科学已经具备了这些机器的原型，例如 Alexandria 的 Hero 所描述的 aeolipile [原始的蒸汽机]。但是，要看到它在工艺上的应用却必须等到这样的时

十八世纪中,在航海贸易和由此而来的工业生产增长的充实之下,西欧各国的经济膨胀引起了在迄未探索过的自然现象中寻求新的能源的要求。只有到了这时,也象磁石和摩擦过的琥珀块一样,aeolipile才被从古董堆中找了出来,而且只有到了这时,它们所显示的那些自然规律才得到了系统的研究。特别说来,Joseph Black建立了那些描述热现象的主要概念,而他的学生James Watt则发明了蒸汽机的那些早期实用模型。很自然,这一工业应用并没有等待问题的科学分析的完成。在Carnot的时代,已经蒸蒸日上的建造新机器的技艺仍然是建筑在很粗浅的经验认识之上的。

但是,或迟或早,改善新引用的机器的必要,监测它们的功能和它们的输出的必要,必将迫使人们细致地分析所涉及的现象,而这种分析常常会揭示出一些前所未有的自然规律的存在,而这些自然规律的意义往往远远超出于作为科学探索之出发点的那些技术问题之外。因此,在他那关于“火的动力”的精辟分析中,Carnot就把蒸汽机的繁复动作简化成了一种很简单、很普遍的方案;在这种方案中,所产生的机械功被看成了等于在两个温度不同的物体之间可逆传递的数量不变的热质。对于这种方案,Carnot应用了永动机的不可能性原理;这一原理对于一切纯力学的机器是很好地确立了的,但是他假设了这一原理的正确性可以同样地扩展到热机上去。这样,他就设法表达出来了我们所说的热力学“第二定律”的主要内容。事实上,这条定律在热力学的结构中所占的实际位置,只有到更晚的时候才能确立;但是,Carnot认识了而且甚至在当时就已经强调了它的普适意义:他在一系列对于气体性质的研究的突出应用中显示了这一原理的富有成果性。在这种意义上,Carnot的工作是由技术问题唤醒的科学发现的最重要范例之一。另外,他的同时代人所造成的对这一工作的完全埋没,也使我们对那种习惯势力得到一种同样突出的最初印象;

我们将看到，这种习惯势力也是热力学中的其他先驱者们即将遇到的，而这种习惯势力的原因则是我们以后即将试图分析的。尽管如此，Carnot 却知道他的工作是响应了蒸汽机制造者们的一种直接而认真的关切的。按照他弟弟的证实⁽⁴⁾，由于意识到他的发现的有用性和重要性，他曾经力图使他的解释具有一种能被每个人所接受的清晰形式；最后，看来他的推理和结论的简单性本身，应该使得它们对于物理学家们和工程师们来说都是容易接受的了。但是，一直过了十年，Carnot 的书并没有引起这两部分人中任何一部分人的最小的反响。不仅仅是这种沉默，而且另一件事实也同样地显示了有接受这种贡献的准备的人们是何等地稀少；那事实就是，这样一个天才的贡献是在那样的孤立中升起的，它除了一两次不值一提的尝试以外没有任何先例⁽⁵⁾。

只有到了 1834 年，工程师 Clapeyron⁽⁶⁾ 才重新提起并重复叙述了 Carnot 的想法，而并没有增加任何本质上新的贡献。而且 Clapeyron 的论文本身也并没有开始吸引人们的注意并从而间接地使 Carnot 的观点为人所知，这种情况一直持续到 1843 年，那时 Poggendorff 在他的 *Annalen der Physik* 上发表了该论文的一篇译文⁽⁷⁾。而且，在这个时候，完全独立于 Carnot 的原理及其推论，我们的故事的第二个阶段也正在开始了；这个阶段以各种自然力的普遍等价性定律的确立为其终结。

等价性定律比 Carnot 原理显示了更直接了当的品格。简单地说，在永动机不可能性对一切自然作用的推广的形式下，这一定律简直就是因果原理的一种具体的表述。因此，尽管两条定律显然是同等普适的，更欠直接的第二定律却仍然局限在热现象的领域之内，而且是在以后才扩展到化学现象和电磁现象上去的，而第一定律则从一开始就在它的全部普遍性方面更加容易地显示了自

己。此外,从这种普适的观点看来,它也是和自然力的统一性这一伟大想法相谐调的;这种想法按照某种方式综合了“工业革命”时期的一种专心致志和原始追求:把这些自然力看成单独一种能源的不同表现,这些表现把一种力转换成另一种力。在从1839年到1847年的这段时间内,肯定就是这种共同的追求规定了一些很不相同的途径的那种引人注目的汇合;这些途径把一系列孤立的和彼此不相闻问的先驱者们引向了相同的结论。

在这些先驱者们中间,让我们只来谈谈医生 Mayer⁽⁸⁾。在他那儿,我们看到另一种主旨在起作用(除了作为 Seguin、Colding、Joule 等等另一些探索者的出发点的技术问题以外);这种主旨是在科学进步中经常起作用的,这是 Descartes 在他的“Discours de la Méthode”[《方法论》]中甚至摆在首位的那种主旨:探索医学的合理基础。受到这一主旨的直接或间接的支配的那种关于生命机体的规律和无生命自然界的规律之间的关系的研究,永远具有一种几乎不可能被过分夸大的重要意义,这不但对于生物学的发展是如此,而且甚至对于物理-化学科学本身的发展也是如此。事实上,可以说后者的演化恰恰是从生物的或有生的类比开始的,这种类比恰恰是通过我们对一些条件的分析的进展而逐渐地得到改善的,那些条件确切地区分了生命活动和无生命物质的一般属性。例如,人们只要想想 Lavoisier 以前的化学也就够了⁽⁹⁾。这门科学既在冶金学中有其根源,又在医学和药物学中有根源,但是,在刚开始时,它主要是按照诸如“同气相求”之类的有生灵感的原则而活动的。然而,它不久就感受到了由力学的更进步发展所放射出来的那些哲学体系的反冲:起先是 Descartes 主义的而后是 Newton 主义的反冲;于是我们就看到生命的类比被物理的类比所代替了;上述那种“同气相求”的原则显著地被亲和力的概念所代替了,而亲和力的定义是直接受到 Newton 的吸引力概念的启发的。在更