

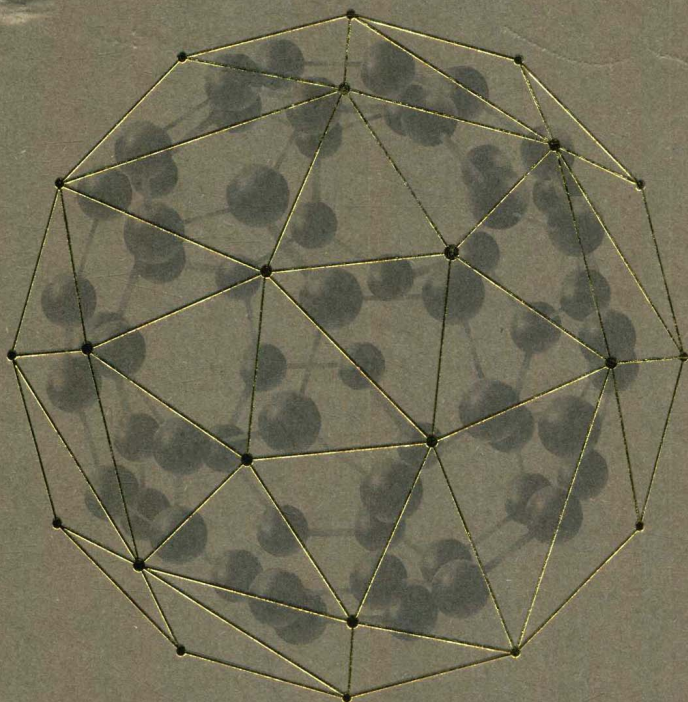
現代化学史

原子・分子の科学の発展

现代化学史

(日) 广田襄 著
(廣田 襄)

丁明玉 译



化学工业出版社

现代化学史
MODERN CHEMISTRY HISTORY

现代化学史

第二卷 1900—1950
现代化学史
第二卷 1900—1950



科学出版社

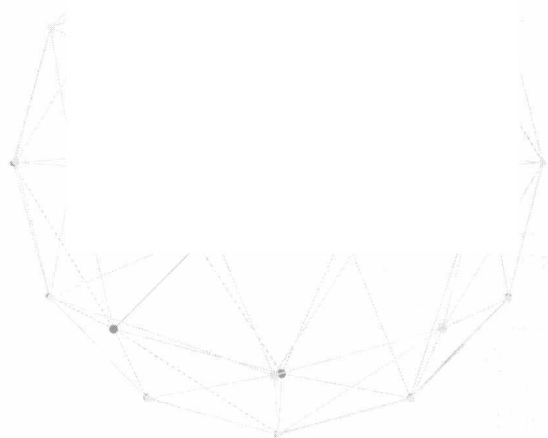
現代化学史

原子・分子の科学の発展

现代化学史

(日) 广田襄 著
(廣田 襄)

丁明玉 译



化学工业出版社

· 北京 ·

化学在20世纪获得了大的发展,吸收物理学发展的成果,阐明了化学键的本质,能够在原子、分子水平理解物质结构和化学反应的本质;同时也为理解生命现象打下了基础,促进了分子生物学的兴起,为生命科学的发展做出了巨大贡献。

本书分三篇讲述。第1篇近代化学走向成熟,简要地讲述了19世纪化学的形成与发展过程,作为现代化学(第2、3篇)的铺垫;第2篇现代化学的诞生与发展,讲述了20世纪前半叶现代化学的诞生及其发展;第3篇当代化学,讲述了20世纪后半叶化学各个分支领域的发展状况。书中不仅有对化学原理、化学反应方面的成果记载,还有对化学发展起重要作用的化学装置的发明,以及现代化学发展的所有里程碑意义的发现。

GENDAI KAGAKUSHI /by Noboru Hirota

ISBN 978-4-87698-283-7

Copyright©2013 by Noboru Hirota.

All rights reserved.

Original Japanese edition published by Kyoto University Press

Simplified Chinese translation copyright©2018 by CHEMICAL INDUSTRY PRESS.

This Simplified Chinese edition published by arrangement with Kyoto University Press, Tokyo, through HonnoKizuna, Inc., Tokyo, and Shinwon Agency Co. Beijing Representative Office, Beijing.

本书中文简体字版由 Noboru Hirota 授权化学工业出版社独家出版发行。

本中文版本仅限在中国大陆(香港、台湾、澳门除外)销售。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分,违者必究。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2018-2626

图书在版编目(CIP)数据

现代化学史/(日)广田襄著;丁明玉译. —北京:
化学工业出版社, 2018.6
ISBN 978-7-122-32055-1

I. ①现… II. ①广… ②丁… III. ①化学史—世界—现代 IV. ①O6-091

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第084184号

责任编辑:李晓红

装帧设计:王晓宇

责任校对:王素芹

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:三河市延风印装有限公司

装订:三河市胜利装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张33 字数640千字 2018年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:158.00 元

版权所有 违者必究

记得还是在2016年上半年，化学工业出版社希望我牵头找几个人翻译日本广田襄先生所著《现代化学史》一书，还说是我的老朋友湖南大学吴海龙教授推荐他们来找我的。据说这本书也是吴教授在日本看过后觉得写得很好，才推荐给出版社的。当时，我因为自己手头的事情很忙，出版社几次和我提起翻译的事我都推辞了。于是，出版社就要我先大体看看内容，写一个书评，以便他们决定是否最终立项。

既然要写书评，就不能凭空胡说。在粗略浏览全书架构后，挑了两章稍微仔细阅读了一下。读后感觉该书对历史的脉络梳理得很清楚，对重大发明或发现在当时的科学价值以及历史意义的评说也比较准确和客观，对现代化学发展的科学背景（例如，古代和近代化学的基础，物理学的成果对化学进步的影响，化学对医学和生命科学等相关学科发展的促进等）有充分的铺垫和关联。书中的重要人物简介和穿插在正文中的科学家的趣闻轶事于人有有益，既让人体会到科学发现的艰难困苦，又向人们讲述了科学发现也有偶然性。

书评交给出版社后就已经把这事抛到脑后了。突然，在2016年暑假的某天，出版社再次联系我，说决定翻译出版此书，还是希望我能负责翻译。这次我没有立即推辞，而是说考虑一下后再说。导致我不再当即推辞，或者说有点愿意接受这个任务的原因主要有两个：一是写书评时看过这本书后给我留下了好感和深刻印象；二是我也想好好系统地读读化学史，之前零零碎碎读到的一些化学史的片段既散乱也不全面。于是，暑假过后我就正式答应出版社翻译这本书，而且决定一个人独自翻译，打算从头到尾仔细学习一遍现代化学史。不过，我也提了一个条件，就是不要限定我交稿时间，因为我还是担心我挤不出太多时间来翻译，给自己留了一条后路。

尽管我是学化学的，大学的一外也是日语，而且还在日本留学多年，但真正翻译起来却比我预想的要难。例如，在人名的核实上就花了很多精力。很多人名我并不是不太熟悉，从日文读音很难对应上其中文译名；同一个人，已有的中文译名可能有

好几个，对不太熟悉的人名就很难选择比较通用的中译名；不同事件中出现的读音相同的人名（姓或名），是同一个人还是不同的人有时无法确定，即使知道是同一个人，前后也可能译成不同的中译名（如：汤姆孙、汤姆逊和汤姆森）。于是，我决定查文献，尽量找到所有人名的英文和出生年月，并将这一信息补充标注在人名之后，以免读者产生混乱。还有一个困难就是有的专业名词的翻译，本人一直搞分析化学，对其他化学研究领域有很多都不太熟悉，只好临时抱佛脚看看文献，尽可能使用各专业领域规范（或通用）的专业名词。

拿出了当年高考复习的拼命劲头，总算在约定的时间交出了译稿。当时，还是与出版社签了个协议的，约定一年交稿，因为我有言在先不能保证按时完稿，所以双方都知道这个协议只是形式而已，约束力并不大，但我还是不愿轻易拖延。尽管我一再告诫自己要严谨认真，但时间太紧、困难又不少，加上水平所限，译文中肯定存在不少瑕疵。除了上面提到的人名和专业名词的翻译可能有不准确的，还有就是没有充足的时间对语言和文字做进一步润色，可能有不少语句读起来不太顺畅，未能充分展现中国语言的美感。在此诚恳地希望广大读者和同行不吝赐教，批评指正。

丁明玉

2018年5月于清华园

化学的定义

何为化学？回答这个问题绝非易事。查一下《岩波 理化辞典》（第5版）（岩波书店）化学条目，是这样写的：

“化学是研究物质，特别是化学物质的性质、结构以及这些物质相互间的化学反应的自然科学领域之一。根据研究方法、对象物质等差异，分为物理化学（或理论化学）、无机化学、有机化学、生物化学、应用化学等。……”

接着对化学的发展历史进行简短介绍后，做了如下归纳：

“化学与物理学之间的交叉领域物理化学、化学物理学，化学与以化学为基础的生物学之间的交叉领域生物化学、分子生物学等处于持续发展之中。”

作为常识，这样的说明或许是妥当的。化学介于物理学和生物学之间，有和物理学、生物学重合的部分，同时也是以化学反应为中心，研究物质结构和性质的学问。但是这并没有解决问题。作为研究物质性质的领域，在物理学中有物性物理学，处理生物、生命的分子生物学倒不如看作生物学的一个领域。自然界原本无界限，是在学术的发展过程中产生了学术领域的分化，因此严格的定义领域乃无从谈起。与物理学、生物学相比，化学的领域是比较模糊的。

何为化学的问题难以回答还可从下面的事情中体会到。回顾1960年以后的诺贝尔化学奖，发现获奖对象的业绩往往可以看成是属于分子生物学领域的。化学领域的诺贝尔奖评选委员会也包括了分子生物学、生物物理学，似乎考虑很广泛。另一方面，在最近十多年获得诺贝尔化学奖的人中，多人坦陈“不认为自己是化学家，所以获得诺贝尔化学奖感到意外”。这一现状正好说明即使是获得诺贝尔化学奖的科学家对何为化学也没有形成共识。这到底是怎么回事呢？要回答这个问题就有必要回顾化学是怎么发展、化学的概念是怎样演变而来的。

20世纪自然科学的发展的确引人注目。前半个世纪是以量子力学和相对论为代表的物理学的革命，后半个世纪是始于DNA结构解析的分子生物学的兴起，以及随之而来的生命科学大发展带来的生物学的革命。与之相比，化学又是怎样的情

形呢？化学也在20世纪获得了很大发展。吸收物理学发展的成果，阐明了化学键的本质，能够在原子、分子水平理解物质结构和化学反应的本质。同时也为理解生命现象打下了基础，促进了分子生物学的兴起，为生命科学的发展做出了巨大贡献。但是，也由此产生了化学是否失去了其独立性，仅仅是物理学或生物学的一部分的疑问。数年前关于化学在自然科学中的地位，在著名的《科学》杂志上曾有过讨论。认为化学成了为其他领域服务的学问，而作为学科领域的重要性被弱化了。

化学原本产生于人们想了解人类世界里存在的物质的构成和变化的欲望。如果把化学看成研究物质的结构、性质和反应的学问的话，那化学研究的对象就非常广泛，从宇宙空间里存在的物质直至生命，的确是无限的，理应可以说化学位于自然科学的中心。我们对物质的理解在20世纪有了显著进步，现在已经达到了可以观测和控制原子和分子的阶段。而且化学具有创造新物质的特点，这在其他自然科学领域是没有的。

如果考虑化学的应用方面，人类从化学的成果中所得到的恩惠大到难以估量。我们的生活被基于高分子化学成果的纤维和塑料所包围，90%以上的能量依赖化学能。医学和药学得益于生物化学和合成化学的进步而取得了长足发展。在农业领域，化肥的使用支撑了20世纪出现的人口爆发式增长。于是，化学渗透到工业、医学、药学、农学等各个领域，丰富了人类的物质生活。现代化学处于以纳米科学为基础的物质科学、材料科学的中心，其应用给人类生活带来重大影响。另外，在生命科学的前沿研究中，分子水平的化学研究的重要性正在提升。虽然化学也有涉及公害和破坏环境的负面因素，但现在化学的研究领域还在不断扩大。

为什么要写《现代化学史》

论述20世纪物理学和生物学发展的书很多，但论述这个世纪中基础化学发展的书却意外地少。以过去化学的概念考虑，化学领域的确没有出现能与物理学中的相对论和量子力学，以及生物学中的DNA结构解析相提并论的革命性进展。但是，化学的发展历史也充满了很多智慧的碰撞和激动人心的发现与发明。而且，从理解物质本质的角度来看，基于量子理论对物质结构和反应的理解是化学的巨大进步。如果从分子结构解析的角度来看，DNA的结构解析本身也可以说是化学领域的巨大发现。回顾化学的发展不能受过去的物理、化学、生物领域框架的束缚，从原子、

分子科学的角度来考虑尤为重要。

当今，由于伴随学术进步出现的专业细分化，每一个研究者埋头于自己狭窄的专业领域，纵观学术全貌变得越来越困难。另一方面，在最尖端的研究中，做超越过去学术领域框架的跨界研究的很多。在这样的领域里经常可以见到大的新进展。我们特别期望像化学这样与其他领域相联系的学科，能够培养在宽广的学术范围内具有广阔视野的研究者。但是，在日本的大学、研究生教育中，从早期开始就分专业，培养视野狭窄的研究者的倾向很强。对开阔视野有用的一个方法或许就是通过回顾历史来反省学术发展的路径。另外，作为各领域的专业研究人员，回顾历史也有助于在整个学术中摆正自己研究的位置。最近的日本有将重心置于马上就能应用的研究的倾向，如果看看有重要影响的研究成果是怎样取得的，或许可以学到对于发展科学技术来说什么才是重要的。

关于化学史有很多优秀的著作。但遗憾的是多数是论述截至20世纪前半叶化学的发展。包括了20世纪后半叶化学发展的著作，说几乎没有也不为过。而化学取得大的发展，化学本身的特质也发生变化还是进入20世纪后半叶之后的事。也就是说要思考现代的化学，将截至最近的发展包含在内的现代化学史是众望所归。特别是在现在这样一个学术专业化的时代，谁也不可能做到通晓一个学术领域的全部，因此一个人写现代化学的通史或许应该说成是不自量力的尝试。笔者本人的研究方向属物理化学，是化学中的一个领域，在其中也只不过是研究核磁共振、光谱学、光化学这些专业领域的研究人员。因此对于博大的现代化学及其发展的历史知之甚少。尽管如此，退休后时间充裕，也可以从稍远一点的距离审视化学全貌。化学在自然科学中的位置，再往大一点讲，是化学对于人类要考虑什么。作为一个从事化学研究40余年的过来之人，我不忌才疏学浅，写自己的“现代化学史”，呈与世人。

那么如何捕捉现代的化学撰写其历史？我想不受限于以往的物理、化学、生物的框架，把化学看作“原子、分子的科学”来写化学史。接下来从此视点出发，以20世纪化学的发展为中心，弄清化学是怎样与物理学、生物学等相邻领域相互联系而发展起来的，追忆其充满活力的历史，思考其未来。因此，在本书中特地把基础化学的发展作为重点，将它对社会产生的影响以及受社会的影响都包括在内，概览其发展的历史，对于重要的发现是怎样产生的，对其背景也想做些探索。

化学是人类的营生，与其他文化和艺术的领域一样，是与担当化学进步的伟人们密不可分的。这些人多是具有特殊兴趣的人物，了解这些人也就是了解人类的多样性，也是学习化学史的一大乐趣。因此在本书中将这样的化学家的小故事作为专栏列出。但愿这个专栏对增加化学读者的兴趣有所裨益。

撰写本书的过程中参考了很多文献。将其中我认为特别重要的文献筛选出来列于各章尾。另外，许多重要的经典论文已翻译成日文收录于《化学之原典》丛中，其中的参考也有记载。请有兴趣的读者参考。主要学术杂志的简称如下。

- *Ana. Chem.: Analytical Chemistry*
- *Angew. Chem.: Angewandte Chemie*
- *Ann.: Justus Liebigs Annalen der Chemie*
- *Ann. der Chem. Pharm.: Annalen der Chemie und Pharmacia*
- *Ann. Phys.: Annalen der Physik*
- *Ber.: Chemische Berichte*
- *Ber. Chem. Ges.: Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*
- *Biochem. Biophys. Res. Commun: Biochemical and Biophysical Research Bull.*
- *Bull. Chem. Soc. Jpn.: Bulletin of the Chemical Society of Japan*
- *Bull. Soc. Chem. France: Bulletin de la Societe Chimique de France*
- *Chem. Biochem. Z.: Biochemische Zeitschrift*
- *Chem. Commun.: Chemical communications*
- *Chem. Phys. Letters: Chemical Physics letters*
- *J. Am. Chem. Soc.: Journal of American Chemical Society*
- *J. Biol. Chem. Soc.: Journal of Biological Chemistry*
- *J. Chem. Phys.: Journal of Chemical Physics*
- *J. Chem. Soc.: Journal of the Chemical Society*
- *J. de chim. phys. Journal de Chimie Physique et de Physico-Chimie Biologique*
- *J. Mol. Bio.: Journal of Molecular Biology*
- *J. Org. Chem.: Journal of organic chemistry*
- *J. Phys. Chem.: Journal of Physical Chemistry*
- *Naturwiss.: Naturwissenschaften*

- *Phil. Mag.: Philosophical Magazine*
- *Phys. Rev.: Physical Review*
- *Phys. Rev. Lett. Physical Review Letters*
- *Proc. Chem. Soc. London: Proceedings of the Chemical Society London*
- *Proc. Natl. Acad. Sci.: Proceedings of the National academy of Science*
- *Proc. Roy. Soc.: Proceedings of the Royal society*
- *Trans. Faraday Soc.: Transactions of the faraday Society*
- *Z. Anorg. Chem.: Zeitschrift fur Anorganische und Allgemeine Chemie*
- *Z. Naturforsch : Zeitschrift fur Naturforschung.*
- *Z. Physikal. Chemie: Zeitschrift fur physikalische chemie*
- *Z. Elektrochem.: Zeitschrift fur Elektrochemie*
- *Z. Physik.: Zeitschrift fur Physik*

第 1 篇 近代化学走向成熟

1.1 化学的源流	/003
1.1.1 希腊人的物质观	/004
1.1.2 炼金术	/004
1.1.3 医(学)化学	/006
1.1.4 技术的遗产	/007
1.1.5 17世纪的化学	/007
1.1.6 波义耳与粒子论哲学	/008
1.1.7 燃素说	/010
1.2 气体化学的发展	/010
1.2.1 布莱克:碳酸气的发现与定量研究	/011
1.2.2 普利斯特里与氧气的发现	/012
专栏1 以科学和神学的融合为目标的 普利斯特里	/012
1.2.3 舍勒与氧气的发现	/013
1.2.4 卡文迪许与氢气的发现	/014
1.3 拉瓦锡与化学革命	/014
1.3.1 拉瓦锡与燃烧的新理论	/015
1.3.2 燃素说的打破与新的化学理论	/016
专栏2 优秀的官员、大化学家拉瓦锡 和他的妻子	/018
1.4 18世纪的化学与社会	/020
1.4.1 化学产业的开始	/020
参考文献	/021

2.1 原子说与原子量的确定	/023
2.1.1 世纪更替时的状况	/024
2.1.2 道尔顿的原子说与原子量	/025
2.1.3 元素符号	/026
2.1.4 盖·吕萨克的结合体积比与阿伏伽德罗 假说	/027

第 1 章 近代化学之路

——18世纪末之前的化学:原子·分子科学的曙光

003

第 2 章 近代化学的发展

——19世纪的化学:原子·分子概念的确立与专业分化

023

2.1.5 贝采利乌斯的原子量 /028

2.1.6 普劳特的假说 /029

2.1.7 围绕原子量的混乱与当量 /030

2.2 电化学的出现及其影响 /030

2.2.1 伏特的电池和电化学的出现 /030

2.2.2 电化学二元论 /032

2.2.3 法拉第和电分解法则 /032

专栏3 戴维、法拉第与皇家研究所 /033

2.3 有机化学的诞生与围绕原子、分子的混乱 /035

2.3.1 新的有机化合物和异构体的发现 /036

2.3.2 有机化合物的分析与李比希 /036

2.3.3 有机化合物的分类：根的概念 /037

2.3.4 新的类型理论 /039

2.3.5 坎尼扎罗使阿伏伽德罗假说起死回生 /041

2.3.6 原子、分子的实在性与化学家 /042

2.4 有机化学的确立与发展 /042

2.4.1 原子价的概念与化学结构式 /042

2.4.2 苯和芳香化合物的结构 /044

2.4.3 碳的四面体说与立体化学 /045

2.4.4 有机化合物的分析 /048

2.4.5 合成方法的进步 /048

2.5 元素周期律 /050

2.5.1 分光法的引入与新元素的发现 /050

2.5.2 元素分类的早期尝试 /050

2.5.3 门捷列夫和迈耶尔的周期律 /052

2.6 分析化学、无机化学的进步 /054

2.6.1 定性分析、定量分析和容量分析 /054

2.6.2 仪器分析 /055

2.6.3 原子量的确定 /056

2.6.4 氟的发现和莫瓦桑 /056

2.6.5 稀土元素的分离 /057

2.6.6 稀有气体的发现和周期表的修正 /059

2.6.7 维尔纳与配位化学的诞生 /060

2.7 热力学·气体分子运动理论 /062

2.7.1 卡诺与热机器 /063

2.7.2 能量守恒定律与热功等量 /063

2.7.3 热力学第二定律和熵 /064

2.7.4	气体分子运动理论的发展	/067
2.7.5	玻尔兹曼和熵	/068
2.8	物理化学的诞生和发展	/069
2.8.1	气体的性质	/070
2.8.2	从热化学到化学热力学	/070
2.8.3	化学反应理论的起步	/072
2.8.4	溶液的性质与渗透压	/073
2.8.5	电离学说与阿伦尼乌斯、范特霍夫、奥斯特瓦尔德	/075
专栏4	阿伦尼乌斯与地球温暖化	/076
2.8.6	胶体和表面化学	/078
专栏5	泡克尔斯和瑞利卿	/079
2.9	天然有机化学	/080
2.9.1	糖的结构与合成	/081
2.9.2	卟啉及其衍生物	/082
2.9.3	蛋白质和氨基酸	/083
2.9.4	核酸的发现	/084
2.9.5	萜烯类	/085
2.10	生物化学的诞生之路	/085
2.10.1	农业化学与植物营养	/086
2.10.2	发酵化学	/087
2.10.3	呼吸与生物体内的氧化	/088
2.10.4	消化与代谢	/089
2.11	化学家的教育	/090
2.11.1	19世纪初的状况	/090
2.11.2	李比希的教育改革及其影响	/091
专栏6	李比希与化学教育的革新	/092
2.11.3	其他国家的状况	/093
2.12	19世纪的化学产业	/094
2.12.1	制碱产业	/095
2.12.2	肥料产业	/095
2.12.3	煤焦油化合物与合成染料	/096
2.12.4	天然染料的合成与合成化学产业	/097
2.12.5	制药产业	/098
2.12.6	炸药产业	/098
2.12.7	金属与合金	/099
2.13	近代化学引入日本	/100

2.13.1	近代化学教育的开始	/100
2.13.2	大学制度的确立与化学家的培养	/102
专栏7	吉田彦六郎与漆的研究	/103
参考文献		/104

近现代的化学和科学·技术史年表（至19世纪末） /108

第2篇 现代化学的诞生与发展

第3章

19世纪末至20世纪初 物理学的革命

——X射线、放射线、电子的发现
和量子论

113

3.1	电子的发现	/113
3.1.1	气体放电的研究	/114
3.1.2	汤姆逊的实验与电子的发现	/115
3.1.3	电子电荷的测定	/117
3.2	X射线的发现及早期研究	/118
3.2.1	X射线的发现	/118
3.2.2	X射线的本质与物质结构	/119
专栏8	劳伦斯·布拉格与卡文迪许研究所	/120
3.2.3	莫塞莱的研究和原子	/121
3.3	放射能的发现与同位素	/122
3.3.1	贝克勒尔的发现	/123
3.3.2	居里夫妇发现镭	/123
专栏9	居里夫妇	/124
3.3.3	卢瑟福的研究与放射能的本质	/126
3.3.4	钍的放射能和元素的转化	/127
3.3.5	放射性同位素和放射迁移系列	/128
3.3.6	阳极线和质量分析：稳定同位素	/129
3.3.7	重氢的发现	/131
3.4	原子的真实性	/131
3.4.1	19世纪的物理学家和原子	/132
3.4.2	布朗运动理论与爱因斯坦	/133
3.4.3	佩兰的实验验证	/134
3.5	量子论的出现	/135
3.5.1	普朗克的量子论	/135
3.5.2	爱因斯坦的光量子假说	/136
3.6	原子结构与量子论	/137

- 3.6.1 卢瑟福发现原子核 /138
- 3.6.2 玻尔的原子模型 /139
- 3.6.3 玻尔理论的发展与原子结构 /141
- 3.6.4 中子的发现与核的结构 /143

3.7 量子力学的出现与化学 /143

- 3.7.1 海森堡的矩阵力学 /144
- 3.7.2 德布罗意波 /144
- 3.7.3 薛定谔波动方程与氢原子 /145
- 3.7.4 多电子体系的近似解 /147
- 3.7.5 海森堡的测不准原理 /147
- 3.7.6 量子力学和化学 /148

参考文献 /149

4.1 20世纪前半叶化学的特征 /152

4.2 物理化学 (I): 化学热力学及溶液化学 /154

- 4.2.1 化学热力学的完成 /155
- 4.2.2 溶液的物理化学 /158
- 4.2.3 酸碱概念 /160

4.3 物理化学 (II): 化学键理论和分子结构理论 /160

- 4.3.1 化学键理论的诞生与 G. N. 路易斯 /160
- 4.3.2 原子价键法 /163

专栏 10 G. N. 路易斯与朗格缪尔之间的
争执 /164

- 4.3.3 分子轨道法 /167
- 4.3.4 氢键、金属键 /169
- 4.3.5 分子极性 /170
- 4.3.6 分子间力 /170

- 4.3.7 采用 X 射线·电子射线衍射的
结构解析 /171

专栏 11 J. D. 伯纳尔: 科学圣人的遗产
与复杂性 /174

- 4.3.8 分子分光学与结构化学 /175
- 4.3.9 电子和核的磁性 & 磁共振 /178

4.4 物理化学 (III): 化学反应论与胶体· 表面化学 /179

第 4 章

20 世纪前半叶的化学

——原子·分子科学的成熟与壮大

4.4.1	化学反应论的发展	/179
4.4.2	热反应的理解与连锁反应	/183
4.4.3	光反应和激发态分子	/185
4.4.4	胶体化学	/186
4.4.5	表面与界面化学	/188
4.5	核·放射化学的诞生	/189
4.5.1	元素的嬗变	/190
4.5.2	人工放射能的发现	/191
4.5.3	核分裂的发现	/192
专栏 12	核分裂发现中哈恩与迈特纳的贡献	/194
4.5.4	超铀元素	/196
4.5.5	放射性核素和放射能的化学利用	/197
4.6	分析化学	/198
4.6.1	定量分析	/199
4.6.2	微量分析	/199
4.6.3	仪器分析	/200
4.6.4	色谱	/202
4.6.5	采用放射能的分析	/203
4.6.6	放射年代测定	/204
4.7	无机化学	/204
4.7.1	新元素的发现与周期表的完成	/205
4.7.2	配位化学的进步	/207
专栏 13	小川正孝与 nipponium	/208
4.7.3	有趣的无机化合物: 硼和硅的氢化物	/210
4.7.4	固体的结构与物性	/212
4.7.5	地球与宇宙化学	/213
4.8	有机化学 (I): 物理有机化学、高分子化学的 诞生与合成化学的发展	/215
4.8.1	物理有机化学的诞生与发展	/216
4.8.2	自由基	/218
4.8.3	立体化学的发展	/219
4.8.4	有机合成化学的发展	/220
4.8.5	高分子化学的诞生与发展	/224
4.9	有机化学 (II): 天然有机化学和生物化学 的基础	/226