

近代自然科学史概论

张瑞琨 主编

(中册)

华东师范大学出版社

近代自然科学史概论

中 册

张瑞琨 主编



华东师范大学出版社

近代自然科学史概论

中 册

张瑞琨 主编

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路 3663 号)

新华书店上海发行所经销 宜兴南漕印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 11 字数: 280 千字

1988 年 5 月第一版

1988 年 5 月第一次印刷

印数: 1—5000 本

ISBN7-5617-0070-9/N·001

定价: 2.80 元

0014955

目 录

第三篇 十九世纪上半叶部分

第九章

- §1 从鱼生电到电流的发现..... (2)
- §2 电化学现象和电化二元论..... (5)
- §3 道尔顿和科学原子论..... (12)
- §4 数学发展的新时期..... (19)
- §5 继往开来的数学大师——高斯..... (27)

第十章

- §1 光的波动说的复兴..... (38)
- §2 奥斯特和电流磁效应发现的前前后后..... (44)
- §3 法拉第和电磁感应的发现..... (50)
- §4 光速的测定..... (58)
- §5 天文学的进展..... (62)

第十一章

- §1 分析力学的建立和发展..... (72)
- §2 卡诺和热机理论的早期研究..... (77)
- §3 热力学第一定律..... (82)
- §4 生物学——孕育着革命的领域..... (87)
- §5 细胞学说..... (96)

第十二章

- §1 几何学的革命.....(108)
- §2 地质进化思想的确立.....(115)
- §3 洪堡和近代地理学.....(126)

§4 有机化学的兴起.....(134)

§5 阿佛加德罗分子假说的重新肯定.....(142)

第四篇 十九世纪下半叶部分

第十三章

§1 热力学第二定律发现的前前后后.....(154)

§2 分子运动论的发展.....(167)

§3 生物进化思想的渊源和发展.....(173)

§4 达尔文及其《根据自然选择的物种起源》.....(178)

§5 达尔文进化论的科学意义.....(192)

第十四章

§1 数学分析的严格化.....(201)

§2 实验生理学的兴起.....(208)

§3 近代有机分子结构理论的建立.....(216)

§4 有机合成实践和有机结构理论的发展.....(220)

§5 麦克斯韦和电磁场方程的建立.....(227)

第十五章

§1 元素周期律的发现过程.....(236)

§2 无机化学的系统化.....(247)

§3 超限数理论的创立.....(257)

§4 吉布斯及其系综观念.....(265)

§5 数学发展的一般化特征.....(277)

第十六章

§1 巴斯德和微生物学.....(289)

§2 马赫对牛顿力学的批判.....(294)

§3 物理化学的崛起.....(302)

§4 天体物理学的诞生及其最初的成就.....(307)

§5 区域地质调查和构造地质学的产生.....(314)

第十七章

§1 科学的独立趋势与德国“自然哲学”.....	(319)
§2 十九世纪科学制度化的进程.....	(327)
§3 十九世纪——科学世纪.....	(333)

第九章

十九世纪的科学研究的最初工作，值得引起注意的是在电流的发现和电流的应用方面。虽然，对电的初步认识可以追溯到相当久远的年代，但对电的科学意义的真正了解则是从十八世纪后半叶开始的。当人们意识到某些生物所具有的电击现象与自然界里的闪电同属一回事的时候，对电的系统的科学研究也就开始了，问题只在于如何使这些电现象能够人工加以控制，以便于研究。于是一系列的电学仪器开始产生，1800年发明的伏打电堆便是其中之一，它是现代电池的雏形，能持续地产生电流。电现象产生的魅力吸引了众多的学者从各个方面对其加以研究和利用。在电学领域之外最成功地应用电现象的首推化学学科了。化学家们应用电现象而获得许多重要的新发现，这种成功不禁使一些化学家要把电当作化学亲和力的根本原因，这就是柏济力阿斯的电化二元论所要阐明的主要思想。柏济力阿斯是一代化学大师和当时具有至上地位的权威，一生建树颇多，而电化二元论学说则可以看作是他成就中的金字塔尖，虽然从本质上看，这个理论是带有相当的片面性的，但由于它代表了化学发展中的一个特定时代，还是不容忽视的。

但十九世纪化学的真正进展主要是靠科学原子论得到革命性的建立作为稳固的基础而取得的，这一功绩要归于道尔顿。原子论作为一种哲学臆测，虽然早在古希腊时期就很流行，在牛顿时代还被结合进机械论的自然观中去，但在十九世纪以前，它却从来没有被真正运用到化学方面来过。道尔顿在对原先比较模糊的原子论作了一番改造之后，使其成为近代化学的一种确定性的基础理论。这一理论使人们能解释各种类型的物质及其化学反应。

实际上，它的意义还超出了化学领域，使得人们对物质结构的一个重要层次——原子的认识，开始建立在科学的基础之上了。

伴随着科学世纪的到来，数学也冲破了十八世纪末给人留下的一种“危机感”，开始了一个发展的新时期，产生了众多的新学科，诸如数论、群论、函数论等。此外还涌现出不少著名的数学家，其中最杰出的莫过于被称为“数学王子”的高斯了，他承上启下，继往开来，是数学史上少有的英才。数学家们的工作为十九世纪各门学科的发展创造了良好的条件。

§ 1 从鱼生电到电流的发现

对电学的研究，在十九世纪以前，尽管已出现了某些定量的定律（如法国物理学家库仑〔C.A.Coulomb, 1736—1806〕于1785年发现的库仑定律），也开始研究“动态”的问题，但基本上是以定性研究为主，以“静态”现象的研究为主。电流的发现，使电学的研究进入到了一个新的阶段。继后，又在电和磁的相互关系的研究上有了新的突破，形成了电磁学，使人的认识达到了新的高度。

从很早时候起，人们就已经知道有几种水生动物有引起电击的能力。当莱顿瓶发明以后，人们就开始考虑莱顿瓶的放电和这些水生动物的电击是否有什么类似性或内在的联系。十八世纪中叶，乘坐一条英国船的人们带了几条具有电击能力的鱼回伦敦，于是生物学家、生理学家就开始对它们进行研究。结果发现，只有当你用两手同时去碰鱼的头部和下部时，才会受到电击，人们就称这种鱼为电妖鱼或电鳗。后来又证明了这种鱼能被用来给莱顿瓶充电。这时人们完全相信这种电击也是一种放电现象。

鱼生电的现象，引起了意大利生物学家伽伐尼(L.Galvani, 1737—1798)的注意，因为他当时正在研究青蛙腿的肌肉收缩现象。有一次，他偶然地发现，当用铜勺子挂在他家阳台铁栏杆上的几只蛙腿碰到栏杆的铁条时，突然会跳动起来，仿佛活的一

样。为了进一步实验，进行观察，在可控制的条件下核实这一结果，伽伐尼又做了一个实验(在他的实验笔记本上注明的实验日期为1786年9月20日)：用一把叉子，一个叉尖是铜的，另一个是铁的，在碰蛙腿的神经和肌肉时，每碰一下，蛙腿就立即收缩。所以伽伐尼相信，这个现象与电鳗的电击是类似的。进一步的实验，使他又感到在神经中有电源存在。于是他撰写了以“肌肉运动中的电力”为题的论文，阐述了自己的见解。¹⁾ 1792年，伽伐尼又能简单地应用两种不同金属组成的环和蛙腿接触而使蛙腿引起痉挛。这是第一个伽伐尼电池。由于这一观点是论述生物体中的问题，对物理学家们没有什么大的影响，所以对物理学也没有引起什么大的变化。但是，有一个例外的，那就是意大利物理学家伏打(A. Volta, 1745—1827, 也译伏特)。

伏打是一个实验物理学家，曾在科摩大学和帕维亚大学任物理学教授。1792年，他也接受了伽伐尼的观点，但是长时期的一系列的实验，使他渐渐地相信，蛙腿收缩和人舌发麻或尝到苦味²⁾只具有次要的意义。到1796年，他完全放弃了伽伐尼的观念，并很快地证明，引起蛙腿收缩的电流，纯粹是一种无机现象，把两种金属线焊接起来成为一根导线，并将其两端浸入盐水时，总是能观察到这种电流。伏打认为，金属是真正的电流的激发者，而神经是被动的。这就是伏打提出的接触电的观点。为了纪念他的朋友伽伐尼，伏打还是把这种现象称为伽伐尼电流。接着，伏打还用了大量铜圆片和铁或镀锌的圆片交替放置，中间再用一层层增浸过盐水的纸片或布片隔开，制成了一种后人称之为“伏打电

1) 有一种说法，伽伐尼的发现最早是在1780年，相传伽伐尼的妻子身体不好，要以蛙腿滋养，于是伽伐尼自己去宰青蛙。1780年11月6日他妻子在一次偶然机会中发现蛙腿痉挛，并将此事告诉了丈夫，这就导致了伽伐尼对此课题的研究。(此材料转引自卡约里《物理学史》，内蒙古人民出版社，1981年版，第134页)

2) 十八世纪中叶，德国的苏策尔(J. G. Sulzer)用舌同时碰到铜和锌时，舌会发麻，尝到了苦味。

堆”的装置以产生电流。伏打电堆是我们今天用于照明和许多其他设备上的现代电池的雏形。1800年3月20日，伏打从科摩写信给英国伦敦皇家学会主席，宣布了自己的发现，因为伦敦皇家学会是当时国际上科学思想交流的中心。他在信中写道：

“……是的，我向各位报告的这种仪器，无疑会使你们感到惊奇，它只是许多良导体按一定顺序排列起来的集合，有三十片、四十片、六十片或更多的铜片，用银片则更好，每一片上都镀上锡，或者最好是镀上锌，片与片之间隔以一层水，或者其他比普通水导电性更好的液体，例如盐水、碱水等。也可以使用在这些液体中充分浸泡过的硬纸板或皮革等等。这些夹层插在一对对或一组组不同的金属对之间，交替放置的顺序总是保持不变，这就是我的新仪器的全部结构。我说过，这是模仿莱顿瓶或电池的效用而制成的，可以产生和它们同样的电击。诚然，它比上述电池高度充电时的能力差得多，就放电时所能产生的力、爆炸的声响、火花的大小和放电的距离来说，它只相当于一个容量很大的而只充电到很低程度的电池；但是除此之外，它的优点和效能是这些电池无法与之相比的，因为它不必像这些电池那样要靠外界的电来预先充电，只要我们一碰它，它就能发出电击，而不管碰它的次数是多么频繁。”¹⁾

伏打的研究工作，也引起了科学界的一场辩论。生物学家、解剖学家支持伽伐尼的观点（即动物电、生物电），物理学家、化学家支持伏打的观点。这样国际性的争论也持续了一段时间。直至二十世纪现代化学理论的产生才最终解决这个争论问题。1801年，拿破仑请伏打到巴黎，在学会上表演他的电堆实验，并颁于金质奖章。电流的发现和产生电流的实验装置的研究成功，使电学

1) 转引自伽莫夫《物理学发展史》，商务印书馆，1981年版，第129页。

的发展达到了新的阶段。后人为了纪念伏打的贡献，除了用“伏打电堆”这一专用名词外，还用“伏特”作为电势的单位。

电流发现以后，为研究电和磁之间的联系提供了条件，也为化学研究开辟了新的领域。在这些方面真正有所突破，那是二十年代以后的事了。

§ 2 电化学现象和电化二元论

伴随着电的发现及研究的兴起，一些科学家很及时地把电应用于化学研究。1745年莱顿瓶发明后，卡文迪许和普利斯特列就把这种仪器用于一系列的化学实验，利用该瓶发出的电火花促使氢或氮发生了与氧的化学反应，这大概可看作对电化学现象进行研究的初步尝试。1789年，还有人用一台大静电器分解了水。然而，由于当时没有一种装置可以发出足够强大和持续不断的电流，致使电化学现象的研究无法有效地进行。这种状况由于1800年伏打电堆的产生而发生了根本的改变。

伏打电堆是世界上第一个真正的电池组，它能持续不断地输出电流。化学家们几乎立刻就动手使用这种新的电学装置来引起化学反应。1800年，尼科尔逊(W. Nicholson 1753—1815)就用这种电池研究了水的分解，并发现在电池的阳极出现了氧，在阴极出现了氢。

英国化学家戴维(Humphry Davy 1778—1829)在电化学现象的研究方面所做的工作相当引人注目。戴维是从当药剂师的学徒而开始其科学生涯的。1797年，他得到一本拉瓦锡《化学纲要》的英译本，引起了对化学的极大兴趣，并着手用外科医生的简单仪器作了一些实验。1800年，他发表了一本使自己得以成名的著作《化学和哲学研究，主要关于氧化亚氮或脱燃素亚硝空气及对它的呼吸》。这本著作导致其于1801年进入隆福德伯爵(以热的研究而著名于世)精心筹划于1799年刚建立起来的伦敦皇家研究

院工作，并通过自己的研究工作很快地使这个研究院出了名。当伏打电堆一诞生，戴维就根据它的原理制造了一个可能在当时堪称最强大的电池组。他利用这个装置开始研究化学中的电解反应，并接连取得一系列重要发现。他把自己的电学研究加以系统总结，发表了一系列重要的论文。1806年，他在皇家学会作了题为《论电的化学作用》的演讲，他指出：人工的电装置产生的电流可以作为导致化学物质分解的新的手段，从而“使我们能够发现物体的真正的元素。”¹⁾他还提出，电动势的测量可以用来决定亲合势，物体由于接触而产生带电现象可以与物质的化学活性对比，当物质真正发生化合的时候，就会因相互接触而失去它们所带的电。1807年11月，他又发表了一篇关于电化学现象的演讲，这次演讲报道了他10月里从事的实验所取得的重大结果——发现了苛性碱可以被电解。他通过这种电解反应制得了两种性质极其活泼的碱金属，钾和钠。这一结果引起了化学界的极大兴趣。之后，他又陆续分解出铍、镁、钙、锶，还用钾还原出硼酸中的硼。他的这种还原方法被其他化学家普遍采用来制取各种金属。戴维还发现了制备汞合金的方法，当电解金属时，如加进汞的氧化物，很容易地就构成了汞合金，他用氨参与这种反应，结果竟意外地制得了一种新合金。他说：“很难想象，一种与水银如此完美地形成汞合金的物质会没有金属的本性；出于这种想法……不妨把它命名为铵²⁾。”³⁾柏济力阿斯和其他化学家证实了他的工作。

十九世纪初在电化学现象方面所做的大量实验，对化学家们的思想产生了深远的影响。化学家们在这些实验的基础上，为了更深入地探求电化学现象的性质，开始逐渐由定性研究向定量研究转化，这一方面的工作比较突出的要数法拉第。

1) 柏廷顿《化学简史》，商务印书馆，1979年版，195页。

2) 铵(ammonium)这一名称就含有这种新物质具有与金属性质十分相似的意思——参见亨利·M·莱斯特《化学的历史背景》，商务印书馆，1982年版，185页。

3) 柏廷顿《化学简史》，商务印书馆，1979年版，195页。

法拉第(Michael Faraday 1791—1867)出生于英国塞里郡纽因顿，幼年家境贫困，13岁起就在一家书报铺做学徒，当报童和书贩，做装订工。利用工作之便阅读了大量的书籍，并对其中的《大英百科全书》和《化学漫说》尤为喜欢。这为他后来从事科学研究准备了知识上的基础。他步入科学领域纯属偶然，有一次，一位顾客给了他一张戴维在皇家研究院的讲演票，他听得十分仔细并认真作记录，事后他誊清笔记，装订成册，寄给戴维，并请求去他身边工作。戴维满足了他的愿望，1813年录用他当助手。他的才华在皇家研究院得到了充分的发挥。1825年，法拉第接替戴维成为皇家研究院实验室主任，1833年起担任专为他而设的皇家研究院福勒讲座化学教授职务一直到1867年逝世。



图9-1 法拉第像

法拉第在科学上的入门是在化学领域，因此他的早期科学活动是对戴维工作的发展。但他后半生的工作则是从物理学的角度来研究电学，他由于发现了电磁感应现象和电容率而在科学史上名垂千秋(见本书第二章§3. 法拉第和电磁感应的发现)。从1816——1818年，他一共发表了近20篇论文，绝大多数是反映他在化学方面的工作。他做了大量的实验，并得到了许多有价值的成果。其中最重要的是在电解方面的研究。

有一段时间，人们对有些化合物不能被电解而感到困惑。法拉第对此进行专门研究，证明确实存在两类物质，一类能被电流分解而使各元素游离出来，他称其为电解质，如水；一类不能被电流分解，如硝酸，硫酸等，他称为非电解质。1832年，他证明

了在电解过程中，电解质的析出量与电流强度和时间(即通过的电量)成正比(被称为“法拉第第一电解定律”)；1833年，他又证明了：相同电流沉积下来的物质重量与该物质的化学当量成正比(“法拉第第二电解定律”)¹⁾，这一发现提供了一种确定化学当量的独特方法。他发现大多数电解质呈固态时导电性能就差，一旦液化则导电性能增强。在实验的基础上，他提出几乎一切物质都能导电，只是程度差异而已，导电性能极差的便是绝缘解质。他认为电力是借助于解质邻近微粒的分子作用而传播的，解质参与了电力的传播。1827年，他通过对不同电解质在电力传播上的差异，发现了“电容率”。电化学现象研究的需要促使他在英国哲学家、科学史家惠威尔(W. Whewell 1794—1866)的帮助下创立了一套至今仍在袭用的电化学专门术语，如：电解、电解质、电极、阳极、阴极、离子、阳离子、阴离子，等等。

越来越多的化学家认识到电在化学反应中所起的不同寻常的作用，使其不可避免地要成为化学理论的重要组成部分。既然电解作用能使化合物分解，这就意味着电和化学亲和力之间可能存在着某种内在的联系。瑞典的柏济力阿斯循着这一思路做了大量的工作。

柏济力阿斯(Jöns Jacob Berzelius, 1779—1848) 1779年生于瑞典的瓦夫魏尔宋达，幼年就对化学产生浓厚的兴趣。青年时代就学于乌普萨拉大学，毕业后从事了一段时间的医务工作；1802年担任斯德哥尔摩大学医学、药学和植物学助理教授，1807年成为教授，1815年担任了斯德



图9-2 柏济力阿斯像

1) 电解一克当量物质所需的电量叫做一个“法拉第”，等于96.485库仑。

哥尔摩外科医学院的化学教授，终于有了一个小而简陋的实验室来从事自己的学术研究；1818年，他成为斯德哥尔摩科学院的终身秘书；1832年起他集中精力从事著书立说工作。为了表彰其在科学方面所作的巨大贡献，1835年他获得了爵位。1848年8月7日逝世。

柏济力阿斯的研究极为广泛，横跨了许多领域，对化学发展作出了大量的贡献。他正确地测定了许多化合量；改进了化学分析方法；证明了定比定律、定组成定律等各种化学比例定律也适用于有机物和矿物；他还发现了铈土、硒、钍等元素；他对多种化合物进行过深入的研究，并且还深入到了有机界。在有机化学中，他在维勒和李比希研究的基础上也发现了某些有机物具有相同的组成但有着不同的结构，从而表现出完全不同的性质，他把这类有机物命名为同分异构化合物；他引导人们注意到一种由他提议采用催化作用的化学反应；他先后三次系统地制订了原子量表，其中最后一张表(1826年制订)所标出的数值几乎同现代数值一样；他著作了一本大部头的化学教科书，流传甚广，几度重版，还被译成多国文字。柏济力阿斯在化学领域中的卓越成就，使他成为当时化学界无可争辩的最高权威。但他最著名的工作则是从电学角度出发，系统地提出了一个比较周密的解释化学亲和力的理论——电化二元论。

柏济力阿斯从事电化学现象的研究起始颇早。1803年他就已发表了他从事电解实验工作情况的论文(与希辛格共同具名)，在这篇论文中，他们提出这样一些重要结论：

1. 凡化合物被分解，其组成部分聚集于两极；
2. 氢、碱质、土质、金属趋向于负极，氧、酸、氧化物趋向于正极；
3. 分解的量与亲合性及电极表面有复杂的比例关系，分解的量与电量和电导率成正比；
4. 分解中的化学变化首先依赖于物质组分对电极的亲合

性，其次依赖于组分彼此之间的亲合性，最后依赖于生成化合物的内聚力。

这些结论成了柏济力阿斯建立二元论学说的基础。他在大量实验的基础上发现：水、酸、盐、碱的溶液通过电解后，在两极分成两个部分。因此他认为：每个化合物不论其组分的数目，都可以分成两部分，其中一部分是正电性的，另一部分是负电性的。这给物质按电化学性质进行分类和系统化提供了根据。1811年，柏济力阿斯第一次发表了他的二元论思想。1814年在他的《化学比例理论》一文中又详细阐述了这一理论。对这一理论的发表，他作了一段说明：电化学现象的基本任务是在于“研究电现象对化学现象的影响……把微粒说与电假说结合起来。我指出了，在把这两个假说结合起来时，许多化学现象就可以得到解释。”电化二元论的要点可以概括如下：

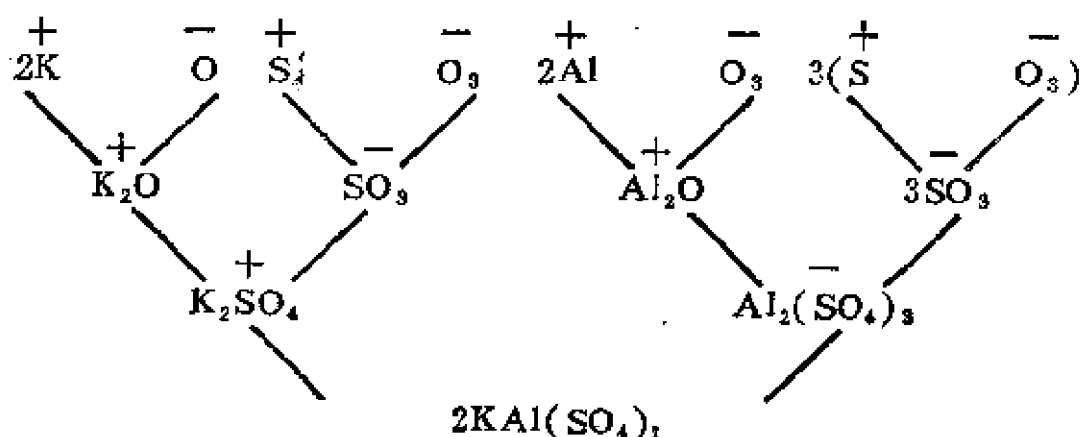
1. 在进行任何化合时都进行对立电的中和(不完全的)；
2. 物质可以分成两类——正电性的和负电性的；
3. 物质是电极性的——或者是正电性或者是负电性(决定于这个物质是否拥有这个或那个极而定)；
4. 每次化学作用都是建立在带电粒子的相互作用基础上的电现象。

柏济力阿斯在二元论学说的基础上给予形成化学亲和力的原因以新的解释。他认为：化学作用是由异种原子对立极的电的作用造成的，一句话，是由于“元素的异电性”。因此，他把当时已发现的56种元素根据它们各自所呈的电性而排成一个序列，序列的一端为氧(电负性最大的元素)，另一端为钾(电正性最大的元素)，氢则把两类元素分隔开来：

O, S, N, F, Cl, Br, I, Se, P, As, Cr, Mo, W, B, C, Sb, Te, Ta, Ti, Si, H, Au, Os, Ir, Pt, Rh, Pd, Hg, Ag, Cu, U, Bi, Sn, Pb, Cd, Co, Ni, Fe, Zn, Mn, Ce, Th, Zr, Al, Y, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Li, Na, K。

不仅如此，他还认为一切元素的原子本身也都具有两极，在两极上聚集着不同的、各极不等的电量。原子根据其两极上何种电荷占优势而成为正电性的或负电性的，例如在金属中是正电荷占优势，在非金属中则是负电荷占优势。这就使他能解释为什么元素主要是一个极性占优势，他得出的结论是：两极性制约着物质特有的电化行动。

根据二元论学说，化合物都是由电性相异的两部分所组成，相反电性的原子凭借静电的吸引力结合而成化合物。这些原子在化合时，电性虽已大部分中和，但往往还不能完全抵消，因此所得到的化合物还能再相化合，形成第二级化合物；如果这些化合物仍未呈中性，于是再彼此化合，形成第三级化合物。举明矾为例，



柏济力阿斯的电化二元论简明、严密、完整，几乎能解释当时已知的全部电解现象，特别是这个理论是作为对化学亲和力的原因的一种新的解释提出来的（他自信，他终于彻底阐明了产生亲和力的原因），并经实验验证有一定的合理性，加上柏济力阿斯在当时举足轻重的权威地位以及科学家头脑中残留着的古代对立面学说的影响，使这个学说很容易地赢得了当时化学家们的承认，为大家所接受，成为十九世纪化学发现中最重要的事件之一。即使从现在来看，这个理论经过修正后，基本上仍然是我们解释极