

化学史教育的 基础化学

陈耀亭 叶树根 编著
许国良 王英杰

科学出版社

化学史教育的基础化学

陈耀亭 叶树根 编著
许国良 王英杰

科学出版社

1992

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书以化学发展历程为脉络,以产生、形成和发展的观点,来介绍和讨论基础化学中的重要概念、基本理论的演进或更迭,帮助读者深入领会和掌握动态的化学基础知识。可供大专院校化学专业师生、中学理化课教师阅读和参考,也可供科技史、史学及哲学工作者参考。

化学史教育的基础化学

陈耀亭 叶树根 编著
许国良 王英杰

责任编辑 王玉生

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992年 5月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1992年 5月第一次印刷 印张: 7 1/4

印数: 1—2 000 字数: 161 000

ISBN 7-03-002668-3/O·499

定价: 5.30 元

前 言

目前,我国的一些中等学校和大专院校的基础化学课程,在教学内容上一般是叙述现成的化学基础知识的结论,从化学概念到化学基本理论,从化学基本理论再到化学概念。而在教学方法上,不少教师又常常是把这些现成的理论和知识内容呆板地灌输给学生。如果教学经验不够丰富或驾驭不当,这样传统的教学方式便不易引起学生的学习兴趣,不利于启迪思想、激发智慧,与培养人才和社会主义现代化建设的需要不大适应。尤其是基础课程学得好坏,对青年学生以后的成长和发展影响极大。所以,对于以知识为中心的传统的教学内容和方法的改革,势在必行。

包括化学在内的理科基础课程的改革,首先要在教学思想上,把基础知识和培养能力放在同等重要的地位,并力求两者密切联系和相互促进。这就要求教师在讲授基础知识时,第一,要运用自然科学方法论,通过加强实验、实验的条件控制、测定后的数据分析和处理、科学抽象、思考模型化和假说等基本步骤来培养学生解决问题的能力。第二,在基础知识的内容里适当穿插一些有教育意义的化学史知识,运用历史的方法,从发展的观点去追踪一个化学概念或理论的演化过程,更深入地揭示其实质,便于学生更好地领会和掌握化学基础知识。这样就能够使学生初步地了解重要的化学概念的产生、形成和发展,把握住基础知识的来龙去脉,把静态的基础知识变成动态的。只有动态的基础知识再加上前人的正反两方面的经验,才更能调动学生学习的积极性,培养学习科学的兴趣,

灵活地运用基础知识解决面临的新问题、总结新经验,并为将来发展新理论奠定一些科学方法的基础。

基于这种认识,我们仅就基础化学的教学中如何开展化学史教育,主要参考了日本小盐玄也的《化学史教育的新基础化学》等著作,结合我们的多年教学实践,在本书里提供了一些参考性的途径和线索,期望能对当前的基础化学的教学改革,或多或少地起些促进作用。由于经验不足和水平所限,偏颇或疏漏之处实属难免,希望读者批评指正。

本书在编写过程中,曾得到廖正衡教授和科学出版社有关同志的指导和帮助,特致衷心的感谢。由于本书原订体例的关系,我们未将引用的参考文献一一列出,在此一并向有关文献的原编著者致歉。

编著者

1989年于长春

目 录

前言

第一章 元素	1
1. 中国古代的元素观	1
2. 希腊、印度古代的元素观	2
3. 炼金术时代的元素观	4
4. 帕拉塞尔苏斯的三元素观	6
5. 玻意耳的元素观	7
6. 燃素说	8
7. 拉瓦锡的元素观	11
8. 戴维及其以后元素的发现	15
9. 元素和单质	16
第二章 原子	17
1. 古代原子论	17
2. 古代原子论的意义	18
3. 原子论的复活	19
4. 力学的原子论和真空	20
5. 质量守恒定律	21
6. 定比定律	22
7. 倍比定律	23
8. 道尔顿的原子学说	24
9. 普劳特的假说	29
10. 贝采里乌斯对原子量的测定	29
11. 原子量、原子分子论的混乱	33
12. 卡尔斯鲁厄国际原子量会议	35
13. 原子量的标准	36
第三章 物质和能量	37

1. 热的本质	37
2. 热力学的建立	39
3. 能量子和相对论	42
第四章 元素的分类和周期律	44
1. 金属元素和非金属元素	44
2. 正电性元素和负电性元素	44
3. 三元素组	45
4. 螺旋图和八音律	46
5. 原子体积曲线	48
6. 周期律和周期表	50
7. 惰性气体的发现	56
8. 特征 X 射线和原子序数	57
9. 同位素的发现	59
10. 典型元素和过渡元素	61
11. 短周期表和长周期表	62
第五章 化学键(I)	67
1. 亲合力	67
2. 静电引力的导入	68
3. 电化学二元论和无机化合物	70
4. 一元的结合论	72
5. 取代学说和类型	72
6. 配偶说和基型说	73
7. 原子价的概念	76
8. 配位理论	78
第六章 原子结构	82
1. 真空放电	82
2. 阴极射线和电子	83
3. 阳极射线和原子核	84
4. 原子模型	85
5. 氢原子的光谱	87

6. 玻尔的原子结构理论	88
7. 四个量子数	92
第七章 化学键(II)	105
1. 离子键	105
2. 共价键	110
3. 离子键和共价键	118
4. 配位键	124
5. 氢键	126
6. 金属键	129
7. 范德华力	134
第八章 分子的概念	136
1. 18 世纪以前的分子概念	136
2. 道尔顿的分子(学说)	137
3. 气体反应定律	137
4. 贝采里乌斯的解释	140
5. 阿伏伽德罗的分子学说	141
6. 杜马的蒸气密度测定	142
7. 有机化合物和分子	143
8. 无机化合物和分子	144
9. 阿伏伽德罗分子学说的再认识	145
10. 19 世纪后半期的有机化学和无机化学	147
11. X 射线结构分析和巨大分子	148
12. 高分子	150
第九章 气体和溶液	153
1. 气体定律	153
2. 气体分子运动论	156
3. 真实气体的状态方程式	160
4. 凝固点下降和沸点上升	163
5. 渗透压	166
6. 电离学说	169

7. 完全电离学说和活度·····	173
第十章 无机化合物和有机化合物 ·····	175
1. 无机化合物的组成和命名·····	176
2. 有机化学的发展经过·····	178
3. 有机化合物的组成·····	180
4. 分子量和分子式·····	184
5. 分子结构和结构式·····	185
第十一章 化学反应 ·····	188
1. 化学变化和物理变化·····	188
2. 化学方程式和化学反应式·····	189
3. 研究化学反应的四种观点·····	190
第十二章 酸碱盐 ·····	209
1. 从炼金术时代到 18 世纪的盐、酸和碱·····	209
2. 酸的含氧学说和含氢学说·····	213
3. 贝采里乌斯的电化二元论·····	215
4. 电离理论·····	216
5. 布朗斯特-劳莱的质子论·····	217
6. 路易斯的电子理论·····	220

第一章 元 素

古代劳动人民在认识自然、改造自然、与大自然搏斗的过程中,就学会利用天然原料来制造人们生产、生活的必需品。例如用陶土可烧制成瓷器;用铜矿石可炼出铜;用铁矿石可炼出铁。从而认识到物质是相互联系的,它们可以相互转化,万物是由少数基本物质组成的。

关于宇宙中种类繁多的物质是由少数基本物质进行不同组合而生成的想法,不是别的,就是元素的想法。对于这个问题可以联想到另外一个例子,如颜色有三原色,也就是世界上的各种颜色,都是由红、黄、蓝三种基本颜色经过各种组合而成的。自古以来,这个事实就在绘画或染色上作为调色原理而发挥了有效的作用。

回头再研究一下,人们选择了哪些物质作为世间所有物质的基本成分呢?其选择条件不外是:纯粹的东西;普遍的东西;能代表各种物质的性质或变化的东西;能生成万物,又为万物所复归的东西;人类生活中最基本又最重要的东西,等等。这些都是容易为人们所想到的。那么,前人到底在实际把什么认为是元素呢?

1. 中国古代的元素观

科学的元素论,是由古代朴素的元素论演化、发展起来的。我国古代学者提出了万物是由金、木、水、火、土构成的五行说。战国末年,《尚书·洪范》记载“五行:一曰水,二曰火,三曰木,四曰金,五曰土”,《国语》中载有“故先王以土与金、木、

水、火杂，以成百物”，实际上是把金、木、水、火、土视为构成万物的五行基本物质原素。同时还指出应当是几种不同的物质原素合在一起，方能发生作用，产生新物质；如果只是一种物质原素，那是产生不出新物质来的。这很清楚地说明，我国古代原始的五行说，实际上就是元素论的萌芽。

尽管我国古代学说中的所谓元素，论述的比较粗糙，但在当时的历史条件下，已经对世界的本质和万物的起源等问题，作了朴素唯物主义的回答。他们将千差万别的物质存在形态归结为客观存在的几种物质元素，并在具体的物质元素中去寻找自然现象无限多样性的统一，认为宇宙就是由这些“元素”构成的。

五行说的形成，不仅巩固了人们对世界物质性的认识，还进一步触及到物质变化的规律。这就有力地批判了唯心论的天命观。

2. 希腊、印度古代的元素观

泰勒斯(Thales, 公元前 624—前 546)认为：万物之源是水，而万物最后必复归于水。水是单纯的、普遍存在的，它有固态、液态和气态，又是人类生活所必需的。而阿那克西米尼(Anaximenes, 公元前 588—前 525)主张空气是万物之源，赫西奥德斯(Hesiodes, 公元前 8 世纪)¹⁾认为土是万物之源，赫拉克利特(Heraclitus, 公元前 540—前 475)认为火是万物之源，他们分别把水、空气、土和火作为元素。这些学说虽然曾流行一时，然而这种一元论，难以具体地说明由于组合不同而生成的物质的多样性。此后，恩培多克勒(Empedocles, 公元前 490—约前 430)把上面的学说集中起来发展为多元的元

1) 以上为元素者，除赫西奥德斯以外还有克塞诺法内斯(Xenophanes, 公元前 6 世纪)和费雷德斯(Pherecydes)等。

素观,提出了四元素说,认为万物都是由水、火、气、土等四元素所组成。从此开始,则能说明由于组合和数量比例的不同,而生成种类繁多的物质.实际上是现代元素观的原始雏型.由它可以说明物质的构成,例如木材燃烧时就会分解出构成它的四元素:着火,冒烟(气),从切断面渗出水;最后剩下灰(土)。

此后,亚里士多德(Aristotle,公元前384—前322)又在恩培多克勒的基础上发展了四元素学说。他一方面认为万物由土、水、气、火等四种元素所组成,另一方面又受到柏拉图(Platon,公元前427—前347)学说的影响,从非物质的观念出发,用几何学的观点来说明四元素相互关系。他以四种原性即冷、热、湿、干作为自然界的最原始性质,并把它们成对地组合起来得出火、气、水、土四种元素,如图1-1所示.他认为,只要把这些“原性”从物质中取出或加入,火、土、气、水之间就可以相互转化。他不以具体物质为第一性,却把万物当成了性质的产物,这种错误的原性说,对化学的发展产生了很大影响,后来成了炼金术理论的基础。

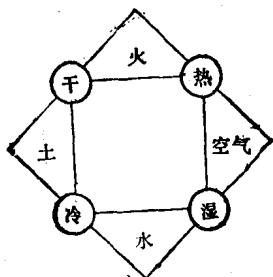


图 1-1 亚里士多德的四元素说

古代学者迦毗罗(Kapila, 公元前4—前3世纪)创始的数论派认为,世界上的一切都是从统一的原始物质发展而来的,在这发展中产生了地、水、火、风和空等五种物质元素。这五种物质元素经过复杂的配合,就构成了世界万物。迦那陀

(Kanada, 公元前 150—前 50)创立的胜论派,发展了上述的五元素说,认为构成五种元素的单体,都是极其微小、大小相等和永恒存在的原子。这些原子可以生成单体、复体、三次体乃至万物。另外,遮缚迦派则认为世界上一切物质都是由地、水、火、风四大元素构成,认为空是因为人的感官无法觉察,所以并不存在。他们还认为生命产生于物质,以说明物质是一切存在的基础。

古代元素说,从主体上来说还仅仅是对物质构成问题的一种朴素唯物主义的臆测,但是却对后来化学理论的形成,产生了深远的积极影响。

3. 炼金术时代的元素观

所谓炼金术,就是把贱金属等物质,变换为贵金属(黄金)的方术,以及作为它的根据的理论。实际上,炼金术是古人企图炼制一种既能点石成金又能长生不老的丹药之术,后者又常单独称为炼丹术。这里将它们统称为炼金术。炼金术是封建社会的产物,最早出现在我国。由于封建统治者梦想长生,致使很多道家用化学方法去炼丹,作为长生不老的药剂。

公元 7 世纪,中国的炼丹术开始传入阿拉伯,11 世纪从阿拉伯又传到欧洲。初期西方炼金术士继承了古希腊哲学家亚里士多德的元素变换学说,也就是说把根源物质使其带有各种不同的性质之后,就可以变成万物。他们认为万物(包括金属)皆有灵魂或精华,也就是亚里士多德曾在四元素之外列出的非物质的第五元素,称为哲人石或点金石。他们幻想从物质中提出这种神秘的哲人石,并加到贱金属中去,就会使其变成黄金。

后期的阿拉伯和 13 世纪以后的欧洲人,一般认为汞和硫是直接的元素,如把纯汞和纯硫磺按照最适宜的质量比组合

起来时,就能变成完美的金、银,反之则生成贱金属。亚里士多德也认为,由于四元素的组合可生成多种物质,用土和水能生成水银,土和火可以生成硫黄,所有的金属和矿石都是由于两者的组合而生成的。当时把水银选定为金属的构成元素,似乎是因为水银在常温时呈液态,根据这种特殊性,像把水定为元素是如出一辙的。另外,关于硫磺是因为含有硫化物较多的金属矿石,如黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿和辉铋矿等都有金属光泽很似金属,尤其是前两种都带有金黄色,就更起着暗示的作用。

炼金术一直流传到16世纪并统治化学达千余年之久,在神秘的理论支配下,尽管炼金术士们也对物质进行了加热、溶解、蒸发、升华、燃烧等一系列操作,但是最后仍然以失败而告终。他们炼金不成,丹药只能送命,吃死了许多封建主。中国唐朝的太宗、宪宗、武宗、宣宗等四个皇帝和一些大臣,都是因服了长生不死的丹药而送命的。

在今天来看,炼金术的理论总的说来是荒谬的,但我们经常说炼金术是元素转变之术。虽然它是以亚里士多德的元素转变为历史背景,但在实际上,它大体上符合从今天的元素观而得出的看法,因为一切事物之间确是可以相互转化的,二者并无绝然不可逾越的鸿沟。正因如此,我们今天才会有运用核物理技术实现元素间相互转变的可能。当然,在那时根本不具备核物理技术的条件下,企图只用化学方法去实现这种转变,就成了一种空想。即使这样,这里面也包含有真理的重要因素。

另外,一些炼金术士在实验操作过程中,确也完成不少化学转变,积累了某些化学知识。仅就中国炼丹家看,他们就接触和实验了汞、硫、锡、铅、砷、铜、金、银和一些氧化物、硫化物、氯化物、硝酸盐、硫酸盐、碳酸盐、硼酸盐,以及醋和酒等60

多种元素和化合物,积累了某些有关无机物和有机物的知识,还掌握了一些化学变化规律,对后来的化学研究是有帮助的。

4. 帕拉塞尔苏斯的三元素观

15,16 世纪以来,西欧和中欧一些国家里,封建社会内部孕育的资本主义生产方式开始萌芽。在科学文化方面,出现了复兴时期。在经济、生产发展的同时,实用化学技术,尤其是制药技术和矿石冶炼技术也有了新的发展,在这个时期曾出现了意大利实践化学家毕林古乔(V. Biringuccio, 1480—1530)的《烟火术》(1540 年出版)和德国医生兼冶金学家阿格里科拉(G. Agricola, 1494—1555)的《古代冶金学与新冶金学》(1546 年编写)等巨著。

处于这种情况下,化学不得不从炼金术所追求的不切实际的目标中解脱出来,转而面向社会,向实用化学方面发展。欧洲医药化学中最著名的代表人物是瑞士医药学家帕拉塞尔苏斯(P.A. Paracelsus, 1493—1541)。他首先批驳了炼金术的空幻目的,主张化学的目的并不是为了制造金银或哲人石,而是为了制造医药。他认为万物是由三种元素——汞、硫、盐以不同比例构成的。疾病发生的原因,是缺乏了这三个元素之一。因此,医疗的功能就是对病人身体中注入他所缺乏的元素,他曾把汞盐、镉盐和砷化物等许多种无机化合物用于医药方面,并成功地医治了许多病症,从而引起了许多医生从事化学研究的兴趣,并参加了他的学派,在他的影响下一直延续到17 世纪中叶,称为医学化学(iatro-chemistry)时期。

但是,帕拉塞尔苏斯并没有摆脱亚里士多德的原性的影响;他认为汞是挥发性的液体元素,硫是易燃性的元素,盐是不挥发、不易燃性的元素。可见,他提出的三元素,实际仍表

现的是物质的性质，它仍然是一种原性说。由于他所创立的医药化学是面向实际的，因此，对化学发展起了很大的作用，动摇了有千余年历史的炼金术在化学活动中的统治地位。

与此同时，我国古老的本草学也有了迅速发展。我国明代医药学家李时珍(1518—1592)著有《本草纲目》(1596)，书中记载药物 1892 种，其中无机药物 266 种，包括很多氧化物、硫化物、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、碳酸盐等，同时还详细记述了许多无机药物的性能和制备方法，对化学发展也做出了很大贡献。

从古代的四元素衍生出来汞和硫，再加上盐，可以认为是开始形成了元素体系，虽然还残存着神秘之点，但跟四元素比起来，使人感到更具体和实际一些。

5. 玻意耳的元素观

在 17 世纪时期，采矿、冶金、染色、火药等化学工艺进一步发展，特别是医药化学和金属冶炼的发展，迫切要求产生新的化学理论。于是，英国著名化学家玻意耳(R. Boyle, 1627—1691)，总结了前人的经验教训，批判了唯心的古代元素观，提出了唯物的化学元素概念。1661 年，玻意耳在《怀疑派化学家》一书中指出：元素是组成复杂物体和在分解复杂物体时，最后所得到的那种最简单的物体，是用一般的化学方法不能再分解为更简单的物质，是指某些不由任何其它物质所构成的原始的和简单的物质或完全纯净的物质，是具有一定确定的、实在的、可觉察到的实物。从现代化学的观点看，玻意耳所定义的元素实际上是一种单质。

玻意耳还指出：化学的目的是认识物体的结构，而认识的方法是分析，即把物体分解为元素。这样，玻意耳就纠正了古代错误的元素观，揭示了化学元素这个概念的正确含义，即

物质并不是由性质组成的，而是由化学元素组成的。一定的化学元素，具有一定的性质。从此，化学就逐渐转移到分析研究物质的元素和化合物的方向上来，并从医学的附庸下分化出来形成了一门独立的科学。

玻意耳虽然在总结前人经验的基础上，给化学元素下了正确的定义，同时他又主张通过实验来确定元素。但由于当时科学实验条件的限制，还不能真正把一些物质分解成为最简的成分，因此，还常常把一些化合物当作元素，以至连玻意耳本人也错把空气、水、火等复杂物质或现象，当成了元素。这样就为后来盛行的带有形而上学色彩的燃素说留有空隙。因此，他所主张的元素观的建立，直到 100 年之后的拉瓦锡才得以完成。

6. 燃素说

人类生活离不开火，而燃烧又是重要的化学反应，所以火在古代就被包括在四元素里。17 世纪中叶以后，同燃烧反应有密切关系的冶金、炼焦、石灰、玻璃、陶瓷、制酒等化学工业有了普遍发展，为适应生产发展的需要，人们急需彻底弄清火及燃烧现象的本质。

为了解释燃烧现象，德国化学家贝歇尔（J.J. Becher, 1635—1682）在他 1669 年的著作《土质物理》一书中作了论述。他认为物质燃烧时似乎总有某种东西跑掉而剩下了灰渣。于是他提出：各种物体都是由所谓三种基本土质所组成。一种叫石土（盐），是一种固定性的土；一种叫汞土（汞），是一种流动性的土；还有一种叫油土（硫），是一种可燃性的土。他认为：物体燃烧时，就是放出其中油土的成分，而剩下石土或汞土的成分。

后来，贝歇尔的学生、德国医生和化学家施塔尔（G. E.