

高等农业学校二年制专修科

无机化学及分析化学

(試用本)

土壤肥料专业适用

河南省农林厅教材編輯委员会編

河南人民出版社

1958年9月·郑州

高等农业学校二年制专修科

无机化学及分析化学

(试用本)

土壤肥料专业适用

河南省农林厅教材编辑委员会编

*

河南人民出版社出版(郑州市行政区经五路)

河南省书刊出版业营业许可证出字第一号

地方国营郑州印刷厂印刷 河南省新华书店发行

*

豫总书号: 1381

787×1092 1/16 · 16 印张 · 210,000字

1958年9月第1版 1959年3月第1次印刷

印数: 1—3,188册

统一书号: K7105·186

定价: (8)1.2元

前 言

在党的建設社会主义总路綫的光輝照耀下，我省早已出現了工农业生产为中心的全面大跃进的新形势和已經掀起群众性的技术革命和文化革命的高潮，各地均先后开办了农业大学、中等农业技术学校、初級农校以及“紅专”学校。为适应这一新的革命形势的需要，我省农业教育工作必須从教学計划、教学大綱、教学内容、教学組織、教学方法等各方面进行根本的改革，才能保証貫徹实现党的“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义的总路綫”，实现勤工俭学、勤俭办学、教育与生产相結合的教育方針，培养出又“紅”又“专”的技术队伍。

为此，我們于今年三月中旬組織了农业技术学校、农林干校的126名教职員分为14个专业小組到71个县(市)178个农业生产合作社，1307个生产单位进行了参观和調查研究工作，总结出340个先进生产經驗和高額丰产典型，收集了3193种参考資料。現已編写出十六种专业教学計划、155种教学大綱和教科書，陸續出供各地教学方式用。由于我們水平不高，時間短，和有关方面研究的不够，难免有不妥之处。望各地在試用中多多提出意見并可随着农业生产发展的需要加以修改。

河南省农林厅教材編輯委员会

1958年8月26日

目 录

第一章 緒 論.....	(1)		
第一节 化学的重要性.....	1	第三节 化学的研究对象和研究方法.....	4
第二节 我国化学和化学工业的发展.....	2	第四节 化学的定律.....	5
第二章 物质的结构.....	(8)		
第一节 原子——分子学說.....	8	第三节 分子结构.....	27
第二节 原子结构.....	17	第四节 晶体内部的结构.....	30
第三章 氢、氧、水.....	(34)		
第一节 氢.....	34	第三节 水.....	36
第二节 氧.....	35		
第四章 化学反应速度和化学平衡.....	(39)		
第一节 化学反应速度.....	34	第三节 化学平衡.....	42
第二节 热化学方程式.....	41		
第五章 分子溶液.....	(47)		
第一节 物质的溶解.....	47	第三节 溶液的浓度.....	52
第二节 水溶液的性质.....	49		
第六章 电离理論.....	(56)		
第一节 电离理論基本概念.....	56	第四节 离子反应.....	63
第二节 从电离理論来解释电解质溶液的性质.....	56	第五节 水的电离.....	65
第三节 电离过程.....	57	第六节 盐类的水解.....	67
第七章 胶体溶液.....	(70)		
第一节 胶体分散体系.....	70	第四节 胶体溶液的性质.....	78
第二节 吸附作用.....	71	第五节 溶胶.....	80
第三节 胶体溶液的制备.....	72		
第八章 氧化——还原.....	(84)		
第一节 氧化——还原反应.....	84	第三节 氧化还原方程式的配平.....	87
第二节 氧化剂和还原剂.....	85		

第九章 溶度积和沉淀.....	(89)
第一节 溶度积的概念.....89	第二节 沉淀的生成和溶解.....89
第十章 元素周期系.....	(93)
第一节 元素的分类法.....93	第五节 周期系中各类元素的通性.....97
第二节 门捷列夫的周期律.....94	第六节 周期系和无机定性分析阳离子分組的关系.....98
第三节 元素的周期系.....95	
第四节 周期律的新发展.....96	
第十一章 碱金属和阳离子第一分析組.....	(103)
第一节 碱金属的通性.....103	第四节 钾肥在农业生产上的作用.....105
第二节 钾和钠的存在和制法.....104	第五节 阳离子第一組的特性.....106
第三节 钠和钾的重要化合物.....104	第六节 阳离子第一組的反应.....106
第十二章 碱土金属和阳离子第二分析組.....	(109)
第一节 碱土金属的通性.....109	第四节 阳离子第二組的特性
第二节 碱土金属的存在及其重要化合物.....110	和組試剂.....111
第三节 硬水和它的軟化.....110	第五节 阳离子第二組的反应.....112
第十三章 铝族、铬族、锰族、铁系和阳离子第三分析組.....	(115)
第一节 过渡金属的通性.....115	第六节 铁系.....123
第二节 铝族.....117	第七节 金属的腐蚀及其防止.....133
第三节 氢氧化物.....119	第八节 阳离子第三組的特性及其硫化物的溶度积.....134
第四节 铬、钼、钨.....121	第九节 阳离子第三組的反应.....136
第五节 锰族.....122	
第十四章 铜族、锌族、镉族和阳离子第四分析組.....	(140)
第一节 铜族、锌族、镉族、铟族的通性.....140	第五节 铟族.....148
第二节 铜族.....141	第六节 阳离子第四組的一般特性和組試剂.....149
第三节 絡合物.....143	第七节 阳离子第四組的反应.....149
第四节 锌族.....147	
第十五章 砷族和阳离子第五分析組.....	(154)
第一节 砷、锑、铋的分布、性质和主要化合物.....154	和組試剂.....155
第二节 阳离子第五組的特性	第三节 阳离子第五組的反应.....155
第十六章 卤族元素.....	(161)
第一节 卤族元素的通性.....161	第三节 氯的含氧化合物.....163
第二节 卤化氢和氢卤酸.....162	第四节 氯、溴、碘离子的分析.....165

第十七章 硫..... (167)

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 第一节 氧族元素的通性..... 167 | 第三节 硫的氧化物和含氧酸..... 169 |
| 第二节 硫化氢和硫化物..... 168 | 第四节 硫化化合物的检验..... 173 |

第十八章 氮和磷..... (175)

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 第一节 氮族元素的通性..... 175 | 第五节 氮化合物的检验..... 181 |
| 第二节 氮的存在及其对生命
的意义..... 175 | 第六节 磷酸及其盐..... 182 |
| 第三节 氨和铵盐..... 176 | 第七节 磷 肥..... 184 |
| 第四节 氮的氧化物和含氧酸..... 179 | 第八节 化学肥料工业..... 185 |

第十九章 碳、硅和硼..... (188)

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 第一节 碳和硅的通性和分布..... 188 | 第五节 碳酸根和硅酸根离子
的鉴定..... 194 |
| 第二节 碳的氢化物和含氧化合物..... 188 | 第六节 硼和微量元素的概念..... 194 |
| 第三节 碳的其他化合物..... 191 | 第七节 阴离子的分组..... 196 |
| 第四节 硅的化合物..... 192 | |

第二十章 定量分析概论..... (198)

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 第一节 定量分析的任务和方法..... 198 | 第二节 分析天秤..... 198 |
|-------------------------|-------------------|

第二十一章 重量分析..... (203)

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 第一节 重量分析的操作程序..... 203 | 第二节 重量分析实例..... 206 |
|------------------------|---------------------|

第二十二章 容量分析..... (210)

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 第一节 容量分析的意义和方法..... 210 | 第三节 容量分析的计算方法..... 211 |
| 第二节 容量分析的操作程序..... 211 | |

第二十三章 中和法..... (215)

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 第一节 指示剂..... 215 | 第三节 中和法的测定过程..... 219 |
| 第二节 中和法指示剂的选择..... 216 | |

第二十四章 氧化——还原法..... (222)

- | | |
|--------------------|------------------|
| 第一节 高锰酸钾法..... 222 | 第二节 碘量法..... 224 |
|--------------------|------------------|

第二十五章 沉淀法..... (227)

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 第一节 莫尔法..... 227 | 第三节 沉淀法实例..... 228 |
| 第二节 弗尔哈德法..... 228 | |

第二十六章 比色法..... (230)

- | | |
|------------------|--------------------|
| 第一节 色阶法..... 230 | 第三节 均衡法..... 231 |
| 第二节 稀释法..... 231 | 第四节 比色法实例..... 233 |

第一章 緒 論

毛主席在“整頓党的作风”这篇文章中曾这样說：“自从有阶级的社会存在以来，世界上的知識只有兩門，一門叫做生产斗争知識，一門叫做阶级斗争知識。自然科学、社会科学，就是这两門知識的結晶，哲学則是关于自然知識和社会知識的概括和总结。”因此我們要研究农业生产和工业生产，就必需研究自然科学。

化学是自然科学的一門，由于科学的发展和生产上的要求，化学又分为无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、生物化学、农业化学、葯物化学……等等，它們彼此間有着非常密切的联系。本課程——无机化学及分析化学是要在門捷列夫周期律和近代物质結構概念的基础上，用辯証唯物主义的世界觀去研究元素及无机化合物的質和量的組成、結構、性質、制备和利用；化学变化的基本原理及其在分析无机物质上的应用；无机物质的分析技术等。为学习农业科学奠定必要的化学理論知識和分析技能。

第一节 化学的重要性

現代的化学科学，不論在国民經济或科学研究中，都起着非常重要的作用，几乎所有的国民經济部門和科学研究工作都脫离不开化学，正因为这样，苏联早在第一个五年計劃期間就提出了国民經济化学化的口号。“化学化”、“电气化”、“机械化”、“自动化”的提出与付之于实践，标志着社会主义生产技术进步的一个主要方向。

党的八大二次會議，确定了鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义的总路綫。提出了在优先发展重工业的基础上，发展工业和发展农业同时并举的方針。化学就是为发展工业和发展农业服务的。重工业的建設是与化学有密切关系的。例如，在勘探矿藏資源时需要进行大批样品的检定，以确定其开采价值。开矿时需要大量的炸葯和雷管，由矿石冶炼鋼鉄和有色金属，本身就是一种化学过程。生产出来的产品也都要用化学分析的方法加以鉴定。电气工业、机械工业、航空工业等都需要各种高級的塑料、有机玻璃、絕緣材料、油漆、橡胶等化学产品。至于基本化学工业——化学肥料、酸碱盐、染料、葯剂、油漆、高分子有机合成等工业的建立和发展，新产品的試制和工业生产中付产品及废物的利用等問題，都需要化学的知識和化学工业的技术。此外現代化的国防建設同样需要化学知識和化工产品。

农业方面，由于党和毛主席的正确領導，使我国迅速地实现了社会主义农业合作化，变落后的个体生产方式为先进的集体經營方式。随着大跃进形势的发展和保証党的社会

主义建設总路綫的貫徹执行,并为逐步过渡到共产主义社会創造必要条件。我国广大人民遵循着毛主席指示的正确方向,目前已經基本上实现了人民公社化。随着这种生产关系的改变,农业将迅速地踏上机械化、电气化和化学化的道路。

为了实现农业化学化,化学工业需要向农村供应大量的“土化肥”、“洋化肥”和农药,农村还需要进行土壤的化学改良,只有这样,才能使农产品获得更高額的丰产。随着农业的丰产,人民生活的提高,許多农业付产品需用化学的方法进行加工和制造,农村的許多废物需用化学的方法进行处理和利用,从而提高人民的生活水平,并为工业建設提供足够的原料。例如:从野生植物提取油类,酿酒,制人造纖維,从煤灰提取鋁,从泥炭提取化肥和石油……等等都是用化学方法来处理废物的。此外調节植物内部的生理过程,利用化学飼料和保健葯剂以提高畜产品;家禽业和魚业的生产等都需要一定的化学知識。

革命的最終目的,还是为了提高人民的物质和文化生活水平,随着我国工农业生产的空前发展,人民生活水平的日益提高,对許多日常生活和文化用品如油脂、糖、酒、盐、肥皂、人造纖維、塑料、玻璃、葯物、紙张、墨水等在质和量的方面都有了进一步的要求。这些都需要依靠化学和化学工业来解决。

化学在一系列的农业課程和农业研究工作中,亦具有极其重要的地位,它与植物保护、土壤肥科学、农业化学、农园畜产品貯藏加工学、飼料分析、动植物生理学等課程均有十分密切的关系。例如,学习土壤学必須研究土壤的肥力,土壤的形成、結構、性质、分类、利用等問題,都需要有化学及化学分析的基础知識。学习生理学必須了解有机体的新陈代謝作用,而这正是生物化学研究的主题之一;在学习肥料学时必須懂得肥料的制造、成分和性质,这就必然涉及无机及分析化学。因此,这些有关課程就組成成为一个不可分割的体系。

此外,在改良粮、棉品种,进一步提高产品的品质和产量;研究油料作物或糖类作物在什么时候收获才能获得最高油、糖的产量,以及研究栽培耕作方法和病虫害对于产品品质的影响等問題,也常常需要具备化学的知識和技术。

近年来,随着生产和科学的发展,无机化学及分析化学正在飞跃发展。例如示踪原子已在农业科学研究中获得了广泛的应用,它已迅速而精确地解决了許多重要問題,并且在农业实践上提供了不少有效的增产措施。在分析化学方面,新的分析方法和試剂日益增加,分析化学已成为农业生产和农业生物科学研究工作中,不可缺少的主要工具之一。

第二节 我国化学和化学工业的发展

化学是人类劳动实践的产物,我国劳动人民在悠久的历史过程中,在化学科学上,是有着重大的贡献和成就的。现代化学的前身——炼丹术在我国最早出現,且有着极为丰富的文献和史实。在上古冶金学上,我国也是一个走在前面的国家,早在三千年的殷商时代,我国劳动人民已能制出各种青铜合金,春秋战国时代,就已由鑄鉄进行鍛鉄和鋼的应用,汉

代是用鉄的全盛时期，河北省的邯鄲就是当时的制鉄业中心。約在公无前三千年，我国就有了陶器，到了禹王时代，已有人能造出酒。造纸和火药也都是我国首先創造和发明的。

此外，值得提出的是，唐代炼丹家馬和在“平龙認”中最早揭露了空气組成的复杂性，并提出制备氧(阴)的方法，发展了燃烧的假設，这假設在实质上是和近代的观点非常相似的。在明时，医药方面的成就已很突出，已經普遍地应用极多的无机药物和动植物材料，最完善的巨著是李时珍的“本草綱目”，其中包括的植物药品即数以千計，对于許多金属的硫酸盐、硝酸盐、碳酸盐、氧化物、氯化物等的种类、性质、制备和用途也都有着丰富的記載。

以上事迹，反映了我国在化学发展史上，有着伟大的貢獻和发明，对化学知識的应用，大都超过同时代的欧洲。但是由于近百年来帝国主义的侵略，和国内封建官僚主义的残酷統治，使我国的化学科学及生产事业受到压制和摧残。

第一次世界大战后，我国在十月革命的影响下，爆发了“五四运动”，在思想上扫除了一些障碍，民族工业有了一些发展，但是其工业基础是极端薄弱的。以化学工业中的肥料工业为例，旧中国留給我們的只有大連化学厂和永利化学公司宁厂，这两个厂的产品只有硫酸铵一种，最高年产量只有 22.7 万吨(1941 年)，在 1949 年全国解放时，大連化学厂曾經遭受到蒋介石匪帮的严重破坏，停止生产，永利宁厂的年产量也減到 2.7 万吨。钢铁工业同样是破烂不堪，1949 年鋼的年产量只有 15.8 万吨，生鉄年产量只有 24.6 万吨。

解放后，由于党的英明领导，經過国民經济恢复时期和第一个五年計划的超額完成，我国的化学工业同其他工农业生产一样有了飞跃的发展。全国化工总产值平均每年增长約 30%。几种主要的化学工业产值增长情况如下表：

产 品 名 称	1957年 生产水平	1957年为 1952年的%	1957年为 1949年的%	1957年为解放前 最高年产量的%
鋼	535万吨	389	3,275	570
化学肥料	80万吨	412	2,963	352
純 碱	47.8万吨	249	544	464
燒 碱	17.8万吨	225	1,178	—
硫 酸	61.1万吨	321	1,527	339

此外，在产品的质量 and 产品的种类，也有很大的发展。过去只有生产一种氮肥，現在已能大量生产各种各样的氮肥、磷肥、鉀肥和細菌肥料。青霉素在解放前是不会制造的，而今年的产量比 1952 年增加了 300 多倍，化工产品由 1952 年的 460 种增加到 1400 多种。总之，解放前許多不能制造的产品目前都能自制而且能大量生产了，新产品正在大批地出現。技术正在不断地革新。

在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，“在 15 年內，我国在钢铁和主要工业产品的产量赶上或超过英国”的目标鼓舞下。在中央工业和地方工业同时并举，大、中、小型企

业同时并举以及全民办工业和土洋相结合的方针指导下,去冬今春以来,在我国出现了全面跃进的局面,生产力空前高涨,天天都有新产品出现,今年1月到4月的工业总产值,比去年同期增长了26%。劳动人民破除迷信,解放思想,以冲天的干劲,创造了许多奇迹,他们以土法炼钢铁,烧水泥,冶炼金属,提炼石油,制造优质化肥,人造棉、杀虫药……等等。这些土办法的生产,投资少,收效快,操作技术简单,易于掌握,因之它是我国当前高速度发展工农业的有效途径。目前钢铁网、水泥网、化肥网正在各地形成。此外,在许多产品的产量和生产技术都已走在世界先进水平之前列,例如我国的高炉和平炉的利用系数已达世界最先进的水平。第一座实验性重水型原子反应堆(热功率为七千到一万瓩)和回旋加速器(可把 α 粒子加速到能量为2500万电子伏特)的建成和开始运转,都标志着我国已经开始跨进了原子能时代。

从以上所述,可以看到人民的中国,正以一天等于20年的速度迈进农业化学化和国民经济化学化的时代。所有这些,都是资本主义国家所望尘不及的,这充分说明了我国社会主义制度的无比优越性。

毫无疑问,只要我们继续贯彻执行党中央和毛主席所指示的正确方针,鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线,我国的化学工业一定与其他工农业生产一样,以空前的高速度向前发展着。

第三节 化学的研究对象和研究方法

化学是研究物质本性和它的变化的科学。它的研究对象是宇宙间各种各样的物质的组织、结构、性质以及物质的变化和伴随着这些变化而变化的种种现象;它研究各种物质间的规律性的联系和各种物质变化的规律。

和学习其他科学一样,化学的学习也应先从观察和记述现象开始,当我们积累了有足够的记述事实材料时,便可对各种现象进行研究和分析,找出它们之间的关系和内在原因。然后根据这些判断和推理,把许多现象用一个总的概念,来阐明某一现象。这个总的概念,叫做假说。

最初由观察或经验所得到的事实,还不过是一些感性的知识。经过综合、归纳、提高到理性知识,最后经实验证实,得出了自然现象间关系的规律,便叫做定律。

用人工的办法,在按照假说中所指出的条件或环境下,使所研究的现象重新发生,叫做实验。如果从假说逻辑地推演出来的结论为实验所证实,不但可以阐述某些现象,且能预测新的现象,那么假说就变成了理论,也叫做学说。由现象的认识提高到科学的假说或理论,是由感性知识到理性知识的一种跃进。学说不仅正确地说明所研究的客观现象,而且成为化学家进一步研究的指导。

化学上的假说、定律和理论,必须经得起随时用事实去考验,如果与实践或实验相抵

触,必須进一步研究加以修改,甚至拋棄。

用實驗方法确定下来的定律也不可能是絕對准确的,而只是接近于真实,接近的程度則相当于一定时期的科学技术水平。但是定律和理論的近似性并不削弱它們的客觀意义。

总之,“理性認識依赖于感性認識,感性認識有待于发展到理性認識,这就是辯証唯物論的認識論”。“認識从实践开始,經過实践得到了理論的認識,还須再回到实践去”。“通过实践而发现真理,又通过实践而証实真理和发展真理。从感性認識而能动地发展到理性認識,又能从理性認識而能动地指导革命实践,改造主观世界和客觀世界。实践、認識、再实践、再認識,这样形式,循环往变以至于无穹,而实践和認識之每一循环的内容,都比較地进到了高一級的程度。这就是辯証唯物論的全部認識論,这就是辯証唯物論的知行統一觀”^①。

第四节 化学的定律

一、物質不灭定律 在反应过程中,参加反应的物質的重量不变的事实可用简单的實驗来証明:例如:取 32.5 克的鋅与 16 克的硫,当它們完全化合时,我們便能得到 48.5 克的硫化鋅;把 18 克的純水用某种方法加以分解,就能得到 2 克氢与 16 克氧。根据这些實驗,便得出在化学上很重要的一个理論:

在所有化学反应中,原料物質的总重量与反应产物的总重量相等,这个定律叫做**物質不灭定律**。它具有巨大的实践意义,知道了原料物質的重量,便可以計算出反应产物的重量来。

二、定比定律 虽然在 18 世紀末叶以前,許多化学家就認為每种化合物都有一定不变的組成,但是这种看法直到 1799 年才被法国化学家普魯斯特 (Joseph L. Proust, 1755 年——1826 年) 用實驗加以証实,普魯斯特把各种不同物質的組成进行了精确的定量分析后,便得出一个結論即著名的**定比定律**。

無論用什么方法获得的某种化合物,其組成恒保持一定。

例如:不論用什么方法制成的水,也不論从什么地方获得的水,都是由 1 重量单位的氢,更精确些应该是 1.008 重量单位的氢和 8 重量单位的氧所組成。如氢气和氧气混合使之爆炸化合成水所消耗的氢气与氧气的重量之比恰为 1:8,如果其中某一种气体所取的重量較上述所要求的多,則多余的部分并不参与反应。这样,合成法証实了分析法的結果,根据以上事实,定比定律也可叙述为:

当生成某物質时,諸元素恒按一定的重量比例相互化合。

三、倍比定律 許多元素能以几种不同的重量比例相互化合,而生成几种不同的化

^① 毛澤东选集,人民出版社,第二版,1954 年第一卷,第 280、281、285 頁

化合物,如:銅和氧能生成两种不同的化合物,一种是黑色的,含有 79.90% 的銅和 20.1% 的氧;另一种是紅色的,含有 88.8% 的銅和 11.2% 的氧。同样,汞和氧、錫和氧,也都能生成两种不同組成的化合物。

1803 年道尔顿根据物质结构的原子概念,得出以下的結論,即倍比定律:

如果两种元素相互化合而生成几种化合物,則在这些化合物中,与一定重量的甲元素相化合的各乙元素的重量,互成简单的整数比。

这个結論不久就被实验所証实,特别是瑞典著名化学家貝贊里厄斯 (Jöns J. Berzelius, 1779—1848) 的精确分析工作,完全肯定了这个定律的正确性。氮的五种氧化物可作为倍比定律的一个很好的实例。在下面表中列入了这五种氧化物的組成。

表 1 氮的五种氧化物的重量关系

氮的氧化物	百分組成		重量組成	
	氮	氧	氮	氧
一氧化二氮	63.7	36.3	1	0.57
氧化氮	46.7	53.3	1	1.14
三氧化二氮	36.9	63.1	1	1.71
二氧化氮	30.5	69.5	1	2.28
五氧化二氮	25.9	74.1	1	2.85

在这些化合物中,与一定重量单位的氮相化合的氧的重量,互成下例的比例:

$$0.57 : 1.14 : 1.71 : 2.28 : 2.85$$

用其中最小的数值去除每一数值,就得到下列的简单整数比例:

$$1 : 2 : 3 : 4 : 5$$

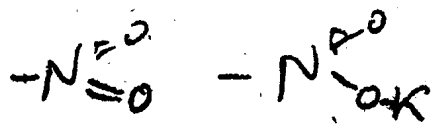
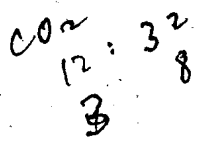
从倍比定律可得到两个极重要的总结:

1. 由相同的元素所組成的不同化合物,其重量組成通常是各不相同的。如在上例中,与 1 重量单位氮所化合的氧,或为 0.57 重量单位,或为这个数值的 2 到 5 倍。因此,当一种化合物轉变为由相同的元素所組成的另一化合物时,其組成常发生突变。

2. 当互相化合的各元素間重量之比发生变化时,常随之而出現新的性质。如所有的氮的氧化物,虽然都是由相同的元素組成,但其性质却各不相同,說明它們是互不相同的物质。这种因組成不同而引起的性质的不同,是自然界的一个普遍定律——量变到质变定律——的很明显的例証。

四、当量定律 研究不同元素相互化合或不同化合物相互作用时重量間的关系,引入了当量的概念,发现了当量定律。应用当量和当量定律,可以清楚地表明物质相互作用时重量間的关系。为了說明当量定律,首先应明确当量的定义。

某元素和 8 重量单位氧或 1 重量单位氢相化合时,或从化合物中置換此量的氧或氢



时所需的量,叫做該元素的当量。

由实验测得, 3 份碳和 8 份氧相化合生成二氧化碳, 16 份硫和 1 份氢相化合生成硫化氢, 23 份钠可从水中置换出 1 份氢等, 所以碳、硫、钠等元素的当量分别是 3、16、23 等。因此, 得出下面結論:

各元素相互化合时, 其重量之比等于它們的当量之比。

这就是当量定律。根据当量定律, 不难看出, 在求当量时, 不必一定由氧或氢的化合物出发。某一元素的当量, 可根据該元素和任一已知当量的元素所生成的化合物的組成来求得。

〔例〕 3.9 克的鉀和氯化合生成 7.45 克氯化鉀, 已知氯的当量为 35.5, 求鉀的当量。

根据題中数据可知, 3.9 克鉀和 (7.45-3.9) 克氯化合。用 x 代表鉀的当量, 由于氯的当量为 35.5, 所以根据当量定律可以写成下列比例式:

$$3.9 : (7.45 - 3.9) = x : 35.5,$$

$$\text{由此可得: } x = \frac{3.9 \times 35.5}{7.45 - 3.9} = 39.$$

有許多元素能彼此化合生成几种化合物, 所以某元素的当量, 如根据不同的化合物的組成来計算, 就有不同的值, 但无论如何, 同一元素的各个不同的当量总是互成简单的整数比。例如, 从碳和氧所生成的两种化合物——一氧化碳和二氧化碳的組成所求得的碳的当量是 3 和 6, 它們之比是 1 : 2。

第二章 物質的結構

第一节 原子——分子學說

一、羅蒙諾索夫對物質結構的認識 1741年羅蒙諾索夫在他的著作中曾提出有關物質內部結構的概念。按照他的觀念，可歸納以下三點：

1. 物質是由極小的，用物理方法不能再分的粒子所組成，粒子可分為兩類，一類是較小的“元素”（相當於現代所稱的原子），另一類是較大的“顆粒”（相當於現代所稱的分子）。

2. “顆粒”是由“元素”結合而成的一個小的整體。每個“顆粒”的組成與全部物質的組成相同。物質的性質決定於這種粒子的性質。

3. 如果組成“顆粒”的元素的種類、數目和結合方式都相同，“顆粒”就相同；如果有所不同，則組成的“顆粒”也就不同。

羅蒙諾索夫的見解包括着原子和分子的概念，而且指出了分子中原子的結合方式也會影響物質的性質，這種卓越的假設，在當時不能用實驗的方法加以驗證，而這種看法又遠超過當時的科學水平，所以未得到當時學者們的重視，自然科學的整個發展過程，光輝地証實了粒子學說中基本原理的正確性，這使我們可認為羅蒙諾索夫是原子——分子學說的創始人。

二、道爾頓的原子學說 十九世紀初，由於元素化合時所遵循的各種規律的發現，使英國化學家道爾頓得以從量的方面來研究原子學說，並且用原子的概念來解釋在羅蒙諾索夫時代還不知道的許多化學事實。

道爾頓原子學說實質，可歸納如下：

1. 一切物質都是由極微小的質點——原子所組成，各原子間用吸引力互相聯系着。

2. 每一物質都是由它自己的原子所組成，單質由簡單的、不可再分的原子組成；復雜物質（即現在稱為化合物）由復雜原子（即分子）組成，復雜原子在化學反應中分解為單質的原子。

3. 同一物質中的原子其形狀和重量完全相同，但與其他單質或復雜物質的原子不同，復雜原子的重量等於構成它的簡單原子重量的總和。

4. 當生成復雜物質時，復雜物質的原子是由為數不多的簡單原子所組成。

道爾頓發展了古代關於物質結構的原子概念，使這個概念更為明確。利用原子學說可以解釋化學上很多的事實，並可說明有關化合物生成的一些基本定律。原子學說是全

部化学理論的基础，它标志着化学发展的現代阶段的开端。恩格斯說：“化学的新紀元开始于原子学說”。

从原子——分子論的观点来看物质不灭定律，認為在一切反应中，原子既不分裂又不消失，所以各元素原子的总数不变，只是組成原料物的分子的原子发生了重行排列的問題，因而重量也就保持不变。

从原子——分子論的观点来看定比定律，当元素化合时，甲元素以一定数目的原子与乙元素一定数目的原子相化合，而原子的重量又都不变，因此，所生成的化合物中甲乙两元素間的重量，也必然保持着一定的比例。

从原子——分子論的观点来看倍比定律，甲元素以1个(或几个原子)能和乙元素的1个、2个或数个原子相化合生成不同化合物时，則由于原子个数的递增，原子有一定的重量，其化合的重量亦以整倍数而递增，因而成简单的整数比。

道氏的原子学說还有很多的缺点，他没有发现简单原子和复杂原子之間在性質上的差别，他以为复杂原子只是简单原子的机械結合。此外，道尔頓还竭力否定单质可以由复杂原子組成的說法。由于这种局限性，长期阻碍了原子——分子学說进一步的发展。

道尔頓根据他的原子学說引入原子量的概念后，就开始測定各元素的原子量。他知道原子的绝对重量是极小的，不可能用直接称量的方法測定，便决定以原子中最輕的氢原子的重量作为1，来測定其他元素的相对原子量。这样，道尔頓就称某元素1个原子的重量和1个氢原子的重量之比为該元素的原子量。但在实际測定中遭遇了困难。例如，实验測知水是由1个重量单位的氢和8重量单位的氧組成的。所以在水的“复杂原子”中氢、氧两元素的原子的重量比为1:8。但是，1个水的“复杂原子”是由多少个氢原子和氧原子所組成，当时道尔頓还没有任何資料来解决这个問題，他就作了一个最简单的假定，認為水的“复杂原子”是由1个氢原子和1个氧原子組成的，因此氧的原子量就等于8。这样，道尔頓就把元素的原子量和当量混为一談，而他所測定的原子量实际上是当量。在測定具有几种不同当量的元素的原子量时，便发生了更大的困难，因为无法决定应该采取那一个測得的当量作为原子量。

这一切都說明仅靠原子学說还不能解决关于化合物“复杂原子”中原子数目的問題，也不能确定正确的原子量，这些困难，只有在原子学說中补充了分子的概念，发展成为原子——分子論以后才被克服。而分子的概念，是亚佛加德罗根据盖·吕薩克的气体体积簡比定律而提出的。

三、气体反应体积簡比定律 对原子学說起了新的推动作用的是法国科学家盖·吕薩克(Joseph L. Gay-Lussac, 1778—1850)，他首先用定量的方法来研究气体間的反应，并从1804年起从事关于气体反应过程中体积的測定，結果发现参加反应前和反应后生成的各气体的体积总有一个简单的关系。

例如，合成氯化氢的反应中，消耗的氢和氯的体积在同温同压下总是相等的，而同时生成的氯化氢的体积等于所用去的氢或氯的体积的2倍。也就是说由1体积的氢和1体积的氯生成2体积的氯化氢。它们之间的体积关系为1:1:2。

当氢和氧化合成水时，是2体积氢和1体积氧生成2体积水蒸气。所以它们的体积之间也是成2:1:2的简单比。

同样的，3体积氢和1体积氮化合生成2体积的氨。氢、氮和氨的体积比是3:1:2。

上述各气体反应的体积关系，可用第1图表示。

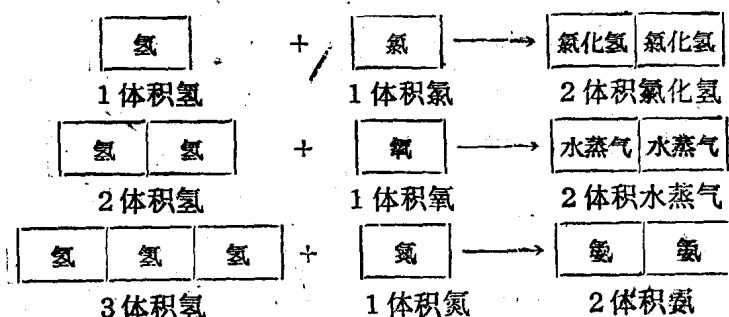


图1 气体反应的体积关系。

到1808年盖·吕萨克总结了自己的研究结果，得出下面结论，即成为著名的气体反应体积简比定律。

在同温同压时，参加反应的气体的体积和反应生成的各气体的体积互成简单整数比。

气体体积简比定律引起了广泛的注意，化学家希望利用这个定律能确定原子量的肯定数值。当时，贝齐里乌斯提出了一个最简单的假定：在同温同压下，同体积的任何气体都含有相同数目的原子。但是，这个观念遇到了很多矛盾。例如1体积的氢和1体积的氯决不能生成多于1体积的氯化氢，因为氯化氢的“复杂原子”至少是1个氢原子和1个氯原子组成的。但在实验中却得到2体积的氯化氢。在研究其他反应时，也存在着同样的矛盾，所以贝齐里乌斯的解释未能成立。

四、阿佛加德罗定律 意大利物理学家亚佛加德罗 (Amadeo Avogadro, 1776—1856) 终于找到了解释盖·吕萨克定律的关键所在。在1811年他引用了分子的概念，认为分子是任何物质中能独立存在的最小质点，同时也保留了原子是元素在各物质中最小量的概念。亚佛加德罗强调，决不能把单质的分子和简单原子混为一谈。

亚佛加德罗的假设是：

在同温同压下，同体积的任何气体都含有相同数目的分子。

现在可用亚佛加德罗假说来说明上述气体间的反应：

1. 同一情况下，1体积氢含有 n 个分子，1体积氯也含有 n 个分子，反应后生成2

体积氯化氢,即生成 $2n$ 个分子的氯化氢。也就是說1个氢分子和1个氯分子化合而成两个氯化氢分子,很明显,它們在反应时一定是每个氢分子和氯分子各分成两半,然后每半个氢分子和半个氯分子結合,生成1个氯化氢分子。所以氯化氢分子是由半个分子氢和半个分子氯組成的。

2. 2体积氢和1体积氧相作用时,所得到的不是3体积而是2体积的水蒸气。这是由于2个分子氢和1个分子氧化合生成2分子水。那末氧分子在反应时同样也应分为两半个,每半个氧分子和1个氢分子相結合。所以水分子是由2个氢的半个分子和半个氧分子組成的。

3. 同样的道理,每个氨分子是由3个氢的半个分子和半个氮分子所組成的。

后来研究了有氢参加的各类反应,証明了由1体积氢从未生成超过2体积的新的气体物质,这就是說氢分子只可分为两半,而由反应所生成的气体的分子中,不能含有少于半个分子的氢,所以半个分子是存在于含氢化合物的分子中的氢的最小单位,也就是氢的原子。

研究有氮、氧、氮和其他元素气体参加的各种反应,也得到同样的結論,这說明所有这些气体的半个分子,也就是它們的原子。因此,亚佛加德罗認為单质气体的分子大多是由两个原子組成的。

如果用原子代替上述的半个分子,則以上各反应中所生成的氯化氢、水蒸气和氨等分子各由若干原子組成,可以很清楚地用图2来表示。

