



GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

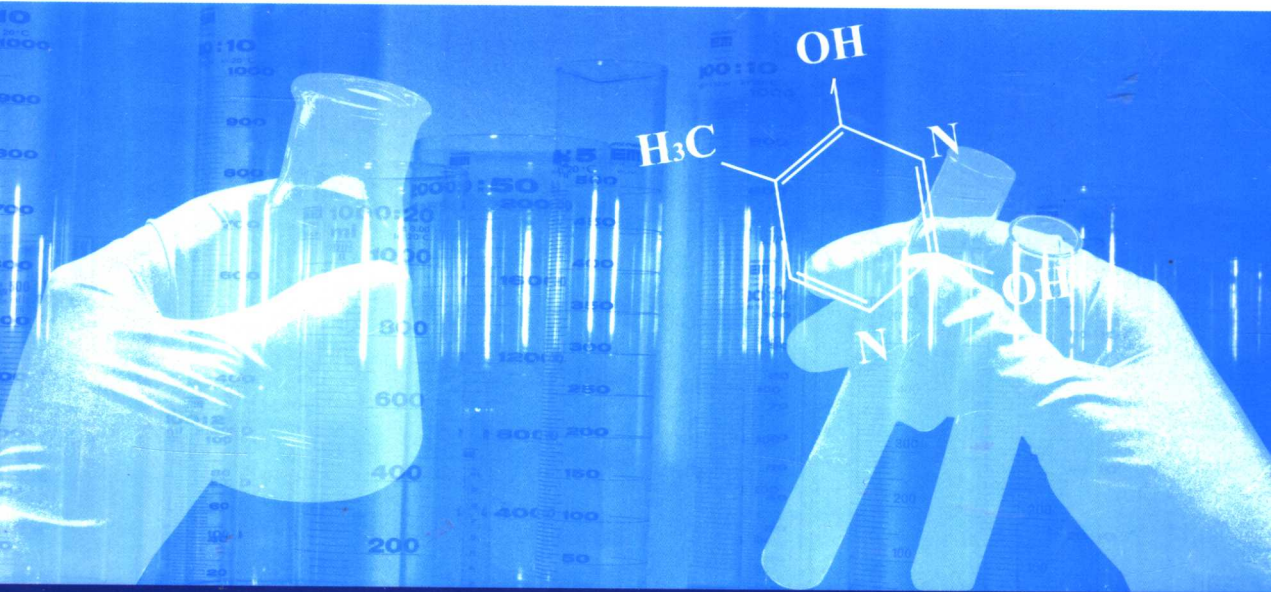
· 高等职业教育教材 ·

烹饪化学

PENGRÉN HUAXUÉ

(第二版)

季鸿崑 主编 · 毛羽扬 副主编



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGONGYE CHUBANSHE


高等职业教育教材

烹饪化学

(第二版)

季鸿崑 主 编

毛羽扬 副主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

烹饪化学/季鸿崑主编. —2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.8
高等职业教育教材
ISBN 7-5019-4307-9

I. 烹… II. 季… III. 烹饪-化学-高等学校: 技术学校-教材 IV. TS972.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第020160号

责任编辑: 白洁 责任终审: 滕炎福 封面设计: 王佳芃
版式设计: 郭文慧 责任校对: 燕杰 责任监印: 吴京一

*

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街6号, 邮编: 100740)

印刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2006年8月第2版第3次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.75

字数: 377千字

书号: ISBN 7-5019-4307-9 / TS·2555 定价: 35.00元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

60797J4C203ZBW

高等职业教育烹饪专业教材

第二版编审委员会

季鸿崑 赵荣光 周 旺

高等职业教育烹饪专业教材

第一版编审委员会

主 任	赵荣光		
副主任	季鸿崑		
委 员	刘广伟	刘北林	闫喜霜
	季鸿崑	赵荣光	崔桂友
	路新国	谢定源	魏 峰

修订版作者的话

笔者自从1989年开始介入三年制高职高专层次烹饪专业化学教学和教材编写工作以来，迄今已经15年了。笔者曾经两次主编并正式出版了相关的烹饪化学教材，特别是主编了中国轻工业出版社2000年出版的《烹饪化学》（即本书的初版）以后，我们这个编写小集体的工作已经推向全国，并且与日本和我国台湾地区的同行进行了交流，其间有不少老师和学生在使用后，向出版社和我本人做了信息反馈。个中滋味，一是喜，二是忧。喜的是并没有发现什么科学性错误（但仍存在少数印刷错误），忧的是普遍反映内容过深过难，“教师难教，学生怕学”。这种反映早在笔者自己的教学中就已经存在。为此笔者也曾经犹豫过，作为高职高专层次的烹饪高等教育，要不要开设这门课程？2000年11月，笔者参加在日本东京举行的第七届中国饮食文化学术研讨会时，宣读的论文题目就是《中国大陆厨师培训和烹饪教育的历史和现状》，并且和日本及美国的烹饪教育工作者们交流了情况，发现他们都没有开什么化学课，但在深入研讨以后发现，我国和西方发达国家在烹饪高等教育层次上没有什么可比性，我国的起点高于他们，犯不着去“追赶”他们。这是因为：①他们的国民义务教育相当于我国的高中毕业，已经具备了比较高的科学文化基础知识。而我国的国民义务教育法定为初中毕业（九年制），实际上甚至还没有完全达到。加之我国目前的烹饪高等教育各专业，大多以“三校生”（中职、中专和技工学校）为主要生源，这些学生连初中化学都学得相当勉强；②西方发达国家的烹饪教育实际上相当于我国的厨师培训，技能训练是唯一目的。而我国的烹饪教育是正规的准高等教育，在课程设置、教学管理等方面都属于高等教育范畴，烹饪是作为一种正规的学科来建设的。因此我国已处于先进水平，用不着亦步亦趋地仿效他们。而且在厨师培训方面我国还有一条非学历的职业培训途径，已经处于高起点的三年制的高职高专烹饪专业，完全应该走自己的路；③既然我们经常自诩是“烹饪王国”，向来都不遗余力地赞美中华美食，那么我们为什么不用现代科学手段去把这门“国粹”手艺提升为科学呢？没有必要让厨师培训班、中职层次和高职层次的烹饪教育都只为培养普通技艺型的厨师去忙碌，何必非要“杀鸡用牛刀”式地办什么烹饪高等教育呢？或曰：可以从传统化学的角度办烹饪高等教育，让学生多学些文史知识，其实这也是不必要的，因为烹饪毕竟是食品科学技术的一个分支。我国社会主义建设需要的是懂得技术科学原理，善于进行技术创新的厨行高手，而不是一般意义上的美食家。

然而，当前高职高专层次烹饪教育的现状，又迫使我们不得不面对现实，几千年来，

中国历史上的厨师从来也没有学过化学，当代 1500 万中国职业厨师又能有多少是懂得以食品生物化学为主要内容的烹饪化学呢？可中国餐饮业照样以每年两位数的百分率在增长。为此，我们是否把基础理论看得过重了，在烹饪化学的教育上也曾经退缩过。2001 年 4 月底，高等教育出版社在北京召开新世纪高职高专教改项目的高等烹饪教材编写会上，笔者就主张不编写《烹饪化学》，也不开设烹饪化学这门课。可是事后不久，在与其他同行的交流中，觉得这样做并不妥当。一个连初中化学都不甚了解的烹饪大学生，要学习什么烹饪营养学、烹饪卫生学、烹饪原料学，那简直就是隔靴搔痒，至于烹调工艺学和面点工艺学的科技含量，也就可想而知了，那就根本谈不上拉开烹饪高等教育和中等教育的层次，而是从一个极端走向另一个极端。因此，当中国轻工业出版社提出要修订《烹饪化学》时，本人愉快地接受了，因为初版的确已不切实际了。这次修订，实际上是重写，在体系和内容上都做了很大的改动。

这次修订的原则当然只能是高等职业教育教材编写的指导思想，像烹饪化学这样的基础理论课，那就是“够用”和“必需”的原则。要掌握好这个原则并不容易，而且一定会出现“见仁见智”的现象，因为目前对高职高专层次的烹饪专业毕业生来说，并没有全国性的统一的考核标准，而且毕业生就业后的职业层次相差很大，有中小型餐饮企业的普通社会厨师、小饭店的老板、大中型餐饮企业的管理人员、国家公务员、饮食文化工作者、中等和高等职业教育的教师（其中有少数人已获得高级职称）等等。因此向他们征询课程设置和教学内容方面的意见时，反馈回来的结果五花八门，有的人甚至认为像烹饪这样的专业，是否有办高等教育的必要？而各相关院校做自我介绍时，为了招徕生源，又难免有“王婆卖瓜”之嫌。所以本人思之再三，觉得此次修订，只有用同等学历层次的食品工程专业的食品化学教材作为参照，本着以下四点原则掌握相关的内容尺度。

① 尽管“够用”和“必需”的原则很难掌握，但它仍然是区分高职高专和本科在基础理论深度上的重要原则。另外烹饪化学并不是食品生物化学的改版，它应该有自己的特色。

② 烹饪化学是服务于烹饪营养学、烹饪卫生学、烹饪原料学、烹调工艺学和面点工艺学的基础理论课，因此化学科学本身的系统性在这里便不可能完全体现。凡是上述课程学习中需要不迫切的内容，坚决予以省略，所以这次把相关的普通化学知识压缩为两章，仅仅是提供认识化学结构和性质之间关系的必需知识；凡是上述课程学习必须掌握的内容，再难也要予以保留，所以这次修订，我们仍坚持对立体化学和胶体化学的基础知识做了必要的介绍，并注意这些基本概念的应用。

③ 注意与中职中专层次的衔接和区别。按当前就业市场上关于“白领”、“灰领”和“蓝领”的说法，中职中专层次培养的是“蓝领”厨师，高职高专层次培养的应该是“灰领”厨师。同时注意到当前高职高专层次烹饪专业以“三校生”为主要生源的现实情况，

如②所述，普通化学（包括有机化学）的内容尽可能删节，有关元素和化合物的叙述性知识基本上不做介绍，对所有的化学原理均不做定量化的要求，突出与食品相关的生物物质化学结构和性质的关系，让学生懂得结构是决定性质的基本依据，为此要掌握一定程度的化学式知识。

④ 注意联系烹饪实际，要求学生能够运用所学知识，解决烹饪操作中遇到的实际问题，并且为今后继续提高打下必要的化学基础。

总的说来，修订版覆盖的化学知识面缩小了，但专业特征却更强了。这并不意味着没有难点，我们应该全面地理解“够用”和“必需”的关系，不能因难学而不学，只要是“必需”的，再难也要教给学生。

本书初版系由季鸿崑、毛羽扬、刘剑虹、徐传骏四人执笔。这次修订，因原由刘剑虹先生执笔的第十章（现第三章）、第十一章（现第四章）和第十三章（现第六章），在内容上变化不大，所以就没有再有劳远在天津的刘先生，在此向刘先生致歉。修订版的分工是：季鸿崑负责第一、二、三、六和九章；毛羽扬负责第四、五、七和八章；徐传骏仍负责实验部分。全书仍由季鸿崑负责审定统稿。我们希望有更多的读者，特别是关心烹饪化学课程建设的教师同行们多提出宝贵意见，我们一定竭诚欢迎，以便在将来再次修订时予以改进，使得高职高专层次的《烹饪化学》教材建设工作日臻完善。

季鸿崑

目 录

第一章 中学无机化学原理的复习和烹饪化学的概述	1
第一节 物质和能量.....	1
第二节 化合价和化学键.....	4
第三节 化学变化和物理变化.....	9
第四节 溶液和胶体.....	10
第五节 化学平衡.....	19
第六节 怎样学习烹饪化学.....	25
第二章 有机化学基础	27
第一节 无机物和有机物概述.....	27
第二节 碳原子结构和有机物的分类.....	29
第三节 分子结构和性质的关系.....	38
第四节 立体化学概述.....	42
第三章 水和无机盐	72
第一节 水.....	72
第二节 无机盐.....	84
第四章 脂类	90
第一节 概述.....	90
第二节 脂肪的分类、结构和命名.....	91
第三节 脂肪的物理性质及其在烹调中的应用.....	94
第四节 脂肪的化学性质.....	101
第五节 油脂在烹调加热中的变化.....	105
第六节 类脂.....	110
第五章 碳水化合物	116
第一节 概述.....	116
第二节 单糖.....	117
第三节 低聚糖.....	125
第四节 多糖.....	128
第六章 蛋白质	140

第一节	氨基酸和肽	140
第二节	蛋白质的结构和分类	146
第三节	蛋白质的性质	156
第四节	蛋白质性质在烹饪过程中的利用	164
第七章	维生素	168
第一节	维生素的概述和分类	168
第二节	脂溶性维生素	169
第三节	水溶性维生素	173
第四节	食品中维生素的损失及生物利用率	179
第八章	酶和激素	182
第一节	酶的概述	182
第二节	酶的结构和作用机制	186
第三节	影响酶促反应的因素	188
第四节	重要的酶类	191
第五节	激素	194
第九章	菜点风味的科学基础	198
第一节	风味概念	198
第二节	菜肴的色	201
第三节	菜肴的香	215
第四节	菜肴的味	231
第五节	菜肴和面点的形	248
第六节	食品和菜肴面点的质	251
附编	烹饪化学实验	257
实验一	氯化钠的提纯	257
实验二	凝胶的制备和性质	259
实验三	脂类的化学性质	262
实验四	糖类物质的性质	265
实验五	氨基酸和蛋白质的性质	269
参考书目		273
后记		274

第一章 中学无机化学原理的复习和烹饪化学的概述

[学习目的] 扼要复述中学阶段与烹饪有关无机化学方面的基本原理，以弥补当前中等烹饪专业教学中化学知识的缺失，为本课程讲授食品生化做准备，并且介绍烹饪化学的主要内容。

[主要内容] 物质和能量的概念、化学变化和物理变化、化合价和化学键理论、化学平衡原理、溶液和胶体的基础知识。

目前我国普通中学的化学教科书，在初中阶段讲授的基本化学原理有燃烧和氧化、元素、原子和分子、原子结构和化合价、化学式和化学方程式、溶液以及酸、碱、盐的概念；高中阶段则有氧化还原、反应热和物质的量、物质结构、化学键、元素周期律、化学反应速度和化学平衡、胶体等，另外还有相当数量的单质和化合物（包括有机化合物）知识。如果按照正常的程序进行教学，以这个基础进行高职高专层次的烹饪化学（主要部分是食品生物化学）教学完全可以够用。可是由于中等烹饪专业的中专、技校和职业高中，往往忽视化学教学，以致在他们的毕业生升入高职高专时，相关的化学知识异常缺乏，为此本教材不得不用两章的篇幅，对那些与烹饪专业学习密切相关的化学原理作扼要的补充介绍，本章主要讲物质和能量、化学变化和物理变化、化合价和化学键、化学平衡、溶液和胶体，至于具体的元素和化合物知识，一概从略，而且在叙述方式上，基本只作定性的说明，完全不作定量的运算。

第一节 物质和能量

物质和能量都是人类知识体系中的重要概念，也是化学科学观察世界万象的基础。

一、物 质

什么是物质？这是个非常深奥的问题，按照哲学家的说法：世界的本质就是物质，而人们的意识是物质高度发展的产物。运动是物质的根本属性，时间和空间则是运动着的物质的存在形式。物质不能被创造，也不能被消灭，自然界和社会一切现象都是运动着的物质的不同表现形态，世界上各种事物的产生和消失，只是物质形态在一定条件下的转化。哲学中的物质是抽象的一般的，而各门具体学科中的物质是具体的特定的，例如化学学科

中的物质就是化学元素的存在形态，就是指单质和化合物，而单质和化合物都是宏观的概念，从微观上讲，它们都是由分子、原子等等微粒构成，好像建筑物是由砖瓦和水泥构件等构成的一样。

运动是物质的根本属性，时间和空间是运动着的物质的存在形式。这句话具体应用到化学中去时，运动就是化学物质的变化，而化学物质的存在形式就是单质和化合物。这些是我们在初中化学中就已经学习过的知识，但是有不少人并不十分理解，特别是单质和化合物与化学元素之间的关系。

二、元素（化学元素）

元素也曾经被称为原素或原质，在古代曾经是个哲学概念，例如中国古代的“五行”说，即以水、火、木、金、土五者为组成世间万物的基本要素，而古希腊哲学家则认为水、火、土、气四者为组成万物的基本要素，还有其它不同的说法。这些说法都是古人在对物质世界认识不深的条件下产生的。自从近代科学体系建立以后，它们已没有太大的现实意义，但是在若干传统学术领域内，例如中医学，仍然被用来解释某些现象。至于中国烹饪，在近 20 年间，也有人想用这种古典的哲学模式来建立相应的理论体系，例如以“水火之济”来说明食物的生熟变化，并且说得玄之又玄，就是基于这种五行学说。显然，从当代的科学水平来认识，这些说法已无法揭示化学物质变化的实质。而科学的元素学说，是指构成物质世界的基础物质叫元素（通常指化学元素），元素是同种类原子的综合，同一元素原子的核电荷数相同，但原子的质量数并不相同。也就是说，每种元素可能存在一种以上质量数不同的原子，但它们的核电荷数都相同，例如最简单的元素是氢（H），其核电荷数是 1，但却有质量数为 1、2 和 3 的三种原子，分别叫做氢（气）、重氢（氘）和超重氢（氚）。天然存在的氢元素就是这三种原子的混合状态，由于它们在元素周期表上居于同一个位置，所以叫做同位素。任何一种元素的同位素，在天然状态下的含量比例都是不相等的，所以我们在元素周期表中所见到的原子质量数（相对原子质量）通常都不是整数。截至 2002 年，已报道的科学家们发现的化学元素有 112 种（其中有一部分是人工制得的放射性元素），但已发现的原子种类数则大大超过此数，这就是因为每种元素都存在同位素的缘故。浩瀚无垠的宇宙就是由这些不同的元素组成的。地球、月亮、太阳甚至外星系，如果发现都存在同一种元素，则它们的组成、构造和性质都是相同的。

通过以上叙述，我们应该体会到元素在化学科学中同样是一个抽象的概念，每种元素的具体化就是各种不同的原子。经典的化学科学实际上就是研究原子本身各种属性和相互结合变化的科学，而原子的这些性质又是由它的构造所决定的。凡是学过初中化学的人都知道，原子是由原子核和核外电子两部分组成的，而原子核又是由质子和中子两种更基本的粒子组成的，其中质子所带的电荷为正电荷，核外电子所带电荷为负电荷，而中子是不

带电荷的中性粒子。因此，一种稳定元素的原子，其原子核中的质子数必然等于原子核外的电子数。例如普通氢原子，其原子核仅由一个质子组成，而其核外也只有一个电子；但在重氢原子中，原子核由一个质子和一个中子组成，其核外仍只有一个电子；在超重氢原子中，原子核由一个质子和两个中子组成，核外依然只有一个电子。因此，我们在认识化学物质的变化时，求得原子核所带的正电荷数和核外电子数的绝对值相等，是非常重要的。

在化学上，将由同种元素组成的物质叫做单质，例如氢气、氧气、金刚石、石墨、铜、铁等等；由不同种元素组成的物质叫做化合物，例如水、葡萄糖等等。无论是单质还是化合物，都由固定不变的元素组成，即构成单质或化合物的原子种类和数量都是一成不变的，这种一成不变的原子集合体叫做分子。所以由同种元素原子组成的分子叫做单质，由不同种元素原子组成的分子叫做化合物。

这里需要特别指出：任何一种元素并非只有一种单质，往往因为组成单质分子的原子数不同，或者各原子之间的结合方式不同而形成不同的单质分子，例如 O_2 （氧气）和 O_3 （臭氧）；金刚石和石墨（都是碳元素）等等，这种现象叫做同素异形体。同素异形体的一系列性质都可能不同。绝大多数单质分子都由两个以上同种原子构成，但惰性气体的单质分子却只由一个原子构成。

三、能 量

前面我们已经多次论述了运动是物质的基本属性之一（另一基本属性是任何实体物质都有质量），而能量就是物质运动的一般量度，能量也称“能”。因运动有多种不同的表现形式，诸如机械运动、电磁运动、分子热运动、化学运动等，故而相应的能也有机械能、光能、热能、化学能等不同形式。物质任何形式的运动变化，都伴随着能量的变化，即是运动着的物质系统所含能的减少或增加。能量是通过做功的方式表现出来的，而物体之间的热量传递也是一种做功的形式。所以在烹饪实践中，将生米煮成熟饭，靠的就是热量的传递，这也是一种做功的过程。

做功的过程实际上是一种能量的转换过程。即由一种形式的能量转换成另一种形式的能量。例如一只处于楼顶的铁球，当它处于平衡状态时，看不出有什么能量，但当它落向楼下水泥地面时，则能将地面砸坏。这便是铁球在楼顶时蕴含的势能（位能）在落地时转换成了动能，对外做功砸坏地面。由此可见，能量是通过运动来表现自己的，所以自然界的一切物体要对外做功，都必然要消耗自身的能量或从别处得到能量的补充，就如上述那个已经落到地面的铁球，若要使它重新回到楼顶，我们就必须重新向它提供足够的能量。所以说，能量和物质一样，既不能无中生有地产生，也不会莫名其妙地消失，这便是著名的能量守恒定律。但是不同形式的能量之间可以相互转换，所以准确地说，应该称为能量守恒和转换定律。例如生米煮成熟饭的过程就是由热能转换成化学能的过程，而我们人体

对食物的消化过程便包含着食物中的化学能转换成热能的过程。

在 20 世纪初期，科学界把物质的质量和运动的能量看成是两个不同的科学范畴。物质的质量是可以通过诸如天平之类衡器直接称量的，而物体运动的能量则需要依赖于某种物质的性质变化来比较其大小，质量和能量之间似乎没有直接的关系。爱因斯坦的相对论原理却最终推导出了著名的质能关系式：

$$E=mc^2$$

式中 E 为能量， m 为质量， c 为真空中光的速度，其数值为 3×10^8 m/s。这就是说，当物质的运动速度接近光速时，它的质量就要产生亏损，亏损的数量即相当于该物质运动时所获得的能量。

自然科学是讲究定量关系的，化学是研究物质变化的科学。因此，化学有一个关于“物质的量”的严格的科学定义，这也是我们在初中化学就已经学过的概念。实际上，“物质的量”也是目前国际通行的计量制度（简称 SI 制）中的七个基本物理量之一。“物质的量”的单位叫摩 [尔] (mol)，摩 [尔] 和用天平称出来的“克”之类的关系，凡是学过初中化学的人都应该明白，因此不再详述。

关于能量的量度，科学史上曾走过弯路，在人们对热的本质没有充分认识之前，曾经把热量从高温物体传向低温物体的过程比作水由高处流向低处，于是创造了卡路里 (caloric) 这个单位名称，简称为卡 (cal)，历史上曾定义为：1g 纯水在 1atm (1.01325×10^5 Pa) 下温度升高 1°C 时所需的热量。1948 年国际计量大会建议废除单位“卡”，热量的单位也用“焦 [耳]”。(J) 焦 [耳] 的定义是：可以使物体在 1 牛 [顿] (N) 的力的作用下移动 1 米 (m) 所需的能量（或说所做出的功）。

焦 [耳] 和卡的换算关系为：

$$1\text{cal}=4.18\text{J}$$

在实际工作中，卡和焦的绝对数值都很小，所以常用它们的千倍值，叫做千卡 (kcal) 和千焦 (kJ)。

第二节 化合价和化学键

初中化学已明确指出：分子是保持物质的化学性质的一种微粒；而原子则是物质进行化学变化的最小微粒。因此，化学物质最基本的存在形态是分子，或者说，单质和化合物的最基本结构叫做分子，分子又是由原子构成的。构成单质分子的原子属于同种类元素的原子，而构成化合物分子的原子属于不同种类元素的原子。无论单质还是化合物，其所组成分子的原子数和各个原子之间的相互联结都是一定的，这便是我们在本节所要讨论的内容。

一、化 合 价

化合价又称原子价，简称“价”，用来表示1个原子（或原子团）能和其它原子相结合的数目。化合价以最简单元素氢的化合价为1，凡是能够和2个氢原子结合的原子便是2价，例如 H_2O 分子中的氧；能够和3个氢原子结合的原子便是3价，例如 NH_3 中的氮；其余依此类推。化合价有正负之分，一般金属元素产生正价，非金属元素产生负价，但也不是绝对的。从化合价的本质去考察，带有电子较多的原子显负价，缺电子的原子则显正价。原子核外的电子是分层排列的，其内层电子在通常的情况下不影响化合价，标志化合价正负或大小的是其最外层电子，它们都倾向于形成一个最稳定的构造。经过科学家们反复论证和实验证实，这个最稳定的构造对于绝大多数元素来说是最外层拥有8个电子，叫做八隅规则。但是，对于周期表的第一周期来说，因为只含有氢和氦两种元素，所以它们原子的外层最多只能拥有2个电子，例如氦原子的外层就含有2个电子，也是最稳定的构造，所以氦的化合价是0，说明氦在通常情况下，不与其它元素的原子形成化合物分子。氦的单质分子也只有1个氦原子构成，因此它是化学性质最不活泼的惰性气体元素中的第1个成员。

周期表第二周期的第一种元素是金属元素锂，其原子序数是3，核电荷数是3，核外电子数也是3。锂要形成最稳定构造时，倾向于失去1个核外电子，剩下2个核外电子产生类似于氦的稳定构造，因此锂的化合价为+1；锂之后是铍，含有4个核外电子，倾向于失去2个核外电子，所以铍的化合价是+2；铍之后是硼，硼之后是碳，碳之后是氮，它们分别含有5、6、7个核外电子，如果要形成类似于氦的稳定构造，则分别要失去3、4、5个核外电子，这显然是不容易的，所以它们都倾向于与其它原子共用电子，形成高一级的稳定构造，即最外层有8个电子的稳定构造。其中尤以碳为最典型，如果按得失电子的方法处理，它要么失去4个电子产生+4价，要么获得4个电子产生-4价。显然，这两种极端状况都不易实现，所以它最容易与其它原子（包括碳原子自己）共用电子，这就是自然界含碳化合物的数目比所有其它元素化合物的总和还要大200多倍的根本原因。烹饪化学所涉及的化合物，其中99%都是碳的化合物，故而我们对此要有明确的认识。周期表中氮以后的元素是氧，氧之后是氟，它们的核外电子数分别是8和9，很明显它们形成稳定构造的倾向是从其它原子夺得2个或1个电子，形成最外层为8个电子的稳定构造，所以它们的常见化合价是-2价和-1价；氟之后是第2个惰性气体元素氩，它的核外电子数是10，排成两层，第一层和氦相似是2，第二层是8，所以它又是化学性质极不活泼的惰性元素。从第三周期起的各种元素在构成分子时的最外层电子数都是8。由此可见，化合价的多少、正负与原子核外电子的得失和共用是密切相关的，我们把这种得失和共用的电子叫做价电子。必须牢记，得到的价电子数为负价数，如氧为-2；失去的价电

子数为正价数，如钠为+1；共用的价电子数则为共价数，其正负视所联接的原子种类而定，如碳的共价数为4。原子或原子团因得失电子所产生的带电荷粒子叫离子，带正电荷的称阳离子或正离子，如 Na^+ 、 Ca^{2+} 等；带负电荷的称阴离子或负离子，如 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等。阴阳离子所表现的化合价称为电价，而共用电子的化合价则称为共价。

还必须指出，大多数元素可具有一种以上的化合价，这种现象几乎都出现在电价中。例如金属元素的铁就有+2和+3之分；而非金属元素则可能兼有正价和负价，如氯就有-1、+1、+3、+5、+7等五种化合价。这种变价现象，显然是因为在不同的化合物分子中，因得失电子数目的不同所造成的。例如在 NaCl 中，氯是-1价；在 HClO 中，氯是+1价；在 HClO_2 中，氯是+3价；在 HClO_3 中，氯是+5价；而 HClO_4 中，氯是+7价。

二、化学键

19世纪初期到19世纪中叶逐步形成的化学键概念，是指分子或原子团中原子相互吸引而连接起来的一种表述方式。分子结构理论提出以后，开始用横线表示化学键。20世纪前期，电子理论提出以后，化学键表示在分子或原子团中，或者原子在形成原子团时，各原子之间因电子配合关系而产生的相互结合。化学键通常有离子键和共价键两个主要类型，但也有将金属键列入其中而分为三种基本类型的。

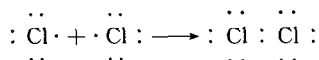
1. 离子键

离子键是指成键的两个原子或原子团，彼此供给或获得对方最外层核外电子的结合方式。例如在 NaCl 中， Na 原子失去其最外层核外电子成为阳离子(Na^+)，而 Cl 原子则从 Na 原子获得其失去的最外层核外电子，与它自己原有的最外层的7个电子组成八隅体形成 Cl^- ，所以 NaCl 分子也可以写成 Na^+Cl^- 。离子键是金属元素和非金属元素之间最常见的结合形式，因为它们在形成稳定构造（即最外层有2或8个电子）时，金属元素倾向于失去电子，而非金属元素倾向于获得电子。以离子键组成的化合物分子有整齐的结晶状固体，它们的排列有很规则的方向性，但在有像水这样的极性分子（即电荷分布不均匀的分子）存在时，离子键很容易解离，形成可以自由移动的离子（带有电荷的原子或原子团）。氯化钠就是一种典型的离子化合物。纯度很高的食盐结晶中， NaCl 的排列是很整齐的，但当它溶于水中时， NaCl 分子便以 Na^+ 和 Cl^- 的形式存在于溶液中，如果此时在溶液中设置一个强电场，则 Na^+ 和 Cl^- 便会向不同的方向移动。

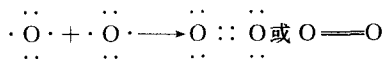
2. 共价键

共价键是指成键的两个原子的金属性或非金属性相差不大，甚至完全相等时，要完全失去或获得彼此的核外价电子都很困难，结果导致各自提供1个或多个核外价电子共用而成键，这种共用核外价电子的化学键叫做共价键。最典型的共价键出现在双原子的单质分子中，例如 Cl_2 （氯气）分子中，两个氯原子的最外层核外电子数都是7，要形成稳定的

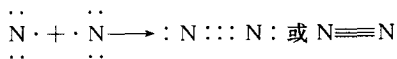
八隅体时大家都需要从外界获取一个电子，结果大家各拿出一个电子来共用，正如下式所示：



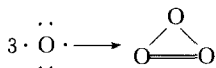
可简化为 $\text{Cl}:\text{Cl}$ 或 $\text{Cl}-\text{Cl}$ ，式中被简略去的 6 个电子也是成对的，不过它们仅为某一个 Cl 原子所有，叫做孤对原子，而为两个 Cl 原子共用的那一对电子（即可以用“—”表示的）叫做成键电子。这种共用电子对的现象在 O_2 （氧气）分子结构中也可见到，由于 O 原子最外层价电子只有 6 个，所以其稳定八隅体需要共用 2 个价电子，这个过程可表示为：



由此可见，用来表示共价键的横线，每一根代表着一对共用电子。所以在 N_2 （氮气）中，则有：

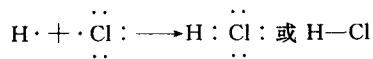


这就很好地解释了氯是 1 价的、氧是 2 价的、氮是 3 价的。其实，这是一种非常复杂非常难懂的理论，我们在这里仅作初中水平的简单解释，目的在于让大家建立起最简单的化学结构概念。应当指出，这些概念并不是源于化学家的奇妙假想，而是有一系列充分的实验事实和理论推导根据的。例如氧的另一种单质分子 O_3 （臭氧），它的稳定八隅体如下所示：



从这个环状结构中，我们一眼就可以看出它的不稳定性，即化学性质的活泼性大于氧气。

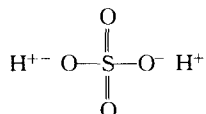
在化合物分子中，共价键也是以共用电子对的形式存在的，例如 HCl ：



可是，在 $\text{H}-\text{Cl}$ 共价键中，由于氯原子有 3 对孤对电子，从而使得电荷中心明显地偏向氯原子一边，使得 $\text{H}-\text{Cl}$ 共价键带有极性，即氢原子带有较多的正电性，氯原子带有较多的负电性，共价键也有了相当的离子键的特征，这种类型的共价键叫做极性共价键。就 HCl 分子而言，它在绝对干燥的状态下，呈气体状态，此时氢氯键是共价键，可是当 HCl 溶于水形成盐酸时，氢氯键却又呈现离子键的特征，产生 H^+ 和 Cl^- 。严格地讲，在化合物分子中存在的共价键，绝大多数都是极性共价键，像双原子单质分子如 H_2 、 O_2 、

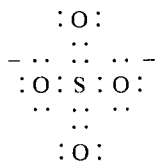
Cl₂ 等中存在的典型的共价键是很少的。

在多原子分子中，离子键和共价键同时存在的情况并不少见。例如气体 SO₃ 溶于水以后形成硫酸 (H₂SO₄) 分子，它的化学键可表示为：

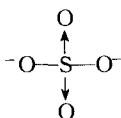


也就是说，它能够离解产生两个 H⁺ 和一个 SO₄²⁻，这是离子键的特征，而在 SO₄²⁻ 这个原子团中，又表现出共价键的特征。这就是我们在前面的叙述中，常用“原子或原子团”这种表述方法的根本原因。

在上述的 SO₄²⁻ 中，用两条横线表示的 S=O 键，如果用电子式表示，应为：



很明显，在 S::O 键中共用的两对电子中，有一对是 S 原子提供的。在这里，氧原子的稳定八隅体中有两个电子是它从其它原子处获得的，它实际上并没有提供电子，在这种情况下形成的共价键又称为配位共价键，简称配价键。这样 SO₄²⁻ 的构造式又可以写成：



式中的“→”即表示配价键，箭号所指的方向即是在配位键中获得电子对的原子（这里是 O），箭头引出的方向即为提供电子对的原子（这里是 S）。前者称为电子对的接受体，后者称为电子对的给予体。这在化学中是非常常见的，也是生物化学中的重要概念。

用电子对表示共价键的写法比较麻烦，通常用横线表示，如果仅用一根横线（—）表示的称单键，用两根横线（=）表示的称双键，用三根横线（≡）表示的称叁键。它们分别相当于共用一对（2个）、两对（4个）和三对（6个）电子。共用 8 个以上电子的共价键是非常高深的理论问题，本课程不便讨论。

3. 金属键

金属键是指金属单质或合金中，在其晶体或熔融体中，金属原子的自由电子能在整个晶体或熔融体中移动，依靠这种流动的电子，使金属原子相互结合成键。金属键能够很好地解释金属的各种性质，如强度、弹性、导电性、导热性等等。