

普通化学和无机化学问答



埃里许·蒂洛 著
格尔特·布鲁明塔尔

化学工业出版社

普通化学和无机化学问答

(第十五版)

[东德] 埃里许·蒂 洛 著
格尔特·布鲁明塔尔

罗湘仁 蒋中鳌 合译
申泮文 廖代正 校定

化 学 工 业 出 版 社

Erich Thilo, Gert Blumenthal
**ALLGEMEINE UND ANORGANISCHE CHEMIE IN
FRAGE UND ANTWORT 15 AUFLAGE**
Johann Ambrosius Barth Leipzig 1976

* * *
**普通化学和无机化学问答
(第十五版)**

罗湘仁 蒋中鏊 合译
申泮文 廖代正 校定

责任编辑:叶铁林
封面设计:任 辉

*
化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*
开本850×1168印张9⁵/₈字数271千字印数1-31,300
1984年4月北京第1版1984年4月北京第1次印刷
统一书号15063·3535定价1.20元

本书系根据柏林洪堡大学无机教研室教授埃里许·蒂洛博士和德意志民主共和国科学院无机化学研究总院格尔特·布鲁明塔格博士合著的《普通化学和无机化学问答》一书的第十五版译出。本书以问答的方式，对普通化学和无机化学方面的有关重要问题作了全面、系统而简明的回答。

本书可供高等院校学生、中学化学教师 and 高中学生，以及从事化学、化工方面工作的技术人员学习、参考。

该书版次及出版时间：第一版，1946年；第二版，1950年；第三版，1952年；第四版，1953年；第五版，1955年；第六版，1956年；第七版，1957年；第八版，1958年；第九、十版，1960年；第十一版，1961年；第十二版，1962年；第十三版，1964年；第十四版，1970年；第十五版，1976年。

罗湘仁同志译第1~5和9~26章，蒋中鳌同志译第6~8章。

第十四版前言

在一九三〇年时，我曾和教授尤金·赖贝诺维奇博士共同编纂过一本《无机化学问答》小册子，此书采用问答的方式向初学的人们阐述现实问题和疑问。至今近四十年中，保持原来的特点和原则增订过十三版，在此期间化学的教学结构在许多方面都有变化。它的范围在扩大，化学部份学科的不同领域互相交错，边缘科学的界限已不那么分明，特别是关于反应过程、化学键的实质和物质的特性等一般规律性的理论渗透在不断进步，因而，这本小册子有必要以新的面目来和读者见面。

为此目的，作为本书的作者，我把彻底修订本书的工作交给了在现代教学部门工作的一位年轻人来完成。篇幅和内容都给予重新修订，并把书名改为《普通化学和无机化学问答》。但这本小册子的精神和思想继承了下来。此外，还是像复习一样地阐述问题和理论联系实际。

我想我的这位学生，格·布鲁明塔尔博士会完成得很好。读者在期待本书新的修订版，因为过去的小册子事实上已不能满足未来的化学家的要求了。今天，对生产的考察和研究比以往任何时候都更需要了解物质和理解其内在的联系。

承蒙洪堡大学化学系弗里比博士对本书第三章（原子）和第四章（化学键）提出宝贵意见，谨此致万分诚挚的谢意。

愿这本老的小册子能以新的面貌为达此目的有所贡献。但愿本书能像以往一样受到读者的同样赞许。

埃里许·蒂洛

1968年秋于柏林，阿特莱尔斯霍夫

第十五版前言

与过去的各个版本相比，这次新增订版最主要的改变就是增加了摩尔概念一章，并比较详细地论述了电负性，包括新式的电负性标度，法拉第定律以及列进了常用的国际单位制常数表。

第十四版中的“元素”和“化合物”的概念部份没有收入到本版中，因为此间的化学教育家、哲学家和化学家对这些问题讨论得很活跃，但是当前尚未有明确的结论。因此，未列入这个版本中。

为了一目了然起见，“放射性”和“周期系”这两章列入到“原子”这章中。

作者

1976年夏于柏林

目 录

第一篇 普通化学

第一章 化学符号和术语	1
第二章 化学的基本概念	6
第三章 价的概念	10
第四章 现代的摩尔概念	16
第五章 原子	20
第一节 原子核	20
第二节 放射性	21
第三节 电子壳层	25
一、玻尔原子模型	25
二、量子力学原子模型	31
第四节 元素的周期系	44
第六章 化学键	52
第一节 原子键	56
第二节 金属键	75
第三节 离子键	76
第四节 范德华键	76
第五节 氢键	77
第六节 配合物形成	77
第七章 物质的分类和结构	86
第一节 纯物质	88
一、纯物质的物理性质	88
(一) 气体	89
(二) 液体	94
(三) 固体	97
二、结构的种类和物质的类型	100

(一) 单键型物质	100
(1) 离子型物质	100
(2) 共价物质	103
(3) 金属物质	103
(4) 范德华键的物质	105
(二) 多键型物质	105
第二节 混合物	106
一、浓度的度量	106
二、气体混合物	109
三、液体混合物	110
四、固体混合物	113
第八章 化学反应	115
第一节 热力学	115
第二节 动力学	128
第三节 电解质	136
第四节 最重要的反应类型	140
一、酸碱反应	140
二、氧化还原反应	147
三、配合反应	155
四、溶解和沉淀反应	157

第二篇 无机化学

第九章 氢	161
第十章 氧	167
第十一章 氮	181
第十二章 空气	195
第十三章 稀有气体	196
第十四章 卤素: 氟, 氯, 溴, 碘, 砹	197
第十五章 硫族: 硫, 硒, 碲, 钋	205
第十六章 磷族: 磷, 砷, 锑, 铋	213
第十七章 碳族: 碳, 硅, 锗, 锡, 铅	223
第十八章 钛族: 钛, 锆, 铪, 钽	237

第十九章	硼族:硼, 铝, 镓, 铟, 铊	
	镧系元素	239
第二十章	碱土金属:铍, 镁, 钙, 锶, 钡, 镭	243
第二十一章	锌族:锌, 镉, 汞	247
第二十二章	碱金属:锂, 钠, 钾, 铷, 铯, 钫	251
第二十三章	铜族:铜, 银, 金	256
第二十四章	铁族元素:钒, 铬, 锰, 铁, 钴, 镍	261
第二十五章	第二和第三过渡周期的元素: 铌, 钼, 锝, 钌, 铑, 钐, 铈, 镧, 铪, 铪, 铪, 铪, 铪, 钨	268
第二十六章	常用常数及其关系	270
索引		271

第一篇 普通化学

第一章 化学符号和术语

1. 化学式有哪几种？

有实验式、粒子式（分子式或离子式）、结构实验式、价键式和几何结构式。

2. 各种化学式具有哪些意义？

（1）实验式仅仅表明物质中原子数之比，它既没说明键合种类也未表示分子大小^①〔23〕。实验式是由大括号内的元素符号所组成。例如下列实验式： $\{\text{NaCl}\}$ ， $\{\text{HO}\}$ ， $\{\text{CH}\}$ 说明物质氯化钠，过氧化氢和乙炔。

（2）分子式（或离子式）表示气态、液态或溶解状态下一个分子或一个离子的成份和大小。例如下列分子式（或离子式）表明过氧化氢、乙炔和氨（ H_2O_2 、 C_2H_2 、 $[\text{NH}_4]^+$ ）。

因为在由离子构成的物质中，如氯化钠不存在分子，严格地说这种物质就没有分子式。例如如果人们写 NaCl （没有大括号！），就会认为是由一个钠原子和一个氯原子组成的分子，而它在一般情况下是不存在的。但是通常为了方便起见都把大括号省略了。

在化学反应式中表明一种物质时，例如过氧化氢就写它的分子式 H_2O_2 ，而不写实验式 $\{\text{HO}\}$ ，乙醇写作为 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，仅是在少数情况下写为 $\text{CH}_3\cdot\text{CH}_2\cdot\text{OH}$ ，而不能写成 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ，以免误会。

离子式是在稀的水溶液中以离子形式存在时使用的，例如 Na^+ ， Cl^- ， $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ （在圆括号内的符号表示原子团，它是复合化合

● 方括号内的数字表示问题的序号，以下均同。

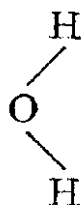
物的成份。中性的和带电荷的配合物的离子式用方括号括起来〔157〕)。

(3) 结构实验式表明结晶状态下物质的结构。为了说明结构有两个标记：配位数，即是说一个原子或离子的最邻近的粒子数和晶格的类别（空间晶格为G，层状晶格为F，链状晶格为K）。

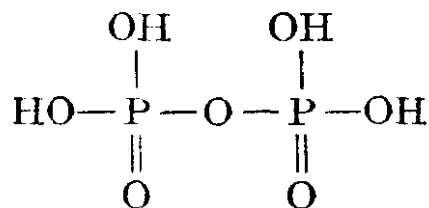
例如在氯化钠中，每个钠离子由六个氯离子所包围，每个氯离子由六个钠离子所包围，其结构实验式就是 $\{\text{NaCl}_{6/6}\}\text{G}$ 。

在固态情况下，结构实验式如同气态和液态粒子式所说明的那样。

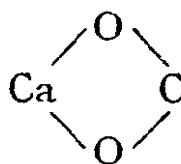
(4) 价键式表明原子的位置和分子中原子键的种类〔117〕。若进一步说明，可用键角表示：



但通常不采用角来表示，因为或者还不知道或者并非是其恰当的结构。为了看起来尽可能一目了然，原子符号可简单地用短线连接：



必须强调的是：价键式仅仅用于中性的或带电荷的分子！把固体氯化钠、氧化铝或者碳酸钙分别写成 NaCl 或 $\text{O}=\text{Al}-\text{O}-\text{Al}=\text{O}$ 或



是错误的。这些物质不存在分子，而是空间晶格的离子。

因此，它们只能用实验式、结构实验式或几何结构式来说明。

(5) 几何结构式(图1)是最精确的一种形式。在图1中所用的线条有着不同的意义。甲烷分子结构式的细线条和氯化钠单位晶胞的所有线条一样并不表示价键，而仅仅表示原子之间的几何关系。几何

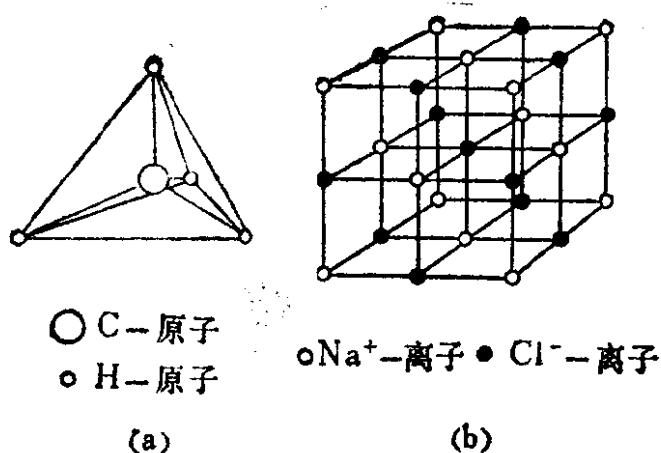


图 1 几何结构式
a—甲烷分子CH₄； b—氯化钠NaCl的单位晶胞

结构式表示其完整的结构形式，并不说明其键合形式〔111〕。

3. 什么是反应方程式？

反应方程式是用化学符号来表示那些物质以多少数量比参与化学反应，并产生多少能量效应。

在完全的反应方程式中，反应式两边的元素符号的数目和电荷数应当是相等的。

4. 为什么有时用单向箭头有时用双箭头来表示呢？

如果反应是在一定条件下进行完全的，就可用单向箭头表示：



相反，如果在反应过程中所有参与反应的物质，起始物和生成物以一定的数量比例存在，人们就把这种情况称之为化学平衡〔260〕，那么就用双箭头来表示：



5. 二元化合物的名称是怎样构成的？

带阳电荷的（吸引电子弱的）元素名字不变，放在化合物名称的后面。带阴电荷的（吸引电子强的）元素名字后面加一个“化”字，例如氯化钠、氢化钙、氧化铝、碳化铁、三碘化磷等。

6. 由三个和三个以上元素组成的化合物是怎样命名呢？

如同上题那样，命名次序为：配阴离子在前，阳离子在后。配阴

离子可以理解为带有一个中心原子和多个配体，即是说与中心原子配合的原子或原子团的配合体。配位数用一，二，三等等数字表示，然后是配位体的名字。

例如： $K[BF_4]$ 四氟合硼酸钾

$NH_4[PtCl_6]$ 六氯合铂酸铵

$NH_4[Ag(CN)_2]$ 二氰合银酸铵

与硫相结合的配合物用“硫代”这个字表示： $[PO_3S]^{3-}$ —硫代磷酸根， $[SSO_3]^{2-}$ —硫代硫酸根。

7. 化合物名字中的数量比是如何表示的？

有两种表示方法。其一是用数字（一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二）表示原子比。这一种方法主要用以非金属化合物。例如 N_2O —氧化二氮， NO_2 —二氧化一氮， N_2O_5 —五氧化二氮，但 $Ca_3(PO_4)_2$ 叫磷酸三钙。

另一种表示法是用罗马数字表示特性元素的氧化数（斯托克氏（Stock）命名法）。例如 P_2O_5 —氧化磷（V）， $FeCl_2$ —氯化铁（II）， $K_4[Fe(CN)_6]$ —六氰合铁（II）酸钾。

8. 特性元素不是处于最高氧化态的含氧酸盐是如何命名的？

这些酸的阴离子（带负电荷的离子）后面大多数是带一个“化”字来表示。例如硫化物、磷化物、硒化物。也有用三氧合硫酸盐（IV）、四氧合磷酸盐（II）和四氧合硒酸盐（IV）来表示的，但目前已不太通用了。

9. 俗名还允许使用吗？

在一定范围内还可以使用，但只限于含义明确的情况下使用。例如水、氨、联氨。

陈旧的名称就不再通用了。例如硝酸钾就不用钾硝石，氰化钾而不再用钾氰，高锰酸钾而不用过锰酸钾，醋酸铝而不再用醋酸矾土这些旧名称了。

10. (a) 阳性配合基团和 (b) 酸式盐是如何命名的？

(a) 首先是数字，然后是配体的名字，最后是特性元素的名字。例如： $[Al(OH)_6]^{3+}$ 叫六羟合铝离子， $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ 叫六氨合钴

(Ⅱ) 离子。

(b) 酸性阴离子内氢原子的数目放在氢名字的前面： NaH_2PO_4 叫磷酸二氢钠， KHSO_4 叫硫酸氢钾等等。

11. 加成化合物的名字是怎样构成的？

在带结晶水的加成化合物中，先说多少个结晶水，然后再说合某化合物：如 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 叫六水合氯化钙， $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 叫八水合三硫酸镉。

(注：式中的点是不需要读出来的，不能读成“氯化钙乘六个水”！)

第二章 化学的基本概念

12. 化学是在什么时候和为何成为一门精密科学的？

化学是由于引入计量而成为一门精密科学的。历史上最初使用和直至今天还在使用的计量仪器仍然是天平。先辈化学家们如约·莱 (J. Rey) (1583~1645), 约·马约夫 (J. Mayow) (1645~1679), M.W. 罗蒙诺索夫 (M.W. Lomonossow) (1711~1765) 和 A.L. 拉瓦锡 (A. L. Lavoisier) (1743~1794) 都是以称量作为他们研究的基础。拉瓦锡于1785年精确地阐述了罗蒙诺索夫早在1758年提出的化学反应中的质量守恒定律。这就为否定燃素学说奠定了基础。

13. 称量的早期突出成就表现在哪些方面？

它明确肯定，一种化合物的元素是不能随意互相化合的，而只能是按一定的比例，常常是按恒定的质量比互相化合。

J.L. 普罗斯特 (J.L. Proust) 于十九世纪初把当时轰动一时的这些经验称之为“定比定律”。

另一个重要成就就是“倍比定律”：如果两种元素相互化合生成多种化合物时，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 (约·道尔顿1808年)。

最后就是“当量定律” (J.B. 李诗特 (Richter) 于1791年提出)：各元素相互以当量质量比例或整数倍进行化合。

14. 化学计算基本法则有何意义？

道尔顿的原子假说 (1807年)：所有物质都是由极小的，在化学上不能再分割的粒子——原子 (希腊语叫作 atomos, 就是不可能再分割的意思) 所构成。同一元素的原子皆相同，不同元素的原子皆不同，每种元素各有其特殊的质量。根据这个假说，形成一种化合物，只是原子的重新组合。原子既不会消失也不会新生，上述所有定律均由此而得出。

15. 相对原子质量的意义是怎样的?

相对原子质量（多数情况下简称原子质量，过去称原子重量）就是指相关元素的原子质量是氢原子质量的多少倍（相对原子质量的符号为： A_r ）。因此，相对原子质量是质量比，而没有单位！

取氢原子质量为1作为基础，因为它是所有气体中最轻的一种气体，当时确定原子质量时多半是以气体和蒸气来进行的。在这个基础上，产生出基本的直至今天仍然有效的原子质量。

16. 相对分子质量和相对式量的含义如何理解?

相对分子质量（通常简称分子量）的意义是指构成分子的那些原子的相对原子质量之总和。

“相对分子质量”的概念只能应用于由分子构成的那些物质，例如乙醇 C_2H_5OH 、水 H_2O 、二氧化碳 CO_2 ，但不能应用于由离子组成的物质，如氯化钠 $NaCl$ ，氧化钙 CaO 等等。

人们理解相对式量（通常简称式量）的意义为其实验式相对原子质量的总和。

为了说明式量，人们只需要知道实验式就够了，而用不着了解（与分子量不同！）这些物质是由分子或是由离子构成的。

17. 为什么用“原子质量”，“分子质量”这些术语来代替“原子重量”，“分子重量”的概念?

因为“重量”这个词不能正确地表达事态的本质。根据历史的形成，“原子重量”是指质量比。重量的测量与纬度和海拔的高度有关。相反，质量与方位无关。

18. 为什么原子质量标度的基础后来需要改为 $A_r, O = 16.0000$ 呢?

随着化学的不断发展，原子质量的测定主要是通过氧化合物，如氧化物和盐的定量分析来进行的。为使原子质量值符合准确性，把它直接与氧联系起来。人们把天然氧（一种同位素混合物的氧！〔46〕）的原子质量定为16.0000。J·J·波齐利乌斯（Berzelius）于1813年建议， $A_r, O = 16.0000$ 而不是 $A_r, O = 100$ ，因为这对过去以氢为基础的原子质量变化甚微。（ A_r, O 是氧的相对原子质量）。

19. 此后又为什么再次改变原子质量标度呢？

近三十年中由于用质谱法测定原子质量的技术更加完善，今天应用这种方法能取得最准确的值。根据经验，最合适的参比元素是碳同位素 ^{12}C ，今天人们把它的原子质量定为12.0000。另外，天然存在的氧不适宜作为精确测定原子质量的基础，因为它是一种组份常有波动的同位素混合物。由于同位素的分布无常而引起的误差会转嫁到所有的原子质量值上，因此意味着其准确度有着原则的局限性。

相对原子质量的新的定义是：相对原子质量表示有关元素的原子质量等于碳同位素 ^{12}C 原子质量 $1/12$ 的多少倍（元素符号左上角的数字表示该原子核的质量数〔=质子+中子数〕〔45〕）。

对纯元素来说，这个定义是直接有效的。对多同位素元素来说，相对原子质量是一个平均数，它是由每种同位素的相对丰度和它的相对原子质量计算而得到的〔97〕。

20. 什么是价？

历史上最早的定义是：价是表示一个原子或原子团能化合或取代多少个原子的氢。

这个定义对原子质量的确定是有重大意义的，但是今天却不能完全符合所有要求了〔26〕。

21. 仅仅借化学计算基本法则之助能确定原子质量吗？

仅仅测定数量比是不够的。例如如果把水分解，便会产生氢和氧，其数量比为1:8。假设水分子是由一个原子的氢和一个原子的氧组成，那么它的分子式就是HO，而氧原子重量是氢原子重量的八倍，在氢标度中 $A_r, \text{H}=1.0$ ，那么氧的原子质量为8。如果水的分子式为 HO_2 ，则氧原子质量为4，若分子式为 H_2O ，则氧原子质量为16等等。因此仅仅知道数量比是不能说明原子质量的。十九世纪的许多化学家都持有这种原则上模糊的观念。

22. 原子质量能通过什么办法准确测定呢？

可以通过测定气体来确定。J.L.盖-吕萨克于1808年发现：在恒压和恒温下，参加反应气体的体积可以表示为简单整数比（盖吕萨克化合体积定律）。