医用化学
解析与教学策略

侯前进◎著

黄河出版传媒集团
宁夏人民出版社

医用化学
解析与教学策略

侯前进◎著

黄河出版传媒集团
宁夏人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

医用化学解析与教学策略/侯前进著.—银川:宁夏人民出版社,2015.9

ISBN 978-7-227-06109-0

Ⅰ.①医… Ⅱ.①侯… Ⅲ.①医用化学—教学研究 Ⅳ.①R313-42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 226541 号

医用化学解析与教学策略 **侯前进 著**

责任编辑:丁 佳

封面设计:刘 珍

责任印制:肖 艳

黄河出版传媒集团

宁夏人民出版社 出版发行

地 址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)

网 址 http://www.yrpubm.com

网上书店 http://www.hh-book.com

电子信箱 renminshe@yrpubm.com

邮购电话 0951-5052104

经 销 全国新华书店

印刷装订 合肥锦华印务有限公司

印刷委托书号 (宁)0002016

开 本 787mm×1092mm 1/32

印 张 5.375

字 数 200 千字

印 数 500 册

版 次 2015 年 9 月第一版

印 次 2015 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-227-06109-0/R·145

定 价 23.00 元

版权所有 翻印必究

绪　论

医用化学主要内容包括无机化学及有机化学两个部分；另外，偶然也会涉及一些分析化学内容。

医用化学中的主体内容、化学原理及规律与一般无机化学、有机化学无异，只是在一般规律的表述基础之上，其内容表述具有高度贴近临床医学、医药制备、医学检验、药物性质及检验等专业的应用性特征。从这个意义上说，医用化学是一门注重应用性的化学，如胶体、高分子化合物及凝胶对人体体液中溶度积较小的钙镁离子的保护，使其在较高的生理浓度下，依然稳定在体液中而不发生沉积。如渗透压知识与尿液形成的原理之间的关联，渗透压对人体的影响，如胶体渗透压与晶体渗透压对人体所承担的生理功能，渗透压与人体输液特别是小儿补液时张力计算等临床安全问题，大量出汗之后的饮水安全问题例如如何防止“水中毒”问题。如蛋白质的盐析可以应用在临床生物制药上，譬如调节盐的类别及浓度将不同种类的蛋白质逐一分离即分段盐析，从而达到纯化蛋白的目的，制成临床治疗所需要的特种蛋白质。利用在不同的理化条件下，蛋白质可以发生变性的化学原理，在临床医学上，可以据此避开蛋白变性给人体带来的危害。如在高强 X 射线条件下，人体细胞会因 X 射线的照射发生其组成蛋白变性的不可逆损害，从而伤害人体，所以，临床影像科室在涉及 X 射线的操作时，必须使用铅制背心或其他防护服装给予劳动保护。紫外线会使蛋白质发生变

性，所以，过度照射紫外线，会引起皮肤灼伤，但是，也可以利用这一特性使用一定强度的紫外线照射手术室、注射室，使室内的各种病菌及病毒的蛋白因变性而死亡达到室内消毒的目的；或者利用阳光中的紫外线成分曝晒衣物、被褥，对衣物、被褥进行消毒。

丙酮与亚硝酰铁氰化钠的氢氧化钠溶液作用会生出血红色物质；葡萄糖在适当的条件下会使二价铜离子还原为一价铜，其外部表现为从可溶性变为沉淀，颜色从天蓝色变为橘黄色，在临床医学检验领域的酮体检验、尿糖检验都应用到了以上化学原理：由于代谢异常，糖尿病病人体液中酮体超标，其中丙酮与亚硝酰铁氰化钠的氢氧化钠溶液作用会生出血红色物质。所以，利用这个化学原理对与亚硝酰铁氰化钠的氢氧化钠溶液作用会生出血红色物质进行筛查；同样由于代谢原因，糖尿病病人尿液中含有超标的葡萄糖，利用葡萄糖在适当的条件下会使二价铜离子还原为一价铜，其外部表现为从可溶性变为沉淀，颜色从天蓝色变为砖红色的化学原理及现象，人们研制了含有二价铜离子的班氏试剂，对糖尿病人尿液进行检查，以确定该病人是否患有糖尿病。如溶液酸碱度的知识与正常人体血液 pH 值 7.34－7.45 的关联性以及以此为基础，认识临床上“酸中毒”及“碱中毒”现象。

除此之外。医用化学还应具备以下功能：一是为进一步深入、系统学习其他化学专业课及相关课程如《分析化学》《药物分析》等提供一定的基础理论及学习方法。二是为医学基础课《生物化学》《生理学》等课程学习提供一定的认知基础及学习方法。三是通过医用化学的学习，培养学生良好、严谨的学习态度及尊重科学的专业精神。

作为一名对教学负责，从事医用化学课程的教学者，应认识到现代学生可以从网络及其他非纸质媒体等多种渠道获得化学知识，如果教学者仅仅满足于教科书上有什么就教什么，教学者掌握的化学知识的深度与广度仅仅与教科书内容深度与广度一致，是无法满足学生在课堂上获得更新、更广泛的知识的学习要求的，是无法真正胜任现代医用

化学教学的。考虑到“一桶水”与“一碗水”的关系问题，考虑到能居高临下、驾轻就熟地指导学生建立完整性的知识系统，储备必需的、足量的、有用的化学基本理论则是十分必要的和重要的。

在医用化学教学过程中，所涉及的背景知识有两个来源：一是远期来源，即教学者作学生时所获得的、已经储备的系统的化学知识；另外一个是近期来源，是教学者在备课环节针对当堂或某个教学单元所涉及的化学背景知识的范畴，去从多个渠道再次获取、回顾、确认、强化的相关化学知识。

在教学活动的备课环节，教师首先熟悉教材，要对教材进行深入细致的解读，对照教学大纲，将教材内容划分为基本内容、重点内容、难点内容，再根据学生的基础知识状况、教师的自身专业功底、教学特点情况制订教学策略，为下一步的课堂教学环节做好充分准备。通过对教材的深入解读，也可以检验教师对教材中的基本理论、基本概念、基本计算是否了解、熟悉、掌握；通过教材解读，教师还应该按照对教材的正确的理解，将教材的书本语言或文字语言转换为口头语言；这不仅仅是表达的需要，也是防止照本宣科的有效途径之一。

目　录

绪　论…… 1

第一章　物质结构和元素周期律 …… 1
第一节　原子的构成和同位素…… 1
第二节　元素周期律 …… 11
第三节　化学键 …… 22
第四节　氧化还原反应 …… 37

第二章　胶体溶液和高分子化合物溶液 …… 42
第一节　分散系及其分类 …… 42
第二节　胶体溶液 …… 44
第三节　高分子溶液 …… 50

第三章　物质的量 …… 53
第一节　物质的量 …… 53
第二节　摩尔质量 …… 56
第三节　气体摩尔体积 …… 58
第四节　溶液的浓度 …… 60
第五节　溶液的渗透压 …… 62

第四章　化学反应速率和化学反应平衡 …… 67
第一节　化学反应速率 …… 67
第二节　化学平衡 …… 71

第五章　电解质溶液 …… 77
第一节　电解质 …… 77
第二节　离子反应和离子方程式 …… 85
第三节　水的电离 …… 91
第四节　盐类的水解 …… 99
第五节　缓冲溶液 …… 104

第六章　烃 …… 109
第一节　有机化合物概述 …… 109
第二节　烷　烃 …… 113
第三节　不饱和链烃 …… 116
第四节　脂环烃 …… 118
第五节　芳香烃 …… 120

第七章　醇、酚、醚 …… 123
第一节　醇 …… 123
第二节　酚 …… 125

第八章　醛和酮 …… 129
第一节　醛和酮的概念、结构 …… 129
第二节　醛和酮的化学性质 …… 130

第九章　羧酸、羟基酸和酮酸 …… 133
第一节　羧　酸 …… 133
第二节　羟基酸和酮酸 …… 134

第十章 胺和酰胺…… 136
第一节 胺…… 136
第二节 酰 胺…… 138

第十一章 酯和脂类…… 141
第一节 酯…… 141
第二节 油 脂…… 142

第十二章 糖 类…… 146
第一节 单 糖…… 146
第二节 双 糖…… 149
第三节 多 糖…… 150

第十三章 氨基酸和蛋白质…… 156
第一节 氨基酸…… 156
第二节 蛋白质…… 159

参考资料…… 162

第一章　物质结构和元素周期律

物质结构决定了物质的化学性质，因此，当掌握了物质结构以后，就可以预测物质的化学性质，同样，通过物质化学性质的表现，反过来可以推测物质的结构。掌握了物质结构与性质之间的关系，有助于理性的、居高临下地认识化学世界，从而更好地进行利用。

第一节　原子的构成和同位素

一、基本内容

1. 原子的构成

构成原子的基本微粒为核外电子及原子核；原子核可以进一步细分为质子和中子。电子在一般情况下不再细分。在原子中，电子占有的空间体积很大；原子的体积几乎都被电子所占有。电子质量很小；小到在一般的化学计算中其质量可以忽略不计。原子核在原子中占有的空间体积很小，而质量很大；原子的质量几乎集中在原子核里。每个电子带一个单位的负电荷，每个质子带一个单位的正电荷，中子不带电。

根据原子序数的概念有如下表达式：

核电荷数(Z)＝核外电子数＝原子序数＝核内质子数

2. 质量数

原子核内的质子和中子的相对质量取近似整数所得到的和，称为质量数，表达式为：质量数(A)＝质子数(Z)＋中子数(N)

某原子 X 的质量数为 A，质子数为 Z，中子数为 N，则原子构成可用${}^{A}_{Z}X$表示。

3. 同位素

同种元素的不同原子其质子数相同，中子数不同，这些原子间互称同位素。

4. 原子结构的化学史

对于原子的构成，人类的认识经历了由低级到高级，由思辨到科学研究的历程，根据时间顺序及原子模型的主要观点，原子模型的演化进程可分为以下四个阶段。

第一阶段：人类早期先哲提出的朴素原子模型

(1)留基伯的原子学说

公元前 5 世纪古希腊哲学家留基伯率先提出原子论(万物由原子构成)的。他的原子论的主要观点如下：原子是最小的、不可分割的物质粒子。原子之间存在着虚空，无数原子从古以来就存在于虚空之中，既不能创生，也不能毁灭。它们在无限的虚空中运动着构成万物。

(2)德谟克利特的原子学说

公元前 5 世纪古希腊哲学家德谟克利特在其导师留基伯的原子学说的基础上，提出自己原子论的基本思想：宇宙空间中除了原子和虚空之外，什么都没有。原子一直存在于宇宙之中，它们不能被从无中创生，也不能被消灭。原子在数量上是无限的，在形式上是多样的。但在本质上是相同的，它们没有“内部形态”，它们之间的作用通过碰撞挤压而传递。任何变化都是它们引起的结合和分离。在原子的下落运动中，较快和较大的撞击着较小的，产生侧向运动和旋转运动，从而形成万物并发生着变化。一切物体的不同，都是由于构成它们的原子在数

量、形状和排列上的不同造成的。

从以上观点可以看出，德谟克利特基本上继承了自己导师的观点，同时，他还提出了自己的新的观点。

该时期的原子论的贡献是：提出了原子的概念。缺点是：原子是不可分割的结论与事实不符。

从历史的角度评价：德谟克利特的原子论是古希腊唯物主义发展的最重要成果。

第二阶段：18 世纪的原子论

(1)道尔顿的原子假说

约翰·道尔顿(1766～1844)英国科学家，在 19 世纪初把原子假说引入了科学主流。道尔顿的原子学说主要观点如下：化学元素由不可分的微粒原子构成，它在一切化学变化中是不可再分的最小单位。同种元素的原子性质和质量都相同，不同元素原子的性质和质量各不相同，原子质量是元素基本特征之一。不同元素化合时，原子以简单整数比结合。推导并用实验证明倍比定律。如果一种元素的质量固定时，那么另一元素在各种化合物中的质量一定成简单整数比。

道尔顿的原子论从科学理论上揭示出了一切化学现象的本质都是原子运动，明确了化学的研究对象，对化学真正成为一门学科具有重要意义，此后，化学及其相关学科得到了蓬勃发展。

道尔顿的原子论已经非常接近现代原子论的诸多观点，其科学价值十分突出

(2)汤姆生原子结构模型

1897 年，约瑟夫·约翰·汤姆生在研究阴极射线的时候，发现了原子中电子的存在。这打破了从古希腊人那里流传下来的“原子不可分割”的理念，明确地向人们展示：原子是可以继续分割的，它有着自己的内部结构。汤姆生原子结构模型如下：正电荷像流体一样均匀分布在原子中，电子就像葡萄干一样散布在正电荷中，它们的负电荷与那些

正电荷相互抵消;在受到激发时,电子会离开原子,产生阴极射线。

汤姆生原子结构模型的贡献是:原子有了内部的微观结构,不再是“实心”的无结构较为粗糙的认识。其缺点是:该原子模型无核,与真正的原子内部微观结构事实不符。

(3)卢瑟福原子结构模型

1910 年,卢瑟福和学生们在实验室里进行了一次实验。他们用 α 粒子(带正电的氦核)来轰击一张极薄的金箔,想通过散射来确认那个“葡萄干布丁”的大小和性质。实验现象是:有少数 α 粒子的散射角度是如此之大,甚至超过 90 度。

这个实验结果表明:α 粒子被反弹回来,必定是因为它们和金箔原子中某种极为坚硬密实的核心发生了碰撞。这个核心应该是带正电,而且集中了原子的大部分质量。但是,从 α 粒子只有很少一部分出现大角度散射这一情况来看,那核心占据的地方是很小的,不到原子半径的万分之一。

1911 年卢瑟福发表了他的这个新的原子模型。在他描述的原子“图象”中,有一个占据了绝大部分质量的“原子核”在原子的中心。而在这原子核的四周,带负电的电子则沿着特定的轨道绕着它运行。这很像一个行星系统(比如太阳系),所以这个模型被后人称为“行星系统”模型。卢瑟福的原子模型大部分体积是空的,电子按照一定轨道围绕着一个带正电荷的、体积很小的原子核运转。

卢瑟福原子模型的主要内容:

原子的大部分体积是空的。在原子的中心有一个体积很小的原子核。原子的全部正电荷在原子核内,且几乎全部质量集中在原子核内部。带负电的电子在核空间进行绕核运动。

卢瑟福在其原子模型中,首次提出了原子有核的观点,这是卢瑟福的有核原子模型对人类认识原子的微观结构真实性的巨大而卓越的贡献。

第三阶段：现代量子力学观念下的原子结构模型

(1)玻尔的量子化单电子原子模型

麦克斯韦创立的电磁场理论指出，带负电的电子绕着带正电的原子核运转，这个体系是不稳定的。两者之间会放射出强烈的电磁辐射，从而导致电子一点点地失去自己的能量。由于电子能量的逐渐减小，其运行半径随之逐渐缩小。直到最终被原子核上“俘获”为止，且该过程瞬间即告完成。

但是，卢瑟福有核模型是经过 α 粒子散射实验所证实的。如果，电磁场理论不能给予合理解释卢瑟福的有核模型或者其解释与存在事实相反，作为卢瑟福的门徒玻尔对此判断是：电磁理论可能不适用于有核模型的微观结构，而不是卢瑟福有核模型理论缺少可靠的科学依据。

玻尔在其后的研究中一是借助了德国物理学家、量子力学的创始人马克斯·普朗克普朗克的经典量子公式：

$$E=h\nu$$

该公式中，E 表示能量，h 为普朗克常数，ν 为辐射或吸收谱线的频率，其中，普朗克常数决定了微观粒子体系在释放或吸收能量时，只能是某一特定整数值的整倍数，绝无小数出现。二是参考了瑞士数学教师巴尔末提出的用于表示氢原子谱线波长的经验公式：

$$\lambda=B\frac{n^2}{n^2-4}$$

巴尔末公式里的变量 n，其取值范围必须是大于 2 的任何正整数，即 n 可以等于 3，可以等于 4，但不能等于 3.5 或其他非正整数，显然，n 具有量子化的最显著、最基本的特征。由此判断：原子只能放射出波长符合某种量子规律的辐射，而麦克斯韦的电磁理论中是没有上述概念的。这足以说明，经典电磁理论确实不适用于描述、解释微观世界所特有的量子化属性。根据普朗克引出的经典量子公式：$E=h\nu$，频率(波长)是能量的量度，原子只释放特定波长的辐射，说明在原子内部，它只

能以特定的量吸收或发射能量。

原子内部只能释放特定量的能量，说明电子只能在特定的“势能位置”之间转换。也就是说，电子只能按照某些“确定的”轨道运行，这些轨道，必须符合一定的势能条件，从而使电子在这些轨道间跃迁时，只能释放出符合巴尔末公式的能量来。而在巴尔末公式里又恰恰找不到符合电子“坠落”到原子核上时释放的能量所对应的谱线，即氢原子的光谱线在事实上（因为巴尔末公式是经验公式，是在实验基础上获得的。）没有支持站在经典电磁理论立场上的观点；而反过来说，或至少说，氢原子的光谱线在事实上没有与卢瑟福的有核模型对立。玻尔由此推断：

光谱的谱线是由电子在不同势能的位置之间移动而放射出来的。

在这里，不同势能的位置之间所对应的能量必须是整数，即必须符合量子化条件。

在卢瑟福模型里，电子像行星一样绕着原子核打转。当电子离核最近的时候，它的能量最低，可以看成是在“平地”上的状态。但是，一旦电子获得了特定的能量，它就获得了动力，向上“攀登”一个或几个台阶，到达一个新的轨道。当然，如果没有了能量的补充，它又将从那个高处的轨道上“掉落”下来，一直回到“平地”状态为止，且不能再继续“掉落”，同时把当初获得的能量再以辐射的形式释放出来。

在这一过程中，电子只能释放或吸收特定的能量（由光谱的巴尔末公式给出），而不是任意的、连续不断的。

氢原子的光谱线代表了电子从一个特定的台阶跳跃到另外一个台阶所释放的能量。因为观测到的光谱线是量子化的，所以电子的“台阶”（或者轨道）必定也是量子化的。假设连续而取任意值，相当于出现既不在上一个台阶，也不在下一个台阶，悬浮在两级台阶之间的情形：在事实上，这恰恰是电子在层级之间跃迁的禁区，它不可能出现在那里。玻尔所有的这些思想，转化成理论推导和数学表达，并以三篇论文的形式最终发表。这三篇论文题名分别为《论原子和分子的构造》《单

原子核体系》和《多原子核体系》，于 1913 年 3 月到 9 月陆续发表在《哲学杂志》上。这就是量子物理历史上划时代的文献。

由于玻尔的上述研究基于巴尔末公式及普朗克的能量量子化公式，而巴尔末公式是对氢原子特征谱线的经验公式，故对玻尔的原子结构理论称为量子化单电子原子模型。

第四阶段：当代多电子原子结构理论

当代原子结构理论的主要内容是以量子力学和量子电动力学为理论基础，以现代原子光谱实验技术和光谱实验数据为依托，以现代数值计算方法为手段，结合原子结构本身特点，建立一套有关原子结构计算的系统方法，其中薛定谔方程最为著名。

(1)薛定谔方程

法国物理学家德布罗意指出，微观粒子也像光一样具有波粒二象性，该假说被美国物理学家戴维逊和革末利用“电子的晶体粉末散射实验”证实，薛定谔通过类比光谱公式成功地发现了可以描述微观粒子运动状态的方法——薛定谔方程。

利用薛定谔方程的解即可获得所谓波函数的性质，现在化学领域里使用如下的概念即来自于薛定谔方程的解：主量子数、角量子数、磁量子数。

原子核外电子的运动状态，必须由 4 个量子数同时决定，因此，薛定谔方程的解中并不包括第 4 个量子数即自旋磁量子数。

因此，虽然自旋磁量子数不是薛定谔方程的解，但是作为实验事实仍被接受下来。

薛定谔方程的解释义：

①主量子数

主量子数 n　四个量子数中，n 被称为主量子数。它是和电子能量有关的量子数。原子具有分立能级，能量只能取一系列值，每一个波函数都对应相应的能量。氢原子以及类氢原子的分立值为：

En＝－1/n＊2×2.18×10＊(－18)J，n越大能量越高电子层离核越远。主量子数决定了电子出现的最大几率的区域离核远近，决定了电子的能量。N＝1，2，3，……；常用K、L、M、N……表示。

主量子数n简释　原子核外的多个电子是分层排布的，即离核有远近之分。

决定离核远近的是电子自身的能量高低，能量越高电子层离核越远，反之，离核越近。根据微观粒子的量子化特性，n只取正整数，实际取值范围是1～7。

②角量子数

角量子数L　角量子数L和能量有关的量子数。电子在原子中具有确定的角动量L，它的取值不是任意的，只能取一系列分立值，称为角动量量子化。L＝$\sqrt{l(l+1)}\cdot(h/2\pi)$，l＝0，1，2，……(n－1)。l越大，角动量越大，能量越高，电子云的形状也不同。l＝0，1，2，……常用s，p，d，f，g表示，简单的说就是所谓的电子亚层。角量子数决定了轨道形状，所以也称未轨道形状量子数。s轨道为球型，p轨道为哑铃型，d轨道为花瓣，f轨道更为复杂。

角量子数L的简释　电子的角量子数与亚层相关　电子亚层的概念光谱分析说明原子核外的能级在主能级的范围内，不同形状的电子云表现出细微的能量梯度，这说明，在主能层之内，还存在着能量梯度较小的亚层。

电子亚层分类　电子亚层目前确定有s亚层、p亚层、d亚层、f亚层、g亚层。电子亚层能量梯度产生的原因由于s轨道、p轨道、d轨道、f轨道的形状各异，分别为球形、哑铃形、花瓣形，类似更为细长、复杂的花瓣形。亚层轨道的形状不同，使得它们在原子核外空间的伸展程度出现细微的差异，由于电子离核远近是由电子自身携带的能量高低不同造成的，所以这种伸展程度出现细微的差异，必然是各亚层电子携带的能量高低差异造成的，或者说，各亚层电子轨道在原子核外空间