

无机及分析化学



学习指导书

★ 田荷珍 主编



高等教育出版社

无机及分析化学 学习指导书

(京) 112号

无机及分析化学学习指导书

田荷珍 主编

*

高等教育出版社出版
新华书店总店科技发行所发行
北京印刷一厂印装

*

开本850×1168 1/32 印张10.375 字数260 000

1988年5月第1版 1992年10月第5次印刷

印数14 344—21 955

ISBN7-04-000998-6/O·562

定价 4.40元

写 在 前 面

在本世纪的六十年代,电视教育在中国这块土地上应运而生,如今进入了信息时代,中国教育电视的播出开辟了我国利用电视卫星进行教学的新阶段,这必将大大地推进我国广播电视教育事业的蓬勃发展。

众所周知,卫星电视教育覆盖面广,可以传送到广大地区,隶属于远距离教育。伴随着音响教材的播出应当有配套的文字教材。《无机及分析化学》学习指导书就是杨克用副教授为生物专业编写的《无机及分析化学》教材的配套参考书。它是在职教师自学进修的良师益友。

《无机及分析化学》是为生物系学员开设的一门化学基础课。近年来,生物学科的迅速发展和化学、数学、物理等基础学科的相互渗透更为深入,因此生物系学员对化学知识的学习应有更高的要求。本门课程是中生物教师的整体知识结构及能力结构的重要组成部分,是专业学习的基础。

鉴于播出的时数有限,播出只能是讲重点、讲难点,为便于学员自学提供一定数量的演示实验,通过形象化教育的手段强化所学的概念和增强记忆。这本学习指导书将为学员提供简明扼要的小结,丰富翔实的复习资料以及灵活多样的自检题。总之,在这本小册子里不但告诉学员应该掌握些什么,而且还指导学员怎样去掌握。我们诚挚地希望本书为进修高等师范专科的学员起到积极的作用。本书也可作为电大、职大、函授大学的教学参考书。

本书第一单元至第九单元由北京师范大学化学系田荷珍副教授执笔,第十、十一单元由北京师范大学化学系迟兴婉副教授执

笔，在完稿过程中曾得到王世华副教授的帮助和斧正；本书由清华大学王致勇副教授审稿，提出许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

编者才识浅薄，错误在所难免，尚望读者多加指正。

编者识

1987.7 于北京师范大学

导 言

“重要的不是知识的数量,而是知识的质量。有些人知道得很多但却不知道最有用的东西。”

——列夫·托尔斯泰

化学发展的历史雄辩地证明了它作为一门基础课的重要性。原美国化学会会长西博格 (G. T. Seaborg) 在美国化学会成立一百周年纪念会上的讲演中曾预言:“化学必将有指数的而不是线性的增长。化学将在它对人类生活的影响方面发挥日益重大的作用。”在这浩瀚的知识宝库里,应当选择哪些最有用的知识教给大家呢?这正是本课程所要探索的。

一、我们的目的

作为一名合格的中学教师,应当精通所教的学科。对于生物专业的学员必须要掌握化学学科的一些基本内容和基础知识。为此目的,《无机及分析化学》这门课程,根据生物专业的特点和需要,为大家介绍一些近代化学的基本原理、元素及其化合物的重要化学性质以及定性分析和定量分析的基础知识和基本原理。这样势必造成本课程内容跨度大,学员在学习时可能会感到不习惯,为此,我们尽可能深入浅出地抓住各部分最重要的内容进行讲授。对知识点的学习将分三个层次:

1. **了解 (understand):** 要求学员知道“是什么”。也就是说要求学员会从已学过的知识或素材中能进行识别“是什么?”

2. **懂得 (Comprehension):** 要求学员懂得“为什么”。也就是要求学员从所学过的知识中把握其内在联系。

3. **掌握 (master):** 要求学员知道“怎样用”。也就是在理解的基础上要求学员对所学的内容做到学以致用,具有一定的举一

反三、触类旁通的能力。

这种分层次的要求，使我们的整体知识结构趋于更加合理。

另一方面为使本书有利于学员能力的培养，提倡多想、多动手、多做自检题。

二、你们的目的

多年来根据我们的经验，以及收集到学员的反馈信息，学员对这类教材的要求大致有以下几点：

1. 希望对主体教材各章的重点、难点给予剖析，有助于透彻理解；
2. 渴望在学习方法上得到指点，使学习少走弯路；
3. 基础较好的学员还希望能在主体教材基础上适当扩大知识面，以便开阔知识视野。

但愿本书能成为教师与学员之间的桥梁。

三、学习方法指南

《无机及分析化学》是包括无机化学与分析化学基本原理和基本知识的一门基础课程。《无机化学》是研究元素及化合物（烃及其衍生物除外）的制备、组成、结构、性质与反应的一门科学；《分析化学》是应用化学和物理学中的原理，测定物质的组成和结构，研究其测定方法及有关理论的一门学科。二者的共同基础为《化学原理》。如何在有限的时间内将上述基本内容学到手呢？

1. 应到事实中去探求。

我们的学习应当是“有血有肉”的，而不应该是枯燥乏味的。譬如电子波粒二象性一般是难以接受的，但它有充分的实验基础。通过阴极射线管的实验可以了解到，从阴极射出的电子流能推动小轮；在对阴极处能产生一个明显的阴影（见图0-1）；在磁场中阴极射线会偏转（见图0-2）等。这些事实说明电子具有粒子性。再通过电子衍射等实验可以了解到电子还具有波性。即电子既具有粒子性又具有波性。到化学事实中去探求，会使学员对化学有

亲近感，并能激发学员学习的兴趣，使理论学习寓于兴趣之中、寓于实践之中、寓于生活之中。

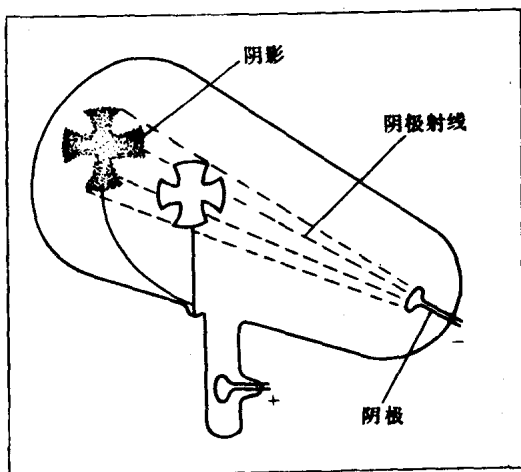


图 0-1 阴极射线管中的阴影

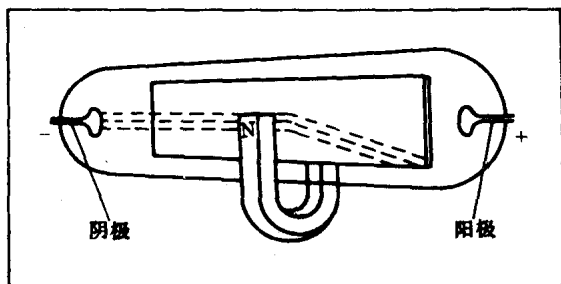


图 0-2 阴极射线在磁场中的偏转

2. 掌握重点，突破难点。

本课程所使用的教材共分十四章。第一至八章是化学原理部分。第九、十章是无机化学部分。第十一至十四章是分析化学部分。每一章学习必须注意掌握重点、突破难点。凡属重点一定要

学懂，对难点内容要做具体分析，有的难点亦是重点，有的难点并非重点。譬如四个量子数与波函数是难点又是重点；酸碱指示剂中，指示剂的变色区域是重点，至于变色的原理即指示剂结构变化是一个难点，但不是重点。

3. 让“点的记忆”汇成“线的记忆”。

记忆力的培养在本门课程中显得相当突出。可是对成年人来说，善于思考、善于分析，而记忆力较差，在学习中应努力克服这一弱点。记忆的“诀窍”是反复理解与应用。记忆力的培养应有四个指标：记忆的正确性、敏捷性、持久性和备用性。平时我们的电视面授尽量对一些问题通过多种媒介手段来加深学员的印象，然后再进行分析。历届学员反映，对元素分论部分学起来总感到反应方程式难记易忘。我们认为，对待化学的事实、化学的反应如同学习英语单词一样要天天记、做卡片记或绘成“联络图”记，每当重复一次就能加深一次印象和理解。应当指出，对于那些能举一反三的实例应给予足够的重视，把“一”记住了，真正理解了，“一”可变成“三”，另外通过归纳、寻找联系，可以由“点的记忆”汇成“线的记忆”。

4. 着重培养自学的能力。

本门课程电视面授时数为50学时。要想学好本课程，要求学员不断提高自学能力。为弄清一个概念或一个定律、需要学员阅读“主体教材”和“学习指导书”外，还引导有条件的学员参阅各类参考资料，借以提高自学能力。学习时应注意“薄厚互换”，即为了弄清一个概念或一个定律时，需要使自己的学习内容大幅度增加，即“由薄到厚”，一旦抓住了本质，经过认真消化和吸收，于是就“由厚到薄”，这也反映了人对客观事物的认识规律。

四、回顾与展望

1. 历史上的化学

翻开人类文明的历史，我国是世界最文明的国家之一，有文

字可考证的历史就有四千余年。而化学史是研究化学的萌芽、发生和发展的历史。一部化学史不仅记录了化学的发展过程，还记载了许多化学家的生平轶事。有人风趣地说：“化学史很象是一座天然的博物馆。”从我国的四大发明来看，其中有两项（造纸术和火药）是隶属于化学的范畴，我国在造纸术、火药及金属冶炼方面有着悠久的历史，而且在相当长的一个时期内处于遥遥领先的地位。早在公元前14世纪的殷商时代，我国的炼铜技术已经十分发达，青铜技术也高度发展，从此形成了世界上最早的对合金规律的认识。大约在春秋末期，我国又掌握了快炼铁的冶炼和生铁的冶炼技术，生铁的冶炼技术比西方要早二千多年，灌钢技术比欧洲早一千多年。我国还是世界上最早冶炼金属锌，制造铜锌合金、铜镍合金和铁合金的国家。

恩格斯说过：“炼丹术是化学的原始形式。”炼丹术在我国起源最早，它与后来的本草学一起，构成了中国古代化学研究的基本内容。在炼丹术和本草学中已经涉及到无机强酸、有机酸、植物碱、无机盐、铅、汞和硫等方面的化学知识。应该指出炼丹的目的是带有迷信的色彩，但炼丹者长年累月在深山老林里利用实验手段实现许许多多化学变化和无机合成，为化学的发展积累了丰富的科学资料。我国古代有关化学的论述如：贾思勰的《齐民要术》、沈括的《梦溪笔谈》、宋应星的《天工开物》和李时珍的《本草纲目》等，都包括了大量的古代化学知识，由于化学知识的不断积累和丰富，中国古代瓷器、漆器、酿酒、冶炼、制药、兵器、货币等工艺方面都走在世界的前列。

那么，我国近代在化学方面又有哪些成就呢？我国科学工作者于1965年在世界上第一个用化学方法合成了蛋白质即结晶牛胰岛素，并于1971年、1972年又分别完成了胰岛素晶体结构的测定，分辨率为 2.5×10^{-10} 米和 1.8×10^{-10} 米。到了1981年底，中国科学院上海生物化学研究所等单位又完成了酵母丙氨酸转移核糖核

酸的研究，这是人工合成牛胰岛素之后取得又一重要成就，这标志着我国在人工合成生物大分子的研究方面，继续居于世界先进行列。

在化学事业发展的进程中也涌现出一大批化学家。从中外化学家的生平轶事中，我们可以看到许多科学家为了崇高的目标探求真理造福人类的献身精神，并且从中得到启迪。譬如1886年6月法国科学界发生了一件特大的新闻，巴黎药学院一位年轻的助教学亨利·莫瓦桑(H·Moissan)分离单质氟第一次获得成功。氟是在所有的非金属中最活泼、电负性最大，为有毒的气体。莫瓦桑不顾个人安危，在实验室分离氟的时候，曾经四次中毒，但他仍顽强地坚持到底，由于他突破了无机化学中最大的难题之一，所以他在1906年荣获诺贝尔化学奖。诺贝尔(A·Nobel)的名字大家可能都很熟悉，他是瑞典有名的化学家、工程师和实业家。他以百折不挠的精神发明了黄色炸药和许多威力更大的炸药，一生共获得255项科学发明专利权，还慷慨地设立了国际上最高的荣誉奖，它们是：和平奖、文学奖、物理学奖、化学奖、生理学奖(或医学奖)和经济奖等六项诺贝尔奖。八十多年来在自然科学方面已经有378名科学家获奖，其中化学奖就有106人大约占获奖人数的三分之一。诺贝尔奖作为一种崇高的科学奖和荣誉，鼓舞着科学家和有志者在科学的道路上不畏艰险，奋力攀登。譬如俄国化学家门捷列夫(Д·И·Менделеев)，在研究元素周期律取得成功之后，深有感触地说：“周期律理论这个课题折磨我二十年之久”。可见门捷列夫的成功并不是轻而易举的。我国明代药物学家李时珍著的《本草纲目》记载了1892种药物，他整整化费了二十七个春秋，付出了艰辛的劳动……

化学发展的历史证明化学作为一门基础科学对于各种科学技术的发展都具有重要的意义。

2. 化学与现代化的关系

化学与现代工业生产关系是十分密切的，以一门基础学科来命名的工业，迄今为止还仅有“化学工业”。如果我们用化学的眼光来观察一下周围的物质世界，人们对自然界中沉睡万年的煤、石油和矿藏的开发，钢铁和水泥的生产，人类的衣食住行、空间技术以及环境工程等，无不与化学学科息息相关。

本世纪以来，化学工业在各工业国家得到蓬勃发展，对整个世界经济起着积极的推动作用。科学技术每前进一步都会使社会生产获得一次大发展，人类社会也就会产生一次飞跃。因此，科学技术的发展水平是社会发展的标志之一。化学又是科学技术的重要组成部分。

从学科的角度看，化学学科分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、结构化学等。分析化学是一个既老又新的分支。在化学史上，一些基本定律的发现和建立，都与分析化学的卓越贡献分不开的。在现代化学中，随着科学技术的发展，对分析化学的要求也愈来愈高。分析化学不仅广泛应用于化学领域，而且还广泛地在生物、医药、农业、地质、矿物、天文、考古等学科中得到应用。任何科学部门，只要涉及到化学现象，分析化学就要作为一种手段而被应用到研究中去。譬如象我们这样一个人口众多的国家，粮食的生产是关系到国计民生的重要问题，要提高粮食的数量和质量，分析化学承担了土壤的普查、作物营养诊断、化肥及农产品的检验。再说在工业生产上，从原料投产到生产过程直至产品出厂，无不要分析测试把关。譬如：在炼钢厂中，炉前分析是决定钢的质量以及降低成本的关键，倘若能提早一分钟测知钢的成分，燃料的消耗、材料的损耗将能降低很多。因此，有人风趣地说“分析测试是生产的眼睛。”这句话并不夸张。

工业生产的发展，引起的环境污染是一个不容忽视的问题，据统计，世界上每年有五百多万人死于癌症，而环境污染和癌症的发病率有直接关系。如何防止癌症的发病率是大家所关注的。

在查明病因中，分析监测是必不可少的手段。目前通过分析手段以及结合统计调查已查明2,4-联苯胺,3,4-苯并芘等是致癌物质。除了癌症外，通过分析还得知人体中缺硒(Se)会得犬骨节病，人体中钴(Co)的过量可能是心血管病的预兆。综上所述，分析化学无论对国民经济还是对生命科学与健康都有极其重要的意义。

3. 未来的化学

倘若用化学的眼光来展望未来，那么你会发现在未来的世纪里，人的聪明智慧将会得到更好的发挥，社会物质生活将会更充裕，而化学这门科学将会对人类作出更多的贡献。

“如果说20世纪是合成化学的时代，那么可以预言，21世纪将是生化工程的时代。”人类掌握合成氨工艺，会使用化肥这仅始于本世纪初，即第一次世界大战期间，德国化学家哈伯(Haber)于1909年提出了大气中氮气转化为氨的实用操作法，当初他才合成了4公斤液氨，到了本世纪的80年代，合成氨的年产量已达1.3亿吨，致使粮食得到增产。毫无疑问的，人类掌握合成氨是一种技术进步的标志，但是人类毕竟是花费了很大力气才合成的。众所周知，合成氨的条件苛刻，需要高温、高压。然而大自然中豆科植物根部的根瘤菌却不声不响地从大气中将氮转变成氨的化合物。有人粗略估计，世界上每年由根瘤菌吸收的氮就不下于2亿吨。因此，人类能模拟根瘤菌固氮要比人工合成氨省能源、省材料等。模拟生物固氮是一个具有巨大经济意义和科学价值的重要课题。生物界实现反应的显著特点是高效、专一与条件温和，其优越性比人工操作高明得多，这也是当今的化学工艺过程所望尘莫及的。倘若能在分子级水平上模拟生物的功能，将生物的功能原理应用于化学，改善现有的化学工艺，必将创造出崭新的化学工程。这样一个尖端科研课题，科学家正在努力攀登。

“未来的一个世纪将是由新材料支撑的新产业革命时代”。我

们知道发展新材料具有重大的战略意义，因为它是发展新技术的物质基础。当代物质文明的三大支柱是材料、能源和信息。近些年来，材料科学正酝酿着较大的突破，加速研制性能优异、综合价值高的新材料，开辟新的应用领域，这已成为引人瞩目的新动向。譬如最近我国在超导研究中又有新的进展，据报导于1987年4月7日中国科学院化学所研制成功液氮温度的超导线材，经这个所的测试和中国科学院物理所的复试，线材的零电阻为83.7 K，同时出现抗磁性，这是我国超导研究的又一重大成就。

展望未来，人类世界面临着的一系列的重大难题，如粮食匮乏、环境污染、能源不足等，这些问题的解决都离不开化学的知识。由此可见，化学将会对人类社会作出更大的贡献。

目 录

写在前面	1
导言	1
一、我们的目的	1
二、你们的目的	2
三、学习方法指南	2
四、回顾与展望	4

第一单元 化学基本概念和定律

一、跟我学——重点、难点剖析	2
(一) 国际单位制 (SI) 的使用知识	2
(二) 摩尔与摩尔质量	3
(三) 物质的量浓度	5
(四) 与本课程有关的一些 SI 导出单位	5
(五) 物质的量与其他物理量的换算	6
(六) 气体定律和分压定律	6
(七) 化学反应的能量变化	12
二、帮你学——典型例题解析	14
三、试试看——自我检查题	18

第二单元 水、溶液、胶体

一、跟我学——重点、难点剖析	23
(一) 水有哪些反常的物理性质? 为什么?	23
(二) 溶液的浓度及其计算	24
(三) 稀溶液的依数性	27
(四) 胶体的性质与结构	30
二、帮你学——典型例题解析	32
三、试试看——自我检查题	38

第三单元 原子结构

一、跟我学——重点、难点剖析	42
(一) 能量的“量子化”	42
(二) 电子云的概念	45
(三) 四个量子数的物理涵义和相互关系	51
(四) 电子排布的理论依据, 技巧和应注意的问题	55
(五) 原子结构与元素周期系	60
(六) 原子某些性质的周期性	63
二、帮你学——典型例题解析	71
三、试试看——自我检查题	75

第四单元 化学键与分子结构

一、跟我学——重点、难点剖析	83
(一) 化学键及其类型	83
(二) 离子键和离子晶体	84
(三) 共价键理论	86
(四) 轨道杂化理论	89
(五) 分子轨道理论(MO) 简介	95
(六) 分子的极性和分子间的作用力	97
(七) 晶体的类型	98
二、帮你学——典型例题解析	99
三、试试看——自我检查题	106

第五单元 化学反应的控制

一、跟我学——重点、难点剖析	109
(一) 化学反应速度的涵义	109
(二) 反应的活化能	110
(三) 影响反应速度的因素	112
(四) 化学平衡	115
二、帮你学——典型例题解析	117
三、试试看——自我检查题	125

第六单元 物质在水中的行为

一、跟我学——重点、难点剖析	128
(一) 电解质与非电解质	128
(二) 酸与碱	132
(三) 指示剂	141
(四) 盐的水解	144
(五) 难溶强电解质的溶解平衡	144
(六) 氧化与还原	146
(七) 氧化还原反应式的配平	149
(八) 氧化还原反应和电化学	151
二、帮你学——典型例题解析	159
三、试试看——自我检查题	169

第七单元 配位化合物

一、跟我学——重点、难点剖析	176
(一) 定义和命名总则	176
(二) 配位键理论	178
(三) 配合物在溶液中的状况	180
二、帮你学——典型例题解析	181
三、试试看——自我检查题	188

第八单元 主族元素化学

一、跟我学——重点、难点剖析	194
(一) 位置与电子构型	194
(二) 价键类型	197
(三) 歧化反应与元素电势图	200
(四) 等电子体	204
(五) 重要化学反应类型	205
(六) 离子鉴定	210
二、帮你学——典型例题解析	211
三、试试看——自我检查题	218