

·定性分析化学·

林树昌 郭金雪 耿 秀 等编

北京师范大学出版社

定性分析化学

林树昌 郭金雪 等 编
耿 秀



北京师范大学出版社

内 容 简 介

本书是北京师范大学化学系所使用的教材。全书分原理和实验两部分,原理部分包括:绪论、定性分析概论、阳离子的分析、阴离子的分析、固体物质的分析等五章。实验部分包括:阳离子分组的分析练习、未知液的分析练习、阳离子分析方案的设计、阴离子的分析以及固体未知物的分析等15个实验。

本书可供大专院校作教材或教学参考书,亦可作函授、师资培训或自学的教材或教学参考书。

定 性 分 析 化 学

林树昌 郭金雪 等 编
耿 秀

*

北京师范大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 9 字数: 195千

1984年12月第1版 1984年12月第1次印刷

印数: 1—17,600

统一书号: 13243·60 定价: 1.95元

前 言

本书是在林树昌同志主持下，为北京师范大学化学系本科生编写的定性分析化学教材。这门课的教学方法以自学和实验为主，辅以讨论和“开放实验室”。因此，在编写中注意体现以下几个特点：

（一）在各章之始，注意说明教学的目的和要求，以及学习、领会问题的思想方法，以利培养学生独立学习和思考问题的能力。

（二）注意观点和材料、原理和实验的紧密结合，并力求材料充实、观点明确，以便培养学生分析问题、解决问题的能力 and 树立辩证唯物主义的观点。

（三）侧重定性地说明化学道理，同时重视近似地定量计算，以期有助建立“量”的概念。

（四）阳离子定性分析以硫化氢系统分析法为主，同时也介绍了分别分析，并辅以学生自行设计分析方案和未知液的分析练习，使学生能灵活运用系统分析和分别分析。

（五）针对内容的重点和难点，选编了一些习题和思考题，便于学生复习、讨论和加深理解。

本书原理部分由林树昌（第一、二章）、郭金雪（第三、五章）、耿秀（第四章）编写。实验部分由郭金雪、庄梅初、耿秀、曾泳淮、赵慧春编写。刘承桂同志汇编了《附录五》。在成书之前，每届使用后，都听取教师 and 学生的意见作过修改。曾应用这份教材进行教学实践的教师有：郭金雪、庄梅

初、耿秀、赵慧春、谭梦志、迟兴婉、曾泳淮、赵新华、李华民等同志。迟兴婉同志对第三章内容曾提过一些意见。修改后，由林树昌通读定稿。

由于教学实践较短，编者学识有限，本书必有不妥和错误之处，热切期望读者给予批评指正。

承蒙吴立民教授审阅了书稿，并提出许多宝贵意见，对此深致谢意！

编者 1983.10

目 录

原 理 部 分

第一章 绪论	(3)
第一节 分析化学的任务和作用	(3)
第二节 分析化学的分类	(6)
第三节 分析化学课的内容和要求	(7)
第二章 定性分析概论	(9)
第一节 定性分析的任务及其在学习分析化学中的 作用	(10)
第二节 鉴定反应的特点和反应进行的条件	(11)
第三节 定性分析方法的灵敏度和鉴定反应的选择性	(19)
第四节 系统分析和分别分析	(32)
第五节 空白试验和对照试验	(36)
第三章 阳离子的分析	(43)
第一节 常见阳离子的分析分组	(44)
第二节 阳离子第一组的分析	(46)
第三节 阳离子第二组的分析	(64)
第四节 阳离子第三组的分析	(98)
第五节 阳离子第四组的分析	(125)
第六节 阳离子第五组的分析	(137)
第七节 阳离子第一至五组混合溶液的分析	(145)
第八节 阳离子未知溶液的分析	(151)
第四章 阴离子的分析	(164)
第一节 阴离子的分析特性	(165)
第二节 阴离子的分析	(169)

第五章 固体物质的分析 (187)

第一节 一般分析步骤 (187)

第二节 单盐、混合盐的分析 (198)

实 验 部 分

做好定性分析实验的要求 (205)

半微量定性分析的主要仪器和操作技术 (207)

实验一 实验器皿的准备 (215)

实验二 鉴定反应的条件 (216)

实验三 第一组阳离子的分析 (220)

实验四 第二组阳离子的分析 (223)

实验五 第一、二组阳离子定性分析方案的设计 (230)

实验六 第三组阳离子的分析 (231)

实验七 第一、二、三组阳离子未知液的分析 (236)

实验八 第四、五组阳离子的分析 (237)

实验九 第三、四、五组阳离子未知液的分析 (243)

实验十 第一至五组阳离子定性分析方案的设计 (243)

实验十一 第一至五组阳离子未知液的分析 (244)

实验十二 阴离子的初步试验 (244)

实验十三 阴离子混合液的分析 (247)

实验十四 阴离子未知液的分析 (250)

实验十五 固体未知物的分析 (250)

附录 (252)

主要参考书 (277)

原 理 部 分

第一章 绪 论

当同学们开始接触这门课时，先大致介绍一下：什么是分析化学？这门学科都包括些什么内容？我们的课是怎样教？如何学？

第一节 分析化学的任务和作用

科学是生产力。自然科学是人类向自然作斗争的工具；它是人们在生产斗争和科学实验中，认识和运用自然变化规律的总结。科学家们根据这些经验总结所涉及的对象和任务的不同而把它分为各种学科，研究和总结有关物质发生化学变化规律的就是化学学科，或简称之为化学。在化学这个学科领域里，又根据研究的对象、任务和方法的不同，形成各种学科分支。例如，研究无机化合物化学变化规律的，就是无机化学。分析化学则是研究鉴定物质的化学结构和组成，以及研究测定有关组分含量的方法和原理的。它也是化学学科的一个重要分支。

例如，从月球上取回一些岩石样品，想要了解月球和地球的岩石组成有何异同，从而推断月球和地球的形成过程有无联系。这首先要应用分析化学的知识把月球的岩石样品进行分析，了解它都含有哪些元素，以及各种元素的组成含量，然后才能进行其它方面的研究和推证。

又如，在人工合成胰岛素的研究中，首先就要了解：胰岛素是由哪些元素组成的？这些元素在胰岛素中的含量比是

多少？这些元素都形成些什么官能团？这些官能团在胰岛素分子中又是怎样结合排布的？只有了解到这些情况之后，才能进行人工仿造。而上述这一系列问题的解决都离不开分析化学。在科学实验领域里，凡是研究具体物质变化规律的问题，都须借助分析化学的手段，了解该种物质在特定的条件下所发生的质和量的变化，从而总结出有规律性的新发现。所以在自然科学领域，有关基础学科或应用学科的研究单位，都配备有一个相应水平的中心分析室，否则他们工作的进展就要受到牵制。

又如，在环境保护方面：对污染的监测；了解污染物质在不同环境介质中的迁移转化规律，探讨环境容量；研究生态平衡，提高环境质量；以及评价和治理工农业生产对环境产生的污染等。这些与人类生存和发展密切相关的环境保护工作和环境科学的研究工作，都需要分析化学的手段和知识。

此外，在工、农业生产实践中，分析化学也有广泛的应用。例如，在农业生产上，土壤是最重要的生产资料。庄稼主要是从土壤里吸取各种养分。土壤能供给哪些营养元素？它们的含量是多少？这些营养元素都以什么形态存在？当各种自然条件改变时，以不同形态存在的营养元素又是如何循环变化的？这些问题都须有分析化学手段的配合，才能得到正确的了解。只有解决了上述问题，人们才能通过施肥等措施，控制生物学小循环，从而达到提高农业生产的目的。因之，农业科学研究院、农业科学研究所、农业生产技术推广站以及有条件的农场和社队，都要做些分析化验工作。

在工业生产上，分析化学应用得更广泛。例如，开发矿山和开采石油时，矿石和原油的品位高低，品质的优劣，都

要靠分析化验作出判断。对于工业原料的选择、工艺流程的控制，工业成品的检验，新产品的试制，以及废水、废渣、废气的综合利用，都必须以分析结果为重要依据。所以许多具有一定生产规模的工厂都配备有化验室。

当然，与国防有关的工业和科研单位，也和其它部门一样是离不开分析化验工作的。就是公安部门为侦察破案，也时常需要分析化验工作的配合。所以这些部门也设有从事分析化验工作的专门机构和有关专业干部。

分析化学在医药卫生方面也有极其重要的作用。特别是药剂的规格检验；配合诊断和治疗的化学化验；以及病理和药理的研究，都直接应用分析化学的理论和技術。

综上所述，可见分析化学在解决各种理论和实际问题上起着巨大的作用。它在我国社会主义“四个现代化”的建设中有着广泛的应用。因此，各类高等院校与化学有关的专业都设有适当比重的分析化学基础课。

对于北京师范大学化学专业的学生，学习分析化学尤为重要。作为一位中学化学教师，如果对化学学科的发展起着前哨作用的分析化学，对化学知识具有广泛而直接应用的分析化学，不甚了解；就难以成为对化学专业知识有所掌握的教师，就不能把所教的学生引进化学知识的门径。那种认为在现行中学教材中直接讲述分析知识不多，而主张在师范院校分析化学不是主要基础课的看法，是不妥当的。

分析化学不仅应用的领域非常广，它所采用的方法也多种多样。多年来人们从各种不同角度，如根据分析工作的目的、任务、对象、方法和原理的不同，进行了多方面的研究和总结。因此，在分析化学这个领域里又分成了好多门类，也出现了各种各样的分析化学门类的名称。为使同学们对本课

所包括的内容有大致了解，便于挑选适宜的参考书，再介绍一下分析化学的分类。

第二节 分析化学的分类

对一门知识作各种各样的分类，是为便于从不同侧面对某一类问题进行研究和总结。这如同对人的区分一样，如果是从生理学方面研究，往往把人以性别区分为男人和女人；如从心理学方面研究，又常以年龄特征分为儿童、青少年、成人和老年；如从政治工作上考虑，又可分为不同国籍、阶级或阶层。分析化学的分类也类似这个道理。

(一) 如果根据分析的目的和任务可以把分析化学(analytical chemistry)区分为：

结构分析 (structural analysis)：了解物质的分子结构和晶体结构；

成分分析 (component analysis)：了解物质的组成。根据进行成分分析的目的，又可分为：

定性分析 (qualitative analysis)：鉴定物质是由哪些元素、原子团、官能团或化合物所组成的；

定量分析 (quantitative analysis)：测定物质中有关组分的含量比。

(二) 如从分析对象的化学属性可分为：

无机分析 (inorganic analysis)：分析的对象是无机物，主要是进行定性、定量分析，有时也要作相分析；

有机分析 (organic analysis)：分析的对象是有机物，主要是进行官能团的鉴定，组成元素的定性、定量和结构分析。

(三) 按分析时所依据的物质的性质可区分为：

化学分析 (chemical analysis): 以物质所发生的化学反应为依据, 进行定性和定量分析;

仪器分析 (instrumental analysis): 以物质所发生的物理或物理化学性质的变化为依据的分析方法。因为这类方法都需要较特殊的仪器, 故近来都称之为仪器分析。

(四) 按分析时所需试样的多少, 又可分为:

方 法 名 称	所需试样重 (mg)	所需试液体积 (ml)
常 量 分 析 major analysis	100—1000	10—100
半 微 量 分 析 semimicro analysis	10—100	1—10
微 量 分 析 microanalysis	0.1—10	0.01—1

(五) 依据所分析的组分在样品中的相对含量, 尚可分为:

方 法 名 称	相对含量 (%)
常 量 组 分 分 析 major constituent analysis	> 1
微 量 组 分 分 析 minor constituent analysis	0.01—1
痕 量 组 分 分 析 trace constituent analysis	< 0.01

我们对分析化学领域里分门别类的称呼有些了解后, 可再谈谈分析化学课的内容和要求。

第三节 分析化学课的内容和要求

根据我系培养目标所制定的教学计划, 开设三门分析化学基础课;

(一) 定性分析:

分析的对象是无机物; 采用半微量的实验方法, 也可称为半微量无机定性分析 (semimicro inorganic qualitative analysis)。

(二) 定量分析:

主要内容是学习化学定量分析, 实验是采用常量分析方法, 测定常量组分。

(三) 基础仪器分析:

主要内容为电化学分析法、光学分析法和色谱分析法, 实验方法属于微量分析, 所测组分为微量或痕量。色谱分析的对象主要是有机物。

这三门课在内容上互有联系, 是初步掌握分析化学理论知识和实验技能的三个环节。通过这三门课的学习, 要求同学们掌握分析化学的有关基本原理, 树立正确的量的概念, 正确地掌握分析化学的基本实验操作, 并初步具有分析和解决有关分析化学问题的能力。分析化学是一门实践性非常强的学科。无论在理论上理解得如何透彻, 但不能获得可靠的分析实验结果, 对解决实际问题是无意义的。因此, 学习分析化学时必须重视实验课, 对实验的各项操作必须严格遵守规程, 并要养成从事实验室工作的良好习惯。

复习思考题

1. 从自己的学习和生活实践中举出一例, 说明分析化学在某个领域中所起的重要作用。
2. “分析化学”与“化学分析”两个概念有何差别?
3. 在基础课中所要学习的“定性分析”、“定量分析”和“仪器分析”三门课的名称, 是依据什么分类的?
4. 结合自己在学习上的优缺点, 仔细思考一下, 怎样做才能学好分析化学。

第二章 定性分析概论

为使同学对学习定性分析课的目的要求有所了解；在学习本课中，能以正确的思想方法来处理所遇到的问题，不断提高学习质量；而安排了本章的教学内容。为达到预想的教学效果，要求在本课开始和进行到第二组阳离子分析实验之后，以及全课结束时，对本章内容反复自学三遍。不要求一下子把本章的内容领会透，要在学习本课中反复思考，逐渐理解和掌握。通过本章的学习要求能：

(一) 树立起一种观念，即：

任何化学反应都是物质在一定客观条件下所发生的化学变化。因此，任何化学反应只能在一定条件下发生，并达到与条件相应的反应完全程度。

(二) 明确两个问题，为：

1. 控制反应条件是应用化学变化规律的重要手段。在定性或定量分析中，必须依据所要求的准确程度，选用适当的化学反应，并严格控制反应条件，才能获得可靠的结果。

2. 有比较才能有鉴别。评价方法的好坏没有绝对的标准。只能是：根据分析工作的目的要求，在工作条件可能的范围内，挑选最简便而可靠的方法。当对分析结果产生怀疑时，应采用各种适当的对比方法进行确证和检查。

(三) 掌握三条界限，是：

1. 某种沉淀加入某一试剂后能否溶解，一般以能否在溶液生成 $10^{-2}M$ 浓度的离子为判断的尺度。

2. 试液中某种离子能否被加入某种试剂所沉淀,通常以该种离子存在浓度为 $10^{-1}M$ 时,能否与沉淀剂作用生成沉淀作为判断的依据。

3. 某种离子被分离或掩蔽得是否完全,以在溶液中该种离子残留的总浓度(或游离浓度) $\leq 10^{-5}M$,作为要求的界限。

第一节 定性分析的任务及其在学习分析化学中的作用

无机定性分析的任务是检出(detection)物质由哪些元素或原子团组成的,或鉴定(identification)某一物质是属于某种单质、化合物或矿物。当我们采用化学分析的方法对物质进行定性分析的时候,多是首先将要进行分析的样品制成溶液,然后借加入试剂后在溶液中所发生的化学反应,作出有无某种元素或原子团的判断*。因此,定性分析一般都是在检出有无某种阴、阳离子。在得知样品的组成成分之后,也就可以断定样品是属于什么物质了。在实际工作中所遇到要进行分析的物质,很少是一种纯净的单质或化合物,往往是组成比较复杂的。因此,在定性分析或定量分析中,对某一成分进行检出或测定时,常常会遇到其它共存组分的干扰。于是,在分析工作中又时常要进行分离处理,或将产生干扰的成分转化为不发生干扰作用的存在形态来掩蔽。故此,在定性分析化学中所讨论的问题有两个:一是有关离子鉴定反应的问题;二是有关离子的分离问题。但前者是定性分析的中心问题,后者是派生的。讨论分离总是为了完成鉴

* 这类分析方式称为湿法,如试样和试剂均为固体则称为干法。