

化工工人技术理论培训教材



仪 器 分 析

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心 组织编写

化 学 工 业 出 版 社

化工工人技术理论培训教材

仪 器 分 析

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

仪器分析/化学工业部人事教育司, 化学工业部教育培训中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 1997
化工工人技术理论培训教材
ISBN 7-5025-1762-6

I. 仪… II. ①化… ②化… III. 仪器分析-技术培训-教材 N. 0657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 14217 号

化工工人技术理论培训教材

仪 器 分 析

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑: 任惠敏

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 干 兵

化学工业出版社发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经售

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 17.25 字数 501 千字

1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—8000

ISBN 7-5025-1762-6/G · 445

定 价: 29.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要，提高工人的技术理论水平和实际操作技能，我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求，组织有关人员，编写了这套培训教材。

在教材编审过程中，遵循了“坚持标准，结合实际，立足现状，着眼发展，体现特点，突出技能，结构合理，内容精炼，深浅适度”的指导思想，以“等级标准”为依据，以计划和大纲为蓝图，从有利于教师教学和方便工人自学出发，力求教材内容能适应化工生产技术的发展 and 现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容，在编制教学计划和大纲划定时，我们在充分理解等级标准的基础上，吸取了国外职业教育的成功经验，对不同工种不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解，作为理论教学的基本单位，称之为“单元”。在计划和大纲中，168 个工种按五个专业大类（及公共课）将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动，我们把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起，分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册：《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写作》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

在教材编审过程中，尽管广大编审人员作了很大努力，但由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意。为此我们建议：

一、各单位在组织教学过程中，要按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学要与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容。以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中，如发现教材中存在一些问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

我们组织编写本套教材，得到了全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心
1996年3月

内 容 提 要

本书为化工分析工人培训而编，主要是讲述仪器分析基本知识
与操作方法。其中对于分光光度分析法，原子吸收分光光度分
析法，发射光谱分析法，气相色谱分析法，高效液相色谱分析法，
层析法，做了较为详细的介绍。而对于超临界流体色谱分析法、红
外光谱分析法、质谱分析法、核磁共振波谱法、电子顺磁共振波
谱法、X 射线荧光分析法等做了简单的知识性介绍。

413-191

1112

52

目 录

分光光度法 (分 020)

第一章 吸收光谱的基本知识	2
第一节 光的波粒二象性	2
第二节 电磁波谱	3
第三节 光的选择性吸收和电子跃迁	4
第四节 可见紫外吸收光谱的产生	8
第五节 电子跃迁与有机化合物的吸收	11
第二章 光吸收基本定律	14
第一节 朗伯定律	14
第二节 比耳定律	15
第三节 朗伯-比耳定律	15
第三章 显色剂和显色反应的条件	19
第一节 显色剂和显色反应	19
第二节 显色反应的条件	24
第三节 干扰离子的消除	28
第四章 比色分析的方法和仪器	36
第一节 目视比色法	36
第二节 光电比色法和光电比色仪	39
第三节 分光光度法和分光光度计	45
第四节 示差分光光度测定法	50
第五章 定性定量方法	57
第一节 定性分析	57
第二节 定量分析	59
思考题与习题	63
实验部分	65
第一节 比色分析中常用仪器的操作技术与维护保养知识	65
第二节 比色分析和分光光度法实验	79

实验一 工业盐酸中铁的测定 (目视比色法)	79
实验二 波长读数的校正	81
实验三 锅炉给水中铁的测定 (邻菲罗啉法)	83
实验四 混合液中 Co^{2+} 和 Cr^{3+} 双组分的光度法测定	86
实验五 高吸光度差示法测定镍	89
实验六 紫外吸收光谱的测绘和应用	91
参考文献	92
原子吸收光度分析 (分 021)	
第一章 原子吸收光度分析基本原理	95
第一节 共振线和吸收分析线	97
第二节 基态原子数与火焰温度的关系	98
第三节 吸光度与原子浓度的关系	100
第二章 原子吸收分光光度计	107
第一节 光源	108
第二节 原子化器	112
第三节 单色器	118
第四节 检测放大系统	122
第三章 工作条件的选择和测定方法	125
第一节 灯电流的选择	125
第二节 燃烧器高度的选择	126
第三节 助燃气与燃烧气的流量比	127
第四节 吸收波长的选择	128
第五节 单色器狭缝宽度的选择	130
第六节 原子吸收光谱分析的测定方法	133
第四章 干扰现象及消除方法	143
第一节 产生干扰的原因	143
第二节 干扰的消除方法	147
思考题与习题	153
实验部分	156
第一节 原子吸收分析实验技术	156
第二节 应用实例	160
实验一 水中痕量铅、锌和镉的测定	160
实验二 原子吸收法测水样中铜	162

附录 I 原子吸收分光光度计的一般使用方法及安全防护	166
附录 II 高压钢瓶的使用	168
附录 III 原子荧光分光光度分析简介	169
参考文献	173

发射光谱分析 (分 022)

第一章 光谱分析的基本原理	175
第一节 光谱分析概述	175
第二节 谱线强度与试样浓度的关系	178
第二章 光谱分析常用的仪器设备	180
第一节 光谱分析常用的光源	181
第二节 常用的摄谱仪器	186
第三节 常用的观察设备	194
第四节 感光材料	203
第三章 光谱的定性分析	208
第一节 光谱定性分析的含义	208
第二节 光谱定性分析的准备工作	214
第三节 定性方法及表示方法	216
第四节 元素的光谱分析灵敏度	219
第四章 光谱的定量分析	221
第一节 光谱定量分析	221
第二节 光谱定量分析的常用方法	223
第三节 正确绘制工作曲线	231
第五章 发射光谱分析的操作安全	233
第一节 试样磨削时的安全注意事项	233
第二节 操作摄谱仪的安全注意事项	234
思考题与习题	236
实验部分	239
光谱定性及半定量分析实验	239
附录 I WPG-100 型平面光栅摄谱仪的使用	244
附录 II 8W 型光谱投影仪的使用	247
附录 III 看谱镜的应用	249
参考文献	252

气相色谱分析 (分 023)

第一章 色谱分析的基本概念	254
第一节 概述	254
第二节 气相色谱分析的流程和色谱图	259
第三节 气相色谱仪的构造及国产气相色谱仪简介	265
第二章 气相色谱的基本理论	277
第一节 气相色谱分离原理	277
第二节 塔板理论简述	279
第三节 速率理论简述	281
第四节 分离度	282
第三章 气相色谱固定相	288
第一节 固体固定相	288
第二节 载体(担体)	295
第三节 固定液(液体固定相)	300
第四节 填充色谱柱的制备	308
第五节 毛细管色谱柱	312
第四章 气相色谱检测器	318
第一节 热导池检测器	318
第二节 氢火焰离子化检测器	332
第五章 分离操作条件的选择	341
第一节 载气及其流速的选择	341
第二节 色谱柱的选择	343
第三节 柱温的选择	344
第四节 汽化温度的选择	347
第五节 柱压力的选择	348
第六节 载体(担体)的选择	348
第七节 固定液配比的选择	349
第八节 进样量与进样时间的选择	351
第六章 气相色谱的定性定量方法	353
第一节 定性方法	353
第二节 峰面积的测量方法	358
第三节 定量校正因子	363
第四节 定量方法	365
第七章 气相色谱仪操作技术	373

第一节 气相色谱仪的安装	373
第二节 气相色谱仪的调试	374
第三节 程序升温	377
第四节 气相色谱仪简单故障排除	381
思考题与习题	385
实验部分	391
实验一 填充柱的制备	391
实验二 热导检测器灵敏度的测定	394
实验三 氢火焰检测器敏感度的测定	399
实验四 乙醇中微量水分的测定	402
实验五 半水煤气的色谱分析	404
实验六 苯、甲苯、乙苯混合物的分析	408
附录 I 进样器及进样操作	411
附录 II 操作注意事项	414
参考文献	415
高效液相色谱分析 (分 025)	
第一章 概述	417
第一节 高效液相色谱法的基本概念	417
第二节 高效液相色谱法的简单流程的介绍	421
第二章 高效液相色谱的基本原理	423
第一节 分配层析、吸附层析、离子交换层析及凝胶层析	423
第二节 高效液相色谱法的主要公式	425
第三章 流动相和固定相	429
第一节 固定相和流动相的要求	429
第二节 溶剂的选择及洗提选择表	434
第四章 高效液相色谱仪	441
第一节 高效液相色谱仪	441
第二节 常见检测器性能及应用	451
第五章 定性和定量	462
第一节 定性分析法	462
第二节 定量分析法	463
思考题	466
实验部分	467

一、液相色谱的操作技术	467
二、应用实例	469
实验一 对氨基苯磺酸中苯胺的测定	469
实验二 高效液相色谱法测定工业废水中的烷基苯磺酸钠	470
参考文献	471

色层分析法 (分 026)

第一章 纸上层析法	473
第一节 纸上层析法的原理	474
第二节 纸上层析法的操作技术	475
第二章 薄层层析法	485
第一节 薄层层析法的原理	485
第二节 薄层层析法的操作技术	486
思考题与习题	498
实验部分	500
第一节 薄层分析时的记录	500
第二节 实验	500
实验一 纸色谱法测定羟基乙酸 R_f 值	500
实验二 纸色谱法分离三种染料	502
实验三 薄层色谱法分离 α 、 β 萘酚	505
实验四 薄层色谱法分离硝基苯胺异构体及测定邻硝基苯胺的含量	507
参考文献	510

现代仪器分析简介 (分 027)

第一章 绪论	512
第二章 超临界流体色谱分析法简介	515
第一节 超临界流体色谱分析法简介	515
第二节 超临界流体色谱的应用和仪器简介	517
第三章 红外光谱分析法简介	522
第一节 红外光谱法的基本原理	522
第二节 红外光谱法的应用	525
第三节 红外光谱仪简介	529
第四章 质谱分析法简介	531
第一节 质谱分析法简介	531

第二节 色谱-质谱联用	534
第五章 其它仪器分析简介	537
第一节 核磁共振波谱法简介	537
第二节 电子顺磁共振波谱法简介	542
第三节 X 射线荧光分析法	549
思考题与习题	553
参考文献	553

分 光 光 度 法

(分 020)

上海市化工局化学试剂总厂技校 林秀员 编
上海市化工局教育处 朱德基 审

第一章 吸收光谱的基本知识

许多物质是有颜色的，例如 KMnO_4 呈紫红色， $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 呈橙色， $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 呈绿色。无色物质也可通过化学反应生成有色化合物，例如钛（IV）可与过氧化氢反应生成黄色配合物，铋和铅等金属离子与二甲酚橙生成紫红色螯合物，铜、铅、镉、汞等金属离子与二硫腙（打萨腙）生成红色配合物，二价铜离子与氨能生成深蓝色配合物。这些溶液的颜色深浅与浓度有关，浓度愈大，颜色愈深。因此，用比较溶液颜色深浅来确定物质含量的方法叫比色分析法。

使用可见分光光度计测定有色物质的溶液对某光波的吸收程度来确定被测物含量的方法叫可见分光光度法。实践证明，不少无色物质也能吸收紫外光和红外光，所以用紫外分光光度计来测量物质含量的方法称为紫外分光光度法；用红外分光光度计来确定物质结构及含量的方法称红外光谱法。本单元仅讨论目视比色法，紫外、可见分光光度法。

第一节 光的波粒二象性

理论和实践都证明光辐射具有波动性又具有粒子性，可以用波动性或粒子性来描述光的特性。

（一）光的波动性

光的波动性是指光按波的形式传播。例如，光的反射、折射、衍射、偏振等现象都明确地表明光的波动性质。因此，可以用波长、频率、速度来描述光的波动性质，见图 1-1。

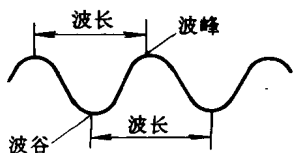


图 1-1 光的波动性

波长用 λ 表示，它是指两个相邻波峰或波谷间的距离。

频率用 ν 表示, 是指单位时间里通过一固定点处波的数目。

波数用 $\bar{\nu}$ 表示, 是指单位长度中波的数目。

波长 λ , 频率 ν , 光速 c 三者的关系为:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (1-1)$$

波长 λ 和波数 $\bar{\nu}$ 互成倒数关系:

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} \quad (1-2)$$

为了使用上的方便, 波长随波谱区不同而采用不同的单位。在紫外区、可见光区用 nm 为单位, 在红外光区常用 μm 或波数为单位。在早先的文献中也常采用 Å 做为 γ 射线、X 射线的波长单位。这些单位之间的换算关系为:

$$1\text{m} = 10^6\mu\text{m} = 10^9\text{nm} = 10^{10}\text{Å}$$

(二) 光的粒子性

光的粒子性特征主要是: 光由光子组成, 光子具有能量。

光能量 ϵ 、光波长、光频率间的关系为:

$$\epsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \quad (1-3)$$

式中 h ——普朗克常数。

由以上关系式可知, 不同波长的光具有不同的能量。波长越长, 光的能量越低; 波长越短, 光的能量越高。由此, 紫外光波长比可见光波长短, 紫外光所具能量就比可见光能量高。X 射线波长更短, 故所具能量就更高。

第二节 电 磁 波 谱

(一) 光是一种电磁波或电磁辐射

一般以为眼能看见的白光、各种有色光才是光。其实, 这是很窄波长范围的可见光。除了可见光外, 还有许多用肉眼看不见的紫外光、红外光、X 射线光、 γ 射线光、微波、无线电波等。所有这些都称为光, 一种广义名称的光。仪器分析中的光学分析法就是建立在研究物质光学光谱性质上的一系列分析方法。