

化工工人技术理论培训教材



化工分析仪表(一)

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

ISBN 7-5025-1948-3



9 787502 519483 >

ISBN 7-5025-1948-3/G·554

定 价：10.00 元

化工工人技术理论培训教材

化工分析仪表 (一)

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

化工分析仪表 (一)/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 7-5025-1948-3

I. 化… II. ①化… ②化… III. 化工仪表: 分析仪器-技术培训-教材 IV. TQ056.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 16489 号

化工工人技术理论培训教材

化工分析仪表 (一)

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: 刘 哲

责任校对: 陶燕华

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(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销

北京市燕山联营印刷厂印刷

北京市燕山联营印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 5½ 插页 1 字数 153 千字

1997 年 12 月第 1 版 1997 年 12 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—6000

ISBN 7-5025-1948-3/G · 554

定 价: 10.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

内 容 提 要

本书是《化工工人技术理论培训教材》之一，是根据劳动部、化学工业部联合颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准（化学工业）》组织编写的。

本书共分五个单元，包括分光光度计、酸度计、离子计、电导仪和原子吸收分光光度计。每个单元从基本原理、结构、电路分析、常见故障与排除几个方面入手，深入浅出，非常适合工人阅读。

本书适合工厂仪表维修工的劳动技能培训。

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 and 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 and 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和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,在编制教学计划和划定大纲时,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,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》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，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，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应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应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、在教学过程中发现教材中存在的问题，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。

本套教材的组织编写，得到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

目 录

分光光度计 (检 049)	1
第一章 分光光度计的工作原理	2
第二章 分光光度计的组成	4
第一节 分光系统	4
第二节 光源	8
第三节 光电转换系统	8
第三章 72 型分光光度计	12
第一节 光源	12
第二节 光路系统	12
第三节 光电转换和显示机构	13
第四节 常见故障及排除	13
第四章 721 型分光光度计	15
第一节 光源与稳压系统	15
第二节 光路系统的组成	19
第三节 微电流放大器和显示系统	20
第四节 常见故障及排除	22
第五章 751 型分光光度计	26
第一节 光源及光源稳压系统	26
第二节 光路系统	30
第三节 光电转换及显示系统	31
第四节 常见故障及排除	36
第六章 分光光度计的发展趋势	38
第七章 光电比色计	39
酸度计 (检 050)	45
第一章 酸度计测量 pH 值工作原理	46
第二章 酸度计的检测部分	49
第一节 指示电极	49

第二节	参比电极	51
第三章	常见酸度计的类型和电路工作原理	52
第一节	pHS-29A 型酸度计	52
第二节	pHS-2 型酸度计	56
第三节	pHG-21 型酸度计	66
第四节	pHS-3 型酸度计	71
第四章	常见故障现象及排除方法	75
第一节	pHS-29A 型酸度计	75
第二节	pHS-2 型酸度计	78
第三节	pHG-21 型酸度计	81
第四节	pHS-3 型酸度计	83
参考文献		90
离子计 (检 051)		91
第一节	离子计基础知识	92
第二节	离子计线路分析	95
第三节	离子计的故障与维修	101
参考文献		103
电导仪 (检 052)		104
第一节	电导仪基础知识	105
第二节	电导仪电路分析	111
第三节	电导仪的故障与维修	124
参考文献		128
原子吸收分光光度计 (检 053)		129
第一章	原子吸收分光光度法分析基本原理	130
第一节	概述	130
第二节	原子吸收光度法分析的基本原理	131
第三节	分析方法	133
第二章	原子吸收分光光度计	136
第一节	辐射光源	136
第二节	原子化器	138
第三节	光学系统	140
第四节	检测系统	142
第五节	微机在原子吸收分光光度计中的应用	145

第六节 仪器的验收及调试	148
第七节 火焰原子吸收法的干扰及其消除	155
第三章 仪器常见事故的判断及处理	157

分光光度计 (检 049)

吉林化学工业公司化肥厂 全在新 编
吉林化学工业公司炼油厂 闫尔治 审

波长, nm	色 泽
400 <	紫 色
435 ~ 450	蓝 紫
480 ~ 500	蓝
500 ~ 520	蓝 绿
520 ~ 535	绿
535 ~ 555	黄 绿
555 ~ 570	黄
570 ~ 590	橙 黄
590 ~ 610	橙
610 ~ 630	红 橙
630 ~ 650	红
650 ~ 670	深 红
670 ~ 690	紫 红
690 >	紫 色

... 分光光度计... 波长... 色 泽... 400 < 435 ~ 450 480 ~ 500 500 ~ 520 520 ~ 535 535 ~ 555 555 ~ 570 570 ~ 590 590 ~ 610 610 ~ 630 630 ~ 650 650 ~ 670 670 ~ 690 690 >

第一章 分光光度计的工作原理

一、物体对光波的吸收效应

物体呈现多种颜色是因为太阳光照射到物体上，部分光被物体吸收，剩余的光被物体反射或透射的结果。

白光（也叫自然光）是由七种颜色组成的，通常称为太阳光谱。这七种颜色人眼可以观察到，所以叫可见光。它的波长范围 $400\sim 760\text{nm}$ （颜色和波长的对应关系见下表）。

颜 色		波长, nm ^①
太 阳 光 谱	红外线	无 色 >760
	可见光	红 760~620
		橙 620~585
		黄 585~575
		黄—绿 575~550
		绿 550~510
		青 510~480
		蓝 480~450
	紫外线	紫 450~400 无 色 <400

① $1\text{nm}=1\mu\text{m}$ （毫微米）= 10^{-7}cm （厘米）。

一束白光照射到一透明物体上，若各种波长的光全部被吸收，物体呈现黑色；若某部分被吸收，另一部分被反射，那么物体就呈现被反射的那部分波长光的颜色。如白光照射到某一透明物体上，其他波长的光被此物体吸收，而只有波长为 $760\sim 620\text{nm}$ 的光波透过物体，那么所看到的这个物体就是红色的。

不同的物体吸收不同波长的光波，这是因为不同物体是由不同的分子组成的，而组成物体的分子能量具有量子化的特征。一个分子具

有一系列能级。当组成分子的原子外层电子吸收某种能量后发生能级跃迁，而能级跃迁时吸收的能量就是这种分子特有的两个能级之差的能量，即一个分子只能吸收一定能量或一定波长的光子。这就是不同物体具有选择吸收特性的原因，使不同物体具有各自的吸收光带。

二、吸收定律

当某一单色光通过某种溶液时，一部分光能被溶液吸收，因此透过此溶液后的光能被减弱。实践证明光波通过某一溶液时，如果溶液的浓度不变，被吸收的光能量与通过此溶液的距离有关，距离越长，被吸收的越多，透过的越少；倘若通过的距离相等，则溶液的浓度越大，光被吸收的越多。此种关系用关系式表示如下：

$$A = -\lg \tau = aLC$$

式中 A ——物质的吸收比；

τ ——物质的透射比；

a ——物质的吸收系数；

L ——溶液的厚度；

C ——物质的浓度。

入射光强设为 I_0 ，透过的光强设为 I 。则：

$$\tau = \frac{I}{I_0}$$

从公式看到，吸收比 A （当 a 和 L 不变时）与 C 成正比。此关系式称为朗伯-比尔定律，是用光电比色计和分光光度计测定溶液浓度的理论基础。

光电比色计和分光光度计都是依据这一理论来测定溶液浓度的。



第二章 分光光度计的组成

分光光度计组成方框图如下：



稳定的光源发出的光经过透镜、棱镜、反射镜等光学系统后到达被测溶液，经被测溶液吸收后的光到达光电转换器，经光电转换器转换的电信号用显示机构显示出来。

第一节 分光系统

1. 反射镜

反射镜是平面的叫平面镜。反射镜是球面的叫球面镜。分光光度计中使用的反射镜为使反射率提高，在镜的反射面上镀一层铝膜。

根据光的反射定律，可求出平面镜中像的大小，如图 2-1 所示。 S_1 是 S 的虚像， S 和 S_1 与镜面的距离相等，像的大小也相等。通常 72 型分光光度计的检流计中装有一平面反射镜，就是利用这一原理。

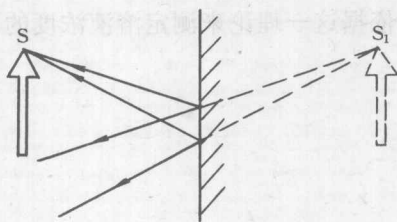


图 2-1 平面镜成像

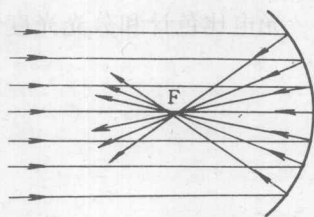


图 2-2 凹面镜

球面镜有凹凸两种。分光光度计使用的球面镜都是凹面镜，如图

2-2 所示。

凹面镜有聚光作用。当一束平行于主轴，且离主轴近的光线经凹面镜反射后聚焦到光轴的某一点上，此点称为凹面镜的实焦点 F 。此实焦点 F 在球面半径的 $\frac{1}{2}$ 处；反之，若将光源放在 F 点处，光线经凹面镜反射后，就会成为平行于主轴的平行光线射出。具有这种功能的凹面镜（俗称准直镜）在 751 分光光度计中被采用。为使聚光效果更佳，凹面镜常用旋转抛物面作反射面。

2. 透镜

透镜是玻璃或石英等透明材料制成的。有凹凸透镜之分，中央比边缘厚的叫凸透镜，中央比边缘薄的为凹透镜。分光光度计中多采用凸透镜来聚焦光线。

通过凸透镜的两面球心的直线称为主轴。凸透镜的特点是平行于主轴的近轴光线透过凸镜后，会聚到主轴上的某一点，这一点叫凸透镜的焦点，从凸透镜的中心到焦点的距离叫凸透镜的焦距 f 。两面对称的凸透镜两侧的焦距也是对称的，如图 2-3 所示。

3. 分光器

分光器是把复合光分解成按波长大小依次排列的单色光的仪器，也叫单色仪。

单色仪根据分光的原理不同可分为棱镜分光器和光栅分光器。

(1) 棱镜分光器 棱镜分光器是利用光的折射原理而做成的分光器。一束白光透过棱镜时发生折射，而折射率的大小因波长大小而异。因此人们观察到按波长大小依次排列的色谱带。

光的折射率与光波长有下列关系：

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$$

式中 n ——折射率；

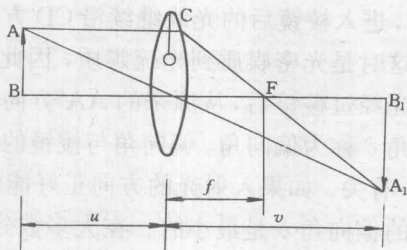


图 2-3 凸透镜成像

A 、 B 、 C ——与物性有关的常数；

λ ——波长。

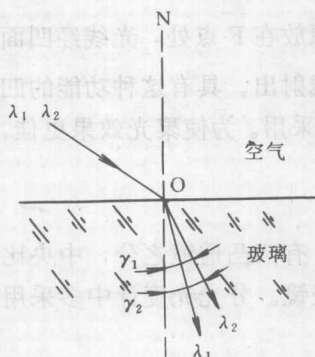


图 2-4 色散

例如波长为 λ_1 和 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) 的光从空气中进入玻璃，透过玻璃时，有如下现象发生（如图 2-4）：短波长的 λ_1 的折射角小于较长波长的 λ_2 的折射角。因此，包含一系列波长的光波（如白光），从空气媒质进入玻璃媒质后就会出现按波长的长短依次排列的单色光。这就是光的色散。

光通过一个棱角为 θ 的棱镜时（如图 2-5），以 AC 方向入射到棱镜，入射角为 i ，在 C 点发生折射，折射角为 γ ，从空气中射到棱镜，折射角 γ 小于入射角 i ，进入棱镜后的光线继续沿 CD 方向传播，到达 D 点时又产生折射，而这时是光密媒质到光疏媒质，因此 $\gamma' < i$ ，之后沿 DB 方向传播。这样，光经过棱镜后，从原来的 AA' 方向改变到 BB' 方向，这两个方向间的夹角 δ 称为偏向角。偏向角与棱镜的棱角 θ 、棱镜材质的折射率及入射角 i 有关。如果入射光的方向正好能使光路对称（即 $\gamma = \gamma'$ ， $i = i'$ ），这时的偏向角 δ 是最小的。在大多数分光仪器中都采用此原理。

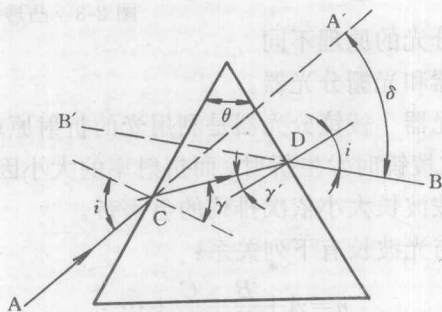


图 2-5 棱镜的折射