

职业教育行业规划教材

化工分析

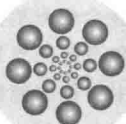
干洪珍◎主编

律国辉◎主审

HUAGONG FENXI



化学工业出版社



职业教育行业规划教材

化工分析

干洪珍◎主编

律国辉◎主审



化学工业出版社

·北京·

本书是根据《上海市中等职业学校化学工艺专业教学标准》中“化工质量检测”课程标准所规定的内容编写的。本书以职业能力的形成为依据组织课程内容,以工作任务为中心来整合相应的知识、技能和态度,实现了理论与实践的统一。全书共分九个项目,着重介绍了滴定分析、比色及分光光度分析、电位分析、气相色谱分析和物性测试的方法、仪器的构造和使用方法以及应用技术。书中编有能拓宽学生知识面的延伸与拓展,及激发学生求知欲的阅读材料——知识窗;每个任务前列出了任务目标,每个项目都设有题型多样且具有启发性的思考题、讨论与交流及用于复习与巩固的练一练,以帮助读者掌握知识要点和技能要点。书末附录为读者提供了相关资料。

本书可作为职业院校化工类专业及相关专业的教材,也可作为化工工人和初级分析工的业余教学用书及从事化工生产、分析人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工分析/干洪珍主编. —北京:化学工业出版社,
2010.7

职业教育行业规划教材

ISBN 978-7-122-08738-6

I. 化… II. 干… III. 化学工业-分析方法-职业
教育-教材 IV. TQ014

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 101898 号

责任编辑:旷英姿

文字编辑:陈 雨

责任校对:王素芹

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张9 $\frac{3}{4}$ 字数240千字 2010年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00 元

版权所有 违者必究



前言

本书是以《上海市中等职业学校化学工艺专业教学标准》中“化工质量检测”课程标准为依据,以“任务引领,理论实践一体”的课程设计思路为原则,根据化工生产的实际和中职学生的特点,结合教学实际编写而成。

本书总体设计思路是以“化学工艺”专业相关工作任务和职业能力为依据,以工作任务为主线来整合相应的知识、技能。本书按学生的认知特点,将要求掌握的教学内容,设计成若干个项目,每个项目由若干个任务组成,将理论知识融于实践一体,使学生在完成项目的过程中掌握知识技能。

在教材框架的安排上,从项目的确立到具体任务的设计,都是根据工作任务的需要和学生的认知特点,采用了由浅入深,环环相扣的方法来构建内容。本书编写力求做到反映中职教育特点,突出实践教学的主体地位,用工作任务引领理论,不再强调理论知识的系统性,真正体现了理论知识以“必需、够用、实用”为度,有利于学生动手操作能力和创新能力的培养,同时能够使中职院校学生毕业前通过职业技能考核,取得当地职业技术鉴定中心颁发的化工生产运行员初、中级工证书。

在内容的选择上,充分考虑中职学生的特点,每一项目及任务设计都从日常生活和化工生产导入,引导学生发现生活中的分析检测知识,从而激发学生的学习愿望;在教材编写的形式上力求做到体例新颖、图文并茂,通俗易懂,使学生愿意看、愿意学,学、思结合,从而激发学生的学习兴趣和对知识的理解,培养学生分析问题、解决问题的能力。

本书体现“化工分析”教学特点,面向社会需要,适应学生状况,侧重“操作”,淡化理论,培养技术能手。其中打“*”部分为选学内容。本书内容简明扼要,实用性强,可作为中等职业学校化工专业的教材,也可作为从事分析检验工作人员的操作技能培训教材和参考书。

全书由绪论和九个项目组成,由上海石化工业学校干洪珍主编。绪论、项目六~项目八由干洪珍编写;项目一、项目三由上海石化工业学校杨玲莉及高文杰编写;项目二由杨玲莉编写;项目四由上海石化工业学校胡耀华及干洪珍编写;项目五由杨玲莉编写;项目九由淄博市工业学校刘爱武和干洪珍编写。全书由干洪珍统稿,新疆化学工业学校律国辉担任了本书的主审。

本书在编写过程中得到了上海石化工业学校苏勇校长、李平清副校长、高炬副校长、栾承伟主任、沈晨阳科长,新疆化学工业学校律国辉校长,化学工业出版社的关心和支持,上海石化工业学校章红老师为本书编写提供了许多宝贵的意见和建议,在此谨向所有关心和支持本书的朋友致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中不当之处在所难免,恳请专家和读者批评指正。

编者

2010年6月

目录



绪 论

一、化工分析的任务与作用	1	知识窗 现代分析化学一瞥	5
二、化工分析方法	3	项目小结	6
三、化工分析的一般程序	3	练一练	6
四、分析前的准备	3		

项目一 醋酸含量测定

任务一 学会使用分析天平	8	任务四 制备氢氧化钠标准滴定	
知识窗 秤的历史	13	溶液	21
任务二 规范书写实验报告	13	任务五 测定醋酸的含量	23
一、规范记录原始数据	14	知识窗 醋的妙用	26
二、掌握有效数字运算规则	14	项目小结	27
任务三 学会使用滴定管	15	练一练	27

项目二 碳酸钠含量测定

任务一 制备盐酸标准滴定溶液	30	知识窗 绿色洗涤——无磷	
任务二 测定碳酸钠含量	32	洗衣粉	35
任务三 了解提高分析结果准确度的方法	34	项目小结	35
		练一练	35

项目三 水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量测定

任务一 制备 EDTA 标准滴定溶液	38	知识窗 软水与硬水	45
任务二 测定水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量	43	项目小结	45
		练一练	46

项目四 过氧化氢含量测定

任务一 制备高锰酸钾标准滴定溶液	48	定法简介	54
知识窗 高锰酸钾消毒作用	51	知识窗 最早的氧化还原滴定法	55
任务二 测定过氧化氢含量	51	项目小结	55
知识窗 双氧水的美容功能	53	练一练	56
延伸与拓展 其他氧化还原滴			

项目五 水中 Cl^- 含量测定

任务一 制备硝酸银标准滴定溶液	58	项目小结	62
任务二 测定水中 Cl^- 含量	60	练一练	63
知识窗 银离子消毒	62		

项目六 直接电位法测定溶液 pH

任务一 选择和处理电极	64	知识窗 人体 pH 与健康	71
知识窗 酶电极	67	项目小结	71
任务二 测定水 pH	67	练一练	71

项目七 比色及分光光度法测定水中铁含量

任务一 学会使用分光光度计	73	微量铁含量	80
延伸与拓展 UV-7504C 型紫外-可见		知识窗 铁与人体健康	84
分光光度计	76	任务四 目视比色法测定水中微量铁	
知识窗 光谱仪的发明者本生和		的含量	84
基尔霍夫	77	知识窗 水污染的危害	86
任务二 选择测量波长	78	项目小结	87
任务三 分光光度法测定水中		练一练	87

项目八 气相色谱法测定苯系物的含量

任务一 学会使用气相色谱仪	91	知识窗 微型气相色谱仪	98
延伸与拓展 气相色谱仪一般故障		任务二 气相色谱归一化法测定苯系	
和排除方法	97	混合物含量	99

延伸与拓展 气相色谱定性分析		延伸与拓展 外标法测定水中乙醇	
方法·····	103	的含量·····	107
任务三 内标法测定甲苯含量·····	104	项目小结·····	109
知识窗 苯及苯系物的危害·····	106	练一练·····	110

项目九 化工物料的物性测试

任务一 测定化工物料的熔点·····	112	练一练·····	127
练一练·····	117	任务四 测定油品闪点·····	127
任务二 测定液态物料的密度·····	118	练一练·····	133
知识窗 BHDM 型电子式液体		任务五 测定乙醇折射率·····	133
密度计·····	122	知识窗 改进型阿贝折射仪	
练一练·····	122	2WAJ ·····	138
任务三 黏度法测定高聚物的		项目小结·····	138
分子量·····	123	练一练·····	139

附 录

附录一 市售酸碱试剂的含量及密度·····	140
附录二 弱酸、弱碱在水中的离解平衡常数 K ·····	140
附录三 常见金属离子与 EDTA 所形成配合物的 $\lg K_{\text{稳}}$ (298K) ·····	141
附录四 EDTA 在不同 pH 下的 $\lg \alpha_{Y(H)}$ ·····	141
附录五 常用指示剂·····	141
附录六 pH 标准缓冲溶液在不同温度下的 pH ·····	143
附录七 常用缓冲溶液的配制·····	143
附录八 一些氧化还原电对的标准电位 $\varphi^\ominus$ (298K) ·····	144
附录九 不同标准溶液浓度的温度补正值 (以 $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 计) ·····	144
附录十 常用化合物的相对分子质量·····	145
附录十一 元素的相对原子质量·····	148

参考文献

绪 论



技术条件	
含量不少于	99.5%
澄清度试验	合格
熔点范围	158.5~160.5℃
灼烧残渣	0.01%
氯化物 (Cl)	0.002%
硫化物	0.005%
铁 (Fe)	0.0002%
硫酸试验	合格
重金属 (以Pb计)	0.0005%

化学试剂



营养标识 每 100mL 含有	
能量	185kJ
蛋白质	0g
脂肪	0g
碳水化合物	11g
*标示值为平均含量	

饮料

营养成分表		
项目	每 100g	营养素参考值
能量	2301kJ	27%
蛋白质	6.7g	11%
脂肪	34.7g	58%
饱和脂肪	21.8g	109%
碳水化合物	55.7g	19%
钠	83mg	4%

巧克力



营养成分		
每 100g	营养素参考值	
能量	3700kJ	44%
蛋白质	0.0g	0%
脂肪	100.0g	167%
饱和脂肪	13.0g	65%
不饱和脂肪	87.0g	
胆固醇	0mL	0%
碳水化合物	0.0g	0%
钠	0mg	0%

食用油

化学试剂及生活中常见的食物

想一想

这些物品中的各成分含量是怎么知道的？从这些图片中我们想到什么？

一、化工分析的任务与作用

化工分析是用分析化学的基本原理和方法，解决化工生产实际问题的一门学科。分析化学是研究物质组成、含量及有关理论的一门学科，根据分析任务的不同可分为定性分析和定量分析。定性分析的任务是鉴定物质由哪些组分组成；定量分析的任务是测定物质中各组分的相对含量。分析化学日益渗透到社会生活的各个方面，人类的衣、食、住、行以及资源和能源的开发利用、材料的研究、环境保护、医药卫生（药物研究、疾病防治、揭示生命起源、研究疾病和遗传的奥秘等）、工农业生产、国防建设等都与分析化学有密切的联系，它

化工分析

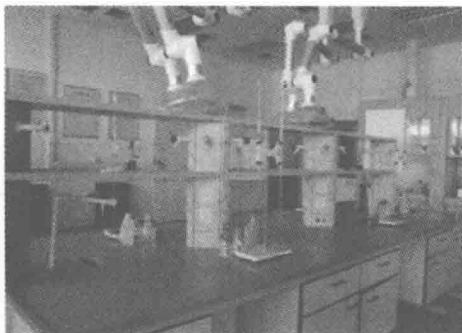
是一门社会广泛需要的实用学科。

在化工生产中各种物料的组成是已知的，因此化工分析的任务就是利用各种分析方法，对试样成分进行测定，确定待测组分的含量（定量分析）。

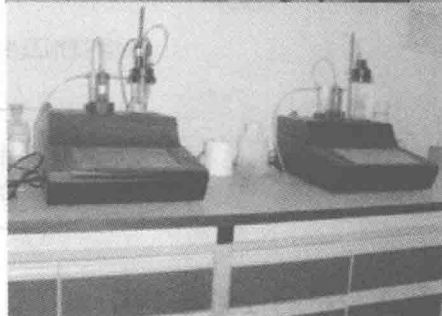
工业生产中作为质量管理手段的产品质量检验和工艺流程控制离不开分析化学，所以化工分析被称为工、农业生产的“眼睛”，科学研究的“参谋”。



看一看



化学分析实验室



仪器分析实验室

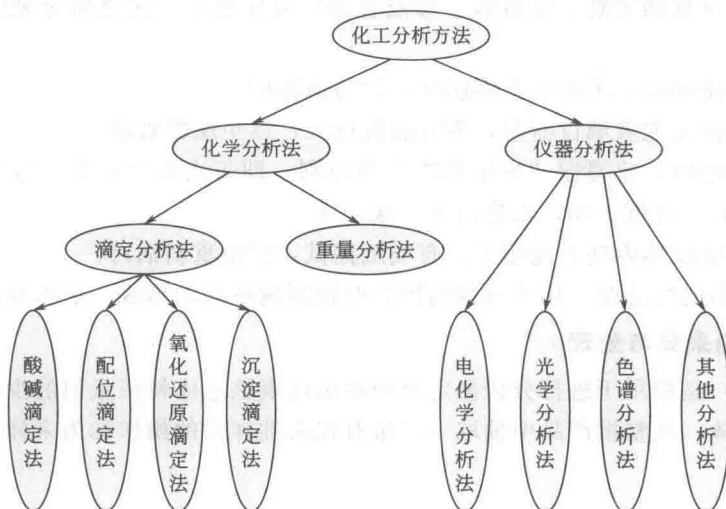
化工分析各功能实验室



看了这些图片后有何感想？

二、化工分析方法

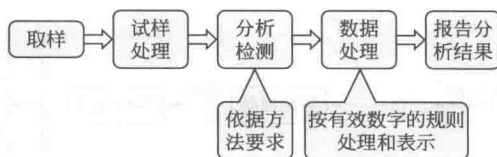
化工分析的方法很多，按测定原理和所用的仪器不同可分为：



化学分析法是以被测物质与某些试剂发生化学反应为基础的分析方法。

仪器分析法是以待测物质的物理性质或物理化学性质为基础的分析方法。仪器分析法与化学分析法相比具有快速、灵敏等特点，特别是对于低含量组分的测定，更具有独特之处。但是仪器分析对常量组分的测定没有化学分析那样高的准确度。

三、化工分析的一般程序



讨论与交流

说说你在日常生活中见到的应用分析检测的事例。

四、分析前的准备

化工分析的任务就是测定样品中有关组分的含量，在分析测定之前，首先要进行仪器的洗涤和样品的采集与处理等准备工作。

(一) 洗涤玻璃仪器

在定量分析实验中，使用的玻璃仪器必须洗净，否则会影响分析结果的准确度和精密密度。

洗涤常规玻璃仪器，一般先用自来水洗，若洗不干净，可用毛刷蘸取合成洗涤剂刷洗，若还有污物，则根据污物的性质选用适当的洗液洗涤或浸泡（常用铬酸洗液），再用自来水冲洗 3~5 次，最后用纯水（蒸馏水）淋洗 3 次。

注意：比色皿通常用盐酸-乙醇浸洗，除去有色物质的沾污。必要时可用硝酸浸洗，但应避免用铬酸洗液等氧化性洗液浸泡。

洗涤玻璃仪器的一般原则如下：

① 容量器皿（如滴定管、容量瓶、移液管等）和比色管、比色皿等光学玻璃仪器不可用去污粉刷洗。

② 使用铬酸洗液时，不能用毛刷刷洗，以防损坏刷子。

③ 用碱性洗液浸泡玻璃仪器时，不宜放置过久，以免腐蚀玻璃。

④ 用纯水洗涤时，应遵循“少量多次”的原则。即每次用少量水，分多次冲洗，每次冲洗应充分振荡后，倾倒干净，再进行下一次冲洗。

⑤ 洗净的玻璃仪器内壁不能用手、布或纸擦拭，以免重新沾污。

玻璃仪器洗净的标志是，用水润湿后倒置时仪器内壁均匀形成一层水膜而不挂水珠。

（二）样品的采集与处理

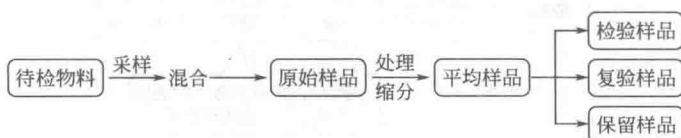
样品（试样）是指用于进行分析测定以便提供代表该总体特征量值的少量物质，可以是固体、液体或气体。从整批产品中抽取一定量有代表性样品的操作称为采样。

采样的原则

工业物料的数量往往以千吨、万吨计，检测时所取的分析试样只需几克、几毫克甚至更少，而分析结果必须能代表全部物料的平均组成，所以采样必须遵循以下原则：

- ① 采集的样品要均匀、有代表性，要反映全部被检物料的组成、质量等；
- ② 采样过程中要保持原有的理化指标，防止成分逸散或带入杂质。

采样的一般程序



采样的数量及要求

对样品的基本要求是：保证采得的样品能代表总体物料的所有特性，在满足需要的前提下，采取样品量越少越好。

- ① 凡接触样品的工具、容器等必须洁净；
- ② 样品包装应严密；
- ③ 采集的样品量应至少满足三次重复检测的需要；
- ④ 样品的运送和分析应尽快进行；
- ⑤ 样品应贴上标签，注明样品的名称、批号、采样地点、日期、采样人、样品编号等。

1. 液体样品的采集

对于酸碱、石油产品、有机溶剂等液体物料一般比较均匀，任意采集一部分或搅拌均匀后取一部分样品就具有代表性。从大型储存容器中取样，可在不同的深度取几个子样，混合以后作为分析试样；自管道中正在输送的液体中采样，可通过装在管道上的取样阀，根据分

析目的按有关规程每隔一定时间打开取样阀采取样品。

应注意：采取样品前采样容器必须洗净，还要用少量欲采试样润洗三次以上，以防采样容器沾污样品。

2. 固体样品的采集与处理

对于固体试样，尤其是块状固体，采取具有代表性的均匀样品是一项非常复杂的操作，以采集煤样为例来说明。

(1) 采取大量煤“粗样” 即在输送带的各个部位、各个时间，采取一定数量的子样混合在一起。

(2) 对“粗样”进行处理 对采得的“粗样”进行粉碎、过筛、混合，再粉碎、过筛、混合多次重复操作，将样品充分混合。

(3) 缩分 用四分法（如图 0-1 所示）得待测试样。

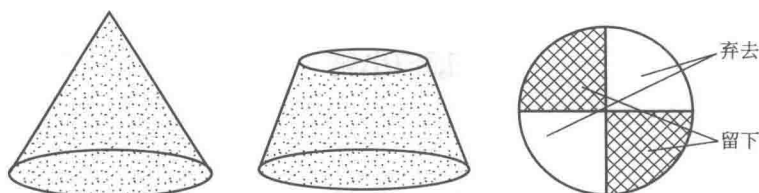


图 0-1 四分法缩分试样

(4) 将处理好的样品装入样品瓶中 注意样品的装入量不能超过瓶容积的 $3/4$ 。瓶外贴上标签，注明样品名称、来源、采样日期。

(5) 试样的溶解 定量分析多数方法都是需要将试样制成溶液采用湿法分析。溶解试样可以用水、酸、碱或有机溶剂，对于不溶于水、酸、碱、有机溶剂的试样，可以采取熔融法，使待测组分转变为可溶于水或酸的化合物。

溶解试样时应注意：

- ① 在溶解过程中试样不能有任何损失；
- ② 不能引入待测组分和干扰物质；
- ③ 试样溶解必须完全；
- ④ 分解试样要与分离干扰物质相结合。

讨论与交流

在制备样品时将大块矿样锤碎，用很细的分样筛筛出一部分拿来分析，这样做对不对？

知识窗

现代分析化学一瞥

分析化学是一门化学信息科学，它主要是向人们提供关于物质系统的化学成分与结构方面的定性定量信息，以及研究获取这些信息的最优方案和策略。目前，分析化学已渗透到一切涉及化学现象的边缘科学；不只限于测定物质的组成和含量，还能提供关于物质的状态、价态、稳定性及表面结构等更多的信息；而且能做到不破坏样品进行直接分析。

分析化学的应用越来越广泛。例如,汽车司机酒后开车,不知造成了多少交通事故。利用酒精气敏检测器就可以准确无误地判断一个司机是否饮过酒,汽车司机若酒后开车,哪怕是两三个小时以后,也躲不过这种检测仪。警察只要把检测仪的探头往司机的嘴边一放,检测仪就会“嘟—”、“嘟—”……地报警。现在,这种检测仪在世界上已普遍使用。

再如,水是人类生存的命脉,寻找地下水,光靠人的眼睛是无能为力的。采用遥感卫星或遥感飞机则很容易辨别地下是否有水。因为水分子具有很强的吸热和放热特性,即使在地底下,也能通过传导和辐射来影响地表土壤和岩石的温度。地下水量多,地表温度就高,只要某地块的地表温度比周围高 0.5°C ,就会被遥感卫星或遥感飞机上的传感器接收到。我国云南、新疆、内蒙古等地一些地下水库就是用这种方法找到的。

项目小结

化工分析的任务和作用

化工分析的方法分类

① 化学分析法

① 仪器分析法

化工分析的一般程序

分析前的准备

① 玻璃仪器的洗涤

① 样品的采集与制备

◆ 固体样品的采集与制备

◆ 液体样品采集

练一练

一、填空题

1. 从总体中取出具有代表性试样的操作称为_____。
2. 固体样品的制备一般包括破碎、筛分、_____和_____四个步骤。
3. 采样必须遵循的原则是_____,而且要具有一定的数量。

二、判断题(对的打“√”,错的打“×”)

1. 采样的基本原则是使采得的样品具有充分的代表性。()
2. 所谓随机采样,就是不需要遵循任何规律,随便取些样品即可。()
3. 采集有毒样品时,必须两人同行,以防万一。()
4. 采集样品时,样品量越大越好。()

5. 气体试样取样前必须用水多次置换取样器。()

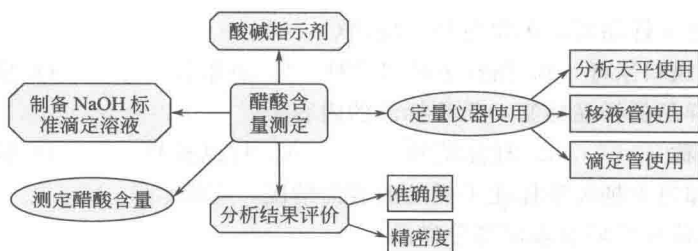
三、选择题

1. 用手工方法粉碎固体化工样品, 不可以选择的工具是()。
A. 研磨机械 B. 研钵 C. 锤子 D. 木棒槌
2. 化工样品的单元界限是()。
A. 有形的 B. 无形的
C. 有形或无形的 D. 不能用有形无形论断
3. 采集的样品量, 应至少能满足()次重复检验的需求。
A. 2 B. 3 C. 4 D. 5
4. 采集石油化工样品时, 如果有风, 应该()。
A. 站在上风口采样 B. 站在下风口采样 C. 不采样 D. 随意站稳后采样
5. 保存化工样品的样品标签, 无须标注的内容是()。
A. 样品名称 B. 样品编号 C. 样品批号 D. 样品性能
6. 如果需要知道大桶装液体化工样品的表面情况, 应该()。
A. 采全液位样品后取表面部分样品
B. 采部位样品混合均匀后取表面部分样品
C. 滚动或搅拌均匀取混合样后取表面部分样品
D. 取表面样品
7. 手工方法缩分固体化工样品, 常用的方法有()。
A. 四等分法和交替法 B. 四等分法和交替铲法
C. 八等分法和交替法 D. 八等分法和交替铲法
8. 手工方法混合固体化工样品, 选择工具的依据是()。
A. 样品性质 B. 样品种类 C. 样品量大小 D. 混合的目的

项目一 醋酸含量测定



学习导向

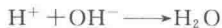


想一想

烧水的水壶用久了，内壁会结水垢，如何除去壶中的水垢？

厨房中常用的调味品食醋中约含醋酸 5%~6%。在日常生活中，醋酸稀溶液常被用作除垢剂；食品工业中，醋酸是规定的一种酸度调节剂；在工业生产中，醋酸是用于制造醋酸纤维素（照相底片、人造丝）、药物（如阿司匹林）等多种化工产品的原料。一般用酸碱滴定法，以氢氧化钠标准滴定溶液测定醋酸的含量。

酸碱滴定法是以酸、碱之间质子传递反应为基础的一种滴定分析法。可用于测定酸、碱和反应后能定量生成酸碱的物质。其基本反应为：



滴定分析法是将已知准确浓度的标准滴定溶液通过滴定管滴加到待测试样溶液中，与待测组分发生定量反应，根据消耗标准滴定溶液的体积和浓度计算出待测组分的含量。

任务一 学会使用分析天平

任务目标

1. 了解电光分析天平的结构及原理；
2. 掌握分析天平的称量方法；
3. 会用多种方法称取物品的质量；
4. 能正确记录测量数据。

想一想

一根头发的质量通常在 10mg 左右，能否用托盘天平称出它的质量？

在分析工作中,很多情况下要对物质的质量进行精确的测量。分析天平是定量分析中最主要、最常用的衡量质量的仪器之一。

活动一 认识分析天平

根据天平的平衡原理,分析天平可分为杠杆式天平(电光天平)、弹力式天平、电磁力式天平(电子天平)和液体静力平衡式天平四大类。分析实验室最常用的是机械式等臂电光天平(如图 1-1 所示)和电子天平。

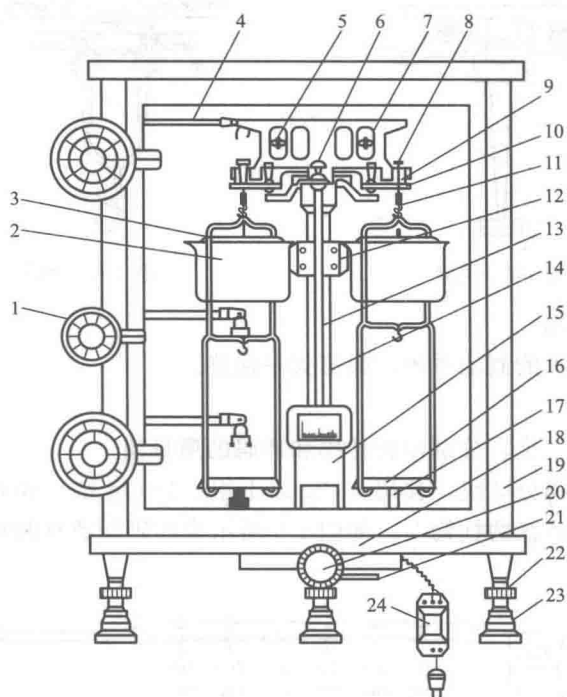


图 1-1 TG-328A 型全机械加码电光分析天平

1—指数盘; 2—阻尼器外筒; 3—阻尼器外筒; 4—加码杠; 5—平衡调节螺丝; 6—中刀; 7—横梁; 8—吊耳;
9—边刀盒; 10—托翼; 11—挂钩; 12—阻尼架; 13—指针; 14—立柱; 15—投影屏座; 16—天平盘; 17—托盘;
18—底座; 19—框罩; 20—开关按钮; 21—调屏拉杆; 22—调水平旋转脚; 23—脚垫; 24—变压器

一、认识电光分析天平

等臂双盘天平称量原理如图 1-2 所示。

各种型号的等臂天平构造大同小异,现以 TG-328A 型全机械加码电光分析天平为例来说明。

1. 横梁

横梁(图 1-3)是天平的核心部件,包括以下几方面。

- (1) 支点刀 位于横梁的正中,刀口向下。
- (2) 承重刀 位于横梁的两端,刀口向上。
- (3) 平衡螺丝 用来调节平衡位置(即粗调零点)。

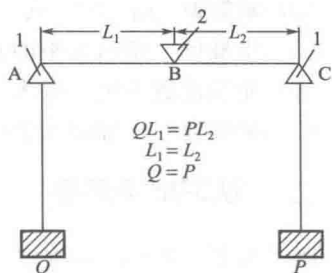


图 1-2 等臂双盘天平的称量原理

1—承重刀; 2—支点刀

- (4) 指针 用于指示横梁平衡位置。
- (5) 重心铊 用于调节天平的灵敏度和稳定性。

2. 支持系统

- (1) 立柱 支撑横梁。
- (2) 托翼 保护刀口，承上启下。
- (3) 阻尼筒 能使天平横梁较快达到平衡。
- (4) 吊耳 钩阻尼内筒和秤盘（如图 1-4 所示）。

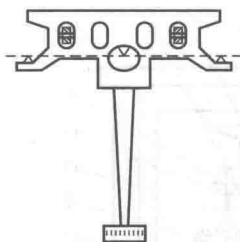


图 1-3 横梁

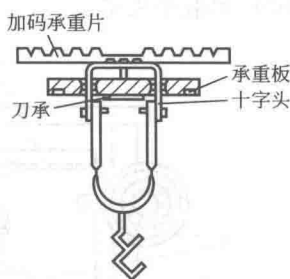
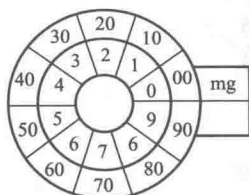


图 1-4 吊耳

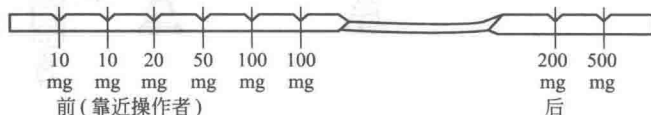
- (5) 秤盘 左码右物。
- (6) 升降旋钮 天平的制动系统，起落天平横梁。

3. 机械加码装置

- (1) 指数盘 共有三个，分别印有挂码和环码的质量值。
- (2) 砝码 全部砝码分 3 组，挂码（10g 以上组、1~9g 组）和环码（10~990mg 组），分别装在 3 个机械加码转盘的挂钩上。如图 1-5 所示为环码指数盘和环码。



(a) 环码指数盘



(b) 环码

图 1-5 环码指数盘和环码

4. 辅助设备

- (1) 框罩 有前、右两个门。用于防尘、防潮、防气流、防碰撞。
- (2) 螺旋脚 前二后一共三只。前面两只用以调节天平的水平位置。
- (3) 水准仪 指示天平的水平位置。
- (4) 光学读数系统 放大并显示缩微标尺上的读数。
- (5) 调屏拉杆 细调天平的零点。

二、认识电子天平

电子天平（如图 1-6 所示）称量的依据是电磁力平衡原理。其特点是性能稳定，灵敏度高，称量时全量程不用砝码，称量速度快，操作方便。

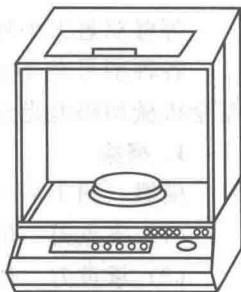


图 1-6 电子天平