



高等教育“十一五”规划教材

Chemical series

高职高专专业基础课教材系列

分析化学

薄新党 朱东方 主编



科学出版社
www.sciencep.com

高等教育“十一五”规划教材

高职高专专业基础课教材系列

分 析 化 学

薄新党 朱东方 主 编

李文典 彭建兵 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是按照项目教学法要求编写的。主要介绍了化学分析的基本操作和方法,删去了常规分析化学中的仪器分析部分。

本书可作为高职高专化工、轻工、材料、冶金、环保、食品、制药等类专业的分析化学教材,也可供厂矿企业有关专业的工程、科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/薄新党,朱东方主编. —北京:科学出版社,2009

(高等教育“十一五”规划教材·高职高专专业基础课教材系列)

ISBN 978-7-03-025005-6

I.分… II.①薄… ②朱… III.分析化学—高等学校:技术学校—教材
IV.O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第118727号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏主印刷厂印刷

科学出版社发行

各地新华书店经销

*

2009年8月第 一 版

开本:787×1092 1/16

2009年8月第一次印刷

印张:13 3/4

印数:1—4 000

字数:326 000

定价:22.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<环伟>)

销售部门电话 010-62134988

编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

“分析化学”为高职院校应用化工（精细化工）类专业学生开设的一门化学基础类课程。本书在编写中按照项目教学法的要求，力求做到以学生为主体，充分调动学生的学习主动性和积极性，语言通俗易懂，简单易学；用演示实验引领理论教学，增强学生的感性认识，启迪学生的科学思维；坚持以应用为主，充分做到理论和实践的有机结合。全书内容以“必需和够用”为原则，由浅入深，加强实用性，把知识的传授与培养学生分析问题和解决问题的能力结合起来，注重实践性训练。

全书结合目前高等职业教育的特点和要求，从学生的认知规律、所需知识和技能要求出发，在编写形式上设计成项目教学和任务驱动的形式，以一系列的活动为主线，使学生在这些活动中能变被动为主动，自主查阅学习相关知识。活动的设计依赖于需要学生了解的学习内容，活动的形式没有统一的标准，对不同的内容可以设计成不同的活动；对同样的内容，不同的老师设计的活动也可能不一样，书中设计的活动仅作为教师在实际教学时的参考。

本书由河南工业大学化学工业职业学院薄新党、朱东方主编，漯河职业技术学院食品工程学院李文典和顺德职业技术学院彭建兵担任副主编。其中彭建兵编写项目一，薄新党编写项目二，李文典编写项目三，河南工业大学化学工业职业学院张普香编写项目四，朱东方编写项目五，漯河职业技术学院食品工程学院李彦林编写项目六，郑州轻工业学院许肖玮编写项目七，全书由薄新党统稿，并由河南工业大学化学工业职业学院杨秀琴主审。

限于编者水平，时间又比较仓促，书中不足之处在所难免，恳请读者和教育界同仁予以批评指正。在本书编写过程中参考了相关的文献资料，在此向相关作者一并致谢。

目 录

项目一 认识分析化学.....	1
任务 认识分析化学.....	1
项目二 分析天平的使用及分析数据的处理.....	6
任务一 掌握分析天平的称量.....	6
任务二 掌握误差和分析数据的处理.....	25
项目三 滴定分析.....	40
任务一 掌握滴定分析仪器的基本操作.....	40
任务二 掌握滴定分析法.....	56
项目四 酸碱滴定法.....	69
任务一 掌握酸碱理论及 pH 的计算.....	69
任务二 常见酸碱标准溶液的配制和标定.....	80
任务三 酸碱滴定法的应用.....	99
项目五 重量分析法和沉淀滴定法.....	107
任务一 认识和掌握重量分析法.....	107
任务二 认识和掌握沉淀滴定法.....	127
项目六 氧化还原滴定法.....	135
任务一 认识氧化还原反应.....	135
任务二 掌握氧化还原滴定法.....	147
项目七 配位滴定法.....	165
任务一 认识配位滴定和 EDTA.....	165
任务二 掌握配位滴定的应用.....	187
附录.....	199
主要参考文献.....	214

项目一

认识分析化学



项目说明

通过本项目的培训，了解分析化学的任务、作用、分类和发展史，掌握分析化学的学习方法，明确分析化学的学习要求。



教学目标

- (1) 了解分析化学的任务、作用、分类和发展方向。
- (2) 掌握分析化学的学习方法和要求。

任务 认识分析化学



任务目标

了解分析化学的任务、作用、分类和发展方向，掌握分析化学的学习方法和要求。



工作任务

【活动一】

查找分析化学的任务和分类及其在国民经济中的作用和发展方向

分组：每2人一组。

活动目的：获得分析化学的任务、作用、分类和发展方向的相关资料。

活动程序：在本活动中，先按每2人一组进行分组，查找相关期刊、书籍、网络资源，找一找分析化学的任务、作用、分类和发展方向等方面的相关知识并记录下来，然后每3~4组合并为一大组，想一想、议一议，相互交流，并完成表1.1的表格。

表 1.1 对分析化学的认识

项 目	有 关 内 容	信息来源
生活中接触到的分析化学事例		
分析化学在国民经济中的作用		
分析化学的分类		
分析化学的任务		
分析化学的发展方向		

把你所获得的资料和其他同学交流一下，看别人的理解和你有什么不同，并展开讨论。

【活动二】 探索分析化学的学习方法和要求

分组：每 4 人一组。

活动目的：获得分析化学的学习方法和要求的相关资料。

活动程序：在本活动中，按每 4 人一组进行分组，引导学生相互讨论自己在其他相关理论课程学习中的方法和心得，看能否适用于分析化学的学习，结合分析化学实践性强的特点，讨论该如何学习该课程。



知识探究

（一）分析化学的任务和作用

分析化学是化学学科的一个重要分支，是研究物质化学组成、含量和结构的分析方法及有关理论的一门学科。它可分为定性分析和定量分析两个部分。定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素或离子所组成，对于有机物质还需要确定其官能团及分子结构；定量分析的任务是测定物质各组成部分的含量。在进行物质分析时，首先要确定物质有哪些组分，然后选择适当的分析方法来测定各组分的含量。在生产中，大多数情况下物料的基本组成是已知的，只需要对生产中的原料、半成品、成品以及其他辅助材料进行及时准确的定量分析，因此本书主要讨论定量分析的有关知识。

分析化学是研究物质及其变化的重要方法之一，任何科学研究，只要涉及化学现象，分析化学常作为一种手段而被运用到其研究工作中去。例如，在地质学、海洋学、矿物学、考古学、生物学、医药学、农业科学、材料科学、能源科学、环境科学等学科中，都需要分析化学提供大量的信息。

在国民经济建设中，分析化学具有重要的地位和作用。例如，在工业上，资源的探测、原料的配比、工艺流程的控制、产品检验与“三废”处理；在农业上，土壤的普查、化肥和农药的生产、农产品的质量检验；在尖端科学和国防建设中，如原子能材料、半导体材料、超纯物质、航天技术等研究；在进出口商品的质量检验、引进产品的“消化”和“吸收”中，都需要用到分析化学。因此，人们常将分析化学称为生产、科研的“眼睛”，它在实现我国工业、农业、国防和科学技术现代化的宏伟目标中起着重要的作用。

(二) 分析方法的分类

根据分析的目的、任务、分析对象、测定原理、操作方法等的不同,分析方法有以下几种分类。

1. 定性分析、定量分析和结构分析

按分析任务(或目的)分类,分析方法可分为定性分析、定量分析和结构分析。其中:定性分析为鉴定物质的化学组成(或成分);定量分析为测定各组分的相对含量;结构分析为确定物质的化学结构。

2. 无机分析和有机分析

按分析对象分类,分析方法可分为无机分析和有机分析。无机分析的分析对象是无机物,组成无机物的元素种类较多,分析结果要测出某些元素、离子、化合物是否存在及其含量;有机分析的对象是有机物,组成有机物的元素较少,但其结构变化多端,所以机分析不仅要进行元素分析,而且要进行官能团分析和结构分析。

3. 常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析

按试样用量分类,分析方法可分为常量分析(试样 $>0.1\text{g}$ 或试液 $>10\text{mL}$)、半微量分析(试样 $0.01\sim 0.1\text{g}$ 或试液 $1\sim 10\text{mL}$)、微量分析(试样 $0.1\sim 10\text{mg}$ 或试液 $0.01\sim 1\text{mL}$)和超微量分析(试样 $<0.1\text{mg}$ 或试液 $<0.01\text{mL}$)。

4. 化学分析和仪器分析

按照分析方法的原理分类,分析方法可分为化学分析和仪器分析。

化学分析法是以物质的化学反应为基础的分析方法,包括化学定性分析和化学定量分析。前者是根据试样与试剂化学反应的外部特征变化(如颜色变化、沉淀的生成或溶解、气体的产生等)来鉴定物质的化学组成;后者是利用试样中被测组分与试剂定量进行的化学反应来测定该组分的含量。化学定量分析又分为重量分析与滴定分析(即容量分析)。

仪器分析法是根据被测物质的物理性质或物理化学性质与组分的关系,借助特殊的仪器设备,测量该物质的物理或物理化学性质变化,进而进行定性或定量分析的方法。仪器分析法具有快速、灵敏的特点。由于计算机的使用,加强了仪器的功能,减低了操作的难度,并可获得大量的信息。仪器分析法主要包括电化学分析、光学分析、质谱分析和色谱分析等。

(三) 分析化学的发展

分析化学是近年来发展最为迅速的学科之一。它同现代科学技术总的发展是分不开的:一方面,现代科学的发展要求分析化学提供更多的关于物质组成和结构的信息;另一方面,现代科学也向分析化学不断提供新的理论、方法和手段,促进了分析化学的发展。

分析化学朝着越来越灵敏、准确、快速、简便和自动化的方向发展。例如,半导体

技术中的原子级加工,要求测出单个原子的数目;纯氧顶吹炼钢每炉只用几十分钟,要求炉前进行现场高速分析;在地质普查、勘探工作中,需要获得上百万、上千万个数据,不仅要求快速和自动化,而且要求发展和应用遥测技术。不仅如此,分析化学的任务也不再限于测定物质的成分和含量,而且往往还要知道物质的结构、价态和状态等性质,因而它活动的领域也由宏观发展到微观,由表面深入到内部,从总体进入到微区、表面或薄层,由静态发展到动态。

随着电子工业和真空技术的发展,许多新技术渗透到分析化学中来,出现了日益增多的新的测试方法和分析仪器,它们具有高度灵敏和快速的显著特征。例如,使用电子探针,可测出体积小至 10^{-12}mL 的试样;电子光谱的绝对灵敏度可达 10^{-18}g 。近年来,激光技术已应用在可见光分光光度分析、原子吸收光谱分析和液相色谱等方面,又因为引入了傅立叶变换技术,使得电化学、红外光谱和核磁共振等分析技术的面目焕然一新,进一步提高了分析的灵敏度和速度。各种分析方法的结合和仪器的联用技术,使原有分析方法更为迅速有效,扩大了应用范围。同时,随着计算机和计算科学的发展,微机与分析仪器的联用,不但可以自动报出分析数据,对于科学实验条件或生产工艺进行自动调节、控制,而且还可以对分析程序进行自动控制,使分析过程自动化,大大提高了分析工作的水平。

尽管分析化学正向着高灵敏度、高速度和仪器自动化的方向发展,化学分析仍然是分析化学的基础,当前许多仪器分析方法都离不开化学处理和溶液平衡理论的应用,因此分析化学作为一门基础课,仍然要从化学分析学起,进而扩展到仪器分析。

(四) 学习方法和要求

分析化学是化学类专业的重要基础课之一,它是一门实践性很强的学科。前面已经提到,分析化学按其任务可以分为定性分析和定量分析两个部分。在一般情况下,分析试样的来源、主要成分和主要杂质都是已知的,不需要进行定性分析,其基本内容已包括在其他课程中。本书主要讨论以化学分析为主的定量分析的各种方法。

通过本课程的学习,要求掌握分析化学的基本原理、基础知识和实验的基本操作,树立准确的“量”的概念。实验在本课程中占有很大比重,基本操作必须正确、规范。经过一定的训练,应能获得可靠的分析结果。在实验过程中,应养成良好的实验室工作习惯,注意培养严谨求实的科学态度,提高分析问题和解决问题的能力,为学习后续课程和以后从事专业技术工作打下良好基础。



知识链接

实验室安全规则

在分析化学实验中,经常使用有腐蚀性、易燃、易爆或有毒有害的化学试剂;大量使用易碎的玻璃仪器和一些精密的分析仪器;经常使用水、电或其他燃料等。为了保障人身安全、爱护国家财产及保证实验的正常进行,实验时必须十分重视安全工作,严格遵守实验室的安全规则:

(1) 实验室内严禁饮食、吸烟, 严禁一切化学试剂入口; 实验完毕, 必须洗手; 水、电、燃气使用完毕后, 应立即关闭; 离开实验室前, 应仔细检查水、电、燃气、门、窗是否均已关好。

(2) 严禁用潮湿的手开启电器设备、开关及电闸; 不得使用漏电的电器设备仪器; 不得随意移动和拨弄实验室内其他非实验用的仪器与设备。

(3) 严禁在实验室加热腐蚀性的物质(如浓硝酸、浓硫酸、浓盐酸、高氯酸、氨水、过氧化氢、溴水等); 使用这些物质时应在通风橱内进行操作, 尽可能戴上橡皮手套和防护眼镜, 切勿溅在皮肤和衣服上, 如不小心溅在皮肤和衣服上, 应立即用干毛巾擦去, 再用大量水冲洗, 然后用 5% 碳酸氢钠(对于酸腐蚀)或用 5% 硼酸溶液(对于碱腐蚀)冲洗, 最后用蒸馏水冲洗。

(4) 严禁用火焰或电炉直接加热易燃易爆的有机溶剂(如四氯化碳、乙醚、苯、丙酮、三氯甲烷等), 而应在水浴上加热; 使用时应远离火焰和热源; 存放时, 应将瓶塞塞紧, 存放在阴凉通风处。

(5) 严禁将汞盐、砷化物、氰化物等剧毒物品或含有此类物品的溶液直接倒入下水道或废液缸中, 一定要经转化成无毒后(如氰化物与碱性亚铁盐溶液转化为亚铁氰化铁)才能作废液处理; 使用时也应格外小心, 尤其不能让氰化物与酸接触, 否则会生成剧毒的 HCN。

(6) 严禁热、浓的 HClO_4 与有机物质接触; 用 HClO_4 处理含有机物试样时, 应先用浓硝酸将有机物破坏后, 再加入 HClO_4 处理, 以免 HClO_4 与有机物作用引起燃烧或爆炸, 造成事故。

(7) 严禁将易爆炸类药品(如高氯酸、高氯酸盐、过氧化氢及高压气体等)与易挥发易燃药品(如乙醚、二硫化碳、苯、酒精、油等低沸点物质)一起存放, 亦不得将它们存放在热源附近。

(8) 严禁对着自己或他人开启易挥发试剂、冒烟的浓酸、浓碱试剂的瓶塞; 夏天, 开启此类试剂瓶时, 应先将它们在冷水中冷却后, 再开启。

(9) 实验过程中若发生意外, 应根据具体情况及时处理。如烫伤, 可在烫伤处抹上烫伤软膏; 酒精、汽油、乙醚类有机溶剂着火, 用湿抹布或砂土扑灭; 电器着火, 应先断电, 再用 CCl_4 灭火器或 CO_2 灭火器扑灭; 无论发生何种事故, 均不得惊慌失措, 情况紧急时应及时报警。

(10) 实验室应保持整齐、干净; 不得将固体、玻璃碎片等扔在水槽中; 不得将废酸、废碱倒入水槽, 以免腐蚀下水道。

思考与练习

1. 根据自己所掌握的知识, 想一想分析化学在生活中还有哪些应用?
2. 结合分析化学的特点, 考虑自己在今后学习中重点把握哪些方面?

项目二

分析天平的使用及分析数据的处理



项目说明

通过本项目的培训,使学生能够认识和使用分析天平,学会分析数据的处理方法,了解误差和分析数据处理的相关知识。



教学目标

- (1) 能熟练使用分析天平。
- (2) 能对分析数据进行处理和运算。



素质目标

- (1) 能养成良好的实验室工作习惯。
- (2) 能具备独立分析问题、解决问题的能力。
- (3) 能养成求真务实、科学严谨的工作态度。

任务一 掌握分析天平的称量



任务目标

终极目标: 熟练完成分析天平的称量操作。

促成目标: (1) 认识分析天平。

(2) 了解分析天平的构造。

(3) 进行物质的初步称量。

(4) 严格按照操作步骤规范操作。



工作任务

【活动一】 认识分析天平

分组：1~2 人一组。

活动目的：能掌握各种天平的称量原理；掌握天平的构造；熟悉各部件的名称和用途；掌握分析天平零点及灵敏度的测定；了解所使用分析天平的主要性能及其检定方法。

仪器设备：托盘天平和砝码 1 台、电子天平 1 台、电光分析天平 1 台和砝码、10mg 环码（已校准）、20g 等面值砝码 2 个。

活动程序：

- (1) 认识托盘天平和电子天平各部件的名称和性能。
- (2) 按照分析天平的构造，熟悉电光分析天平各部件的名称及性能。
- (3) 检查天平梁、称盘、吊耳的位置是否正常；天平是否水平；电光分析天平机械加码装置是否完好。轻轻启动天平升降枢旋钮，观察电光天平投影微分标尺移动情况。
- (4) 打开砝码盒，了解砝码组合情况，认识砝码，并熟悉其位置。练习机械加码装置的使用方法。
- (5) 测定分析天平零点。
- (6) 检查分析天平的主要性能（灵敏度、变动性和偏差的测定）。
- (7) 结果记录。并填写表 2.1、表 2.2、表 2.3。

表 2.1 灵敏度测定

载荷/g	零点或平衡点	加 10mg 后平衡点	灵敏度/（格/mg）	感量/（mg/格）
0	1			
	2			
20	1			
	2			

表 2.2 变动性测定

次数	空载零点	载荷后零点	变动性
1			
2			

表 2.3 偏差测定

次数	平衡点 1	平衡点 2	偏差
1			
2			

每 3~4 组合并为一大组，相互交流、比较所测数据与别人是否相同，为什么？

【活动二】 练习直接称量法

分组：1~2 人一组。

活动目的：在活动一的基础上，用直接称量法进行初步的称量练习，掌握直接称

量法。

仪器设备：托盘天平、半自动分析天平、表面皿、称量瓶。

活动程序：

- (1) 在分析天平上准确称量出小表面皿的质量。
- (2) 在分析天平上准确称量出称量瓶的质量。
- (3) 填写表 2.4。

表 2.4 直接称量法

称量物	所加砝码/g	所加环码/mg		微分标尺读数/mg	物品质量/g
		内圈	外圈		
表面皿					
称量瓶					

【活动三】 练习递减称量法

分组：1~2 人一组。

活动目的：在活动一、活动二的基础上，用递减称量法进行称量练习，掌握递减称量法。

仪器设备：托盘天平、半自动分析天平、表面皿、称量瓶、牛角匙、锥形瓶（或小烧杯）、 Na_2CO_3 、 $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_2$ 或 NaCl 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 。

活动程序：

- (1) 将洁净的锥形瓶（或小烧杯）编上号。
- (2) 在洁净、干燥的称量瓶中装入约 2g Na_2CO_3 ，先在托盘天平上粗称其质量，再在分析天平上称其准确质量（准确至 0.1mg），记下质量，设为 $m_1\text{g}$ 。
- (3) 取称量瓶，按递减法的称量方法操作，轻移试样 0.2~0.3g 于锥形瓶中，并准确称出称量瓶和剩余试样的质量，设为 $m_2\text{g}$ ，锥形瓶中试样质量为 $(m_1 - m_2)\text{g}$ 。以同样的方法连续称出 3 份试样，每份试样均称准至 0.1mg。
- (4) 将称量结果填写在表格 2.5 中。

表 2.5 直接称量法

次序 记录项目	1	2	3
称量瓶加试样质量 m_1/g			
倾出试样后称量瓶加试样质量 m_2/g			
试样质量, $(m_1 - m_2)/\text{g}$			

*【活动四】 练习固定质量称量法

分组：1~2 人一组。

活动目的：在活动一至活动三的基础上，用固定质量称量法进行称量练习，掌握固定质量称量法。

仪器设备：托盘天平、半自动分析天平、表面皿、称量瓶、牛角匙、锥形瓶（或小烧杯）、 Na_2CO_3 、 $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_2$ 或 NaCl 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 。

活动程序（称取 0.4084g $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_2$ 试样）：

- （1）将准确称量的小表面皿放入天平的左盘，并在右盘上加相应的砝码与之平衡。
- （2）再在天平右盘上加 0.4g 环码。
- （3）按正确操作，在表面皿的中央用牛角匙加入近 0.4g 试样，观察投影屏上微分标尺，用牛角匙缓慢将试样抖入表面皿中，直至试样质量为 0.4084g。将试样移入容器中。以同样方法再称取 2~3 个试样。
- （4）将称量结果填写在表格 2.6。

表 2.6 固定质量称量法¹

次序 记录项目	1	2	3
试样加表面皿质量/g			
空表面皿质量/g			
试样质量/g			



知识探究

（一）分析天平的种类

分析天平是定量分析中用于称量的精密仪器。习惯上是指具有较高灵敏度，全载不超过 200g 的天平。

天平按结构特点可分为等臂和不等臂两类。其中等臂和不等臂天平又可细分为等臂单盘天平、等臂双盘天平和不等臂单盘天平。

常用的分析天平有阻尼天平、半自动电光天平、全自动电光天平、单盘电光天平和微量天平等。国内分析天平的型号与规格见表 2.7。

表 2.7 国产天平型号与规格表

分析天平分类		型 号	最大载荷/g	分度值/mg
双 盘 天 平	阻尼式分析天平	TG-528B	200	0.4
	半自动电光天平 （部分机械加码电光天平）	TG-328B	200	0.1
	全自动电光天平 （全机械加码电光天平）	TG-328A	200	0.1
	单盘电光天平	TG-729B	100	0.1
微量天平		TG-332A	20	0.01

天平还可按精度分级。目前我国采用的是以天平分度值与最大载荷之比来分其精度级别，把天平分为十级，如表 2.8 所示。一级天平精度最好，十级天平精度最差。

表 2.8 天平精度分级表

精度级别	1	2	3	4	5
分度值/最大载荷	1×10^{-7}	2×10^{-7}	5×10^{-7}	1×10^{-6}	2×10^{-6}
精度级别	6	7	8	9	10
分度值/最大载荷	5×10^{-6}	1×10^{-5}	2×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}

(二) 分析天平的构造

分析天平在构造和使用方法上虽有些不同，但其称量物体的基本原理是相同的。等臂双盘天平是根据杠杆原理制成的，如图 2.1 所示。

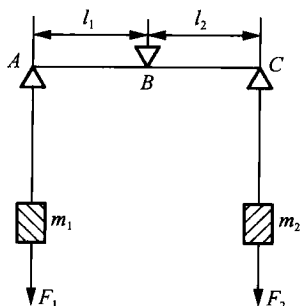


图 2.1 等臂天平原理

将质量为 m_1 的物体和质量为 m_2 的砝码分别放在天平的左右称盘上，当达到平衡时，支点两边的力矩相等。

则 $F_1 L_1 = F_2 L_2$ 。

式中 $F_1 = m_1 g$ ， $F_2 = m_2 g$ (g 为重力加速度)。

因为 $L_1 = L_2$ ，

则 $m_1 = m_2$ ，即物体的质量等于砝码的质量。

分析天平类型很多，但基本结构相似，现介绍 TG-328B 型天平 (图 2.2) 主要部件。

1. 天平梁

天平梁是天平的主要部件，多用质轻坚固、膨胀系数小的铝铜合金制成，起平衡和承载物体的作用。梁上装有三个三棱柱形的玛瑙刀，中间是一个支点刀，刀口向下，由固定在支柱上的玛瑙平板刀承所支承。左右两边各有一个承重刀，刀口向上，在刀口上方各悬有一个嵌有玛瑙平板刀承的吊耳，这三个刀口的棱边应互相平行并在同一水平面上，同时要求两承重刀口到支点刀口的距离 (即天平臂长) 相等。如图 2.3 所示。三个刀口的锋利程度对天平的灵敏度有很大影响。刀口越锋利，和刀口相接触的刀承越平滑，它们之间的摩擦越小，天平的灵敏度也就越高。经长期使用后，由于摩擦，刀口逐渐变钝，灵敏度逐渐降低。因此，在使用天平时要特别注意保护玛瑙刀口，应尽量减少刀口的磨损。

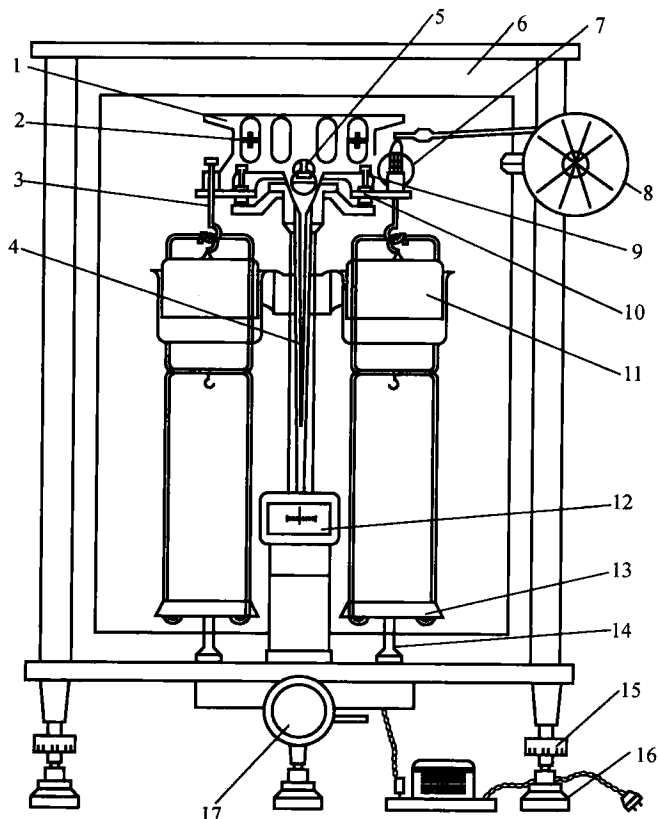


图 2.2 半自动电光天平 (TG-328B)

1. 天平梁; 2. 平衡螺丝; 3. 吊耳; 4. 指针; 5. 支点刀; 6. 框罩;
7. 环码; 8. 刻度盘; 9. 支柱; 10. 托叶; 11. 阻尼器; 12. 投影屏;
13. 称盘; 14. 盘托; 15. 螺旋脚; 16. 垫脚; 17. 升降枢旋钮

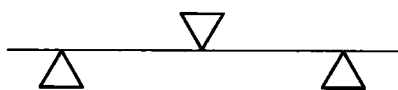


图 2.3 三个道口在同一平面上

在横梁的左右两端各装有一个平衡调节螺丝，用于调节天平的零点。在横梁中部适当位置上安装有感量调节螺丝（感量铈），用它来调节横梁重心的位置，以调节天平的灵敏度。

2. 升降枢旋钮

使用天平时顺时针转动升降枢旋钮，天平梁微微下降，刀口和刀承互相接触，天平开始摆动，称为启动“天平”。此时，如果天平受到振动或碰撞，刀口特别容易损坏。“休止”天平时，反时针转动升降枢旋钮，把天平梁托起，此时，刀口和刀承之间不再接触，可以避免磨损。为保护玛瑙刀，切不可触动未休止的天平。无论启动或休止天平均应轻而缓慢地转动升降枢旋钮，以保护天平。

3. 空气阻尼器

空气阻尼器由两个大小不同的圆筒组成，大的外筒固定在天平支柱的托架上，小的内筒则挂在吊耳的挂钩上。两个圆筒间有一定缝隙，缝隙要保持均匀，当天平摆动时内筒能上下自由浮动。借空气的阻力，使天平较快停止摆动而达到平衡。

4. 指针和投影屏

指针固定在天平梁的中央。天平启动时，天平梁和指针开始摆动。指针下端装有微分标尺，通过一套光学读数装置使微分标尺上的刻度放大，再反射到投影屏上即可读出天平的平衡位置（图 2.4）。天平的微分标尺上刻有 10 大格，每大格相当于 1.0mg。指针左右摆动时，投影屏上可以看到微分标尺的投影在移动。在投影屏的中央有一条纵向固定刻线，微分标尺的投影与刻线重合处即为天平的平衡位置。当天平空载时，标线与微分标尺上的“0”位应恰好重合。通过微分标尺在投影屏上的投影，可直接读取 10mg 以下的质量，如图 2.5 所示，(a) 读数为 0.8mg，(b) 读数为 -2.2mg。

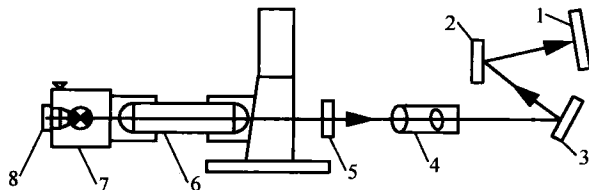


图 2.4 电光天平中光学读数装置示意图

1. 投影屏；2. 大反射镜；3. 小反射镜；4. 物镜筒；5. 指针；6. 聚光镜；7. 照明筒；8. 灯座

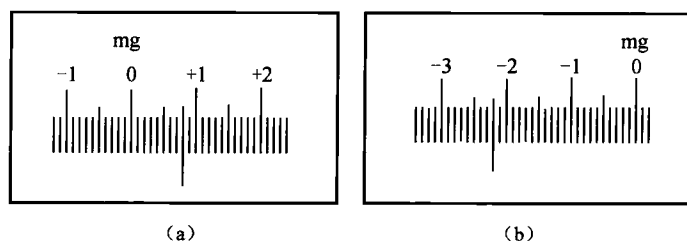


图 2.5 标尺在投影屏上的读数

5. 称盘

天平左右 2 个称盘挂在吊耳的挂钩上。称量时左盘上放置被称量的物体，右盘上放置砝码。

6. 天平框和水准器

天平框起保护天平的作用，以防止灰尘、湿气或有害气体的侵入，称量时可减少外界湿度、空气流动、人的呼吸等的影响。

天平框前面有一个可以向上开启的门，供装配、调整和修理天平用，称量时不准打