

全国普通高等专科学校教育药学类规划教材

分析化学实验

(第二版)

主 编 雷丽红

副 主 编 王 宽

编写人员 (按姓氏笔画为序)

王 宽 (哈尔滨医科大学)

汪 洋 (牡丹江医学院)

陈 博 (长春医学高等专科学校)

秦雪莲 (桂林医学院)

高 静 (牡丹江医学院)

雷丽红 (湖南师范大学医学院)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本教材的编写以《分析化学》课程的基本要求为纲,在第一版《分析化学实验》(马长清主编,中国医药科技出版社,1988)的基础上,并参考全国各药学院校分析化学实验讲义的部分内容,经过修订整理而成。本书共选编了25个实验,其中化学分析部分实验16个、仪器分析部分实验9个。

本书主要面对普通高等院校药学专业教学,作为《分析化学》课程的配套教材使用,也可供函大、职大、夜大等药学专业人员使用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学实验 雷丽红主编 北京:中国医药科技出版社,1999

全国普通高等专科学校教育药学类规划教材

陈景范京 陈景范京 陈景范京

I 雷丽红 II 雷丽红 III 分析化学—化学实验—高等学校—教材 IV 660.42

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第100000号

美术编辑 陈君杞

责任校对 张学军

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲10号

邮编 100082

电话 010-64789462

网址 中国医药科技出版社

规格 787mm×1092mm 1/32

印张 6.5

字数 160千字

印数 1000—3000

版次 1999年10月第1版

印次 1999年10月第1次印刷

印刷

经销 全国各地新华书店

书号 陈景范京 陈景范京 陈景范京

定价 10.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

前 言

本书是由全国普通高等专科教育药学类规划教材建设委员会组织编写的药学专业实验教材之一。该书主要面对普通高等院校药学专业教学，作为《分析化学》课程的配套教材使用，也可供函大、职大、夜大等药学专业人员使用或参考。

分析化学作为一门实践性很强的学科，实验教学在分析化学教学计划中占有很大的比重。为了配合《分析化学》的教学，培养学生的动手能力与自学能力，加强实验教学是分析化学教学中极为重要的环节。为此，在此次教材修订的过程中，本书作为药学专业系列教材之一，与普通高等专科教育药学类规划教材《分析化学》第二版同步编写。

本教材的编写以《分析化学》课程的基本要求为纲，在第一版《分析化学实验》（马长清主编，中国医药科技出版社，~~1995~~）的基础上，并参考全国各药学院校分析化学实验讲义的部分内容，经过修订整理而成。本书共选编了 ~~25~~ 个实验，其中化学分析部分实验 ~~15~~ 个、仪器分析部分实验 ~~10~~ 个。为了保持本书的相对独立性和使用上的方便，《分析化学》教材中的某些附表也在本书的附录中列出，附录中还收录了实验中常需使用的数据、试液及试剂等内容。

本书由雷丽红主编，其中分析天平、重量分析及附录部分由高静编写；酸碱滴定部分由王宽编写；沉淀滴定、配位滴定及氧化还原滴定部分由陈博编写；电分析部分由汪洋编写；光分析部分由秦雪莲编写；色谱分析部分等由雷丽红编写。

本书在编写过程中，得到了普通高等专科教育药学类规划教材建设委员会、中国医药科技出版社以及有关院校的领导和老师的热情支持，谨此一并致以衷心的感谢！

书中不足之处，欢迎读者批评指正。

编者

2003年 5月

目 录

上篇 化学分析

实验一 电光分析天平性能的检查.....	(员)
【附一】电光分析天平的结构与性能.....	(猿)
【附二】电光分析天平的安装与调试.....	(员)
实验二 电光分析天平称量练习.....	(员)
【附一】分析天平的使用方法.....	(缘)
【附二】分析天平的使用规则和称量方法.....	(苑)
【附三】分析天平常见故障的排除.....	(怨)
实验三 电子天平称量练习.....	(圆)
【附一】电子天平.....	(圆)
【附二】云粤一员型电子天平的结构和性能	(圆)
实验四 滴定分析操作练习.....	(圆)
【附】滴定分析基本操作.....	(猿)
实验五 氢氧化钠标准溶液的配制与标定.....	(猿)
实验六 醋酸的含量测定.....	(猿)
实验七 苯甲酸的含量测定.....	(源)
实验八 混合酸(盐酸 垣 磷酸)的含量测定.....	(源)
实验九 盐酸标准溶液的配制与标定.....	(缘)
实验十 药用硼砂的含量测定.....	(源)
实验十一 药用氢氧化钠的含量测定.....	(源)
实验十二 高氯酸标准溶液的配制与标定.....	(缘)
实验十三 水杨酸钠的含量测定.....	(缘)
实验十四 盐酸麻黄碱的含量测定.....	(缘)
实验十五 鞣酸标准溶液的配制与标定	(缘)
实验十六 葡萄糖酸锌的含量测定.....	(缘)
实验十七 乳酸钙的含量测定.....	(远)
实验十八 水的硬度测定.....	(远)
实验十九 明矾的含量测定.....	(缘)
实验二十 碘标准溶液的配制和标定.....	(远)
实验二十一 直接碘量法测定维生素 悦的含量	(苑)

实验二十二	硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	(苑猿)
实验二十三	置换碘量法测定铜盐的含量	(苑远)
实验二十四	剩余碘量法测定葡萄糖的含量	(苑愿)
实验二十五	高锰酸钾标准溶液的配制与标定	(愿园)
实验二十六	高锰酸钾法测定过氧化氢的含量	(愿圆)
实验二十七	干燥失重法测定氯化钡结晶水的含量	(愿缘)
实验二十八	沉淀重量法测定硫酸钠含量	(愿园)
【附】	沉淀重量分析法的基本操作	(愿愿)
实验二十九	硝酸银标准溶液的配制与标定	(怨愿)
实验三十	氯化铵的含量测定	(怨园)
实验三十一	盐酸甲基卞胍片的含量测定	(怨缘)

下篇 仪器分析

实验三十二	直接电位法测定溶液的 费	(怨园)
【附一】	园型 费计测定溶液 费的方法	(怨园)
【附二】	费源型 费计	(怨圆)
【附三】	标准缓冲溶液的配制	(怨猿)
【附四】	费标准缓冲溶液的 费值 (园- 怨猿)	(怨源)
实验三十三	氟离子选择电极性能检验及水样中氟离子浓度测定	(怨缘)
【附一】	费的标准值表 (园- 怨猿)	(怨愿)
【附二】	国产 费源型 (园- 怨猿) 型氟离子选择性电极的性能	(怨愿)
实验三十四	硫酸亚铁的电位滴定	(怨怨)
【附】	电位滴定装置及操作步骤	(怨园)
实验三十五	磷酸的电位滴定	(怨圆)
实验三十六	亚硝酸钠标准溶液的标定	(怨圆)
【附】	永停滴定装置	(怨缘)
实验三十七	磺胺嘧啶的重氮化滴定	(怨园)
实验三十八	可见分光光度计的性能检定	(怨圆)
【附一】	园型分光光度计及其使用方法	(怨圆)
【附二】	园型分光光度计及其使用方法	(怨圆)
实验三十九	可见分光光度法测定高锰酸钾的含量	(怨圆)
实验四十	邻二氮菲分光光度法测定水样中铁的含量	(怨愿)
实验四十一	紫外可见分光光度计的性能检定	(怨园)
【附】	园型分光光度计及其使用方法	(怨圆)
实验四十二	维生素 月注射液的含量测定	(怨圆)
实验四十三	双波长分光光度法测定安钠咖注射液中苯甲酸钠和咖啡因的含量	(怨怨)
实验四十四	荧光法测定硫酸奎尼丁的含量	(怨圆)

【附】荧光型荧光光度计及其使用方法	(页码)
实验四十五 荧光法测定维生素 B ₁₂ 的含量	(页码)
【附】荧光分光光度计及其使用	(页码)
实验四十六 硫酸奎宁的激发光谱和发射光谱的测绘	(页码)
【附】荧光分光光度计	(页码)
实验四十七 原子吸收分光光度法测定自来水中镁的含量	(页码)
【附】原子吸收分光光度计及其使用方法	(页码)
实验四十八 原子吸收分光光度法测定头发中锌的含量	(页码)
实验四十九 红外分光光度计的性能检查	(页码)
【附一】红外分光光度计的使用	(页码)
【附二】红外分光光度计的使用	(页码)
实验五十 样品红外吸收光谱的测绘	(页码)
实验五十一 乙苯、苯甲酸乙酯的核磁共振氢谱测绘	(页码)
实验五十二 质谱仪的性能检查	(页码)
实验五十三 离子交换柱色谱法测定枸橼酸钠的含量	(页码)
实验五十四 硅胶(粘合薄层板)的活度测定	(页码)
实验五十五 薄层色谱法分离鉴定复方新诺明中磺胺及磺胺嘧啶	(页码)
实验五十六 薄层扫描法测定黄连药材中小檗碱的含量	(页码)
【附】双波长薄层扫描仪及其使用方法	(页码)
实验五十七 纸色谱法分离鉴定混合氨基酸	(页码)
实验五十八 气相色谱仪的主要性能检查与测定	(页码)
【附一】气相色谱仪的一般使用方法	(页码)
【附二】气相色谱仪及其使用方法	(页码)
实验五十九 气相色谱常用定性参数的测定及气相色谱法测定混合烷烃含量	(页码)
实验六十 气相色谱法测定无水乙醇中微量水分含量	(页码)
实验六十一 气相色谱法测定酊剂中乙醇的含量	(页码)
实验六十二 高效液相色谱仪的性能检查	(页码)
【附一】高效液相色谱仪的一般使用方法	(页码)
【附二】高效液相色谱仪及其使用方法	(页码)
实验六十三 高效液相色谱参数的测定	(页码)
实验六十四 高效液相色谱中流动相组成对保留值的影响	(页码)
实验六十五 高效液相色谱法测定阿莫西林的含量(外标法)	(页码)

附 录

附录一 国际原子量表	(页码)
附录二 常用式量表	(页码)
附录三 常用基准物的干燥条件和应用	(页码)

附录四	常用指示剂.....	(四四四)
附录五	常用缓冲溶液的配制.....	(四四四)
附录六	配位滴定有关常数.....	(四四四)
附录七	标准电极电位及某些氧化还原电对的条件电位.....	(四四四)
附录八	难溶化合物的溶度积 (四四四)	(四四四)
附录九	常用溶剂的紫外最大吸收波长、极限波长、折光率及黏度.....	(四四四)
附录十	常用薄层色谱固定相.....	(四四四)
附录十一	气相色谱法常用固定液.....	(四四四)
附录十二	气相色谱相对重量校正因子 (四四四)	(四四四)
附录十三	高效液相色谱常用固定相.....	(四四四)

上篇 化学分析

实验一 电光分析天平性能的检查

一、目的要求

了解电光分析天平的结构原理及性能。

熟悉电光分析天平的计量性能检查。

二、方法提要

电光分析天平作为精密的衡量仪器，必须符合规定的计量性能指标，即具有一定的灵敏度、稳定性、示值变动性、不等臂性。

电光分析天平的灵敏度是指在天平的一侧加 1mg 砝码所引起指针在刻度标尺上偏移的格数。偏移的格数越多，天平的灵敏度越高。灵敏度的单位是格/mg。天平的灵敏度也常用分度值（或感量）来表示。灵敏度与分度值互为倒数，分度值的单位为 mg/格。

电光分析天平的示值变动性是指在不改变称量条件的情况下，多次开关天平，天平平衡位置的重现性。双盘电光天平示值变动性不应超过 0.001mg，单盘电光天平示值变动性不应超过 0.0005mg。

天平的零点：天平空载时的平衡位置。

天平的停点：天平载重时的平衡位置。

三、仪器与试剂

标准砝码：J0001型双盘电光天平，J0001型单盘电光天平，J0001型砝码（已校正）。

四、实验步骤

双盘电光天平计量性能的检查

（1）外观检查 检查天平的水平位置；横梁、吊耳、秤盘是否正常；砝码、圈码是否齐全；指数盘是否均指零位。天平盘上若有灰尘，应用软毛刷轻扫干净。

（2）分度值的测定 调整天平零点。在左盘上加 1mg 砝码，开启天平，读出标尺的偏移格数（即读取停点）。若读数在标尺 10 格范围内，则分度值为 0.1mg/10 格。

在天平有 100mg 载重的情况下，再测一次分度值，标尺读数在 100mg 允差范围内，即属合格。

若所测出的分度值超出规定范围，则应旋动重心螺丝，调整天平横梁的重心（必须由教师进行这项操作），然后重新调整天平零点，测定分度值。

（猿）示值变动性的测定 连续测量天平的零点两次，然后在天平左右盘上各加 100mg 砝码，再测量天平的停点两次，记录各测量值。在所测得的四个数据中，最大值减去最小值所得的差值，即为天平的示值变动性，应在 0.1mg 以内。注意：第一次测量零点，应调整到标尺“0”位置，在以后各次测量中不得再调整。

猿援单盘电光天平计量性能的检查

（员）外观检查 检查天平是否处于水平位置，读数窗口是否均指零位。秤盘若有灰尘，用软毛刷轻扫干净。

（圆）分度值的测定 调整天平零点。在秤盘上加放 100mg 砝码，全开天平。当标尺刻线“0”在投影屏夹线正中时，读数若在 100.0000g ~ 100.0001g 范围内，即为合格。

（猿）示值变动性的测定 在秤盘上加放 100mg 砝码，转动减码手轮，减去 100mg 砝码，反复开、关天平四次。记录四次停点。四次数据中的最大值减去最小值的差值，应小于 0.1mg

五、实验结果

猿援数据记录

（员）分度值的测定

测定条件	空载时加 100mg	载重 100mg 时加 100mg
光幕读数		
分度值		

（圆）示值变动性

测定次数	I	II	III	IV
光幕读数				

猿援结果计算

（员）计算公式

分度值（ 100mg 格）越添加质量 辕 减数格数

示值变动性（ 100mg 格）越 子 最大值 原 子 最小值

（圆）结论

分度值为 100mg 格。（双盘电光天平不得超过 100mg 允差；单盘电光天平不得超过 100mg 允差~ 100mg 允差）

示值变动性为 0.1mg （双盘电光天平不得超过 0.1mg 单盘电光天平不得超过 0.1mg ）

六、注意事项

使用天平前，预习本实验【附一】、实验二【附一】及【附二】中天平的使用规则部分。

加减砝码时，应关闭天平（使天平梁托起），以保护玛瑙刀口。

天平全载时，开、关天平动作要轻、缓，否则会产生震动误差，直接影响观测结果的可靠性。

七、思考题

电光分析天平的分度值大小与哪些因素有关？

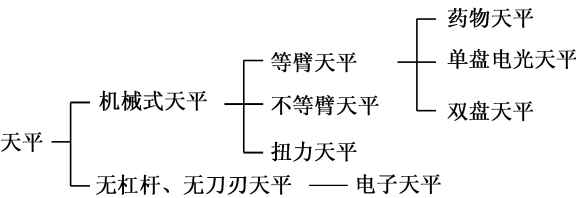
分度值和示值变动性两者之间有什么关系？

【附一】 电光分析天平的结构与性能

分析天平是精确称取物质质量的精密仪器。了解分析天平的结构、性能和正确熟练地进行称量是定量分析实验的基本要求。在了解电光分析天平的结构与性能之前，先了解一下分析天平的分类。

一、分析天平的分类

按其结构分类



分析天平按分度值大小可分为常量（ 0.1mg ）、半微量（ 0.01mg ）、微量（ 0.001mg ）等。

通常所说的分析天平一般是指最大称量在 100g 以下，灵敏度高，误差小的天平。

常用的几种分析天平型号和规格见表 1-1

表 1-1 常用分析天平的型号规格

种类	型号	名称	规格 最大称量(g) 分度值(mg)
双盘天平	FA104	全机械加码电光天平	100g
	FA105	半机械加码电光天平	100g
	FA106	微量天平	10g

续表

种类	型号	名称	规格 最大称量(导)度值(皂导)
单盘天平	阅裁京苑园	单盘电光天平	苑导园皂导苑
	裁京苑园	单盘电光天平	苑导园皂导苑
	阅裁京苑园	单盘电光天平	苑导园皂导苑
	月宰裁京苑	单盘微量天平	园皂导苑
电子天平	苑裁京苑园	上皿式电子天平	苑导园皂导苑
	苑裁京苑园	上皿式电子天平	园皂导苑
	云宰京苑园	上皿式电子天平	苑导园皂导苑
	粤宰京苑园	上皿式电子天平	园皂导苑

圆爱按天平的精度分类

根据天平的精度高低，可将天平划分为不同等级。我国通常按天平的分度值与最大载荷之比将天平分为 苑级（表 员京园）。例如，在常量分析中使用较多的分析天平载荷为 园皂导，分度值为 园皂导皂导，其精度为 园皂导皂导皂导皂导皂导，即相当于 猿级分析天平。级别越小，天平越精密。

表 员京园 天平精度级别

精度级别	员	圆	猿	源	缘
分度值与最大载荷之比	苑伊导	园伊导	缘伊导	员伊导	园伊导
精度级别	远	苑	愿	怨	员园
分度值与最大载荷之比	缘伊导	员伊导	园伊导	缘伊导	员伊导

二、裁京园型半机械加码电光天平

员爱原理

裁京园型半机械加码电光天平与其他等臂双盘天平一样，都是根据杠杆原理设计制成的，称量时用已知质量的砝码来衡量。天平的基本原理如图 员京员所示。若天平的左右两臂长度分别为 苑皂和 苑皂，在天平左端放一质量为 皂物的物体，在右端放质量为 皂砝的砝码，当天平达到平衡时，支点两边的力矩相等。

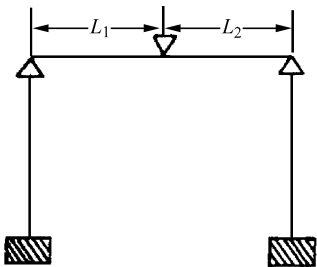


图 员京员 等臂天平原理

$$\text{宰物} \times \text{苑} = \text{宰砝} \times \text{苑}$$

宰物和宰砝分别是物体和砝码的重力，如果天平是等臂的，则 苑越苑，天平平衡时，有：

$$\text{宰物} = \text{宰砝}$$

即
故

$$\text{皂物} = \text{皂砝}$$

物体的质量即等于砝码的质量，所以天平称量的是物体的质量。

外观结构

常见的电光型天平与其他各种型号的双盘等臂天平的结构基本相同。天平的外形结构如图 1-1 所示。

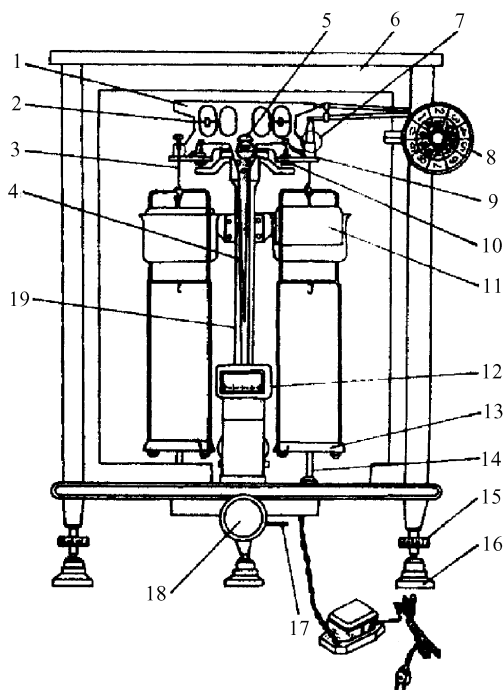


图 1-1 常见的电光型半机械加码电光天平外形结构

横梁 平衡螺丝 吊耳 指针 支点刀 天平箱 圈码
指数盘 托叶 托叶 阻尼器 投影屏 秤盘
盘托 螺旋脚 脚垫 调零杆 升降旋钮 立柱

(一) 横梁部分

天平横梁是天平的主要部件，包括横梁本身、支点刀、承重刀、平衡螺丝、指针、重心螺丝、吊耳、秤盘。

横梁一般由铝铜合金制成。梁上嵌有三个玛瑙刀，中间为支点刀（中刀），刀口向下；两侧为承重刀，刀口向上。三个刀口必须互相平行，且在同一水平面上。两个挂有秤盘的吊耳分别悬挂在承重刀上。吊耳的平板下嵌有光面玛瑙与承重刀接触，起着承受和传递载荷的作用。横梁两边各有一个平衡螺丝，用来调节天平空载时的平衡位置（即粗调零点）。横梁中间装有垂直的指针，用以指示平衡位置。支点刀的后上方装有重心螺丝，用来调整天平横梁的重心，从而改变天平的灵敏度和稳定性。重心螺丝在检定天平时已经调节好，使用时不要随便调动。

(二) 立柱部分

立柱部分包括立柱本身、刀承、托叶、升降旋钮、盘托、阻尼器、水平仪。

立柱本身是空心圆柱，柱顶端嵌有一块玛瑙刀承，与支点刀相接触，作为支撑横梁的

支点。柱上部两侧各有大小托叶。柱下部固定在天平底板中间，柱空心部分装有升降拉杆。升降拉杆上端与小托叶连接，下端与升降旋钮相连。升降旋钮是天平的总开关，它还连接光源和盘托。顺时针开启升降旋钮，电源接通，大小托叶同步下降，横梁被放下，梁上的三个刀口与相应的刀接触，与此同时，盘托也下降，吊耳和秤盘自由摆动，天平进入工作状态。逆时针转动升降旋钮，大小托叶上升，横梁被托住，同时光源切断，天平处于休止状态。凡不称量时都应如此，以免磨损刀口和刀承。在立柱中部两旁，有两个固定的空气阻尼外筒，内筒挂在两个吊耳钩下。内外筒间隙均匀，互相无摩擦。开启天平后，内筒缓慢上下运动，借助于筒内空气的阻尼，使横梁尽快停止摆动而达到平衡。在立柱后上部，装有一个水平仪，天平处于水平位置时，水平泡恰好在圆中央。

(猿) 天平箱部分

天平箱包括其本身、底板、天平脚、脚垫、机械加码装置。

天平箱的作用是保护天平，防止灰尘、湿气和有害气体等的侵入，同时也可减小天平附近空气流动对称量的影响。天平箱前门可上下移动，只有安装调试或修理天平时才用。左右门可前后移动，供取放被称量物及砝码用。天平箱底板是整个天平的基座。底板下面有调零杆，左右拨动，可微调天平零点位置。天平箱底下有三只天平脚，每只都垫有垫脚，防止天平箱滑动。前面两只脚有可调螺丝，旋转可调整天平的水平位置。天平箱右上角设有机机械加码装置，如图 员原猿所示。员早以上的员早以下的砝码制成圈形，称为圈码，挂在机械加码装置上，转动圈码指数盘（图 员原源，可在右端吊耳骑放圈码的横杆上加放员早-怨早圈码。指数盘上刻有圈码的质量值，内层为员早-怨早，外层为员早-怨早。图 员原源所示读数为 圆早。

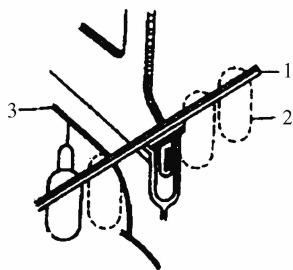


图 员原猿 机械加码装置
员早横杆 圆早圈码 猿早加码杆

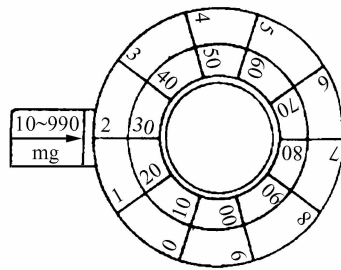


图 员原源 圈码指数盘

因为只有员早以下的圈码是由加码装置进行加码，所以称为半机械加码电光天平。如果所有砝码全部都由加码装置完成，这种天平称为全机械加码电光天平。

(源) 光学读数系统

光学读数系统如图 员原缘所示。

光源发出的光线经聚光后，照射到天平指针下端的微分标尺上，经过物镜，使微分标尺放大（员早-圆早倍），再经过反射镜反射到投影屏上。投影屏上有一条竖标线，标尺投影与竖标线重合的位置即为天平的平衡点。由于指针偏移的程度被放大，所以从投影屏能够准确读出员早以下的质量。

裁阳德型电光分析天平的标尺上刻有 50 个大格，每个格相当于 1mg，每大格又分为 5 个小格，每小格相当于 0.2mg，标尺读数范围为 0~100mg。

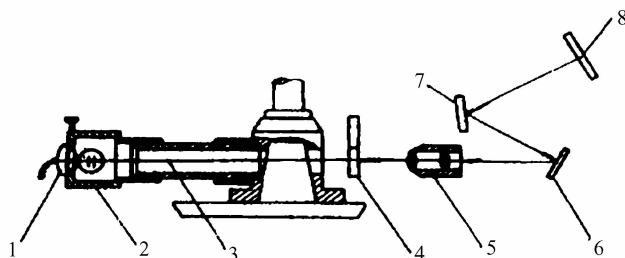


图 1-1 缘 光学读数系统

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

(缘) 砝码

每台天平都有一盒配套使用的砝码。砝码值一般为 100g、50g、20g、10g、5g、2g、1g、0.5g、0.2g、0.1g、0.05g、0.02g、0.01g、0.005g、0.002g、0.001g。按固定顺序放在砝码盒内。对于标示值相同的两个砝码，它们的实际质量可能有微小差别，所以其中一个标有记号，以示区别。为了减少称量误差，称量时，应尽量选用同一砝码。在进行同一实验时，所有称量应该使用同一台天平同一盒砝码。砝码盒内的镊子，供取砝码专用，不允许用手直接拿取砝码。

猿 计量性能

分析天平作为精密的称量仪器，必须具有一定的计量性能，天平的计量性能须从灵敏性、稳定性、示值变动性和不等臂性四个方面来衡量。

(员) 灵敏性

天平的灵敏性是用天平的灵敏度来表示的。

天平的灵敏度是指在天平的一个秤盘上增加 1mg 质量所引起指针在微分标尺上偏移的格数。指针偏移的程度越大，天平的灵敏度越高。天平灵敏度的单位为格/mg。

在实际工作中，常用灵敏度的倒数——分度值或感量来表示天平的灵敏性，单位为 mg/格。

即

分度值(感量) $\frac{1}{\text{灵敏度}}$

显然，分度值越小的天平，灵敏度就越高。一般常用的半机械加码电光天平的灵敏度以 100 格/mg 为宜，则分度值为 0.01mg/格。所以这类天平感量为万分之一。

设天平的灵敏度为 S ，它与天平臂长 L 、横梁质量 M 以及支点到横梁重心的距离 d 有以下关系： $S \propto \frac{L}{Md}$

由上式可见，天平的灵敏度与下列因素有关：

① 天平横梁质量 M 越轻，灵敏度越高。所以将天平梁制成空心、不易弯曲的三角架式样。

② 天平的臂长 L 越长，灵敏度就越高。但天平的臂长太长时，质量也增加并使载荷时的变形性增大，天平的灵敏度反而降低。

③ 支点到横梁重心的距离 d 越短（即重心越高），灵敏度越高。由于同一台天平的臂

长和横梁质量是固定的，所以只能通过调整天平重心螺丝的位置改变支点到重心的距离来调整天平的灵敏度。如天平的灵敏度太低，可将重心螺丝与支点距离缩短；如天平的灵敏度太高，可将重心螺丝与支点的距离增大。

应该指出，天平臂在载荷时会略向下垂，致使天平臂的实际长度变短，同时梁的重心也略向下移，所以载荷时天平的灵敏度稍有降低，但一般情况下，这种变化是极微小的。因此，经合理调整过的天平，不应再轻易自行调节重心螺丝。

实际上，天平的灵敏度在很大程度上取决于横梁上三个玛瑙刀口的质量。刀口锋利，天平摆动时刀口摩擦小，灵敏度就高。如果刀口磨损，即使调节重心螺丝也不能显著提高灵敏度。因此，在开启天平后，绝对不准在天平上进行加减砝码（圈码）和取放称量物操作，以免磨损玛瑙刀口。

（圆）稳定性

天平横梁受到扰动后，自动恢复到初始平衡位置的能力，称为天平的稳定性。天平开启后，若指针在标尺规定的范围内平稳、均匀地递增或递减摆动，则表示天平的性能是稳定的。

天平的稳定性主要取决于横梁重心的高低。重心在支点以下越远，即重心越低，天平越稳定。但天平稳定性高，则灵敏度低，可见天平的稳定性和灵敏性是相互矛盾的两种性质，必须同时兼顾两者，才能使天平处于最佳状态。

（猿）示值变动性

天平的示值变动性是指在不改变称量条件的情况下，多次开关天平时，天平平衡位置的重现性。或者说是在同一载荷下比较多次平衡点的差异。

示值变动性用同一称量操作中多次称量结果之间的最大差值表示。示值变动性也可反映出称量结果的可靠程度。示值变动性越大，则称量误差越大，可靠性越差。可见天平的称量准确度，不仅与天平的灵敏度有关，还与天平的示值变动性有关。只有在保证示值变动性不超过允许范围的前提下，适当地提高灵敏度，才能保证天平的称量准确度。对于半机械加码电光天平，示值变动性一般为 $\frac{1}{10000}$ ~ $\frac{1}{100000}$ 。

（源）不等臂性

天平的不等臂性是由天平横梁两臂不等长引起的。当天平的灵敏性、示值变动性都符合要求之后，天平横梁两臂是否等长，会直接影响称量的准确性。因此，天平两臂长度之差应在一定的允许范围内。对于一般分析天平，两臂长度之差（ ΔL ）与臂长（ L ）之比不得超过 $\frac{1}{10000}$ ，即 $\frac{\Delta L}{L} \leq \frac{1}{10000}$ 。否则就会由于天平的不等臂性而产生称量误差。此误差与天平的载荷成正比，载荷增大，误差越大。

天平的不等臂性是会变动的，通常，一台新出厂的天平，在最大载荷下，不等臂性引起指针摆动偏移不超过微分标尺 1 个分度。由于一般定量分析称量远远小于最大载荷，因此这个误差可以忽略不计。

三、机械加码型单盘电光天平

机械加码型单盘电光天平是不等臂横梁、全机械减码式电光天平。它比前面介绍的双盘电光分析天平的结构复杂一些，但使用比较方便。

原理

单盘天平也是根据杠杆原理设计的。不等臂单盘天平横梁及悬挂系统如图 1-1 所示。

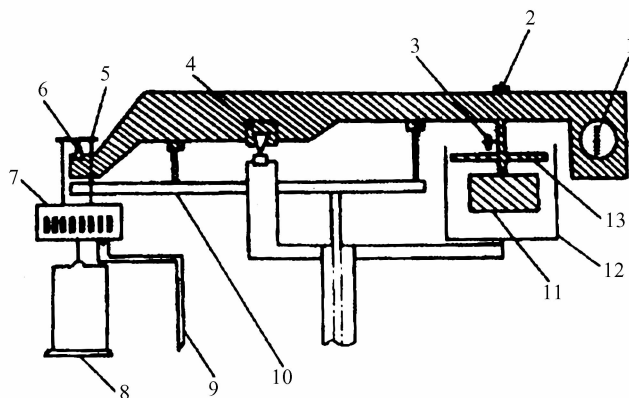


图 1-1 不等臂单盘天平横梁及悬挂系统

微分标尺 重心铊 平衡铊 支点刀 承重板 承重刀 砝码架
秤盘 减码托 起升板 配重铊 阻尼外筒 阻尼片

单盘天平只有一个支点刀，一个承重刀。天平最大载荷的全部砝码及一个秤盘都在同一悬挂系统中。悬挂系统装设在横梁的一臂——承重臂上。另一臂装有配重铊，用以平衡全部砝码和秤盘的质量。

称量时，采取减码式。当秤盘上放置被称物后，悬挂系统由于增加了质量而下沉，使横梁失去原有的平衡。为了维持天平原有的平衡状态，必须从砝码中减去与被称物质量相当的砝码。因此，所减去的砝码质量就是被称物的质量。这种方法使砝码与被称物始终在横梁同一臂上进行替代称量，因此称为“替代称量法”。

结构

单盘天平与其他不等臂单盘天平的结构大致相同，其外形结构如图 1-2 所示。

(1) 横梁部分 横梁的前端设置了承重刀、支点刀，横梁的尾部装有微分标尺、配重铊、阻尼片、平衡铊、重心铊。配重铊主要起平衡作用，上下旋动可以较大幅度地调整横梁的重心。细微的重心调整，则由调节横梁后侧的重心铊来完成。

(2) 悬挂系统由承重板、砝码架、秤盘等组成。承重板起着支承砝码的作用，同时将力传递给承重刀。砝码架用于承挂砝码。大小不一的砝码分别置于砝码架相应的槽内。秤盘用于放置被称物，悬挂在吊钩上方的钩槽里。

(3) 机械减码装置 主要包括砝码托、减码手轮和凸轮。砝码托用于提取砝码，由四组再形托组成。减码时再形托将被减的砝码从砝码架上托起。机械减码机构有三组不同几何形状的凸轮，转动大小减码手轮，则带动相应的凸轮转动。凸轮的转动控制着砝码的起落。

(4) 横梁起升装置 包括停动手钮、停动轴、起升轴、起升板。停动手钮是横梁起升装置的控制钮。通过停动手钮转动停动轴，使起升轴上下运动，并带动起升板上升或下降。起

升板是横梁的支架，上面装有支点刀承和三个支销，主要作用是支撑横梁。当停动手钮垂直时，起升板上升横梁被托起，支点刀离开支点刀承，天平处于关闭状态。当停动手钮向前转动（其尖端指向操作者）时，起升板下降，横梁被放下，支点刀落在支点刀承上，天平处于开启状态。注意，此时不能取放被称物或转动减码手轮，以免损坏玛瑙刀口。

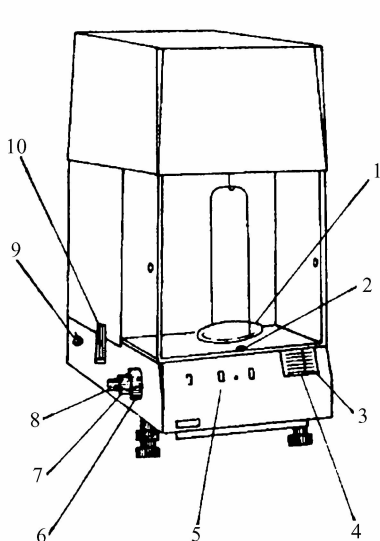


图 1-10 单盘天平外形结构(左视图)
1. 秤盘 2. 水准器 3. 微读数字窗口 4. 投影屏
5. 减码数字窗口 6. 减码手轮 7. 减码手轮
8. 减码手轮 9. 减码手轮 10. 电源开关
11. 停动手钮

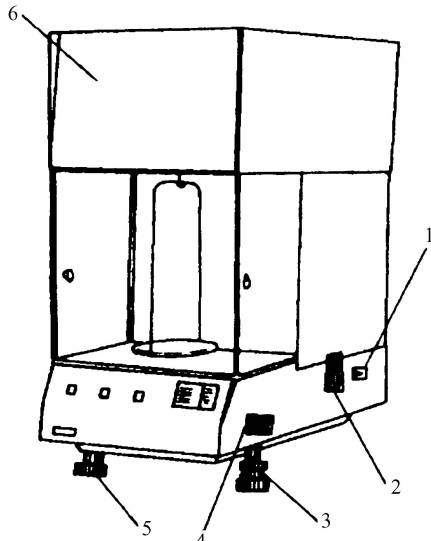


图 1-11 单盘天平外形结构(右视图)
1. 零调手钮 2. 停动手钮 3. 调整脚螺丝
4. 微读手钮 5. 减震脚垫 6. 顶罩

(缘) 速停装置 速停装置是由阻尼片和阻尼筒组成的空气阻尼器。当横梁摆动时，经过空气阻尼作用，促使横梁在 1 秒内静止。

(远) 光学读数系统 光学读数系统由光源、聚光、放大、折射、投影等环节构成。光路示意图见图 1-12。

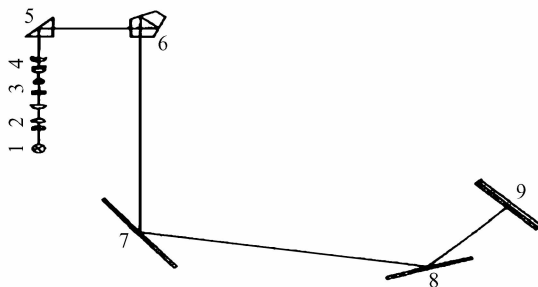


图 1-12 单盘天平光学读数系统光路
1. 光源 2. 聚光镜 3. 微分标尺 4. 放大镜
5. 三棱镜 6. 五棱镜 7. 调零镜 8. 微读镜 9. 投影屏