



普通高等专科学校教育药学类规划教材

(供药学专业用)

分析化学 实验

FENXI HUAXUE SHIYAN

主编 马长清 主审 张其河

中国医药科技出版社

普通高等专科学校教育药学类规划教材

分析化学实验

(供药学专业用)

主 编 马长清 (同济医科大学)

主 审 张其河 (桂林医学院)

参编人员 谢秋元 (桂林医学院)

邱细敏 (湖南医学高等专科学校)

孙茂峰 (开封医学高等专科学校)

彭家钢 (湖北药检高等专科学校)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书为普通高等专科教育药学类规划教材《分析化学》的配套实验教材。

本书共收载实验 50 个, 主要包括重量分析、滴定分析、电化学分析、光谱分析及色谱分析等内容。每个实验按目的要求、仪器试剂、方法原理、操作步骤、实验结果、注意事项及思考题等项目编排。同时, 对与分析化学实验相关的基本知识、基本操作以及常用仪器的结构、性能、使用及维护等内容作了简要介绍。

本书还可作为函大、职大、夜大等成人高校相关专业的实验教材, 并且可供从事分析化学工作的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/马长清主编. —北京: 中国医药科技出版社, 1998.7

普通高等专科教育药学类规划教材

ISBN 7-5067-1785-9

I. 分... II. 马... III. 分析化学-实验-高等学校: 专业学校-教材 IV. 0652.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 10576 号

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 22 号
邮编 100088
电话 010-62244206
网址 www.mpsky.com.cn
规格 787×1092mm¹/₁₆
印张 13
字数 296 千字
印数 29001—34000
版次 1998 年 7 月第 1 版
印次 2005 年 2 月第 7 次印刷
印刷 世界知识印刷厂
经销 全国各地新华书店
书号 ISBN 7-5067-1785-9/G·0147
定价 17.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

普通高等专科学校教育药学类 规划教材建设委员会

名誉主任委员：郑筱萸

主任委员：姚文兵

副主任委员：尹 舫 宋丽丽

委 员：(按姓氏笔画为序)

丁 红 毛季琨 王树春

王桂生 刘志华 朱家勇

宋智敏 陈天平 林 宁

罗向红

秘 书：浩云涛 高鹏来

普通高等专科学校教育药学类规划教材配套教材目录

《高等教学解题指导》	杨继泰主编	张德舜主审
《无机化学实验》	彭夷安主编	侯新初主审
《有机化学实验》	伍焜贤主编	马祥志主审
《人体解剖生理学实验》	付建华主编	张尚俭主审
《微生物学实验》	毛季琨主编	唐珊熙主审
《分析化学实验》	马长清主编	张其河主审
《生物化学实验》	薛丽珠主编	赖炳森主审
《物理化学实验》	周传佩主编	侯新朴主审
《药理学实验》	王玉祥主编	张大禄主审
《药剂学实验》	林 宁主编	高鸿慈主审
《药物化学实验》	刘芳妹主编	孙常晟主审
《药物分析实验》	苏薇薇主编	蔡美芳主审
《天然药物化学实验》	李嘉蓉主编	杨其蓝主审
《药用植物学实验》	汪乐原主编	许文渊主审
《生药学实验》	赵奎君主编	罗集鹏主审
《物理学实验》	贺德麟主编	潘百年主审

序 言

我国药学高等专科学校教育历史悠久,建国后有了较大发展。但几十年来一直未能进行全国性的教材建设,在一定程度上影响了专科教育的质量和发 展。改革开放以来,专科教育面临更大的发展,对教材的需要也更为迫切。

国家医药管理局科技教育司根据国家教委(1991)25 号文的要求负责组织、规划高等药学专科教材的编审出版工作。在国家教委的指导下,在对全国高等药学专科教育情况调查的基础上,普通高等专科学校教育药学类教材建设委员会于 1993 年底正式成立,并立即制订了“八五”教材编审出版规划。在全国 20 多所医药院校的支持下,成立了各门教材的编审专家组(共 51 人)和编写组(共 86 人),随即投入了紧张的编审、出版工作。经 100 多位专家组、编写组教师和中国医药科技出版社的团结协作、共同努力,建国以来第一套普通高等专科学校教育药学类规划教材终于面世了。

该套规划教材是国家教委“八五”教材建设的一个组成部分,编写原则是既要保证教材质量,又要反映专科的特色。同时,由于我们组织了全国设有药学专科教育的大多数院校和大批教师参加编审工作,既强调专家审稿把关的作用,也注意发挥中、青年教师的积极性,使该套规划教材能在较短时间内以较高质量出版,适应了当前高等药学专科教育发展的需求。在编写过程中,也充分注意目前高等专科学校教育中有全日制教育、函授教育、自学高考等多种办学形式,力求使该套规划教材具有通用性,以适应不同办学形式的教学要求。

高等药学专科教育的主要任务是为医药行业生产、流通、服务、管理第一线培养应用型技术人才。为此,在第一套普通高等专科学校教育药学类规划教材面世之后,我们又立即组织编审、出版了这套配套教材(实验指导、习题集),以加强对学生的实验教学,培养实际操作能力。从现实国情考虑,我们统筹规划、全面组织教材建设活动,是为了优化教材编审队伍,确保教材质量,规范教材规格。同时,为了照顾各地办学条件和实际需求的不同,在保证基本规格的前提下,提供了若干可供灵活选择的材料。今后,规划教材的使用情况将作为教学质量评估的基本依据之一。

配套教材出齐之后,我们将大力推动以上两套教材的使用,并组织修订及评优工作,竭诚欢迎广大读者对这两套教材的不足之处提出宝贵意见。

普通高等专科学校教育药学类
规划教材建设委员会

1998 年 3 月

前 言

本书系由国家医药管理局科教司领导的普通高等专科学校教育药学类规划教材建设委员会组织编写的药学专业“九五”规划实验教材之一。该书除可作为高等专科学校药学专业《分析化学》课程的配套教材使用之外，还可供函大、职大、夜大等药学专业人员使用或参考。

分析化学是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比重。本教材的编写以《分析化学》课程的基本要求为纲，书中实验内容主要选自全国各药学院校分析化学实验讲义，并经全面修改、补充、整理而成。实验内容的重点侧重于目前药学工作中应用最为广泛的技术，如滴定分析法、电位法、可见—紫外分光光度法、红外分光光度法、液相色谱法、气相色谱法及高效液相色谱法。鉴于近十年来，仪器分析新技术、新方法的应用逐年递增，本书对薄层扫描法、荧光法、原子吸收分光光度法、流动注射分析法等实验（标有*者）予以编排，供有条件的学校选择或作为示教实验。考虑到《分析化学》理论教材及有关课程对分析天平、重量分析、滴定分析的基本操作技术以及实验室常用分析仪器的型号、结构、性能、用法等内容未加以介绍，故本书特在相关实验的后面以“附”的形式作了编排。为了保持本书的相对独立性及使用上的方便，本书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。

本书由马长清主编。分析天平和重量分析部分由谢秋元编写，酸碱及非水滴定部分由邱细敏编写，沉淀、配位及氧化还原滴定部分由孙茂峰编写，电位法、可见—紫外及红外部分由彭家钢编写，色谱部分及其他实验内容由马长清编写。全书经张其河教授主审。

在编写过程中，本书得到了国家医药管理局科教司、教材建设委员会以及有关兄弟院校的领导和老师的亲切关怀和热情支持，在此一并致以衷心感谢！

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中定有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者
1998 年元月

目 录

实验一 天平性能的检查	(1)
【附一】 分析天平的结构与性能	(3)
【附二】 分析天平的安装与调试	(11)
实验二 称量练习	(14)
【附一】 分析天平的使用方法	(15)
【附二】 分析天平的使用规则和称量方法	(17)
【附三】 分析天平常见故障的排除	(19)
实验三 氯化钡结晶水的测定	(22)
实验四 沉淀重量法测定硫酸钠的含量	(24)
【附】 沉淀重量法基本操作	(26)
实验五 滴定分析操作练习	(34)
【附】 滴定分析基本操作	(35)
实验六 氢氧化钠标准溶液的配制与标定	(41)
【附】 滴定分析实验报告示例	(43)
实验七 醋酸的含量测定	(44)
实验八 苯甲酸的含量测定	(46)
实验九 盐酸标准溶液的配制与标定	(48)
实验十 药用硼砂的含量测定	(50)
实验十一 双指示剂法测定混合碱的含量	(52)
实验十二 高氯酸标准溶液的配制与标定	(54)
实验十三 水杨酸钠的含量测定	(57)
实验十四 盐酸麻黄碱的含量测定	(59)
实验十五 硝酸银标准溶液的配制与标定	(61)
实验十六 氯化铵的含量测定	(64)
实验十七 EDTA 标准溶液的配制与标定	(68)
实验十八 水的硬度测定	(70)
实验十九 乳酸钙的含量测定	(72)
实验二十 碘标准溶液的配制与标定	(74)
实验二十一 直接碘量法测定维生素 C 的含量	(77)
实验二十二 硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	(79)
实验二十三 间接碘量法测定铜盐的含量	(82)
实验二十四 高锰酸钾标准溶液的配制与标定	(85)

实验二十五	过氧化氢的含量测定	(87)
实验二十六	直接电位法测定溶液的 pH 值	(90)
【附一】	标准缓冲溶液的配制与 pH 值	(92)
【附二】	25 型酸度计使用说明	(93)
【附三】	pHs-3 型酸度计使用说明	(94)
实验二十七	氟离子选择电极测定水样中氟离子浓度	(96)
【附一】	NaF 的 pM 标准值表	(98)
【附二】	国产 pF-1C (201) 型氟离子选择性电极的性能	(98)
实验二十八	硫酸亚铁的电位滴定	(99)
【附】	电位滴定装置及操作步骤	(101)
实验二十九	亚硝酸钠标准溶液的配制与标定	(103)
实验三十	永停滴定法测定磺胺嘧啶的含量	(105)
【附】	永停滴定装置电路图	(106)
实验三十一	可见分光光度计性能检定	(108)
实验三十二	邻二氮菲比色法测定水样中铁的含量	(112)
【附】	721 型分光光度计	(114)
实验三十三	单光束紫外可见分光光度计性能检定	(116)
【附】	751G 型分光光度计	(119)
实验三十四	维生素 B ₁₂ 注射液的定性鉴别及含量测定	(121)
实验三十五	双波长分光光度法测定安钠咖注射液的含量	(124)
实验三十六	红外吸收光谱的测定	(127)
【附】	4010 型光栅红外分光光度计的使用方法	(129)
实验三十七	薄层色谱法测定氧化铝的活度	(131)
实验三十八	混合磺胺类药物的薄层分离与鉴定	(134)
*实验三十九	薄层扫描法测定黄连药材中小檗碱的含量	(136)
【附】	CS-930 型双波长薄层扫描仪及其操作程序	(138)
实验四十	纸色谱法分离鉴定混合氨基酸	(141)
实验四十一	气相色谱仪的主要性能检查与测定	(144)
【附】	102G 型气相色谱仪及其使用方法	(148)
实验四十二	归一化法测定混合烷烃的含量	(153)
实验四十三	内标法测定无水乙醇中微量水分的含量	(156)
*实验四十四	内标对比法测定酊剂中乙醇的含量	(158)
实验四十五	高效液相色谱仪的性能检查	(160)
【附】	YSB-II 型高效液相色谱仪及其操作方法	(163)
实验四十六	高效液相色谱参数的测定	(166)
实验四十七	流动相组成对保留值的影响	(168)
*实验四十八	荧光法测定硫酸奎尼丁的含量	(170)
【附】	930 型荧光光度计及其操作方法	(172)

*实验四十九 原子吸收分光光度法测定自来水中镁的含量	(173)
【附】 WFX-1F 型原子吸收分光光度计及其通用操作规程	(175)
*实验五十 流动注射分析法测定磺胺嘧啶含量	(178)
【附】 LZ-1000 型组合式流动注射分析仪	(179)
附录	(181)
一、国际原子量表 (1981)	(181)
二、常用式量表	(183)
三、常用基准物的干燥条件和应用	(184)
四、常用缓冲溶液的配制	(185)
五、常用指示剂	(186)
六、常用溶剂的紫外最大吸收波长、极限波长、折光率及粘度	(190)
七、常用薄层色谱固定相	(191)
八、气相色谱法用表	(192)
九、液相色谱法用表	(194)

实验一 天平性能的检查

一、目的要求

1. 了解分析天平的结构原理及性能。
2. 熟悉分析天平的计量性能检查。

二、仪器

TG-328B 型分析天平, DT-100 型单盘天平, 10mg、100mg、20g 砝码 (已校正)。

三、方法原理

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。

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。

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 0.2mg; 单盘电光天平示值变动性不应超过 0.1mg。

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。

四、操作步骤

(一) 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, 应用软毛刷轻刷干净。

2. 分度值的测定

调整天平零点。在左盘上加 10mg 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 100 ± 1 格范围内, 则分度值为 $10\text{mg}/100 \pm 1$ 格。在天平有 20g 载重的情况下, 再测一次分度值, 标尺读数在 100 ± 1 格范围内, 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。

3. 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 20g 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 0.2mg 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。

(二) 单盘电光天平计量性能的检查

1. 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。

2. 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“100”在投影屏夹线正中时，读数若在 $100 - 0.1 \sim 100 + 0.2\text{mg}$ 范围内，即为合格。

3. 示值变动性的测定

在秤盘上加放 20g 砝码，转动减码手轮，减去 20g 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

1. 数据记录

(1) 分度值的测定

测定条件	空载时加 10mg	载重 20g 时加 10mg
光幕读数		
分度值		

(2) 示值变动性

测定次数	I	II	III	IV
光幕读数				

2. 结果计算

(1) 计算公式

分度值 (mg/格) = 添加重量 / 读数格数

示值变动性 (mg) = $P_{\text{最大值}} - P_{\text{最小值}}$

(2) 结论

分度值为 ____ mg/格。(双盘电光天平不得超过 $10\text{mg}/100 \pm 1$ 格；单盘电光天平不得

超过 $100 - 0.1 \sim 100 + 0.2\text{mg}$)

示值变动性为 ____ mg。(双盘电光天平不得超过 0.2mg ; 单盘电光天平不得超过 0.1mg)

六、注意事项

1. 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。
2. 加减砝码时, 应关闭天平(使天平梁托起), 以保护玛瑙刀口。
3. 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

1. 分析天平的分度值大小与哪些因素有关?
2. 分度值和示值变动性两者有何关系?

【附一】 分析天平的结构与性能

定量分析经常要准确称量某些物质, 称量的准确度直接影响分析结果的可靠性。分析天平是定量分析中最主要最常用的称量仪器。在进行分析工作之前, 必须先了解分析天平的结构性能, 以便正确使用分析天平。

一、分析天平的分类

分析天平的分类, 目前尚无统一的方法, 常用的有按结构和精度分类两种方法。

根据天平结构的特点可将天平分为等臂双盘天平、不等臂单盘天平和电子天平等。

双盘天平可分为摇摆天平、空气阻尼天平和电光天平。前两种天平由于称量速度慢, 已趋于淘汰。目前使用较多的双盘电光天平和单盘电光天平, 一般都具有光学读数装置、机械加(减)砝码装置和阻尼装置。电子天平是最新发展的一类天平, 是基于电磁学原理制造的。目前主要有顶部承载式(吊挂单盘)和底部承载式(上皿)两种结构。一般的电子天平都装有小电脑, 具有数字显示、自动调零、自动校准、扣除皮重、输出打印等功能。电子天平操作简便、称量快速, 但价格昂贵。

常用的几种国产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
双盘 天平	TG-328A	全机械加码电光天平	200g/0.1mg
	TG-328B	半机械加码电光天平	200g/0.1mg
	TG-332A	微量天平	20g/0.01mg

续

种 类	型 号	名 称	规 格
单盘 天平	DT-100	单盘电光天平	100g/0.1mg
	TG-729B	单盘电光天平	100g/0.1mg
	DTG-160	单盘电光天平	160g/0.1mg
	BWT-1	单盘微量天平	20g/0.01mg
电子 天平	MD100-2	上皿式电子天平	100g/0.1mg
	MD200-3	上皿式电子天平	200g/1mg

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 10 级(表 1-2)。例如,在常量分析中使用较多的分析天平载荷为 200g、分度值为 0.1mg/格,其精度为 $0.0001/200 = 5 \times 10^{-7}$,即相当于 3 级分析天平。级别越小,天平越精密。

表 1-2 天平精度级别

精度级别	1	2	3	4	5
分度值与最大 载荷之比	1×10^{-7}	2×10^{-7}	5×10^{-7}	1×10^{-6}	2×10^{-6}
精度级别	6	7	8	9	10
分度值与最大 载荷之比	5×10^{-6}	1×10^{-5}	2×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}

二、TG-328B 型半机械加码电光天平

(一) 原理

TG-328B 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 1-1 所示。设 AC 为一杠杆, B 为支点, A 和 C 为左右两力点。两端所受的力分别为 P 和 Q , P 表示砝码的质量, Q 表示被称物体的重量。对等臂天平来说,支点两边的臂长相等,即 $L_1 = L_2$ 。当杠杆处于平衡状态时,支点两边的力矩相等;即 $Q \times L_1 = P \times L_2$,因为 $L_1 = L_2$,所以 $Q = P$ 。上式说明,当等臂天平处于平衡状态时,被称物体的重量等于砝码的质量。(在分析工作中,通常所说的称量某物的“重量”实际是质量。)

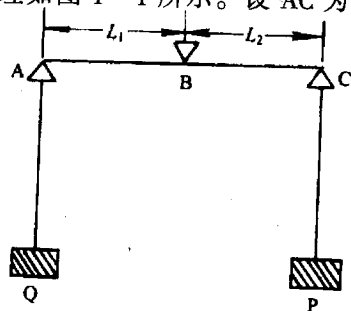


图 1-1 等臂天平原理

(二) 结构

TG-328B 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 1-2 所示。

1. 横梁部分

天平横梁是天平的主要部件，它包括横梁本身、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，位于正中的支点刀，刀口向下，位于两端的承重力，刀口向上。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。

2. 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、水准器。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承接触，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（此时天平若受到震动或碰撞，刀口特别容易损坏，应注意保护）。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。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上。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，装有一个水准器，天平处于水平位置时，水平泡恰好圆中央。

3. 光学读数系统

光学读数系统如图 1-3 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（10~25 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

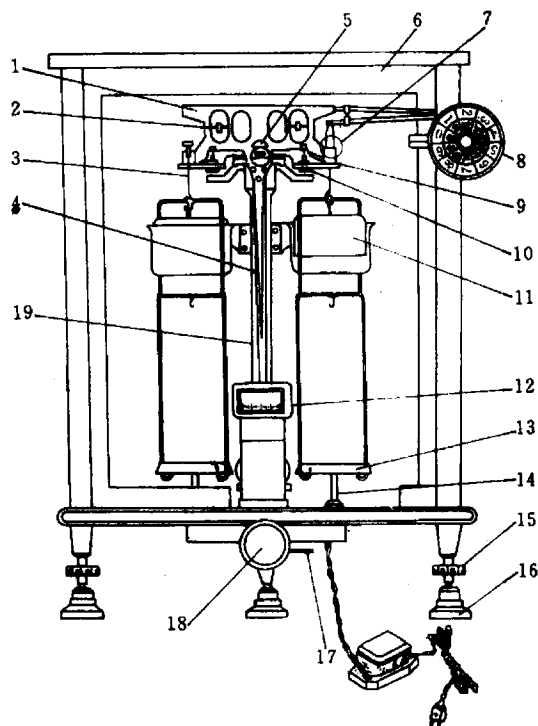


图 1-2 TG-328B 型半机械加码电光天平外形结构

1. 横梁 2. 平衡螺丝 3. 吊耳 4. 指针 5. 支点刀
6. 天平箱 7. 圈码 8. 指数盘 9. 支刀销 10. 托叶
11. 阻尼器 12. 投影屏 13. 秤盘 14. 盘托 15. 螺旋脚
16. 脚垫 17. 调零杆 18. 升降旋钮 19. 立柱

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 10mg 以下的质量。TG-328B 型分析天平的标尺上刻有 10 个大格，每大格相当于 1mg ；每大格又分为 10 个小格，每小格相当于 0.1mg 。标尺读数范围为 $0 \sim 10.0\text{mg}$ 。

4. 天平箱部分

天平箱包括其本身、底板、天平脚、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 1-4 所示。 10mg 以上 1g 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 1-5 所示），可在右端吊耳骑放圈码的横杆上加放 $10 \sim 990\text{mg}$ 圈码。指数盘上刻有圈码的质量值，内层为 $10 \sim 90\text{mg}$ ，外层为 $100 \sim 900\text{mg}$ 。

因为只有 1g 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。

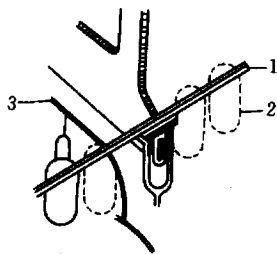


图 1-4 机械加码装置

1. 横杆 2. 圈码 3. 加码杆

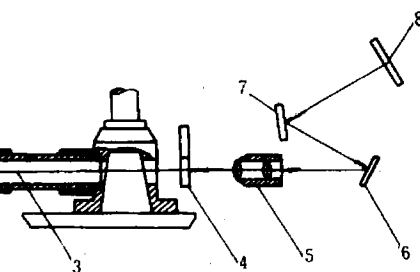


图 1-3 光学读数系统

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

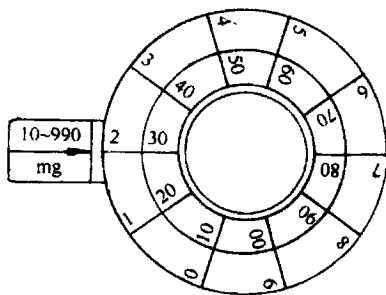


图 1-5 圈码指数盘

5. 砝码

每台天平都有一盒配套使用的砝码。砝码值一般为 100 、 50 、 20 、 20^* 、 10 、 5 、 2 、 2^* 、 1g ，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。

（三）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，即灵敏性、稳定性、示值变动性和不等臂性，才能保证称量的准确度。

1. 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）= 1/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分度值为 0.1mg/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 h 有以下关系：

$$S \propto L/mh$$

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 h 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 h 来调整天平的灵敏度。

应该指出，天平臂在载荷时会稍稍向下垂，致使天平臂的实际长度变短，同时梁的重心也下移，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。

2. 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，对一台天平来说，需要适当调整，使天平既有合格的灵敏度又有良好的稳定性。

3. 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，天平平衡位置的