

 NPTGJC

全国普通高等专科学校教育药学类规划教材
QUANGUO PUTONG GAODENG ZHUANKE JIAOYU YAOXUELEI GUIHUA JIAOCAI

分析化学 实验 (第二版)

ANALYTICAL CHEMISTRY
EXPERIMENT

主编 雷丽红



中国医药科技出版社

ANALYTICAL
CHEMISTRY
EXPERIMENT

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,1998)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65个实验,其中化学分析部分实验31个、仪器分析部分实验34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. —2版. —北京:中国医药科技出版社,2006.2

全国普通高等专科学校教育药学类规划教材

ISBN 7-5067-3365-X

I. 分... II. 雷... III. 分析化学—化学实验—高等学校—教材 IV. 0652.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第000161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22号

邮编 100088

电话 010-62244206

网址 www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$

印张 16 $\frac{1}{4}$

字数 348千字

印数 34001—39000

版次 2006年2月第2版

印次 2006年2月第8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 7-5067-3365-X/G·0478

定价 24.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

序 言

1993年,原国家医药管理局科技教育司鉴于我国药学高等专科学校教育一直没有进行全国性的教材建设,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。1995年,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。其后,又根据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的需要,立即组织编审、出版了相关的配套教材(实验指导、习题集),以加强对学生的实验教学,培养学生的实际操作能力。

该套规划教材是国家教委“八五”教材建设的一个组成部分。从当时高等药学专科教育的现实情况考虑,统筹规划、全面组织教材建设活动,为优化教材编审队伍,确保教材质量,规范教材规格,起到了至关重要的作用。也正因为如此,这套规划教材受到了药学专科教育的大多数院校的追崇及广大师生的喜爱,其使用情况一直作为全国高等药学专科教育教学质量评估的基本依据之一,可见这套教材的影响之大。

由于我国的高等教育近年进行了一系列改革,我国药学高等专科学校变化也较大,加之教学大纲的不断调整,这套教材已不能满足现在的教学需要,亟需进行修订。但是,因为原主管部门已不再管理我国药学高等专科学校教育,加之一些高等药学专科学校已经合并到其他院校,原普通高等专科学校教育药学类教材建设委员会已不能履行修订计划。因此,全国高等医药院校药学类教材编辑委员会接管了这项工作,组成了新的普通高等专科学校教育药学类教材建设委员会,组织了这套规划教材的修订,希望修订后的这套规划教材能够适应当前高等药学专科教育发展的需求。在修订过程中,考虑到高等专科学校教育中全日制教育、函授教育、自学考试等多种办学形式,力求使这套教材能具有通用性,以适应不同办学形式的教学要求。学术是有继承性的,虽然第一版的一些作者已经退休或因为其他原因离开了药学高等专科学校教育岗位,不能继续参加这套教材的修订工作,但是他们对这套教材做出了非常重大的贡献,在此,我们谨对他们表示衷心的感谢。

这套规划教材修订出版后,竭诚欢迎使用本教材的广大读者提出宝贵意见,以便我们进行教材评优工作,不足之处我们将在以后修订时改正。

全国普通高等专科学校教育
药学类规划教材建设委员会

2003年12月

普通高等专科学校教育药学类规划教材编委会

(第二版)

名誉主任委员	郑筱萸
主任委员	姚文兵 (中国药科大学)
副主任委员	(按姓氏笔画排名)
	尹 舫 (湖北中医学院)
	王 玮 (河南大学药学院)
	罗向红 (沈阳药科大学)
	郭 姣 (广东药学院)
委 员	(按姓氏笔画排名)
	丁 红 (山西医科大学)
	于信民 (菏泽医学高等专科学校)
	马祥志 (湖南长沙医学院)
	王润铃 (天津医科大学)
	王庸晋 (长治医学院)
	刘 斌 (天津医学高等专科学校)
	刘志华 (怀化医学高等专科学校)
	孙 涛 (宁夏医学院)
	吴琪俊 (右江民族医学院)
	宋智敏 (哈尔滨医科大学大庆校区)
	张德志 (广东药学院)
	李淑惠 (长春医学高等专科学校)
	肖孟泽 (井冈山医学高等专科学校)
	陈 旭 (桂林医学院)
	林 宁 (湖北中医学院)
	罗载刚 (黔南医学高等专科学校)
	赵冰清 (湖南师范大学药学院)
	徐世义 (沈阳药科大学)
	徐晓媛 (中国药科大学)
	高允生 (泰山医学院)
	黄林帮 (赣南医学院)
	谭桂山 (中南大学药学院)

前 言

本书是由全国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，与普通高等专科学校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，1998）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65个实验，其中化学分析部分实验31个、仪器分析部分实验34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学校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

2005年10月

目 录

上 篇 化 学 分 析

实验一 电光分析天平性能的检查	(1)
【附一】电光分析天平的结构与性能	(3)
【附二】电光分析天平的安装与调试	(11)
实验二 电光分析天平称量练习	(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 电子天平称量练习	(22)
【附一】电子天平	(23)
【附二】FA—1004 型电子天平的结构和性能	(24)
实验四 滴定分析操作练习	(29)
【附】滴定分析基本操作	(30)
实验五 氢氧化钠标准溶液的配制与标定	(37)
实验六 醋酸的含量测定	(39)
实验七 苯甲酸的含量测定	(41)
实验八 混合酸(盐酸+磷酸)的含量测定	(43)
实验九 盐酸标准溶液的配制与标定	(45)
实验十 药用硼砂的含量测定	(47)
实验十一 药用氢氧化钠的含量测定	(49)
实验十二 高氯酸标准溶液的配制与标定	(51)
实验十三 水杨酸钠的含量测定	(53)
实验十四 盐酸麻黄碱的含量测定	(55)
实验十五 EDTA 标准溶液的配制与标定	(57)
实验十六 葡萄糖酸锌的含量测定	(59)
实验十七 乳酸钙的含量测定	(61)
实验十八 水的硬度测定	(63)
实验十九 明矾的含量测定	(65)
实验二十 碘标准溶液的配制和标定	(68)
实验二十一 直接碘量法测定维生素 C 的含量	(71)

实验二十二	硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	(73)
实验二十三	置换碘量法测定铜盐的含量	(76)
实验二十四	剩余碘量法测定葡萄糖的含量	(78)
实验二十五	高锰酸钾标准溶液的配制与标定	(80)
实验二十六	高锰酸钾法测定过氧化氢的含量	(82)
实验二十七	干燥失重法测定氯化钡结晶水的含量	(85)
实验二十八	沉淀重量法测定硫酸钠含量	(87)
	【附】沉淀重量分析法的基本操作	(89)
实验二十九	硝酸银标准溶液的配制与标定	(98)
实验三十	氯化铵的含量测定	(101)
实验三十一	盐酸甲基卞胍片的含量测定	(105)

下 篇 仪 器 分 析

实验三十二	直接电位法测定溶液的 pH	(107)
	【附一】25 型 pH 计测定溶液 pH 的方法	(110)
	【附二】pHS-3C 型 pH 计	(112)
	【附三】标准缓冲溶液的配制	(113)
	【附四】pH 标准缓冲溶液的 pH 值 (0~50℃)	(114)
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	(115)
	【附一】NaF 的 pM 标准值表 (25℃)	(118)
	【附二】国产 pF-1C (201) 型氟离子选择性电极的性能	(118)
实验三十四	硫酸亚铁的电位滴定	(119)
	【附】电位滴定装置及操作步骤	(121)
实验三十五	磷酸的电位滴定	(122)
实验三十六	亚硝酸钠标准溶液的标定	(124)
	【附】永停滴定装置	(125)
实验三十七	磺胺嘧啶的重氮化滴定	(127)
实验三十八	可见分光光度计的性能检定	(129)
	【附一】721 型分光光度计及其使用方法	(132)
	【附二】722 型分光光度计及其使用方法	(134)
实验三十九	可见分光光度法测定高锰酸钾的含量	(136)
实验四十	邻二氮菲分光光度法测定水样中铁的含量	(138)
实验四十一	紫外可见分光光度计的性能检定	(141)
	【附】751G 型分光光度计及其使用方法	(144)
实验四十二	维生素 B ₁₂ 注射液的含量测定	(147)
实验四十三	双波长分光光度法测定安钠咖注射液苯甲酸钠和咖啡因的含量	(149)
实验四十四	荧光法测定硫酸奎尼丁的含量	(152)

【附】930 型荧光光度计及其使用方法	(154)
实验四十五 荧光法测定维生素 B ₂ 的含量	(156)
【附】F95 型荧光分光光度计及其使用	(157)
实验四十六 硫酸奎宁的激发光谱和发射光谱的测绘	(160)
【附】RF-540 型荧光分光光度计	(160)
实验四十七 原子吸收分光光度法测定自来水中镁的含量	(164)
【附】WFX-1C 型原子吸收分光光度计及其使用方法	(165)
实验四十八 原子吸收分光光度法测定头发中锌的含量	(168)
实验四十九 红外分光光度计的性能检查	(170)
【附一】IR-408 型红外分光光度计的使用	(171)
【附二】AVATAR360 型红外分光光度计的使用	(172)
实验五十 样品红外吸收光谱的测绘	(173)
实验五十一 乙苯、苯甲酸乙酯的核磁共振氢谱测绘	(175)
实验五十二 质谱仪的性能检查	(177)
实验五十三 离子交换柱色谱法测定枸橼酸钠的含量	(178)
实验五十四 硅胶(粘合薄层板)的活度测定	(180)
实验五十五 薄层色谱法分离鉴定复方新诺明中 SMZ 及 TMP	(182)
实验五十六 薄层扫描法测定黄连药材中小檗碱的含量	(184)
【附】CS-930 型双波长薄层扫描仪及其使用方法	(185)
实验五十七 纸色谱法分离鉴定混合氨基酸	(190)
实验五十八 气相色谱仪的主要性能检查与测定	(192)
【附一】气相色谱仪的一般使用方法	(197)
【附二】102G 型气相色谱仪及其使用方法	(198)
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	(202)
实验六十 气相色谱法测定无水乙醇中微量水分含量	(205)
实验六十一 气相色谱法测定酊剂中乙醇的含量	(207)
实验六十二 高效液相色谱仪的性能检查	(210)
【附一】高效液相色谱仪的一般使用方法	(213)
【附二】YSB-II 型高效液相色谱仪及其使用方法	(214)
实验六十三 高效液相色谱参数的测定	(217)
实验六十四 高效液相色谱中流动相组成对保留值的影响	(219)
实验六十五 高效液相色谱法测定阿莫西林的含量(外标法)	(221)

附 录

附录一 国际原子量表(1999)	(223)
附录二 常用式量表	(225)
附录三 常用基准物的干燥条件和应用	(226)

附录四 常用指示剂·····	(227)
附录五 常用缓冲溶液的配制·····	(232)
附录六 配位滴定有关常数·····	(233)
附录七 标准电极电位及某些氧化还原电对的条件电位·····	(237)
附录八 难溶化合物的溶度积 (25℃) ·····	(239)
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·····	(241)
附录十 常用薄层色谱固定相·····	(242)
附录十一 气相色谱法常用固定液·····	(243)
附录十二 气相色谱相对重量校正因子 (f) ·····	(245)
附录十三 高效液相色谱常用固定相·····	(247)

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

1. 了解电光分析天平的结构原理及性能。
2. 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 0.2mg；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。

三、仪器与试剂

TG-328B 型双盘电光天平，DT-100 型单盘电光天平，10mg、100mg、20g 砝码（已校正）。

四、实验步骤

1. 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 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。

2. 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 $100 - 0.1 \sim 100 + 0.2$ 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) = 添加质量/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 10mg/100 $\pm$ 1 格;单盘电光天平不得超过 $100 - 0.1 \sim 100 + 0.2$ 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

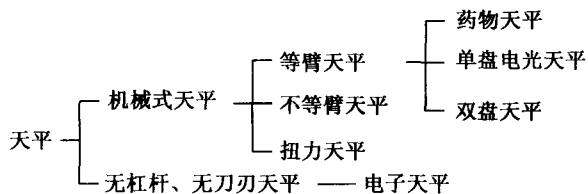
1. 电光分析天平的分度值大小与哪些因素有关？
2. 分度值和示值变动性两者之间有什么关系？

【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

1. 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 200g 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	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

续表

种类	型号	名称	规格 最大称量(g) /分度值(mg)
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
	FA-1004	上皿式电子天平	100g/0.1mg
	AZ-200	上皿式电子天平	205g/0.1mg

2. 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 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

1. 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。若天平的左右两臂长度分别为 L_1 和 L_2 ，在天平左端放一质量为 $m_{物}$ 的物体，在右端放质量为 $m_{砝}$ 的砝码，当天平达到平衡时，支点两边的力矩相等。

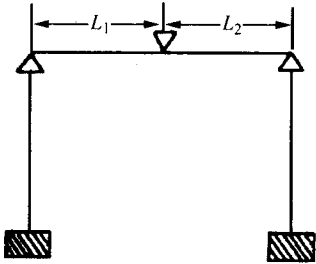


图 1-1 等臂天平原理

$$W_{物} L_1 = W_{砝} L_2$$

$W_{物}$ 和 $W_{砝}$ 分别是物体和砝码的重力，如果天平是等臂的，则 $L_1 = L_2$ ，天平平衡时，有：

$$W_{物} = W_{砝}$$

即

$$m_{物} g = m_{砝} g$$

故

$$m_{物} = m_{砝}$$

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。

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。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。

(3) 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 1-3 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 1-4），可在右端吊耳骑放圈码的横杆上加放 10~990mg 圈码。指数盘上刻有圈码的质量值，内层为 10~90mg，外层为 100~900mg。图 1-4 所示读数为 230mg。

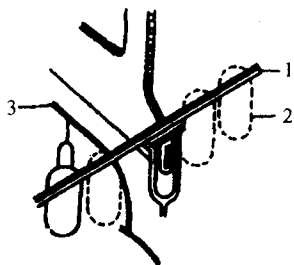


图 1-3 机械加码装置

1. 横杆 2. 圈码 3. 加码杆

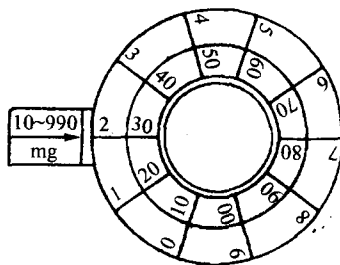


图 1-4 圈码指数盘

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。

(4) 光学读数系统

光学读数系统如图 1-5 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 以下的的质量。

TG-328B 型电光分析天平的标尺上刻有 10 个大格, 每个格相当于 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 0~10.0mg。

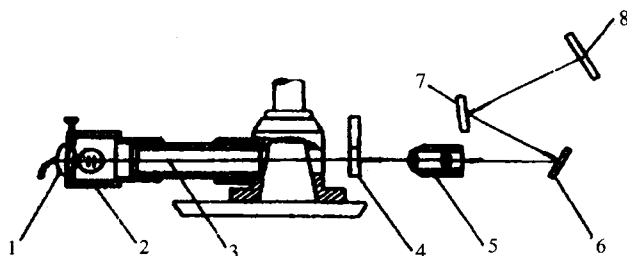


图 1-5 光学读数系统

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

(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。

3. 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。

(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

$$\text{分度值 (感量)} = 1/\text{灵敏度}$$

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 10 格/mg 为宜, 则分度值为 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