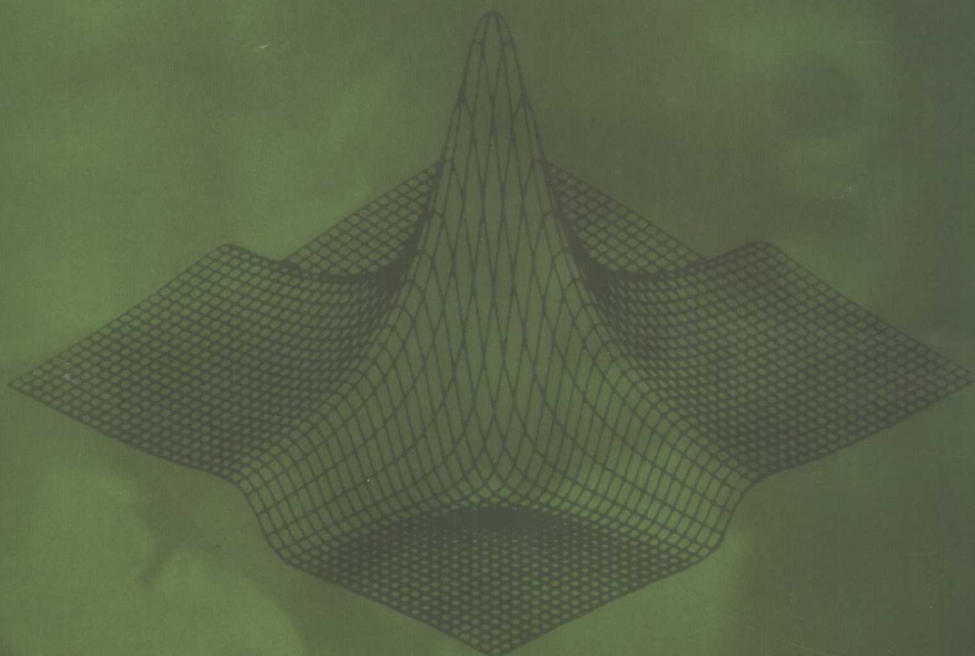




面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

现代仪器分析

刘约权 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

现代仪器分析

刘约权 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”高等农林院校本科化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践课题的研究成果,是面向 21 世纪课程教材。

本书是根据近年来现代仪器分析在农、林、水、牧科学领域的应用越来越广泛和重要及目前高等农林院校的教学需求,结合作者多年教学经验编写而成的教材。全书共分 16 章,着重介绍现代仪器分析的基础理论和基本方法,注意反映新理论、新方法,同时结合农、林、水有关专业的应用实例,突出农业院校的教学特色。每章后附思考题与习题。

本书可作为农、林、水高等院校各专业本科生教材,也可供其他相关专业选用和社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

现代仪器分析 / 刘约权主编. —北京:高等教育出版社, 2001. 12 (2002 重印)

ISBN 7-04-010181-5

I. 现… II. 刘… III. 仪器分析—高等学校—教材 IV. 0657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 062866 号

现代仪器分析

刘约权 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 18.5
字 数 340 000

版 次 2001 年 12 月第 1 版
印 次 2002 年 10 月第 2 次印刷
定 价 15.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

随着我国国民经济和科学技术的迅猛发展,现代仪器分析在农、林、水科学中的应用与日俱增,已成为农业化学、生物化学、食品化学、环境保护、作物营养诊断、生物资源利用、生命科学,以及农、林、水、牧副产品检验等进行科学研究不可缺少的重要检测手段,在实现社会主义农业现代化的进程中,发挥着越来越重要的作用,在 21 世纪的高等教育中,现代仪器分析在培养和提高学生科学素质方面起着不可忽视的作用。

20 世纪 80 年代开始,一些农、林、水高校已经把“现代仪器分析”作为部分专业的必修课或选修课。近年来,“现代仪器分析”内容逐渐有所更新和扩充,学习本门课程的学生也逐年增多,“仪器分析”越来越成为“分析化学”课程的主体。随着 21 世纪的到来,开设现代仪器分析课程的农、林、水高校和专业必将越来越多。为适应 21 世纪农、林、水高校对本科生人才的科学素质、化学知识和创新能力的要求,以及我国经济、科技发展和学生个性发展的需要,教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革立项 04-8-8 课题组,组织河北农业大学、西北农林科技大学、中国农业大学、浙江大学、河南农业大学、吉林农业大学、华南农业大学、北京农学院、南京林业大学、中南林学院、山东农业大学、解放军军需大学、集美大学、江西农业大学、大连水产学院等十五所高校共同编著了这本教材。

本教材是在刘约权教授主编的原《现代仪器分析》教材经过三轮以上试用取得成功经验的基础上,按照教育部 04-8 课题组制定的“高等农、林、水院校化学课程基本要求”中有关仪器分析的内容加以修改、完善,并考虑了目前多数农、林、水高校的实际情况和特点而编著的,以“适度”和“够用”为原则。

本教材着重介绍现代仪器分析的基础理论和基本方法,同时注意反映现代仪器分析中的新理论和新方法。尤其注重理论与实践相结合,书中收集了现代仪器分析在各农、林、水高校有关专业的应用实例,既有利于本门课程与专业的结合,也便于学生了解本门课程与生命科学的关联,既丰富了教材内容,也区别于其它仪器分析教材而具有农、林、水高校自身的特点。

本教材突出对学生化学素质和掌握现代仪器测试手段能力的培养,可与教育部“面向 21 世纪课程教材”——《实验化学》(下册)配套使用。

本教材为适应当前高校压缩教学时数的新形势,力求做到通俗易懂,深入浅出,有的章节可以少讲,有的可以不讲,学生通过自学即可触类旁通。

本教材在编著过程中,承蒙教育部高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革立项 04-8 课题主持人朱寿珩教授、农业部教学指导委员会化学专业组组长叶孟兆教授、河北大学孙汉文教授、北京大学张新祥教授审阅,并提出很好的意见和建议,特此致谢。

全书由主编、副主编审稿、修改,最后由主编通读、定稿。限于水平,书中欠妥乃至错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2001 年 4 月

编写委员会成员

主 编	刘约权				
副主编	李敬慈	呼世斌	高 岐	赵晓松	杨 军
	葛 兴	郭亚平	胡兹苓	邬建敏	闵顺耕
	任健敏	祁 超	高向阳		
编 委	尹洪宗	陈立义	孟昭福	王 平	王玉军
	赵文斌	赵仁邦	郑燕英	路福绥	陈 炜
	白 玲	徐贵祥			

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 现代仪器分析的任务、作用和特点	1
§ 1-2 仪器分析方法和分类	1
§ 1-3 现代仪器分析的发展现状及在生命科学中的应用	2
思考题与习题	4
第二章 电化学分析法导论	5
§ 2-1 概述	5
§ 2-2 电化学分析基础	5
§ 2-3 电极的分类	13
思考题与习题	16
第三章 电位分析及离子选择性电极分析法	17
§ 3-1 概述	17
§ 3-2 离子选择性电极	18
§ 3-3 离子选择性电极的主要性能参数	26
§ 3-4 离子选择性电极分析的仪器	28
§ 3-5 电位分析及离子选择性电极分析的方法及应用	31
思考题与习题	38
第四章 极谱与伏安分析	40
§ 4-1 概述	40
§ 4-2 极谱分析的基本原理	40
§ 4-3 极谱定量分析	46
§ 4-4 极谱与伏安分析新方法	53
思考题与习题	58
第五章 其它电化学分析法	59
§ 5-1 电导分析法	59
§ 5-2 库仑分析法	64
§ 5-3 电化学生物传感器	68
思考题与习题	69
第六章 光谱分析法导论	71
§ 6-1 概述	71

§ 6-2	光的性质及其与物质的相互作用	71
§ 6-3	光谱与光谱分析法的分类	74
	思考题与习题	77
第七章	原子发射光谱法	78
§ 7-1	概述	78
§ 7-2	原子发射光谱法的基本原理	79
§ 7-3	原子发射光谱仪	83
§ 7-4	光谱定性及定量分析	89
§ 7-5	原子荧光分析法	95
§ 7-6	原子发射光谱法的应用	96
	思考题与习题	99
第八章	原子吸收光谱法	100
§ 8-1	概述	100
§ 8-2	原子吸收光谱法的基本原理	101
§ 8-3	原子吸收光谱仪	106
§ 8-4	原子吸收光谱法的分析方法	114
§ 8-5	干扰及消除方法	116
§ 8-6	原子吸收光谱法的应用	119
	思考题与习题	121
第九章	紫外可见吸收光谱法	122
§ 9-1	概述	122
§ 9-2	紫外可见吸收光谱法的基本原理	122
§ 9-3	紫外可见吸收光谱与分子结构的关系	123
§ 9-4	紫外可见分光光度计	130
§ 9-5	紫外可见吸收光谱法的应用	133
	思考题与习题	142
第十章	红外吸收光谱法	143
§ 10-1	概述	143
§ 10-2	红外吸收光谱法的基本原理	144
§ 10-3	红外吸收光谱与分子结构的关系	147
§ 10-4	红外吸收光谱仪	156
§ 10-5	红外吸收光谱法的应用	159
	思考题与习题	163
第十一章	分子发光分析法	165
§ 11-1	概述	165
§ 11-2	分子荧光分析法的基本原理	166
§ 11-3	荧光分析仪器	173

§ 11-4 分子荧光定量分析	174
§ 11-5 化学发光分析法	178
思考题与习题	184
第十二章 核磁共振波谱法	186
§ 12-1 概述	186
§ 12-2 核磁共振波谱法的基本原理	186
§ 12-3 核磁共振波谱仪	188
§ 12-4 NMR 谱的信息	189
§ 12-5 核磁共振氢谱及应用	196
思考题与习题	199
第十三章 色谱分析法导论	203
§ 13-1 概述	203
§ 13-2 色谱图及色谱常用术语	205
§ 13-3 色谱分析的基本理论	208
§ 13-4 色谱定性和定量的方法	214
思考题与习题	219
第十四章 气相色谱法	221
§ 14-1 概述	221
§ 14-2 气相色谱仪	222
§ 14-3 气相色谱的固定相	225
§ 14-4 气相色谱检测器	228
§ 14-5 操作条件的选择	233
§ 14-6 毛细管柱气相色谱	236
§ 14-7 气相色谱法的应用	237
思考题与习题	243
第十五章 高效液相色谱法	244
§ 15-1 概述	244
§ 15-2 高效液相色谱仪	244
§ 15-3 高效液相色谱法的类型	250
§ 15-4 高效毛细管电泳简介	257
§ 15-5 高效液相色谱法的应用	259
思考题与习题	261
第十六章 质谱分析法	262
§ 16-1 概述	262
§ 16-2 质谱分析法的基本原理	262
§ 16-3 质谱仪	264
§ 16-4 质谱及其离子峰的类型	266

§ 16-5 质谱法的应用	273
思考题与习题	276
附录	278
附表一 相对原子质量(原子量)表	278
附表二 农田灌溉用水水质标准	279
附表三 粮食(原粮)中有关毒物最高残留容许含量	279
主要参考书	280
索引	281

第一章 绪 论

§ 1-1 现代仪器分析的任务、作用和特点

研究物质的组成、状态和结构的科学,称为分析化学。分析化学一般可分为化学分析和仪器分析。现代仪器分析是在化学分析的基础上逐步发展起来的一类分析方法。通常,化学分析是利用化学反应及其计量关系进行分析的一类分析方法,而现代仪器分析则是以物质的物理性质或物理化学性质及其在分析过程中所产生的分析信号与物质的内在关系为基础,并借助于比较复杂或特殊的现代仪器,对待测物质进行定性、定量及结构分析和动态分析的一类分析方法。

仪器分析和化学分析是分析化学相辅相成的两个重要的组成部分。化学分析历史悠久,设备简单,应用广泛,主要用于测定含量大于1%的常量组分,是比较经典的基本分析方法。它是分析化学的基础。有了这个坚实的基础,才能进一步学习和掌握现代仪器分析的各种分析方法和操作技术。现代仪器分析具有准确、灵敏、快速、自动化程度高的特点,常用来测定含量很低的微、痕量组分,是分析化学的发展方向。

本课程以介绍现代仪器分析的基本理论及其对物质进行分析测定的基本原理、基本方法、基本技巧为主要内容,着重介绍各种现代仪器分析方法在农、林、水各有关专业的实际应用。其主要任务是开拓学生的创新思维,学习现代仪器分析的测试手段及其与生命科学的关联,培养和提高学生的科学素质、创新意识和获取知识的能力,以适应21世纪我国经济和科学技术发展对人才的需要和要求。在农、林、水科学研究步入生物工程时代,人类开始从分子水平上认识和解决与农、林、水及生命科学有关问题时,学习现代仪器分析课程,就具有更为重要的意义和作用。

§ 1-2 仪器分析方法和分类

随着新技术新分析方法的不断涌现,现代仪器分析逐步演变为一门多学科汇集的综合性应用科学。不仅仪器分析的方法众多,而且各自比较独立,可以自

成体系。常用的仪器分析方法根据分析的原理,通常可以分为以下几大类:

(1) 电化学分析法(electrochemical analysis) 电化学分析法是利用待测组分在溶液中的电化学性质进行分析测定的一类仪器分析方法,其理论基础是电化学与化学热力学。根据所测量的电信号不同可分为:电位分析法、伏安分析法、电导分析法与电解分析法(库仑分析法)。其中电位分析法及伏安分析法是本课程重点学习的内容。

(2) 光学分析法(optical analysis) 光学分析法是利用待测组分的光学性质(如光的发射、吸收、散射、折射、衍射、偏振等)进行分析测定的一种仪器分析方法。其理论基础是物理光学、几何光学和量子力学。

光学分析法通常分为光谱法和非光谱法两类。光谱法包括吸收光谱法(如分子吸收光谱分析法、原子吸收光谱分析法、核磁共振波谱分析法),发射光谱法(如分子发光分析法、原子发射分析法、原子荧光分析法、火焰光度分析法、X射线光谱分析法)以及散射光谱分析法(如拉曼光谱分析法);非光谱法一般包括旋光(偏振光)分析法、折射光分析法、比浊分析法、光导纤维传感分析法、X光及电子衍射分析法。其中光谱法是本课程重点学习的内容。

(3) 色谱分析法(chromatographic analysis) 色谱分析法是利用物质中的各组分在互不相溶的两相(固定相与流动相)中的吸附、分配、离子交换、排斥渗透等性能方面的差异进行分离分析测定的仪器分析方法。其主要理论基础是化学热力学和化学动力学。

色谱分析法主要包括气相色谱法(GC)、高效液相色谱法(HPLC)、薄层色谱法(TLC)和离子色谱法(IC)等。气相色谱法和高效液相色谱法是本课程的重点学习内容。此外,还有最新发展起来的超临界流体色谱法(SFC)和毛细管电泳(CE)技术,也属色谱分析的范畴。

(4) 其它分析法 除以上三类分析方法外,还有利用热学、力学、声学、动力学等性质进行测定的仪器分析法。其中最主要的有质谱法(MS):它是利用带电粒子质荷比的不同进行分离、测定的方法;电泳法:它是利用液体中带电微粒在外加电场的作用下具有不同的迁移速率,从而进行分离、分析的方法。另外,还有热分析法、动力学分析法、中子活化法、光声光谱分析法和电子能谱分析法等等。

§ 1-3 现代仪器分析的发展现状及在生命科学中的应用

随着现代科学技术的发展,各学科相互渗透,相互促进,相互结合,不断开拓新领域,使仪器分析得到了迅速的发展。从分析对象上看,与生命科学、环境科学、新材料科学有关的仪器分析法已成为分析科学中最为热门的课题。从分析

手段上看,多种方法相互融合使测定趋向灵敏、快速、准确、简便和自动化。从分析方法上看,计算机在仪器分析中的应用和化学计量学是最活跃的领域,以上课题和领域的研究、应用,推动了仪器分析的迅猛发展,老方法更趋于完善,新仪器不断涌现,新方法层出不穷。

在电化学分析方面,各种生物传感器和微电极伏安法扩展了电分析化学研究的时空范围,适应了生物分析及生命科学发展的需要。近 20 多年来发展的化学修饰电极、微电极、光谱电化学、生物电分析化学,使电化学分析从宏观深入到微观区域,从破坏样品测定到进行无损的活体分析,实现了新功能电极体系的分子设计及分子工程学研究,从分子水平探讨电化学界面区组成、状态及结构,使分析化学进入了分子水平测定的新时代。

在光谱分析中,等离子体、傅里叶变换、激光技术和光导纤维传感技术的引入,出现了电感耦合高频等离子体原子发射光谱(ICP-AES)、傅里叶变换-红外光谱(FT-IR)、等离子体质谱(ICP-MS)、激光光谱和化学发光光谱等一系列光谱分析新技术。目前,已有 80 多种光导纤维化学传感器探头(又称光极, optrode)用于临床分析、环境监测、生物分析及生命科学等领域。利用荧光素及其酶反应的光极甚至可以测定生物体中的低至 10^{-18} g 的磷酸三腺苷(ATP),使灵敏度得到极大的提高。而 ICP-MS 技术不但灵敏度高、干扰少,而且线性范围可达 5~6 个数量级,能够进行多种元素的同时分析,应用范围进一步扩大。新的二极管阵列过程分析仪(diode array process analyzer)可进行多组分气体或流动液体的在线分析,一秒钟内能够提供 1800 种气体、液体或蒸气的分析结果,已应用于试剂、塑料、药物及食品工业生产过程中产品质量控制分析。

色谱分析是仪器分析发展、研究和应用十分活跃的领域之一,可以连续对样品进行浓缩、分离、提纯及测定。近 30 年来发展的气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术、高效液相色谱、超临界流体色谱、离子色谱、毛细管区带电泳(CE)使色谱分析领域充满了活力。尤其是毛细管区带电泳技术,具有分离效率高(柱效达 100 万理论板数 $\cdot\text{m}^{-1}$),试样用量小($10^{-6}\sim 10^{-9}$ mL),灵敏度高(检出限低至 $10^{-15}\sim 10^{-20}$ mol $\cdot\text{L}^{-1}$),分离速度快(小于 10 min)等特点,适用于离子型生物大分子,如氨基酸、核酸、肽及蛋白质分析,甚至细胞和病毒等的快速、高效测定,在生物分析及生命科学领域中有极为广阔的应用前景。超临界流体色谱法能在较低温度下分析热稳定性和挥发性差的大分子,柱效比 HPLC 高几倍,现已应用于生物医学及高分子化合物的分析。

质谱由于具有能定性、定量、测定相对分子质量、给出分子式、提供分子结构信息等特点,所以,质谱技术的研究和应用一直比较活跃。近 20 年来发展起来的串联质谱,包括 MS/MS, LC/MS, LC/MS/MS, ICP/MS, SFC/MS, CE/MS 及软电离技术,使质谱应用范围扩大到生物大分子,在生命科学研究中发挥了重要

的作用。

以计算机应用为主要标志的信息时代的来临,给仪器分析带来了巨大的变革,计算机已经作为分析仪器的一个组成部分,赋予仪器某些“智能”,成为分析仪器的“大脑”和心脏。不少装有计算机的分析仪器具有人机对话的功能,从样品测定、数据处理到给出实验报告、仪器故障诊断等,整个操作过程全部实现仪器智能化控制,大大提高了准确度、灵敏度和分析速度,并使操作更简便,测定的自动化程度更高。

随着我国农业现代化的进展,仪器分析已在我国农、林、水、牧等领域广泛应用,发展迅速。各级农、林、水、牧科研单位、测试分析中心、中心实验室、农业工程、农业教育、各类应用技术推广站等都相继建立了规格不等的仪器分析室,承担着本部门许许多多样品的各种分析任务,正发挥着越来越大的作用,仪器分析在祖国农业现代化进程中的重要性更加显著。

思考题与习题

1. 学习现代仪器分析对农、林、水、牧科技工作者有何重要性?
2. 现代仪器分析法有何特点? 它的测定对象与化学分析方法有何不同?
3. 现代仪器分析主要有哪些分析方法? 请用列图表的方法进行总结。

第二章 电化学分析法导论

§ 2-1 概 述

电化学是研究电能和化学能相互转换的科学。根据电化学基本原理和实验技术,利用物质的电学及电化学性质对物质进行定性和定量分析的方法称为电化学分析法。

按其测量方式不同电化学分析法分为三种类型。第一类是根据待测试液的浓度与某一电参数之间的关系求得分析结果。电参数可以是电导、电位、电流、电量等。这一类方法是电化学分析的最主要类型,它包括电导分析、电位及离子选择性电极分析、库仑分析、伏安分析及极谱分析法等。第二类是通过测量某一电参数突变来指示滴定分析终点的方法,又称为电滴定分析法,它包括电导滴定、电位滴定、电流滴定等。第三类是通过电极反应,将待测组分转入第二相,然后再用重量法或滴定法进行分析,主要有电解分析法。物质的电化学性质,一般发生于化学电池中,所以不论哪一种电化学分析法都是将试液作为电池的一部分,通过测量其某种电参数来求得分析的结果。为此,本章将着重介绍化学电池及电化学分析的一些基本知识。

§ 2-2 电化学分析基础

一、化学电池

化学电池是进行电化学反应的场所,是实现化学能与电能相互转化的装置。把两支称之为电极的金属导体(相同或不同的)放入适当的电解质中,(电解质通常为液体溶液。溶液中电解质可以是一种,也可以是两种彼此不混溶而又能相互接触的不同电解质。)这样就构成了化学电池。

根据工作方式不同,化学电池可分为原电池、电解电池和电导池。

如果化学电池中的反应是自发进行的,反应中化学自由能降低转化为电能,在外电路接通情况下产生电流,这种化学电池为原电池;如果电池中化学反应所

需要的能量由外电源提供时反应才能进行,将外电源的电能转化为化学能,消耗外电源的电产生电流,这种化学电池为电解池。改变条件时,原电池和电解池也可能互相转化。如果只研究化学电池中电解质溶液的导电特性,而不考虑所发生的电化学反应,这种化学电池就是电导池。在电化学分析中,三种电池均有应用。

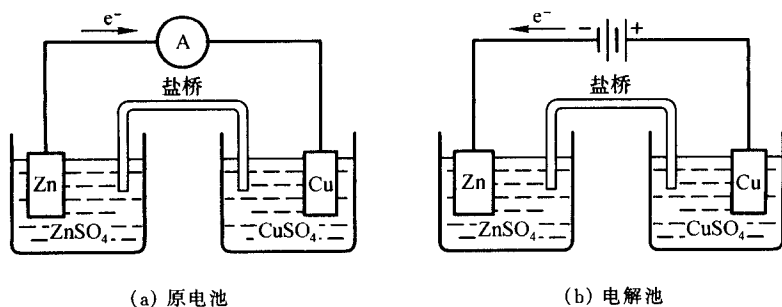


图 2-1 典型的化学电池

图 2-1 是我们非常熟悉的 Cu-Zn 电池,也叫做丹尼尔(Daniell)电池。其中(a)是典型的原电池。将 Zn 片放入 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 ZnSO_4 溶液中,Cu 片放入 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 CuSO_4 溶液中,为使两个半电池的电解质溶液互不相混又能相互导电,需用盐桥或半透膜将它们隔开。这时若用导线把两个电极接通,发现指针偏转,产生 1.100 V 的电位,表示回路中有电流通过,在电池中发生了化学反应。在 Zn 极,金属 Zn 被氧化为 Zn^{2+} 进入溶液, $\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ 。失去的电子通过外电路流向 Cu 极。在 Cu 极,溶液中 Cu^{2+} 离子接受电子还原为金属 Cu 沉积在电极上, $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$ 。电子由 Zn 极流向 Cu 极,所以 Zn 极是原电池的负极。电池中发生的总反应为



当把一外电源接到丹尼尔电池上,如图 2-1 中(b)。将 Zn 极和电源的负极相连接,Cu 极和外电源的正极相连接,当外加电压略大于原电池电位时,Zn 极上发生还原反应, $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$,Cu 极上发生氧化反应, $\text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$,电池总反应为

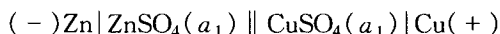


作用的结果是将电能转化为化学能。在这种情况下,该化学电池就构成了电解池。

在化学电池中,不论是原电池还是电解池,凡是发生氧化反应的电极称为阳

极;发生还原反应的电极称为阴极。电极发生的总反应为电池反应。它是由两个电极反应,即半电池反应所组成的。另外,化学电池又分为可逆和不可逆电池。如果电池中所有反应(包括离子迁移)都是可逆的,电能的变化也是可逆的,即电池在放电和充电时,化学反应与能量的变化都是可逆的电池称为可逆电池。若电池在放电和充电时,化学反应与能量的变化之一是不可逆的,即为不可逆电池。只有可逆电池才能用经典热力学来进行处理。

为了描述和应用方便,电化学中规定了电池的表示方法,对于图 2-1(a)的化学电池可表示为



有关这方面的内容,普通化学及分析化学中已经作详细介绍,此处不再重复。

二、电池电动势

电池电动势是由不同物体相互接触时,其相界面上产生电位差而产生的,主要由三部分组成。

1. 电极和溶液的相界面电位差

这是电池电动势的主要来源。一般的电极都是由金属构成的,金属晶体中含有金属离子和自由电子,在不发生电极反应时,金属是电中性的。电解质溶液中含有阳离子和阴离子,整个溶液也是电中性的。当金属和电解质溶液相接触时,金属离子可以从金属晶体中移入溶液,电子留在金属电极上使之带负电,并且由于静电的吸引,与进入溶液中的金属离子的正电荷形成双电层。相反,如果溶液存在有易接受电子的金属离子,则金属离子也可以从金属电极上获得电子自溶液进入金属晶格中,形成金属电极一边带正电,并与溶液中过剩阴离子的负电荷形成双电层。由于双电层的建立,在电极和溶液界面上建立了一个稳定的相界电位。

2. 电极和导线的相界面电位差

不同金属的电子离开金属本身的难易程度不一样,在两种不同金属相互接触时,由于相互移入的电子数不相等,在接触的相界面上就要形成双电层,产生电位差,通常称之为接触电位,对于一个电极而言,接触电位是一个常数,而且一般数值很小,常忽略不计。

3. 液体和液体的相界面电位差

当两个组成或浓度不同的电解质溶液相接触时,就会发生扩散作用。在扩散过程中,由于正、负离子的扩散速率不同,速率较快的离子就要在两溶液接触的相界面的一侧积累较多的所带的电荷,另一侧积累速率较慢的离子所带的相反电荷,形成双电层。当扩散达到平衡时,产生稳定的电位差,一般为 30 mV 左