



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

大学普通化学实验

(第二版)

大连理工大学普通化学课程组 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

大学普通化学实验

Daxue Putong Huaxue Shiyan

(第二版)

大连理工大学普通化学课程组 编



高等教育出版社·北京

HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书为面向 21 世纪课程教材和普通高等教育“十一五”国家级规划教材。因实验教学在化学教育中一直占有举足轻重的地位,所以为一年级本科生开设普通化学实验就成为普通化学课程教学不可或缺的重要组成部分。本书的编写,就是为了能够满足这一教学需求。全书包括 6 部分实验内容,分别是化学反应原理、化学与环境保护、化学与材料、化学与人类健康、工业应用化学实验和虚拟仿真实验。除此之外,还重点介绍了“大学普通化学实验要求”及“化学实验安全守则、环境保护及意外事故的处理”等常识性内容。

本书可作为非化学、非化工类专业普通化学实验课程教材,也可供相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学普通化学实验/大连理工大学普通化学课程组
编. —2 版. —北京:高等教育出版社,2010. 7

ISBN 978-7-04-029833-8

I. ① 大… II. ① 大… III. ① 化学实验—高等学校—教材 IV. ① O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 096426 号

策划编辑	郭新华	责任编辑	赵 熙	封面设计	杨立新
责任绘图	尹 莉	版式设计	王艳红	责任校对	杨雪莲
责任印制	尤 静				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com http://www.landracom.cn
印 刷	化学工业出版社印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2001 年 12 月第 1 版 2010 年 7 月第 2 版
印 张	11.25	印 次	2010 年 7 月第 1 次印刷
字 数	200 000	定 价	16.00 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

物料号 29833-00

第二版前言

普通化学课程是我国高等院校中为非化学化工类专业本科生开设的一门自然科学基础课。该课程在基础教育阶段化学课程教学的基础上,进一步使学生的化学知识系统化、综合化,以期对化学科学的基本原理和研究方法有更进一步的了解。这一课程的开设,既有利于提高学生的基本科学素养,帮助他们建立正确的世界观和方法论,又有利于其在未来的工作和生活中,理解化学科学对人类社会发展的贡献,为化学科学的发展营造良好的氛围。同时,也可以促进从事其他学科研究的工程师或科学家与化学家的交流与沟通,形成交叉学科,为解决未来社会发展所面临的问题提出更有效的办法。

目前化学科学在很大程度上仍然是依靠实验的方法研究物质制备、变化及其性质,因此实验教学在化学教育中一直占有举足轻重的地位。基于普通化学课程的教学目标,为一年级本科生开设普通化学实验就成为该课程教学不可或缺的重要组成部分。普通化学实验的开设,既可以使学生了解基本的化学实验研究方法,帮助其理解基本的化学原理,又可以培养一些化学实验技能,使其能在各自的学科研究中发挥作用。

大连理工大学普通化学课程组和化学实验中心多年来一直秉承这一理念开展普通化学课程的理论及实验教学,在人才培养中发挥了重要的作用。在 20 世纪末就参加了教育部“高等教育面向 21 世纪工科普通化学课程体系和教学内容改革的研究与实践”教学改革项目,承担了“普通化学实验教学体系内容改革研究与实践”子课题。多年来在国内同仁的大力支持下,经过课程组几代人不懈努力,普通化学及实验课程的建设已迈上了新的台阶。《大学普通化学》教材已改编至第六版,《大学普通化学实验》2001 年正式出版。2008 年,普通化学及实验课程被评为国家精品课程。

本版教材是在已故苏显云教授编写的《大学普通化学实验》的基础上,结合近十年来课程组在普通化学实验教学改革成果,考虑目前本科生的化学知识现状修订而成的。本次修订,将化学原理部分的实验作为第一部分单独列出,意在突出化学原理在普通化学实验课程教学中的统领地位。教材中其他部分的实验,均是结合化学在人类社会发展和生活中各领域所发挥的作用,考虑非化学化工类专业本科生的化学实验技能的实际情况,选择一些贴近生活和生产实际的实验项目。这些实验项目的选择,既考虑到帮助学生对化学基本原理的掌

握和对学生基本实验技能的培养,又考虑到学生对化学实验的兴趣。计算机辅助虚拟实验项目是为了帮助学生有机会了解更多的化学实验内容,供学生自学使用。

本版教材的修订任务由赵艳秋副教授完成,修订过程中广泛听取了课程组的教师和工程技术人员意见和建议,力求将近年来课程组的教学改革成果和所秉承的教学思想反映在教材中。但由于学识所限,不当与错误之处在所难免,恳请读者不吝指正。

编者

于大连理工大学

2010年1月

第一版前言

大学普通化学是非化学、非化工类专业理工科大学生必修的一门基础课程。普通化学实验是普通化学课程的重要组成部分,是巩固、扩大和加深所学普通化学的基本理论和基本知识,培养学生独立操作、观察记录、分析归纳、撰写报告等多方面能力的重要环节。在面向 21 世纪高等教育教学改革过程中,有的将普化实验单独作为一门课程进行教学,这说明,人们已经进一步注意到实验教学的重要。

新世纪的高等教育是以培养学生具有创新能力为核心的素质教育。作为非化学、非化工类理工科专业的基础课,一方面应充分发挥人才培养的基础功能,另一方面则应与专业课程一道为培养适应 21 世纪科技发展需要的、具有创新能力的工程技术人才发挥作用。

大学普通化学实验课程最基本的功能应该是为学生提供优秀的科学实践指导,创造良好的思维训练空间,提供足够的物质条件和高效、高质量完成科学实践的氛围,培养学生独立思考、勤于实践、善于观察以及综合分析问题的能力。

通过大学普通化学和大学普通化学实验课程的学习,不仅应该使学生的自然科学基础更加扎实,更期望学生能学会运用化学的基本知识和思维方法,在解决实际工程技术问题中有所作为。

本书在编写过程中主要考虑以下几点:

1. 体系、内容上推陈出新,做到少而精

体系、内容的设计依据“高等工科大学普通化学教学基本要求”和“面向 21 世纪普通化学实验教学基本要求框架”,以培养 21 世纪具有全面素质和创新能力的高级工程技术人才为目标。对过去普遍采用的普通化学实验内容和体系重新审视,依据新形势的要求,有增、有减,使之更加简明实用。

(1) 对于能很好体现教学基本要求的经典实验予以保留。增加了由科研成果转化和移植的新实验内容。全书实验分为七个部分,每一部分突出一个主题思想,自成一个系统。各部分的开篇均用篇首语点明所学理论或所涉及领域,围绕主题适当展开论述,说明实验目的和意义等。

(2) 减少实验的数目,单个实验占用时间少。除“用废铝屑、铝制饮料罐制备硫酸铝”和“设计研究性实验”外,其余实验均按 2 学时设计。全部 20 个实验从主体内容上可分为四个层次:基础实验、综合性实验、设计研究性实验和参观

或上机实习实验。力求使学生通过实验从能力的锻炼上得到循序渐进、逐层次地提高。

2. 突出科学方法的训练和科学研究能力的培养

科学方法的训练和科学研究能力的培养是造就未来创新型人才的必由之路。本书注意在安排适合于开放实验“设计与研究性实验”的同时,用独立篇幅简略地介绍普遍适用的实验方案设计之一——正交实验设计。使学生通过实验真正学会独立设计实验方案,独立完成实验,直至撰写出研究论文,为后续学习和科学研究打下坚实的基础。

3. 突出联系实际,贴近社会、贴近生活

注意突出与新世纪社会公众关注的热点问题和大众生活实际的联系。前四部分的主题、扩展材料及某些单个实验都体现了这一点。

书中的前四部分末都撰写有以“*”标注的扩展材料,旨在进一步开阔视野和思路。第六部分末的“实验方案设计方法之一——正交设计”则属必读篇幅。

4. 更新实验教学手段和教学方法

教学方法和手段的改革是实现高效率、高质量教学的必要载体。可与本书配套使用的电化教学课件如下:

(1)“普通化学实验基本操作”录像和光盘。内容包括常用的基本实验仪器和规范操作。简单精练,可随机组合提供给学生实验前观看,代替指导教师现场演示、示范,节省时间和试剂。

(2) CAI 课件:

A. 大连理工大学研制的“多媒体分析化学与实验”;

B. 西北工业大学研制的“现代化学仪器分析”。

一本好的实验教材往往需要很多年甚至数代人持续地耕耘和积累,绝不可能一蹴而就。大连理工大学普通化学教研室程遐教授和历任普通化学实验室主任王国荣、林桂荣副教授,宋志民、于秀媛高级工程师;曾长期工作于普通化学实验室的李秀琴、蒋香梅、周月雯、王永辉工程师;普通化学教研室周洪斌、单作宝、周秀藩、陈秀洁、李竹芬、郑杏绯副教授等都为普通化学实验课程的完成作出过奉献。郭丽娟、王金惠副教授在本课题初期也做出过积极贡献。

大连理工大学土木系 97 级和机械系 98、99、2000 级共计 600 余名本科生先后积极配合实验改革试点;材料系和机械系先后各两名本科毕业生为新实验的探索做出了努力。

“普通化学实验教学体系内容改革研究与实践”作为“面向 21 世纪工科普通化学教学体系内容改革研究与实践”的子课题之一,在课题研究的自始至终得到了课题组组长王明华教授的积极支持与帮助,得到了全国高校工科普通化学课程教学指导组及各委员的支持和帮助,得到了大连理工大学连续多年的教改立

项资助以及大连理工大学教务处、化工学院、化学系、国家工科化学基地(大连理工大学)各领导和大连理工大学机械、土木、材料等工程学院领导的大力支持与帮助。

高等教育出版社朱仁编审对普通化学实验改革的理念和立足点等问题的见地使编者大受裨益。

全国工科化学课程教学指导委员会委员、普通化学课程教学指导组组长何培之,委员杨宏秀、施宪法、任仁等教授从课题初期到改革试点过程,直至对本书框架初稿的修改,均给予了具体的支持、帮助和建议。

大连理工大学化工学院化学系专家组迟玉兰、傅玉普、辛剑、高占先、林青松、孟长功等教授专门对该书进行了认真、仔细的审阅和研讨,提出了许多积极宝贵的改进意见。

本书的面世,实属上述诸多方面人士集体智慧的结晶,在此谨向他们致以崇高的敬意和诚挚的谢意!

本书由苏显云主编,于秀媛、李怡文、赵艳秋、王春燕、刘影等编写。由清华大学宋心琦教授终审书稿。

尽管编者在研究与实践付出了不少心血,但缺憾颇多,着笔时尤感水平所限,书中不妥与错误之处,恳请不吝赐教。

编者

于大连理工大学

2000年7月

目 录

大学普通化学实验要求	1
化学实验安全守则、环境保护及意外事故的处理	3
第一部分 化学反应原理	5
实验 1 化学反应热的测定	6
实验 2 弱酸解离常数的测定(pH 法)	12
实验 3 弱酸解离常数的测定(电导法)	15
实验 4 水溶液中的化学平衡及平衡移动	19
实验 5 反应速率常数及活化能的测定	25
实验 6 碳酸氢钠晶体的制备	30
实验 7 电化学基础实验	34
实验 8 自行设计实验 I ——未知液中常见离子的定性鉴定	42
实验 9 自行设计实验 II ——自来水中 Cl^- 含量的测定	43
实验 10 自行设计实验 III ——摩尔气体常数的测定	44
第二部分 化学与环境保护	46
实验 11 水的净化	47
实验 12 水中溶解氧的测定(碘量法)	55
实验 13 废水中铬含量的测定	58
实验 14 用铝箔、铝制饮料罐制备硫酸铝	64
第三部分 化学与材料	67
实验 15 有机胶黏剂与涂料的制备	68
实验 16 钢中锰含量的测定	72
实验 17 水泥熟料中 SiO_2 含量的测定	76
第四部分 化学与人类健康	80
实验 18 酱油中氨基酸态氮含量的测定	81
实验 19 蛋白质的性质	84
实验 20 药片中维生素 C 含量的测定	87
第五部分 工业应用化学实验	90
实验 21 油脂酸值的测定	90

实验 22	金属的电化学加工——电镀镍、铝的阳极氧化、电化学抛光	94
实验 23	金属的化学和电化学蚀刻加工	99
第六部分	虚拟仿真实验	103
实验 24	色谱、光谱等分析仪器的虚拟仿真实验	103
附录一	普通化学实验的基本操作	105
附录二	化学实验仪器的操作	117
附录三	误差与数据处理	130
附录四	常见离子和化合物的颜色	137
附录五	常用数据表	139
附录六	我国国家标准有关规定	148
附录七	正交实验设计方法简介	161
主要参考文献		165

大学普通化学实验要求

科学工作需要严谨的科学态度和一丝不苟的治学精神。大学普通化学实验是最基本的科学活动之一,为了使该课程达到预期的教学效果,特提出如下要求:

1. 认真预习 实验前仔细阅读实验教材,预习相关内容。明确实验目的;清楚实验原理;了解实验方法;掌握实验内容、步骤及注意事项;明了计算公式和数据处理方法;认真思考实验前应预习的“思考题”;写出预习报告。

预习报告内容:实验目的、实验基本原理(含主要反应方程式、相关计算公式等)、以表格、框图、符号等形式列出实验内容、画出要记录的现象和数据所需的表格。

2. 实验操作和记录 根据实验教材指导的方法、步骤、要求及试剂用量,正确进行实验操作;仔细观察实验现象;如实记录现象和数据。在实验中遇到疑难问题或者有反常现象时,要仔细分析操作过程,深入思考其原因。为了正确说明问题,可在教师指导下,重做某些实验。自觉养成动脑筋分析问题的习惯。实验中要注意安全、爱护仪器、节约试剂、保持实验室的整洁和安静。实验完成后,清洗用过的仪器,按次序放置仪器和试剂;擦净桌面;清扫水槽和地面,废物投入垃圾袋;洗净双手;切断电源,关闭煤气、水;经指导老师允许后方可离开实验室。

3. 完成实验报告 根据原始记录,联系理论,认真处理数据,分析问题,写出实验报告,按时交给老师评阅。实验报告应做到文字工整、简明扼要、整齐洁净和图表规范清晰,不允许草率应付或抄袭编造。

实验报告一般应包括下列几个部分:

(1) 实验目的:列出本次实验应达到的目的。

(2) 实验原理:简述本次实验的基本原理。

(3) 实验内容:以表格、框图、符号等形式清晰地表示本次实验内容,切忌照抄书本。

(4) 实验现象或数据记录:把实验中观察到的现象或测得的各种数据记录下来。

(5) 解释、结论或数据的处理和计算:对实验现象进行分析、解释、得出正确的结论,写出主要反应方程式,或根据记录的数据进行计算,并将计算值与理论值进行比较,分析产生误差的原因。

化学实验安全守则、环境保护 及意外事故的处理

化学试剂中有很多是易燃、易爆、具有腐蚀性和毒性的物质，实验中应特别注意安全和环境保护。实验前应充分了解安全注意事项，实验中严格遵守操作规程。如不慎发生事故，应立即进行处理。

1. 安全守则

(1) 一切易燃、易爆物质的操作都要在离火较远的地方进行，并严格按操作规程操作。

(2) 有毒、有刺激性的气体的操作都要在通风橱内进行。嗅闻气体时，应用手轻拂气体，把少量气体扇向自己再闻，不能将鼻孔直接对着瓶口。

(3) 加热、浓缩液体的操作要十分小心，不能俯视加热的液体，加热的试管口不能对着自己 and 他人。

(4) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性，使用时，防止溅在皮肤或衣服上，尤其应注意保护眼睛；稀释时（特别是浓硫酸），应在不断搅动下将其缓慢倒入水中，不能反过来进行，以避免迸溅。

(5) 禁止在实验室内进食、饮用水或其他饮料，不得吸烟。有毒的试剂（如铬盐、钡盐、镉盐、铅盐、砷化物、汞及汞化物、氰化物等）防止进入口内或接触伤口，其废液也不许倒入下水道，可回收后集中处理。

(6) 不能用湿的手、物接触电源。水、电、煤气等使用后立即关闭。

(7) 实验完毕，应将双手洗净后再离开实验室。

2. 保护环境

化学实验经常会产生某些有毒的气体、液体等，使环境受到污染，对人体造成伤害。因此，对实验中产生的各种有毒废物一定要妥善处理，注意保护环境。

实验中如产生少量有毒气体，可在通风橱内进行。如产生较多有毒气体，就必须安装吸收处理装置。一般酸碱废液经中和后排放。废液含较多重金属离子时，加碱调 pH8~10 再加硫化物，生成难溶于水的氢氧化物或硫化物沉淀而分离。废液含有 Cr^{6+} 时，加入 Fe^{2+} ，使六价铬还原成三价铬再按含重金属离子废液处理。废液中含氰化物时，加入碱调 pH 大于 10 后，加入强氧化剂 KMnO_4 等使 CN^- 氧化分解。

3. 意外事故的处理

(1) 割伤:在伤口上抹红药水或紫药水,撒些消炎粉并包扎。如为玻璃器皿扎伤,应先挑出伤口里的玻璃碎片再包扎,必要时去医院治疗。

(2) 烫伤:切勿用水冲洗,应在伤口上抹烫伤药,例如獾油或万花油。用浓高锰酸钾溶液润湿伤口至皮肤变为棕色。

(3) 受酸腐蚀:先用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水洗,如果酸溅入眼内也用此法。

(4) 受碱腐蚀:先用大量水冲洗,再用1%醋酸洗,最后再用水冲洗。如果碱溅入眼内,可先用硼酸溶液洗,再用水洗。

(5) 吸入刺激性或有毒气体:如吸入氯气、氯化氢等气体时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒;因吸入硫化氢气体而感到不适时,要立即到室外呼吸新鲜空气。

(6) 毒物进入口:把5~10 cm³稀硫酸铜溶液加入一杯温水中,内服后用手指伸入咽喉部,促使呕吐,然后立即送往医院治疗。

(7) 金属汞洒落桌上或地上:应尽可能收集起来,并用硫磺粉盖在洒落的地方,使汞转变成不挥发的硫化汞。

(8) 触电:立即切断电源,必要时进行人工呼吸。

(9) 起火:要立即灭火,采取措施防止火势扩展,例如切断电源,移走易燃药品等。灭火的方法要根据起火的原因选用合适的措施,一般的小火可用湿布、石棉布或沙子覆盖燃烧物;火势大时可使用泡沫灭火器,但电器设备所引起的火灾,只能使用二氧化碳灭火器等灭火,不能使用泡沫灭火器,以免触电;只有当火场及其周围没有存放能跟水发生剧烈反应的药品(例如金属等)时,才能用水来灭火。

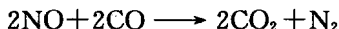
第一部分 化学反应原理

篇 首 语

在高等学校普通化学课程中,化学反应原理包括:化学反应热、化学反应的方向和限度(平衡)和化学反应速率等化学热力学与动力学的基础知识,以及这些基本原理在酸碱体系、沉淀溶解平衡体系和氧化还原反应体系中的应用。在氧化还原反应体系中,电化学是其讨论的主要内容。

化学热力学的主要任务是研究物质发生化学变化引起的能量变化及变化可能性和限度问题。从热力学第一定律引入热力学能 U 和焓 H 两个状态函数,解决反应热的理论计算。从热力学第二定律导入熵 S 和吉布斯函数 G 两个状态函数,并利用反应的吉布斯函数变 $\Delta_r G$ 判断反应进行的可能性,利用反应的标准吉布斯函数变 $\Delta_r G^\ominus$ 求反应的标准平衡常数 $K^\ominus$ 。化学反应速率属于化学动力学研究范畴。通过研究浓度、温度、催化剂、扩散(多相反应)等因素对反应速率的影响,以及对反应机理的研究,解决实现反应的途径。

对化学热力学和动力学两方面综合研究才能深入了解化学变化的规律,从而主观能动地利用化学变化。比如,汽车尾气 NO 和 CO 治理反应:



经热力学研究,反应能自发进行,而且反应可以很完全,但是实际进行时反应速率太慢,以至于观察不到该反应的进行。通过动力学研究,使用催化剂,降低反应活化能,提高反应速率,缩短达到平衡的时间,使反应得以实现。对于一个热力学研究表明不可能进行的反应,再去进行动力学研究,提高反应速率则是徒劳的。

电化学是研究化学能与电能相互转化的一门科学。在电池中自发的氧化还原反应将化学能转化为电能;在电解池中电能促使非自发的氧化还原反应发生,将电能转化为化学能。电化学作为化学的一门重要分支学科,在工农业生产、国防建设、人们的日常生活和科学研究中起着重要的作用。例如,日常生活中用到的干电池、手机中的锂电池、汽车发动机的蓄电池、钟表中的纽扣电池、已开始从航天转向民用的燃料电池等实际上都是将自发的氧化还原反应的化学能直接转变为电能的装置;再如,电解不仅应用于化工产品如烧碱、铝等的生产,还广泛应

用于金属的精炼、机械加工和表面处理等。因此,掌握电化学原理对于我们投身于今后的工作和生活具有重大的意义。

本部分选择 10 个代表性实验:

1. 化学反应热的测定
2. 弱酸解离常数的测定(pH 法)
3. 弱酸解离常数的测定(电导法)
4. 水溶液中的化学平衡及平衡移动
5. 反应速率系数及活化能的测定
6. 碳酸氢钠晶体的制备
7. 电化学基础实验
8. 自行设计实验 I——未知液中常见离子的定性鉴定
9. 自行设计实验 II——自来水中 Cl^- 含量的测定
10. 自行设计实验 III——摩尔气体常数的测定

通过实验加深对化学反应基本规律的认识,熟悉和掌握化学实验的一些基本操作,学习使用酸度计(pH 计)、电导率仪、水抽气泵、直流稳压电源和气压计等仪器。

本部分安排了 3 个自行设计实验。设计性实验是在老师指导下,学生独立完成全过程的实验。这种类型的实验基本程序是:给出实验题目、适当提示和要求;独立查阅文献资料,独立设计实验方案;实验方案经指导教师审查同意后,独立进行实验操作、观察实验现象、记录实验数据和现象;找出实验规律,得出结果或结论,并对结果或结论进行分析讨论,最后独立撰写实验报告。

通过自行设计实验学习科学的研究方法和基本思路,检验乃至提高分析问题和解决问题的能力,培养创新精神,加深对理论知识的理解,强化理论联系实际。

实验 1 化学反应热的测定

一、实验导言

任何应用化学反应的生产过程和科学研究都要清楚反应热以及其他相关热力学数据。原因主要有如下几点:(1) 保证反应正常、安全进行;(2) 合理设计反应设备、热交换装置;(3) 合理利用能源。那么,如何预先清楚反应热? 一般有两种方法:一是通过查阅手册得到;二是在实验室通过实验测定。尤其是后者,在真正解决实际问题时,要在查得数据的基础上,亲自在实验室里反复多次做实验,以便测得更贴近实际的数据,才能进一步研究和指导生产与科研。测定

化学反应热,包括燃料燃烧反应热,对于能源的利用和开发具有重要的实际意义和理论意义。

通常对于一般放热反应的反应热,在普通化学实验中,可用如图 1-1 所示的简易热量计之一来测量。本实验用图 1-1 中的热量计(d)测定锌粉和硫酸铜溶液反应的反应热。通过实验学会一种测定化学反应热的方法,并学会作图和数据处理的原理及方法等。

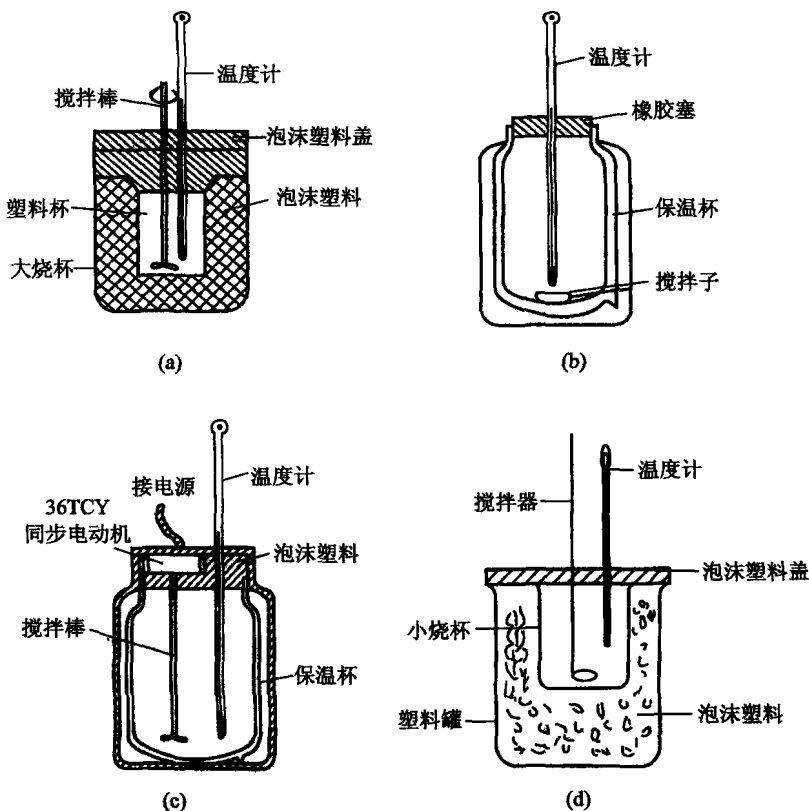


图 1-1 简易热量计

二、实验原理和提要

化学热力学中,定压反应热 Q_p 与反应焓变 ΔH 在量值上相等,测出定压反应热即可求出 ΔH 。放热反应的 ΔH 为负值。

实验依据的原理为:绝热条件下,反应放热使热量计及所盛装物质的温度升高,从系统反应前后温度的变化及有关物质的质量热容,可计算出该反应放出的