



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

大学普通化学 实 验

大连理工大学 苏显云等 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

大连理工大学 苏显云等 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”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材。本书的突出特点是实验内容联系工程实验,贴近社会,贴近生活,如固体乙醇的制备,含铬废水中铬含量的测定。全书包括有机胶粘剂与涂料的制备;果菜中维生素 C 的测定;润滑油的酸值与粘度的测定及再生;铜表面电镀镍等共 20 个实验。实验方法上采用基础实验、综合实验、设计实验和参观实验相结合,突出科学方法的训练和动手能力的培养。

本书可用于非化学、非化工专业作教材。

图书在版编目(CIP)数据

大学普通化学实验/苏显云等编. —北京:高等教育出版社,2001
本科教材
ISBN 7-04-010150-5

I. 大… II. 苏… III. 化学实验—高等学校—教材 IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 064225 号

大学普通化学实验

大连理工大学 苏显云等编

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

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

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 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16

版 次 2001 年 12 月第 1 版

印 张 9.75

印 次 2001 年 12 月第 1 次印刷

字 数 170 000

定 价 8.90 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

大学普通化学是非化学非化工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,在解决实际的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。增加了由科学研究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“用废铝箔、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,决不可能一蹴而就。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;曾长期工作于普化实验室的李秀琴、蒋香梅、周月雯、王永辉工程师;普化教研室周洪斌、单作宝、周秀藩、陈秀洁、李竹芬、郑杏绯副教授等都为普化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以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、普化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,在此仅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

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。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和学习效果,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;清楚实验基本原理;了解实验方法;掌握实验步骤和内容;明了计算公式和数据处理方法;写出预习报告。

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,认真进行实验操作;仔细观察实验现象;如实记录现象和数据。要注意安全、爱护仪器、节约试剂、保持实验室的整洁和安静。实验结束时,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;经教师允许后方可离开实验室。

3. 完成实验报告 在规定时间内填写好实验报告,准时上交。实验报告要求做到记录清楚,反应方程式书写规范、准确,计算公式和过程具体完整,对于讨论的问题提出自己的观点和见解,全文做到文字简练、通顺,书写整洁。不符合要求者将退回重写。

化学实验安全守则及意外事故的处理

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。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) 对一切易燃、易爆物质的操作都要在离火较远处进行,严格按操作规程操作。

(2) 使用有毒和有刺激性的气体时要在通风橱内操作。

(3) 加热、浓缩液体时,不要俯视,试管口不能对着自己和他人。

(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) 水、电、煤气灯使用完立即关闭。

(6) 每次实验后,应将手洗净再离开实验室。

(7) 禁止在实验室内进食、饮用水或其它饮料,不得吸烟。

2. 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,然后立即去医院治疗。

(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 $w_B = 0.01$ 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) 一旦吸入刺激性或有毒气体,如氯、氯化氢等气体时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸汽解毒;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) 触电:立即切断电源,必要时进行人工呼吸。

(7) 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、石棉布或砂子覆盖燃烧物,火势大时可使用泡沫灭火器,但电器设备所引起的火灾,只能使用四氯化碳和二氧化碳灭火器灭火,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(例如金属钠)时,才能用水来灭火。

责任编辑	周传红
封面设计	张楠
责任绘图	杜晓丹
版式设计	周顺银
责任校对	许月萍
责任印制	杨明

目 录

第一部分 化学与能源	(1)
实验 1 化学反应热的测定	(3)
实验 2 人造能源——固体乙醇的制备	(9)
实验 3 化学电源与电解	(12)
* 能源开发和能源探索	(16)
第二部分 化学与环境保护	(19)
实验 4 水溶液中的离子平衡和水的净化	(21)
实验 5 水中溶解氧的测定(碘量法)	(30)
实验 6 铬和废水中铬含量的测定	(33)
* 城市生活垃圾的焚烧和利用	(41)
第三部分 化学与材料	(43)
实验 7 微波水热合成法制备纳米材料	(44)
实验 8 有机胶粘剂与涂料的制备	(48)
实验 9 金属材料的电化学腐蚀与防护	(53)
* 废车轮胎的综合利用	(59)
第四部分 化学与生命	(62)
实验 10 酱油中氨基酸态氮含量的测定	(63)
实验 11 蛋白质的性质和等电点	(66)
实验 12 果菜中维生素 C 含量的测定	(69)
* 食品污染与食品的无害化	(73)
第五部分 工业应用化学实验	(75)
实验 13 润滑油的酸值和粘度的测定及再生	(75)
实验 14 钢中锰含量的测定	(80)
实验 15 金属的化学和电化学蚀刻加工及抛光	(84)
实验 16 水泥熟料中 SiO_2 含量的测定	(88)
实验 17 用铝箔、铝制饮料罐制备硫酸铝	(91)
第六部分 设计与研究性实验	(94)
实验 18 铜表面电镀镍	(94)
实验 19 铝的阳极氧化、着色	(95)
实验方案设计方法之一——正交设计	(96)

第七部分 参观或上机实验	(101)
实验 20 色谱、光谱等现代分析仪器的参观或上机学习	(101)
附录一 普通化学实验的基本操作	(103)
附录二 化学实验仪器的操作	(115)
附录三 误差与数据处理	(128)
附录四 常用数据表	(135)
附录五 我国国家标准有关规定	(137)
主要参考文献	(142)

第一部分 化学与能源

篇 首 语

在高等学校普通化学课程中,化学反应中的基本原理包括:反应中的能量转换、反应进行方向、化学平衡、反应速率、溶液和电化学等几部分内容。化学能是当今社会人类所需能量的主要来源之一。研究和开发化学能是当前促进人类进步和社会发展的重要课题。

能源指可从中获取各种形式能量的资源。当代科学技术发展中的三大物质条件是物质流、能量流和信息流,能源是能量流的核心之一,也是人类赖以生存的关键基础物质之一。

能源储备量的多少和能源利用技术水平的高低是衡量一个国家经济发达程度的一个重要标志。我国煤炭储量居世界第一,70%以上能源来自煤炭。但煤是化石燃料中污染重、热效率较低的固体燃料。煤和其它化石燃料的开采,造成对土地资源的严重损害,酿成祸根。近年,我国和世界各国一样,在努力挖掘新能源的同时,致力于研究和开发高效、清洁地使用现有各种能源的新技术和新材料,以期实现能源、环保和高技术的协调、可持续发展。

化学反应放热是一种不可忽视的化学能源。对于一个放热的化学反应,一方面反应本身要求维持反应温度,需将反应热及时转移,保证最大限度地获得目的产物;另一方面放出的热又是可以利用的能量,一举两得。

值得强调的是,对于系统中有气体物质参与的放热反应,如反应热未能及时转移,不仅对生产不利、浪费资源,而且极易发生危险。反应热积累使系统温度升高,反应不能按着预先设计的方案、路线进行,得不到理想的目的产物;同时温度变化引起气体体积膨胀,当气体压力增大到超过反应器所能承受的最大压力时,即发生爆炸,造成巨大的损失。

在实际工作中,常因科研或者生产需要,要配制某种溶液。事情虽简单,但若稍有疏忽也会出问题。2000年夏季,某高校科研课题组在用醋酸酐和高氯酸配制某种腐蚀液时,溶解热未能及时转移,加之高氯酸的强氧化性,使系统的温度瞬时升高,溶液突然猛烈沸腾溅出,酸气弥漫。幸亏是在敞口容器中、配制的溶液量少,操作人员得以及时躲避,否则后果可想而知。

始于18世纪的化学电源也是一种不可缺少的重要能源。化学电源是一种直接把化学能转变成低压直流电能的装置,实际上是一种小型直流发电机,也是一种能量转换器。唯它独具的特点是能量转换一步到位,不需任何中间环节,因此转换效率高,实际能量转换效率60%以上。燃料电池高达80%以上,是煤炭发电转换效率的2~3倍。

化学电源还有很多其他优点:无污染物排放、便于携带、使用简便;电池的容量、电流、电压等可在相当的范围内变动;形状和大小可根据需要制作;能在冲击、震动、旋转、高温等条件下正常提供电能;无噪声等。这种既传统又高新的方便能源,在科技高度发展的今天,其种类和品种不断有所创新,每每有新产品问世。电池分类方法多种多样。常说的1号、2号、5号电池和纽扣电池等是从电池的大小和外形上分类称谓的。从构成成分上分类则有:锌-二氧化锰、金属-空气、氢-镍硫等电池;锂电池、燃料电池;镉-镍等蓄电池;锂离子二次电池以及热激活电池和水激活电池,等等。

化学电源的应用广及各个领域。在太空遨游的人造卫星、宇宙飞船等航天工具和空间站;在天空飞行的导弹、火箭、飞机;陆地上的汽车、火车、拖拉机、坦克;水上航行的船只、潜水艇、鱼雷;地下采矿、原油勘探;传递讯号的信息工具:无线电定位、无线电通讯、遥测遥控、移动电话、便携式计算机、随身听、摄像机;甚至玩具、音乐贺卡等。举不胜举。凡是固定电源线路网不能覆盖的用电处,都可能需要化学电源来充当用电设备的电源。

各种类型可移动电器和用电设备需求量将越来越大,化学电源的需求量必将随之增大。我国每年有大量电池出口国外。广阔的市场发展前景吸引了越来越广泛的关注。对它的技术要求也更高:质量轻、体积小、容量大、寿命长、抗干扰性能好、价格低廉等。

化学已为能源的开发和利用作出了自己的贡献。新世纪,化学必将一如既往地与其他学科一道,推动新能源、新技术的应用与发展。

本部分实验有3个:

1. 化学反应热的测定;
2. 人造能源——固体乙醇的制备;
3. 化学电源与电解。

通过实验学会化学反应热的测量、化学能源的原理,了解电能的应用。积极思考如何投身于创造新技术、新材料,为在新世纪能源开发利用的舞台上大显身手作好准备。

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它相关热力学数据。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仿真实验,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。

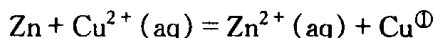
通常对于一般放热反应的反应热,在普通化学实验中,可用如图 1-1 所示简易热量计之一来测量。本实验用图 1-1 中的热量计(d)测定锌粉和硫酸铜溶液反应的反应热。通过实验学会一种测定化学反应热的方法,并学会做图和数据处理的原则及方法等。

二、实验原理和提要

化学热力学中,等压反应热 Q_p 与反应焓变 ΔH 在量值上相等,测出恒压反应热即可求出 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热量。

在恒压(101 325 Pa)下,用简易热量计测定下列反应的反应热:



为了使反应完全,使用的 Zn 粉要过量。

计算公式为

$$Q_p = \Delta_r H_m^\ominus(298 \text{ K}) = -[\Delta T \cdot c_p \cdot V \cdot \rho + \Delta T \cdot c_{p,b} \cdot m_b] \times 10^{-3} \times 1/n$$

式中, Q_p ——恒压反应热($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$);

① aq——水溶液, $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ 、 $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ 分别指水合铜离子和水合锌离子。

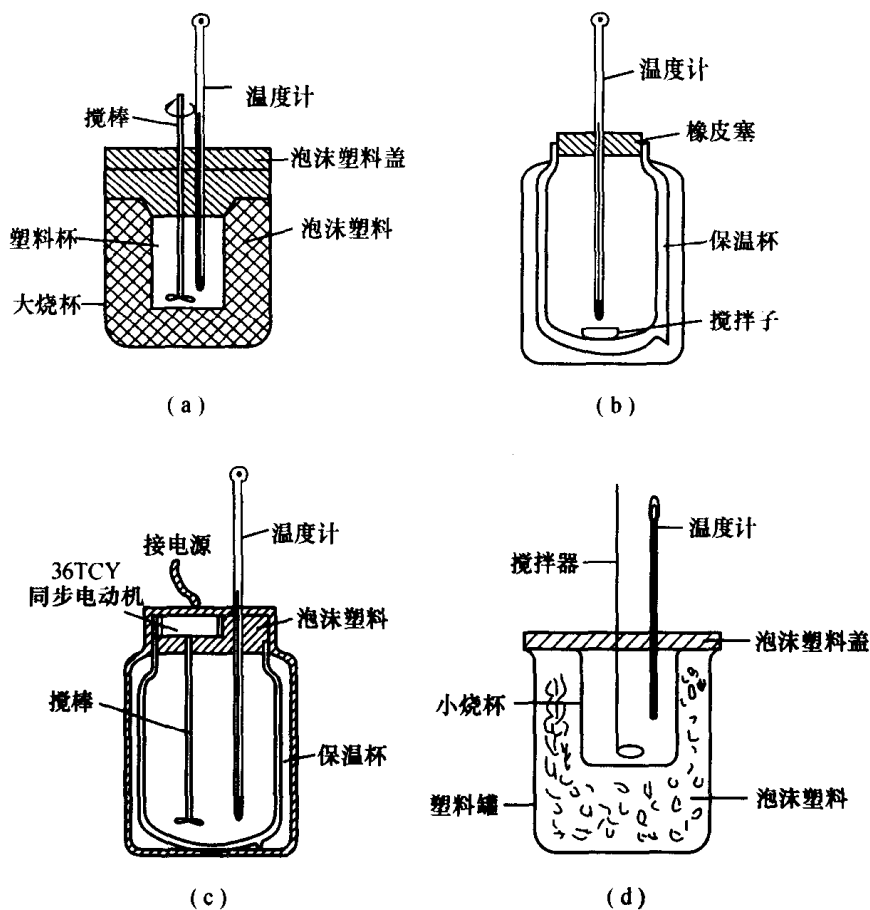


图 1-1 简易热量计

$\Delta_r H_m^\ominus(298\text{ K})$ ——反应的标准摩尔焓变($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$);

ΔT ——反应前后溶液的温度变化(K);该值需用作图外推法确定,详见本文下两段。

c_p ——溶液的质量定压热容($\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$);

$c_{p,b}$ ——热量计的质量定压热容($\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$);

V ——溶液的体积(cm^3);

ρ ——溶液的质量浓度($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$);

n ——体积为 V 的溶液中含有 CuSO_4 的物质的量(mol);

m_b ——热量计的质量(g,在公式计算中只以字母形式出现,不需代入实际数值)。

因反应速率很快,反应迅速达到平衡。但温度计显示系统温度的变化却滞后。加之实验用简易热量计并非严格的绝热系统,在系统温度达到平衡的过程里,热量计不可避免地与环境进行少量热交换。为校正由这些因素引起的测定

系统温度变化的偏差,进而缩小测定反应热与实际放热的偏差,需用图解法确定系统温度变化的最大值 ΔT 。

对此测定,用图解法校正测定偏差的方法为:在直角坐标系下,以测得的温度为纵坐标,时间为横坐标作图(见图 1-2)。在已画出反应温度随时间的变化曲线上,从反应物混合后温度上升至最高值的实验点画一直线 bc ,把这条线向后(左)外推(延长),至与反应物混合时间为零时($t=0$)的垂线相交于 d 点,交点读数减去时间为零时的读数,得 ΔT 。这样经过外推得到的 ΔT ,较客观地反映了反应放热所引起的系统在反应前后真正的温差。

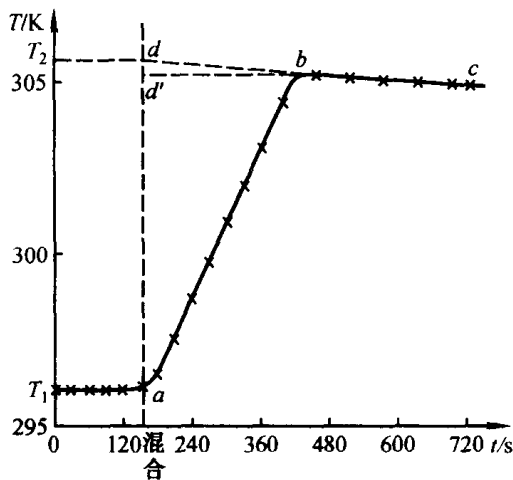


图 1-2 反应热测定的温度-时间曲线

计算需要,在测定反应热之前必须先测定所用热量计的质量定压热容。质量定压热容的定义是:恒定压力下单位质量的物质温度每升高一度所需要的热量。测定方法为:在热量计中加入一定量(如 40 g)的冷水,测定其温度为 T_L ;加入相同量温度为 T_H 的热水,混合后外推得水温为 T_m (见图 1-3)。已知水的质量热容为 $4.18 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,则:

$$Q_p(\text{热水放热}) = (T_H - T_m) \times 40 \text{ g} \times 4.18 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$Q_p(\text{冷水吸热}) = (T_m - T_L) \times 40 \text{ g} \times 4.18 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$Q_p(\text{热量计放热}) = (T_m - T_L) \times c_{p,b} \times m_b$$

$$Q_p(\text{热量计吸热}) = Q_p(\text{热水放热}) - Q_p(\text{冷水吸热})$$

质量定压热容 $c_{p,b}$ 为

$$c_{p,b} = \frac{(T_H - T_m) \times 40 \text{ g} \times 4.18 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} - (T_m - T_L) \times 40 \text{ g} \times 4.18 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}}{(T_m - T_L) m_b}$$

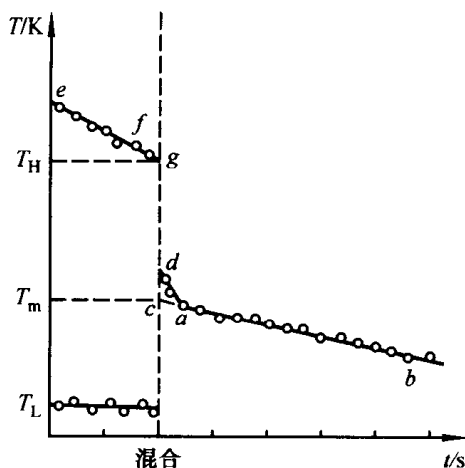


图 1-3 热量计热容测定的温度-时间曲线

$$= \frac{(T_H + T_L - 2T_m) \times 40 \text{ g} \times 4.18 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}}{(T_m - T_L) m_b}$$

三、实验内容和步骤

1. 温度计的校正

用小烧杯盛水,将实验要用的两支分度为 0.05°C 的温度计放入水中,以将要装在热量计中的一支温度计为标准,读出两支温度计的温度读数及相差的温度值,并做记录。

2. 测定热量计的质量定压热容 $c_{p,b}$

(1) 在热量计的塑料烧杯(或保温杯)中加入半杯冷水,盖上带有校正过的温度计的盖子,测量温度 T_L 。

(2) 在 250 cm^3 塑料杯中配制适当温度的热水,用校正过的温度计粗测温度,调节其温度高于 T_L 约 15°C 左右。

(3) 用量筒量取 40 cm^3 步骤(2)热水,倒入 100 cm^3 塑料杯中。调节 T_H 高于 T_L $7\sim 10^\circ\text{C}$,并精确测量温度 T_H 。尽快将该热水倒入步骤(1)的热量计中,立即盖上盖子。

注意:当热水倒入热量计中时,立即观察温度计读数并作记录,记录到小数点后 2 位,同时开始记录时间。之后,边搅动边看秒表,每隔 30 s 记录一次温度。直至温度上升到最高点后,继续测量 6 次温度。

根据所得数据,以时间 t 为横坐标(1 cm 表示 1 min),温度 T 为纵坐标(1 cm 表示 1°C)做温度-时间图。外推得最高温度 T_m 。

用上述公式计算热量计质量定压热容 $c_{p,b}$ 。