



蓝水晶系列

新课程资源与技术丛书

传感技术

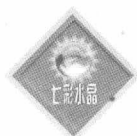
CHUANGAN JISHU

——化学实验探究手册

王磊 魏锐 范林 著



北京师范大学出版社
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PRESS



蓝水晶系列

新课程资源与技术丛书

传感技术

CHUANGAN JISHU

—— 化学实验探究手册

王磊 魏锐 范林 著



北京师范大学出版社
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PRESS

出版发行：北京师范大学出版社 [www. bnup. com. cn](http://www.bnup.com.cn)
北京新街口外大街 19 号
邮政编码：100875

出 版 人：赖德胜
印 刷：北京新丰印刷厂
经 销：全国新华书店
开 本：170 mm × 230 mm
印 张：7.5
字 数：182 千字
印 数：1 ~ 5 000 册
版 次：2007 年 3 月第 1 版
印 次：2007 年 3 月第 1 次印刷
定 价：12.00 元

责任编辑：刘秀兰 美术编辑：贾 刚
责任校对：陈 民 责任印制：马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话：010 - 58800697

本书如有印装质量问题，请与出版部联系调换。

电话：010 - 58800825。

前言

化学实验是化学科学赖以产生和发展的基础,化学科学历史上每一次重大突破,都与实验方法的改革密切相关。因此长期以来,化学被称为“实验的科学”。实验在中学化学教学中也理所当然地成为重中之重,被称为“感性认识的源泉、理性认识的支架、求证假设的手段、科学探究的方法、发展能力的途径、激发兴趣的武器以及培育情感的土壤”。

然而在课程标准的制定、新教材的编制以及新课程的实施过程中,在为化学——这个靠实验支撑的学科寻找可用于中学教学的优秀实验案例时,化学家、化学教育家和化学教师都多少觉得有一些无奈和尴尬。他们在纷繁的化学实验中苦苦地搜寻着,然而或者因为化学原理太深奥,或者实验操作太复杂,或者对设备要求太苛刻……现有的实验都很难改造成理想的中学实验。要增加一批体现时代要求,融合化学科学思想和方法的新实验,实在是困难重重。实验条件是限制实验改革最大的障碍之一。试管、烧杯等瓶瓶罐罐这些最简易的玻璃仪器已经不能够完全体现现代化学发展的方向,已经难以体现现代化学研究思想和方法的全貌。要使中学化学实验能够有“突跃”性的发展,唯有进行实验方法和实验手段的变革。正在中学化学实验改革举步维艰的时候,这种将数字温度计、pH计、电导率计、分光光度计等整合为一体的传感技术实验室无疑将推动中学化学实验现代化、量化的进程,无疑会给中学化学实验带来历史性的变革。

近年来,基于传感技术的中学化学实验手段逐渐得到国内学者的关注。一些师范院校、学术团体和重点中学相继建立了传感技术实验室,开发基于传感技术的探究实验,并进行相关的教学研究和理论研究。此项研究已经成为基础教育研究领域的一个重要方向。传感技术在中学理科实验中的应用,国内研究的先行军首推广州华南师范大学化学系钱扬义教授所领导的团队。他们在完成中国教育学会“十五”科研规划重点课题“掌上型信息技术产品在教学中的运用和开发研究”的基础上,完成了《手持技术在理科实验中的应用研究》和《手持技术在研究性学习中的应用及其心理学基础》两部著作,比较全面系统地介绍了传感技术及其特点,开发了一批基于传感技术的中学理科实验案例,并从心理学角度对于该技术的教学应用方面进行了有益的尝试。

北京师范大学化学学院化学教育研究所传感技术实验室在王磊教授的带领下,在国内也较早地进行了实验开发和应用研究。该实验室以山东科技版课标教材为依托,针对传感技术在中学化学实验中的应用开展了系统的研究,从学科和教学角度深入挖掘概念原理内容的实质,从能量、平衡与速率、水溶液、综合探究等维度构建了全面支持化学核心概念、原理教学和定量测定的实验体系,这些研究便是本书的雏形。

在本书编写的过程中,我们精心筛选了 40 余个对中学化学教学具有突出支持作用的实验案例,分四个专题编排为 12 个活动。为了便于教师使用,我们为每个活动编写了“任务情景”,简要介绍该活动的相关背景资料,实验步骤尽力做到详尽清晰,实验后的“交流研讨”栏目筛选了相关的核心问题以供教师组织教学参考;另外,每个活动之后都附有“写给教师”和“链接教材”的部分,展示了重要的数据曲线,对相关的问题进行解释说明,介绍相对应的教材中的常规实验。为了便于各位老师使用,我们又按照现行中学化学课程的不同学段对相关的实验案例进行分类,见附录 1。这些实验内容的开发将传感技术与中学化学课程的主体实质性联系起来,从而将有力地推动传感实验在中学化学教学中的应用。

本书由北京师范大学化学教育研究所组织编写,核心作者有王磊、魏锐、范林,刘强、宋万琚、刘秀丰也参与了部分内容的编写,全书由王磊、魏锐统稿。由于种种原因,本书的成稿距今天的出版已经有一年多的时间了,在这一年里,我们以本书的内容为基础形成了北京师范大学本科生综合化学实验的中学化学传感技术实验专题,进行了几轮教师继续教育的培训,与中学一线教师合作设计并实施了多节使用传感实验技术的教学案例(研究课)。正是得益于这些实践工作,使得我们对本书的内容进行反复的推敲和修改;也使我们自信该书能够为您的教学工作提供切实的帮助。新颖的实验,巧妙的构思,精心的设计,我们希望本书能够发挥多元的功能。她既可以作为师范生培养或教师继续教育的实验教材,一线教师的教学参考用书,还可以作为中学生研究性学习等活动的读本。

由于作者水平有限,在实验研究和文稿成文的过程中,难免有诸多疏漏之处,恳请读者批评指正。愿我们的努力能够为我国中学化学实验体系的改革起到积极的作用,为我国基础教育注入新的活力!

作者

2007 年 3 月

目 录

绪论	(1)
第一章 能量篇	(8)
1-1 感受物质变化中的能量转换	(8)
1-2 测定酸碱中和反应的反应热	(17)
1-3 碳酸氢钠与柠檬酸反应热效应的研究	(22)
第二章 平衡与速率篇	(29)
2-1 认识反应条件对化学平衡的影响	(29)
2-2 化学反应平衡常数的测定	(36)
2-3 认识反应条件对化学反应速率的影响	(40)
2-4 镁与盐酸反应速率的测定	(52)
第三章 水溶液篇	(58)
3-1 探究溶液的导电性和酸碱性	(58)
3-2 酸碱中和滴定	(69)
3-3 探究离子反应的实质	(77)
第四章 综合探究篇	(84)
4-1 测定含铁物质中铁元素的含量	(84)
4-2 综合探究活动案例参考	(90)
附录 1 不同学段可供选用的实验案例	(100)
附录 2 传感技术实验室操作指南	(104)
后记	(113)



绪 论

传感技术是当今世界一项令人瞩目的迅猛发展起来的高新技术,也是当代科学技术发展的一个重要标志,它与通信技术、计算机技术构成信息产业的三大支柱。目前,传感技术的应用领域已经十分广泛,任何一个信息和控制系统都离不开传感技术。无论是工业、农业、交通运输业,还是家用电器(如电冰箱、电饭锅、电视机、空调、收录机等),都需要应用各种各样的传感器。而且随着科技的不断进步,传感器的种类也不断增多,新型传感器层出不穷。随着适用于基础教育的仪器的开发,传感技术已经走进基础教育领域,并逐渐显示出它的特色与优势,愈来愈受到大家的关注。

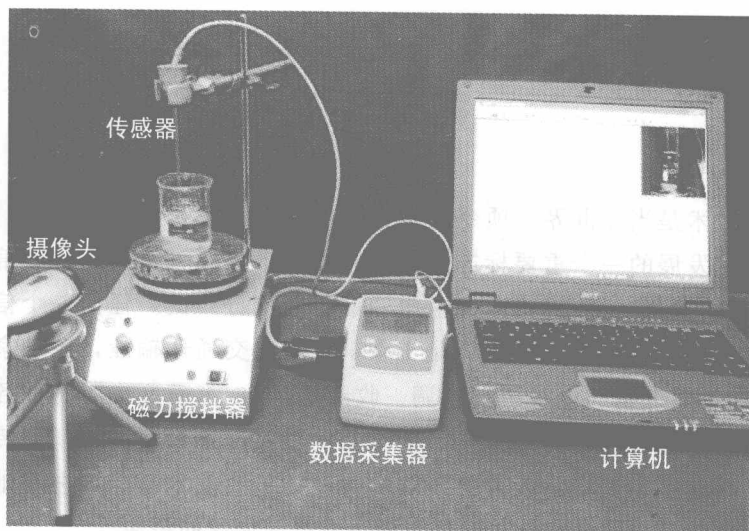
一、传感技术已经走进基础教育领域

传感技术首先在数学教育中加以应用,以图形计算器形式存在的手持图形技术在国外应用已经相当普遍。手持图形计算器是美国大多数高中课堂上数学教学的组成部分。传感技术最早引进中国是1998年9月TI公司与教育部签署了在中学应用基于TI图形计算器的数理教学新方法的谅解备忘录。至今,国内已有北京、上海、广东、四川、云南、新疆等省市的100多所中学在使用手持图形计算器。

目前,国内外许多厂家根据中学理科实验教学的需求,开发出含有计算机软件、数据采集器以及含有多种传感器的仪器包,可以实现多种物理参数的采集、曲线的绘制以及数据的处理,便于课堂演示和学生实验。基于传感技术的实验手段已经普遍应用于中学物理教学;在化学中的应用起步相对较晚,目前已经在国内大城市的部分重点中学得到推广,相关的研究成果也不断涌现。这项新型的实验技术可以说为中学理科教学带来了新的实验手段。

二、基于传感技术的中学理科实验系统

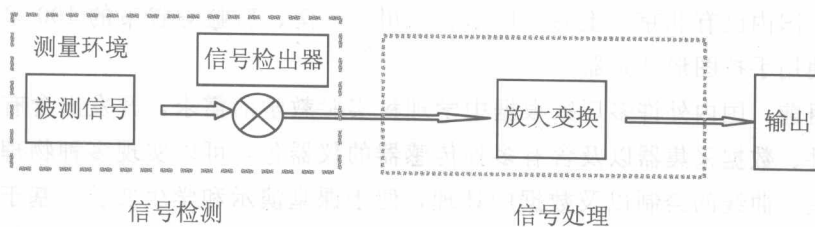
基于传感技术的中学理科实验系统主要由传感器(探头)、数据采集器、计算机等硬件设施以及实验数据处理程序等软件构成。由于传感器和数据采集器体积较小,携带方便,拿在手中就可以完成很多实验探究活动,因此许多研究者又形象地称其为手持技术,并将手持技术与网络技术整合构成的现代科学实验室称为掌上实验室。



图络-1 基于传感技术的中学理科实验系统

1. 传感器

传感器是传感技术的核心，它能感受到待测物的相关信息，并按照一定的规律转换成可用输出信号，经数据采集器处理之后可将输出信号转化为数字信号。



图络-2 传感器工作原理示意图

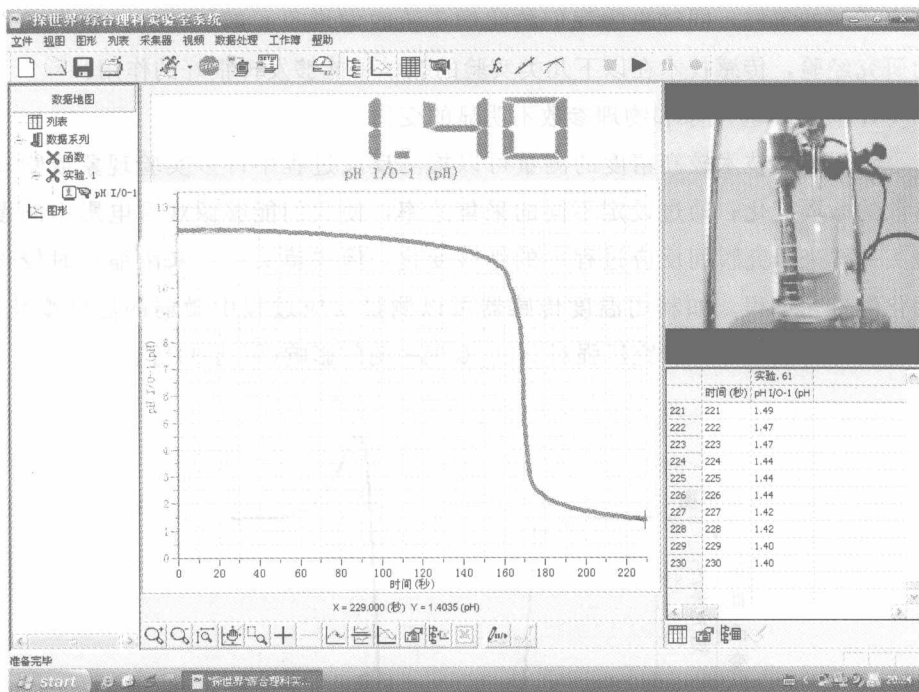
在中学化学实验中常用的传感器有温度传感器、压强传感器、电导率传感器、pH 传感器、色度计传感器、电流传感器和电压传感器等。

2. 数据采集器

数据采集器具有强大的数据采集与数据分析功能。它把实验过程中的物理信号转变为数字信号输出，全程跟踪实验过程中的数据变化并能以曲线、数字、表格、仪表等多种直观、形象的形式显示实验结果。

3. 实验数据处理程序

将数据采集器与计算机连接后,即可与实验数据处理系统软件进行通讯。它能够帮助我们更便捷地对数据采集器进行操作,对实验数据进行处理,并且以数字、曲线等多种形式显示实验数据,使我们能够更好地把握实验的动态,以及对实验结果进行分析、推测。



图绪-3 “探世界”综合理科实验室系统软件界面

4. 实时录像系统

如果将摄像头与计算机连接,在实验的过程中便可以实时地记录实验现象,将数据曲线与实验现象同时呈现在计算机的同一界面,便于教师的实验演示以及学生的探究学习。记录的数据和拍摄的录像都可以保存在计算机中,在需要时播放,再现实验过程。

以上四个组成部分的科学整合,使得基于传感技术的中学理科实验系统具有以下突出的特点:①便携:师生能随时随地进行定量的探究活动,并将实验的过程及结果储存。②实时:数据变化过程与实验过程同时进行,记录的数据和实验现象可以重复演示。③准确:实验数据准确,完全符合中学对实验数据准确度的要求。④综合:数据采集器可与各种传感器连接,可同时

进行物理、化学、生物、体育、环境、气象等学科实验的定量探索研究。

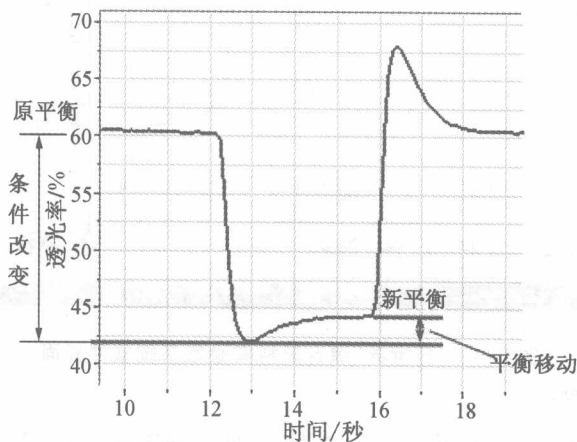
⑤直观：可以以曲线、数字、表格、仪表等多种形式动态实时地显示实验的变化过程。

三、传感技术对中学化学教学的支持功能

传感技术创造性地应用于中学化学实验教学中，为我们的实验教学改革带来了新的契机，同时也为我们的化学实验教学增添了新的活力。根据我们的研究经验，传感技术在以下几类实验的教学中能够发挥很好的作用：

1. 突显实验现象和物理参数不明显的变化

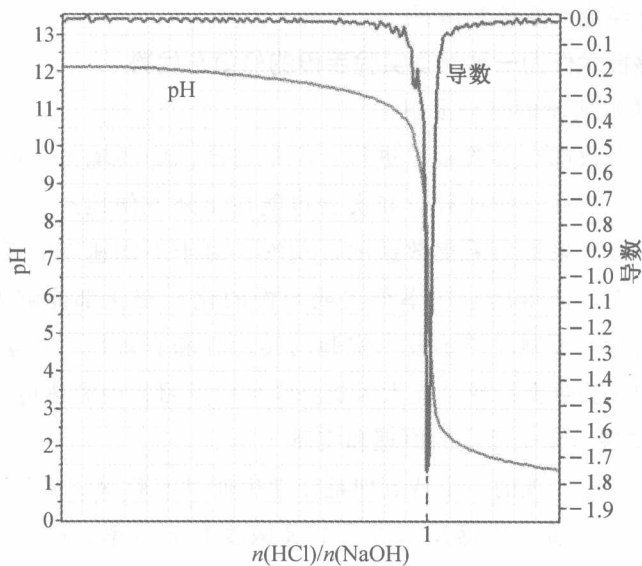
利用传感技术较高精度的测量可以检测反应过程中许多实验现象或物理参数的微弱变化；通过设定不同的采集速率，使我们能够像观看电影中的慢镜头一样来研究瞬间反应过程中的细微变化，像快镜头一样来浓缩历时较长的化学变化过程。如利用温度传感器可以测量反应过程中微弱的温度变化，用色度计传感器可以研究压强对 NO_2 双聚平衡的影响(图绪-4)等。



图绪-4 压强改变对气体透光率的影响

2. 支持核心化学概念和原理的教学

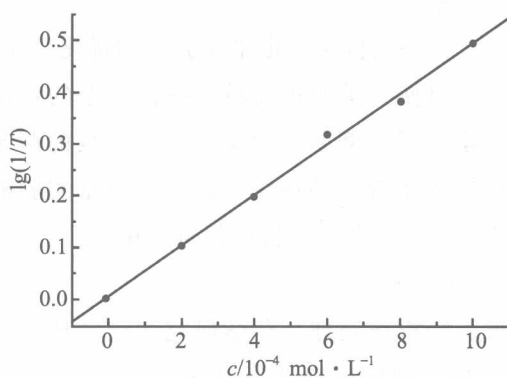
由于传感技术数据化、曲线化的突出特点，使其直接支持化学反应的能量转换、化学平衡与化学反应速率、水溶液、电化学等核心化学概念和原理的教学。如酸碱中和滴定曲线的绘制(图绪-5)，电解质在水溶液中反应的实质，冰醋酸在稀释过程中电导率的变化情况等。而对于元素化合物的教学支持作用较小。



图绪-5 中和反应 pH 变化曲线及其导数曲线

3. 用于定量测定实验

基于传感技术的综合理科实验室相当于把一批的大型分析仪器简化，并与信息技术整合，使许多原理简单但由于实验设备限制的定量实验可以引入中学化学。如利用比色法测定含铁物质中铁元素的含量(图绪-6)，污水水质的检测等。



图绪-6 铁元素含量测定标准曲线

综上所述，可应用传感技术的实验内容涉及能量转换、平衡与速率、水溶液、电化学、定量检测、综合探究等领域，可用于教师演示实验、学生分组实验、课外实验探究等多种形式的实验活动。传感技术在中学化学实验中

的应用研究已经成为系统和体系。

四、传感技术作为一种新型实验手段的价值与优势

1. 突破传统实验的时空限制

传统实验多数都在实验室里进行,不易与周围的环境发生联系。由于传感技术仪器的便携性,使得教学和实验也能在室外方便地进行,突破了学习的空间限制;数据采集器采集数据的自动性,对于不同速率的反应可以设置合适的采集速率,使得反应速率很快或很慢的化学变化都能够方便地检测,突破了学习的时间限制。传感技术实验的实时性和直观性,让学生同时观察到实验现象和实验数据结果,能大大提高学生的学习兴趣 and 热情。

2. 进一步揭示化学反应的原理和实质

课程标准突出体现的一个特点即是让学生通过实验探究来研究化学原理,揭示化学反应的实质。传感技术更高的灵敏度和分辨率、可控的采集速率、多样化的检测指标、形象化的数据显示以及强大的数据处理功能对此能起到很好的支持作用。例如温度传感器较温度计更加精确和灵敏,使许多热效应并不明显的实验都可以进入课堂;对于速率较快的化学反应,可以通过采集速率的设置使我们能够深入分析瞬间的反应过程;通过电导率、pH、压强、电流、电压、透光率等多种指标的检测,便于对各种反应的监控以及对化学反应原理和实质的揭示。

3. 提供更多可供选择的定量实验

传感技术的使用,使一些传统的定量实验得到优化,实验过程更加简便,实验结果更加准确。同时使一批原理简单、操作复杂的定量实验变得简便易行,可供中学化学教学选用。例如化学反应平衡常数的测定、化学反应速率的测定、含铁物质中铁元素含量的测定等。这些定量实验的引入,对于学生定量研究意识和能力的培养将起到积极的促进作用。

4. 全面提高学生的信息素养

实验数据的获得、分析和处理是科学研究的重要环节。传感器是获得实验数据的一类有效武器,利用传感器可以获得实验过程中关于温度、浓度、色度、pH等很多方面的数据;利用数据采集器或计算机,可以将数据以图形形式显示出来,学生可以非常直观地对图形进行观察,然后作出判断或预测;还可以利用相关计算机软件,对数据进行线性拟合、微积分处理、数学建模等多种形式的处理,以发现隐藏在数据背后的化学规律和原理。这一过程中

所包含的对数据的计算以及比较、概括、分析和综合都是培养思维的基本方法。有了传感技术和计算机及配套软件的支持,学生获得的数据就不再只是静态的,也可以是动态的,不仅有结果,也可以有过程,有助于提高学生的信息素养。

5. 提供更加丰富的教学资源

通过传感技术与实时录像系统的结合,实现实验现象和实验数据的有机整合,并且可以重复播放。这种数据和视频整合的教学资源便于我们在课堂上展示耗时较长、有毒、危险等特殊的化学反应;由网络和计算机支持的传感技术实验系统,使得学生的学习更加个性化,除了实时的实验探究之外,学生还可以利用计算机或网络进行实验的预习、复习或自学。

传感技术最根本的特点是将化学本质转化为可检测的物理信号,进而利用物理信号反映或研究化学本质,这就是科学研究中非常重要的“转化”思想。传感技术所特有的数据化、图形化、直观化和量化的研究手段,将帮助学生理解和认识化学原理的实质,降低实验和学习的难度,改变学习方式,激发学习兴趣,提高学生科学探究的水平,有助于培养学生分析数据、处理数据的能力。

传感技术支持多种形式的实验活动,弥补了传统实验室实验条件不足的限制,为中学化学引入一批定量测定实验,更好地为学生揭示化学原理、规律,进而全面提升学生的科学素养。同时,传感技术作为一种新型的实验手段,能够帮助教师理解化学反应的实质和化学变化的规律,促进教师的专业发展与成长。

第一章 能量篇

1-1 感受物质变化中的能量转换



任务情境

人类很早就懂得了利用物质变化过程中的能量变化。例如：人类祖先最初用火来取暖、烧烤食物，后来又用火来烧制陶器、炼铜、炼铁等。现代社会，对能量的利用更是体现在人们生活的方方面面。如果没有这种物质变化过程中产生的能量变化以及人们对能量的利用，就不可能有今天的现代文明。

在物理变化和化学变化过程中常伴随有能量的变化。例如：水蒸气转化为液态水时会放出热量；氯化铵固体溶于水时会吸收热量；氢气在氧气中燃烧会放出热量。



实验原理

在实验室里我们可以通过触摸或者通过观察实验现象来感受这种能量变化。例如：在稀释浓硫酸的过程中，用手接触烧杯壁，感到烧杯壁发烫，说明浓硫酸在稀释过程中放热；在做“钠和水的反应”时，观察到钠熔成一个小球，这一现象可以说明该反应放热。温度计或温度传感器是定量测定温度的仪器，通过测量物质变化前后的温度，可以判断物质变化过程中的能量转换情况。



实验目的

1. 熟悉温度传感器、数据采集器以及配套软件的使用方法。
2. 通过测定温度的变化感受物质在化学反应、溶解、结晶、汽化等过程中的能量变化。
3. 通过分析温度变化曲线，培养学生根据图像分析问题的能力。



试剂与仪器

试剂：锌粉、 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CuSO}_4$ 溶液、柠檬酸固体、 NH_4HCO_3 固体、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 固体、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 固体、浓氨水、 NaOH 固体、稀硫酸、

$\text{Ba}(\text{OH})_2$ 固体、 NH_4Cl 固体

仪器：温度传感器、数据采集器、磁力搅拌器、计算机、烧杯、量筒、100 mL 锥形瓶、玻璃导管、鼓气球、铁架台、玻璃棒、坩埚、试管、酒精灯、干燥器



实验步骤

实验一 锌粉与硫酸铜溶液反应

1. 按图 1-1 组装实验装置并依次连接温度传感器、数据采集器和计算机(如果条件允许,可以在计算机上连接一摄像头以录制实验现象)。



图 1-1 锌粉与硫酸铜溶液反应的实验装置图

2. 单击数据采集器的开机按键 , 打开数据采集器。打开“探世界”综合理科实验室系统软件, 点击主工具栏内的“设置向导”图标 , 按照如下指标设置数据采集器(也可以在文件列表中点击“采集器”, 然后选择“设置采集器”):

- ↓ 输入 1: 温度(计算机自动识别)
- ↓ 采集速率: 1/s
- ↓ 采集时间: 继续(即手动控制采样何时结束)

方法导引

我们也可以用数据采集器进行设置, 方法如下: 打开数据采集器, 点击前进按键 , 选择设置按键  “Setup the logger(设置采集器)”, 点击执行按键  进行设置。(使用按键  或  对每一选项的指标进行设置, 使用按键  切换不同的选项)

3. 向 100 mL 烧杯中加入 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CuSO_4 溶液 50 mL, 放入一颗磁子, 把烧杯放在磁力搅拌器上, 插入温度传感器。

4. 启动磁力搅拌器。在软件左侧的工具栏内点击  按键或用数据采集器启动, 开始数据采集。

5. 待传感器读数稳定后, 向烧杯中迅速加入 1.5 g 锌粉。注意观察温度的变化和实验现象。直到温度不再上升时点击  按键, 停止数据采集。

6. 读出并记录反应的初始温度和终止温度。保存实验数据。

方法导引

在“探世界”综合理科实验室系统的图形工具栏里点击“显示图形标签”, 会有一个十字符号出现在得到的数据图上, 用鼠标拖动(或用方向键移动)十字符号, 可以读出某一时刻的温度值。



实验现象: _____。

实验二 碳酸氢铵与柠檬酸反应

向 50 mL 小烧杯中加入 5 g 柠檬酸固体, 插入温度传感器, 启动数据采集, 待读数稳定后, 向小烧杯中迅速倒入 5 g 碳酸氢铵固体, 并用玻璃棒搅拌。实验完毕后, 读出并记录反应的初始温度和终止温度。保存实验数据。

实验三 无水硫酸铜的水化热

1. 无水硫酸铜的制备: 将 5 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 固体研成粉末, 然后将其转移至坩埚中用酒精灯加热, 并且用玻璃棒不断地搅拌。当蓝色的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 固体完全变为白色时停止加热, 置于干燥器内冷却待用。

2. 待白色的无水 CuSO_4 冷却后, 取出 2 g 左右加入到一只干燥的小试管中。用铁夹将试管竖直固定在铁架台上, 把温度传感器插入到固体中(如图 1-2 所示)。



图 1-2 测定无水 CuSO_4 水化热的实验装置

3. 启动数据采集, 待读数稳定后, 用滴管向试管中逐滴加入 5~6 滴水, 注意观察实验现象以及温度传感器的读数变化。

4. 当温度传感器的读数不再上升时, 停止数据采集。用手触摸试管底部, 感受温度变化。读出并记录反应的初始温度和终止温度。保存实验数据。

实验四 硫代硫酸钠的结晶热

1. 在一只大试管中加入约 20 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 固体, 将试管竖直固定于铁架台上。将温度传感器插入到固体中, 启动数据采集。

2. 待读数稳定后, 用酒精灯加热试管, 当温度传感器测得的温度达到 70 °C 左右时, 试管中硫代硫酸钠全部溶于其所含的结晶水中。停止加热。让试管在空气中静置, 缓慢冷却。

冷却过程中注意不要晃动试管, 避免溶液过早结晶。

3. 当液体温度降至 35 °C 时, 向试管中投入一粒 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 固体。观察实验现象以及温度传感器测得的数据。

4. 当温度不再上升时, 停止数据采集。读出并记录硫代硫酸钠结晶过程的初始温度和终止温度。保存实验数据。

实验五 浓氨水的汽化热

1. 按照图 1-3 连接实验装置。

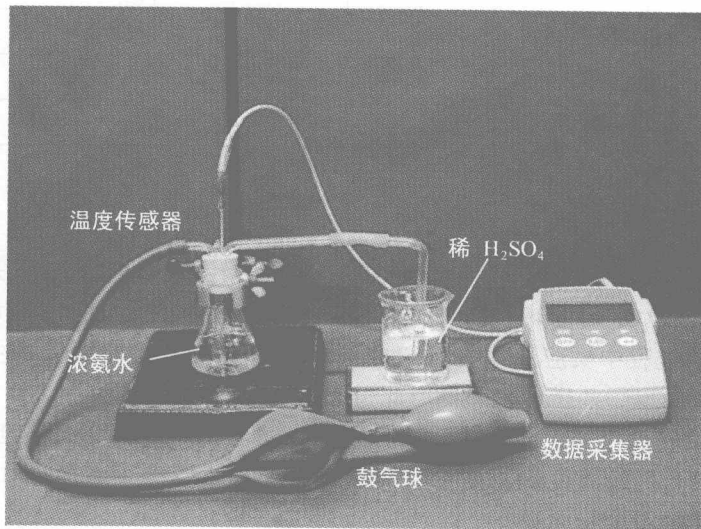


图 1-3 测定浓氨水汽化热的实验装置

2. 向锥形瓶中注入约 50 mL 浓氨水, 塞上三孔橡胶塞(分别插温度传感器、连有鼓气球的进气导管和出气导管)。