

重庆市化学实验教学示范中心  
重庆大学精品课程 配套教材

# 实验化学导论

——技术与方法

SHIYAN HUAXUE DAOLUN  
——JISHU YU FANGFA

陈昌国 曹渊 主编



重庆大学 出版社

<http://www.cqup.com.cn>

# 实验化学导论

——技术与方法

陈昌国 曹 渊 主编

重庆大学出版社

## 内容提要

“实验化学导论—技术与方法”含绪论、化学实验基础知识、化学实验基本操作技术和方法、物质的分离提纯技术和方法、化学定量分析技术和方法、热力学测量技术与方法、电磁光学测量技术与方法及微机在化学实验中的应用等八章。

本套书可作为各类大专院校化学、应用化学、材料、环保、制药、化工和医学等专业学生基础化学实验教材,也适用于高等职业院校相关专业,还可供有关专业技术人员参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

实验化学导论:技术与方法/陈昌国,曹渊主编.

—重庆:重庆大学出版社,2010.10

ISBN 978-7-5624-5726-8

I. ①实… II. ①陈…②曹… III. ①化学实验—高等学校—教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 202742 号

## 实验化学导论

——技术与方法

陈昌国 曹 渊 主编

策划编辑:何 明

责任编辑:谭 敏 金建宏 版式设计:何 明

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:16 字数:399千

2010年10月第1版 2010年10月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5726-8 定价:28.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前 言

现代基础化学实验教材包括“基础化学实验讲义”和“实验化学导论——技术与方法”，它是世界银行贷款建设项目“中国高等教育发展”的子项“重庆大学基础化学实验教学示范中心建设”的配套教材，在重庆大学教学改革项目和精品课程建设项目的资助下，经过第4次修订后，作为重庆市化学实验教学示范中心的配套教材。

化学是以实验为主的基础学科之一。大学基础化学实验课程体系的改革与实践，关系化学化工及相关专业高素质复合型人才的培养。在传统的化学实验教学课程体系中，大学基础化学实验课均是按照无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验、物理化学实验等方式独立设课来进行划分和安排的。这种传统的教学课程体系具有系统性强等特点，但其布局则是各自独立、教学内容重复，难以适应新世纪中培养高水平创造性人才的需要。为此，我们在利用世界银行贷款建设“基础化学实验中心”教学基地的同时，组织编写了本套大学基础化学实验课教材。在教材的编写过程中，我们既重视借鉴兄弟院校大学基础化学实验课程的改革成果，又充分吸取重庆大学数十年来在大学基础化学实验教学中所积累起来的经验与特点。

参加“实验化学导论——技术与方法”编写的老师有：1. 绪论（陈昌国、刘渝萍）；2. 化学实验基础知识（刘渝萍、陈昌国、徐溢、孙大贵）；3. 化学实验基本操作方法（曹渊、唐金晶）；4. 物质的分离提纯技术和方法（马利、陈昌国）；5. 化学定量分析方法（徐溢、季金苟、陈昌国）；6. 热力学测量技术与方法（孙大贵、高文亮、陈昌国、马利）；7. 电磁光学测量技术与方法（孙大贵、高文亮、唐金晶）；8. 微机在化学实验中的应用（陈昌国、刘渝萍）。全书由陈昌国教授组织编写并统稿。

编写现代基础化学实验教材，是为了探索并建立新的实验教学模式和课程体系，难度较大，难免存在不足之处，特请使用本教材的老师和同学们提出宝贵的意见和建议，以供进一步修改。

编 者

2010年6月



# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 1 绪论               | 1  |
| 1.1 化学实验室学生守则      | 1  |
| 1.2 化学实验室安全知识      | 1  |
| 1.3 意外事故的预防与应急处理   | 2  |
| 1.4 实验预习、实验记录与实验报告 | 3  |
| 2 化学实验基础知识         | 9  |
| 2.1 化学试剂和危险品的分类    | 9  |
| 2.2 化学试剂的取用        | 10 |
| 2.3 化学实验常用器具       | 11 |
| 2.3.1 简单的化学实验基本器具  | 12 |
| 2.3.2 标准磨口玻璃仪器     | 14 |
| 2.3.3 微型化学实验仪器     | 15 |
| 2.4 实验数据处理方法       | 16 |
| 2.4.1 准确度与精密度      | 17 |
| 2.4.2 误差来源         | 17 |
| 2.4.3 提高分析结果准确度的方法 | 19 |
| 2.4.4 实验数据的记录      | 19 |
| 2.4.5 化学测量中的有效数字   | 20 |
| 2.4.6 化学测量结果的数据处理  | 24 |
| 2.4.7 实验结果的表达      | 34 |
| 2.5 化学实验中的法定计量单位   | 35 |
| 2.5.1 法定计量单位概述     | 35 |
| 2.5.2 量和单位的基本知识    | 36 |
| 2.5.3 法定计量单位的使用    | 40 |
| 3 化学实验基本操作方法       | 42 |
| 3.1 玻璃仪器的洗涤和干燥方法   | 42 |
| 3.1.1 玻璃仪器的洗涤      | 42 |
| 3.1.2 玻璃仪器的干燥      | 43 |
| 3.2 灯的使用方法         | 43 |
| 3.2.1 煤气灯的使用方法     | 43 |
| 3.2.2 酒精灯的使用方法     | 44 |



|                        |    |
|------------------------|----|
| 3.2.3 酒精喷灯的使用方法 .....  | 45 |
| 3.3 玻璃加工技术 .....       | 46 |
| 3.3.1 玻璃管的切割 .....     | 46 |
| 3.3.2 玻璃棒的熔烧 .....     | 47 |
| 3.3.3 玻璃管的弯曲 .....     | 47 |
| 3.3.4 玻璃管的抽拉 .....     | 48 |
| 3.3.5 装配洗瓶 .....       | 49 |
| 3.4 加热方法 .....         | 51 |
| 3.4.1 直接加热 .....       | 51 |
| 3.4.2 间接加热法 .....      | 52 |
| 3.5 冷却方法 .....         | 54 |
| 3.6 搅拌方法 .....         | 55 |
| 3.6.1 机械搅拌 .....       | 55 |
| 3.6.2 磁力搅拌 .....       | 56 |
| 3.7 试样的干燥方法 .....      | 56 |
| 3.8 化学实验用水 .....       | 57 |
| 3.9 高压钢瓶的识别与使用 .....   | 59 |
| 3.10 气体的发生、净化与收集 ..... | 59 |
| 3.10.1 气体的发生 .....     | 59 |
| 3.10.2 气体的净化 .....     | 61 |
| 3.10.3 气体的收集 .....     | 62 |
| 3.11 常用有机溶剂的纯化 .....   | 62 |
| 3.12 无水操作 .....        | 64 |
| 3.12.1 试剂和溶剂的处理 .....  | 65 |
| 3.12.2 惰性气体的脱水处理 ..... | 66 |
| 4 物质的分离提纯技术和方法 .....   | 67 |
| 4.1 蒸发与结晶 .....        | 67 |
| 4.2 重结晶技术 .....        | 67 |
| 4.2.1 溶剂的选择 .....      | 67 |
| 4.2.2 溶样 .....         | 68 |
| 4.2.3 脱色 .....         | 68 |
| 4.2.4 热过滤 .....        | 69 |
| 4.2.5 冷却结晶 .....       | 69 |
| 4.2.6 滤集晶体 .....       | 69 |
| 4.2.7 晶体的干燥 .....      | 70 |
| 4.2.8 测定熔点 .....       | 70 |
| 4.3 升华 .....           | 70 |
| 4.4 固-液分离方法 .....      | 71 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 4.4.1 倾析法 .....             | 71  |
| 4.4.2 离心分离法 .....           | 71  |
| 4.4.3 过滤方法 .....            | 72  |
| 4.5 沉淀转移方法 .....            | 75  |
| 4.5.1 沉淀的过滤和洗涤 .....        | 75  |
| 4.5.2 沉淀的烘干或灼烧 .....        | 76  |
| 4.6 萃取与液-液分离方法 .....        | 78  |
| 4.6.1 液-液萃取分离法 .....        | 78  |
| 4.6.2 化学萃取分离法 .....         | 79  |
| 4.6.3 液-固萃取分离法 .....        | 79  |
| 4.7 蒸馏与分馏方法 .....           | 79  |
| 4.7.1 简单蒸馏法 .....           | 79  |
| 4.7.2 减压蒸馏法 .....           | 80  |
| 4.7.3 水蒸气蒸馏法 .....          | 81  |
| 4.7.4 分馏法 .....             | 82  |
| 4.8 回流操作法 .....             | 83  |
| 4.9 色谱分离方法 .....            | 85  |
| 4.9.1 柱色谱法 .....            | 85  |
| 4.9.2 薄层色谱法 .....           | 86  |
| 4.9.3 纸色谱法 .....            | 88  |
| 4.9.4 气相色谱法 .....           | 89  |
| 4.9.5 高效液相色谱法 .....         | 91  |
| 5 化学定量分析方法 .....            | 93  |
| 5.1 天平与称量方法 .....           | 93  |
| 5.1.1 天平的分类 .....           | 93  |
| 5.1.2 分析天平 .....            | 93  |
| 5.1.3 分析天平的计量性能 .....       | 98  |
| 5.1.4 分析天平的称量方法 .....       | 99  |
| 5.2 滴定分析器具的使用和校准 .....      | 104 |
| 5.2.1 滴定管 .....             | 104 |
| 5.2.2 容量瓶 .....             | 108 |
| 5.2.3 移液管 .....             | 109 |
| 5.2.4 移液器和微量进样器 .....       | 111 |
| 5.2.5 碘量瓶、称量瓶、试剂瓶和干燥器 ..... | 112 |
| 5.2.6 滴定分析量器的校准 .....       | 113 |
| 5.3 标准溶液的配制及标定方法 .....      | 117 |
| 5.3.1 标准溶液的配制方法 .....       | 117 |
| 5.3.2 标准溶液浓度的标定方法 .....     | 117 |



|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5.3.3 标准溶液的配制及标定示例 .....    | 118 |
| 5.4 重量分析基本操作方法 .....        | 120 |
| 5.5 样品的前处理方法 .....          | 121 |
| 5.5.1 非破坏性前处理方法 .....       | 121 |
| 5.5.2 破坏性前处理方法 .....        | 121 |
| 5.6 分析结果的质量控制和评价 .....      | 123 |
| 6 热力学测量技术与方法 .....          | 126 |
| 6.1 温度测量方法 .....            | 126 |
| 6.1.1 温标 .....              | 126 |
| 6.1.2 温度计 .....             | 128 |
| 6.2 温度控制技术 .....            | 135 |
| 6.2.1 自动控温技术 .....          | 136 |
| 6.2.2 低温技术 .....            | 138 |
| 6.2.3 恒温器 .....             | 140 |
| 6.2.4 HS—4 型制冷式精密恒温水浴 ..... | 143 |
| 6.3 量热方法 .....              | 143 |
| 6.3.1 补偿式量热法 .....          | 144 |
| 6.3.2 温差式量热法 .....          | 144 |
| 6.3.3 量热计 .....             | 145 |
| 6.4 热分析法 .....              | 148 |
| 6.4.1 差热分析法 .....           | 148 |
| 6.4.2 热重法 .....             | 151 |
| 6.5 压力的测量方法 .....           | 152 |
| 6.5.1 压力的定义及其表示方法 .....     | 153 |
| 6.5.2 常用压力表 .....           | 153 |
| 6.6 真空技术及测量方法 .....         | 158 |
| 6.6.1 真空的获得与真空泵 .....       | 158 |
| 6.6.2 真空计 .....             | 163 |
| 6.6.3 真空系统的组装与检漏 .....      | 166 |
| 6.6.4 真空操作的安全注意事项 .....     | 167 |
| 6.7 流量测量方法——流量计 .....       | 167 |
| 6.7.1 毛细管流量计 .....          | 167 |
| 6.7.2 转子流量计 .....           | 168 |
| 6.7.3 皂膜流量计 .....           | 169 |
| 6.7.4 湿式流量计 .....           | 169 |
| 6.8 物质的基本常数及其测量方法 .....     | 170 |
| 6.8.1 熔点的测量方法 .....         | 170 |
| 6.8.2 沸点的测量方法 .....         | 173 |



|       |                        |     |
|-------|------------------------|-----|
| 6.8.3 | 饱和蒸汽压的测量方法             | 173 |
| 6.8.4 | 露点的测量方法                | 174 |
| 6.8.5 | 闪点-燃点的测量方法             | 175 |
| 6.8.6 | 密度的测量方法                | 176 |
| 6.8.7 | 溶解度的测量方法               | 177 |
| 6.8.8 | 粘度的测量方法                | 179 |
| 7     | <b>电磁光学测量技术与方法</b>     | 186 |
| 7.1   | 电学测量方法                 | 186 |
| 7.1.1 | 电导率的测量方法               | 186 |
| 7.1.2 | 电动势的测量方法               | 193 |
| 7.1.3 | 电动势法测 pH——酸度计          | 202 |
| 7.1.4 | 恒电位控制与测量方法             | 209 |
| 7.1.5 | 介电常数的测量方法              | 214 |
| 7.2   | 磁学测量方法                 | 216 |
| 7.2.1 | 古埃磁天平法                 | 216 |
| 7.2.2 | 古埃磁天平                  | 218 |
| 7.3   | 光学测量方法                 | 219 |
| 7.3.1 | 折射率测量方法                | 219 |
| 7.3.2 | 旋光度测量方法                | 225 |
| 7.3.3 | 分光光度法                  | 229 |
| 8     | <b>微机在化学实验中的应用</b>     | 233 |
| 8.1   | 实验数据的微机处理与作图           | 233 |
| 8.1.1 | Excel 的应用              | 233 |
| 8.1.2 | Origin 的应用             | 234 |
| 8.2   | 化学实验的微机化               | 236 |
| 8.2.1 | 实验仪器的微机化               | 237 |
| 8.2.2 | 化学实验模拟与演示软件 ChemLab 简介 | 237 |
| 8.3   | 化学结构式编辑软件              | 239 |
| 8.4   | 量子化学计算软件包简介            | 240 |
| 8.5   | 化学信息网资源简介              | 241 |
| 8.5.1 | 搜索引擎                   | 241 |
| 8.5.2 | 化学信息数据库                | 242 |
| 8.5.3 | 文摘和索引                  | 242 |
| 8.5.4 | 参考工具书                  | 242 |
| 8.5.5 | 网络会议                   | 242 |
| 8.5.6 | 学科信息门户网                | 242 |
|       | <b>主要参考文献</b>          | 244 |

# 1 绪 论

## 1.1 化学实验室学生守则

(1) 遵守实验室规则,确保安全第一。实验室内禁止吸烟、饮食。在化学实验室内要保持安静,不得擅自离开实验岗位。如有意外发生,必须报告指导教师,及时解决。

(2) 实验前须认真预习实验内容,包括实验目的、基本原理、仪器设备、操作技术与方法、注意事项等。将实验内容与理论知识相联系,写好预习报告。

(3) 实验时严格遵守实验的操作规则,认真操作,仔细观察,如实、准确地记录实验现象和实验数据。

(4) 实验完毕应将实验原始记录交给指导教师审阅、签字后方可结束实验。

(5) 实验结束后自觉清洗仪器和玻璃器皿,整理实验用品,打扫卫生;清理仪器,若发现有仪器损坏,及时报告老师;检查水、电和门窗,保证实验室清洁和安全。

## 1.2 化学实验室安全知识

化学实验室中很多试剂易燃、易爆,且有腐蚀性和毒性,因此,化学实验具有一定的危险性。无论实验如何简单,思想上都必须高度重视安全问题,绝对不可麻痹大意。每次实验前必须掌握本实验的安全注意事项,并在实验过程中严格遵守安全规则,避免事故的发生。

(1) 进入实验室,必须按规定穿戴必要的工作服。

(2) 进行实验中,严禁戴隐形眼镜,防止化学药剂溅入眼睛而腐蚀眼睛。

(3) 避免在实验室吃喝食物。使用化学药品后,先需要洗净手方能进食。

(4) 不要用湿手接触电源,水、电、气使用完毕需立即关闭。

(5) 实验室内不得使用明火取暖,严禁抽烟。

(6) 加热试管时,不要将试管口对着自己或别人,也不要俯视正在加热的液体,以防液体溅出造成人员伤亡。

(7) 嗅闻气体时,应用手轻拂气体,产生有刺激性或有毒气体的实验必须在通风橱内进行或在保证实验室通风情况下进行。

(8) 有易挥发和易燃物质的实验,都应在远离火源的地方进行。

(9) 有毒试剂、具有强腐蚀性的浓酸浓碱,不得进入口内或接触伤口。禁止任意混合各种试剂药品,以免发生意外事故。

(10) 实验室应加强防火、防爆、防水灾意识。

### 1.3 意外事故的预防与应急处理

基础化学实验安全知识是进行化学实验前应具备的一项重要知识。在化学实验过程中,容易发生的事故有:失火、化学灼伤、割伤、烫伤、中毒。只要防患于未然,就能够避免事故的发生。即使发生,只要事先掌握基本救护措施,就能妥善处理。

#### 1) 失火

实验室起火,切勿惊慌失措,应沉着冷静地采取各种解决措施。首先切断电源,将易燃易爆物远离火源,然后根据起火源类型、火势大小,采用正确的灭火方法进行灭火。

(1) 小火用湿布、沙子或石棉布灭火,大火应使用灭火器。二氧化碳灭火器适用于油脂、电器和较贵重仪器灭火。泡沫灭火器产生的泡沫能导电,不能用于电器灭火。

(2) 加热过程中着火,需立即停止加热,切断电源。若有油类或有机溶剂着火,切忌用水灭火!应用二氧化碳灭火器、沙子和干粉等灭火。

(3) 活泼金属着火,例如 Na、K、Mg、Al,采用干燥的细沙覆盖灭火。

(4) 身上衣服着火,不要到处跑动,应立即脱下衣服,可用湿布、石棉布覆盖,水浇,打滚来灭火。

若火势较大,应立即拨打 119 请求救援,同时报告实验室管理部门。

#### 2) 化学灼伤

(1) 强酸灼伤:若伤皮肤,立即擦去酸滴,用大量水冲洗,并用碳酸氢钠溶液清洗,再用水冲洗,最后要消毒。若溅入眼睛,先用大量水冲洗,再立即送医院治疗。

(2) 强碱灼伤:立即用大量水冲洗,然后用 2% 醋酸或 1% 硼酸溶液冲洗,最后用水冲洗。若溅入眼睛,用大量水冲洗,然后用硼酸溶液冲洗,再用水清洗,送医院治疗。

(3) 溴灼伤:应立即用乙醇洗涤或 2% 硫代硫酸钠溶液冲洗伤口,再用水洗净,最后涂敷甘油按摩。

(4) 碱金属氰化物、氢氰酸灼伤:依次用高锰酸钾、硫化铵、水冲洗。

#### 3) 割伤

化学实验中,经常使用玻璃器皿。因操作或使用不当,常常会发生割伤事故。若伤势不重,应先取出伤口上的碎片,用红药水涂于伤口,再包扎或贴创可贴。若出血较多,应先止血,然后立即送医院治疗。

#### 4) 烫伤

化学实验中,经常需要加热操作。若不慎被烫伤,不要用水冲,要保护烫伤部位皮肤。伤势不重,可擦些烫伤药;若伤势严重,应立即送医院治疗。

#### 5) 中毒

实验室中的中毒主要是吸入、食入有毒有害的化学药品而造成。当吸入有害气体时,应立即到室外呼吸新鲜空气。如果气体为溴蒸气、氯气、氯化氢,可吸入酒精和乙醚的混合蒸气解毒,或者用碳酸氢钠溶液漱口。当食入毒物时,应服下含 5 ~ 10 mL 硫酸铜溶液的温水,再用手指伸入咽喉促使呕吐。最后,到医院检查处理。

化学实验中,必须注意防止爆炸发生,应严格按照仪器的操作规程进行操作,不能违章使

用易燃易爆药品。对于易燃易爆气体,不得在附近点火;对于易燃易爆固体,不能重压、撞击、研磨。

若有触电事故发生,应立即切断电源,必要时对伤者人工呼吸或送医院。

## 1.4 实验预习、实验记录与实验报告

化学实验是一门理论联系实际的课程,是培养学生独立操作能力的重要方式。安全、高效地完成化学实验有3个重要环节:实验前预习、实验操作、实验报告的书写。

第一,实验预习是做好实验的第一步,并对实验成功与否、收获大小起着关键作用。学生在进行实验前必须对所做实验进行认真全面地预习,从而对所做实验内容有全面的了解,做到心中有数,并按要求将预习结果写在实验记录本上。对于那些未进行预习的学生,实验指导教师有权拒绝他们进行实验。预习一般应达到下列要求:

(1)认真阅读实验教材及相关参考资料,明确实验目的、理解实验原理、熟悉实验内容、掌握实验方法、切记实验中有关的注意事项,对实验的预期结果和可能出现的问题进行初步的估计,并简明扼要地写出预习笔记。

(2)预习笔记应包括实验方案的设计、实验步骤与操作方法、实验现象与数据记录的表格、定量实验的计算公式等;列出预习中遇到的重点和疑难问题。

(3)按时到达实验室,专心听讲,迟到15 min以上者禁止进行此次实验。

第二,实验操作要求独立、认真地完成。疑难问题可向教师提出,及时解决。实验操作要严格按照操作规程进行。实验中,要仔细观察实验现象,实事求是地记录实验数据。记录是化学实验中一项重要工作,直接关系到实验结果的正确性。实验记录包括实验仪器、条件、现象、数据。记录原始数据一般具有快、准、真3个特点,应及时地、准确地、真实地将原始数据记录在专用的记录本上。在化学实验中,养成良好的实验记录习惯,会为解决一个化学问题提供可靠而重要的依据。对于有疑问的数据,应重复实验以验证该数据的有效性。

第三,实验报告的书写重在培养学生通过对实验结果的总结和分析来解决实际化学问题的综合能力。实验报告是学生从感性的化学实验飞跃到理性的思维分析的重要步骤。实验报告的基本要求:格式统一、图表结合、数据规范、分析讨论合理、结果正确。通常,化学实验报告除必须填写的“实验日期”“实验时间”“实验室名称”,学生所属的学院—专业—一年级—班级—姓名以及“实验课程名称”等基本信息外,主要内容应该包括以下8个部分:

(1)实验项目名称

(2)实验目的 做此实验要达到的目的,即为什么要做这个实验。在设计性实验中实验目的常常变为实验要求。

(3)实验原理 基础理论、基本知识、实验方案、合成路线、化学反应方程式、计算公式等。

(4)实验器材 试剂名称、浓度、级别等;仪器名称、型号、厂家等。

(5)实验步骤 避免全篇幅的文字书写,尽量采用表格、符号、流程图等简洁清楚地表达实验过程。

(6)实验记录 记录实验现象和相关数据。尽量采用表格、框图形式书写。记录需规范、正确、完整。例如,记录参数单位清楚、有效位数正确等。

(7) 实验现象分析 根据基本原理,对所观察到的实验现象进行合理解释;根据公式,对所得数据进行定量计算,得出结果。

(8) 实验结果讨论 对实验中所遇到的问题,提出自己的想法;对实验方法、步骤、内容等提出创新性建议。

(9) 回答思考题 每个实验项目完成后都附有一些思考题,根据教师要求进行回答。

附:实验报告格式(见后)

# 实验报告

实验课程名称\_\_\_\_\_

实验项目名称\_\_\_\_\_

开课实验室\_\_\_\_\_房号\_\_\_\_\_

学院\_\_\_\_\_级\_\_\_\_\_专业\_\_\_\_\_班

学生姓名\_\_\_\_\_学号\_\_\_\_\_

实验日期\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日(星期\_\_\_\_) 实验时间\_\_\_\_\_

|      |            |       |
|------|------------|-------|
| 教师评语 |            | 成 绩   |
|      | 教师签名：_____ | 年 月 日 |

|           |       |               |
|-----------|-------|---------------|
| 一、实验目的与要求 | 实验类型： | /验证/综合/设计/开放/ |
|           |       |               |



续表

二、实验原理或方案

三、实验器材(仪器设备、化学试剂)

续表

四、实验过程(原始记录、数据处理、图表、计算等)





续表

### 五、实验结果及分析讨论

(纸张不够,可另行加纸)