

普通高中教科书

化学

HUA XUE

实验部分

必修
第一册



学 校 _____

班 级 _____

姓 名 _____

学 号 _____

上海科学技术出版社

普通高中教科书

化 学

实验部分

必修 第一册

上海科学技术出版社

主 编：麻生明 陈 寅

副 主 编：唐增富 孙兴文

编写人员：（以姓氏笔画为序）

包慧敏 朱万森 孙黎颖 荣凤娜 魏晓芳

责任编辑：孙 伟 王美淞 胡恺岩

封面设计：诸梦婷

普通高中教科书 化学实验部分 必修 第一册

上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会组织编写

出 版 上海世纪出版(集团)有限公司 上海科学技术出版社
(上海市闵行区号景路 159 弄 A 座 9F-10F 邮政编码 201101)

发 行 上海新华书店

印 刷 上海中华印刷有限公司

版 次 2021 年 8 月第 1 版

印 次 2025 年 7 月第 5 次

开 本 890 毫米×1240 毫米 1/16

印 张 5.5

字 数 132 千字

书 号 ISBN 978-7-5478-5003-9/G·993

定 价 5.60 元

价格依据文号 沪价费〔2017〕15 号

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分·违者必究

如发现印装质量问题或对内容有意见建议,请与本社联系。电话: 021-64848025

全国物价举报电话: 12315

目录

第一部分 化学实验基础知识与技能	1
第1讲 走进化学实验室	1
第2讲 化学实验的安全知识和规章制度	4
第3讲 常用仪器和专用仪器	8
第4讲 化学实验的基本操作	20
第5讲 实验记录和实验报告	26
第二部分 学生实验	35
实验1 胶体的制备和丁达尔现象	35
实验2 物质的检验和碘盐中碘的检验	39
实验3 纸层析法分离水彩笔中的色素	42
实验4 配制一定物质的量浓度的溶液(学生必做实验)	46
实验5 测定 1 mol 气体的体积	50
实验6 用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子(学生必做实验)	55
实验7 测定氢氧化钡溶液与稀硫酸反应时溶液电导率的变化	58
实验8 比较氯、溴、碘的活泼性和检验卤素离子	63
实验9 不同价态含硫物质的转化(学生必做实验)	67
实验10 不同价态含氮物质的转化	71
实验11 测定硫酸铜晶体中结晶水的含量	76
实验12 同周期、同主族元素性质的递变(学生必做实验)	81

第一部分 化学实验基础知识与技能

第1讲 走进化学实验室

化学实验室是开展各类化学实验等科学探究活动的场所。走进化学实验室开展探究活动之前,需要了解化学实验室的基本组成,熟悉化学实验室的基本设施,特别是熟悉化学实验室的安全设施和安全通道等。

一、中学化学实验室的组成

中学化学实验室除学生实验室外,通常还包括实验准备室、药品室、天平室、仪器室和危险品室等。有条件的学校还可配备适合多学科使用的综合性实验室及专业实验室,如数字实验室、仪器分析室等。这些实验室均要保持干燥、通风。

各类实验室中,仪器、药品及用品等应分门别类、摆放有序,既要保证安全,也要便于取用,危险化学品药品应摆放在危险品柜(图 1.1)内。



图 1.1 危险品柜

二、学生实验室的布局

学生实验室是供教师开展课堂实验教学和供学生进行实验的场所,也可用于学生开展科学探究活动。根据不同需要,实验室布局可以不同,图 1.2 是几种典型的布局。

在图 1.2(a)所示的实验室中,同学们一排一排就坐,这种布局的优点是便于集中上课,单位面积内容纳的学生数较多。在图 1.2(b)所示的实验室中,同学们环绕一个大操作台就坐,便于操作大型仪器或开展复杂装置的实验。在图 1.2(c)所示的实验室中,同学们可根据实验需要灵活组合实验台,组合方式多变,并且方便同学们展开研讨交流。在图 1.2(d)所示的实验室中,实验操作台配有摄像探头和电脑,可同步记录下同学们的实验操作过程,并传输到教室的大屏幕或远程中心,还可以上传无纸化学生实验报告,便于教师观察同学们实验操作的细节,并对学生实验的整个过程进行记录、分析和展示。



图 1.2 中学化学实验室的布局

三、学生实验室的基础设施

不论何种布局的学生实验室,都必须符合国家强制性建设标准,配备必要的实验室基础设施。化学实验室的基础设施主要包括安全设备、通风系统、供水和排水系统、电源、电化教学设备等。

1. 安全设备

为了确保出现意外时学生和场所及时得到施救,学生实验室必须设置安全设备,如洗眼器、安全喷淋、医用急救包、灭火毯、灭火器、消防沙桶等(图 1.3)。

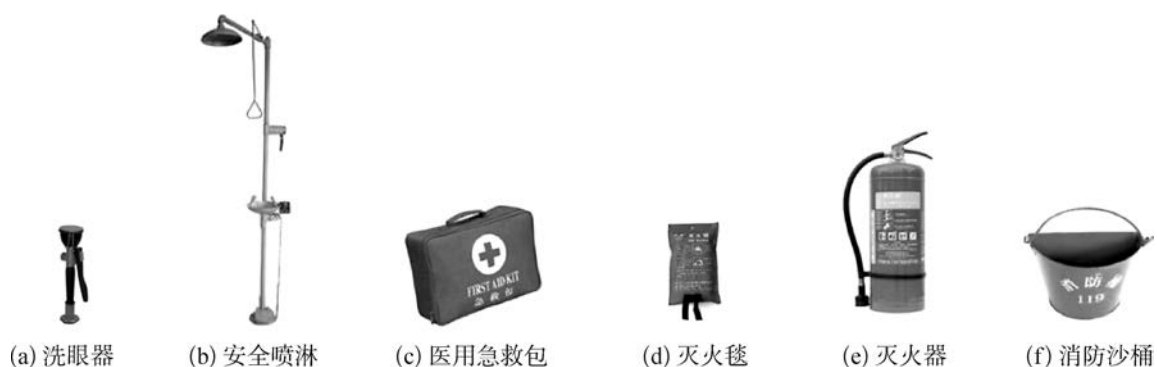


图 1.3 学生实验室的常见安全设备

2. 通风系统

通风系统用于抽排化学反应产生的有毒、有害、易燃和易爆气体。教室的通风系统主要由桌面通风管、吸顶式通风窗、通风罩和排气扇等通风设备组成,有些实验室还安装了单独的实验通风橱,它的正面有升降活动门。图 1.4 是部分通风设备。

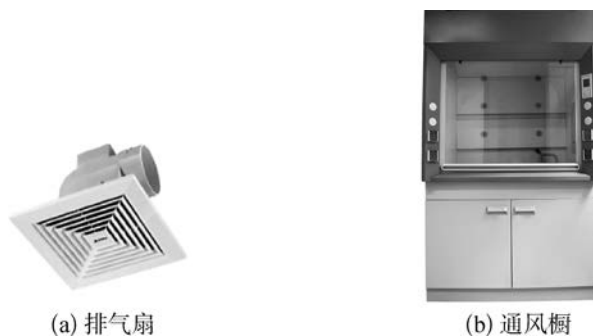


图 1.4 部分通风设备

3. 其他设备

供水系统提供了充足的供水点,确保洗涤仪器、冷却、抽气过滤等实验用水需求。排水系统主要用于排放实验产生的污水(一般而言化学实验产生的废液需统一回收,禁止随意排放)。化学实验室应保证实验室照明用电和实验仪器的用电,所有用电仪器需安装安全保护设施并接地线。为满足化学实验不同的加热要求,除酒精灯外,化学实验室还常配备电加热器。在满足城市煤气安全许可和管网条件下,化学实验室可以配备煤气灯,配备煤气灯的实验室在实验台上装有煤气开关,实验室内还有煤气总阀。

为适应现代信息化实验教学需要,化学实验室还应配有投影仪、电脑、显示端、移动端等电化教学设备和多路网络端口。

第2讲 化学实验的安全知识和规章制度

安全是化学实验室最需要关注的核心问题,主要包括两个方面,第一是实验室的公共安全,如防火,防爆,防有毒有害物质尤其是有毒气体;第二是实验人员的个人安全,如防玻璃割伤、划伤,防试剂烧伤或腐蚀,防烫伤等。

同学们进入化学实验室后,首先要熟悉实验室的整个空间环境,特别是实验室的安全出口位置,灭火器及其他灭火装置的位置,紧急喷淋和洗眼装置的位置以及实验室的总电闸、水阀门的位置等。在中学化学实验中,可能接触到的易燃溶剂有乙醚、乙醇、丙酮和苯等,易燃易爆的气体有氢气和乙炔等,腐蚀性药品有浓硫酸、浓盐酸、浓硝酸、氢氧化钠和液溴等。

为了安全地开展实验教学和完成实验探究活动,每位教师和学生都必须严格遵守实验室安全规则。

一、基本安全规则

- 有毒、有害、有气味的实验,需要在通风橱内完成,并通过尾气吸收等方法保证气体不外泄。
- 使用剧毒品、强酸、强碱、强腐蚀性试剂时,要戴防护用具。
- 实验室内严禁饮食,严禁将化学仪器用于饮食。
- 使用易燃易爆试剂要远离火源,并小心使用酒精灯及各种喷灯。
- 防止触电,禁止使用湿手接触电器,电器使用完毕,要切断电源。
- 闻气味时,使用“招气入鼻”的方法。
- 稀释浓硫酸时,要把浓硫酸小心地注入水中,并搅拌散热。
- 加热任何液体时,切勿俯视容器,防止沸腾液体飞溅致伤。
- 严禁将试剂直接放在手上,若手被试剂沾染,要及时清洗干净。

二、消防安全

- 了解实验室的主要设施及布局、仪器设备,以及通风系统或实验柜的位置和安全使用方法。
- 熟悉实验室水、电、气等开关和消防疏散通道的位置,了解消防器材(消火栓、沙桶、灭火器等)、急救箱、紧急喷淋器、洗眼器等安全防护设施的位置和正确的使用方法。
- 掌握防火、防爆安全常识及各类灭火器正确的使用方法。
- 实验室一旦发生火灾,要立即切断电源,停止通风。对小面积火灾,应立即使用湿布、灭火毯、沙子等覆盖燃烧物,隔绝空气。

常见的几种灭火器和适用情况为：二氧化碳灭火器适用于电器起火；干粉灭火器可扑灭可燃气体、油类、电器设备、纸张等的初期火灾；泡沫灭火器适用于油类起火。

三、个人防护

- 人员进入化学实验室时必须将长发扎起来，不得穿凉鞋、拖鞋、短裤或裙子进入实验室。
- 严禁在实验室饮食，试剂均不得入口。
- 在化学实验室进行实验时应保持安静、不准高声喧哗，也不允许戴着耳机进行实验。
- 必要时戴手套及防护眼镜。
- 实验结束后，必须仔细洗手。

四、实验安全

化学实验具有探究性和趣味性，同时也存在一定的危险性。我们开展化学实验时，应严格遵守实验室的安全规则，知道实验室物品的分类、安全保存和使用要求；能科学地使用消防沙、灭火器、洗眼器、喷淋装置等处理实验室安全事件；能了解一些实验室常见的安全标志（图 1.5）。



图 1.5 实验室几种安全标识

1. 化学试剂取用原则

- 取用化学试剂必须小心,注意节约,按需取用。取用固体试剂应使用洁净干燥的药匙,液体试剂按需量取,不得将滴管直接伸入试剂瓶内,多取的试剂不得倒回原瓶,量取试剂后应及时盖好试剂瓶盖。
- 若化学试剂遗洒在实验台面和地上,必须及时清理干净。
- 在使用强腐蚀性、有毒、易燃、易爆试剂之前,必须仔细阅读有关安全说明,避免着火、爆炸及中毒等意外的发生。
- 严禁将任何灼热物品直接放在实验台上。
- 严禁随意混合化学试剂,注意试剂的瓶盖、瓶塞及胶头滴管不能搞错,以免发生意外。
- 所有试剂不得带出实验室。使用有毒试剂时,严防试剂入口或接触伤口,用剩的有毒试剂要交还给教师,不得随意丢弃。

2. 仪器设备使用

- 使用玻璃仪器必须小心操作,使用前应检查仪器有无裂纹或破损,避免打碎仪器、划伤自己或他人。发现仪器有裂纹或破损应立即通知教师进行更换。
- 加热试管中的液体时,不能将试管口对着自己或他人。
- 实验中会使用或产生危险、刺激性气体及挥发性有毒化学品的,则必须在通风橱中进行实验。
- 严禁在开口容器和密闭体系中加热有机溶剂。

3. 实验过程细节

- 实验前认真预习,了解实验中可能出现的危险。
- 实验时应遵从教师指导,认真操作,仔细观察,如实记录实验数据和现象。不得抄袭、拼凑或伪造实验数据。实验后认真分析、总结实验现象和数据,按时完成实验报告。
- 实验进行中,未经批准不得随意离开实验室。不得擅自用与本实验无关的仪器设备。
- 实验结束后,将公用物品放回原处,将实验仪器清洗干净,关好水、电、气开关并做好清洁卫生,实验记录交由教师签字后,方可离开实验室。

4. 化学废弃物处理

- 不乱丢纸屑杂物,不随地吐痰,实验产生的废弃物必须分类存放在指定的废物收集器内。
- 针头、碎玻璃应按要求倒入专用利器盒内;实验废液按化学性质分类储存于废液桶中;实验产品放于回收瓶内;其余实验垃圾倒入相应垃圾桶。
- 严禁将化学废弃物随意倾倒在实验室水槽中。

五、应急处理

一旦发生如割伤、烫伤、冻伤、酸碱灼伤及溅入眼内、吸入有毒气体、毒物入口、触电、着

火、爆炸等实验事故,必须现场应急处理。

1. 割伤处理: 伤口应保持清洁,伤口内如有异物要小心取出,然后用碘伏清洁伤口及周围,必要时采取止血措施,送往医院。

2. 烫伤或烧伤处理: 患处涂上烫伤膏;若烧伤面积过大,紧急处理后送往医院。

3. 化学灼伤处理方法: 如果皮肤沾上浓硫酸,切忌直接用水冲洗,可以先用抹布吸取浓硫酸,然后用大量水冲洗,接着用 3%~5% 的碳酸氢钠溶液中和,最后用水清洗。其他酸灼伤,可立即用水冲洗。被碱灼伤后,可先用水冲洗,然后用 3% 硼酸或 2% 醋酸清洗。若酸碱溅入眼中,先用水冲洗,再用 5% 碳酸氢钠溶液或 2% 醋酸清洗。

六、用水用电及其他

注意节约用水,用毕及时关闭水龙头。使用电器设备应严格遵守操作规程,防止触电,发生事故时应立即切断电源,并立即向教师报告,及时处理。

同学轮流做值日,值日生需按要求认真履行职责,做好相关服务工作,包括打扫实验室、清倒废物、整理公用仪器物品、检查水电气开关、关好门窗、将实验垃圾放置在指定地点等。

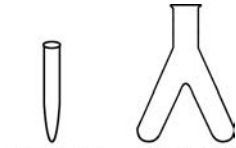

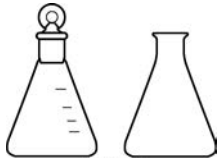
第3讲 常用仪器和专用仪器

化学实验仪器一般分为常用仪器和专用仪器,其中常用仪器主要有普通玻璃仪器、标准口(磨口)玻璃仪器、非玻璃(瓷质、金属、塑料等)仪器、电学仪器等。专用仪器主要有数字实验仪器及其他专业实验仪器等。这些仪器的用途各不相同,使用不同仪器时的注意事项也不尽相同。


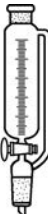





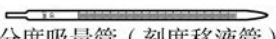

一、常用仪器

常用仪器按用途大致分为容器、量器及其他仪器,根据性能又分为可加热仪器和不可加热仪器。在初中化学实验中,已经学习并使用过如试管、烧杯、量筒、胶头滴管等化学仪器,表 1.1 和表 1.2 列出了高中化学实验还会用到的部分仪器。

表 1.1 常用普通玻璃仪器

仪器	主要用途	使用方法和注意事项
 离心试管 Y形试管	离心试管常用于试样的离心分离。 Y形试管常用于密闭条件下不同试剂的混合	① 所装液体的体积不超过 Y 形试管支管容积的 $\frac{2}{3}$;加热时所装液体的体积不超过试管容积的 $\frac{1}{3}$ 。 ② 离心试管只能用水浴加热
 圆底烧瓶 平底烧瓶 蒸馏烧瓶	圆底烧瓶和平底烧瓶用作常温或加热条件下的反应容器。 蒸馏烧瓶用于液体的蒸馏	① 盛放液体的体积约为烧瓶容积的 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 。 ② 避免用火焰直接加热烧瓶,应垫陶土网(或石棉网)或用电热套、热浴加热。 ③ 蒸馏液体时,要加沸石或碎瓷片,以防暴沸
 锥形瓶	用作反应容器及蒸馏实验的接收器。由于振摇方便,常用于滴定操作	① 盛放液体不能太多。 ② 火焰加热时要垫陶土网(或石棉网)

(续表)

仪器	主要用途	使用方法和注意事项
 梨形分液漏斗	主要用于互不相溶液体混合物的分离、洗涤和萃取	① 不能加热。 ② 分液时,下层液体从漏斗下端管口放出,上层液体从上口倒出。 ③ 旋塞处不能漏液
 恒压滴液漏斗	可将反应物逐滴加到反应体系中。 恒压滴液漏斗通常用于封闭体系,在保证内部压强不变的情况下滴加试剂	① 不能加热。 ② 旋塞处不能漏液、漏气。 ③ 所盛液体体积不超过容积的 $1/2$
 直形冷凝管  球形冷凝管  蛇形冷凝管	用于蒸馏液体或制备有机化合物,起冷凝或回流作用	① 冷却水从下口进,上口出。 ② 直形冷凝管主要用于蒸馏时冷却馏出物。 ③ 球形和蛇形冷凝管主要用于有机化学实验中的回流操作
 比色管	用于目视比色分析,粗略测量溶液浓度	① 不能加热,轻拿轻放。 ② 同一实验要用同样规格的比色管。 ③ 不能用硬毛刷和去污粉洗涤,以免磨损管壁,影响透光度
 单标线吸量管(移液管)  分度吸量管(刻度移液管)	准确量取一定体积的液体	① 不可放在烘箱内烘干。 ② 使用前要用待装液体润洗。 ③ 量取液体应在室温下进行。 ④ 同一实验尽可能使用同一支移液管。 ⑤ 使用分度吸量管时,通常从最高标线的“0”刻度线为起点,往下放出所需液体
 容量瓶	用于配制准确浓度的溶液	① 配套瓶塞不能互换,以免漏液。 ② 不能加热,不能储存溶液,以免影响容积的精确度

(续表)




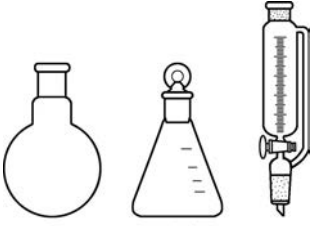

仪器	主要用途	使用方法和注意事项
 滴定管	用于滴定或准确量取一定体积的溶液	① 用前先“检漏”，要用待装溶液润洗。 ② 滴定前将玻璃尖嘴处的气泡赶尽。 ③ 读数时，视线、刻度、蓝色背景线粗细交界点处于同一水平线上，读数至小数点后两位。 ④ 不能加热
 蒸馏头	用于蒸馏实验中，下口接烧瓶，上口插入温度计，支管接冷凝管	温度计感温泡上端与蒸馏头支管下沿平齐
 干燥器	用于干燥样品或保存干燥物品	① 搬移干燥器时，用双手拿，同时用大拇指紧紧按住盖子。 ② 开启或关闭干燥器时，一只手按住干燥器，另一只手握住盖子的圆把手，水平方向平推盖。取下的盖子磨口向上，放在实验台上，避免滚落。 ③ 不能保存潮湿的物品。 ④ 若干燥剂变色（如硅胶由蓝色变成了浅红色），应及时更换
 标准口玻璃仪器	常用于有机化学实验或有强氧化性试剂的实验中	① 标准口玻璃仪器应与对应口径的装置一起使用。 ② 磨口部位保持清洁，防止密封不严。 ③ 保存时磨口部位可垫张纸片

表 1.2 常用普通非玻璃仪器

仪器	主要用途	使用方法和注意事项
 坩埚	用于灼烧固体物质	① 放在泥三角上直接加热，不宜骤冷。 ② 加热后用预热过的坩埚钳取下，放在陶土网（或石棉网）上冷却，以防骤冷导致坩埚破裂或烧坏台面
 泥三角	常与三脚架配合使用，用于放置加热的坩埚	① 用前检查瓷管是否损坏，铁丝是否断裂。 ② 避免撞击损坏瓷管

(续表)

仪器	主要用途	使用方法和注意事项
 坩埚钳	夹持坩埚、坩埚盖、蒸发皿或其他高温器皿	① 不要接触试剂。 ② 夹持前应预热,夹持高温器皿后应放在陶土网(或石棉网)上冷却

在有机化学实验或有强氧化性试剂的实验中常用标准口(磨口)玻璃仪器。图 1.6 是使用标准口玻璃仪器组装的蒸馏装置和有机制备装置。

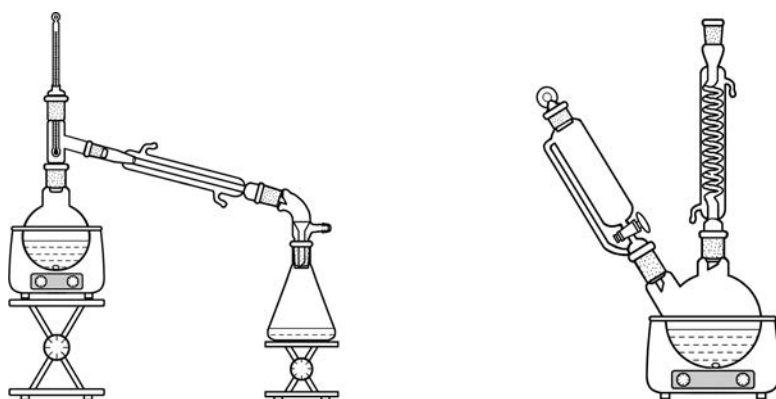


图 1.6 标准口玻璃仪器组装的蒸馏装置和有机制备装置

二、其他仪器设备

1. 电子天平

电子天平(图 1.7)通常是根椐电磁力或电磁力矩平衡原理进行称量的。它具有称量速度快、性能稳定、操作简便、灵敏度高等特点,是目前化学实验室广泛使用的称量仪器。电子天平的种类很多,根据称量范围和分度值的不同,实验室常见的有 400 g/0.1 g、200 g/0.01 g、200 g/0.001 g、200 g/0.000 1 g 等规格。

分析天平是进行精确称量的精密仪器,常用于样品的定量分析。

(1) 使用方法

- ① 使用前,检查天平的水平仪,调整水平调节脚,使水平仪内气泡(图 1.8)位于圆环中央。
- ② 接通电源预热一段时间,按开关键,显示称量模式。
- ③ 将被称物轻放在秤盘中央(如有防风罩的要关闭防风罩的侧门),待显示器示数稳定并出现质量单位“g”后,即可记录读数。
- ④ 称量完毕,按开关键关闭显示器,使天平处于待机状态。

(2) 注意事项

- ① 电子天平应放置在稳定的工作台上,处于无振动、无气流、无热辐射和无腐蚀性气体的环境。



(a) 200 g/0.01 g电子天平



(b) 200 g/0.001 g电子天平

图 1.7 电子天平



图 1.8 电子天平的水平仪

- ② 称量时动作轻、缓,不能移动天平。
- ③ 粉末状、潮湿、有腐蚀性的物质绝对不能直接放在称盘上,必须用干燥洁净的容器或称量纸盛载后放在称盘上。
- ④ 电子天平通电预热、校准均由实验技术人员完成。学生操作时只需按开关键,不要启动其他键。如称量过程中出现不正常情况,应及时请实验技术人员查看。
- ⑤ 称量结束,将电子天平及其周围清理干净。
- ⑥ 不同天平的使用方法不尽相同,要仔细阅读使用说明,严格按照规定进行操作。

2. 电动离心机

电动离心机(图 1.9)利用离心力使悬浮液中的固体颗粒与液体分离,或将乳浊液中两种密度不同、又互不相溶的液体分离,广泛应用于生物学、化学、医药等教育、科研和生产部门。电动离心机的常规转速为 4 000 r/min,配离心试管使用。

使用方法和注意事项:

- (1) 离心机必须放置在平稳、坚固的工作台上。
- (2) 离心机转动时必须保持平衡,离心管要对称放置。
- (3) 运转时如发生异常振动或响声,应立即停机检查故障。
- (4) 关闭离心机时要逐渐减速,直至停止,不能用手按住离心机转轴强制其停下。

3. 磁力搅拌器

磁力搅拌器(图 1.10)主要用于搅拌低黏稠度的液体或固液混合物。它利用电机带动磁钢转动产生的旋转磁场来驱动容器内的搅拌子做圆周运动,从而使液体旋转并逐步混匀。磁力搅拌器通常还具有加热、控温、定时和调速功能。

使用方法和注意事项:

- ① 应调节调速旋钮从低速向高速慢慢启动磁力搅拌器,不允许在高速挡直接启动磁力搅拌器。



图 1.9 电动离心机



图 1.10 磁力搅拌器

② 严禁机器在无负载的情况下干烧,不搅拌时不能加热。

③ 需控温时,将温度传感器插头插入仪器后板插座内,传感器探头插入溶液中,调准温控仪的设定温度后即进入温度自动控制工作状态。

④ 应保持清洁干燥,严禁溶液流入机内损坏机器,不工作时应切断电源。

4. 加热装置

化学实验室的加热方式有很多,以热源种类分类,有煤气、酒精和电等;以加热方式分类,有直接加热和间接加热。对不能用明火直接加热的实验,常采用电加热。实验室常见的电加热设备有电炉、电加热板、电热套和干燥箱等。为了保证加热均匀,还会使用热浴间接加热,空气、水、有机液体等常作为热浴的传热介质,当加热的温度不超过 100°C 时,可用水浴加热;如果加热温度稍高于 100°C ,则可选用适当无机盐的饱和水溶液作热浴液;加热温度在 $100\sim 250^{\circ}\text{C}$ 时,可用油浴加热,反应物的温度一般低于油浴液 20°C 左右。图 1.11 是中学化学实验室常见的电加热装置。



图 1.11 常见的电加热设备

(1) 电加热板

电加热板实质上是一种封闭式电炉,如图 1.11(a)所示。由于电炉丝不外露,功率可调,使用安全、方便,是实验室常用的加热设备。电加热板表面温度均匀,可将烧杯、锥形瓶等容器直接放在电加热板上加热。

(2) 电热套

电热套是由玻璃纤维包裹电热丝织成的碗状半球形加热器,如图 1.11(b)所示。由于电热丝可以贴合在烧瓶周围,因而加热均匀。其热能利用率高、使用安全,可以加热和蒸馏易燃有机化合物。电热套可通过外接变压器来调节加热温度,能提供 100°C 以上的温度。但必须注意,不可用来加热空烧瓶,否则会烧坏加热套。

(3) 干燥箱

干燥箱也称烘箱[图 1.11(c)],是利用电热丝隔层加热,可用于比室温高 $5\sim 300^{\circ}\text{C}$ 范围内的恒温烘焙、干燥、热处理等操作。一般由箱体、电热系统和自动恒温控制系统三部分组成。使用时,严禁将易燃、易爆、易挥发物质置于箱中烘烤,以免发生爆炸事故。有鼓风的烘箱,在加热和恒温的过程中必须将鼓风机开启,否则会使箱体内温度不均匀并可能损坏加热元件。每次用完后,须将电源切断并保持箱内外干净。

三、数字化实验仪器

数字化实验仪器起源于计算机与传感器技术的发展,简单可操作的手持式数字化实验系统在中学化学实验中已被广泛使用。利用数字化实验系统中不同种类的传感器,可以连续或不连续地采集整个实验阶段或某时刻多个相关物理量及其变化情况,如温度、容器中气体总压强、溶液 pH 等。目前,已有包括测量 CO_2 浓度、 O_2 含量、溶液电导率、离子浓度、电极电位等数据的传感器供中学化学实验使用。

中学化学手持式数字化实验系统,就是将各类不同传感器与普通化学实验仪器相结合,在进行实验的过程中通过传感器采集相应物理量的实时数据,并传送至数据采集器,再用计算机通过相应软件呈现、处理相关数据,得出实验结论,基本框架如图 1.12 所示。

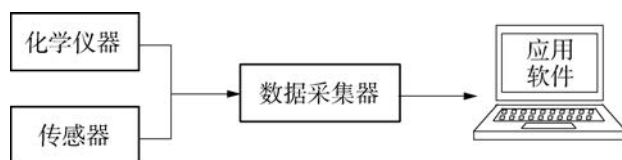


图 1.12 数字化实验系统

数字化实验系统除计算机及软件外,最核心的实验仪器主要是数据采集器和不同功能的传感器。

1. 数据采集器

数据采集器是实验过程中,实时采集传感器测得的各种数据的仪器,图 1.13 是几种常用的数据采集器。数据采集器一端通过数据线与电脑相连,另一端则通过数据线与传感器相连。一台数据采集器可同时连接 4~6 个传感器,可同时实时地测量 4~6 个物理量的值。近年来,数据采集器与电脑及传感器已逐渐实现无线连接,大大方便了实验操作。



图 1.13 几种常用的数据采集器

数据采集器将采集到的数据传送至电脑,再通过相应软件显示出来,不仅能显示单个数据,也能同时显示多个数据,能以表格形式展示数据,也可以处理成图像形式来展示。同学们可以在电脑上利用相关软件对数据进行各种处理,并通过对数据图像的分析获得定性或定量的实验结论。一般数据采集器都提供了多种数据采集模式,有基于时间模式,也有基于事件模式等。

目前,有些数据采集器本身已具备对数据的处理和展示功能,可以在不连接电脑的情况下单独使用。

2. 传感器

传感器是实时监测实验过程中各种物理量的仪器,一般一种传感器只能测量一个物理量,即每种物理量的测量都用对应的传感器。例如测量实时温度可以用温度传感器,测量溶液 pH 则需要用溶液 pH 传感器,测量气体压强则用气体压强传感器,测量 CO_2 浓度可以用 CO_2 传感器。目前,可用于化学实验的传感器有 40 余种,图 1.14 是几种常用的传感器,图 1.15 是无线温度传感器。目前,个别多用途的复合传感器也已经出现,更多种类的传感器正在研发中。

实验时将传感器与数据采集器连接后,放入实验装置中即可采集实验数据,图 1.16 是温度传感器连接到数据采集器后采集到的环境温度。

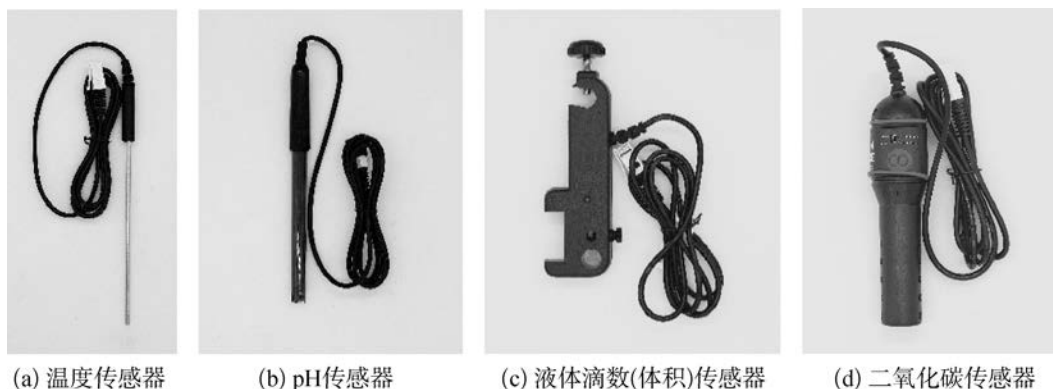


图 1.14 几种常用的传感器

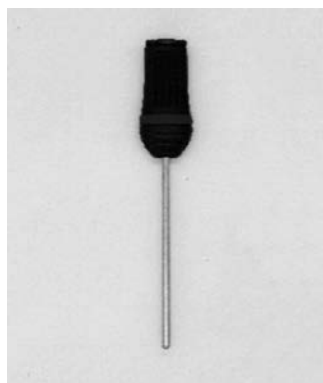


图 1.15 无线温度传感器



图 1.16 数据采集器与温度传感器连接

数据采集器采集传感器监测到的数据,并以表格或图表形式呈现。图 1.17 和图 1.18 是几种实验采集的数据自动绘制成的曲线图形,可以利用曲线的变化定性或定量分析实验结果。

不同传感器的工作原理不同,使用和保存的要求也不一样。比如离子电极传感器使用前需要进行校准,并需要预热 30 min;pH 传感器使用前需要用蒸馏水清洗并用滤纸吸干传

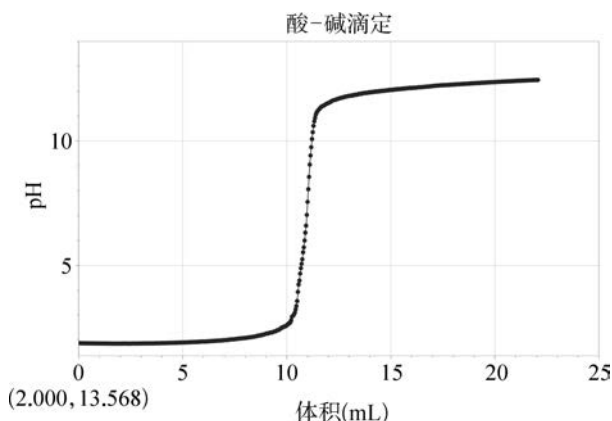


图 1.17 用 NaOH 溶液滴定盐酸过程中溶液 pH 随 NaOH 体积变化曲线

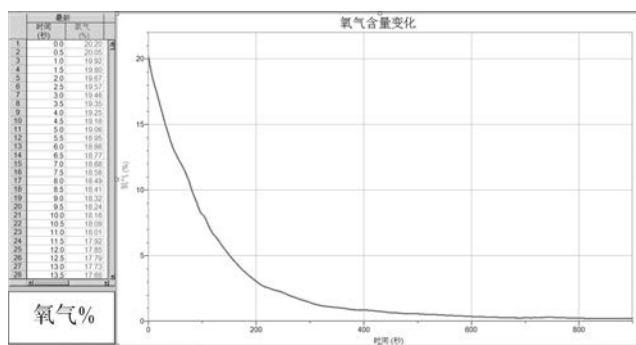


图 1.18 铁吸氧腐蚀过程中容器内氧气含量随时间减少曲线

感器上的水,使用后应用水清洗干净后保存在缓冲溶液中,缓冲溶液还需要定期补充或更换;气体压强传感器应尽可能少接触强氧化性气体等。在使用传感器前应认真阅读其使用和保存说明,并严格遵照说明使用,使用或保存不当,不仅会给实验数据造成较大偏差,也会大大缩短传感器的使用寿命。

四、现代分析仪器

1. pH 计

pH 计也叫酸度计,是用来测定溶液酸碱度的仪器。pH 计是一种常见的分析仪器,广泛应用在农业、环保和工业等领域。

pH 计主要由 pH 电极(也就是玻璃电极)、电位差计和数据处理系统组成。常见的 pH 计可分为笔式、便携式和台式等。



图 1.19 台式 pH 计和便携式 pH 计



图 1.20 紫外-可见分光光度计

2. 分光光度计

根据物质对紫外可见波长范围(200~780 nm)内光的吸收,可以对物质进行鉴定,根据吸光度与溶液浓度的关系(光吸收定律,即朗伯-比尔定律)可以进行定量分析。紫外-可见分光光度法适用于测定在紫外可见波长范围内有吸收的物质,它具有灵敏度高、操作简便、测定速度快等优点,是最常用的光学分析技术之一。

3. 红外光谱仪

具有红外活性的物质能够选择性吸收红外辐射,物质的分子吸收红外辐射会发生振动能级和转动能级的跃迁,通过仪器记录透射光的强度可得到该物质的红外光谱图。由于不同的官能团有特定的吸收峰,根据红外谱图中吸收峰的位置、数目和强度,便可获知分子中含有的化学键或官能团的信息,从而对物质进行定性分析和结构解析。

红外光谱仪通常由光源、单色器、探测器和信息处理系统组成。根据分光装置的不同,红外光谱仪可分为色散型红外光谱仪和干涉型红外光谱仪。



图 1.21 红外光谱仪

4. 核磁共振仪

在外磁场作用下对于磁矩不为零的原子核(如 ^1H 、 ^{13}C),自旋能级会发生裂分,对一定频率的射频辐射有共振吸收。通过分析同种核在不同化学环境中吸收峰的化学位移可以测定物质的结构。根据化学位移可以鉴定含有的基团,由耦合裂分峰数可以推断基团的连接关系,还可以根据各峰面积的大小推算各基团的质子比。核磁共振作为一种分析手段广泛应用于物理、化学、生物学以及临床医学检测等领域。



图 1.22 核磁共振仪

5. X 射线衍射仪

当一束特定波长的 X 射线(波长在 0.06~20 nm 范围内)照射到晶体时,晶体内部不同微粒所散射的 X 射线会发生相互干涉,产生 X 射线衍射。衍射线在空间分布的方位和强度与晶体结构密切相关,晶体的衍射谱图反映了该晶体内部原子的分布规律。目前,X 射线衍射技术已经成为最基本、最重要的一种结构测定手段。



图 1.23 X 射线衍射仪



图 1.24 气相色谱-质谱联用仪

6. 气相色谱-质谱联用仪

色谱技术具有高效分离能力,质谱是高灵敏分析器,可以准确鉴定物质。色谱-质谱在线联用可以综合两者的优势,具有灵敏度高、分辨率高和鉴别能力强等优点,可以对复杂混合物进行准确的定性和定量分析。色谱-质谱联用技术广泛地应用于工业检测、食品安全、

环境保护、生物医药等领域。

五、常见实验仪器的手工绘制

化学实验仪器和装置图可以用来表示实验内容和操作方法。大部分玻璃仪器的造型都是由简单的几何形状组成,且轴对称。玻璃仪器的绘制采用正视图的方法绘制。

1. 绘制仪器装置图的标准和基本要求

- (1) 仪器规范,图形正确。
- (2) 比例适当,画法统一。
- (3) 布局合理,画面整洁。

2. 化学仪器的画法示例

(1) 单个仪器的绘制原则

先轮廓后细节;先竖后平;先左后右;先上后下。常见化学仪器画法分解图如表 1.3 所示。

表 1.3 化学仪器画法分解图

仪器	画法	仪器	画法
烧杯		酒精灯	
漏斗		曲管	
水槽		试剂瓶	
烧瓶		试管	
瓶塞		石棉网	
导管接头		铁夹	
长颈漏斗		铁架台	

(2) 整套装置的绘制原则

先画主体仪器,再画辅助仪器,最后连接。

① 主体仪器是上下结构的装置图,先从上到下画出主体仪器,然后用导管连接,如图 1.25 所示,图中标出的数字表示绘制顺序。

② 主体仪器是左右结构的装置图,先确定一个水平线,再从左到右画出主体仪器,然后画出辅助仪器,最后用导管连接。如图 1.26 所示,图中标出的数字表示绘制顺序。

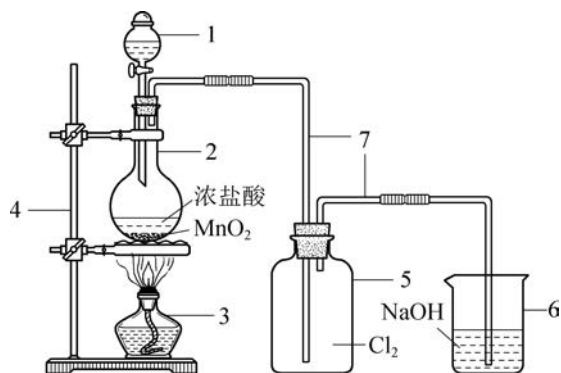


图 1.25 上下结构整套装置画法步骤图

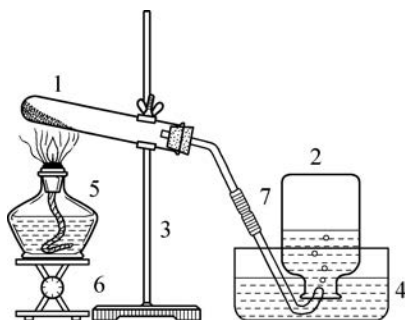


图 1.26 左右结构整套装置画法步骤图

此外,也可以使用绘图软件绘制常规实验仪器,很多绘图软件都提供常见的仪器模板供选择拼接,图 1.27 中展示某款软件中的部分仪器,供选用和参考。

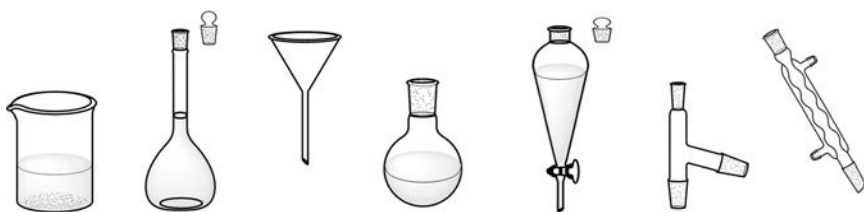


图 1.27 绘图软件中的仪器模板

第4讲 化学实验的基本操作

一、玻璃仪器的洗涤和干燥

1. 玻璃仪器的洗涤

中学化学实验最普遍使用的是玻璃仪器,为了避免杂质混入反应物中,实验时必须用清洁的仪器。

洁净的玻璃仪器,其内壁附着的水要很均匀,既不聚成水滴,也不成股流下,晾干后不留水痕。

一般可依照倒去废物、冷却、用水冲洗、刷洗、再用水冲洗的顺序洗涤玻璃仪器。

如仪器内壁附着不溶于水的碱、碳酸盐、碱性氧化物等物质时,可先用少量稀盐酸溶解,再反复用水冲洗。若附着少量油污使器壁挂附水珠,可用适合的刷子蘸少量洗涤剂刷洗,刷净后再反复用水冲洗。部分特殊污物可以先用适合的试剂处理后再按上述步骤清洗。

2. 玻璃仪器的干燥

洗净的玻璃仪器可倒置在试管架上并放在不易碰撞的地方晾干,也可以倒插在玻璃仪器沥水架(图 1.28)上晾干备用,必要时可以使用玻璃仪器气流烘干机(图 1.29)或烘箱烘干,冷却后备用。某些有特殊要求的仪器,可以用特殊方法干燥。



图 1.28 玻璃仪器沥水架



图 1.29 气流烘干机

二、仪器的装配

化学实验中经常需要将多件仪器按一定要求组装成套。仪器装配的基本要求是科学、安全、方便、美观。装配时既要遵循相关规定,又要注意灵活运用。

1. 仪器的连接

利用橡皮管、橡皮塞和导管将不同仪器或装置连接成套。

2. 仪器的组装与拆卸

在连接前和连接时应适当调整各仪器的高度,检查仪器组装得是否牢靠、稳固、合理、美观。只有在检查气密性完好之后,才允许往仪器中添加试剂。

拆卸仪器时,一般先拆开各仪器间的连接导管,然后由后往前、由高到低依次拆卸。特殊情况可灵活处理,但总的原则是不能违反仪器自身的性能和使用规则。

3. 装置的气密性检查

仪器组装好后,加入试剂前先要检查其气密性是否完好,以免出现漏气现象。

4. 标准口(磨口)玻璃仪器的组装

这类仪器具有标准化、通用化、系列化的特点,使用非常方便。注意选择相同口径的仪器,或者准备好不同口径仪器的连接器,仪器的磨口部分保持清洁。组装时,一般应先在磨口处均匀地涂上一层薄薄的凡士林,然后将需要组装的仪器直接对接即可。标准口(磨口)玻璃仪器使用后应及时拆卸并清洗,切不可长期不拆。

三、试剂的取用

1. 固体试剂的取用

一般用药匙或镊子取用固体试剂。

2. 液体试剂的取用

取用液体试剂用倾倒法和滴取法(图 1.30、图 1.31)。

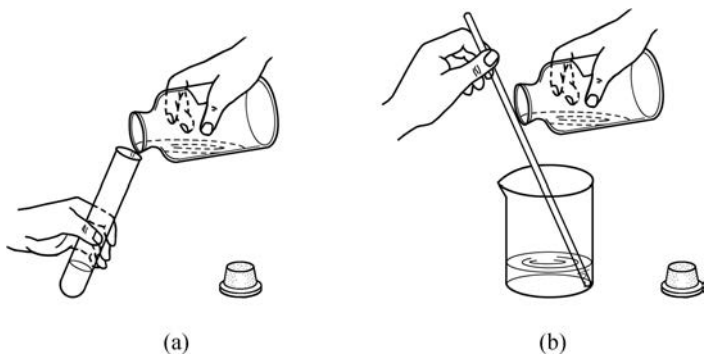


图 1.30 倾倒法取液体试剂

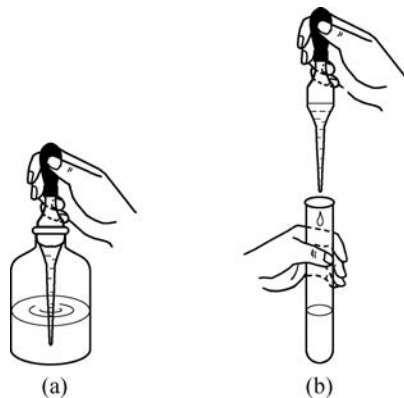


图 1.31 滴取法取液体试剂

四、气体的制备

1. 气体的发生装置

固体和固体加热反应制备气体的实验,常用如图 1.32(a)所示的装置。

固体和液体不需要加热的反应制备气体的实验,通常用如图 1.32(b)或图 1.32(c)所示

的装置,其中如图 1.32(c)的装置可以控制气体的发生和停止,使用方便。

固体(或液体)和液体加热反应制备气体的实验,其发生装置如图 1.32(d)所示。

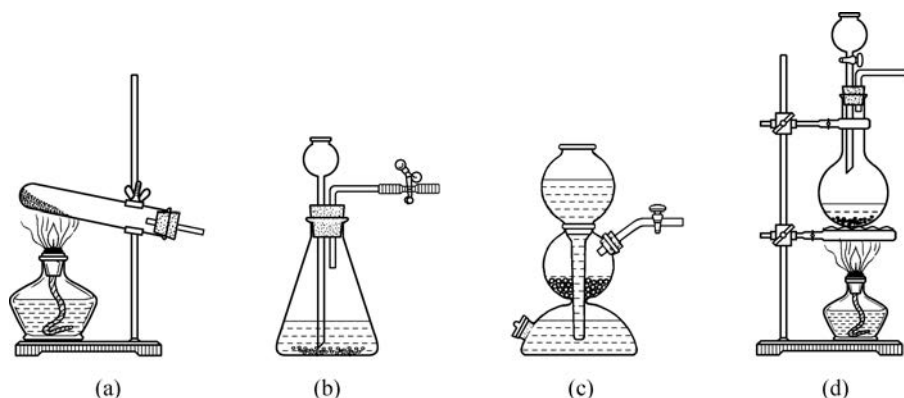


图 1.32 常用的气体发生装置

2. 气体的净化与吸收装置

制得的气体常含有少量酸雾、水蒸气和其他杂质。因此在实验前要净化气体,装置如图 1.33 所示。

洗气瓶中吸收剂的体积以瓶容积的 $\frac{1}{3}$ 为宜,最多不超过 $\frac{1}{2}$ 。瓶里的长管是进气管,要插入吸收剂中,短管为出气管,连接时不能搞错。

干燥管中干燥剂的颗粒以黄豆大小为宜,干燥塔中的颗粒可以大一些,填装次序及辅料如图 1.33(b)(c)所示。

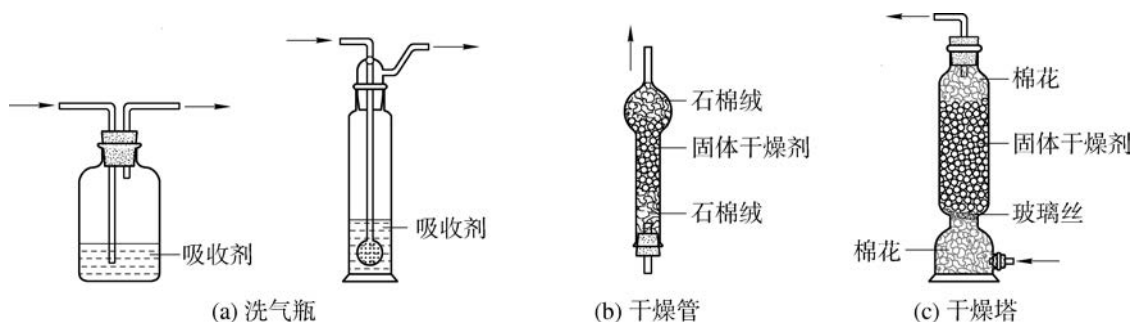


图 1.33 几种气体净化装置

3. 尾气吸收装置

涉及有毒、有害气体的实验时需要进行尾气处理,防止对个人和环境造成危害。处理尾气最常用的是图 1.34 所示的装置。

处理尾气时要注意以下几点:

① 吸收在水中溶解度不大的气体时,可以将导管插入吸收剂液面下 $2\sim 3\text{ cm}$,增加气体跟液体接触的机会,如图 1.34(a)所示。

② 吸收在水中溶解度大的气体时,需要在导管上接一个倒置的玻璃漏斗或球形干燥管,在增大气体和液体接触面积的同时,防止发生液体倒流,如图 1.34(b)(c)所示。

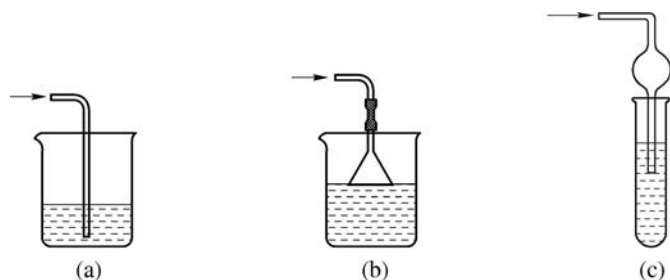


图 1.34 实验室尾气处理装置

五、反应条件的控制

1. 控温加热

在进行反应时间较长并对反应温度有一定要求的实验时,需要控制加热温度。控温加热主要有两种方式:一种是把受热器放在水浴、油浴、沙浴、盐浴或空气中加热的方法。加热时容器受热面积大、受热均匀、温度容易控制。图 1.35 是简单的水浴加热装置。



图 1.35 简单的水浴加热装置

另一种是使用自动控温加热器,如自动控温加热套或温控箱,设定好加热温度后加热器可自动控温。

2. 冷凝与冷凝回流

为了将生成物的蒸气快速冷凝需要使用冷凝装置。当反应物中有易挥发的物质,特别是一些有机化合物时,为防止反应物的挥发需要使用冷凝回流装置。

化学实验中常用的冷凝或冷凝回流装置有长导管冷凝装置[图 1.36(a)]、冷凝管冷凝装置[图 1.36(b)]、长导管冷凝回流装置[图 1.36(c)]和冷凝管冷凝回流装置[图 1.36(d)]等。

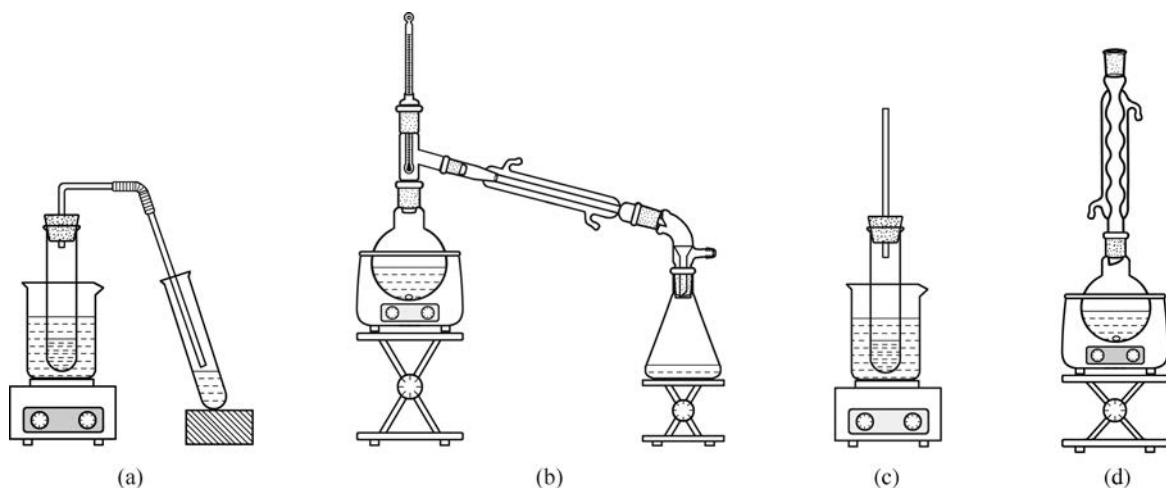


图 1.36 实验室常见的冷凝和冷凝回流装置(省略部分夹持装置)

3. 研磨

为加速溶解固体物质或缩短反应时间,可将固体物质研磨粉碎。研磨时,把干净的研钵放在不易滑动的桌面上,再放入要研磨的固体物质,一只手按住研钵,另一只手握住研杵,如

图 1.37 所示,用力边压边转动研磨。

4. 振荡和搅拌

为了使物质加速溶解,或使反应物混合均匀,常用到振荡和搅拌操作。小口径容器一般用振荡,大口径容器一般用搅拌。

搅拌可以是手动搅拌也可以通过机械搅拌,需要长时间搅拌的反应可以用电动搅拌器或磁力搅拌器来机械搅拌。



图 1.37 研磨



图 1.38 振荡烧瓶

5. 离心分离

当需要加速溶液中固体微粒的沉降,或将乳浊液中两种密度不同、又互不相溶的液体分离时,需要用到离心分离。离心分离一般使用电动离心机。

6. 蒸发

当从溶液中获得溶质或对稀溶液浓缩时,需要进行蒸发。

7. 结晶和重结晶

结晶是使溶质从溶液中析出晶体的操作。重结晶是将含有杂质的晶体先溶解,再重新结晶以除去杂质的过程。

8. 蒸馏和分馏

在分离沸点相差较大的液体或收集溶液中的溶剂时,需要用到蒸馏操作。例如分离水与酒精、用自来水制蒸馏水、淡化海水等。

混合物受热温度升高,沸点较低的物质先汽化挥发被蒸出,沸点高的、不挥发或难挥发的物质则留在蒸馏器内。蒸馏的主要装置有加热源、蒸馏烧瓶、温度计、冷凝管、牛角管(亦称尾接管)和馏分接受容器等。

蒸馏烧瓶中加入待蒸馏的溶液,放入沸石,搭好装置,从冷凝管的进水口注入冷凝水,待出水口有水流出后,开始给蒸馏烧瓶加热,收集相应沸点的馏分,收集不同馏分时应该更换接收器。图 1.39 是两种蒸馏装置,注意温度计感温泡上端与支管口下沿平行。

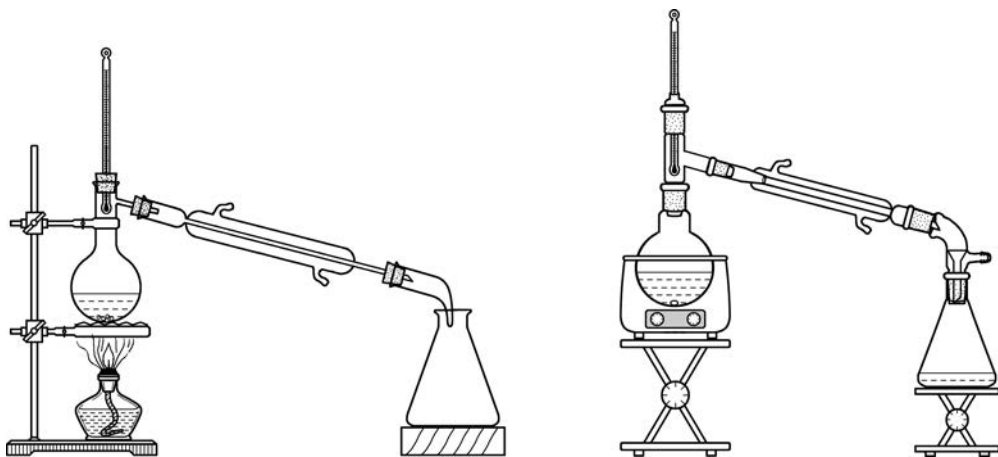


图 1.39 实验室常用的蒸馏装置(省略部分夹持装置)

若通过蒸馏无法实现较好的分离效果,则可采用分馏的方法。与蒸馏相比,分馏是在实验装置上多了分馏柱。实验室有时只需少量蒸馏水,也可以用简易的空气冷凝制备。

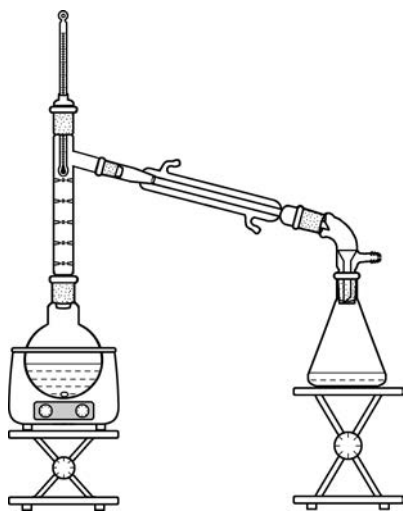


图 1.40 实验室的分馏装置(省略部分夹持装置)

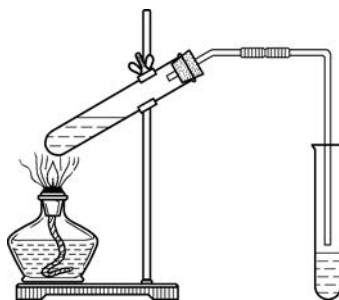


图 1.41 实验室简易制取蒸馏水的装置

9. 萃取和分液

萃取是利用溶质在互不相溶的溶剂里溶解度的不同,用一种溶剂把溶质从另一种溶剂提取出来的方法。分液是把两种互不相溶的液体分开的方法。图 1.42 是萃取和分液的步骤。

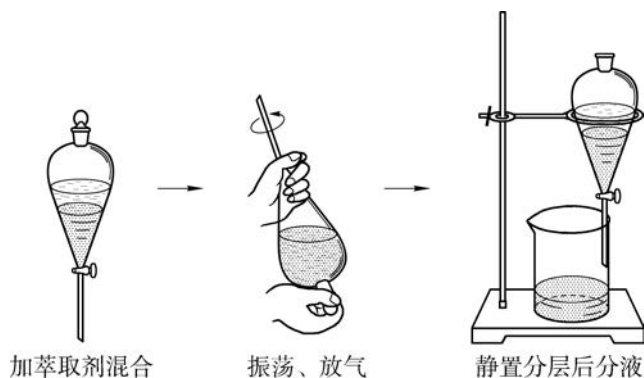


图 1.42 萃取和分液操作

除上述分离操作外,实验室还会用到其他诸如层析、渗析、磁吸及升华等分离方法。

第5讲 实验记录和实验报告

一、实验记录

对化学实验和科学探究而言,实验记录是非常宝贵的财富。根据实验记录可以重复实验,可以查找实验异常的原因,并由此可能产生新的发现。因此,化学实验中要认真地做好实验记录,实验中的各种现象及测量的数据应及时、准确、详细、如实地记录在专门的实验记录本上。

本书留有的空白处,就是专门用于实验记录的。同学们在进行实验时,应该携带本书并结合实验步骤详细地做好实验记录。当然,也可以在实验前准备有连续编码的记录本用做实验记录。不得随意撕去本书或实验记录本的任一页,为了使记录能够长期清晰可辨认,记录时不能用铅笔或圆珠笔,而要用墨水笔书写。

1. 实验记录的原则

第一要真实。实验记录应该真实地反映实验情况,不能带有主观臆测,更不能抄袭、拼凑或臆造。应该根据实验事实如实地做好记录,不能做不符合实际的虚假记录。

第二要详细。对实验中任何现象、每一个数据及实验中的各项内容都应详细记录,甚至自己暂时无法判断的内容也应先记录下来,宁可在最后整理阶段舍去,也不能因为遗漏而造成损失和疏忽。

第三要清晰。记录语言简洁明了,条理清楚,字迹工整。不仅当时能看得清晰,若干年后自己或他人也能看得明白。记录中出现错误不要擦去,应当在错误之处用线划去,或划去后可在上方写上正确数据,如图 1.43 所示。

	0.255
0.250	0.250
(a)	(b)

图 1.43 数据修改示例

第四要及时。实验时应边做边记,要与操作步骤一一对应,不要在实验结束后凭回忆补录。回忆记录难免遗漏或不准确。

第五要规范。对于数据的记录要满足有效数字要求,物理量必须带单位,如 0.01 mL。

2. 实验记录的内容

- 实验前,老师对实验的讲解及示范说明,或与同学交流讨论后形成的意见。
- 实验时的条件,如大气压强、环境温度、空气湿度等。
- 实验中使用的特殊仪器名称,有时还需要记录使用规格。
- 试剂的性状,有时还需要记录试剂的理化数据,如熔点、沸点等。
- 实验中的各种实验现象,比如温度变化、颜色变化、物质析出或沉淀及其颜色、气体产

生及其颜色和气味、反应的剧烈程度等。

- 有些实验还应记录试剂的规格、纯度、生产厂家、生产时间等。
- 定量实验中对特殊仪器、定量仪器还应记录型号、厂家、品牌、规格等。
- 定量实验每次测量的数据,即便与前次测量出入较大也应该如实记录。

【例 1】 物质制备实验的实验记录(部分)

实验日期: ____ 年 ____ 月 ____ 日,气温: ____℃。

实验步骤与现象记录:

操作	现象	结论
按图 1.44(a)所示搭建实验装置		装置气密性好
用酒精灯给烧瓶稍稍加热	烧杯内导管口有气泡快速逸出	
移去酒精灯	片刻后,可见导管内液体沿导管上升并高出烧杯内液面	
向圆底二口烧瓶内加入约 5 g 灰黑色二氧化锰固体,向恒压滴液漏斗中加入约 60 mL 浓盐酸		二氧化锰与浓盐酸反应生成黄绿色的氯气
按图 1.44(b)搭建装置		
打开滴液漏斗旋塞向烧瓶中加入约 10 mL 浓盐酸	液体开始出现很淡的黄绿色	
用酒精灯给烧瓶加热	液体颜色出现明显黄绿色,烧瓶内出现黄绿色气体,气体由下往上充满烧瓶	
持续加热	集气瓶底部先有黄绿色气体,慢慢往上充满集气瓶,烧杯中导管口有气泡逸出	

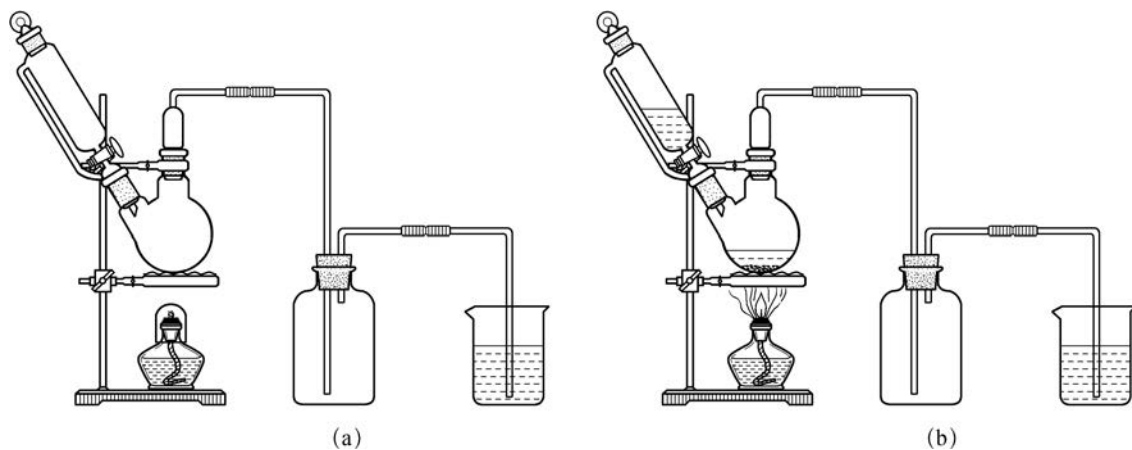


图 1.44 实验室制氯气装置图(部分夹持装置略)

【例 2】 金属钠与氧气反应的实验记录(部分)

实验日期: ____年____月____日,气温: ____℃。

实验步骤与现象记录:

操作	现象	结论
取出金属钠放在玻璃片上	金属钠保存在煤油中,钠块沉在煤油底部,表面灰暗,部分钠块呈灰白状	钠的密度大于煤油
切下一小块绿豆大小的钠,用滤纸吸干表面煤油	小刀顺利地切开钠块,切开后钠的剖面呈银白色,很快便发暗失去光泽	钠是一种银白色金属,易被空气中的氧气氧化
将钠块放入石英玻璃蒸发皿中加热	钠受热后慢慢熔化成为闪亮的液态球状	钠在空气中燃烧,生成淡黄色固体
待钠熔化后移开酒精灯	从液态球边缘处开始燃烧并出现少量白烟,随后整块钠迅速燃烧,蒸发皿内充满黄色火焰,伴有白烟出现,燃烧结束后,可见蒸发皿内固体变为淡黄色,冷却后淡黄色稍变浅	

【例 3】 测定硫酸铜晶体中结晶水含量实验的实验记录(部分)

实验地点: 化学实验室(××楼××室)××号台。

实验日期: ____年____月____日,气温: ____℃,大气压: 101.3 kPa。

实验仪器: 电子天平(____厂____牌,200 g/0.001 g)。

实验试剂: 硫酸铜晶体(____厂,纯度 AR 分析纯)。

实验步骤与现象或数据记录:

名称	质量/g		
	第一次实验	第二次实验	第三次实验
坩埚带盖子 m_1			
坩埚和硫酸铜晶体 m_2			
坩埚和无水硫酸铜第 1 次加热 $m_3(1)$			
坩埚和无水硫酸铜第 2 次加热 $m_3(2)$			
坩埚和无水硫酸铜第 3 次加热 $m_3(3)$ (若有必要)			
坩埚和无水硫酸铜第 4 次加热 $m_3(4)$ (若有必要)			

3. 如何读取仪器、仪表刻度的有效数字

有效数字是指有意义的测量值数字。一般而言,对一个测量数据取其可靠位数的全部数字加上一位可疑数位数字。所以,在记录测量的数据时,就必须对仪器、仪表所显示的有效数字进行正确的读取。

例如,在定量分析实验中,对于检定合格的玻璃计量器具来说,具有分刻度的滴定管、移液管有效数字的读取都是要取到分度值的位数后再估读一位,单标线的器具如容量瓶、移液管通常都是取到读数小数点后两位有效数字,而对于 100 mL 以上容积的容量瓶、移液管通常就只取四位有效数字记录即可。

对于仪表的读数也是要取分度值的位数后再估读一位;对于计算器和电脑等具有较多位数示值的,读取有效数字时应该根据实验有效数字的需要再适当多保留一位。

二、实验报告的撰写

实验报告的书写是一项重要的基本技能,它不仅是对实验的总结,更重要的是它可以初步地培养和训练学生的逻辑归纳、综合分析和文字表达能力,这些都是科学论文写作的基础,也是科学素养的要求。因此,开展实验的每位学生,均应及时、认真地书写实验报告。总体要求是:内容实事求是,分析全面具体,文字简练通顺,誊写整洁清楚。

1. 实验报告撰写内容

一份完整的实验报告,应包括实验名称、实验目的、实验原理、实验用品、实验步骤与现象记录、实验结论及实验讨论等内容。我们希望同学们如实、认真地完成本书实验活动的记录,这将是一份份可贵的实验报告。

在物质制备实验中,应该画出完整的实验装置图,对装置中各部分的作用做出说明。对所用仪器及试剂的规格尽可能详尽地记录下来,对一些需要进行特殊预处理的试剂,还应当详细描述处理方法。尽可能详细记录实验操作步骤,特别是对物质制备起关键作用的操作,更应该详细说明。

在性质探究实验中,应当说明对物质性质预测的依据。每步操作与实验现象应相对应,并依据实验现象得出相应结论。在实验讨论中,应该对实验结论加以解释。

在定量分析实验报告中,测量结果一般可以计算测量结果的算术平均值来表示,并应同时计算测量结果的标准差。如是测量次数较少的小样本测定的实验,可以用计算相对平均偏差来代替标准差。学生实验报告一般还应对测量结果进行误差分析。

2. 实验数据的计算

分析测试中,我们对实验数据进行计算时,要遵照有效数字的计算法则和修约规则来进行。

(1) 有效数字的一般计算法则

- ① 在加减法运算中,有效数字应与小数点后位数最少的数相一致。
- ② 在乘除法运算中,积或商的有效数字应与参加运算中有效数字位数最少的那一个数

字相同。

③ 运算过程中可多保留一位有效数字,最后再对计算结果进行修约,并且修约应以有效数字最少的那个数字为准。

【例 4】 试剂称量中有效数字的计算

我们在配制 100.0 mL 1.000 mol · L⁻¹ 的 NaCl 溶液时,首先应计算需称量的 NaCl 固体的质量:

$$\text{需称量的 NaCl 的质量} = \left[(22.99 + 35.45) \times 1.000 \times \frac{100.0}{1\,000} \right] \text{ g} = 5.844 \text{ g}$$

要做到准确称量 5.844 g NaCl,对称量要求比较高。因此在学生初学称量时,可以采用在万分之一的电子天平上进行称量,只要做到称量值能落在 5.843 6~5.844 5 g 之间即可。因此根据有效数字的计算和修约规则,此范围内的称量值取 4 位有效数字皆为 5.844 g,符合实验要求。

(2) 有效数字的修约规则

有效数字的修约是指按保留几位有效数字对数据进行处理,有效数字一般采取“四舍六入五留双”原则来修约。方法是:被修约的数字第一位数小于 5 时,应全部舍弃;被修约的数字第一位数大于 5 或 5 后仍有非 0 数时,应进 1;被修约的值正好为 5 或 5 后面数全部是 0 时,保留尾数是双数或进 1 成为双数。表 1.4 是原始数据被修约为 4 位有效数字后的对比。

表 1.4 有效数字修约举例

原始数据	修约后数据	原始数据	修约后数据	原始数据	修约后数据
0.357 74	0.357 7	0.357 751	0.357 8	0.357 75	0.357 8
0.357 748	0.357 7	0.357 76	0.357 8	0.357 65	0.357 6

在进行修约时,还应注意以下几点:① 不能连续修约;② 常数的有效数字可以不受限制;③ 界限值通常是不能修约的,应采用全数值比较法,涉及安全性能指标的,应优先采用全数值比较法。

三、实验数据误差来源的分析

科学实验总要伴随一系列的测量过程。测量,就是按照既定的或由文件规定的步骤,对一个被研究对象进行的一系列操作,目的就是要确定该对象的某些物理特性。由于人认识能力的不足和科学水平的限制,实验中测得的值和它的真值之间总会不一致,这种差别就叫做测量误差。

测量误差通常可分为系统误差、随机误差和粗大误差这三类。系统误差常是由于测量

系统的不理想而产生的,常常是某些可以测量的效应所引起的结果。随机误差则是由于测量过程中的随机因素所造成的,是一种不可预测的误差。粗大误差是指明显超出统计规律预期值的误差,因为多数是过失引起的,又被称为疏忽误差、过失误差。

1. 系统误差来源的分析

(1) 测量方法造成的误差

测量方法不完善、样品不均匀、操作不合理等造成的误差。

(2) 测量装置造成的误差

这一类误差主要包括仪器误差(如天平、容量器皿、温度计、各种仪表刻度的误差)、仪器附件误差(仪器的开关、电源、导线等附件引入的误差)和试剂(样品的沾污、分解等,试剂的纯度、容器的清洁度等)引入的误差。

(3) 测量环境造成的误差

温度、湿度、气压、风效应、空气浮力、震动、碰撞、阳光照射、亮度改变等测量环境均会造成误差。

(4) 实验操作造成的误差

这是由于测量者个人感官的反应或观察习惯不同而产生的,如生理上的最小分辨力、感官的生理变化以及感官反应的速度等。

对于系统误差来说,可以运用消除误差来源、改变测量方法、寻求修正值等方法来使其减小。在分析化学中,常用空白实验、对照实验和回收实验等方法来进行校正。

2. 随机误差来源的分析

随机误差曾被称为偶然误差。一般而言,引起随机误差的因素是不能控制的,它们的变化时大时小、时正时负,因此是无法修正的,它们是一种不可预测的、随机的差值。但是随机误差也有它自己的规律,那就是:无限多个随机误差的代数和必定相互抵消成为零,用统计的概念来说,即是随机误差的期望值为零。

随机误差主要是由于在测定过程中一系列相关因素的微小、随机波动而形成的。例如分析过程中种种不稳定随机因素的影响,如室温、相对湿度和气压等环境条件的不稳定,分析人员操作的微小差异以及仪器的不稳定等。与系统误差不同的是,这些差异和不稳定都是微小的随机波动,无法进行校正。

在分析化学中,对于随机误差是根据统计的原理采取以下一些措施消除的,如调整样本的大小(测量次数)、正确抽样及对数据进行统计处理。

3. 粗大误差

在一组条件完全相同的重复实验中,个别测量值可能会出现异常,如测量值过大或过小。这些过大或过小的测量数据是不正常的,可称为异常值,所造成的误差,常被称为粗大误差。它们可能是测量数据随机变异的极端值,也可能是测量者的操作失误。对于异常值,如已发现有过失或其他确定的导致误差的原因,这些异常值就应该被舍弃,如未发现充分的理由,则不能随意舍弃,需用统计的方法来做出判断后才能决定。

四、常用误差估计的计算方法

1. 误差和偏差的计算

(1) 误差计算公式

误差可以定义为,在进行了所有的修正之后,测量结果与被测量的真值之差,即

$$\epsilon = x - x_i$$

其中, ϵ 是测量误差,简称为误差, x 是测量结果值, x_i 是被测量的真值。

(2) 相对误差计算公式

相对误差可表示为测量误差与被测量的真值的比值,即

$$\text{相对误差} = \frac{\epsilon}{x_i} \times 100\%$$

由于真值实际上仅是一个理想的概念,是无法测量的,这是因为不确定性原理的成立已排除了唯一真值的存在。而在实际测量中,通常也总是在不知道真值的情况下,才进行测量的,因而误差只是一个理论上的定性的概念。对于任意一次测量,我们都希望了解测量的最终结果值与真值之间的一致程度,但根据定义要计算误差又是不可能的,因此也就无法用计算误差来对测量结果的可靠程度进行定量的表述。在对有资质实验室的测量结果进行质量评价时,我们常用约定真值来代替真值,但这样计算的结果,得到的仍是一个有误差的近似值。

(3) 偏差计算公式

在不知道真值的情况下,为了进行误差分析,我们常用测量偏差来表示测量值偏离它的标准值(参考值)的程度。参考值可以是一个约定值、基准值、标示值,也可以是多次平行测量值的平均值。计算公式为:

$$d = x - x_c$$

其中, d 是测量偏差,简称为偏差, x 是测量结果值, x_c 是参考值。

(4) 相对偏差计算公式

相对偏差可表示为测量偏差与被测量参考值的比值,即

$$\text{相对偏差} = \frac{d}{x_c} \times 100\%$$

在质量控制分析中,参考值常是近似真值的约定值、基准值、标示值,因此通过计算得到的偏差就又可被称为表观误差,它属于系统误差,可以用来评价测定结果的准确度的高低。

如果参考值采用的是一组平行测量值的平均值的话,那么通过计算得到的偏差就属于

随机误差,分析化学以前常用相对平均偏差来评价测定结果的精密度的高低。

2. 相对平均偏差的计算

由于随机误差的存在,即使在相同的测量条件下,同一组测量结果也不可能完全相同,数据会存在着一定的分散性,亦即离散度。在分析化学中,将数据的离散程度称为精密度,在小样本的测量数据中可用相对平均偏差来表征精密度。

相对平均偏差的计算公式: $\text{相对平均偏差} = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$

其中, \bar{d} 是一组测量数据的平均偏差, \bar{x} 是一组测量数据的平均值。

【例 5】 测量数据的计算示例

有以下测量数据: 10.02, 10.02, 9.98, 9.98。计算它们的平均值、平均偏差和相对平均偏差。

$$\text{解: } \bar{x} = \frac{10.02 + 10.02 + 9.98 + 9.98}{4} = 10.00$$

$$\bar{d} = \frac{0.02 + 0.02 + 0.02 + 0.02}{4} = 0.02$$

$$\text{相对平均偏差} = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{0.02}{10.00} \times 100\% = 0.2\%$$

【例 6】 实验报告参考样例

实验 * * (实验编号) ××××××× (实验名称)

班级 _____ 姓名 _____ 实验地点 _____ (教室名称、实验台号)

实验日期 _____ (实验日天气数据)

【实验目的】

(简述你的实验目的)

【实验原理】

(描述你实验依据的化学原理)

【仪器与试剂】

仪器: (描述你实验所用的仪器,一些大型或专门仪器需要标出型号和厂家)

试剂: (描述你使用的试剂,溶液需要标明浓度,固体试剂一般需要标出厂家和纯度)

【实验内容】

(详细描述你的实验内容和操作过程,以食醋总酸度的测定为例:

1. NaOH 溶液的配制与标定

.....

2. 食醋总酸度的测定

移取 10.00 mL 食醋加水稀释并定容至 100 mL,移取 20.00 mL 稀释液用标准 NaOH 溶液滴定.....)

【数据记录与处理】

(可以用不同方式表示你实验记录的数据和数据处理结果,并介绍你的数据处理方法)

表 1.5 食醋总酸度测量数据[$c(\text{NaOH})=0.1051 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$]

实验编号		1	2	3
$V(\text{食醋})/\text{mL}$		10.00	10.00	10.00
$V(\text{NaOH 溶液})$	初读数/mL	0.00	0.15	0.10
	末读数/mL	19.45	19.58	19.60
	V/mL	19.45	19.43	19.50
空白实验平均值(V_0)/mL		0.05		
$\rho(\text{CH}_3\text{COOH})/(\text{g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1})$		6.122	6.116	6.138
$\bar{\rho}(\text{CH}_3\text{COOH})/(\text{g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1})$		6.125		
d		-0.003	-0.009	0.013
\bar{d}		0.008		
相对平均偏差(%)		0.13		

食醋总酸度:

$$\rho(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{c(\text{NaOH}) \times (V - V_0) \times 10^{-3} \times M}{10.00 \times \frac{20.00}{100.0}} \times 100 \text{ (其中 } M \text{ 是 } \text{CH}_3\text{COOH} \text{ 相)}$$

对分子质量,取 $60.05 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

【误差分析】

(分析你的实验误差产生的可能原因)

【结论与思考】

(可在这里概括你的实验结论,也可以是你的一些思考)

第二部分 学生实验

实验 1 胶体的制备和丁达尔现象



问题和背景

今天的上海海岸线是由古代海岸线不断演变而成的,海岸线的变迁与胶体的性质有一定的关系。

饮用水在生产中常用明矾作净水剂,野外求生活活动时,可在天然水中添加少量明矾,来改善水源质量。明矾的净水用途也与胶体的性质有关。

请思考下列问题:

- 明矾或三价铁盐做净水剂的原理是什么? 氯化铁溶液、氢氧化铁沉淀和氢氧化铁胶体会表现出哪些不同的性质?
- 怎样制备氢氧化铁胶体? 制备过程中氢氧化铁会沉淀吗? 如何控制?
- 过滤可以分离氢氧化铁沉淀与氯化铁溶液,是否也能用于分离氢氧化铁胶体与氯化铁溶液呢?



探索和研究

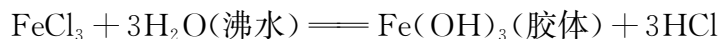
【实验目的】

1. 学会控制制备氢氧化铁胶体的实验条件。
2. 探究液溶胶、固溶胶的丁达尔现象。
3. 探究溶液、胶体和悬浊液物理性质的差异,感受其与分散质粒子大小的关系。

【实验原理】

在 FeCl_3 溶液中滴加 NaOH 溶液,你会观察到什么现象? 若用 FeCl_3 溶液直接与 NaOH 溶液反应制备 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体是否可行,为什么?

FeCl_3 溶液中的 Fe^{3+} 能与 H_2O 提供的 OH^- 结合成为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 加热会进一步促进 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的生成, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 颗粒逐渐增大形成胶体。化学方程式可以表示为:



当光通过胶体时, 在侧面能观察到明亮的光线轨迹的现象, 称为丁达尔现象。丁达尔现象是胶体的重要特征, 是鉴别胶体和溶液的常用方法。

【实验准备】

仪器: 烧杯(50 mL)、试管、量筒(50 mL)、量筒(10 mL)、胶头滴管(长度大于 100 mm)、酒精灯、玻璃棒、漏斗、滤纸、漏斗架、陶土网、三脚架、红色激光笔等。

试剂: 饱和 FeCl_3 溶液、 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液、 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CuSO_4 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液、蒸馏水、水果冻、生鸡蛋等。

【安全事项】

1. 液体加热时要戴好防护眼镜及手套, 小心烫伤。
2. 激光笔不能直接照射眼睛及皮肤。
3. 要分批缓慢地向沸水中添加液体, 以免液体溅出伤人。

【实验步骤】

实验 1: 氢氧化铁胶体的制备


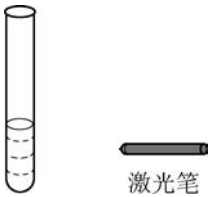
实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
<p>取 50 mL 烧杯, 加入 25 mL 蒸馏水, 放在垫有陶土网的三脚架上加热至沸腾(图 2.1)。分批缓慢地将 1.5 mL 饱和 FeCl_3 溶液加入沸水中。继续加热片刻, 当液体变成红褐色时, 停止加热即可得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体</p> 		

图 2.1 制备氢氧化铁胶体

实验 2：观察胶体的丁达尔现象

实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
<p>取 4 支试管编号为 a、b、c、d，向 a 试管中加入 5 mL $0.01\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液，向 b 试管中加入 5 mL $0.01\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CuSO_4 溶液，向 c 试管中加入 5 mL $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体，向 d 试管中加入 4 mL 饱和 FeCl_3 溶液后再加入 1 mL $0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液并充分振荡。用红色激光笔依次水平照射 4 支试管中的液体，从侧面观察现象，如图 2.2 所示。</p> <div data-bbox="427 757 635 952"></div> <p>图 2.2 观察胶体丁达尔现象</p> <p>取一枚水果冻倒扣在桌面上，用红色激光笔水平照射，从侧面观察现象。</p> <p>取一只 50 mL 的烧杯，将鸡蛋轻轻磕破蛋壳后，让蛋清流入烧杯中。用红色激光笔水平照射蛋清液，从侧面观察现象</p>		

实验 3：溶液、胶体和悬浊液的过滤

实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
<p>搭建过滤装置，将实验 2 中 a 试管中的 FeCl_3 溶液倒入小烧杯中，过滤。过滤操作结束后，观察滤液的颜色变化和滤纸上有无残留固体。</p> <p>搭建过滤装置，将实验 2 中 c 试管中的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体倒入小烧杯中，过滤。过滤操作结束后，观察滤液的颜色变化和滤纸上有无残留固体。</p> <p>搭建过滤装置，将实验 2 中 d 试管中得到的悬浊液倒入小烧杯中，过滤。过滤操作结束后，观察滤液的颜色变化和滤纸上有无残留固体</p>		

【实验结论】



讨论和拓展

1. 如果制备过程很顺利,请分享你是如何控制“加热片刻”操作的,不妨试一试加热时间再短些或延长加热时间时有何不同,你能得到什么结果?

2. 通过实验你能得出溶液、胶体与悬浊液在性质上有哪些差异? 你可以怎样利用这些差异?

3. 硫代硫酸钠与盐酸反应可以生成硫,化学方程式为: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{S}(\text{胶体}) + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。通过该反应可得到胶体状的硫,你认为若要成功得到硫的胶体,实验的关键是什么?

实验 2 物质的检验和碘盐中碘的检验



问题和背景

在生产生活、科学研究中常需进行物质成分的检验,例如:质监部门检测食品中是否含有违禁成分;科研机构需要对未知物质进行成分的检验等。有时甚至需要检测相应物质的含量,如食品中可以通过添加剂来改善食品的某些性能,但对其含量有严格限制,这就需要对添加剂进行定量检测。

食盐加碘是防止人体缺碘的重要举措,我国对食盐加碘有严格的国家标准,食用碘盐中碘的含量必须在 $20\sim 50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,但并非所有人都适合碘盐。近年来,市面上提供碘盐和非碘盐供不同人群选用。我们可以通过化学方法检验某食盐是不是碘盐,还可以进一步检测碘盐中的碘含量,这就是化学检验的意义。请思考下列问题:

- 你认为物质的哪些特征可以被用于物质的检验?
- 你认为作为物质检验的特征应具备哪些要素?
- 你认为碘盐的“碘”指的是什么?



探索和研究

【实验目的】

1. 掌握物质检验的几种典型的化学方法。
2. 学习通过显色法检验食盐中存在碘元素。

【实验原理】

1. 物质检验的基本方法

你会用什么方法来区分水、酒精和白醋这 3 种无色液体?

我们可以用闻气味的方式加以区分,但很多时候用这种简单的物理方法很难区分物质,特别是对于不知成分的化学物质。由于物质性质的不确定性,这种闻气味的方法在化学实验室是不提倡的,这就需要利用化学方法,通过物质发生化学反应表现出的某些特殊现象来区分。

你能说出化学反应可能表现出的特殊现象吗？请列举一些有特殊现象的化学反应。

2. 碘盐中碘元素的检验

碘单质(I_2)是一种紫黑色固体,它有一种非常特殊的性质,遇到淀粉溶液可使溶液显蓝色。我们用这一特性检验单质碘,同时也可以检验淀粉。

食盐中的碘是碘单质吗?如果不是,碘元素以什么形式存在?判断的依据是什么?如何通过实验来验证?请设计实验方案,并说说你检验食盐中碘元素的基本思路。

一般是通过向食盐添加碘强化剂[主要是碘酸钾(KIO_3)、碘化钾(KI)或海藻碘,目前以碘酸钾居多]来加碘的。碘酸钾在酸性介质中可与碘化钾反应析出 I_2 ,碘化钾与氯化铁等氧化剂反应生成 I_2 , I_2 遇淀粉溶液呈蓝色。

【实验准备】

仪器:烧杯、药匙、玻璃棒、试管、胶头滴管、铂丝、蓝色钴玻璃。

试剂: Na_2CO_3 溶液、 K_2CO_3 溶液、 $NaCl$ 溶液、 KCl 溶液、 Na_2SO_4 溶液、 K_2SO_4 溶液、 $BaCl_2$ 溶液、 $FeCl_3$ 溶液、 $KSCN$ 溶液、淀粉溶液、稀盐酸、 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KI 溶液、碘盐。

【安全事项】

1. 请戴防护眼镜。
2. Na_2CO_3 溶液、 K_2CO_3 溶液碱性较强, $BaCl_2$ 溶液有毒,避免接触皮肤。

【实验步骤】

实验 1: 物质检验的基本方法

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	取 3 支试管,分别编号,依次加入少量 Na_2CO_3 溶液、 K_2CO_3 溶液、 $NaCl$ 溶液,再分别向上述 3 支试管中加入适量稀盐酸,观察现象		
2	取 3 支试管,分别编号,依次加入少量 Na_2SO_4 溶液、 K_2SO_4 溶液、 $NaCl$ 溶液,再分别向上述 3 支试管中加入适量 $BaCl_2$ 溶液,观察现象		
3	取 2 支试管,分别编号,依次加入少量 $NaCl$ 溶液、 KCl 溶液,用两根铂丝分别蘸取溶液做焰色试验,观察火焰颜色,并透过蓝色钴玻璃观察火焰颜色		

(续表)

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
4	取 1 支试管,加入 2 mL FeCl_3 溶液,滴加 3~5 滴 KSCN 溶液,观察溶液颜色变化		

【实验结论】

实验 2: 碘盐中碘元素的检验

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	将碘盐配成饱和溶液,并分别滴入 3 支试管中,每支约 2 mL,在第 1 支试管中滴加少量淀粉溶液		
2	在第 2 支试管中滴加 FeCl_3 溶液,再加少量淀粉溶液		
3	在第 3 支试管中依次加少量的稀盐酸、 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液和淀粉溶液		

【实验结论】



讨论和拓展

1. 结合溶解性表推测,你认为用沉淀法检验 NH_4^+ 是否可行? 简述理由。

2. 若你在上述实验“碘盐中碘元素的检验”中没有观察到淀粉溶液的颜色变化,试分析原因。

3. 已知: $\text{KIO}_3 + 5\text{KI} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{K}_2\text{SO}_4$, $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \longrightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$, 某碘盐标注成分为“精制盐、碘酸钾”,你能否根据上述实验原理,设计实验方案来检测碘盐中的碘含量是否符合国家标准。

实验 3 二 纸层析法分离水彩笔中的色素



问题和背景

早在 1906 年俄国植物学家茨维特(Michael Tswett)用石油醚提取叶子中的色素,色素流经填充了碳酸钙的玻璃管后呈现出不同的色带,由此命名为 chromatography,翻译为色谱法,也称层析法,希腊文中“chroma”是颜色的意思,“graphein”是书写的意思。纸层析是一种用滤纸作为载体的层析分离方法,具有操作简单快速、分离高效、费用低廉等特点,被广泛用于组分分析、合成过程监测、合成产物表征以及半定量分析等。请思考下列问题:

- 色素混合物经过分离之后的现象说明什么问题,可以得到哪些信息?
- 分离后如何进一步鉴定物质,如何获知物质的相对含量? 请尝试设计实验给出结论。



探索和研究

【实验目的】

1. 通过滤纸分离甲基橙和酚酞,了解纸层析的原理。
2. 了解纸层析的操作注意事项和定性分析方法。
3. 探究水彩笔中的色素分离和成分分析。

【实验原理】

在纸层析法中,滤纸(主要成分是纤维素,含有丰富的羟基等亲水基团)吸收并固定水分为固定相;含有机溶剂或者混合有机溶剂的展开剂为流动相。纸层析法是根据被分离物质在固定相和流动相中的溶解度差异进行分离的方法。随着流动相的迁移,被分析的物质在滤纸上迁移的距离不同,从而实现不同物质的分离。

根据被分析物色斑的位置,可以计算比移值 R_f , 即色斑中心到基线的距离 a 和溶剂前沿到基线的距离 b 的比例 $R_f = \frac{a}{b}$, 如图 2.3 所示。比移值反映物质的特征属性,可以用来鉴

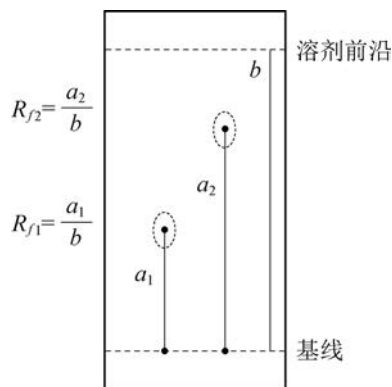


图 2.3 纸层析中的比移值

定物质,色斑大小和颜色深浅还可以反映被分析物的含量。因此,通过纸层析法分离物质,可以对被分析物做定性鉴定和半定量分析。

【实验准备】

仪器:量筒(100 mL)、毛细管(管长 10 cm,内径 100 μm)、烧杯(250 mL)、烧杯(50 mL)、玻璃棒、层析缸、电子天平、干燥器、电吹风、层析滤纸(中速)、直尺、剪刀、称量纸、铅笔。

试剂:甲基橙、酚酞、60%乙醇、无水乙醇、 $8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水、浓氨水、蒸馏水、各色水彩笔。

【实验步骤】

实验 1: 纸层析分离甲基橙和酚酞

准备:

① 配制甲基橙和酚酞混合液:分别称取甲基橙和酚酞各 0.2 g,溶于 10 mL 60%乙醇。

② 配制展开剂:量取无水乙醇、 $8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水、蒸馏水,按 5:5:2 的体积比配成 240 mL 溶液。

③ 裁剪滤纸条:按 $12\text{ cm}\times 4\text{ cm}$ 裁剪。

步骤:

(1) 点样

在滤纸下端距边缘 1 cm 处用铅笔画一条基线,用毛细管在基线上点样品。可以在一张层析纸上重复多次点样,每次斑点直径不超过 2 mm,样品点之间保持一定的距离。点样后层析纸需充分干燥(可用电吹风弱风挡吹干)。

(2) 展开

将层析纸挂入层析缸中,距离缸底部约 1 cm。注意滤纸基线平行于桌面,且滤纸不能接触层析缸内壁。将展开剂通过滴管轻轻加入层析缸底约 1.5 cm,注意液面不能浸没样品点。

盖好缸盖,观察展开剂均匀展开。当展开剂前沿上升至层析纸的 $\frac{2}{3}$ 处时,取出层析纸,立刻用铅笔标出展开剂前沿。

(3) 显色

将干燥后的层析纸置于有少量浓氨水的干燥器中熏数分钟,也可等滤纸稍干后喷饱和 Na_2CO_3 溶液显色。

(4) 计算 R_f

将分离出的色斑用铅笔描出轮廓,标出浓度中心位置,计算色斑的 R_f 。通过跟标准物质的 R_f 进行比较,同时利用色斑颜色加以确认,判断混合样中含有的物质成分。

请按照实验现象完成下表,附上实验的色谱纸条,并做好标记。

结果	对照组		甲基橙和酚酞的混合样	
	甲基橙	酚酞	色斑 1	色斑 2
溶剂前沿到基线的距离 b				
色斑中心到基线的距离 a				
比移值 R_f				
色斑的颜色				

实验 2：纸层析分离水彩笔中的色素

准备：

- ① 展开剂：蒸馏水。
- ② 准备各色水彩笔。

请按照实验 1 的步骤，进行点样和展开，完成下表，同时附上实验的色谱纸条，并做好标记。

水彩笔编号/颜色	观察并记录的内容		
	色斑总的数目	色斑分别的颜色	每种色斑的 a
1 ____ 色			
2 ____ 色			
3 ____ 色			

【实验结论】

(1) 实验 1 中 _____ 为固定相，_____ 为流动相，测定并计算甲基橙和酚酞的 R_f 分别为 _____，甲基橙色斑呈 _____ 色，酚酞色斑呈 _____ 色。

(2) 实验 2 中通过纸层析实现 _____ 的分离，结果显示 _____ 色水彩笔分为 _____ 个色斑，据此可推测 _____。



讨论和拓展

1. 纸层析中分离甲基橙和酚酞为什么用铅笔标记基线？是否可以用圆珠笔或者水笔做标记？

2. 本实验中展开剂能在滤纸上爬升,其驱动力是什么？试联系毛细管或者虹吸管吸取溶液的原理进行分析,并加以解释。

3. 尝试用其他载体进行分离,如用粉笔分离红墨水或蓝墨水,分离色素等,想一想粉笔和滤纸分离的原理有何异同？

实验 4

配制一定物质的量浓度的溶液 (学生必做实验)



问题和背景

在实际生产、生活中,对溶液浓度的准确程度要求并不相同。准确程度在科学分析上常通过有效数字的位数来衡量,有效数字的位数不仅涉及测量的准确程度,也直接影响到测量的相对误差。科学研究特别是化学分析中,经常需要使用浓度准确程度达到 3 位甚至 4 位有效数字的溶液。配制浓度准确程度较高的溶液,是化学定量分析的基础。请思考下列问题:

- $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液与 $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液有何区别? 配制这两种溶液的要求有何不同?
- 你认为实验的准确程度取决于误差最小的一步还是误差最大的一步?
- 物质的量浓度是以体积衡量的,50 mL 酒精与 50 mL 水混合后体积是 100 mL 吗?



探索和研究

【实验目的】

1. 理解物质的量浓度溶液配制时定容的原理。
2. 掌握配制一定物质的量浓度溶液的方法。
3. 学会正确使用容量瓶,学会配制一定物质的量浓度溶液的基本操作。
4. 分析一定物质的量浓度溶液配制过程中可能产生误差的原因。

【实验原理】

1. 配制原理

配制溶液需要溶质和溶剂,请计算配制 100 mL $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化钠溶液需要固体氯化钠的质量,并在下面方框中书写计算过程[$M(\text{NaCl})$ 取 $58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$]。

由于体积不具有加和性,因此要保证溶液的体积是 100.0 mL,应先溶解后再定容至 100.0 mL。

要确保 $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液的准确程度,确定溶液体积的仪器可以用带刻度的烧杯或量筒吗?

2. 容量瓶

容量瓶是用于配制一定物质的量浓度的溶液的量器,可以记录 4 位有效数字。容量瓶属于单标线器具,只有一种固定的准确容积,使用时需要选择合适容积的容量瓶。容量瓶的瓶颈上有一条刻度线,瓶体标有温度和容积,如标记有 20°C 100 mL,则表示在 20°C 时,配制的液体的体积是 100 mL,可记录为 100.0 mL。

容量瓶使用前必须先检查是否漏水。具体方法:① 向容量瓶中加入水,塞紧瓶塞,一只手的食指顶住瓶塞,另一只手托住瓶底,把瓶倒立观察瓶塞周围是否漏水;② 如果不漏水,把瓶正立;③ 瓶塞旋转 180° 后塞紧,再把瓶倒立观察瓶塞周围是否漏水。两次都不漏水的容量瓶才能使用,如图 2.4(a)所示。不能用容量瓶进行溶解操作,也不能用容量瓶久贮溶液。容量瓶使用完毕要洗净晾干。

容量瓶的读数方法是:视线与溶液凹液面的底部平齐,且溶液凹液面底部与刻度线相切,此时溶液的体积就是容量瓶标注的体积,如图 2.4(b)所示。

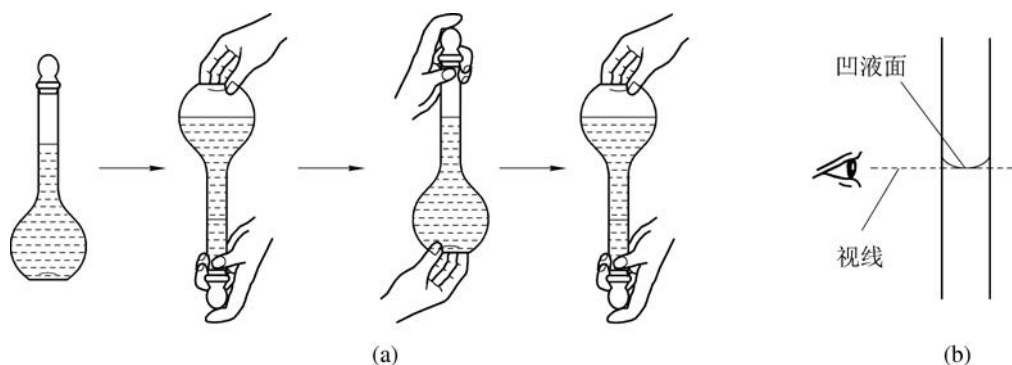


图 2.4 容量瓶的检漏和读数

【实验准备】

仪器: 容量瓶(100 mL)、电子天平(0.001 g)、烧杯(50 mL)、玻璃棒、洗瓶、胶头滴管、药匙、称量纸、标签纸、试剂瓶。

试剂: 氯化钠、蒸馏水。

【安全事项】

1. 容量瓶易倾倒,使用时不要用力过度。
2. 戴好防护眼镜。
3. 玻璃仪器易破碎,破碎后的玻璃仪器应放到指定的回收盒,如有伤害事故应及时向老师报告。

【实验步骤】

1. 计算

计算配制 100 mL $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液,需要氯化钠固体 _____ g [$M(\text{NaCl})$ 取 $58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$]。

2. 称量

用电子天平称量氯化钠固体。氯化钠固体的质量控制在 5.830~5.870 g 之间,记录实际的称量值为 _____ g,并将称得的固体全部转移至 50 mL 烧杯中。

3. 溶解

向装有氯化钠的 50 mL 小烧杯中加入适量的蒸馏水(25 mL 左右),用玻璃棒搅拌促使氯化钠完全溶解,并使溶液冷却至室温。

4. 转移

把烧杯中的溶液沿玻璃棒转移到 100 mL 容量瓶中。

5. 洗涤

用少量蒸馏水洗涤烧杯内壁及玻璃棒 2~3 次,将洗涤液全部转移到容量瓶中,轻轻摇动容量瓶,使溶液混合均匀。

6. 定容

将蒸馏水缓缓注入容量瓶,直至液面位于刻度线下 1~2 cm 时,改用胶头滴管滴加蒸馏水,使溶液凹液面的底部与刻度线相切。

7. 摇匀

塞紧瓶塞,上下颠倒几次,摇匀。

8. 标记

用实际称量得到的氯化钠的质量计算溶液的实际浓度。用少量配制好的溶液润洗试剂瓶 2~3 次,再将容量瓶中的剩余溶液转移到试剂瓶中。贴上标签,标记溶液名称、实际浓度和配制日期。

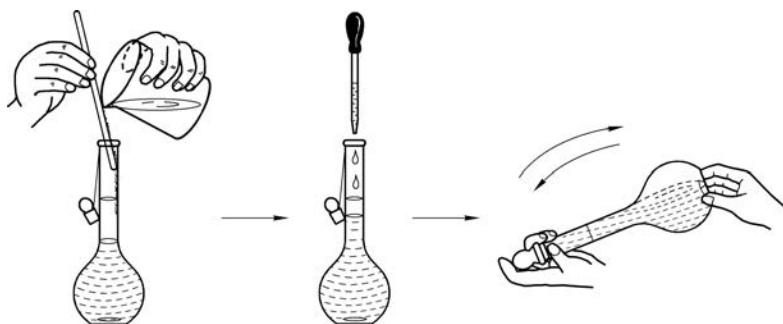


图 2.5 转移、定容与摇匀

【实验结论】



讨论和拓展

1. 评估和分析实验过程,简述为何转移溶液时需要洗涤? 另外,影响 NaCl 溶液浓度准确程度的因素还有哪些? 会产生怎样的影响? 应当如何避免?

2. 市售浓盐酸一般标有“浓度 36.0%~38.0%,密度 $1.19 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ”。用这种浓盐酸配制 100 mL $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的稀盐酸是否可行? 简述理由。

(在分析化学中对盐酸浓度准确程度要求很高,一般不直接配制 $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸标准溶液,其浓度常用基准物质来标定。碳酸钠具有较高的纯度,而且性质稳定不易吸潮,易溶于水,适合做基准物质。分析化学中可用准确配制的 Na_2CO_3 标准溶液来标定稀盐酸,把标定后得到的盐酸浓度标记在标签纸上。在定量分析实验中,许多物质的浓度都是采用基准物质标定得到的。)

实验 5 测定 1 mol 气体的体积



问题和背景

电解水得到氢气和氧气,可以知道水是由氢、氧两种元素组成的,但要确定水的分子式,还必须测定电解水所得到的氢气和氧气的体积。前者是定性实验,后者则是定量实验。化学上需要通过定量实验来进行物质组成、物质结构及物质的含量分析等,也需要通过定量实验测量一些化学常数。现代化学的发展在很大程度上是与定量测定技术的进步密切相关的。

定量实验的要求更高,需要做到数据尽可能准确。在现代化工生产中,定量测定是控制的必要条件。因此,在化学的学习中需要提高定量实验的设计及操作能力。

我们知道,1 mol 任何气体的体积在同温同压下是相同的,在 0°C 和 101 kPa 时约为 22.4 L,这个体积称为标准状况下气体的摩尔体积。 $22.4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ 是化学学科常用的一个常量,化学上还有许多常量或常数。请思考下列问题:

- 你还能举出其他一些常数吗?
- $22.4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ 这个数据是怎样测出来的? 以某气体为例,需要测量该气体的哪些数据才能换算出这个体积?
- 测定气体的体积,为什么要标明温度和压强? 常温、常压(假设为 101 kPa)时,1 mol 气体的体积比标准状况下的 22.4 L 大还是小,原因是什么?
- 化学定量实验对实验数据有何要求? 为了达到这样的要求,在实验的设计上需要充分考虑哪些问题?



探索和研究

【实验目的】

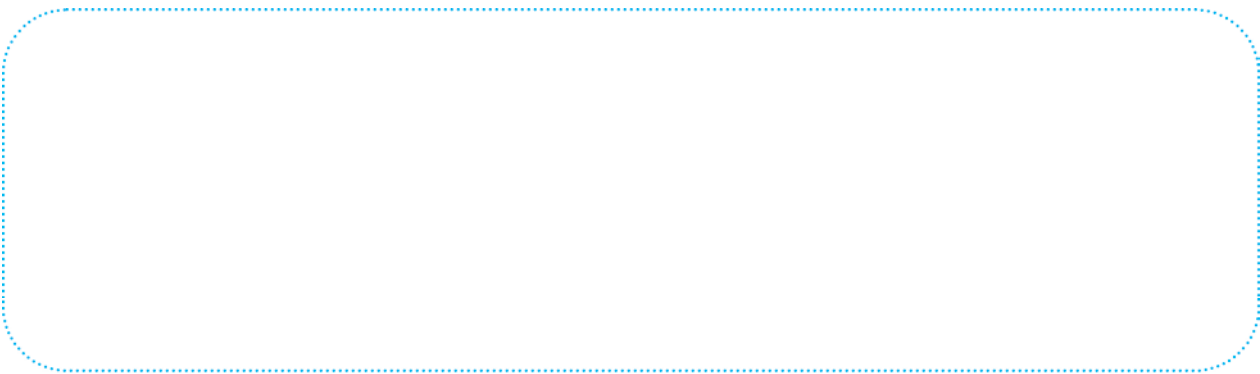
1. 学会利用量气管和水准管测量反应产生的气体体积的方法。
2. 理解测定气体摩尔体积的实验原理。
3. 学会测定 1 mol 气体体积的实验操作。
4. 知道实验误差的形成和实验相对偏差的计算。

【实验原理】

1. 实验时一般不会直接用 1 mol 的气体进行测量,请你分析其原因主要是什么?

理论上,可以在一定温度和压强下直接取一定体积(V)的某种气体,称出它的质量(m),或称取一定质量(m)的某种气体,量出它的体积(V),再根据这种气体的摩尔质量,计算出该温度下 1 mol 气体的体积。这其实是一种缩小和放大策略,你能列出计算表达式吗? 你认为这样的操作是否可行?

2. 如果请你设计实验测定 1 mol 氢气的体积,你会怎么做? 说出需要测量的数据和计算表达式,列出操作方案,并画出实验装置。



通过分析直接测量气体体积的装置(图 2.6)和排水法测量气体体积的装置(图 2.7),能发现你的设计中有什么问题,尝试完善你的设计方案。

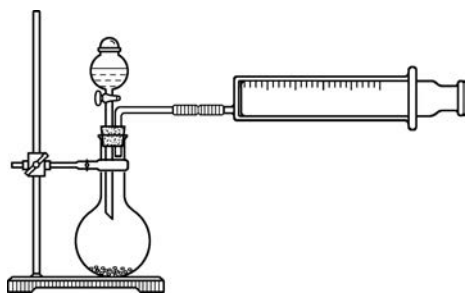


图 2.6 直接测量气体体积装置

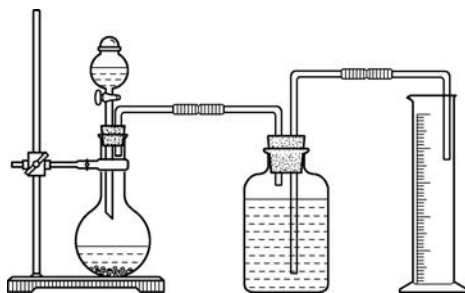


图 2.7 排水法测量气体体积装置

我们可以设想用等效替代的方法来测定气体的物质的量。例如,可以用镁与稀硫酸反应产生氢气,称取一定质量的镁跟酸完全反应,通过镁的质量(或物质的量)换算可以得到氢气的质量(或物质的量)。

氢气的体积 $[V(\text{H}_2)]$ 可用图 2.8 装置测出。

$$1 \text{ mol 氢气的体积} = \frac{V(\text{H}_2)}{n(\text{H}_2)} = \frac{V(\text{H}_2)}{n(\text{Mg})} = \frac{V(\text{H}_2)}{m(\text{Mg})} \times M(\text{Mg})$$

【实验准备】

仪器：量气管(25 mL 两头通,其中一头接橡皮管接口)、Y 形试管(15 mm×150 mm)(或称 Y 形管)、量筒(10 mL)、橡皮管、滴定台(附滴定管夹和烧瓶铁夹)、电子天平(0.000 1 g 或 0.001 g)、剪刀、砂纸、镊子、带阀门的三通阀(或三通鲁尔阀)。

试剂：镁带、 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 稀硫酸、水、红墨水。

【安全事项】

1. 量气管较长,使用时须当心。
2. 稀硫酸有一定的腐蚀性,不要滴到手上。
3. 倾斜 Y 形管时要小心,不宜过快,尽可能避免橡皮管被压堵住。

【实验步骤】

1. 按图 2.8 装配好实验装置,将量气管和水准管错开一定高度固定在滴定管夹上(其中量气部分尽量低一些,水准管部分尽量高一点),并做气密性检查。方法是:调节三通阀阀门,将通空气端关闭,另两端互通,从水准管口注入水(为方便观察可在水中滴入几滴红墨水)至水准管液面高出量气管中液面 5 cm 以上,停止注水。停留 1 min,观察两边液面高度的变化,若没有明显变化则装置的气密性良好。

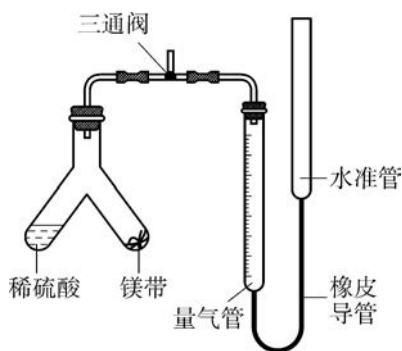


图 2.8 测定 1 mol 氢气体积装置

2. 用砂纸擦去镁带表面的氧化物,称取 $0.0150\sim0.0250\text{ g}$ 镁带(精确至 0.0001 g),把数值记录于表格中。

3. 取下 Y 形管,将 Y 形管倾斜,用镊子将已称量的镁带加到其中一边的支管中。

4. 用量筒量取约 $5\text{ mL } 1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸,小心倒入 Y 形管的另一边的支管中(千万不要将硫酸滴到镁带上),将 Y 形管重新与装置连接。

5. 调节三通阀阀门,将通 Y 形管端关闭,另两端互通,这时水准管与量气管内液面重新相平。从水准管慢慢注入水,至量气管液面接近 0 刻度处(使量气管内液面在 0 刻度下,并尽可能接近 0 刻度处)。读取量气管内液面刻度数据(读数估计至小数点后两位)为初读数,记录于表格中。

6. 调节三通阀阀门,将通空气端关闭,另两端互通。倾斜 Y 形管,让硫酸全部流入镁带的支管中反应。

7. 待反应结束冷却至室温后,调节水准管,使量气管与水准管两边液面再次相平后读取量气管内液面刻度,数据为末读数,记录于表格中。

思考：氢气的体积怎么算？将计算后的氢气体积填入下表。重复上述操作进行第二次实验。

实验记录：室温_____℃，大气压强_____kPa。

实验 次数	镁带质量 g	氢气体积			$\frac{1 \text{ mol 氢气体积}}{\text{L}}$
		初读数 mL	末读数 mL	$V(\text{H}_2)$ (末读数-初读数) mL	
1					
2					

【数据处理】

两次实验平均值：_____。

实验温度下，1 mol 氢气体积的参考值(由教师提供)：_____。

(或可以用 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ 换算，其中 p_1 是标准状态时的压强， V_1 是标准状态时 1 mol 气体的体积， T_1 是标准状态时的开氏温度， p_2 是实验时的压强， V_2 是实验时 1 mol 气体的体积， T_2 是实验时的开氏温度。)

相对偏差： $\frac{\text{测量值} - \text{参考值}}{\text{参考值}} \times 100\% = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

【实验结论】

实验结论：_____。

误差分析：_____。



讨论和拓展

1. 实验时，称取的镁带质量为何控制在 0.015 0~0.025 0 g？读量气管刻度数据时，为何每次都需要先调节两边液面相平？

2. 实验时对硫酸的浓度不做要求，可能带来什么问题？将硫酸换成盐酸你认为是否合理？说明理由。

3. 以下几种情况会产生怎样的误差？使实验结果偏大还是偏小？

实验情况	实验结果(偏大、偏小还是无影响)
镁带含有跟硫酸不反应的杂质	
没有擦去镁带表面的氧化镁	
未冷却至室温	
反应结束后未调节水准管使两边液面相平	

尽可能多地收集全班同学的实验数据,对这些数据进行对比,了解所有同学实验数据的一致性情况及与参考值的偏差情况(可以采用电子表格形式,做样本与摩尔体积的表格,然后利用电子表格拟合成一条直线,再对直线周边的点进行分析,举例见图 2.9)。

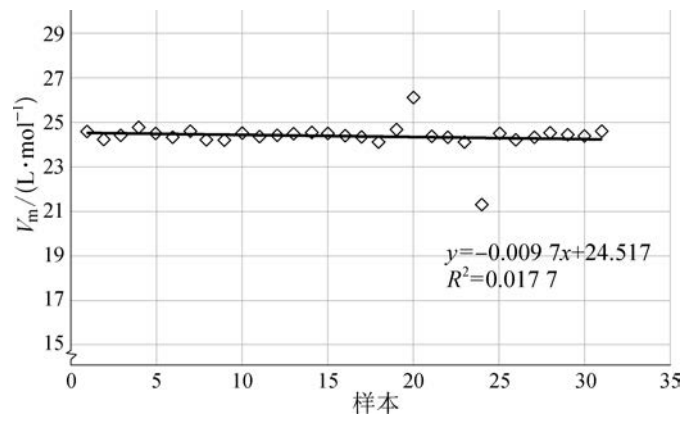


图 2.9 班级数据分析图

实验 6

用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子 (学生必做实验)



问题和背景

食盐不仅是日常生活的调味品,更是重要的化学原料,海水晒得的盐通常称为“粗盐”,也称“原盐”。通常,粗盐中氯化钠含量约为 80%~90%,还有 MgCl_2 、 MgSO_4 、 CaSO_4 、 NaBr 等一些其他的盐及泥沙等难溶性杂质。粗盐除了色泽差,还有其中的 MgCl_2 易引起盐潮解、 MgSO_4 易导致腹泻等缺点。工业生产时,粗盐中的杂质会导致下游产品质量不高、生产成本增加,还会有生产管道堵塞等安全隐患。除杂后的氯化钠纯度较高,常称为精盐,电解精盐的饱和溶液可进一步得到氯气、氢气和烧碱。食用盐则还需要适当添加其他有效成分,并符合国家 GB5461—2000 标准。请思考下列问题:

- 你认为除去杂质的要求有哪些?
- 如何除去氯化钠中泥沙等难溶性杂质?
- 对于可溶性杂质离子,你认为该如何除去?



探索和研究

【实验目的】

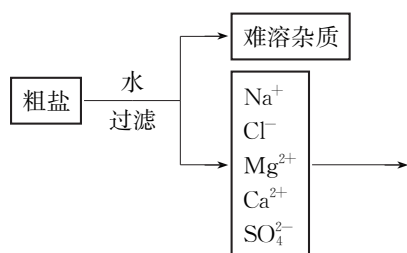
1. 掌握化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子的实验操作。
2. 理解物质分离的基本原理,熟练掌握溶解、过滤、蒸发等物质分离的基本操作。

【实验原理】

1. 粗盐中有泥沙等难溶性杂质和可溶性杂质,请思考先除去哪一类杂质,如何除去?

2. 可溶性杂质一般可以转化为气体或沉淀除去, Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 等离子可以转化为对应的什么物质除去? 用什么试剂实现这样的转化?

3. 请你设计除去这些杂质离子的方案(建议用流程图的形式,参照下面的流程图,可在后面继续设计你的方案)。需注意:加入多种试剂时,是否需考虑加入试剂的先后顺序?如何确定加入的试剂已经足量?



【实验准备】

仪器: 烧杯(250 mL)、量筒(100 mL)、玻璃棒、漏斗、蒸发皿、表面皿、100℃温度计、酒精灯、研钵、铁架台(带铁圈)、坩埚钳、胶头滴管、剪刀、称量纸、滤纸、火柴、电子天平、陶土网(或石棉网)。

试剂: 粗盐、水、蒸馏水、 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ BaCl_2 溶液、饱和 Na_2CO_3 溶液、 $0.5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液、 $6\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸、pH 试纸。

【安全事项】

1. BaCl_2 溶液有毒,避免直接接触。
2. NaOH 溶液和饱和 Na_2CO_3 溶液碱性较强,避免接触皮肤。
3. $6\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸溶液有较强腐蚀性,使用时要小心。
4. 加热时,请戴好防护手套和防护眼镜,防止液体、固体溅出导致烫伤。

【实验步骤】

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	在研钵中将粗盐研细,用天平称取 30 g 粗盐,放入 250 mL 烧杯中,加入 100 mL 水,搅拌使粗盐溶解。过滤除去不溶性杂质		
2	向滤液中滴加 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ BaCl_2 溶液,静置片刻,向上层清液中继续滴加 BaCl_2 溶液,如此重复,直到上层清液中沉淀不再增加为止		
3	向烧杯中滴加 $0.5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液(约 1 mL),至 pH 约为 11		
4	将烧杯放在垫陶土网(或石棉网)的铁圈上,用小火加热滤液至 70°C ,逐滴加入饱和 Na_2CO_3 溶液,边滴边静置片刻,直到上层清液中不再生成新的沉淀为止(再多加 0.5 mL Na_2CO_3 溶液)。停止加热,检验溶液里的 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 是否沉淀完全。再控制温度在 70°C 左右约 2 min,冷却,过滤,弃去滤渣		

(续表)

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
5	向上一步的滤液里逐滴加入 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸,同时用 pH 试纸测溶液 pH,调整溶液的 pH 等于或略小于 7		
6	把溶液全部倒入洁净的蒸发皿里,加热蒸发,直到出现较多晶体时,停止加热,用坩埚钳将蒸发皿移至陶土网(或石棉网)上冷却		
7	晶体过于潮湿时,可将蒸发皿放至垫有陶土网(或石棉网)的铁圈上,用小火烘干。冷却后称重,计算回收率,即得产品		

【实验结论】



讨论和拓展

1. 步骤 1 中称 30 g 粗盐用 100 mL 水溶解的依据是什么? 水过多或过少分别会有什么后果? (20°C 时,氯化钠的溶解度为 $35.9 \text{ g}/100 \text{ g}$ 水)

2. 请把你的实验流程用箭头表示出来,并对每步操作目的做出必要解释。如果不考虑加入的试剂顺序,会有什么后果?

3. 某工业废水经初步测定显酸性,还含 K^{+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 NO_3^{-} 和 SO_4^{2-} 。请设计实验除去其中的杂质离子,得到 KNO_3 固体。(用流程图形式表示实验方案)

实验 7

测定氢氧化钡溶液与稀硫酸反应时溶液电导率的变化



问题和背景

碱、酸、盐大多是电解质,电解质在溶液中会发生电离形成离子,从微观上看电解质之间的反应应该是离子间的相互反应。人们用肉眼无法直接观察到微粒,怎么知道离子间会不会反应呢?当然,借助某些现象能够判断反应的发生,但有些反应不表现出明显现象,我们怎么知道有没有反应呢?认清离子反应本质,把握离子反应的条件及规律,就能从理论上分析离子间可能发生的反应,对指导工业生产和生活都十分有意义。请思考下列问题:

- 为什么碳酸钠、碳酸钾与盐酸或硫酸反应现象往往会相同?
- 向滴有酚酞的氢氧化钠溶液中加入盐酸,溶液红色褪去,是盐酸与酚酞反应还是盐酸与氢氧化钠反应?
- 溶液的导电能力与哪些因素有关?在温度不变的情况下,引起溶液导电能力发生变化的原因可能是什么?



探索和研究

【实验目的】

1. 学习使用数据采集器和传感器测量溶液的电导率。
2. 对比两种不同的实验方案,体会化学研究方法的多样性。
3. 通过对溶液电导率变化的分析,探究离子反应的实质以及发生的条件。
4. 进一步理解电解质溶液导电能力与离子浓度的关系。

【实验原理】

分别列出 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与稀硫酸中(除 H_2O 外)主要存在的微粒。

从 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与稀硫酸中存在的微粒形式思考,分析两者混合时是什么微粒之间发生了反应?你认为两者反应会有什么现象?从离子浓度的角度看,反应后会减小还是增大?怎样证明你的结论?

某种电解质离子总浓度的变化可通过用传感器测量溶液电导率变化的方法来分析。在温度一定的条件下,溶液的电导率主要与自由移动的离子浓度有关(与离子种类也有关系),在其他条件相同时一般离子总浓度越大溶液电导率也会越大。所以,通过测溶液电导率的变化,可以分析溶液中离子总浓度的变化。

【实验准备】

仪器:烧杯(100 mL)、量筒(50 mL)、滴定管(25 mL)、滴定管夹、滴定台(或铁架台)、导电演示器(多组发光二极管)、石墨电极(直径 5 mm、长度 100 mm 左右)、导线、数据采集器、电导率传感器(亦称导电率传感器)、滴数传感器(滴数计)、滴液管、铁夹、磁力搅拌器等。

试剂: $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液、 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硫酸、 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液、 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硫酸。

【安全事项】

1. 硫酸与氢氧化钡均有很强的腐蚀性,避免接触皮肤。
2. 磁力搅拌器启动时先慢后加快,但不宜过快,防止液体溅出。
3. 使用电脑的实验需要注意电脑防水。
4. 实验时连接的导线较多,移动时需要特别小心。

【实验步骤】

实验 1:

1. 按图 2.10 连接装置。
2. 取一只 100 mL 烧杯放入一枚搅拌磁子,注入约 25 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液。将两根石墨电极分开放入溶液中并固定,再连接到导电演示器上。打开导电演示器电源,观察二极管发光情况。

3. 取一支 25 mL 滴定管,注入 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硫酸,赶尽滴定管中液体内部的气泡后,调节液面至 0 刻度。将滴定管固定在滴定台上的滴定管夹上,调节位置,使滴定管位于烧杯正中上方。

4. 启动磁力搅拌器,调节到合适的转速。
5. 慢慢打开滴定管旋塞,向烧杯中逐滴滴加稀硫酸,边滴边观察并记录实验现象。

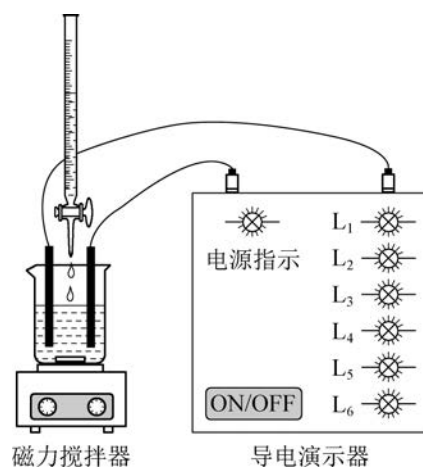


图 2.10 氢氧化钡与硫酸反应过程中溶液导电性变化(夹持装置略)

实验操作	烧杯中出现的现象	导电演示器发光情况
滴入稀硫酸		

【实验结论】

实验 2：

1. 数据采集器与传感器的连接

将数据采集器、滴数传感器(图 2. 11)、电导率传感器与电脑等连接(图 2. 12)。（不同品牌的数据采集器与传感器连接方式可能不同,请咨询教师,此处仅提供一个样例。）



图 2. 11 滴数传感器

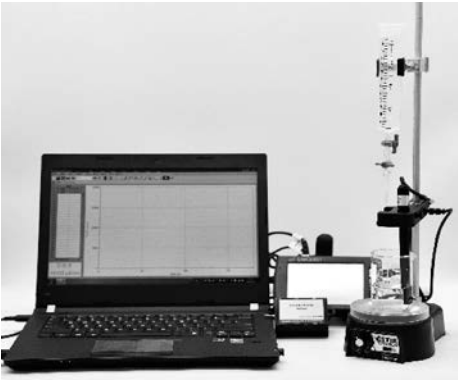



图 2. 12 数据采集器与传感器、电脑的连接

2. 启动软件进行操作设置

启动电脑数字实验应用程序,软件一般会自动识别传感器并自动启动图像模式的横坐标和纵坐标。本实验横坐标是滴入的液体体积,纵坐标为溶液电导率(图 2. 13)。点击工具栏上的设置按钮,弹出数据采集设置对话框,在下拉菜单中选择数字事件,完成数据采集模式设置(图 2. 14)。

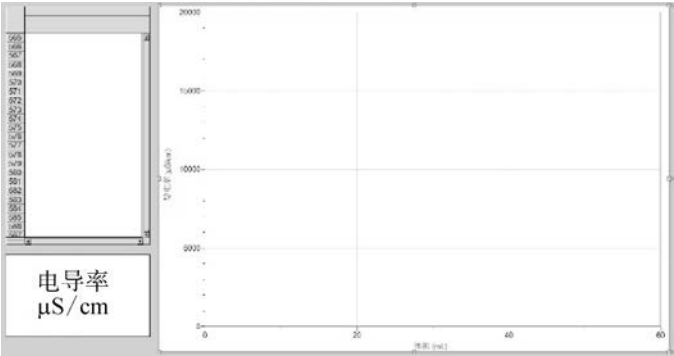


图 2. 13 实验坐标图




图 2. 14 数据采集模式设置

3. 实验准备

量取 40 mL $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Ba(OH)}_2$ 溶液倒入小烧杯中,调节电导率传感器,确保探测头完全被溶液浸没。将滴液管固定在滴数传感器上方,调节滴头位置,保证液体在滴数传感器红外光电门区域内滴下。关闭滴液管活塞,向滴液管内加满 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硫酸。

4. 开始滴液测量实验

(1) 单击应用程序的采集按钮  采集。

(2) 启动磁力搅拌器,并调节至中等转速。

(3) 慢慢打开滴液管下端活塞,向烧杯中滴加稀硫酸,控制滴加液体速度约为每秒 1 滴,观察烧杯中溶液出现的现象和屏幕上溶液电导率曲线的变化,并记录。

(4) 关闭滴液管下端的活塞,停止滴液,停止数据采集,保存实验曲线,并结束实验。图 2.15 是某次实验采集到的溶液电导率随滴入稀硫酸体积变化的实验曲线,供参考。

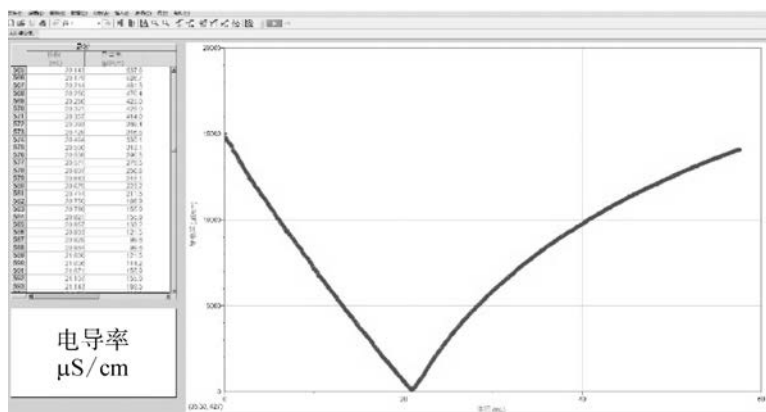


图 2.15 某次溶液电导率变化曲线

【实验结论】

讨论和拓展

1. 你从测得的电导率变化中获得了哪些信息,请结合实验曲线说明。由此分析在 Ba(OH)_2 溶液与稀硫酸的反应中哪些微粒参加了反应,与你的预估是否一致? 请用实际参加反应的微粒书写离子方程式。

2. 用同样装置测得向盐酸中滴加氢氧化钠溶液的过程中溶液电导率的变化,得到如图 2.16 所示的实验曲线,与图 2.15 相比,你能得出什么结论?

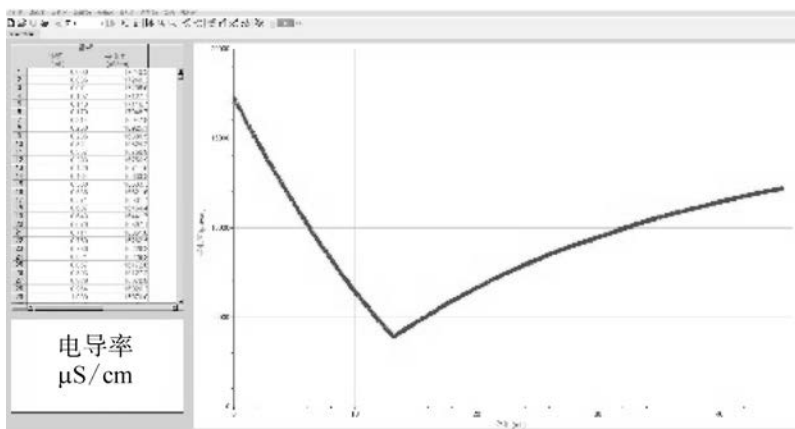


图 2.16 电导率变化曲线

如果实验在还没有出现拐点时就停止,你认为是否合理,说说你的看法。

3. 根据电解质的电离情况,请分析在离子反应中,有哪些减少自由移动离子的途径,并归纳出离子反应发生的条件。

实验 8 比较氯、溴、碘的活泼性和检验卤素离子



问题和背景

氯、溴、碘属于卤族元素,同族元素化学性质相似。化学性质相似的元素活泼性也有差异,认识元素化学性质的相似性,同时能把握它们性质的差异性,有助于全面认识元素及其化合物。用氯、溴、碘活泼性的差异,可以实现将海水中化合态的溴或碘转化为游离态的溴单质或碘单质。城市自来水和市售饮用纯水都是纯水吗?其实自来水中含有多重离子,氯离子就是其中最常见的离子。如何检验自来水中是否含有氯离子?近年来家用净水器已非常普及,怎么确定净水器出来的水中已几乎不含氯离子?请思考下列问题:

- 你认为氯、溴、碘单质的活泼性有无差异?如果有,请预测它们活泼性的顺序。
- 根据物质检验的一般方法,你觉得用什么方法检验 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 等卤素离子?



探索和研究

【实验目的】

1. 学会比较氯、溴、碘活泼性的实验方案设计。
2. 通过实验探究氯、溴、碘的活泼性。
3. 掌握检验氯离子、溴离子和碘离子的基本方法。

【实验原理】

1. 氯、溴、碘单质活泼性比较

锌、铁和铜三种金属单质的活泼性由大到小依次为 Zn 、 Fe 、 Cu ,这可以通过化学实验得出。它对你是否有启示?若请你设计实验比较氯、溴、碘三种非金属单质的活泼性,你准备怎么做?你需要思考以下几个问题:

- 金属活泼性与非金属活泼性的不同。金属单质活泼性主要是单质还原性的体现,非金属单质活泼性则是单质氧化性的体现,这对我们选择用何种试剂会产生影响。
- 怎样证明生成物是 Cl_2 、 Br_2 或 I_2 ?

实验方案

2. 检验卤素离子

Cl^- 、 Br^- 、 I^- 与 Ag^+ 可分别生成 AgCl (白色沉淀)、 AgBr (浅黄色沉淀) 和 AgI (黄色沉淀), 利用这些特征反应可检验 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 。

根据物质溶解性信息(可参见教材附录), 其他离子是否也能与 Ag^+ 结合生成微溶物或难溶物? 如果有, 可能会干扰卤素离子的检验, 你认为应如何排除干扰?

【实验准备】

仪器: 试管、胶头滴管、黑色背景纸一张。

试剂: 新制氯水、1% 溴水、碘水、 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$ 溶液、 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaBr}$ 溶液、 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KI}$ 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$ 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaBr}$ 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KI}$ 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Na}_2\text{CO}_3$ 溶液、1% AgNO_3 溶液、 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硝酸、 CCl_4 、蒸馏水、市售瓶装饮用水、自来水等。

【安全事项】

1. 氯水、溴水易挥发, 腐蚀性强, 使用时要小心, 避免长时间敞开, 避免接触皮肤。
2. AgNO_3 、稀硝酸腐蚀性强, 避免接触皮肤。
3. CCl_4 有较强烈刺激性, 对人体有一定危害, 使用时要小心, 最好在通风条件下操作。

【实验步骤】

实验 1: 比较氯、溴、碘单质的活泼性

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	取 1 支试管, 加入 2 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaBr}$ 溶液, 向其中小心滴加 2 mL 新制氯水, 振荡, 观察实验现象; 再向试管中加入 1 mL CCl_4 , 充分振荡, 静置, 观察实验现象		
2	取 1 支试管, 加入 2 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KI}$ 溶液, 向其中小心滴加 2 mL 新制氯水, 振荡, 观察实验现象; 再向试管中加入 1 mL CCl_4 , 充分振荡, 静置, 观察实验现象		

(续表)

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
3	取 1 支试管,加入 2 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液,向其中小心滴加 1 mL 溴水,振荡,观察实验现象;再向试管中加入 1 mL CCl_4 ,充分振荡,静置,观察实验现象		
4	取 1 支试管,加入 2 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液,向其中小心滴加 1 mL 溴水,振荡,观察实验现象;再向试管中加入 1 mL CCl_4 ,充分振荡,静置,观察实验现象		
5	取 1 支试管,加入 2 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaBr 溶液,向其中小心滴加 1 mL 碘水,振荡,观察实验现象;再向试管中加入 1 mL CCl_4 ,充分振荡,静置,观察实验现象		
6	取 1 支试管,加入 2 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液,向其中小心滴加 1 mL 碘水,振荡,观察实验现象;再向试管中加入 1 mL CCl_4 ,充分振荡,静置,观察实验现象		

实验 2: 检验卤素离子

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	取 3 支试管编号为 a 、 b 、 c ,向 a 试管中加入 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液,向 b 试管中加入 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaBr 溶液,向 c 试管中加入 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液,再向 3 支试管中分别滴加数滴 1% AgNO_3 溶液,将 3 支试管放在黑色背景纸前对比观察现象		
2	向 a 、 b 、 c 试管中分别加入 1 mL 稀硝酸,观察现象		
3	再取 2 支试管编号为 d 、 e ,向 d 试管中加入 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液,向 e 试管中加入 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 溶液,再分别向试管中滴入数滴 1% AgNO_3 溶液观察现象		

(续表)

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
4	向 <i>d</i> 、 <i>e</i> 试管中分别加入 1 mL 稀硝酸, 观察现象		
5	再取 3 支试管编号为 <i>f</i> 、 <i>g</i> 、 <i>h</i> , 分别加入 2 mL 蒸馏水、市售瓶装饮用水和自来水, 再向试管中滴入数滴 1% AgNO_3 溶液观察现象		
6	向 <i>f</i> 、 <i>g</i> 、 <i>h</i> 中出现浑浊的试管加入 1 mL 稀硝酸, 观察现象		

【实验结论】



讨论和拓展

1. 你认为实验 1 中步骤 4~6 的目的是什么? 为什么要设计实验 2 中的步骤 3 和步骤 4?

2. 若不使用 CCl_4 , 你还会选择什么试剂作萃取剂? 你是否还有其他方案来完成实验 1?

3. 除本实验外, 你能否找出其他证明氯、溴、碘活泼性顺序的依据?

4. 在实验过程中有没有与你预估的不同现象出现? 你又是通过怎样控制实验操作使之与你预估的现象相同的? 试着查阅资料解释出现的不同现象。

实验 9 不同价态含硫物质的转化(学生必做实验)



问题和背景

含硫元素的物质种类很多,如单质硫、硫化氢、二氧化硫、硫酸、硫酸钠等。通过化学反应可以探索物质的性质、实现物质之间的转化。探究含有不同价态硫元素的物质之间的相互转化,有助于我们认识物质的性质,在自然资源综合利用、环境保护和促进社会文明进步中具有重要价值。

请你尽可能多地在图 2.17 中列举出不同价态硫元素所对应的物质,并思考下列问题:

- 自然界中有哪些常见的含硫物质? 这些不同价态的含硫物质之间进行了哪些转化? 这些转化给人类的生产和生活带来了哪些影响?
- 含有不同价态硫元素的物质之间的转化,需要借助哪些类型的化学反应(如离子反应、氧化还原反应等)来实现? 如果通过实验来实现这些转化,你会选择用什么试剂来进行验证?

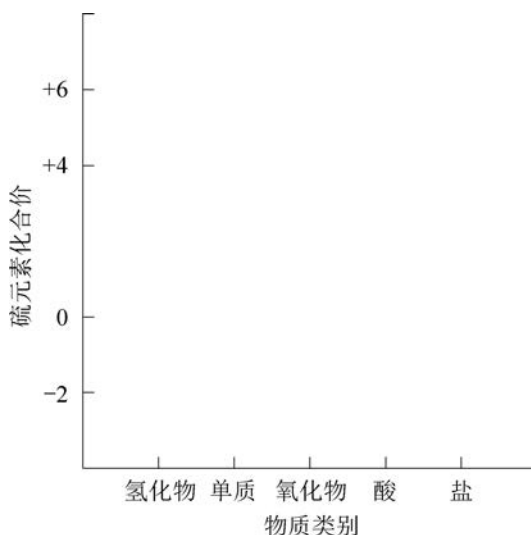


图 2.17 硫及其化合物的“价-类”二维图



探索和研究

【实验目的】

1. 能利用氧化还原反应等知识分析不同价态含硫物质的转化原理。
2. 通过实验探究不同价态含硫物质之间的转化。
3. 初步建立认识元素及其化合物性质及转化的视角。

【实验原理】

硫元素主要价态为 -2 、 0 、 $+4$ 、 $+6$,不同价态含硫物质会表现出不同的还原性或氧化性。用具有氧化性或还原性的物质与不同价态硫的化合物反应,可以实现不同价态物质间

的相互转化。

请你列举出常见的氧化剂或还原剂,填入下表。

物质分类	物质列举
氧化剂	
还原剂	

请你选择合适的试剂完成下列不同价态含硫物质的转化。

硫元素价态变化	物质的变化	选择的试剂	预期现象和结论
$-2 \rightarrow 0$	$\text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{S}$		
$0 \rightarrow +4$	$\text{S} \rightarrow \text{SO}_2$		
$+6 \rightarrow +4$	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2$		

【实验准备】

仪器: 试管、石英试管、Y 形管、导管、酒精灯、玻璃棒、方座支架或铁架台(带铁夹)、陶土网(或石棉网)、镊子、棉花、药匙、火柴、试管架、试管夹、双孔塞、气球。

试剂: 硫粉、铁粉、铜片(3 mm×6 mm)、新制氯水、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}$ 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液、 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硫酸、 0.5% KMnO_4 的酸性溶液、 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液、浓硫酸、 0.1% 品红溶液、亚硫酸钠固体、 60% 硫酸。


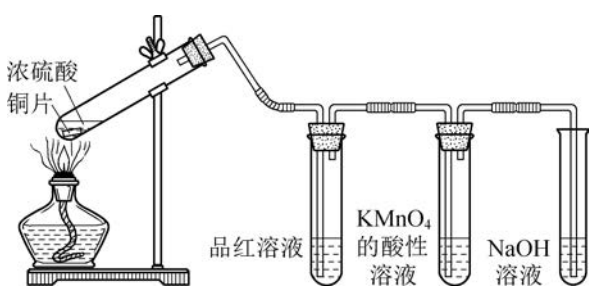
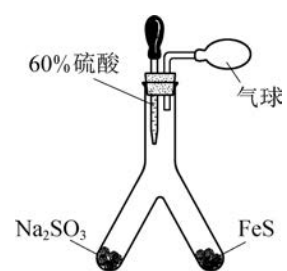
【安全事项】

1. 浓硫酸具有很强的腐蚀性,使用时要十分小心,不要将浓硫酸溅到眼睛、皮肤和衣服上。
2. 当硫粉与铁粉开始反应后立即停止加热。
3. 实验中可能会产生少量有害气体,要注意通风,并严格按照规范操作以减少对人体和环境的危害。

【实验步骤】

序号	价态的转化	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	-2 转化为 0 、 $+4$ 或 $+6$	取 2 支试管,分别加入 1 mL Na_2S 溶液,向其中 1 支试管中滴入少量氯水后振荡,向另 1 支试管中滴入几滴 KMnO_4 的酸性溶液后振荡,观察现象		

(续表)

序号	价态的转化	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
2	$0 \rightarrow -2$	<p>将 0.5 g 硫粉和 1 g 铁粉充分混合后,装入石英试管中,在试管口塞入一团蘸有过量 NaOH 溶液的棉花。用酒精灯给试管加热(图 2.18),待试管内固体红热后立即移走酒精灯,观察现象。[也可以将硫粉与铁粉的混合物铺在陶土网(或石棉网)上,用热玻璃棒来引发反应]</p>  <p style="text-align: center;">图 2.18</p>		
3	$+4 \rightarrow +6$	<p>取 1 支试管,加入 1 mL Na_2SO_3 溶液,再滴入几滴 KMnO_4 的酸性溶液后振荡,观察现象</p>		
4	$+6 \rightarrow +4$ $+4 \rightarrow +6$	<p>如图 2.19 所示,在大试管中放入一小片金属铜,向试管中加入 2 mL 浓硫酸,连接好装置后,加热试管,观察现象</p>  <p style="text-align: center;">图 2.19</p>		
5	-2 与 +4 间的反应	<p>取 1 支试管,加入 1 mL Na_2S 溶液,再向试管中滴加 1 mL Na_2SO_3 溶液,并滴入几滴 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硫酸酸化,观察现象。</p> <p>取 Y 形管,在其中 1 个支管中放入少量实验操作 2 得到的固体硫化亚铁,并滴入几滴水,在另 1 个支管中放入少量 Na_2SO_3 固体。按图 2.20,双孔塞中一孔系有气球的导管,另一孔中插入吸有 60% 硫酸的胶头滴管。倾斜 Y 形管,向硫化亚铁固体中滴几滴硫酸,再将 Y 形管向另一边倾斜,向 Na_2SO_3 固体中滴几滴硫酸,观察现象</p>  <p style="text-align: center;">图 2.20</p>		

【实验结论】



讨论和拓展

1. 实验中铁粉与硫粉反应后残留固体的成分是什么？请提出假设并设计实验加以验证。

2. 通过本实验你得出的结论是否与你的假设吻合？请你用框图或流程图的形式表示不同价态含硫物质之间的转化(注明转化条件和试剂)。

3. 在实验中你是否遇到超出预期的实验现象？这些现象产生的原因可能是什么？

4. Na_2SO_3 在空气中是否会变质？如果会变质，请你预测变质后的生成物，并设计实验进行验证。

实验 10 不同价态含氮物质的转化



问题和背景

氮元素对地球上所有生命都至关重要,是所有蛋白质及 DNA 中具有决定性作用的元素之一,植物生长离不开氮元素。随着人口的增长,对粮食的需求越来越大,氮肥的广泛使用促进了粮食的增产增收,大大缓解了粮食危机。土壤和大气中氮元素成分相对固定,氮元素在自然界中建立了自身完整的循环。认识“氮-氮的转化”能促进对自然界中氮循环及人类对氮循环干预的价值与危害的理解,进一步树立人与自然和谐共生、社会可持续发展的理念。请思考下列问题:

- 大气中含有大量的氮元素,为什么植物生长还需要补充氮元素?
- 农业有谚语“雷雨肥田”,考虑其中蕴涵着怎样的物质转化?
- 请你尽可能多地在图 2.21 中列举出不同价态氮元素所对应的物质,并思考这些物质间能否实现转化。如果能,则需要通过哪些反应来实现?

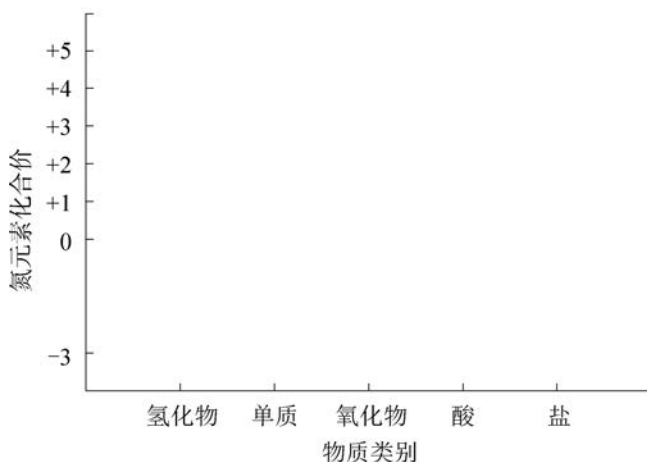


图 2.21 氮及其化合物的“价-类”二维图



探索和研究

【实验目的】

1. 通过实验,探究氨与铵盐的化学性质。
2. 从元素化合价变化的视角来认识氮及其化合物的性质。
3. 能从类别、价态等多角度认识含氮物质之间的转化。

【实验原理】

1. 研究物质的性质可从元素价态、物质类别等角度探究,请设计实验探究氨、铵盐的性质(列出你的探究设想)。

2. 谚语“雷雨肥田”是指在放电的条件下 N_2 与 O_2 反应生成了 NO , 并进一步反应生成具有肥效的硝酸。请结合元素化合价分析 NO 、 NO_2 与 HNO_3 之间的转变是怎样实现的。

物质间转变	选择试剂	预期现象或结论
$\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$		
$\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$		
$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}$ 或 NO_2		

【实验准备】

仪器：试管、烧杯(250 mL)、玻璃棒、表面皿、酒精灯、水槽、空饮料瓶、铁架台(带铁夹)、药匙、火柴、试管架、试管夹、剪刀、注射器(带针头)、注射器专用阀门(鲁尔阀)、双面胶。

试剂：试管(充满氨)、5~10 mL 无色 NO (20 mL 注射器收集)、酚酞试液、石蕊试液、浓氨水(市售)、浓盐酸(市售)、氯化铵固体、硝酸铵固体、硫酸铵固体、氢氧化钙固体、红色石蕊试纸、蒸馏水、2 块铜片(0.05 mm×5 mm×5 mm)、1 mol·L⁻¹ NaOH 溶液、浓硝酸(市售)、3 mol·L⁻¹ 稀硝酸、2 mol·L⁻¹ NaOH 溶液。

【安全事项】


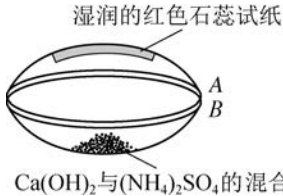
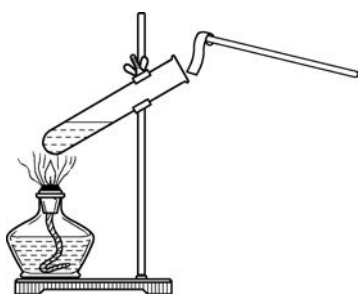
1. 在水中进行实验操作时请戴橡胶手套。
2. 浓氨水、浓盐酸和浓硝酸的挥发性强、腐蚀性强、并有强刺激性气味, 口鼻与之不可靠得过近, 避免接触皮肤。
3. 推、拉注射器芯杆均应缓慢, 吸液时注射器针头保持在液面下方。
4. 实验用量应遵照提示, 特别是注射器中使用的铜片不可过大。
5. 使用注射器针头、剪刀等器具时要小心, 防止发生伤害。

【实验步骤】


实验 1: 氨、铵盐的性质

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	水槽中加入水至一半, 往水中滴加 4~5 滴酚酞试液。将 1 支集满氨的试管(试管预先用橡皮塞塞紧)倒置于水槽中, 在水下缓缓打开橡皮塞, 观察现象		
2	在洁净的玻璃棒上粘一张湿润的红色石蕊试纸, 将试纸靠近浓氨水的瓶口, 轻轻打开瓶盖观察现象		

(续表)

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
3	<p>取 1 只空饮料瓶(小于 330 mL 即可),在瓶盖内侧用双面胶粘一张大小合适的滤纸。向瓶内滴 2 滴浓氨水,向瓶盖内侧滤纸上滴 2 滴浓盐酸,然后迅速盖上瓶盖并拧紧,观察现象,如图 2.22 所示</p>  <p>图 2.22 氨与氯化氢反应</p>		
4	<p>取 1 只表面皿 A,在内侧粘贴一张湿润的红色石蕊试纸。另取 1 只表面皿 B,加入约半药匙硫酸铵固体,再向硫酸铵固体中加入约小半药匙熟石灰固体,轻轻拌匀后,用表面皿 A 盖住表面皿 B(图 2.23),观察现象</p>  <p>图 2.23 硫酸铵与熟石灰反应</p>		
5	<p>取 3 支试管编号后,分别加入约 1 g 氯化铵、1 g 硝酸铵和 1 g 硫酸铵晶体,加入少量蒸馏水溶解,再各加入 2 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液,加热试管,并将粘在玻璃棒上湿润的红色石蕊试纸靠近试管口上方,观察试纸的颜色变化,如图 2.24 所示</p>  <p>图 2.24 铵盐与碱的反应</p>		

实验 2：氮氧化物、硝酸的性质

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	在 20 mL 注射器内收集 5~10 mL 无色 NO 气体，并将带活塞的阀门(或二通鲁尔阀)接在注射器上。注射器芯杆朝下，一边轻轻打开阀门一边将注射器芯杆往外拉，吸入少量空气，关闭阀门观察现象		
2	将上述实验的注射器接上针头吸入 3~5 mL 水，关闭阀门振荡，观察现象。再将注射器芯杆朝下，一边轻轻打开阀门一边将注射器芯杆往外拉，吸入少量空气，关闭阀门观察现象。再次振荡继续观察，可如此反复 3~5 次		
3	取 1 支试管加入 2 mL 紫色石蕊试液，向试管中注入 1 mL 第 2 步操作的注射器中的溶液，振荡试管观察现象		
4	<p>取 2 只 20 mL 注射器编号后将芯杆抽出，各放入一块 0.05 mm×5 mm×5 mm 薄铜片，放入芯杆。在注射器头上接阀门和针头，吸取少量水将注射器朝上推芯杆排尽空气和水。取其中一只注射器吸取 3 mL 稀硝酸后关闭阀门，取下注射器针头将注射器芯杆朝上放入热水中，如图 2.25 所示。</p>  <p>图 2.25 稀硝酸与铜的反应</p> <p>取另 1 只注射器吸取 3 mL 浓硝酸后关闭阀门，静待片刻后，观察现象</p>		

(续表)

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
5	取出第 4 步骤的注射器,将注射器芯杆朝下,一边轻轻打开阀门,一边将注射器芯杆往外拉,吸入少量空气,关闭阀门观察现象。再次振荡继续观察。两只注射器接上针头,将溶液慢慢注入盛有 20 mL $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液的烧杯中		

【实验结论】



讨论和拓展

- 通过本次实验,请你列出铵态氮肥施用的注意事项,以指导科学施肥。

- 请你将雷雨肥田过程中含氮物质的转化关系用流程图形式表达出来。

- 实验 1 中,饮料瓶中的氨与氯化氢发生了反应,若把浓盐酸换成硫酸,你认为会出现相同的现象吗?请简述理由。

实验 11 测定硫酸铜晶体中结晶水的含量



问题和背景

测定未知物质的化学组成,确定物质的化学式是化学研究的重要内容。测定未知物质的化学式,首先应确定它的元素组成,然后测出元素的质量分数,并计算出物质中各个原子的最简整数比;再测定出这种物质的摩尔质量,通过摩尔质量推算出化学式。重量法是测定某组分或某元素质量分数的实验方法,也是测定未知物质化学式的重要方法。有些物质的化学式中原子的物质的量比是最简整数比,如水的化学式 H_2O ;有些则不是,如葡萄糖的化学式 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。

很多晶体物质都带有相对固定组成的结晶水,如 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 等。水合硫酸铜晶体中的 H_2O 以某种作用方式与 CuSO_4 结合,在 110°C 开始失去结晶水, 258°C 时会失去全部结晶水,但温度高到 650°C 时 CuSO_4 会分解生成黑色的氧化铜。请思考下列问题:

- 怎样通过简单可行的实验可以证明水合晶体带有结晶水?
- 这些物质中的结晶水的含量可以通过什么方法测定?



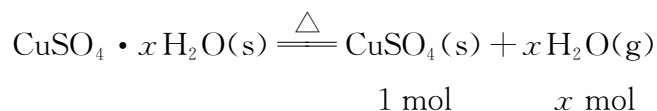
探索和研究

【实验目的】

1. 了解加热法定性测定水合硫酸铜晶体中结晶水的方法。
2. 理解重量法定量测定结晶水合物中结晶水含量的化学原理。
3. 了解恒重操作的意义,学会进行恒重操作。
4. 掌握灼烧的实验操作,学会使用干燥器等仪器。

【实验原理】

水合晶体受热后会失去结晶水,以水合硫酸铜晶体为例(因结晶水含量待测定,设化学式为 $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)失水的化学方程式:



即有：

$$\frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} : \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = 1 : x$$

依据上述原理,需要测定哪些实验数据?若测定分解产生的水的质量,以下两种方案中你会选择哪种?请说明理由。

方案Ⅰ:将分解产生的水蒸气冷凝后收集到容器中,称量收集到的水的质量。

方案Ⅱ:将晶体加热失水后冷却,称量加热前后固体的质量,质量差即为水的质量。

此外,你还需要思考:怎样确保晶体在受热后完全失去结晶水,如何保证在冷却过程中不再吸收空气中的水分?如何减少定量分析实验中的误差?

【实验准备】

仪器:试管(20 mm×200 mm,带橡胶塞和导管)、试管(15 mm×150 mm)、烧杯(250 mL)、酒精灯(或煤气灯)、玻璃棒、干燥器、研钵、药匙、电子天平(0.000 1 g 或 0.001 g)、坩埚、坩埚钳、火柴、三脚架(或带铁圈的铁架台)、泥三角、陶土网、铁架台(带铁夹)、纸槽。

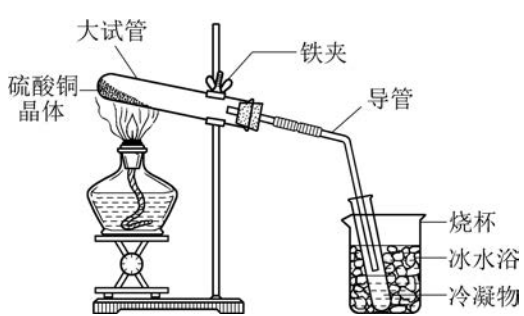
试剂:水合硫酸铜晶体、蓝色的硅胶颗粒、蒸馏水、冰水等。

【安全事项】

1. 加热过程中防止热物体烫伤,需要戴好隔热手套。
2. 如果要感知冷却情况,请弯曲食指用指背靠近热物体。
3. 戴好防护眼镜。
4. 实验室环境保持通风良好。

【实验步骤】

实验 1: 加热法检验水合硫酸铜晶体中的结晶水

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
1	<p>按照装置图 2.26 搭建仪器。检测气密性</p>  <p>图 2.26 加热水合硫酸铜晶体的实验</p>		
2	在大试管中装入 2 药匙水合硫酸铜晶体,加热		

(续表)

序号	实验操作	实验现象	实验结果或化学方程式
3	待大试管中晶体变白后,取出冰水浴中的小试管,然后停止加热		
4	取 2 支试管编号,分别加入少量冷却的白色固体,向 1 号试管中滴入蒸馏水,向 2 号试管中滴入收集的冷凝液,对比现象		
5	取 1 支试管,加入少量蓝色的硅胶颗粒,滴加几滴冷凝液		

【实验结论】

实验 2: 重量法测定水合硫酸铜晶体中结晶水的含量

【实验步骤】

1. 预处理: 课前将洗净晾干的坩埚进行烘干和冷却的预处理。
2. 研磨: 在研钵中研磨一定量的水合硫酸铜晶体待用。
3. 称量坩埚: 选一只洁净干燥的坩埚,准确称取带盖子的坩埚质量,精确至 0.001 g,记录数据为 m_1 。
4. 称量坩埚和样品: 在坩埚中加入约 2 g 试样后,盖上坩埚盖,连同坩埚一起称量,记录数据为 m_2 。



图 2.27 坩埚加热灼烧装置图

5. 加热: 把盛有试样的坩埚,放在泥三角上慢慢加热,如图 2.27。边加热边用玻璃棒搅拌,直到蓝色晶体全部变为白色为止。
6. 冷却: 用坩埚钳把坩埚转移到干燥器中冷却到室温。
7. 称量受热后的固体和坩埚质量: 从干燥器取出冷却后的坩埚,用坩埚钳盖好盖子后,用坩埚钳托住一起放入电子天平称量,记录数据为 $m_3(1)$ 。
8. 加热到恒重: 再重复实验步骤 5、6、7 直到恒重(恒重的国家标准是: 经连续加热、冷却、称量,连续两次称量质量相差不大于 0.000 3 g)。

考虑到使用的天平及实验环境等因素的影响,本实验经再次加热无水硫酸铜粉末,冷却并称量,记录数据 $m_3(2)$ 。如果差值大于 0.005 g,则继续加热称量记录数据 $m_3(3)$,直到连续两次称量的数据差值小于 0.005 g。取后一次加热的数据计算。

9. 重新做一次平行实验: 重新称量一份试样,重复 3~8 步骤,完成数次平行实验。

【数据记录和处理】

1. 实验现象观察记录

水合硫酸铜晶体试样的颜色和形状为_____。加热水合硫酸铜晶体时的现象为_____。无水硫酸铜晶体的颜色和形状为_____。

2. 实验数据记录

名称	质量/g		
	第一次实验	第二次实验	第三次实验
坩埚 m_1			
坩埚和水合硫酸铜晶体 m_2			
坩埚和无水硫酸铜第 1 次加热 $m_3(1)$			
坩埚和无水硫酸铜第 2 次加热 $m_3(2)$			
坩埚和无水硫酸铜第 3 次加热 $m_3(3)$ (若有必要)			
坩埚和无水硫酸铜第 4 次加热 $m_3(4)$ (若有必要)			

3. 化学式的确定

(1) 列比例式计算

利用下式求出 CuSO_4 与 H_2O 的物质的量比,即可计算出 x 。

$$\frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} : \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = 1 : x$$

根据实验数据计算 x 的值,

第一次: _____, 第二次: _____, 第三次: _____,
平均值: _____。

若参考值为 5,则本实验的相对偏差是_____。

(2) 作图法

尽可能收集本班所有实验组别记录的原始数据,列出至少 5 组实验数据。

物质的量	样本序号					
	1	2	3	4	5
无水硫酸铜的物质的量/mol						
结晶水的物质的量/mol						

以硫酸铜的物质的量为横坐标即 x 轴,结晶水的物质的量为纵坐标即 y 轴,将上述所有数据在图 2.28 直角坐标系中描点,再依据图中点连直线。描点时一般建议不用“·”来标实验值,“·”一般表示参考值,可以用“▲”“◆”“■”“×”等描点,连线时不要求所有点均在线上,但点应均匀地分布在线的两边,图一般需要占据整个坐标系的二分之一的区域,这是正比例的线,应为一平滑的直线。

通过截距计算直线的斜率,所得斜率即为化学式中水的物质的量。(你也可以利用电子表格进行作图,通过电子表格自动生成直线并求出斜率)

找出图形中的异常数据点,分析产生的原因。

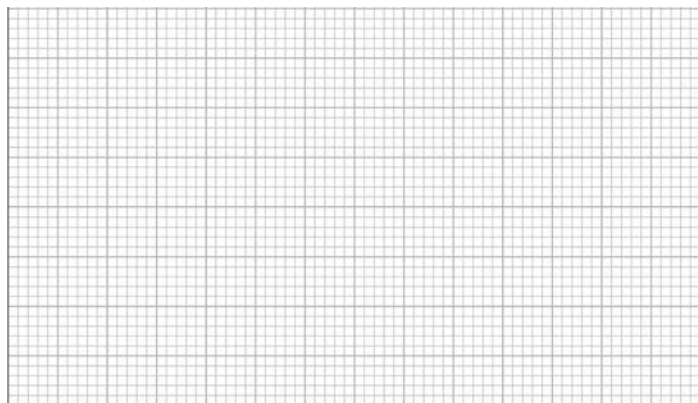


图 2.28 坐标系

标明图线斜率 k 时选取的点的坐标_____。

计算过程 $k =$ _____。

【实验结论】

若参考值为 5,本实验的相对偏差是_____。

误差分析:_____。



讨论和拓展

1. 重量法测定化学式的一般流程是什么?你认为“重复实验步骤 5、6、7”的必要性是什么?

2. 化学分析上经常需要将过滤得到的沉淀经过洗涤后干燥再称量,请你提出判断沉淀已经彻底干燥的方案。

3. 无色硝酸铅溶液和碘化钾溶液反应生成黄色的碘化铅沉淀。现有 $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硝酸铅溶液和 $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的碘化钾溶液,请设计实验方案和数据表格,测定碘化铅的化学式。

4. 尽可能地收集全班实验的结果,作一个样本-实验值图,再与理论参考值相对比,看看你能从这幅图中发现什么。试着做些说明或评价。

实验 12 同周期、同主族元素性质的递变 (学生必做实验)



问题和背景

元素周期表是元素周期律的具体体现,元素周期表中元素性质呈现周期性的变化。揭示出元素性质呈现怎样的周期性变化,对学习元素及其化合物有很强的指导意义。掌握了元素性质的周期性递变规律,就可以通过元素周期表对有些元素进行分析、比较和预测。例如,科学家们从元素在周期表中的位置分析,可以预测哪些元素可制耐高温、耐腐蚀的特种合金,哪些元素可能是很好的磁性材料等。这是因为元素在周期表中的位置与其结构、性质之间存在一定的关联。请思考下列问题:

- 元素的性质通常通过对应的物质的性质表现出来,一般是指物质的哪些性质?
- 元素的金属性与非金属性分别是指什么?它与元素原子结构之间存在哪些关系?



探索和研究

【实验目的】

1. 探究同周期、同主族元素性质的递变规律。
2. 初步建立元素周期表中“位置-结构-性质”三者的认知模型。
3. 了解对比实验在化学实验中的作用和意义。
4. 学会多角度收集证据,验证元素性质的差异。

【实验原理】

1. 归纳同主族元素性质的递变规律

回顾实验 8 中比较氯、溴、碘单质活泼性的实验,填写下表。

内容	Cl ₂ 与 NaBr	Cl ₂ 与 KI	Br ₂ 与 KI
能否发生置换反应			
化学方程式			
结论	氯、溴、碘单质活泼性顺序是_____。		

收集下表中能够用来研究元素非金属性强弱的事实,并分析 F、Cl、Br、I 非金属性强弱的递变顺序。

元素	F	Cl	Br	I
单质与氢气化合的条件				
气态氢化物的化学式及其热稳定性				

2. 第三周期 Na、Mg、Al 三种金属的金属性会呈现怎样的强弱顺序? 设计实验来验证你的预测。

【实验准备】

仪器: 试管、烧杯(200 mL)、酒精灯、胶头滴管、玻璃片、试管夹、镊子、小刀、滤纸、砂纸、火柴(或电子点火器)。

试剂: 钠块、镁带、铝条、 $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀盐酸、 $0.5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液、 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸、 $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液、 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{MgSO}_4$ 、 $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水、酚酞试液、蒸馏水。

【安全事项】

1. 钠与水反应剧烈,加入的量一定要少,实验环境要保持通风良好。
2. 戴好防护眼镜和手套。

【实验操作】

序号	实验步骤	实验现象	实验结果或化学方程式
1	取金属钠,用小刀切下绿豆大小的一块,用滤纸吸干其表面的煤油,将其投入滴有 2 滴酚酞试液的盛有 100 mL 水的烧杯中。 另取一小段镁带和铝条,用砂纸打磨除去它们表面的氧化膜,分别放入两支试管中,各加入 2 mL 水,再滴入 2 滴酚酞试液,观察现象。 将盛有镁带和铝条的 2 支试管加热,观察现象		
2	取一小段镁带和铝条,用砂纸打磨除去它们表面的氧化膜,分别放入 2 支试管中,再向试管中各加入 2 mL $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸,观察现象		

(续表)

序号	实验步骤	实验现象	实验结果或化学方程式
3	取 1 支试管,加入 2 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液,再向其中滴加氨水,直至不再产生白色沉淀为止。 另取 1 支试管,将上述沉淀分成两份,向其中 1 支试管中滴加 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸,向另 1 支试管中滴加 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液。边滴边振荡,观察实验现象		
4	取 1 支试管,加入 2 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{MgSO}_4$ 溶液,然后滴加氨水,直至不再产生白色沉淀为止。 另取 1 支试管,将上述沉淀分成两份,向其中 1 支试管中滴加 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸,向另 1 支试管中滴加 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液。边滴边振荡,观察实验现象		

【实验结论】

讨论和拓展

1. 以元素的某一性质为例,试用二维坐标图的形式表示元素性质的强弱随原子序数的递变趋势。

2. 设计实验证明第三周期硫、氯元素的非金属性强弱。

3. 根据本实验的结论,比较 N 与 Si 的非金属性强弱;判断 H_3AsO_4 与 H_2SeO_4 的酸性强弱。

说 明

本书根据教育部颁布的《普通高中化学课程标准(2017 年版 2020 年修订)》和高中化学教科书编写,经上海市中小学教材审查委员会审查准予使用。

编写过程中,上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会专家工作委员会、上海市教育委员会教学研究室、上海市课程方案教育教学研究基地、上海市心理教育教学研究基地、上海市基础教育教材建设研究基地、上海市化学教育教学研究基地(上海高校“立德树人”人文社会科学重点研究基地)及基地所在单位复旦大学给予了大力支持。在此表示感谢!

欢迎广大师生来电来函指出书中的差错和不足,提出宝贵意见。出版社电话:021-64848025。

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定,我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。

经上海市中小学教材审查委员会审查
准予使用 准用号 II-GB-2021027



绿色印刷产品



定价：5.60 元