

无机及

WUJI JI FENXI
HUAXUE SHIYAN

分析化学实验

梁春华 毛新平 刘 瞻 何春萍 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

无机及分析化学实验

梁春华 毛新平
刘 瞻 何春萍 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

无机及分析化学实验 / 梁春华等编著. —成都:
西南交通大学出版社, 2011.8
ISBN 978-7-5643-1306-7

I. ①无… II. ①梁… III. ①无机化学—化学实验—
高等学校—教材②分析化学—化学实验—高等学校—教材
IV. ①061-33②065-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 157253 号

无机及分析化学实验

梁春华 毛新平
刘 瞻 何春萍 编著

责任编辑	牛 君
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川经纬印务有限公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	12.5
字 数	311 千字
版 次	2011 年 8 月第 1 版
印 次	2011 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1306-7
定 价	23.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

“无机及分析化学实验”是高等院校化学、制药、应用化学、材料及生物、农林水产等专业的一门十分重要的专业基础课，既具有较强的理论性，又具有广阔的工程应用背景。在目前高校扩招，学时紧张的情况下，如何在有限的学时内完成无机及分析化学实验教学是摆在高校实验老师面前的一大难题。我们在怀化学院十几年无机及分析化学实验教学的基础上，根据我校“三位一体”人才培养模式改革的指导思想，结合本校化学实验仪器的发展情况及实验过程中存在的实际问题，对某些仪器和实验条件及实验教材进行了更新和补充完善，参考国内兄弟院校有关教材编写了本实验教材。

我们不求面面俱到，但是力图在各个实验里安排尽量多的实验基本操作和无机及分析化学知识点，使学生对无机及分析化学需掌握的实验操作在实验中得到反复训练，同时加深了学生对无机及分析化学基本概念的理解和掌握程度。本书的编写以加强基础训练和注重能力的培养为主线，按照由浅入深、循序渐进的认识规律，将所选实验分成基本操作与技能、基础实验、综合实验与设计实验四个层次，旨在使学生掌握化学实验的基本常识及操作技能，充分运用无机及分析化学基本原理，达到夯实基础、全面提高学生综合素质的效果。本书注重无机化学和分析化学实验各自的系统性和二者之间内容的衔接，将化学物质的“制备—组成—结构—性能检测”完整地融为一体。加入学生自主设计性实验，培养学生综合运用知识的能力与创新精神。

本书由梁春华、毛新平、刘瞻、何春萍编著。编写过程中，得到了怀化学院化学系实验室老师的大力支持，还参考了一些教材和网络资料，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

作 者

2011 年 3 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 化学实验的目的	1
1.2 化学实验的学习方法	1
1.3 化学实验规则	2
1.4 化学实验室安全	3
1.5 实验数据处理	5
2 无机及分析化学实验基础知识	14
2.1 化学试剂	14
2.2 实验室用水	15
2.3 各类试纸、滤纸和指示剂的使用	17
2.4 实验室常用玻璃仪器	19
2.5 物质的分离技术——液固分离	25
2.6 实验室公用设备	27
3 无机化学实验	34
实验一 无机及分析化学实验仪器领洗	34
实验二 酒精(喷)灯的使用和玻璃加工技术	37
实验三 溶液的配制	40
实验四 粗食盐的提纯	43
实验五 硫酸亚铁铵晶体的制备	45
实验六 硫代硫酸钠的制备	47
实验七 明矾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 的制备	50
实验八 胆矾精制五水合硫酸铜	52
实验九 硫酸铜晶体中结晶水数目的测定	54
实验十 摩尔气体常数的测定	56
实验十一 弱酸电离常数的测定	59
实验十二 化学反应速率和反应级数及活化能的测定	63
实验十三 氧化还原与电化学实验	68
实验十四 磷酸铜的制备及其溶度积的测定	72
实验十五 三价铁离子与磺基水杨酸配合物的组成和稳定常数的测定	74
实验十六 配位化合物的制备和性质检测	78
实验十七 卤 素	81
实验十八 氧、硫及其化合物	84

实验十九 氮、磷及其化合物	87
实验二十 锡、铅、砷、锑、铋	91
实验二十一 铬、锰及其化合物	94
实验二十二 铁、钴、镍及其化合物	97
实验二十三 铜、锌、银、镉、汞及其化合物	100
4 分析化学实验	103
实验一 电子天平的称量练习	103
实验二 容量仪器的校准	107
实验三 酸碱滴定练习	110
实验四 食用白醋中 HAc 浓度的测定	113
实验五 有机酸摩尔质量的测定	116
实验六 混合碱的测定 (双指示剂法)	119
实验七 铵盐中氮含量的测定——甲醛法	122
实验八 自来水总硬度的测定	125
实验九 铅、铋混合溶液连续滴定	128
实验十 胃舒平药片中铝和镁含量的测定	132
实验十一 铁矿石中铁含量的测定	136
实验十二 维生素 C 含量的测定	139
实验十三 水样中化学需氧量的测定	143
实验十四 水样中氯含量的测定——莫尔法	147
实验十五 可溶性氯化物中氯含量的测定——佛尔哈德法	150
实验十六 分光光度法测定铁的含量	153
5 综合和设计实验	156
实验一 阳离子混合液的分离与鉴定	156
实验二 硫酸四氨合铜(II)的制备及配离子组成测定	157
实验三 三草酸合铁(III)酸钾的制备及其组成测定	161
实验四 三氯化六氨合钴(III)的合成和组成测定	165
实验五 牛奶酸度和钙含量的测定	168
实验六 硅酸盐水泥中硅、铁、铝、钙、镁含量的测定	170
实验七 碱式碳酸铜的制备	173
实验八 纳米二氧化钛的制备	174
实验九 煤矸石及废铝箔制备硫酸铝	175
实验十 天然染料敏化半导体纳米电池的制作	176
实验十一 席夫碱铜配合物的合成与表征	177
实验十二 天然药物的分离与检测	178
附 录	179
主要参考书目	193

1 绪 论

1.1 化学实验的目的

在无机及分析化学的学习中,实验占有及其重要的地位,是基础化学实验平台的重要组成部分,也是高等工科院校化工、生工、轻工等专业的主要基础课程。无机及分析化学实验作为一门独立设置的课程,突破了原无机化学和分析化学实验分科设课的界限,使之融为一体。旨在充分发挥无机及分析化学实验教学在素质教育和创新能力培养中的独特地位,使学生在实践中学习、巩固、深化和提高化学的基本知识、基本理论,掌握基本操作技术,培养实践能力和创新能力。通过实验,我们要达到以下四个方面的目的:

(1) 掌握物质变化的感性知识,掌握重要化合物的制备、分离和分析方法,加深对基本原理和基本知识的理解,培养用实验方法获取新知识的能力。

(2) 熟练掌握实验操作的基本技术,正确使用无机和分析化学实验中的各种常用仪器,培养独立工作能力和独立思考能力(如在综合性和设计性实验中,培养学生独立准备和进行实验的能力),培养细致观察和及时记录实验现象以及归纳、综合、正确处理数据、用文字表达结果的能力,培养分析实验结果的能力和一定的组织实验、科学研究和创新的能力。

(3) 培养实事求是的科学态度,准确、细致、整洁等良好的科学习惯以及科学的思维方法,培养敬业、一丝不苟和团队协作的工作精神,养成良好的实验室工作习惯。

(4) 了解实验室工作的有关知识,如实验室试剂与仪器的管理、实验可能发生的一般事故及其处理、实验室废液的处理方法等。

1.2 化学实验的学习方法

要很好地完成实验任务,达到上述实验目的,除了应有正确的学习态度外,还要有正确的学习方法。无机及分析化学实验课一般有以下三个环节:

(1) 预习。为了使实验能够获得良好的效果,实验前必须进行预习,通过阅读实验教材、参考资料等,明确实验的目的与要求,理解实验原理,弄清操作步骤和注意事项,设计好数据记录格式,写出简明扼要的预习报告(对综合性和设计性实验写出设计方案),并于实验前对时间作好统一安排,然后才能进入实验室有条不紊地进行各项操作。

(2) 实验。在教师指导下独立地进行实验是实验课的主要教学环节,也是训练学生正确

掌握实验技术,实现化学实验目的的重要手段。实验原则上应根据实验教材上所提示的方法、步骤和试剂进行操作,设计性实验或者对一般实验提出新的实验方案,应该与指导教师讨论、修改,定稿后方可进行实验。并要求做到以下几点:第一、认真操作,细心观察,如实而详细地记录实验现象和数据;第二、如果发现实验现象和理论不相符,应首先尊重实验事实,并认真分析和检查其原因,通过必要手段重做实验,有疑问时力争自己解决问题,也可以相互轻声讨论或询问教师;第三、实验过程中应保持肃静,严格遵守实验室工作规则;实验结束后,洗净仪器,整理药品及实验台。

(3) 实验报告。做完课堂实验只是完成实验的一半,余下更为重要的是分析实验现象,整理实验数据,将直接的感性认识提高到理性思维阶段。实验报告的内容一般应包括:

① 实验目的。

② 实验原理。

③ 实验步骤:尽量采用表格、图表、符号等形式清晰明了地表示。

④ 实验现象、数据记录:实验现象要仔细观察、全面正确表达,数据记录要完整。

⑤ 解释、结论或数据处理:根据实验现象作出简明扼要的解释,并写出主要化学反应方程式或离子式,分题目作出小结或最后结论。若有数据计算,务必将依据的公式和主要数据表达清楚。

⑥ 讨论:报告中可以针对本实验中遇到的疑难问题,对实验过程中发现的异常现象,或数据处理时出现的异常结果展开讨论,敢于提出自己的见解,分析实验误差的原因,也可对实验方法、教学方法、实验内容等提出自己的意见或建议。实验报告的格式参见 1.5.3。

1.3 化学实验规则

(1) 实验前应认真预习,明确实验目的要求,弄清实验原理,实验操作步骤及注意事项。

(2) 实验过程中,要听从教师的指导,集中精神,认真操作,细致观察,积极思考,在实验记录本上如实、详细地做好记录。

(3) 操作时按规定量取药品试剂,注意节约,若需要更改药品试剂的用量和规格,必须征得指导教师的同意。严禁任意混合化学药品,以免发生危险。

(4) 遵守纪律,不迟到,不早退,不要大声喧哗和到处乱走,保持实验室内安静有序。

(5) 爱护国家财产,小心使用仪器和实验室的设备。公用仪器和临时供用的仪器用完后应洗净放回原处,凡仪器、设备出现故障应及时报告指导教师,切勿乱动。

(6) 实验中如损坏仪器、设备,应及时报告教师,并办理更换仪器设备的手续。

(7) 保持实验室内的清洁整齐。实验台上的仪器应摆放整齐,并保持台面清洁。废纸、火柴梗等应倒入垃圾箱内;废酸、废碱倒入废液缸内,切勿将固体物品和酸性废液倒入水槽,以防堵塞或腐蚀下水道。

(8) 严禁私拿实验室的仪器和药品;未经许可,不得擅自进入准备室取仪器和药品。

(9) 禁止穿背心和拖鞋进实验室做实验。

(10) 禁止将食品带入实验室。

(11) 实验完毕后, 应把仪器清洗干净放入柜内, 并把实验台面和试剂架整理干净, 经教师检查同意后, 方可离开实验室。每次实验后由学生轮流值日, 负责打扫和整理实验室, 检查水、电、门窗是否关好, 确保实验室的整洁和安全。

1.4 化学实验室安全

实验室是教师职业发展、学生探索知识的地方。在进入实验室之前, 了解关于实验室的常规安全知识, 有利于增强师生的安全意识和安全感。

1.4.1 实验室安全规则

(1) 浓酸、浓碱、洗液具有强腐蚀性, 用时要小心, 不要洒在皮肤和衣服上, 更要注意保护眼睛。稀释浓硫酸时, 必须把酸注入水中, 而不是把水注入酸中。

(2) 有机溶剂等易燃物质, 使用时一定要远离火源。

(3) 制备具有刺激性、有毒的气体或进行这些气体实验, 以及用盐酸、硝酸、硫酸溶解或消化试样应在通风橱内进行。

(4) 有毒的药品(氰化物、汞及汞的化合物、砷的化合物、钡盐、铅盐、铬盐等)不得进入口内或接触伤口。

(5) 加热、浓缩液体要十分小心, 不能俯视正在加热的液体, 试管在加热过程中管口不能对着自己或别人。

1.4.2 意外事故的处理

(1) 割伤。先挑出伤口内的异物, 然后涂上碘酒或贴上“创可贴”, 用消毒纱布包扎。必要时送医院治疗。

(2) 烫伤。切勿用水冲洗。在伤口处涂烫伤膏或万花油, 不要把烫出的水泡挑破。

(3) 酸碱腐蚀。酸灼伤后立即用大量流动清水冲洗, 冲洗时间一般不少于 15 min。然后用 2%~5% 碳酸氢钠溶液、石灰水、肥皂水等进行中和。碱灼伤皮肤, 立即用大量清水冲洗至皂样物质消失为止, 然后用 1%~2% 醋酸或 3% 硼酸溶液进一步冲洗。

(4) 酸或碱溅入眼内。立即用大量清水冲洗, 再用 2%~5% 碳酸氢钠溶液或 3% 硼酸溶液冲洗, 然后立即到医院治疗。

(5) 吸入刺激性或有毒气体。如氯气、氯化氢和溴蒸气, 可吸入少量酒精和乙醚混合蒸气。

1.4.3 消 防

消防应以防为主, 万一不慎起火, 要掌握灭火方法, 切不要惊慌。

1. 常见灭火器类型及灭火范围

(1) 泡沫灭火器。

泡沫灭火器的灭火范围：适用于扑救木材、棉、麻、纸张等火灾，也能扑救石油制品、油脂等火灾；但不能扑救水溶性易燃液体的火灾，如醇、酯、醚、酮等物质的火灾。

(2) 干粉灭火器。

干粉灭火器的灭火范围：适用于扑救可燃液体、气体、电气火灾以及不宜用水扑救的火灾。ABC 干粉灭火器可以扑救带电物质火灾。

(3) 二氧化碳灭火器。

二氧化碳灭火器的灭火范围：适用于扑救 600 V 以下电气设备、精密仪器、图书、档案的火灾，以及范围不大的油类、气体和一些不能用水扑救的物质的火灾。

(4) 1211 灭火器。

1211 灭火器的灭火范围：适用于扑救易燃、可燃液体、气体及带电设备的火灾，尤其适用于扑救精密仪表、计算机、珍贵文物以及贵重物资仓库的火灾，也能扑救飞机、汽车、轮船、宾馆等场所的初起火灾。

2. 使用方法

(1) 手提式灭火器（图 1.4.1）的使用。

① 机械泡沫、1211、二氧化碳、干粉灭火器。

上述灭火器一般由一人操作，使用时在距起火点 5 m 处，放下灭火器，先撕掉安全铅封，拔掉保险销，然后右手紧握压把，左手握住喷射软管前端的喷嘴（没有喷射软管的，左手可扶住灭火器底圈）对准燃烧处喷射。灭火时，应把喷嘴对准火焰根部，由近而远，左右扫射，并迅速向前推进，直至火焰全部扑灭。泡沫灭油品火灾时，应将泡沫喷射在大容器的器壁上，使得泡沫沿器壁流下，再平行地覆盖在油品表面，从而避免泡沫直接冲击油品表面，增加灭火难度。

② 化学泡沫灭火器。

将灭火器直立提到距起火点 10 m 处，一只手握住提环，另一只手抓住筒体的底圈，将灭火器颠倒过来，泡沫即可喷出，在喷射泡沫的过程中，灭火器应一直保持颠倒和垂直状态，不能横卧或直立过来，否则，喷射会中断。



图 1.4.1 手提式灭火器



图 1.4.2 推车灭火器

(2) 推车灭火器 (图 1.4.2) 的使用。

推车灭火器一般由两人操作, 使用时, 在离起火点 10 m 处停下。一人将灭火器放稳, 然后撕下铅封, 拔下保险销, 迅速打开气体阀门或开启机构; 一人迅速展开喷射软管, 一手握住喷射枪枪管, 另一只手扣动扳机, 将喷嘴对准燃烧场, 扑灭火灾。

1.4.4 实验室环保 (三废处理) 规则

在化学实验中经常会产生某些有毒的气体、液体和固体, 如不经处理直接排放可能污染周围的空气和水源, 造成环境污染。因此废液、废气和废渣一定要经过处理后才能排放。

(1) 产生少量有毒气体的实验应在通风橱内进行, 通过排风设备将少量毒气排到室外, 以免污染室内空气。产生毒气量大的实验必须备有吸收或处理装置, 如 NO_2 、 SO_2 、 Cl_2 、 H_2S 、 HF 等可用导管通入碱液中使其大部分被吸收后排出。

(2) 实验产生的废渣、废药品应存放于指定的地点, 由专业环保机构进行回收、焚烧等处理。

(3) 实验中产生的废液不能随便倒入下水道, 必须倒入指定的废液装置中。一般的酸碱废液可中和后排放。含重金属离子或汞盐的废液可加碱调 pH 至 8~10 后再加入硫化钠处理, 使其毒害成分转变成难溶于水的氢氧化物或硫化物而沉淀分离, 上清液达环保排放标准后方可排放。

(4) 有机类实验废液对实验室环境 and 安全有极大的威胁, 应引起高度重视。主要注意事项如下:

① 尽量回收溶剂, 回收的溶剂在对实验结果没有影响的情况下可反复使用。

② 甲醇、乙醇、乙酸之类的溶剂能被细菌作用而分解, 这类溶剂的稀溶液经大量水稀释后即可排放。

③ 其他各类不易回收利用或不易被细菌分解的有机溶剂, 由实验室回收后送专业环保公司进行回收、焚烧等处理。

1.5 实验数据处理

1.5.1 数据记录 and 有效数字

1. 数据记录规则

(1) 学生应有专门的实验记录本 (预习报告本), 标上页码, 不得撕页。数据只能记在该本子上, 绝不允许记在单页纸、小纸片上或随意记在任意地方。预习本与实验报告本分开。

(2) 实验过程中各种测量数据及有关现象, 应及时、准确而清楚地记录下来。不能随意拼凑和伪造数据。

(3) 实验过程中测量数据, 应注意有效数字的位数。

(4) 重复观测实验, 数据即使与原来完全相同, 也应记录下来。

(5) 文字记录, 应清洁整齐; 数据记录, 应用一定的表格形式或竖式记录。如发现数据算错、测错或读错需改动时, 将该数据画一横线, 并在其上方写上正确数据。

2. 有效数字

(1) 定义。是指在分析工作中实际能够测量到的数字。所谓能够测量到包括最后一位估计的、不确定的数字。

(2) 有效数字的舍入规则: 四舍六入五成双。

① 当保留有效数字位后的数字 ≤ 4 , 就舍掉。

② 当保留有效数字位后的数字 ≥ 6 , 进位。

③ 当保留 n 位有效数字, 若 $n+1$ 位数字 = 5 且后面数字为 0 时, 则第 n 位数字若为偶数就舍掉后面的数字, 第 n 位数字为奇数就加 1; 若第 $n+1$ 位数字 = 5 且后面还有不为 0 的任何数字, 无论第 n 位数字是奇数还是偶数都加 1。

(3) 计算规则。

① 加减法。

先按小数点后位数最少的数据保留其他各数的位数, 再进行加减计算, 计算结果也使小数点后保留相同的位数。

② 乘除法。

先按有效数字最少的数据保留其他各数, 再进行乘除运算, 计算结果仍保留相同的有效数字位数。

1.5.2 分析实验数据处理

1. 分析数据处理

算术平均值

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$$

相对偏差

$$\frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\%$$

标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

平均偏差

$$\bar{d} = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \cdots + |x_n - \bar{x}|}{n}$$

相对平均偏差

$$\bar{d}_r = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \cdots + |x_n - \bar{x}|}{n\bar{x}} \times 100\%$$

2. 数据的取舍

(1) Q 检验法。首先把数据按照从大到小排序, 找出最大值与最小值, 并计算可疑值与相邻值的差值, 将其与最大值、最小值之差做商 $Q_{\text{计算}}$ 。

$$Q_{\text{计算}} = \frac{|x_{\text{可疑}} - x_{\text{邻近}}|}{x_{\text{最大}} - x_{\text{最小}}}$$

再根据测定次数 n 和置信度查 Q 值表 (见表 1.5.1), 若 $Q_{\text{计算}} > Q_{\text{表}}$, 可疑值应舍去, 反之则应保留。

表 1.5.1 Q 值表

测量次数	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{0.90}$	0.94	0.76	0.64	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41
$Q_{0.95}$	0.97	0.84	0.73	0.64	0.59	0.54	0.51	0.49

(2) G 检验法 (格鲁布斯检验法): 用于一组测定数据中可疑值不止一个时。先将一组数据按从小到大顺序排列: $x_1, x_2, \dots, x_n$, 求出这组数据的平均值和标准偏差 s (包括可疑值在内), 求出 G 值。若 x_i 为可疑值, 则

$$G = \frac{|x_i - \bar{x}|}{s}$$

若计算出的 G 值大于或等于表 1.5.2 中的 G 值, 舍去可疑值; 否则, 应保留。

表 1.5.2 G 值表

测定次数 n	置 信 度		测定次数 n	置 信 度	
	95%	99%		95%	99%
3	1.15	1.15	14	2.37	2.66
4	1.46	1.49	15	2.41	2.71
5	1.67	1.75	16	2.44	2.75
6	1.82	1.94	17	2.47	2.79
7	1.94	2.10	18	2.50	2.82
8	2.03	2.22	19	2.53	2.85
9	2.11	2.32	20	2.56	2.88
10	2.18	2.41	21	2.58	2.91
11	2.23	2.48	22	2.60	2.94
12	2.29	2.55	23	2.62	2.96
13	2.33	2.61	24	2.64	2.99

1.5.3 实验报告的撰写要求

1. 撰写实验报告的意义

实验报告是对实验的全面总结。通过书写实验报告，可学习和掌握科学论文书写的基本格式、图表绘制、数据处理、文献查阅的基本方法，并利用实验资料和文献资料对实验结果进行科学的分析和总结，提高分析、综合、概括问题的能力，为今后撰写科学论文打下良好的基础。

2. 实验报告的一般格式要求

不同的实验报告构成部分不尽相同。实验报告一般由下面几部分组成：

(1) 实验名称：实验名称应该简洁、鲜明、准确。

(2) 实验目的：指出为什么要进行此项实验，要短小精悍，简明扼要。

(3) 实验原理：实验原理是进行实验的理论依据。化学实验常给出反应方程式。

(4) 仪器设备或原材料：应列出每项实验所需的仪器设备、原材料，仪器设备应标明规格型号，原材料应标明化学成分，化学实验中的试剂，应标明形态、浓度，成分等。

(5) 实验步骤：实验步骤就是实验进行的程序，通常都是按操作时间先后划分成几步进行，并在前面标注上序号：(一) ①②；(二) ①②……操作过程的说明要简单、明了、清晰。

(6) 数据表格及处理结果：这是对整个实验记录的处理，数据记录要求是实验中的原始数据。从仪器仪表中读取数据时，要根据仪器仪表的最小刻度单位或准确度决定实验数据的有效数字位数。数据都要列表加以整理，如发现异常数据，则应及时重做，及时纠正。列表表示时，表格一定要精心设计，使其易于显示数据的变化规律及参数之间的相互关系。项目栏要列出所测物理量的名称、代号及量纲单位，说明栏中的小数点要上下对齐。

(7) 实验结果：对于非测量的实验，当然无须记录数据、分析误差、进行计算。其结果部分，主要描述和分析实验中所发生的现象，如化学实验中反应速度的快慢，放热还是吸热，生成物的形态、颜色及气味；金相或岩相实验，拍摄的显微照片；电学实验，观察到的波形图；等等。因实验结果部分是整个实验的核心和成果，在写作前，一般应将数据整理好，并列出表格，写作时分好类，按一定顺序安排好数字、表格及图，并作必要的说明。为了准确起见，最好采用专业术语来描写，不许任何夸张，引用的数据必须是真实的，结论必须可靠，图与表格要符合规范要求，数字的记录方法和处理方法必须符合规定，否则，将会使整个实验报告丧失价值。

(8) 讨论或结论：结论是根据实验结果所作出的最后判断，并将实验结果逐条列出，叙述时应该采用肯定的语言，可以引用关键性数据，一般不再列出图和表格。讨论是对思考题的回答，对异常现象或数据的解释，对实验方法及装置提出改进建议。通常分条进行讨论，说明也比较简单，如影响实验的根本因素是什么，提高与扩大实验结果的途径是什么，实验中发现了哪些规律，实验中观察到哪些现象，将实验结果与理论结果相对照，解释它们之间存在的差异，测量的误差分析。如果认为没有必要讨论，也可以不写。实验报告的构成，并非千篇一律，不同学科的实验，其报告的写法也有所差异。

3. 实验报告示例

(1) 无机制备实验。

实验名称：粗食盐的提纯

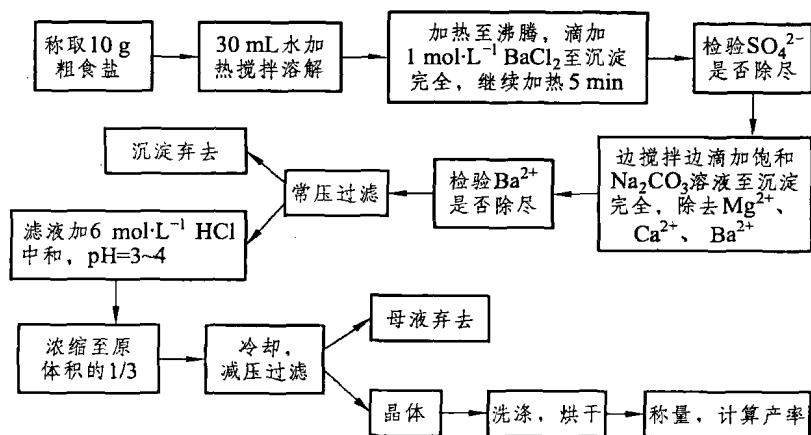
一、实验目的：

1. 学习提纯粗食盐的原理和方法。
2. 学习减压过滤、蒸发浓缩等基本操作。

二、实验原理：

粗食盐中含有不溶性杂质（如泥沙等）和可溶性杂质（主要是 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} ）。不溶性杂质可以将粗食盐溶于水后用过滤的方法除去。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等离子可以选择适当的试剂使它们分别生成难溶化合物的沉淀而被除去。一般在粗盐溶液中加入过量的 BaCl_2 溶液，除去 SO_4^{2-} ；然后在滤液中加入 Na_2CO_3 溶液，除去 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和沉淀 SO_4^{2-} 时加入的过量 Ba^{2+} 。溶液中过量的 Na_2CO_3 可以用盐酸中和除去。粗盐中的 K^+ 由于 KCl 的溶解度大于 NaCl 的溶解度，且含量较少，因此在蒸发和浓缩过程中， NaCl 先结晶出来，而 KCl 则留在溶液中。

三、实验步骤：



四、数据处理：

1. 实验现象：

2. 数据记录：

- ① 粗盐_____； ② 精盐_____；
③ 产率_____。

五、结果与讨论：

成功对粗食盐产品进行了提纯。本实验产率为_____，造成产率低的原因有：

- (1)
- (2)
- (3)

(2) 无机性质实验。

实验名称：配合物的生成和性质

一、实验目的：

1. 比较配合物与简单化合物和复盐的区别；
2. 了解配位平衡与沉淀反应、氧化还原反应、溶液酸碱性的关系；
3. 了解螯合物的形成条件。

二、实验步骤：

实验内容	实验现象	解释和反应
配合物与简单化合物和复盐的区别 10 滴 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜 + $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水，至溶液显深蓝色。 将溶液分为三份，1 份 + 少量氢氧化钠溶液，1 份 + 氯化钡溶液，有何现象？ 在第三份中加入 10 滴无水酒精，观察现象。	无现象，或少量 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 产生白色沉淀 蓝色	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{NaOH} \longrightarrow$ 无现象，或少量 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 配离子中 Cu^{2+} 浓度低 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \longrightarrow \text{BaSO}_4 + \text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$ 析出 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4$ (蓝色)

三、讨论：(略)

(3) 无机测定实验报告。

实验名称：化学反应速率及活化能的测定

一、实验目的：

1. 验证浓度、温度及催化剂对反应速率影响的理论。
2. 根据 Armenians 方程式，学会使用图解法测定反应速率常数及反应活化能。

二、实验原理：

1. 化学反应速率的测定

在水溶液中， $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 和 KI 发生如下反应：



速率方程式为

$$v = -\frac{dc(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})}{dt} = kc(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})^m \cdot c(\text{I}^-)^n$$

实验中无法测定 dt 时间内 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 浓度的改变量，以平均速率 $\Delta c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})/\Delta t$ 代替瞬间速率 $dc(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})/dt$ 。速率方程式改为

$$v = -\frac{\Delta c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})}{\Delta t} = kc(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})^m \cdot c(\text{I}^-)^n$$

为了测定 Δt 内的 $\Delta c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ ，在混合 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 、KI溶液的同时，加入一定体积的已知浓度的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液和淀粉溶液（做指示剂），在反应（1）进行的同时，还发生以下反应：



已知反应（2）的速率比反应（1）快得多，一旦 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 耗尽，反应（1）生成的微量 I_3^- 就立即与淀粉作用，使溶液呈蓝色。记下反应开始至溶液出现蓝色所需要的时间 Δt 。

从反应（1）和（2）可得出， $\Delta c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}) = \frac{\Delta c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2}$

故反应速度为

$$v = -\frac{\Delta c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})}{\Delta t} = -\frac{\Delta c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2\Delta t} = \frac{c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2\Delta t}$$

2. 反应级数和反应速率常数的计算

由速率方程式可得：

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k c_1(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})^m \cdot c_1(\text{I}^-)^n}{k c_2(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})^m \cdot c_2(\text{I}^-)^n}$$

若固定 $c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ ，改变 $c(\text{I}^-)$ ，可得下式：

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{c_1(\text{I}^-)^n}{c_2(\text{I}^-)^n} = \left[\frac{c_1(\text{I}^-)}{c_2(\text{I}^-)} \right]^n$$

两边取对数，即可求出反应级数 n 的值，同理可求出反应级数 m 的值。将 m 、 n 代入反应速率方程式中，可求得反应速率常数 k 。

3. 反应活化能的计算

根据阿仑尼乌斯方程式，反应速率常数与反应温度之间存在如下关系：

$$\lg k = -\frac{E_a}{2.303RT} + \ln A$$

式中 E_a ——反应活化能；

A ——给定反应的特征常数。

以 $\lg k$ 对 $1/T$ 作图，可得一直线，其斜率为：

$$\text{斜率} = -E_a / 2.303R$$

三、实验步骤：（略）

四、数据记录和结果处理：

1. 浓度对反应速率的影响