

WUJI FENXI HUAXUE



高职高专“十三五”规划教材

无机及分析化学

聂英斌 主 编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

无机及分析化学

聂英斌 主 编

许小青 陈 淼 孙双姣 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据教育部颁发的高职高专药学类、医学检验类专业对无机化学与分析化学的教学基本要求,将无机化学和分析化学的内容整合后编写。全书共有 9 个项目,包括物质结构、化学反应及化学反应平衡、一般溶液性质及配制、分析基础知识、酸碱反应与酸碱滴定法、配位反应与配位滴定法、氧化还原反应与氧化还原滴定、沉淀滴定与沉淀分析法、紫外-可见光谱法。每个项目包括若干任务单元,各任务由“任务书”、“技能训练和解析”、“知识宝库”三部分组成。任务内容以典型实验为载体,融入知识学习,实现理论与实践的紧密相连,学生在“做中学”和“学中做”,强化学习效果,激发学习兴趣。每个项目还设有“项目引入”、“知识要点”、“习题”等内容,融入生产生活中的应用实例,梳理主要知识内容,诠释重要知识点,精选了典型例题,帮助学生理解、掌握和提高,具有较强指导作用。

本书语言简练,通俗易懂,紧密联系生产、生活实际,内容丰富,围绕职业能力的培养,强化训练,实用性强。书中采用了现行国家标准规定的术语、符号和单位,体现了科学性和先进性。本书可作为高职高专药学类、医学检验类等专业的教学用书,也可作为化工类等相关专业的教学用书以及企业分析检验人员培训和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学/聂英斌主编. —北京:化学工业出版社,
2016.2

高职高专“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-26046-8

I. ①无… II. ①聂… III. ①无机化学-高等职业教育-教材②分析化学-高等职业教育-教材 IV. ①O61②O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 011796 号

责任编辑:旷英姿

文字编辑:刘志茹

责任校对:边涛

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:北京国马印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张18½ 彩插1 字数445千字 2016年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00 元

版权所有 违者必究

编写人员

主 编 聂英斌

副主编 许小青 陈 森 孙双姣

编 者 (以姓名笔画为序)

许小青 江苏建康职业学院

孙双姣 邵阳医学高等专科学校

陈 森 吉林工业职业技术学院

陈立颖 吉林工业职业技术学院

贺 丽 吉林工业职业技术学院

袁 静 江苏联合职业技术学院南通卫生分院

聂英斌 吉林工业职业技术学院

徐 容 江苏联合职业技术学院南通卫生分院

前言

Preface

本书是为高职高专类院校“无机及分析化学”课程教学编写的特色教材。全书突出了项目导向,配合项目化教学改革,满足理实一体化教学需要,培养分析解决问题能力,提升职业技能,符合高职高专教育特点和教学要求。全书体现了以下特点。

1. 本书基于项目化导向,将无机化学和分析化学的内容合理整合,并以项目化教学的形式编撰。全书分为9个项目,涵盖物质结构、化学反应及化学反应平衡、四大反应平衡和四大滴定、紫外-可见光谱法等主要内容。每个项目以典型实验任务为载体,承载必要的理论知识,体现理论与实际的密切联系,促使学生“做中学”和“学中做”。围绕高职教育的人才培养目标和岗位需要来确定学习内容,职业素质训练的深广度符合高职院校无机及分析化学的教学需要。

2. 项目内容结构紧凑,按照“项目引入—任务书—技能训练和解析—知识宝库—知识要点—习题”的顺序编排,较好地辅助了项目化教学的实施。“项目引入”结合生活实例点明实践应用,生动具体,便于学习者接受;“任务书”明确操作和学习任务;“技能训练和解析”以实际任务为教学载体,进行职业技能培养,通过步骤框图,直观解析操作步骤;“知识宝库”中讲解理论知识,够用为度;“知识要点”梳理主要知识内容,对重要知识点进行简要诠释;典型“习题”考察学习者的运用能力,强化训练,促进学习者的融会贯通。

3. 本书突出编写了其他教材中少见的操作步骤框图,并在其中设计填空;仪器和试剂以列表形式体现,并设计实验准备情况的自检填空;为每个操作任务编写数据记录表格。由此引导学习者学会主动思考,积极实践,解读分析规程,培养分析思考能力和良好职业习惯,激发学生的学习和实践兴趣,达到高职教育课程设定的知识、技能和素质目标。

4. 按照“实用为主、够用为度、应用为本”的原则,本书对艰涩的理论推导过程合理地删减和整合,加重了职业技能训练比例。每个项目的理论知识、技能操作任务、习题练习相配套,相辅相成,环环相扣,循序渐进,构成有机统一的内容体系。

5. 本书符合高职高专教育特点,文字叙述层次清晰,语言简练,结合生产生活事例编写任务内容,通俗易懂;例题配有解题思路和详细步骤;较多运用图和表的形式,使学习者便于理解,方便师生教学使用。

本教材由吉林工业职业技术学院聂英斌任主编,江苏建康职业学院许小青、吉林工业职业技术学院陈森和邵阳医学高等专科学校孙双姣任副主编,吉林工业职业技术学院贺丽和陈立颖、江苏联合职业技术学院南通卫生分院徐容和袁静参编。项目1和项目2由陈森编写,项目3由许小青编写,项目4和项目9由聂英斌编写,项目5由徐容编写,项目6由贺丽编写,项目7由袁静编写,项目8由孙双姣编写。陈立颖负责撰写绪论和修订实验内容,并参加全书的修改定稿。

为方便教学,本书配套有教学课件,有需要的读者可向编写教师邮箱 nielan1206@163.com 发信免费索取电子稿。

本书的编写出版承蒙化学工业出版社的鼎力支持和热忱帮助,在此表示诚挚的谢意。

本书尝试编写项目化导向教材,限于编者水平,书中可能存在欠妥之处,我们殷切期待与从事职业教育的同行们切磋,非常欢迎广大读者批评指正。

编者

2015年12月

绪论

1

项目1 物质结构

4

任务 1.1 认识元素性质和原子结构	4
1.1.1 任务书	4
1.1.2 技能训练和解析 同周期元素化学性质的认识实践	5
1.1.3 技能训练和解析 同主族元素化学性质的认识实践	7
1.1.4 知识宝库 原子结构	9
任务 1.2 认识分子和晶体结构	12
1.2.1 任务书	12
1.2.2 技能训练和解析 分子立体结构和物质颜色的关系实验	12
1.2.3 技能训练和解析 分子结构和物质溶解性的关系实验	13
1.2.4 技能训练和解析 碘晶体的升华实验	14
1.2.5 知识宝库 分子结构	15
1.2.6 知识宝库 晶体	18
知识要点	19
习题	20

项目2 化学反应及化学反应平衡

22

任务 2.1 认识化学反应速率的影响因素	22
2.1.1 任务书	22
2.1.2 技能训练和解析 化学反应速率的影响因素实验	23
2.1.3 知识宝库 化学反应速率	27
任务 2.2 认识化学反应平衡的影响因素	31
2.2.1 任务书	31
2.2.2 技能训练和解析 化学反应平衡常数的测定实验	31
2.2.3 技能训练和解析 化学反应平衡常数的影响因素实验	33
2.2.4 知识宝库 化学平衡	36
知识要点	38
习题	39

◎ 项目3 一般溶液性质及配制

41

任务 3.1 认识实验室试剂和用水的分类分级	41
3.1.1 任务书	41
3.1.2 技能训练和解析 试剂分类及保存的认识实践	42
3.1.3 知识宝库 实验室试剂、用水及安全问题	44
任务 3.2 一般试剂溶液的配制和稀释	48
3.2.1 任务书	48
3.2.2 技能训练和解析 一般试剂溶液的配制实验	48
3.2.3 知识宝库 分散系	49
3.2.4 知识宝库 一般溶液的组成表示与配制方法	50
任务 3.3 认识稀溶液依数性及其应用	53
3.3.1 任务书	53
3.3.2 技能训练和解析 凝固点降低法测定物质相对分子质量实验	53
3.3.3 知识宝库 一般稀溶液的性质	55
任务 3.4 认识胶体溶液的性质	59
3.4.1 任务书	59
3.4.2 技能训练和解析 胶体溶液制备和性质实验	60
3.4.3 知识宝库 胶体	62
3.4.4 知识宝库 表面现象	65
3.4.5 知识宝库 高分子溶液	67
知识要点	69
习题	69

◎ 项目4 分析基础知识

72

任务 4.1 称量和取用试样	73
4.1.1 任务书	73
4.1.2 技能训练和解析 电子天平称量实验	73
4.1.3 知识宝库 天平操作技术	76
4.1.4 知识宝库 样品的处理技术	79
任务 4.2 配制标准溶液	80
4.2.1 任务书	80
4.2.2 技能训练和解析 标准溶液的直接法配制与稀释实验	80
4.2.3 知识宝库 数据记录和有效数字	82
4.2.4 知识宝库 标准溶液的配制方法	84
4.2.5 知识宝库 吸管和容量瓶的操作技术	87
任务 4.3 滴定分析方法和计算	89
4.3.1 任务书	89
4.3.2 技能训练和解析 滴定分析操作实验	89

4.3.3 知识宝库 滴定分析方法	92
4.3.4 知识宝库 滴定分析计算	94
4.3.5 知识宝库 滴定管的操作技术	99
任务 4.4 分析质量保证和滴定误差控制	102
4.4.1 任务书	102
4.4.2 技能训练和解析 滴定分析仪器校准实验	102
4.4.3 知识宝库 滴定分析仪器的校准	104
4.4.4 知识宝库 定量分析中的误差及数据处理	107
知识要点	114
习题	115

◎ 项目5 酸碱反应与酸碱滴定法

118

任务 5.1 认识酸碱反应与解离平衡	119
5.1.1 任务书	119
5.1.2 技能训练和解析 醋酸解离常数和解离度测定实验	119
5.1.3 知识宝库 酸碱反应	121
任务 5.2 配制酸碱缓冲溶液	125
5.2.1 任务书	125
5.2.2 技能训练和解析 醋酸-醋酸钠缓冲溶液配制实验	125
5.2.3 知识宝库 酸碱溶液 pH 的计算	126
任务 5.3 配制酸碱标准滴定溶液	129
5.3.1 任务书	129
5.3.2 技能训练和解析 NaOH 标准溶液的配制实验	129
5.3.3 技能训练和解析 HCl 标准溶液的配制实验	130
5.3.4 知识宝库 酸碱指示剂	132
5.3.5 知识宝库 酸碱滴定曲线	134
任务 5.4 测定食醋中总酸量	138
5.4.1 任务书	138
5.4.2 技能训练和解析 食醋中总酸量的测定实验	138
5.4.3 知识宝库 酸碱滴定方式和应用	139
任务 5.5 测定混合碱含量	140
5.5.1 任务书	140
5.5.2 技能训练和解析 混合碱含量测定实验	141
5.5.3 知识宝库 多元酸、碱和混合酸、碱的滴定	143
知识要点	146
习题	146

◎ 项目6 配位反应与配位滴定法

148

任务 6.1 认识配位反应与配位平衡	149
--------------------	-----

6.1.1	任务书	149
6.1.2	技能训练和解析 配位化合物的生成和性质实验	149
6.1.3	知识宝库 配位反应	153
任务 6.2	自来水硬度的测定	159
6.2.1	任务书	159
6.2.2	技能训练和解析 EDTA 标准溶液的配制实验	159
6.2.3	技能训练和解析 自来水硬度的测定实验	162
6.2.4	知识宝库 金属指示剂	164
6.2.5	知识宝库 配位滴定曲线	167
6.2.6	知识宝库 配位滴定的酸度条件	168
任务 6.3	结晶氯化铝含量的测定	171
6.3.1	任务书	171
6.3.2	技能训练和解析 结晶氯化铝含量的测定实验	171
6.3.3	知识宝库 单组分配位滴定	173
任务 6.4	Pb^{2+} 、 Bi^{3+} 的含量分析	175
6.4.1	任务书	175
6.4.2	技能训练和解析 Pb^{2+} 、 Bi^{3+} 的连续滴定实验	175
6.4.3	知识宝库 多组分配位滴定	177
知识要点		179
习题		180

◎ 项目7 氧化还原反应与氧化还原滴定

182

任务 7.1	认识氧化还原反应与电极电位	183
7.1.1	任务书	183
7.1.2	技能训练和解析 氧化还原反应与原电池电动势的关系实验	184
7.1.3	知识宝库 氧化还原反应	187
任务 7.2	KMnO_4 法测定过氧化氢含量	192
7.2.1	任务书	192
7.2.2	技能训练和解析 KMnO_4 标准溶液的配制实验	192
7.2.3	技能训练和解析 过氧化氢含量的测定实验	194
7.2.4	知识宝库 氧化还原指示剂	195
7.2.5	知识宝库 KMnO_4 滴定法	196
任务 7.3	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法测定铁矿石中铁含量	198
7.3.1	任务书	198
7.3.2	技能训练和解析 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准溶液的配制实验	199
7.3.3	技能训练和解析 铁矿石中铁含量的测定实验	201
7.3.4	知识宝库 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 滴定法	203
7.3.5	知识宝库 样品的氧化还原预处理方法	204
任务 7.4	间接碘量法测定胆矾中 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 含量	205

9.1.2 技能训练和解析 纯碱中微量铁的测定实验	256
9.1.3 知识宝库 物质对光的吸收	260
9.1.4 知识宝库 显色反应和显色条件	264
9.1.5 知识宝库 紫外-可见分光光度计	266
9.1.6 知识宝库 光谱分析的定量方法	270
知识要点	274
习题	275

◎ 附录

278

附录一 常用酸碱的密度和浓度	278
附录二 常用缓冲溶液	278
附录三 弱酸在水中的解离常数 (25°C , $I=0$)	279
附录四 弱碱在水中的解离常数 (25°C , $I=0$)	281
附录五 标准电极电位 (25°C)	281
附录六 相对原子质量 (A_r)	282
附录七 常见化合物的摩尔质量 (M)	283

◎ 参考文献

285

◎ 元素周期表

绪 论

1. 学科分类

化学在发展过程中，依照所研究的分子类别和研究手段、目的、任务的不同，派生出不同层次的许多分支。在 20 世纪 20 年代以前，化学分为无机化学、有机化学、物理化学和分析化学四个分支。20 年代以后，由于世界经济的高速发展，化学键的电子理论和量子力学的诞生、电子技术和计算机技术的兴起，化学研究在理论上和实验技术上都获得了新的手段，导致这门学科从 30 年代以来飞跃发展，出现了崭新的面貌。现在化学内容主要包括了物理化学、生物化学、无机化学、有机化学、应用化学、化学工程学、高分子化学七大分支学科（见图 0-1）。



图 0-1 现代化学主要学科分类

2. 无机及分析化学的任务和基本内容

物质世界千变万化，对它们的性质、组成、作用和发展情况进行了解，是人们的基本要求。一般从无机化学入手，采用分析手段进行物质测试和研究。再学习有机化学、物理化学等。无机化学与分析化学二者紧密相连，密不可分，并为其他学科的学习打下基础。二者的主要内容和联系，见图 0-2。

无机化学的任务是研究除烃和烃的衍生物外的所有化合物的结构、性质、反应和应用的学科。内容以物质结构理论和四大平衡为基础，讨论元素及其化合物的性质和反应。

分析化学的任务是通过对物质进行测定分析，研究物质的化学组成、含量、结构的学科。内容以四大滴定为主的化学分析及仪器分析法为基础，涵盖分析基本知识和操作技术等。

无机化学与分析化学，是化工行业的从业人员必备的化学基础知识，内容密切相关，因此将二者知识内容经过整合和优化（主要将四大平衡与四大滴定内容整合），形成一个有机

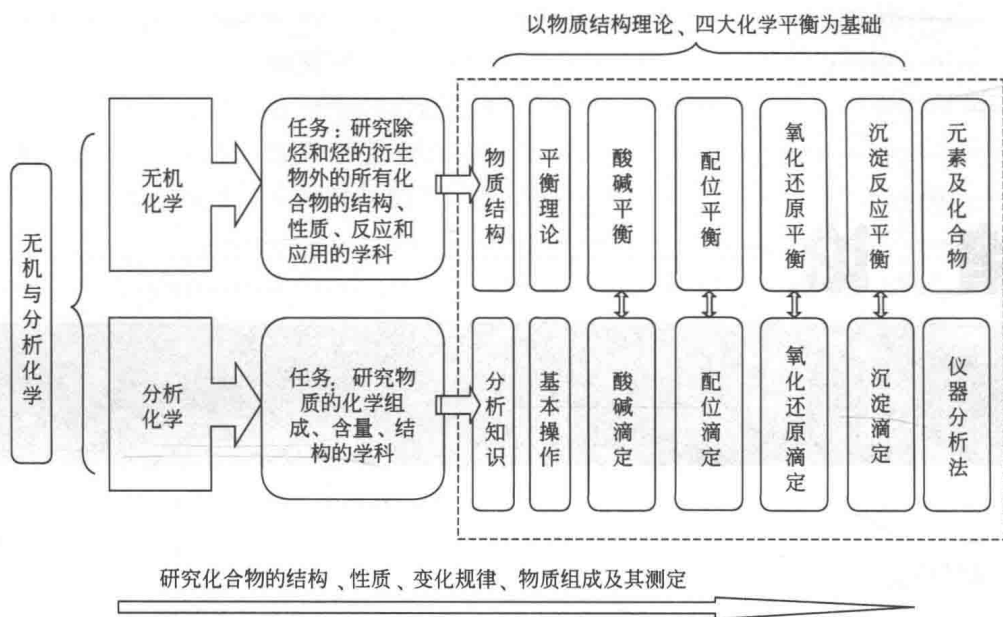


图 0-2 无机与分析化学的任务与主要内容的关联

整体，即无机及分析化学。

无机及分析化学的任务是讨论重要元素及其化合物的结构、性质、变化规律、物质组成及其测定的一般方法。学习无机及分析化学知识，与各专业对化学基础要求相结合，可以为相关工作的从业实践打下必要的基础。

3. 无机及分析化学的项目化教学内容

无机及分析化学内容，主要包括物质的结构、化学反应及平衡基础知识、分析基础知识、四大平衡与四大滴定、元素和化合物知识等。本教材以职业技能项目导向形式编写。

化学基础理论知识，是化工、制药、环保、冶金等行业相关专业从业人员必备的学科知识，不仅要学懂，更要会用。基于此目的，本教材以实际化学反应和分析案例为载体，承载知识的解读和学习，适应项目化教学需要。

本教材中每一个项目内容以生活实例或职业案例导入，点明知识应用。其中每一个任务，以技能训练操作，融入知识解读，后附“知识宝库”讲解必要的原理和理论。

项目内容编排顺序为：“项目引入—任务书—技能训练和解析—知识宝库—职业技能测试—例题—习题”，整体符合学习者的认知规律。学习时，由生活实际导入项目内容，以任务内容的解读和分析，引导查阅“知识宝库”，进行原理和理论的学习。然后，进行任务实践和操作，得出结论。最后习题练习巩固理论知识的学习效果。

4. 无机及分析化学的学习方法

① 注重无机化学和分析化学的有机结合，以无机化学的原理作为分析化学分析实验的指导，以分析化学的方法手段去验证无机化学的原理理论，两者相辅相成，这样才能抓住要领，举一反三。

② 注重自学能力培养。无机及分析化学将化学理论与分析方法手段有机地结合在一起，

为培养学生自学能力提供了方便条件。只有具备了良好的自学能力,学生才能在将来的工作中应对层出不穷的新的理论知识、分析方法和手段。

③ 注重实用性。努力做到学生所学知识在工作中能够用到,并使具备学以致用的能力。

④ 注重创新。鼓励在现有基础上发现新的方法和手段。

5. 无机及分析化学的应用和发展

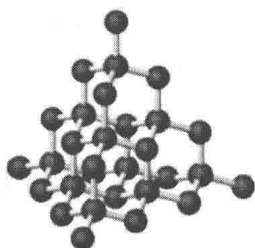
随着科学的发展,无机化学产生了普通元素化学、无机高分子化学、稀有元素化学、无机合成化学、稀土元素化学、同位素化学、配位化学、金属间化合物化学等许多分支。分析化学也根据不同的任务产生了定性分析、定量分析、结构分析、形态分析、能态分析等相应的方法和手段。分析化学吸取当代科学技术的最新成就(包括化学、物理、数学、电子学、生物学等),利用物质的一切可以利用的性质,研究新的检测原理,开发新的仪器设备,建立表征测量的新方法和新技术,最大限度地从时间和空间的领域里获取物质的结构信息和质量信息。分析化学的发展又进一步促进了物质的表征和反应机理等的研究,推动无机化学迈向新的台阶,也为新型材料发明、应用和各学科的相关领域研究打下基础。它们在经济贸易、工业生产、国防建设、新材料、新能源开发、环境资源开发利用与保护、生命科学研究、法律执行、社会生活等诸多领域,发挥着不可或缺的作用。

项目1

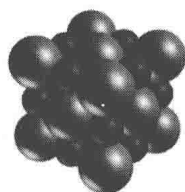
物质结构

项目引入

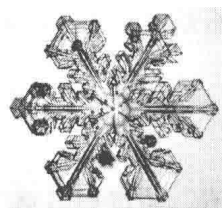
我们周围千姿百态的物质都是由分子、原子组成的。要研究物质的性质及化学变化规律，首先必须了解这些物质的微观结构。



金刚石微观示意图



NaCl微观示意图



雪花形状图例

本节任务通过技能操作，理解物质的构成，理解元素周期变化规律，观察物质微观结构对性质的影响。

任务	技能训练和解析	知识宝库
1.1 认识元素性质和原子结构	1.1.2 同周期元素化学性质的认识实践 1.1.3 同主族元素化学性质的认识实践	1.1.4 原子结构
1.2 认识分子和晶体结构	1.2.2 分子立体结构和物质颜色的关系实验 1.2.3 分子结构和物质溶解性的关系实验 1.2.4 碘晶体的升华实验	1.2.5 分子结构 1.2.6 晶体

任务 1.1 认识元素性质和原子结构



1.1.1 任务书

通过技能训练操作任务中物质的化学反应，了解同周期、同主族元素化学性质变化的递变规律，理解元素周期表和元素周期律。并会根据元素原子核外电子的分布、原子结构，理

解元素的化学性质。

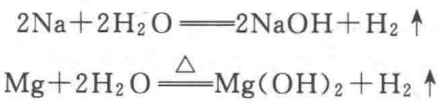


1. 1. 2 技能训练和解析

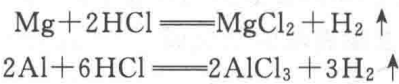
同周期元素化学性质的认识实践

1. 任务原理

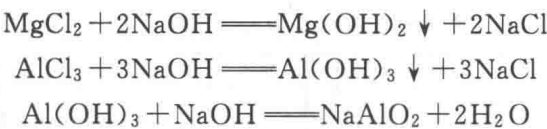
(1) 金属与水反应



(2) 金属与酸反应



(3) 金属氧化物对应水化物的碱性比较



(4) 硫与氯的非金属性比较



2. 任务材料

仪器和试剂		准备情况
仪器	烧杯、试管、试管夹、酒精灯、砂纸、滤纸、胶头滴管、小刀、玻璃片、镊子	
试剂	钠(固)、镁(固)、铝(固)、氯化镁溶液、氯化铝溶液、氢氧化钠溶液、5% HCl 溶液、酚酞、氢硫酸、氯水	

注：学生实验前检查仪器、试剂、样品是否准备齐全，在“准备情况”中打“√”。本书后续设计亦如此。

3. 任务操作

(1) 金属与水反应

如图 1-1 所示进行任务操作，将数据填入表 1-1 中。

- ① 用镊子取出一小块金属钠，用滤纸吸干表面的煤油，将钠放在玻璃片上，用小刀切下大米粒大小的一块金属钠，放入盛有 50mL 水的烧杯中，加入 2 滴酚酞试液，观察现象。
- ② 取一小段镁带，用砂纸去除表面的氧化膜，放入盛有 3mL 水的试管中，滴入 2 滴酚酞试液，观察现象。
- ③ 取一小段铝带，用砂纸去除表面的氧化膜，再浸入氢氧化钠溶液中，以除去表面的氧化铝，用蒸馏水冲刷干净，立即放入盛有 3mL 水的试管中，滴入 2 滴酚酞试液，观察现象。
- ④ 对操作现象不明显的，加热后再观察现象。

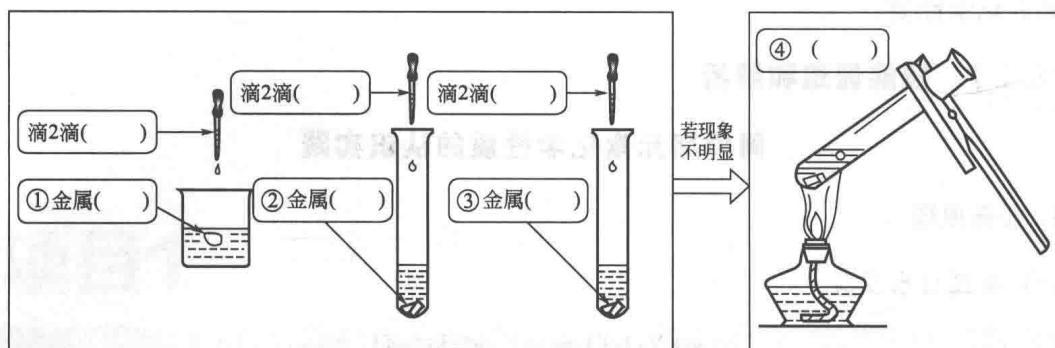


图 1-1 金属与水反应操作步骤示意图

(2) 金属与酸反应

如图 1-2 所示进行两个任务操作，将数据填入表 1-2 中。

① 取一小段铝带（用砂纸去除表面的氧化膜），放入 2mL 5% HCl 溶液的试管中，观察现象。

② 取一小段镁带（用砂纸去除表面的氧化膜），放入 2mL 5% HCl 溶液的试管中，观察现象。

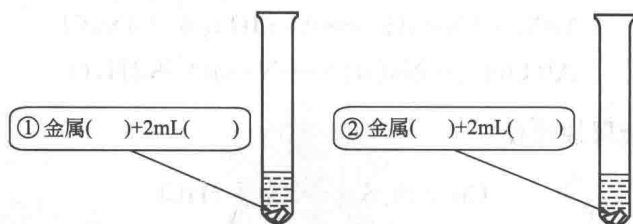


图 1-2 金属与酸反应操作步骤示意图

(3) 金属氯化物对应水化物的碱性比较

如图 1-3 所示进行两个任务操作，将数据填入表 1-3 中。

① 在盛有 3mL 氯化镁溶液的试管中，逐滴滴入过量的氢氧化钠溶液，观察现象。

② 在盛有 3mL 氯化铝溶液的试管中，逐滴滴入过量的氢氧化钠溶液，观察现象。

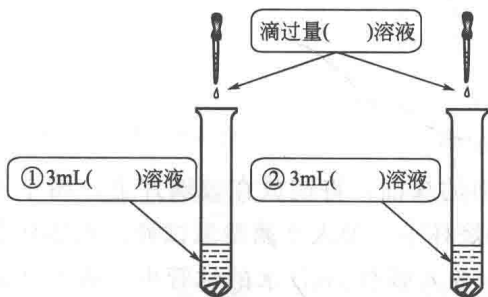


图 1-3 碱性比较实验操作步骤示意图

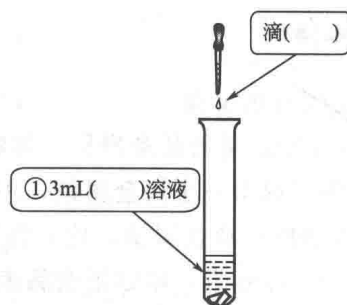


图 1-4 硫与氯非金属性实验操作步骤示意图

(4) 硫与氯非金属性比较

如图 1-4 进行任务操作，向试管中加入约 3mL 氢硫酸，然后滴入氯水，观察现象，将数据填入表 1-4 中。