

“十三五”普通高等教育规划教材

无机化学实验指导

侯小娟 主编 苏安群 熊传武 副主编



化学工业出版社

“十三五”普通高等教育规划教材

无机化学实验指导

侯小娟 主编 苏安群 熊传武 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书分为三个部分：第一部分绪论，简单介绍无机化学实验的目的、无机化学实验的学习方法与要求、实验室规则、实验室安全守则及事故处理、数据记录与处理；第二部分无机化学实验基本知识，包含无机化学实验常用仪器使用方法、无机化学实验常用技术；第三部分实验项目，包括 10 个精心选择的实验，有验证型实验、基本操作型实验、综合型实验和设计型实验。

本书可作为药学、检验、临床、护理、中药学、医学影像技术等专业的教材，也可供相关科技人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学实验指导/侯小娟主编. —北京：化学工业出版社，2017.9

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-122-30238-0

I. ①无… II. ①侯… III. ①无机化学-化学实验-高等学校-教学参考资料 IV. ①O61-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 167143 号

责任编辑：朱 理 杨 菁 闫 敏
责任校对：边 涛

文字编辑：林 丹
装帧设计：张 辉

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 装：三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 117 千字 2017 年 9 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：26.00 元

版权所有 违者必究



前 言

无机化学实验是学习无机化学的重要环节。通过实验，不仅能使学生巩固和加深对无机化学基本理论和基本知识的理解，正确地掌握化学实验基本技能，而且还能培养学生严谨的科学态度、良好的分析问题和解决问题的能力。

本书是根据普通高等院校药学、检验、临床、护理、中药学、医学影像技术等专业《无机化学》实验教学大纲的要求，本着“适用、实用”的原则进行编写的。

本书包括三个部分：第一部分绪论，简单介绍无机化学实验的目的、无机化学实验的学习方法与要求、实验室规则、实验室安全守则及事故处理、数据记录与处理；第二部分无机化学实验基本知识，包含无机化学实验常用仪器使用方法、无机化学实验常用技术；第三部分实验项目，包括 10 个精心选择的实验，其中验证型实验 1 个（实验四），基本操作型实验 3 个（实验一、三、六），综合型实验 5 个（实验二、五、七、八、九），设计型实验 1 个（实验十）。

本书的特点如下：

1. 实验教材与实验报告合二为一。《无机化学实验指导》教材后附有无机化学实验报告，内含每个实验项目的预习报告和实验报告。其中，实验报告包括两部分，一部分是实验数据及结果处理、原始数据检查教师签名处；另一部分是思考题及实验报告批阅教师签名处。这样的编排有助于教师规范实验教学的三环节，即学生预习、实验过程、实验报告三个环节，每个环节都有据可查。

2. 注重基本操作技能的训练。通过这个实验体系中的不同实验反复训练需要熟练掌握的基本操作，训练由易及难，由简单到综合，层层递进，提升学生的基本操作技能，为后续课程实验教学打下坚实基础。

3. 综合设计型实验。培养学生充分运用学过的知识和实验方法，查阅有关资料，独立设计实验方法的能力。

本书由侯小娟担任主编，苏安群、熊传武担任副主编。参加本书编写工作的有：侯小娟（第一部分，第二部分），苏安群（第三部分实验九、十），熊传武（第三部分实验六、七），杨司坤（第三部分实验二、三），罗喜爱（第三部分实验四、五），朱莹（第三部分实验八），马俊（第三部分实验一、附录）。

由于编者水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者



目 录

第一部分 绪论	1
一、无机化学实验的目的	1
二、无机化学实验的学习方法与要求	2
三、实验室规则	3
四、实验室安全守则及事故处理	4
五、数据记录与处理	6
第二部分 无机化学实验基本知识	10
一、无机化学实验常用玻璃仪器	10
二、常用玻璃仪器的洗涤与干燥	13
三、加热及冷却方法	16
四、化学试剂及其取用	17
五、容量仪器及其使用	19
六、物质的分离技术——固液分离	26
七、电子分析天平的使用方法	33

八、PHS-3C 型酸度计的使用方法	35
--------------------------	----

第三部分 实验项目	40
------------------------	-----------

实验一 常用玻璃仪器的洗涤与溶液配制	40
实验二 pH 计法测定醋酸的电离平衡常数	44
实验三 缓冲溶液的配制和性质	47
实验四 电离平衡及沉淀-溶解平衡	51
实验五 药用 NaCl 的制备及杂质的限度检查	55
实验六 EDTA 溶液的配制和标定	59
实验七 胃舒平药片中铝和镁的测定	63
实验八 葡萄糖酸锌的制备及锌含量的测定	66
实验九 牛奶酸度和钙含量的测定	69
实验十 设计型实验	72

附录	74
-----------------	-----------

附录一 常用酸碱溶液的密度和浓度	74
附录二 常用酸碱指示剂的变色范围及配制方法	76
附录三 一些酸和碱在水中的电离常数	77
附录四 常见难溶电解质的溶度积常数 (298K)	78
附录五 常见配离子的稳定常数 (298K)	79
附录六 标准电极电势 (298K)	80
附录七 我国通用试剂分类及标志	84

参考文献	85
-------------------	-----------



第一部分 绪 论

一、无机化学实验的目的

无机化学实验是学习和掌握无机化学知识和技能的重要环节，其目的是以实验为手段来研究无机化学的重要理论、典型元素及其化合物的变化。具体实验目的概括如下。

① 通过实验使学生获得关于元素及其化合物的感性认识，进一步验证、巩固和充实课堂上讲授的理论和概念，并适当地扩大知识面，从而对无机化学的基本理论、基本概念有更深入的了解。

② 通过严格的基本操作、基本技能训练，使学生正确掌握无机化学基本操作技能。学会正确使用一些常用仪器设备，学会观察现象，测定数据并加以正确的处理和概括。

③ 通过实验了解无机化合物的制备、分离、提纯和鉴定的方法。

④ 通过实验培养学生独立工作、独立思考的能力，培养学生的科学精神、创新思维和创新能力，为后续课程的学习打下良好基础。

⑤ 通过实验培养学生严肃的科学态度、严谨的工作作风和优良的科学素质以及分析问题、解决问题的独立工作能力，收集和处理化

学信息的能力，文字表达实验结果的能力以及团结协作的精神，使学生逐步掌握科学研究的方法，并树立勇于探索、敢于创新的科学态度。

二、无机化学实验的学习方法与要求

要达到上述目的，不仅要有端正的学习态度，还需要有正确的学习方法。做好化学实验必须做好如下几个环节。

(一) 预习

为了获得实验的预期效果，实验前必须认真预习。预习应达到下列要求。

- ① 阅读实验教材和教科书中的有关内容。
- ② 明确实验的目的。
- ③ 了解实验原理、内容、步骤、操作方法和注意事项。
- ④ 写好预习报告。

(二) 实验

学生应遵守实验室规则，接受教师指导，根据实验教材上所规定的方法、步骤进行操作，并应做到下列几点。

- ① 认真操作，细心观察，把观察到的现象或实验数据如实地详细记录在实验报告中。
- ② 如果发现实验现象和理论不符合，应认真检查其原因，并细心地重做实验。
- ③ 实验中遇到疑难问题时，自己要多思考，必要时请教老师。
- ④ 在实验过程中应该保持安静，严格遵守实验室工作规则。

(三) 书写实验报告

做完实验后，应解释实验现象，并得出结论，或根据实验数据进行处理和计算，独立完成实验报告。实验报告书写时，应简明扼要，数据可靠，格式正确，图表清晰，字体工整，严禁抄袭。

三、实验室规则

① 实验前必须认真预习，明确实验的目的要求，弄清有关基本原理、操作步骤、方法以及安全注意事项，做到心中有数，有计划地进行实验。

② 进入实验室必须穿工作服。二人一组，在实验过程中应保持安静，做到认真操作，细致观察，积极思考，并及时、如实记录实验现象和实验数据。

③ 爱护国家财产，小心使用仪器和设备，节约药品和水、电。

④ 实验台上的仪器应整齐地放在一定的位置，并保持台面的整洁。不得将废纸、火柴梗、破损玻璃仪器等丢入水槽，以免堵塞。

⑤ 使用精密仪器时，必须严格按照操作规程进行操作。如发现仪器有异常，应立即停止使用并报告实验老师，及时排除故障。

⑥ 实验后，应将所用仪器洗净并整齐地放回实验台上。如有损坏，必须及时登记补领。由实验老师检查后，方可离开实验室。

⑦ 做完实验后，应根据原始记录，联系理论知识，认真处理数据，分析问题，写出实验报告，按时交指导老师批阅。

⑧ 每次实验后，由学生轮流值日，负责打扫和整理实验室，并检查水、电开关及门、窗是否关紧，以保持实验室的整洁和安全。

四、实验室安全守则及事故处理

化学实验中常常会接触到易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的化学药品，有的化学反应还具有危险性，且经常使用水、电和各种加热灯具（酒精灯、酒精喷灯和煤气灯等）。因此，在进行化学实验时，必须在思想上充分重视安全问题。实验前充分了解有关安全注意事项，实验过程中严格遵守操作规程，以避免事故发生。

（一）安全守则

① 凡产生刺激性的、恶臭的、有毒的气体（如 Cl_2 、 Br_2 、 HF 、 H_2S 、 SO_2 、 NO_2 等）的实验，应在通风橱内（或通风处）进行。

② 浓酸浓碱具有强腐蚀性，使用时要小心，切勿溅在衣服、皮肤及眼睛上。稀释浓硫酸时，应将浓硫酸慢慢倒入水中并搅拌，而不能将水倒入浓硫酸中。

③ 有毒药品（如重铬酸钾、铅盐、钡盐、砷的化合物、汞的化合物，特别是氰化物）不能进入口内或接触伤口。也不能将其随便倒入下水道，应按教师要求倒入指定容器内。

④ 加热试管时，不能将管口朝向自己或别人，也不能俯视正在加热的液体，以防液体溅出伤人。

⑤ 不允许用手直接取用固体药品。嗅闻气体时，鼻子不能直接对着瓶口或试管口，而应用手轻轻将少量气体扇向自己的鼻孔。

⑥ 使用酒精灯，应随用随点，不用时盖上灯罩。严禁用燃着的酒精灯点燃其他的酒精灯，以免酒精流出而失火。

⑦ 使用易燃、易爆药品，应严格遵守操作规程，远离明火。绝对不允许擅自随意混合各种化学药品，以免发生意外事故。

⑧ 实验室内严禁吸烟、饮食。实验结束，水、电使用完毕应立即关闭，洗净双手，方可离开实验室。

(二) 事故处理

如果在实验过程中发生了事故，可以采取以下救护措施。

① 当眼睛溅入腐蚀性药品时，应立即用大量流水冲洗，但注意水压不应太大，待药物充分洗净后再就医。当眼睛里进入碎玻璃或其他固体异物时，应闭上眼睛不要转动，立即到医务室就医。

② 浓酸、浓碱洒在衣服或皮肤上时，应立即用大量水冲洗，再分别用 2% 碳酸氢钠溶液或 2% 醋酸溶液擦洗，用水冲洗后，外敷氧化锌软膏（或硼酸软膏）。

③ 不慎吸入煤气、溴蒸气、氯气、氯化氢、硫化氢等气体时，应立即到室外做深呼吸，呼吸新鲜空气。

④ 当烫伤时，在烫伤处抹上黄色的苦味酸溶液或烫伤膏，切勿用水冲洗。

⑤ 毒物误入口内，可将 5~10mL 稀硫酸铜溶液加入一杯温水中，内服后用食指伸入咽喉，促使呕吐，然后立即送医院治疗。

⑥ 人体触电时，应立即切断电源，或用非导体将电线从触电者身上移开。如有休克现象，应将触电者移到有新鲜空气处立即进行人工呼吸，并请医生到现场抢救。

⑦ 实验过程中万一发生着火，应立即切断电源，移走易燃物质等，防止火势蔓延。灭火要根据起火原因采用相应的方法。一般的小火可用湿布、石棉布覆盖燃烧物灭火。火势大时可使用泡沫灭火器。但电气设备引起的火灾，只能用四氯化碳灭火器灭火。实验人员衣服着火时，切勿乱跑，应赶快脱下衣服，用石棉布覆盖着火处，或者就地卧倒滚打，也可起到灭火的作用。火势较大，应立即报火警。

五、数据记录与处理

(一) 误差和有效数字

1. 误差

误差是测量值与真实值的差值，按其性质的不同，可以分为系统误差和偶然误差两大类。系统误差是由于某种固定因素的影响而引起的误差。当重复测定时其大小和方向不变。根据其来源不同，可分为方法误差、仪器和试剂误差及操作误差。偶然误差是由于一些尚未发现或无法控制的因素引起的误差，其大小、方向都不确定，完全由概率决定。

实验数据主要从准确度和精密度两方面评价。准确度是指测定值与真实值符合的程度，用误差来衡量。误差越小，表示测量结果的准确度越高。精密度指平行测定各次结果相接近的程度，反映了测量值重复性的 大小，用偏差衡量。准确度高一定需要精密度高，但精密度高不一定准确度高。在消除系统误差的前提下，精密度高准确度也会高。

为了减小误差，提高实验结果的准确度和精密度，可以通过选择合适的实验方法、校准仪器、进行空白试验、对照试验等途径来有效地减小和消除系统误差。同时可以通过增加平行测定的次数来减小偶然误差。

2. 有效数字

(1) 有效数字 有效数字指的是在实际工作中能测量到的数值，它的位数包括所有准确数字和最后一位可疑数字，反映了测量结果的准确度。

在有效数字的位数中，值得关注的是数字“0”。当“0”只表示小数点的位置时，不算作有效数字，如 0.356，0.0356 或 0.00356 这三个数值都只有三位有效数字。而在 38.10，3.000，2.030 等数据中，“0”则是有效数字，所以它们都是四位有效数字。但是在 12000m，13000g，就很难说 0 是有效数字或非有效数字，此时最好用指数表示，以 10 的方次前面的数字代表有效数字，如 12000 写为 1.2×10^4 ，则表示有效数字为两位；写为 1.20×10^4 ，则表示有效数字为三位；其余类推。

(2) 有效数字的运算规则

① 记录测量数值时，只保留一位可疑数字。

② 当有效数字位数确定后，其余数字应一律弃去。舍弃办法：凡末位有效数字后边的第一位数字大于 5，则在其前一位上增加 1；小于 5 则弃去不计，等于 5 时，如前一位为奇数，则增加 1，如前一位为偶数，则弃去不计。例如，对 21.0248 取四位有效数字时，结果为 21.02，取五位有效数字时，结果为 21.025，但将 21.025 与 21.035 取四位有效数字时，则分别为 21.02 与 21.04。

③ 计算有效数字时，若第一位有效数字等于 8 或大于 8，则有效数字位数可多计一位。例如 9.13，实际上虽只三位，但在计算有效数字时，可作四位计算。因此 $9.13 \div 9.13 = 1.000$ ，而不是 1。

④ 在加减计算中，各数所保留的小数点后的位数，应与所给各数中小数点后位数最小的相同。例如将 13.65，0.0082，1.632 三个数目相加应写为：

$$13.65 + 0.01 + 1.63 = 15.29$$

⑤ 在乘除法中，各数保留的位数，以百分误差最大或有效数字位数最小的为标准。例如在 $0.0121 \times 25.64 \times 1.05782$ 中

第一个数的有效数字三位，百分误差为 $\frac{1}{121} \times 100 = 0.8$

第二个数的有效数字四位，百分误差为 $\frac{1}{2564} \times 100 = 0.04$

第三个数的有效数字六位，百分误差为 $\frac{1}{105782} \times 100 = 0.00009$

因第一个数的百分误差最大（或有效数字位数最少），故应以此数值为标准，确定其他数值的有效数字位数，由此得

$$0.0121 \times 25.6 \times 1.06 = 0.328 \text{ (取三位有效数字)}$$

⑥ 对 pH、pM、lgK 等对数，其有效数字的位数只取决于小数部分数字位数，因为整数部分只代表原值 10 的方次部分，例如 pH = 7.00，有效数字是 2 位，而不是 3 位，其原值为 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ ，就是两位有效数字。

(二) 数据记录

1. 正确记录测量数据

当用感量为百分之一克的台秤称物体的质量时，由于仪器本身能准确到 $\pm 0.01\text{g}$ ，所以物体的质量如果是 10.5g，就应该写成 10.50g，不能写成 10.5g。

2. 正确地表示实验结果

如测定煤中含硫量时，称样 2.5g，两次测得结果（S 含量）甲为 0.042% 和 0.041%；乙为 0.04201% 和 0.04199%，应采用哪种结果？

$$\frac{\pm 0.001}{0.042} \times 100\% = \pm 2\%$$

$$\frac{\pm 0.00001}{0.04201} \times 100\% = \pm 0.02\%$$

而称样的准确度为： $\frac{\pm 0.1}{2.5} \times 100\% = \pm 4\%$

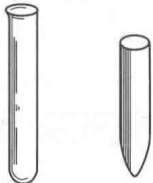
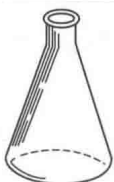
可以看出，甲的准确度与称样的准确度是一致的，而乙的准确度大大超过了称样的准确度，是没有意义的。所以应采用甲的结果。

第二部分 无机化学实验基本知识

一、无机化学实验常用玻璃仪器

无机化学实验常用玻璃仪器的规格、用途及注意事项见表 2-1。

表 2-1 无机化学实验常用玻璃仪器

仪 器	规 格	用 途	注意事项
 烧杯	以容积表示,常用的有 50mL, 100mL, 150mL, 200mL, 500mL, 1000mL 等	用做反应物较多时的反应容器,或用于溶解、稀释等	加热时应放置在石棉网上,使受热均匀
 试管 离心试管	普通试管以管外径(mm)×长度(mm)表示,一般有 12×150, 15×100, 30×200 等;离心试管以容积表示,一般有 5mL、10mL、15mL 等	普通试管用做少量试剂的反应容器;离心试管用于定性分析中的沉淀分离	可直接加热,硬质试管可加热至高温,加热后不能骤冷
 锥形瓶	以容积表示,常用的有 50mL, 100mL, 250mL, 500mL, 1000mL 等	用于滴定操作,便于振荡	加热时应放置在石棉网上,使受热均匀