

— 高等学校教材 —

无机化学实验

張 我 裁 等 編

人 民 教 育 出 版 社

高等学校教材



无机化学实验

張我裁等編

人民教育出版社

本书是根据 1962 年 5 月审訂的高等工业学校本科五年制化工类专业适用的“无机化学教学大綱(試行草案)”的要求編写的,可作为高等工业学校化工类专业的无机化学实验教材。

书中内容包括理論的验证、元素及其化合物的性质的試驗以及作为实验总结的无机制备和实验习题課等。全书共有 26 个实验。书中还对无机化学实验中的基本操作进行了介绍,并将需要掌握的基本操作安排在許多实验中,以便学生反复练习。其中某些内容可由教师根据本校设备情况进行选择。

本书由張我裁(主編)、楊炳良、楊树德、陆欣生等同志編写,朱裕貞、張筱凤、高忠爱、李金和、王載兴、陈培德、姜閭嫌等同志参加試做实验,并曾在浙江大学、华南工学院、华东化工学院三校試用一年。本书經唐崇礼同志初审,蔡光纘、袁貞庭、方国正、張佩华等同志协助复做实验;再經龙惕吾同志复审,張兴泰、張振民、吳天才、肖凤石、罗标祥等同志协助复审。

无机化学实验

張 我 裁 等 編

北京市书刊出版业营业許可証出字第 2 号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人 民 教 育 印 刷 厂 印 装

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 經 售

统一书号 K13010 · 1137 开本 850 × 1108 $\frac{1}{32}$ 印张 5
字数 123,000 印数 0,001—11,500 定价 (5) 半 0.50
1964 年 8 月第 1 版 1964 年 8 月北京第 1 次印刷

无机化学 (上下册)

人民教育出版社高教书编辑部组织选编

本书是在 1961 年参考和采用了部分学校的自编讲义和已出版的教科书选编而成的。第二版付印前,又作了小的修订,

全书共分两册。上册包括物质结构,溶液理论,化学反应速度与化学平衡和氧化还原理论等基础部分。下册则以门捷列夫周期律为基础,对周期系各元素及化合物的性质、应用、存在和制备等方面,进行系统且有重点的讨论。对无机化学的新兴研究方向,如络合物化学,同位素化学,则另列专章讨论。对稀有元素的化学,也予以适当的加强。

本书可作高等工业学校化工、冶金类专业“无机化学”课程的试用教科书,也可供其他有关专业的师生参考。

定价(上) 0.60 元 (下) 0.90 元

人民教育出版社出版

新华书店发行

目 录

編写說明

无机化学实验的目的和学习方法	4
实验室工作規則	8
实验室工作中的安全操作	9
实验室中意外事故的处理	10
无机化学实验中的基本仪器	11
无机化学实验基本操作	13
一、仪器的洗涤	13
二、仪器的干燥	13
三、酒精灯、酒精喷灯及煤气灯的使用法和各种加热方法	14
四、量筒和容量瓶的使用方法	18
五、试剂的取用法	19
六、洗瓶的用法	21
七、沉淀的过滤和洗涤	22
八、液体和液体的分离法	26
九、气体的制备和收集方法	27
十、固体的研磨和溶解	29
十一、溶液的蒸发和浓缩	29
十二、结晶	30
十三、结晶的干燥	30
十四、比重計的使用方法	31
十五、石蕊試紙和 pH 試紙的使用方法	31
化学計算中的有效数字	32
实验一 煤气灯的使用	2 学时 36
实验二 一些基本操作的訓練	2 学时 39
*实验三 玻璃管操作和塞子钻孔	3 学时 40
实验四 天平的使用	4 学时 45
实验五 当量的測定	2 学时 54
*实验六 二氧化碳分子量的測定	3 学时 57
实验七 溶液和溶液的制备	3 学时 61

*实验八 酸碱滴定	3 学时	65
*实验九 化学反应速度与化学平衡	2 学时	71
实验十 电解质溶液	3 学时	75
实验十一 电化学	2 学时	80
实验十二 氯、溴、碘	3 学时	83
实验十三 氧、硫、硒	3 学时	87
实验十四 氮和磷	3 学时	92
实验十五 砷、锑、铋	3 学时	97
实验十六 碳和硅	3 学时	102
*实验十七 胶体	2 学时	105
实验十八 锡和铅	2 学时	107
实验十九 硼和铝	2 学时	110
实验二十 碱金属、镁、碱土金属	3 学时	112
实验二十一 铜副族、锌副族	3 学时	116
实验二十二 络合物	2 学时	121
实验二十三 铬和锰	3 学时	124
实验二十四 铁、钴、镍	3 学时	127
实验二十五 无机制备	10 学时	132
一、硫酸铜的重结晶	3 学时	132
二、二氧化铅的制备	4 学时	135
三、食盐的提纯	3 学时	133
四、硫酸亚铁七水合物的制备	3 学时	139
五、硫酸亚铁铵的制备	2 学时	140
六、氯化锰的提取	4 学时	142
实验二十六 实验习题课	5 学时	143
附录		145
表 1 各种基本操作在各实验中的安排		145
表 2 一些元素的原子量表		146
表 3 在不同温度下饱和水蒸气的压力		147
表 4 一些酸和碱的百分浓度和比重		148
表 5 难溶物质的溶度积		151
表 6 弱电解质的电离常数(K) ($t = 25^{\circ}\text{C}$)		152
表 7 某些试剂的配制		153
表 8 四位对数表		154
表 9 仪器单		156

編写說明

1. 根据教学大綱的要求, 力求使实验內容密切配合讲课, 以达到巩固課堂內所学的知識、理論联系实际的目的。

2. 在实验元素及其化合物的性质时, 尽可能地把同族元素的同一类型的性质(例如, 氢氧化物的酸碱性、低价化合物的还原性、高价化合物的氧化性等)安排在一起, 以便学生通过实验, 易于得出其变化規律。

3. 对实验的現象和应得的结果(例如, 沉淀的生成、溶解和顏色的变化等)不作詳細的說明, 而要求学生自己仔細地观察現象和记录現象, 并根据实验的現象作出結論, 从而逐步培养学生掌握研究科学的方法和具有独立工作的能力。

4. 对于化学实验的各项基本操作, 通过一学年的实验, 分别要求如下:

(1) 要求熟练掌握的有:

① 煤气灯(或酒精灯)、台秤、量筒和試紙的正确使用方法;

② 移取試剂(液体和固体)、在試管中进行反应的正确操作方法。

(2) 要求基本掌握的有:

① 常用玻璃仪器的一般洗滌方法;

② 普通过滤、吸滤、蒸发、結晶、干燥等的正确操作方法;

③ 装置气体发生器和收集气体的正确方法;

④ 物质的溶解方法, 沉淀的生成和洗滌方法。

(3) 要求一般了解的有:

① 分析天平的一般构造和一般使用方法;

②容量瓶、滴定管及移液管的一般使用方法；

③比重計的使用方法及一般溶液的配制方法。

5. 实验内容包括理論的验证、元素及其化合物的性质的实验、溶液的制备以及无机化合物的制备等，此外还安排了实验习题課。

实验习题課的主要目的，是要求学生对于一个阶段的实验内容和基本操作技术进行复习和巩固。学生在实验习题課中，应该运用已經在实验中获得的知識和掌握的基本操作技术，独立地进行实验，以解决教师提出的問題，例如，怎样证明某物质的还原性或氧化性，怎样配制某种溶液，怎样制备某种化合物，怎样使用台秤，怎样过滤等等。实验习题課的另一目的是便于教师检查学生对实验的掌握情况。

6. 在不妨碍实验結果的正确性的前提下，实验中应尽量使用較低的濃度和較少的数量的試剂，以避免浪费。

液体試剂的濃度的表示方法是：酸碱用当量濃度，盐类除个别实验外用克分子濃度。

7. 各实验的先后次序可以根据教学需要，灵活更动，有 * 号标记的实验内容可以不做，或根据具体情况选做。

8. 实验学时数包括实验前預問的时间（15—20 分钟）。

9. 每个实验所列的仪器由实验准备室临时发給，学生个人专用的仪器見附录表 9。

10. 编写本书时，主要参考了华东化工学院的无机化学实验讲义，同时还参考了下列书籍：

(1) 无机化学实验，C. A. 巴列金等著，南开大学无机化学教研組譯，高等教育出版社，1957。

(2) 普通化学实验，B. II. 謝密申著，南开大学无机化学教研組譯，高等教育出版社，1956。

(3)純化学試剂, Ю. В. 卡尔雅金著, 于忠、程家驪等譯, 高等教育出版社, 1957。

(4)兄弟学校的实验讲义。

无机化学实验的目的和学习方法

无机化学实验的目的

无机化学是一门以实验为基础的科学。要很好地领会和掌握无机化学的基本理论和事实材料,就必须亲自进行实验。因此,实验是学习无机化学的重要环节。

通过实验,不仅可以巩固和扩大课堂中所获得的知識,并且也为理论联系实际提供了具体的条件。

通过实验,可以培养学生正确地掌握实验操作的某些基本技术,正确地使用某些常用仪器,从而得出准确的数据和结果。

通过实验,也可以培养学生独立工作和独立思考的能力,例如,独立地准备和进行实验,细致地观察和记录现象,从而作出科学的结论。

通过实验,还可以培养学生具有实事求是的科学态度,准确、细致、整洁等良好的科学习惯,从而逐步地培养学生掌握研究科学的方法。

无机化学实验的任务就是要通过一学期的学习,逐步地达到上述各项目的,以便为学生进一步学习其他化学课程和研究科学打下基础。

无机化学实验的学习方法

要达到实验的目的,必须有正确的学习态度和学习方法,无机化学实验的学习方法大致可分为下列三个步骤:

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。预习应达到下列要求:

- (1) 閱讀实验教材、教科书中的有关材料;
- (2) 明确实验的目的;
- (3) 了解实验的内容、步骤、操作过程和实验时应当注意的地方;
- (4) 利用实验前应准备的问题, 进行思考和预习;
- (5) 在上述预习的基础上, 写好实验报告的预习部分。

为了了解学生的预习情况, 在实验开始前, 教师需要检查学生实验报告的预习部分, 向学生提出问题, 检查学生对实验是否已有充分准备。如果发现某学生准备不够充分, 教师可以随时命令该学生停止进行实验, 或责成该学生在掌握实验内容后再进行实验。

2. 实验

学生在实验过程中, 应该严格地根据实验教材上所规定的方法、步骤及试剂用量来进行操作, 并应该做到下列几点:

- (1) 认真操作, 细心观察现象, 并把观察到的现象详细记录在实验报告的记录部分中。
- (2) 如果发现实验现象和理论不符合, 则应认真检查其原因, 更细心地重复做实验。
- (3) 实验中遇到疑难问题而自己难以解释时, 可提请教师解答。

- (4) 在实验过程中应该保持肃静, 遵守实验室工作规则。

3. 实验报告

实验操作完毕后, 应对实验现象进行解释, 作出结论, 或根据实验数据进行计算, 完成实验报告, 交指导教师审阅。教师认为实验现象、解释、结论、数据、计算等不符合要求, 或实验报告写得草率, 可以责成学生重做实验或重写报告。

实验报告应该写得简单扼要, 整齐清洁。

实验报告应分作下列三个部分:

(1) 预习部分——在预习时完成。

内容包括实验的题目和简单的操作步骤(尽量用简图、表格、化学式、符号等表示,并注明试剂的用量、浓度以及必要的操作条件)。

(2) 记录部分——在实验进行的过程中完成。

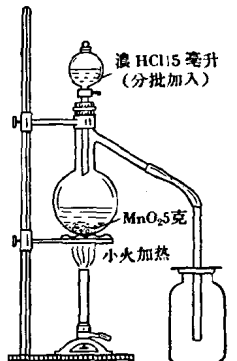
内容包括实验过程中的详细现象和数据的记录。

(3) 解释、结论或计算部分——在实验后完成。

内容包括实验现象的解释和结论,数据的计算以及误差的分析等。

现以实验十二: 氯、溴、碘的实验报告(一部分)为例:

实验十二 氯、溴、碘

实验步骤	观察到的现象	解释和结论
1. 氯: (1) 氯的制备  将 Cl_2 气依次通入: (甲) 干燥集气瓶中 (乙) 40 毫升 H_2O 中(约 1 分钟) (丙) 3—4 毫升冷的 2N NaOH 中(约 1—2 分	有黄绿色气体产生 得淡黄色溶液 大部分氯气溶解	MnO_2 将 HCl 氧化成氯: $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ Cl_2 溶解于 H_2O, 生成次氯酸和盐酸: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{HCl}$ Cl_2 与 NaOH 作用, 生成次氯酸钠和氯化钠:

续表

钟) [保留(甲)、(乙)、(丙), 供 做下面的实验用]		$\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH}$ $= \text{NaOCl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
(2) 氯和金属的作用 加热铜丝, 投入 Cl_2 气 的集气瓶中 冷却后加水几滴并摇 动之	激烈燃烧 水溶液呈蓝色	氯与铜化合: $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{燃烧}} \text{CuCl}_2$ 证明有 CuCl_2 生成, 因水合 Cu^{++} 呈蓝色
(3) 氯水及其性质 ① 靛蓝溶液(少量)加 氯水数滴 ② 0.1M KBr (10 滴) 加氯水数滴 ③ 0.1M KI (5 滴) 先加数滴氯水 然后加多量氯水 最后加过量氯水	蓝色褪去 溶液由无色变成 黄色 溶液由无色变成 黄色 有黑色沉淀产生 黑色沉淀消失变 成无色溶液	氯水具有漂白性 氯水把 Br^- 离子氧化成 Br_2 , 这 说明氧化性 $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$ $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$ 氯水把少量 I^- 离子氧化成 I_2 , 后者溶于剩余的 KI 溶液中: $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- = 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$, $\text{I}_2 + \text{I}^- = \text{I}_3^-$ 氯水把全部 I^- 离子氧化为 I_2 析出 因过量氯水把 I_2 氧化为无色 HIO_3 : $5\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$ $10\text{HCl} + 2\text{HIO}_3$
2. 氯的含氧化合物		

附注:

1. 本实验报告分为三个部分:

(1) 实验步骤在实验前预习时完成;

(2) 观察到的现象在实验时记录;

(3) 解释和结论在实验结束后完成。

后二部分不应在实验前预先写好。在写实验报告的预习部分时, 应留出适当的地位, 尤其是解释和结论部分应留出较多的地位。

2. 解释和结论应该用简要的文字来说明, 不应只用反应方程式来表示。

3. 本实验报告格式仅供参考。亦可随实验类型不同, 而改用其他实验报告格式。

實驗室工作規則

必須嚴格遵守下列規則：

1. 實驗前一定要做好准备工作，例如檢查實驗所需的藥品和儀器是否完備。

2. 遵守紀律，保持肅靜，思想集中，認真操作。

3. 仔細觀察各種現象，並詳細記錄在實驗報告中。

4. 實驗台上的儀器應整齊地放在一定的位置上，並經常保持實驗台的清潔。

5. 實驗後，廢物、廢液、濾紙、碎玻璃等應倒在廢物缸內，嚴格禁止倒入水槽內，以防止水槽淤塞和腐蝕。

6. 愛護國家財物，小心使用儀器和實驗室設備，注意節約水、電和煤氣。

7. 使用藥品時應注意下列幾點：

(1) 藥品應按規定量取用，如果書中未規定用量，應注意節約，尽量少用。

(2) 取用固體藥品時，注意勿使其撒落。

(3) 藥品自瓶中取出後，不應再倒回原瓶中，以免帶入雜質而引起瓶中藥品變質。

(4) 試劑瓶用過後，應立即蓋上塞子，並放回原處，以免和其他瓶上的塞子搞錯，引入雜質。

(5) 同一滴管在未洗淨時，不應在不同的試劑瓶中吸取溶液。

(6) 實驗教材中規定在實驗做過後要回收的藥品，都應倒入回收瓶中。 AgNO_3 和 KI 這兩種藥品在每次實驗後，必需回收，切勿丟去。

8. 實驗過程中如果有儀器破損，應向儀器用品室（或實驗準備室）索取“儀器領取單”，在上面填寫破損儀器的名稱、規格和數量，自己的姓名和班級，以及日期等，然後憑該單向儀器用品室領取儀器。

9. 實驗完畢後，應將儀器洗刷乾淨，放入櫃中；把實驗台及試劑架用抹布揩淨；最後檢查煤氣龍頭和水龍頭是否關緊。

10. 每次實驗後由學生輪流負責打掃和整理公用藥品台、通風櫥及實驗室地面，以保持實驗室的整潔。

11. 實驗課未結束前，一概不准隨便提前離開實驗室。如果實驗已經完成，必須將實驗報告交指導教師審閱，得到教師許可後，才能離開實驗室。

12. 不得無故缺席，因故缺席未做的實驗應該補做。

實驗室工作中的安全操作

1. 一切有毒或有惡臭的物質的實驗，都應在通風櫥中進行。

2. 一切揮發性和易燃物質的實驗，都應在離火較遠的地方進行，並應尽可能地在通風櫥中進行。

3. 加熱試管時，不要將試管口指向自己或別人，也不要俯視正在加熱的液體，以免濺出的液體把人燙傷。

4. 在聞氣體的气味時，不能用鼻子直接對着氣體的瓶口或管口，而應用手把少量氣體輕輕扇向自己。

5. 稀釋濃硫酸時，應將濃硫酸慢慢地注入水中，並不斷攪拌，切勿將水注入濃硫酸中，以免產生局部過熱，使濃硫酸濺出，引起灼傷。

6. 酒精燈或煤氣燈應隨用隨點。不用時，酒精燈應蓋上罩子，

煤气灯应关紧煤气龙头, 以免引起火灾和煤气中毒。

7. 每次实验完毕后, 应把手洗净, 才可离开实验室。

实验室中意外事故的处理

1. 在扑灭燃着的苯、醚或火油时, 应该用砂子(切勿用水)盖住它们。

2. 烫伤: 可用高锰酸钾或苦味酸溶液揩擦灼伤处, 再搽上凡士林或烫伤油膏。

3. 吸入 Br_2 蒸气或 Cl_2 气体时, 可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气以解毒; 吸入 H_2S 气体而感觉到头晕时, 应到室外呼吸新鲜空气。

4. 受强酸腐伤: 应立即用大量水冲洗, 然后搽上碳酸氢钠油膏或凡士林。

5. 受浓碱腐伤: 应立即用大量水冲洗, 然后用 1% 柠檬酸或硼酸饱和溶液洗涤, 再搽上凡士林。

6. 受液 Br_2 腐伤: 应立即用苯或甘油洗涤伤处, 再用水冲洗。

7. 割伤: 应立刻用水洗净伤口, 搽上龙胆紫药水, 再用纱布包扎; 如果伤口较大, 应立刻到医务室医治。

无机化学实验中的基本仪器

