

大 专 院 校 教 材

化学原理实验

〔美〕 E.J.Slowinski W.C.Wolsey W.L.Masterton 编著

孔文忠 钱 诚 李郁颖 译 杨葆昌 审校

33

北 京 大 学 出 版 社

大专院校教材

化学原理实验

E.J.Slowinski

〔美〕 W.C.Wolsey 编著

W.L.Masterton

孔文忠 钱 诚 李郁颖 译

杨葆昌 审校

北京大学出版社

内 容 简 介

本书系《化学原理》一书的配套教材,可供大专院校及中等专业学校学生学习无机化学课程参考使用。

本书旨在体现化学是一门实验科学。选入书中的40个实验除内容比较新颖、有趣外,部分实验还会引起争论,试图以此使学生经独立思考完成实验,并深刻体会实验所阐明的化学原理。

每个实验后面都有“预习作业”是本书的另一特色,为同类书中所不多见。加以以对实验原理和步骤详尽、深入浅出的阐述,使本书具备“过渡性”,不仅为不同基础和接受能力的读者提供了方便;对于中等学校教师深入学习化学、加强实验课的教学,也有相当的参考价值。

E.J.Slowinski
Chemical Principles In The Laboratory
Sauders College Publishing, 1981

大专院校教材 化 学 原 理 实 验

E.J.Slowinski
〔美〕 W.C.Wolsey 编著
W.L.Masterton

孔文忠 钱 诚 李郁颖 译
杨葆昌 审校

★
北京大学出版社出版

(北京大学校内)

1202工厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

★
850×1168毫米 32开本 10.25印张 200千字

1987年7月第一版 1987年7月第一次印刷

印数: 00001—11,000册

统一书号: 13209·170 定价: 2.15元

译者前言

本书译自美国E.J.Slowinski、W.C.Wolsey和W.L.Masterbon合编的《Chemical Principles In The Laboratory》(1981年第三版)一书。该书是近年来美国大学广泛采用的《化学原理》一书的配套教材之一。本书作者中的两位也是《化学原理》一书的作者。

本书强调化学是一门实验科学。选入书中的实验并不是简单地验证、重复化学原理,而是“试图尽可能用有趣的,而且可能引起争论的实验来阐明许多已经确立的化学原理”。强调培养学生独立思考和解决问题的能力,是本书的又一特点。用作者的话来说,这样做是“为了将一个具有实用感的变量方法引入所研究的化学原理的应用中。”因此,每一个实验均给出预习作业,而且其中假设的数据完全模拟该实验。试图用此方法督促学生进行实验准备。这种做法很值得我们在编写类似教材时参考借鉴。

书中共列选40个实验。实验内容都比较新颖,所需要的设备和仪器也比较简单,一般的化学实验室基本上都具备。每个实验都包括实验原理、实验步骤、数据及计算、预习作业几部分,除具体阐明所要说明的化学原理外,并指出实验的成败关键和应该注意的问题。全书编排条理性强,文字叙述通俗易懂,尽量采用国际单位制。

本书内容和我国现行教材衔接,所以,除适于作大专院校普通化学参考教材之外,也适于作中等专业学校的化学教

学参考书。

全书承北京师范大学杨葆昌先生审校和田荷珍老师的大力支持，并由北京大学出版社请北京大学化学系项斯芬副教授终审。翻译过程中，得到北京大学出版社李彦奇、赵学范同志的热情帮助和指导，在此表示真诚的感谢。

由于我们水平有限，缺点和错误在所难免，希望得到广大读者的批评与指正。

译 者

1986年4月

前 言

尽管有了许多成功的理论，化学仍然是，也许永远是一门实验科学。学校中和工业上的大部分化学研究都是在实验室，而不是在办公室或计算机房中进行的。对于学习化学的青年学生来说，应该将相当一部分时间投入学科的实验方面。成为一个出色的实验工作者是不容易的，某些著名的化学家在实验室中的工作效率并非特别高，也是有的。然而，即使是那些把实验工作留给研究生或助手的化学家，也必须完全熟悉能用的实验方法、实验设计以及对实验结果的解释。作为初学者，学生会发现他们在实验室中付出的努力所得的报酬——有助于理解化学概念，还有助于评价在工艺方面需要什么，以及判断能否发现或论证某些化学上的重要关系。

本书写作过程中，作者试图尽可能选用有趣的、而且可能引起争论的实验来阐明许多已经确立的化学原理。大部分的实验程序和数据的计算方法均予以详细叙述。这样，各种基础和接受能力不同的学生，都能搞懂怎样较好地完成实验，以及如何解释。本书许多实验尚未公开发表，但已经过康涅狄格大学(University of Connecticut)和麦克阿里斯特学院(Macalester College)普通化学实验室的改进和试做。列入书中的实验内容比一般实验室经常能作的项目更多，可供教师灵活选择，以满足特殊课程的需要。在很多实验中未知物是为学生设计的，目的是保证他们独立地操作，同时也为

了将一个具有实用感的度量方法引入所研究的化学原理的应用中。

要求学生很好地准备实验课，往往是困难的；而如果做不到这一点，在实验室就要花费相当多的时间弄明白实验内容以及怎样做。结果可能使学生无法按时完成实验项目，或必须在实验室外完成实验报告。为了有效地做好实验方面的准备工作，我们在每一个实验中都列出了预习作业。它包括几个要求学生阅读实验并且弄清楚的问题。如果给出适当的数据，他就能进行计算。学生完成了预习作业，既能较好地进行实验，又能在规定时间之内完成作业。

在准备第三版过程中，我们增加了一些新的实验，删掉或修改了另外一些实验，使实验总数仍然和以前大致相同。预习作业有可能时均经重写。所选择的实验及实验的顺序都是为适合《化学原理》课本设计的，该书由本书作者中的两人执笔。然而，我们相信，这些实验对于大部分现代普通化学教科书都是适用的。本书比以前的版本更靠近国际单位制(SI)。现在我们采用“焦耳”，而不用“卡”；采用毫微米，而不用“埃”；我们仍用“毫米汞柱”和大气压测量压强；一般情况下用升和毫升表示体积。

作者真诚地感谢费城社会学院 David A. Katz 教授的帮助。他校订了第二版的实验，并且提出许多有益的建议和指导性意见。麦克阿里斯特学院的 Jenny White 和 Lisa Peterson 试做了新的及修改过的实验程序，并且在稿件的准备方面给予了帮助。

我们高度评价曾在麦克阿里斯特学院的 John Santee 先生的帮助。他编制提供了教师参考书中每一个实验需要的化

学仪器和药品单。我们也特别向对第二版提出评论和建议的各地使用者，包括学生和教师，表示感谢，并希望能继续提出你们认为效果更好的修改意见。

E.J.Slowinski

W.C.Wolsey

W.L.Masterton

实验室安全问题

化学实验室可以，而且应该是一个安全的工作场所。可是学校或工厂的实验室每年都有事故发生，有些甚至造成严重伤亡。如果化学工作者作出正确的判断，又采取了适当的预防措施，大部分事故是可以事先想到而加以预防的。

你将要做的实验至少是部分地经过了选择，都能安全地做出来。应该仔细地，并且按照“实验步骤”中所说明的程序进行实验。什么地方即使出现一个细小的错误，也可能导致危险，我们特别注意过这种错误。有时甚至一种试剂的浓度的变化，也足以改变化学反应的状态，而使反应以很高的速度用不同的方式发生。除非教师特别告诉你需要改动，进行实验时不要违反本书规定的实验步骤。

只要使用正确，实验中所用的药品都是安全的。尽管如此，还是应该提醒大家：大部分药品都有毒，而且好多都具有腐蚀性。这就是说，如果吸入，很可能有毒；其蒸气也可能有毒，尽量避免吸入。腐蚀性的溶液如和皮肤接触，会导致化学烧伤。如果药品或溶液溅到手上或衣服上，可立即用水冲洗。做完实验之后，要用肥皂洗手洗脸。

为了避免实验发生伤害，习惯于戴防护镜来保护眼睛，是最简单、却又是最重要的事情之一。只要你戴上规定的防护镜，就能够达到目的。如果没有防护镜，就用合适的塑料护目镜，或者自己买一副。

普通化学实验室中，最普遍的事故发生在学生试图把玻

璃管、温度计或玻璃棒插入胶皮塞的小孔的时候。因为学生使玻璃管在错误的方向承受过大的外力，玻璃就碎了，尖锐的玻璃割破了学生的手指或手，这种情况有时还很严重。这类事故完全不应该发生。在将一根玻璃管插入胶皮塞时，要按常规要求去做。我们要求你参考下述做法：

1. 一定要使塞子上的孔洞仅仅比你准备插入的玻璃导管稍小一点点。

2. 将导管插入塞子时，两手都要靠近塞子，不要在离塞子很远的地方握住玻璃导管，而应在离瓶塞 1—2 英寸的地方将导管握住。

3. 使用润滑剂。1—2 滴甘油、甚至水，都可以使玻璃导管插入塞子容易得多。

如果你第一次使用导管和瓶塞，实验员会给你讲解操作程序。如果你割破手，赶快去找教师，他会进行适当的处置。

虽然其他事故要少见得多，偶尔还是会发生，所以也应该考虑到其可能性。如果你用的挥发性有机液体离明火太近，有可能着火；你可能将腐蚀性试剂溅到自己或邻座人的身上；或许，还可能不知怎么搞的把药品弄到眼里或嘴里。这种情况下，最常见的反映是慌乱。在惊恐的情绪中，学生常常干出失去理智的事情。例如，本来随手就能挽救事故，他却尖叫着跑出实验室。如果你发现别的同学出了事故，要谨防惊慌，而应告诉同学应该怎么办。必要时，帮助他，或去请教师帮助。化学药品溅到身上，最好的处置是赶紧到最近的水槽用水冲洗。对于更严重的溅落，可用实验室准备的淋浴器或洗眼器来处理。如果烧杯、工作台、你的或同学的衣

服着火了，不要惊慌奔跑，用灭火器、石棉毯或用水等在当时情况下最有效的办法将火压灭。如果某件仪器或实验桌着火，而且看起来不必马上采取措施，请教师来灭火。不管怎样，要知道淋浴器、洗眼器以及灭火器放在什么地方。这样，一旦在匆忙中需要的时候，不至于四处寻找。

在这本实验手册中，我们力图介绍安全的实验程序；而且，所提供的药品，只要使用正确，是安全的。很多学生完成了实验而未出事故，你们也应如此。然而，你们进行实验时，作者们不可能亲自在实验室保证你遵守必要的预防方法。因此，只有靠你们和实验管理员一起使实验恰当地进行，并对于任何事故或伤害承担起责任。

目 录

实验 1	液体和固体的密度	(1)
实验 2	将物质解析成纯品 I. 分级结晶法	(7)
实验 3	将物质解析成纯品 II. 纸层析	(14)
实验 4	金属氧化物的质量分析	(21)
实验 5	倍比定律	(26)
实验 6	水合作用的水	(33)
实验 7	碱土金属和卤素——周期表中的两族 元素	(39)
实验 8	热效应和量热法	(47)
实验 9	铝-锌合金的分析	(55)
实验 10	挥发性液体的分子质量	(62)
实验 11	氢原子光谱	(66)
实验 12	苏尔维 (Solvay) 法.....	(76)
实验 13	分子的几何结构; 用分子模型进行的 实验	(83)
实验 14	液体的蒸气压和气化热	(94)
实验 15	某些非金属及其化合物——制备和性 质	(102)
实验 16	化学平衡体系的性质: 勒夏特利 (Le Châtelier) 原理	(111)

实验17	化学反应平衡常数的测定	(123)
实验18	化学反应速率 I. 丙酮的碘化 反应	(136)
实验19	化学反应速率 II. 一个时标反应 ...	(148)
实验20	未知氯化物的测定	(159)
实验21	凝固点降低法测定分子量	(165)
实验22	碱溶液的标定及固态酸当量的测定	(174)
实验23	pH值的测定及其应用	(183)
实验24	测定 PbI_2 的溶度积	(193)
实验25	从铜(II)溶液制得的络离子和 沉淀的相对稳定性	(200)
实验26	测定水的硬度	(209)
实验27	几种配位化合物的合成	(216)
实验28	用电解法测定当量	(222)
实验29	伏打电池的测量	(229)
实验30	氯化亚铜(I)的制备	(238)
实验31	测定放射性同位素的半衰期	(242)
实验32	阿斯匹林的制备	(248)
实验33	合成树脂的制取	(254)
实验34	一些常见离子的点滴试验	(260)
实验35	未知固体的鉴定	(266)
实验36	阳离子第I组的定性分析	(272)
实验37	阳离子第II组的定性分析	(278)
实验38	阳离子第III组的定性分析	(285)
实验39	十支试管的秘密	(291)
实验40	阳离子定性分析的实验室考试	(299)

附录 I	水的蒸气压	(303)
附录 II	离子及固体溶解性摘要	(304)
附录 III	原子量表	(306)
附录 IV	实验橱仪器参考清单	(310)

实验 1 液体和固体的密度

任何物质的基本特性之一是它的密度，密度是物质每单位体积的重量。水在 4°C 时的密度恰好是 $1.00000\text{g}/\text{cm}^3$ ，室温下略低于 1 ($0.9970\text{g}/\text{cm}^3$, 25°C)。液体和固体的密度，在比水低至比水高得多的数值间变动。金属锇 (Os) 的密度是 $22.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，它可能是常压下密度最大的已知物。

测定密度时，有两个量必须确定——一定量（被测量）物质的质量和体积。质量很容易用天平称重样品测定。我们通常认为这个量是“重量”，但实际上是该物质的质量。在“称重”的过程中，我们从一组标准质量找出质量，这个质量所受到的地心引力和我们正在称量的一定质量物质所受到的地心引力是相同的。在容器中一个液体样品的质量，可以通过充满液体容器的质量与空容器质量两者之差来确定。

液体的体积很容易用校准过的容器测定。实验室里经常使用一种带刻度的量筒进行常规的体积测量。精确地测量液体的体积则用比重瓶，比重瓶是一种具有一定准确容量的容器。假如固体具有规则的几何形状，则它的体积可以直接测量。但是通常固体样品不是这种情况。测量固体体积的一个便利的方法，是把一定量的固体浸入液体中，精确地测量被置换液体的体积。固体的体积等于固体所排出的液体的体积。

本实验将按照我们所列的步骤测定一个液体和一个固体的密度。首先我们称重一个空瓶和它的塞子。然后用水充满

这个瓶子，测量这个充满水盖好瓶塞的瓶子的质量。从这两个质量的差中，我们得出水的质量，然后通过已知的水的密度确定这个瓶子的体积。倾出水并干燥此瓶，用未知液体充满它，并再一次称量。从液体的质量和这个瓶的体积，我们可以得出这个未知液体的密度。测定一个未知金属固体的密度：将这个金属放到干燥的空瓶中并且称重，这样可以求出金属的质量，然后用水充满这个盛着金属的瓶，并再一次称重。增加的量即所加的水的质量。从增加的水的质量和水的密度，我们算出所加的水的体积。金属的体积必定等于瓶的体积减去水的体积。从金属的质量和体积，我们可以计算出它的密度。计算所涉及的细节，在“预习作业”中介绍。

实验内容和步骤

A. 金属块的质量 你在实验室里学完如何操作分析天平后，从教员那里领取标有编号的金属块。在天平上称量到最接近0.001g。记录金属块的质量和编号，并且将结果报告教员。你的称量经他通过后，去储藏室取一个带玻璃塞的瓶，可做比重瓶使用，再取一份未知液体和一个未知金属样品。

B. 液体的密度 如果你的瓶子不清洁或不干燥，用肥皂和水将它洗净。然后用几毫升丙酮漂洗，静置数分钟或用压缩空气缓缓吹一会儿使它干燥。

在分析天平上，或直接在台秤上称量这个干燥的带塞的瓶，精确到毫克。用蒸馏水充满瓶子，直到液面接近瓶颈的磨口面，为了排出所有的空气和过量的水，将瓶塞盖上。轻轻地将塞子塞入瓶中，使瓶塞稳固地固定在其位置上。用毛

巾擦去瓶外面的水，并吸掉塞顶周围所有过量的水。

重新称量这个瓶子，该瓶外面应彻底干燥，且充满水。已知水在实验室温度下的密度和在瓶中的质量，你应该能够非常准确地确定瓶子的体积。倒空瓶子，使其干燥，并用未知液体充满它。盖上瓶塞并且擦干瓶子，正如你用水做时那样，然后称量已经塞好且充满了未知液体的瓶子，并确保瓶子的表面是干燥的。该测量，连同以前的那些测量，使你能精确地确定未知液体的密度。

C. 固体的密度 将瓶中的液体样品倒入容器中。用少量的丙酮漂洗瓶子，并彻底干燥。将小块金属样品加入瓶里，直到瓶子大约半满。连同瓶塞和金属样品一起称量这个瓶子，精确到毫克。瓶中至少应有50g的金属。

把金属样品留在瓶中，用水充满瓶子，然后把塞子放回原位。旋转瓶子，以充分滚动金属，确保金属片之间没有空气存在。如果必要的话，可重新装瓶。然后称量这个干燥的、加有金属样品并充满了水、盖着瓶塞的瓶子。操作正确时，在这个实验中所作的测量会使你对金属样品的密度计算，精确到大约0.1%。

从瓶中倒出水，把金属放回容器中。将瓶子干燥，并连同瓶塞和金属样品一同送回储藏室。

数 据 和 计 算

金属块号码 _____

金属块的质量 _____ g

未知液体号码 _____

未知固体号码 _____

未知液体的密度

带瓶塞空瓶的质量

_____ g