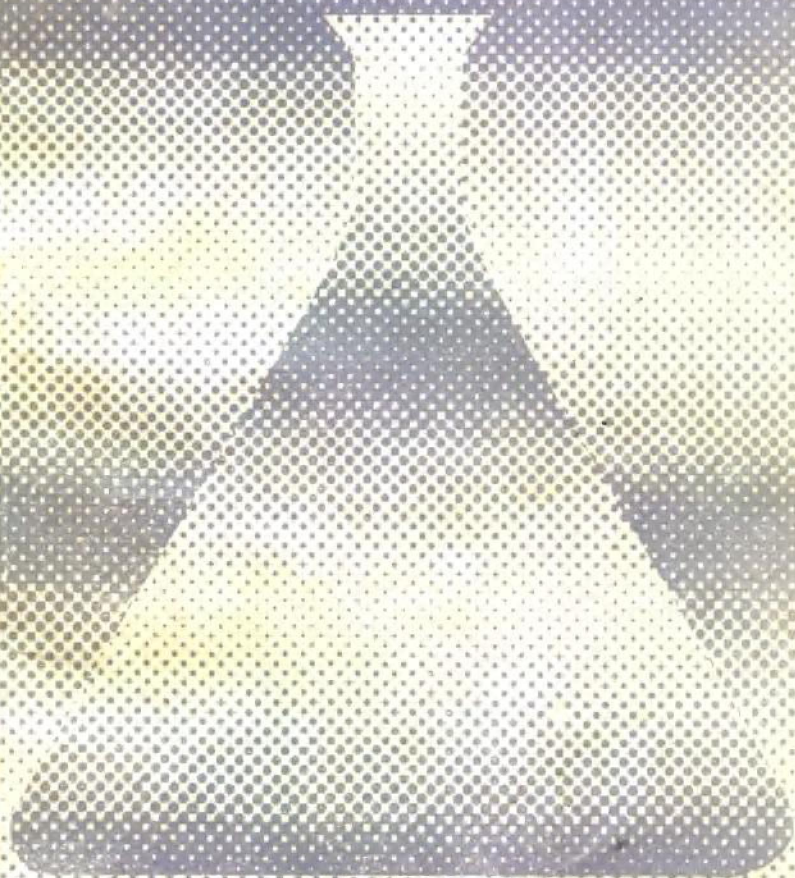


无机化学系统实验

[英] G. F. 李普特劳特 著



科学技术文献出版社

无机化学系统实验

〔英〕 G. F. 李普特劳特 著
张熙春 王上荣等 译
凌永乐 校

科学技术文献出版社

1 9 8 7

内 容 简 介

本书是英国中等学校化学实验用书，共有近500个实验，按元素周期系编排。全书基本操作训练和基础理论阐述并重、紧密配合，对培养学生动手能力、学好基础知识以及启发思维等有很大的参考价值；对我国当前化学实验教学改革将起一定的促进作用。

本书可作为中等学校化学教师的一本重要的实验参考书，也可作为高等学校培养学生独立进行无机化学实验的一本自学书。

G.F.Liptrot

INORGANIC CHEMISTRY THROUGH EXPERIMENT

Mills & Boon LTD

London, 1980

无机化学系统实验

〔英〕G.F.李普特劳特 著

张熙春 王上荣等 译

科学技术文献出版社出版

一二〇二工厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 32开本 8.5印张 181千字

1987年6月北京第一版第一次印刷

印数：1—6,000册

科技新书目：144—54

统一书号：15176·816 定价：1.75元

译 者 的 话

本书是根据英国Mills&Boon出版社 1980 年再版本翻译的, 原书名«Inorganic Chemistry Through Experiment», 著者李普特劳特 (G.F.Liptrot) 博士是英国著名的伊顿公学 (Eton College) 化学教研室主任。他积累多年讲授无机化学实验的经验写成此书。

全书按元素周期系编排, 包括近五百个无机化学实验, 并有基础理论阐述。我们认为本书对我国中学及大学基础化学的实验教学均有较大的参考价值。因此不揣鄙陋译出以供我国同行参考。

原书采用国际单位制, 如 nm 译成纳米 (10^{-9} 米), 但为了适合国内当前情况, 原书中所用容量单位均改为毫升和升, 如 cm^3 (厘米³) 译成毫升, dm^3 (分米³) 译成升。

原书中明显的一些笔误或印刷错误, 均已改正并加译者说明。

参加本书翻译的还有杨德坤、贺子云和邱丽娟同志。

翻译中有不妥之处请读者批判指正。

序 言

过去二十来年，无机化学讲授方法有了不断的改进，重点已发生转移，从传统无机化合物的制备和化合物的分析转移到探索性质的基本方向。著者希望这本书可以指明如何能够在周期表广阔范围内进行实用无机化学的教学，如何能够用一些辅助的物理化学数据（如氧化还原电位）适当地与化学性质关联起来。

本书重点放在试管快速反应的应用上，当要说明溶液中一些重要反应的计量特性时，用滴管技术代替滴定管和吸量管的常规容量分析。

尽管大多数实验可以小规模进行，以节约化学药品，但常规的较大规模的制备试验不能一概忽视；特别是涉及那些阐明过渡金属化学的许多制备试验。还有为阐明某元素的各种不相关联的性质的某些实验也是值得注意的。

希望本书能对于按新的和传统的一级教学大纲和国家证书级教学大纲学习的学生们证明是有用的；为此本书中的实验既包括那些选作性质的也包括那些教学必作的，希望能达到适当平衡。

伊顿公学

G. F. 李普特劳特

目 录

序言

第一章	元素的周期分类	(1)
第二章	1 A 族碱金属	(20)
第三章	2 A 族碱土金属	(32)
第四章	3 B 族硼、铝、镓、铟、铊	(44)
第五章	4 B 族碳、硅、锗、锡、铅	(60)
第六章	5 B 族氮、磷、砷、锑、铋	(90)
第七章	氧化-还原——一些氧化还原反应	(119)
第八章	6 B 族氧、硫、硒、碲、钋	(132)
第九章	7 B 族氟、氯、溴、碘、砹	(165)
第十章	第一过渡系 (钪、钛、钒、铬、锰, 铁、 钴、镍)	(186)
第十一章	第一过渡系详细论述 (钪、钛、钒、铬、 锰、铁、钴、镍)	(204)
第十二章	1 B 族铜、银、金	(224)
第十三章	2 B 族锌、镉、汞	(241)
附录 I	化学药品表	(255)
附录 II	必需的溶液(I)	(259)
附录 III	必需的溶液(II)	(262)

第一章 元素的周期分类

1.1 引言

十九世纪初化学家们获得原子的相对质量（原子量）后，就试图发现元素的这些数字和性质之间存在的某种表达图式。1869年俄罗斯化学家门捷列夫在研究了元素的相对原子质量和它们的性质之间的关系后，在发展周期分类中取得了最重要的一步。他得出了“元素的性质随它们的相对原子质量发生周期性变化”的结论。表1 A是周期表的现代形式，元素的顺序是以原子序数（原子核中的质子数）为基础，而不是相对原子质量。

这张表分为许多纵的族和7个横的周期。1族到7族又分为A族和B族。在一给定周期中第8族含有三元素组。不要认为副族之间有任何特殊的相似性，只是化合价可能相同而已。事实上副族之间化学性质的差异往往很大，最好把它们分别研究，而且就铁、钴和镍放在第8族中这点而论并没有特殊意义，这三个元素最好是作为从钪到铜延伸的第一过渡系成员。副族这种分类只是门捷列夫在他最初的表中使用的方法，不必再改变它了。

1.2 元素的一些物理性质

(a) 密度

绘出表1 B 中给出的固体和液体元素的密度对原子序数(到元素铋为止)的曲线图。研究一下你绘得的这个曲线图的特征,并且尽可能把这个图和周期表(表1 A)联系起来。特别指出哪些元素处于下列情况:

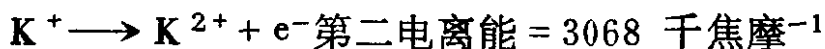
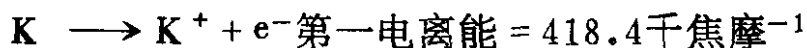
- (i) 处于最小值
- (ii) 处于曲线上升部分
- (iii) 处于曲线下降部分

(b) 熔点

绘出表1 B 中给出的元素的熔点对原子序数(到溴为止)的曲线图,论述这个曲线图的主要特点以及和周期表(表1 A)的关系。

(c) 电离能

从一元素的原子完全移去一个电子所需的能量称第一电离能;同样地从单电荷的离子完全移去第二个电子所需的能量称为第二电离能,以此类推。这些数值用千焦摩⁻¹表示,以钾原子为例,这些数值是:



注意这两数值之间存在很大差距,这是由于这样的事实,如果一原子已带有一正电荷,电离显然更困难。下列简单装置(图1.1)可以用来测定氙的第一电离能。

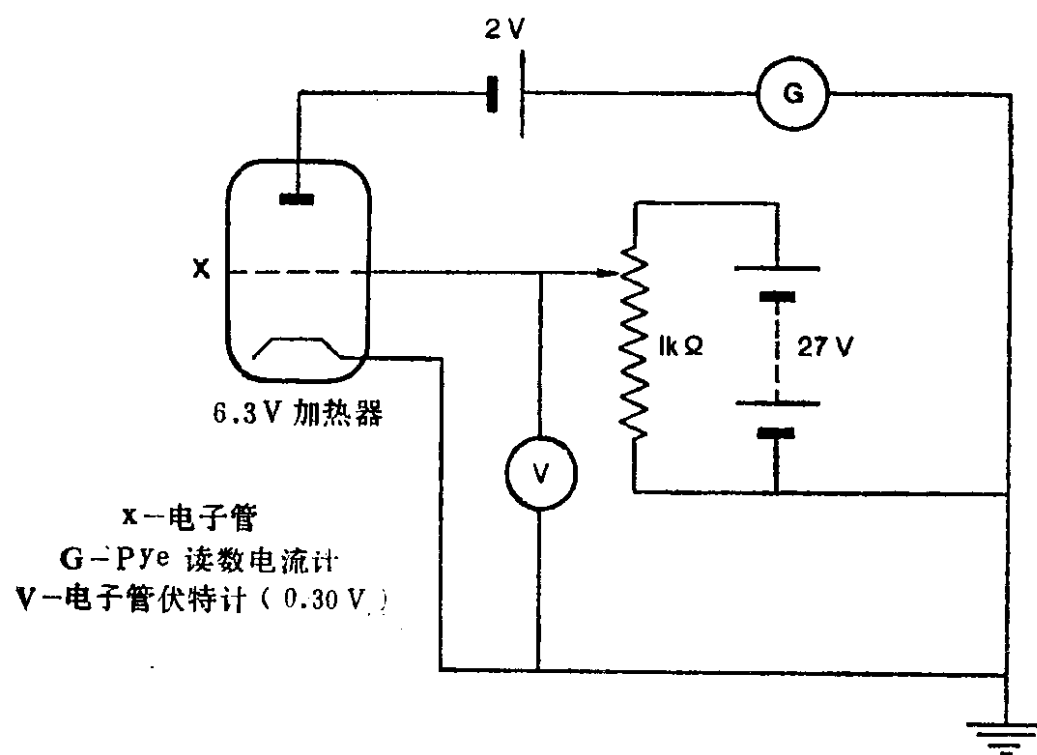


图1.1 氩的第一电离能的测定

表 1B

元 素	密 度 (克毫升 ⁻¹)	熔 点 (K)	第一电离能 (千焦摩 ⁻¹)	原子半径 (nm)
H		13.9	1313	0.032
He		3.5	2372	
Li	0.54	453.8	520	0.133
Be	1.84	1556	899	0.089
B	2.53	2300	800	0.080
C	2.22*	3700	1091	0.077
N		24.6	1400	0.074
O		54.4	1312	0.074
F		53.6	1679	0.072
Ne		24.6	2080	
Na	0.97	371.0	494	0.157
Mg	1.74	923	738	0.136
Al	2.70	932	578	0.125
Si	2.42	1683	782	0.117
P	1.83*	317.5	1062	0.110
S	2.07*	392.1	1003	0.104
Cl		173	1254	0.099
Ar		83.8	1519	
K	0.87	336.6	418	0.203
Ca	1.54	1123	589	0.174
Sc	3.19	1673	633	0.144
Ti	4.50	1950	661	0.132
V	5.69	2190	649	0.122
Cr	7.10	2176	653	0.117
Mn	7.42	1517	717	0.117
Fe	7.86	1812	762	0.116
Co	8.98	1768	757	0.116
Ni	8.90	1728	736	0.115
Cu	8.94	1356	745	0.117
Zn	7.13	692.7	906	0.125

续表

元 素	密 度 (克毫升 ⁻¹)	熔 点 (K)	第一电离能 (千焦摩 ⁻¹)	原子半径 (nm)
Ga	5.90	303	578	0.125
Ge	5.46	1210	762	0.122
As	5.73	886(升华)	946	0.121
Se	4.80	490	941	0.117
Br	3.12	266	1142	0.114
Kr		115.9	1351	
Rb	1.53	312	403	0.216
Sr	2.58	1043	549	0.191
Y	5.51	1773	615	0.162
Zr	6.44	2225	661	0.145
Nb	8.55	2770	664	0.134
Mo	10.20	2890	686	0.129
Tc		2400	703	
Ru	12.53	2700	711	0.124
Rh	12.44	2229	720	0.125
Pd	12.20	1823	803	0.128
Ag	10.50	1234	731	0.134
Cd	8.65	594	868	0.141
In	7.28	429	558	0.150
Sn	7.31	505	708	0.141
Sb	6.70	903	834	0.141
Te	6.25	723	870	0.137
I	4.94	387	1009	0.133
Xe			1170	

* 这些密度数值分别为石墨、白磷和斜方硫。

将 2 伏的负电位施加到电子管的阳极，逐渐增大栅极上正电位，直到检流计出现小的偏转。栅极上电位没有高达足以产生单离子化的氖离子 Ne^+ 以前没有电流通过。将由伏特表示的电位乘以转换因子 96.51 转变为千焦摩⁻¹。

绘出表 1 B 中列出的元素原子的第一电离能对原子序数的曲线图。论述这个曲线图的主要特点以及和周期表(表 1 A)的关系。

你能否说明从氦到锂，从氖到钠和从氩到钾的电离能大幅度下降的理由吗？

忽略铍、氮、镁和磷所占位置上出现的微小不规则现象，试解释为什么从锂到氖，从钠到氩的电离能升高（参阅原子半径表）。

(d) 原子半径

原子半径已经能利用 X-射线和电子衍射技术测定。就金属而言，已经证明晶体中核间距近似地等于金属-金属共价单键间的距离，而含后者类型的键的一些化合物是已知的。核间距的一半就是此元素的原子半径。必须认识到共价化合物的键长决定于连结两原子的共价键的数目，例如，键长是按 $\text{C}-\text{C}$ 、 $\text{C}=\text{C}$ 、 $\text{C}\equiv\text{C}$ 顺序减小的。通常计算原子半径必须用含共价单键的化合物。对固体来说，核间距（因而由此得到的原子半径）在某种程度上决定于晶体中原子排列的方式。

利用 1 B 表中列出的原子半径数值，论述下列情况中出现的一般趋势：

- (i) 一特定族从上到下；
- (ii) 一特定周期从左到右，例如从锂到氖；

(iii) 第一过渡系从左到右（从钪到铜）。

原子半径和第一电离能的数值之间有什么明显的相互关系？

1.3 一些化学性质的研究

(a) 水对一些单质（锂、镁、钙）的作用

将少量蒸馏水倒入一小蒸发皿中，然后小心地将一装有一半蒸馏水的试管倒置在该蒸发皿中。将一小块新切下的锂块放入水中，然后快速将试管罩上。收集放出的气体，将试管口移近煤气灯火焰，证明是氢气（由于试管中存在氢气与空气的混合物，将会听到爆鸣声）。用红色石蕊试纸检验蒸发皿中生成的溶液，然后写出这个反应方程式。钠和钾与水的反应是剧烈的，不必进行此实验。

用镁屑代替锂重复上述实验，你能观察到什么现象？

用小块钙再重复此实验。

根据这两个实验的结果，试预测同样大小的钡加到水中发生的现象。你认为反应的强烈程度将比钙大，还是小？

(b) 水蒸气对镁的作用

组装如图1.2所示的仪器装置，加热镁条前应确保水蒸气能畅通地从耐热试管的排气孔逸出。一旦镁条燃烧，将煤气灯火焰移近耐热试管排气孔。氢气逸出燃烧。

从参考书中查出能与水蒸气反应放出氢气的另外三种金属。

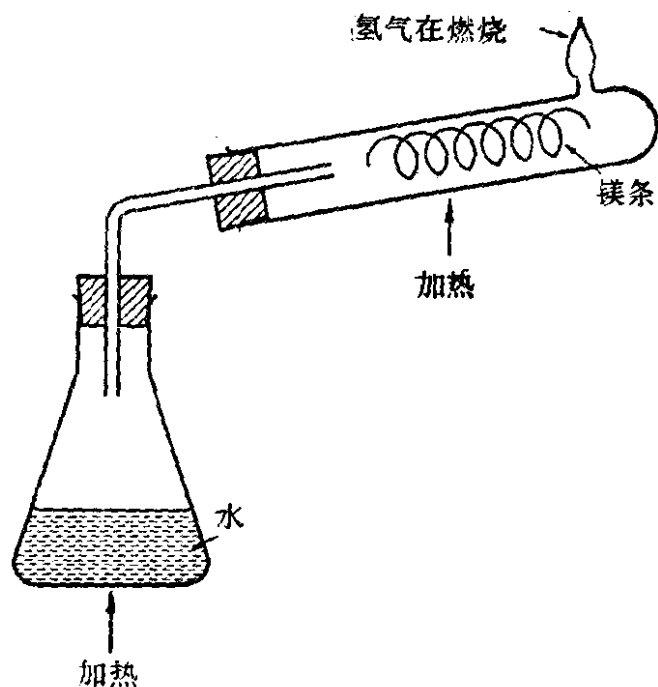


图1.2 水蒸汽对镁的作用

(c) 水蒸气对一些非金属的作用 (演示实验)

非金属硼、碳和硅在高温下分解水蒸气放出氢气。这个实验最好按图1.3所示的仪器安装并利用电炉进行加热。

让电炉充分温热一段时间后，将水加热，使蒸气通过热的碳（颗粒状）。排除空气后，将一定量气体收集在试管中。如果试管中气体平静燃烧而不爆炸，就可以安全地将气体收集在集气瓶中。用一燃着的薄木片移到充满这气体的集气瓶口，注意火焰的颜色。加入石灰水，振荡，观察发生的现象。对未燃烧的气体样品进行同样的试验，记录并解释这次与前次的差别。

用硅重复这实验，并将气体收集在耐热试管中。用一燃着的薄木片接触气体，观察发生的现象。

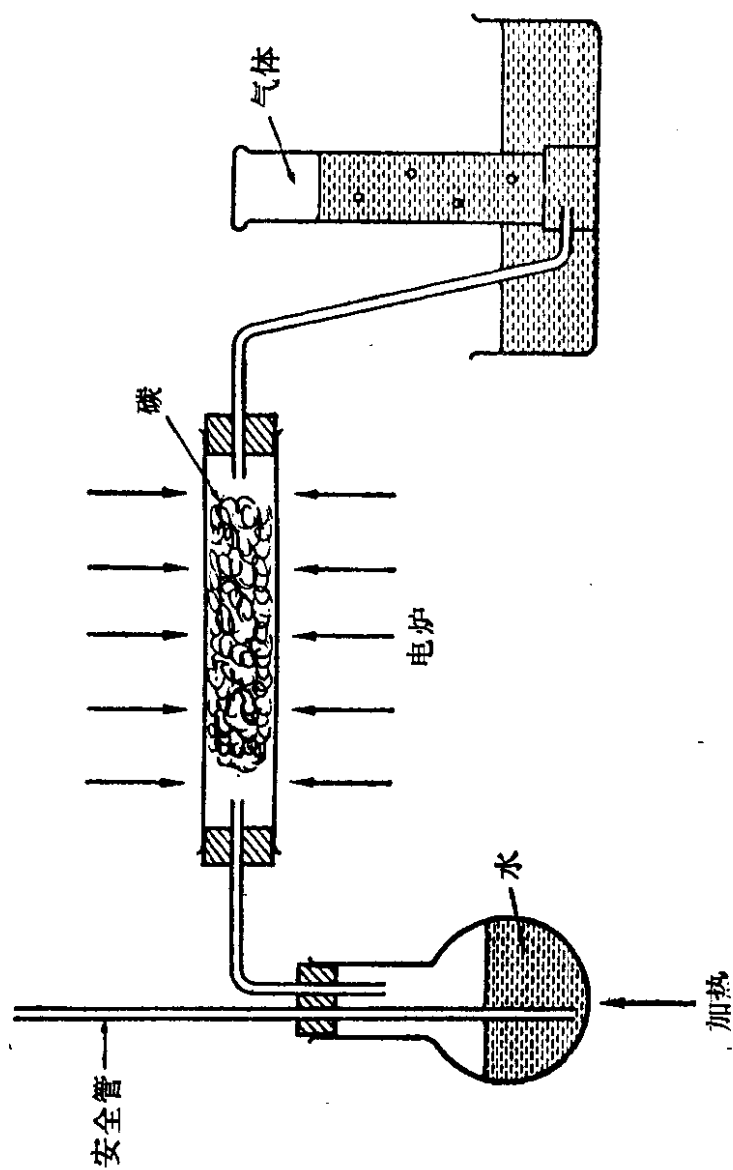


图1.3 水蒸气对碳的作用

(d) 盐酸对一些单质的作用

用近似2M盐酸分别处理小量（约0.5g）下列金属：铝、铋、铜、铬、铁、铅、镁、镍、锡和锌，按图1.4收集放出的气体。注意：镁与稀盐酸之间的反应是很快，所以当酸刚接触金属时就应用燃着的薄木片接近试管口。

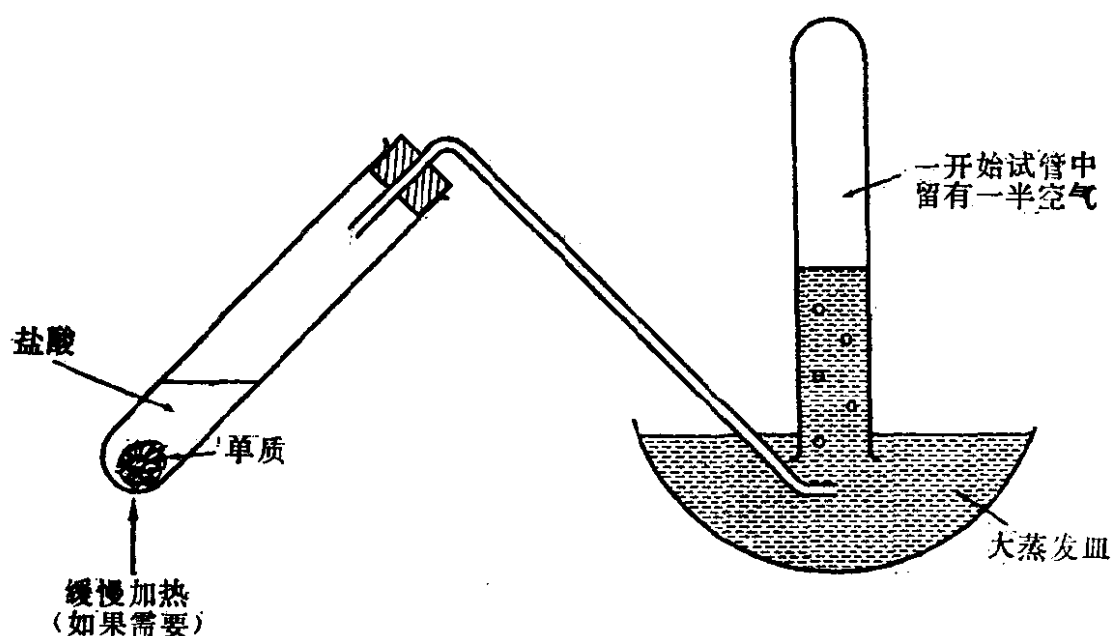


图1.4 盐酸对一些单质的作用

如果在低温下反应很弱或不发生，可将试管微微加热，如果放出的气体仍然很少或没有，试增加酸的浓度。列出此条件下放出氢气和不放出氢气的金属。同时记下哪一种要加热，哪一种用稀酸，哪一种用浓酸。

试一试盐酸对硼、碳和硅这三种非金属的作用。在这些条件下它们是否放出氢气？