

〔英〕G·F—  
李普脱特 著  
唐宗薰 译  
冉新 权

# 实验 无机 化学

陕 西

# 实验无机化学

[英]G.F. 李普脱特 著  
唐宗薰 冉新权 译  
陈运生 陈佩珩 校

陕西科学技术出版社

# 实验无机化学

〔英〕G.F.李普脱特 著

唐宗薰 冉新权 译

陈运生 陈佩珩 校

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 国营五二三厂印刷

开本787×1092 1/32 印张8.5 插页1 字数175,000

1984年9月第1版 1984年9月第1次印刷

印数1—4,500

统一书号：13202·59 定价：1.35元

## 译者序言

“实验无机化学” (Inorganic Chemistry Through Experiment) 是英国伊顿学院化学系主任 G.F. Liptrot 博士根据多年教授无机化学的经验为英国新 A 级和较传统的 A 级以及国家鉴定级学生写的一本无机化学教材。

本书的特点是叙述起点比较低，但达到的内容水平比较高；取材丰富，文字通俗易懂，说理深入浅出。

作者采用实验的方法进行无机化学的教学，实验按周期表的顺序安排，并充分注意到对化学基本原理的介绍，书中列举了许多重要的物理化学数据以加强学生对基本原理的理解。实验选材务求使学生能在尽可能短的时间，用最少的器材、药品得到最大的收益；在实验方法上，是把使用快速的试管反应和滴管技术作为重点；在讲述实验时，有操作过程，有理论解释，有启发提问，有概括小结，可使读者较好地掌握无机化学基本原理和实验操作技能。

正是由于这些特点，所以本书特别适于学生自学和独立完成实验；由于革新了元素化学教学法，这对于如何改进化学教学也有启发性的意义。在我国，本书可供理、工、师范和电视大学一年级学生学习《无机化学》或《普通化学》以及中学教师化学教学时参考，也可作为中等专业学校和高中

学生的课外阅读材料。

本书中译本删去了原书的一些实验仪器照片和索引。由于我们的水平有限，译文中肯定存在不少错误和欠妥之处，衷心盼望读者批评指正。

译 者

于西北大学

# 前 言

在过去的大约 20 年中，无机化学在介绍方法上得到了不断的发展，重点转移了，离开了对化合物本身的制备和分析的传统描述而朝着性质的研究方面发展。作者希望本书能说明实用无机化学如何可以按周期表的宽阔框架来教授；以及附录的物理化学数据，如氧化还原电位等可以怎样有利地用来关联物质的化学行为。

重点放在快速的试管反应的应用上。有必要说明溶液中的某些重要化学反应的计量关系时，使用滴管技术来代替使用滴定管和移液管的传统容量分析。虽然大部分实验可以小份量地进行——这样可以节省试剂，但也没有完全忽略传统的大份量制备，特别是在说明一些过渡金属的化学时所需的制备过程更是如此。另外，说明元素性质的各种互不相关的一些实验也是值得注意的。

希望这本书能对在新 A 级\* 和较为传统的 A 级以及国家鉴定级学习的学生有所帮助。为此，还对直观性的实验和有启发性的实验作了搭配，作者希望能够做到合理均衡。

G.F.Liptrot

---

\* 译者注：A 级即大学入学前的预科。见徐积功：“英国大学化学教学的一些情况”——化学通报，1979 年第 5 期 74—75 页。

# 目 录

译者序言

前 言

章 次

1. 元素的周期分类·····	( 1 )
2. 第一主族 碱金属·····	( 19 )
3. 第二主族 碱土金属·····	( 31 )
4. 第三主族 硼、铝、镓、铟、铊·····	( 43 )
5. 第四主族 碳、硅、锗、锡、铅·····	( 58 )
6. 第五主族 氮、磷、砷、锑、铋·····	( 87 )
7. 氧化还原——一些氧化还原反应·····	( 115 )
8. 第六主族 氧、硫、硒、碲、钋·····	( 128 )
9. 第七主族 氟、氯、溴、碘、砹·····	( 162 )
10. 第一过渡系(钪、钛、钒、铬、锰、 铁、钴、镍)·····	( 183 )
11. 第一过渡系详述·····	( 201 )
12. 第一副族 铜、银、金·····	( 222 )
13. 第二副族 锌、镉、汞·····	( 239 )
附录 1 化学药品表·····	( 253 )
附录 2 所需溶液 ( I ) ·····	( 257 )
附录 3 所需溶液 ( II ) ·····	( 260 )

# 1 元素的周期分类

## § 1-1 引 言

在十九世纪初期，相对原子质量（原子量）通用以后，人们就努力寻求这些数字与元素的性质之间是否有某种关系。1869年，在发展周期分类上迈出了重要的一步。那时，俄罗斯化学家门捷列也夫研究元素的相对原子质量与它们的性质之间的关系，得出了“元素的性质周期性地依赖于它们的相对原子质量”的结论。周期表的现代形式如表 IA 所示，元素的次序是以原子序数（原子核中的质子数）而不是以相对原子质量为依据的。

表分为若干垂直的族和七个横的周期，1—7族细分为主族和副族，在一个指定的周期中，第八族包括了三个元素。大概除了原子价外，不应认为副族之间有任何特殊的相似性；的确，副族之间在化学上的差别常常是如此之大，以致最好是分别考虑它们。此外，可以说，Fe、Co、Ni同放在第八族并无特殊的意义，把这三个元素最好是作为从钪延伸到铜的第一过渡系列的成员来处理。分为副族等仅是门捷列也夫在他原始表中使用的方法，然而却毫无改变它的必要。



## § 1-2 元素的某些物理性质

### (a) 密度

画出表 IB 所列固体和液体元素\*的密度与原子序数的关系曲线（直画到元素铋），研究所得图线的特点，并尽可能地同周期表（表 IA）联系起来，特别注意何种元素出现：

- (i) 在最小处；
- (ii) 在图线的上升部分；
- (iii) 在图线的下降部分。

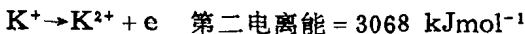
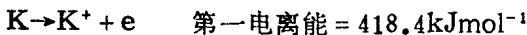
### (b) 熔点

画出表 IB 所列元素\*的熔点与原子序数（直画到溴）的图线，讨论图线的主要特点与周期表的关系。

### (c) 电离能

从元素的原子完全除去一个电子所需要的能量叫作第一电离能，从带一个电荷的离子完全除去第二个电子所需要的类似能量叫第二电离能等等。这些值均以  $\text{kJmol}^{-1}$  表示。

对于钾原子，



注意两个值之间的巨大差别，这是由于原子已经带有了一个正电荷后，再电离就十分困难的缘故。

---

\*译者注：这里指该元素构成的单质。原书对元素和单质的概念不加区别，这与我国的习惯不完全相同，请读者注意。

表 1B

元 素	密 度 ( $\text{gcm}^{-3}$ ) <sup>*</sup>	熔 点 (K) <sup>*</sup>	第一电离能 ( $\text{kJmol}^{-1}$ ) <sup>*</sup>	原子半径 (nm) <sup>*</sup>
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 <sup>**</sup>	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 <sup>**</sup>	317.5	1062	0.110
S	2.07 <sup>**</sup>	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

续表

元 素	密 度 ( $\text{gcm}^{-3}$ ) <sup>*</sup>	熔 点 ( $\text{k}$ ) <sup>*</sup>	第一电离能 ( $\text{kJmol}^{-1}$ ) <sup>*</sup>	原子半径 ( $\text{nm}$ ) <sup>*</sup>
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
Ga	5.90	303	578	0.125
Ge	5.46	1210	762	0.122
As	5.73	升华 886	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

续表

元 素	密 度 ( $\text{gcm}^{-3}$ ) <sup>*</sup>	熔 点 ( $\text{k}$ ) <sup>*</sup>	第一电离能 ( $\text{kJmol}^{-1}$ ) <sup>*</sup>	原子半径 ( $\text{nm}$ ) <sup>*</sup>
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	

\* 译者注:  $\text{gcm}^{-3}$ —克/厘米<sup>3</sup>, K—开氏温标,  $\text{kJmol}^{-1}$ —千焦/摩;  $\text{nm}$ —纳米= $10^{-7}$ 厘米;下同。

\*\* 这些密度值是分别对石墨、白磷和斜方硫而言的。

下面的简单设计可用来测定氙的第一电离能(图 1-1)。

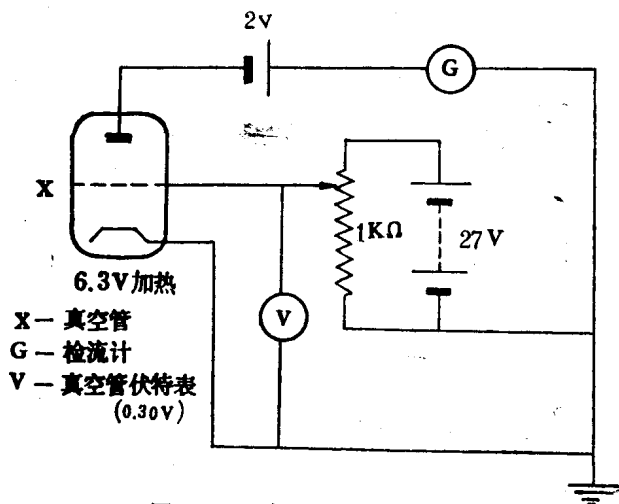


图 1-1 测定氙的第一电离能

用  $2V$  的小负电位作用于真空管的阳极，逐渐增加栅极正电位，直到检流计显示出一个小的偏转为止。在栅极电位没有高到使之产生一次电离的氖  $Ne^+$  之前，是不会有电流通过的。以伏特表示的电位乘以转换因子  $96.51$  就换成了  $kJmol^{-1}$ 。

画出表 IB 中所列元素原子的第一电离能与原子序数的关系曲线，讨论曲线的主要特点与周期表的关系。

你能说明从 He 到 Li, Ne 到 Na, Ar 到 K 电离能大幅度下降的理由吗？

忽略 Be、N、Mg、P 所占据的位置上出现的微小反常情况，试解释从 Li 到 Ne 和从 Na 到 Ar（参考原子半径表）电离能升高的原因。

#### (d) 原子半径

使用 X-射线和电子衍射技术已测定了原子半径。对于金属来说，已经证实，在含有金属—金属共价单键的化合物存在时，晶体中的核间距即约等于这种键上的核间距。核间距的一半就是该元素的原子半径。必须认识到，在共价化合物中，键长同把两个原子键合在一起的共价键的数目有关。例如，键长，按着  $C-C$ 、 $C=C$ 、 $C\equiv C$  的序列减小。计算原子半径时必须采用含有共价单键的化合物。对于固体来说，原子的核间距，也就是原子的半径，在某种程度上还与原子在晶体中的排列方式有关。

使用表 IB 所列的原子半径值，讨论在下列情况中存在的一般性趋向：

- (i) 在同一族中从上向下；
- (ii) 在同一周期中从前到后，如从 Li 到 Ne；

(iii) 横越第一过渡系 (Sc—Cu)。

试问第一电离能的值与原子半径间有什么明显的相互关系？

### § 1-3 研究某些化学性质

#### (a) 水对一些单质 (Li, Mg, Ca) 的作用

在一个小的蒸发皿里放一些蒸馏水，然后在其中小心地倒立一支半充满蒸馏水的试管，把一小块新切的Li放到水下，然后迅速地把试管置于Li的上方，收集放出的气体并把试管口置于本生灯焰附近以证明它是氢气（由于在试管中有氢气和空气混合物，应听到一个尖锐、短促的啸鸣声），用红色的石蕊试纸试验蒸发皿中所得到的溶液，然后写出反应方程式。水同Na和K的反应是激烈的，切勿进行这样的实验。

使用镁屑代替铍重做上述实验时，你会观察到什么现象？

用一小块钙重复上述实验。

从这两个实验的结果，试预测若把相似的小块钡放到水中，会发生什么情况，你预计此反应比用钙激烈还是不激烈？

#### (b) 水蒸汽对镁的作用

按图 1—2 所示安装仪器，在你加热镁带之前应确证水汽正自由地由试管下端的支管逸出。一旦镁燃起来，把本生灯焰置于支管口附近，释放出的氢气即燃烧起来。

---

• 译者注：原文是boiling tube'，书中出现有两种形式，对其下中部不带支管的本书全译作试管。

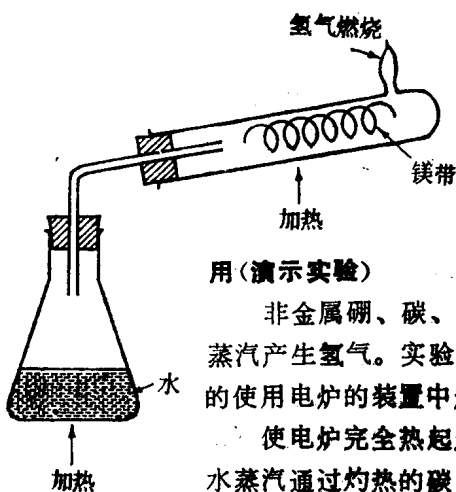


图 1-2 水蒸汽  
对镁的作用

从参考书中再找出三种与水蒸汽反应放出氢气的金属。

### (c) 水蒸汽 对某些非金属的作用

#### 用(演示实验)

非金属硼、碳、硅在高温下能分解水蒸汽产生氢气。实验最好在图 1-3 所示的使用电炉的装置中进行。

使电炉完全热起来,然后加热水,并让水蒸汽通过灼热的碳(粒状)。排出空气后用试管收集一些气体,若气体平静地燃烧而不发生爆炸时,就可在集气瓶中安全地收集它。把一根点燃了木片投到充满气体的瓶内,注意火

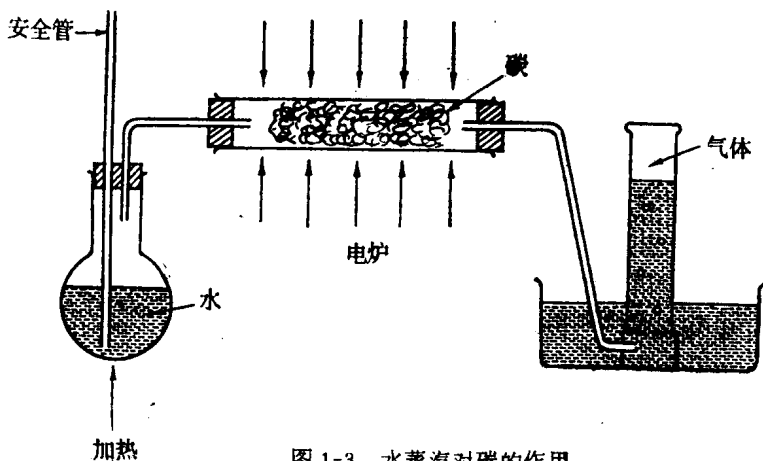


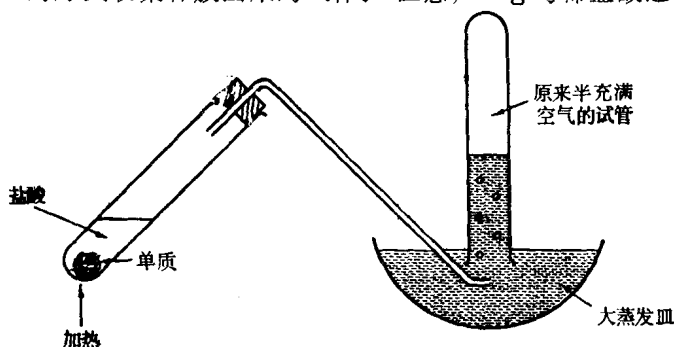
图 1-3 水蒸汽对碳的作用

焰的颜色。加入石灰水，摇荡，观察出现了什么现象。对未点燃的气体样品作同样的试验，注意并解释这次试验的不同处。

用硅重复实验，并在试管中收集气体，把点燃的木片放入气体中，观察发生的现象。

#### (d) 盐酸对某些单质的作用

用约 2M 的盐酸分别处理少量 (约 0.5g) 下列金属样品，Al、Bi、Cu、Cr、Fe、Pb、Mg、Ni、Sn、Zn，以图 1-4 的方式收集释放出来的气体。注意，Mg 与稀盐酸之间



(如果需要的话) 图 1-4 盐酸对一些单质的作用

的反应非常迅速，以致一经把酸加到金属后就应立即把点燃的木片放于试管的顶部。

如果在冷时反应很慢或完全没有反应，可微热试管。此时若仍然没有或是几乎没有气体放出，可增加酸的浓度。列一个在这些条件下金属能否释放出氢气的表。注明哪个经过加热，哪个用的是稀酸，哪个用的是浓酸。

试验盐酸对三种非金属硼、碳、硅的作用，在这些条件下，它们能释放出氢气吗？

#### (e) 水对某些氧化物和氢氧化物的作用

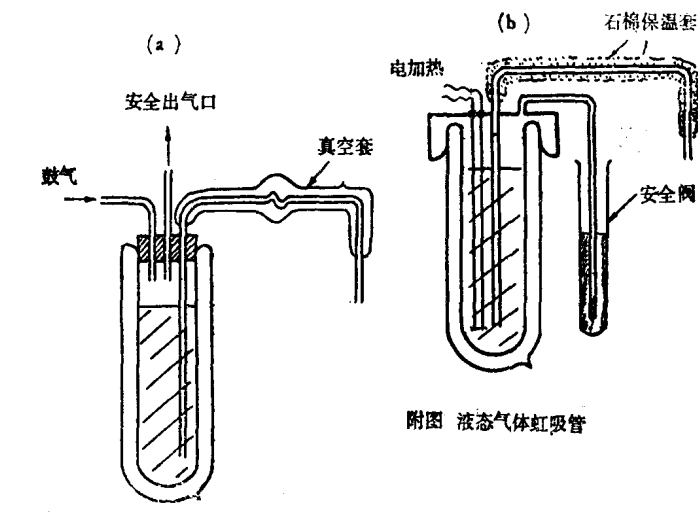


往盛有约  $2\text{cm}^3$  蒸馏水的试管中加入少量  $\text{CaO}$  ( $0.3\text{g}$ 就足够了), 再加入 2 滴广范指示剂溶液, 记下指示剂的颜色。

用  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (加热  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  直到不再发生变化时所得的产物)、 $\text{MgO}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{I}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$  (加热  $\text{LiNO}_3$  直到不再发生变化时所得的产物)、 $\text{SiO}_2$  和  $\text{ZnO}$  重复实验。上述氧化物中何者能得到酸溶液? 何者能得到碱溶液? 你能找到这些性质与各元素在周期表中的位置之间的关系吗?

用  $\text{CO}_2$  (加热  $\text{CuCO}_3$  所得到的) 和  $\text{SO}_2$  (来自虹吸装置\*) 重复实验。

再次重复实验, 但这次改用下列氢氧化物:  $\text{B}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{KOH}$  (一粒)、 $\text{NaOH}$  (一粒)、 $\text{P}(\text{OH})_3$ 。小



\* 译者注: 一种液态气体取用转移的装置, 见附图。录自 R.E. Dodd and P.L. Robinson, *Experiment Inorganic Chemistry*. P.59.