

数理化自学丛书

化 学

第 三 册

内 容 提 要

本书是数理化学自学丛书中的化学第三册，内容包括金属的通性、碱金属、碱土金属、铝、铁、阿佛加德罗定律等六章；最后并提出了几个简易实验，读者可以按此练习。

本书可供学习过本丛书化学第一、二册的读者自学。

数理化学自学丛书 化 学 (第三册)

数理化学自学丛书编委会
化学编写小组 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

北京出版社重印

北京市新华书店发行

北京印刷三厂印刷

开本787×1092 1/32 印张5.75 字数126,000

1965年9月第1版 1978年12月第1次印刷

书号：13119·671 定价：0.37元

重 印 说 明

《数理化自学丛书》是一九六六年前出版的。计有《代数》四册，《平面几何》二册，《三角》一册，《立体几何》一册，《平面解析几何》一册；《物理》四册；《化学》四册。这套书的特点是：比较明白易懂，从讲清基本概念出发，循序前进，使读者易于接受和理解，并附有不少习题供练习用。这套书可以作为青年工人、知识青年和在职干部自学之用，也可供中等学校青年教师教学参考，出版以后，很受读者欢迎。但是在“四人帮”及其余党控制上海出版工作期间，这套书横被扣上所谓引导青年走白专道路的罪名，不准出版。

英明领袖华主席和党中央一举粉碎了祸国殃民的“四人帮”。我国社会主义革命和社会主义建设进入新的发展时期。党的第十一次全国代表大会号召全党、全军、全国各族人民高举毛主席的伟大旗帜，在英明领袖华主席和党中央领导下，为完成党的十一大提出的各项战斗任务，为在本世纪内把我国建设成为伟大的社会主义的现代化强国，争取对人类作出较大的贡献，努力奋斗。许多工农群众和干部，在党的十一大精神鼓舞下，决心紧跟英明领袖华主席和党中央，抓纲治国，大干快上，向科学技术现代化进军，为实现四个现代化作出贡献，他们来信要求重印《数理化自学丛书》。根据读者的要求，我们现在在原书基础上作一些必要的修改后，重新出版这套书，以应需要。

十多年来，科学技术的发展是很快的。本丛书介绍的虽仅是数理化方面的基础知识，但对于应予反映的科技新成就方面内容，是显得不够的。同时，由于本书是按读者自学的要求编写的，篇幅上就不免有些庞大，有些部分也显得有些烦琐。这些，要请读者在阅读时加以注意。

对本书的缺点，希望广大读者批评指出，以便修订时参考。

一九七八年一月

14104

目 录

重印说明

第一章 金属的通性..... 1

§1.1 金属的结构和物理性质, 合金..... 1

§1.2 金属的化学性质, 金属活动性顺序.....11

§1.3 氧化-还原反应16

§1.4 金属的锈蚀和防止锈蚀的方法.....21

§1.5 冶炼金属的一般方法.....28

本章提要33

复习题一35

第二章 碱金属.....37

§2.1 碱金属的通性.....37

§2.2 钠和钾.....39

§2.3 钠和钾的化合物, 钾肥.....44

§2.4 氢氧化钠(烧碱)的工业制法.....52

§2.5 碳酸钠(纯碱)的工业制法.....59

本章提要65

复习题二66

第三章 碱土金属.....68

§3.1 碱土金属的通性.....68

§3.2 镁.....71

§3.3 钙.....76

§3.4 硬水及其软化.....82

本章提要87

复习题三88

第四章 铝.....90

§4.1 铝的性质和用途.....91

§4.2 铝的化合物.....98

§4.3 铝在自然界里的存在, 铝的冶炼法..... 104

本章提要 108

复习题四 109

第五章 铁..... 110

§5.1 铁的性质..... 110

§5.2 铁的化合物..... 114

§5.3 铁的合金..... 119

§5.4 生铁的冶炼..... 121

§5.5 钢的冶炼..... 129

本章提要 136

复习题五 138

第六章 阿佛加德罗定律

..... 140

§6.1 阿佛加德罗定律..... 140

§6.2 气态物质分子量的测定..... 144

§6.3 确定物质的分子式..... 150

§6.4 在非标准状况下求气

态反应物和生成物的 体积.....	157	金属的活动性顺 序.....	169
本章提要	161	实 验 二 铝和它的化合物 的性质.....	171
复习题六	163	实 验 三 钢的回火和淬火...	173
总复习题.....	164	实 验 四 从草木灰里提取 碳酸钾.....	174
附录 几个简单易做的化 学实验.....	169	习 题 答 案.....	176
实 验 一 金属的化学性质,			

第一章 金属的通性

金属是由金属元素组成的一类单质。金属元素约有 80 余种，在已知的 105 种元素中占大多数。金属的初步概念以及有关的一些知识，我们在前两册的各章里（第一册 §1·6, §5·1, 第二册 §3·8 等）已经学到了一些，但还没有比较系统地研究过。我们知道，金属和非金属是单质的两大类，它们虽然没有严格的界限，但在很多方面是有较大的区别的。从本章开始，我们将对金属作系统的研究，使在掌握一些重要的金属以及这些金属的重要化合物的知识的同时，对金属和非金属两类物质的基本区别可以获得比较深入而明确的认识。

我们已经知道，金属虽有很多种类，且各有各的性质，但它们具有一些共同的特殊物理性质，例如特殊的金属光泽、导电传热性和展延性等，这是和非金属不同之处。在金属的制造和使用方面，也有很多共同的地方。因此，在开始学习金属之前，我们先讲述金属的通性和一些共同的问题，这对学习是有帮助的。

§ 1·1 金属的结构和物理性质，合金

金属的结构 在元素周期表里，金属元素的位置，主要处于每个周期的前部，这反映了金属元素的原子结构的特征，就是原子的最外电子层上的电子数常为 1 个、2 个或 3 个，而很少有超过 4 个的。这种结构表现在比较容易放出电子。不仅

在碰到容易结合电子的原子时（例如非金属），金属原子就即失去电子而变成带正电荷的离子（阳离子），即使在单独存在时，这些电子也容易游离开来，使部分原子变成阳离子。这就导致金属具有特殊的内部结构和某些共同特性。

金属的结构是怎样的呢？实验证明，一切金属都是由微小晶体结合而成的。在每一个晶体里，原子都按照一定的方式，有规律地排列着，并以各自的固定位置为中心，在空间进行着不规则的振动。由于金属原子的外层电子容易放出，在瞬间，这些游离开来的电子不固定属于这个或那个原子，而是在金属内部不规则地自由移动，称为自由电子。另一方面，那些失去一部分外层电子后所变成的阳离子，在振动中碰到自由电子时，会重新结合而恢复成中性的原子。当然接着原子又会放出电子而再变成阳离子。这样，科学家认为金属晶体是由中性的原子、带正电荷的阳离子和自由电子三者构成的，而且它们又在不停地进行着交换：电子离开原子，电子又跟阳离子结合。如果把它们形象地表示出来，则如图 1-1 所示。

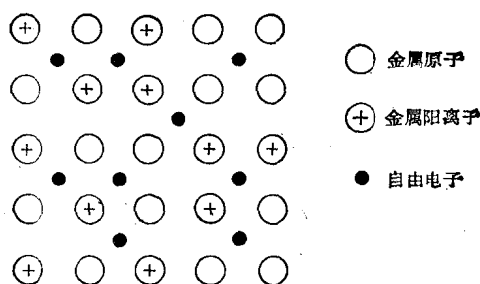


图 1-1 金属结构示意图

但是,必须指出:由于自由电子并没有完全离开金属,从整体来说,金属还是电性中和的。同时,各种不同金属的原子结构不完全相同,原子核对外层电子的吸引力也各各不同,因此,这种游离成自由电子的倾向也就各各不同了。最外层电子数愈少,离开原子核的距离愈远,放出或游离出电子的倾向愈大,这种金属元素就称为活动的金属;反之,放出电子就较困难。但在蒸气状态时,金属一般都是由一个个单个的原子构成的。

金属的物理性质 金属具有很多共同的物理性质,这在前面已经提到。我们知道,物质的性质主要决定于物质内部的结构,因此,金属的这些特有的共同性质,亦不难从金属的特殊结构来说明。当然,各种不同的金属,由于它们晶体里的中性原子、阳离子各不同,实际排列也各不同,所以各种金属之间的性质又有所差别,甚至有较大的差别。

1. 金属光泽 具有特殊的“金属”光泽是金属最明显的特征之一,这是由于它们能强烈地反射光线所引起的。但是这种光泽只有当金属成整块时才能表现出来,研成粉末后,绝大多数金属都变成黑色或暗灰色,只有镁、铝等少数金属仍保持原有的光泽。

金属的颜色,大多数为银白色或灰色(深浅有所差别),但也有少数金属呈其他的颜色,例如金为赤色、铜为紫褐色等。工业上,把铁、铁的合金和铬、锰等金属称做“黑色金属”,而把其余一切金属称做“有色金属”,这仅仅是为了称谓上的方便,把与炼钢有关的一些金属,从其它金属中区别开来而已,与实际颜色没有多大关系。

2. 导电性和传热性 一般说来,金属都是电和热的优良导体,但能力有所差别。某些金属的导电性和传热性的相对

大小如图 1.2 所示。注意，按照导电性或传热性的大小所排列成的次序是一致的，例如不论导电或传热的能力，最好的都是银和铜，最差的是铅和汞。但金属的导电性随温度的升高而降低。

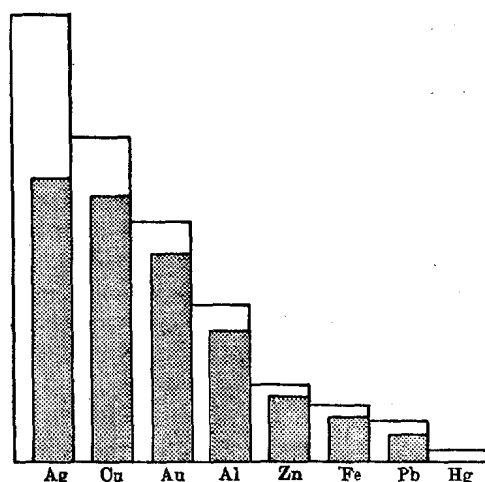


图 1.2 几种金属的传热性(空白柱体)和导电性(有黑点柱体)

金属之所以是电和热的良导体，是因为金属晶体里存在着能自由移动的自由电子的缘故。当金属两端加上一个微小的电势差时，自由电子立刻向一定的方向移动，形成了电流。当然，自由电子的浓度大小——就是电子从金属原子中游离出来的倾向性大小的不同，是各种不同金属的导电性强弱不同的主要原因。另一方面，自由电子的移动也受到晶体中的中性原子和阳离子的阻力影响，当温度升高时，中性原子和阳离子的振动速度和振幅都变大，这就增大了对自由电子移动的阻力，因而金属导电性随着温度的升高而降低了。

金属的传热性也跟自由电子的存在有关。自由电子在晶体里很快移动，不断与原子和阳离子相碰撞，它们之间就会发生能量的交换或传递。当金属的一端受热时，这部分的质点——原子和阳离子的振动就会加强，表现出温度的升高，它们的能量会经过自由电子的碰撞波及到邻近的质点，从这些质点的加快振动，转辗波及到以后的更远更多的质点，因而金属的受热状态很快就扩展开来，使整块金属的温度同样的升高了。

3. 可塑性 前面曾讲到金属有很好的展性和延性，这种性质概括地叫做可塑性。可塑性就是当物体在外力的作用下能够变形，而在外力停止作用以后仍能保持已经变成的形状的性质。大部分金属是可塑的，它们容易被锻打成各种形状，抽成丝或轧成薄片等。当然，这和金属的特殊内部结构也直接有关，但原理比较复杂，这里不谈了。

各种金属的可塑性自然也有所差别，并且各有特点，例如金能打成很薄很薄的“金箔”，但抽延的性质不及钨，钨能抽成很细的丝（做电灯泡内的丝）；铁的展性延性都不及金、银等金属。但总的说来，金属的可塑性比之非金属都是较大的，只有少数金属，例如氮族里讲到的锑和铋，以及若干其它金属如锰等的可塑性很小，所以这些金属是经不起敲打或压拉的。

必须指出，金属的可塑性，一般是随着温度的升高而增大的，所以金属的锻打、冲压、拉轧等加工操作，大都要在炽热的情况下进行。

4. 金属的比重、熔点和硬度 金属之间的比重、熔点和硬度的差别，比之前述的几种性质的差别要大得多，这是因为影响这些性质的因素不止一个。各种金属晶体的结构除了基本相同外，还有别的因素，如原子的质量、核电荷的大小、原子

的排列方式等等各有差别，它们的关系非常复杂，这里不多介绍。我们仅把几种常见的金属的比重、熔点和硬度，用图 1·3 ~ 1·5 表示出来，读者从此可获得一个大概的印象。

从图 1·3 中可以看到，钾、钠的比重小于 1，比水还轻；而铂要比(同体积)水重 21.45 倍呢！铝只有(同体积)铁的约三分之一重，所以铝、镁等常用在制造飞机等需要重量轻的器械中。一般把金属的比重小于 5 的，称做轻金属；比重大于 5 的，称做重金属。但这种分类，除了说明它们的比重不同之外，并不能反映出其他性质的差别。

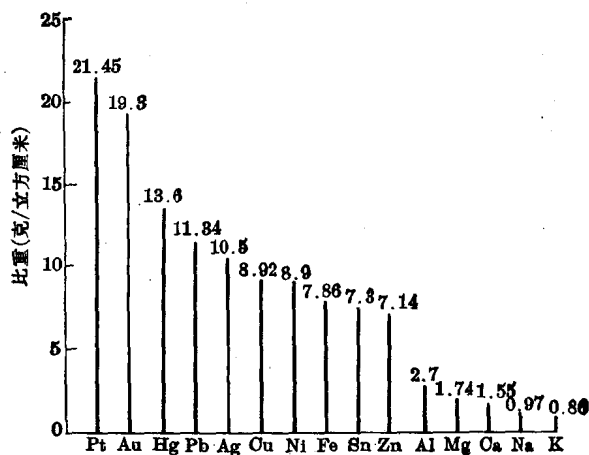


图 1·3 金属的比重

从图 1·4 可以看到，汞的熔点很低，所以它在常温下是液体，金的熔点是 1063°C ，比之一般炉灶或灯焰的温度要高得多，平常不易把它熔化，所以俗语常说“真金不怕火”。其实熔点比金高的金属还多着呢！

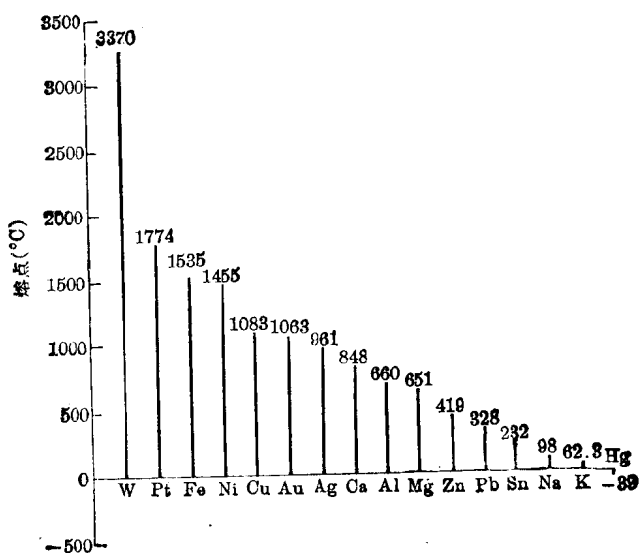


图 1-4 金属的熔点

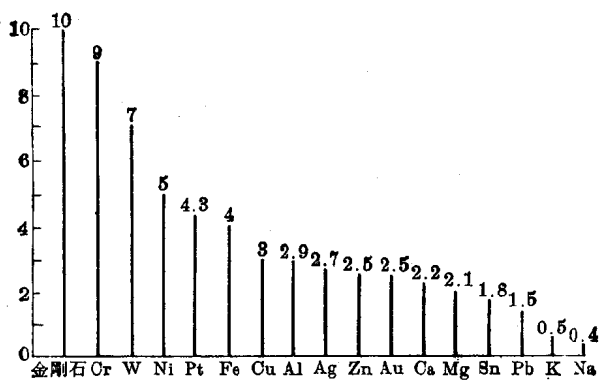


图 1-5 金属的硬度和金刚石硬度的比较

表达物质的硬度,科学上采用以金刚石的硬度为 10 做标准来比较的。这是任意假定的数值,本身没有绝对意义。从图 1-5 可看出,镍的硬度为 5,就是说金刚石的硬度比它强一倍。钾、钠等硬度很小,所以用普通的刀、剪就很容易切割它们。

从这三个图里,不难得出结论,金属的这些性质的差别是很大的。所以在使用金属时,我们就应根据需要有所选择了。

但是,一种纯净的金属的性质,对应用来说,往往不是全面符合要求的。例如纯铁(和熟铁近似)性质比较软韧,不易破碎,有利于展延;但熔点很高,不便于熔铸。铝的比重较小,有利于制造飞机或运输工具,但硬度不够,容易变形,不能承重。纯铜(即紫铜)的导电性很强,有利于制造电气用具,但硬度较小,比较柔软,不适宜制造机械零件和日用器具。由于科学技术的发展,对原材料的很多机械性能,例如耐高温、高强度、超硬、耐磨、弹性等等,都提出一定的标准要求。显然,任何一种纯金属,以它本身固有的性能很难适应这些要求。怎么办呢?

我国古代劳动人民已发现,在熔融的铜里加入些锡,待他们完全熔混后,冷却,制得一种青色的比纯铜(紫铜)坚硬、耐磨、强度大,适宜于制造机械零件和日用器具的材料,我们叫它青铜。后来用锌代替锡,加入到铜里,就获得另一种叫黄铜的材料,性能比青铜更有提高。这些东西,现在总称做合金。其实合金是非常普遍的,例如钢、生铁、焊锡等都是合金。合金的发现和制造,提供了很多具有特殊性能的金属原材料,给工程技术的发展提供了物质基础。下面我们简单地来介绍有关合金的知识。

合金 顾名思义，合金应该是二种或二种以上的金属熔合在一起的物质。大多数金属，例如锡和铅、铜和锌、金和银等，在熔融状态下，能完全相互溶解，冷却后成一均匀整体。但也有些金属，例如铅和铋，不能以任何比熔合，只能在一定限度内相互混和成均匀整体。当然，也有些金属，它们是完全不能熔合制成合金的。

此外，也有些非金属，例如碳、硅、磷、硫等，有时也能溶解在熔融的金属里面成均匀的整体，从性质上来看，我们也应称它们为合金。我们知道，生铁、碳钢等就是这些非金属和铁的合金 (§5·3)。

因此，我们说：一种金属和其他一种或几种金属或非金属熔合在一起所生成的均匀液体，经冷凝后得到的固体，叫做合金。

合金当然不单是一种简单的、象溶液一样的混和物，它的内部组成、结构是非常复杂的。有的可能已经形成了有一定组成的化合物；有的也可能是单质晶体按一定方式结合成特定晶体结构。因此合金的物理性质，除比重外，并不是它的各成分性质的总和。一般说来，多数合金的熔点均低于组成它的任何一种成分金属的熔点。有时熔点会降到出乎意料的低。例如用作电源保险丝的“武德合金”（第二册 §5·11），是锡、铋、镉、铅四种金属依 1:4:1:2 的重量比所组成的合金。它的熔点只有 67°C ，比水的沸点还低。因此当电流过大，电路上发热到 70°C 左右时，保险丝就熔化，因而自动切断了电源，保证了用电安全。但组成这种合金的四种金属的熔点都在二、三百度以上。

相反的，合金的硬度一般都比组成它的各成分金属的硬度要大。例如上述的青铜、黄铜的硬度都比纯铜、锡、锌的大；

生铁的硬度比纯铁大得多。有时制成合金后，硬度增大的程度是惊人的，例如在铜里仅仅加入 1% 的铍所生成的合金，它的硬度比纯铜要大 7 倍呢！

总之，由于组成合金的各成分金属的相互影响，合金的内部结构就不同于原来金属的结构，使合金的几乎全部物理性质有了或多或少的改变，除上述熔点、硬度外，合金的导电性、传热性，一般都降低很多，可塑性有增有减。

有些合金，在化学性质方面也有很大的改变。例如不锈钢（含约 15% 铬，约 0.5% 镍的合金钢）它改变了铁的容易生锈的特性，使其成耐酸、耐碱、耐腐蚀的优良材料，大大提高了铁的使用价值。

所以，为了满足和促进现代工程技术的需要，对具有极其多样性质（包括机械性能和化学性能）的合金试制研究是一个重要的课题。

习 题 1·1

1. 金属原子的结构特征是什么？金属（单质）的结构特点在哪里？
2. 金属和非金属各具有哪些共同的物理性质？
3. 怎样解释金属具有良好的导电性？为什么升高温度往往会减弱金属的导电性？
4. 金属的导电方式和电解质溶液的导电方式有什么不同？
5. 什么叫合金？它和组成它的成分金属比较，物理性质有哪些规律性的改变？
6. 为什么制造机器、工具等的金属材料一般不用纯净金属，而都用合金？
7. 据你所知，哪些用途的金属材料必须是纯金属？
8. 下列物质的组成怎样？有何用途？各利用它的何种性质？（1）不锈钢，（2）黄铜，（3）武德合金，（4）生铁。

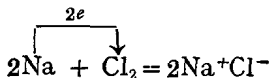
9. 焊锡(锡铅合金)重 5 克, 把它完全氧化成二氧化锡和二氧化铅, 生成物重 6.1 克, 问焊锡的成分金属重量比例怎样?

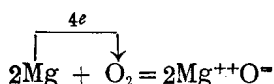
§ 1.2 金属的化学性质, 金属活动性顺序

在上一节里, 我们学习了金属的物理性质, 知道了它们既有共同的特点, 又有所差别; 并知道这是由于金属的内部结构所引起的. 那末, 金属的化学性质是不是也有某些共同的特点呢? 能否从理论上把它们概括起来呢?

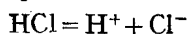
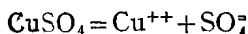
在学习化学的前面两册时, 我们曾经碰到过不少有关金属的化学反应. 例如某些金属跟非金属, 如氧、卤素、硫、磷等直接化合生成盐类的反应; 某些金属从酸里, 有些并在水中置换出氢气的反应; 某些金属从另一种金属的盐里把后者置换出来的反应; 以及大部分金属的氧化物是碱性的, 它们的相应水化物是碱类等等. 从而, 我们已经有了关于金属的化学性质的具体知识.

在第二册原子结构和元素周期律一章里, 当讲到分子的形成时, 曾经指出过: 所有元素的原子的最外电子层, 都有成为稳定结构的倾向. 这种倾向引起了原子相互结合而形成分子, 也就是发生了化学反应. 由于金属原子的最外电子层上的电子数少, 放出电子而使原子变成稳定结构的倾向性要比结合电子的倾向性大, 因此金属原子容易放出电子而变成带正电荷的阳离子, 而且典型的金属绝不与电子相结合. 这就是金属参加化学反应时的特点. 例如:





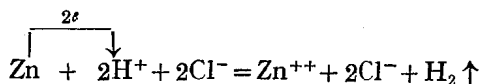
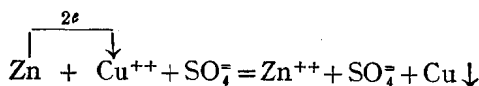
在第二册电离学说一章里，我们知道离子化合物和极性化合物，在水溶液里会电离成阴、阳离子。例如：



在这些溶液里的阳离子，是对应的金属原子或氢原子放出电子后带正电荷的质点。这些质点，如果碰到电子，当然有可能重新结合，成对应的中性原子。

前面已提过，金属原子由于结构的不完全相同，放出电子的倾向性的不同，活动金属放出电子的倾向要比不活动的金属强。所以，如果有一种金属，例如锌，分别放进上述的一些溶液里去，情况将会怎样呢？

从原子结构来看，锌原子放出电子的倾向要比铜原子、氢原子放出电子的倾向性大，而比钠原子的弱。所以不难想象：当锌分别放进上述溶液后，就会把它自己的外层电子转移到铜离子或氢离子上去，使它们结合电子后变成对应的铜原子或氢原子，从溶液里析出；而锌原子本身就变成了阳离子进入溶液里去。用离子方程式来表示，就是：



但是，锌在钠离子的溶液中这种电子的转移就不可能。