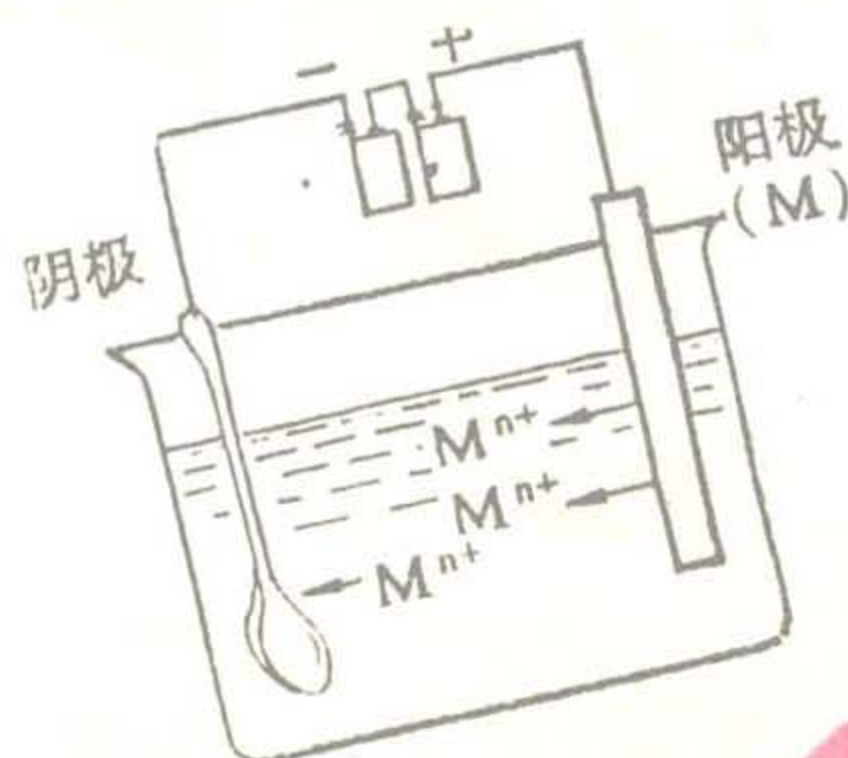
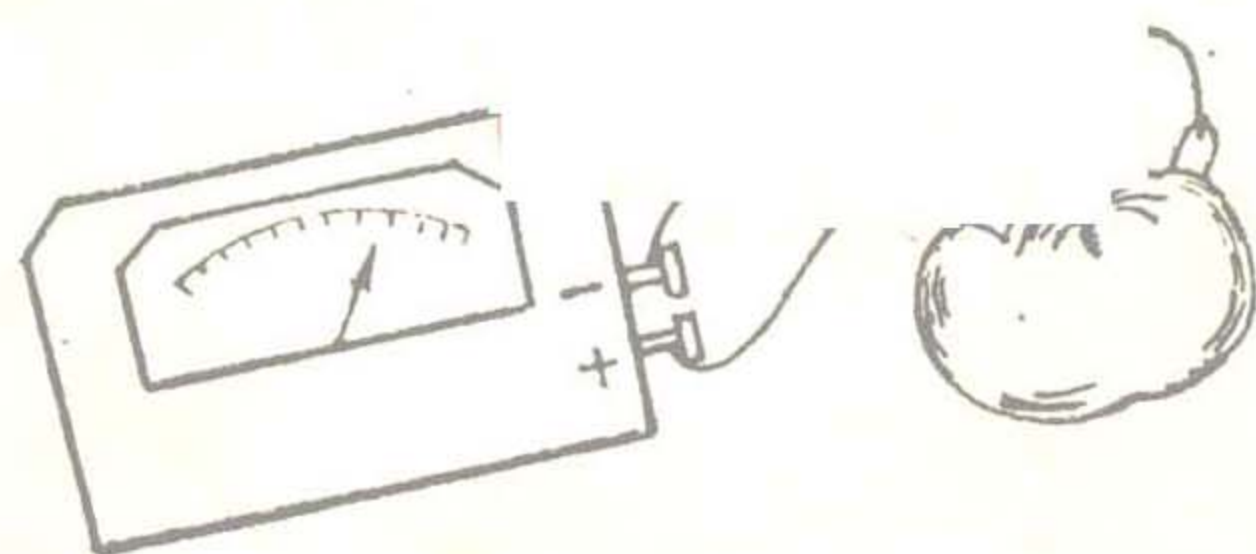
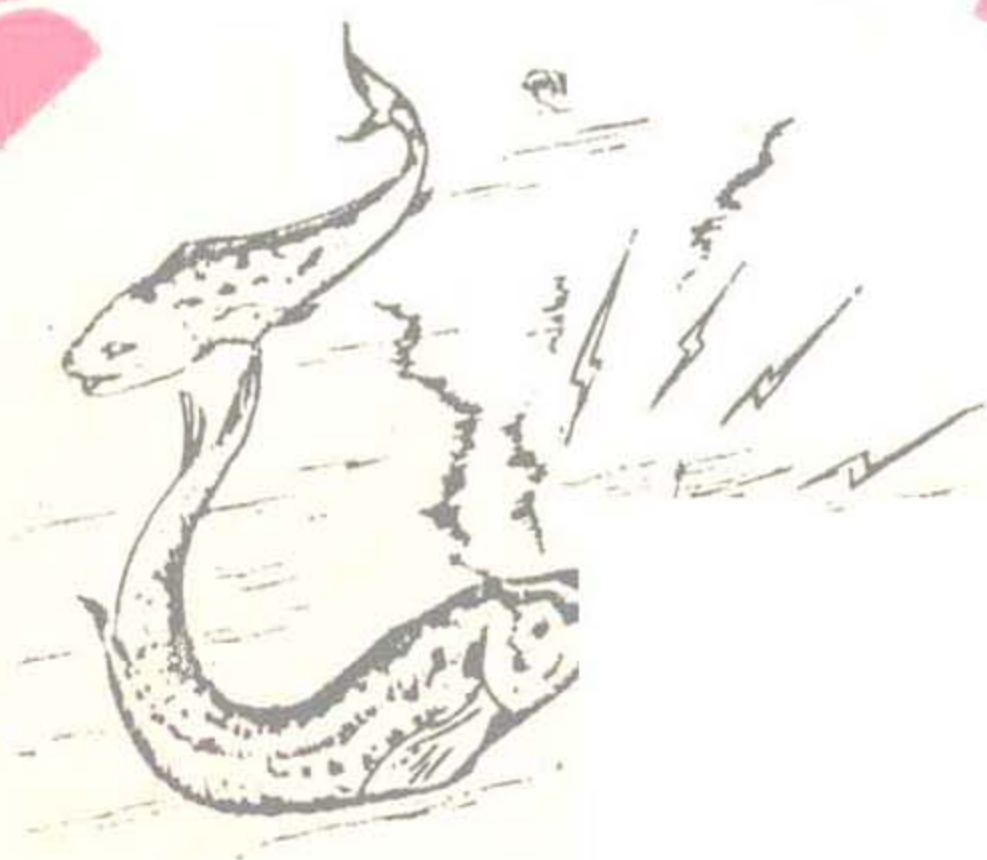


中学生化学课外读物

电流、化学与生物

刘湘兰 著



中学生化学课外读物

电流、化学与生物

刘湘兰 著

人民教育出版社

中学生化学课外读物
电流 化学与生物

刘湘兰 著

*

人民教育出版社出版
新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 5 字数 100,000

1985年5月第1版 1986年4月第1次印刷

印数 1—3000

书号 7012·0951 定价 0.65元

前 言

本书的主要内容由原电池(包括生物电池)、蓄电池、电解池、金属腐蚀(包括由生物引起的腐蚀)及其防护四个部分组成。书中以通俗的语言并结合图表、实验及化学史料定性地阐明电化学科学的最重要概念——电能与化学能及其相互转换的规律,对中学的化学、物理及生物中的有关知识进行概括、综合并适当地加深。书中列举了电化学原理在日常生活、工农业生产及现代科学技术中的应用,在理论联系实际的过程中说明电化学的重要性及其今后的发展趋势。书中还介绍了一些简单易行的化学实验,供读者在条件许可的情况下对理论进行验证,以增加学习化学的兴趣和感性认识。

本书主要供中学、中专及大专学生课外阅读用,同时可供中学及专科学校的化学教师参考。

本书写成后承蒙浙江大学化学系李博达教授审阅,谨此表示深切的谢意。

编 者

1985年2月

目 录

第一章 化学反应产生电流	1
一场历史性的争论.....	1
原电池为什么能产生电流.....	5
自己设计制造原电池.....	11
琳琅满目的实用电池.....	17
大有可为的燃料电池.....	24
神秘的生物电.....	30
细胞能够发电吗.....	35
第二章 化学反应贮存电流	40
电池的起死回生.....	40
汽车是靠什么起动的.....	44
发展中的高能蓄电池.....	48
怎样计算电池的能量.....	54
第三章 电流产生化学反应	66
水中取火的魔术.....	66
艰苦的创业者.....	71
精益求精的冶金术.....	79
食盐大显神通.....	81
金属的化妆师.....	87
奇妙的电解加工.....	99
第四章 电池带来的危害及防护	106
金属的劲敌	106
假说是怎样提出来的	110

溶氧带来的危害	114
金属经受大自然的磨难	117
把金属武装起来	133
创造良好的环境	145

第一章 化学反应产生电流

一场历史性的争论

早在公元1786年，意大利波隆那大学有一位外科解剖学教授名叫鲁伊基·伽伐尼（Luigi Galvani 1737—1798），当他在解剖青蛙腿部的神经-肌肉标本时，偶然地把悬有新鲜蛙腿的铜钩挂在院子里的铁栏杆上，当蛙腿碰到铁栏杆时产生强烈的抽搐，这一现象使伽伐尼大为惊讶。究竟是什么力量使得僵死的蛙腿发生痉挛呢？他作了一系列的实验，又经过一番冥思苦想，终于提出了自己独特的见解。他认为青蛙的神经和肌肉带有相反的电荷，一旦用导电性能良好的物体把二者连接时，电流即随之产生。铜钩和铁栏杆都是金属导体，它们连通了神经和肌肉之间的电路，因而产生了“动物电”，并引起了蛙腿肌肉的收缩。

如果你有兴趣，不妨模拟一下伽伐尼当年的实验。方法是把一只青蛙从腰部剪断，撕去腰部以下的全部皮肤，从正中分为左右两侧，取其中的一侧来作为实验标本。将从腰部脊髓发出的一束神经分离出来，用小铜钩

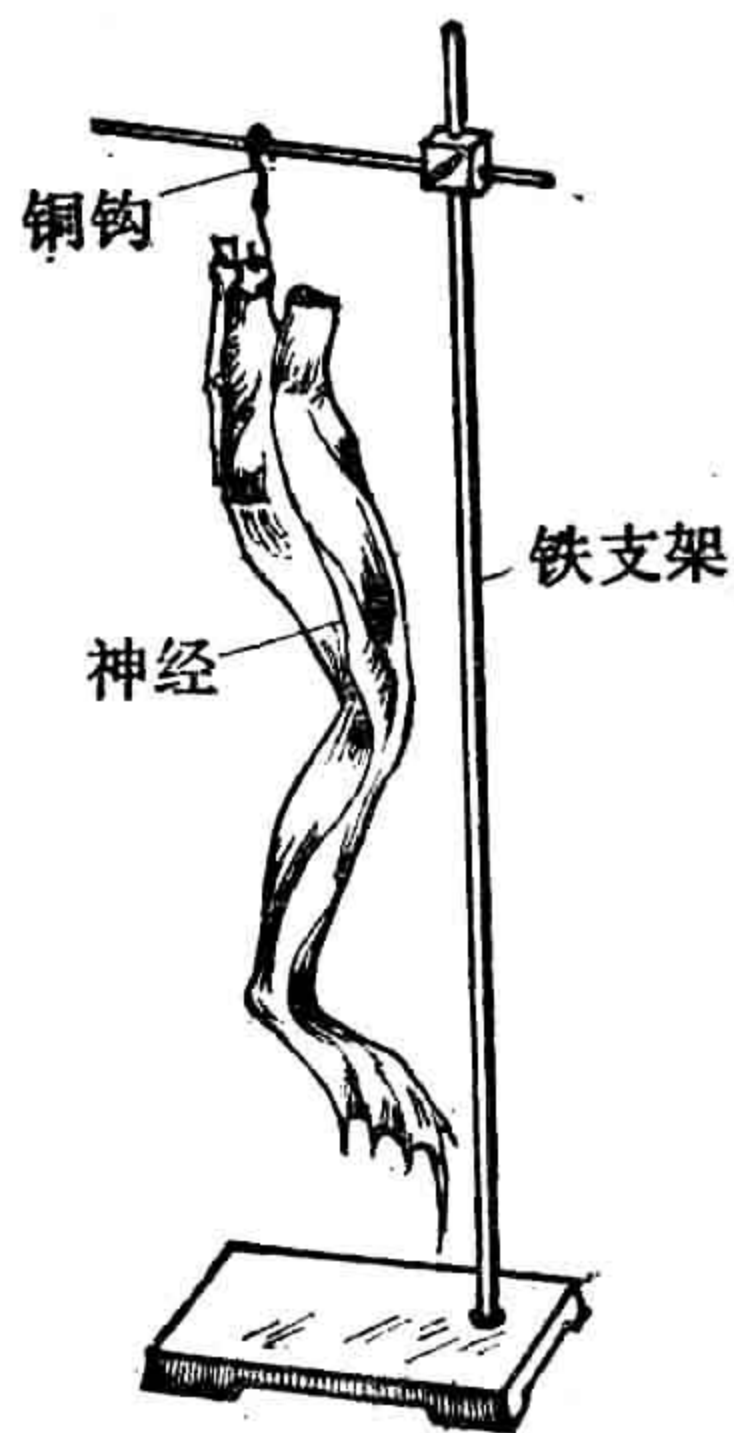


图 1-1 动物电实验

勾住，连同整个一侧的蛙腿挂在铁支架上，如图 1-1 所示。如果将蛙趾碰一下铁支架，蛙腿肌肉马上会产生一次有力的收缩。

这个实验虽然很简单，但在二百年前当伽伐尼首先发现这个现象并提出动物电的假说时，却引起了当时科学界的轰动。消息不胫而走，传到意大利帕维亚大学物理学教授阿历山大罗·伏特（Alessandro Volta 1745—1827）那里，这事使他大感兴趣。他多次重复观察伽伐尼的实验，发现如果把勾着蛙腿神经的小铜钩换成小铁钩，蛙腿就不会收缩了。因此，他产生了另一种大胆的想法，认为很可能是由于不同的金属带有不同的电荷，当导体把它们连接起来时，就会产生电流。伽伐尼实验中的蛙腿也许只是一个导体，它把铜钩和铁栏杆连接起来而使电流接通了，电流刺激了蛙腿的神经，从而使蛙腿产生收缩。

这样，就形成了分别以伽伐尼和伏特为首的两大学派，对同一实验现象作出了完全不同的解释。一派主张“动物电”，另一派主张“金属电”。在争论中，双方各执己见。为了证实自己的观点和拿出有力的科学论据来击败对方，大家都积极钻研，反复实验，最后都取得了各自的科研成果。一派致力于神经-肌肉本身的电性质的研究，促进了神经动作电位的发现。另一派从事金属-电解质溶液之间电性质的研究，终于发明了“伏打电池”。从一场争论出发最后导致两个重要学派的诞生，这岂不是一个具有历史性的重大事件吗？

本书先介绍伏特的工作，他曾经做了大量不同金属接合的实验，在一定的条件下它们都能产生电流。例如，将一定数量的圆的铜板和锡板（或银板和锌板），交替叠放组成长

圆柱形，每对金属板之间都用盐水浸湿的纸圆盘或皮圆盘隔开，发现这种装置能持续不断地输出电流，只要增大金属板的面积或数量，电流也随之增大，这就是伏打电堆。



伽伐尼



伏特

1800年，伏特给伦敦皇家学会会长约瑟夫·班克斯爵士（Joseph Banks 1743—1820）送去一份有关的学术报告，这份报告后来就刊登在《皇家学会哲学学报》上，其中的伏打电堆的形状如图1-2所示。

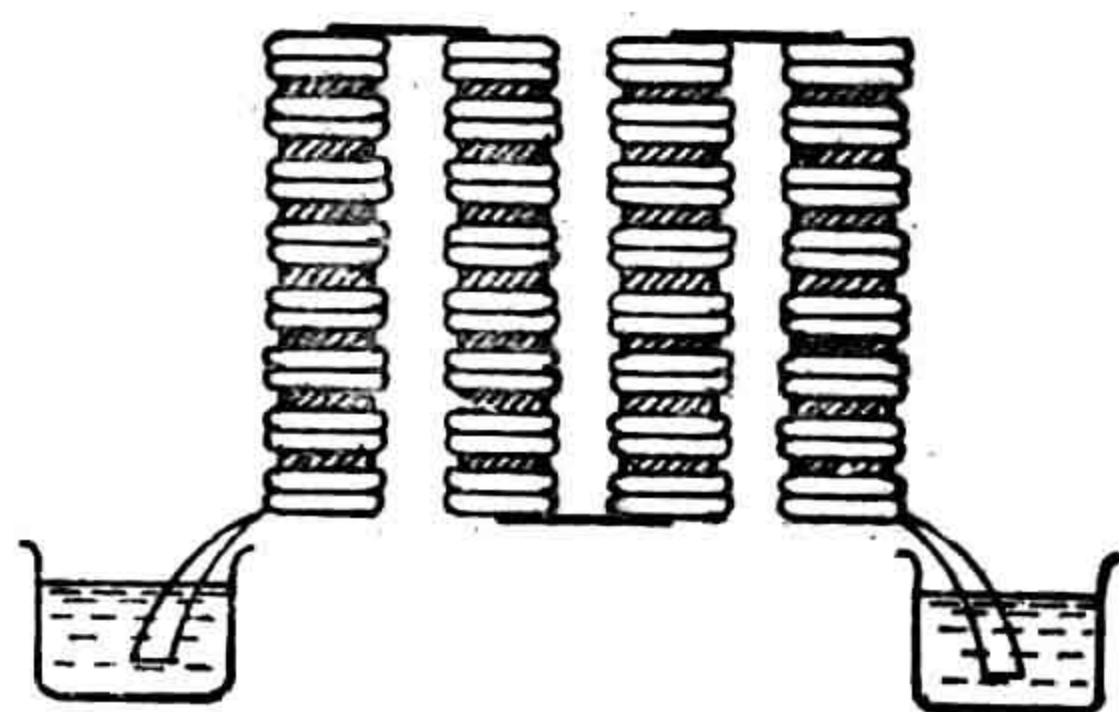


图 1-2 伏打电堆

伏打电堆就是最古老的伏打电池，也是世界上最早的稳定人造电源。伏特在世时常把他自己制造出来的电池的两根导线碰在一起，以能否见到电火花的方法来判断电池的电动势。后人为了纪念这位伟大的发明家，以他的名字——伏

特 (Voltage) 作为电动势 (电压) 的单位 (简称伏, 符号 V)。

伏打电池又可以称为原电池或简称电池, 最简单的组成方法是把两片不同的金属放在能导电的溶液 (一般是酸、碱或盐的水溶液) 中, 然后再用一根金属导线把两片不同的金属连接起来, 这样就形成了一个原电池。若要证明在电池中确实有电流产生, 可以在导线的中间接入一个电流计, 从电流计指针的偏转可以说明有电流通过, 偏转程度的大小表明电流的强弱。

你想亲自制造一个原电池并验证它所产生的电流吗? 这并不难。你只需找两块不同的金属, 如一块铜片和一块铁片, 把它们插在一个蕃茄或一个桔子之中 (这类水果的丰富的果汁中含有大量的果酸, 可以作为导电的溶液), 把两片金属通过电流计连接起来 (如图1-3所示)。如果电流计的指针偏转, 就证明你的原电池已产生电流; 如果电流计的指针不偏转, 就必须分析一下原因, 很可能是由于金属生锈接触不良所造成的, 遇到这种情况只要用砂纸打磨一番, 原电池就一定能制成。

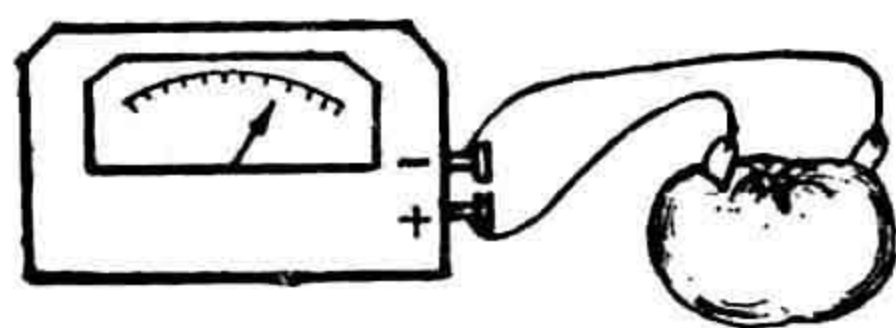


图 1-3 两块不同的金属和一个蕃茄组成的原电池

你虽然能象伏特一样亲手制造一个原电池, 并证明它确有电流产生, 但是这并不能使你满足, 你

一定还想进一步了解为什么原电池能产生电流, 要解释这个问题可不是三言两语的事。二百多年前伏特就发明了原电池, 可是他并不懂得原电池的原理, 因为当时还没有发现电子, 所以无法说明原电池产生电流的原因。到二十世纪人们揭露

了“电”的奥秘之后，才具备了研究原电池原理的可能性。

原电池为什么能产生电流

要了解原电池为什么会产生电流，首先应该弄清电流的本质是什么。

根据物理学的定义，所谓电流就是大量带有电荷的微粒朝着一定的方向移动而形成的。这些携带着电荷的微粒可以是自由电子也可以是离子，它们所带的电荷可以是负的也可以是正的。

电子和离子之间存在着什么关系？它们形成电流的方式有什么不同？要回答这一系列的问题，必须先从物质的基本结构讲起。

我们知道在构成物质的基本微粒——原子中，有一个带正电的原子核，它吸引着周围高速运动的带负电的电子。但是核对电子的吸引力并不完全相同，对离核较近的电子吸引力较大，对离核较远的电子吸引力较小，因此处于原子最外层的电子能量最高。当原子之间相互碰撞而引起化学变化时，原子最外层的电子常常会发生转移，使一方原子由于失去电子而带上正电荷，另一方原子由于得到电子而带上负电荷。我们把由于缺少或多得了电子而带上电荷的原子叫做离子，前者叫做正离子（或阳离子）；后者叫做负离子（或阴离子）。一般地说，金属原子由于最外层电子数较少，容易失去电子而变为正离子，非金属原子由于最外层电子数较多，容易得到电子而变为负离子。

在通常的情况下，原子核外的电子受着核的束缚，不能任意地移动，所以称为不自由电子。但是从金属单质的物理性质和化学性质可以说明，在金属单质的结构中电子有相当

大的活动性。教学中常用一种“电子海洋”的模型来说明金属晶体的结构，在这个模型中整齐地排列着许多金属正离子，在正离子的周围有许多从金属原子上脱落下来的电子，这些电子不再属于原来的原子，而是在整个晶体中自由地运动，因此把它们叫做自由电子。如果打一个形象化的譬喻，金属正离子就象一座座的航标灯，它们安置在电子“海洋”之中，电子可以在“海洋”中漫游，就象气体在整个容器中自由运动一样，也许有时电子在靠近某个金属正离子时由于受静电引力会稍事停留，但是它永远不会禁锢在一个地方。图1-4是金属铜（含有 Cu^{2+} 和自由电子）的电子海洋模型。

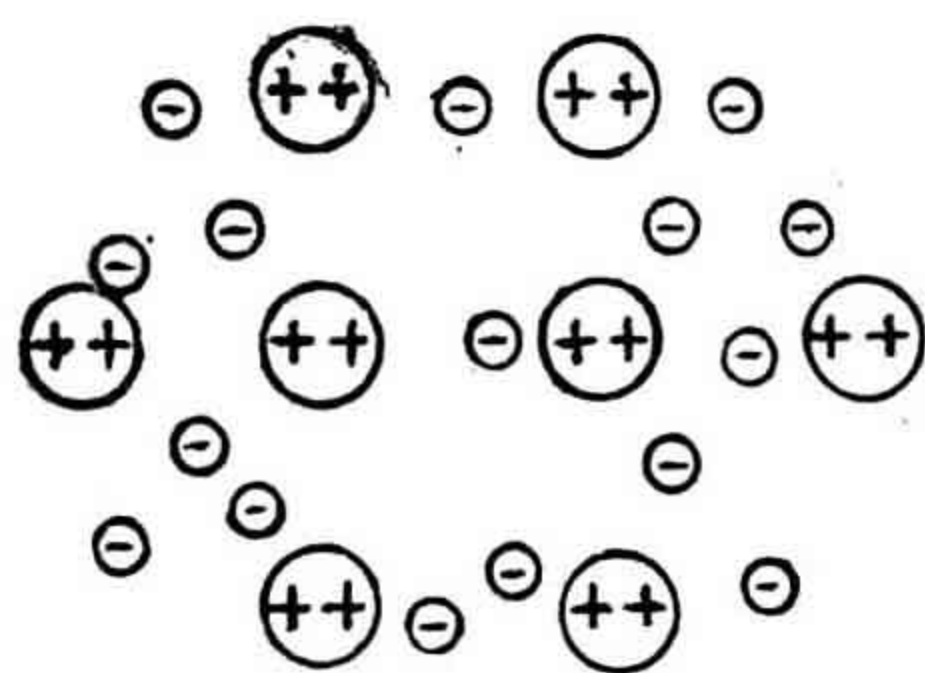


图 1-4 金属铜的电子海洋模型

一般的情况下，在任何一块金属中正离子的电荷总数都是和自由电子总数相等的。当金属作为导体置于电场中时，其中的自由电子都朝着一个方向移动，但是从导体一端进入的电子数与从另一端出去的电子数相同，金属的组成依然不变。

离子导电的情况与自由电子不同。绝大多数金属和非金属的化合物都是由正、负离子组成，在常温时，正、负离子只能固定在一定的位置上彼此吸引着不能自由移动，因此所有的离子化合物在固态时都不能导电。如果要使离子能够自由移动，可以加热使离子化合物熔化为液体，也可以加水使离子化合物溶解成为水溶液。在上述液体中的正、负离子由于距离加大、吸引力减弱，能够自由移动，这就具备了导电的

条件。当液体中的离子化合物置于电场中时，正离子向阴极移动，在那里接受电子；负离子向阳极移动，在那里失去电子。离子得失电子的过程称为放电，放电之后，离子的组成将发生变化，形成新的物质。

你如果想要检验某些物质在不同状态（固态和液态）下的导电性，可以采用图 1-5 的装置。用导线将一个 6 伏的灯泡与一个 6 伏的直流电源串联在一起，导线的两端各装上一个鳄鱼夹，如果被测的物质是固体，只需将夹子夹在物质的两端即可；如果被测的物质是液体，则需将夹子夹在两根石墨棒上，然后将石墨棒插入液体中。从灯泡是否发亮可证明物质能否导电。

例如测定氯化铜 (CuCl_2) 的导电性，可以先取少量氯化铜晶体放在一个烧杯中，加水溶解使成为氯化铜的水溶液，然后按图 1-5 的装置测定导电性。另取一些氯化铜晶体放在瓷坩埚里，用泥三角架住并置于铁三角架上，

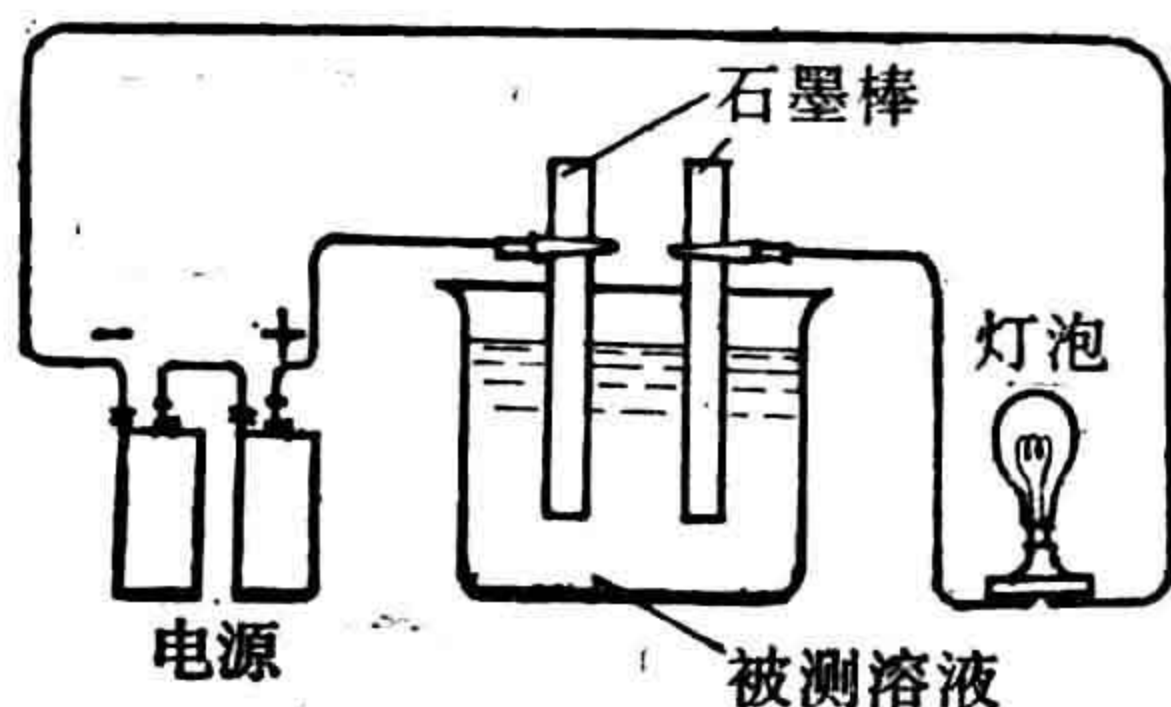


图 1-5 测定水溶液导电性的装置

用本生灯焰或酒精喷灯加热至熔化，按图 1-6 装置测定导电性。可以看到两个实验的结果灯泡都会发亮，说明氯化铜的水溶液和熔融态都能导电，因为它们都具有能够自由移动的离子。同时，我们也可以看到两个实验中的石墨棒上产生了相同的现象，在一根石墨棒上出现红色的铜，在另一根石墨棒的附近可闻到氯气的刺激性气味，证明氯化铜中原有的 Cu^{2+} 和 Cl^- 放电之后已变为金属铜和氯气两种新物质。

以上介绍了两种不同的导电方式，第一类导体（固态金属）靠内部自由电子定向移动导电；第二类导体（液态电解质或电解质水溶液）靠内部正负离子定向移动导电。不过形成电流的必要条件不仅是导体内有可移动的电荷，还有一个不可缺少的条件是导体的两端必须要有电位差。

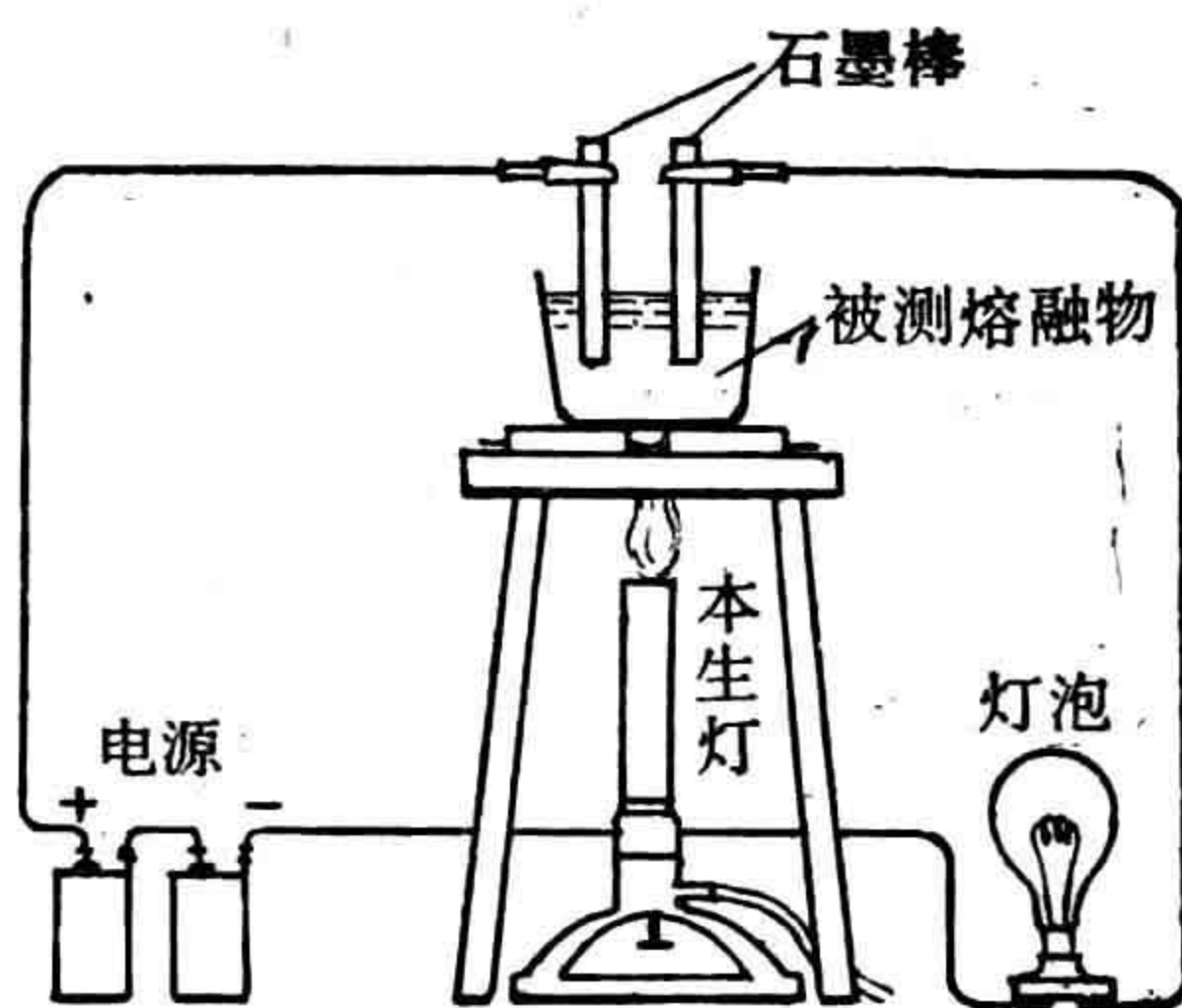


图 1-6 测定熔融物导电性的装置

电流好似水流，水总是从高水位流向低水位，如图 1-7 所示。水贮存在高塔之中，通过一条水管流下，水管上有两个洞，从上面洞口流出的水由于水位差小，水压较低，所以喷射力不强。从下面洞口流出的水喷射得更远一些，说明随着水位差的增大，水压也增强。

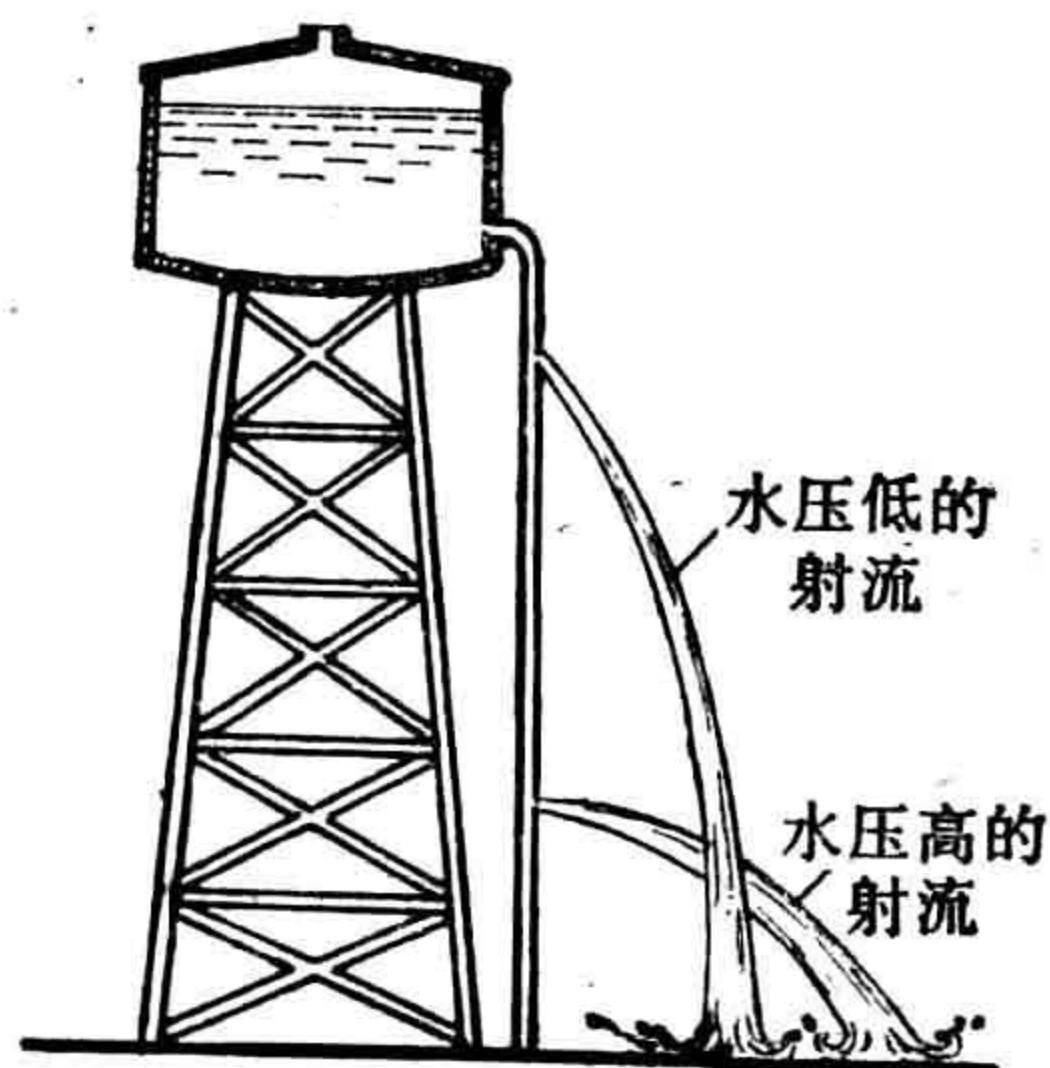


图 1-7 水压与水位的关系

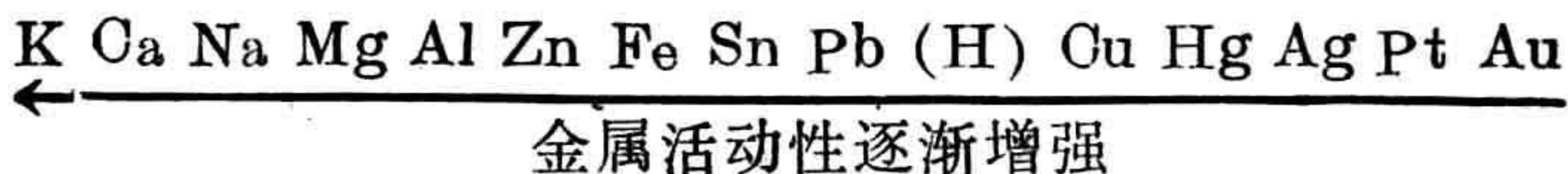
也就不会产生电流了。

下面我们将讨论在原电池中如何形成电位差，以及如何使电荷移动而产生电流。

前面曾经介绍过，把插在一个蕃茄中的两片不同的金属用导线连接起来就形成了一个简单的原电池，可以用电流计检验出导线中确有电流通过，事实证明这个电池具备了形成电流的两个条件：第一，电池中具有可以移动的电荷；第二，导线的两端具有电位差。

对于第一个条件是不难理解的，因为整个电池是由金属和电解质的水溶液组成，其中的自由电子和离子都是可以移动的电荷。对于第二个条件你可能要提出疑问，两块金属原来都是不带电的，为什么插在电解质的水溶液中就会带上不同的电荷而产生电位差呢？这是与金属的活动性及水分子的极性有关的。

我们知道金属原子常常会失去最外层电子而变成金属正离子，但是不同的金属失去电子的难易程度不等。越易失去电子的金属其活动性越强；越难失去电子的金属其活动性越弱。一些常见金属的化学活动性顺序如下：



当金属置于水中时，水分子会与金属的表面作用。这是由于水分子中的两个H—O键是排成“V”字形的，每个H—O键的共用电子对都偏向于氧的一方，这样就使得水分子中靠近氧的一端带负电荷；靠近氢的一端带正电荷，如图1-8所示。极性水分子用它的负极吸引金属表面的金属正离子，使它变为水合离子而进入溶液，而金属中的自由电子不可能随金属正离子一道进入溶液，而只能留在金属上，这样金属上就由于积累过多的自由电子而带上了负电，如图1-9所示。另一方面，溶于水的金属正离子由于在水中运动而靠近金属表面时，也可能受金属表面上自由电子的吸引而重新

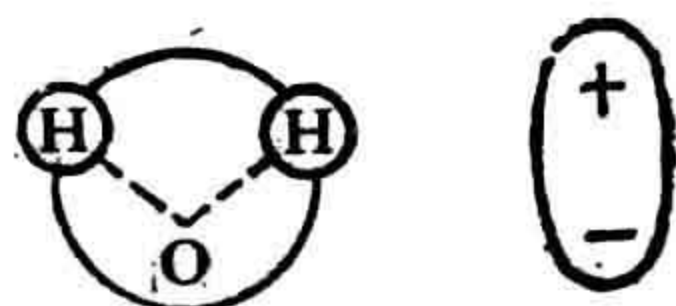


图 1-8 极性水分子示意图

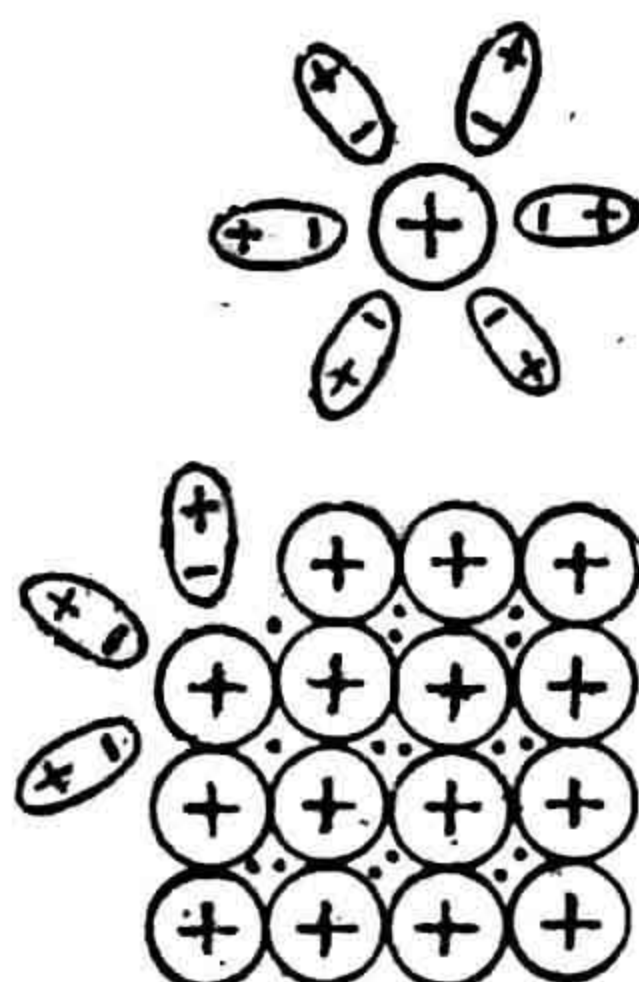
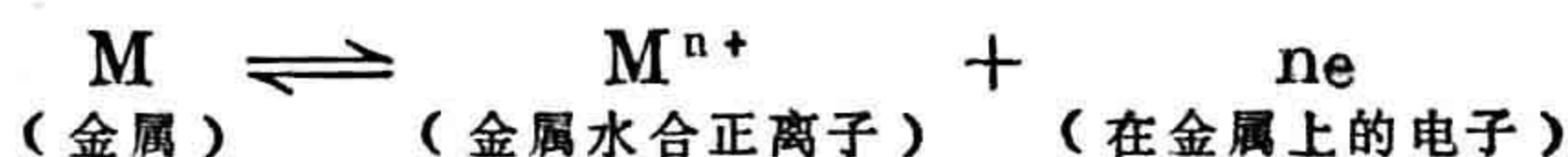


图 1-9 金属晶体与水分子作用示意图

回到金属上去，从而减少了金属所带的负电。这样，在金属及其水合离子之间存在着如下的平衡：

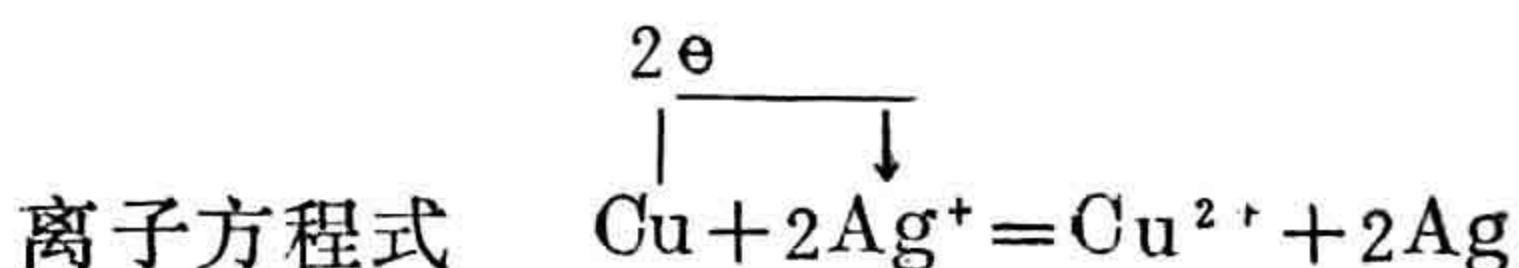
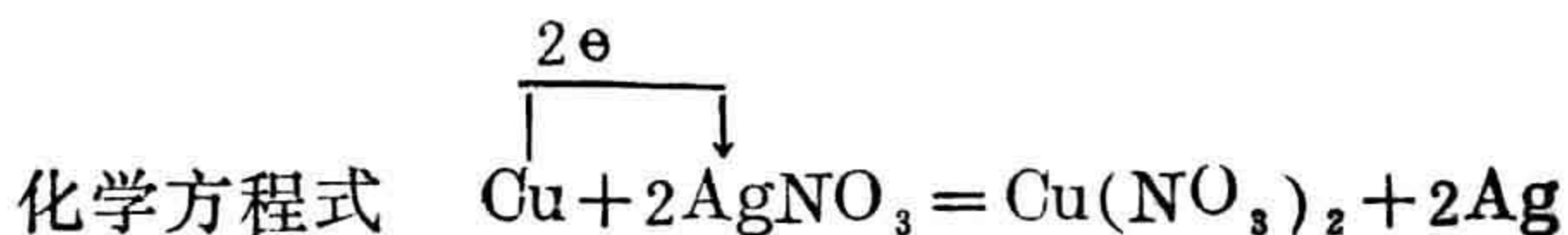


这个平衡的建立可以看作是一场水分子和自由电子对金属正离子的争夺战。若金属的活动性较强，则水分子对金属表面正离子的吸引力占优势，平衡偏向于右方，金属上带有较多的负电。相反，若金属的活动性较弱，则自由电子对金属表面正离子的吸引力占优势，平衡偏向于左方，金属上所带负电较少。总之，任何金属在水中由于其表面正离子的不同程度的溶解，将使金属或多或少地带上电荷。由此可以推论，当两块活动性不同的金属置于电解质的水溶液中时，将产生不同的电位，若用导线将它们连接在一起，在导线的两端便产生电位差，从而有可能引起自由电子的定向移动。自由电子必然是从电位高的一方移向电位低的一方，也就是从活动性较强的金属移向活动性较弱的金属，这就是原电池导线的两端产生电位差的原因。

自己设计制造原电池

在设计制造原电池之前，让我们先来作一个制造“银树”的有趣的实验。取1个烧杯，在其中加入200毫升蒸馏水和1克琼脂（俗称洋菜，食品商店或副食品商店中可以买到），加热使琼脂溶解，稍冷却之后，加入7克硝酸银固体和1毫升6 M硫酸（不可多加！），搅拌溶液待硝酸银固体全部溶解后，把它倒入1个无色透明的玻璃瓶内。另外取一根细铜丝绕在一根粗的玻璃管或玻璃棒上，使铜丝弯成螺旋形。将螺旋形的铜丝悬挂在尚未凝固的琼脂溶液中，然后把玻璃瓶放在暗处。过些时候，可以看到琼脂变为浅蓝色，螺旋形的铜丝变成了一株银白色的、闪闪发光的树。

为什么会产生这种现象呢？这是因为铜的金属活动性大于银，也就是说铜比银更容易失去电子。当铜丝与硝酸银溶液接触时，发生了如下的置换反应。



这个反应有两种产物， Cu^{2+} 出现在水溶液中，使琼脂变为浅蓝色；Ag结晶在铜丝上形成“银树”。琼脂的作用是使银树上的晶体不致脱落，加酸的目的是使银树生长得更好一些。

在上述的反应中，铜丝上的Cu是还原剂，溶液中的 Ag^+ 是氧化剂，还原剂把电子转移给氧化剂产生了氧化-还原反应。在此反应中虽然有电子转移，但是并不能形成电流，因为电