

中学数理化读物



化学基本原理

北京出版社

中学数理化读物

化学基本原理

张学铭 裘大彭

北京出版社

中学数理化读物

化学基本原理

张学铭 裘大彭

北京出版社出版

(北京崇文门外东兴隆街51号)

新华书店北京发行所发行

北京印刷二厂印刷

787×1092毫米 32开本 9.375印张 190,000字

1981年4月第1版 1981年4月第1次印刷

印数 1—297,000

书号: 7071·691

定价: 0.73元

编辑说明

为了帮助广大青年和在校学生学习中学数理化基础知识，我们编辑了《中学数理化读物》。

这套读物包括供工农兵、青年和学生自学、复习的参考资料以及习题集等不同种类的数学、物理、化学方面的书籍。

在编写时，注意从实际出发，参照中学教学大纲，力求比较系统地叙述数理化的基础知识。我们希望通过学习这套读物，有助于广大青年进一步学好自然科学基础理论，为向工业、农业、科学技术和国防现代化进军打下一定的基础。

由于我们水平有限，又缺乏编辑这类读物的经验，缺点和错误在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

前 言

化学是研究物质的一门基础科学，它主要是研究：各种物质都有什么样的组成、结构和性质？物质发生化学变化的规律是什么？物质在化学变化中吸收或放出多少能量？

化学是从实践中产生的。人类的化学实践，在历史上很早就开始了。从火的利用，到烧制陶器、冶炼金属，以及后来的酿酒、造纸、染色等工艺的出现，这些都是古代实用化学的发展。

古代实用化学，是在缺少科学理论指导的情况下发展的，它经历了一个曲折而漫长的历史过程。直到十七世纪后期，波义耳提出了科学的元素概念，化学才走上了科学的道路。如果从这时算起，化学成为一门科学，只有三百多年的历史。

三百多年来，特别是本世纪以来，化学获得了迅速发展。人们通过实验，不仅发现了许多化学基本定律，更重要的是，建立了一些具有指导意义的化学理论。这些化学理论的建立和发展，使人们对于形形色色的物质世界，获得了科学的、系统的了解，对于千变万化的化学现象，有了本质的、统一的认识，从而使人们更好地掌握了化学变化的规律，显著地提高了利用化学改造自然的能力。

在学习化学的过程中，加强化学基础理论的学习，正确

掌握化学基本原理，是提高化学知识灵活运用能力的一个最重要的环节。

本书所介绍的，就是中学化学中的一些基本原理，包括原子结构与元素周期律、分子结构与晶体结构、溶液、反应速度与化学平衡、电解质溶液与电离平衡、氧化还原反应等六个部分。中心内容是结构理论与平衡理论。

为了帮助读者加深对一些问题的理解，本书在知识的深度和广度上，比现行中学课本的内容略有提高和扩展。如在原子结构部分，介绍了四个量子数；在分子结构部分，介绍了一些常见络合物的构型；在溶液部分，介绍了稀溶液的依数性；在化学平衡部分，介绍了气态方程、分压定律和压力平衡常数 K_p ；在电解质溶液部分，介绍了溶度积原理和离子反应的类型；在氧化还原反应部分，介绍了氧化数的概念和电极电位等。

为便于读者自学，在有关溶液浓度、平衡常数和 pH 值的计算方面，都有较多的例题。对于难度较大的练习题，也作了解答或提示。

为使读者了解一些化学史，本书还简要介绍了原子结构理论的历史发展过程。

化学跟其他学科一样，它的发展是永无止境的。现代化学在理论上尽管取得了巨大的成就，但并未达到完善的地步，化学上未能解决的问题还很多。这些，都有待于化学工作者特别是青年，去进一步探索。

目 录

前 言.....	1
第一章 原子结构与元素周期律.....	1
第一节 原子结构理论的建立和发展.....	1
第二节 原子核的组成.....	9
第三节 电子的波粒二象性与电子云.....	13
第四节 核外电子的运动状态.....	18
第五节 核外电子的排布规律.....	24
第六节 电子层结构的周期性与元素周期律.....	34
第七节 周期表中元素性质的递变规律.....	45
本章小结.....	57
练习题.....	60
第二章 分子结构与晶体结构.....	63
第一节 离子键.....	64
第二节 共价键.....	69
第三节 共价键的极性与分子的极性.....	81
第四节 配位键与络合物.....	85
第五节 分子间的作用力与氢键.....	93
第六节 晶体结构.....	101
本章小结.....	111
练习题.....	113

第三章 溶 液	115
第一节 溶液的基本概念	115
第二节 溶解与结晶	118
第三节 溶解度的计算	128
第四节 溶液的浓度及其计算	132
第五节 稀溶液的性质	148
本章小结	155
练习题	157
第四章 反应速度与化学平衡	161
第一节 化学反应速度	161
第二节 影响反应速度的因素	163
第三节 反应的活化能	170
第四节 气态方程与分压定律	176
第五节 化学平衡	182
第六节 化学平衡的移动	189
第七节 化学平衡原理的应用	197
本章小结	199
练习题	202
第五章 电解质溶液与电离平衡	204
第一节 电解质的电离	204
第二节 电离度	208
第三节 电离平衡	214
第四节 水的电离与 pH 值	224
第五节 盐类的水解	232
第六节 同离子效应与缓冲溶液	239

第七节 酸碱质子理论·····	244
第八节 离子反应·····	246
第九节 溶度积原理·····	250
本章小结·····	253
练习题·····	257
第六章 氧化还原反应·····	260
第一节 氧化还原反应的基本概念·····	260
第二节 氧化还原方程式的配平·····	267
第三节 原电池·····	270
第四节 电极电位·····	276
第五节 金属的锈蚀·····	280
第六节 电解与电镀·····	282
本章小结·····	286
练习题·····	289
附 录：元素周期表	

第一章 原子结构与元素周期律

在我们学习化学的时候，可以了解到许多有趣的现象。例如，氟与氢在暗处就能剧烈反应，并发生爆炸；氯与氢需要光照，才能剧烈反应而爆炸；溴与氢加热时，只能缓慢地反应；碘与氢则在较高的温度下，才能缓慢地反应，而且反应得不完全。氟、氯、溴、碘同属卤素，为什么它们与氢反应的情况有显著的不同呢？又如，氯原子跟1个氢原子结合，生成氯化氢分子(HCl)；而氧原子则跟2个氢原子结合，生成水分子(H_2O)；氮原子跟3个氢原子结合，生成氨分子(NH_3)；碳原子却可以跟4个氢原子结合，生成甲烷分子(CH_4)。氯、氧、氮、碳等原子，都是跟氢原子相结合，为什么它们结合的数目不同呢？要回答这些问题，就必须从原子结构谈起。

第一节 原子结构理论的建立和发展

在科学史上，人们对原子结构的认识，是有一个历史过程的。早在两千四百年前，古希腊著名的哲学家德谟克里特，就提出了原子的概念。他认为，自然界的物质，都是由一些坚硬的、不可再分的小微粒构成的。他给这种小微粒起名叫做原子（按照希腊文的原意，就是不可再分的意思）。但是，

这种古代朴素的原子论，由于没有科学实验的根据，以及受到宗教势力的极力反对，所以在此之后的两千多年的漫长年代里，人们对于物质结构的认识，一直没有很大进展。

直到十九世纪，在一些气体实验的基础上，道尔顿和阿佛伽德罗，先后提出了原子论和分子论，并在1860年，正式建立了原子—分子论。这一理论认为，物质是由分子构成的，分子是由原子构成的，原子则是不可再分的最小微粒。这就是二十世纪以前，人们对于物质结构的认识。

原子—分子论的建立，对于科学的发展，起了重大的推动作用。但是，它所提出的“原子不可再分”的观点，却是错误的。十九世纪末期，人们从科学实验中，发现了电子、X射线和放射现象。这一系列的重大科学发现，以无可争辩的事实证明：原子是可分的。这就为原子结构理论的建立揭开了序幕。

一 十九世纪末期的重大科学发现

1879年，克鲁克斯在研究稀薄气体中的放电现象时，发现在一个接近真空、并装有两个电极的玻璃管里通电时，便从阴极发出一种看不见的射线。这种射线能使对面的玻璃发光；若在玻璃管中间，放一个障碍物，那么对面玻璃上便会出现障碍物的阴影（图1-1）；若在玻璃管中间，放一个可以转动的小叶轮，射线就能使叶轮旋转（图1-2）；若把玻璃管放在电场或磁场中，射线就会偏转，在电场中偏向正极（图1-3）。这种射线，被称为阴极射线。实验说明它是从作为阴极的金属上，发出的一束微粒流。这种微粒因具有一

定质量和速度，所以使叶轮旋转；这种微粒因带有负电荷，所以在电场中受到正极的吸引，而发生偏转。

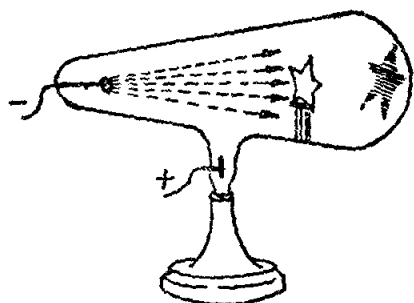


图 1-1 阴极射线使障碍物产生阴影

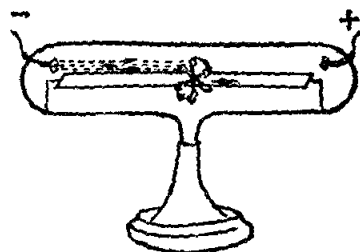


图 1-2 阴极射线使叶轮旋转

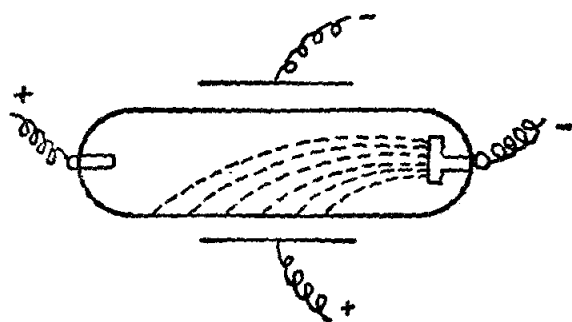


图 1-3 阴极射线在电场中偏转

1897 年，著名的英国物理学家汤姆逊，对阴极射线进行了精细的研究，测定了这种微粒的质量和电荷，并把这种微粒命名为电子。

电子的质量极小，约等于最轻的氢原子质量的 $\frac{1}{1840}$ ，并带有 1 个单位的负电荷。电子的发现，有力地证明，原子并不是不可再分的最小的微粒。在原子中，还存在着更小的

微粒——电子。

阴极射线被发现后，德国物理学家伦琴在 1895 年又发现了另一种未知射线。这种射线是当阴极射线打在固体物质上时，由固体物质发出的(图 1-4)。它具有相当大的穿透本领，能穿透木板、棉布、人体的肌肉以及薄金属片等，但不能穿透骨骼和厚的金属。它也是看不见的射线，但在暗处能使照相底片感光。这种未知射线就叫伦琴射线或 X 射线，可用于医疗进行透视，还可用来研究晶体结构。

实验还进一步证明，当 X 射线通过气体时，可使气体中的一部分原子或分子失去电子，变为带正电荷的微粒；而使另一部分原子或分子得到电子，变为带负电荷的微粒。这种在 X 射线的作用下，气体发生电离的现象，也证明了原子中确实存在着电子。

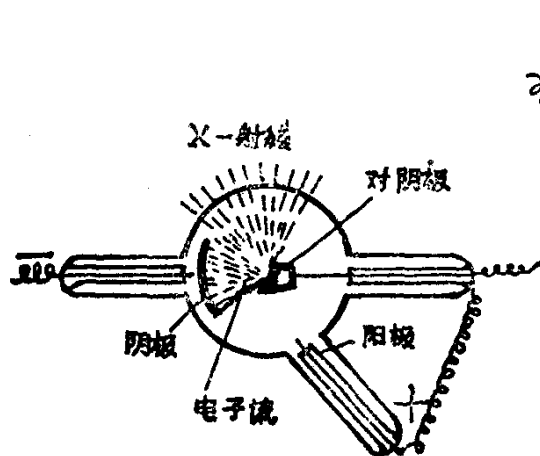


图 1-4 X射线

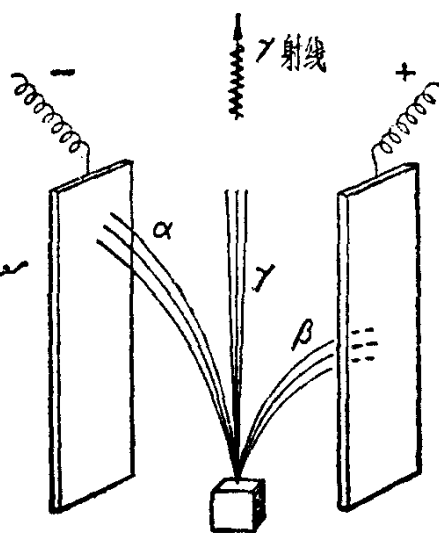


图 1-5 放射性物质所产生的
三种射线

1896 年，法国科学家贝克勒，在研究 X 射线时，又从实验中发现，铀矿石在没有外界作用的条件下，能自动地发出射线。这种奇怪的现象，立刻引起了世界著名的女科学家居里夫人的兴趣。她和她的丈夫、法国物理学家比埃耳·居里一起，进行了这项研究，并于 1898 年，从实验中发现了比铀放射性更强的元素钋(Po)和镭(Ra)。

后来的研究证明，放射性物质能自动发出的射线共有三种(图 1-5)：

α 射线：是由 α 粒子组成的微粒流。 α 粒子就是氦离子(He^{2+})，它带有 2 个单位正电荷，质量约等于 4。

β 射线：是由电子组成的电子流。

γ 射线：是穿透力很强的一种电磁波。

放射性的发现，不仅再次证明原子是可分的，而且还向人们预示了，原子内部必有复杂的结构。放射性变化的重大意义还在于，它第一次告诉人们，一种原子可

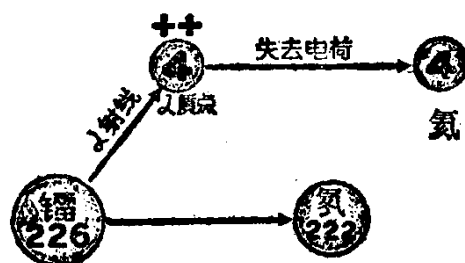


图 1-6 镭的放射性变化

以变为另一种原子。例如，质量为 226 的镭原子，放出 1 个 α 粒子后，可以变为质量为 222 的氡(Rn)原子(如图1-6所示)。

电子、X 射线和放射性的发现，使物理学和化学的研究，进入到原子内部结构的新阶段。

二 卢瑟福的核式原子模型理论

在建立原子结构理论方面，最先做出了卓越贡献的，是

著名的物理学家卢瑟福。他在进行 α 粒子的实验时发现，一束 α 粒子在穿透薄的金属片时，大部分 α 粒子是畅行无阻直线前进的，但有少数 α 粒子发生了偏转，个别的 α 粒子偏转角度很大，几乎是被弹了回来(图 1-7)。这就是著名的 α 粒子的散射实验。

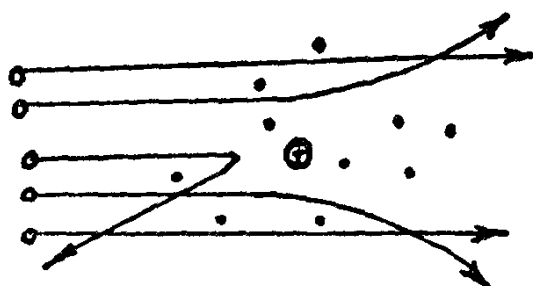


图 1-7 α 粒子散射示意图

根据这一实验结果，卢瑟福认为，大部分 α 粒子畅行无阻，说明原子内部是空荡荡的；少数 α 粒子发生散射，说明原子内部有一个体积很小的带正电的核。当 α 粒子靠近它时，由于电的斥力而发生散射；当 α 粒子与它相撞时，由于金属原子的核的质量比 α 粒子大得多，以及电的斥力作用，就会被弹了回来。

1911 年，卢瑟福正式提出了一个核式原子模型理论。他指出，原子是由带正电的原子核和带负电的核外电子这两部分构成的；原子核位于原子的中心，占有很小的体积，但几乎集中了原子的全部质量；核外电子就象行星绕太阳那样绕核旋转。因此，这个理论也被称为行星式或天体式原子模型。

后来的研究证明，原子核的直径大约是原子直径的几分之一，而电子的直径相当于原子直径的十万分之一。原子中的原子核就如同大教室中的一粒米。

卢瑟福的原子结构理论，有两个鲜明的观点。一是根据 α 粒子散射实验提出的“原子有核”的观点，这是完全正确的；一是根据他对核外电子运动的设想，提出的“行星绕日”的观点，这是不能令人信服的。这种观点跟经典的电磁理论发生了尖锐的矛盾。因为，按照经典电磁理论，带电体电子在核外运动时，应不断地放出能量，电子本身的能量就会逐渐减少。果真如此的话，电子在原子核的吸引下，愈转离核就会愈近，最后，就要掉进原子核。这样，原子也就不能稳定存在了。显然，这与大量原子稳定存在的事实是不符的。这个理论与实际的矛盾，是如何解决的呢？

三 玻尔的氢原子结构理论

继卢瑟福之后，在原子结构理论上，作了重大发展的，是他的助手丹麦物理学家玻尔。玻尔大胆地运用了量子的概念（1900年由普朗克提出），来解释氢原子结构，获得了很大的成功。他的理论要点如下：

1. 核外电子都是沿一定轨道绕核运转的；在一定轨道上运动着的电子，都具有一定的能量；在稳定轨道上运动着的电子，既不吸收能量，也不放出能量，因而原子能稳定存在。

2. 能量低的电子，在离核近的轨道上运转；能量高的电子，在离核远的轨道上运转。根据电子的能量和所处的轨

道，可以将核外电子分为若干能级，离核最近的为第1能级，离核稍远的为第2能级等等，依此类推。

3. 在一定条件下，电子可以吸收或放出能量，由一个能级跳到另一个能级，而不能处于能级之间的任何位置。因此说电子能量的变化，是跳跃式的、不连续的，或者说是一份一份的。这种不连续的能量变化的最小单位，就叫量子。这也就是说，电子能量的变化，是量子化的。

玻尔理论在1913年提出时，还只是一种设想。但他这种量子化的设想，被后来的实验证明是正确的。根据他对氢原子结构（图1-8）的解释，合理地说明了氢原子的光谱中所表现的能量变化不连续的现象。这是原子结构理论上的一次飞跃的发展。

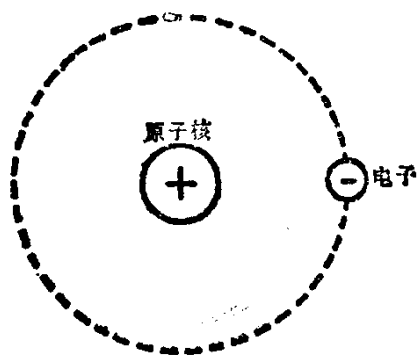


图 1-8 玻尔的氢原子结构示意图

但是，玻尔并没有彻底摆脱经典物理学的束缚，他仍然坚持了电子沿一定轨道绕核运转的观点。因而，当他的理论用来解释有两个以上电子的多电子原子时，就与实验结果不一致了。

现代实验结果证明，电子的运动，跟我们平常见到的汽车、飞机、炮弹等宏观物体的运动有显著的不同。核外电子并不沿着一定轨道绕核运转，它不遵从宏观物体的运动规律，即经典力学的规律，它所遵从的是量子力学的规律。

量子力学是在1926年建立起来的，现代原子结构理论，