

上册

# 化学基础

[美] 罗德·奥康纳

清华大学化学教研组 译

高等教育出版社

# 化 学 基 础

(上 册)

[美] 罗德·奥康纳 著  
清华大学化学教研组译

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书译自美国 Rod O'Connor 著 Fundamentals of Chemistry (1977年, 第二版)。全书共十一篇分为三十五章, 并附有大量习题、自我测验题及其答案。中译本分为上、下两册。上册内容包括原子结构、化学键、物质状态、溶液和胶体、动力学与平衡等十八章。下册包括酸碱化学、电子转移过程、无机化合物、有机化合物、多官能团化合物等十七章。本书可作为理、工、农、医、生物等系科基础化学的教学参考书。

参加本书校译工作的有宋心琦、廖松生、李咸骊、李余增、章臣懿、管元美、刘国璞、卢璋、丁廷楨、李隆第、张克钰、张美珍、缪培松、蔡作乾、王品靓、张翠宝、郁鉴源、孟祥发、陈德朴。全书由丁廷楨、宋心琦复校与订正。

## 化 学 基 础

(上 册)

[美] 罗德·奥康纳 著  
清华大学化学教研组 译

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行  
北京印刷一厂印装

\*

开本 787×1092 1/16 印张 31.75 插页 1 字数 720 000

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

印数 00 001—21 070

ISBN 7-04-000089-X/O·39

定价 9.80 元

## 译 序

《化学基础》(上册)中译本终于同读者见面了,这是一件值得庆幸的事

记得还是在1978年,我们在人民教育出版社图书室见到美国 Rod O' Connor 著 Fundamentals of Chemistry(1977年,第二版)。这本新书深深地吸引了我们。原书作者积多年从事化学教育之经验,深思熟虑,精心选材,编著成这本内容丰富,概念清晰,题材新颖的化学入门教程,并在美国大学里,经上百名化学教师和数万名学生的选用。教学实践证明,这是一本深受欢迎,适于理、工、农、医、环境和生物等系科的基础化学教材。当时我国高等教育经历了十年动乱,正处于百废待兴之际。因此我们主动推荐,并经过同行专家审定,将此书列入了该出版社的组译计划。

此书内容广博,不仅是传播大量化学知识的载体,而且充分注意启迪学生的科学思想和科学方法。取材体现时代特征,既反映了化学学科发展的新成果、新趋势,又为发挥学生创造性和积极思维留有余地。本书编写的另一特点是利于读者自学和自我检验,可以满足各类专业和各层次学生学习基础化学的需要。作者为学生和教师分别撰写了详细的序言,这是应该首先阅读和领会的。

原书图文并茂,彩色套印,版面设计新鲜,边注饶有兴趣,而中文译本限于版面未能很好反映这些特色。正文中的“基础化学中用到的数学运算”,和书末所附索引在译本中已被删去。原书尚未采用国际单位制,译文保留原样未加改动,此请读者注意。

此书洋洋百万字,分十一篇共三十五章,译本分上、下两册。译者均系清华大学原化学教研组的教师(译者列于各章末)。各章译文在相互校对的基础上,由宋心琦、廖松生、李成驯、李余增校阅。全书经编辑加工后,由丁廷楨、宋心琦作最后的复校与订正。

这本书从翻译到出版虽历时较久,然而在今天读起来仍觉得引人入胜,不失为一本值得向我国读者推荐的颇具特色的化学参考书。正因为如此,作为我们教研组教师共同工作的成果和纪念,这本译著的得以出版,确实令我们感到高兴。

限于我们的译校水平,译本中的缺点和错误肯定不少,恳请读者予以批评指正。

宋心琦、丁廷楨  
1986年12月于清华园

## 为学生写的序言

“化学,对于我来说,是所有学科中最迷人的研究领域。它不仅是一个令人奋起的智力练习场所,而且……”

当我这样开始为本书写序言时,我已意识到,如果我过去的任何一个学生看到它,他们一定会以为我这个老头有些言过其词了。老实说,除了化学家外,化学并不总是那样“迷人的”,何况即使对于化学家本人,大概也只有少数几次,当工作进行得比较顺利时,才真正有迷人的经历。对于其它的人来说,化学往往只是他们走向自己所向往的事业的途中,不得不学习的一门课程。

我想,在课堂上我会用这样一种方式来讲述化学,使学生们常会惊异地发现,他们不但对化学发生兴趣了,而且还会觉得这门课程并非自己想象的那样“不可企及”。这也是我在写这本书时努力想要做到的。但是,这样写起来要比“讲”出来难一些。所以,在事物发生变化时,我宁愿同你们坐在一起谈论化学,而不是去把它写下来。不过,我希望这本书多少能具有一些这样的味道。

你们也许会发现,单是这本书还不能满足你们学习的需要。但是,这本书肯定会对你们的学习起重要的作用。这本书上许多概念和问题的处理,实际上要求比其它教科书所能提供的讨论更加广泛,其中需要补充的讨论,在很大程度上,要由你们自己的经历、兴趣和学习方式来决定。诚然,一本书是不能代替真正的教学的,因为教学活动需要有一些有来有往的交流。而这本书只是作为整个教学活动中的一个环节而写的。在这些教学活动中,包括许多可供选择的不同的教学环节,其中,与教师相互讨论也是很重要的环节。本书所能做的是,帮助你们通过鉴别并吸收一些重要的知识、概念和解决问题的方法,来促进你们对化学的学习。此外,通过本书每章中的简介和专题讨论,来阐述化学在其它领域中的某些应用,以此表明,即使你不准备成为一名职业化学家,学习化学也是值得的。

本书的内容和水平,是为理科,或与理科有关的专业学生而确定的。它一方面为那些不再学习更多化学课程的学生描述出一门化学的全貌,另一方面也细致地注意到了为那些要更多地学习化学的学生提供重要的基础知识。很多用过这本书的学生在评论这本书时,他们认为,这本书无论在后续课程中作为参考书,或者在准备各种职业学校的入学考试时作为复习用书,都是很有用的。

为了引导学生们把注意力主要放在应该学会的和能够做到的那些事情上,本书中每一章的开头都列出本章的基本要求。当然,每章中的内容总是比满足这些基本要求所需要的内容多,所以你们还可以看到一些与各个论题有关的背景材料和应用。可是,要把一个论题彻底展开往往只靠某一章的内容是不够的。如果对前面的概念,在后来不作某些扩充和巩固,那么,这些概念就要很快被“忘掉”。因此,你会看到,许多章的论题,当它们应用于后面的内

，并通过后面的内容而得到更为详尽的阐述时，这些论题在以后的章节中会一次又一次地反复被提到。对于你有特别兴趣，或有必要进一步学习的那些内容，我们在每一章的末尾都提供了一些补充的阅读材料。

每一章内容结束后都留有一些习题，这些习题是根据本章的基本要求拟定的，作为对本章内容的回忆和应用练习。对于那些希望或需要做更多练习题的学生，还准备了一些内容广泛的补充练习题。这些习题的答案都列在附录 I 中，以便你们自己去核对习题答案。你们在做习题时，可能需要回头去查阅本章的内容，这种做法是应该提倡的。

最后，每章还准备了一组“自我测验题”，以便让你们自己来估计一下，你们在达到本章基本要求方面所取得的进步，同时找出需要进一步学习或与教师讨论的内容。做自我测验题时，除了测验题标题所指出的之外，不应查阅任何资料。这些自我测验题的答案也都列在附录 I 中。

本书共分为十一篇，每篇包括有相互关联的两章或两章以上内容。为了帮助你们自己检查对于每篇各章所包括的主要内容的理解程度，在每篇的末尾还准备了一组综合练习题。这些练习题的答案列在附录 J 中。

本书中的这些基本要求、习题以及自我测验题，你们的教师可以根据对课程的特殊要求，加以修改和补充。

使用本书最有成效的步骤，可以归纳如下：

- (1) 阅读一章的基本要求，以确定需要重点学习的部分；
- (2) 通读这章的全部内容；
- (3) 参加有关论题的听课、直观教学活动和讨论；
- (4) 再回头来看看这章的基本要求，并仔细研究本章的内容和那些用作示范的例题；
- (5) 做习题，随时根据需要回头查阅书中的内容。核对习题答案，然后根据需要再做一些补充练习题中的练习。并与教师一起讨论你所遇到的难题；
- (6) 在不查阅书中内容的条件下，完成自我测验题。如果有些问题你不会做，应仔细地复习相应的内容，并找教师答疑，以获得教师的辅导；
- (7) 当你学完一篇所有各章内容时，可以试做一下本篇的综合练习题，以便估计一下自己的成绩，并确定自己还需要复习的内容。

我长期从事化学教学，教过的学生已达二万多人。这些学生中，有一个现在是著名的足球选手；有几百人成了医生或牙科大夫、护士或工程师；有些成为议员、技工或家庭主妇；其余的是化学家或教师。对于他们中的大多数人来说，化学曾经是他们为达到自己理想境界的长途中，需要逾越的一个障碍。虽然，教师可以只用一些“浅显的内容”来使这个障碍降低，或者，也可以把这个障碍弄得高不可攀，只有少数几个人能够完全逾越过去。这两种做法，我都很不赞成。我始终认为，在学生们逾越一些严峻的障碍时，教师是应该，并且有可能给予帮助的。我曾在自己的教学中试着这样做，而且我以为本书也是坚持这种意图的。

这本书中还反映了学生们上百条建议和意见，这是我把学生们作为教学过程中的同事看待的结果。当然，我也会非常高兴地听取你们的意见和建议。

罗德·奥康纳

## 为教师写的序言

这本书第二版反映了我个人给二万多名学生教化学课的经验，同时在较大的范围内也反映了学生们对这本教科书所提的意见。前一版书曾经给数以千计的学生和上百名不同的教师试用过。这一版所作的主要修改反映了用过此书的学生、教师和几位专业书评家的建议。

在我写初稿和第一版时，我是唯一用此书的人，我把它写成适合于我自己特定的要求，并且认为必须用讲课、直观教学以及别的办法加以补充的。现在我正指导制订一个每学期约有五千名学生的多科性大学的教学计划，所以这本教材需要包括对许多部分内容作出更广泛的处理，从而使它对于那些处理方式与我不同的教师也非常有用，这是容易理解的。

这一版书远不是只作一些不大的修订。它基本上是一本新书，我在这版书中努力保留第一版书的优点，同时对一些较重要的章节进行了重写和扩充，例如价键与结构，还把一些较次要部分的篇幅加以压缩。现在这本教科书的内容已超出任何人在一年的课程中所希望包括的内容，但这是为了使内容有伸缩性而有意安排的。例如，在我们自己的教学计划中，我们可以为某些专业，如那些主修工程专业的学生提供相当广泛的有关无机化学的内容，而对于农业和其它与生物有关专业的学生，则可花更多的时间在有机化学和生物化学的内容上。

帮助学生更有效地使用他们的学习时间，而不必经常象猜谜语似的去猜测究竟该学什么，是很有必要的。为此，我们强调要重视基本要求和自我测验题，如果你要学生们利用它们，你也许有必要使考试题不超出由基本要求和自我测验题所包括的相应范围。如果你想修改本教材的基本要求，你就应该为学生们提供相应的习题和自我测验题，以使旧版规定的新基本要求相对应。

在我们的教学计划中，采用这些教学方式，已经取得相当大的成绩。半数以上的学生学习成绩达到甲等（即达到90%或更高的基本要求）或乙等，在这些学生中，那些继续学习更深的化学课程的学生，他们表现出对基础知识掌握得比较好。我们的这个教学计划在学校里获得了大学教授会所颁发的第一个“优秀奖”证书，而学生们的评价也反映了这个教学计划越来越受到大家的欢迎，尽管大家也注意到完成它需要付出大量的劳动。

由于这本书第二版给了学生较大的责任，所以我的讲课在他们的学习过程中所起的作用，多少有点和他们所习惯的不同。通常我把讲课时间的前三分之一，用来解答前一章中的习题和回答问题，剩下的时间用来讲解所选定的新的一章中的概念和问题——特别是那些最好用演示或直观教学手段来加以说明的内容。由于这本教材采用了这样一种方式，以致使学生产生与教师进行定期讨论的愿望，得克萨斯A & M大学的教职工，为学生们提供了一种“教授—导师制”，因此使学习大一化学的学生，有了专供答疑接待的正规时间。这样，学生们就可以在规定的答疑日的任何时间里，找到一位年长的教学人员讨论一些基本概念和问题。化学系还为学生们提供了一个“自学中心”，其中备有这本教材所建议的补充读物以及各种各样的直

观教学手段，以满足学生们补充和丰富课程内容的需要。

虽然本书很多章节内容是相互关联的，但也有一些章节内容基本上是独立的，如果它们对某些专业的目标不重要的话，就可以比较容易省略掉。

我感谢所有对这本教科书提出过有用建议的学生和同事，如果要把他们的名字全都列出来，就会有单独一本书那么厚。……。

最后，我要特别感谢得克萨斯 A & M 大学参加执行大一化学教学计划的教师、工作人员和学生，他们才真正是本书的“主人”。

如果你打算用这本书，而且对我们的教学计划的任何细节都有兴趣，或者你有改进的建议，我都会感到十分高兴，并诚恳接受你的意见。

罗德·奥康纳



# 上册目录

为学生写的序言 .....	(1)
为教师写的序言 .....	(3)
<b>第一篇 原子结构</b> .....	(1)
绪论 关于原子模型 .....	(1)
0.1 静电学 .....	(2)
0.2 电动力学 .....	(3)
0.3 从德漠克利特到道尔顿 .....	(5)
0.4 亚原子粒子 .....	(5)
0.5 电子 .....	(6)
0.6 原子核 .....	(7)
0.7 行星模型 .....	(8)
0.8 原子光谱 .....	(9)
0.9 波尔模型 .....	(10)
<b>第一章 原子中的电子</b> .....	(14)
1.1 “太阳系”型的原子 .....	(15)
1.2 波尔模型的问题 .....	(17)
1.3 物质波 .....	(18)
1.4 量子力学：电子的乐谱模型 .....	(18)
1.5 量子数 .....	(19)
1.6 电子构型 .....	(22)
1.7 轨函数与轨道(轨迹) .....	(25)
1.8 激发态：光谱 .....	(27)
1.9 电离能 .....	(29)
<b>第二章 化学元素</b> .....	(35)
2.1 元素、化合物和混合物 .....	(37)
2.2 同位素 .....	(40)
2.3 化学性质和物理性质 .....	(43)
2.4 一些物理性质的周期性 .....	(44)
2.5 一些化学性质 .....	(47)
2.6 化学族 .....	(51)
2.7 原子和离子的大小 .....	(52)
<b>第一篇综合练习</b> .....	(59)
<b>第二篇 化学反应和能量变化</b> .....	(62)
<b>第三章 化学变化</b> .....	(63)
3.1 化学反应 .....	(66)
3.2 化学变化的证据 .....	(66)

3.3	符号、分子式和方程式	( 67 )
3.4	写化学反应方程式	( 71 )
3.5	离子方程式	( 72 )
3.6	配平方程式	( 74 )
3.7	化学反应的类型	( 75 )
<b>第四章</b>	<b>化学计量学</b>	( 82 )
4.1	化学计算	( 83 )
4.2	一个方便的计数单位：摩尔	( 86 )
4.3	化学计量比和单位因子	( 87 )
4.4	“非化学计量”过程	( 92 )
4.5	极限试剂	( 93 )
<b>第五章</b>	<b>热力学</b>	( 101 )
5.1	甲烷分子的总能量	( 103 )
5.2	内能和能量守恒定律	( 103 )
5.3	热和功	( 104 )
5.4	生成热	( 106 )
5.5	量热法：实验测定 $\Delta H$ 值	( 109 )
5.6	实物逐渐混乱起来：熵	( 112 )
5.7	自由能(学起来要花些功夫)	( 115 )
5.8	结果又怎么样呢？	( 116 )
<b>第二篇</b>	<b>综合练习</b>	( 122 )
<b>第三篇</b>	<b>化学键</b>	( 125 )
<b>第六章</b>	<b>离子化合物</b>	( 126 )
6.1	离子化合物的性质	( 128 )
6.2	离子电荷	( 130 )
6.3	离子化合物的形成	( 132 )
6.4	离子反应	( 134 )
6.5	沉淀的预测	( 139 )
<b>第七章</b>	<b>共价化合物</b>	( 147 )
7.1	共价化合物	( 151 )
7.2	共价键的形成	( 152 )
7.3	简单的分子轨道模型	( 154 )
7.4	重键	( 157 )
7.5	电子点式和线键式	( 159 )
7.6	电负性：极性键	( 164 )
<b>第八章</b>	<b>分子几何学</b>	( 171 )
8.1	分子几何构型的实验测定	( 172 )
8.2	VSEPR理论：预测几何结构	( 173 )
8.3	不等价“组”：推测键角的变化	( 176 )
8.4	用简单的分子轨道法描述 $\sigma$ 键的几何构型	( 179 )
8.5	$\pi$ 键图象	( 183 )

8.6	极性和非极性分子	( 185 )
8.7	分子几何学和生物化学	( 188 )
第三篇综合练习		( 194 )
第四篇 物质的状态		( 197 )
第九章 质点的运动和相互作用		( 198 )
9.1	分子运动的类型	( 201 )
9.2	自由度	( 202 )
9.3	分子运动的能量	( 205 )
9.4	碰撞中的粒子	( 209 )
9.5	在纯物质中粒子间的作用力	( 210 )
9.6	金属键	( 215 )
9.7	粒子间的距离	( 215 )
9.8	粒子间作用力的相对强度	( 216 )
9.9	混合物中粒子间作用力	( 218 )
第十章 真实气体和理想气体		( 227 )
10.1	通用气体定律	( 229 )
10.2	标准温度和压力(S T P)	( 231 )
10.3	简单气体定律的例题	( 231 )
10.4	气体的化学计算	( 235 )
10.5	气体混合物	( 236 )
10.6	气体泄透和扩散	( 238 )
10.7	非理想气体	( 239 )
第十一章 固体和液体		( 244 )
11.1	固体的特性	( 246 )
11.2	固体和液体的密度	( 247 )
11.3	晶体和无定形体	( 248 )
11.4	液体状态	( 249 )
11.5	晶体中的键	( 251 )
11.6	晶体结构	( 252 )
11.7	元素和盐的简单晶体	( 255 )
11.8	质量和能量的传递	( 260 )
11.9	粘度和表面张力	( 261 )
11.10	液体的可混溶性	( 265 )
第十二章 状态的变化		( 271 )
12.1	状态的变化	( 272 )
12.2	整体效应: 热容	( 272 )
12.3	转变热、熔化热和蒸发热	( 273 )
12.4	有关 $\Delta H$ 与 $C_p$ 的某些计算	( 276 )
12.5	平衡与稳态	( 281 )
12.6	相图	( 282 )
12.7	扰动后的平衡: 吕-查德里原理	( 284 )

12.8 蒸气压与沸腾	( 285 )
<b>补充内容 1 晶体结构</b>	( 293 )
1. X-射线衍射	( 295 )
2. 晶胞的局部描述	( 298 )
3. 强度——晶体结构的关键	( 299 )
4. 晶体的缺陷	( 301 )
5. 不完美晶体	( 303 )
6. 晶体缺陷的类型	( 303 )
7. 合金	( 306 )
8. 半导体	( 306 )
<b>第四篇综合练习</b>	( 308 )
<b>第五篇 溶液和胶体</b>	( 312 )
<b>第十三章 水溶液</b>	( 313 )
13.1 溶液的类型	( 314 )
13.2 溶液术语	( 315 )
13.3 溶液的形成及其组成	( 315 )
13.4 溶液的配制和浓度	( 316 )
13.5 当量浓度和化学当量	( 323 )
13.6 溶液定量：滴定和沉淀	( 326 )
<b>第十四章 胶体</b>	( 333 )
14.1 胶体分散体系	( 334 )
14.2 胶体的类型	( 335 )
14.3 胶体的性质	( 335 )
14.4 胶体的制备	( 336 )
14.5 胶体的稳定性	( 337 )
14.6 胶体的破坏	( 339 )
14.7 胶态污染物	( 341 )
<b>第十五章 依数性</b>	( 343 )
15.1 基本性质和依数性	( 344 )
15.2 蒸气压	( 345 )
15.3 沸点升高	( 346 )
15.4 凝固点下降	( 347 )
15.5 渗透压	( 349 )
15.6 分子量的近似值	( 351 )
<b>第五篇综合练习</b>	( 355 )
<b>第六篇 动力学与平衡</b>	( 357 )
<b>第十六章 反应动力学和反应机理</b>	( 358 )
16.1 化学动力学	( 360 )
16.2 化学反应物的“性质”	( 361 )
16.3 温度的影响	( 363 )
16.4 质点间的接触	( 364 )

16.5	催化作用	( 365 )
16.6	浓度效应:速度定律	( 367 )
16.7	半衰期	( 372 )
16.8	反应机理	( 374 )
16.9	来自反应速度定律的机理线索	( 376 )
16.10	来自同位素示踪的机理线索	( 380 )
16.11	来自物质分析的机理线索	( 381 )
16.12	过渡态理论	( 383 )
16.13	温度关系	( 386 )
<b>第十七章 均相平衡</b>		( 395 )
17.1	可逆过程与不可逆过程	( 395 )
17.2	动态平衡的简单模型	( 396 )
17.3	平衡常数	( 399 )
17.4	计算平衡常数值	( 401 )
17.5	求算平衡时浓度	( 403 )
17.6	吕·查德里原理的再讨论	( 405 )
<b>第十八章 溶解平衡</b>		( 412 )
18.1	饱和溶液	( 414 )
18.2	溶度积	( 415 )
18.3	沉淀过程和溶解度	( 418 )
18.4	吕·查德里原理与溶解度	( 421 )
18.5	分配平衡:液-液萃取	( 423 )
<b>第六篇综合练习</b>		( 431 )
附录 A	一些常用单位及换算因子	( 436 )
附录 B	四位对数表	( 439 )
附录 C	在20—25℃下的平衡常数	( 441 )
附录 D	标准电极电位	( 444 )
附录 E	技术名词汇编	( 448 )
附录 F	无机物的命名法	( 456 )
附录 G	有机物的命名法	( 461 )
附录 H	化学文献	( 470 )
附录 I	上册习题、补充练习题和自我测验题答案	( 471 )
附录 J	上册各篇综合练习答案	( 490 )

# 第一篇 原子结构

人们通常经历的领域仅仅占宇宙中一个非常狭小的量度范围。对于大到几千英里或小到尘埃的测量，我们有着相当可靠的“感觉”，但是对于到最近星球的距离或者细菌细胞的体积，我们大多数人似乎都会感到有点不真实。科学家经常用这样一些数来进行工作，这些数的数量级远在直接测量的范围之外，但是在科学研究中却能表示出有益的“真实性”。

例如，科学家相信很小的原子和亚原子粒子的概念——并不是因为他们看见过这些粒子，而是因为这个概念为解释和预言物质的性质和行为提供了一个令人满意的模型。

在本篇中，我们将引出一个比较简单的原子模型，并举例说明这个模型在研究化学现象中可能有用的几个方面。人们已经提出了一些更精致的模型，对于高深的理论研究或更定量的研究就必须采用这些模型。一般来说，使用与有关的研究水平相一致的最简单的原子模型是会令人满意的，因此，我们将舍去原子理论的某些精细之点，而这些精细之点对于将来可能选定继续学习原子科学更高深的领域的人们是有用的。当我们进行化学基础讨论时，我们将会碰到简单原子模型的许多有益的应用。

## 内 容

绪论：关于原子模型

通过波尔模型的形成过程叙述有关原子理论的某些背景

第一章：原子中的电子

原子的现代量子力学模型的基础；电子构型的介绍。

第二章：化学元素

化学周期性的概念；用原子结构解释元素的某些化学和物理性质。

第一篇的综合练习

## 绪论 关于原子模型

物质的原子理论的发展是概念不断更新的一个典型事例。原子结构的近代概念并不是突然从20世纪初期的少数几个物理学家和化学家的头脑中充分发展起来的，而是从大约2600年来大批哲学家、炼丹术士和科学家毕生的工作中形成的。他们的目标是要建立一个“思维模型”——一套能根据熟悉的体系解释和预言物质的行为和性质的概念。

本来，一个模型只具有暂时的意义。只要它的解释和预言符合于所观察到的真实世界。

那就是有用的。当这个意图失败了，它就必须被修改或者被取代。数学模型可能是非常复杂而又抽象的。物理模型，例如人们所熟知的表示化合物结构的球-棒图象，则倾向于简单些和具体些。用简单模型就能满足需要的地方，就不必使用复杂的模型。但是，我们必须永远记住：所有的模型都只是思维的产物，是实体的图象，而不是实体本身。一位化学家就曾说过，一个石膏人体模型很象人，而一个球-棒模型反而不大象实际的分子。

现代原子理论是一种模型。这种模型对物质的性质、化学变化的机理以及物质和能量的相互作用提供了一个合理的令人满意的解释。但是，和最新的汽车模型一样，这个模型不会是最终的。下一代几乎肯定要修改它，或者支持更好的模型而废弃它。

原子理论是两条独立的思路——电和原子两个概念汇集在一起的产物。西方历史学家追溯到古希腊的两个概念：泰立斯 (Thales of Miletus, 公元前640—546年) 的电和德谟克利特 (Democritus, 公元前546—460年) 的原子论。这两个理论各自独立发展到十九世纪末，在本世纪的头十年中结合在一起，产生了近代的“电的”原子模型。

首先从电开始叙述。泰立斯用琥珀 (希腊语称之为 *elektron*) 进行了实验，发现当用毛皮摩擦它时，琥珀就带上了一种电荷。在两千多年内都没有认识所观察到的这个现象的本质。事实上，用了25个多世纪，即直到大约十八世纪末，关于电的研究中的几个发现，在高等学校物理实验室中用几个下午的时间就可以掌握。导致现代理论的几个发现与静止的及运动的电荷的性质有关。用物理学家的话来说，与静电学及电动力学中的场有关。

## 0.1 静 电 学

十八世纪后期，富兰克林 (Benjamin Franklin) 观察到有两种电荷，并分别取名叫正电荷和负电荷。这两个名词一直沿用到今天。支配两个带电体行为的基本规则很容易在实验室中得到验证。用线悬挂两个金属球，如果这两个球都不带电，那么它们将平行地吊着，如图 0.1 所示。如果让两个球都带上负电荷，那它们将彼此远离，因为同种电荷互相排斥。如果让两个球都带上正电荷，结果是相同的。如果让一个球带负电、另一个球带正电，那么它们将彼此靠近，因为异号电荷相互吸引。

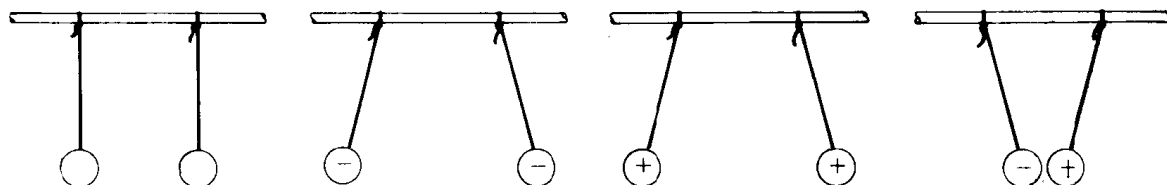


图 0.1 电荷的相互作用

法国的物理学家库仑 (Charles Coulomb, 1736—1806)发现, 两个异号电荷之间的静电力取决于两个电荷的强度和它们之间距离的平方。可用下列公式概括库仑定律:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}.$$

式中  $F$  是力的符号;  $d$  是距离的符号;  $q$  是电荷的符号。如果有几个电荷, 我们分别称它们为  $q_1$ 、 $q_2$  等等;  $K$  是常数。

一位聪明的实验人员把常数定义为这样一个数, 这个数乘以实验结果就得到正确的答案。

应该注意力和距离之间的负二次方关系。这就意味着: 如果两个电荷之间的距离加倍, 则它们之间引力的强度就减小到原来的四分之一。从理论上讲, 一个带电体给宇宙中所有其它的带电体都施加了一个力, 而实际上由于负二次方的关系, 在相当短的距离之外, 这个力就变得极其微小。

学物理的学生会认识到库仑定律和牛顿万有引力定律的数学形式之间的相似性:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}.$$

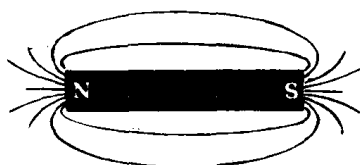


图 0.2 磁场

式中  $F$  是两个物体之间的万有引力的符号,  $G$  是万有引力常数,  $m_1$  和  $m_2$  分别是两个物体的质量。静电力和万有引力有一个共同的重要性质: 它们都可以不通过接触而作用于一个物体。换句话说, 一个电荷和一个物体的质量靠产生的力场来改变它们周围的空间。一个磁体也具有这种性质(图 0.2)。长期以来理论物理学家一直试图在这三种力之间建立某种关系。迄今为止, 万有引力仍是一个尚未逾越的障碍: 爱因斯坦在逝世之前也没能把万有引力归并到他的宇宙场方程中去。但是, 电和磁之间的关系已经确定, 并且已经相当详细地解决了。

电场与万有引力场之间有一个重要的差别: 依据物体所带电荷, 静电力可使带电物体彼此分开或把它们吸引在一起, 而万有引力却总是趋向于把物体吸引到一起。

## 0.2 电动力学

运动电荷的两个效应对原子理论有特殊的意义。或许就是电子通过金属导线流动这个最



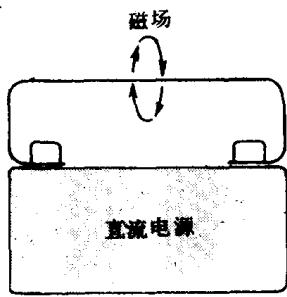


图 0.3 电流和磁场

熟悉的运动电荷的例子,使得丹麦物理学家奥斯特(Hans Christian Oersted)偶然发现了电和磁之间的关系。大约150年以前,当他为学生准备演示实验时注意到:指南针的指针指向连接电池的导线,而不是指向地磁北极。如果我们让导线穿过一块纸板,在纸板上撒上铁屑,我们就能够用实验证明电流会产生一个垂直于导线的磁场力(图0.3)。

另一个效应涉及到电荷在力场中的运动。物体在力场作用下趋向于运动,而且这种运动被说成是沿着力线运动。实际上这些线是不存在的。它们仅仅是想象的代表场强的等场强线,这和地质学家在地图上用等高线表示地面高度几乎是一样的。图0.4表示两个相邻的电荷(一个正电荷和一个负电荷)之间的力线。密集在一起的线表示该区域的电力场最强,而相距很远的线表示该区域的电力场比较弱。这些线使我们能够预言带电粒子的运动情况。

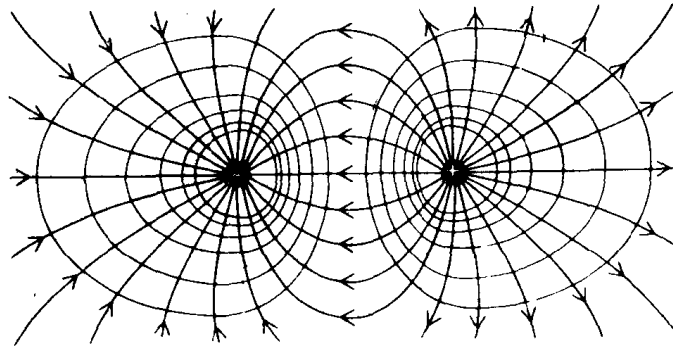


图 0.4 电力场

粒子趋向于向“减弱”场的方向运动,也就是向着需要最小能量的方向运动。宇宙飞船以高速接近地球,一旦到达地球的引力场范围,就趋向于成螺旋线向下降落(图0.5)。运动着的带电粒子可以沿着同样的螺旋线轨迹运动(图0.6)。当沿着螺旋线运动时,宇宙飞船和带电体都会失去能量。思考片刻就可确认这个推理是正确的。要使宇宙飞船脱离地球引力,或者要把两个带相反电荷的粒子分开,都需要提供能量;当两个物体相向降落时就会释放能量。宇宙飞船由于发热(与大气摩擦)而失去了一部分能量,当它与地球相接触时,把动量传给地球而停止其本身的运动,这和运动着的汽车与墙碰撞时放出能量而停止下来几乎是一样



图 0.5 在重力场中的宇宙飞船

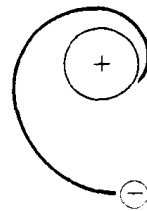


图 0.6 在异号电荷电场中的带电粒子