

有机化学

上册

路易·F·费塞尔 著
玛丽·费塞尔

高等教育出版社

統一書号 13010·514

定价 ¥2.50

有机化学

下册

路易·费塞尔 著
路·费塞尔

人民教育出版社

統一書号 18010·727

定价 ¥2.20



有 机 化 学
上 册

路易·F·费塞尔 著
玛丽·费塞尔
张 滂 译

高 等 教 育 出 版 社



有机化学

下册

路易·F·费塞尔 著
玛丽·费塞尔
张 傍 译

人民教育出版社

本書系根据路易·F·費塞爾 (Louis F. Fieser) 和瑪麗·費塞爾 (Mary Fieser) 著的“有机化学” (Organic Chemistry) 第三版 (1956) 譯出。中譯本分上下兩册出版。

本書內容除闡述一般有机化学外，并討論反应机制、与生物学有关的碳水化合物、脂肪和蛋白質的代謝、重要的有机物料(石油、煤焦油、高分子、染料)和天然产物及其工业意义等。在每章之末，附有習題和閱讀参考資料，可供进一步的探討。

本書可供高等学校化学、化工以及其他有关专业的学生、研究生以及科学工作者閱讀和参考。

有 机 化 学

上 册

路易·F·費塞爾 瑪麗·費塞爾著

張 滂 譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第054号)

京華印書局印刷 新華書店發行

統一書號13010·511 開本787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張27

字數608,000 印數1—8,500 定價(6) 2.50

1959年2月第1版 1959年2月北京第1次印刷

本書系根据 F. 費塞爾 (Louis F. Fieser) 和瑪麗·費塞爾 (Mary Fieser) 所著“有机化学” (Organic Chemistry) 第三版 (1956) 譯出的下冊部分。

本冊內容承繼上冊首先系統地討論芳香族化合物和芳香性環化合物的一般化学及有關的重要衍生物, 然後分章闡述各類具有重大理論和實際意義的化合物, 這一部分包括了生物碱、高分子化合物、染料、萜類、萜族化合物、維生素和化学医疗学等章。

本書可供高等学校化学、化工以及其他有關专业的学生、研究生以及科学工作者閱讀和參考。

有 机 化 学

下 册

路易·F·費塞爾 瑪麗·費塞爾著

張 滂譯

育出版社出版 高等学校教材編輯部
北京宣武門內承恩寺7號

(書刊出版業營業許可證出字第2號)

本局印刷 新华書店發行

787×1092¹/₁₆ 印張28⁵/₈

500 定價(6) 2.20

5月北京第1次印刷

序

本書第一版(1944)和第二版(1950)之間的一段時期,在有机化学的新發展方面,其丰富程度是比不上 1950—1956 年这段时期的;在后一段时期里,出現了重要的脂肪酸、碳水化合物、多肽、酶、生物鹼、萜类化合物、草酚酮、甾族化合物和抗生素等结构的闡明和全合成。在某些領域中,新的發展使已往的概念变动得如此之大,以致几乎完全得重新写过。同位素示踪物和微生物技术的应用加速了生源学說路徑的闡明,因之,关于脂肪、碳水化合物和蛋白質代謝的各章就需要加以全面的修訂;在这些章中,現在把在过去关于微生物过程一章中不合适的某些論題合并起来了。

理論上进展的重要性亦并不相形較小。在第十二章(环的形成和稳定性)中,闡述了构象分析的概念,并用于糖类化合物、萜类化合物、生物鹼和甾族化合物的探討中。第三章中介绍了現在公認為对于了解有机現象有重要貢獻的分子軌道学說。書中包括了比过去更多的离子反应和游离基反应的反应机制,在整个書中,当遇到这些反应时,即加以引用,并在完整的一章中,进一步地将离子反应的机制,作了綜述和扩展。

書中的資料重新作了相当多的編排,并重新写过,这些变动的目的在于使这本书成为一本更有用的教科書。共振論,比过去早得多地在第三章中討論到共轭双烯时,就介绍了,以后并广泛地使用了它。在每章之末附有習題,有些甚至是高深的问题,它們的答案則附在書的末尾。

鑒于我們的書在美国以外的許多国家中所受到的友好欢迎和鑒于不同职业和兴趣的讀者使用它,我們刪去了工业方法中无关紧要的細節、生产数据和商业名称等,特别是那些反映美国实际情况的資料。这些刪节給加入的新資料留出了地位,并使本書限制在一合理的篇幅。

将过去和現在与所闡述的發展有关的化学家的簡短小傳包括在本書中的意思是汉斯·汉塞博士(Dr. Hans Hensel)在我們这本书的第二版他的德文譯本中提出的。現在,小傳的总数增多了 454 个,在每个小傳中,給出了这个人的全名、生卒年代和出生地点、他获得較高学位和研讀的大学、指导他工作的教授和他主要服务的大学和企业。諾貝尔奖金的贈予亦加以注明,也給出了紀念講演和傳記出处的文献。書中的人名和年代可能有助于查閱原文的出处;作者名字的字首在書中未加以列出者可以在索引中查到。

Cambridge, Massachusetts

1956 年 1 月 15 日

路易·F·費塞尔(Louis F. Fieser)

瑪麗·費塞尔(Mary Fieser)

譯 者 序

这本路易·費塞尔和瑪丽·費塞尔合写的“有机化学”是一本篇幅較大、內容比較丰富、而适合于大学生、研究生和化学工作者閱讀和参考的書。曾經有过俄、德、日文的譯本。本書的一个特点是叙述的細致具体和密切地与实验相結合。另一特点是，除了闡述了有机化学的重要方面外，还以一定的篇幅介紹了有关生物化学的資料。可是由于作者是資本主义国家的学者，因此，書中不可避免地会存在着需要加以批判的資料，其中突出的是关于共振論和中介論以及化学家工作的資料。

共振論和中介論曾先后于 1951 年和 1952 年在苏联和我国受到了批判^①。譯者曾与許多同志討論过，决定采取了書中关于共振論和中介論的資料仍依原状翻譯的办法。理由是，批判了共振論和中介論不等于我們不要了解它們，了解了可以更好地批判它們；而且英美的文献資料中还常使用共振論和中介論，我們的了解也有助于使用英美的文献；因此，在討論共振論的部分时，譯者加注了有关的批判文献，这样讀者就可以及时地参考。在引用的化学家工作的資料中，突出的是对于布特列洛夫工作的忽視，关于这一点，譯者在有关的場合加以指出，并提供了批判的資料。另一值得注意的是，書中所列化学家小傳中，对于苏联和帝俄时代有成就的有机化学家提得較少。关于这一方面，譯者在涉及苏联和帝俄时代有机化学家、而未列出小傳的場合，根据 A. E. 阿尔布蜀夫的俄罗斯有机化学發展概論(科学出版社，1952)作了补充。在这一方面还应当指出的是，原作者过分地介紹了一些英美的化学家，但由于譯者难于决定何者应刪、何者不应刪，因此仍按原文譯出，可是讀者应注意到这一点。

全書的翻譯采取直譯，在極少的場合，由于原文不宜于直譯而不得不意譯时，亦力求符合于原意。人名均音譯，除著名化学家外，并在每章第一次出現时附以原文，以便讀者查閱。科学名詞均按中国科学院所編的化学化工術語，但也在不得已时，按照命名慣例，暫拟了几个新詞，有些无中譯名而可以不需要譯或难譯(通常是有机化合物的俗名)的名詞，則保留着用其原文；地名凡都市和著名大城市則用报章上日常的譯名，一般的地名不譯，而用原文。原文中的一些細小錯誤已在翻譯中加以改正，必要时并注明。譯文虽力求通暢无誤，但免不了有漏譯、誤譯之处，譯者恳切地希望讀者予以指正。因原書篇幅相当大，由高等教育出版社与譯者考虑，分两册出版，全書索引及問題的答案将附在下册中。

翻譯中，曾与邢其毅、馮新德、龐礼、文重諸位同志交換意見，敬致謝意。

譯 者

1958 年

^① 主要參考資料見：有机化学中化学結構的状況，化学譯報，1, 151(1955)。

上册目录

序

譯者序

第一章	有机化合物的本性	1
第二章	饱和碳氢化合物(烷)	18
第三章	乙烯系碳氢化合物(烯)	38
第四章	乙炔系碳氢化合物(炔)	66
第五章	石油	74
第六章	醇	88
第七章	卤化物	117
第八章	羧酸	131
第九章	醛和酮	156
第十章	胺	184
第十一章	立体化学	204
第十二章	环的形成和稳定性	240
第十三章	反应机制	266
第十四章	碳水化合物	286
第十五章	脂肪	329
第十六章	蛋白質	344
第十七章	碳水化合物的代謝	392
第十八章	脂肪的代謝	405
第十九章	蛋白質的代謝	412

下册目录

第二十章	苯的结构	427
第二十一章	芳香族碳氢化合物	438
第二十二章	芳香取代反应	462
第二十三章	硝基化合物	472
第二十四章	磺酸	486
第二十五章	芳胺	491
第二十六章	酚	514
第二十七章	芳香族卤化物	532
第二十八章	芳香族羧酸	542
第二十九章	芳香族醛和酮	557
第三十章	醌	587
第三十一章	萘	607
第三十二章	多核碳氢化合物	624
第三十三章	杂环化合物	660
第三十四章	生物碱	686
第三十五章	多聚物(高分子)	705
第三十六章	染料	732
第三十七章	菇类化合物	780
第三十八章	甾族化合物	804
第三十九章	维生素	836
第四十章	化学医疗学	856
习题答案		869

第一章 有机化合物的本性

在化学术语中,引用“有机”这个名称意味着与植物或动物有机体有关,是便于将许多来自植物或动物来源的物质,总为一类。自远古时代以来,已经知道少数这样的物质。史前的人类已经熟知用糖,知道葡萄中甜的成分(糖)可以发酵成为酒,以及在醋酸杆菌(*Acetobacter*)的作用下,酒能变酸成为醋,这就是醋酸(acetic acid, 拉丁文, acetum, 醋)的稀溶液。早在纪元前 900 年时,已发现用蒸馏方法来精制酒,以提高酒精含量的比率,而在此之前,已用一种原始形式的蒸馏方法自松香提制松节油。植物油和动物的脂肪,以及从这些物质来制造肥皂的方法,已经知道了好多世纪。使用美丽的植物染料靛蓝和茜草根(茜红)染色的方法是由古罗马和埃及人所发展的,许多世纪以来,这两种天然色素是纺织品的染料。腓尼基人从一种稀有海生软体动物(mollusk)中提取的太尔紫(Tyrian purple, 太尔是古城名,在今叙利亚境内——译者注)是一种珍贵的染料。

在来自生物体的化合物总数上,中世纪只增加了有限的几个。十六和十七世纪中,在植物产品上应用裂解或加热处理的方法,得到了一些进展。现在知道,木料干馏产生的粗制品,通称为木焦酸(1661),其中含有甲醇、丙酮和醋酸。琥珀的分解蒸馏得到了琥珀酸,从安息香胶的裂解产物中则析离出苯甲酸(1608)。在接近十八世纪末,发生了一个更有意义的問題,就是在天然状态下,使用溶剂来提取以鉴定植物和动物产品,不会发生随着分解蒸馏这种激烈方法所带来的种种变化。1769—85 年间,赋有才智的瑞典化学家席勒^①进行了一系列的研究,这些工作成为近代生物产物化学研究的先驱。他析离了酒石酸作为葡萄的酸的成分,从柠檬析离了柠檬酸,从苹果析离了苹果酸,从五倍子析离了五倍子酸,从酸牛乳析离了乳酸,从尿中析离了脲酸以及从酸模析离了草酸。席勒又进一步用硝酸氧化糖,制备了草酸;他发现了甘油,并鉴定它是动物脂肪和植物油所共有而具有甜味的成分。其他早期的化学家从人尿中析离了脲[伍爱(Rouelle), 1773],从马尿中析离了马尿酸(李比希, 1829),从动物脂肪中析离了胆固醇(谢福瑞^②, 1815),从鸦片片析离了吗啡[塞尔杜纳(Sertürner), 1805]和植物碱类的药物如金鸡纳碱(奎宁)、番木鳖碱、马钱子碱和辛可宁[波列梯爱(Pelletier)和卡芳杜(Caventou), 1820]。

一直到拉瓦西研究燃烧过程的经典工作(1772—77)时,关于这些来自生物体的物质的化学本性是一无所知的。在 1772—74 年间,席勒和普列斯特里^③发现了氧;拉瓦西^④确定了空气是由氧和另一种性质不活泼的气体组成的,他称之为“azote”(氮)。他是第一个人证明:燃烧是燃烧

① 卡尔·威廉·席勒(Carl Wilhelm Scheele), 1742—86; 生于瑞典的 Stalsund; 斯德哥尔摩, Uppsala, Köping 的药剂师。

② 迈可·友琴·谢福瑞(Michael Eugène Chevreul), 1786—1899; 巴黎。

③ 约瑟夫·普列斯特里(Joseph Priestly), 1733—1804; 生于英国 Yorkshire。

④ 安东·拉瓦西(Antoine Lavoisier), 1743—94; 生于巴黎; 被断头处死; 见 D. McKie, “安东·拉瓦西”(Lippincott)。

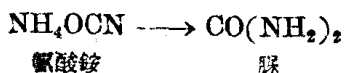
的物質与空气中氧的相互作用。他証明：硫、磷和碳在燃燒时与氧結合，在有水汽存在时，形成硫酸、磷酸和碳酸。金屬氧化后則形成鹼。当轉向到尚未探究过的有机物質时，拉瓦西想出一个方法，把它們放在一个充有空气或氧的鐘形瓶中，再把瓶放在一个浮置在水銀面上的小灯中，使之燃燒。所有經過檢定的化合物都产生二氧化碳和水，因此就必定含有碳和氢。拉瓦西使用氢氧化鉀溶液吸收燃燒时产生的二氧化碳来測定它的量，于是第一次用粗糙的定量分析技术，就碳和氢的含量作了近似的測量。

应用拉瓦西的燃燒分析程序，并加以改进，証实某些来自有机体的化合物只是由碳和氢組成的(碳氢化合物)。在其他相当多的化合物中，合并碳和氢的含量要比总量低，可是燃燒产物却只有二氧化碳和水。因此，这些化合物一定是由碳、氢和氧組成的(例如，糖、酒精、醋酸)。在那时已有某些少数化合物，在氧气中燃燒时还产生氮；因此，氮也被証实是另一成分(例如，脲、馬尿酸、嗎啡)。当迅速扩大的愈来愈多的植物和动物产物的实例受到研究时，不可避免地得到了出人意外的結論，那就是絕大多数这些性質和类型有很大差异的天然产物却是由一小組元素，包括碳、氢、氧和氮，結合組成的。由前三种元素不同的組合形成了固体、液体和气体的物質，可以产生酸的和甜的物質，藍色和紅色的染料，对于人类营养必要的物質以及对于动物有毒的植物产物。

与这样的情况处于尖銳对比下的是平行进行着的关于矿物或无机物質研究的状况。在十九世紀的早年，在这个領域中有很多的發現，特別是連續在一些有能力的瑞典和芬兰化学家和矿物学家的創导之下，从事在瑞典所發現的稀有矿石的研究。在这里，元素的組成經常是多种多样的，当研究工作者首次完成一种矿物的化学分析时，他往往会获得發現一种新元素的成果。在1807年已經知道有36种元素，到1830年时，数目已达到56个。

与生物有关的物質都是由許多已知元素中的某几个衍化而成的事实，只是这些化合物看上去似乎是神秘的特征之一：1807年，貝齐里烏斯^①首次把关于这些化合物的研究称为有机化学。和大多数矿物物質不同的是，有机物質經常是易于燃燒的，往往即使是輕微的加热就足以使之破坏，它們多少是脆弱和敏感的，有些竟象真的植物和动物的組織一样。由于所有最先析离的和知道的这类化合物都是生命过程的产物，因此，可以理解在一段时期中，盛行着一种想法，即認為有机化合物只能在活細胞所固有的一种生命力的作用下，才能發生。虽然在試驗室中已經可以人工制备无机化合物，这个时期領導的人物，貝齐里烏斯，認為有机化合物的化学合成是沒有可能性的。

这一种必要的生命力的学說未曾遭到反对，一直到孚勒^②在1828年發表了他在一次偶然的观察中發現有机化合物可以不經過任何生物体产生出来的結果。在进行氰酸鉍的試驗中，虽然氰酸鉍純粹是一种无机或矿物性的物質，这位早期的德国化学家在把它的水溶液蒸干时，出乎意料之外地得到了脲，而脲是人尿中排泄出来的一种典型的有机化合物。这个結果抵触了当时的



① 瓊斯·亞可布·弗萊海爾·馮·貝齐里烏斯(Jöns Jacob Freiherr von Berzelius), 1779-1848, 斯德哥尔摩。

② 弗列德里奇·孚勒(Friedrich Wöhler), 1800-82; 生于德国; Göttingen.

思想,以至孚勒在發表他的結果之前,重复了多次試驗。当孚勒認為試驗的証据完全能使他滿意时,他看到这个結果足以推翻假想的“生命力”,在給貝齐里烏斯的一封信中,他写着:“我要告訴你,我不需要腎臟或动物(無論是人或狗)就能制出尿來。”虽然貝齐里烏斯、盖哈特^①和其他当代的化学家沒有在最初就同意这第一个試驗的証据,但是这个發現最后还是使人們放弃了生命力的觀念。有机化合物的制备並沒有什么特別的神秘,而只是有关知識和試驗技巧的問題。

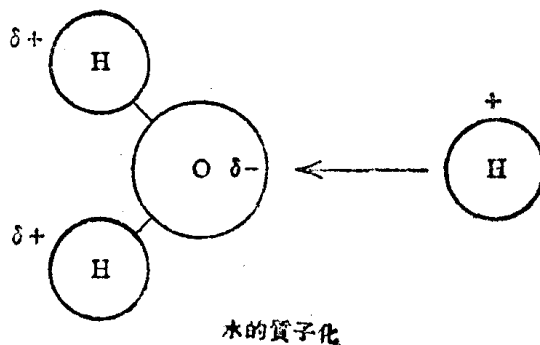
有机这个術語却保留下来了,用它来便利而恰当地称呼一类具有許多共同特性的化合物,使之成为一类。这些化合物的絕大多数含氢,多数也含氧,还有許多是含氮的,还有一些含有鹵素、硫、磷以及其他的元素。由于它們都含碳,有机化学的定义可以說是碳化合物的化学。

有机化合物显著的特性——虽然碳化合物是又多又复杂,广泛地归納它們的性質,几乎不可避免地会遭到一些例外的情况,可是仍有些比較一般的特性可以把有机化合物与无机化合物分辨开来。除了極少数的例外(例如, CCl_4),有机化合物是可以燃燒的,这个性質构成了分析有机化合物的一些主要方法的基础。无机盐經常是不能燃燒的,这些盐类都是固体物質,不能熔融或难于熔融。相对地,有机化合物通常是以气体、液体或低熔点的固体存在的,大多数固体物的熔点处在較低的溫度範圍內,在室溫和 400° 之間。

虽然酒精、醋酸、糖和一些其他的有机化合物是易溶于水的,但有机化合物之易溶于水却是例外的、而不是經常的性質。石油的碳氢化合物、动物脂肪和植物油、煤焦油、橡胶、靛藍或松节油都不溶于水。这些溶解度的关系,在同类相溶这个規則下,是可以理解的。酒精、醋酸和糖之溶于水是因为它們象水一样,都含有氢氧基(OH);習慣上用 AcOH 这个符号来表示醋酸,就是着重地指出这个事实。上面所列不溶于水的有机化合物都不含氢氧基,性質也不象水。

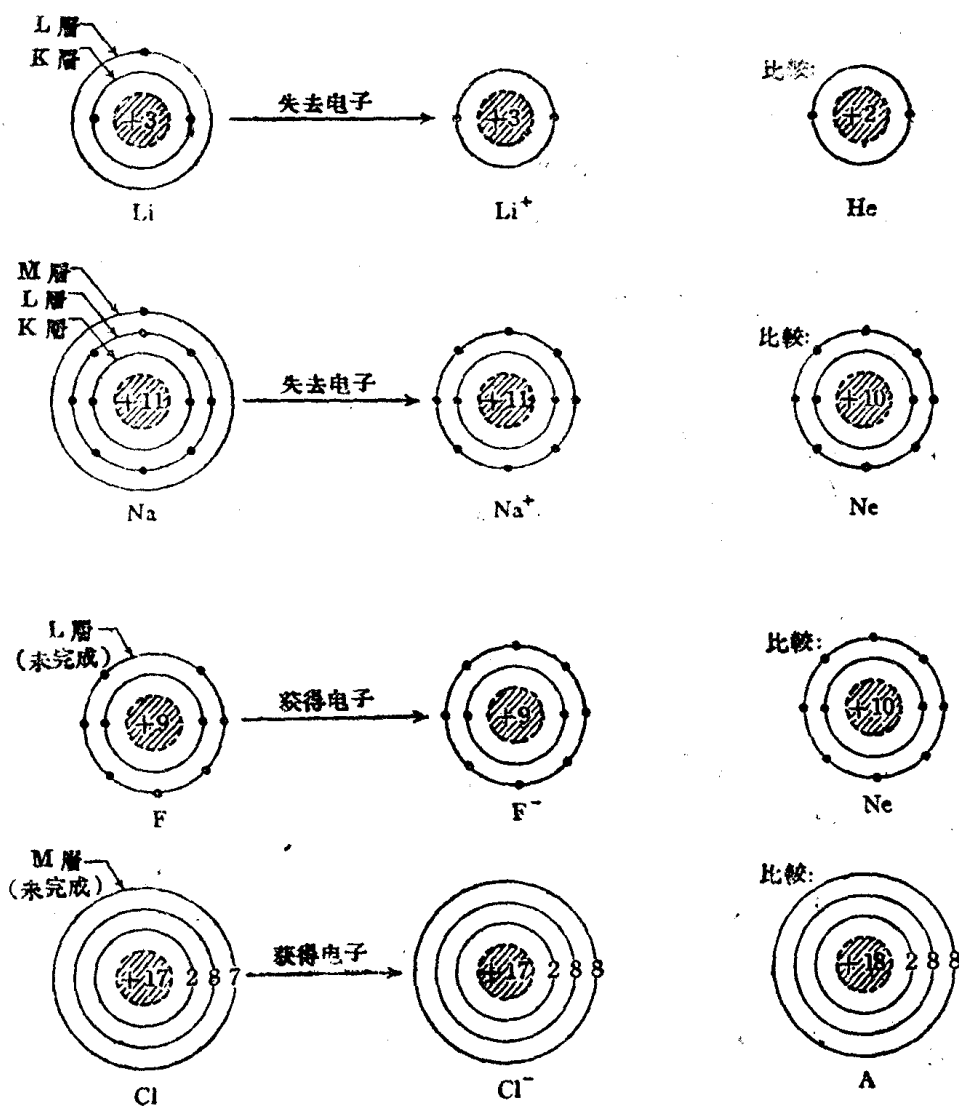
許多无机酸、鹼和盐之溶于水可以归諸于它們的离子特性。在一个电场中,水分子获致了定向(orientation),表现出存在着有一个負端和一个正端,两者結合組成一个偶極。这种情况的發生是由于氧的电負性比氢高(見 39 頁的表),因此氧倾向于將鍵电子拉近到自己的一边,而使它們离氢原子較远。假如水分子是直綫型的,就不会發生極化(polarization),可是物理学上的証据指出它并不是这样。实际上,两个 $\text{O}-\text{H}$ 鍵互成 105° 角,在氧的一端,电子位移产生了部分电荷(δ^-),在另一端与之平衡的,則有相等的部分正电荷^②,分配在两个氢原子上。当氯化氢溶于水时,質子(氢离子)被吸引到負的氧一边来,形成水合氢离子(hydronium ion) H_3O^+ 。一个較大的正离子,例如 Na^+ ,能够吸引并保有多个水的分子,形成多水合离子。負离子的溶剂化是吸引水分子的正端而促成的。因此,不含羟基的有机化合物(CH_4 , CCl_4)缺少水溶性是用它們的非离子特性来解釋的。

典型碳化合物的非离子特性是碳原子所固有的特征。在周期表中,碳处在正的鹼金屬和負的鹵素



① 查理士·弗列德里克·盖哈特(Charles Frédéric Gerhardt). 1816-56; 生于法国; Strasbourg.

② 原文誤为“負电荷”——譯者。



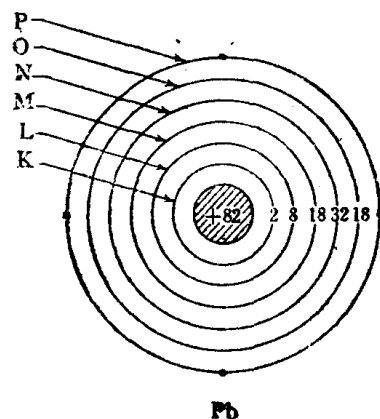
之間、距離两边相等的中点位置。鋰和鈉原子之容易給出一個單獨的、正在开始形成一外層電子層的電子，是由于這種給電子的過程所暴露出來的電子層具有與惰性氣體的電子層相同的

排布。由于原來原子中負電子的總數與原子核的正電荷相等，失去一個電子後，就形成了一個帶正電荷的質點，這就是一個正離子。氟和氯處在周期表的另一端，外層有七個電子，因此它們需要得到一個電子來達到符合氦以下惰性氣體所特有的穩定的八偶排布 (octet arrangement)。因此，一個鹘素原子傾向於接受一個電子，以獲得惰性氣體的排布，結果是形成一個負離子。碳原子和這些

給電子和受電子元素不同處是它的外層 (L 軌道) 有四個電子，為了完成八偶結構，以獲致惰性氣體的狀態，它需要失去所有的四個電子或得到另外四個電子。任一過程都是困難的。例如，當一個原子連續獲得電子時，第二個要比第一個困難些，第三個又難於第二個，因為增多的負電荷要推拒進來的電子。碳處於氦和氮這兩個穩定電子狀態之間，在類型上和這兩個惰性氣體隔著相等的距離，所以它失去或接受電子的趨勢比許多其他元素小。碳甚至在周期表第四族元素中，



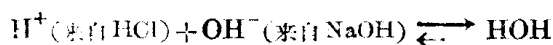
占着一个突出的地位。这族较高的元素铅，也有四个外層价电子，可是其中两个电子是易于移給其他元素，而形成二价的鉛离子。这种行为上的差别是可以理解的，因为鉛原子中的价电子与正价的原子核相距比較远，因而結合两者之間的静电力比較弱。在碳原子中，外層电子距离原子核近，因此被牢固地約束在原子范围之內。



有些有机化合物是可以發生程度上相当于无机化合物所特有的离子化，可是离解往往不發生在碳原子，而在分子中其他部分，例如，在連接着的氧或氮原子上。醋酸离解时，是由氧获得离子电荷： $\text{AcOH} \rightleftharpoons \text{AcO}^- + \text{H}^+$ 。某些特殊結構类型的有机化合物确能形成具有一定稳定性的鎂正离子

(carbonium ions)，甚至碳負离子 (carbanions)，但这是例外的而不是經常的情况（如象鎂类化合物）。然而，現在已經知道，虽然比較典型的有机化合物不形成稳定的离子，但这些化合物的許多反应却是通过离子中間物的状态进行的，这些离子中間物还没有析离出来，可是物理化学和反应速率(动力学)的研究已經証明它們有瞬时的存在。对于一个反应來說，假如一个瞬时的离子中間体是必要的条件，那么实验条件若不促使它产生，反应将不会进行。

因此，有机反应的某些特性可以归于碳在获致离子电荷时的阻力。特性之一是反应需要有一段适当長的时间。在以盐酸中和氢氧化鈉的反应时，或在沉淀氯化銀的反应时，因为本質上是帶有相反电荷离子間的作用，这些稳定、活动的小离子靠静电相互吸引，反应是瞬时的。象形成的氯化鈉一样，盐酸和氢氧化鈉在水溶液中大部分是离解的，中和的主要过程是氢离子与氢氧离子結合形成离解程度很小的水分子：



假如把两种典型的有机化合物放在一处，这里沒有同等的帶有相反电荷顆粒間的吸引作用；不带电荷而比較巨大的有机物分子只是在不規則的碰撞下碰到时才發生反应，而且只有一部分成功，这样在室溫下进行的反应可能需要若干小时或几天才能完成。某些有机化合物与溴或氯的反应是形成極少量的一种瞬时离子状态来进行的，可能需要加入一种无机酸或鹼作为催化剂来促使产生一种鎂离子，使反应能以适当的速率發生。另有一些卤化反应包含一种非离子的有机中間体(游基或自由基)，那就需要特殊的实验条件，例如光照射，来促使形成瞬时的卤原子，以进攻不带电荷的有机分子；这种反应也需要一段时间。

在溶液中或在气态中，中性分子不規則的运动随着溫度的升高而逐漸加速，这种效果使碰撞数目增大，因此增高了反应的速率。溫度升高每 10° ，反应速率約加速一倍，所以反应溫度适当增高的总效果相当可觀。在 100° 时的反应比在 20° ，即室溫时約快 256 倍。有机化学实验室裝置着蒸汽浴，这給加速使用可燃性物質的反应提供了一个安全的方法。在无机化学中，很少需要用加热来促使反应进行。

另一显著的不同是：有机反应極少是定量的。无机反应包括沉淀、中和、氧化或还原，这些反应遵循着数量关系，构成了定量分析方法的基础。有机反应不象这样順利，尽管是在有經驗的