

291683

基本馆藏



A. K. 拉夫魯希娜

核化学的成就

科学出版社

34

052

核 化 学 的 成 就

A. K. 拉夫鲁希娜 著

吕 小 敏 译

科 学 出 版 社

1962

A. K. ЛАВРУХИНА
УСПЕХИ ЯДЕРНОЙ ХИМИИ

Издательство Академии Наук СССР

1959

內 容 簡 介

本书系科学普及读物,首先簡述了核化学发展的历史;較詳細地敘述了为研究核轉变的核化学方法及原理,在慢粒子作用下的核反应及高能粒子作用下进行的核轉变;还談到太阳和其他恆星内部以及宇宙空間的核反应;介紹了核化学的成就的实际应用,即由人工合成新的化学元素和放射性同位素及原子动力問題;最后根据已有知識談到如何对原子核进行分类以及預言尚未发现的同位素的性質。

核 化 学 的 成 就

A. K. 拉夫魯希娜 著
呂 小 敏 譯

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 041 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

1962 年 3 月 第 一 版

1962 年 3 月 第一次印刷

(京) 0001—8,000

书号: 2495 字数: 98,000

开本: 850×1168 1/32

印张: 3 13/16 插頁: 1

定价: 0.58 元

目 录

緒言	1
第一章 核化学发展簡史	4
一、从炼丹术到第一个核反应的实现	4
二、中子、人工放射性和铀核裂变的发现	7
三、带电粒子加速器的建立	11
第二章 核过程的一般特征	14
一、原子核的放射性衰变	17
二、核反应	22
三、核反应的分类	23
第三章 核化学的方法	25
一、放射化学方法的原理	26
1. 載体的运用	26
2. 分离元素为放射性純的方法	28
3. 放射性測量法	36
4. 閃爍計数器	38
5. 質譜仪	41
6. 有效截面的确定	42
二、厚层底片法	43
三、其他方法	43
第四章 慢粒子作用下所进行的核反应	46
一、中子作用下的核反应	47
二、带电粒子作用下的核反应	48
三、 γ 射綫的反应	51
四、重元素的核裂变	52
1. 慢中子引起的核裂变	53
2. U^{235} 裂变鏈式核反应的实现	56
3. 带电粒子和 γ 量子所引起的核裂变	57

第五章 高能粒子作用下所进行的核转变	60
一、快粒子和复杂核相互作用过程的特点	60
二、核的散裂	62
三、核裂变	65
四、轻元素核的发射	68
五、次级核反应	69
六、新粒子的产生	70
第六章 自然界的核反应	73
一、太阳以及其他恒星上的核反应	73
二、宇宙射线中的核反应	77
1. 初级宇宙辐射中的核过程	78
2. 次级宇宙辐射中的核过程	79
三、大气和陨石中元素同位素组成的改变	80
四、地壳中的核过程	81
第七章 核化学的成就的实际应用	86
一、人工制取新化学元素	86
二、人工放射性同位素的制取及其应用	93
三、核动力	96
1. 铀裂变链式反应的动力运用	96
2. 寻求可控制的热核反应	98
第八章 放射性同位素和稳定同位素的分类问题	102
一、原子核性质的规律性	103
二、 α 放射性同位素的性质的规律性	106
三、包含 2, 8, 20, 50, 82 个质子或中子以及 126 个中子的核的 特殊稳定性的证明	108
四、预言尚未发现的同位素的性质	112
结束语	115
参考文献	117

“我們正接近一个人类生活的巨大变革时期，人类先前所生活过的各个时代都不能与之相比拟。要不了多久，人們將掌握具有强大力量源泉的原子能，这种力量將給予人类随心所欲地去創造自己生活的可能性，这也許要再經過一百年才能实现，然而，很明显，这是必定会实现的！可是人类是否会利用这些力量，用它来造福，而并不是用它来毁灭自己呢？”

В. И. 維尔納德斯基 (Вернадский) 院士

緒 言

核化学(或原子核化学)是一門研究各种化学元素的核轉变規律的科学。

虽然轉变元素的想法在中世紀就已經产生了，可是直到五十年前才发现放射性，从而使这种想法有了现实的基础。核化学发展的重要阶段之一，是1939年发现了鈾核在中子作用下的裂变过程。从这以后的很多年中，研究元素轉变的科学获得了很大的实际意义。重元素核裂变过程的研究，大大地扩大了我們地球上的动力资源。

利用核轉变，合成了周期表中很多新元素和几百种各色各样的放射性同位素。它們無論是在各种科学部門和工业部門，或在医学和农业上，都得到了广泛的应用。对太阳和其他恆星上所进行的核反应的研究告訴我們：这些反应乃是它們能量的源泉。所以，进一步認識这些反应，在天体物理学上引起了很大的兴趣。除此之外，在不久的将来无疑会實現的太阳能的实际利用，从本質上来看，无非也就是利用核轉变的能量。

核轉变規律性的研究，对于确定原子核的性質具有很大意义。这一点就象研究化学反应对于解决分子和原子結構的問題起着重要作用一样。核反应知識的不断丰富終將建立起原子核及其分类的完备理論。事实上，門捷列夫周期系正是依据了有关元素在各

种不同的化学反应中所表现的行为的大量实验资料而建立起来的。

近代自然科学未解决的问题之一，就是化学元素的起源问题。利用核反应实现了十种新的超铀元素和三种地壳中所不存在的元素（鐳、钷、砒）的人工合成，因此我们可以作出结论说：一切化学元素的产生是由于太阳系或者比太阳系还要大一些的宇宙空间范围在其演变的某一特定阶段进行了一次非常激烈的、一切可能形式的核反应的结果。所以，引起元素合成的那些核反应的研究在解决元素起源的问题方面能显示出巨大的作用。

目前研究了大量的核反应，因此可以提出将有关核反应的所有资料分类以及确定原子核化学的基本规律的问题。核过程的性质主要是由轰击粒子的能量来决定的，因此分别地研究慢粒子和快粒子所引起的核反应是最为适当的。

但是在讲述核反应的特性之前，应当先讲一下核化学的历史的几个主要时期，并介绍一下它的方法。所以本书的第一章讲述研究原子核转变的这门科学的发展情况，而这门科学与研究物质结构的科学的发展有着密切的联系。

第二章里讲述核过程——放射性衰变和核反应的一般特征。并且也略为提到原子核的一些基本模型以及核力的概念。

第三章讲到核化学的方法，而着重地讲放射化学的方法，因为这种方法在研究核转变的工作中，曾起过巨大的作用；同样也很注意放射性测量法， β ， α 和 γ 能谱法，闪烁法和厚层照相底片法。

在第四章里研究在慢中子作用下所进行的核反应的基本特点，这一章还要讲到慢粒子作用下重元素核裂变过程的基本特点。

第五章讲高能粒子作用下的核转变，这种转变具有种种不同的过程，当然也就会有种种不同的核反应产物。这章还将研究轰击粒子的性质及其能量对所进行的核反应性能的影响。

在第六章中讲到太阳和别的恒星内部以及宇宙空间的核反应。同样我们也注意到放射性转变对改变地壳中元素的同位素组

成所起的作用。

核化学的主要成就的实际应用方面的問題，放在第七章里研究。主要是着重讲到获取超鈾元素同位素的那些核反应以及原子动力問題。

在核反应中大批放射性同位素的获得，使我們有可能提出原子核分类的問題。这个問題将在最后一章也就是第八章中讲到。

第一章 核化学发展簡史

一、从炼丹术到第一个核反应的实现

元素相互轉变的想法在古代就产生了。从亚里斯多德的学說中就能找到关于基本“元素”——包含着共同“基質”的热、冷、湿、干的相互轉变的观念。以后,在中世紀的炼丹术时期,使各种金属(汞和其他一些金属)轉变为金子成了当时化学最重要的实践任务之一。炼丹术士們在寻找由較賤的金属制取金子的“点金石”上花費了很多的劳动和努力。結果白費心思。这些失敗的原因在于这些炼丹术士們不懂得原子的結構而采用了各种化学方法来实现这个目的,那当然得不到結果。

往后将会讲到,第一个人工核轉变只是在确定了原子結構的基本規律以后才实现的。因此,脱离了物質結構这門科学发展的基本阶段,就不可能研究作为一門原子轉变的科学的核化学的发生和发展的历史。

化学元素复杂性的假設最初是英国物理学家 W. 普劳特 (Prout) 在 1815 年提出的。他认为所有的元素都是由最簡單的氫原子——“气”构成的。

关于原子轉变的真实性的思想,首先是由 M. 法拉第(Faraday)闡明的。早在一百多年以前他就写道:“分解和改变金属,并实现有时看来好象是很荒謬的关于嬗变的想法——这就是摆在化学家面前的任务。”

1869 年門捷列夫所发现的周期律对于实现元素轉变具有非常重大的意义。化学元素呈規律性的依次排列,这对于元素由更簡單的物質形式所构成的假說是一个有力的論証。在发现电子的 25 年前、在証明質子存在的 40 年以前的那些年代里,門捷列夫就作

出了“組成一切元素的最小質点既不是氫，更不是氧，而是某些更简单的物質形式”的結論。

特別有趣的是，元素复杂性的想法导致了門捷列夫的另一預見——元素的轉變。他在1870年10月所发表的論文“元素的自然分类及其对預測未知元素性质的应用”中写道：“可見一切归結于元素，所有的化学学說就是元素性质的学說，其目的和任务就是把一种元素轉變为另一种元素。这将是以后的事。”稍后，在1898年門捷列夫又指出：“从金制备銀比相反的轉變要容易得多。这是因为金原子比銀原子要重些，而破坏某件东西总比建設容易得多。”他还假定鈣是由鉀和氫形成的，而鎂是由鈉和氫形成的，同时其“当量”(质量数)和原子价(核电荷)也相应地增加，以現代核反应的观点来看，这些推測同样也是特別有意义的。这样，看来門捷列夫还在建立周期律的年代里就同时拟定了研究元素轉變的綱領。

1896年法国物理学家 H. A. 貝克勒 (Becquerel) 发现了鈾的放射性，这一点是証实元素轉變的最重要的一步。鈾原子具有自发地放射出射綫的本領，这种射綫类似于伦琴射綫。之后不久，瑪丽·居里 (Marie Curie) 指出，其他一些元素如釷和釷也具有放射性。她还发现輻射强度与該元素在其化合物中的含量是成正比的。

1898年皮尔 (Pierre) 和瑪丽·居里发现了新的放射性同位素——鐳，鐳的輻射强度比鈾高100万倍。几年以后，又确定了放射性輻射的組成成分是 β 、 α 和 γ 射綫。

1900年在鐳制剂中发现了新惰性气体氡 (鐳射气)，这一发现具有非常重要的意义。依据这一事实，英国物理学家 F. L. 卢瑟福 (Rutherford) 和 F. 索迪 (Soddy) 于1902年提出了一个大胆的假設。他們认为，放射性現象是基于元素的轉變。这个假設的正确性很快就被証实了。在鐳封的細頸玻管中用光譜法发现了氡的消失和氡的生成。这种方法使得維持了很多世紀的化学元素原子不变性的观念最后破产了。各种放射性元素所放出的 α 粒子經确定与氦原子核是一样东西。另外还发现了长的放射性衰变鏈。这

些都表明了化学元素能够自发地由一种变为另一种。

1903年, 皮尔·居里发现, 在放射性衰变时有热量放出。經确定, 1克鐳每小时放出136卡热; 因而1克分子的鐳(相当于226克)完全轉变为氦时, 将放出 10^{11} 卡热。这个实验第一次表明, 伴随着元素的放射性轉变过程会放出大量的內能。伴随核过程而放出的能量要比化学反应所放出的能量大数百万倍。例如, 甚至象由氢和氧結合成1克分子水那样高的放热反应(放热反应就是伴随有热量放出的反应), 总共也不过放出 6.8×10^4 卡。

然而放射性衰变所放出的热量是不能加以实际利用的, 因为天然放射性元素的半衰期太长。半衰期这个量是指一段时间, 在这段时间里放射性元素的原子数将衰变为原来的一半。如鈾238的半衰期为 4.5×10^9 年, 而釷的半衰期为 1.4×10^{10} 年。

皮尔·居里指出, 放射性衰变过程与化学反应不同, 現在所能做到的外界作用方式——温度、压力、甚至化学試剂等都不能对它产生任何影响。他还用定量的实验确立了放射性衰变規律, 該規律把放射性衰变速度与半衰期联系起来了。他还指出半衰期是每一个放射性同位素的基本表征。

在研究放射性系列时, 发现了某些放射性元素相互間不能用化学方法分开, 也不能与某些天然的非放射性的元素分开。例如, 在鈾系中形成了一种元素, 其化学性質与鈾相同, 而它的半衰期与鈾不同(2×10^5 年)。1911年索地說明了这种現象, 并引进了“同位素”的概念。同位素就是原子量不同的同一种元素的异体。一个元素的同位素位于門捷列夫周期表中的同一个方格內。从这时起, 原子量不再是元素的基本表征了。

1912年, 卢瑟福提出原子的核模型, 认为原子是由中心带正电的体积很小的核和核周围不断运动着的电子所构成。在这以前公认的是湯姆逊模型, 此模型认为原子是带正电的小球: 在小球的內部有不动的电子。在第二年, 丹麦物理学家 N. 玻尔 (Bohr) 从理論上論証了原子的核模型, 并以此解释了原子的很多性質。卢瑟福的 α 粒子对物質的核的散射实验証实了这个模型, 并使人

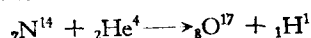
們有可能确定核的电荷。实验还表明：表现为元电荷的原子的核电荷等于周期表中元素的原子序数，因而也是化学元素的基本表征。

1913年，H. G. 摩斯莱 (Moseley) 找到了特征伦琴辐射的线状光谱的频率与发射该辐射的化学元素的原子序数的相关定律。

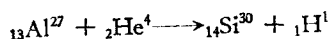
同一年在布鲁塞尔 (Brussels) 召开了第一届国际索尔维代表大会，会议涉及的是物质结构问题。在会上原子的核模型获得了公认，并讨论了核的组成问题。玛丽·居里提出了一个想法，认为核是由正电荷和电子构成，而电子部分地抵消了正电荷。这一个核模型在一段很长的时期里是被公认的。

德国物理学家 W. 维恩 (Wien) 指出，只有分子的平均动能等于放射性转变能的那种温度，也就是几百万度的温度，才能对核过程发生影响。于是就产生了这样的问题：是否能建立起一套用快粒子来轰击原子的实验装置呢？

1919年，卢瑟福实现了第一个人工核转变，他用钋同位素 RaC' 所放出的、速度达 19,200 公里/秒的 α 粒子去轰击氮而成功地把氮转变成氧。核反应就这样实现了：



不久又研究出了一种核反应：



这个反应同时还放出巨大的能量，相当于等量的碳燃烧时所放能量的 70 万倍。

在其后的几年中，实现了 17 种轻元素——硼、氟、钠、锂等的转变。

卢瑟福所发现的核转变，虽然还没有给出运用核能的现实可能性，但是它却指出了获取这种能量在原则上是可能的。

二、中子、人工放射性和铀核裂变的发现

在第一个人工核转变实现以后的所有发现中，以 1932 年 J. J. 恰德威克 (Chadwick) 所发现的新的基本粒子——中子以及对其

性质的研究的成果最为卓越。由于中子不带电，因而它是轰击核最理想的炮弹，这是因为对中子不存在原子核位垒的缘故。最初导致发现中子的核反应是 α 粒子和铍原子的相互作用：



质子的质量为 1.008123，它是单电荷的氢核。而中子的质量等于 1.00893，略大于质子。指出这一点是相当有趣的，就是，“质子”这个名称是 1920 年卢瑟福为了称呼核内成分中带正电的质点而提出来的；当时他曾假设过在自然界还存在一种由质子和电子相融合而产生的质点，这些质点必须不带电荷，但具有近于质子的质量。恰德威克的发现完全证实了这个假设。与中子发现的同时还发现了一种基本粒子——正电子，其质量与电子相等，但带正电。

中子的发现在核物理当中起了巨大的作用。首先它导致了核的质子-中子模型的建立。到 30 年代已经积累的大批的实验资料 and 玛丽·居里当时所提出的质子-电子模型相矛盾。以后由苏联科学家 Д. Д. 伊万年柯 (Иваненко) 提出，并由德国物理学家 W. 海森堡 (Heisenberg) 详细研究过的质子-中子模型克服了这些矛盾，并且在物理学中一直保留到现在。

在中子发现后不久，伊林 (Irene) 和弗列德里克·约里奥 (Frédéric Joliot)-居里首先发现，在 α 粒子的轰击下，铝原子会发射出中子并且转变为在自然界中不曾见过的原子核。经过两年不断的继续研究，他们最后确定，在这个核反应中，除了中子以外，还发射出正电子。并且，在照射开始了几分钟以后，正电子才发射出来，而当照射完毕以后，正电子还继续发射若干时间。定量的测量指出，正电子辐射遵循着放射性的衰变规律。发射出正电子的原子是人工获得的放射性元素——放射性磷的原子，即天然磷的同位素。获取它的核反应可以用以下的方式表示出来：



放射性同位素 P^{30} 经过正电子衰变而转变为稳定同位素硅。

以后又发现，在 α 粒子轰击下，硼转变为放射性氮，而镁转变

为硅的两个放射性同位素。这样，約里奧-居里夫妇就开辟了制取已知化学元素的人工放射性同位素的可能性。从此开创了研究和运用放射现象的无限可能性。因为这以前的类似的研究只是局限在天然放射性元素的狭小范围内。与制取人工放射性同位素的同时，約里奧-居里夫妇还发现了放射性的新的类型——正电子的发射，后来发现这种类型也是一种很广泛的放射性衰变方式。

在这些发现以后，在世界上所有大的物理实验室中立刻就开始了人工放射性研究的热潮。在很短的时间里就得到了许多重要的实际成果。

1934年，E. 費米（Fermi）和他的同事们指出，用中子来轰击化学元素可以实现各种核反应，同时得到放射性同位素。可以毫不夸大地说，只有发现了人工放射性并且实现了在中子作用下的反应之后，才产生了现代的核化学。

之后立即就进入了新的核反应和放射性同位素频繁发现的时期。例如，在1932年以前，总共才知道26种核反应和将近40个放射性同位素；而到1939年年底，研究过的反应数目就达600个之多，放射性同位素的数目也比以前增加了9倍左右。

1937年培里耶和謝格爾（Segrè）用氘核长期照射鉍而发现了一种人工元素的核，其化学性质与铍相似，这就是原子序数为43的元素，以后把它叫作鐳。随后用 α 粒子照射鉍，又合成了85号元素（碲）。这两种元素以前在自然界中从未找到过。

1940年，E. 麦克·米伦（MacMillan）和艾貝尔松从中子照射鈾核的产物中分离出了第一个超鈾元素——鐳，并且研究了它的性质。紧接着又合成了其他的超鈾元素。在第七章中我们将详细地谈到这些。

自1939年初发现了中子使鈾裂变以后，研究核转变的科学的发展开始了一个新阶段。这个发现的历史是相当有趣的。費米在1934年所完成的实验表明，经过中子照射后的鈾具有放射性。同时还发现了四种不同形式的放射性，原先以为是四个新的鈾后元素所产生的。各国的学者们也都研究起这些“元素”来了。这些人

当中特别应当指出 O. 哈恩 (Hahn)、L. 迈特纳 (Meitner) 和斯特拉斯曼 (Strassmann), 以及约里奥-居里和萨维奇 (Savitch) 的工作。还是在 1938 年, 约里奥-居里和萨维奇已经发现了在照射铀的产物中有镭的放射性同位素。O. 哈恩和斯特拉斯曼经过了很多年紧张的工作以后, 用化学方法发现了放射性钷和放射性镧——原子序数为 56 和 57 的元素。

迈特纳和弗里施 (Frisch) 识破了这种奇怪的现象。他们的解释是: 铀核好象一滴液体, 当受到激发时就运动起来, 而一运动液滴就可能分裂成两个较小的部分。所以不能排斥铀核也具有这种可能性。铀核本身由于粒子数目太多而很不稳定, 可能在俘获一个中子以后就衰变为两个大小差不多的核, 这个过程就叫作裂变。O. 哈恩和斯特拉斯曼所发现的钷和镧也正是铀裂变的这种碎片。应当指出, I. 诺达克 (Noddack) 早在 1934 年就根据关于各种原子核的稳定性的一般理论提出了这种重核裂变的可能性。

作出核裂变的假设以后不久就立刻开始了这个过程的紧张研究。仅一年的时间里就发表了一百多篇这方面问题的科学报告。在很短的时间里研究出了核裂变过程的一些主要特征。在确定裂变碎片的性质方面, 苏联的 B. Г. 赫洛平 (Хлопин) 院士和他的学生们进行了巨大的工作。所有这些碎片都是一些处在元素周期系中部位位的元素——溴、铷、钼、锶、碲、碘、钨、氙、氡等等的放射性同位素。

发现中子分裂铀以后, 弗列德里克·约里奥-居里接着就指出, 铀分裂时还同时放出一个到三个中子, 这些中子又能引起其他铀核的裂变。因而反应具有链式的特点。在这个链式反应的同时还要放出巨大的能量。例如, 1 克铀中所有的铀原子全部分裂时将放出 2×10^{10} 卡的能量。因此, 铀裂变的发现使人类掌握了功率空前巨大的能源。约里奥-居里还首先指出了利用这种能源的方式, 他和阿尔班 (Alban)、L. 科瓦爾斯基 (Koworski) 和佩連 (Perrin) 一道设计了第一座获得原子能的装置。苏联科学家 Я. Б. 泽尔

多維奇 (Зельдович) 和 Ю. Б. 哈里頓 (Харитон) 从理論观点詳細地研究了这种观念。

但是,把原子能实际应用于和平目的还是經過了很多年以后才实现的。起初,核裂变所释放出的巨大能量是用于原子弹。到1954年6月,苏联第一座原子能发电站才正式运转。

原子核裂变现象的第一个定量的理論是由苏联物理学家 Я. И. 弗伦克利 (Френкель) 建立起来的,后来他作出了鈾核可以自发裂变的結論。这种现象在1940年被 Г. 弗列罗夫 (Флеров) 和彼德尔扎克 (Петржак) 所发现。这个发现对核动力的进一步发展起了重要的作用。

三、带电粒子加速器的建立

卢瑟福的人工转变元素的实验告诉我们,为了大规模地实现核反应,必须有比天然放射性元素的 α 粒子的能量更高的粒子。比如,为了使质子能穿入鉛核,那么质子必须有1,000万电子伏特数量级的能量*。除此以外,为了使尽可能多的靶核与轰击粒子相互作用,所以粒子束必须足够地强。建立基本粒子加速器的想法就是这样产生的。设计加速器的工作从1922年已经开始了,在这方面,以 Л. В. 梅索夫斯基 (Мысовский) 为首的苏联科学家们作了第一次尝试。主要的力量是花在建立一种高压装置上,带电粒子在这里面由于受到真空管子里加上了很高电位差的电极作用而加速到很大的能量。1932年,在英国和苏联同时建立了这种类型的加速器,它可以把质子加速到0.7百万电子伏特的能量。

同一年由劳伦斯 (Lawrens) 所建立的迴旋加速器意味着加速器技术进一步的发展。在迴旋加速器中,粒子在磁场内多次地通过比較小的电位而被加速。在迴旋加速器中实现了諧振加速的原理,这种原理就在于带电粒子迴转的时间等于加速場变化的周期。

* 电子伏特——能量的单位。具有电子电量的带电粒子通过1伏特电位差时所得到的能量为1电子伏特。

目前,迴旋加速器是全能的、并且也是运用得最广泛的加速器。但是这种仪器却不能把粒子加速到某一极限值以上。这是因为,根据相对論看来,随着粒子速度的增加,它的质量也加大。受加速粒子的质量增加也就引起了它在磁場中迴轉周期的增加。这样一来,諧振原理就被破坏了,而且在轉过一定圈数之后,迴旋加速器的电場不仅不能加速粒子,反而开始起阻碍作用。迴旋加速器所加速的質子的最大能量为 22 百万电子伏特。

1944 年苏联物理学家 В. И. 維克斯列尔 (Векслер) 和稍后的美国物理学家麦克·米伦发现了所謂粒子的“自动穩相”的这种現象之后,就开始了加速器技术迅速发展的新阶段。这个原理在于,在加速粒子的时候,連續地改变电場的頻率或磁場的大小来保持粒子的迴轉周期与加速場的周期相等。因此,对于加速粒子非常重要的諧振就能在任意长的時間里保持下去,所以粒子也就可能被加速到无限高的能量。根据这个原理建造了不同类型的加速器,一种是改变电場的周期,另一种是改变磁場強度。

同步迴旋加速器(穩相加速器)是应用得最广泛的加速器,这种加速器能够随時間而慢慢地提高交变电場的周期。第一座同步迴旋加速器是在美国的伯克利(Berkeley)城建造成功的,而世界上最大的該类型的加速器是于 1949 年在苏联建成的。它可以把質子加速到近 700 百万电子伏特的能量。

在同步穩相加速器中能够使粒子能量得到显著的提高。在这种加速器中把磁鉄作成半径很大的窄环,因而消除了同步迴旋加速器的主要缺点。在同步迴旋加速器中,磁极是直径达几米长的环,由于建造大型磁鉄的困难,所以就无法把質子的能量提高到 1000 百万电子伏特以上。而同步穩相加速器中的电磁鉄装置却可以在材料消耗并不太多的情况下把粒子加速到巨大的能量。第一座同步穩相加速器于 1952 年在美国加利福尼亚大学建成。1957 年,杜宾城联合原子能研究所的世界上最大的这种类型的加速器业已完工。它可把質子的能量加速到 10,000 百万电子伏特。

目前各国科学家們正繼續改进并且建立更新类型的加速器。