{{Elementbox

|number=96

|symbol=Cm

|name=鋦

|enname=Curium

|left=[[鋂]]

|right=[[錇]]

|above=[[釓]]

|below=(Uqo)

|series=錒系元素

|period=7

|block=f

|image name= curium.jpg

|appearance= 銀白色

|atomic mass= (247)

|electron configuration= &#91;[[氡|Rn]]&#93; 5f<sup>7</sup> 6d<sup>1</sup> 7s<sup>2</sup>

|electrons per shell= 2, 8, 18, 32, 25, 9, 2

|phase= 固體

|density gpcm3nrt= 13.51

|melting point K=1613

|melting point C=1340

|melting point F=2444

|boiling point K=3383

|boiling point C=3110

|boiling point F=5630

|heat fusion= ? 15

|vapor pressure 1= 1788

|vapor pressure 10= 1982

|vapor pressure 100= &nbsp;

|vapor pressure 1 k= &nbsp;

|vapor pressure 10 k= &nbsp;

|vapor pressure 100 k= &nbsp;

|vapor pressure comment=

|crystal structure= 六方密堆積

|oxidation states= 4, '''3'''（[[兩性 (化學)|兩性]]氧化物）

|electronegativity= 1.3

|number of ionization energies=1

|1st ionization energy= 581

|atomic radius= 174

|covalent radius= 169±3

|magnetic ordering= 51 K時從反鐵磁性變為順磁性<ref name=res>{{cite journal|last1=Schenkel|first1=R|title=The electrical resistivity of 244Cm metal|journal=Solid State Communications|volume=23|pages=389|year=1977|doi=10.1016/0038-1098(77)90239-3|issue=6 |bibcode = 1977SSCom..23..389S }}</ref>

|electrical resistivity= 1.25<ref name=res/> µ

|CAS number= 7440-51-9

|isotopes=

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=242 | sym=Cm

| na=[[痕量放射性同位素|痕量]] | hl=160 d

| dm1=[[自發裂變|SF]] | de1=- | pn1= | ps1=-

| dm2=[[α衰變|α]] | de2=6.1 | pn2=238 | ps2=[[鈈|Pu]]}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay3 | mn=243 | sym=Cm

| na=痕量 | hl=29.1 y

| dm1=α | de1=6.169 | pn1=239 | ps1=Pu

| dm2=[[電子捕獲|ε]] | de2=0.009 | pn2=243 | ps2=[[鋂|Am]]

| dm3=SF | de3=- | pn3= | ps3=-}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=244 | sym=Cm

| na=痕量 | hl=18.1 y

| dm1=SF | de1=- | pn1= | ps1=-

| dm2=α | de2=5.8048 | pn2=240 | ps2=Pu}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=245 | sym=Cm

| na=痕量 | hl=8500 y

| dm1=SF | de1=- | pn1= | ps1=-

| dm2=α | de2=5.623 | pn2=241 | ps2=Pu}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=246 | sym=Cm

| na=痕量 | hl=4730 y

| dm1=α | de1=5.475 | pn1=242 | ps1=Pu

| dm2=SF | de2=- | pn2= | ps2=-}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay | mn=247 | sym=Cm

| na=痕量 | hl=1.56{{e|7}} y

| dm=α | de=5.353 | pn=243 | ps=Pu}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=248 | sym=Cm

| na=痕量 | hl=3.40{{e|5}} y

| dm1=α | de1=5.162 | pn1=244 | ps1=Pu

| dm2=SF | de2=- | pn2= | ps2=-}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay3 | mn=250 | sym=Cm

| na=[[放射性同位素|syn]] | hl=9000 y

| dm1=SF | de1=- | pn1= | ps1=-

| dm2=α | de2=5.169 | pn2=246 | ps2=Pu

| dm3=[[β衰變|β<sup>−</sup>]] | de3=0.037 | pn3=250 | ps3=[[錇|Bk]]}}

|isotopes comment=

|discovered by=[[格倫·西奧多·西博格]]、[[Ralph A. James]]、[[阿伯特·吉奧索]]

|discovery date=1944

}}

'''鋦'''（'''Curium'''）是一種[[放射性]][[超鈾元素]]，符號為'''Cm'''，[[原子序]]為96，屬於[[錒系元素]]。鋦是以研究放射性的科學家[[瑪莉·居禮]]（Marie Curie）和丈夫[[皮埃爾·居禮]]命名的。[[伯克利加州大學]]的[[格倫·西奧多·西博格]]等人在1944年7月首次專門合成鋦元素。發現起初被列為機密，到1945年11月才公佈於世。大部分的鋦是在[[核反應爐]]中通過對[[鈾]]或[[鈈]]進行[[中子]]撞擊產生的。每[[噸]]用盡的[[核燃料]]中含有大約20克鋦。

鋦是一種銀白色的堅硬高密度金屬，熔點和沸點是錒系元素中較高的。鋦在[[標準溫度和壓力]]下具[[順磁性]]，並在冷卻後變為[[反鐵磁性]]；許多鋦化合物也具有磁性的轉變。鋦在化合物中的氧化態通常為+3和+4，而在溶液中主要呈+3態。鋦很容易被氧化，而形成的氧化物是鋦最常見的形態。鋦可以和各種有機化合物形成[[螢光]]配合物，但不出現在任何[[細菌]]或[[古菌]]中。當攝入人體之後，鋦會累積在骨骼、肺部和肝臟中，並可致[[癌]]。

鋦的所有已知[[同位素]]都具有放射性，並具有較小的[[臨界質量]]（維持[[核連鎖反應]]所需的最低質量）。這些同位素主要放射[[α粒子]]，輻射釋放的熱量可以在[[放射性同位素熱電機]]中用來產生電力。然而由於量的稀少，以及製造費用的昂貴，鋦難以用來發電。鋦被用於製造更重的錒系元素，及在[[心律調節器]]中作為能源的<sup>238</sup>Pu[[放射性同位素]]。它也作為α粒子射源，被用在[[α粒子X射線光譜儀]]中。許多[[火星探測]]任務都使用該光譜儀來分析[[火星]]表面岩石的結構和成份，[[羅塞塔號]]的菲萊登陸器（Philae Lander）也將用它來探測[[楚留莫夫－格拉希門克彗星]]的表面。

==歷史==

[[File:Glenn Seaborg - 1964.jpg|thumb|left|upright|格倫·西奧多·西博格]]

[[File:Berkeley 60-inch cyclotron.gif|thumb|left|upright|伯克利加州大學勞倫斯伯克利國家實驗室的1.5米直徑迴旋加速器，攝於1939年8月]]

雖然過去的核反應實驗中很可能已經產生了鋦元素，但是要直到1944年，[[伯克利加州大學]]的[[格倫·西奧多·西博格]]、[[Ralph A. James]]和[[阿伯特·吉奧索]]等人才首次專門[[化學元素發現年表|合成]]並分離出鋦。他們的實驗使用了1.5米直徑迴旋加速器。<ref>{{cite book|title = The New Chemistry: A Showcase for Modern Chemistry and Its Applications|first = Nina|last = Hall|publisher = Cambridge University Press|year = 2000|pages = 8–9|isbn = 978-0-521-45224-3|url = http://books.google.com/books?id=U4rnzH9QbT4C&pg=PA8}}</ref>

鋦的化學辨認是在[[芝加哥大學]]的冶金實驗室（現[[阿貢國家實驗室]]）進行的。它是第三個被發現的[[超鈾元素]]，但在[[元素週期表]]中卻是第四個超鈾元素（當時仍未發現[[鋂]]）。<ref name="E96">Seaborg, G. T.; James, R. A. and Ghiorso, A.: "The New Element Curium (Atomic Number 96)", NNES PPR ''(National Nuclear Energy Series, Plutonium Project Record)'', Vol.&nbsp;14&nbsp;B, ''The Transuranium Elements: Research Papers'', Paper No.&nbsp;22.2, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1949; [http://www.osti.gov/cgi-bin/rd\_accomplishments/display\_biblio.cgi?id=ACC0049&numPages=13&fp=N Abstract]; [http://www.osti.gov/accomplishments/documents/fullText/ACC0049.pdf Full text (January&nbsp;1948)].</ref><ref name="Morrs"/>

鋦的合成過程如下：首先將硝酸[[鈈]]溶液塗在面積約為0.5 cm<sup>2</sup>的[[鉑]]薄片上，蒸發後的殘留物經[[退火]]轉換為二氧化鈈（PuO<sub>2</sub>）。二氧化鈈在[[迴旋加速器]]中受照射之後，產物溶於[[硝酸]]中，再用濃[[氨水]]沉澱為氫氧化物。沉澱物溶於[[高氯酸]]，再用[[離子交換]]分離出某特定的鋦同位素。由於鋦的分離過程十分繁複，以致發現團隊最初稱其為[[wikt:pandemonium|pandemonium]]（[[希臘文]]中意為「群魔殿」或「地獄」）。<ref name=radio/><ref>Krebs, Robert E. [http://books.google.com/books?id=yb9xTj72vNAC&pg=PA322 The history and use of our earth's chemical elements: a reference guide], Greenwood Publishing Group, 2006, ISBN 0-313-33438-2 p. 322</ref><ref>{{OEtymD|pandemonium}}</ref>

1944年7至8月，<sup>239</sup>Pu經[[α粒子]]撞擊後，產生了鋦-242同位素，並釋放了一顆[[中子]]：

: <math>\mathrm{^{239\!\,}\_{\ 94}Pu\ +\ ^{4}\_{2}He\ \longrightarrow \ ^{242}\_{\ 96}Cm\ +\ ^{1}\_{0}n}</math>

科學家根據衰變時釋放的α粒子的特徵能量，確切地辨認了鋦-242：

: <math>\mathrm{^{242}\_{\ 96}Cm\ \longrightarrow \ ^{238}\_{\ 94}Pu\ +\ ^{4}\_{2}He}</math>

這條[[α衰變]]的[[半衰期]]最初測得為150天，後改為162.8天。<ref name="nubase"/>

1945年3月進行的另一條反應又產生了<sup>240</sup>Cm同位素：

: <math>\mathrm{^{239}\_{\ 94}Pu\ +\ ^{4}\_{2}He\ \longrightarrow \ ^{240}\_{\ 96}Cm\ +\ 3\ ^{1}\_{0}n}</math>

該同位素的α衰變半衰期為26.7。<ref name="nubase"/>

鋦和鋂在1944年的發現與當時旨在製造[[原子彈]]的[[曼哈頓計劃]]息息相關。有關其發現的信息一直保密到1945年才公諸於世。在1945年11月11日[[美國化學學會]]正式發佈鋦和鋂的發現前5天，美國電台節目「Quiz Kids」（小朋友問答）的一位聽眾問到，戰時除了[[鎿]]和鈈之外還又沒有發現其他新的超鈾元素，格倫·西博格回應時洩露了有關發現鋦和鋂的消息。<ref name=radio>{{cite web|url = http://pubs.acs.org/cen/80th/americium.html|title = Chemical & Engineering News: It's Elemental: The Periodic Table – Americium|accessdate = 07-12-2008| first = Rachel Sheremeta|last = Pepling|year = 2003}}</ref>

{{double image|left|Marie Curie (Nobel-Chem).png|150|Curie-pierre.jpg|150|瑪莉·居禮（左）和皮埃爾·居禮（右）}}

鋦（Curium）是以[[瑪莉·居禮]]（Marie Curie）和其丈夫[[皮埃爾·居禮]]（Pierre Curie）命名的。兩人發現了[[鐳]]元素，並對[[放射性]]作出了相當的貢獻。這種命名方法參照了元素週期表中位於鋦以上的[[鑭系元素]][[釓]]：釓是以研究[[稀土元素]]的科學家、工程師[[約翰·加多林]]命名的。<ref>Greenwood, p. 1252</ref>

最初製成的鋦樣本數量很少，肉眼僅僅可見。科學家利用其放射特性，辨認出鋦元素。Louis Werner和Isadore Perlman在1947年於[[加州大學]]對[[鋂]]-241進行中子撞擊，首次製備了重30 µg的可觀量氫氧化鋦-242。<ref name=CRC>Hammond C. R. "The elements" in {{RubberBible86th}}</ref><ref>L. B. Werner, I. Perlman: "Isolation of Curium", NNES PPR (''National Nuclear Energy Series, Plutonium Project Record''), Vol.&nbsp;14&nbsp;B, ''The Transuranium Elements: Research Papers'', Paper No.&nbsp;22.5, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1949.</ref><ref>{{cite web|url=http://www.nap.edu/readingroom.php?book=biomems&page=iperlman.html |title=National Academy of Sciences. Isadore Perlman 1915–1991 |publisher=Nap.edu |date= |accessdate=2011-03-25}}</ref> W. W. T. Crane、J. C. Wallmann和B. B. Cunningham在1950年製成了宏觀量的氟化鋦，其磁性和GdF<sub>3</sub>相似。這首次提供了實驗證據，證明鋦在其化合物中具+3氧化態。<ref name=CRC/>1951年，科學家用[[鋇]]還原氟化鋦，唯一一次製成了金屬態的鋦。<ref name="CM\_METALL">{{cite journal|first = J. C.|last = Wallmann|coauthors = Crane, W. W. T.; Cunningham, B. B.|title = The Preparation and Some Properties of Curium Metal|journal = [[Journal of the American Chemical Society]]|year = 1951|volume =73|issue =1|pages = 493–494|doi = 10.1021/ja01145a537}}</ref><ref>{{cite journal|author =Werner, L. B.; Perlman, I.|title =First Isolation of Curium| journal = Journal of the American Chemical Society|year = 1951| volume =73|issue =1|pages = 5215–5217|doi = 10.1021/ja01155a063}}</ref>

==特性==

===物理特性===

[[File:Closest packing ABAC.png|thumb| α型鋦金屬的雙六方密排晶體結構，層序為ABAC（A：綠色，B：藍色，C：紅）]]

[[File:Cm-Fluoreszenz.GIF|thumb|三(氫三)吡唑基硼酸根鋦(III)配合物中Cm<sup>3+</sup>離子經波長為396.6 nm的光照射後，發出橙色的[[螢光]]。]]

鋦是一種[[放射性]][[人工合成元素]]，也是質地堅硬、密度高的銀白色金屬。其物理和化學特性與[[釓]]相似。鋦的熔點為1340 °C，這比前面的超鈾元素鎿（637 °C）、鈈（639 °C）和鋂（1173 °C）都要高，而釓的熔點則在1312 °C。鋦的沸點為3110 °C，密度為13.52 g/cm<sup>3</sup>。這比鎿（20.45 g/cm<sup>3</sup>）和鈈（19.8 g/cm<sup>3</sup>）的密度低，但仍比大部分金屬高。鋦的兩種晶體結構中，α型在[[標準溫度和壓力]]下更穩定。其具有六方對稱結構，[[空間群]]為P6<sub>3</sub>/mmc，晶格參數''a'' = 365 [[皮米|pm]]，''c'' = 1182 pm，且每[[晶胞]]含四個化學式單位。<ref name="Milman">{{cite journal|last1=Milman|first1=V|title=Crystal structures of curium compounds: an ab initio study|journal=Journal of Nuclear Materials|volume=322|issue=2–3|page=165|year=2003|doi=10.1016/S0022-3115(03)00321-0|bibcode=2003JNuM..322..165M}}</ref>該晶體具有雙[[六方密排]]結構，層序為ABAC，並和α鑭同型。在23 [[帕斯卡|GPa]]壓力以上及室溫下，α鋦會轉變為β鋦。β型具有[[面心立方]]對稱結構，空間群為Fm{{overline|3}}m，晶格常數''a'' = 493 pm。<ref name = "Milman"/>進一步加壓到43 GPa後，鋦會變為屬於[[正交晶系]]的γ鋦結構，與α鈾同型，並一直到52 GPa都不會再有相變。這三種鋦的相態也被稱為Cm I、II和III。<ref>Young, D. A. [http://books.google.com/books?id=F2HVYh6wLBcC&pg=PA227 Phase diagrams of the elements], University of California Press, 1991, ISBN 0-520-07483-1p. 227</ref><ref>{{cite journal|last1=Haire|first1=R|last2=Peterson|first2=J|last3=Benedict|first3=U|last4=Dufour|first4=C|last5=Itie|first5=J|title=X-ray diffraction of curium-248 metal under pressures of up to 52 GPa|journal=Journal of the Less Common Metals|volume=109|issue=1|page=71|year=1985|doi=10.1016/0022-5088(85)90108-0}}</ref>

鋦的磁特性奇特。其旁邊的[[錒]]元素在不同溫度下都不會偏離[[居里外斯定律|居里外斯]][[順磁性]]，但α鋦會在冷卻至65至52 K時轉變為[[反鐵磁性]]，<ref>{{cite journal|last1=Kanellakopulos|first1=B|title=The magnetic susceptibility of Americium and curium metal|journal=Solid State Communications|volume=17|issue=6|page=713|year=1975|doi=10.1016/0038-1098(75)90392-0|bibcode = 1975SSCom..17..713K }}</ref><ref>{{cite journal|last1=Fournier|first1=J|title=Curium: A new magnetic element|journal=Physica B+C|volume=86–88|page=30|year=1977|doi=10.1016/0378-4363(77)90214-5|bibcode = 1977PhyBC..86...30F }}</ref>而β鋦在大約205 K時轉變成[[亞鐵磁性]]。另外，鋦和[[氮族元素]]的化合物在冷卻後會轉成[[鐵磁性]]：<sup>244</sup>CmN和<sup>244</sup>CmAs於109 K，<sup>248</sup>CmP於73 K，<sup>248</sup>CmSb於162 K。鋦的鑭系同系物[[釓]]以及釓的氮族元素化合物也會在冷卻時轉變磁性，但稍有不同：Gd和GdN變為鐵磁性，而GdP、GdAs和GdSb則具反鐵磁性。<ref>Nave, S. E.; Huray, P. G.; Peterson, J. R. and Damien, D. A. [http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp;jsessionid=ECF73C70531D64E8B663048ECE8C10F9?purl=/6263633-jkoGGI/ Magnetic susceptibility of curium pnictides], Oak Ridge National Laboratory</ref>

鋦的電阻率會隨溫度而變化：在4至60 K時大約翻倍，並從60 K到室溫幾乎保持恒等。由於其釋放的α輻射會破壞自身的晶體結構，因此其電阻率會隨時間快速提高，約10 µOhm·cm/h。故此很難確定鋦的絕對電阻率（約125 µΩ·cm）。鋦的電阻率與釓、鈈和鎿相近，但比鋂、鈾、[[釙]]和[[釷]]高出許多。<ref name=res/><ref>{{cite journal|last1=Schenkel|first1=R|title=The electrical resistivity of 244Cm metal|journal=Solid State Communications|volume=23|issue=6|page=389|year=1977|doi=10.1016/0038-1098(77)90239-3|bibcode = 1977SSCom..23..389S }}</ref>

在[[紫外線]]照射下，鋦(III)離子會發出強烈且穩定的橘黃色[[螢光]]，極值位於590至640 nm區間內，隨環境條件而變化。<ref name="denecke">{{cite journal|last1=Denecke|first1=Melissa A.|last2=Rossberg|first2=André|last3=Panak|first3=Petra J.|last4=Weigl|first4=Michael|last5=Schimmelpfennig|first5=Bernd|last6=Geist|first6=Andreas|title=Characterization and Comparison of Cm(III) and Eu(III) Complexed with 2,6-Di(5,6-dipropyl-1,2,4-triazin-3-yl)pyridine Using EXAFS, TRFLS, and Quantum-Chemical Methods|journal=Inorganic Chemistry|volume=44|issue=23|page=8418|year=2005|pmid=16270980|doi=10.1021/ic0511726}}</ref>這種螢光特性是來自第一激發態<sup>6</sup>D<sub>7/2</sub>與基態<sup>8</sup>S<sub>7/2</sub>之間的轉變。通過分析發出的螢光，可以監測有機及無機配合物中Cm(III)離子間的交互作用。<ref name=plb>Bünzli, J.-C. G. and Choppin, G. R. ''Lanthanide probes in life, chemical, and earth sciences: theory and practice'', Elsevier, Amsterdam, 1989 ISBN 0-444-88199-9</ref>

===化學特性===

鋦的最穩定[[氧化態]]為+3，其離子在溶液中也具有+3態。<ref>Penneman, p. 24</ref>其+4態只出現在少有的幾個固態化合物中，如CmO<sub>2</sub>和CmF<sub>4</sub>。<ref>{{cite journal|last1=Keenan|first1=Thomas K.|journal=Journal of the American Chemical Society|volume=83|issue=17|page=3719|year=1961|doi=10.1021/ja01478a039}}</ref><ref name = "asprey"/>鋦的化學特性與同為錒系元素的釷和鈾不同，但和鋂及許多[[鑭系元素]]相似。在水溶液中，Cm<sup>3+</sup>離子可以是無色或淺綠色的，<ref name=g1265>Greenwood, p. 1265</ref>而Cm<sup>4+</sup>離子則是淺黃色的。<ref name="HOWI\_1956">Holleman, p. 1956</ref>Cm<sup>3+</sup>的吸收光譜在375.4、381.2和396.5納米波長處有尖銳的峰值，這些峰值的強度可以直接用來測量該離子的濃度。<ref>Penneman, pp. 25–26</ref>鋦離子屬於[[軟硬酸鹼理論|硬酸]]，因此可以和硬鹼產生最穩定的配合物。<ref>{{cite journal|last1=Jensen|first1=Mark P.|last2=Bond|first2=Andrew H.|title=Comparison of Covalency in the Complexes of Trivalent Actinide and Lanthanide Cations|journal=Journal of the American Chemical Society|volume=124|issue=33|page=9870|year=2002|pmid=12175247|doi=10.1021/ja0178620}}</ref>兩者間形成的主要為離子鍵，但含少量共價鍵的部分。<ref>{{cite journal|author=Seaborg, G. T. |title=Overview of the Actinide and Lanthanide (the ''f'') Elements|journal=Radiochimica Acta|year=1993|volume=61|pages=115–122}}</ref>配合物中的鋦主要以三帽三角菱柱形配位。<ref>Greenwood, p. 1267</ref>

===同位素===

<div style="float:right; margin:0; font-size:85%;">

{| class="wikitable"

!colspan="7"| [[熱中子]][[中子截面|截面]]（[[靶恩]]）<ref>Pfennig, G.; Klewe-Nebenius, H. and Seelmann Eggebert, W. (Eds.): Karlsruhe nuclide, 6th Ed. 1998</ref>

|-

| ||<sup>242</sup>Cm||<sup>243</sup>Cm||<sup>244</sup>Cm||<sup>245</sup>Cm||<sup>246</sup>Cm||<sup>247</sup>Cm

|-

|裂變||5||617||1.04||2145||0.14||81.90

|-

|捕獲||16||130||15.20||369||1.22||57

|-

|捕獲/裂變比||3.20||0.21||14.62||0.17||8.71||0.70

|-

!colspan="7"| 53 MWd/kg的燃燒20年後的[[低濃縮鈾]][[乏核燃料]]<ref>{{cite journal|doi=10.1080/08929880500357682|last1=Kang|year=2005|page=169|issue=3|volume=13|journal=Science and Global Security|url=http://www.princeton.edu/sgs/publications/sgs/pdf/13\_3%20Kang%20vonhippel.pdf|first1=Jungmin|last2=Von Hippel|first2=Frank|title=Limited Proliferation-Resistance Benefits from Recycling Unseparated Transuranics and Lanthanides from Light-Water Reactor Spent Fuel}}</ref>

|-

|colspan="2" |3種常見同位素 ||51||3700||390|| ||

|-

!colspan="7"| [[快中子反應爐]]中的[[混合氧化物核燃料]]（5個樣本的平均值，[[燃燒度]]為66-120GWd/t）<ref>{{cite journal|doi=10.3327/jnst.38.912|url=http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/publication/JNST2001/No.10/38\_912-914.pdf|format=PDF|title=Analysis of Curium Isotopes in Mixed Oxide Fuel Irradiated in Fast Reactor|journal=Journal of Nuclear Science and Technology|volume=38|year=2001|issue=10|pages=912–914|author=Osaka, M. ''et al.''}}</ref>

|-

|colspan="2" |總含鋦量3.09{{e|-3}}% ||27.64%||70.16%||2.166%||0.0376%||0.000928%

|}

{| Class = "wikitable"

|-

| 同位素||<sup>242</sup>Cm||<sup>243</sup>Cm||<sup>244</sup>Cm||<sup>245</sup>Cm||<sup>246</sup>Cm||<sup>247</sup>Cm||<sup>248</sup>Cm||<sup>250</sup>Cm

|-

|[[臨界質量]]（kg）|| 25|| 7.5||33||6.8||39||7||40.4||23.5

|}

</div>

{{main|鋦的同位素}}

鋦約有20種[[放射性同位素]]及7種[[同核異構體]]，質量數從233到252不等。這些[[同位素]]都具有放射性，其中[[半衰期]]最長的有<sup>247</sup>Cm（1560萬年）和<sup>248</sup>Cm（348,000年）；其他長半衰期的同位素包括<sup>245</sup>Cm（8500年）、<sup>250</sup>Cm（8,300年）和<sup>246</sup>Cm（4,760年）。鋦-250較為特殊，主要以[[自發裂變]]的形式衰變（86%機率）。最常用的鋦同位素為<sup>242</sup>Cm和<sup>244</sup>Cm，半衰期分別為162.8天和18.1年。<ref name="nubase">{{cite journal|last1=Audi|first1=G|doi=10.1016/S0375-9474(97)00482-X|title=The N? evaluation of nuclear and decay properties|year=1997|page=1|issue=1|volume=624|journal=Nuclear Physics A|url=http://www.nndc.bnl.gov/amdc/nubase/Nubase2003.pdf|bibcode=1997NuPhA.624....1A}}</ref>

[[File:Sasahara.svg|thumb|325px|輕水反應爐（LWR）中<sup>238</sup>Pu和<sup>244</sup>Cm間的衍變圖。<ref>{{cite journal|url=http://www.jstage.jst.go.jp/article/jnst/41/4/448/\_pdf|title=Neutron and Gamma Ray Source Evaluation of LWR High Burn-up UO2 and MOX Spent Fuels|journal=Journal of Nuclear Science and Technology|volume=41|issue=4|pages=448–456|year=2004|doi=10.3327/jnst.41.448|author=Sasahara, Akihiro|last2=Matsumura|first2=Tetsuo|last3=Nicolaou|first3=Giorgos|last4=Papaioannou|first4=Dimitri}}</ref>裂變百分比是100減去圖中百分比。核素間的總衍變率有很大的差異。<sup>245</sup>Cm至<sup>248</sup>Cm的半衰期都很長，其衰變可忽略不計。]]

所有<sup>242</sup>Cm和<sup>248</sup>Cm之間的同位素，以及<sup>250</sup>Cm，都可以維持[[核連鎖反應]]，因此理論上能在[[反應爐]]中作[[核燃料]]之用。正如多數超鈾元素一樣，質量數為奇數的鋦同位素<sup>243</sup>Cm、<sup>245</sup>Cm和<sup>247</sup>Cm的[[核裂變]]截面特別高，都可以被用在[[熱中子反應爐]]中。然而，所有鋦同位素的混合物則只能用於[[快中子增殖反應堆]]中，因為質量數為偶數的鋦同位素在熱中子反應爐中不會裂變，並會隨燃燒度的提高而累積。<ref name="irsn">Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/transport/doc/irsn\_sect03\_146.pdf "Evaluation of nuclear criticality safety. data and limits for actinides in transport"], p. 16</ref>當在發電反應爐中使用混合氧化物（MOX）燃料時，該燃料不應含有鋦元素。這是因為中子活化會使<sup>248</sup>Cm變為[[鉲]]，而鉲是一種強[[中子]]射源，除了會污染核燃料循環的後部，還會對反應爐操作人員造成過量輻射的危險。因此，若要使用次錒系元素（鈾和鈈以外的錒系元素）作為熱中子反應爐中的核燃料，則應從燃料中完全移除鋦元素，或將鋦置於特殊的燃料柱中作為燃料中的唯一一種錒系元素。<ref>{{cite book|author=National Research Council (U.S.). Committee on Separations Technology and Transmutation Systems|title=Nuclear wastes: technologies for separations and transmutation|url=http://books.google.com/books?id=iRI7Cx2D4e4C&pg=PA231|accessdate=19 April 2011|year=1996|publisher=National Academies Press|isbn=978-0-309-05226-9|pages=231–}}</ref>

右表列出鋦同位素做成球體，且不使用減速劑或反射器時的[[臨界質量]]。如加上金屬反射器（厚30 cm的鋼鐵），則奇數同位素的臨界質量大約為3至4 kg。如使用水（厚度約20至30 cm）作為反射器，則臨界質量可以大大下降：<sup>245</sup>Cm可降至59克，<sup>243</sup>Cm為155克，而<sup>247</sup>Cm為1550克。這些數值具有很高的不確定度。<ref name="irsn"/><ref>{{cite journal|author=Okundo, H. and Kawasaki, H. |url=http://www.jstage.jst.go.jp/article/jnst/39/10/1072/\_pdf |title=Critical and Subcritical Mass Calculations of Curium-243 to −247 Based on JENDL-3.2 for Revision of ANSI/ANS-8.15|journal=Journal of Nuclear Science and Technology|year=2002|volume=39|pages=1072–1085|doi=10.3327/jnst.39.1072|issue=10}}</ref>

由於產量稀少，造假昂貴，目前鋦並沒有被用作核燃料。<ref>[http://bundesrecht.juris.de/atg/\_\_2.html § 2 Begriffsbestimmungen (Atomic Energy Act)]{{de}}</ref><sup>245</sup>Cm和<sup>247</sup>Cm的臨界質量很小，可用於製造便攜[[核武器]]，但至今沒有相關的報導。鋦-243的半衰期很短，會產生過量熱量，因此不可用於核武器中。<ref>{{cite book|author1=Jukka Lehto|author2=Xiaolin Hou|title=Chemistry and Analysis of Radionuclides: Laboratory Techniques and Methodology|url=http://books.google.com/books?id=v2iRJaO3SMIC&pg=PA303|accessdate=19 April 2011|date=2 February 2011|publisher=Wiley-VCH|isbn=978-3-527-32658-7|pages=303–}}</ref>鋦-247的半衰期是鈈-239的647倍，因此很適合用來製造核武器。

===存量===

[[File:Ivy Mike - mushroom cloud.jpg|thumb|「常春藤麥克」核試驗的輻射落塵中探測到幾種鋦同位素。]]

鋦-247是鋦同位素中半衰期最長的，有1560萬年。因此，所有[[原始核素|原始]]的鋦元素，也就是在地球形成時可能存在的鑀，至今都已全部衰變殆盡。鋦出現在[[乏核燃料]]中，其餘則是通過人工製造的，主要用於科學研究。1945至1980年大氣層[[核試驗]]的進行地點存有一定的鋦元素。<ref name="lenntech">[http://www.lenntech.de/pse/pse.htm Curium]{{de}}</ref>美國第一顆[[氫彈]]「[[常春藤麥克]]」（1952年11月1日於[[埃內韋塔克環礁]]引爆）的[[輻射落塵]]中，除了含有[[鑀]]、[[鐨]]、[[鈈]]和[[鋂]]之外，還有錇、鉲和鋦的一些同位素，其中包括<sup>245</sup>Cm、<sup>246</sup>Cm及更少量的<sup>247</sup>Cm、<sup>248</sup>Cm和<sup>249</sup>Cm。由於正值冷戰時期，這些結果起初被列為軍事機密，到1956年才正式公佈。<ref>{{cite journal|last1=Fields|first1=P.|last2=Studier|first2=M.|last3=Diamond|first3=H.|last4=Mech|first4=J.|last5=Inghram|first5=M.|last6=Pyle|first6=G.|last7=Stevens|first7=C.|last8=Fried|first8=S.|last9=Manning|first9=W.|title=Transplutonium Elements in Thermonuclear Test Debris|journal=Physical Review|volume=102|issue=1|page=180|year=1956|doi=10.1103/PhysRev.102.180|bibcode = 1956PhRv..102..180F }}</ref>

大氣層中的鋦化合物較難溶於常見的溶劑中，但會黏附在泥土粒子上。分析表明，沙粒表面上的含鋦量比其周圍的水高出大約4,000倍；[[壤土]]中該比例甚至可高達18,000倍。<ref name=LA2/>

含[[鈾]]量極高的礦藏中，重元素經[[中子捕獲]]和[[β衰變]]之後，可形成幾顆鋦原子。 <ref name="emsley">{{cite book|last=Emsley|first=John|title=Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements|edition=New|year=2011|publisher=Oxford University Press|location=New York, NY|isbn=978-0-19-960563-7}}</ref>

==合成==

===同位素的製備===

鋦是在[[核反應爐]]中少量產生的。到目前為止，<sup>242</sup>Cm和<sup>244</sup>Cm的總產量只有幾公斤，其餘更重的同位素只有數克或甚至數毫克的總產量。故此鋦的價格昂貴，每毫克160至185[[美元]]；<ref name=CRC/>更近期的估價為：<sup>242</sup>Cm每克2,000美元，<sup>244</sup>Cm每克170美元。<ref name=lect/>在反應爐中，<sup>238</sup>U可以通過一系列的核反應形成鋦。首先<sup>238</sup>U捕獲一顆中子，變為<sup>239</sup>U，再經[[β衰變|β<sup>–</sup>衰變]]形成<sup>239</sup>Np和<sup>239</sup>Pu。

:<math>\mathrm{^{238}\_{\ 92}U\ \xrightarrow {(n,\gamma)} \ ^{239}\_{\ 92}U\ \xrightarrow [23.5 \ min]{\beta^-} \ ^{239}\_{\ 93}Np\ \xrightarrow [2.3565 \ d]{\beta^-} \ ^{239}\_{\ 94}Pu}</math> <small>（箭頭下的時間為[[半衰期]]）</small>

進一步捕獲中子並進行β<sup>–</sup>衰變後，樣本會變為<sup>241</sup>Am，再轉換為<sup>242</sup>Cm：

:<math>\mathrm{^{239}\_{\ 94}Pu\ \xrightarrow {2(n,\gamma)} \ ^{241}\_{\ 94}Pu\ \xrightarrow [14.35 \ yr]{\beta^-} \ ^{241}\_{\ 95}Am\ \xrightarrow {(n,\gamma)} \ ^{242}\_{\ 95}Am\ \xrightarrow [16.02 \ h]{\beta^-} \ ^{242}\_{\ 96}Cm}</math>

實際研究在製造鋦的時候，並不對鈾進行照射，而是用鈈。乏核燃料中含有大量的鈈，能夠輕易地提取使用。如果使用高中子通量的輻射，能通過另一條反應鏈形成<sup>244</sup>Cm：<ref name = "Morrs">Morss, L. R.; Edelstein, N. M. and Fugere, J. (eds): ''The Chemistry of the Actinide Elements and transactinides'', volume 3, Springer-Verlag, Dordrecht 2006, ISBN 1-4020-3555-1.</ref>

:<math>\mathrm{^{239}\_{\ 94}Pu\ \xrightarrow {4(n,\gamma)} \ ^{243}\_{\ 94}Pu\ \xrightarrow [4,956 \ h]{\beta^-} \ ^{243}\_{\ 95}Am\ \xrightarrow {(n,\gamma)} \ ^{244}\_{\ 95}Am\ \xrightarrow [10.1 \ h]{\beta^-} \ ^{244}\_{\ 96}Cm}</math>

:<math>\mathrm{^{244}\_{\ 96}Cm\ \xrightarrow [18.11 \ yr]{\alpha} \ ^{240}\_{\ 94}Pu}</math>

鋦-244在釋放α粒子後，會衰變成<sup>240</sup>Pu；同時它會吸收中子，產生少量更重的鋦同位素。這些同位素包括<sup>247</sup>Cm和<sup>248</sup>Cm，由於半衰期很長，因此常被用於科學研究。不過，由於<sup>247</sup>Cm在熱中子撞擊下容易裂變，因此該同位素在熱中子反應爐中的產率較低。<ref name=haire/>經[[中子捕獲]]產生<sup>250</sup>Cm的可能性同樣很低，因為中間產物<sup>249</sup>Cm的半衰期非常短（64分鐘），並會經β<sup>–</sup>衰變成為[[錇]]的<sup>249</sup>Bk同位素。<ref name=haire/>

:<math>\mathrm{^{A}\_{96}Cm\ +\ ^{1}\_{0}n\ \longrightarrow \ ^{A+1}\_{\ \ 96}Cm\ +\ \gamma}</math> <small>（A = 244–248）</small>

以上一連串的(n,γ)反應會產生不同鋦同位素的混合物。合成後的分離過程十分繁複，所以科學家一般選擇性地合成特定鋦同位素。由於半衰期很長，鋦-248最常用於研究用途。該同位素最有效率的合成方法是通過[[鉲]]-252的α衰變。因為<sup>252</sup>Cf具有長半衰期（2.65年），因此容易大量取得。每年通過這種方法產生的<sup>248</sup>Cm大約有35至50 mg，同位素純度為97%。<ref name=haire>{{cite book

| title = The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements

| editor1-last = Morss|editor2-first = Norman M.

| editor2-last = Edelstein

| editor3-last = Fuger|editor3-first = Jean

| last = Haire|first = Richard G.

| chapter = Curium|url=http://radchem.nevada.edu/classes/rdch710/files/curium.pdf|page=1401

| publisher = [[Springer Science+Business Media]]

| year = 2006

| isbn = 1-4020-3555-1

| location = Dordrecht, The Netherlands

| edition = 3rd

}}</ref>

:<math>\mathrm{^{252}\_{\ 98}Cf\ \xrightarrow [2.645 \ yr]{\alpha} \ ^{248}\_{\ 96}Cm}</math>

另一種研究常用的同位素<sup>245</sup>Cm可經由<sup>249</sup>Cf的α衰變產生，而<sup>249</sup>Cf可由<sup>249</sup>Bk的β<sup>–</sup>衰變產生。

:<math>\mathrm{^{249}\_{\ 97}Bk\ \xrightarrow [330 \ d]{\beta^-} \ ^{249}\_{\ 98}Cf\ \xrightarrow [351 \ yr]{\alpha} \ ^{245}\_{\ 96}Cm}</math>

===鋦金屬的製備===

[[File:Elutionskurven Tb Gd Eu und Bk Cm Am.png|thumb| [[層析]][[洗提]]曲線，能看出鑭系的[[鋱]]（Tb）、[[釓]]（Gd）和[[銪]]（Eu）與相應錒系的[[錇]]（Bk）、[[鋦]]（Cm）和[[鋂]]（Am）之間的相近之處。]]

一般的合成產物含有不同鋦同位素的[[氧化物]]混合物。要分離出其中一種同位素，可以將乏核燃料（如[[混合氧化物核燃料]]）溶於[[硝酸]]中，再使用[[磷酸三丁酯]]和烴類的混合物，通過[[鈾鈈分離]]（PUREX）來萃取出大部分的鈾和鈈。然後利用[[二酰胺]]來萃取水溶殘餘物（[[殘液]]）中剩餘的鑭系元素和錒系元素。產物將會是三價錒系及鑭系元素的混合物。要分離出當中的鋦化合物，可用多重步驟的[[層析法]]及離心法，並使用適當的試劑。<ref>Penneman, pp. 34–48</ref>其中一種可用來專門提取鋦的試劑為[[BTBP|雙三嗪基二吡啶]]配合物。<ref>{{cite journal|author = Magnusson D, Christiansen B, Foreman MRS, Geist A, Glatz JP, Malmbeck R, Modolo G, Serrano-Purroy D and Sorel C|journal = Solvent Extraction and Ion Exchange|year = 2009|volume = 27|issue = 2|page = 97|doi = 10.1080/07366290802672204|title = Demonstration of a SANEX Process in Centrifugal Contactors using the CyMe4-BTBP Molecule on a Genuine Fuel Solution}}</ref>如要使鋦從非常相似的鋂中分離出來，可將兩者氫氧化物的混合漿狀物置於[[碳酸氫鈉]]水溶液中，並在加熱後加入[[臭氧]]。大部分的鋂和鋦在溶液中都具有+3價態。其中鋂會被氧化，形成可溶的Am(IV)配合物，而鋦則不會改變，故可再重復用離心法提取出來。<ref>Penneman, p. 25</ref>

科學家通過對鋦化合物進行[[氧化還原反應|還原反應]]來取得處於金屬態的鋦元素。其中一種可用於製備鋦金屬的化合物為三氟化鋦。反應必須在不含水或氧的環境下進行，使用[[鉭]]和[[鎢]]造的器具，並以[[鋇]]或[[鋰]]作為還原劑。<ref Name="Morrs"/><ref name = "CM\_METALL" /><ref name="cunning">{{cite journal|last1=Cunningham|first1=B.B.|last2=Wallmann|first2=J.C.|title=Crystal structure and melting point of curium metal|journal=Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry|volume=26|issue=2|page=271|year=1964|doi=10.1016/0022-1902(64)80069-5}}</ref><ref>{{cite journal|last1=Stevenson|first1=J|last2=Peterson|first2=J|title=Preparation and structural studies of elemental curium-248 and the nitrides of curium-248 and berkelium-249|journal=Journal of the Less Common Metals|volume=66|issue=2|page=201|year=1979|doi=10.1016/0022-5088(79)90229-7}}</ref><ref>''Gmelin Handbook of Inorganic Chemistry'', System No. 71, Volume 7 a, transuranics, Part B 1, pp. 67–68.</ref>

:<math>\mathrm{CmF\_3\ +\ 3\ Li\ \longrightarrow \ Cm\ +\ 3\ LiF}</math>

另一可行方法是在[[氯化鎂]]和[[氟化鎂]]的熔化混合物中用鎂鋅合金來還原二氧化鋦。<ref>{{cite journal|last1=Eubanks|first1=I|title=Preparation of curium metal|journal=Inorganic and Nuclear Chemistry Letters|volume=5|issue=3|page=187|year=1969|doi=10.1016/0020-1650(69)80221-7}}</ref>

==化合物及反應==

{{category see also|鋦化合物}}

===氧化物===

鋦會和氧迅速反應，主要形成Cm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和CmO<sub>2</sub>，<ref name="lenntech"/>另也會形成二價氧化鋦：CmO。<ref name="HOWI\_1972">Holleman, p. 1972</ref>[[草酸鹽|草酸]]鋦（Cm<sub>2</sub>(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>3</sub>）、硝酸鋦（Cm(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>）或氫氧化鋦在純氧中燃燒後可製成呈黑色的CmO<sub>2</sub>。<ref Name="asprey"/><ref name=g1268>Greenwood, p. 1268</ref>當在[[真空]]中（約0.01 [[帕斯卡|Pa]]壓力下）加熱到約600至650 °C度時，該氧化物會轉變成呈白色的Cm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>：<ref name="asprey">{{cite journal|last1=Asprey|first1=L. B.|last2=Ellinger|first2=F. H.|last3=Fried|first3=S.|last4=Zachariasen|first4=W. H.|journal=Journal of the American Chemical Society|volume=77|issue=6|page=1707|year=1955|doi=10.1021/ja01611a108}}</ref><ref>{{cite journal|last1=Noe|first1=M|title=Self-radiation effects on the lattice parameter of 244CmO2|journal=Inorganic and Nuclear Chemistry Letters|volume=7|issue=5|page=421|year=1971|doi=10.1016/0020-1650(71)80177-0}}</ref>

: <math>\mathrm{4\ CmO\_2\ \xrightarrow {\Delta T} \ 2\ Cm\_2O\_3\ +\ O\_2}</math>

另一種制得Cm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的方法是使用[[氫氣]]對CmO<sub>2</sub>進行還原反應：<ref>{{cite journal|last1=Haug|first1=H|title=Curium sesquioxide Cm2O3|journal=Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry|volume=29|issue=11|page=2753|year=1967|doi=10.1016/0022-1902(67)80014-9}}</ref>

: <math>\mathrm{2\ CmO\_2\ +\ H\_2\ \longrightarrow \ Cm\_2O\_3\ +\ H\_2O}</math>

其他已知的氧化物還包括諸如M(II)CmO<sub>3</sub>型的三元氧化物，其中的M表示任何一種二價金屬，如鋇。<ref>{{cite journal|last1=Fuger|first1=J|last2=Haire|first2=R|last3=Peterson|first3=J|title=Molar enthalpies of formation of BaCmO3 and BaCfO3|journal=Journal of Alloys and Compounds|volume=200|issue=1–2|page=181|year=1993|doi=10.1016/0925-8388(93)90491-5}}</ref>

===鹵化物===

對含有三價鋦離子的溶液注入氟離子，可產生無色的三氟化鋦（CmF<sub>3</sub>）。呈棕色的四氟化鋦（CmF<sub>4</sub>）則只能通過三氟化鋦和[[氟氣]]間的反應才能形成：<ref name = "Morrs"/>

: <math>\mathrm{2\ CmF\_3\ +\ F\_2\ \longrightarrow\ 2\ CmF\_4}</math>

鋦還可以形成A<sub>7</sub>Cm<sub>6</sub>F<sub>31</sub>型的三元氟化物，其中的A表示[[鹼金屬]]。<ref>{{cite journal|last1=Keenan|first1=T|title=Lattice constants of K7Cm6F31 trends in the 1:1 and 7:6 alkali metal-actinide(IV) series|journal=Inorganic and Nuclear Chemistry Letters|volume=3|issue=10|page=391|year=1967|doi=10.1016/0020-1650(67)80092-8}}</ref>

[[氫氧化鋦(III)]]（Cm(OH)<sub>3</sub>）與無水[[氯化氫]]氣體反應後，會形成無色的[[三氯化鋦]]（CmCl<sub>3</sub>）。要製造其他的鋦鹵化物，可在約400至450 °C的高溫下，使三氯化鋦與對應的鹵化[[銨]]鹽反應。以此方法可制得三溴化鋦（無色至淺綠色）及三碘化鋦（無色）：<ref>{{cite journal|last1=Asprey|first1=L. B.|last2=Keenan|first2=T. K.|last3=Kruse|first3=F. H.|journal=Inorganic Chemistry|volume=4|issue=7|page=985|year=1965|doi=10.1021/ic50029a013}}</ref>

: <math>\mathrm{CmCl\_3\ +\ 3\ NH\_4I\ \longrightarrow \ CmI\_3\ +\ 3\ NH\_4Cl}</math>

另一種方法須把氧化鋦和對應的酸一起加熱到600 °C（比如，要製造溴化鋦，則要使用[[氫溴酸]]）。<ref>{{cite journal|last1=Burns|first1=J|title=Crystallographic studies of some transuranic trihalides: 239PuCl3, 244CmBr3, 249BkBr3 and 249CfBr3|journal=Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry|volume=37|issue=3|page=743|year=1975|doi=10.1016/0022-1902(75)80532-X}}</ref><ref>{{cite journal|last1=Wallmann|first1=J|title=Crystal structure and lattice parameters of curium trichloride|journal=Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry|volume=29|issue=11|page=2745|year=1967|doi=10.1016/0022-1902(67)80013-7}}</ref>對三氯化鋦進行氣態[[水解]]後，會產生氯氧化鋦：<ref>{{cite journal|last1=Weigel|first1=F|last2=Wishnevsky|first2=V|last3=Hauske|first3=H|title=The vapor phase hydrolysis of PuCl3 and CmCl3: heats of formation of PuOC1 and CmOCl|journal=Journal of the Less Common Metals|volume=56|issue=1|page=113|year=1977|doi=10.1016/0022-5088(77)90224-7}}</ref>

: <math>\mathrm{CmCl\_3\ +\ \ H\_2O\ \longrightarrow \ CmOCl\ +\ 2\ HCl}</math>

===氧族及氮族元素化合物===

在高溫下真空中使鋦與氣態[[硫]]、[[硒]]或[[碲]]反應，可分別製成鋦的硫化物、硒化物和碲化物。<ref>Troc, R. [http://books.google.com/books?id=vkzx\_t3zLR0C&pg=PA4 Actinide Monochalcogenides, Volume 27], Springer, 2009 ISBN 3-540-29177-6, p. 4</ref><ref>{{cite journal|last1=Damien|first1=D|title=Preparation and lattice parameters of curium sulfides and selenides|journal=Inorganic and Nuclear Chemistry Letters|volume=11|issue=7–8|page=451|year=1975|doi=10.1016/0020-1650(75)80017-1}}</ref>[[氮族元素|氮族]]的[[氮]]、[[磷]]、[[砷]]和[[銻]]可以和鋦形成化學式為CmX的化合物。<ref Name="Morrs"/>要製造這些化合物，可在高溫下使三氫化鋦（CmH<sub>3</sub>）或金屬鋦與對應的氮族元素進行反應。

===有機化合物===

[[File:Uranocene-3D-balls.png|thumb|120px|二茂鋦的預測結構]]

釷、鏷、鎿、鈈和鋂等錒系元素都具有類似於[[二茂鈾]]的金屬有機配合物。 [[分子軌道理論]]預測存在二茂鋦配合物(η<sup>8</sup>-C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>)<sub>2</sub>Cm，但至今仍待實驗證明。<ref>Elschenbroich, Ch. Organometallic Chemistry, 6th edition, Wiesbaden 2008, ISBN 978-3-8351-0167-8, p. 589</ref><ref>{{cite journal|last1=Kerridge|first1=Andrew|last2=Kaltsoyannis|first2=Nikolas|title=Are the Ground States of the Later Actinocenes Multiconfigurational? All-Electron Spin−Orbit Coupled CASPT2 Calculations on An(η8-C8H8)2(An = Th, U, Pu, Cm)|journal=The Journal of Physical Chemistry A|volume=113|issue=30|page=8737|year=2009|pmid=19719318|doi=10.1021/jp903912q}}</ref>

[[延伸X光吸收細微結構]]（EXAFS）已證實，在含有n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>-BTP和Cm<sup>3+</sup>離子的溶液中，存在Cm(n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>-BTP)<sub>3</sub>型的配合物，其中BTP指2,6-二(1,2,4-三嗪-3-基)吡啶。某些BTP型配合物只和鋦相互作用，因此在提取鋦的過程中相當有用。<ref name="denecke"/><ref>{{cite journal|last1=Girnt|first1=Denise|last2=Roesky|first2=Peter W.|last3=Geist|first3=Andreas|last4=Ruff|first4=Christian M.|last5=Panak|first5=Petra J.|last6=Denecke|first6=Melissa A.|title=6-(3,5-Dimethyl-1H-pyrazol-1-yl)-2,2′-bipyridine as Ligand for Actinide(III)/Lanthanide(III) Separation|journal=Inorganic Chemistry|volume=49|issue=20|page=9627|year=2010|pmid=20849125|doi=10.1021/ic101309j}}</ref>溶解了的Cm<sup>3+</sup>離子會和許多有機化合物反應，包括[[異羥肟酸]]、<ref name=pl1>{{cite journal|last1=Glorius|first1=M.|last2=Moll|first2=H.|last3=Bernhard|first3=G.|title=Complexation of curium(III) with hydroxamic acids investigated by time-resolved laser-induced fluorescence spectroscopy|journal=Polyhedron|volume=27|issue=9–10|page=2113|year=2008|doi=10.1016/j.poly.2008.04.002}}</ref>[[尿素]]、<ref name=pl2>{{cite journal|last1=Heller|first1=Anne|last2=Barkleit|first2=Astrid|last3=Bernhard|first3=Gert|last4=Ackermann|first4=Jörg-Uwe|title=Complexation study of europium(III) and curium(III) with urea in aqueous solution investigated by time-resolved laser-induced fluorescence spectroscopy|journal=Inorganica Chimica Acta|volume=362|issue=4|page=1215|year=2009|doi=10.1016/j.ica.2008.06.016}}</ref>[[螢光素]]、<ref name=pl3>{{cite journal|last1=Moll|first1=Henry|last2=Johnsson|first2=Anna|last3=Schäfer|first3=Mathias|last4=Pedersen|first4=Karsten|last5=Budzikiewicz|first5=Herbert|last6=Bernhard|first6=Gert|title=Curium(III) complexation with pyoverdins secreted by a groundwater strain of Pseudomonas fluorescens|journal=BioMetals|volume=21|issue=2|page=219|year=2007|pmid=17653625|doi=10.1007/s10534-007-9111-x}}</ref>和[[三磷酸腺苷]]等。<ref name=pl4>{{cite journal|last1=Moll|first1=Henry|last2=Geipel|first2=Gerhard|last3=Bernhard|first3=Gert|title=Complexation of curium(III) by adenosine 5′-triphosphate (ATP): A time-resolved laser-induced fluorescence spectroscopy (TRLFS) study|journal=Inorganica Chimica Acta|volume=358|issue=7|page=2275|year=2005|doi=10.1016/j.ica.2004.12.055}}</ref>這些化合物都和各種[[微生物]]的內部活動相關。如此產生的配合物在[[紫外線]]的照射激發下，會發出強烈的橘黃色螢光。這不但使鋦的探測過程更為方便，更可以通過觀測半衰期的改變（約0.1毫秒數量級）及螢光光譜的變化，來研究Cm<sup>3+</sup>離子與[[配體]]間的交互作用。<ref name=plb/><ref name=pl1/><ref name=pl2/><ref name=pl3/><ref name=pl4/>

鋦在生物體中沒有已知的用途。<ref>{{cite web|url=http://umbbd.msi.umn.edu/periodic/elements/cm.html |title=Biochemical Periodic Table – Curium |publisher=Umbbd.msi.umn.edu |date=2007-06-08 |accessdate=2011-03-25}}</ref>一些報告曾表明，[[細菌]]和[[古菌]]會吸附Cm<sup>3+</sup>離子，但鋦並沒有摻入這些生物體內。<ref>{{cite journal|doi=10.1021/es0301166|last1=Moll|first1=H|last2=Stumpf|first2=T|last3=Merroun|first3=M|last4=Rossberg|first4=A|last5=Selenska-Pobell|first5=S|last6=Bernhard|first6=G|title=Time-resolved laser fluorescence spectroscopy study on the interaction of curium(III) with Desulfovibrio äspöensis DSM 10631T|journal=Environmental Science & Technology|volume=38|issue=5|pages=1455–9|year=2004|pmid=15046347}}</ref><ref>{{cite journal|author=Ozaki, T. ''et al.''|url=http://sciencelinks.jp/j-east/article/200305/000020030503A0110480.php|title=Association of Eu(III) and Cm(III) with Bacillus subtilis and Halobacterium salinarium|journal=Journal of Nuclear Science and Technology|year=2002|volume=Suppl. 3|pages=950–953}}</ref>

==應用==

===放射性同位素===

[[File:Curium self-glow radiation.jpg|thumb|right|鋦的放射性很強，在黑暗中會發出紫光。]]

鋦是其中一種放射性最強的可分離元素。其兩種最常見的同位素<sup>242</sup>Cm和<sup>244</sup>Cm都是強α粒子射源（能量為6 MeV），其半衰期相對較短，分別為162.8天和18.1年，每克所釋放的功率分別為120瓦和3瓦。<ref name=CRC/><ref name="Binder">Binder, Harry H.: ''Lexikon der chemischen Elemente'', S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1999, ISBN 3-7776-0736-3, pp.&nbsp;174–178.</ref><ref>''Gmelin Handbook of Inorganic Chemistry'', System No. 71, Volume 7a, transuranics, Part A2, p. 289</ref>因此氧化鋦可被用於太空船中的[[放射性同位素熱電機]]。科學家曾研究過如何用<sup>244</sup>Cm同位素發電，而<sup>242</sup>Cm則因價格昂貴（每克約2000美元）而不能使用。鋦-243的半衰期約為30年，每克功率達到1.6瓦，故可用作燃料，但它的核衰變產物會釋放大量有害的[[伽馬射線|γ]]和[[β射線]]。<sup>244</sup>Cm所釋放的α粒子無須大量輻射防護，但其自發裂變率很高，因此具有高中子輻射和γ輻射。相比同樣用於放射性同位素熱電機的<sup>238</sup>Pu，<sup>244</sup>Cm釋放的中子通量高出500倍；它釋放強烈的γ射線，所需的輻射防護也高出20倍。功率為1 kW的樣本需要約5 cm的鉛作防護，而<sup>238</sup>Pu只需0.1 cm的鉛。這樣的應用在目前來說是不切實際的。<ref name=lect>[http://fti.neep.wisc.edu/neep602/SPRING00/lecture5.pdf Basic elements of static RTGs], G.L. Kulcinski, NEEP 602 Course Notes (Spring 2000), Nuclear Power in Space, University of Wisconsin Fusion Technology Institute (see last page)</ref>

其中一項鋦的實際應用是利用<sup>242</sup>Cm同位素來產生[[心律調節器]]中用於發電的<sup>238</sup>Pu。如不使用這種方法，則要通過<sup>237</sup>Np的(n,γ)反應，或用[[氘]]撞擊鈾，才能形成<sup>238</sup>Pu。這些過程都會產生<sup>236</sup>Pu，而這種副產品會衰變為釋放大量γ輻射的<sup>208</sup>Tl，不適合加入心律調節器中。<ref>[http://www.kronenberg.kernchemie.de/ Kronenberg, Andreas], [http://www.kernenergie-wissen.de/pu-batterien.html Plutonium-Batterien]{{de}}</ref>

科學家常使用鋦來產生更重的[[超鈾元素]]和[[超錒系元素]]。用氧（<sup>18</sup>O ）或鎂（<sup>26</sup>Mg ）撞擊<sup>248</sup>Cm，可以產生[[𨭎]]（<sup>265</sup>Sg）和[[𨭆]]（<sup>269</sup>Hs和<sup>270</sup>Hs）。<ref name="HOWI\_1980">Holleman, pp. 1980–1981.</ref>[[勞倫斯伯克利國家實驗室]]用能量為35 MeV的[[α粒子]]撞擊重數微克的鋦-242，發現了鉲元素：

:{{Nuclide|curium|242}} + {{Nuclide|helium|4}} → {{Nuclide|californium|245}} + {{su|b=0|p=1}}{{SubatomicParticle|neutron}}

[[File:MER APXS PIA05113.jpg|thumb|火星探測器的α粒子X射線光譜儀]]

===X射線光譜儀===

同位素<sup>244</sup>Cm最實際的用途是在[[α粒子X射線光譜儀]]（APXS）中作α粒子射源，但可用體積有限。[[火星探路者]]、[[火星車]]、[[火星96]]、[[勇氣號火星探測器|勇氣號]]、[[火星探測漫游者]]、[[機遇號]]和[[火星科學實驗室]]都使用了這種儀器來分析[[火星]]表面岩石的成份和結構。<ref>{{cite journal|bibcode=1996DPS....28.0221R|title=An Alpha Proton X-Ray Spectrometer for Mars-96 and Mars Pathfinder|author=Rieder, R.; Wanke, H.; Economou, T.|journal=Bulletin of the American Astronomical Society|volume=28|page=1062|date=09/1996}}</ref>APXS was also used in the [[測量員計畫|測量員5至7號]]月球探測器也使用了APXS，但所用的α粒子源是<sup>242</sup>Cm。<ref name=LA2>[http://www.ead.anl.gov/pub/doc/curium.pdf Human Health Fact Sheet on Curium], Los Alamos National Laboratory</ref><ref>Leitenberger, Bernd [http://www.bernd-leitenberger.de/surveyor.shtml Die Surveyor Raumsonden]{{de}}</ref><ref>{{cite book|url=http://history.nasa.gov/SP-480/ch9.htm |author=Nicks, Oran |

chapter=Ch. 9. Essentials for Surveyor|publisher=NASA|year=1985|title=SP-480 Far Travelers: The Exploring Machines}}</ref>

APXS上裝有一個傳感器頭，裏面含有6個鋦α粒子源，其總放射性衰變率為幾十[[居里 (單位)|毫居里]]（約十億[[貝可勒爾]]）。射源對準樣本後，儀器就會分析從樣本散射出來的α粒子和[[質子]]的能譜（只有某些光譜儀有分析質子的功能）。這些能譜包含有關所有主要元素量的信息（氫、氦和鋰除外）。<ref>[http://athena.cornell.edu/pdf/tb\_apxs.pdf Alpha Particle X-Ray Spectrometer (APXS)], Cornell University</ref>[[羅塞塔號]]的菲萊登陸器（Philae Lander）也將用APXS來探測[[楚留莫夫－格拉希門克彗星]]的表面。<ref>{{cite web|url=http://www.bernd-leitenberger.de/philae.shtml |title=Der Rosetta Lander Philae |publisher=Bernd-leitenberger.de |date=2003-07-01 |accessdate=2011-03-25}}</ref>

==安全==

由於具有放射性，鋦必須在適當的實驗室中用特殊的器材處理。鋦元素本身主要釋放α粒子，用很薄的普通材質就可以吸收阻擋。然而鋦的一些衰變產物卻會釋放大量β及γ輻射，因此需要更加嚴密的保護措施。<ref Name="lenntech"/>一旦攝入體內，鋦會在幾天以內被排除體外，只剩餘0.05%會吸收到血液內。血液中45%的鋦會進入[[肝臟]]，45%進入骨骼，餘下10%經排泄離開身體。骨骼中的鋦會積累在與骨組織與[[骨髓]]的接觸面上，而且不會隨時間明顯地分散。其輻射會破壞骨髓和其製造[[紅血球]]的能力。鋦的[[生物半衰期]]在肝臟中約為20年，而在骨骼中則為50年。<ref Name="lenntech"/><ref name=LA2/>鋦更容易通過呼吸進入體內，其中<sup>244</sup>Cm在水溶態時的最高允許可攝入量為0.3 μ[[居里 (單位)|C]]。<ref name=CRC/>含<sup>242</sup>Cm和<sup>244</sup>Cm的溶液在經[[靜脈注射]]進入老鼠的體內後，提高了老鼠長出[[骨腫瘤]]的機會；經吸入後，則造成[[肺癌]]和[[肝癌]]。<ref name="lenntech"/>

乏核燃料中不可避免地會含有鋦同位素，大約每噸含20克鋦。<ref>Hoffmann, K. ''Kann man Gold machen? Gauner, Gaukler und Gelehrte. Aus der Geschichte der chemischen Elemente'', Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin 1979, no ISBN, p. 233{{de}}</ref>其中<sup>245</sup>Cm至<sup>248</sup>Cm同位素的半衰期有數千年之久，必須先從要棄置的乏核燃料中分離出來。<ref>Baetslé, L. H. [http://www.ictp.trieste.it/~pub\_off/lectures/lns012/Baetsle.pdf Application of Partitioning/Transmutation of Radioactive Materials in Radioactive Waste Management], Nuclear Research Centre of Belgium Sck/Cen, Mol, Belgium, September 2001.</ref>鋦分離出來後，要在反應爐中經中子撞擊，成為短半衰期的核素。這種方法稱為[[核轉化]]，科學家目前正在研發鋦的核轉化過程。<ref name="denecke"/>

== 參考資料 ==

{{Reflist|2}}

==書目==

\*{{Greenwood&Earnshaw2nd}}

\*Holleman, Arnold F. and Wiberg, Nils ''Textbook of Inorganic Chemistry'', 102 Edition, de Gruyter, Berlin 2007, ISBN 978-3-11-017770-1.

\*Penneman, R. A. and Keenan T. K. [http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp?purl=/4187189-IKQUwY/ The radiochemistry of americium and curium], Univsity of California, Los Alamos, California, 1960

==外部鏈接==

{{Commons|Curium}}

{{wiktionary|curium}}

\*[http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@na+@rel+curium,+radioactive NLM Hazardous Substances Databank – Curium, Radioactive]

{{clear}}

{{元素週期表}}

[[Category:锕系元素]]

[[Category:人工合成元素]]

[[Category:第7周期元素|7J]]

[[Category:化学元素|7J]]

{{link FA|de}}

{{link GA|en}}