{{Elementbox

|number=98

|symbol=Cf

|name=鉲

|enname=Californium

|left=[[錇]]

|right=[[鑀]]

|above=[[鏑]]

|below=(Upn)

|series= 錒系元素

|period=7

|block=f

|appearance=銀白色

|image name=Californium.jpg

|image alt= 一小塊圓碟形的鉲元素

|image size = 176

|atomic mass= (251) {{sfn|CRC|2006|p=4.56}}

|electron configuration= &#91;[[氡|Rn]]&#93; 5f<sup>10</sup> 7s<sup>2</sup> {{sfn|CRC|2006|p=1.14}}

|electrons per shell= 2, 8, 18, 32, 28, 8, 2

|phase= 固體

|Mohs hardness=3–4{{sfn|CRC|1991|p=254}}

|density gpcm3nrt= 15.1{{sfn|CRC|2006|p=4.56}} <!-- {{sfn|O'Neil|2006|p=276}} -->

|melting point K=1173 <!-- {{sfn|Greenwood|1997|p=1263}} -->

|melting point C='''900''' {{sfn|CRC|2006|p=4.56}}

|melting point F=1652

|boiling point K=1743<ref>{{cite book|author1=Joseph Jacob Katz|author2=Glenn Theodore Seaborg|author3=Lester R. Morss|title=The Chemistry of the actinide elements|url=http://books.google.com/books?id=UuPvAAAAMAAJ|accessdate=11 July 2011|year=1986|publisher=Chapman and Hall|isbn=9780412273704|page=1038}}</ref>

|boiling point C=1470

|boiling point F=2678（估值）

|crystal structure= 六方

|crystal structure ref=

|crystal structure comment=

|oxidation states= 2, '''3''', 4 {{sfn|Greenwood|1997|p=1265}}

|electronegativity= 1.3 {{sfn|Emsley|1998|p=50}}

|number of ionization energies=1

|1st ionization energy= 608 {{sfn|CRC|2006|p=10.204}}

|CAS number= 7440-71-3 {{sfn|CRC|2006|p=4.56}}

|isotopes=

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

| na=[[放射性同位素|syn]] | hl=333.5 d

| dm1=[[α衰變|α]]（100%） | de1=6.369 | pn1=[[鋦的同位素|244]] | ps1=[[鋦|Cm]]

| dm2=[[自發裂變|SF]]（2.9×10<sup>−3</sup>%） | de2=0.0029 | pn2= | ps2=–}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=249 | sym=Cf

| na=[[痕量]] | hl=351 y

| dm1=α（100%）| de1=6.295 | pn1=245 | ps1=Cm

| dm2=SF（5.0×10<sup>−7</sup>%）| de2=4.4×10<sup>−7</sup> | pn2= | ps2=–}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=250 | sym=Cf

| na=痕量 | hl=13.08 y

| dm1=α（99.92%）| de1=6.129 | pn1=246 | ps1=Cm

| dm2=SF（0.08%）| de2=0.077 | pn2= | ps2=–}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay | mn=251 | sym=Cf

| na=痕量 | hl=898 y

| dm=α | de=6.172 | pn=247 | ps=Cm}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=252 | sym=Cf

| na=痕量 | hl=2.645 y

| dm1=α（96.91%）| de1=6.217 | pn1=248 | ps1=Cm

| dm2=SF（3.09%）| de2=– | pn2= | ps2=–}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=253 | sym=Cf

| na=痕量 | hl=17.81 d

| dm1=[[β衰變|β<sup>−</sup>]]（99.69%） | de1=0.29 | pn1=[[鑀的同位素|253]] | ps1=[[鑀|Es]]

| dm2=α（0.31%）| de2=6.126 | pn2=249 | ps2=Cm}}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=254 | sym=Cf

| na=syn | hl=60.5 d

| dm1=SF（99.69%） | de1=– | pn1= | ps1=–

| dm2=α（0.31%） | de2=5.930 | pn2=250 | ps2=Cm}}

|isotopes comment=同位素參考資料：{{sfn|CRC|2006|p=11.196}}<ref name="NNDC2008">{{cite web

|url = http://www.nndc.bnl.gov/chart/

|author = NNDC contributors

|editor = Sonzogni, Alejandro A.（數據庫管理員）

|title = Chart of Nuclides

|publisher = National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory

|accessdate = 2010-03-01

|year = 2008}}</ref>

|discovered by=[[勞倫斯伯克利國家實驗室]]

|discovery date=1950

}}

'''鉲'''（'''Californium'''）是一種[[放射性]]金屬[[化學元素]]，符號為'''Cf'''，[[原子序]]為98。[[伯克利加州大學]]於1950年以[[α粒子]]（[[氦-4]]離子）撞擊[[鋦]]，首次產生了鉲元素。鉲屬於[[錒系元素]]，是人們[[人工合成元素|合成]]的第六個[[超鈾元素]]。繼[[鑀]]之後，鉲是產量能以肉眼可見的元素中原子量第二高的。該元素是以[[美國]][[加利福尼亞州]]及[[加州大學]]命名的。它也是地球上自然產生的元素中質量最高的。更重的元素必須通過人工合成才能產生。

在一般壓力下，鉲擁有兩種[[晶體結構]]：其一存在於900 °C以上，另一存在於900 °C以下。高壓下，鉲還有第三種晶體結構。在室溫下，鉲會在空氣中緩慢地失去光澤。鉲的化合物主要包含鉲(III)，處於這一形態的鉲能夠形成3個[[化學鍵]]。已知的20個[[鉲的同位素]]中，鉲-251是最為穩定的，[[半衰期]]有898年。由於半衰期非常短，所以在地球的地殼中不存在大量的鉲元素。<ref group="注">地球大約在[[地球年齡|45億年前形成]]，而在地球中自然放射的中子不足以從較穩定的元素產生出大量的鉲。</ref>鉲-252是最常見的同位素，半衰期約為2.64年。該同位素是在美國的[[橡樹嶺國家實驗室]]及[[俄羅斯]]的[[核反應器研究所]]合成的。

鉲是少數具有實際用途的超鈾元素之一。人們主要利用某些[[鉲的同位素|鉲同位素]]釋放[[中子]]的能力。比如，鉲能夠用於發動[[核反應爐]]，也可以使用在[[中子散射]]和[[中子譜學]]中對材料進行研究。鉲還能用於製造更重的元素：[[Uuo]]（第118號元素）就是以[[鈣-48]]離子撞擊鉲-249合成的。在處理鑀的時候，必須考慮到它的放射性。當[[生物累積|累積]]在骨骼組織時，鉲可以破壞[[紅血球]]的形成。

== 特性 ==

=== 物理特性 ===

鉲是一種銀白色的[[錒系元素|錒系]]金屬{{sfn|Jakubke|1994|p=166}}，[[熔點]]為900 ± 30 °C，估計的[[沸點]]為1745 °C。{{sfn|Haire|2006|pp=1522–1523}}處於純金屬態時，鉲是具延展性的，可以用刀片輕易切開。在真空狀態下的鉲金屬到了300 °C以上時便會氣化。{{sfn|Haire|2006|p=1526}}在51 [[開氏度|K]]（−220 °C）以下的鉲金屬具[[鐵磁性]]或[[亞鐵磁性]]，在48至66 K時具[[反鐵磁性]]，而在160 K（−110 °C）以上時具[[順磁性]]。{{sfn|Haire|2006|p=1525}}它與[[鑭系元素]]能夠形成[[合金]]，但人們對其所知甚少。{{sfn|Haire|2006|p=1526}}

在一個大氣壓力下，鉲有著兩種[[晶體結構]]：一種是雙層[[六方密排]]結構（α），另一種為[[面心立方]]結構（β）。{{#tag:ref|雙層六方密排結構（dhcp）的[[晶胞]]由位於同一個六邊形平面上的兩個六邊形密排結構組成，因此dhcp結構的順序為ABACABAC。{{sfn|Szwacki|2010|p=80}}|group="注"}}其中α型在900 °C下出現，密度為15.10 g/cm<sup>3</sup>；β型在900 °C以上出現，密度為8.74 g/cm<sup>3</sup>。{{sfn|O'Neil|2006|p=276}}在48 [[帕斯卡|GPa]]的壓力下，β型會轉變為[[正交晶系]]結構。這是由於其原子中的[[電子層|5f電子]]在此壓力下會[[離域電子|離域]]，並能夠參與鍵合。{{sfn|Haire|2006|p=1522}}<ref group="注">質量較低的三種超鈈元素（[[鎇]]、[[鋦]]、[[錇]]）要使5f電子離域所需的壓力更低得多。{{sfn|Haire|2006|p=1522}}</ref>

物質的[[體積模量]]指的是該物質抗衡均勻壓力的強度。鉲的體積模量為50 ± 5 GPa，這與三價的鑭系金屬相似，但比一些常見的金屬低（如[[鋁]]：70 GPa）。{{sfn|Haire|2006|p=1522}}

=== 化學特性及化合物 ===

{| class="wikitable"

|+ 鉲的某些化合物{{sfn|Jakubke|1994|p=166}}{{#tag:ref|其他+3氧化態還包括硫化物及[[茂金屬]]。{{sfn|Cotton|1999|p=1163}}具+4態的化合物是強[[氧化劑]]，具+2態的則為強[[還原劑]]。{{sfn|Jakubke|1994|p=166}}|group="注"}}

! 氧化態 !! 化合物 !! 公式 !! 顔色

|-

| +2 || 二溴化鉲 || CfBr<sub>2</sub> || 黃色

|-

| +2 || 二碘化鉲 || CfI<sub>2</sub> || 深紫色

|-

| +3 || 三氧化二鉲 || Cf<sub>2</sub>O<sub>3</sub> || 黃綠色

|-

| +3 || 三氟化鉲 || CfF<sub>3</sub> || 鮮綠色

|-

| +3 || 三氯化鉲 || CfCl<sub>3</sub> || 翠綠色

|-

| +3 || 三碘化鉲 || CfI<sub>3</sub> || 檸檬色

|-

| +4 || 二氧化鉲 || CfO<sub>2</sub> || 棕黑色

|-

| +4 || 四氟化鉲 || CfF<sub>4</sub> || 綠色

|}

鉲的[[化合價]]可以是4、3或2，也就是說一個鉲原子能夠形成2至4個[[化學鍵]]。{{sfn|O'Neil|2006|p=276}}其化學屬性預計將會類似於別的三價錒系元素，以及在[[元素週期表]]中位於鉲以上的[[鏑]]。{{sfn|Seaborg|2004}}{{sfn|CRC|2006|p=4.8}}鉲在室溫下會在空氣中緩慢地失去光澤，速度隨著濕度的提高而加快。{{sfn|O'Neil|2006|p=276}}鉲可以和[[氫]]、[[氮]]和任何[[氧族元素]]加熱進行反應，其中與不含濕氣的氫或與水溶[[無機酸]]反應的速度極快。{{sfn|O'Neil|2006|p=276}} <!--請補充解釋鉲-249是唯一一種可以用於化學研究的同位素。<ref name="Emeleus">{{cite book|last=Emeleus|first=H. J.|title=Advances in Inorganic Chemistry|page=33|year=1987|publisher=Academic Press | isbn = 978-0-12-023631-2 }}</ref> /請解釋 -->

鉲[[水溶液|水溶]]時處於鉲(III)[[正離子]]狀態。科學家未能[[氧化還原反應|還原或氧化]]溶液中的+3離子。{{sfn|CRC|2006|p=4.8}}鉲能夠形成能溶於水的[[氯化物]]、[[硝酸鹽]]、[[高氯酸鹽]]及[[硫酸鹽]]，沉澱後形成[[氟化物]]、[[草酸鹽]]或[[氫氧化物]]。{{sfn|Seaborg|2004}}

=== 同位素 ===

{{main|鉲的同位素}}

目前已知的鉲同位素共有20個，都是[[放射性同位素]]。其中最穩定的有鉲-251（[[半衰期]]為898年）、鉲-249（351年）、鉲-250（13.08年）及鉲-252（2.645年）。<ref name="NNDC2008">{{cite web

| url = http://www.nndc.bnl.gov/chart/

| author = NNDC contributors

| editor = Sonzogni, Alejandro A. (Database Manager)

| title = Chart of Nuclides

| publisher = National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory

| accessdate = 2010-03-01

| year = 2008 }}</ref>其餘的同位素半衰期都在一年以下，大部分甚至少於20分鐘。<ref name="NNDC2008" />鉲同位素的[[質量數]]從237到256不等。<ref name="NNDC2008" />

鉲-249是在錇-249進行[[β衰變]]後形成的。大部分其他的鉲同位素是在[[核反應爐]]中對錇進行強烈的中子輻射後產生的。{{sfn|CRC|2006|p=4.8}}雖然鉲-251的半衰期最長，但是由於容易吸收中子（高[[中子捕獲]]率）以及會與其他粒子產生反應（高[[中子截面]]），所以其產量只有10%。{{sfn|Haire|2006|p=1504}}

鉲-252是個強[[中子]]射源，因此其[[放射性]]極高，非常危險。<ref>{{cite journal|author = Hicks, D. A. |title = Multiplicity of Neutrons from the Spontaneous Fission of Californium-252|journal = Physical Review|year = 1955|volume = 97|issue = 2|pages = 564–565|doi = 10.1103/PhysRev.97.564|last2 = Ise|first2 = John|last3 = Pyle|first3 = Robert V.|bibcode = 1955PhRv...97..564H }}</ref><ref>{{cite journal|author = Hicks, D. A. |title = Spontaneous-Fission Neutrons of Californium-252 and Curium-244|journal = Physical Review |year = 1955|volume = 98|issue = 5|pages = 1521–1523|doi = 10.1103/PhysRev.98.1521|last2 = Ise|first2 = John|last3 = Pyle|first3 = Robert V.|bibcode = 1955PhRv...98.1521H }}</ref><ref>{{cite journal|author =Hjalmar, E.; Slätis, H.; Thompson, S.G. |title = Energy Spectrum of Neutrons from Spontaneous Fission of Californium-252| journal = Physical Review| year = 1955| volume = 100|issue =5|pages = 1542–1543| doi = 10.1103/PhysRev.100.1542|bibcode = 1955PhRv..100.1542H }}</ref>鉲-252有96.9%的機率進行[[α衰變]]（損失兩顆[[質子]]和兩顆中子），並形成[[鋦]]-248，剩餘的3.1%機率進行[[自發裂變]]。<ref name="NNDC2008" />一[[微克]]（µg）的鉲-252每秒釋放230萬顆中子，平均每次自發裂變釋放3.7顆中子。<ref name="osti">{{cite journal|author = Martin, R. C.; Knauer, J. B.; Balo, P. A.| title = Production, Distribution, and Applications of Californium-252 Neutron Sources| year = 1999|url = http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp?purl=/15053-AE6cnN/native/ |doi = 10.1016/S0969-8043(00)00214-1|journal = Applied Radiation and Isotopes |volume = 53|issue = 4–5|pages = 785–92|pmid = 11003521 }}</ref>其他大部分的鉲同位素都以α衰變形成鋦的同位素（[[原子序]]為96）。<ref name="NNDC2008" />

== 歷史 ==

[[File:Berkeley 60-inch cyclotron.gif|thumb|left|首次合成鉲時所用的1.5米直徑[[迴旋加速器]]]]

1950年2月9日前後，物理學家[[Stanley Gerald Thompson|Stanley G. Thompson]]、[[Kenneth Street, Jr.]]、[[阿伯特·吉奥索]]及[[格倫·西奧多·西博格]]在[[伯克利加州大學]]首次[[化學元素發現年表|發現]]了鉲元素。{{sfn|Cunningham|1968|p=103}}鉲是第六個被發現的[[超鈾元素]]。研究小組在1950年3月17日發佈了該項發現。<ref>{{cite journal|author = Thompson, S. G.|coauthors = Street, Jr. K.; Ghiorso, A.; Seaborg, G. T.|title = Element 98 |journal = Physical Review|year =1950| volume = 78|issue = 3|page = 298| doi = 10.1103/PhysRev.78.298.2| url = http://escholarship.org/uc/item/44g7z6hk|bibcode = 1950PhRv...78..298T }}</ref><ref name="E98">{{cite journal|author =Thompson, S. G.|coauthors = Street, Jr. K.; Ghiorso, A.; Seaborg, G. T.| title = The New Element Californium (Atomic Number 98)|journal = Physical Review|year =1950|volume =80|issue =5| page = 790| doi = 10.1103/PhysRev.80.790| url = http://www.osti.gov/accomplishments/documents/fullText/ACC0050.pdf|format=PDF|bibcode = 1950PhRv...80..790T }}</ref><ref>{{cite journal|author =Street, K., Jr.; Thompson, S. G.; Seaborg, G. T.| title= Chemical Properties of Californium|journal = Journal of the American Chemical Society|year = 1950| volume = 72|issue =10|page = 4832| doi = 10.1021/ja01166a528|url = http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA319899&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf|format=PDF }}</ref>

美國加州[[伯克利]]的1.5米直徑[[迴旋加速器]]將[[α粒子]]（{{Nuclide|helium|4}}）加速至35 MeV能量，射向一微克大小的鋦-242目標，以此產生了鉲-245（{{Nuclide|californium|245}}）和一顆[[自由中子]]（{{SubatomicParticle|neutron}}）。{{sfn|Cunningham|1968|p=103}}

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

此次實驗只產生了大約5千顆鉲原子，{{sfn|Seaborg|1996|p=82}}半衰期為44分鐘。{{sfn|Cunningham|1968|p=103}}

該新元素以加州和[[加州大學]]命名。這和95至97號元素的命名方式有所不同。第95至97號元素是利用類似於對上的元素之命名方式而命名的。{{sfn|Weeks|1968|p=849}}{{#tag:ref|[[銪]]（Europium）是以發現時所在的大陸（歐洲，Europe）命名的，因此對下的95號元素[[鎇]]（Americium）以美洲命名（America）；[[釓]]（Gadolinium）是以科學家、工程師[[約翰·加多林]]（Johan Gadolin）命名的，所以96號元素[[鋦]]（Curium）以[[瑪莉·居禮]]（Marie Curie）和[[皮埃爾·居禮]]（Pierre Curie）命名；[[鋱]]（Terbium）是以發現地[[伊特比]]（Ytterby）命名的，所以97號元素[[錇]]（Berkelium）以發現地[[伯克利]]（Berkeley）命名。{{sfn|Weeks|1968|p=848}}|group="注"}}但是，98號元素以上的[[鏑]]（Dysprosium）的意思是「難取得」，所以研究人員決定打破此前的非正式命名常規。{{sfn|Heiserman|1992|p=347}}

[[愛達荷國家實驗室]]通過對[[鈈]]目標體進行輻射，首次產生了重量可觀的鉲元素，並於1954年發佈了研究結果。<ref>{{cite journal|journal=[[Physical Review]]|volume=94|issue=4|pages=1083|year=1954|author=Diamond, H. ''et al.''|title=Identification of Californium Isotopes 249, 250, 251, and 252 from Pile-Irradiated Plutonium|doi = 10.1103/PhysRev.94.1083|bibcode = 1954PhRv...94.1083D }}</ref>產生的樣本中能夠觀察到鉲-252的高自發裂變率。1958年，科學家首次對濃縮鉲進行了實驗。{{sfn|Cunningham|1968|p=103}}在對[[鈈-239]]進行中子輻射連續5年之後，科學家在樣本中發現了從鉲-249到鉲-252的各個同位素。{{sfn|Jakubke|1994|p=166}}兩年後的1960年，勞倫斯伯克利國家實驗室的[[Burris Cunningham]]和[[James Wallman]]把鉲置於蒸汽與鹽酸中，第一次製成了鉲的化合物——三氯化鉲、[[氯氧化鉲]]及氧化鉲。<ref>{{cite journal|journal = Science News Letters|volume = 78|issue = 26|month = December|year = 1960|title = Element 98 Prepared }}</ref>

1960年代，位於美國[[田納西州]][[橡樹嶺 (田納西州)|橡樹嶺]]的[[橡樹嶺國家實驗室]]利用其[[高通率同位素反應爐]]（HFIR）產生了少量的鉲。<ref>{{cite web|url=http://web.ornl.gov/sci/rrd/pages/hfir.html|title=The High Flux Isotope Reactor|publisher=Oak Ridge National Laboratory|accessdate=2010-08-22|archiveurl=http://web.archive.org/web/20100527164346/http://web.ornl.gov/sci/rrd/pages/hfir.html <!--Added by H3llBot-->|archivedate=2010-05-27 }}</ref>到1995年為止，HFIR的實際鉲年產量為500毫克。{{sfn|Osborne-Lee|1995|p=11}}在《[[英美共同防禦協約]]》下[[英國]]向美國提供的鈈元素曾用於製造鉲。<ref>{{cite web |archiveurl=http://web.archive.org/web/20061213032416/http://www.mod.uk/NR/rdonlyres/B31B4EF0-A584-4CC6-9B14-B5E89E6848F8/0/plutoniumandaldermaston.pdf|format=PDF |archivedate=2006-12-13 |url=http://www.mod.uk/NR/rdonlyres/B31B4EF0-A584-4CC6-9B14-B5E89E6848F8/0/plutoniumandaldermaston.pdf |title=Plutonium and Aldermaston – an Historical Account |publisher=UK Ministry of Defence |date=2001-09-04 |accessdate=2007-03-15|page=30 }}</ref>

[[美國原子能協會]]在1970年代初起向工業及學術機構銷售鉲-252同位素，每微克價格為10美元<ref name="osti" />，從1970至1990年每年一共售出150微克鉲-252。{{sfn|Osborne-Lee|1995|p=6}}{{#tag:ref|《1974年能源組織改組法》實施後，[[美國核能管理委員會]]取代美國原子能協會，並提高了鉲-252的價格。到了1999年，每微克鉲-252的售價為60美元。這價格不包括封裝及運輸的費用。<ref name="osti" />|group="注"}}Haire和Baybarz於1974年用鑭金屬還原了氧化鉲(III)，首次製成數微克重、厚度小於1微米的鉲金屬薄片。{{sfn|Haire|2006|p=1519}}<ref>{{cite journal|last1=Haire|first1=R.G.|last2=Baybarz|first2=R.D.|title=Crystal Structure and Melting Point of Californium Metal|journal=Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry|volume=36|issue=6|pages=1295|year=1974|doi=10.1016/0022-1902(74)80067-9 }}</ref>{{#tag:ref|1975年的另一篇論文指出，前一年製成的鉲金屬實際上是六方型化合物Cf<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S及面心立方型化合物CfS。<ref>{{cite journal|doi=10.1016/0022-1902(75)80787-1|journal=Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry|year=1975|pages=1441–1442|volume=37|issue=6|title=On Californium Metal|last=Zachariasen|first=W. }}</ref>科學家在1976年證實了1974年的實驗結論，並繼續對鉲金屬進行研究。{{sfn|Haire|2006|p=1519}}|group="注"}}

== 存量 ==

[[File:Operation Crossroads Baker Edit.jpg|thumb|核試驗已將少量的鉲散落在環境當中。]]

地球上有著極少量的鉲，主要出現在含[[鈾]]量很高的[[鈾礦]]中。鈾在[[中子捕獲|捕獲中子]]之後進行[[β衰變]]，從而形成鉲。<ref name="ANL2005">{{cite web|url=http://www.evs.anl.gov/pub/doc/Californium.pdf|title=Human Health Fact Sheet: Californium|date=August 2005|publisher=Argonne National Laboratory|author=ANL contributors|format=PDF }}</ref><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>在使用鉲進行探礦或醫學治療的設施附近也可以發現鉲。{{sfn|Emsley|2001|p=90}}鉲不易溶於水，但會黏附在泥土上，所以泥土中鉲的濃度可以比泥土粒子周圍的水高出500倍。<ref name="ANL2005" />

1980年之前大氣層[[核試驗]]的[[輻射落塵]]散落在環境中，其中含有少量的鉲。<ref name="ANL2005" />從空氣中採得的核爆輻射落塵中曾被發現含有[[質量數]]為249、252、253和254的鉲同位素。<ref>{{cite journal|author = Fields, P. R. ''et al.''|title = Transplutonium Elements in Thermonuclear Test Debris|journal = Physical Review|year = 1956|volume = 102|issue = 1|pages = 180–182|doi = 10.1103/PhysRev.102.180|bibcode = 1956PhRv..102..180F }}</ref>

科學家曾認為[[超新星]]會產生鉲，因為超新星物質的衰變符合<sup>254</sup>Cf的60天半衰期。<ref name=super1>{{cite journal|last=Baade|first=W.|coauthors=Burbidge, G. R., Hoyle, F., Burbidge, E. M., Christy, R. F., & Fowler, W. A.|title=Supernovae and Californium 254|journal=Publications of the Astronomical Society of the Pacific|year=1956|month=August|volume=68|issue=403|pages=296–300|doi=10.1086/126941|url=http://authors.library.caltech.edu/6553/1/BURpr56.pdf|accessdate=26 September 2012}}</ref>不過，之後的研究未能探測到鉲譜線，<ref name=super2>{{cite journal|last=Conway|first=J. G.|coauthors=Hulet, E.K.; Morrow, R.J.|title=Emission Spectrum of Californium|journal=Journal of the Optical Society of America|date=1 February 1962|volume=52|url=http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti\_id=4806792|accessdate=26 September 2012}}</ref>現在人們也一般認為超新星的[[光變曲線]]是符合[[鎳的同位素|鎳-56]]的特徵的。{{sfn|Ruiz-Lapuente1996|p=274}}

== 產生 ==

{{see also|核燃料循環}}

鉲可以在[[核反應爐]]和[[粒子加速器]]中產生。{{sfn|Krebs|2006|pp=327–328}}錇-249（{{nuclide|Bk|249}}）受中子撞擊（[[中子捕獲]](n,γ)）後立即進行[[β衰變]]（β<sup>−</sup>），便會形成鉲-250（{{nuclide|Cf|250}}）。反應如下：{{sfn|Heiserman|1992|p=348}}

:{{nuclide|Bk|249}}(n,γ){{nuclide|Bk|250}} → {{nuclide|Cf|250}} + β<sup>−</sup>

鉲-250在受中子撞擊後會產生鉲-251和鉲-252。{{sfn|Heiserman|1992|p=348}}

對[[鎇]]、鋦和鈈元素進行中子輻射可以製成數毫克的鉲-252和數微克的鉲-249。{{sfn|Cunningham|1968|p=105}}直到2006年，科學家利用特殊的反應爐對鋦-244至248進行中子輻射，主要產生出鉲-252，另有較少的鉲-249至255。{{sfn|Haire|2006|p=1503}}

經過[[美國核能管理委員會]]可以購得微克量的鉲-252作商業用途。{{sfn|Krebs|2006|pp=327–328}}世界上僅有兩處生產鉲的設施：位於美國的橡樹嶺國家實驗室以及位於俄羅斯的核反應器研究所。到2003年為止，兩座設施分別每年生產0.25克和0.025克的鉲-252。{{sfn|NRC|2008|p=33}}

設施還生產三個半衰期頗長的鉲同位素，這需要[[鈾-238]]捕獲中子15次，期間不進行[[核裂變]]或α衰變。{{sfn|NRC|2008|p=33}}從鈾-238開始的核反應鏈經過幾個[[鈈的同位素|鈈同位素]]、[[鎇的同位素|鎇同位素]]、[[鋦的同位素|鋦同位素]]、[[錇的同位素|錇同位素]]以及鉲-249至253（見圖）。

{{-}}

[[File:Cf 252 Produktion.png|center|600px|thumb|以中子輻射從鈾-238產生鉲-252的核反應路徑圖]]

== 應用 ==

[[File:CfShield.JPG|thumb|橡樹嶺國家實驗室建造的50噸重運輸桶，可用於運載最多1克的<sup>252</sup>Cf。{{sfn|Seaborg|1994|p=245}}運輸此類高放射性物質必須用到重型容器，以避免可能的意外。<ref>{{cite web|url=http://rampac.energy.gov/PCN/EM-PCP-certified-pkgs-8808.pdf|title=DOE Certified Radioactive Materials Transportation Packagings|last=Shuler|first=James|year=2008|page=1|publisher=United States Department of Energy|format=PDF }}</ref>]]

<!--來源請求：鉲是發現當時在實驗室外有實際用途的最重元素。[[鑀]]及以上的元素由於半衰期太短，因此只能用於製造更重的元素。-->鉲-252作為一種強中子射源，有著幾個應用的範疇。每微克的鉲每分鐘能夠產生1.39億顆中子。<ref name="osti" />因此鉲可以被用作核反應爐的[[中子啟動源]]{{sfn|O'Neil|2006|p=276}}或在[[中子活化分析]]中作為（非來自反應爐的）中子源。<ref name="Martin2000">{{cite conference|last = Martin|first = R. C.|title = Applications and Availability of Californium-252 Neutron Sources for Waste Characterization|date = 2000-09-24|url = http://www.ornl.gov/~webworks/cpr/pres/107270\_.pdf|format = PDF|accessdate = 2010-05-02|conference=Spectrum 2000 International Conference on Nuclear and Hazardous Waste Management|location=Chattanooga, Tennessee }}</ref>{{#tag:ref|由於體積較小，產生的熱量和氣體也較少，所以鉲-252在1990年便已取代了鈈-[[鈹]]中子源。{{sfn|Seaborg|1990|p=318}}|group="注"}}在[[放射治療]]無效時，[[子宮頸癌]]和[[腦癌]]的治療目前用到了鉲所產生的中子。{{sfn|O'Neil|2006|p=276}}自從1969年薩瓦那河發電廠向[[佐治亞理工學院]]借出119 µg的鉲-252之後，鉲一直被用於教育範疇上。{{sfn|Osborne-Lee|1995|p=33}}在煤炭、水泥產業中，鉲也被應用在煤元素分析和粒狀物質分析機上。

由於中子能夠穿透物質，所以鉲也可以被用在探測器中，如[[燃料棒]]掃描儀，{{sfn|O'Neil|2006|p=276}}使用[[中子射線照相術]]來探測飛機和武器部件的[[腐蝕]]、問題焊接點、破裂及內部濕氣，{{sfn|Osborne-Lee|1995|pp=26–27}}<!--來源請求：機場裏用於探測爆炸品的中子活化探測器-->以及便攜式金屬探測器等。<ref>{{cite web|url=http://www.pnl.gov/news/2000/00-43.htm|title=Will You be 'Mine'? Physics Key to Detection|date=2000-10-25|publisher = Pacific Northwest National Laboratory|accessdate = 2007-03-21 |archiveurl = http://web.archive.org/web/20070218125029/http://www.pnl.gov/news/2000/00-43.htm <!-- Bot retrieved archive --> |archivedate = 2007-02-18 }}</ref>[[中子濕度計]]利用鉲-252來尋找油井中的水和石油，為金銀礦的實地探測提供[[中子源]]，{{sfn|CRC|2006|p=4.8}}以及探測地下水的流動。<ref>{{cite journal|journal = Ground Water|volume = 18|issue = 1|pages =14–23|year = 2006|title =Ground-Water Tracers – A Short Review|author = Davis, S. N. |doi = 10.1111/j.1745-6584.1980.tb03366.x|last2 = Thompson|first2 = Glenn M.|last3 = Bentley|first3 = Harold W.|last4 = Stiles|first4 = Gary }}</ref>1982年鉲-252的主要用途按用量比例分別為：反應爐啟動源（48.3%）、燃料棒掃描儀（25.3%）及活化分析（19.4%）。{{sfn|Osborne-Lee|1995|p=12}}到了1994年，大部分的鉲-252都用於中子射線照相（77.4%），而燃料棒掃描儀（12.1%）和反應爐啟動源（6.9%）則成了次要的應用範圍。{{sfn|Osborne-Lee|1995|p=12}}

鉲-251的[[臨界質量]]很低（約為5 kg）。<ref>{{cite web|publisher = Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire|title = Evaluation of nuclear criticality safety data and limits for actinides in transport|page = 16|url = http://ec.europa.eu/energy/nuclear/transport/doc/irsn\_sect03\_146.pdf|format = PDF|accessdate=2010-12-20 }}</ref>人們曾誇大其低臨界質量的可能用途。{{#tag:ref|1961年7月版的《[[科技新時代]]》一篇名為「第三次世界大戰的事實與謬論」一文中寫道：「一個由鉲做成的原子彈可以比一個手槍子彈更小。你可以自制一支含六發子彈的手槍，其射出的子彈在接觸目標後能夠釋放10噸TNT炸彈的力量。」<ref>{{cite journal|journal=[[Popular Science]]|pages= pp. 92–95, 178–181|date=July 1961|volume=179|issue=1|issn=0161-7370|title=Facts and Fallacies of World War III|url=http://books.google.com/books?id=OiEDAAAAMBAJ&pg=PA180|author1=Mann, Martin}}"force of 10 tons of TNT", p.180.</ref>|group="注"}}

2006年10月，位於俄羅斯[[杜布納]][[聯合核研究所]]的研究人員宣佈成功合成3顆[[Uuo]]（118號元素）原子。他們利用[[鈣]]-48撞擊鉲-249，產生了這個目前最重的元素。該次實驗的目標體是一片面積為32 cm<sup>2</sup>、含有10 mg鉲-249的[[鈦]]薄片。<ref>{{cite journal|author=Oganessian, Yu. Ts. ''et al.''| title = Synthesis of the isotopes of elements 118 and 116 in the californium-249 and <sup>245</sup>Cm+<sup>48</sup>Ca fusion reactions|journal = Physical Review C|year = 2006|volume = 74|issue =4|pages = 044602–044611|doi = 10.1103/PhysRevC.74.044602|bibcode=2006PhRvC..74d4602O }}</ref><ref>{{cite news|author = Sanderson, K. |title = Heaviest element made – again|work = Nature News|publisher =Nature|date = 2006-10-17|doi=10.1038/news061016-4 }}</ref><ref>{{cite web|author = Schewe, P.|coauthors = Stein, B.|title = Elements 116 and 118 Are Discovered|work = Physics News Update|publisher = American Institute of Physics|date = 2006-10-17|url = http://www.aip.org/pnu/2006/797.html|accessdate = 2006-10-19 }}</ref> <!--請解釋：鉲的其他應用包括校準、[[劑量學]]和裂變碎片及半衰期研究。{{sfn|Osborne-Lee|1995|p=34}} -->其他用到鉲來合成的超鈾元素還包括1961年以[[硼]]原子核撞擊鉲所形成的[[鐒]]元素。<ref>{{cite journal|title = Element 103 Synthesized|journal = Science News-Letter|volume = 79|issue = 17|year = 1961|page = 259|month = April }}</ref>

== 安全 ==

[[生物累積|累積]]在骨骼組織裏的鉲會釋放輻射，破壞身體製造[[紅血球]]的能力。{{sfn|Cunningham|1968|p=106}}由於放射性極強，在環境中的存量極低，所以鉲在生物體中沒有任何自然的用途。{{sfn|Emsley|2001|p=90}}

在進食受鉲污染的食物或飲料，或吸入含有鉲的懸浮顆粒之後，鉲就會進入體內。在身體裏，只有0.05%的鉲會進入血液裏，其中的65%會積累在骨骼中，肝臟25%，其餘的主要通過排尿排出身體。骨骼和肝臟中積累的鉲分別會在50年和20年後消失。鉲會首先附在骨骼的表面，之後會慢慢蔓延到骨骼的各個部分。<ref name="ANL2005" />

一旦進入體內，鉲會造成很大的損害。另外，鉲-249和鉲-251能釋放[[伽瑪射線]]，對外表組織造成傷害。鉲所釋放的[[致電離輻射]]在骨骼和肝臟中可致癌。<ref name="ANL2005" /><!-- for the whole paragraph -->

== 備註 ==

{{reflist|group="注"}}

== 參考資料 ==

{{reflist|colwidth=30em}}

== 書目 ==

<!--NOTE only add URLs to places where at least some preview of the book is available -->

\* {{cite book

| last = Cotton | first = F. Albert

| coauthors = Wilkinson, Geoffrey; Murillo, Carlos A.; Bochmann, Manfred

| title = Advanced Inorganic Chemistry

| edition = 6th

| year = 1999

| publisher = John Wiley & Sons

| isbn = 978-0-471-19957-1

| chapter =

| pages =

| ref = harv

}}

\* {{cite book

| author = CRC contributors

| title = Handbook of Metal Etchants

| editor1-first = Perrin|editor1-last = Walker

| editor2-first = William H.| editor2-last = Tarn

| edition =

| year = 1991

| publisher = CRC Press

| isbn = 978-0-8493-3623-2

| ref = {{sfnRef|CRC|1991}}

}}

\* {{cite book

| author = CRC contributors

| title = Handbook of Chemistry and Physics

| editor-first = David R.|editor-last = Lide

| edition = 87th

| year = 2006

| publisher = CRC Press, Taylor & Francis Group

| isbn = 978-0-8493-0487-3

| ref = {{sfnRef|CRC|2006}}

}}

\* {{cite book

| title = The Encyclopedia of the Chemical Elements

| publisher = Reinhold Book Corporation

| year = 1968

| editor-last = Hampel|editor-first = Clifford A.

| last = Cunningham

| first = B. B.

| coauthors =

| chapter = Californium

| pages=

| ref = harv

| lccn = 68-29938

}}

\* {{cite book

| title = The Elements

| last = Emsley

| first = John

| publisher = Oxford University Press

| year = 1998

| isbn = 978-0-19-855818-7

| pages =

| url=http://books.google.com/books?id=qgYpAAAAYAAJ

| ref = harv

}}

\* {{cite book

| title = Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements

| last = Emsley

| first = John

| publisher = Oxford University Press

| year = 2001

| isbn = 978-0-19-850340-8

| chapter = Californium

| pages =

| url=http://books.google.com/books?id=Yhi5X7OwuGkC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

| ref = harv

}}

\* {{cite book

| last = Greenwood

| first = N. N.

| coauthors = Earnshaw, A.

| title = Chemistry of the Elements

| edition = 2nd

| publisher = Butterworth-Heinemann

| year = 1997

| isbn = 978-0-7506-3365-9

| page =

| chapter =

| ref = harv

}}

\* {{cite book

| title = The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements

| editor1-first = Lester R.

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

| editor2-last = Edelstein

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

| last = Haire|first = Richard G.

| chapter = Californium

| publisher = Springer Science+Business Media

| year = 2006

| isbn = 978-1-4020-3555-5

| edition = 3rd

| ref = harv

}}

\* {{cite book

| last = Heiserman

| first = David L.

| year = 1992

| title = Exploring Chemical Elements and their Compounds

| publisher = TAB Books

| isbn = 978-0-8306-3018-9

| chapter = Element 98: Californium

| ref = harv

| url=http://books.google.com/books?id=24l-Cpal9oIC

}}

\* {{cite book

| others = trans. rev. Eagleson, Mary

| editor1-first = Hans-Dieter | editor1-last = Jakubke

| editor2-first = Hans | editor2-last = Jeschkeit

| title = Concise Encyclopedia Chemistry

| publisher = Walter de Gruyter

| year = 1994

| url = http://books.google.com/books?id=Owuv-c9L\_IMC&printsec=frontcover

| isbn = 978-3-11-011451-5

| ref = {{sfnRef|Jakubke|1994}}

}}

\* {{cite book

| last = Krebs

| first = Robert

| title = The History and Use of our Earth's Chemical Elements: A Reference Guide

| year = 2006

| publisher = Greenwood Publishing Group

| isbn = 978-0-313-33438-2

| ref = harv

}}

\* {{cite book

| title = Radiation Source Use and Replacement: Abbreviated Version

| author = National Research Council (U.S.). Committee on Radiation Source Use and Replacement

| year = 2008

| publisher = National Academies Press

| ref = {{sfnRef|NRC|2008}}

| url = http://books.google.com/books?id=3cT2REdXJ98C&printsec=frontcover

| isbn = 978-0-309-11014-3

}}

\* {{cite book

| editor1-last = O'Neil|editor1-first = Marydale J.

| editor2-last = Heckelman|editor2-first = Patricia E.

| editor3-last = Roman|editor3-first = Cherie B.

| title = The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals

| edition = 14th

| publisher = Merck Research Laboratories, Merck & Co.

| year = 2006

| isbn = 978-0-911910-00-1

| url = http://books.google.com/books?id=kEYfRAAACAAJ

| ref = {{sfnRef|O'Neil|2006}}

}}

\* {{cite journal

| title = Californium-252: A Remarkable Versatile Radioisotope

| last1 = Osborne-Lee|first1 = I. W.

| last2 = Alexander|first2 = C. W.

| journal = Oak Ridge Technical Report ORNL/TM-12706

| year = 1995

| url = http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?query\_id=1&page=0&osti\_id=205871 |doi=10.2172/205871

| ref = {{sfnRef|Osborne-Lee|1995}}

}}

\* {{cite book

| last1 = Ruiz-Lapuente

| first1 = P.

| last2 = Canal

| first2 = R.

| last3 = Isern

| first3 = J.

| year = 1996

| title = Thermonuclear Supernovae

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

| isbn = 978-0-7923-4359-2

| url = http://books.google.com/books?id=I6Rl1VAAX3QC

| ref = {{sfnRef|Ruiz-Lapuente|1996}}

}}

\* {{cite book

| last1 = Seaborg|first1 = Glenn T.

| last2 = Loveland|first2 = Walter D.

| title = The Elements Beyond Uranium

| publisher = John Wiley & Sons, Inc.

| year = 1990

| isbn = 978-0-471-89062-1

| ref = {{sfnRef|Seaborg|1990}}

| url = http://books.google.com/books?id=QFhRAAAAMAAJ

}}

\* {{cite book

| last = Seaborg

| first = G. T.

| year = 1994

| url = http://books.google.com/books?id=e53sNAOXrdMC&pg=PA245

| title = Modern alchemy: selected papers of Glenn T. Seaborg

| publisher = World Scientific

| isbn = 978-981-02-1440-1

| ref = harv

}}

\* {{cite book

| last = Seaborg

| first = G. T.

| year = 1996

| editor = Adloff, J. P.

| title = One Hundred Years after the Discovery of Radioactivity

| publisher = Oldenbourg Wissenschaftsverlag

| isbn = 978-3-486-64252-0

| url = http://books.google.com/books?id=whGiCQywLi8C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

| ref = harv

}}

\* {{cite encyclopedia

| last = Seaborg | first = Glenn T.

| encyclopedia = Concise Encyclopedia of Chemistry

| title = Californium

| editor = Geller, Elizabeth

| publisher = McGraw-Hill

| year = 2004

| isbn = 978-0-07-143953-4

| page = 94

| url = http://books.google.com/books?id=Owuv-c9L\_IMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

| ref= harv

}}

\* {{cite book

| last1 = Szwacki | first1 = Nevill Gonzalez

| last2 = Szwacka | first2 = Teresa

| title = Basic Elements of Crystallography

| publisher = Pan Stanford

| year = 2010

| isbn = 978-981-4241-59-5

| url = http://www.scribd.com/doc/39588027/Basic-Elements-of-Crystallography

| ref= {{sfnRef|Szwacki|2010}}

}}

\* {{cite book

| last = Weeks

| first = Mary Elvira

| coauthor = Leichester, Henry M.

| year = 1968

| title = Discovery of the Elements

| publisher = Journal of Chemical Education

| chapter = 21: Modern Alchemy

| pages = 848–850

| ref = harv

| isbn = 978-0-7661-3872-8

| lccn = 68-15217

}}

== 外部鏈接 ==

{{Commons|Californium}}

{{wiktionary|californium}}

\* [http://www.nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq6.html#nfaq6.2 NuclearWeaponArchive.org – Californium]（鉲在核武器檔案網上的資料）{{en}}

\* [http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@rel+@na+californium,radioactive Hazardous Substances Databank – Californium, Radioactive]（鉲在有害物質資料庫上的資料）{{en}}

{{元素週期表}}

[[Category:锕系元素]]

[[Category:人工合成元素]]

[[Category:第7周期元素|7L]]

[[Category:化学元素|7L]]

{{Link FA|de}}

{{Link FA|en}}

{{Link FA|es}}