

# Z = 100, fermio, Fm

Último elemento que puede sintetizarse mediante bombardeo de neutrones a partir de elementos más ligeros

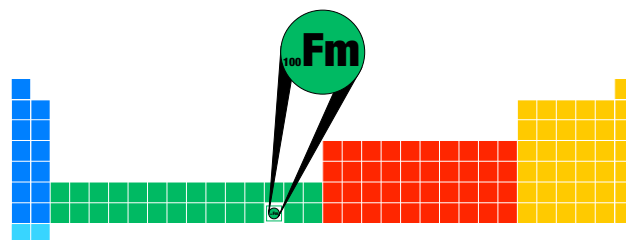
CE: [Rn] 5f<sup>12</sup>7s<sup>2</sup>; PAE: 257 (isótopo más estable); PF: 1527 °C (predicho); densidad: 9,7 g/cm<sup>3</sup> (predicho);  $\chi$  (Pauling): 1,3; EO: +2, +3; isótopos más estables: <sup>252</sup>Fm, <sup>253</sup>Fm, <sup>255</sup>Fm, <sup>257</sup>Fm; año de aislamiento: 1952 (Albert Ghiorso y colaboradores, Berkeley, EE. UU.).

El fermio es un elemento sintético perteneciente al grupo de los actínidos. Fue identificado por vez primera en 1952 por los investigadores del grupo de Albert Ghiorso en la Universidad de Berkeley, en los escombros de la prueba nuclear “Ivy Mike”. El descubrimiento se guardó en secreto por razones de seguridad y su descubrimiento no se hizo público hasta el año 1954, cuando el equipo de Berkeley logró sintetizar de nuevo el elemento número 100 mediante bombardeo de neutrones sobre <sup>239</sup>Pu.<sup>[1]</sup> Paralelamente, un grupo del Instituto Nobel de Física de Estocolmo descubrió el isótopo <sup>250</sup>Fm como resultado del bombardeo de <sup>238</sup>U con iones de <sup>16</sup>O, y publicó su trabajo también en 1954.<sup>[2]</sup> La prioridad del descubrimiento fue reconocida al equipo de Berkeley, y con ello el privilegio de dedicar el nuevo elemento a Enrico Fermi, uno de los pioneros de la física nuclear.

El fermio es el último elemento que puede sintetizarse mediante bombardeo con neutrones a partir de elementos más ligeros y, por ello, el último elemento que puede prepararse en cantidades macroscópicas. Se han identificado un total de 20 isótopos de fermio con pesos atómicos que van de 241 a 260. El <sup>257</sup>Fm es el isótopo de vida media más larga, 100,5 días, seguido por el <sup>253</sup>Fm, que tiene una vida media de 3 días. Las vidas medias de los isótopos <sup>251</sup>Fm, <sup>252</sup>Fm, <sup>254</sup>Fm, <sup>255</sup>Fm y <sup>256</sup>Fm son de 5,3 h, 25,4 h, 3,2 h, 20,1 h, y 2,6 h, respectivamente. Todos los restantes tienen vidas medias que van desde 30 minutos hasta menos de un milisegundo.<sup>[3]</sup>

Debido a que las pequeñas cantidades de fermio producido y a que todos sus isótopos tienen vidas medias relativamente cortas carece de uso comercial fuera de la investigación científica básica. El fermio se produce en el Reactor de Isótopos de Alto Flujo (HFIR) en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge (EE. UU.) mediante bombardeo de actínidos más ligeros con neutrones. El <sup>257</sup>Fm es el isótopo más pesado logrado mediante este método, aunque en cantidades de picogramos. Los isótopos de fermio de menor masa (254 y 255) pueden obtenerse en mayor cantidad, pero tienen una vida muy corta. Aunque el isótopo más estable del fermio es <sup>257</sup>Fm, la mayoría de los estudios se realizan sobre el <sup>255</sup>Fm ( $t_{1/2}$  = 20,07 h), ya que este isótopo se puede aislar fácilmente como producto de desintegración del <sup>255</sup>Es ( $t_{1/2}$  = 39,8 d).

Las cantidades de fermio producidas en explosiones termonucleares de 20 a 200 kilotones pueden llegar ser del orden de miligramos, aunque mezcladas con una gran cantidad de escombros. Por ejemplo, en la prueba “Hutch” se produjo una cantidad estimada de 250 microgramos de <sup>257</sup>Fm y llegaron a recuperarse 4 picogramos de



10 kilogramos de escombros. Después de su producción, el fermio ha de separarse de otros actínidos y de otros productos de fisión, para ello se emplea la cromatografía de intercambio iónico, utilizando un intercambiador de cationes como Dowex 50 o TEVA y como eluyente una solución de  $\alpha$ -hidroxiisobutirato de amonio.<sup>[5]</sup> Los cationes de menor tamaño forman complejos más estables con el anión  $\alpha$ -hidroxiisobutirato, por lo que eluyen más rápidamente de la columna.<sup>[4]</sup>

La química del fermio es típica de los elementos actínidos tardíos. El fermio se ha estudiado únicamente en solución, no habiéndose preparado compuestos sólidos. En disolución acuosa existe como ion Fm<sup>3+</sup>, un catión ligeramente ácido ( $pK_a$  = 3,8) que forma complejos con una amplia variedad de ligandos orgánicos con átomos dadores duros como el oxígeno, para dar lugar a complejos más estables que los de los actínidos anteriores. También forma complejos aniónicos estables con ligandos como el cloruro o el nitrato. Debido a la mayor carga nuclear efectiva del ion Fm<sup>3+</sup> se cree que forma enlaces metal-ligando más cortos y más fuertes que sus análogos Am<sup>3+</sup>, los cuales forman complejos de carácter más marcadamente iónico.<sup>[4]</sup>

El Fm<sup>3+</sup> se reduce con relativa facilidad a Fm<sup>2+</sup>, habiéndose estimado un valor del potencial de reducción de unos -1,15 V. Asimismo, el potencial estándar de reducción de la pareja Fm<sup>2+</sup>/Fm es de -2,37 V. Aunque pocas personas entran en contacto con el fermio, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha establecido límites de exposición anuales para los dos isótopos más estables, fermio-253 y fermio-257. Para el primero, el límite de ingesta se ha establecido en 10<sup>7</sup> Bq y el límite de inhalación en 10<sup>5</sup> Bq; y para el segundo, en 10<sup>5</sup> Bq y 4000 Bq, respectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Ghiorso, Einsteinium and Fermium, *Chem. Eng. News*, **2003**, 81(36), 174–175.
- [2] H. Atterling, W. Forsling, L. W. Holm, L. Melander, B. Åström, Element 100 produced by means of cyclotron-accelerated oxygen ions, *Phys. Rev.*, **1954**, 9, 585–586.
- [3] G. Audi, F. G. Kondev, M. Wang, W. J. Huang, S. Naimi, The NUBASE2016 evaluation of nuclear properties, *Chinese Physics C.*, **2017**, 41(3), 030001–030138.
- [4] R. J. Silva, Fermium, Mendelevium, Nobelium, and Lawrencium. En L. R. Morss, N. M. Edelstein, J. Fuger, *The chemistry of the actinide and transactinide elements*, 3.<sup>a</sup> ed., Springer, Dordrecht, Países Bajos, 2006, pp. 1621–1651.

IZASKUN GIL DE MURO ZABALA  
Departamento de Química Inorgánica  
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea  
izaskun.gildemuro@ehu.es