

Z = 99, einstenio, Es

Descubierto en el hongo
de la primera bomba termonuclear

CE¹: [Rn] 5f¹¹7s²; PAE: [252]; PF: 860 °C; PE: 996 °C; densidad: 8,84 g/cm³; χ (Pauling): 1,3; EO: +2, +3, +4; isótopos más estables: ²⁵²Es, ²⁵³Es, ²⁵⁴Es, ²⁵⁵Es; año de aislamiento: 1952 (Albert Ghiorso, Berkeley, EE. UU.).^[1-4]

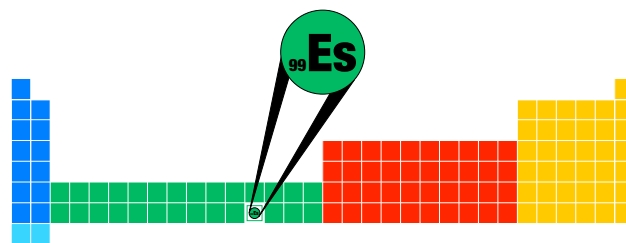
El einstenio se detectó (con 200 átomos) en material recogido del hongo de la primera prueba de bomba termonuclear, realizada en una isla del Pacífico.^[5] Era diciembre del año 1952, pero el hallazgo no pudo publicarse debido a que el proyecto era secreto y clasificado.^[1,5] En 1953, el mismo grupo de investigación (de Ghiorso) publicó la obtención del muy inestable ²⁴⁶Es mediante el bombardeo de ²³⁸U con núcleos de ¹⁴N originados en un ciclotrón.^[4] Tras comprobarse en 1954 la formación de ²⁵³Es en la reacción de ²³⁹Pu con neutrones, el anuncio oficial del descubrimiento del elemento 99 se hizo en 1955. Se le asignó este nombre en honor a Albert Einstein.^[4,5]

Como todos los transuránidos, es un elemento artificial y todos sus isótopos (^{241–257}Es) son inestables (entre segundos y días de vida media). La desintegración más frecuente es la emisión alfa, pero en algunos casos también la beta y la captura electrónica.^[1] El más estable, el ²⁵²Es, es un emisor alfa que tiene una vida media de 472 días, pero es muy difícil de obtener.^[5] El ²⁵³Es, con sólo 20,47 días de vida media, es el que puede prepararse en mayores cantidades (del orden de 0,0001 g).^[1] Fue en 1961 cuando se consiguió obtener Es como un sólido observable de color plateado bombardeando Pu con neutrones.^[5] Hacia 2008, la producción de ²⁵³Es en el *High Flux Isotope Reactor* en EE. UU. era de 2 mg en 6 meses o en 2 años. El complicado proceso se basaba en la irradiación de isótopos de Cm (entre el 244 y el 248) con neutrones.^[1] En 1971 se preparó una millonésima de gramo de Es metal destilando Li sobre EsF₃.^[1]

El einstenio es un metal auto-luminiscente (Figura 1) y, aunque su radiactividad dificulta mucho la aplicación de las técnicas de difracción de rayos X, ya se ha determinado su estructura cristalina (red cúbica centrada en las caras), su radio atómico (2,03 Å) y su primera energía de ionización (6,3676 eV).^[1] El tamaño atómico supone un brusco aumento en la serie de los actínidos, lo que se explica porque es el primero



Figura 1. Fotografía de einstenio metálico luminiscente tomada de Wikipedia.^[7] El reconocimiento debe hacerse a Richard G. Haire, *US Department of Energy* (ver referencia 1, p. 1580 donde aparece la fotografía)



de la serie cuyo enlace metálico se debe fundamentalmente a dos electrones (7s²), ya que justamente a partir del einstenio la energía de promoción f→d aumenta lo suficiente para impedir que participen 3 electrones en el enlace metálico.^[1] Esa “divalencia” en el estado metálico, que le asemeja a los lantánidos Eu e Yb, es también coherente con la entalpía de sublimación (133 kJ·mol⁻¹).^[1] Como los demás transuránidos es un metal electropositivo, pero es el más reactivo de todos ellos (frente al agua y al oxígeno). El E° (E³⁺/Es) es -1,98 V.^[1]

Todas las dificultades derivadas de su radiactividad (la desintegración alfa del ²⁵³Es supone un calor de 15.312 kJ·mol⁻¹ y produce ²⁴⁹Bk y ²⁴⁸Cf) y de su escasez, no han impedido la preparación de compuestos de Es, incluidos compuestos de coordinación (con datos de sus constantes de estabilidad). Muchos, el primero el EsCl₃ y el segundo el Es₂O₃ (preparado *in situ* calcinando el nitrato de Es), han sido caracterizados por difracción de rayos X. Los estados de oxidación (además del 0 del elemento) son el +2 y el +3 (el +4 se considera solo como potencialmente posible), siendo el +3 con mucho el más estable. De hecho, en medio acuoso el potencial estándar de reducción E° (E³⁺/Es²⁺) es de -1,3 V. Su química es predominantemente iónica, siendo el radio para el Es³⁺ (en entorno octaédrico) 0,928 Å.^[1] En consecuencia, químicamente se aproxima a los actínidos.

Aunque aún no han aparecido aplicaciones prácticas industriales,^[1,5] se le considera muy importante desde el punto de vista de la investigación básica. Entre otras cosas, es un buen candidato para obtener otros elementos artificiales más pesados,^[6] como el 119 y el 121.

La detallada información y los datos recogidos en Wikipedia para el einstenio es amplia y bien contrastada con las referencias citadas.^[7]

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. G. Haire, Einsteinium, En L. R. Morss, N. M. Edelstein, J. Fuger, J. J. Katz, Eds., *The chemistry of the Actinide and Transactinide elements*, vol. 3, Springer, Dordrecht, Países Bajos, 2006, pp. 1577–1620.
- [2] J. Meija *et al.*, Atomic weights of the elements 2013 (IUPAC Technical Report), *Pure, Appl. Chem.*, **2016**, *88*, 265–291. Es el valor aceptado por la IUPAC, pero indicando que es el correspondiente al isótopo de vida media más larga.
- [3] J. E. Huheey, *Inorganic Chemistry*, 3.ª ed., Harper and Row, Nueva York, 1983, p. 148.
- [4] Para el descubrimiento y datos de los isótopos ^{241–257}Es, ver: D. Meierfrankenfeld, A. Bury, M. Thoennessen, *Atomic data and Nuclear Data Tables*, vol. 97, Elsevier, Amsterdam, 2011, pp. 134–151.
- [5] J. Redfern, Einsteinium declassified, *Nature Chem.*, **2016**, *8*, 1168–1168.
- [6] J. B. Roberto, C. W. Alexander, R. A. Boll, J. D. Burns, J. G. Ezold, L. K. Felker, S. L. Hogle, K. P. Rykaczewski, Actinide targets for the synthesis of super-heavy elements, *Nuclear Physics A.*, **2015**, *99*, 99–116.
- [7] Einstenio, Wikipedia, bit.ly/2WLR5K4, visitada el 08/02/2109.

GABINO A. CARRIEDO ULE
Universidad de Oviedo, Facultad de Química
gac@uniovi.es