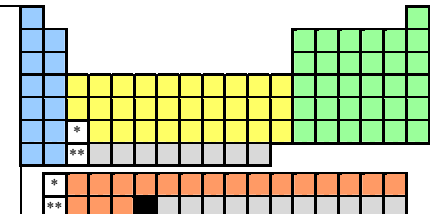


Per la spiegazione delle schede e le abbreviazioni, cliccare [QUI](#)

Per il glossario, cliccare [QUI](#)

**URANIO** (*uranium*)  
dal pianeta *Urano*, scoperto 2 anni prima  
dell'elemento



Identificato da Martin H. Klaproth nella *peblenda* (UO<sub>2</sub> colloidale) nel 1789.

simbolo	numero atomico	peso atomico	raggio atomico/Å	configurazione elettronica	elettronegatività (Pauling)
U	92	238,029	2,41	[Rn]5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	1,7

CONTENUTI	
crosta terrestre/ppm	2,7
oceani/g m <sup>-3</sup>	3×10 <sup>-3</sup>
corpo umano (70 kg)	~0,1 mg

COMPOSIZIONE ISOTOPICA NATURALE			
A	234	235	238
%	0,01	0,72	99,27
t <sub>1/2</sub> /anni	2,5×10 <sup>5</sup>	7,0×10 <sup>8</sup>	4,5×10 <sup>9</sup>
decadimento	α	α	α

Elemento che ha solo isotopi radioattivi. <sup>235</sup>U e <sup>238</sup>U sono **primordiali**; <sup>234</sup>U deriva dal decadimento di <sup>238</sup>U.

#### SPECIE ELEMENTARE

nome	formula	stato di aggregazione	struttura cristallina	temperatura di fusione/C°	temperatura di ebollizione/C°	legame
uranio	U	solido	α-U: oC	1135	4131	metallico
Preparato nel 1841 da Eugène-Melchior Peligot (UCl <sub>4</sub> + 4 K → U + 4 KCl)						
Metallo bianco-argenteo, <b>duttile</b> e <b>malleabile</b> . E' <b>passivato</b> dall'aria ed ossidato da vapor acqueo e da acidi formando U <sup>IV</sup> . La polvere è <b>piroforica</b> e ossidata dall'acqua fredda.						

Esistono tre forme **allotropiche** metalliche con differenti strutture cristalline.

#### PROPRIETÀ CHIMICHE GENERALI

♦U mostra tutti gli stati di ossidazione da +3 a +6, anche in soluzione. Lo stato dominante è +6 (usualmente nella forma di ione **uranile** UO<sub>2</sub><sup>2+</sup>), ma gli alogenuri più comuni sono U<sup>IV</sup>X<sub>4</sub>. U<sup>V</sup> in soluzione è prevalentemente UO<sub>2</sub><sup>+</sup>, che **dismuta**. U<sup>4+</sup> **idrolizza** in soluzione. U<sup>III</sup> è ossidato lentamente da H<sub>2</sub>O. Esiste anche un ossido misto U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (U<sup>VI</sup><sub>2</sub>U<sup>IV</sup>O<sub>8</sub>).

♦U forma molti complessi (e.g., [U<sup>IV</sup>F<sub>8</sub>]<sup>4-</sup>, [U<sup>IV</sup>(NCS)<sub>8</sub>]<sup>4-</sup>, [U<sup>V</sup>Cl<sub>6</sub>], [U<sup>VI</sup>F<sub>8</sub>]<sup>2-</sup>) e molti composti **organometallici** (e.g., U(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>).

s.o.	specie fondamentali	proprietà acido-base	prop. redox pH = 0	prop. redox pH = 14	alogenuri
+6	UO <sub>3</sub> UO <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> UO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	base debole	oss debole	inattivo	UF <sub>6</sub> UCl <sub>6</sub>
+5	UO <sub>2</sub> <sup>+</sup>		oss medio	?	UF <sub>5</sub> UCl <sub>5</sub>
+4	UO <sub>2</sub> U <sup>4+</sup>		inattivo	rid debole	UX <sub>4</sub>
+3	U <sup>3+</sup>		rid medio	rid forte	UX <sub>3</sub>
0	U		rid forte	rid forte	---

**produzione:** U: 5×10<sup>7</sup> kg/anno (2009 [34]), da *autunite* (Ca(UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·10H<sub>2</sub>O), *carnotite* (K<sub>2</sub>(UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(VO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O) e *uranite* (UO<sub>2</sub>).

**usi:** <sup>235</sup>U è un combustibile ed esplosivo nucleare (vedi la parte dopo le note e curiosità).

**importanza biologica:** nessuna.

**pericolosità:** elemento molto radioattivo, ma anche fortemente tossico (causa danni ai reni).

#### note e curiosità:

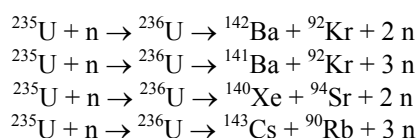
- Il nome dell'elemento è stato proposto da M.H. Klaproth.
- La percentuale di <sup>235</sup>U nei vari minerali oscilla dello 0,1%.
- Sali di U sono usati per impartire al vetro una **luminescenza** verde o gialla; un campione di questo vetro di circa 2000 anni fa è stato trovato nel mosaico di una villa romana di Capo Posillipo (Napoli).
- Il batterio *Citrobacter* ed il lichene *Trapelia involuta* sono capaci di accumulare U.
- <sup>235</sup>U e <sup>238</sup>U sono i capostipiti di due sequenze di decadimenti che producono **isotopi** a vita breve di Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U e terminano rispettivamente con <sup>207</sup>Pb e <sup>210</sup>Pb.
- 2×10<sup>9</sup> anni fa erano attivi a Oklo (Gabon) alcuni "reattori nucleari naturali" basati sulla fissione di <sup>235</sup>U.

- L'arricchimento dell'uranio per scopi energetici produce, come prodotto di scarto a basso costo, "uranio impoverito" (0,2-0,4% di  $^{235}\text{U}$ ). Questo trova applicazioni civili per la sua alta densità (e.g., contrappesi per alettoni e piani di coda degli aerei, derive di yacht da competizione, mazze da golf) e come schermo da radiazioni, ma prevalentemente ha usi militari nelle corazze dei carri armati e nei proiettili anticarro perforanti; tale uso provoca però la formazione di grandi quantità di polvere di uranio che si sparge nell'ambiente, radioattiva e fortemente tossica.
- La volatilità di  $\text{UF}_6$  è sfruttata per separare  $^{235}\text{U}$  da  $^{238}\text{U}$ .
- $^{238}\text{U}$  può subire fissione spontanea (senza l'intervento di agenti esterni) ma con probabilità molto inferiore a quella del normale decadimento  $\alpha$ ; in 1 g di  $^{238}\text{U}$  avviene una fissione ogni 2,5 minuti ma ben 750000 decadimenti  $\alpha$  in 1 minuto.

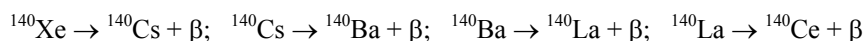
## LA FISSIONE DI $^{235}\text{U}$

La "fissione" è un processo in cui il nucleo di un atomo pesante si spacca in frammenti più piccoli (nuclei di elementi più leggeri), in genere in conseguenza dell'urto con un neutrone. Vengono definiti "fissili" i **nuclidi** capaci di subire fissione per azione di neutroni lenti (circa 1 km/s), con produzione di altri neutroni (in genere veloci). L'unico **nuclide** naturale fissile è  $^{235}\text{U}$ .

La reazione di fissione di  $^{235}\text{U}$  può produrre frammenti diversi, ad esempio:



I frammenti sono a loro volta radioattivi e possono dare origine a decadimenti in serie, come:

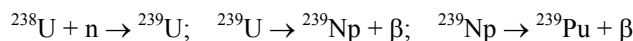


Le caratteristiche comuni di questi modi di fissione sono:

- 1) La massa complessiva dei frammenti prodotti è inferiore alla massa dei reagenti ( $^{235}\text{U} + \text{n}$ ), per cui si ha anche un grande sviluppo di energia sotto forma sia di energia cinetica dei frammenti che di radiazione elettromagnetica: la fissione di 1 g di  $^{235}\text{U}$  produce circa  $10^{11}$  J di energia, cioè 3 milioni di volte l'energia prodotta dalla combustione termica di 1 g di C. Nei reattori nucleari per uso civile parte del calore prodotto viene convertita in energia elettrica.
- 2) Il numero di neutroni prodotti (2 o 3) è maggiore del numero di neutroni consumati (1). I neutroni prodotti da un atto di fissione possono a loro volta iniziare altri atti di fissione, innescando una reazione a catena. Si hanno due possibilità: a) la catena è controllata in modo che esattamente uno solo dei neutroni prodotti da un atto di fissione provochi un'altra fissione; la reazione procede quindi in modo automatico con velocità costante (è quello che avviene nei reattori nucleari per la produzione di energia); b) più di uno dei neutroni prodotti da un atto di fissione provoca ulteriori fissioni; la velocità della reazione a catena aumenta esponenzialmente nel tempo e la reazione diventa esplosiva (è quello che avviene nella bomba atomica).

La probabilità che un neutrone prodotto da una fissione interagisca a sua volta con  $^{235}\text{U}$  provocandone la fissione dipende da vari fattori: a) la massa del combustibile nucleare (in genere ossidi di U); b) la concentrazione di  $^{235}\text{U}$  nel combustibile; c) la presenza di sostanze che assorbono i neutroni senza causare fissione; d) la velocità dei neutroni (la probabilità aumenta al diminuire della velocità). Tutti questi fattori sono usati per regolare il funzionamento dei reattori nucleari; in particolare, poiché i neutroni prodotti dalla fissione hanno velocità troppo elevate (dell'ordine di  $10^4$  km/s), si usano sostanze ("moderatori") capaci di rallentarli senza però assorbirli. Usando grafite o  $\text{D}_2\text{O}$  (l'**acqua pesante**) come moderatore, i neutroni vengono rallentati in modo tale che si può usare l'uranio naturale (0,7% di  $^{235}\text{U}$ ) come combustibile; con  $\text{H}_2\text{O}$  invece (moderatore meno efficace) è necessario che il combustibile venga arricchito in  $^{235}\text{U}$  fino a circa il 2-3%.

I neutroni prodotti in un processo di fissione possono anche servire per altre reazioni nucleari diverse dalla fissione. Tra queste, è particolarmente interessante quella con  $^{238}\text{U}$  perché produce  $^{239}\text{Pu}$  come prodotto finale:



$^{239}\text{Pu}$  è un nuclide fissile, utilizzabile come combustibile nucleare sia per scopi civili che bellici; Pu inoltre è estremamente tossico, ritenuto da qualcuno "la sostanza più tossica conosciuta dall'uomo". La produzione di  $^{239}\text{Pu}$  avviene anche nei normali reattori a  $^{235}\text{U}$  che quindi, dopo un periodo iniziale, utilizzano sia  $^{235}\text{U}$  che  $^{239}\text{Pu}$  come combustibile. Un reattore nucleare può quindi servire per produrre materiale fissile; sono allo studio reattori detti "**autofertilizzanti**" capaci di produrre più atomi fissili di quanti ne consumano.

Il combustibile nucleare si esaurisce entro circa due anni e la collocazione in sicurezza del combustibile esaurito è uno dei problemi più gravi relativi all'energia nucleare: il combustibile esaurito è costituito per circa il 90% da U, Pu e altri **attinidi** (prodotti per assorbimento di neutroni senza fissione) mentre il rimanente sono atomi più leggeri prodotti dalla fissione; il tutto

è fortemente radioattivo. Come si vede dagli esempi della seguente tabella, sono presenti nuclidi radioattivi a vita molto breve ma anche altri a vita estremamente lunga che conservano la loro radioattività (sia pure ridotta) per migliaia di anni.

nuclide	tempo di dimezzamento
$^{140}\text{Xe}$	14 secondi
$^{239}\text{Np}$	2,4 giorni
$^{131}\text{I}$	8,0 giorni
$^{90}\text{Sr}$	29 anni
$^{137}\text{Cs}$	30 anni
$^{239}\text{Pu}$	$2,4 \times 10^4$ anni
$^{99}\text{Tc}$	$2,1 \times 10^5$ anni
$^{135}\text{Cs}$	$2,3 \times 10^6$ anni
$^{129}\text{I}$	$1,6 \times 10^7$ anni

La radioattività del combustibile esaurito genera molto calore e pertanto il combustibile deve essere raffreddato, in genere mantenendolo immerso in vasche di raffreddamento (le “*piscine*”) per evitare la sua fusione e altri possibili incidenti, anche se la fissione di  $^{235}\text{U}$  e di  $^{239}\text{Pu}$  non può più procedere a catena. Dopo un appropriato periodo di raffreddamento (fino a circa 10 anni) nelle vasche di raffreddamento e poi per molti altri anni in appropriati contenitori di cemento e acciaio (i “*caschi*”), il combustibile esaurito può essere (con le dovute precauzioni) trasportato e trattato per la eventuale separazione di U e Pu (riutilizzabili come combustibile nucleare) e/o per la sua conservazione finale che può durare anche per centinaia di migliaia di anni, fino a che la radioattività si è ridotta a livelli accettabili. Non è stata però ancora trovata una soluzione ottimale per i siti definitivi di stoccaggio, che dovrebbero garantire una conservazione sicura per periodi di tempo così lunghi.

Incidenti gravi a reattori in funzione, ma anche alle vasche di raffreddamento dei combustibili esauriti, possono causare la fuoriuscita di materiale radioattivo (e talora anche chimicamente tossico) nell’ambiente circostante, particolarmente nell’atmosfera. Gli atomi pesanti, U e gli altri attinidi, ricadono in genere sul terreno entro un raggio di circa 50 km, creando per molti anni una zona inabitabile, inutilizzabile e di difficile se non impossibile decontaminazione. Gli atomi più leggeri, prodotti dalla fissione, possono essere trasportati dalle correnti atmosferiche anche a distanza di centinaia di chilometri; di questi, i **nuclidi** radioattivi più pericolosi per l’uomo sono  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  e  $^{131}\text{I}$ : i primi due perché possono sostituire rispettivamente K e Ca negli organismi viventi e lo iodio perché viene accumulato nella tiroide.

#### **N.B.**

Si parla spesso di “fusione del nocciolo” di un reattore. Non si tratta di una reazione di fusione nucleare, ma semplicemente della fusione fisica (liquefazione) del combustibile e del materiale circostante. Data l’alta temperatura, questa fusione può però causare esplosioni.