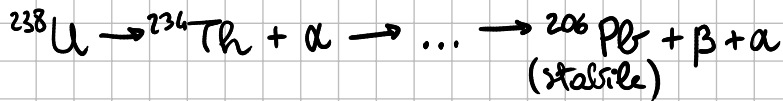


L'URANIO E I SUOI ISOTOP

L'uranio (U) è l'elemento chimico di numero atomico 92. È un metallo bianco-argenteo, tossico e radioattivo; appartiene alla serie degli attinidi ed il suo isotopo ^{235}U trova impiego come combustibile nei reattori nucleari e nella realizzazione di armi nucleari.

| URANIO IN NATURA | \rightarrow | $\left\{ \begin{array}{l} ^{234}\text{U} \text{ } (\sim 0\%) \\ ^{235}\text{U} \text{ } (0,7\%) \\ ^{238}\text{U} \text{ } (99,3\%) \end{array} \right.$ | $t_{1/2} \text{ (anni)}$ | $\left\{ \begin{array}{l} 2,5 \cdot 10^5 \\ 7 \cdot 10^8 \\ 4,5 \cdot 10^9 \end{array} \right.$ | $\leftarrow \text{CI INTERESSA}$ |
|------------------|---------------|--|--------------------------|---|----------------------------------|
| | | | | | |



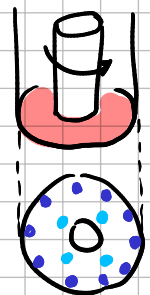
Ci interessa ^{235}U , in concentrazioni maggiori: $\left\{ \begin{array}{l} \text{impiego civile} \rightarrow > 3\% \\ \text{" bellico} \rightarrow > 90\% \end{array} \right.$

Il processo di concentrazione dell'uranio è estremamente difficile e non può essere eseguito per via chimica (i due isotopi sono dello stesso elemento); si può invece sfruttare la leggerissima differenza di peso tra ^{235}U e ^{238}U ($< 1.5\%$) per separarli via processi fisici quali la centrifugazione e la diffusione gassosa, che richiedono entrambi l'impiego del Fluoruro di Uranio (UF_6), un composto solido che sublima alla temperatura di $56,4^\circ\text{C}$.

CENTRIFUGAZIONE

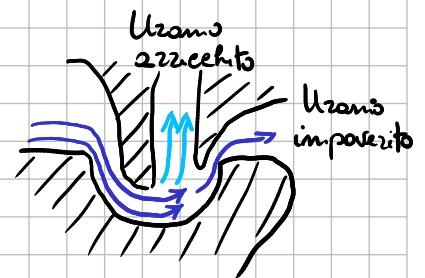
Nella centrifuga Zippe il fondo dei cilindri rotanti viene riscaldato, provocando lo spostamento dell'uranio 235 verso la parte superiore, dove viene raccolto tramite palette.

Questa centrifuga fu utilizzata dal Pakistan nell'ambito del loro programma sulle armi nucleari. Il governo pakistano vendette la tecnologia Zippe alla Corea del Nord e all'Iran, consentendogli di sviluppare la loro industria nucleare.



DIFFUSIONE GASSOSA

I processi di arricchimento aerodinamico sfruttano la diffusione legata ai gradienti di pressione. L'aumento delle forze centrifughe viene raggiunto diluendo UF_6 con idrogeno o elio come gas di trasporto, che permettono di raggiungere una velocità di flusso molto superiore rispetto all'impiego dell'esafluoruro di uranio puro.



I PRODOTTI DELL'ARRICCHIMENTO

URANIO \rightarrow ARRICCHIMENTO $\left\{ \begin{array}{l} \text{URANIO ARRICCHITO } (\text{UO}_2, 12,5\%) \\ \text{URANIO IMPOVERITO } (87,5\%) \end{array} \right.$

100 kg Uranio naturale \rightarrow

- $\sim 12,5$ kg di Uranio arricchito al 3,6%
- $\sim 87,5$ kg di Uranio impoverito allo 0,2%

L'uranio impoverito è un metallo resistente, denso e pesante, che ben si presta sia per la realizzazione delle corazzature dei carri armati sia per la produzione di munizioni penetranti, al posto del più costoso, complicato da lavorare e inefficiente tungsteno.

Oltre che per tali scopi, è anche impiegato insieme al plutonio nella produzione di combustibile MOX.

LE RISERVE DI URANIO

5,4 M di tonnellate di Uranio tra accertate e ipotizzate

- Produzione nel 2003: 50'572 ton
 - Da 1kg di Uranio si ricavano 840 g adatti all'arricchimento
 - Da 1kg di Uranio arricchito si ricaverebbero teoricamente $3,45 \cdot 10^6$ MJ di calore.
- Oggi (feb. 2011), vale 30 \$/lb. $\approx 54,6$ €/kg
- Australia, Kazakistan, Canada e Russia primi produttori
► L'Italia non ha riserve importanti

Il costo livellato del nucleare su MWh prodotto è minore rispetto al costo dell'energia prodotta con fonti rinnovabili come il solare termico e l'eolico off-shore.

DENSITA' ENERGETICA

| | MJ/Kg |
|---|----------------|
| ► Annichilimento di 1kg di massa ($E=mc^2$) | 89'876'000'000 |
| ► Fusione nucleare dell'idrogeno | 645'000'000 |
| ► Fissione nucleare Uranio puro | 88'250'000 |
| ► Fissione nucleare Uranio arricchito (3,5%) | 3'456'000 |
| ► Idrogeno | 143 |
| ► Benzina | 47 |
| ► Carbone | 32,5 |