

Museo del Liceo scientifico A. Avogadro **MINERALI**

a cura del Gruppo Mineralogico Basso Canavese

Scheda anagrafica n°: 142

Reperto: 201

Nome: Autunite

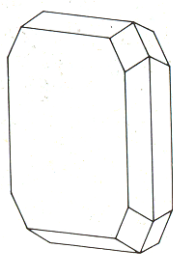
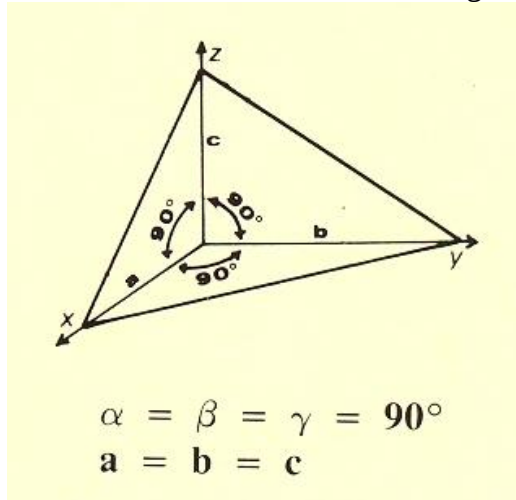
Etimologia: da *Autun*, località della Francia, dove è stata trovata per la prima volta

Formula chimica: $\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{PO}_4) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Durezza: Da 2 a 2,5

Striscia: Giallo chiara

Sistema di cristallizzazione: Tetragonale



Due degli assi cristallografici sono di eguale lunghezza mentre il terzo è diverso perchè più lungo o più corto.

I tre assi formano tra loro angoli retti.

Al massimo un cristallo di detto sistema possiede un asse di simmetria quaternario, quattro assi binari, cinque piani ed un centro di simmetria, mentre il minimo grado è rappresentato da un asse di simmetria quaternario.

Forma dei cristalli: Tabulari, geminati

Aspetto: Sfaldatura facile e perfetta; minerale fluorescente. È un minerale radioattivo che si presenta sotto forma di tante lamine impiantate nella roccia, rade, di colore giallino-verdognolo, abbastanza graziose.

Questo minerale venne studiato a lungo dai coniugi Curie durante i loro esperimenti sulla radioattività.

Classe:

Fosfati gruppo delle (miche di uranio).

Gruppo di minerali forse con i solfuri tra più belli ed interessanti per il collezionista.

In genere si tratta di specie formatesi per alterazione di vari minerali metalliferi e vivacemente colorati, con magnifici cristalli per lo più piccoli.

Questo gruppo comprende non solamente i fosfati, cioè i sali dell'acido fosforico, ma anche gli arseniati e i vanadati.

Dopo i silicati, è il gruppo più ricco per numero di specie.

Anche qui si distinguono i sali anidri (esempio apatite, piromorfite), idrati (esempio vivianite, variscite, ecc.) e basici (amblygonite, lazulite, ecc.).

I minerali del gruppo dei fosfati formano per la maggior parte gruppi isomorfi, nel quale sono presenti o eventualmente si mescolano non solamente i metalli, ma anche il fosforo, l'arsenico e il vanadio.

Nei sali basici, l'idrossido è di solito rappresentato da elementi salificabili (esempio amblygonite). In questo gruppo interessante e molto caratteristico, tra i gruppi isomorfi sono rappresentate quelle che si chiamano miche di uranio, che hanno ricevuto il nome dalla forma dei loro cristalli e dalla perfetta sfaldatura.

Sono isomorfi anche i minerali piromorfite, mimetite, ecc., che mescolano in varie proporzioni i gruppi anionici.

Eccezionalmente si trovano tra i fosfati e i composti simili, dei minerali non isomorfi (per esempio l'amblygonite o la lazulite).

I fosfati, prodotti dall'alterazione all'aria di altri minerali, si rinvencono spesso nelle pegmatiti. Quasi tutti gli arseniati e i vanadati sono minerali secondari nei giacimenti metalliferi

Trasparenza: Translucida

Lucentezza: Madreperlacea, vitrea

Sfaldatura: Buona

Frattura: Precisa

Morfologia: Cristalli, aggregati scagliosi, sugherosi e terrosi

Peso specifico: 3,28

Colore: Da giallo a verde chiaro, il colore è molto più scuro e nettamente verde: queste varietà verdi di autunite, che sono abbastanza diffuse, contengono dell'uranio sotto forma tetravalente, che sostituisce in parte il calcio.

Composizione chimica teorica: CaO 5,69%, UO₃ 58,00%, P₂O₅ 14,39%, H₂O 21,92% (per 12 H₂O)

Luminescenza: Giallo-verdastra

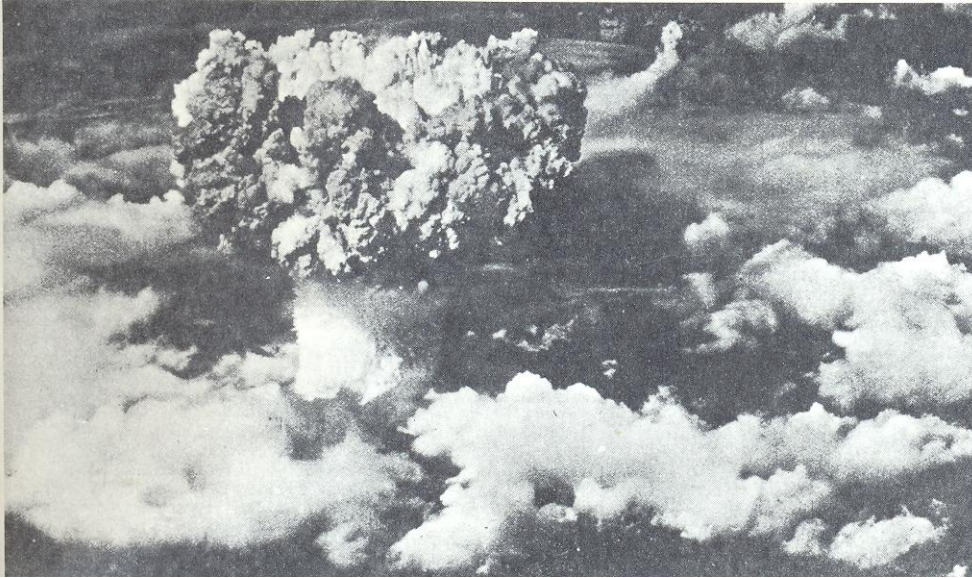
Radioattività: Forte. **In riferimento al nostro campione n°201 è stato controllato con contatore Geiger misurato in Microroentgen (μ R\h) con dodici prove a sua volta mediati con il risultato di Raggi gamma 56,79 < sotto i livelli della guardia di 60 (μ R\h)**

Proprietà chimiche e fisiche : Solubile in HNO₃ (Nitrico); colora la fiamma di rosso arancio; con il borace dà la reazione di U, dotata di una forte fluorescenza in giallo-verde ai raggi ultravioletti.

Trattamenti: Pulire con acqua distillata, l'autunite col tempo perde acqua e molti esemplari ricchi, ossia quelli la cui matrice è costituita ancora da autunite, tendono a disgregarsi assai lentamente. Si consiglia pertanto di immergere questi esemplari in una soluzione diluita di lacca trasparente (facendo poi asciugare) e di tenere quelli più piccoli in recipienti chiusi.

Minerali simili:	Miche di uranio, Torbernite
Differenze:	Reazioni chimiche.
Genesi:	Secondaria. I minerali di alterazione vengono detti secondari, per distinguerli dai minerali originari costituenti il deposito, detti primari. La zona più superficiale di depositi soggetti ad alterazione viene detta zona di ossidazione; immediatamente al di sotto si trova la zona di arricchimento, nella quale gli ioni trasportati dalle soluzioni percolanti verso il basso reagiscono con i minerali primari, spesso formando anche specie nuove; al di sotto si trovano le specie primarie non alterate.
Località:	Tra i capioni più notevoli, forse i migliori in assoluto, figurano quelli che all'inizio degli anni Sessanta provenivano dalla miniera Daybreak sul Monte Spokane, nello stato di Washington, dove vennero trovate masse pure a croste larghe anche oltre mezzo metro, con cristalli singoli che non raramente superavano due centimetri di larghezza. Altre celebri località si hanno al Mount Painter nell' Australia meridionale e a Katherine nel nord di tale paese; inoltre, in Europa, a Saint-Symphorien presso Autun nel Saone-et-Loire (e da qui la specie ha preso il nome), a Margnac nell'Haute- Vienne, a Sabugal e Vizeu nel Portogallo. Nelle pegmatiti, gli esemplari sono generalmente assai più modesti. Si possono citare, negli Stati Uniti, Spruce Pine nel North Carolina, Keystone nel South Dakota e in particolare la miniera Ruggles presso Grafton Center, nello stato del New Hampshire.
Località Italiane:	Numerose sono le località alpine dove è stata rinvenuta l' <i>Autunite</i> . Al Bric Colmè presso Roburent; a Lurisia in comune di Roccaforte di Mondovì, a Chiusa di Pesio ; in Val Fredda in comune di Peveragno. Nella miniera sorta in quest'ultima località (che come tutte le precedenti è in provincia di Cuneo) sono stati trovati cristalli di <i>Autunite</i> di colore decisamente verde. Sempre in provincia di Cuneo la si trova in val di Preit (comune di Canosio). In provincia di Como la si rinviene nelle <i>Pegmatiti</i> della penisola di Piona (in comune di Colico); all' Alpe Sparse ed all' Alpe Sommafiume (Dervio); infine nelle rocce feldspatiche delle cave di Tre-menico .

	In provincia di Bergamo l'<i>Autunite</i> si trova, seppur raramente, nelle fessure del <i>Tufo</i> vulcanico della miniera di <i>Uranio</i> di Novazza (Valgoglio). In Liguria la si è rinvenuta a Scalincio (territorio di Giustenice, in provincia di Savona). Incrostazioni di <i>Autunite</i> sono segnalate a Camignatello in comune di Spezzano della Sila (Cosenza). In Sardegna ritrovata negli sciti arenaci e nelle quarziti paleozoiche di M.te Arcosu. Arcusu Linnarbu, Gutturo sa Perda e S.Leone(Capoterra Cagliari)
Usi:	Minerale utile di Uranio.
Le miche di Uranio	Le «miche di uranio» sono un. gruppo di fosfati e di arseniati dalla caratteristica struttura cristallina a strati paralleli, uniti l'un l'altro da forze relativamente deboli, che consentono una sfaldatura del tipo delle miche. Queste «miche di uranio» sono i minerali secondari radioattivi più comuni, praticamente presenti in tutti i giacimenti uraniferi e anche in parecchie località che sono così povere di uranio, da non essere nemmeno sfruttabili (per esempio, parecchie rocce granitiche, con particolare riferimento ai filoni pegmatitici). Tutte le «miche di uranio» hanno simmetria vicina a quella più alta possibile nel sistema tetragonale, anche se in parecchi (e forse in tutti) i casi la vera simmetria è più bassa e si avvicina a quella monoclina. Pertanto, i cristalli comunque siano, tabulari o anche bipiramidali, di queste «miche» offrono un bell'esempio del sistema tetragonale e risultano alquanto ambiti dai collezionisti anche per questa ragione. Due le serie di (miche di uranio). Esistono in realtà due serie diverse di «miche di uranio», che differiscono tra loro per contenere acqua in diversa quantità. Ciò porta a variazioni strutturali le quali, pur non comportando il cambiamento delle proprietà «micacee», o dell'apparente simmetria esterna pseudotetragonale, sono praticamente irreversibili: una volta che uno di questi minerali passa dalla forma più idrata alla forma meno idrata (detta anche «meta»), semplicemente perché è stato tenuto per un certo tempo all'aria secca degli appartamenti in cui viviamo, i cristalli da trasparenti diventano opachi e non vi è più nulla da tentare per farli ridiventare come prima, nemmeno immergendoli in acqua. Pertanto, per molti termini di questa serie (per esempio, in primo luogo la torbernite) si consiglia vivamente di mantenere i. campioni nell'acqua, o per lo meno in recipiente chiuso. La fluorescenza delle (miche). Diffuso nelle «miche di uranio» è il fenomeno della fluorescenza, evidentissimo in alcune specie come l'autunite o l'uranocircite, ma assente nella torbernite e nella zeunerite. In altre specie ancora (saléeite, sabugalite), si hanno responsi diversi, a seconda della località del ritrovamento, e forse ciò è legato a un contenuto variabile di ferro, che tende a rendere i campioni non fluorescenti, se presente oltre un certo limite.
Storia:	Da molto tempo i minatori della Sassonia e della Boemia trovavano la torbernite e l'autunite associate nei loro filoni; le chiamavano (miche verdi). Ignazio Born (1744-1791), professore di tecnica mineraria all'Univesità di Praga, e Abraham Gottlob Werner (1749 - 1817), mineralogista e geologo di Freiberg, hanno pubblicato le prime informazioni relative a questi minerali, alla fine del XVIII secolo. Nel 1797 il celebre chimico tedesco H.M. Klaproth ha dimostrato che questi minerali, a differenza della mica ordinaria, contenevano un elemento nuovo, l'uranio. Si è constatato che essi non erano sempre verdi, ma talvolta gialli o giallo verdastri.
Provenienza:	Gruppo Mineralogico Basso Canavese
Data:	28/02/2006--07/02/2007



La bomba atomica:

In questa fotografia è rappresentata la nube radioattiva, dalla caratteristica forma a fungo, che si origina per esplosione della bomba atomica o bomba nucleare; le radiazioni delle sostanze che si liberano nell'atmosfera sono molto pericolose per gli organismi viventi. La bomba atomica è costituita da due masse di uranio 235 o di plutonio tenute separate da un diaframma impenetrabile ai neutroni.

L'esplosione si verifica portando a contatto le due masse.

STORIA DELL'URANIO

L'uranio fu scoperto nel 1789 da Klaproth mentre esaminava la pechblenda, minerale originario della Sassonia.

Fu così denominato in onore della scoperta del pianeta Urano che era avvenuta nel 1781.

Lo scopritore non ottenne tuttavia l'elemento allo stato metallico, ma soltanto il biossido UO_2 che egli riteneva fosse uranio elementare.

L'elemento fu ottenuto per la prima volta nel 1841 da Péligot (considerato il fondatore della chimica dell'uranio) per riduzione con potassio di UCl_4 . Nel 1872 Mendelejeff chiarì che l'uranio era il più pesante degli elementi conosciuti.

Pochi anni più tardi Becquerel scoprì per primo il fenomeno della radioattività dell'uranio; da questa importante scoperta prese l'avvio lo studio sistematico della trasformazione spontanea dei nuclei che ha portato a realizzare il sogno degli alchimisti di trasformare un elemento in un altro.

Tuttavia soltanto dopo la scoperta della fissione dell'uranio da parte di Hann e Strassman nel 1939, questo elemento acquistò importanza commerciale.

I suoi minerali in un primo tempo vennero usati come fonti di radio e in piccole quantità per colorare vetri e ceramiche, ma negli ultimi anni l'uranio è salito a una importanza fondamentale nel mondo moderno.

Infatti sono state realizzate sia la bomba atomica, cioè la fissione istantanea dell'uranio, sia le pile atomiche, cioè la fissione controllata dell'uranio.

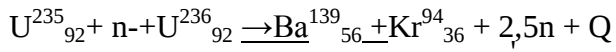
Le pile atomiche sono ora usate per produrre energia elettrica a prezzi competitivi e per scopi di ricerca, cioè per produrre e studiare isotopi stabili e instabili degli elementi, mediante bombardamento con neutroni.

Questi ultimi, infatti, vengono prodotti in grande quantità nei reattori nucleari.

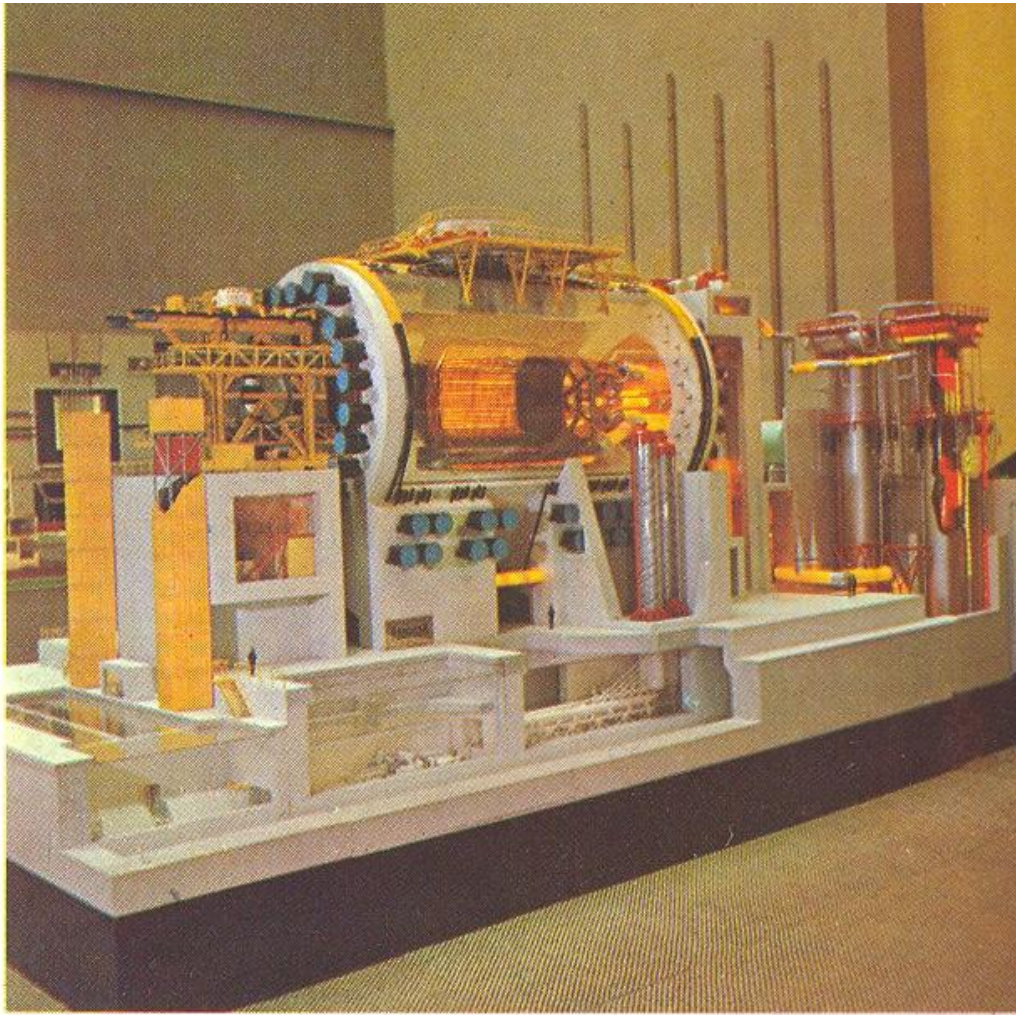
Sia la bomba atomica sia le pile atomiche sfruttano l'energia liberata dai nuclei di uranio 235 e 233 e dal plutonio che si produce dall'uranio 238.

Quando uno di questi nuclei viene colpito da 1 neutrone si ha la rottura del nucleo in 2 nuclei più leggeri, la liberazione di 2 o 3 neutroni e simultaneamente la liberazione di una grande quantità di energia.

Per esempio



dove Q è circa uguale a 200 Me V.



PILA ATOMICA - In questa fotografia vediamo una pila atomica nel palazzo delle scoperte di Parigi. Per impedire fughe di neutroni e radiazioni, il cuore di un reattore o pila atomica è situato all'interno di spessissimi schermi di calcestruzzo.

I nuclei che si formano nella reazione non sono sempre gli stessi; anche i neutroni prodotti e l'energia

liberata non sono costanti.

L'enorme quantità di energia liberata nella reazione sopra scritta deriva dal fatto che la somma delle masse dei prodotti della fissione è minore della massa dei reagenti.

La differenza fra le masse è diventata quindi energia.

Poiché per ogni nucleo fissionato si producono circa 2,5 neutroni, questi potranno fissionare altrettanti nuclei dando l'avvio a una reazione a catena che in pochi istanti farebbe fissionare tutta la massa.

Questo fenomeno non avviene in natura perché l' U^{235} è molto disperso costituendo solo lo 0,72 % dell'uranio naturale. Se si ha U^{235} puro, finché la massa è piccola sono più numerosi i neutroni che vanno dispersi di quelli che causano un'ulteriore disintegrazione.

Se però si raggiunge il peso di qualche chilo (massa critica) la dispersione diminuisce e, se ammettiamo che per ogni nucleo fissionato 2 neutroni riescono a entrare in collisione con altri nuclei fissionandoli, la catena di fissioni, una volta iniziata, aumenta rapidamente.

Infatti i neutroni del primo nucleo disintegrato fissioneranno 2 nuclei, che produrranno 4 neutroni utili a disintegrare altrettanti nuclei; questi ultimi produrranno 8 neutroni e gli 8 nuclei disintegrati da questi produrranno 16 neutroni e così via fino a raggiungere, in un tempo brevissimo, una fissione completa della massa determinando un' esplosione atomica.

La bomba atomica infatti è costituita da due masse di uranio 235 o plutonio, tenute separate da un diaframma impenetrabile ai neutroni.

Ognuna delle masse è inferiore a quella critica, ma la loro somma è superiore.

L'esplosione si verifica portando rapidamente a contatto le due masse.

Nei reattori nucleari, invece, si realizza la fissione controllata dell'uranio; il calore prodotto dalle disintegrazioni viene usato per produrre vapore che può mettere in azione delle turbine.

Un reattore nucleare è costituito da varie parti: in primo luogo da barre di uranio in forma elementare oppure in ossido, puro o in lega con Al, Cr, Zr, V, Mo, Si ecc.

Le leghe vengono usate per migliorare le caratteristiche meccaniche delle barre che devono sopportare alte temperature.

Il combustibile viene immerso in moderatori costituiti generalmente da grafite, acqua pesante, ossido di berillio (BeO), carburo di silicio (SiC), che hanno la funzione di rallentare la velocità dei neutroni prodotti dalla fissione dell' U^{235} e rendere quindi più facile l'ulteriore fissione di altri nuclei.

Infatti l' U^{235} si fissiona più facilmente con neutroni lenti che con neutroni veloci, mentre l' U^{238} non si fissiona (se non con neutroni ad altissima energia), ma si trasforma in plutonio.

Quindi l'uranio naturale senza moderatori non si fissiona a velocità apprezzabili, mentre in presenza di moderatori l' U^{235} subisce fissione fornendo energia che trasforma l' U^{238} in Pu^{239} che è ulteriormente fissionabile.

Nei reattori si introducono anche barre di cadmio che assorbono i neutroni.

Se si vuol spegnere il reattore queste barre vengono immerse del tutto fra quelle di uranio.

Introducendole parzialmente si può far funzionare la pila a velocità variabile.

Il cuore del reattore è situato all'interno di spessissimi schermi di calcestruzzo per impedire fughe di neutroni e di radiazioni.

MINERALI E PREPARAZIONE DEL METALLO

L'uranio si trova in giacimenti primari e in giacimenti secondari: in questi ultimi si è depositato per dilavamento dei primari. I giacimenti primari sono essenzialmente costituiti da pechblenda, un ossido di composizione variabile la cui formula può essere $(\text{UO}_2)_x(\text{UO}_3)_y$

I depositi sfruttabili industrialmente si trovano in Congo, Stati Uniti, Canada, Cecoslovacchia, Portogallo ecc. I giacimenti secondari sono costituiti soprattutto da fosfati, arseniati e vanadati contenenti uranio, calcio, potassio, rame e altri metalli. Fra questi citiamo

la brannerite $[(\text{U}, \text{Ca}, \text{Fe}, \text{Th}, \text{Y})_3\text{Ti}_5\text{O}_{16}]$ che si trova in U SA e in Canada;

la davidite $[(\text{Fe}, \text{Ce}, \text{U})(\text{Ti}, \text{Fe}, \text{V}, \text{Cr})_3(\text{O}, \text{OH})_7]$ che si trova in Australia; l'autunite (Il caso del nostro campione n° 201 del museo del Liceo Scientifico A. Avogadro) $[\text{Ca} \cdot (\text{UO}_2)_2 \cdot (\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}]$ e la camotite $\text{K}_2[(\text{UO}_2)(\text{VO}_4)]_2 \cdot \text{NH}_2\text{O}$ che si trovano nel Colorado (USA);

la tynyamunite $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$ che si trova in Siberia.

L'uranio accompagna varie rocce fosfatiche, si trova in alcuni conglomerati auriferi del Sud Africa, in alcuni scisti bituminosi della Svezia, Norvegia e USA e in alcuni carboni e ligniti.

In Italia è stato trovato sotto forma di carnotite in giacimenti sedimentari.

Attualmente si sfruttano solo i giacimenti ricchi di uranio, ma, quando il fabbisogno di energia aumenterà, si sfrutteranno anche quelli poveri.

Le riserve sono ora valutate in alcuni milioni di tonnellate, ma potrebbero aumentare con la scoperta di nuovi giacimenti. Se si considerano anche i giacimenti poveri, le riserve salgono rapidamente.

Per avere un'idea di quanta energia può essere prodotta dall' uranio basti pensare che una libbra di U^{235} (454 grammi) sviluppa una quantità di calore superiore a quella di 1000 tonnellate di carbone.

L'uranio si separa facendo digerire il minerale frantumato in acidi forti (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl) oppure in soluzioni alcaline. La scelta dipende dallo stato di ossidazione in cui si trova il metallo nel minerale e dalla natura della ganga. Le soluzioni acide contengono l'uranio sotto forma di ione uranile UO_2^{++} o come U^{4+} e U^{+3} . L'attacco alcalino che si esegue con carbonati e bicarbonati di sodio o di ammonio porta alla formazione di sali del complesso uranilcarbonico $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{-4}$

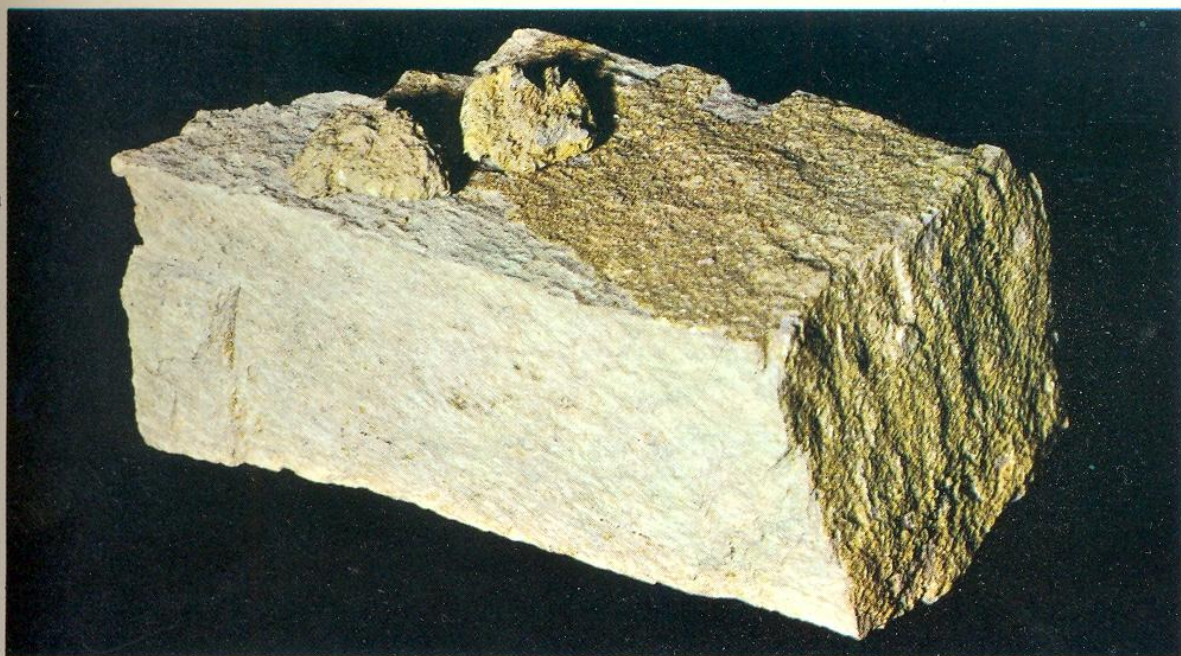
Dalle soluzioni l'uranio può venire precipitato come $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ o separato per scambio ionico o per estrazione con solventi.

Viene quindi purificato e trasformato nell' ossido UO_3 ,

Questo viene ridotto con idrogeno a UO_2 che viene spesso usato direttamente come combustibile nucleare. L'ossido UO_2 trattato con acido fluoridrico dà UF_4 che per ulteriore fluorurazione dà UF_6 .

Il tetrafluoruro (un solido cristallino verde) viene usato per ottenere il metallo elementare mediante riduzione con calcio e magnesio. L'esfluoruro (bianco) viene usato per ottenere U^{235} arricchito perché sublima senza fondere a circa 55° .

5a



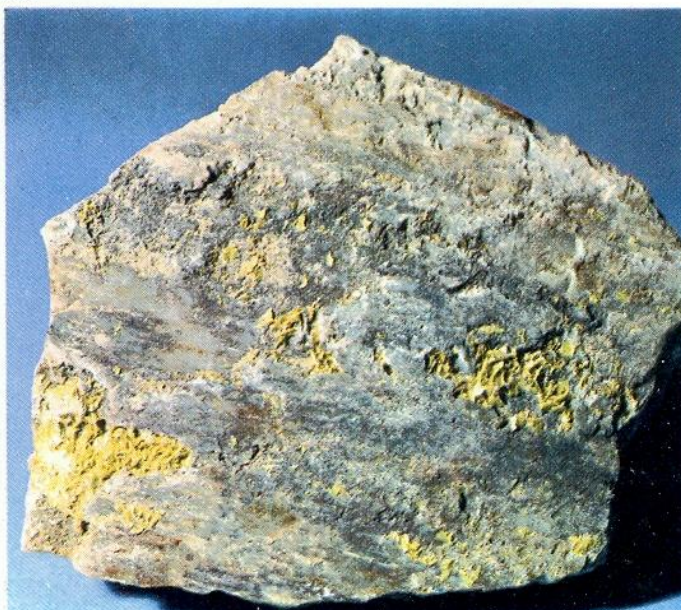
5e



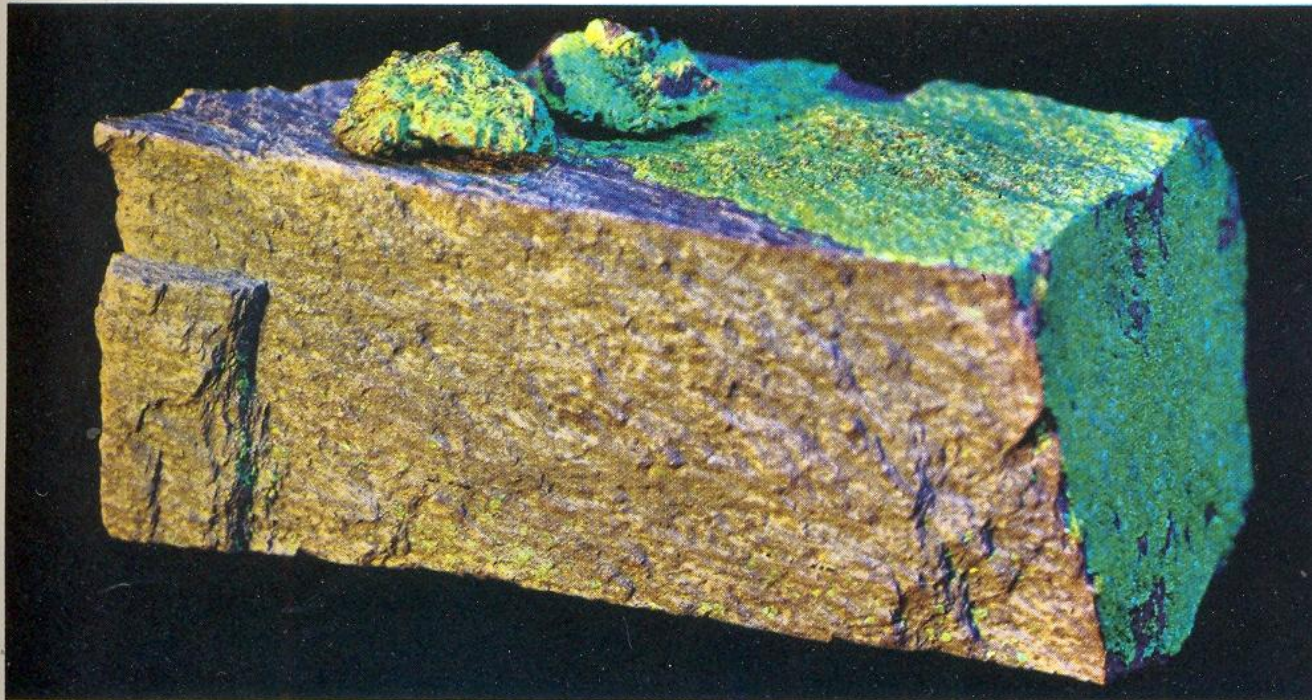
5c



5d



5b



MINERALI DI URANIO - In a e in b vediamo l'autunite, un fosfato di calcio e uranile $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, in c la pechblenda o uraninite, in d l'uranocircite di formula $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, in e la torbernite $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, minerale di uranio spesso associato all'autunite.

PROPRIETA FISICHE E CHIMICHE

L'uranio è uno dei metalli più densi ($19,04 \text{ g/cm}^3$ a 25°); esiste allo stato solido in tre forme

cristalline: una forma α ortorombica che a 663° si trasforma nella modificazione β tetragonale; questa a 763° si trasforma nella modificazione γ cubica che fonde a 1132°C .

La sua composizione isotopica naturale è la seguente: U^{238} 99,27%, U^{235} 0,72% e U^{234} 0,006%. Un altro isotopo importante è l' U^{233} che si ottiene per reazioni nucleari dal torio ed è usato soprattutto come combustibile per reattori. L' U^{235} è il capostipite della famiglia radioattiva dell'attinio.

L' U^{238} è il capostipite della famiglia radioattiva dell'uranio, il cui diagramma di trasformazioni è illustrato nella tabella.

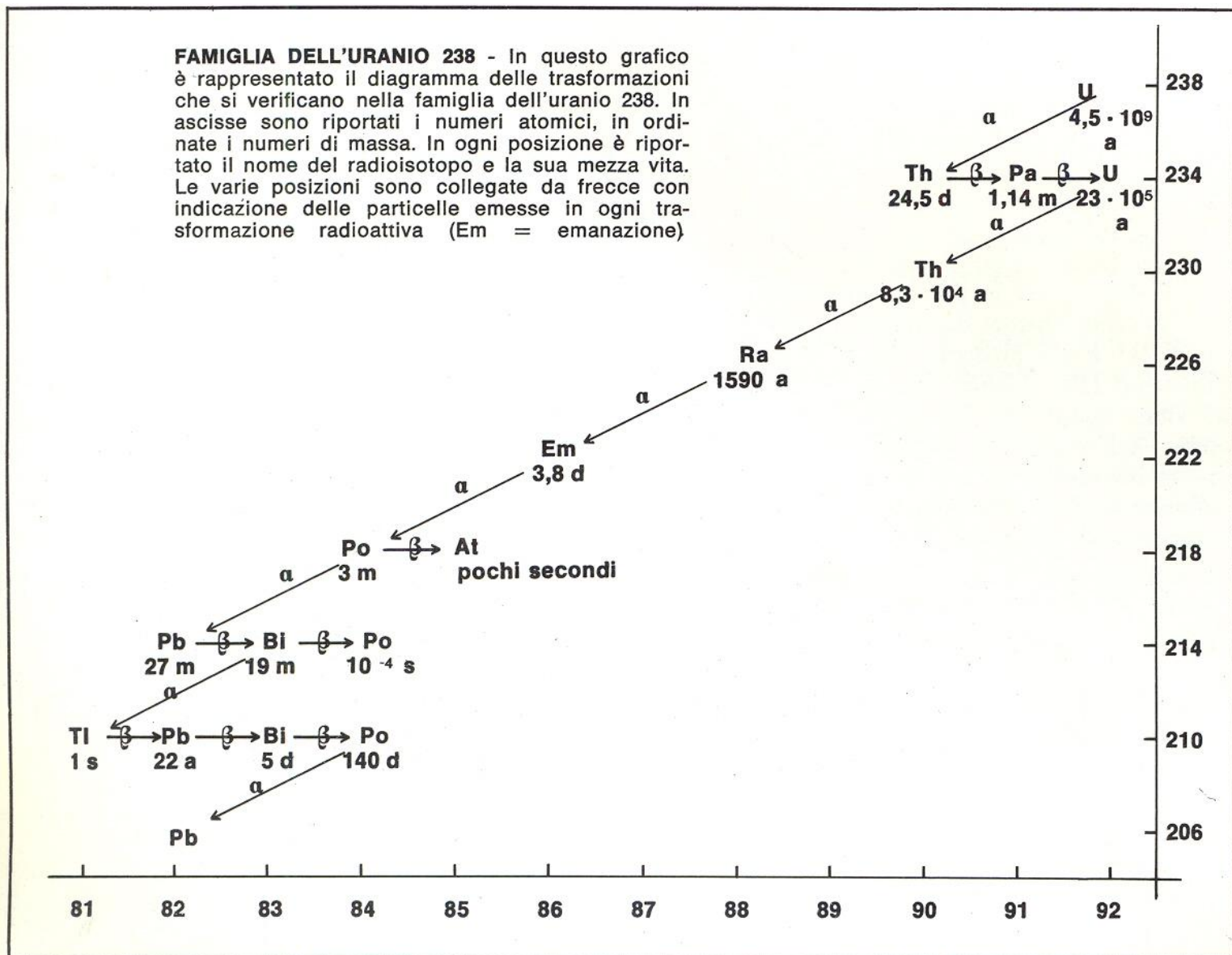


Diagramma dell'uranio 238

È un metallo molto reattivo; finemente suddiviso diventa piroforico e già a 100°C attacca l'acqua.

A temperatura elevata dà con azoto azoturi e con carbonio carburi.

La chimica dell'uranio, varia e complessa, è stata ampiamente studiata. Fra i suoi composti ricordiamo: l'idruro UH_3 che si forma per sintesi diretta dagli elementi ed è molto reattivo e gli ossidi di cui i più importanti sono l' UO_2 bruno-nero, l' U_3O_8 verde-nero e l' UO_3 giallo-arancio.

Spesso non hanno una composizione stechiometrica esatta. Per fusione degli ossidi con alcali si ottengono gli uranati di colore giallo-aranciato.

Alcuni uranati di litio hanno formule del tipo $\text{L}_2\text{U}_2\text{O}_7$, Li_2UO_4 e L_4UO_5 .

L'uranio forma un gran numero di alogenuri e per illustrarne le formule citiamo solo quelli di fluoro:

UF₃, UF₄, UF₅ e UF₂.

L'uranio forma anche composti binari con B, C, Si, N, P, As, Sb, Se, S, Te ecc. Sono anche molto comuni i sali di uranile (UO₂⁺⁺): fra questi il più importante è il nitrato UO₂(NO₃)₂ che è solubile in molti liquidi organici come alcoli, eteri, chetoni ed esteri, per mezzo dei quali può essere estratto dalle soluzioni acquose.

GLI ELEMENTI TRANSURANICI

I periodi di semi trasformazione degli isotopi più stabili degli elementi transuranici sono tali che le quantità primordiali di questi elementi dovrebbero essere scomparse da tempo. Però il nettunio e il plutonio sono stati isolati in tracce dai minerali di uranio in cui si formano attraverso le seguenti reazioni $U^{238} + n \rightarrow U^{239} + \gamma \rightarrow Np^{239} + \beta \rightarrow Pu^{239} + \beta$

Queste stesse reazioni vengono ora sfruttate per produrre quantità apprezzabili di Np e Pu.

La scoperta della possibilità di ottenere per questa via gli elementi transuranici ha un notevole interesse storico.

Nel 1934 Fermi, Araldi, D'Agostino, Rasetti e Segré, che lavoravano a Roma, scoprirono che irradiando con neutroni l'uranio si otteneva un notevole numero di sostanze radioattive.

Scoprirono anche che alcune proprietà chimiche delle sostanze prodotte in seguito a questo trattamento non corrispondevano a nessun elemento noto.

Si ipotizzò quindi la formazione di elementi transuranici.

Gli studi su questo argomento continuarono con notevole fervore da parte di studiosi italiani e stranieri e i risultati furono sorprendenti.

Non solo si scoprì che l'ipotesi della formazione degli elementi transuranici era esatta, ma Strassman e Hann studiando i prodotti dell'irraggiamento, capirono che la formazione di elementi di peso medio in questi prodotti era dovuta alla fissione dell'uranio.

Quantità di nettunio e plutonio (i cui nomi alludono chiaramente ai pianeti che seguono Urano nel sistema solare) dell'ordine del chilogrammo si ottengono nei reattori nucleari in cui avvengono le reazioni che abbiamo prima citate.

Tuttavia soltanto il plutonio ha importanza pratica perché viene fissionato dai neutroni e può essere usato come combustibile nucleare e per costruire bombe atomiche.

Gli elementi che seguono il plutonio nel sistema periodico possono essere ottenuti per successivo assorbimento di neutroni da parte del plutonio stesso, in reattori che danno flussi molto densi di neutroni. Gli elementi oltre il numero 96 si possono ottenere in tracce bombardando plutonio, americio e curio con ioni accelerati di boro, carbonio, azoto, ossigeno e neo.

È estremamente difficoltoso studiare le proprietà chimiche e fisiche di questi elementi perché essi si formano insieme a prodotti di fissione che sono molto radioattivi: è stato necessario sviluppare tutta una tecnica di comandi a distanza e mettere a punto metodi chimici di lavoro su scala piccolissima. Oltre i pericoli della radioattività è da ricordare che il plutonio è estremamente tossico (una dose di 10⁻⁶ grammi è mortale). Nettunio, plutonio e americio si possono separare sfruttando la diversa solubilità dei loro sali e la diversa volatilità di alcuni loro composti.

Si ottengono allo stato metallico riducendo i loro fluoruri con Li o Ba 1200°; hanno aspetto simile all'argento e sono molto reattivi.

Il nettunio fonde a 630°, il plutonio prima di fondere, a 640°, subisce almeno sei cambiamenti di fase, in ognuna delle quali ha densità, coefficiente di dilatazione e durezza diversi.

Tutti tre gli elementi danno una serie di ossidi spesso non stechiometrici. Alcuni di essi hanno formule uguali agli ossidi di uranio cui sono isomorfi.

Anche gli alogenuri sono isostrutturali a quelli dell'uranio.

Degli elementi che seguono l'americio possiamo dare poche notizie. Il curio (Cm) fu scoperto bombardando il plutonio con nuclei di elio; gli altri furono per la prima volta identificati fra i prodotti formati nell'esplosione della prima bomba a idrogeno. Gli elementi fino al californio (Cf) sono stati ottenuti in quantità pesabili, i rimanenti solo in tracce, perciò la loro chimica non è nota che in minima parte.

Il curio è stato ottenuto anche come metallo e si è visto che si corrode rapidamente riscaldandosi a causa del suo decadimento radioattivo.

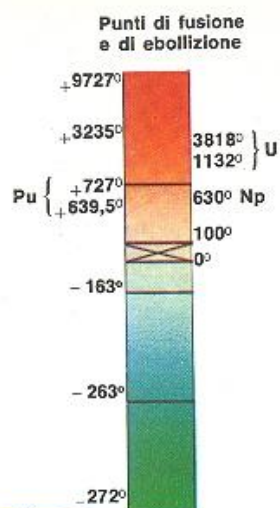
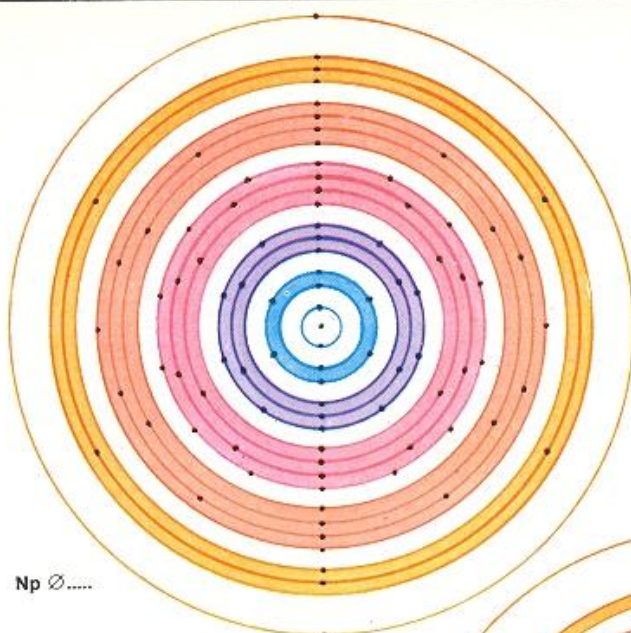
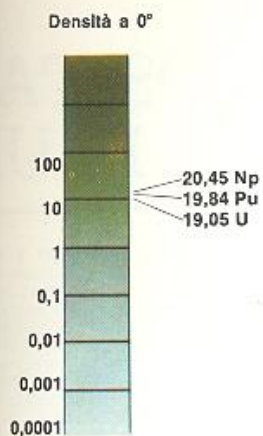
Sono noti alcuni composti solidi come CmF_3 , CmF_4 , Cm_2O_3 e CmO_2 . Del berchelio (Bk) è noto un ossido giallo con struttura simile alla fluorite.

Del californio (Cf) è noto l'ossido Cf_2O_3 e i composti con gli alogeni CfCl_3 e CfOCl .

Gli isotopi più stabili degli elementi compresi fra il nettunio e il californio hanno i seguenti periodi di semi trasformazione :

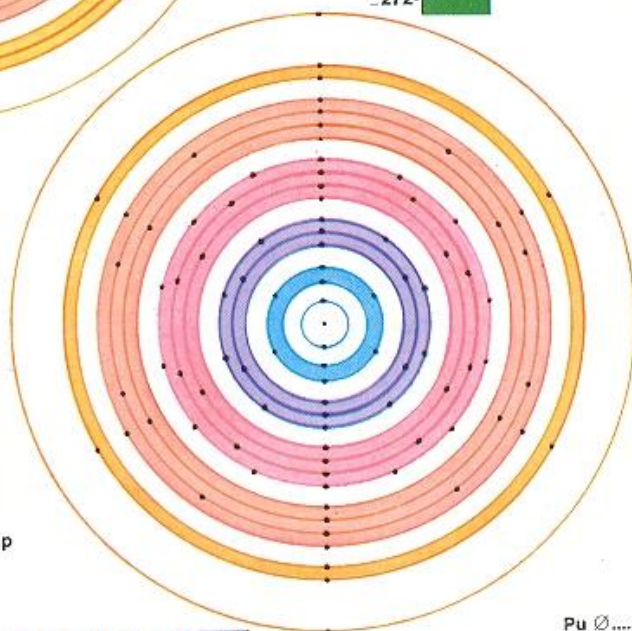
Np^{237} $2,2 \cdot 10^6$, Pu^{238} 89 anni, Pu^{239} 24,36 anni, Pu^{242} $3,79 \cdot 10^5$ Am^{241} 458 anni, Am^{243} 7951 anni, Cm^{242} 17,6 anni e Cf^{252} 2,2 anni.

[Pagina seguente segue proprietà fisiche e configurazione elettronica](#)



EC	EC	EC	EC	α	β ⁺	α	β ⁻	β ⁻	β ⁻	β ⁻
α	13	α	β ⁺	EC	>5000	2,20	2,10	2,35	60	16
50	m	35	4,4	410	a	10 ⁵	d	d	m	m
m		m	d	d		a				
0										
1										
231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241

Np



EC	EC	EC	EC	α	α	α	α	α	β ⁻	α	β ⁻	α	β ⁻	β ⁻
α	α	α	α	SF	EC	SF	SF	SF	α	SF	α	SF	β ⁻	β ⁻
36	20	9	26	285	45,6	89	24,36	6,58-10	13	3,99-10 ⁵	4,98	7,6-10 ⁷	10,1	10,85
m	m	h	m	a	d	a	a	a	a	a	h	a	h	d
0														
1														
232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246

Pu

