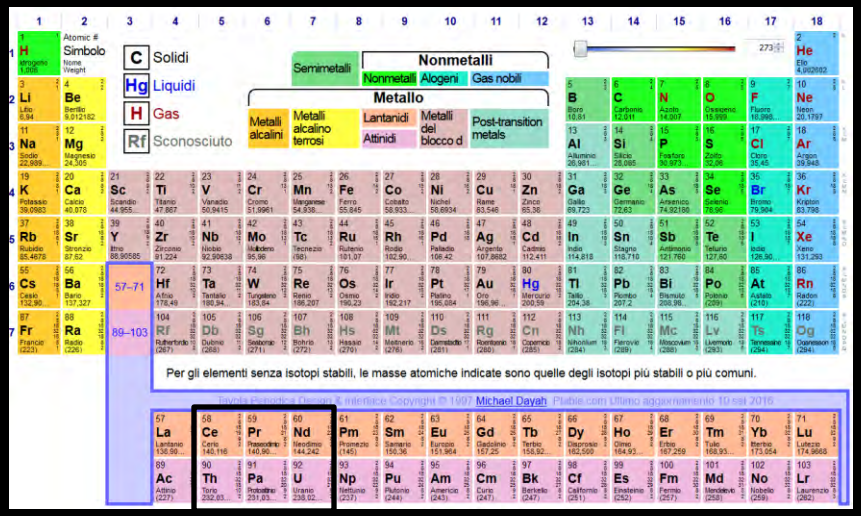
In che modo gli atomi di alcuni elementi possono trasformarsi in altri elementi?

1) Radiazione corpuscolare α



^{58}Ce	^{59}Pr	^{60}Nd
$^{234}_{90}$Th	^{91}Pa	$^{238}_{92}$U

Un isotopo dell'U (^{238}U) è radioattivo e decade con emissione di particella α.

In quale isotopo si trasformerà?

L'isotopo figlio avrà due protoni in meno (la particella α ha 2 p)

L'isotopo figlio quindi avrà numero atomico 90 = Th

Quale numero di massa? ^{234}Th

Michele Lustrino 1 dicembre 2017 –DST, Roma

In che modo gli atomi di alcuni elementi possono trasformarsi in altri elementi?

1) Radiazione corpuscolare α

Questa reazione può essere quindi scritta come:

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{234}_{90}Th + \text{Energia}$$

$_{58}$**Ce**	$_{59}$**Pr**	$_{60}$**Nd**
$^{234}_{90}$**Th**	$_{91}$**Pa**	$^{238}_{92}$**U**

L'energia liberata è l'energia cinetica delle particelle α.

In che modo gli atomi di alcuni elementi possono trasformarsi in altri elementi?

2) Radiazione corpuscolare β^- • *N > Z (neutroni in eccesso)*

L'elettrone che viene espulso non è uno degli elettroni degli orbitali esterni.

Si tratta di un "elettrone" del nucleo…

Un neutrone si trasforma in protone + elettrone:

massa ← ${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$ + neutrino → *carica*

In pratica l'isotopo figlio avrà un numero atomico in più ma stessa massa dell'isotopo padre.

In che modo gli atomi di alcuni elementi possono trasformarsi in altri elementi?

2) Radiazione corpuscolare β^- • *N > Z (neutroni in eccesso)*

Esempi:

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}\beta$$

Cosa cambia? Il numero di massa o il numero atomico?

$$^{234}_{91}Pa \rightarrow ^{234}_{92}U + ^{0}_{-1}\beta$$

$_{5}B$	6+8 $^{14}_{6}C$	7+7 $^{14}_{7}N$
$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$

$_{58}Ce$	$_{59}Pr$	$_{60}Nd$
$_{90}Th$	91+143 $^{234}_{91}Pa$	92+142 $^{234}_{92}U$

L’isotopo instabile viene definito isotopo radioattivo o radioisotopo o radionuclide o nuclide radioattivo.

L’isotopo radioattivo si trasforma in un altro elemento detto isotopo radiogenico.

Gli isotopi radioattivi decadono con tassi continui ma in modo stocastico (a caso)

Tempo di dimezzamento o emivita

Più breve è il tempo di dimezzamento, più rapidamente un isotopo scomparirà.
In due casi questo ha portato alla scomparsa di elementi dalla tavola periodica (Tn e Pr).
50% (metà del quantitativo iniziale)
Più breve è il tempo di dimezzamento, più intense saranno le radiazioni ionizzanti emesse.
25% (metà del 50%)
12,5% (metà del 25%)
6,25% (metà del 12,5%)
Concentrazione di isotopo radiattivo
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Tempo di dimezzamento

Isotopo	T di dimezzamento	Radiazione emessa
^{218}Rn	*1,9 millisecondi*	*alfa*
^{222}Rn	*3,82 giorni*	*alfa*
^{131}I	*8,02 giorni*	*beta*
^{210}Po	*138,4 giorni*	*alfa e gamma*
^{134}Cs	*2,06 anni*	*beta e gamma*
^{14}C	*5.730 anni*	*beta*
^{235}U	*703,8 milioni di anni*	*beta*
^{40}K	*1,25 miliardi di anni*	*beta e gamma*
^{238}U	*4,47 miliardi di anni*	*alfa*
^{232}Th	*14,1 miliardi di anni*	*alfa e gamma*
^{87}Rb	*49,6 miliardi di anni*	*beta*

Isotopo	T di dimezzamento	Attività specifica
^{218}Rn	1,9 millisecondi	$9,6*10^{22}$ Bq/g
^{222}Rn	3,82 giorni	$5,7*10^{15}$
^{131}I	8,02 giorni	$4,6*10^{15}$
^{210}Po	138,4 giorni	$1,7*10^{14}$
^{134}Cs	2,06 anni	$4,8*10^{13}$
^{14}C	5.730 anni	$1,6*10^{11}$
^{235}U	703,8 milioni di anni	$8,0*10^{4}$
^{40}K	1,25 miliardi di anni	$2,6*10^{5}$
^{238}U	4,47 miliardi di anni	$1,2*10^{4}$
^{232}Th	14,1 miliardi di anni	$4,0*10^{3}$
^{87}Rb	49,6 miliardi di anni	$3,1*10^{3}$

0,1 Bq/g

~100.000 g

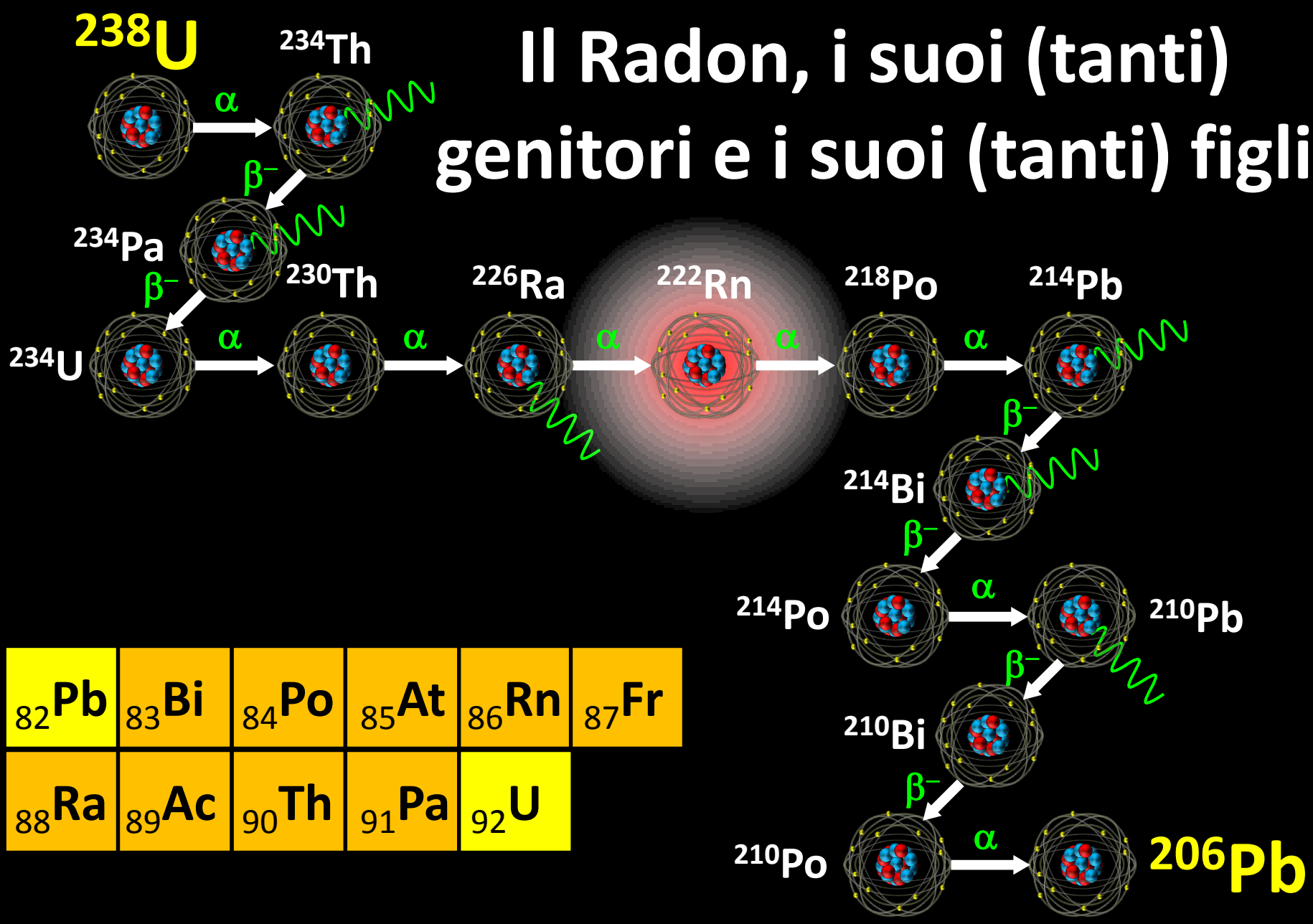
~10.000 Bq

Isotopo	T di dimezzamento	Attività specifica
^{218}Rn	*1,9 millisecondi*	$9,6*10^{22}$ *Bq/g*
^{222}Rn	*3,82 giorni*	$5,7*10^{15}$
^{131}I	*8,02 giorni*	$4,6*10^{15}$
^{210}Po	*138,4 giorni*	$1,7*10^{14}$

Quale di questi isotopi è il più pericoloso?

^{238}U	*4,47 miliardi di anni*	$1,2*10^{4}$
^{232}Th	*14,1 miliardi di anni*	$4,0*10^{3}$
^{87}Rb	*49,6 miliardi di anni*	$3,1*10^{3}$

Il Radon, i suoi (tanti) genitori e i suoi (tanti) figli



82Pb	83Bi	84Po	85At	86Rn	87Fr
88Ra	89Ac	90Th	91Pa	92U	

Michele Lustrino 1 dicembre 2017 –DST, Roma

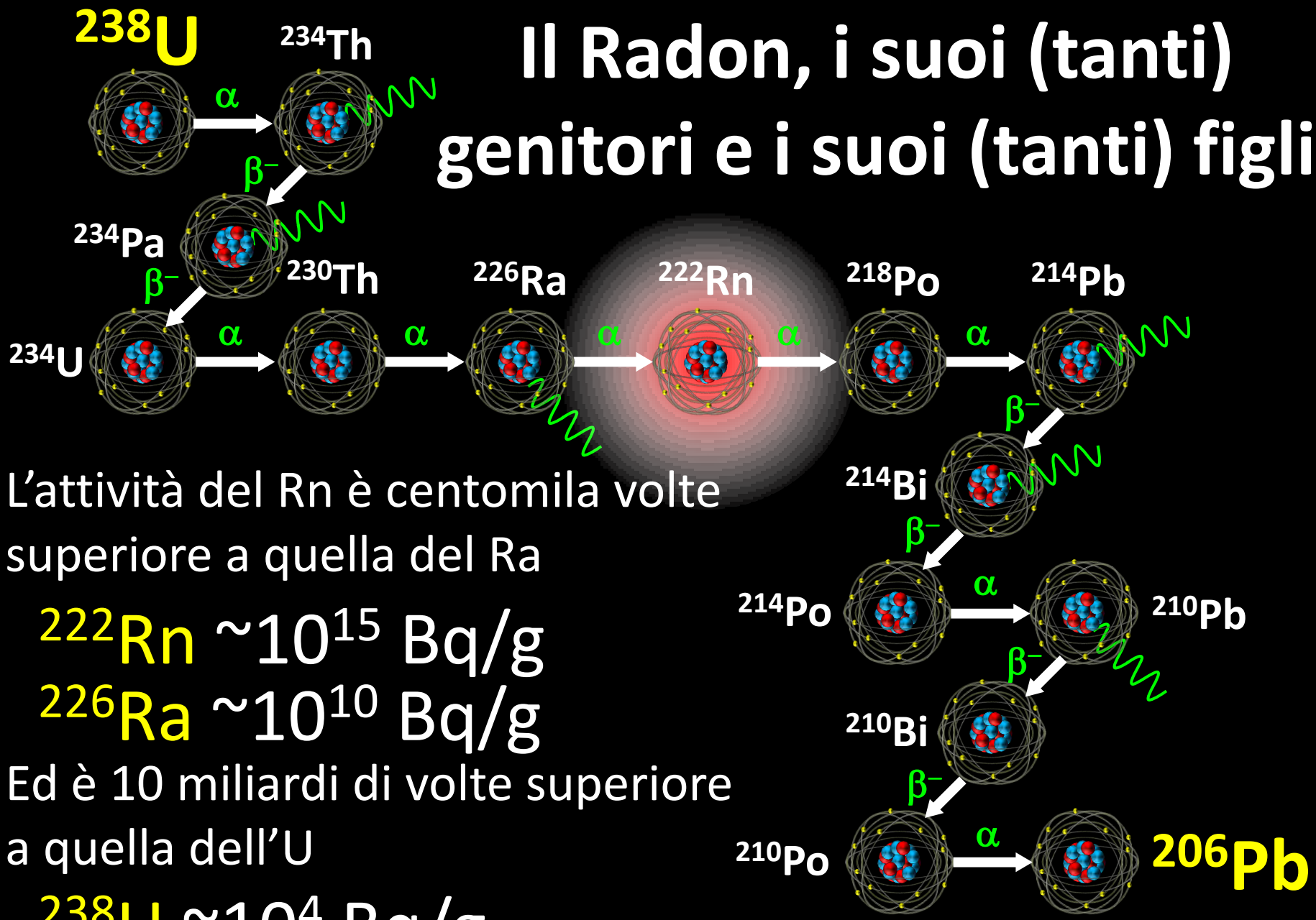
Il Radon, i suoi (tanti) genitori e i suoi (tanti) figli

In pratica più U c'è e più Rn viene prodotto.

Ricordate i sanpietrini del Vaticano?

Michele Lustrino 1 dicembre 2017 –DST, Roma

Il Radon, i suoi (tanti) genitori e i suoi (tanti) figli



L'attività del Rn è centomila volte superiore a quella del Ra

^{222}Rn ~10^{15} Bq/g

^{226}Ra ~10^{10} Bq/g

Ed è 10 miliardi di volte superiore a quella dell'U

^{238}U ~10^{4} Bq/g

Il Radon, i suoi (tanti) genitori e i suoi (tanti) figli

Rn ~10^{15} Bq/g

Ra ~10^{10} Bq/g

U ~10^{4} Bq/g

…In realtà la radioattività dell'U non è causata dall'U!

Michele Lustrino 1 dicembre 2017 –DST, Roma

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende* (¹). Note de M. **P. Curie** et de Mme **S. Curie**, présentée par M. Becquerel.

(¹) Ce travail a été fait à l'École municipale de Physique et Chimie industrielles. Nous remercions tout particulièrement M. Bémont, chef des travaux de Chimie, pour les conseils et l'aide qu'il a bien voulu nous donner.

C. R., 1898, 2e *Semestre*. (T. CXXVII, N° 3.) 24

« Certains minéraux contenant de l'uranium et du thorium (pechblende, chalcolite, uranite) sont très actifs au point de vue de l'émission des rayons de Becquerel. Dans un travail antérieur, l'un de nous a montré que leur activité est même plus grande que celle de l'uranium et du thorium, et a émis l'opinion que cet effet était dû à quelque autre substance très active renfermée en petite quantité dans ces minéraux (¹).

» En effectuant ces diverses opérations, on obtient des produits de plus en plus actifs. Finalement nous avons obtenu une substance dont l'activité est environ 400 fois plus grande que celle de l'uranium.

» Nous croyons donc que la substance que nous avons retirée de la pechblende contient un métal non encore signalé, voisin du bismuth par ses propriétés analytiques. Si l'existence de ce nouveau métal se confirme, nous proposons de l'appeler *polonium*, du nom du pays d'origine de l'un de nous.

http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3083q/f177.item.langEN

La storia della scoperta del Radio (e del Polonio) è la storia della scoperta della radioattività.

I due nuovi elementi emettevano radiazioni in elevate quantità.

Il Ra però manteneva infinitamente le sue caratteristiche, mentre gli effetti del Po svanivano dopo pochi mesi.

$$T\,\tfrac{1}{2}\ {}^{226}Ra = 1590 \text{ anni}$$

$$T\,\tfrac{1}{2}\ {}^{210}Po = 136 \text{ giorni}$$

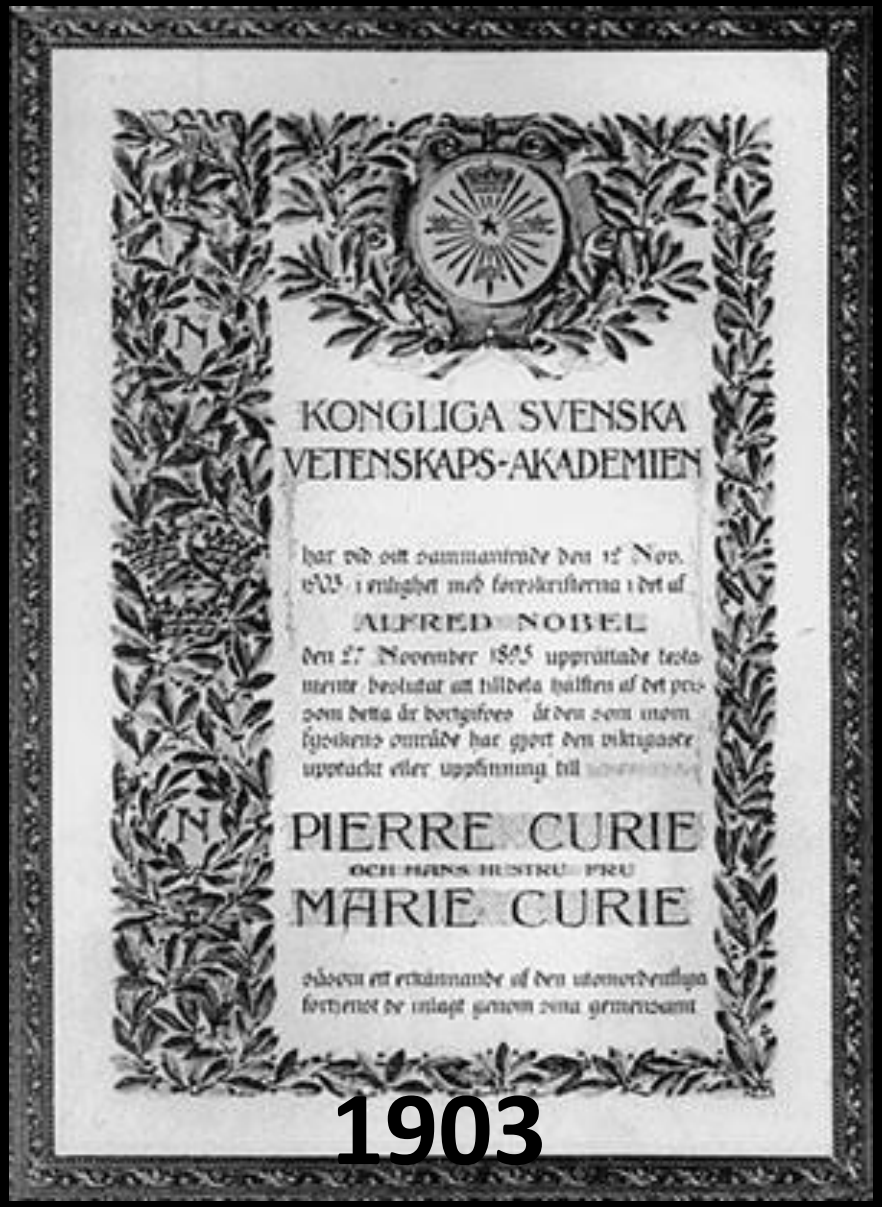
Per questo motivo il Ra divenne la sorgente radioattiva più utilizzata nei laboratori di tutta Europa.

Dopo 4 anni di lavoro, nel 1902 separarono 0,1 g di Ra partendo da oltre 10 tonnellate di uraninite.

Il 1903 fu un anno speciale per Marie Curie...

http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8626316v/f7.item

1903



1903

Michele Lustrino 1 dicembre 2017 –DST, Roma

I coniugi Curie non brevettarono mai la loro scoperta.
Our society, in which reigns a eager desire for riches and luxury, does not understand the value of science.
Marie Curie, 1923

Quasi tutti gli isotopi radioattivi sono di tipo naturale (NORM).

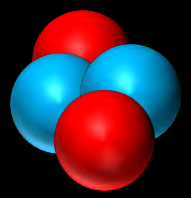
Alcuni isotopi di alcuni elementi possono essere indotti a diventare radioattivi (o a aumentare la loro attività).

In che modo?

…bombardando un isotopo (o, meglio, un nuclide) stabile con dei proiettili.

Che tipo di proiettili si possono usare contro gli atomi?

Irène Curie, la figlia di Pierre e Marie, e suo marito Frederic Joliot già dal 1932 usavano nuclei di ^{4}He (particelle α).



Si accorsero che bombardando con particelle α elementi leggeri (es. Be e B) venivano generate radiazioni molto penetranti (interpretate come γ).

Queste radiazioni avevano il potere di rimuovere i protoni (nuclei di H) dalla paraffina:

Emission de protons de grande vitesse par les substances hydrogénées sous l'influence des rayons γ très penetrants.

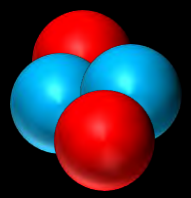
Curie e Joliot, 1932 (Compt. Rend. Acad. Sci. Paris)

RADIOACTIVITÉ. — *Émission de protons de grande vitesse par les substances hydrogénées sous l'influence des rayons γ très pénétrants.* Note [2] de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré [3] que les rayonnements γ excités par les rayons α du polonium dans le glucinium et dans le bore ont des coefficients d'absorption massique bien plus faibles que celui des rayons les plus pénétrants des corps radioactifs [$(\mu/\rho)_{Pb} = 0{,}013$ et $(\mu/\rho)_P = 0{,}02$ respectivement]. Ces nombres correspondent à des énergies quantiques très élevées comprises entre celles des rayons les plus pénétrants des radioéléments et celles des rayons cosmiques.

[2] Séance du 11 janvier 1932.

Irène Curie, la figlia di Pierre e Marie, e suo marito Frederic Joliot già dal 1932 usavano nuclei di ^{4}He (particelle α).



Persero l'occasione di prendere un premio Nobel:

Avevano scoperto il neutrone ma lo avevano scambiato per radiazione γ.

Massa: 4 + 9 = 13 *12 + 1 = 13*

$$^{4}_{2}\alpha + ^{9}_{4}\mathrm{Be} \rightarrow ^{12}_{6}\mathrm{C} + ^{1}_{0}\mathrm{n}$$

La scoperta del neutrone fruttò a James Chadwick il premio Nobel in fisica nel 1935.

Letters to the Editor

[*The Editor does not hold himself responsible for opinions expressed by his correspondents. Neither can he undertake to return, nor to correspond with the writers of, rejected manuscripts intended for this or any other part of* NATURE. *No notice is taken of anonymous communications.*]

Possible Existence of a Neutron

IT has been shown by Bothe and others that beryllium when bombarded by α-particles of polonium emits a radiation of great penetrating power, which has an absorption coefficient in lead of about 0·3 (cm.)$^{-1}$. Recently Mme. Curie-Joliot and M. Joliot found, when measuring the ionisation produced by this beryllium radiation in a vessel with a thin window, that the ionisation increased when matter containing hydrogen was placed in front of the window. The effect appeared to be due to the ejection of protons

This again receives a simple explanation on the neutron hypothesis.

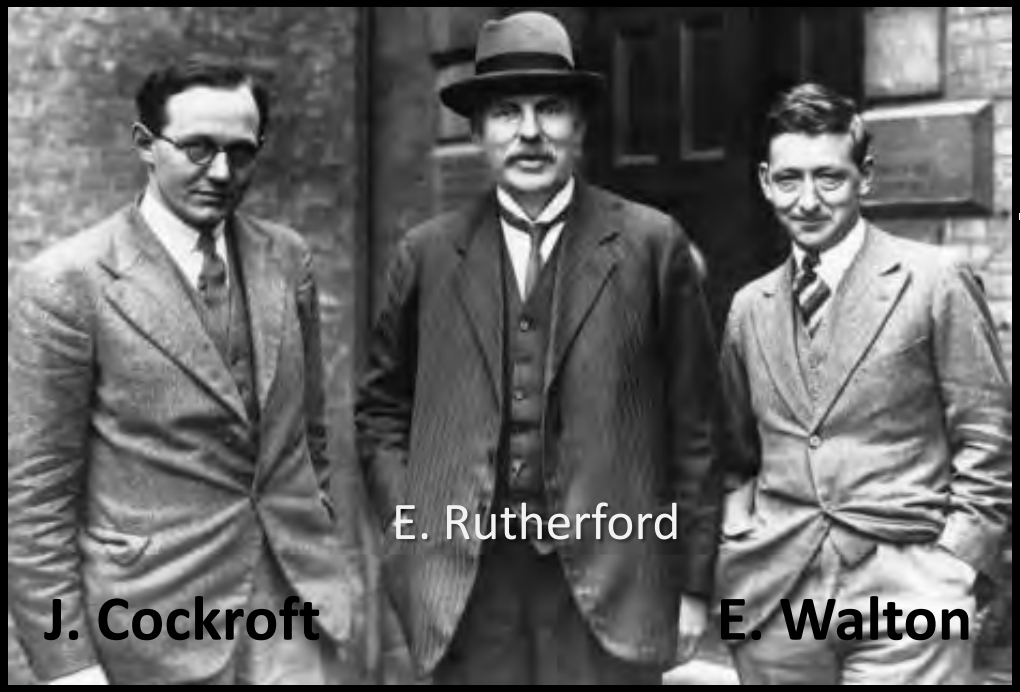
If it be supposed that the radiation consists of quanta, then the capture of the α-particle by the Be^9 nucleus will form a C^{13} nucleus. The mass defect of C^{13} is known with sufficient accuracy to show that the energy of the quantum emitted in this process cannot be greater than about 14×10^6 volts. It is difficult to make such a quantum responsible for the effects observed.

It is to be expected that many of the effects of a neutron in passing through matter should resemble those of a quantum of high energy, and it is not easy to reach the final decision between the two hypotheses. Up to the present, all the evidence is in favour of the neutron, while the quantum hypothesis can only be upheld if the conservation of energy and momentum be relinquished at some point.

J. CHADWICK.

Cavendish Laboratory,
Cambridge, Feb. 17.

These results, and others I have obtained in the course of the work, are very difficult to explain on the assumption that the radiation from beryllium is a quantum radiation, if energy and momentum are to be conserved in the collisions. The difficulties disappear, however, if it be assumed that the radiation consists of particles of mass 1 and charge 0, or neutrons. The capture of the α-particle by the



Lo stesso anno nello stesso laboratorio con lo stesso maestro: Esperimento di John Cockroft e Ernest Walton (1932):

$$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow 2\ ^{4}_{2}He + 17\ Mev$$

1) Furono i primi a spaccare un atomo;

2) Per la prima volta in una reazione veniva prodotta più energia di quanta ne era stata fornita;

INIZIO DELL'ERA DELLA FISICA NUCLARE

1932 - Anno magico per la Fisica

1) F. Brickwedde, G.N. Murphy e Harold Urey (*1934*) scoprono l'isotopo dell'H con massa 2 (deuterio).

Prima evidenza sperimentale dell'esistenza del neutrone.

2) James Chadwick (*1935*) scopre il neutrone.

3) Enrico Fermi (*1938*) scopre il principio del decadimento β^- $(+\ \nu)$.

Articolo rifiutato dalla rivista Nature, pubblicato in una rivista italiana.

4) Carl Anderson (*1936*) scopre il positrone (β^+). $E \longrightarrow mc^2$

I primi a spiegarne l'origine furono P. Blackett (1948) e G. Occhialini nel 1933.

Coppie di fotoni di raggi cosmici che si trasformano in materia.

5) John D. Cockcroft (*1951*) e Ernest T. Walton (*1951*) creano la prima fissione nucleare controllata. $mc^2 \longrightarrow E$

Prima evidenza sperimentale dell'equazione di Einstein

1932 - Anno tragico per la Storia

Il partito nazista diventa il primo partito in Germania.

Nel 1933 >1500 scienziati “non ariani” vengono epurati.

I coniugi Curie-Joliot mancarono per poco la scoperta del neutrone e del positrone, ma scoprirono la radioattività artificiale (indotta)

$$^{4}_{2}\alpha + ^{27}_{13}Al \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

Il ^{30}P era radioattivo ($T_{½}$ = 14 giorni)

Questo fruttò loro il premio Nobel per la chimica nel 1935 (lo stesso anno del premio Nobel a James Chadwick per la fisica!)

Impresa molto difficile … Perché?

Sia le particelle α che i nuclei degli atomi hanno carica positiva, quindi tendono a respingersi.

Enrico Fermi e il gruppo dei “Ragazzi di Via Panisperna” cominciarono a usare i neutroni.

Non avendo carica, essi potevano raggiungere “indisturbati” il nucleo degli atomi da colpire.

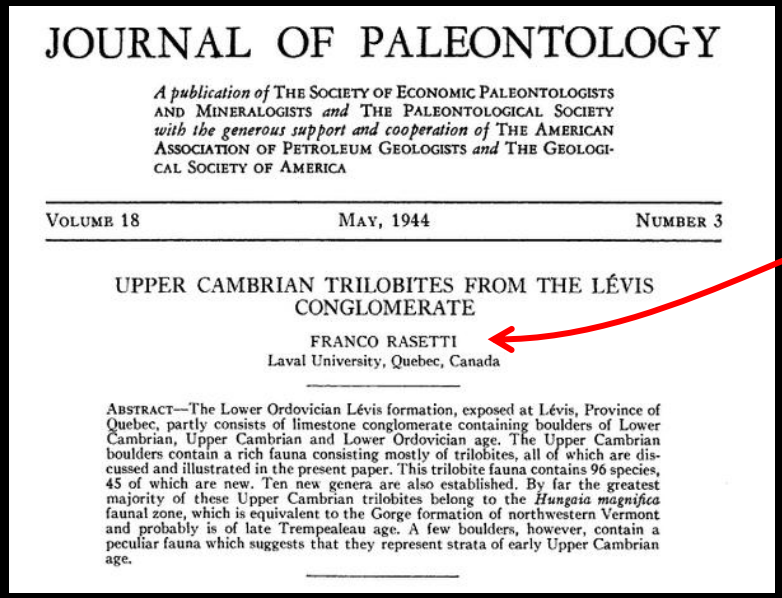
Scoprirono che su 68 elementi analizzati, 47 venivano attivati (diventavano radioattivi) per trasformarsi poi in altri elementi.

$$^{4}_{2}\alpha + ^{9}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

Come emettitori di particelle α utilizzarono ^{222}Rn.

In pratica: *Nei laboratori di Marie Curie (Oscar D'Agostino)*

1) Dall'U si separava il ^{226}Ra (forte emettitore di α)
2) Il ^{226}Ra si trasforma in ^{222}Rn (altro forte emettitore di α)
3) Polvere di ^{9}Be in un tubetto di vetro contenente ^{222}Rn
4) In un caso ogni 100.000 particelle α il ^{9}Be emetteva 1 n
5) Produzione di 100.000 proiettili di neutroni al secondo
6) Posizionamento di questa pistola neutronica vicino a varie sostanze per alcune ore.



JOURNAL OF PALEONTOLOGY

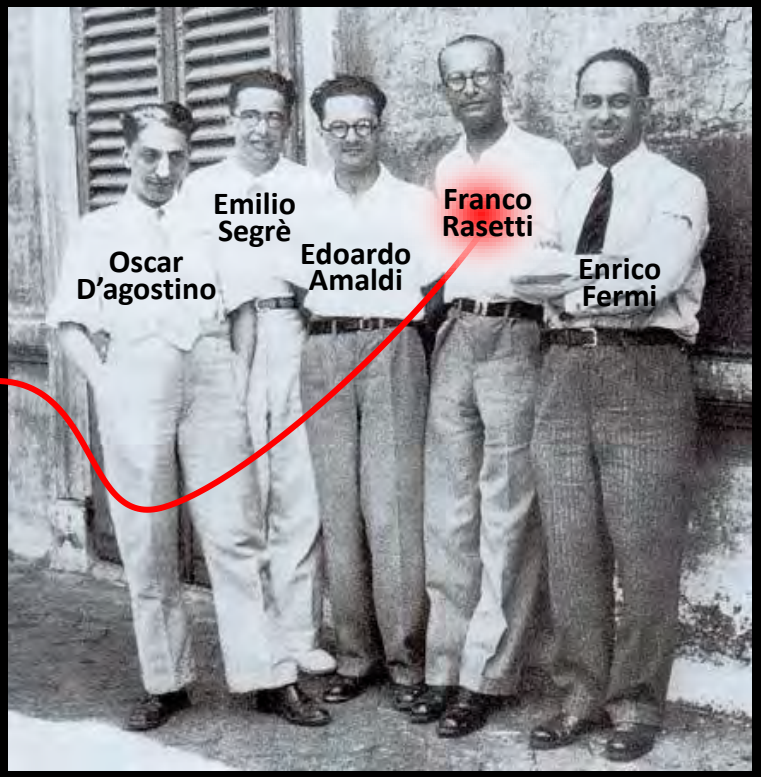
A publication of THE SOCIETY OF ECONOMIC PALEONTOLOGISTS AND MINERALOGISTS *and* THE PALEONTOLOGICAL SOCIETY *with the generous support and cooperation of* THE AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS *and* THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA

VOLUME 18 MAY, 1944 NUMBER 3

UPPER CAMBRIAN TRILOBITES FROM THE LÉVIS CONGLOMERATE

FRANCO RASETTI
Laval University, Quebec, Canada

ABSTRACT—The Lower Ordovician Lévis formation, exposed at Lévis, Province of Quebec, partly consists of limestone conglomerate containing boulders of Lower Cambrian, Upper Cambrian and Lower Ordovician age. The Upper Cambrian boulders contain a rich fauna consisting mostly of trilobites, all of which are discussed and illustrated in the present paper. This trilobite fauna contains 96 species, 45 of which are new. Ten new genera are also established. By far the greatest majority of these Upper Cambrian trilobites belong to the *Hungaia magnifica* faunal zone, which is equivalent to the Gorge formation of northwestern Vermont and probably is of late Trempealeau age. A few boulders, however, contain a peculiar fauna which suggests that they represent strata of early Upper Cambrian age.



Dove sbagliarono i ragazzi di via Panisperna?

Ragionamento logico e corretto dell'esperimento:

1) Quasi tutti gli elementi bombardati con neutroni diventavano radioattivi.
2) Rallentando i neutroni l'attività aumentava di molto.
3) Bombardando l'U, registrarono la presenza di un radioisotopo con T ½ = 13 minuti.

Interpretazione sbagliata:
Nessun isotopo dell'U o di elementi a massa più bassa aveva quel T ½.

Chiamarono questi "due nuovi elementi" Ausonio e Esperio

Per loro questo era evidenza dell'esistenza di nuovi elementi, con massa superiore a quella dell'U, chiamati

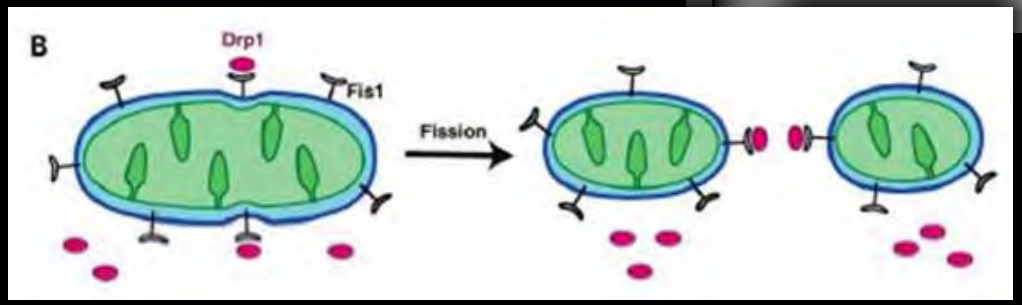
TRANSURANICI.

Ci vollero altri quattro anni per spiegare l'esperimento di Via Panisperna.

Otto Hahn e Fritz Strassman a ottobre del 1938 scoprirono la presenza di Ba nella reazione Uranio-neutrone e pubblicarono i loro risultati a gennaio 1939.

A dicembre 1938 Hahn informa Lise Meitner della loro scoperta. A Natale 1938 Meitner e suo nipote Otto Frisch scoprono il principio fisico della fissione nucleare.

…Prendendo in prestito il termine dalla biologia (Fissione mitocondriale)

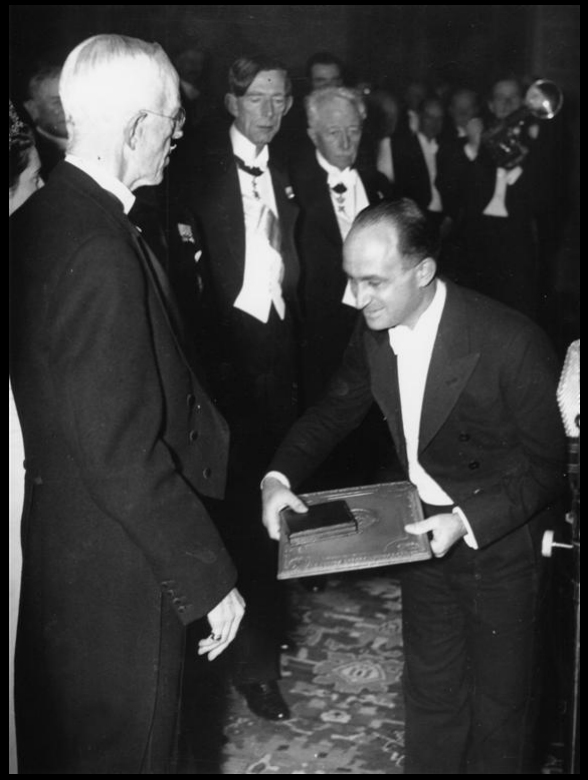


Nel 1935 l'Italia di Mussolini invade l'Etiopia e da quel momento sono tagliati tutti i finanziamenti per la ricerca di base (compresa quella di Fermi), dirottandoli interamente nella ricerca applicata a scopi bellici e industriali.

Nel 1937 muore Guglielmo Marconi.

Fermi si rende conto che Mussolini non avrebbe mai finanziato la costruzione di un ciclotrone in Italia e per questo decide di emigrare negli USA per continuare i propri studi presso gli *Argonne Laboratories* di Chicago.

Tra il 1935 e il 1937 viene ultimato il Campus Universitario de La Sapienza e l'Istituto di Fisica si sposta a P.le A. Moro, svuotando i laboratori di Via Panisperna.



Il 10 dicembre 1938 Fermi riceve il Premio Nobel per la Fisica.

Il 18 settembre 1938 erano state emanate le Leggi Razziali in Italia. Molti dei ragazzi di Via Panisperna e anche la moglie di Fermi erano ebrei.

Il 6 dicembre Fermi e la famiglia partono in treno da Roma Termini per recarsi a Stoccolma. Quella sarà l'occasione del definitivo trasferimento negli USA.

TORINO
Anno 72 Num. 268
Ogni numero 30 centesimi
Spedizione in abbonamento postale
Telefoni: dal N. 40-943 al N. 40-948

LA STAMPA

VENERDI'
11 Novembre 1938
Anno XVII
UFFICI: VIA ROMA VIA BERTOLA
(GALLERIA DE «LA STAMPA»)

Le leggi per la difesa della razza

L'EBREO NON PUO': *Prestare servizio militare, dirigere grandi aziende, possedere terre con estimo superiore a 5.000 lire o case con oltre 20.000 lire di imponibile, avere persone di servizio ariane, avere impieghi statali o parastatali o nelle banche di interesse nazionale o nelle imprese private di assicurazione, frequentare le scuole ariane*

Il Consiglio dei Ministri ha inoltre deciso che il matrimonio con non ariani è nullo

IL TESTO DEI DECRETI

Roma, 10 novembre.

Il Consiglio dei Ministri è tornato a riunirsi stamane alle ore 10, a Palazzo Viminale, sotto la presidenza del Duce, presenti tutti i Ministri e con l'intervento del Sottosegretario di Stato al Ministero

del 1° ottobre 1938-XVI appartenevano a religione diversa da quella ebraica.

ARTICOLO 9° - *L'appartenenza alla razza ebraica deve essere denunziata ed annotata nei registri dello Stato Civile e della popola-*

valore delle guerre libica, mondiale, etiopica, spagnola;

2) combattenti nelle guerre libica, mondiale, etiopica, spagnola, che abbiano conseguito almeno la croce al merito di guerra;

3) mutilati, invalidi, feriti

nimo di pensione se hanno compiuto almeno dieci anni di servizio; negli altri casi è concessa una indennità pari a tanti dodicesimi dell'ultimo stipendio quanti sono gli anni di servizio compiuti.

ARTICOLO 21° - Le disposizioni di

fatte ad ebrei stranieri posteriormente al 1° gennaio 1919 si intendono ad ogni effetto revocate.

ARTICOLO 23° - *Gli ebrei stranieri e quelli nei cui confronti si applica l'Articolo 22, i quali abbiano iniziato il loro soggiorno nel Regno, in Libia e nei possedimenti dell'Egeo posteriormente al 1° gennaio 1919, debbono lasciare il territorio del Regno, della Libia e dei possedimenti dell'Egeo entro il 12 marzo 1939-XVII.*

Coloro che non avranno ottemperato a tale obbligo entro il ter-

ma, gli interessati dovranno far pervenire documentata istanza al Ministero dell'Interno entro trenta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto.

ARTICOLO 25° - Le questioni relative all'applicazione del presente decreto saranno risolte, caso per caso, dal Ministro dell'Interno, sentiti i Ministri eventualmente interessati e previo parere di una Commissione da lui nominata. Il provvedimento non è soggetto ad alcun gravame, sia in via amministrativa, sia in via giurisdi-

La Legge

Le deliberazioni del Gran Consiglio hanno avuto nell'odierno Consiglio dei Ministri la loro codificazione e la loro precisazione. Il Regime tira diritto nel suo cammino inteso a garantire e potenziare le virtù della razza italiana. Con uma-

tandon ha auspicato la creazione di uno Stato per gli ebrei che lo siano per nascita o per razza, e per coloro che vivono in altri Stati, muniti di passaporto e di tutti gli altri documenti richiesti ad uno straniero.

Il signor Lino Businco, uno dei dieci firmatari del manifesto dei professori universitari italiani, era presente alla conferenza. Egli rappresentava l'Università di Roma e portò il saluto degli scienziati italiani. Lo scrittore Celine, come pure Georges Poisson e molti pro-

Michele Lustrino 1 dicembre 2017 –DST, Roma

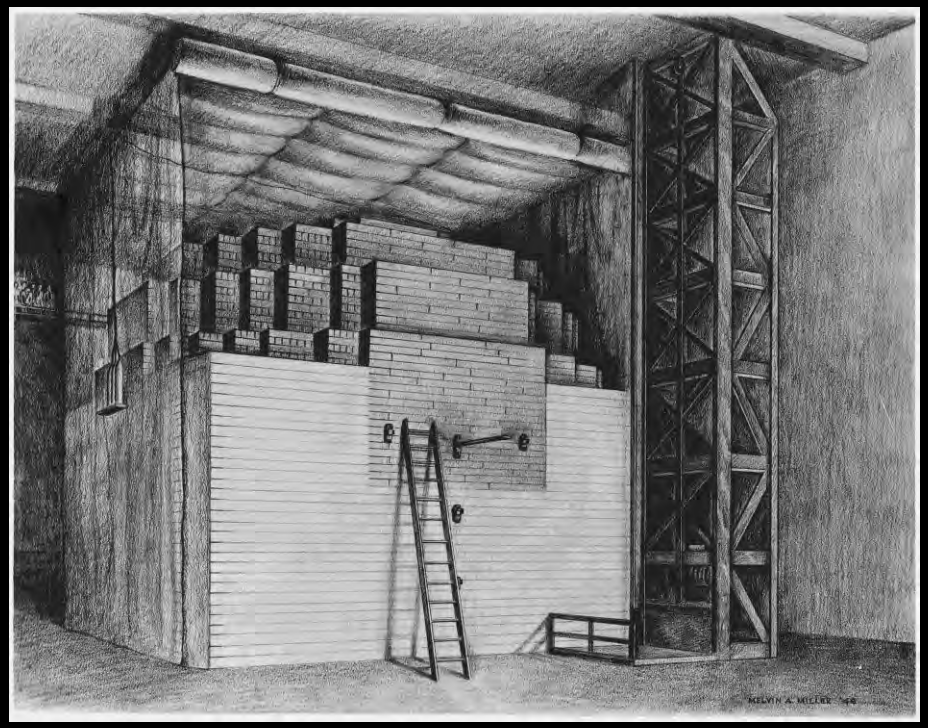
Alla fine del 1941 gli USA entrano in guerra e il presidente americano Roosevelt decide di dare massima priorità al progetto di ricerca nucleare sull'U.

2 GUS$ - 160.000 persone

Manhattan Project

Progetto segreto
Los Alamos

Il 2 dicembre del 1942 Fermi accende a Chicago il primo reattore nucleare della storia.



Usò l'U naturale, senza arricchimento di ^{235}U, il C come acceleratore e il Cd come freno della reazione a catena.

Nel 1943 Fermi si sposta a Los Alamos per contribuire al progetto sulla costruzione della bomba nucleare coordinato da Robert Oppenheimer.

Nel 1942 Hitler è vicino alla vittoria finale.

Il 16 luglio del 1945, dopo la resa della Germania, avviene il primo esperimento con esplosione di una bomba nucleare ad Alamogordo (New Mexico).

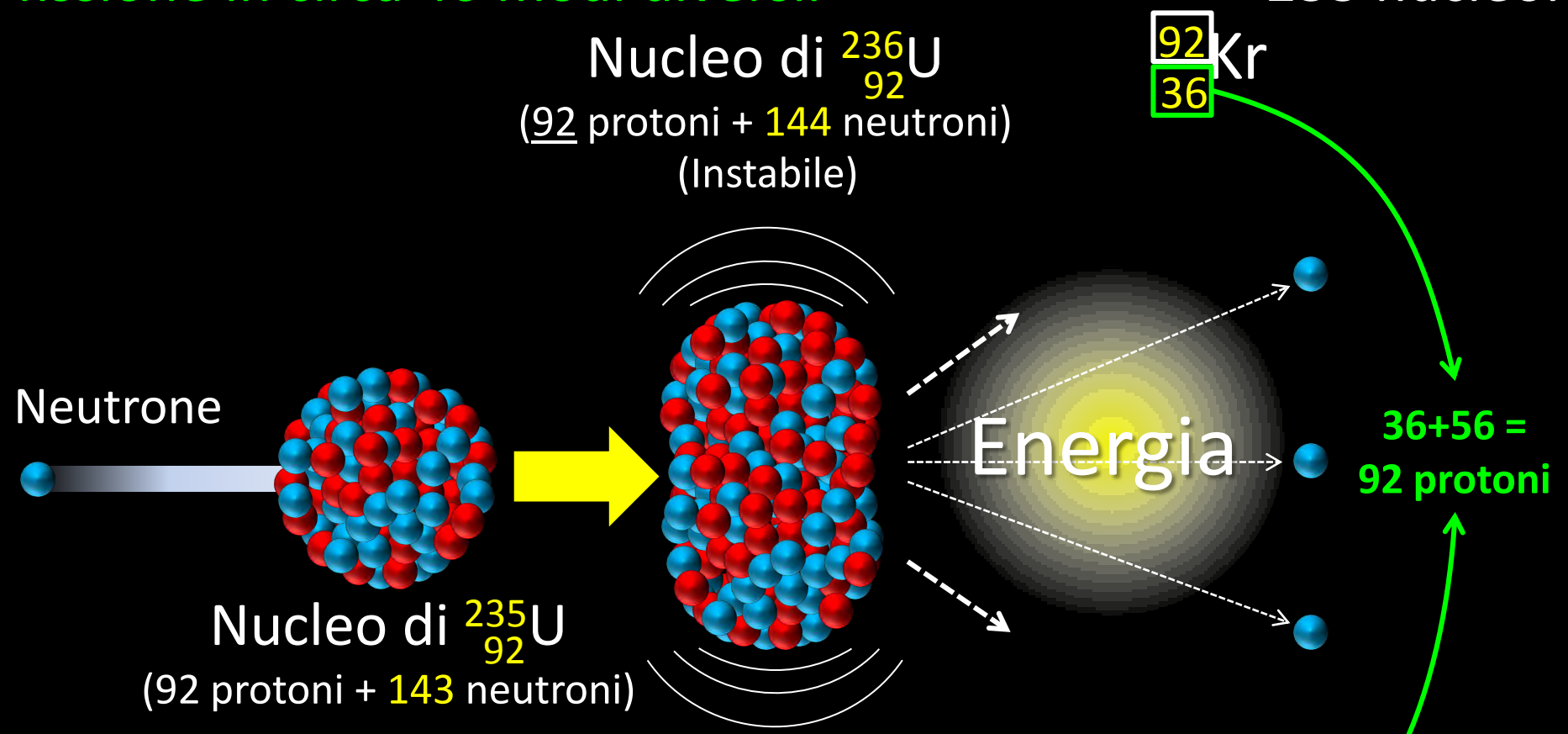
6 e 9 agosto 1945 Hiroshima e Nagasaki

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \longrightarrow ^{236}_{92}U \longrightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n + Q\,(200\text{MeV})$$

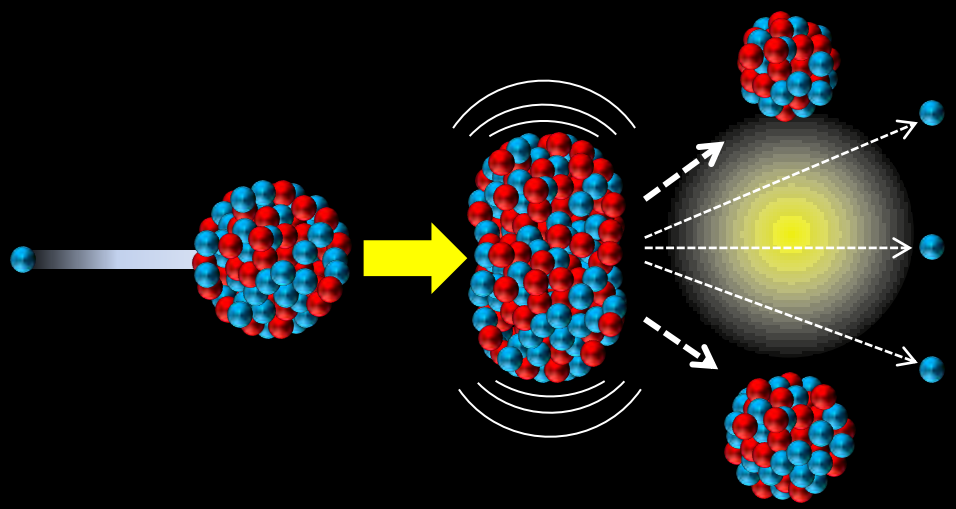
$$^{1}_{0}n + ^{239}_{94}Pu \longrightarrow ^{240}_{94}Pu \longrightarrow ^{134}_{54}Xe + ^{103}_{38}Zr + 3\,^{1}_{0}n + Q\,(200\text{ MeV})$$

L'^{235}U colpito da un neutrone può subire fissione in circa 40 modi diversi.

92+141 = 233 nucleoni



Il Nucleo di ^{236}U diventa instabile e si "spezza" (decade) in due pezzi grandi (Ba + Kr)



Per ogni atomo di ^{235}U che decade vengono generati 2-3 nuovi "proiettili" (neutroni).

Se c'è un sufficiente numero di isotopi di ^{235}U si avranno altri decadimenti e generazione di energia dando origine a quella che viene definita "Reazione a Catena".

Normalmente nell'U normale il contenuto di ^{235}U è molto basso (0,72%). Il 99.28% dell'U è ^{238}U.

Bisogna allora "arricchire" l'U aumentando il quantitativo di ^{235}U, producendo quello che viene definito "Uranio Arricchito" con contenuti di ^{235}U che arrivano al 3-5%.

La fissione nell'altro isotopo dell'U (^{238}U), di gran lunga quello più abbondante, avviene solo raramente.

Quindi circa il 95-98% dell'U delle centrali nucleari non sviluppa calore (quindi energia elettrica).

Inoltre il bombardamento con neutroni (derivati dalla fissione dell'^{235}U) produce importanti effetti collaterali:

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta^-} ^{239}_{93}Np \xrightarrow{\beta^-} ^{239}_{94}Pu$$

T½ ~23 min

Questa era la radioattività osservata da Hahn, Meitner e Strassman nel 1938. Nessuno di loro capì a quale isotopo fosse associata.

Heft 29. 22. 7. 1938 | Ein neues langlebiges Umwandlungsprodukt in den Trans-Uranreihen. | 475

Una nuova trasformazione in un prodotto durevole nella serie transuranica

Ein neues langlebiges Umwandlungsprodukt in den Trans-Uranreihen[1].

Von O. Hahn, L. Meitner und F. Strassmann, Berlin-Dahlem.

$$(3)\quad {}_{92}\mathrm{U} + n \rightarrow ({}_{92}\mathrm{U} + n) \xrightarrow[23\ \mathrm{Min.}]{\beta} {}_{93}\mathrm{EkaRe}\ ?$$

In pratica il gruppo aveva già identificato il primo elemento transuranico (^{239}Np), ma non approfondì lo studio.

$$^{238}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow ^{239}_{92}\mathrm{U} \xrightarrow{\beta^-} ^{239}_{93}\mathrm{Np} \xrightarrow{\beta^-} ^{239}_{94}\mathrm{Pu}$$

T½ ~23 min

Questa era la radioattività osservata da Hahn, Meitner e Strassman nel 1938. Nessuno di loro capì a quale isotopo fosse associata.

Il Plutonio è quindi un elemento prodotto dall'uomo, come tutti gli elementi "transuranici" ossia con >92 protoni.

Il Plutonio è utilizzato anche negli ordigni nucleari, perché è più facile separare ^{239}Pu che ^{235}U.

La bomba che distrusse Nagasaki il 9 agosto 1945 era una bomba al Pu.

Conteneva 6 kg di ^{239}Pu in un volume di una lattina di Coca-Cola.

Le banane sono radioattive?

Contenuto medio di K = 0,3-0,5 g

Quanto ^{40}K? = 0,3-0,5 g * 0,00012 = 36-60 μg ^{40}K

Le radiazioni sono anche misurate in dosi di banana (*Banana Equivalent Dose – BED*) BED = 0,0001 mSv

Dosi di radiazione assorbite:

Dormire vicino a una persona: ~0,5 BED

1 giorno di radiazione naturale: ~70 BED

Radiografia ai denti: ~100 BED

Radiografia a torace: ~70000 BED

TAC completa: ~40.000-150.000 BED

Dose letale: ~40.000.000 BED *~4500 banane/ora*

Per capire la pericolosità della radioattività è utile una comparazione con l'uso di sale nella dieta.

Riceviamo radiazioni naturali per ~0,007 mSv/giorno.

Introduciamo nel nostro corpo ~2 g di NaCl/giorno.

Se aumentiamo di 1000 volte la dose di radiazione (7 mSv/giorno = 2,5 Sv/anno) registreremo probabilmente effetti negativi nel giro di pochi mesi/anni.

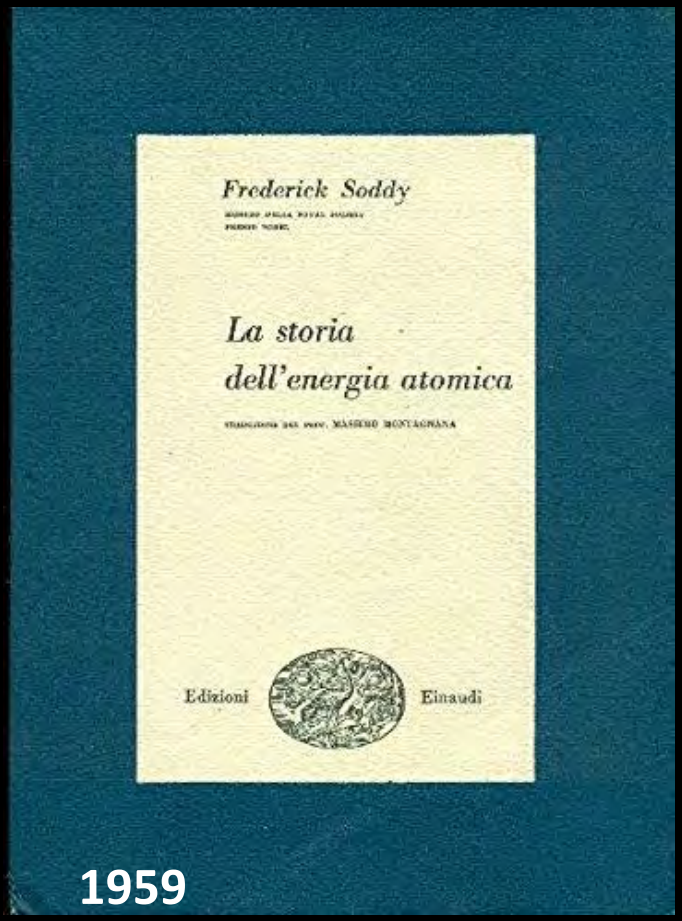
Se aumentiamo di 1000 volte la dose di NaCl (2 kg/giorno) moriremmo <u>sicuramente</u> in poche ore.

Messaggio (parziale) da portare a casa:

- La radioattività è un fenomeno naturale.
- E' associata a rilascio di energia sotto varie forme (rad. ionizzanti e rad. corpuscolari).
- L'uomo ha imparato a sfruttare questa energia , es. riscaldando acqua ma...

- Viviamo su un pianeta radioattivo.
- L'Italia (in particolare il Lazio) è una nazione caratterizzata da dosi elevate di radioattività.
- Possiamo mangiare tranquillamente le banane.

Suggerimenti per la lettura

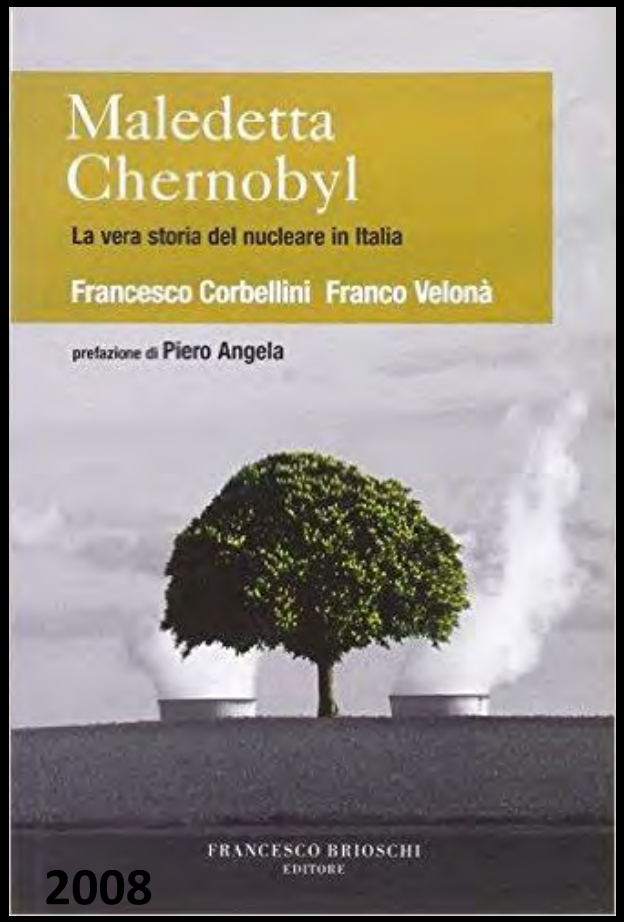


1959

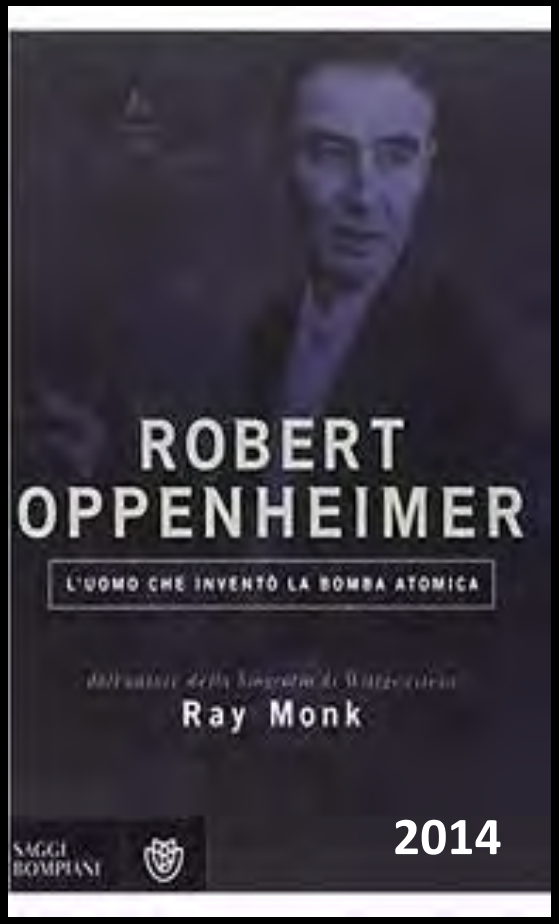
1963 (2007)

1964 (2007)

Suggerimenti per la lettura

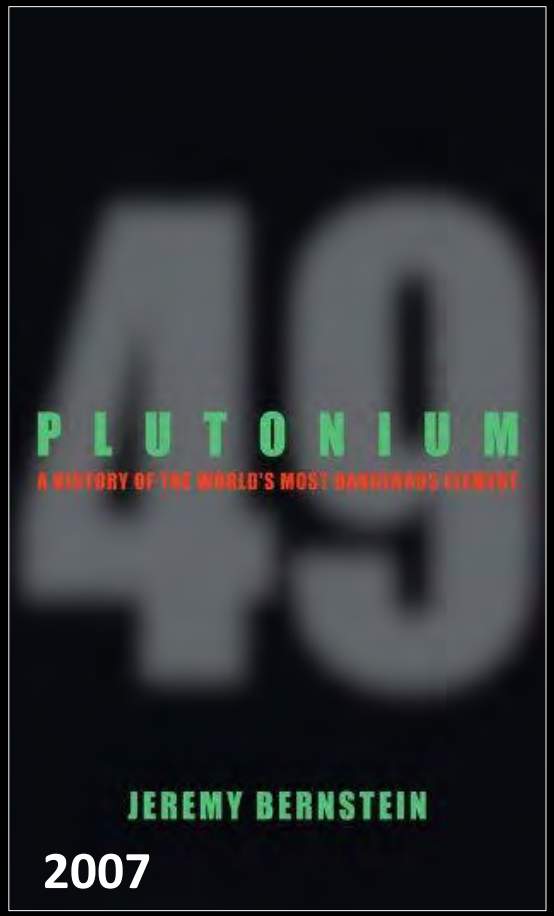


Suggerimenti per la lettura

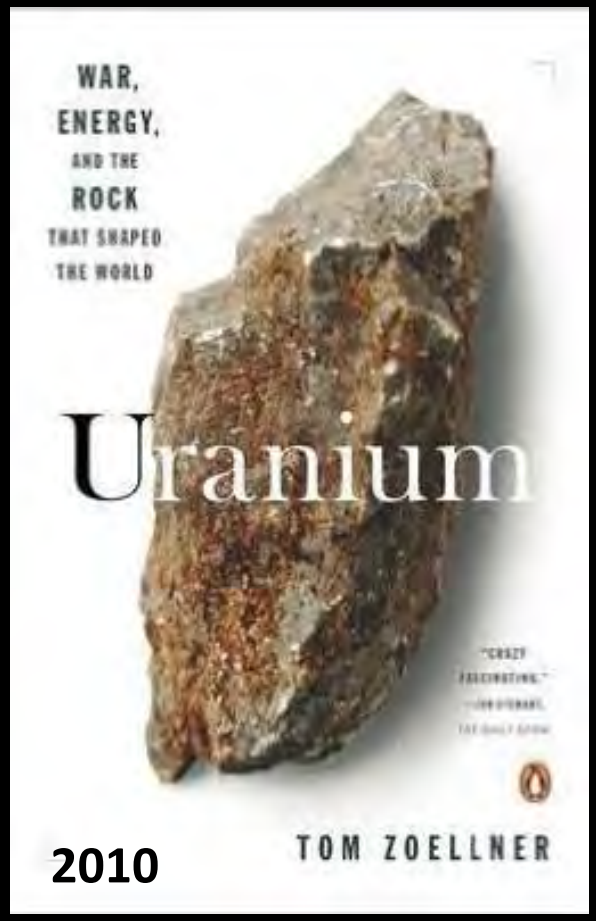


Suggerimenti per la lettura

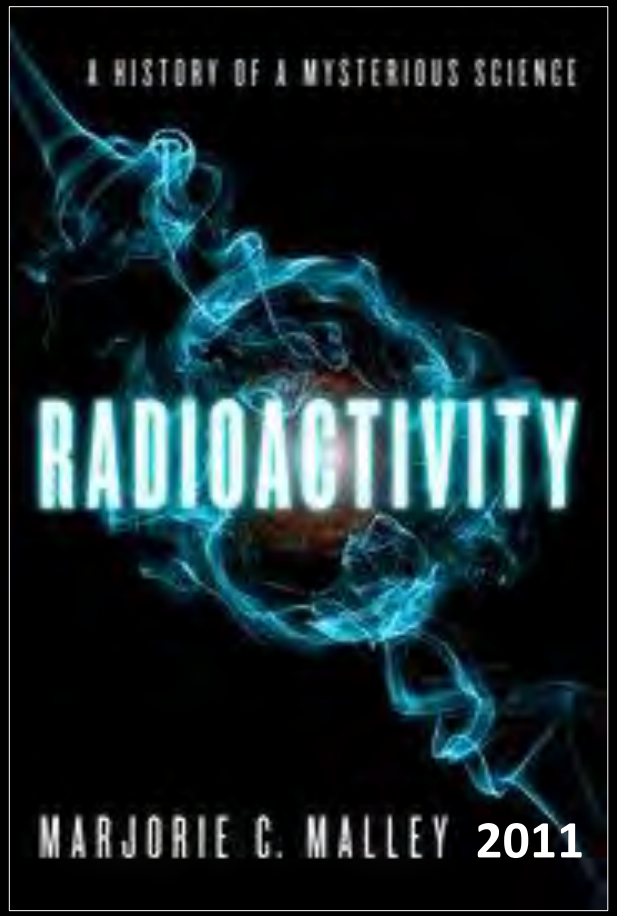
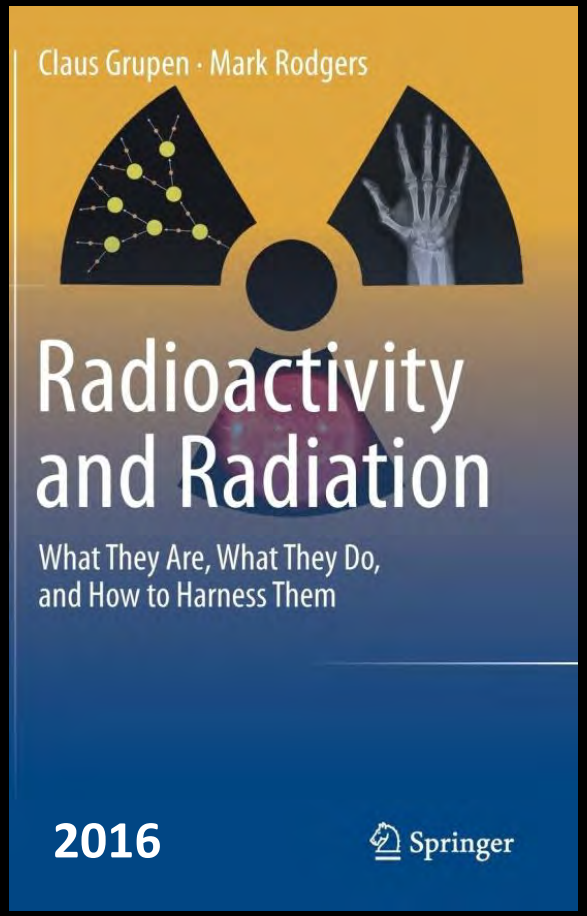
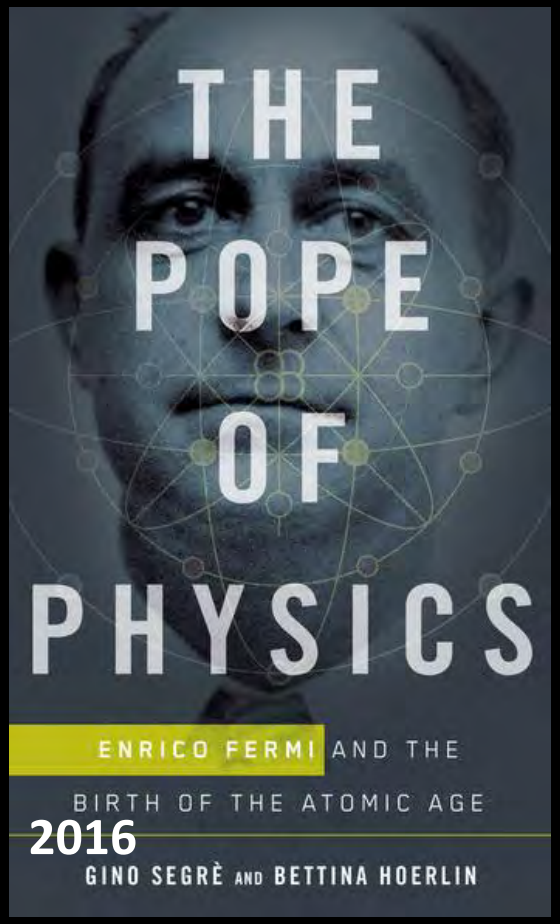
2014



2007



2010

Michele Lustrino 1 dicembre 2017 –DST, Roma

Grazie per l'attenzione