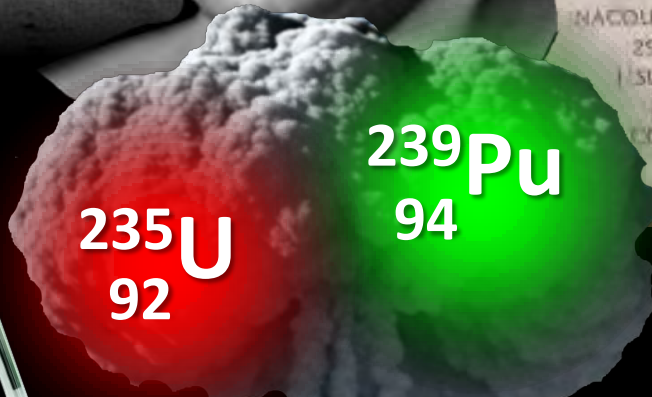
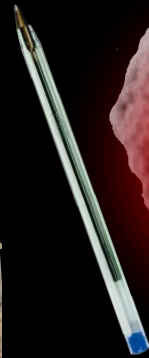




LOS ALAMOS
PROJECT
MAIN GATE
PASSES MUST BE
PRESENTED TO
GUARDS



IL PIU' ILLUSTRE FISICO ITALIANO
DEL SECOLO XX
ENRICO FERMI
NACQUE IN QUESTA CASA IL
29 SETTEMBRE 1901
I SUOI CONCITTADINI
LO RICORDANO
CON AMMIRAZIONE



Michele Lustrino 14 dicembre 2018



Enrica Zantomio e Raffaele Cavaliere



LA MORTE DELLO STATO DI DIRITTO:
LE SCIE CHIMICHE
La negazione della democrazia

1938

2018

1938

Febbraio = Hitler assume il comando delle forze armate tedesche
Esce nelle sale «Biancaneve e i sette nani» di Disney.



1938

Marzo = La Germania annette l'Austria - Anschluss.
Scoperta del petrolio in Arabia Saudita.



1938

Maggio = Hitler viene in visita in Italia.

Papa Pio XI chiude i musei vaticani e si rinchiude a Castel Gandolfo.



1938

Giugno = L'Italia vince il suo secondo titolo mondiale ai campionati di calcio in Francia.

László Bíró brevetta la penna a sfera



1938

Novembre = Notte dei cristalli in Germania, Austria e Cecoslovacchia. Distrutte sinagoghe, profanati cimiteri e deportati 30,000 ebrei in campi di concentramento.



Michele Lustrino – Fermi e la fissione dell'U. Aula 1, Dip. Scienze della Terra, 14-12-18

1938

Dicembre (10) = Fermi riceve il premio Nobel per la Fisica.



1938

Dicembre (16) = Hahn e Strassmann identificano il Ba tra i prodotti del bombardamento dell'U con i neutroni.



Otto Hahn



Fritz Strassmann

1938

Dicembre (24) = Meitner e Frisch scoprono la fissione dell'U.



Lise Meitner



Otto Frisch

1938

Dicembre (24) = Fermi emigra negli USA. Ritornerà solo nel 1949.



1895 = Scoperta dei raggi X

1896 = Scoperta dei raggi uranici

1897 = Scoperta degli elettroni

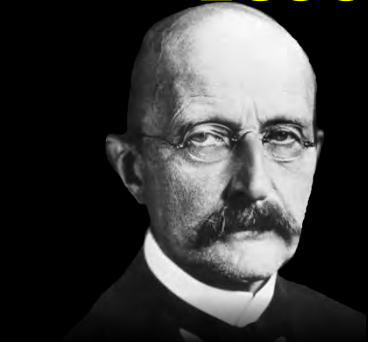
1898 = Identificazione del Po e Ra

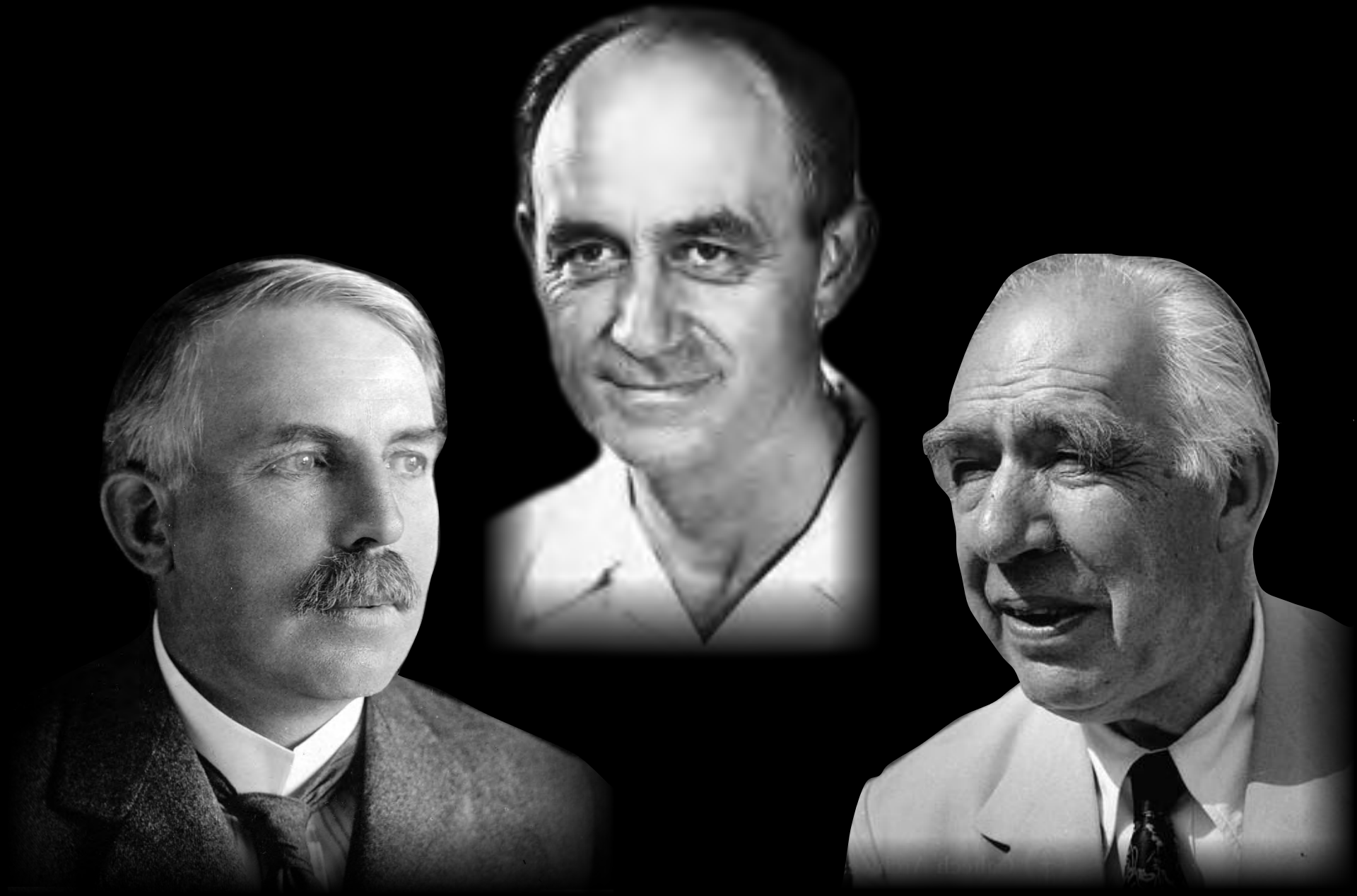
1899 = Teoria della radioattività (α e β)

1900 = Teoria dei quanti

NATURA

FACIT SALTUS

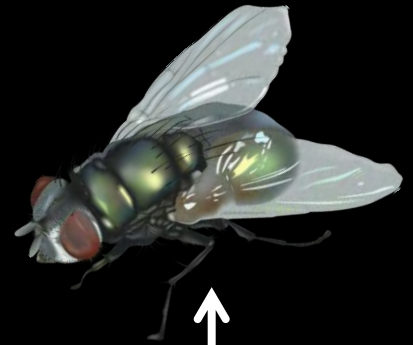
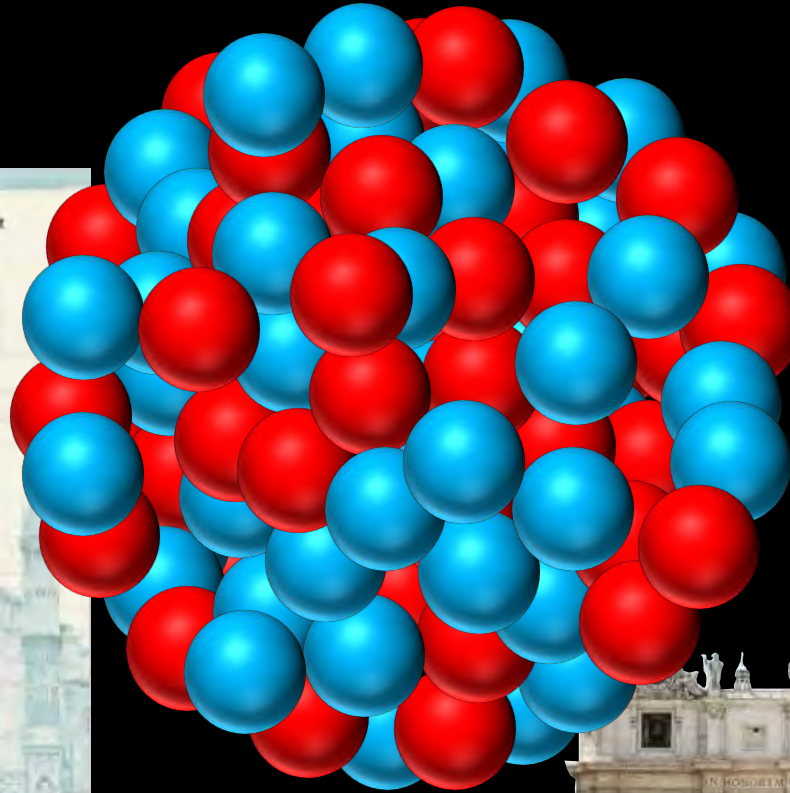




Michele Lustrino – Fermi e la fissione dell'U. Aula 1, Dip. Scienze della Terra, 14-12-18

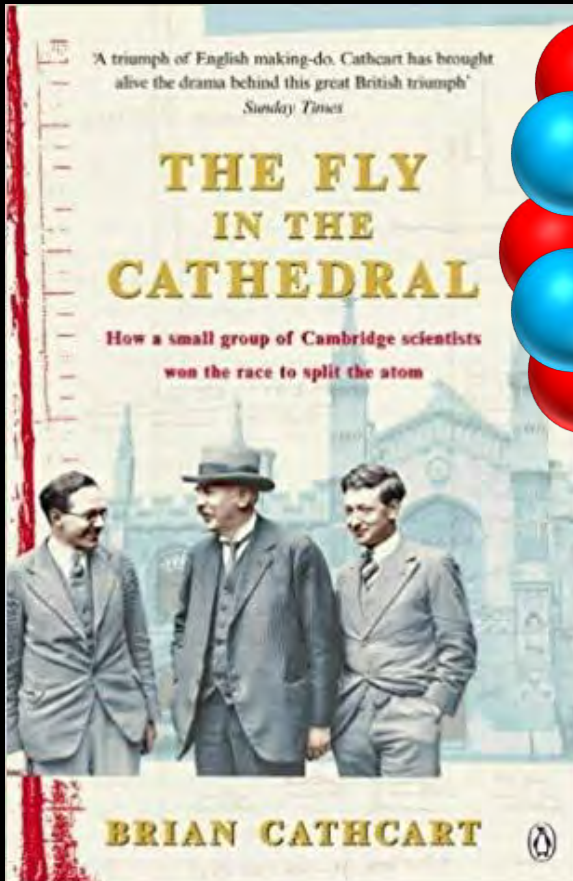
- Protone
- Neutrone

Nucleo atomico



↑
Nucleo

↓
Atomo



Definizione

Radioattività (o “decadimento radioattivo” o “decadimento nucleare” o “attività”):

- 1) Caratteristica che hanno alcuni elementi naturali di trasformarsi in altri elementi;
- 2) Durante questa trasformazione naturale, si ha emissione di energia in diverse forme;
- 3) La radioattività non è stata inventata dall'uomo;
- 4) L'uomo però può anche indurre la radioattività e ha imparato a sfruttare l'emissione di energia associata a questo processo;
- 5) Non si può impedire a un elemento radioattivo di emettere energia.

Cosa sono le radiazioni ionizzanti?

1) Radiazioni corpuscolari (ovvero dotate di massa):

Particelle alfa



Particelle beta⁻



(Elettroni)

Particelle beta⁺



(Positroni)

(Anti)Neutrini



(100.000 volte più piccoli degli elettroni/positroni e senza carica)

Mesoni (+ e -)



(~200 volte più grandi delle particelle β)

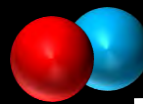
Neutroni



Protoni



Deutoni



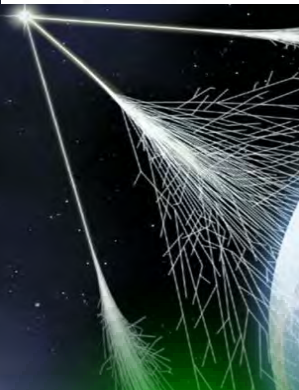
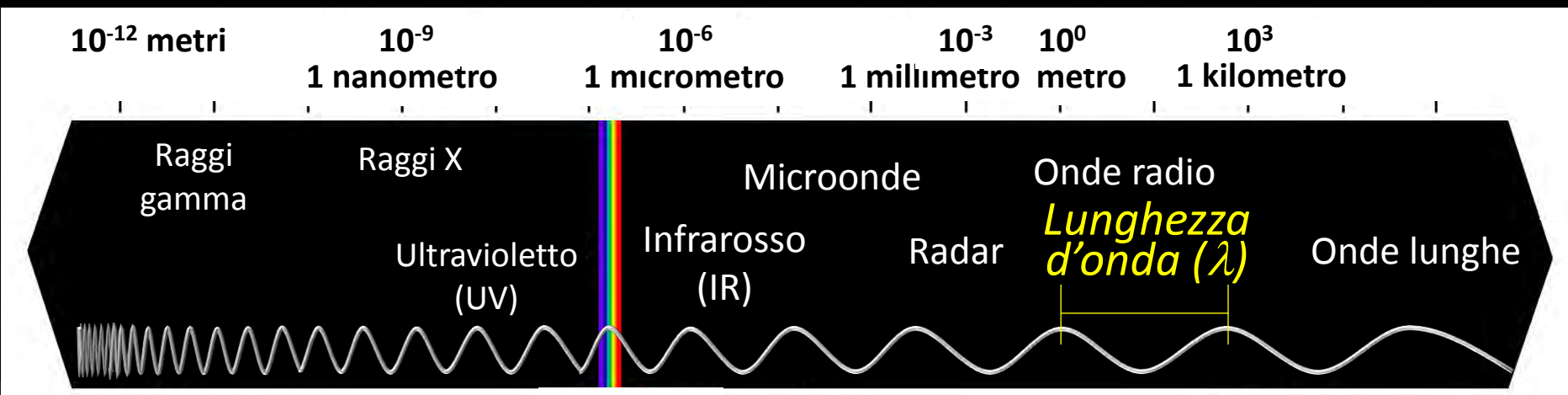
Sia
Naturali
che
indotte

Solo
indotte



Cosa sono le radiazioni ionizzanti?

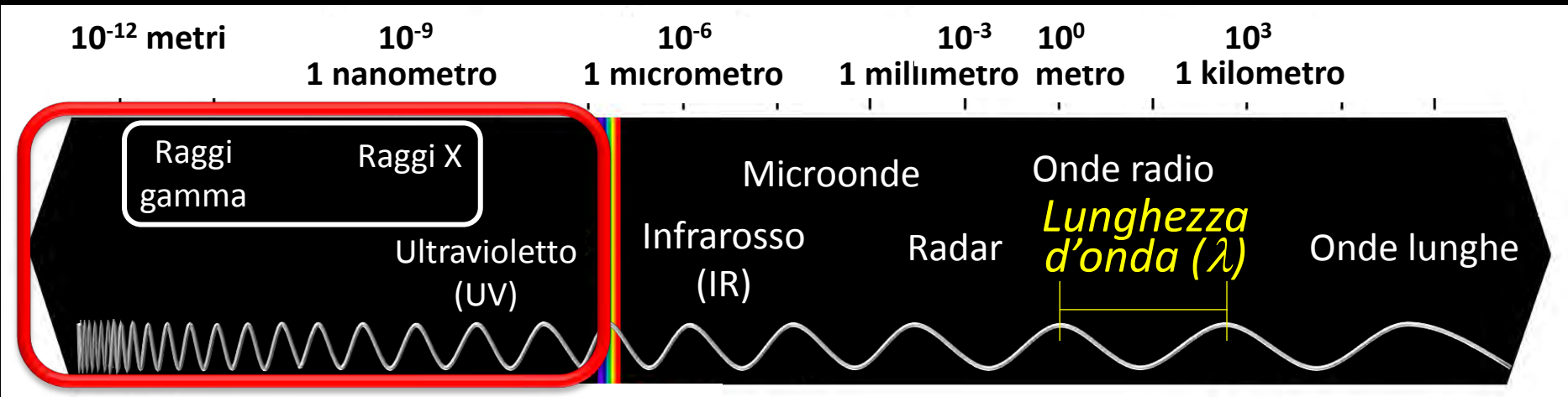
2) Radiazioni elettromagnetiche



$^{235}_{92}\text{U}$

Cosa sono le radiazioni ionizzanti?

2) Radiazioni elettromagnetiche



$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Elevata frequenza

=

Elevata energia

ν = Frequenza

$$\nu = \frac{E}{h}$$

c = velocità della luce

E = Energia

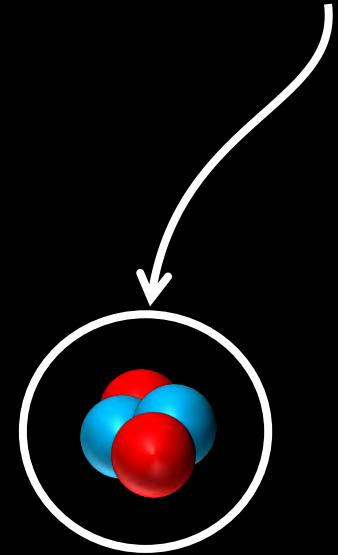
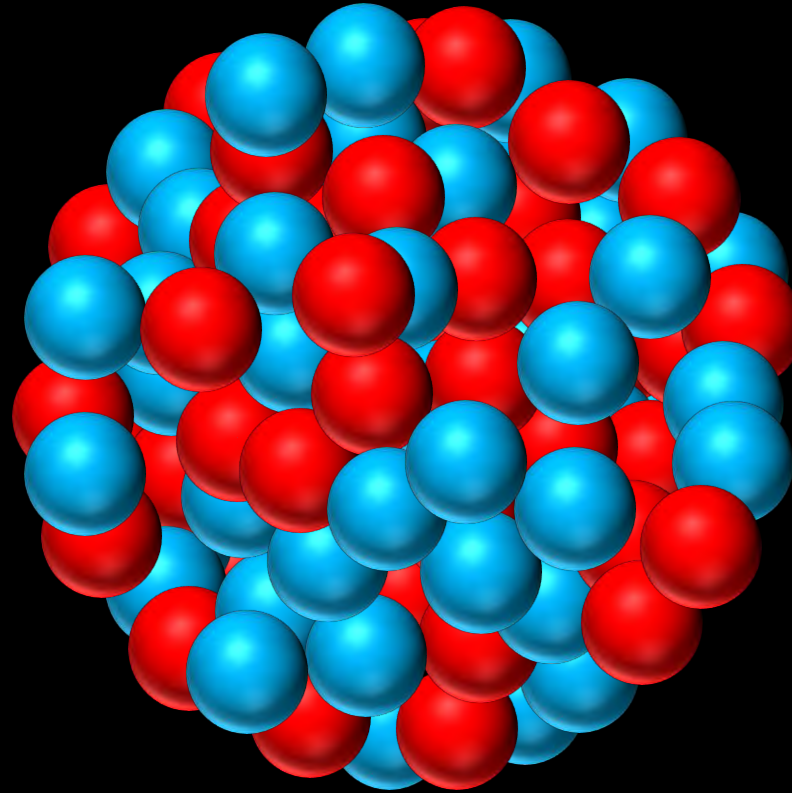
λ = Lunghezza d'onda

h = Costante di Planck

- Protone
- Neutrone

Nucleo atomico

Emissione di particelle alfa



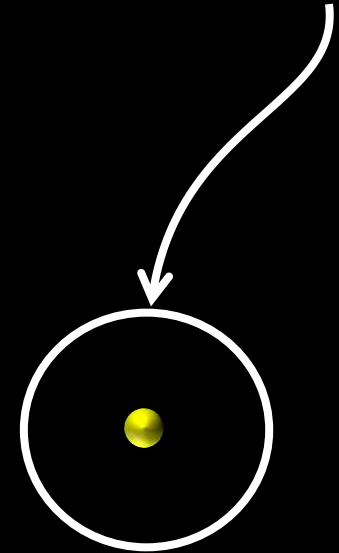
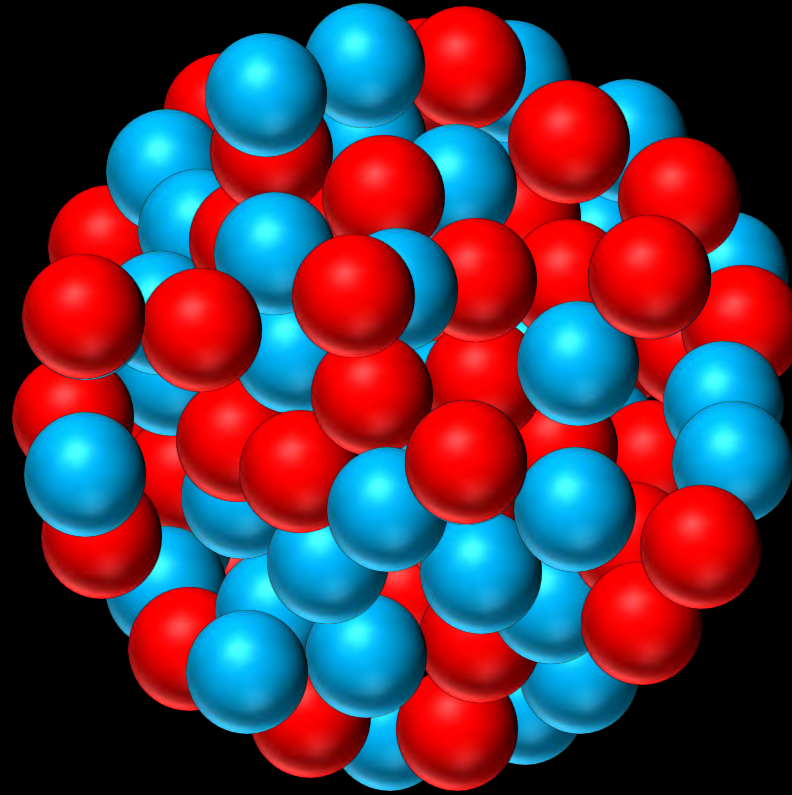
Emissione di due protoni e due neutroni

Ogni atomo emette una sola particella alfa

- Protone
- Neutrone

Nucleo atomico

Emissione di particelle beta⁻



Neutrone \longrightarrow Protone + Elettrone



Conservazione della massa

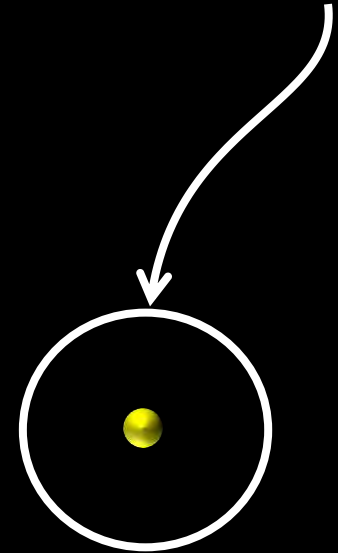
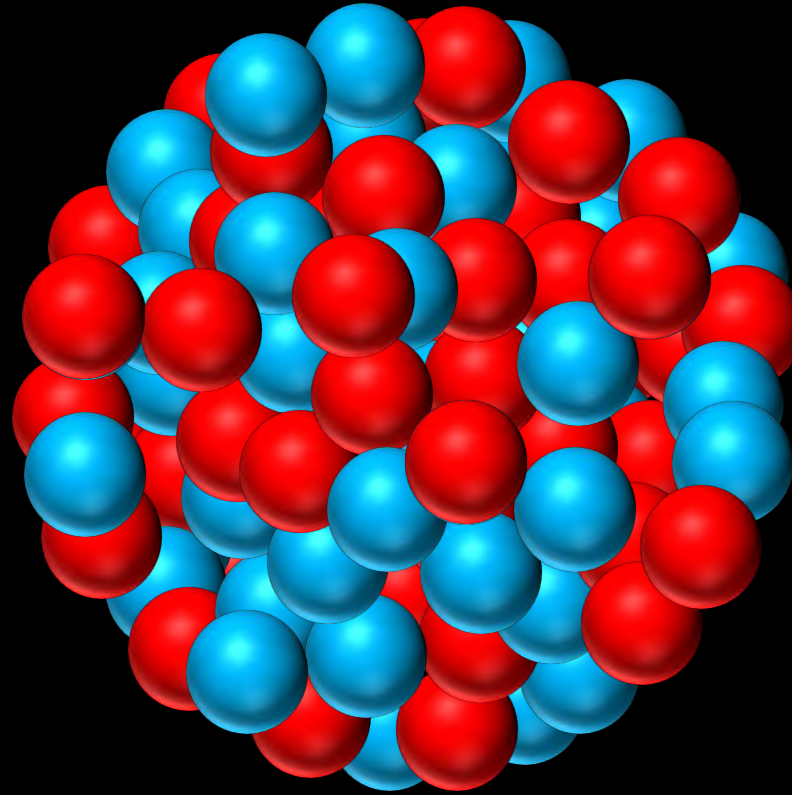


Conservazione della carica

- Protone
- Neutrone

Nucleo atomico

Emissione di particelle beta⁻



Neutrone \longrightarrow Protone + Elettrone

(solo un elettrone viene espulso)



Protone



Neutrone

Nucleo
atomico

Emissione di particelle beta-

ANNO IV - VOL. II - N. 19

QUINDICINALE

31 DICEMBRE 1933 - XII

LA RICERCA SCIENTIFICA

ED IL PROGRESSO TECNICO NELL'ECONOMIA NAZIONALE

Tentativo di una teoria dell'emissione dei raggi "beta"

Nota del prof. ENRICO FERMI

Riassunto: Teoria della emissione dei raggi β delle sostanze radioattive, fondata sull'ipotesi che gli elettroni emessi dai nuclei non esistano prima della disintegrazione ma vengano formati, insieme ad un neutrino, in modo analogo alla formazione di un quanto di luce che accompagna un salto quantico di un atomo. Confronto della teoria con l'esperienza.

Mi propongo di esporre qui i fondamenti di una teoria dell'emissione dei raggi β che, benché basata sopra ipotesi delle quali manca al momento presente qualsiasi conferma sperimentale, sembra tuttavia capace di dare una rappresentazione abbastanza accurata dei fatti e permette una trattazione quantitativa del comportamento degli elettroni nucleari che, se pure le ipotesi fondamentali della teoria dovessero risultare false, potrà in ogni caso servire di utile guida per indirizzare le ricerche sperimentali.

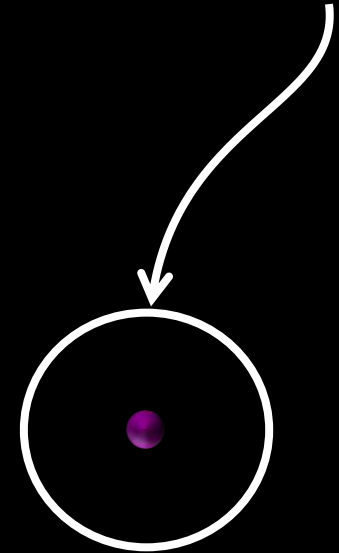
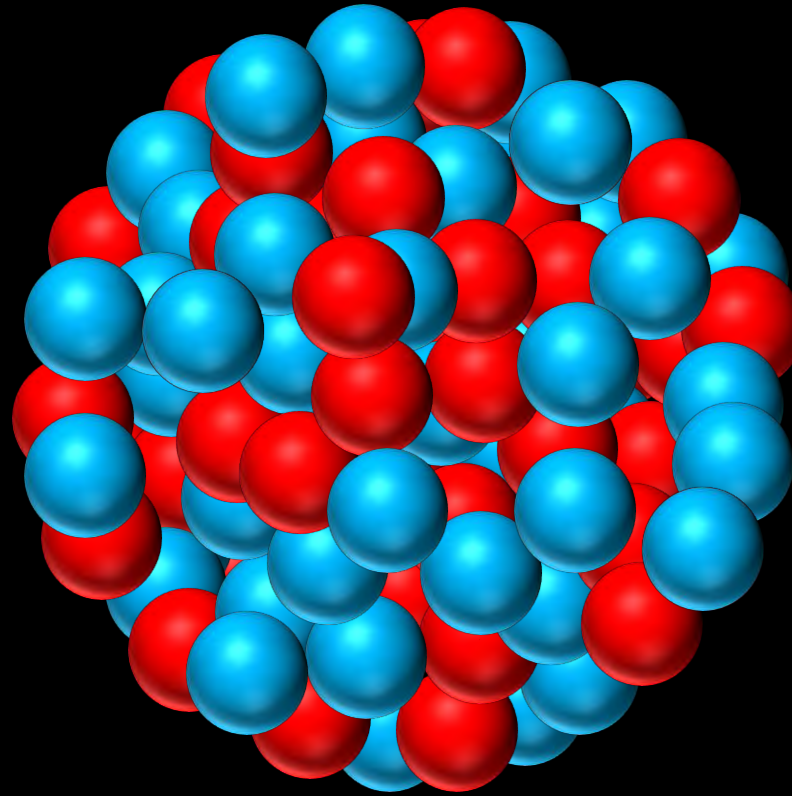
Neutrone

Neutrone

- Protone
- Neutrone

Nucleo atomico

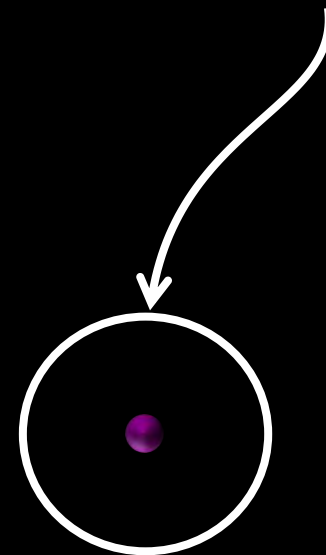
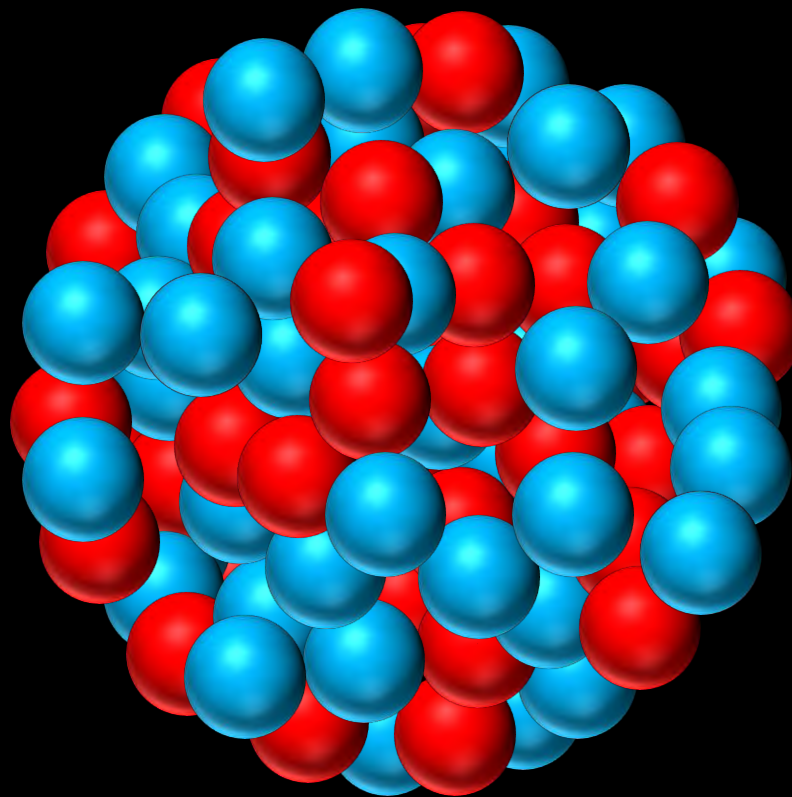
Emissione di particelle beta⁺



- Protone
- Neutrone

Nucleo atomico

Emissione di particelle beta⁺



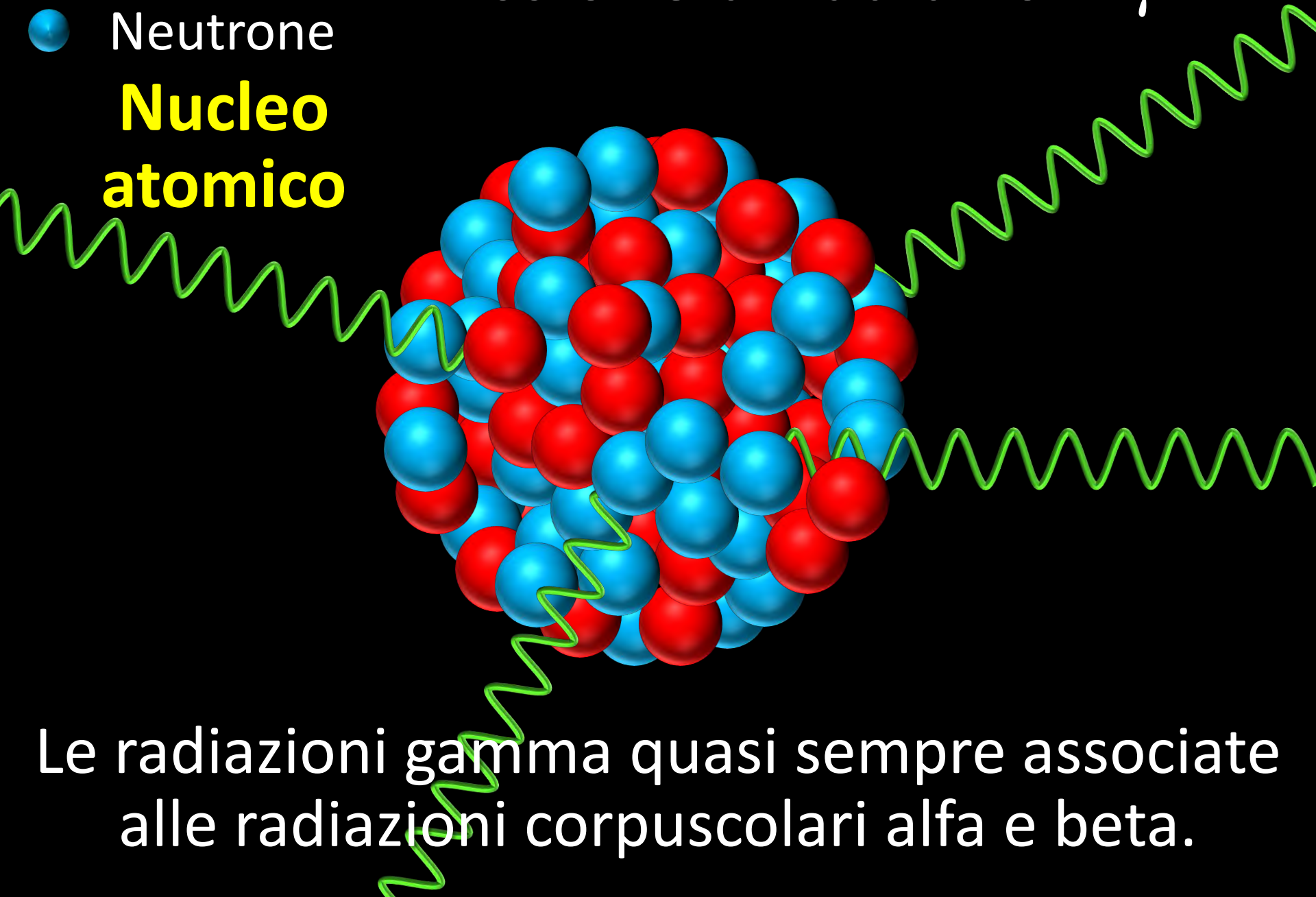
Protone → Neutrone + Positrone

(solo un positrone viene espulso)

- Protone
- Neutrone

Emissione di radiazioni γ

**Nucleo
atomico**



Le radiazioni gamma quasi sempre associate alle radiazioni corpuscolari alfa e beta.

Elementi nella Tavola Periodica

Ordinati in funzione del numero degli elettroni

1 H Idrogeno 1,008																	2 He Elio 4,0026	
3 Li Litio 6,94	4 Be Berillio 9,0122																	10 Ne Neon 20,180
11 Na Sodio 22,990	12 Mg Magnesio 24,305																	18 Ar Argon 39,948
19 K Potassio 39,098	20 Ca Calcio 40,078	21 Sc Scandio 44,956	22 Ti Titanio 47,867	23 V Vanadio 50,942	24 Cr Cromo 51,996	25 Mn Manganese 54,938	26 Fe Ferro 55,845	27 Co Cobalto 58,933	28 Ni Nichel 58,693	29 Cu Rame 63,546	30 Zn Zinco 65,38	31 Ga Gallio 69,723	32 Ge Germanio 72,630	33 As Arsenico 74,922	34 Se Selenio 78,971	35 Br Bromo 79,904	36 Kr Krypton 83,798	
37 Rb Rubidio 85,468	38 Sr Stronzio 87,62	39 Y Ittrio 88,906	40 Zr Zirconio 91,224	41 Nb Niobio 92,906	42 Mo Molibdeno 95,95	43 Tc Tecnecio (98)	44 Ru Rutenio 101,07	45 Rh Rodio 102,91	46 Pd Palladio 106,42	47 Ag Argento 107,87	48 Cd Cadmio 112,41	49 In Indio 114,82	50 Sn Stagno 118,71	51 Sb Antimonio 121,76	52 Te Tellurio 127,60	53 I Iodio 126,90	54 Xe Xeno 131,29	
55 Cs Cesio 132,91	56 Ba Bario 137,33	57-71	72 Hf Afnio 178,49	73 Ta Tantalio 180,95	74 W Tungsteno 183,84	75 Re Renio 186,21	76 Os Osmio 190,23	77 Ir Iridio 192,22	78 Pt Platino 195,08	79 Au Oro 196,97	80 Hg Mercurio 200,59	81 Tl Tallio 204,38	82 Pb Piombo 207,2	83 Bi Bismuto 208,98	84 Po Polonio (209)	85 At Astatio (210)	86 Rn Radon (222)	
87 Fr Francio (223)	88 Ra Radio (226)	89-103	104 Rf Rutherfordio (267)	105 Db Dubnio (268)	106 Sg Seaborgio (269)	107 Bh Bohrio (270)	108 Hs Hassio (277)	109 Mt Meitnerio (278)	110 Ds Darmstadtio (281)	111 Rg Roentgenio (282)	112 Cn Copernicio (285)	113 Nh Nihoniuro (286)	114 Fl Flerovio (289)	115 Mc Moscovium (290)	116 Lv Livermorio (293)	117 Ts Tennesine (294)	118 Og Oganesson (294)	

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Davah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 La Lantanio 138,91	58 Ce Cerio 140,12	59 Pr Praseodimi 140,91	60 Nd Neodimio 144,24	61 Pm Promezio (145)	62 Sm Samario 150,36	63 Eu Europio 151,96	64 Gd Gadolinio 157,25	65 Tb Terbio 158,93	66 Dy Disprosio 162,50	67 Ho Olmio 164,93	68 Er Erbio 167,26	69 Tm Tulio 168,93	70 Yb Itterbio 173,05	71 Lu Lutezio 174,97
89 Ac Attinio (227)	90 Th Torio 232,04	91 Pa Protattinio 231,04	92 U Uranio 238,03	93 Np Nettunio (237)	94 Pu Plutonio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Curio (247)	97 Bk Berkelio (247)	98 Cf Californio (251)	99 Es Einsteinio (252)	100 Fm Fermio (257)	101 Md Mendelevio (258)	102 No Nobelio (259)	103 Lr Laurenzio (266)

Numero degli elettroni = numero dei protoni

Numero di massa

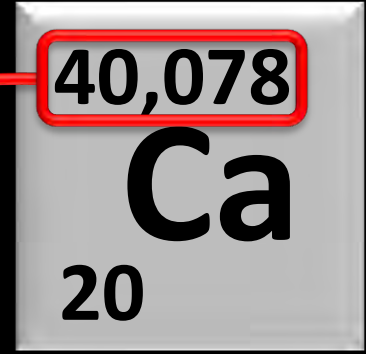
*(somma dei protoni e neutroni)
(numero dei nucleoni)*

40 Ca 20 ~96,9%	42 Ca 20 ~0,6%	43 Ca 20 ~0,1%	44 Ca 20 ~2,1%	48 Ca 20 ~0,2%
--------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Numero atomico

*(numero dei protoni)
(e numero degli elettroni)*

Massa atomica
(media pesata di tutti i numeri di massa)



ΙΣΟΣ ΤΟΠΟΣ = isotopo

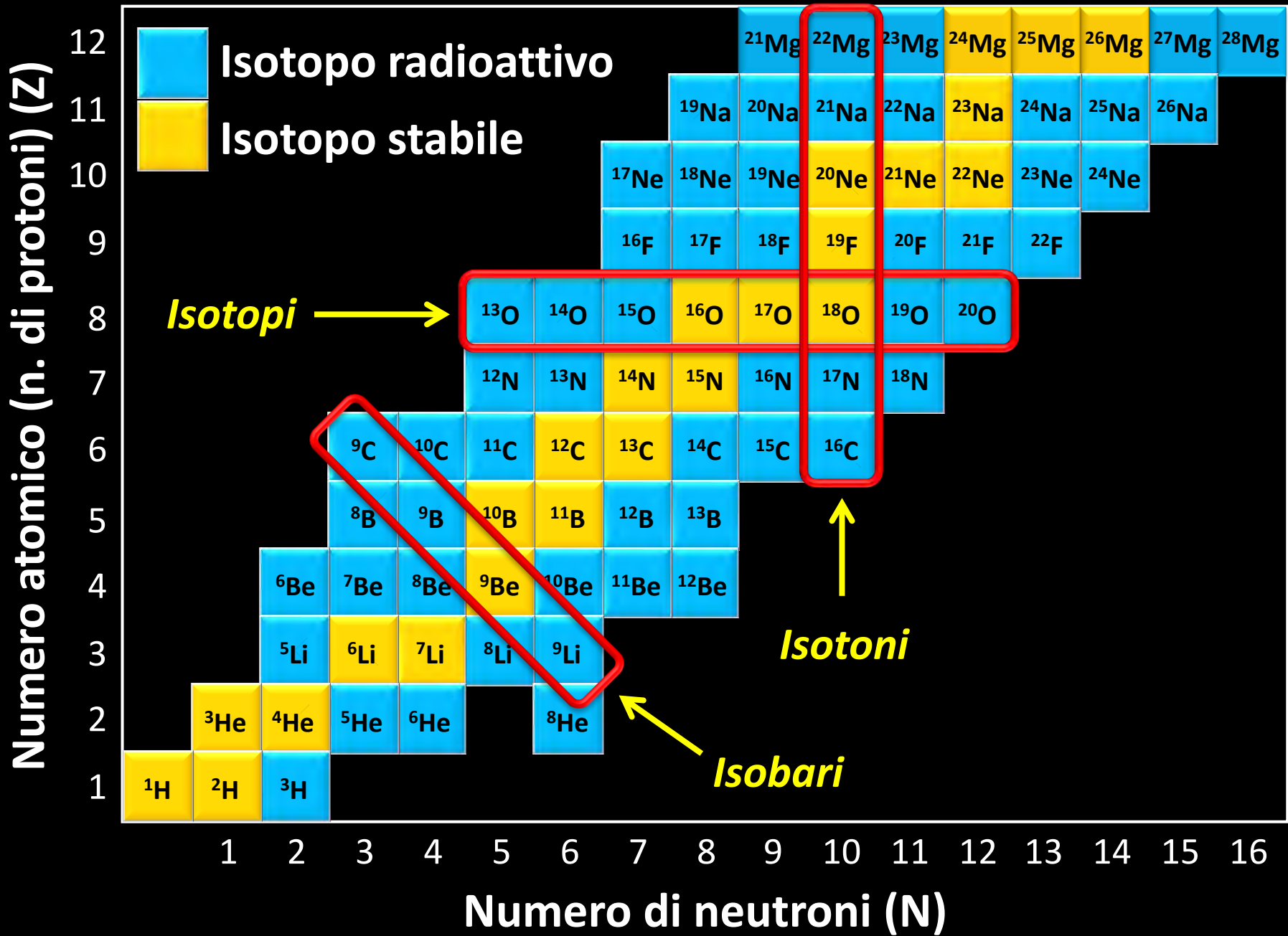
Frederick Soddy, 1911

(21 anni prima della scoperta dei neutroni)

40 Ca 20	42 Ca 20	43 Ca 20	44 Ca 20	48 Ca 20
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

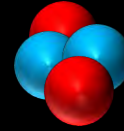
Tutti questi sono sempre
atomi di Calcio.

Si trovano nello stesso posto della
Tavola Periodica.



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

1) Radiazione corpuscolare α



Per gli elementi senza isotopi stabili, le masse atomiche indicate sono quelle degli isotopi più stabili o più comuni.

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**

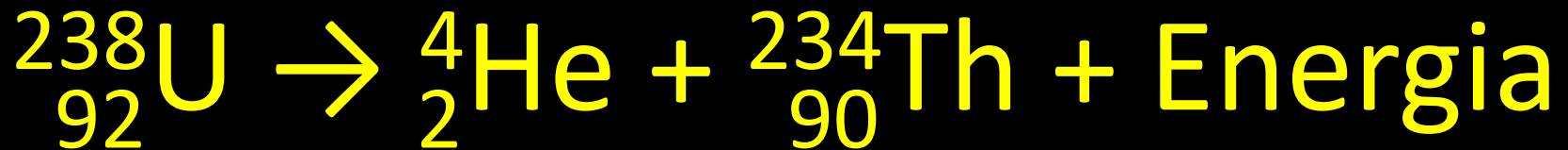
Quale numero di massa? ^{234}Th

58 Ce	59 Pr	60 Nd
234 90 Th	91 Pa	238 92 U

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

1) Radiazione corpuscolare α 

Questa reazione può essere quindi scritta come:



L'energia liberata =

Energia cinetica particelle α
+ differenza di massa tra
prodotti (He + Th) e U
($E = \Delta mc^2$)

${}_{58}^{140}\text{Ce}$	${}_{59}^{141}\text{Pr}$	${}_{60}^{142}\text{Nd}$
${}_{90}^{234}\text{Th}$	${}_{91}^{235}\text{Pa}$	${}_{92}^{238}\text{U}$

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

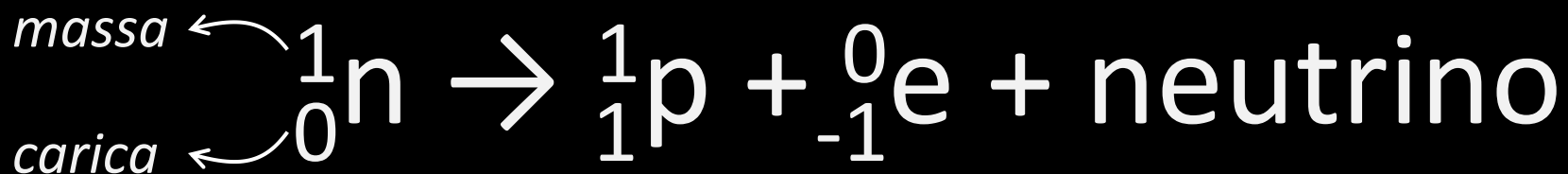
2) Radiazione corpuscolare β^- • $N > Z$ (neutroni in eccesso)

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:

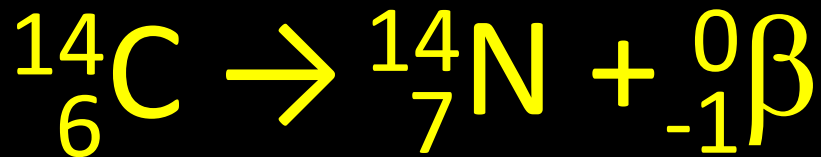


In pratica l'isotopo figlio avrà un numero atomico in più ma stessa massa dell'isotopo padre.

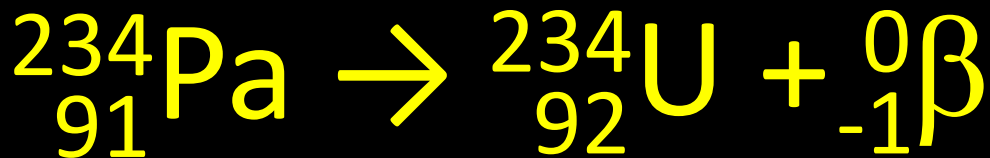
In che modo gli atomi di alcuni elementi possono trasformarsi in altri elementi?

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

Esempi:



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



${}^5_5\text{B}$	${}^{14}_{6+8}\text{C}$	${}^{14}_{7+7}\text{N}$
${}^{13}_{13}\text{Al}$	${}^{14}_{14}\text{Si}$	${}^{15}_{15}\text{P}$
${}^{58}_{58}\text{Ce}$	${}^{59}_{59}\text{Pr}$	${}^{60}_{60}\text{Nd}$
${}^{90}_{90}\text{Th}$	${}^{234}_{91+143}\text{Pa}$	${}^{234}_{92+142}\text{U}$

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

3) Radiazione corpuscolare β^+ • $Z > N$ (protoni in eccesso)

Viene emesso un **positrone**.

Anche in questo caso si tratta di una particella subatomica emessa dal nucleo.

Un protone si trasforma in neutrone + positrone:

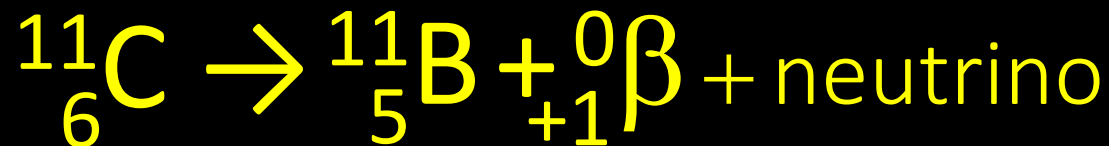


In pratica l'isotopo figlio avrà un numero atomico più basso di un'unità ma stessa massa dell'isotopo padre.

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

3) Radiazione corpuscolare β^+ • $Z > N$ (protoni in eccesso)

Esempio:



${}_{5}^{11}\text{B}$	${}_{6}^{11}\text{C}$	${}_{7}^{11}\text{N}$
${}_{13}\text{Al}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$

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

4) Cattura elettronica (con emissione di raggi γ) 

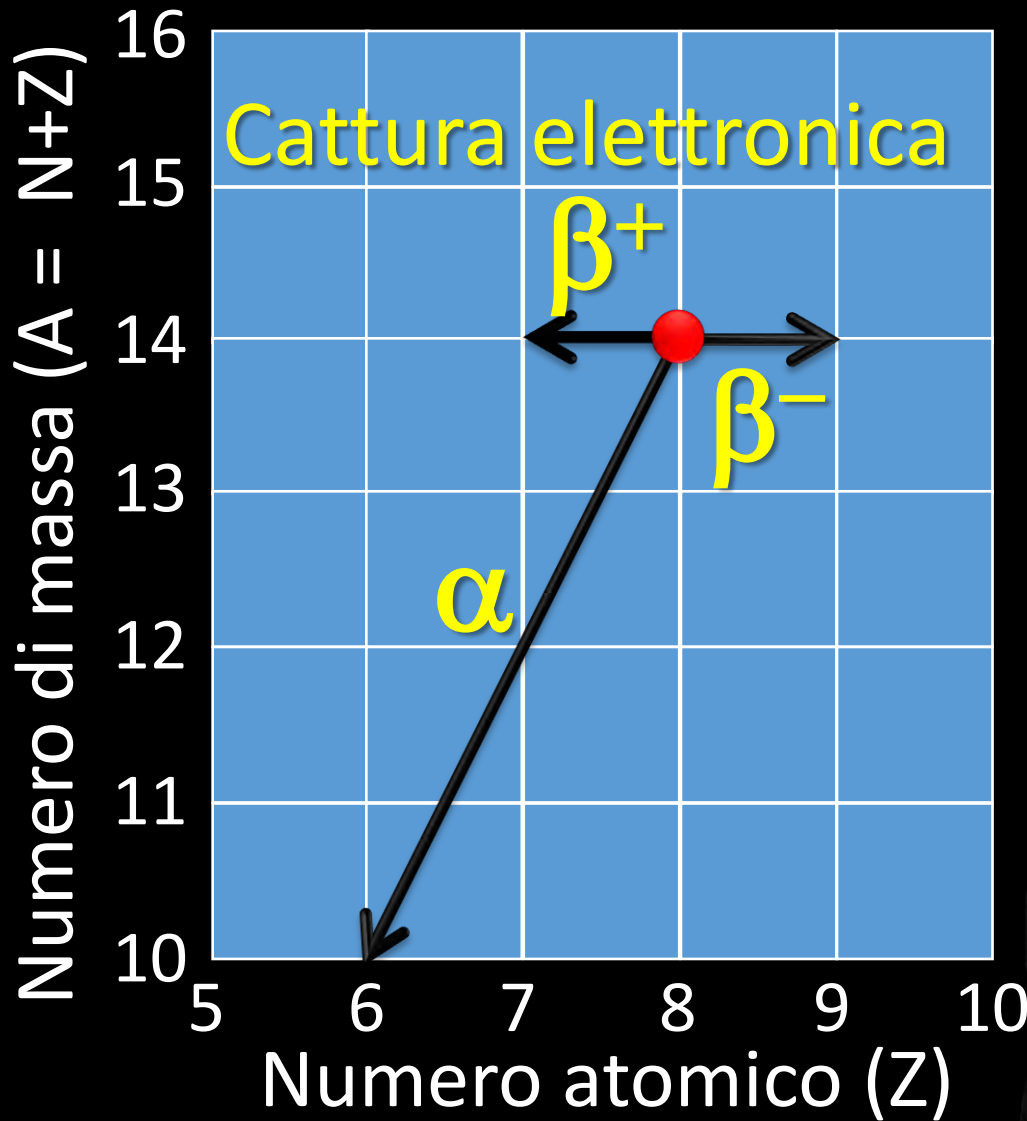
Uno degli elettroni degli orbitali più interni viene “catturato” nel nucleo e avviene la reazione:



Esempio: ${}_{19}^{40}\text{K} \rightarrow {}_{18}^{40}\text{Ar} + \text{raggi } \gamma$

${}_{18}^{40}\text{Ar}$	${}_{19}^{40}\text{K}$	${}_{20}^{40}\text{Ca}$
${}_{36}^{36}\text{Kr}$	${}_{37}^{37}\text{Rb}$	${}_{38}^{38}\text{Sr}$

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



- α Nuclei di He
- β^- Emissione di elettroni
- β^+ Emissione di positroni
- Cattura elettronica



Schema proposto da

Frederick

Soddy

1912

Tavola dei nuclidi (o Carta di Segrè)



<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

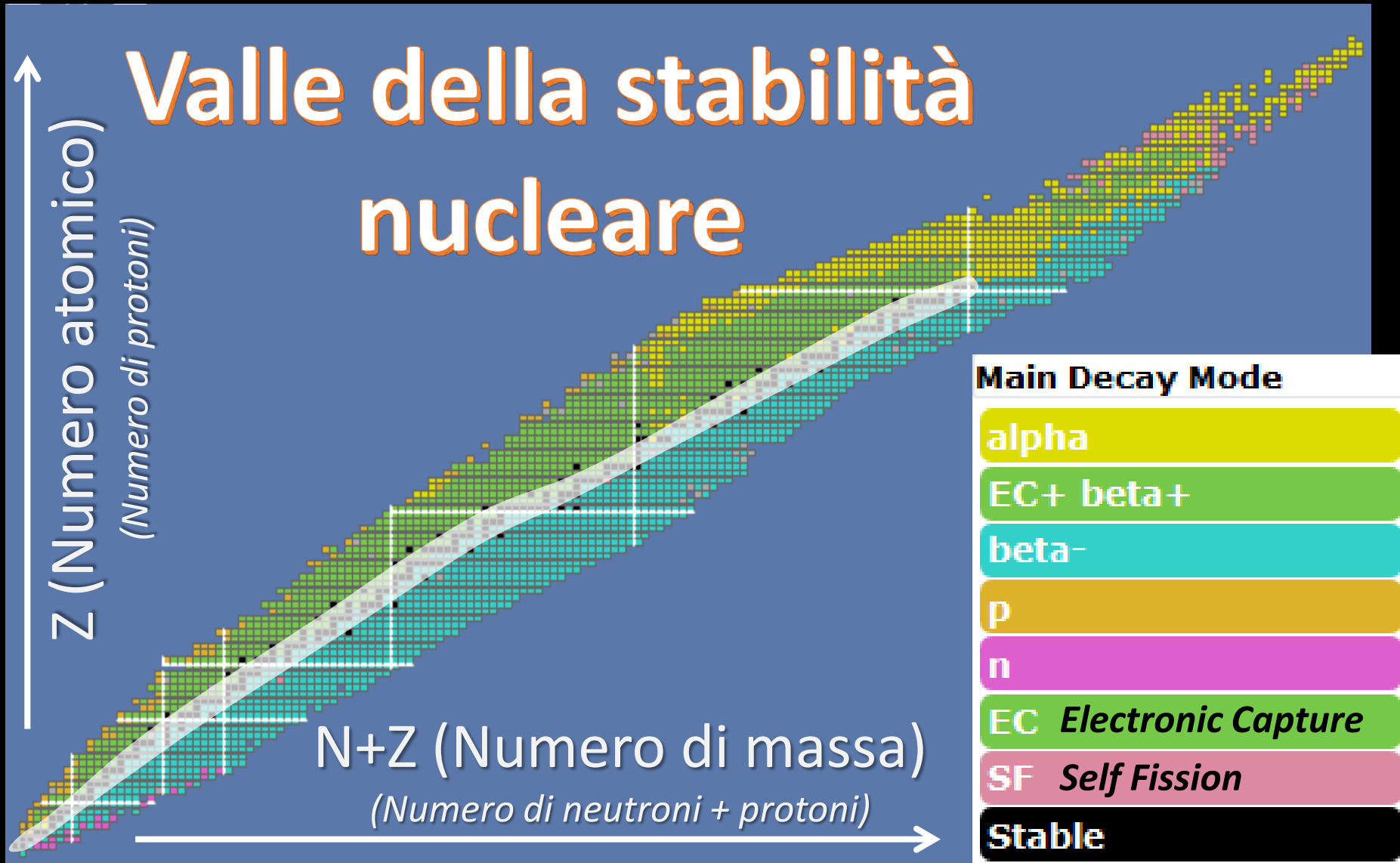


Tavola dei nuclidi (o Carta di Segrè)



<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>



Tavola dei nuclidi (o Carta di Segrè)



<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

Parità ipotetica tra
Protoni e Neutroni
(ossia con numero di
massa = $2Z$)

Z (Numero atomico)
(Numero di protoni)

N+Z (Numero di massa)
(Numero di neutroni + protoni)

Main Decay Mode

alpha

EC+ beta+

beta-

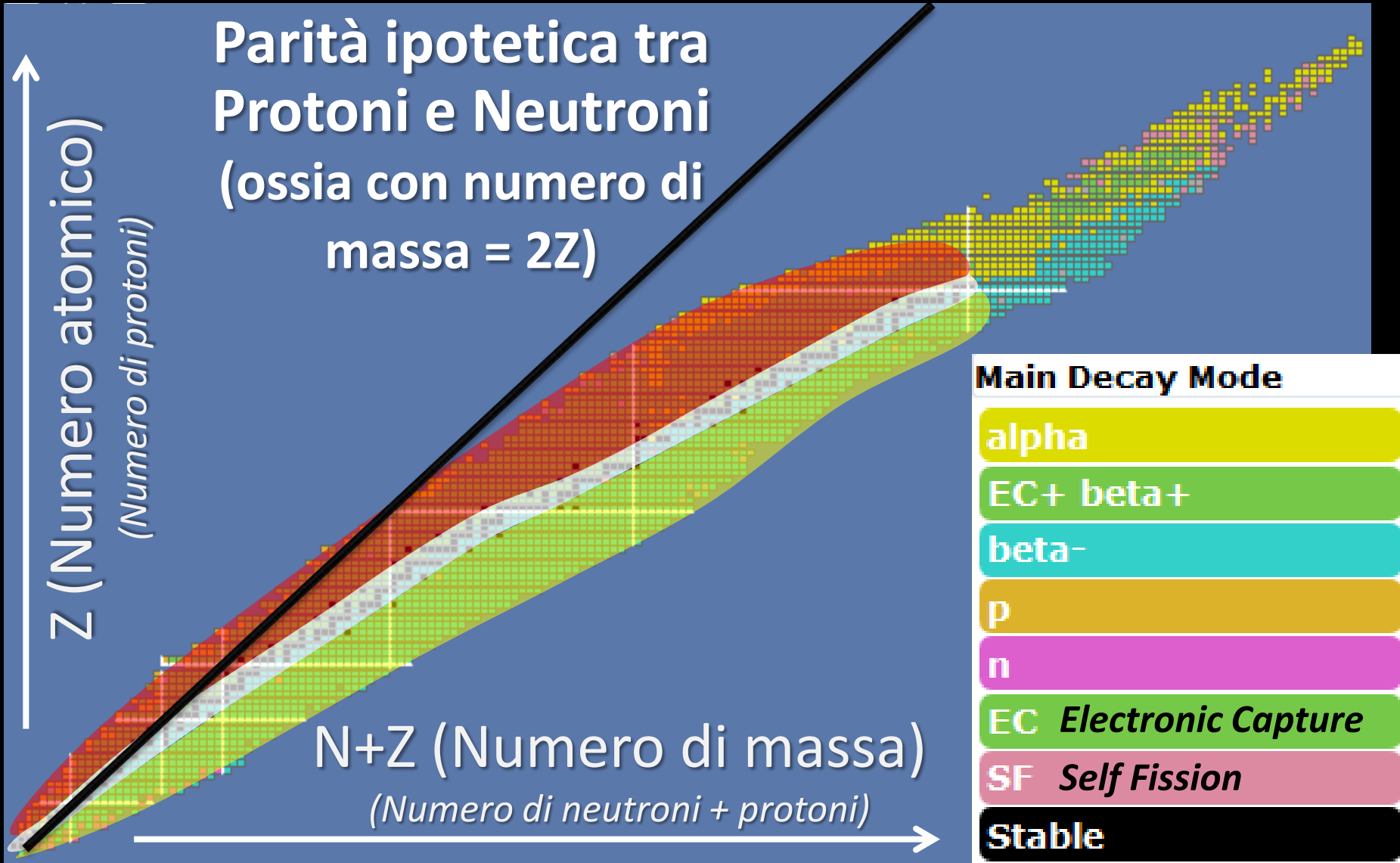
p

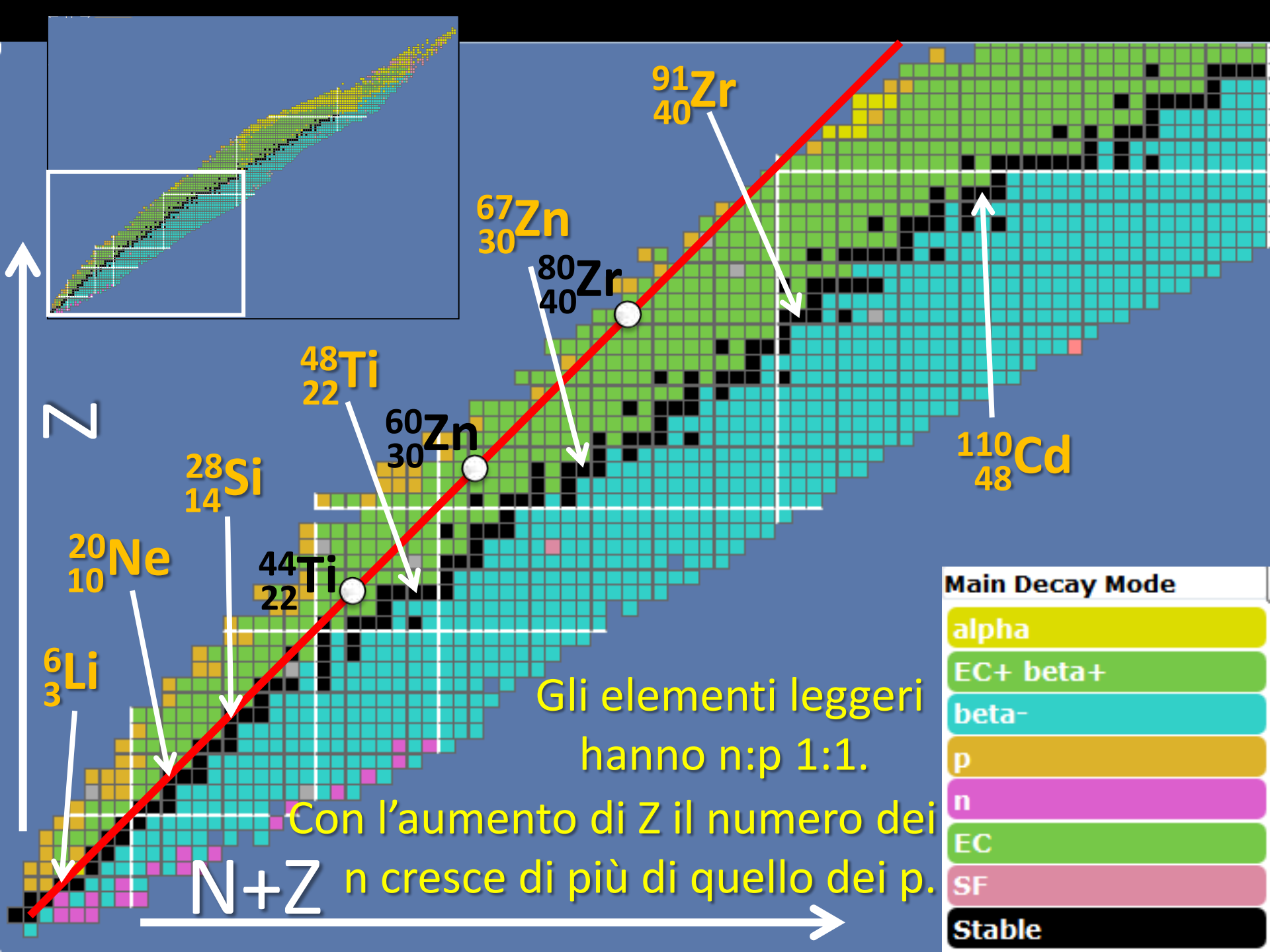
n

EC *Electronic Capture*

SF *Self Fission*

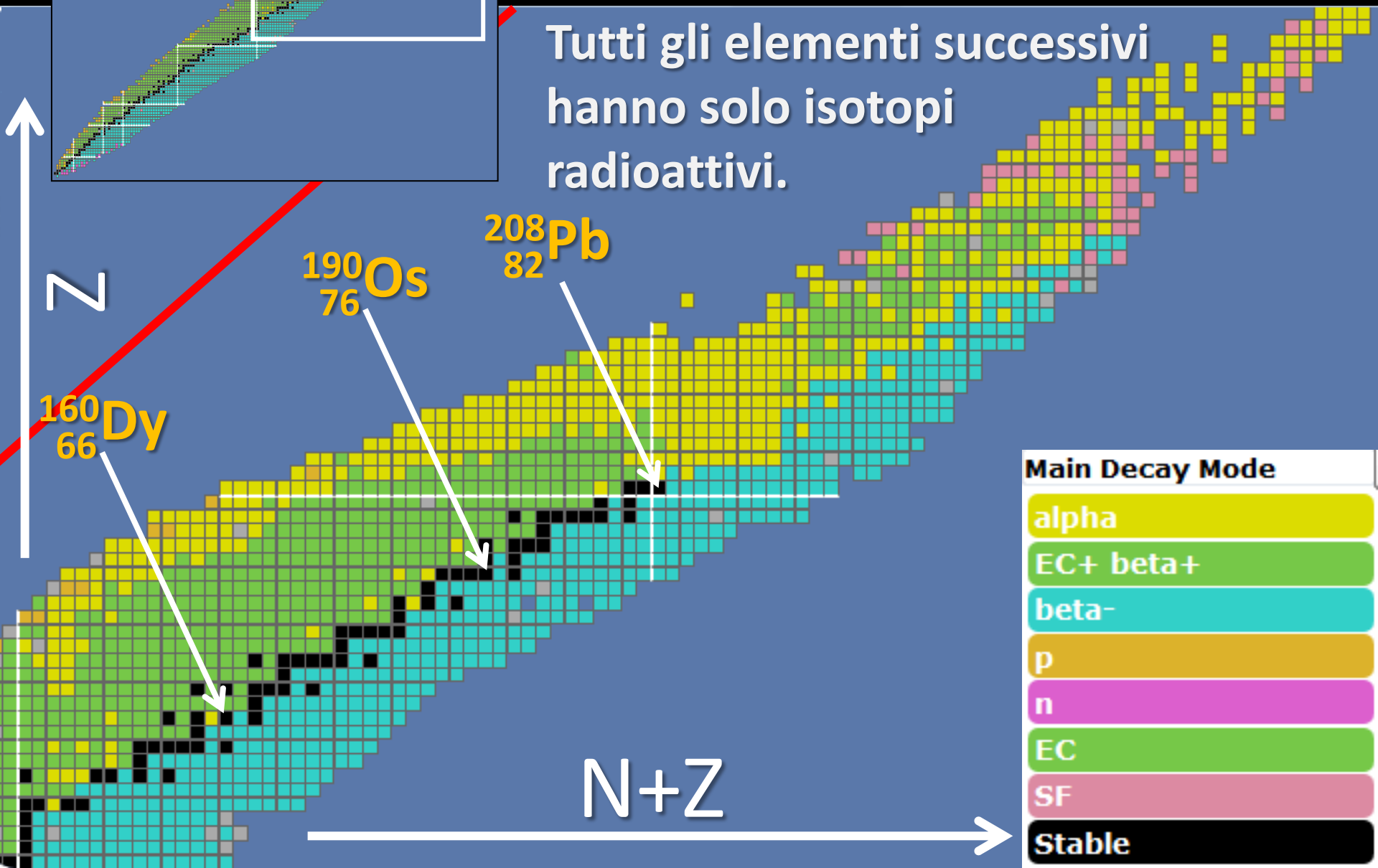
Stable



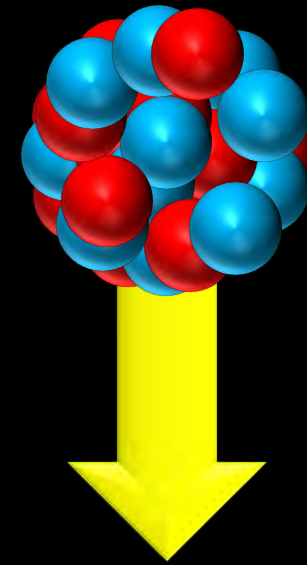


Il Pb è l'ultimo elemento ad avere anche isotopi stabili.

Tutti gli elementi successivi hanno solo isotopi radioattivi.

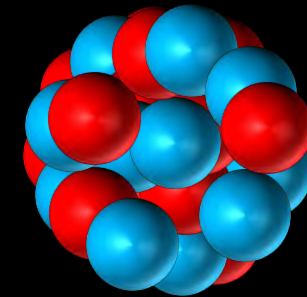


Isotopo instabile
(Isotopo radioattivo)



α , β^- , β^+ , cattura elettronica

Isotopo radiogenico
isotopo radioattivo o
isotopo stabile



Con che velocità si
disintegrano gli atomi?

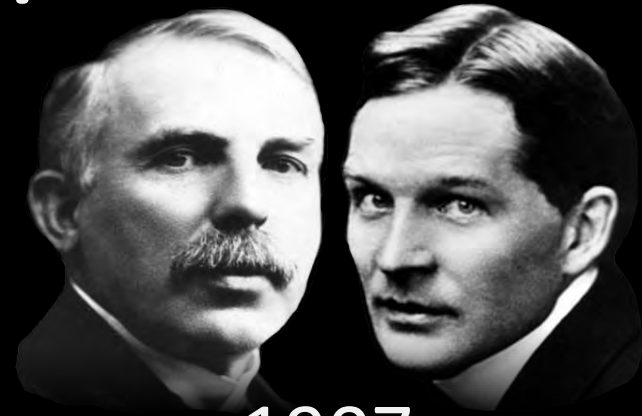
Vita media di un atomo:

Quanto tempo impiega un atomo per trasformarsi in un altro?

Aspettativa di vita per le persone in Italia nel 2017?

Donne = 84,9 anni

Uomini = 80,6 anni



1907

Durata della vita di **una persona**: da 0 a >100 anni.

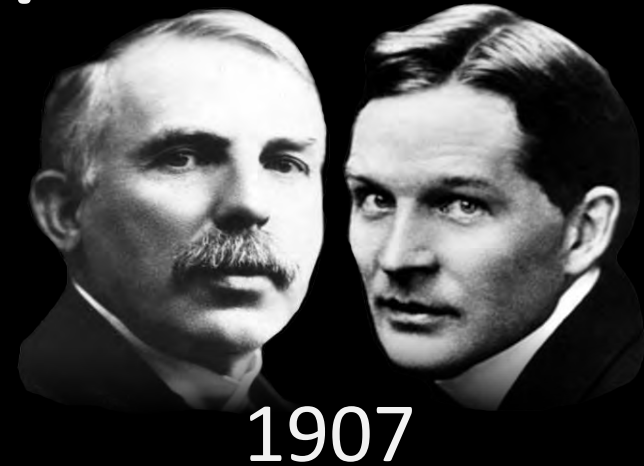
Durata della vita di **un atomo**: da 0 a infinito.

Durata effettiva di **un singolo atomo**:

Fenomeno casuale, indipendente da fattori esterni.

Vita media di un atomo:

Un singolo atomo di Radio può disintegrarsi istantaneamente o restare immutato per tempi lunghissimi.



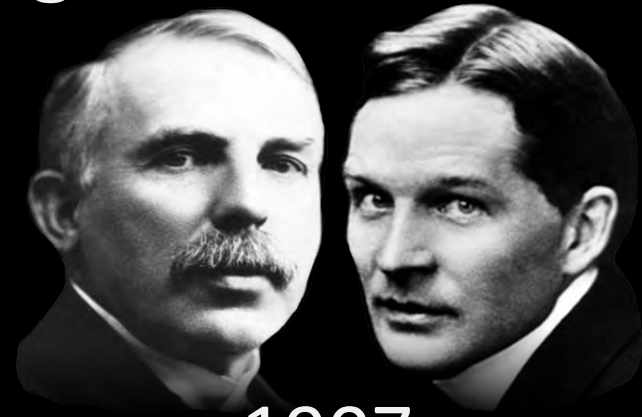
Il numero di particelle α e β emesse da un elemento radioattivo è però continuo e senza sbalzi.

PERCHÉ?

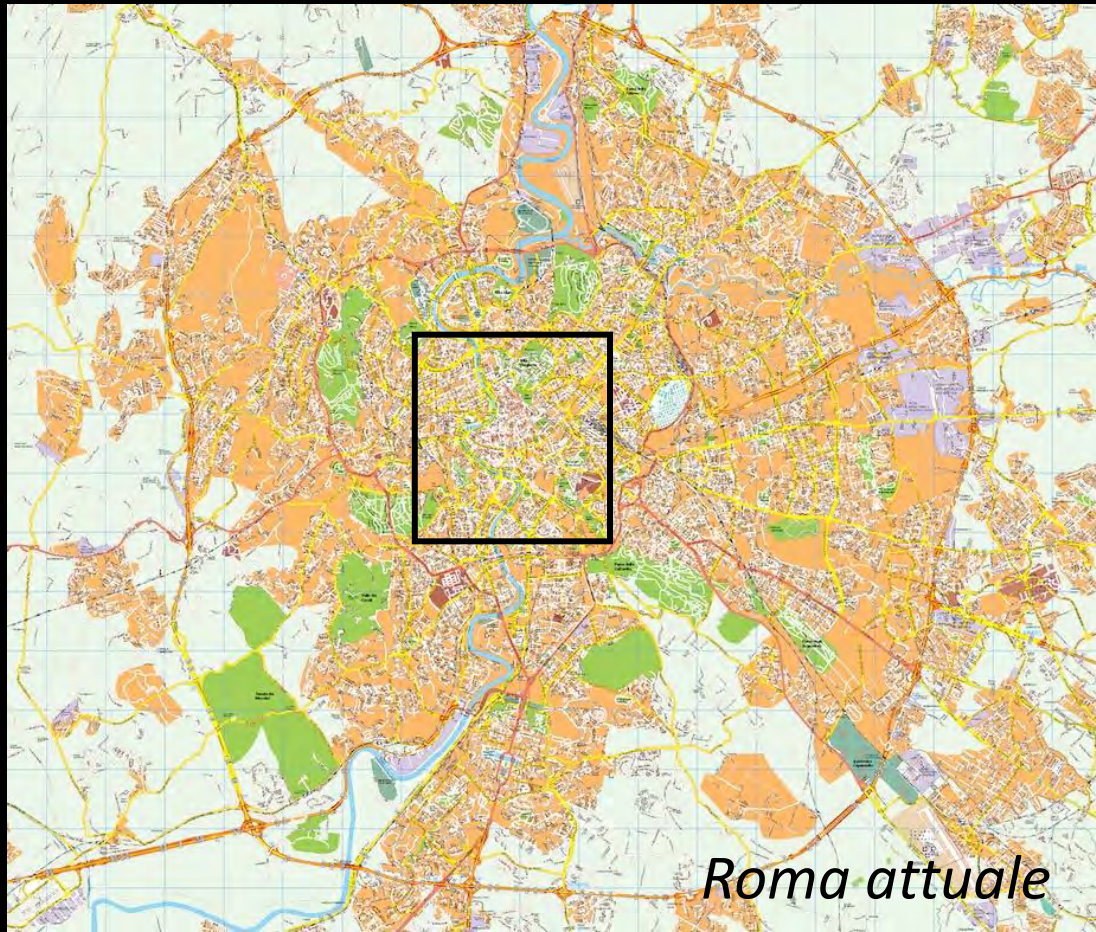
Statistica dei grandi numeri.

→ **Nascite e morti in un piccolo paese e in Italia.**

Il numero di atomi che si disintegrano in un determinato istante è proporzionale al numero totale di atomi presenti.



1907

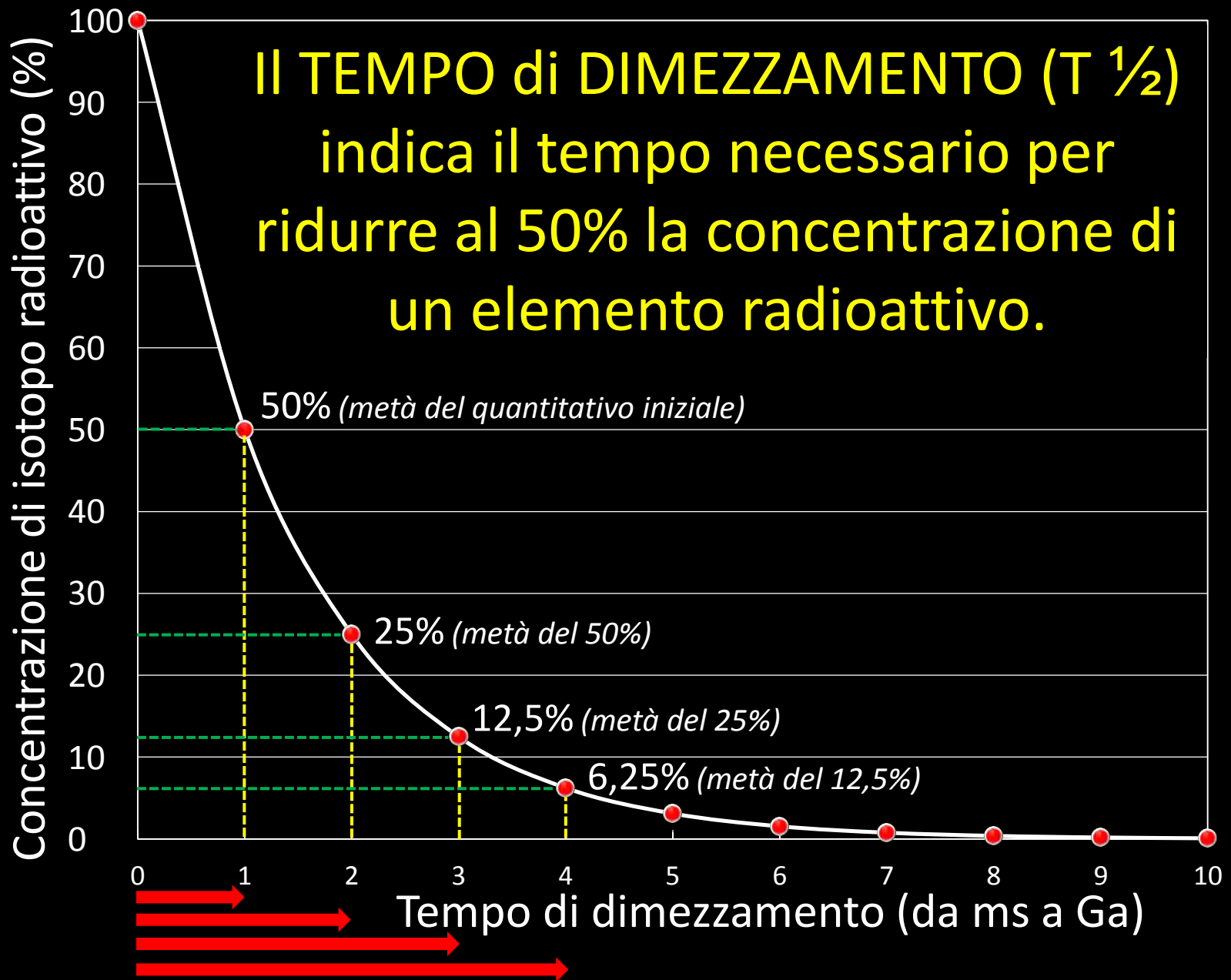


Roma attuale



Roma ~1900

Comparete il numero decessi nel 1900 al numero decessi nel 2018





Ogni isotopo radioattivo ha la sua carta di identità:

Nome... **D'Alessio**
Cognome...
Nome... **Luigi**
nato il... **24/02/1967**
(atto n. P. S.)
a... **Napoli (NA)**
Cittadinanza... **Italiana**
Residenza... **Roma**
Via... *********
Stato civile... *********
Professione... **Cantautore**
CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI
Statura... **1,80**
Capelli... **Castani**
Occhi... **Castani**
Segni particolari...
Firma del titolare
Impronta del dito indice sinistro
IL SINDACO

Ogni isotopo radioattivo ha la sua carta di identità:

Nome... Radon
Nome... 222
nato il... 1899
(atto n. P. S.)
a... Sistema Solare
Cittadinanza... Cosmica
Residenza... Terra
Via... *****
Stato civile... *****
Professione... Gas

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Energia rilasciata 5,8 MeV
 $T_{1/2}$ 7,4 minuti
Tipo di decadimento β^-
Segni particolari: Molto Pericoloso

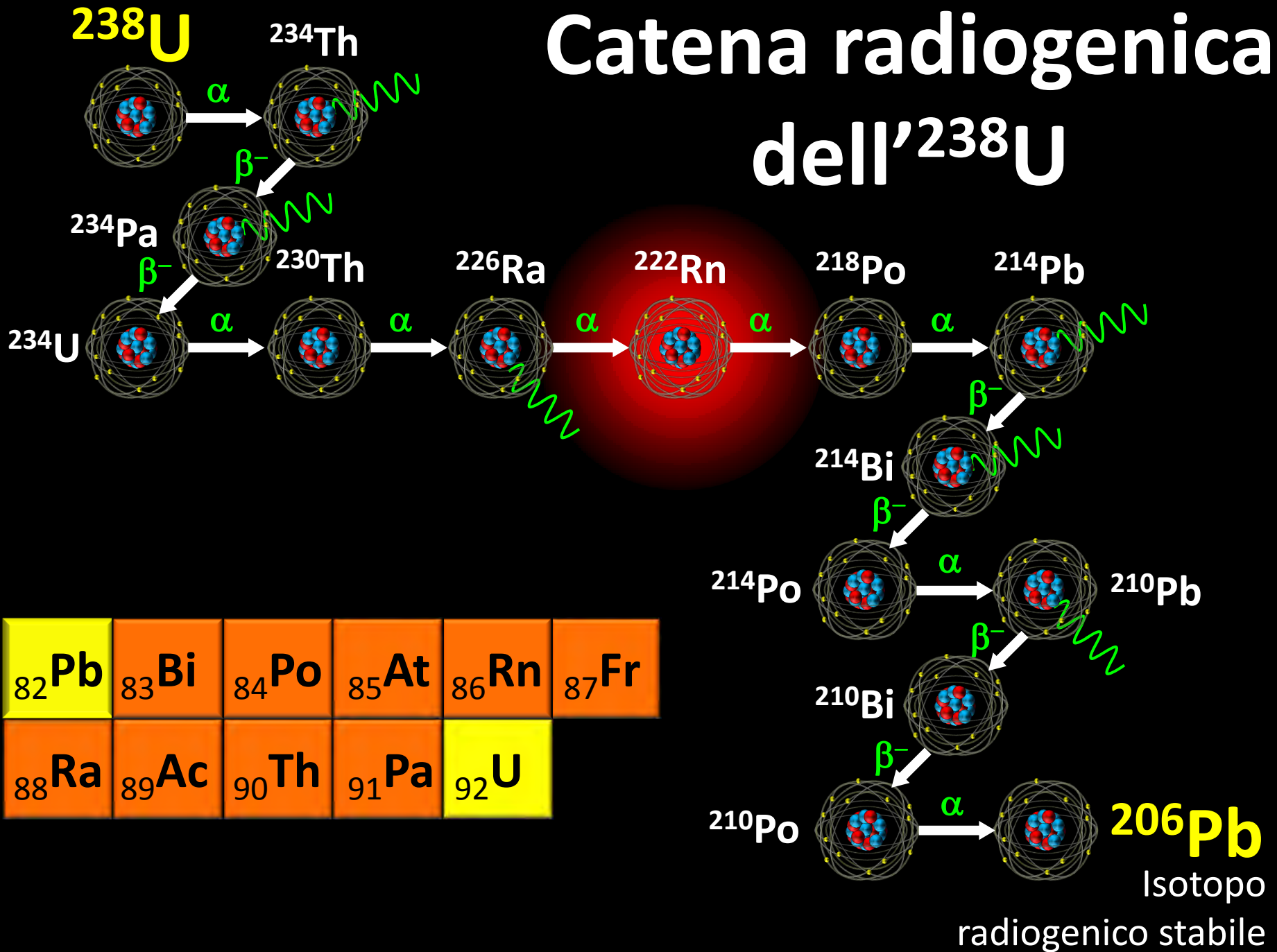
Firma del titolare

Impronta del dito indice sinistro

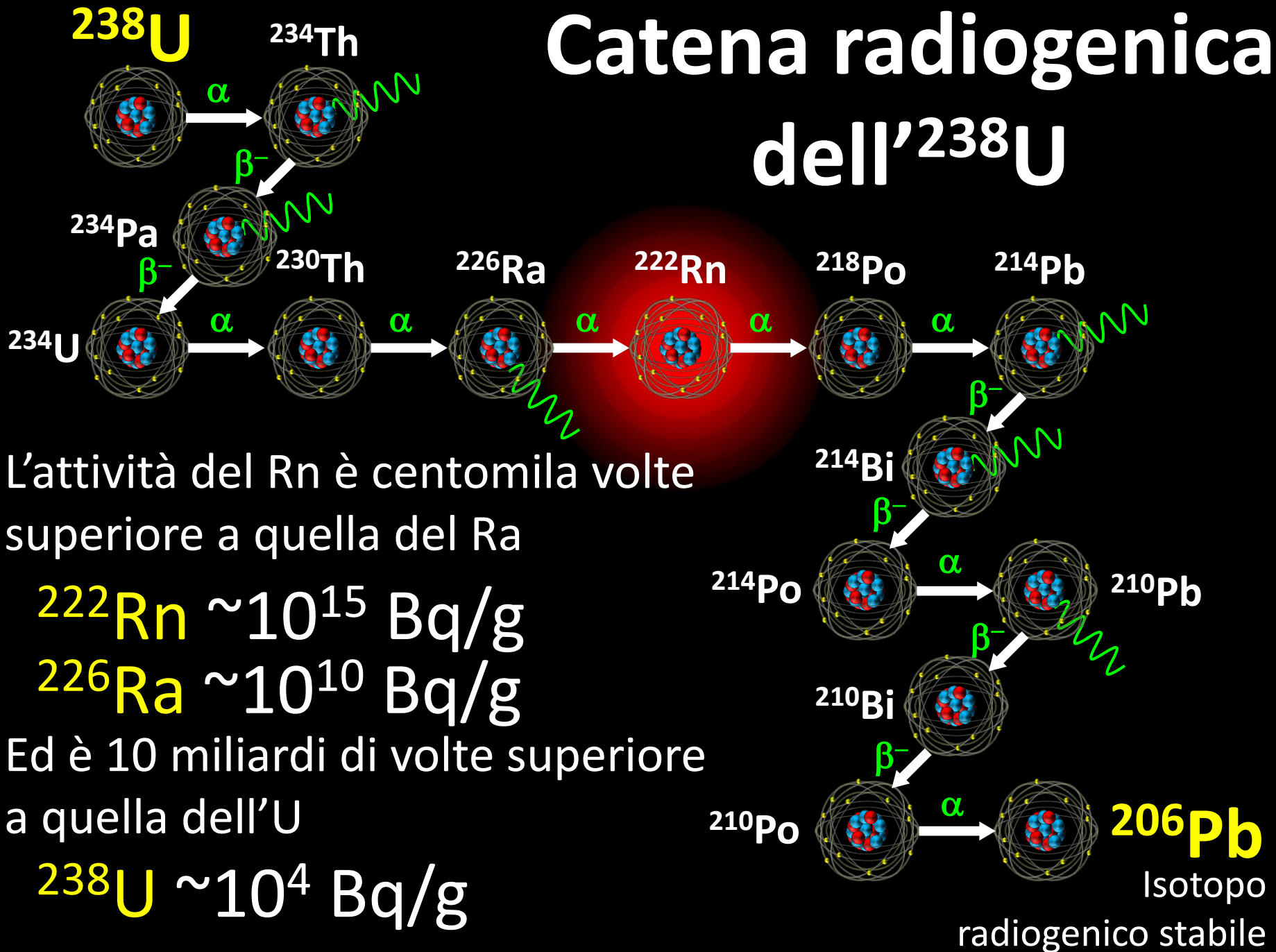
IL SINDACO

222Rn
86

Catena radiogenica dell' ^{238}U



Catena radiogenica dell'²³⁸U



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

$$^{222}\text{Rn} \sim 10^{15} \text{ Bq/g}$$

$$^{226}\text{Ra} \sim 10^{10} \text{ Bq/g}$$

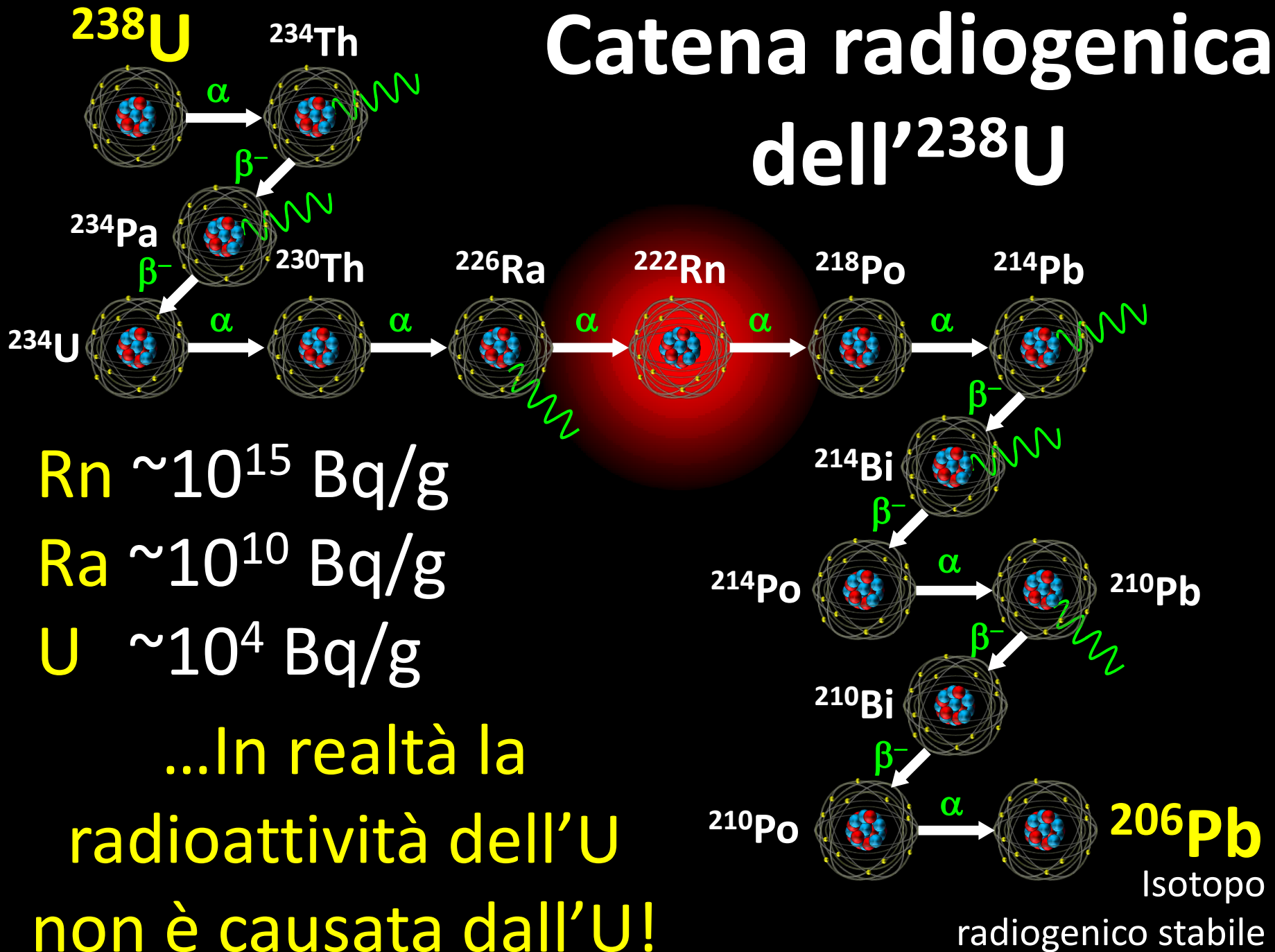
Ed è 10 miliardi di volte superiore a quella dell'U

$$^{238}\text{U} \sim 10^4 \text{ Bq/g}$$

²⁰⁶Pb

Isotopo radiogenico stabile

Catena radiogenica dell'²³⁸U



Rn $\sim 10^{15}$ Bq/g

Ra $\sim 10^{10}$ Bq/g

U $\sim 10^4$ Bq/g

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

²⁰⁶Pb
Isotopo
radiogenico stabile

Catena radiogenica dell' ^{238}U



Fino al 1920 i vari isotopi erano conosciuti con sigle sulla base del tipo di radiazione, l'intensità e il $T_{1/2}$.

1919: Invenzione dello spettrografo
Francis W. Aston



Isotopo radiogenico stabile

Obiettivo: Colpire il nucleo

→ Ra →

1901 – Th → Rn (Thoron) (*Rutherford e Soddy*)

Scoperta della trasmutazione nucleare

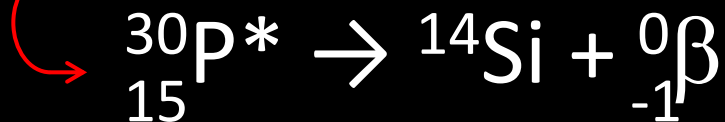
1917 – ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_{1}^{1}\text{H}$ (*Blackett e Rutherford*)

Prima trasmutazione nucleare indotta

1932 – ${}_{3}^{7}\text{Li} + {}_{1}^{1}\text{H} \rightarrow 2 {}_{2}^{4}\text{He}$ (*Cockcroft e Walton*)

Prima fissione nucleare controllata

1934 – ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P}^* + {}_{0}^{1}\text{n}$ (*Joliot e Curie*)



Prima induzione di radioattività artificiale

Obiettivo: Colpire il nucleo

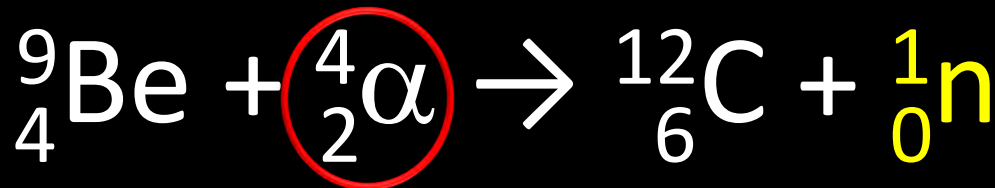
Proiettili con scarsa
efficienza

~1 ogni 100.000
raggiungeva il nucleo



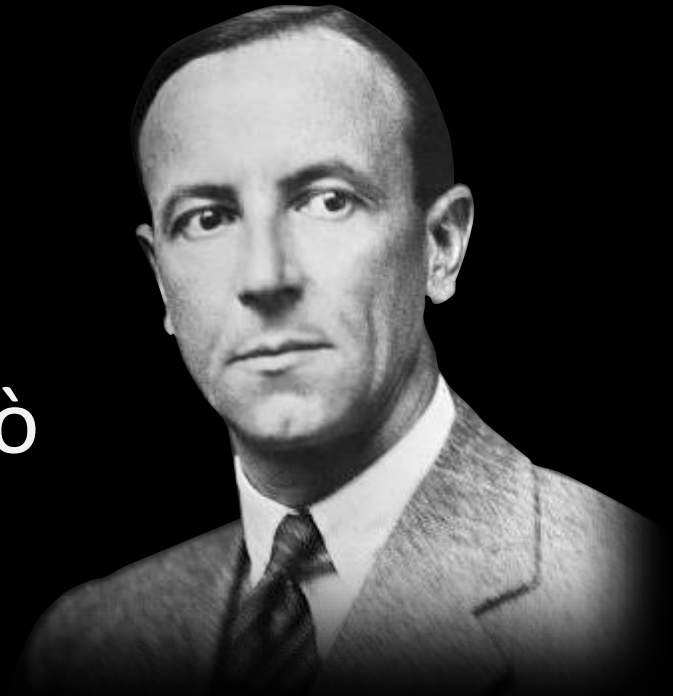
Obiettivo: Colpire il nucleo

Nel 1932 fu scoperta l'ultima particella fondamentale dell'atomo:





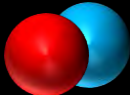

Dal ${}^{222}\text{Rn}$ derivato da ${}^{226}\text{Ra}$

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



Obiettivo: Colpire il nucleo

Scelta di proiettili:

- Particelle α  Abbondanti in Ra/Po, ma poco penetranti.
- Protoni  Producibili in laboratorio in gran numero, ma molto poco penetranti.
- Deutoni  Producibili in laboratorio con maggiore difficoltà, ma poco penetranti.
- Neutroni  Producibili in laboratorio con scarsa resa, ma molto penetranti.

Obiettivo: Colpire il nucleo



Neutroni

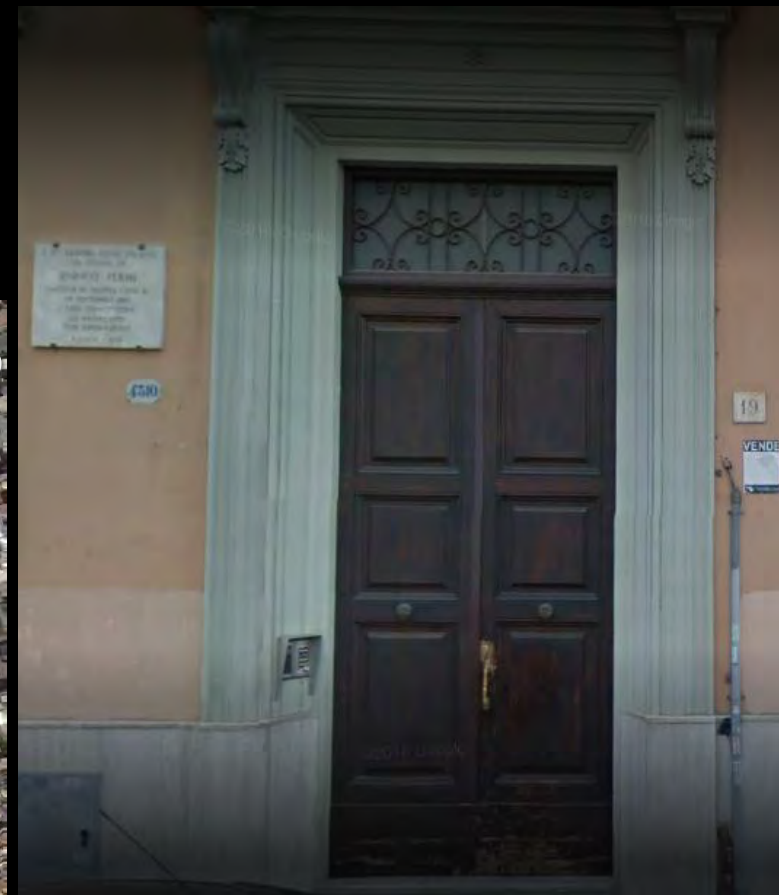


Producibili in laboratorio con scarsa resa, ma molto penetranti.

Enrico FERMI



Nasce a Roma
in Via Gaeta, 19
nel 1901



I ragazzi di via Panisperna (1927):



Enrico Fermi
(26)



Franco Rasetti
(26)



Emilio Segrè
(22)



Edoardo Amaldi
(19)



Ettore Majorana (21)



Bruno Pontecorvo (18)
nel 1931



Oscar D'Agostino (32)
nel 1933

1934 – anno di due grandi scoperte

Con la scoperta del neutrone passano alla fisica nucleare e cominciano a costruirsi da soli gli strumenti.

Cominciano a bombardare tutti gli elementi con la pistola neutronica.



Primo articolo sulla radioattività indotta da bombardamento con neutroni.

Radioattività indotta da bombardamento di neutroni

Desidero riferire in questa lettera sopra alcune esperienze destinate ad accertare se un bombardamento di neutroni non determini dei fenomeni di radioattività susseguente analoghi a quelli osservati dai coniugi Joliot con bombardamento di particelle α .

Il dispositivo che ho usato è il seguente: La sorgente di neutroni è costituita da un tubetto di vetro contenente polvere di berillio ed emanazione. Usando circa 50 millicurie di emanazione, che mi sono stati forniti dal prof. G. C. Trabacchi che qui desidero ringraziare vivissimamente, si possono così ottenere oltre 100.000 neutroni al secondo, misti naturalmente a una intensissima radiazione γ , che però non dà alcun disturbo per esperienze di questo genere. Dei cilindretti contenenti l'elemento in esame sono sottoposti per un tempo variabile da alcuni minuti ad alcune ore alle radiazioni di questa sorgente.

Essi vengono poi rapidamente disposti attorno ad un contatore a filo, la cui parete esterna è formata da una foglia d'alluminio di spessore di circa 0,2 mm. tale quindi da permettere l'ingresso di eventuali raggi β nel contatore. Fino ad ora l'esperienza ha dato esito positivo per due elementi:

ALLUMINIO. — Un cilindretto di alluminio irradiato dai neutroni per un paio d'ore e posto successivamente attorno al contatore determina nei primi minuti un aumento assai considerevole degli impulsi, che crescono di 30 o 40 al minuto. L'effetto decresce col tempo riducendosi a metà in circa 12 minuti.

FLUORO. — Il fluoruro di calcio, irradiato per pochi minuti e portato poi assai rapidamente accanto al contatore determina nei primi momenti un aumento del numero degli impulsi. L'effetto si smorza rapidamente, riducendosi a metà in circa 10 secondi.

Una possibile interpretazione di questi fenomeni è la seguente. Il fluoro, bombardato coi neutroni, si disintegra emettendo particelle α . La reazione nucleare è probabilmente:



Si formerebbe così un azoto di peso 16 che, emettendo successivamente una particella β può trasformarsi in O^{16} . Una simile interpretazione potrebbe aversi per l'alluminio, conformemente alla possibile reazione nucleare:



Il Na^{24} così formato sarebbe un nuovo elemento radioattivo e si trasformerebbe in Ca^{24} con emissione di una particella β .

Se queste interpretazioni sono corrette, si avrebbe qui la formazione artificiale di elementi radioattivi che emettono normali particelle β , a differenza di quelli trovati dai Joliot che emettono invece positroni. In particolare nel caso dell'azoto si avrebbero due isotopi radioattivi: N^{13} , trovato dai Joliot, che emettendo un positrone si trasforma in C^{13} ; ed N^{16} che, emettendo un elettrone si trasforma in O^{16} .

Sono in corso esperienze per estendere l'esame ad altri elementi e per studiare meglio le particolarità del fenomeno.

Roma, 25 marzo 1934-XII.

ENRICO FERMI

Quinto articolo sulla radioattività indotta da bombardamento con neutroni.

Arrivano all'Uranio.

Radioattività provocata da bombardamento di neutroni — V.

Riferiamo su alcune ulteriori osservazioni che completano i risultati già comunicati nelle lettere precedenti.

Sodio. — Il periodo di dimezzamento di questa sostanza è di circa 40 secondi, l'intensità media. Da alcune separazioni chimiche di fluoro dal sodio attivato, sembra che il principio attivo non sia fluoro.

Vanadio - Cromo - Manganese. — Per tutti e tre gli elementi abbiamo riconosciuto un periodo di circa 4 minuti con misure più precise di quelle fatte in precedenza per il vanadio ed il cromo. Separazioni chimiche hanno mostrato che il principio attivo del cromo e del manganese è vanadio. E' molto plausibile che si tratti di un V^{52} che si formerebbe anche dal V^{51} bombardato. Per il manganese, oltre il periodo

[...]

Cadmio. — Ha un effetto molto debole con periodo di circa un'ora.

Iridio. — Una separazione chimica del principio attivo in presenza di osmio e renio sembra escludere che l'attività sia dovuta a questi elementi. Probabilmente essa proviene da isotopi dell'iridio.

Oro. — Una separazione chimica del principio attivo in presenza di iridio, platino e mercurio ci induce a ritenere che esso sia isotopo dell'oro.

Torio. — Da saggi preliminari sul torio liberato dai suoi prodotti radioattivi β , risulta una forte attività con almeno due periodi di cui uno minore di 1 minuto e l'altro dell'ordine di grandezza di un quarto d'ora.

Uranio. — Oltre ai periodi già noti di 10 secondi, 40 secondi e 13 minuti, si è determinato uno dei periodi lunghi dell'uranio attivato; esso è di circa un'ora e mezza.

Abbiamo cercato di stabilire con maggior precisione il rendimento dell'estrazione dell'attività di 13 minuti con la reazione del biossido di manganese la quale trascina anche un po' dell'elemento 91, (UX_2). Si è trovato che il rendimento della reazione rispetto ai due elementi è nettamente diverso variando le condizioni di precipitazione. Per l'attività di 13 minuti si riesce a mantenerlo praticamente costante intorno al 15% dell'attività totale, mentre quello per l' UX_2 oscilla tra l'1 ed il 7%.

Si è ripresa anche la reazione di separazione del solfuro di renio in soluzione fortemente acida, con l'impiego di iposolfito sodico. Si è trovato che in questo modo si riesce a separare una quantità assai grande dell'attività di 13 minuti e di 100 minuti. Queste reazioni oltre ad avere un rendimento intorno al 50% è tanto selettiva in confronto al UX_1 e UX_2 che permette di separare le due attività anche da uranio non depurato. Queste reazioni sembrano confermare l'ipotesi che si tratti di elementi con numero atomico maggiore di 92.

Abbiamo anche determinato approssimativamente il numero di atomi dell'elemento attivo con periodo di 13 minuti che si disintegrano ogni minuto, formati in un grammo di uranio elemento irradiato in equilibrio alla distanza di 1 cm. da una sorgente di un millicurie di radon + berillio. Tale numero è dell'ordine di grandezza di 50.

Istituto Fisico della R. Università.

Roma, 12 luglio 1934-XII.

E. AMALDI
O. D'AGOSTINO
E. FERMI
F. RASETTI
E. SEGRÉ

Maggio 1934 – PRIMA SCOPERTA

Creazione del primo elemento transuranico

452

LA RICERCA SCIENTIFICA

Radioattività "beta", provocata da bombardamento di neutroni - III

[...]

Uranio. — L'U liberato dai prodotti dotati di attività β che lo accompagnano e susseguentemente irradiato dà un effetto intenso con più periodi: uno di circa 1 minuto, uno di 13 minuti oltre a periodi più lunghi non ancora esattamente determinati. I raggi β corrispondenti al periodo di 13 minuti sono notevolmente penetranti.

Si è cercato di riconoscere con operazioni chimiche se l'elemento che si disintegra col periodo di 13 minuti fosse un isotopo di qualcuno degli elementi più pesanti. Possiamo escludere immediatamente che si tratti di un isotopo dell'U (92) o del Th (90) perchè il principio attivo si separa facilmente da questi due elementi. Più difficile è la prova che non si tratti di un isotopo del Pa (91) dato che manca una sostanza radioattiva β adatta per queste prove, isotopa del Pa. Ci siamo dovuti servire per questo

[...]

Questo insieme di conclusioni che stiamo cercando di suffragare con ulteriori esperienze fa sorgere spontanea l'ipotesi che il principio attivo dell'U possa avere numero atomico 93 (omologo del renio); il processo in questa ipotesi potrebbe consistere in una cattura del neutrone da parte dell'U con una formazione di un U^{239} il quale subirebbe successivamente delle disintegrazioni β .

[...]

*Istituto Fisico della R. Università.
Roma, 10 maggio 1934-XII.*

E. AMALDI
O. D'AGOSTINO
E. FERMI
F. RASETTI
E. SEGRÈ

Creazione del primo elemento transuranico

898

NATURE

JUNE 16, 1934

Possible Production of Elements of Atomic Number Higher than 92

By PROF. E. FERMI, Royal University of Rome

UNTIL recently it was generally admitted that an atom resulting from artificial disintegration should normally correspond to a stable isotope. M. and Mme. Joliot first found evidence that it is not necessarily so; in some cases the product atom may be radioactive with a measurable mean life, and go over to a stable form only after emission of a positron.

The number of elements which can be activated either by the impact of an α -particle (Joliot) or a proton (Cockcroft, Gilbert, Walton) or a deuteron (Crane, Lauritsen, Henderson, Livingston, Lawrence) is necessarily limited by the fact that only light elements can be disintegrated, owing to the Coulomb repulsion.

This limitation is not effective in the case of neutron bombardment. The high efficiency of these particles in producing disintegrations compensates fairly for the weakness of available neutron

the sign of the charge of the emitted particles were found to give out only negative electrons. This is theoretically understandable, as the absorption of the bombarding neutron produces an excess in the number of neutrons present inside the nucleus; a stable state is therefore reached generally through transformation of a neutron into a proton, which is connected to the emission of a β -particle.

In several cases it was possible to carry out a chemical separation of the β -active element, following the usual technique of adding to the irradiated substance small amounts of the neighbouring elements. These elements are then separated by chemical analysis and separately checked for the β -activity with a Geiger-Müller counter. The activity always followed completely a certain element, with which the active element could thus be identified.

Maggio 1934 – PRIMA SCOPERTA

Creazione del primo elemento transuranico

898

NATURE

JUNE 16, 1934

Possible Production of Elements of Atomic Number Higher than 92

By PROF. E. FERMI, Royal University of Rome

**Sulla base di questi
risultati Enrico Fermi fu
insignito del premio
Nobel per la fisica nel
1938**

UNTIL recently an atom should not be considered as a simple nucleus of protons and neutrons. It is not necessarily true that an atom may be broken up into its constituent particles, and go over into a positron.

The number of protons in either by the proton (Cockcroft and Lawrence) is necessary for the light elements. The Coulomb repulsion between the protons is not necessarily compensated fairly for the weakness of available neutron

This limitation of the neutron bomb is not necessarily compensated fairly for the weakness of available neutron

mitted particles give electrons, as the neutron produces neutrons present. It is therefore a formation of a nucleus connected to the

to carry out a radioactive element, adding to the number of the neighbors are then separated separately. Geiger-Müller counter could thus be identified.

could thus be identified.

Ottobre 1934 – SECONDA SCOPERTA

Effetto dei neutroni lenti sull'uranio

I risultati non erano ripetibili.

Pontecorvo fu allontanato dal laboratorio.



PROBLEM

Come Fermi scoprì il ruolo dei neutroni termici.



Sora Cesarina Marani

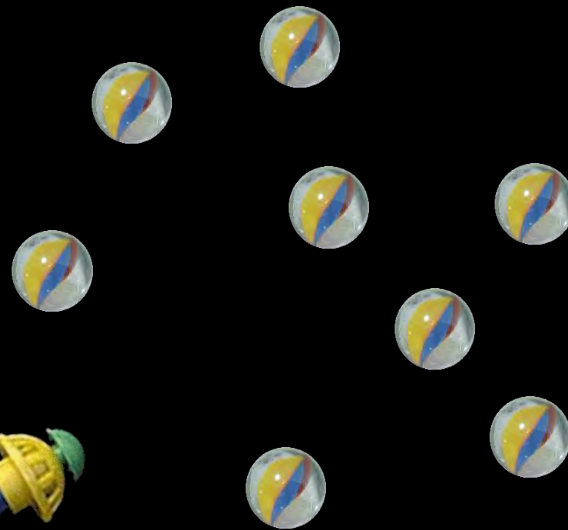
(moglie del custode dell'Istituto di Fisica di Via Panisperna)



Ottobre 1934 – SECONDA SCOPERTA
Effetto dei neutroni lenti sull'uranio



Nucleo di U



Sorgente di neutroni

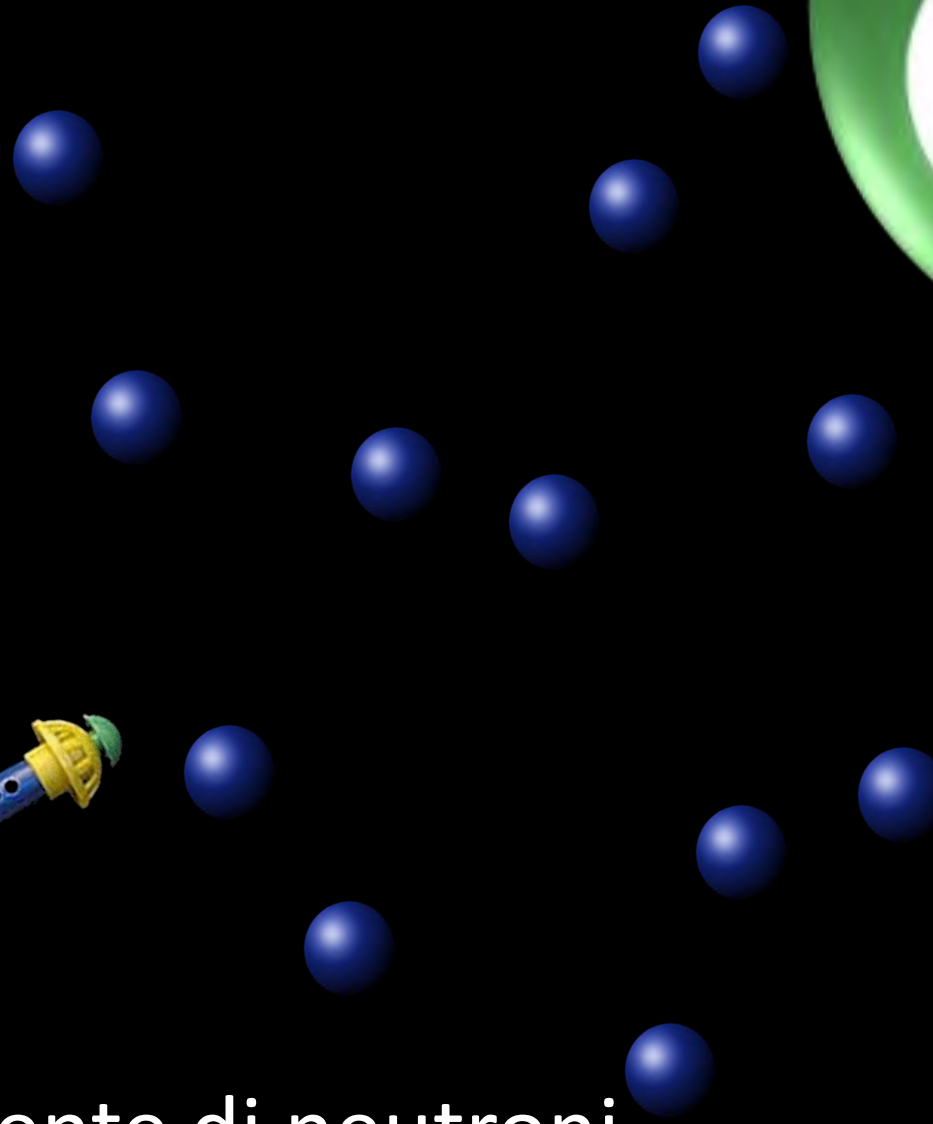
Ottobre 1934 – SECONDA SCOPERTA

Effetto dei neutroni lenti sull'uranio

Nuclei di H

Nucleo di U

Sorgente di neutroni



Ottobre 1934 – SECONDA SCOPERTA

Effetto dei neutroni lenti sull'uranio

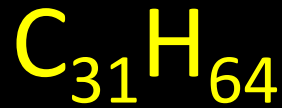


Nucleo di U

Sorgente di neutroni

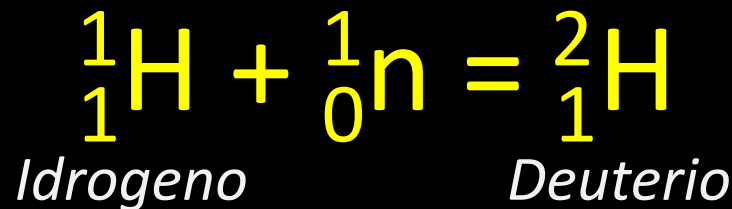
I neutroni lenti avevano maggiore possibilità di entrare nel nucleo dell'U.

Per rallentare la velocità dei neutroni si usò la paraffina

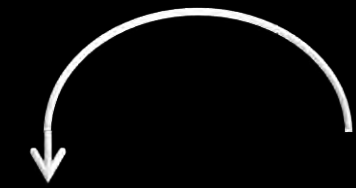


I neutroni si scontravano con i nuclei di C e H e venivano rallentati prima di colpire il bersaglio.

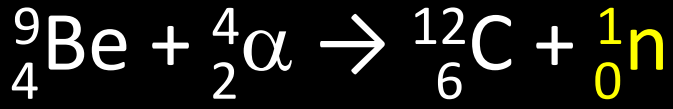
Il problema è che l'idrogeno può assorbire il neutrone, trasformandosi in deuterio:



In seguito utilizzarono solo il C, con elevata capacità di frenamento ma bassa capacità di assorbimento dei n.



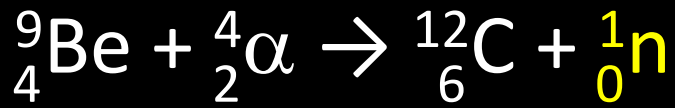
Radon



Pistola

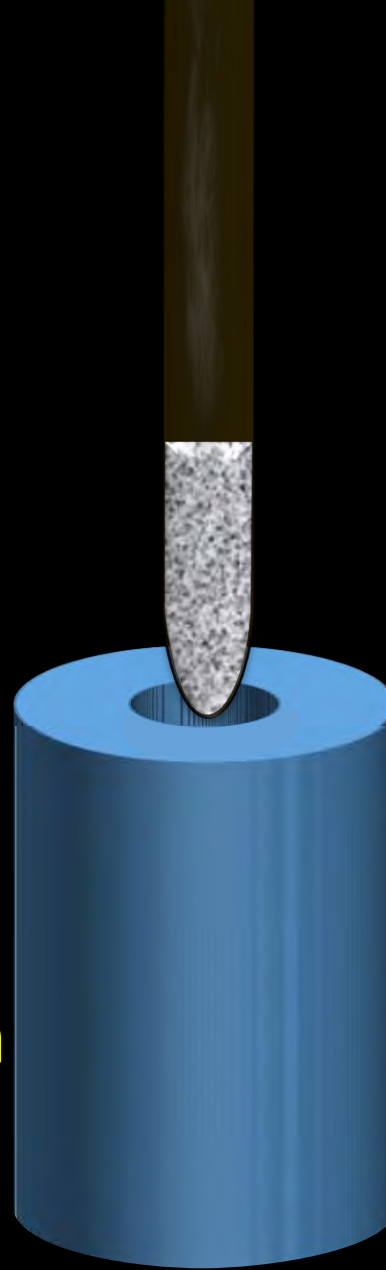
neutronica

Sostanza da irradiare (es. U)



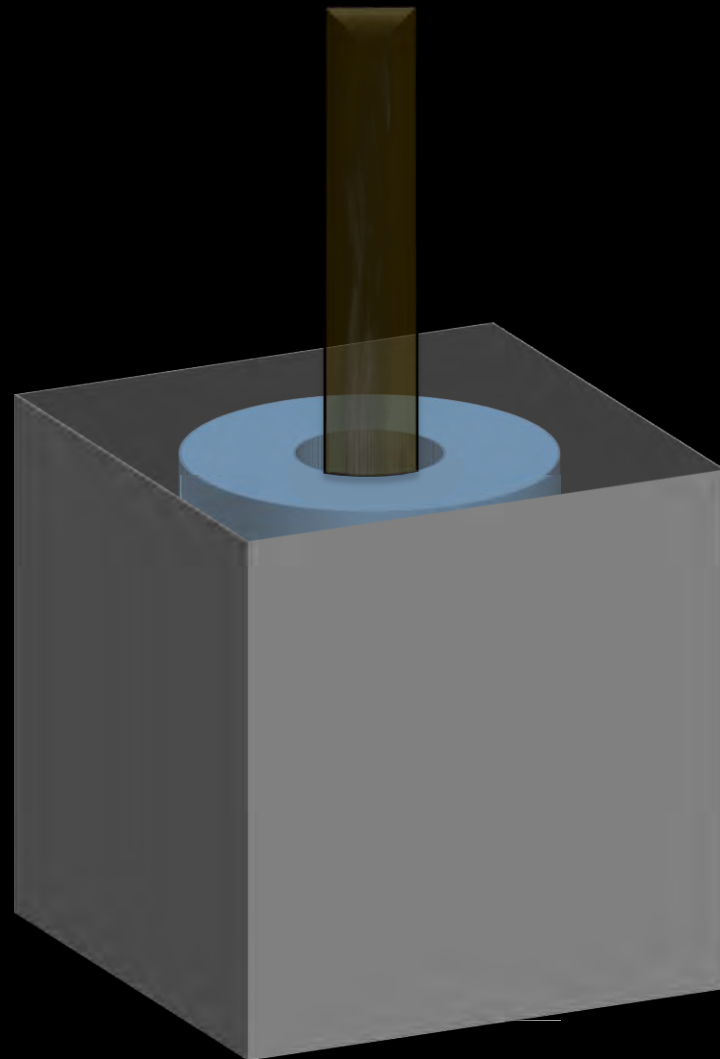
Pistola

neutronica



Sostanza da irradiare (es. U)

Blocco di paraffina per
rallentare i neutroni



Sostanza da irradiare (es. U)

Cosa successe a via Panisperna

Ragionamento logico e corretto dell'esperimento:

- 1) Quasi tutti gli elementi bombardati con neutroni diventavano radioattivi.
- 2) Usando neutroni lenti l'attività aumentava anche di >100 volte.
- 3) Bombardando l'U, registrarono la presenza di un radioisotopo con $T_{1/2} = 13$ minuti. \rightarrow Emissione β^-

Le trasformazioni nucleari naturali conosciute nel 1934 erano di due tipi:

α = diminuzione di due unità di massa

β^- = aumento di una unità di massa

β^+ = diminuzione di una unità di massa

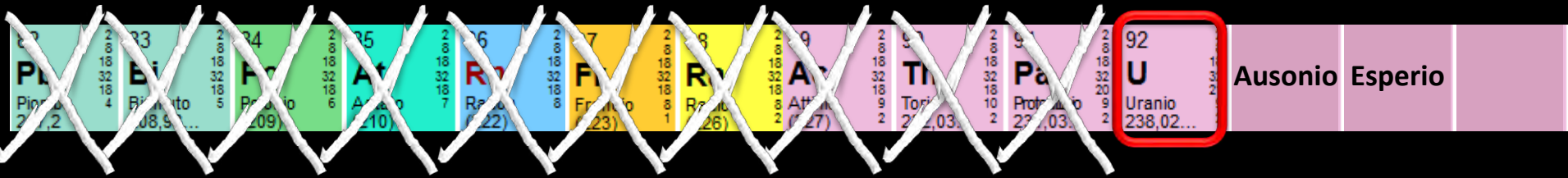
Cosa successe a via Panisperna

Ragionamento logico e corretto dell'esperimento:

- 1) Quasi tutti gli elementi bombardati con neutroni diventavano radioattivi.
- 2) Usando neutroni lenti l'attività aumentava anche di >100 volte.
- 3) Bombardando l'U, registrarono la presenza di un radioisotopo con $T_{1/2} = 13$ minuti. \rightarrow Emissione β^-

Interpretazione sbagliata:

Nessun isotopo dell'U o di elementi a massa più bassa aveva quel $T_{1/2}$. Chiamarono questi "due nuovi elementi" **Ausonio e Esperio**

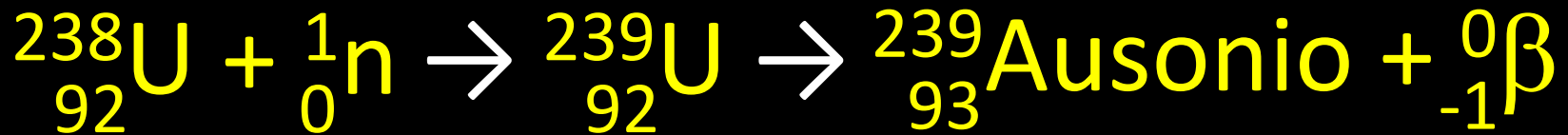


Per loro questo era evidenza dell'esistenza di nuovi elementi, con massa superiore a quella dell'U, chiamati

TRANSURANICI.

Cosa successe a via Panisperna

Trasmutazioni ipotizzate:



Un neutrone dell'U si trasforma in protone + β^-



Un neutrone dell'Aus si trasforma in protone + β^-

82	2	83	2	84	2	85	2	86	2	87	2	88	2	89	2	90	2	91	2	92	2	93	2	94	2	95	2
Pb	82	Bi	83	Po	84	At	85	Rn	86	Fr	87	Ra	88	Ac	89	Th	90	Pa	91	U	92	Np	93	Pu	94	Am	95
Piombo	207,2	Bismuto	208,98...	Polonio	(209)	Astato	(210)	Radon	(222)	Francio	(223)	Radio	(226)	Attinio	(227)	Torio	232,03...	Protattinio	231,03...	Uranio	238,02...	Nettunio	(237)	Plutonio	(244)	Americio	(243)

In realtà loro realizzarono la prima fissione dell'U, ma non la scoprirono.

Cosa successe a via Panisperna

Per fortuna si fermarono troppo presto...

Scrive Ida Noddack (*Zeitschrift für Angew. Chemie*, 47, 653, 1934)

*"This method of proof is not valid. Fermi [...] thought a series of consecutive decays was possible (with emission of electrons, protons, and helium nuclei), which eventually formed the radioelement with the 13 minute half life. It is not clear why he [...] chose to stop at lead. The old view that the radioactive elements form a continuous series which ends at lead or thallium (81) is just what the previously mentioned experiments of Curie and Joliot had disproved. [...] One could assume equally well that when neutrons are used to produce nuclear disintegrations, some distinctly new nuclear reactions take place which have not been observed previously with proton or alpha-particle bombardment of atomic nuclei. In the past one has found that transmutations of nuclei only take place with the emission of electrons, protons, or helium nuclei, so that the heavy elements change their mass only a small amount to produce near neighboring elements. **When heavy nuclei are bombarded by neutrons, it is conceivable that the nucleus breaks up into several large fragments, which would of course be isotopes of known elements but would not be neighbors of the irradiated element.**"*



L'innovativo lavoro di Fermi era considerato già vecchio...

Cosa successe a via Panisperna

Per fortuna si fermarono troppo presto...

$^{239}_{94}\text{Pu}$

$^{235}_{92}\text{U}$

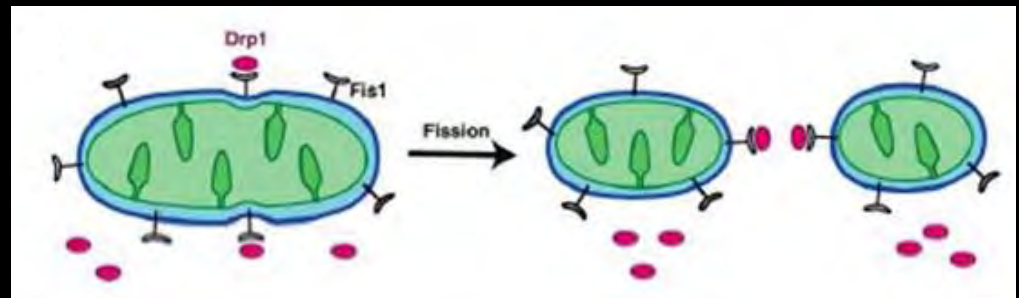


Tutto il mondo replicò i risultati di Fermi. Tutti giunsero alle stesse conclusioni.

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 capiscono il principio fisico della **fissione nucleare**.

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



On the Existence of Alkaline Earth Metals Resulting from Neutron Irradiation of Uranium
Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans
mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle¹.

Von O. HAHN und F. STRASSMANN, Berlin-Dahlem.

In einer vor kurzem an dieser Stelle erschienenen vorläufigen Mitteilung² wurde angegeben, daß bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen außer den von MEITNER, HAHN und STRASSMANN im einzelnen

Glieder beschrieben werden. Aus dem Aktivitätsverlauf der einzelnen Isotope ergibt sich ihre Halbwertszeit und lassen sich die daraus entstehenden Folgeprodukte ermitteln. Die letzteren werden in dieser

No. 3615. FEB. 11, 1939

NATURE

239

Letters to the Editor

The Editor does not hold himself responsible for opinions expressed by his correspondents. He cannot undertake to return, or to correspond with the writers of, rejected manuscripts intended for this or any other part of NATURE. No notice is taken of anonymous communications.

NOTES ON POINTS IN SOME OF THIS WEEK'S LETTERS APPEAR ON P. 247.

CORRESPONDENTS ARE INVITED TO ATTACH SIMILAR SUMMARIES TO THEIR COMMUNICATIONS.

Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction

ON bombarding uranium with neutrons, Fermi and collaborators¹ found that at least four radioactive substances were produced, to two of which atomic numbers larger than 92 were ascribed. Further investigations² demonstrated the existence of at least nine radioactive periods, six of which were assigned

LISE MEITNER.

Physical Institute,
Academy of Sciences,
Stockholm.

that the surface tension of a charged droplet is diminished by its charge, and a rough estimate shows that the surface tension of nuclei, decreasing with increasing nuclear charge, may become zero for atomic numbers of the order of 100.

It seems therefore possible that the uranium nucleus has only small stability of form, and may, after neutron capture, divide itself into two nuclei

O. R. FRISCH.

Institute of Theoretical Physics,
University,
Copenhagen.
Jan. 16.

276

Supplement to NATURE of February 18, 1939

Physical Evidence for the Division of Heavy Nuclei under Neutron Bombardment

FROM chemical evidence, Hahn and Strassmann¹ conclude that radioactive barium nuclei (atomic number $Z = 56$) are produced when uranium ($Z = 92$)

by neutron bombardment² should be ascribed to light elements. It should be remembered that no enhancement by paraffin has been found for the activities produced in thorium³ (except for one which is isotopic with thorium and is almost certainly produced by simple capture of the neutron).



Michele Lustrino – Fermi e la fissione dell'U. Aula 1, Dip. Scienze della Terra, 14-12-18



Artificial radioactivity produced by neutron bombardment

Nobel Lecture, December 12, 1938

[...]

Both elements show a rather strong, induced activity when bombarded with neutrons; and in both cases the decay curve of the induced activity shows that several active bodies with different mean lives are produced. We attempted, since the spring of 1934, to isolate chemically the carriers of these activities, with the result that the carriers of some of the activities of uranium are neither isotopes of uranium itself, nor of the elements lighter than uranium down to the atomic number 86. We concluded that the carriers were one or more elements of atomic number larger than 92 ; we, in Rome, use to call the elements 93 and 94 Aussenium and Hesperium respectively. It is known that O. Hahn and L. Meitner have investigated very carefully and extensively the decay products of irradiated uranium, and were able to trace among them elements up to the atomic number 96^{*}

Aggiunta posteriore all'invio del discorso di Fermi all'Accademia di Scienze di Stoccolma

* The discovery by Hahn and Strassmann of barium among the disintegration products of bombarded uranium, as a consequence of a process in which uranium splits into two approximately equal parts, makes it necessary to reexamine all the problems of the transuranic elements, as many of them might be found to be products of a splitting of uranium.

Artificial radioactivity produced by neutron bombardment

Nobel Lecture, December 12, 1938

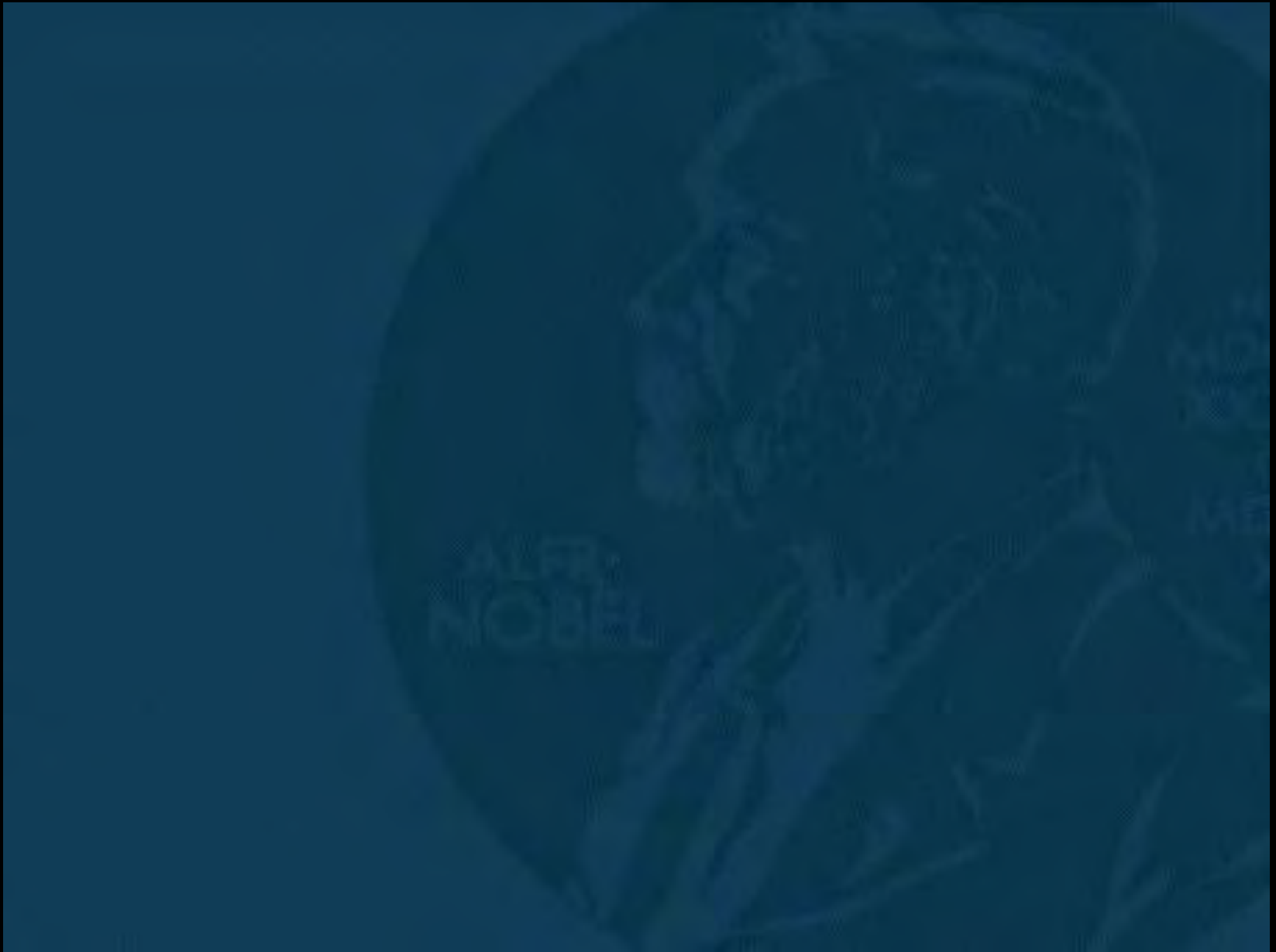
[...]

The Nobel Prize in Physics 1938 was awarded to Enrico Fermi "for his demonstrations of the existence of new radioactive elements produced by neutron irradiation, and for his related discovery of nuclear reactions brought about by slow neutrons."

and extensively the decay products of irradiated uranium, and were able to trace among them elements up to the atomic number 96^{*}

Aggiunta posteriore all'invio del discorso di Fermi all'Accademia di Scienze di Stoccolma

* The discovery by Hahn and Strassmann of barium among the disintegration products of bombarded uranium, as a consequence of a process in which uranium splits into two approximately equal parts, makes it necessary to reexamine all the problems of the transuranic elements, as many of them might be found to be products of a splitting of uranium.



Si può quindi dire che Fermi scoprì la fissione dell'U a sua insaputa.



Claudio Scajola
Ministro dell'Interno
2010



Gianfranco Fini
Alleanza Nazionale
2010



Umberto Bossi
Lega Lombarda
2012



Francesco Rutelli
Segretario La Margherita
2012



Josefa Idem
Ministro dello Sport
2013



Giulio Tremonti
Ministro dell'Economia
2013

WIKIPEDIA
L'enciclopedia libera

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Virginia Elena Raggi (*Montagna del Sapone*, 18 luglio 1978) è una politica italiana, che ricopre, dal 22 giugno 2016, la carica di sindaco di Roma, ma a sua insaputa.

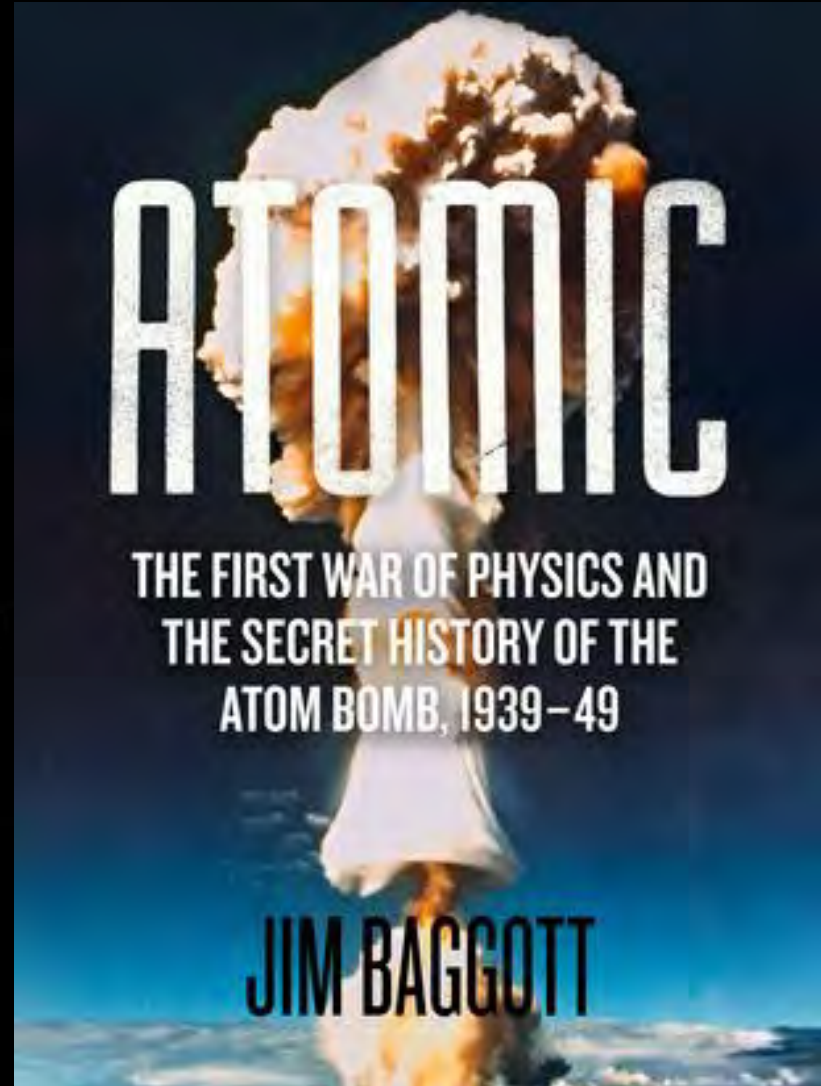
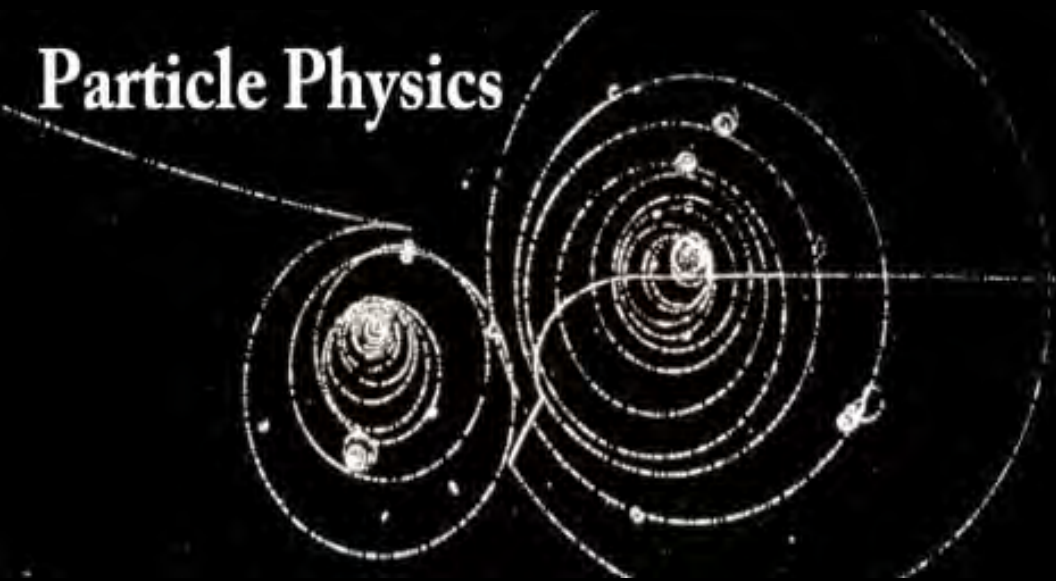
Indice [nascondi]
1 Biografia
1.1 Carriera politica
1.2 Polemiche politiche
2 Note
3 Altri progetti

Biografia

Virginia Raggi

Solo nel 1939 furono pubblicati oltre 440 articoli sulla fissione dell'U (circa 40 al mese).

Una nuova disciplina era nata:
la Fisica delle particelle.



1932 = J. Chadwick scopre i neutroni.

1933 = Sale al potere in Germania Adolf Hitler.

1934 = I coniugi Joliot-Curie creano la radioattività artificiale.

1934 = Fermi usa i neutroni lenti per bombardare gli atomi di U. È sicuro di avere creato due nuovi elementi.

1934 = Ida Noddack mette in dubbio le interpretazioni del gruppo di Fermi.

1935 = Mussolini dichiara guerra all'Etiopia.

1938 = Hahn e Strassmann individuano la comparsa di Ba dopo il bombardamento dell'U con i neutroni.

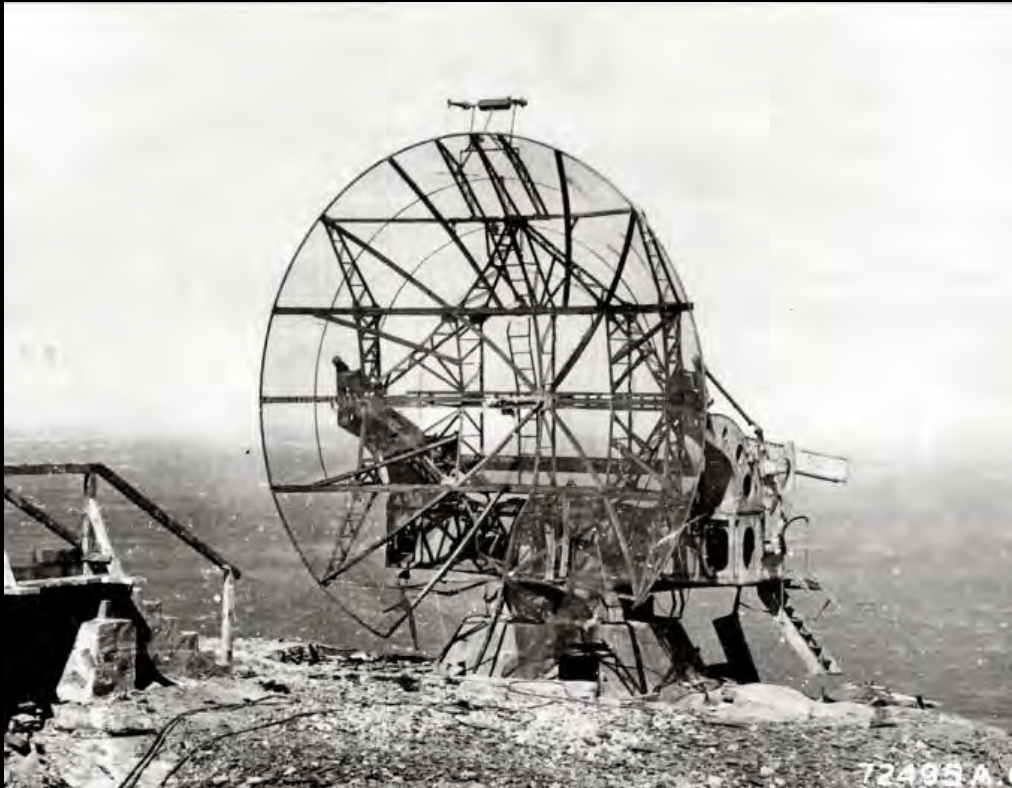
1938 = Leggi razziali. Fermi vince il premio Nobel per le sue ricerche e da Stoccolma emigra negli USA.

1939 = Hitler invade la Polonia. Meitner e Frisch individuano il processo di fissione dell'U.

1939 = Scoppia la prima guerra mondiale. Hitler blocca l'esportazione di U negli USA.

Nel marzo del 1939 Fermi e il fisico danese Niels Bohr si rendono conto del potenziale bellico della scissione dell'U bombardato con neutroni.

Gli USA però hanno altre priorità.
Nel 1939 coniano l'acronimo RADAR



Alla fine del 1941 gli USA entrano in guerra.

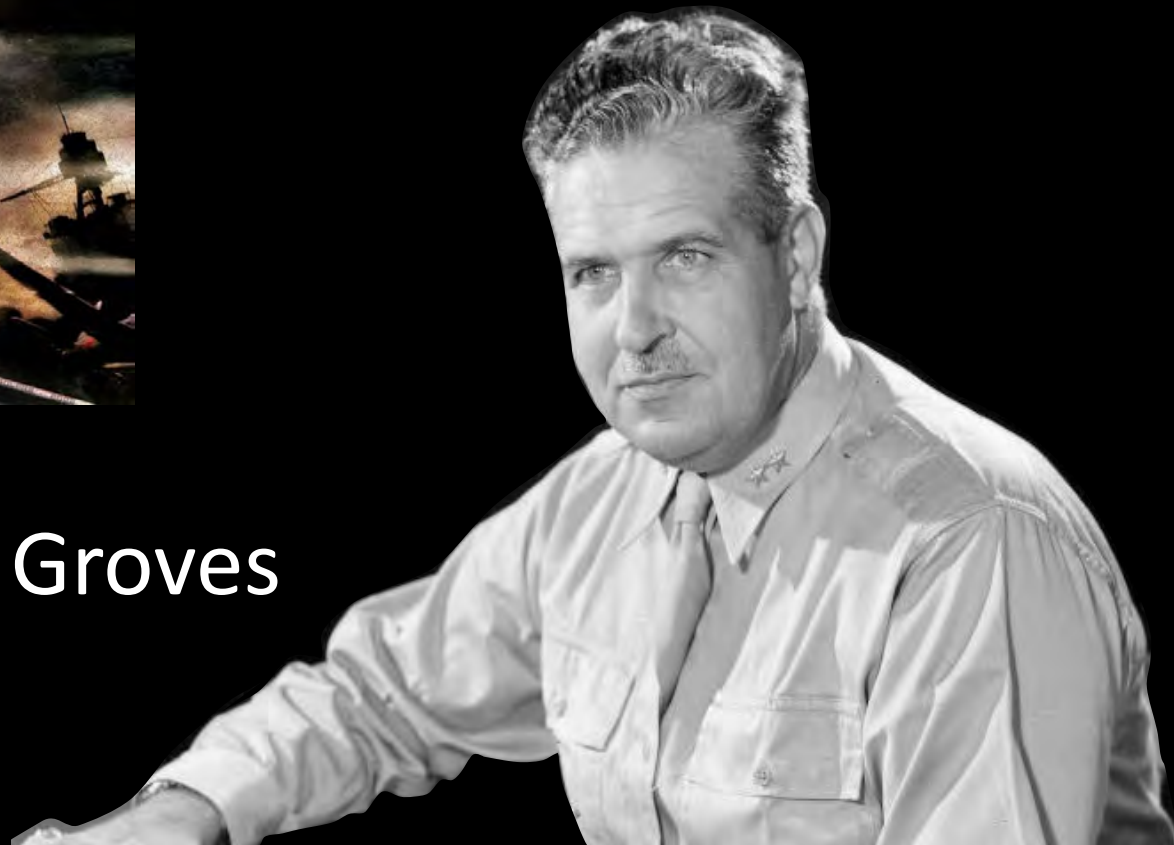
Il presidente Roosevelt dà massima priorità al progetto di ricerca nucleare sull'U.

2 GUS\$ >200.000 persone

Manhattan Project



Generale Leslie Groves



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



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



Sito W
Hanford

Separazione del ^{239}Pu
Agosto 1943
145mila lavoratori



Sito Y
Los Alamos

Costruzione delle
bombe atomiche
Marzo 1943
7mila lavoratori

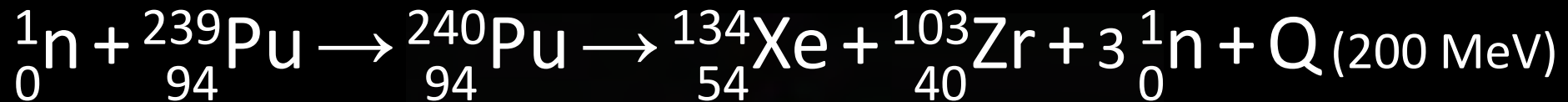
Sito X
Oak Ridge

Separazione dell' ^{235}U dall' ^{238}U
Febbraio 1943
75mila lavoratori

Nel 1942 Hitler è vicino alla vittoria finale.

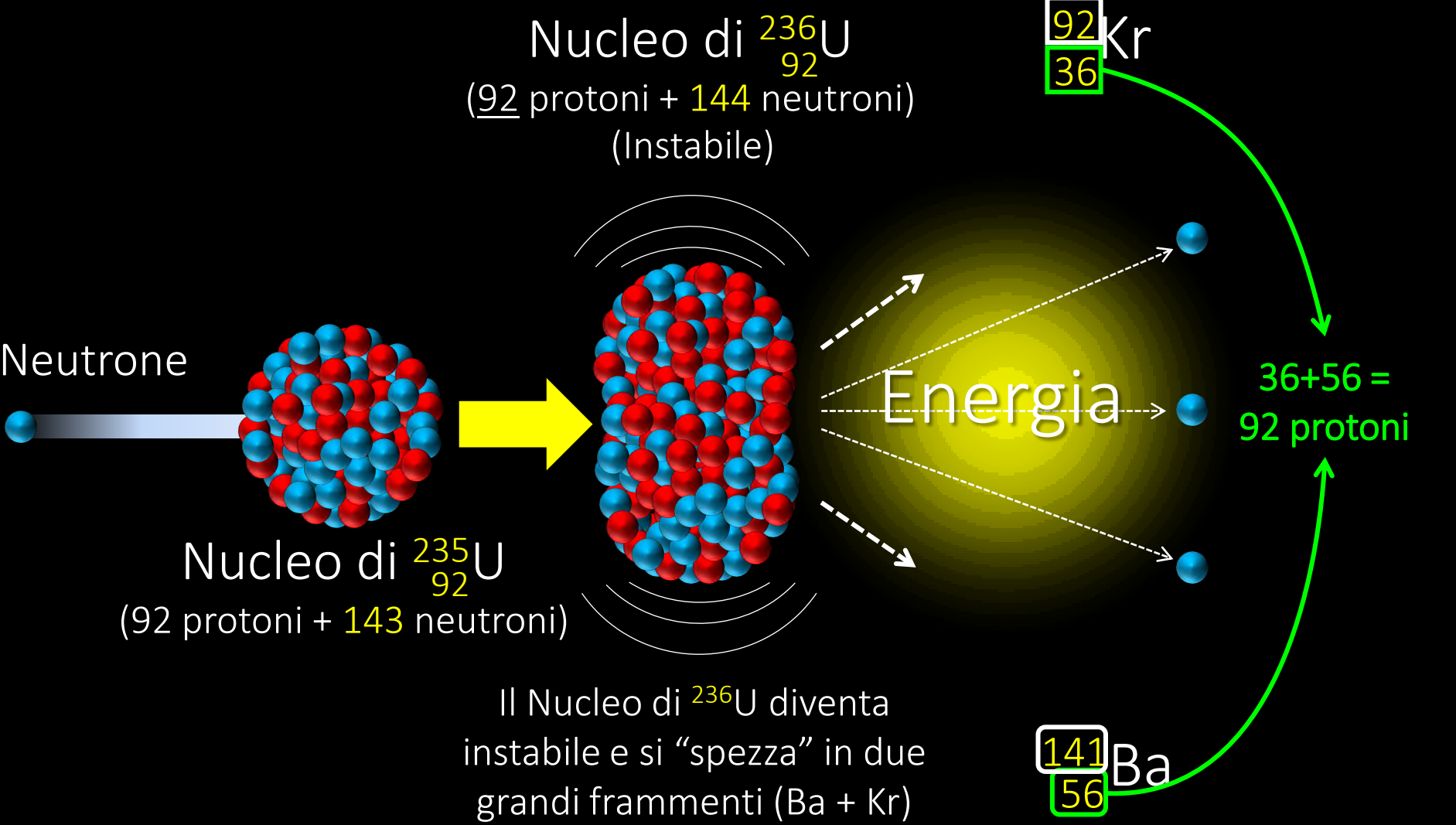
Il 16 luglio del 1945, dopo la resa della Germania, avviene il primo esperimento con esplosione di una bomba nucleare ad Alamogordo (New Mexico).

6 e 9 agosto 1945 Hiroshima e Nagasaki



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

$92 + 141 = 233$ nucleoni

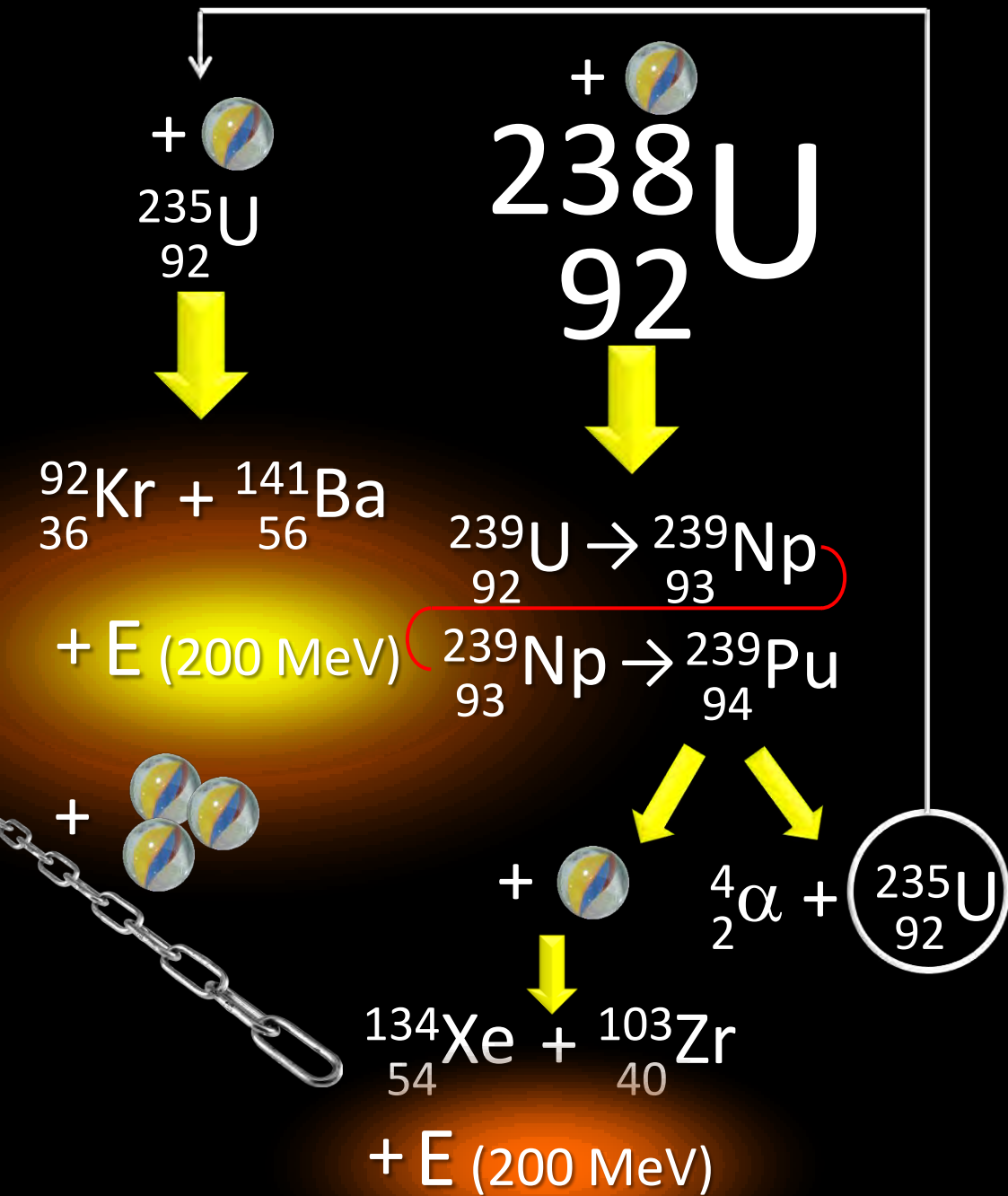


Con tanti isotopi di ^{235}U \rightarrow **Reazione a Catena.**

In 1000 atomi di U: 993 = ^{238}U , 7 = ^{235}U .



Bisogna allora “arricchire” l'U in ^{235}U .



Da dove proviene l'energia associata
alle radiazioni emesse dagli isotopi
radioattivi?

$$E = mc^2$$

Durante la trasformazione una parte della loro
massa (m) viene convertita in energia (E).

La differenza di massa tra l'isotopo radioattivo e i
prodotti del decadimento (altri isotopi di altri
elementi) è piccolissima, ma va moltiplicata per il
quadrato della velocità della luce ($\sim 300.000.000$ m/s).

Da dove proviene l'energia associata
alle radiazioni emesse dagli isotopi
radioattivi?

$$E = mc^2$$

Questa energia viene trasformata in

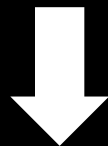
CALORE

aumentando la temperatura (ossia l'energia
cinetica media degli atomi dei corpi).



Il deficit di massa tra l' ${}^{236}\text{U}$ e la somma dei due isotopi ${}^{141}\text{Ba}$ e ${}^{92}\text{Kr}$ è circa il **20% della massa del protone.**

Come si calcola l'energia liberata dalla fissione di un singolo atomo di ${}^{235}\text{U}$?

$$E = mc^2 = \underbrace{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}_{\text{Massa del protone}} * \underbrace{(300 \cdot 10^6 \text{ m/s})^2}_{\text{Velocità della luce}} = 1,50 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$


Il 20% di 940 MeV = 188 MeV
 La fissione di ogni atomo di ${}^{235}\text{U}$ genera ~200 MeV

= 940 MeV
Energia del protone

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).
- Nel 1934 a Roma si usano i neutroni per bombardare i nuclei. Si scopre l'effetto delle sostanze idrogenate.
- Ipotizzata scoperta dei primi transuranici.
- 1938 scoperta della fissione dell'U.
- 1938 premio Nobel a Fermi per scoperta transuranici.
- 1939 scoppia la II Guerra Mondiale.
- 1942 Fermi accende il primo reattore nucleare.
- 1944 gli USA accendono il primo reattore a scopi bellici per produrre Pu.
- 1945 Vengono costruiti i più importanti strumenti di pace.

ENRICO FERMI
PHYSICIST
1901 — 1954

**Se il risultato è conforme all'ipotesi hai appena fatto una misura.
Se il risultato è contrario all'ipotesi allora hai fatto una scoperta.**

Enrico Fermi

Raffaello Cortina Editore

Gino Segrè Bettina Hoerlin Il Papa della fisica

Enrico Fermi
e la nascita dell'era atomica



SCIENZA
E IDEE

Collana diretta
da Giulio Giorello

