

# SORGENTI DI RADIAZIONE (da laboratorio)

ORIGINE	processi atomici
	processi nucleari
	produzione agli acceleratori

## 4 CATEGORIE GENERALI

particelle cariche	Elettroni veloci	$\beta^-$	$\beta^+$			
	Particelle pesanti cariche $m \geq 1$ a.m.u.			$\alpha$	p	N
particelle neutre	Radiazione elettromagnetica				X	$\gamma$
	Neutroni	lenti	veloci			

## REGIONE D'ENERGIA D'INTERESSE

10 eV – 20 MeV	
en. di ionizzazione	applicazioni varie

## PREPARAZIONE DELLE SORGENTI

Rad. dure o molli?	$\alpha$	X	$\mu\text{m}$
Diversa abilità di penetrare spessori di materiale	$\beta$		0.1 mm
Autoassorbimento	$\gamma$		mm
	n		cm


# UNITÀ E DEFINIZIONI

## RADIOATTIVITÀ

Attività

Tasso di decadimento

costante di decadimento


$$\left. \frac{dN}{dt} \right|_{\text{decad.}} = -\lambda N$$

Unità di misura

Curie (Ci)

Attività di 1 g di  $^{226}\text{Ra}$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Becquerel (Bq)

1 disintegrazione / s

$$1 \text{ Bq} = 2.703 \times 10^{-11} \text{ Ci}$$

ATTENZIONE

$$\frac{dN}{dt} \neq \left. \frac{dN}{dt} \right|_{\text{decad.}}$$

Attività  $\neq$

tasso di emissione

di una ben specifica radiazione

Attività specifica: attività per unità di massa

## ENERGIA

Unità di misura

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ENERGIA DI UN FOTONE ( $E = h\nu$ )

$$\lambda[\text{nm}] = \frac{1240}{E[\text{eV}]}$$

# SORGENTI DI ELETTRONI VELOCI

## DECADIMENTO $\beta^-$

Unica particella ionizzante:  $e^-$

Produzione: attivazione con n

Spesso emissione contemporanea di  $\gamma$  sorgenti pure

Tempi di dimezzamento: molto vari

Spettro continuo con  $E_{\max} = Q$

Forma dello spettro  $\neq$  per decad.  $\beta$  puro e non

## CONVERSIONE INTERNA

Sorgenti di elettroni monocromatici

In competizione con l'emissione di  $\gamma$

Spettro a più righe monocromatiche,  
spesso sovrapposto ad un continuo

## ELETTRONI AUGER

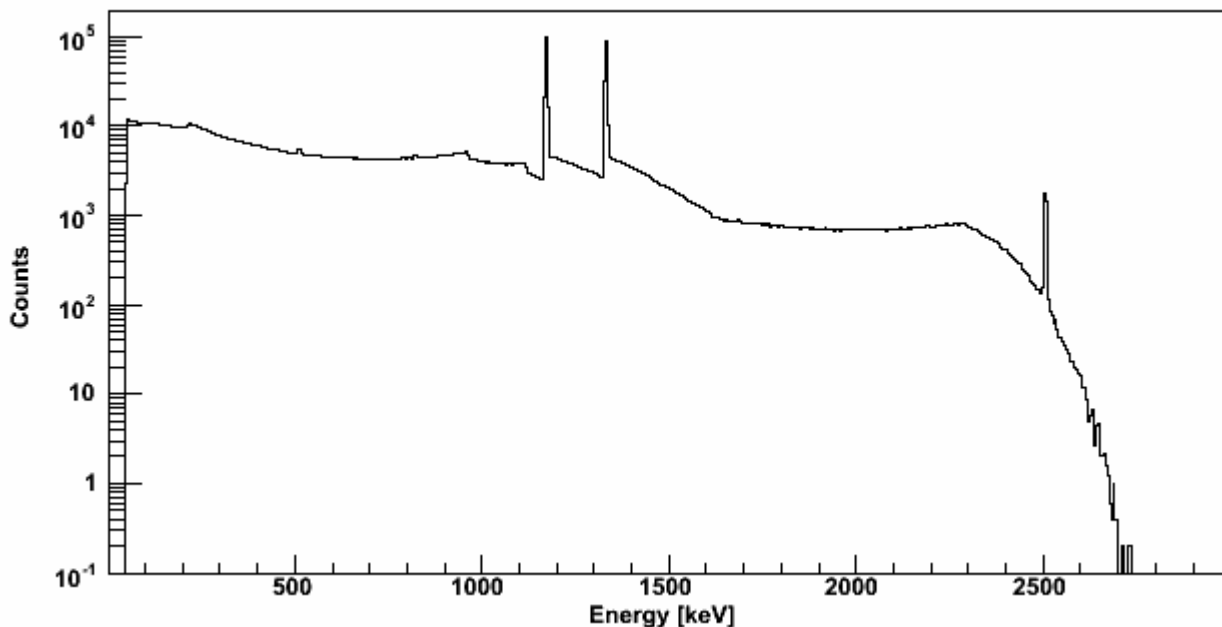
Diseccitazione di un atomo anziché un nucleo

In competizione con l'emissione di X caratteristici

Favorito in atomi a basso Z

Bassa energia, autoassorbimento pronunciato

# Mspe-R5-TeO2-Co60-B2-t50-00



Endpoint  $\beta = 318$  (99.92%) o 1491 (0.06%) o 665 (0.02%) keV  
 Energie  $\gamma = 1173$  (99.98%), 1332 (99.98%), 2505 (somma) keV

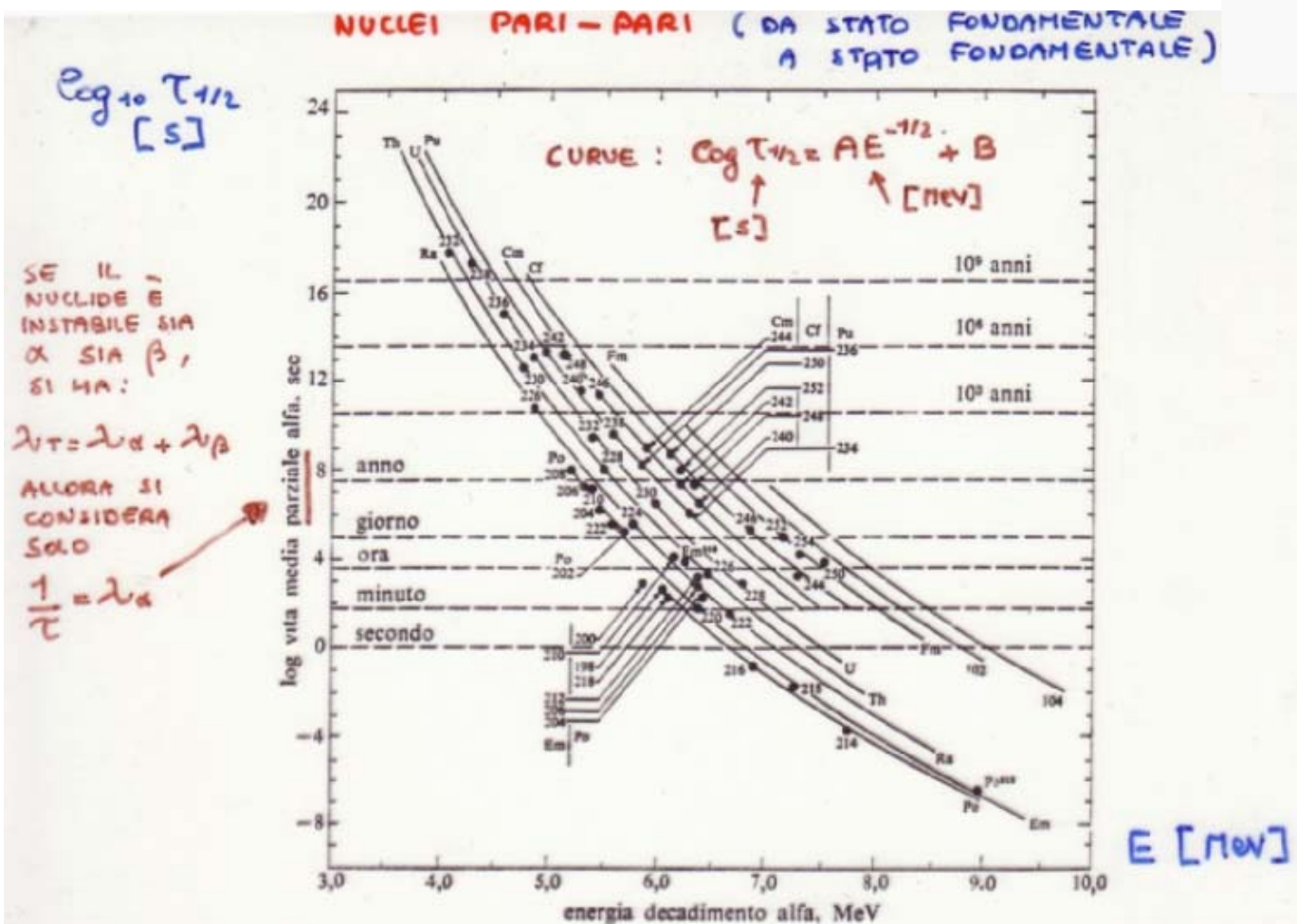


Fig. 7-9 - Energia di decadimento alfa in funzione dell'energia delle alfa per nuclei pari-pari. (in MeV). Valori sperimentali del periodo

# SORGENTI DI PARTICELLE CARICHE PESANTI

## DECADIMENTI ALFA

Emissione spontanea

Energia fissata dalle leggi di conservazione  $Q (A - 4) / A$

Spettro a righe

Autoassorbimento importante

Forte correlazione tra  $E_\alpha$  e vita media del nucleo padre

Sorgenti tipiche: tra 4 e 6 MeV

Sopra i 6.5 MeV vite medie dell' ordine del giorno o meno

Sotto i 4 MeV vite medie lunghe, attività specifiche basse

## FISSIONE SPONTANEA

Nella distorsione del nucleo dalla sua forma quasi sferica, necessaria per la fissione spontanea, occorre superare una barriera di potenziale spesso elevata. Gli unici nuclei naturalmente fissili sono pertanto solo alcuni isotopi transuranici

Spesso in competizione con decadimento alfa

$1 \mu\text{g } ^{252}\text{Cf} = 1.92 \times 10^7 \text{ alfa} + 6.14 \times 10^5 \text{ fissioni spontanee al sec.}$

1 fissione = 2 frammenti quasi “nudi” emessi in direz. opposta  
Uno solo utile

Emissione contemporanea di diversi n veloci

Fissione asimmetrica ( 108 e 143 ), spettro asimmetrico

Autoassorbimento estremamente importante

# SORGENTI GAMMA

## DA DECADIMENTO BETA

Diseccitazione di un nucleo DOPO un dec. radioattivo

Fotone MONOENERGETICO (unica eccezione: Doppler del figlio)

Emissione quasi sempre ISTANTANEA

$t_{1/2}$  data dal PADRE

$E_\gamma = E^* - E$  data dai livelli del FIGLIO

Possibili diversi schemi di diseccitazione

Come sorgenti di cal. fino a 2.8 MeV

Centinaia di kBq, incapsulate in dischi o barrette di plastica

## DA ANNICHILAZIONE

Sempre presente in caso di decadimento  $\beta^+$

2  $\gamma$  da 511 keV emessi “back to back” (se annich. a riposo)

## DA REAZIONI NUCLEARI

Diverse reazioni nucleari (es:  $\alpha$  su  $^9\text{Be}$  o  $^{13}\text{C}$ ) sfruttate per la produzione di n forniscono in realtà anche  $\gamma$  (più o meno monoen.) di alta energia

Alternativa: assorbim. di n termici con emiss. di  $\gamma$  (fino a 9 MeV)

## BREMSSTRAHLUNG

Frenamento di  $e^-$  veloci

% di en convertita in b. cresce al crescere di  $E_e$  e di  $Z_{\text{mat}}$

Spettro continuo, en. media piccola

Sempre presente in caso di decadimento  $\beta^-$

# SORGENTI DI RAGGI X

## RAGGI X CARATTERISTICI

Diseccitazione dopo il riarrangiamento degli  $e^-$  orbitali

Identificano un ben preciso ELEMENTO (non isotopo!)

La serie K arriva fino a  $\sim 100$  keV ( $Z=88$ ), la L a  $\sim 10$  ( $Z=74$ )

In competizione con l'emissione di  $e^-$  Auger

*Fluorescent yield*: % di disecc. attraverso emissione X

L a produzione RELATIVA di fotoni delle varie serie

DIPENDE dal metodo di eccitazione

Autoassorbimento importante

## DA DECADIMENTO RADIOATTIVO

EC

l'atomo figlio risulta avere il giusto n. di  $e^-$  orbitali,  
ma con una vacanza in una delle shell più interne

IC

l' $e^-$  espulso nella diseccitazione del nucleo  
lascia una vacanza in un orbitale interno

Emissione spesso accompagnata da  $\gamma$  e/o bremsstrahlung

Emissione PURA sse EC su stato fondamentale

## DA RADIAZIONE ESTERNA

Ioniz.- eccitaz. di bersaglio con sorgente esterna X,  $e^-$ ,  $\alpha$  ...

$E_i > E_X$  che si vogliono ottenere

Se  $e^-$ , allora brems. (riducibile con finestra per X a  $\sim 120^\circ$ - $180^\circ$  da fascio)

Se  $\gamma$  o X, allora fotoni scatterati (scelta adeguata bersaglio e geom.)

Se emettitore  $\alpha$ , allora X caratt. del figlio

Sorgente di fluorescenza X:      fascio incidente ottenuto con tubo a raggi X o  
con sorgente emettrice di  $\gamma$  a bassa en. o X

## RADIAZIONE DI SINCROTRONE

# SORGENTI DI NEUTRONI

## FISSIONE SPONTANEA

Elementi transuranici

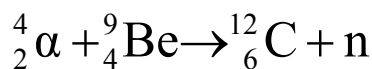
Qualche n per fissione, accompagnato da  $\gamma$  e dai nuclei figli ed i prodotti delle loro attività. Incapsulamento

In competizione con decad. alfa

Spettro caratteristico  $\frac{dN}{dE} = E^{1/2} e^{-E/T}$   $E_{\max}$  : diversi MeV

## REAZIONI ( $\alpha$ , n )

La più comune: MBe, con M attinide  
( $Q = 5.71$  MeV)



1 n ogni  $10^4$   $\alpha$  circa

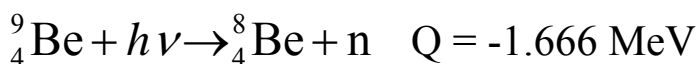
Fondo  $\gamma$  spesso importante

Compromesso fra tempo di dim. e grandezza sorgente

Spettro SIMILE  $\forall$  M, purché sorgente sottile

L'attività della sorgente cala col calare dell' attività  $\alpha$

## FOTOPRODUZIONE DI n



En minima



$$E_n(\theta) \cong \frac{M(E_\gamma + Q)}{m + M} + K(E_\gamma, m, M, Q) \cos \theta$$

Se  $\gamma$  monocromatico  
spettro = picco allargato  
(qualche %)

In realtà spettro degradato da scattering dei neutroni

Necessitano sorgenti  $\gamma$  MOLTO intense e a vita breve