



Scintillatori

Stage Residenziale 2012

Rivelatori a Scintillazione

Passaggio di radiazione attraverso materiale scintillante → eccitazione di atomi e molecole del materiale → emissione di luce → raccolta e trasmessa (direttamente o via una guida di luce) ad un fotomoltiplicatore (PMT) → convertita in una corrente elettrica → analizzata da un sistema elettronico

Caratteristiche salienti di questi rivelatori:

a) Sensibilità all' Energia

al disopra di una certa energia minima, comportamento lineare dello scintillatore rispetto all' energia depositata, i.e. quantità di luce emessa \propto all' energia E che l' ha prodotta. PMT lineare → ampiezza del segnale elettrico di uscita $\propto E$ → strumento adatto per fare spettrometria

Rivelatori a Scintillazione

b) Risposta veloce

tempi di risposta e recupero sono brevi rispetto a quelli tipici di altri rivelatori → strumento adatto per ottenere info temporali (timing); alta velocità di risposta → piccolo tempo morto → sopporta alta rate

c) Discriminazione di forma

in certi scintillatori particelle di diversa natura producono impulsi di luce di forma diversa: eccitazione di meccanismi di fluorescenza diversi per particelle di differente potere ionizzante

Scintillatori

Materiali che esibiscono la proprietà della **luminescenza**:
quando esposti a certe forme d'energia (radiazione, calore, ...) **assorbono e riemettono energia in forma di luce visibile**

- riemissione immediata (entro 10 ns) → **fluorescenza**
- riemissione ritardata ($\sim \mu\text{s} \div \sim \text{ora}$) → **fosforescenza**

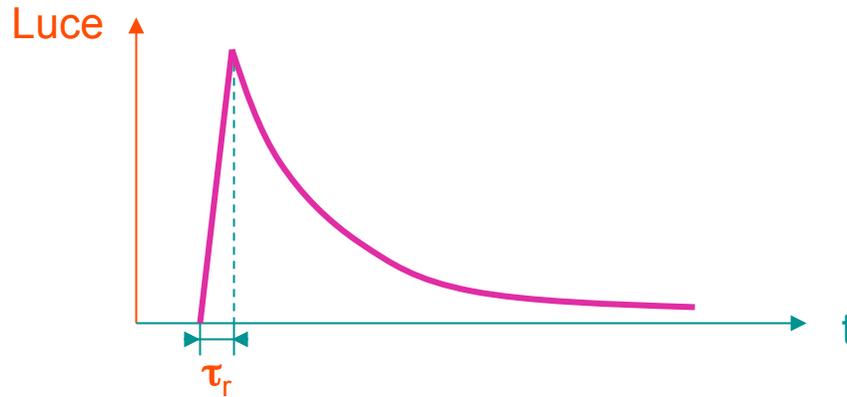
Andamento temporale del processo di **riemissione**:

$$N(t) = \frac{N_0}{\tau_d} e^{-t/\tau_d}$$

n. totale di fotoni emessi

costante di decadimento

Scintillatori



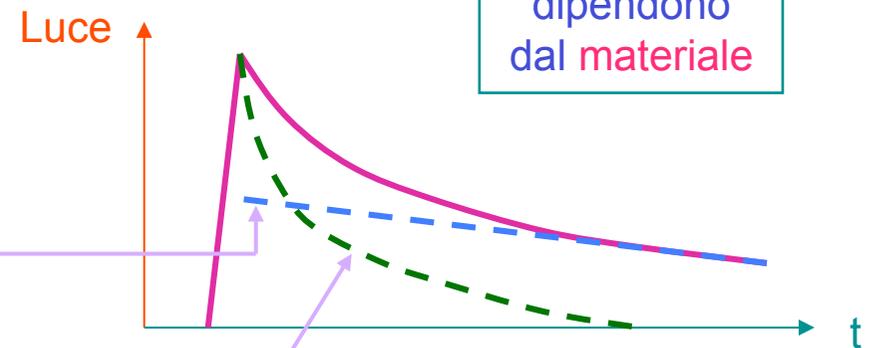
N.B. – tempo di salita $\tau_r \ll \tau_d$

In molti casi il comportamento è più complesso:

$$N(t) = A e^{-t/\tau_f} + B e^{-t/\tau_s}$$

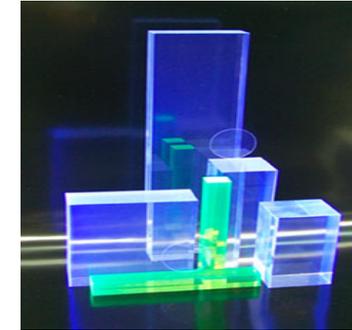
fast

slow



N.B. – A e B dipendono dal materiale

Scintillatori



Requisiti di un **buono** scintillatore:

- ✓ alta efficienza per la conversione **Energia** → **Luce**
- ✓ **trasparenza** alla sua luce di fluorescenza
- ✓ emissione luminosa in **regione di frequenza sovrapposta** a quella di sensibilità del **PMT**
- ✓ **piccolo** τ_d

Tipi di scintillatori:

- ❖ cristalli organici ($C_{14}H_{10}$, $C_{14}H_{12}$, $C_{10}H_8$)
- ❖ liquidi e plastici organici ($C_{18}H_{14}$, $C_{24}H_{16}N_2O_2$)
- ❖ cristalli inorganici (NaI, CsI, BGO, BaF_2)
- ❖ miscele gassose (90% 3He + 10% Xe)
- ❖ vetri (silicati di Li e B)

Scintillatori Organici

composti di idrocarburi aromatici contenenti strutture ad anello benzenico condensate

Caratteristica essenziale: piccolo τ_d (< qualche ns)

Meccanismo di scintillazione: eccitazione di livelli molecolari in un materiale fluorescente primario che diseccitandosi emette luce UV.

Luce UV è facilmente assorbita nella maggior parte dei materiali organici → aggiunta di secondo materiale fluorescente in cui questa luce è convertita in luce visibile: wavelength shifter, i.e. materiale con spettro di assorbimento compatibile con quello di emissione del primario e spettro di emissione adattato alla risposta spettrale del PMT

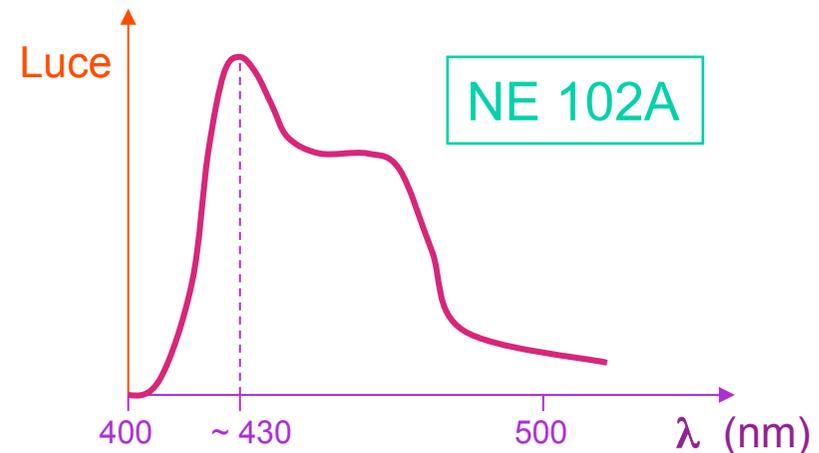
Scintillatori Organici

Particolarmente usati sono i **plastici**:

- $\tau_d = 2 \div 3$ ns
- grande quantità di luce

- Inoltre:
- facilmente sagomabili (film sottili, fogli, blocchi, cilindri)
 - resistenti all'acqua pura e a colle al silicio
 - basso costo

N.B. – basso Z → adatti per rivelazione di e^-



Svantaggi: facilmente attaccati da solventi organici (**acetone**)

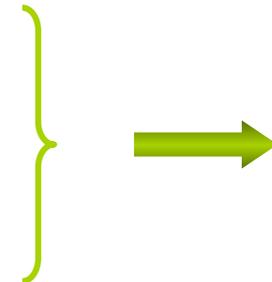
Scintillatori Inorganici

cristalli ionici dopati con centri attivatori (centri di colore)



Particella ionizzante → produzione di:

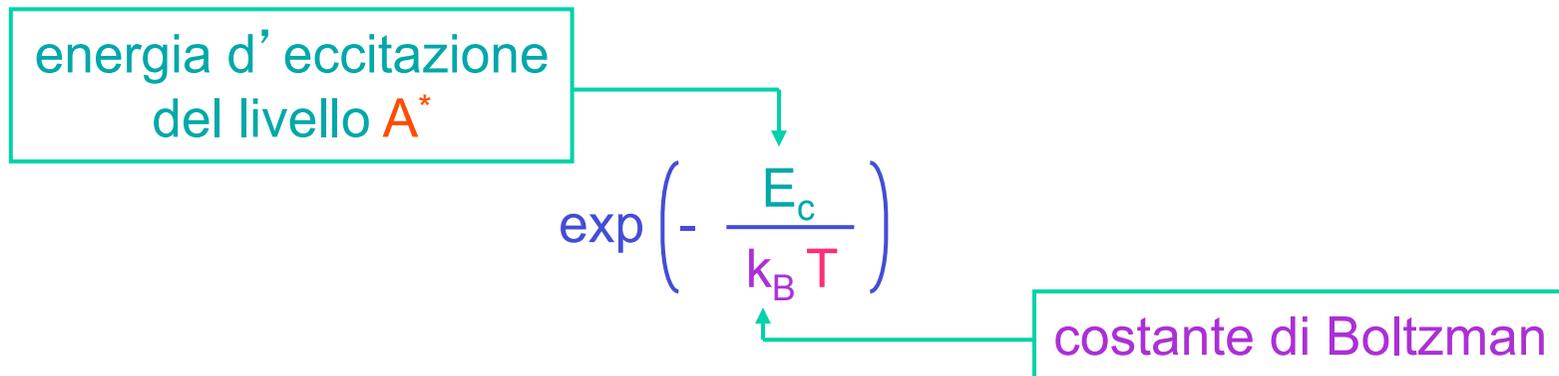
- elettroni liberi (●)
- lacune libere (○)
- coppie elettrone-lacuna = eccitoni (○--●)



Scintillatori Inorganici

portatori di carica in moto attraverso il reticolo fino a che incontrano centro attivatore A → trasformazione in **centro attivatore eccitato A^*** che in seguito si ritrasforma in A con **emissione di luce**

tempo di decadimento della **luce di scintillazione** è dato da quello della transizione $A^* \rightarrow A$ e dipende dalla **temperatura** secondo la legge:

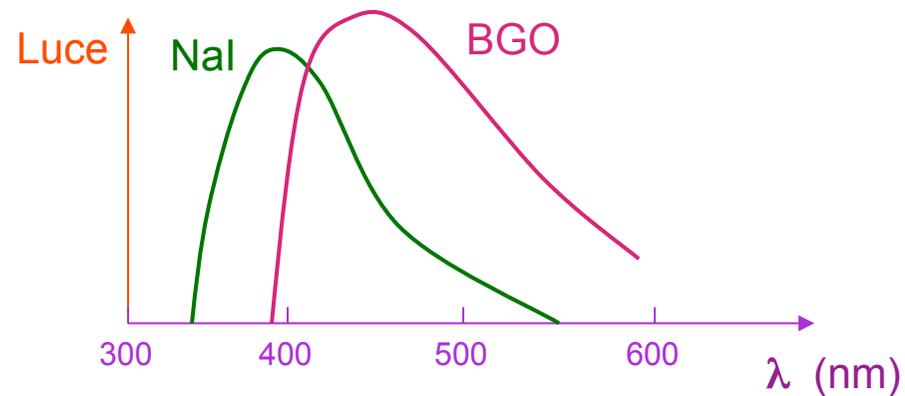


Luce » di quella emessa negli scintillatori organici → < fluttuazioni statistiche nel n. di fotoni emessi → **migliore risoluzione energetica**

Scintillatori Inorganici

Uso più frequente come rivelatore di raggi X, γ e e^\pm di alta energia

Risposta di luce:



Risposta **più lenta** di quella degli organici (NaI: $\tau_d = 250$ ns)

Svantaggio: igroscopicità → necessità di contenitore protettivo

Scintillatore inorganico più utilizzato: NaI dopato con Tallio (TI)