



Dosimetria ESR per applicazioni in campo medico e industriale

Dott. Maurizio Marrale

Università degli Studi di Palermo
Dipartimento di Fisica e Tecnologie Relative

Radiazioni ionizzanti (R.I.)

Ogni radiazione, interagendo con la materia, **cede energia** alla struttura atomica/molecolare del materiale attraversato.

Se l'energia ceduta è sufficiente
(**radiazioni ionizzanti: $E \geq 100 \text{ eV}$**),
si verificano nel materiale effetti distruttivi
(frammentazioni, rotture di legami, ionizzazione,...).

Radiazioni ionizzanti:

- **elettromagnetiche** ($m=0, E=h\nu$) → raggi X e γ

- **corpuscolari** ($m>0, E=\frac{1}{2}mv$) → particelle $\alpha, \beta, p, n, \dots$

Particelle cariche: α, β, p

→ ionizzazione diretta degli atomi del mezzo

Particelle neutre: n, X, γ

→ ionizzazione indiretta tramite produzione di particelle cariche secondarie

Interazione di particelle cariche

- Tutte le particelle **cariche** (e^{\pm} , p , α , nuclei) interagiscono principalmente a causa delle **interazioni coulombiane** con gli elettroni del mezzo attraversato, perdendo rapidamente la loro energia cinetica.
- La perdita di energia della particella carica si manifesta principalmente sotto forma di **ionizzazione** ed **eccitazione** del mezzo materiale attraversato.
- L'energia cinetica ceduta dalla particella è praticamente tutta assorbita dal mezzo a una distanza caratteristica, che dipende dalle caratteristiche della **particella incidente** e del **mezzo attraversato**.

Interazione di particelle neutre

Al contrario delle particelle cariche, neutroni e fotoni possono essere assorbiti completamente in un'unica collisione (il neutrone da un nucleo, il fotone da un elettrone atomico o da un nucleo).

Al contrario delle particelle cariche, non esistono distanze che fotoni o neutroni non possano attraversare.

L'assorbimento di neutroni e fotoni nella materia – e quindi l'attenuazione di un fascio - ha un comportamento **probabilistico**.

Neutroni:

- Cattura neutronica
- Urti elastici
- Urti anelastici

Fotoni:

- Effetto fotoelettrico
- Effetto Compton
- Produzione di coppie

Applicazioni mediche delle R.I.

➤ Applicazioni diagnostiche

- Radiografia
- Tomografia computerizzata (CT)
- PET
- SPET

➤ Applicazioni terapeutiche

- Cobaltoterapia ^{60}Co γ (1.3 MeV)
- fasci di elettroni
- fasci gamma da acceleratore
- Adroterapia
 - Protoni
 - Neutroni (neutron capture therapy NCT)
 - Ioni pesanti

Applicazioni industriali delle R.I.

- Produzione di energia elettronucleare (centrali nucleari)
- Controlli non distruttivi delle strutture di materiali meccanici e delle saldature
- Sterilizzazione di prodotti medici (siringhe, guanti, etc)
- Misure di spessore di un dato materiale (tramite misure di trasmissione della radiazione beta o gamma)
- Misure di umidità e di densità del terreno (tramite neutroni e raggi gamma)
- Sterilizzazione e conservazione di alimenti
- Impiego degli acceleratori di particelle per indurre specifiche trasformazioni dei materiali irradiati

Dosimetria

La dosimetria è quella disciplina che mira a quantificare la quantità di energia rilasciata dalle radiazioni ionizzanti nell'attraversare un mezzo.

Dose = energia assorbita per unità di massa

$$D = \Delta E / \Delta m$$

Unità di misura:

SI → Gray = J/kg

La misura della dose viene realizzata attraverso una quantificazione degli effetti (fisici, chimici, biologici) prodotti dalle R.I.

In particolare, la dosimetria ESR fornisce una misura di dose attraverso la rivelazione della concentrazione di centri paramagnetici prodotti in seguito ad irraggiamento

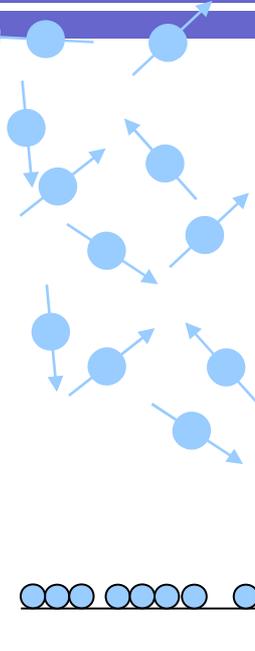
Il fenomeno della risonanza di spin elettronico (ESR)

$B=0$

$B \neq 0$

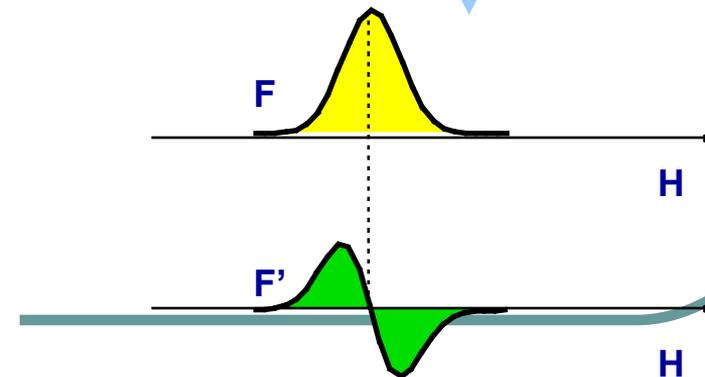
Gli spin sono orientati in modo casuale

Quantisticamente i due stati di spin sono indistinguibili



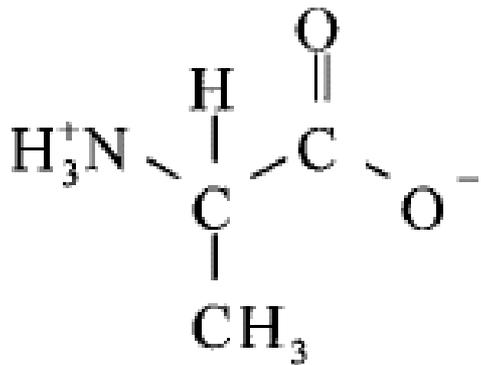
$$h\nu = g\beta B$$

Il fenomeno della risonanza di spin elettronico (ESR) si verifica in presenza di un campo magnetico statico che produce una separazione dei livelli energetici degli spin e di un campo magnetico oscillante alle microonde che induce transizioni tra i vari livelli energetici.



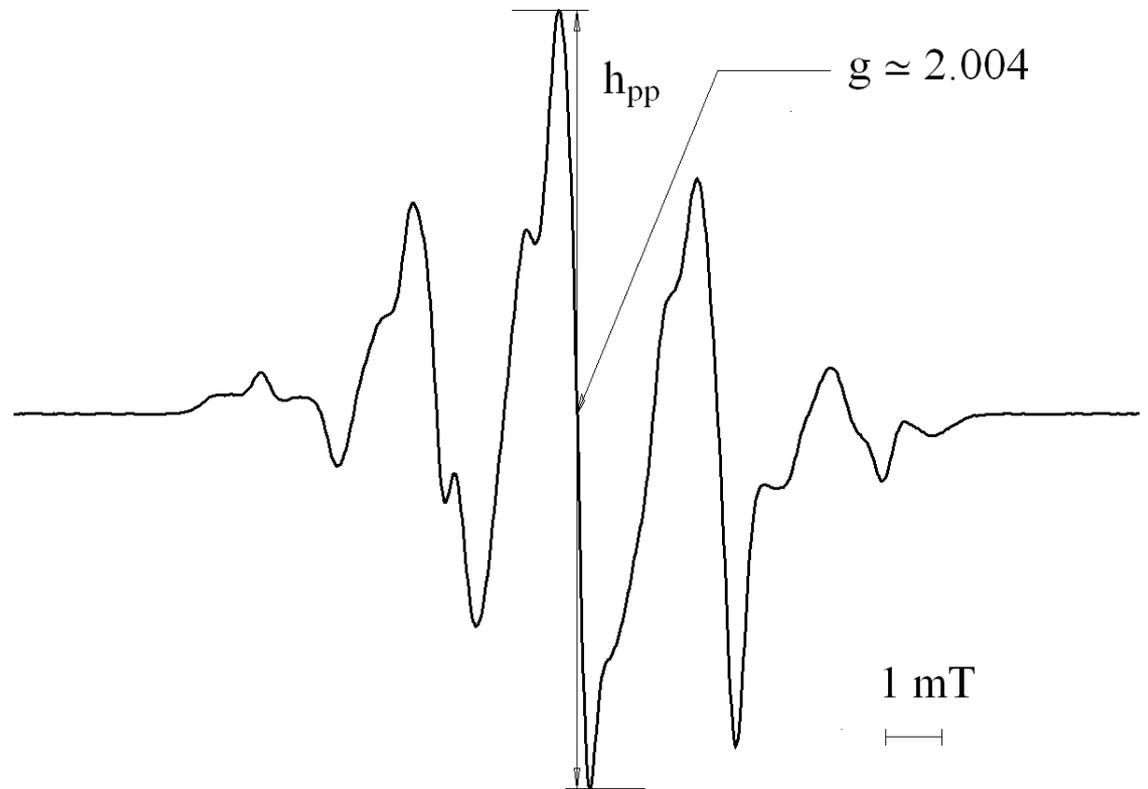
Alanina: dosimetro ESR standard

STRUTTURA DELLA MOLECOLA



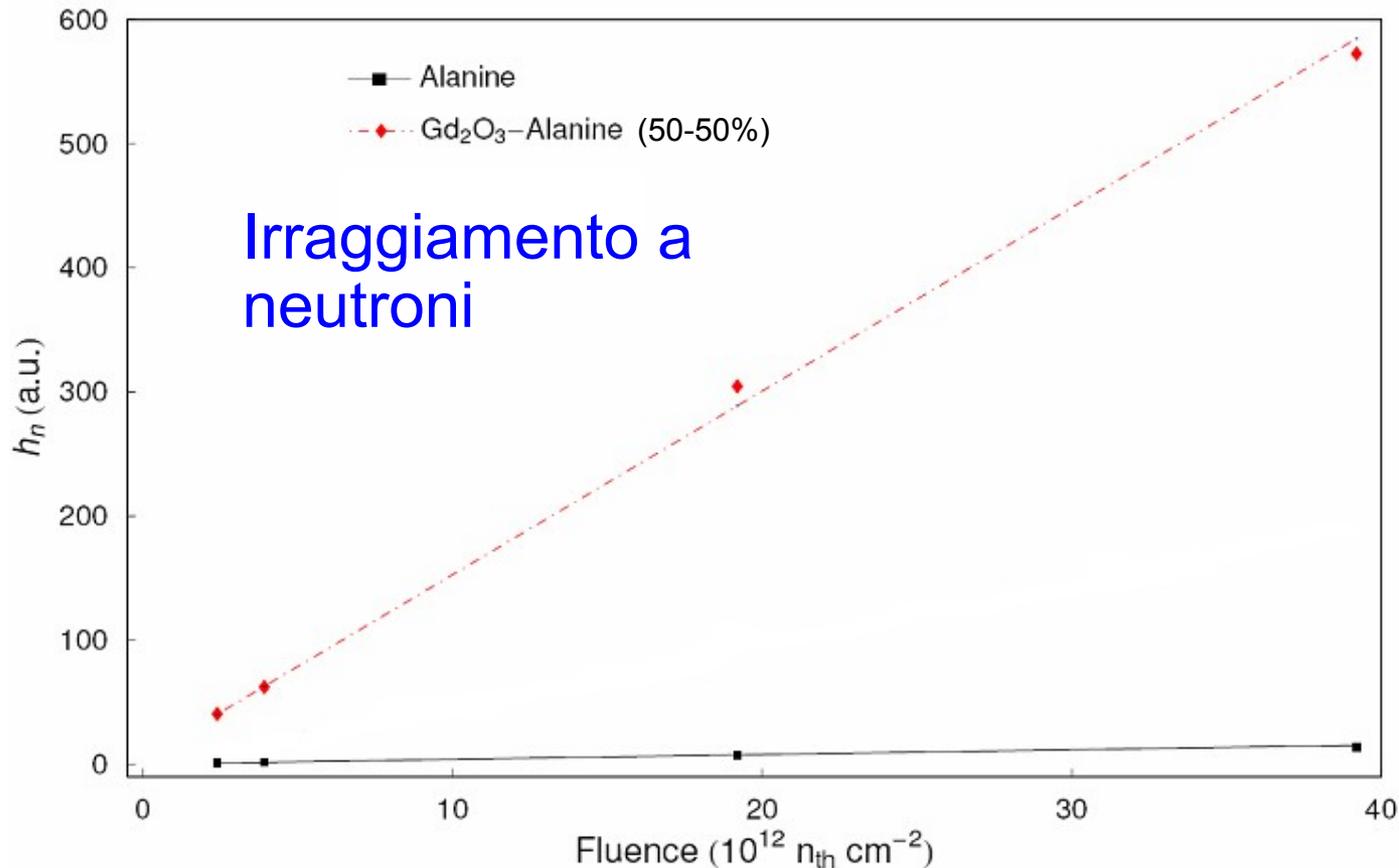
β-α-Alanine

SPETTRO ESR



ATTIVITÀ DI RICERCA

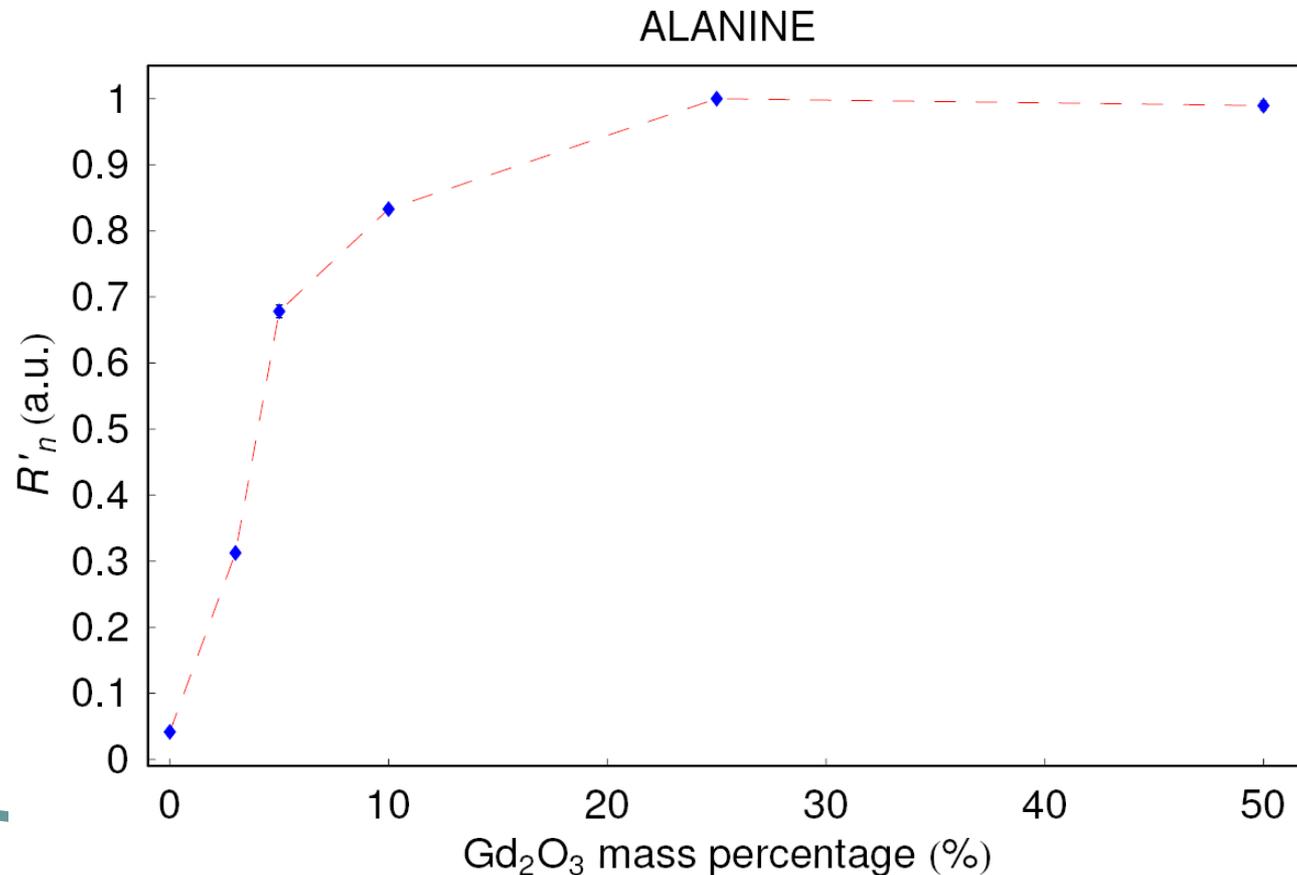
- Studio della sensibilità di dosimetri ESR con vari additivi e irradiati con vari fasci di radiazione



L'aggiunta del gadolinio aumenta la sensibilità ai neutroni termici di un fattore 30.

ATTIVITÀ DI RICERCA

- Studio della risposta ESR al variare della concentrazione dei vari additivi



ATTIVITÀ DI RICERCA

- Simulazione Monte Carlo e confronto dei valori computazionali con i risultati sperimentali.

