Teoria del trasporto e dispersione

Ing. G. Bertucelli - (file scaricato da http://www.extrabyte.info)

Si prenda in considerazione un certo numero di collisioni di dispersione (scattering) di un neutrone con i nuclei di un mezzo moderante la sua velocità: il moderatore. Sia r la distanza percorsa dal ner utrone dal punto iniziale A in cui nasce al punto finale B in cui viene assorbito (fig. 1). Tra una collisione e l'altra il neutrone percorre la distanza s_i.

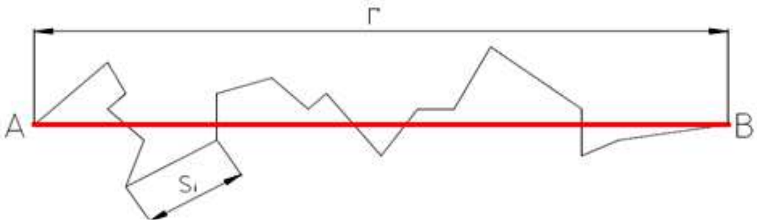

Figura 1: Percorso di un neutrone dal punto A di emissione al punto B di assorbimento.

Si ha dunque:

$$\mathbf{r} = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{s}_i \tag{1}$$

Ci interessa calcolare il valor medio di $|\mathbf{r}|^2$:

$$|\mathbf{r}|^2 = r^2 = \mathbf{r} \cdot g\mathbf{r} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \mathbf{s}_i g \mathbf{s}_j = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{s}_i^2 + \sum_{i \neq j}^{n} s_i s_j \cos \psi_{ij} \tag{2}$$

Ipotizzando che il moderatore sia perfettamente isotropo si ha $\cos \psi_{ij} = 0$ e dunque:

$$M\left(r^2\right) = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{s}_i^2 = \overline{ns^2} \tag{3}$$

Poiché n è in realtà un numero molto grande passeremo a calcolare s^2 nel seguente modo:

$$\overline{s^2} = \int_0^{+\infty} s^2 p'(s)\, ds, \tag{4}$$

dove $p'(s)$ è la probabilità che occorre determinare. Chiamiato λ_s il libero cammino medio di dispersione, la probabilità che ha il neutrone di essere assorbito in un intervallo $\Delta_s < \lambda_s$ è Δ_s/λ_s. Allora la probabilità che ha il neutrone di giungere in $s + ds$ senza essere assorbito, è uguale alla *probabilità composta* = probabilità di essere in s + probabilità di essere assorbito in ds (fig. 2).

Figura 2: Valutazione della probabilità $p'(s)$.

$$
\begin{aligned}
p(s+ds) = p(s)\left(1-\frac{ds}{\lambda_s}\right) &\Longrightarrow p(s+ds) = p(s) - p(s)\frac{ds}{\lambda_s} \\
&\Longrightarrow \frac{p(s+ds)-p(s)}{ds}\frac{1}{p(s)} = -\frac{1}{\lambda_s} \\
&\Longrightarrow \frac{p'(s)}{p(s)} = -\frac{1}{\lambda_s} \Longrightarrow p(s) = e^{-s/\lambda_s} \Longrightarrow dp(s) = -\frac{1}{\lambda_s}e^{-s/\lambda_s}ds
\end{aligned} \tag{5}
$$

Quindi sostituendo nella (4) si ottiene

$$
\overline{s^2} = \int_0^{+\infty}\left(-s^2\right)\frac{1}{\lambda_s}e^{-s/\lambda_s}ds = 2\lambda_s^2 \tag{6}
$$

e dunque per una dispersione **isotropa** si ha:

$$
\overline{r^2} = 2n\lambda_s^2 \tag{7}
$$

Definizione 1 *Si definisce* **dispersione elastica** *(***elastic scattering***) la collisione tra particelle che cambiano il loro stato di moto, ma non mutano il loro stato quantico o la loro costituzione.*

Nella maggior parte dei casi l'energia cinetica del nucleo bersaglio è molto piccola rispetto all'energia del nucleo proiettile. In taluni casi il nucleo bersaglio manifesta un rinculo – come ben si conosce dalla collisione tra sfere elastiche – mentre il proiettile perde parte della sua energia cinetica.

Il normale processo di moderazione neutronica consiste in una successione di collisioni elastiche con i nuclei del moderatore; ogni collisione si traduce in una perdita di energia cinetica del neutrone proiettile fino a quando essa si approssima all'energia cinetica dei nuclei del moderatore dovuta alla temperatura dello stesso moderatore. Si dice allora che i neutroni sono "termalizzati".

L'energia cinetica dei neutroni di fissione è di circa 1 MeV; l'energia cinetica nel corso del processo di moderazione scende fino a qualche frazione di eV.

Definizione 2 *Si la* **dispersione anelastica** *(***inelastic scattering***) allorchè le particelli collidenti cambiano il loro stato quantico, ma non la costituzione.*

Esempio 3

$$
Li^7 + n \to Li^{7*} + n \qquad \textit{il nucleo di Litio è in uno stato eccitato}
$$

In tal caso, mentre avviene la dispersione elastica, una parte della corrispondente energia cinetica è ceduta al nucleo bersaglio per eccitarlo. La minima energia per eccitare il nucleo bersaglio si chiama **energia di soglia***.*