INDICE

[1] Trattazione non presente, vedere "Appunti dal Corso di Impianti Nucleari del prof. Forgione" o slide 7 prof. Forgione "Reactivity – Effetto dei Prodotti di Fissione ^{135}Xe"

Fisica del Reattore
Cap 1 "Neutron Fields"

Lo stato di moto di una particella è unicamente definito se sono noti $\vec{r}(x,y,z)$ e $\vec{w}(w_x, w_y, w_z)$.

Chiamiamo in forma compatta il numero di neutroni che a un istante t sono in volume $[dx \cdot dy \cdot dz]$.

$$\cancel{f(x,y,z,v_x,v_y,w_z,t) = N(\vec{r},\vec{v},t)}$$

Funzione distribuzione

$$f(x,y,z,v_x,v_y,v_z,t)\underbrace{dx\,dy\,dz}_{dV}\underbrace{dv_x\,dv_y\,dv_z}_{dw} = \overbrace{N(\vec{r},\vec{v},t)}\,dw\,dV$$

La funzione di distribuzione può essere anche scritta in termini di coordinate sferiche:

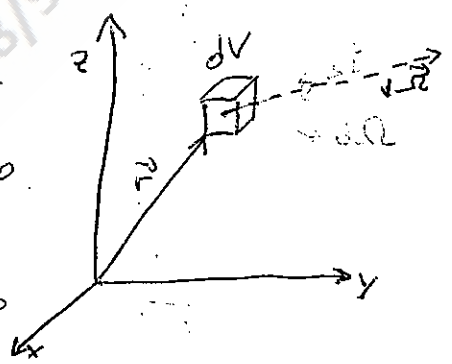
$$dw = v^2 \operatorname{sen}\vartheta\, dv\, d\vartheta\, d\varphi$$

se poi $\vec{v} = v\vec{\Omega}$ dove $\vec{\Omega}$ è il versore di $\vec{v}$ ho

$$N(\vec{r},\vec{v},t)\,dV\,dw = N(\vec{r},v\vec{\Omega},t)\,dV\,v^2 \operatorname{sen}\vartheta\, dv\, d\vartheta\, d\varphi =$$

$$= \underbrace{n(\vec{r},v\vec{\Omega},t)\,dV\,dv\,d\Omega}_{\text{Densità angolare}} \qquad d\Omega = \operatorname{sen}\vartheta\, d\vartheta\, d\varphi$$

numero di neutroni che a un istante t sono nel volume dV (posto a distanza $\vec{r}$) con $\vec{v}$ compresa tra $\vec{v}$ e $\vec{v}+d\vec{v}$ e angolo solido compreso $d\Omega$.



Siccome energia e velocità sono sinonimi si ha che

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} \qquad dv = \frac{1}{\sqrt{2mE}}\,dE$$

posso riscrivere tutto come

$$n(\vec{r},v\vec{\Omega},t)\,dV\,dv\,d\Omega = \frac{1}{\sqrt{2mE}}\,n\left(\vec{r},\sqrt{\frac{2E}{m}}\vec{\Omega},t\right)dV\,dE\,d\Omega =$$

$$= \nu(\vec{r},E,\vec{\Omega},t)\,dE\,dV\,d\Omega$$

<u>Flusso</u>: rappresenta la somma delle lunghezze percorse nella unità di tempo, qualunque sia la direzione, per unità di volume e intervallo di velocità:

$$\int_{4\pi} n(\vec{r},v\vec{\Omega},t)\,v\,d\Omega = \phi(\vec{r},v,t)$$

- <u>Densità</u>: numero di neutroni presenti al tempo t in $\vec{r}$, entro l'unità di volume e che hanno velocità v.

$$\int_{4\pi} n(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t) \, d\Omega = \rho(\vec{r}, v, t)$$

Si nota subito che

$$\phi(\vec{r}, v, t) = v\,\rho(\vec{r}, v, t)$$

- <u>Corrente</u>: individua la direzione prevalente di movimento (nulla se $n(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t)$ non dipende da $\vec{\Omega}$).

$$\int_{4\pi} n(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t)\,\vec{v}\, d\Omega = \vec{J}_v(\vec{r}, v, t)$$

La corrente rappresenta il numero di neutroni con velocità v che attraversano un'area dA per unità di tempo (Flusso da th di Gauss).

Le tre grandezze appena introdotte devono essere rese indipendenti dalla v.

$$\int n(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t)\, d\Omega\, dv = \int_0^{+\infty} \phi(\vec{r}, v, t)\, dv = \phi(\vec{r}, t) \rightarrow \frac{n}{cm^2\, s}$$

$$\int_0^{+\infty} \rho(\vec{r}, v, t)\, dv = \rho(\vec{r}, t)$$

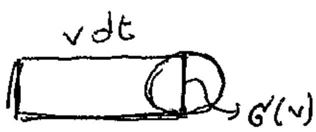
$$\int_0^{+\infty} \vec{J}(\vec{r}, v, t)\, dv = \vec{J}(\vec{r}, t)$$

Considieriamo il rapporto

$$\frac{\int_0^{+\infty} \phi(\vec{r}, v, t)\, dv}{\int_0^{+\infty} \rho(\vec{r}, v, t)\, dv} = \frac{\int_0^{+\infty} dv \int_{4\pi} n(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t)\, v\, d\Omega}{\int_0^{+\infty} dv \int_{4\pi} n(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t)\, d\Omega} = \bar{v}(\vec{r}, t)$$

- <u>Tasso di Reazione</u>: rappresenta il numero di neutroni che ha una certa e particolare reazione. Avrò

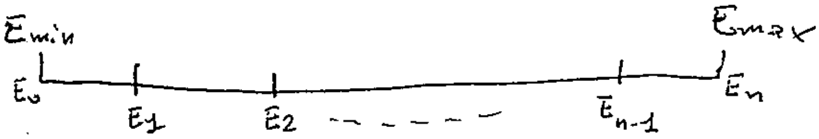
$$N \cdot n(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t)\, \sigma(v)\, v\, dt\, dv\, d\Omega$$



Da cui ricavo

$$\Sigma(v)\, \phi(\vec{r}, v, t)\, dv$$

Media delle Σ: per motivazioni pratiche di calcolo gli intervalli di energia sono da spezzarsi in sub-intervalli e isolvere le equazioni nei sottointervalli



Il tratto energetico $[E_{i-1}, E_i]$ é trattato come un gruppo di neutroni con energia $\bar{E}_j$. A questo punto é necessario valutare le sezioni d'urto per ogni intervallo: ci appelliamo alla REGOLA D'ORO dell'INGEGNERE NUCLEARE: se si salvano i tassi di reazione tutto si salva.

Prendiamo un $\phi(\vec{r}, E)$ e calcoliamo

$$\bar{\Sigma}_i(\vec{r}) = \frac{\int_{E_{i-1}}^{E_i} \Sigma(\vec{r}, E)\,\phi(\vec{r}, E)\,dE}{\underbrace{\int_{E_{i-1}}^{E_i} \phi(\vec{r}, E)\,dE}_{\phi_i(\vec{r})}}$$

$$\bar{\Sigma}_i(\vec{r})\,\phi_i(\vec{r}) = \int_{E_{i-1}}^{E_i} \Sigma(\vec{r}, E)\,\phi(\vec{r}, E)\,dE \leftarrow \text{Tasso conservato}$$

Questo risultato deriva dal fatto che si sono supposte note le dipendenze $\phi(E)$.

Esempi:

i) $\Sigma(E) = \Sigma$ costante

$$\bar{\Sigma}_i = \Sigma \frac{\cancel{\int_{E_{i-1}}^{E_i} \phi(\vec{r}, E)\,dE}}{\cancel{\int_{E_{i-1}}^{E_i} \phi(\vec{r}, E)\,dE}} = \Sigma$$

ii) $\Sigma(E) = \frac{\Sigma(v_0)\,v_0}{v}$ $\quad v_0 = 2200\ \frac{m}{s}$

$$\bar{\Sigma}_i = \frac{\Sigma(v_0)\,v_0 \int_{E_{i-1}}^{E_i} \frac{1}{v}\,\phi(\vec{r}, E)\,dE}{\int_{E_{i-1}}^{E_i} \phi(\vec{r}, E)\,dE} = \Sigma(v_0)\,v_0 \frac{\int_{E_{i-1}}^{E_i} \rho(\vec{r}, E)\,dE}{\int_{E_{i-1}}^{E_i} v\,\rho(\vec{r}, E)\,dE} = \frac{1}{\bar{v}_i}$$

$$\bar{\Sigma}_i = \frac{\Sigma(v_0)\,v_0}{\bar{v}_i}$$

velocità media i-esimo gruppo