

INDICE

Neutron Fields.....	pag 1
Neutron Diffusion.....	pag 6
<i>Eq. Della Diffusione-CC-CI.....</i>	<i>pag 9</i>
Pulsed Experience.....	pag 12
Armoniche Cilindriche (Funzioni di Bessel).....	pag 18
<i>Proprietà.....</i>	<i>pag 24</i>
Exponential Method.....	pag 27
Soluzioni Stazionarie.....	pag 29
<i>Puntiforme.....</i>	<i>pag 30</i>
<i>Filiforme.....</i>	<i>pag 31</i>
<i>Planare.....</i>	<i>pag 32</i>
Green's function.....	pag 32
<i>Sorgenti immagine.....</i>	<i>pag 35</i>
Fattore di utilizzazione termico f.....	pag 38
<i>f in una cella.....</i>	<i>pag 39</i>
Slowing down of neutrons.....	pag 41
Il fattore p.....	pag 51
Le risonanze delle σ	pag 52
<i>Effetto Doppler.....</i>	<i>pag 53</i>
Trattamento delle risonanze.....	pag 56
<i>NR.....</i>	<i>pag 57</i>
<i>WR.....</i>	<i>pag 59</i>
<i>Intermediate Resonance.....</i>	<i>pag 61</i>
<i>Casi eterogenei.....</i>	<i>pag 64</i>
La teoria dell'età.....	pag 65
<i>Soluzioni particolari.....</i>	<i>pag 68</i>
<i>Flusso in età-diffusione.....</i>	<i>pag 70</i>

Eq. della diffusione a più gruppi.....	pag 71
Fattore di fissione veloce ϵ	pag 72
Fattore di riproduzione η	pag 73
Il reattore critico.....	pag 73
<i>Metodo stazionario</i>	pag 79
Casi interessanti.....	pag 83
<i>Reattore Riflesso</i>	pag 83
<i>Barra di Controllo completamente inserita</i>	pag 84
<i>Barra di Controllo inserita parzialmente</i>	pag 85
<i>Xeno¹</i>	pag 85
Cinetica del Reattore.....	pag 86



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 ¹³⁵Xe"



Fisica del Reattore
Cap 1 "Neutron Fields"

→ stato di moto di una particella è unicamente definito e sono noti $\vec{r}(x, y, z)$ e $\vec{v}(v_x, v_y, v_z)$.

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

$$f(x, y, z, v_x, v_y, v_z, t) = N(\vec{r}, \vec{v}, t) \quad \text{Funzione distribuzionale}$$

$$f(x, y, z, v_x, v_y, v_z, t) \frac{dx dy dz}{dV} \frac{dv_x dv_y dv_z}{d\omega} = N(\vec{r}, \vec{v}, t) d\omega dV$$

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

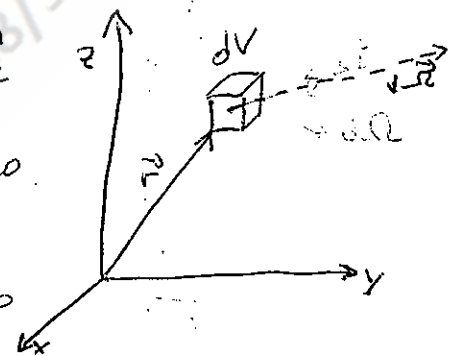
$$d\omega = v^2 \sin\theta dv d\theta d\varphi$$

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

$$N(\vec{r}, \vec{v}, t) dV d\omega = N(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t) dV v^2 \sin\theta dv d\theta d\varphi =$$

$$= n(\vec{r}, v\vec{\Omega}, t) dV dv d\Omega, \quad d\Omega = \sin\theta d\theta d\varphi$$

Densità angolare
numero di neutroni che a un istante t sono nel volume dV (posto a distanza 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 inonimi si ha che

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

posso riscrivere tutto come

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

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

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

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

- Densità: numero di neutroni presenti al tempo t in \vec{r} , entro l'unità di volume ϵ 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

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

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

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

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 .

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

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

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

$$\frac{n}{\text{cm}^2 \text{ s}}$$

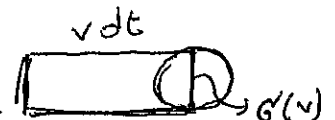
MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Consideriamo il rapporto

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

- Tasso di Reazione: rappresenta il numero di neutroni che ha una certa e particolare reazione. Avrà

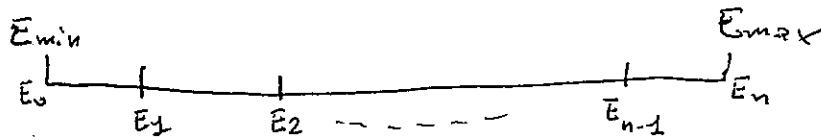
$$N \cdot n(\vec{r}, v, \vec{\Omega}, t) \sigma(v) v dt dv d\Omega$$



Da cui ricavò

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

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



Il tratto energetico $[E_{i-1}, E_i]$ è trattato come un gruppo di neutroni con energia \bar{E}_i . A questo punto è necessario valutare le sezioni d'urto per ogni intervallo: si appella 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

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

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

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

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

Esempi:

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

$$\text{2) } \Sigma(E) = \frac{\Sigma(v_0) v_0}{v} \quad v_0 = 2200 \frac{m}{s}$$

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

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

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

velocità media
inesimo gruppo