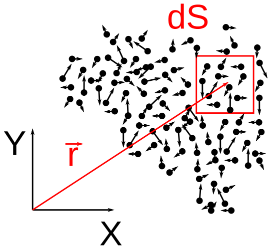
Neutronika
semestr letni 2023/24

Krzysztof Miernik

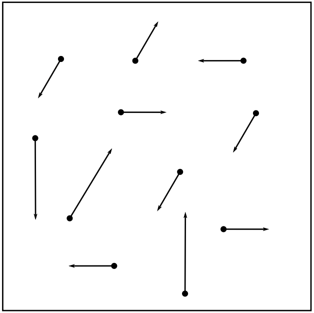
Wykład 5

Strumień neutronów



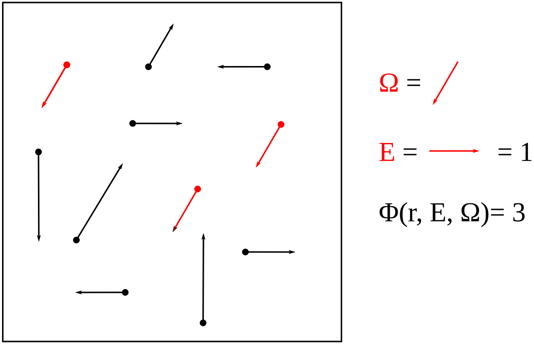
Neutrony w elemencie objętości

Strumień neutronów



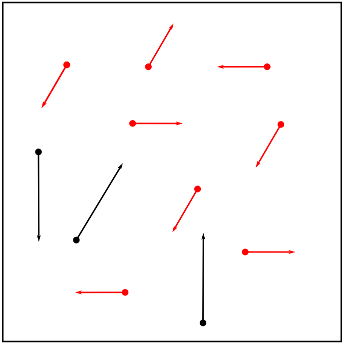
Neutrony w elemencie objętości

Strumień neutronów



Suma wszystkich strzałek o tej samej długości (energii) i kierunku to kątowy strumień neutronów - $\Phi(r, E, \Omega)$

Strumień neutronów



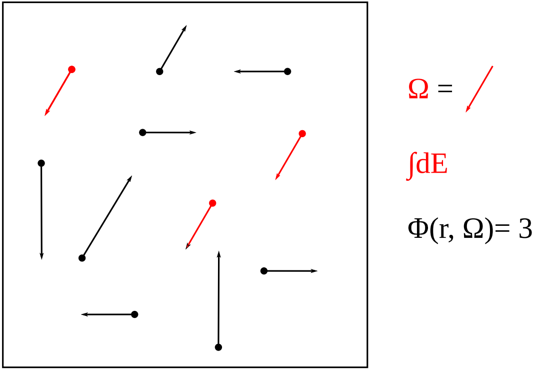
$\int d\Omega$

$E = \longrightarrow = 1$

$\Phi(r, E) = 8$

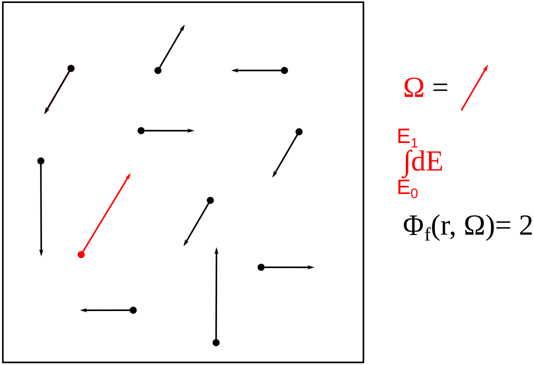
Suma wszystkich strzałek o tej samej długości niezależnie od ich kierunku to całkowity strumień neutronów o energii E - $\Phi(r, E)$

Strumień neutronów



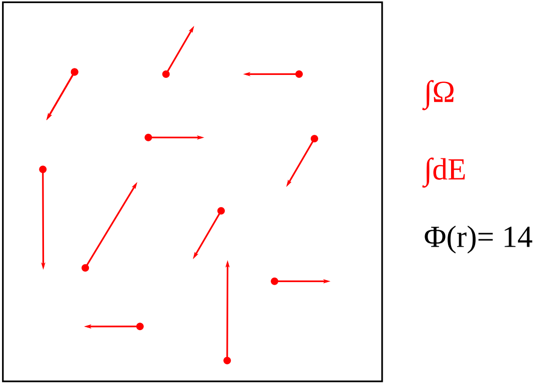
Suma wszystkich strzałek o danym kierunku, ale niezależnie od ich długości to całkowity kątowy strumień neutronów $\Phi(r, \Omega)$

Strumień neutronów



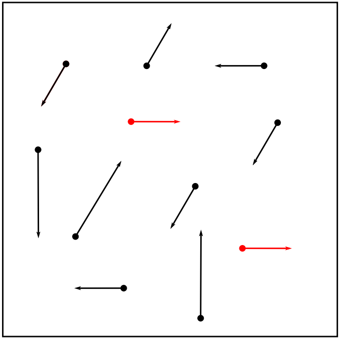
Suma wszystkich strzałek o danym kierunku, i z wybranego zakresu długości, to całkowity strumień kątowy dla neutronów o wybranym zakresie energii (np. prędkich) $\Phi_f(r, \Omega)$

Strumień neutronów



Suma wszystkich strzałek niezależnie od kierunku i długości to całkowity strumień neutronów $\Phi(r)$

Prąd neutronów



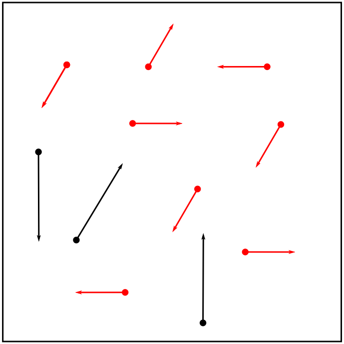
$$\Omega = \longrightarrow = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$$

$$E = \longrightarrow = 1$$

$$\vec{J}(r, E, \Omega) = \begin{pmatrix}2\\0\end{pmatrix}$$

Suma wektorowa strzałek o tej samej długości i kierunku to kątowy prąd neutronów - $\vec{J}(r, E, \Omega)$

Prąd neutronów



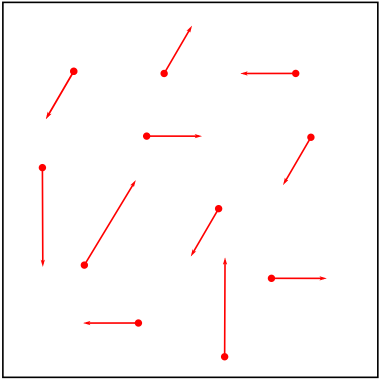
$\int\Omega$

$E = \longrightarrow = 1$

$$\vec{J}(r, E) = \begin{pmatrix} -\sqrt{2} \\ -\sqrt{2} \end{pmatrix}$$

Suma wektorowa strzałek o tej samej długości niezależnie od kierunku to prąd neutronów o energii E - $\vec{J}(r, E)$

Prąd neutronów



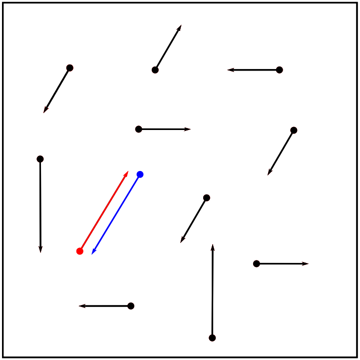
$\int \Omega$

$\int E$

$$\vec{J}(r) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Suma wektorowa wszystkich strzałek to całkowity prąd neutronów - $\vec{J}(r)$

Prąd i strumień neutronów



$$\vec{J}(r)=\begin{pmatrix}0\\0\end{pmatrix}$$

$$\Phi(r)= 14$$

$$\vec{J}(r)=\begin{pmatrix}-2\sqrt{2}\\-2\sqrt{2}\end{pmatrix}$$

$$\Phi(r)= 14$$

Strumień jest wielkością skalarną, a prąd - wektorową. Zależność między nimi jest nietrywialna!

Gradient, dywergencja, rotacja

- Gradient - uogólnienie pochodnej, działa na pole skalarne f, zwraca pole wektorowe, które wskazuje kierunek największego wzrostu

$$\vec{\nabla} f = \frac{\partial f}{\partial x}\hat{e}_x + \frac{\partial f}{\partial y}\hat{e}_y + \frac{\partial f}{\partial z}\hat{e}_z$$

- Dywergencja - działa na pole wektorowe $\vec{v}$, zwraca pole skalarne, które pokazuje lokalny wypływ pola wektorowego z danego punktu

$$\nabla \cdot \vec{v} = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}$$

- Rotacja - działa na pole wektorowe $\vec{v}$, zwraca pole wektorowe, które opisuje lokalny rotację pola wektorowego wokół danego punktu

$$\nabla \times \vec{v} = \begin{vmatrix} \hat{e}_x & \hat{e}_y & \hat{e}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$$

Laplasjan

- Laplasjan to złożenie dywergencji od gradientu pola skalarnego f

$$\nabla \cdot \vec{\nabla} f = \nabla^2 f = \Delta f$$

- W układzie kartezjańskim

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

- W układzie cylindrycznym

$$\nabla^2 f = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial \rho}\left(\rho \frac{\partial f}{\partial \rho}\right) + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

- W układzie sferycznym

$$\nabla^2 f = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 \frac{\partial f}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2 \sin\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(\sin\theta \frac{\partial f}{\partial \theta}\right) + \frac{1}{r^2 \sin^2\theta}\frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2}$$

Gęstość, gradient, dywergencja