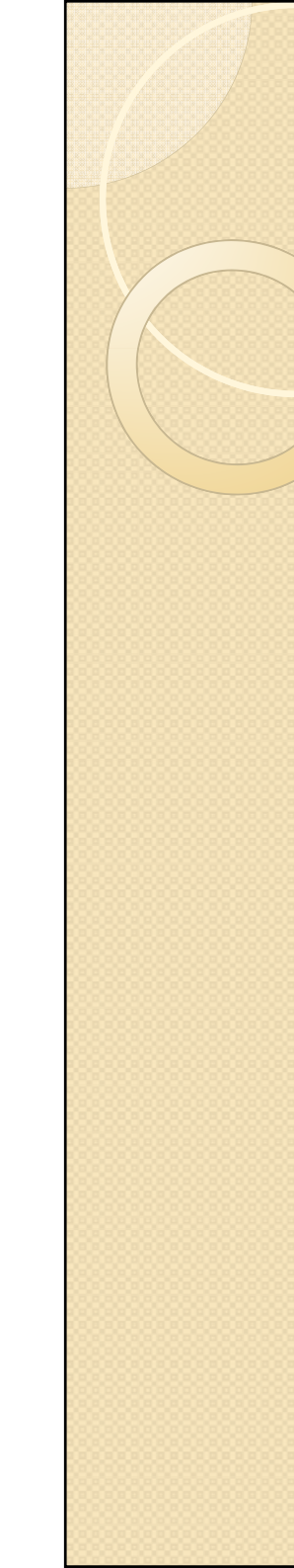




Optický potenciál neutronů v látkách

Barbora Zobačová

- 
- Fermiho pseudopotenciál
 - Rozptyl neutronů
 - Rozptylová délka
 - Optický potenciál
 - Index lomu neutronů

Fermiho pseudopotenciál pro elastický rozptyl neutronu na jádře

Pseudopotenciál:

- používá se jako aproximace pro zjednodušený popis složitých soustav
- popisuje rozptyl neutronů na jádře

Fermiho pseudopotenciál pro elastický rozptyl neutronu na jádře

Pseudopotenciál:

- používá se jako aproximace pro zjednodušený popis složitých soustav
- popisuje rozptyl neutronů na jádře

$$V(r) = \frac{2\pi\hbar^2}{m} \cdot b \cdot \delta(r)$$

hmotnost neutronu

rozptylová délka

Rozptyl neutronů

- Vlnová délka neutronů je srovnatelná s meziatomovou vzdáleností
- Kinetická energie srovnatelná s energií excitací v pevné látce
- Nemají elektrický náboj, proto interagují s hmotou pouze jadernými silami

Rozptyl neutronů

- Vlnová délka neutronů je srovnatelná s meziatomovou vzdáleností
- Kinetická energie srovnatelná s energií excitací v pevné látce
- Nemají elektrický náboj, proto interagují s hmotou pouze jadernými silami
- Mají vysokou pronikavost – neinteragují s elektrony a rozptylují se na jádře
- Amplituda rozptylu pro neutrony je izotropní
- Intenzita rozptylu nezávisí na úhlu
- Známe-li směr a energii neutronu před a po rozptylu, můžeme z pružného rozptylu určit strukturu krystalu

Rozptylová délka

- Popisuje sílu interakce mezi neutronem a jádrem
- Efektivní rozptylová délka, která popisuje interakci neutronu s jádrem zahrnuje příspěvky různých elektromagnetických interakcí

Rozptylová délka

- Popisuje sílu interakce mezi neutronem a jádrem
- Efektivní rozptylová délka, která popisuje interakci neutronu s jádrem zahrnuje příspěvky různých elektromagnetických interakcí
- Rozptylová délka závisí na spinu neutronu s a spinu jádra I

Rozptylová délka

- Popisuje sílu interakce mezi neutronem a jádrem
- Efektivní rozptylová délka, která popisuje interakci neutronu s jádrem zahrnuje příspěvky různých elektromagnetických interakcí
- Rozptylová délka závisí na spinu neutronu s a spinu jádra I

$$s = \frac{1}{2}$$
$$b = b_c + \frac{2b_i}{\sqrt{I(I+1)}} \cdot s \cdot I$$

Rozptylová délka

- Popisuje sílu interakce mezi neutronem a jádrem
- Efektivní rozptylová délka, která popisuje interakci neutronu s jádrem zahrnuje příspěvky různých elektromagnetických interakcí
- Rozptylová délka závisí na spinu neutronu s a spinu jádra I

$$s = \frac{1}{2}$$
$$b = b_c + \frac{2b_i}{\sqrt{I(I+1)}} \cdot s \cdot I$$

koherentní
rozptylová délka

nekoherentní
rozptylová délka

Rozptylová délka

- U některých jader závisí rozptylová délka na energii dopadajících neutronů
- Pro každé jádro je třeba určit rozptylovou délku experimentálně, nelze ji spolehlivě vypočítat ze základních konstant
- Rozptylová délka neutronů pro různé izotopy stejného prvku může mít velmi odlišnou rozptylovou amplitudu

Rozptylová délka některých atomů

Atom	Rozptylová délka [10^{-12} cm]
^2H	0,6671
^{12}C	0,6651
^{14}N	0,940
^{16}O	0,5804
^{31}P	0,517

Optický potenciál

- Popis interakce mezi neutronem a hmotou
- Charakterizuje lom a odraz neutronů na rozhraní

Optický potenciál

- Popis interakce mezi neutronem a hmotou
- Charakterizuje lom a odraz neutronů na rozhraní
- Celková potenciální energie ve vzorku

$$V(r) = \frac{2\pi\hbar^2}{m} \cdot \sum b_i \cdot \delta(r - r_i)$$

polohy
jednotlivých
atomů

Optický potenciál

- Popis interakce mezi neutronem a hmotou
- Charakterizuje lom a odraz neutronů na rozhraní
- Celková potenciální energie ve vzorku

$$V(r) = \frac{2\pi\hbar^2}{m} \cdot \sum b_i \cdot \delta(r - r_i)$$

polohy
jednotlivých
atomů

- Efektivní konstantní potenciální energie

$$V_{OPT} = \frac{2\pi\hbar^2}{m} \cdot \bar{b} \cdot N$$

hustota atomů

průměrná hodnota
koherentní amplitudy

Optický potenciál

$$\begin{aligned} V_{OPT}(r) &= \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega(r)} d^2\bar{r} V(\bar{r}) \\ &= \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega(r)} d^2\bar{r} \sum_l \frac{2\pi\hbar^2}{m} b_l \delta(\bar{r} - r_l) \\ &= \frac{1}{\Omega} \cdot \frac{2\pi\hbar^2}{m} \sum_{r_l \in \Omega(r)} b_l = \frac{\sum_l 1_l}{\Omega} \cdot \frac{2\pi\hbar^2}{m} \cdot \frac{\sum b_l}{\sum 1_l} \\ &= \frac{2\pi\hbar^2}{m} \cdot N \cdot \bar{b}(r) \end{aligned}$$

Index lomu

- Ve srovnání se světlem jsou indexy lomu neutronů mnohem menší, proto se vlnový charakter neutronů projevuje výrazně méně než u viditelného záření

$$n(r) \approx 1 - V_{OPT}(r) / 2E$$

$$n(r) \approx 1 - \lambda_0^2 \cdot \bar{b} \cdot N / 2\pi$$

$$E = \frac{\hbar^2}{2m} \cdot \frac{1}{\lambda_0^2}$$

Index lomu

- Ve srovnání se světlem jsou indexy lomu neutronů mnohem menší, proto se vlnový charakter neutronů projevuje výrazně méně než u viditelného záření

$$n(r) \approx 1 - V_{OPT}(r) / 2E$$

$$n(r) \approx 1 - \lambda_0^2 \cdot \bar{b} \cdot N / 2\pi$$

$$E = \frac{\hbar^2}{2m} \cdot \frac{1}{\lambda_0^2}$$

- Pro neutrony platí Snellův zákon

$$n = \frac{\cos \vartheta}{\cos \vartheta'}$$

Index lomu

- Neutrony interagují s hmotou jen velmi slabě a proto se jejich index lomu často liší od indexu lomu vákua jen málo a změna úhlu při lomu je malá

$$n = 1 - \frac{1}{2\pi} \rho_b \lambda^2$$

$$\rho_b = \frac{1}{V_0} \sum_{\Delta} b_{\Delta}$$

Index lomu

- Neutrony interagují s hmotou jen velmi slabě a proto se jejich index lomu často liší od indexu lomu vákua jen málo a změna úhlu při lomu je malá

$$n = 1 - \frac{1}{2\pi} \rho_b \lambda^2$$

$$\rho_b = \frac{1}{V_0} \sum_{\Delta} b_{\Delta}$$

- Pokud neutrony prochází z vákua do látky, lze vypočítat kritický úhel jako

$$1 - \vartheta_c^2 / 2 = 1 - \frac{1}{2\pi} \rho_b \lambda^2 \Rightarrow \vartheta_c = \sqrt{\frac{\rho_b}{\pi}} \lambda$$



Děkuji za pozornost