

Nivåtettheten for ulike spinn i ^{44}Ti

Kristine Wikan

7. september 2009

1 Nukleonpar

- Hva er et nukleonpar?
- Et par brytes

2 Kvasipartikler

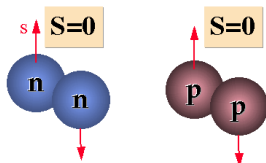
- Bølgefunksjon: Grunntilstanden
- Bølgefunksjon: Eksiterte tilstander
- Kvasipartikkelenergi
- Total eksitasjonsenergi

3 Resultater

- Nivåtettheten for ulike lave spinn

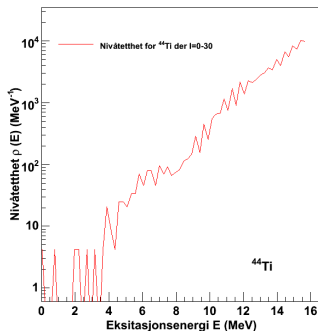
Nukleonpar

- I en like-like kjerne er det hensiktsmessig for nukleonene å danne par.
- To *like* nukleoner med spinn i ulik retning, og motsatt bevegelsesmengde danner et par. $\implies J=0$. $J=L+R$.
- Bosoner har heltallig spinn. Mange bosoner kan være i samme energitilstand. Fermioner har halvtallig spinn og to like fermioner kan *ikke* være i samme energitilstand.
- Et nukleonpar har $J=0$. Flere nukleonpar kan være i $J=0$ (analogi til bosoner) noe som fører til at grunntilstanden til de fleste like-like kjerner er $J^\pi = 0^+$. **Den superfluide grunntilstanden.**



Et par brytes

- En kjerne kan eksiteres ved å bryte et nukleonpar.
- Det gir opphav til flere frihetsgrader, og nivåtettheten øker drastisk.
- Akkurat der par brytes får vi en “trappetrinnsstruktur” i nivåtettheten.



Hva er kvasipartikler?

- Når et par brytes gir det opphav til to kvasipartikler. Når to par brytes, gir det opphav til fire kvasipartikler. osv.
- Kvasipartikler er en blanding av partikkel-hull karakter.
- Ved å bruke BCS-teorien, kan man finne bølgefunksjonen til kvasipartikler. Grunntilstanden.

$$|\Psi_{BCS}\rangle = \prod_{k>0} (u_k + v_k a^*_k a^*_{\bar{k}}) |\Psi_0\rangle \quad (1)$$

- Hvor $|k\rangle = |nljm\rangle$ og $|\bar{k}\rangle = |nlj - m\rangle$.
- Krav om at u_k og v_k skal oppfylle $u^2_k + v^2_k = 1$.

Eksiterte tilstander

En-kvasipartikkel-tilstandene:

$$\alpha^*_{k_1} |\Psi_{BCS}\rangle = \alpha^*_{k_1} \prod_{k \neq k_1} (u_k + v_k a^*_k a^*_{\bar{k}}) |\Psi_0\rangle \quad (2)$$

$$\alpha^*_{\bar{k}_1} |\Psi_{BCS}\rangle = \alpha^*_{\bar{k}_1} \prod_{k \neq k_1} (u_k + v_k a^*_k a^*_{\bar{k}}) |\Psi_0\rangle \quad (3)$$

Likningene over beskriver en odde kjerne. Kan være grunntilstanden, eller en eksitert tilstand. To-kvasipartikkel tilstanden:

$$\alpha^*_{k_1} \alpha^*_{k_2} |\Psi_{BCS}\rangle = \alpha^*_{k_1} \alpha^*_{k_2} \prod_{k \neq k_1, k_2} (u_k + v_k a^*_k a^*_{\bar{k}}) |\Psi_0\rangle \quad (4)$$

$$\alpha^*_{k_1} \alpha^*_{\bar{k}_1} |\Psi_{BCS}\rangle = \left(-v_{k_1} + u_{k_1} \alpha^*_{k_1} \alpha^*_{\bar{k}_1} \right) \prod_{k \neq k_1} (u_k + v_k a^*_k a^*_{\bar{k}}) |\Psi_0\rangle \quad (5)$$

beskriver eksiterte tilstander i en like-kjerne.

Kvasipartikkelenergi

Kvasipartikkelenergien er lik:

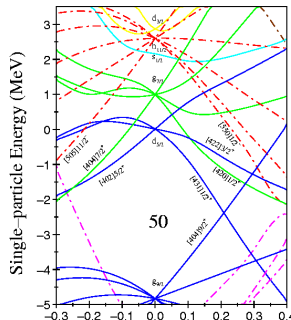
$$\epsilon_{qp} = \sqrt{(\epsilon_{sp} - \lambda)^2 + \Delta^2} \quad (6)$$

I likningen over inngår ϵ_{sp} : Singelpartikkelenergien, λ : Fermi nivået, Δ : Energigapet.

Singelpartikkelenergien

$$\epsilon_{qp} = \sqrt{(\epsilon_{sp} - \lambda)^2 + \Delta^2} \quad (7)$$

Singelpartikkelenergien kommer fra et Nilssondiagram/skjema, og er en funksjon av deformasjonsparameteren β . Det som betyr noe er avstanden fra λ .



Ferminivået

$$\epsilon_{qp} = \sqrt{(\epsilon_{sp} - \lambda)^2 + \Delta^2} \quad (8)$$

$$u^2 + v^2 = 1 \quad (9)$$

- Ferminivået for protoner og nøytroner er ulikt..
- (I dataprogrammet) bestemmes ferminivået ut i fra antall protoner/nøytroner.
- Eks. ^{44}Ti som har 22 protoner: $N_p = 2 \sum_{\Omega} v^2 \Omega(\lambda)$.
- Hvor $v^2 = \left(1 - \frac{\epsilon_{sp} - \lambda}{\epsilon_{qp}}\right)$.

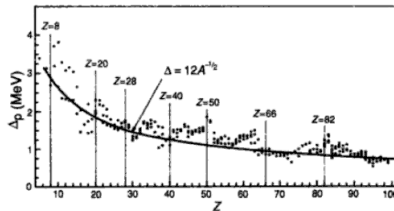
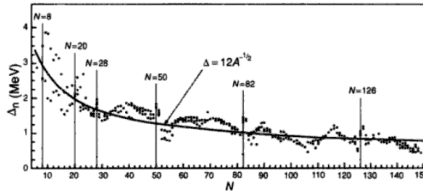
Energigapet

$$\epsilon_{qp} = \sqrt{(\epsilon_{sp} - \lambda)^2 + \Delta^2} \quad (10)$$

- Den superfluide grunntilstanden, $I^\pi = 0^+$ er separert fra de eksiterte tilstandene med en energi 2Δ . Det er kun like-like kjerner som har et slikt energigap.
- For å ødelegge/bryte opp et nukleonpar trengs det en energi på minst 2Δ .
- Δ kan bestemmes nøyaktig ved hjelp av BCS-teori.
- Dataprogrammet bestemmer Δ ut i fra formelen

$$\Delta \approx \frac{12 \text{ MeV}}{A^{1/2}} \quad (11)$$

Energigapet



Total eksitasjonsenergi

Total kvasipartikkelenergi:

$$E_{qp} = \sum_{\Omega'_p, \Omega'_n} (\epsilon_{qp}(\Omega'_p) + \epsilon_{qp}(\Omega'_n) + V(\Omega'_p, \Omega'_n)) \quad (12)$$

Jo flere kvasipartikler, jo høyere nivåetthet ρ .

Total eksitasjonsenergi:

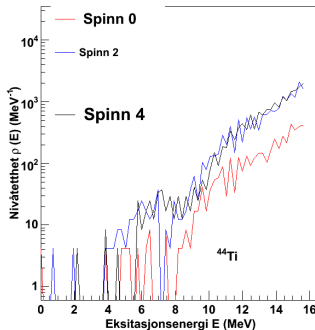
$$E = E_{qp} + A_{rot}R(R+1) + \hbar\omega_{vib}v \quad (13)$$

hvor A_{rot} avhenger av treghetsmomentet, og treghetsmomentet (for et fast legeme) avhenger av deformasjonsparameteren:

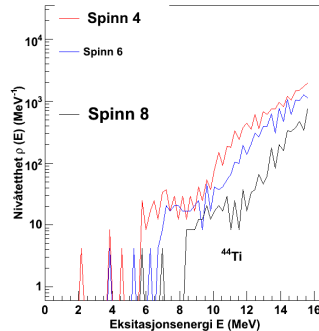
$$A_{rot} = A_{fast} = \frac{5\hbar}{4MR^2_A(1+0.31\epsilon_2)} \quad (14)$$

Det er den totale eksitasjonsenergien som blir brukt når man plotter

Nivåtettheten for ulike spinn

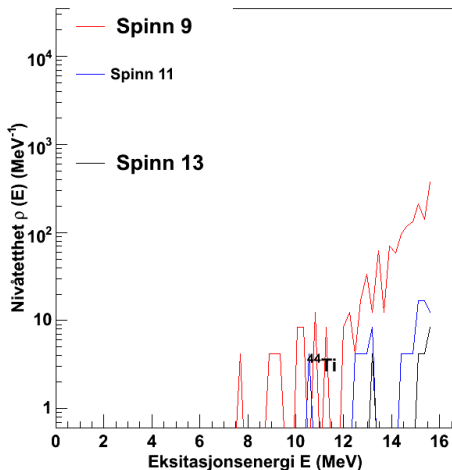


(a) Nivåtettheten for spinn (l) 0, 2 og 4.



(b) Nivåtettheten for spinn 4, 6 og 8.

Nivåtettheten for ulike høye spinn



Nivåtettheten for ulike l

Spinn 0-30 og spinn 0-6 for ^{44}Ti . Merk hvor like de to grafene er, noe som betyr at det er lite nivåer etter $l=6$.

