

## Schema dei livelli nucleari secondo il modello a gusci (shell model)

A. S. Davidov, Teoria del nucleo atomico, Zanichelli (1966), pag. 46-47

L'interazione spin-orbita gioca nei nuclei, a differenza che negli atomi, un ruolo estremamente importante. Nei nuclei pesanti l'interazione spin-orbita è particolarmente elevata, ed è questo il motivo per cui i momenti angolari di spin e orbitale di un singolo nucleone si sommano dando il momento angolare totale  $j$ .

Sono questi momenti che formano poi lo spin totale del nucleo  $J = \sum j_i$ . Questo tipo di accoppiamento si chiama accoppiamento  $j-j$ .

Oltre all'accoppiamento  $j-j$  esiste un altro tipo di accoppiamento, che si realizza, ad esempio, nei nuclei leggeri e si chiama accoppiamento di Russel-Saunders o accoppiamento L-S. Nel caso dell'accoppiamento di Russel-Saunders, i momenti angolari orbitali di tutte le particelle si sommano vettorialmente per dare il momento angolare orbitale totale dell'atomo  $L = \sum \ell_i$ , ed analogamente per i momenti angolari di spin  $S = \sum s_i$ . Il momento angolare totale dell'atomo si ottiene come somma vettoriale del momento angolare orbitale totale e dello spin totale  $J = L+S$ . L'accoppiamento L-S è possibile nel caso in cui l'interazione tra il momento angolare orbitale e lo spin delle singole particelle sia più elevata dell'interazione tra i momenti angolari totali L e S. Nei nuclei pesanti si può osservare anche un tipo di accoppiamento intermedio.

A quanto pare, nei nuclei molto leggeri predomina l'accoppiamento L-S. Nella maggior parte dei casi, però, si ha un tipo di accoppiamento intermedio, che si trasforma sempre più in accoppiamento  $j-j$  a mano a mano che cresce A.

L'accoppiamento intermedio rende molto più difficile l'interpretazione dei livelli energetici dei nucleoni nei nuclei, perché si è costretti ad introdurre la sovrapposizione di stati con la stessa parità e con valori dell'energia molto vicini. Così, ad esempio, Elliot e Flowers [21] hanno dimostrato, che per spiegare le proprietà dei nuclei con  $A \approx 18-19$ , si deve prendere in considerazione un miscuglio di configurazioni dei due sottogusci 2s e 1d, che possiedono approssimativamente la stessa energia. (v. Fig. 7).

Lo stato di un singolo nucleone è caratterizzato, oltre che dal momento angolare totale  $j$  e dalla parità, anche dall'energia: i livelli dello stesso tipo sono numerati in ordine crescente con l'energia. Si hanno così, per esempio, i livelli 1s, 2s, 3s, ..., i livelli  $1p_{1/2}$ ,  $2p_{1/2}$ , ... . A differenza della classificazione dei livelli energetici degli atomi dove il numero n, posto davanti al simbolo del termine spettrale (ad esempio 2s), è il numero quantico principale, che fissa l'energia del termine, con i nuclei i numeri posti davanti al simbolo dello stato quantico indicano solo l'ordine dei livelli senza avere altro significato. Per questo, negli atomi la numerazione degli stati s parte da 1, quella degli stati p da 2, quella degli stati d da 3 e così via, mentre nei nuclei tutti gli stati vengono numerati iniziando da 1.

Lo stato di un singolo nucleone nel nucleo, nel quadro del modello a gusci viene dunque caratterizzato dai numeri quantici n,  $\ell$ , j, m. L'energia del nucleone dipende solo dai numeri quantici n,  $\ell$ , j, e il livello energetico è  $2j+1$  volte degenere. I livelli energetici di un nucleo vengono via via occupati da protoni e da neutroni, sempre in accordo con le limitazioni poste dal principio di Pauli. Nella Fig. 7 è riportato lo schema dei livelli dato da Klinkenberg [22], dove si vede chiaramente come si realizza la struttura a gusci.

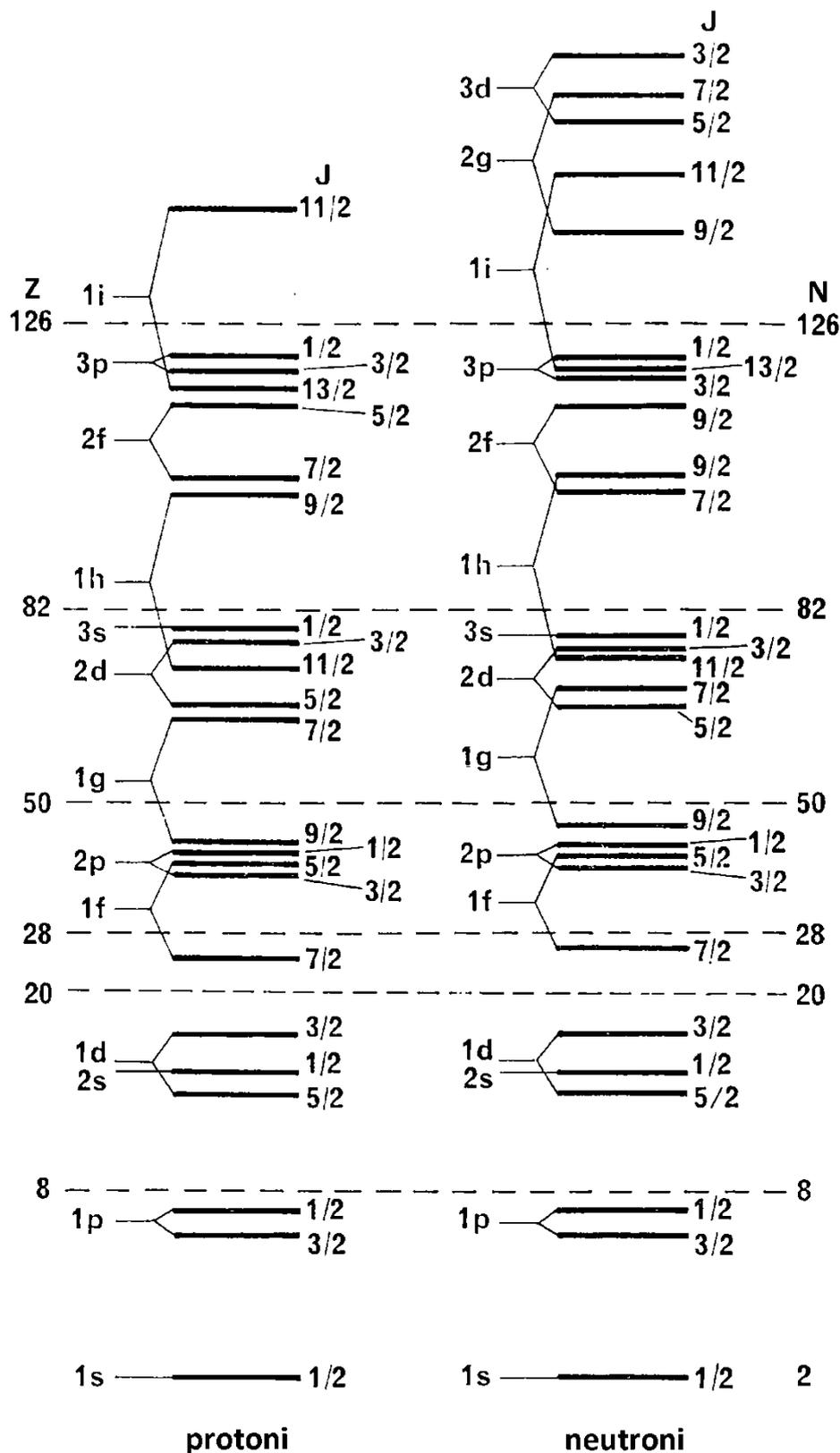


Fig. 7 - Schema dei livelli dei neutroni e dei protoni secondo il modello a gusci del nucleo [22].

I numeri di sinistra indicano quanti protoni e rispettivamente neutroni al massimo possono riempire tutti i gusci al disotto delle corrispondenti linee tratteggiate. Appare con evidenza il meccanismo della formazione delle configurazioni magiche:  $Z$  o  $N = 8, 20, 28, 50, 82, 126$ . I numeri seminteri che sono stati posti a destra di ciascun livello rappresentano lo spin  $J$  totale dei suoi nucleoni: il massimo numero di essi è  $2J-1$ . La parità viene indicata dalla notazione spettroscopica: s, d, g, i sono stati pari con momenti orbitali  $\ell = 0, 2, 4, 6$ ; p, f, h sono stati dispari con  $\ell = 1, 3, 5$ .