

– **Energia nucleare per livello (valori corretti), per l'uso del sistema periodico dei nuclidi**

Trattando la teoria generale degli spazi rotanti atomico e nucleare, abbiamo ricavato l'**espressione teorica** dell'energia di legame considerando tutte le particelle in moto sulle orbite uguali tra loro e questo ha consentito di mettere in evidenza una caratteristica fondamentale di questi spazi rotanti :

La massa centrale, generatrice dello spazio rotante, fornisce a tutti i livelli lo stesso valore di energia potenziale, che abbiamo definito " energia per strato ".

Abbiamo così ricavato il valore teorico :

$$E_0(K^2) = m_1 \cdot \frac{K^2}{R_1}$$

in cui K^2 è il valore dello spazio rotante, R_1 è il valore del raggio dell' **orbita fondamentale** (associata al numero quantico $p = 1$) ed m_1 è il **valore della massa elementare in moto sulle orbite**.

Assumendo come unità di riferimento lo spazio rotante generato dal protone :

$$K_p^2 = 253.2638995 \frac{m^3}{sec^2}$$

posto :

$$Z = \frac{K^2}{K_p^2}$$

abbiamo dimostrato che, per qualsiasi spazio rotante, si ha :

$$R_1(Z) = R_{11} \cdot Z^{\frac{1}{3}}$$

dove R_{11} è il valore del raggio dell'orbita fondamentale dello **spazio rotante associato a $Z = 1$** .

Sostituendo, si ottiene l'espressione teorica generale dell'energia per strato di qualsiasi spazio rotante :

$$E_0(Z) = m_1 \cdot \frac{K_p^2}{R_{11}} \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

860a

Tralasciando, per il momento, gli spazi rotanti astronomici, che sono stati già trattati ampiamente, con riferimento agli spazi rotanti atomici e nucleari, per i primi **la particella in orbita è l'elettrone** e quindi si ottiene :

$$E_{0e}(Z) = m_e \cdot \frac{K_p^2}{R_{11e}} \cdot Z^{\frac{2}{3}} = 27.21139612 \text{ eV} \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

Essendo il numero di elettroni che saturano il livello $n_e = 2 \cdot p^2$
l'energia che lega il singolo elettrone sull'orbita sarà :

$$E_{1e} = \frac{E_{0e}}{2 \cdot p^2} = m_e \cdot \frac{K_p^2}{R_{11e}} \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{2 \cdot p^2} = 13.60569806 \text{ eV} \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{p^2}$$

Tenendo conto che **nella relazione non abbiamo introdotto alcun fattore correttivo**, l'accordo dei risultati forniti con i valori **sperimentali** dell'energia di ionizzazione sono da ritenere eccezionali.

Per quanto riguarda il nucleo atomico, nella teoria generale abbiamo dimostrato che lo spazio rotante viene generato da un numero di "**neutroni attivi**" uguale a Z.

E' stato inoltre dimostrato che i neutroni eccedenti si legano in volo ai protoni per sintetizzare dei deutoni, che restano in orbita ad occupare i livelli nucleari periferici in sostituzione dei protoni con i quali si sono legati.

In definitiva, nel nucleo atomico **le masse in orbita sono protoni**, per cui si può assumere $m_1 = m_p$.

Studiando il deutone, abbiamo visto che, per realizzare l'equilibrio, e dunque la sintesi, si deve realizzare la condizione :

$$R_{11p} = 2 \cdot R_{pe} = 2 \cdot \frac{m_e}{m_p} \cdot R_{11e} = 57.63978486 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

Per lo spazio rotante generato dal neutrone abbiamo ricavato :

860b

$$K_n^2 = \frac{3}{8} \cdot K_p^2$$

Sostituendo questi risultati, l'energia fornita dal nucleo centrale attivo **ad ogni livello nucleare**, diventa :

$$E_{op}(Z) = m_1 \cdot \frac{K_p^2}{R_{11}} \cdot Z^{\frac{2}{3}} = \frac{3}{16} \cdot \left(\frac{m_p}{m_e} \right)^2 \cdot E_{oe}(Z)$$

con i valori numerici :

$$E_{op}(Z) = 17.20163444 \text{ MeV} \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

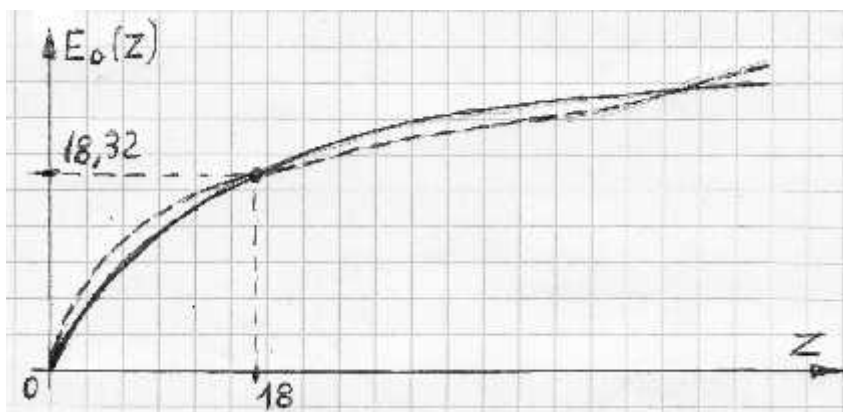
L'energia che lega la singola particella in orbita sarà :

$$E_{1p}(Z) = 17.20163444 \text{ MeV} \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{2 \cdot p^2}$$

L'espressione dell'energia nucleare $E_{op}(Z)$ è stata ricavata ipotizzando una **distribuzione uniforme sulle orbite di particelle tutte uguali tra loro**.

Questa condizione nel nucleo atomico, per la presenza in orbita **dei deutoni** non può essere verificata rigorosamente e quindi è necessario introdurre un piccolo fattore correttivo per tenerne conto.

Il confronto fra i risultati ricavati dall'espressione teorica e quelli sperimentali danno l'andamento qualitativo indicato in figura.



860c

Prendendo diversi valori sperimentali è possibile ottenere facilmente un buon accordo fra le due curve. Con pochi punti si ottiene **l'espressione definitiva dell'energia nucleare per strato che abbiamo adottato**:

$$E_{op}(Z) = 18,32 \cdot Z^{\frac{2}{3}} \cdot \left[1 - \frac{|Z - 18|^{\frac{5}{4}}}{1200} + S \cdot \frac{(Z - 83)^{\frac{7}{4}}}{32000} \right]$$

Dove S vale sempre zero e si assume $S = 1$ solo per $Z > 83$

1 = 17. 793	19 = 130. 34	37 = 196. 70	55 = 244. 80
2 = 28. 306	20 = 134. 72	38 = 199. 77	56 = 247. 07
3 = 37. 170	21 = 138. 99	39 = 202. 79	57 = 249. 30
4 = 45. 122	22 = 143. 16	40 = 205. 76	58 = 251. 49
5 = 52. 466	23 = 147. 24	41 = 208. 69	59 = 253. 64
6 = 59. 365	24 = 151. 24	42 = 211. 56	60 = 255. 76
7 = 65. 919	25 = 155. 15	43 = 214. 38	61 = 257. 84
8 = 72. 194	26 = 158. 98	44 = 217. 16	62 = 259. 88
9 = 78. 236	27 = 162. 74	45 = 219. 89	63 = 261. 89
10 = 84. 081	28 = 166. 42	46 = 222. 57	64 = 263. 86
11 = 89. 753	29 = 170. 04	47 = 225. 21	65 = 265. 79
12 = 95. 273	30 = 173. 59	48 = 227. 81	66 = 267. 69
13 = 100. 66	31 = 177. 07	49 = 230. 36	67 = 269. 56
14 = 105. 92	32 = 180. 49	50 = 232. 87	68 = 271. 39
15 = 111. 06	33 = 183. 84	51 = 235. 34	69 = 273. 19
16 = 116. 09	34 = 187. 14	52 = 237. 77	70 = 274. 96
17 = 121. 02	35 = 190. 38	53 = 240. 15	71 = 276. 69
18 = 125. 83	36 = 193. 57	54 = 242. 50	72 = 278. 39

860d

Energia (MeV) associata a ciascun livello nucleare

73 = 280. 05	94 = 308. 70	115 = 329. 16	136 = 343. 23
74 = 281. 69	95 = 309. 85	116 = 329. 97	137 = 343. 77
75 = 283. 29	96 = 310. 97	117 = 330. 75	138 = 344. 29
76 = 284. 86	97 = 312. 07	118 = 331. 53	139 = 344. 80
77 = 286. 40	98 = 313. 16	119 = 332. 29	140 = 345. 30
78 = 287. 90	99 = 314. 23	120 = 333. 04	141 = 345. 79
79 = 289. 38	100 = 315. 29	121 = 333. 77	142 = 346. 27
80 = 290. 82	101 = 316. 32	122 = 334. 49	143 = 346. 73
81 = 292. 24	102 = 317. 34	123 = 335. 20	144 = 347. 19
82 = 293. 62	103 = 318. 35	124 = 335. 89	145 = 347. 64
83 = 294. 97	104 = 319. 34	125 = 336. 57	146 = 348. 07
84 = 296. 31	105 = 320. 31	126 = 337. 24	147 = 348. 50
85 = 297. 63	106 = 321. 26	127 = 337. 89	148 = 348. 92
86 = 298. 93	107 = 322. 20	128 = 338. 54	149 = 349. 32
87 = 300. 22	108 = 323. 12	129 = 339. 17	150 = 349. 72
88 = 301. 48	109 = 324. 03	130 = 339. 78	151 = 350. 10
89 = 302. 73	110 = 324. 92	131 = 340. 39	152 = 350. 48
90 = 303. 96	111 = 325. 80	132 = 340. 98	153 = 350. 84
91 = 305. 18	112 = 326. 66	133 = 341. 56	154 = 351. 20
92 = 306. 37	113 = 327. 51	134 = 342. 13	155 = 351. 55
93 = 307. 55	114 = 328. 34	135 = 342. 69	156 = 351. 89

860e

Nota l'energia per strato, per calcolare l'energia di legame di tutte le particelle in orbita, e quindi di tutto il nucleo, **sarà sufficiente considerare il numero dei livelli α realmente occupati.**

Il numero di particelle elementari presenti sulle orbite è uguale al numero dei protoni più i neutroni legati che formano i deutoni ; complessivamente uguale al numero N dei neutroni presenti nel nucleo.

Si noti che, contrariamente a quanto normalmente viene affermato, all'interno del nucleo atomico **non esistono neutroni liberi**, che come sappiamo non sono stabili e si scinderebbero immediatamente.

I neutroni che vengono emessi dal nucleo atomico o che originano la emissione β provengono tutti dalla divisione dei deutoni.

Indicando con n_p il numero di protoni e con n_d quello dei deutoni presenti sul livello p , essendo $2 \cdot p^2$ le particelle che saturano il livello, il numero di livelli occupati sarà :

$$\alpha(N) = \sum_p \frac{n_p + 1,999008 \cdot n_d}{2 \cdot p^2} \simeq \sum_p \frac{n_p + 2 \cdot n_d}{2 \cdot p^2}$$

Ricordiamo dalla teoria generale degli spazi rotanti che tutte le masse che si muovono sulle orbite scorrono verso il centro per saturare tutti i **livelli interni** prima di passare su quelli più esterni.

I nuclei stabili avranno quindi tutti i livelli saturi, ad eccezione di quello esterno che potrebbe non esserlo per mancanza di particelle.

In questi casi, indicando con p_s , il numero di livelli saturi, quelli occupati sono p_s più la frazione occupata di quello non saturo. Sarà dunque :

$$\alpha(N) = p_s + \frac{n_p + 1,999008 \cdot n_d}{2 \cdot p^2}$$

L'errore che si commette con questa relazione aumenta man mano che ci si allontana dai nuclei stabili.

Per avere l'energia di legame di tutto il nucleo, all'energia di legame dei livelli

occupati, data dal prodotto $E_0(Z) \cdot \alpha(N)$, si deve aggiungere il valore della energia che lega le particelle fra loro sulle orbite.

Abbiamo già dimostrato, sia nell'atomo che nel nucleo atomico, che l'energia che lega gli elettroni e i protoni fra loro è assolutamente trascurabile rispetto a quella che li lega allo spazio rotante centrale.

Non è però trascurabile l'energia di legame dei deutoni e quindi, in definitiva **l'energia di legame del nucleo sarà :**

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(Z) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z)$$

Per esemplificare quanto abbiamo esposto, consideriamo alcuni esempi con diversi valori di Z . La composizione dei livelli nucleari è quella che abbiamo indicato nella tavola periodica dei nuclidi :

$\frac{216.149}{216.68}$	Mg_{12}^{26}	$\frac{25.98316}{25.982593}$	12n	2+0	8+0	0+2	0+0	0+0	0+0	0+0	0+0	st	11.01%
$\frac{223.661}{223.12}$	Mg_{12}^{27}	$\frac{26.98376}{26.984341}$	12n	2+0	6+1	1+2	0+0	0+0	0+0	0+0	0+0	$\frac{2.61009M}{\beta^-9.458m}$	

– isotopo Mg_{12}^{26} :

neutroni centrali attivi : $N_a = Z = 12$

neutroni complessivi : $N = A - Z = 14$

deutoni in orbita : $n_d = I = A - 2 \cdot Z = 2$

protoni in orbita : $n_p = Z - n_d = 10$

Essendo i neutroni eccedenti non attivi, **non danno alcun contributo alla stabilità del nucleo** e quindi costituiscono per il sistema una vera e propria zavorra.

Per questo motivo la loro influenza negativa viene ridotta spostando i deutoni verso la periferia del nucleo man mano che vengono sintetizzati.

I primi livelli nucleari vengono dunque occupati sempre dai protoni disponibili, **fino alla saturazione**, e i deutoni occupano quelli più periferici.

nel nostro caso abbiamo **10** protoni che saturano i primi due livelli e **2** deutoni che passano sul terzo livello. Si ha quindi :

$$\alpha(N) = p_s + \frac{n_p + 1,999008 \cdot n_d}{2 \cdot p^2} = 2 + \frac{0 + 1,999008 \cdot 2}{2 \cdot 3^2} = 2,222112$$

860g

l'energia di legame risulta dunque :

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(12) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 95.273 \text{ MeV} \cdot 2.222112 + 2,2246 \cdot 2 = 216.1565 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di 216.68 MeV.

Per sintetizzare l'isotopo Mg_{12}^{27} , anche se, come abbiamo visto, il processo reale è diverso, diciamo che **si aggiunge un neutrone in orbita**, il quale si lega a un protone per poter restare in equilibrio sull'orbita.

Sul secondo livello un protone si trasforma in deutone e abbiamo (**7p + 1d**), complessivamente **9 particelle elementari**. Il livello $p = 2$ si satura però con **8** particelle e quindi va in sovrasaturazione con conseguente perturbazione del bilancio del momento angolare del sistema. **Per ristabilire l'equilibrio**, il protone in eccesso si sposta sul terzo livello, lasciando il secondo saturo.

Il numero dei neutroni attivi posti al centro non è cambiato e quindi il nucleo è ancora quello di prima, **con la stessa energia per strato**, si è verificata solo la sostituzione in orbita di un protone con un deutone.

Per il calcolo dell'energia di legame abbiamo :

$$\alpha(N) = 1 + \frac{6 + 1,999008 \cdot 1}{2 \cdot 2^2} + \frac{1 + 1,999008 \cdot 2}{2 \cdot 3^2} = 2.277544$$

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(12) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 95.273 \text{ MeV} \cdot 2.277544 + 2,2246 \cdot 3 = 223.6622 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di 223.12 MeV.

$\frac{482.453}{482.07}$	Mn_{25}^{55}	$\frac{54.93764}{54.93804}$	25n	2+0	8+0	9+4	1+1	0+0	0+0	0+0	st
$\frac{489.521}{489.35}$	Mn_{25}^{56}	$\frac{55.93872}{55.93890}$	25n	2+0	8+0	9+4	0+2	0+0	0+0	0+0	$\frac{3.69557M}{\beta^- 2.5789h}$

– isotopo Mn_{25}^{55} :

neutroni centrali attivi : $N_a = Z = 25$

neutroni complessivi : $N = A - Z = 30$

deutoni in orbita : $n_d = I = A - 2 \cdot Z = 5$

protoni in orbita : $n_p = Z - n_d = 20$

860h

dalla composizione dei livelli si ricava :

$$\alpha(N) = 2 + \frac{9 + 1,999008 \cdot 4}{2 \cdot 3^2} + \frac{1 + 1,999008 \cdot 1}{2 \cdot 4^2} = 3.037943$$

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(25) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 155.15 \text{ MeV} \cdot 3.037943 + 2,2246 \cdot 5 = 482.2460 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di 482.07 MeV.

Aggiungendo un neutrone in questo caso abbiamo la sintesi del deutone sul quarto livello e si produce l'isotopo Mn_{25}^{56} senza ulteriori transizioni.

Dalla composizione dei livelli si ricava :

coefficiente di riempimento : $\alpha(N) = 3.069162$

energia di legame : $E_{(\text{MeV})} = 489.5280 \text{ MeV}$

il valore sperimentale risulta pari a 489.35 MeV.

$\frac{821.970}{821.63}$	Mo_{42}^{95}	$\frac{94.90547}{94.90584}$	42n	2+0	8+0	18+0	2+11	1+0	0+0	0+0	$\frac{\text{st}}{15.90\%}$
$\frac{830.799}{830.78}$	Mo_{42}^{96}	$\frac{95.90468}{95.90468}$	42n	2+0	8+0	18+0	1+12	1+0	0+0	0+0	$\frac{\text{st}}{16.68\%}$

– isotopo Mo_{42}^{95} :

neutroni centrali attivi : $N_a = Z = 42$

neutroni complessivi : $N = A - Z = 53$

deutoni in orbita : $n_d = I = A - 2 \cdot Z = 11$

protoni in orbita : $n_p = Z - n_d = 31$

In questo caso abbiamo tre livelli saturati dai protoni e risulta :

$$\alpha(N) = 3 + \frac{2 + 1,999008 \cdot 11}{2 \cdot 4^2} + \frac{1 + 1,999008 \cdot 0}{2 \cdot 5^2} = 3.769659$$

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(42) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 211.56 \text{ MeV} \cdot 3.769659 + 2,2246 \cdot 11 = 821.960 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di 821.63 MeV.

Anche in questo caso, un neutrone aggiunto sintetizza un deutone sul quarto livello e si ferma senza ulteriori transizioni.

L'accordo dell'energia di legame sperimentale con il valore calcolato risulta più che buono.

$$\frac{1041.62}{1041.5} \text{ Sn}_{50}^{123} \quad \frac{122.90517}{122.90527} \quad 50n \quad 2+0 \quad 8+0 \quad 16+1 \quad 0+16 \quad 0+6 \quad 1+0 \quad 0+0 \quad \frac{1.409M}{\beta^- 129.2d}$$

$$\frac{1049.92}{1050.0} \text{ Sn}_{50}^{124} \quad \frac{123.90532}{123.90527} \quad 50n \quad 2+0 \quad 8+0 \quad 16+1 \quad 0+16 \quad 0+7 \quad 0+0 \quad 0+0 \quad \frac{2.2896M}{\frac{2\beta^- 1.2 \cdot 10^{-21}a}{5.79\%}}$$

– isotopo Sn_{50}^{123} :

neutroni centrali attivi : $N_a = Z = 50$

neutroni complessivi : $N = A - Z = 73$

deutoni in orbita : $n_d = l = A - 2 \cdot Z = 23$

protoni in orbita : $n_p = Z - n_d = 27$

In questo caso i protoni presenti non sono nemmeno sufficienti per saturare il terzo livello che viene saturato con l'aiuto di un deutone. Trattando la stabilità del nucleo atomico, abbiamo visto però che quando un deutone si trasferisce su un livello basso ha tendenza a scindersi sotto l'azione dello spazio rotante centrale, con emissione di una particella β .

Il nucleo si presenta dunque instabile e decade dopo **129.2** giorni (vedremo in altro capitolo il calcolo teorico dell'energia emessa).

Procedendo come negli altri casi, si ottiene :

$$\alpha(N) = 2 + \frac{16+1,999008 \cdot 1}{2 \cdot 3^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 16}{2 \cdot 4^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 6}{2 \cdot 5^2} + \frac{1+1,999008 \cdot 0}{2 \cdot 6^2} = \mathbf{4.253219}$$

$$E_{(MeV)} = E_0(50) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 232.87 \text{ MeV} \cdot 4.253219 + 2,2246 \cdot 23 = \mathbf{1041.613 \text{ MeV}}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di **1041.5** MeV.

L'aggiunta di un neutrone al nucleo sintetizza un deutone con l'elettrone sulla ultima orbita, che si sposta dal sesto al quinto livello. Il nucleo così formato ha un solo deutone che si può facilmente scindersi, mentre può decadere solo con emissione di due β **simultaneamente** e questo obbliga ad attendere la regolare evoluzione, che sposta un altro deutone sul terzo livello. Per questa ragione la vita media del nucleo è estremamente lunga.

Per il calcolo dell'energia di legame si ha :

$$\alpha(N) = 2 + \frac{16 + 1,999008 \cdot 1}{2 \cdot 3^2} + \frac{0 + 1,999008 \cdot 16}{2 \cdot 4^2} + \frac{0 + 1,999008 \cdot 7}{2 \cdot 5^2} = \mathbf{4.279311}$$

$$\begin{aligned} E_{(\text{MeV})} &= E_0(50) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) = \\ &= 232.87 \text{ MeV} \cdot 4.279311 + 2,2246 \cdot 24 = \mathbf{1049.914 \text{ MeV}} \end{aligned}$$

In ottimo accordo con il valore sperimentale di **1050.0 MeV**.

$\frac{1587.71}{1587.4}$	Hg_{80}^{201}	$\frac{200.96998}{200.970302}$	80n	2+0	8+0	18+0	10+11	1+24	0+6	0+0	$\frac{\text{st}}{13.18\%}$
$\frac{1595.75}{1595.2}$	Hg_{80}^{202}	$\frac{201.97001}{201.970643}$	80n	2+0	8+0	18+0	10+11	0+25	0+6	0+0	$\frac{\text{st}}{29.86\%}$

– isotopo Hg_{80}^{201} :

neutroni centrali attivi : $N_a = Z = \mathbf{80}$

neutroni complessivi : $N = A - Z = \mathbf{121}$

deutoni in orbita : $n_d = I = A - 2 \cdot Z = \mathbf{41}$

protoni in orbita : $n_p = Z - n_d = \mathbf{39}$

Non abbiamo in questo caso nessun deutone in condizioni di potersi dividere e, come vedremo, nemmeno condizioni per un'emissione α , per cui il nucleo si presenta stabile.

Per l'energia di legame si ha :

$$\alpha(N) = 3 + \frac{10 + 1,999008 \cdot 11}{2 \cdot 4^2} + \frac{1 + 1,999008 \cdot 24}{2 \cdot 5^2} + \frac{0 + 1,999008 \cdot 6}{2 \cdot 6^2} = \mathbf{5.145767}$$

$$\begin{aligned} E_{(\text{MeV})} &= E_0(80) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) = \\ &= 290.82 \text{ MeV} \cdot 5.145767 + 2,2246 \cdot 41 = \mathbf{1595.736 \text{ MeV}} \end{aligned}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di **1595.2 MeV**.

Un neutrone aggiunto si unisce facilmente con il protone presente sul quinto livello, saturandolo. Si ottiene così un nucleo con una maggiore stabilità.

L'energia di legame risulta :

860m

$$\alpha(N) = 3 + \frac{10+1,999008 \cdot 11}{2 \cdot 4^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 25}{2 \cdot 5^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 6}{2 \cdot 6^2} = 5.165747$$

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(80) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) = \\ = 290.82 \text{ MeV} \cdot 5.165747 + 2,2246 \cdot 42 = 1587.70 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di **1587.4 MeV**.

$\frac{1778.94}{1778.6}$	U_{92}^{234}	$\frac{234.04055}{234.040952}$	92n	2+0	8+0	18+0	14+9	0+25	0+16	0+0	$\frac{4.8598M}{\frac{\alpha 2.455 \cdot 10^5 a}{0.0054\%}}$
$\frac{1783.54}{1783.9}$	U_{92}^{235}	$\frac{235.04427}{235.043930}$	92n	2+0	8+0	18+0	12+10	1+24	0+17	0+0	$\frac{4.6802M}{\frac{\alpha 7.04 \cdot 10^8 a}{0.7204\%}}$

– isotopo U_{92}^{234} :

neutroni centrali attivi : $N_a = Z = 92$

neutroni complessivi : $N = A - Z = 142$

deutoni in orbita : $n_d = I = A - 2 \cdot Z = 50$

protoni in orbita : $n_p = Z - n_d = 42$

Anche in questo caso non abbiamo nessun deutone in condizioni di potersi dividere e nemmeno le condizioni per un'emissione α , che si può verificare solo dopo la regolare evoluzione del nucleo, che fa "cadere" un deutone dal sesto al quinto livello. Il nucleo si presenta quindi quasi stabile.

Per l'energia di legame si ha :

$$\alpha(N) = 3 + \frac{14+1,999008 \cdot 9}{2 \cdot 4^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 25}{2 \cdot 5^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 16}{2 \cdot 6^2} = 5.443449$$

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(92) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) = \\ = 306.37 \text{ MeV} \cdot 5.443449 + 2,2246 \cdot 50 = 1778.939 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di **1778.6 MeV**.

In questo caso il neutrone aggiunto, per sintetizzare l'isotopo U_{92}^{235} deve poter giungere fino al quarto livello, dove si trovano i primi protoni disponibili per la sintesi di un deutone.

Dopo la sintesi il livello si trova sovrassaturo e quindi il protone in eccesso si

trasferisce sul quinto, che diventa anch'esso sovrassaturo e quindi trasferisce un deutone sul sesto livello.

L'energia di legame del nucleo finale sarà :

$$\alpha(N) = 3 + \frac{12+1,999008 \cdot 10}{2 \cdot 4^2} + \frac{1+1,999008 \cdot 24}{2 \cdot 5^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 17}{2 \cdot 6^2} = 5.451202$$

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(92) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 306.37 \text{ MeV} \cdot 5.451202 + 2,2246 \cdot 51 = 1783.539 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di 1783.9 MeV.

$\frac{1939.33}{1939.3}$	Db_{105}^{264}	$\frac{264.11740}{264.11740}$	105n	2+0	8+0	18+0	22+5	0+25	1+24	0+0	$\frac{8.660\text{M}}{\alpha 3\text{m}}$
$\frac{1946.00}{1946.3}$	Db_{105}^{265}	$\frac{265.11890}{265.11860}$	105n	2+0	8+0	18+0	22+5	0+25	0+25	0+0	$\frac{8.490\text{M}}{\alpha 15\text{m}}$

– isotopo Db_{105}^{264} :

neutroni centrali attivi : $N_a = Z = 105$

neutroni complessivi : $N = A - Z = 159$

deutoni in orbita : $n_d = I = A - 2 \cdot Z = 54$

protoni in orbita : $n_p = Z - n_d = 51$

La configurazione dei livelli periferici è tale da consentire molto facilmente la sintesi di una particella α e questo conferisce al nucleo una elevato livello di instabilità. L'energia di legame risulta :

$$\alpha(N) = 3 + \frac{22+1,999008 \cdot 5}{2 \cdot 4^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 25}{2 \cdot 5^2} + \frac{1+1,999008 \cdot 24}{2 \cdot 6^2} = 5.679574$$

$$E_{(\text{MeV})} = E_0(105) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 320.31 \text{ MeV} \cdot 5.679574 + 2,2246 \cdot 54 = 1939.353 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di 1939.3 MeV.

L'aggiunta di un neutrone, con il protone presente sul sesto livello, sintetizza facilmente un deutone, che si ferma sull'orbita senza ulteriori transizioni.

L'energia di legame risulta :

$$\alpha(N) = 3 + \frac{22+1,999008 \cdot 5}{2 \cdot 4^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 25}{2 \cdot 5^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 25}{2 \cdot 6^2} = 5.693449$$

$$E(\text{MeV}) = E_0(105) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 320.31 \text{ MeV} \cdot 5.693449 + 2,2246 \cdot 55 = 1946.022 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di 1946.3 MeV.

Non abbiamo in questo caso nessun deutone in condizioni di potersi dividere e, come vedremo, nemmeno condizioni per un'emissione α , per cui il nucleo si presenta stabile.

Per l'energia di legame si ha :

$$\alpha(N) = 3 + \frac{10+1,999008 \cdot 11}{2 \cdot 4^2} + \frac{1+1,999008 \cdot 24}{2 \cdot 5^2} + \frac{0+1,999008 \cdot 6}{2 \cdot 6^2} = 5.145767$$

$$E(\text{MeV}) = E_0(80) \cdot \alpha(N) + 2,2246 \cdot (N - Z) =$$

$$= 290.82 \text{ MeV} \cdot 5.145767 + 2,2246 \cdot 41 = 1595.736 \text{ MeV}$$

In buon accordo con il valore sperimentale di 1587.4 MeV.

$\frac{2099.10}{-}$	Uu_{120}^{298}	$\frac{298.22788}{-}$	120n	2+0	8+0	18+0	32+0	0+23	1+35	1+0	—
$\frac{2105.90}{-}$	Uu_{120}^{299}	$\frac{299.22925}{-}$	120n	2+0	8+0	18+0	32+0	0+23	0+36	1+0	—

– isotopo Uu_{120}^{298} :

neutroni centrali attivi : $N_a = Z = 120$

neutroni complessivi : $N = A - Z = 178$

deutoni in orbita : $n_d = I = A - 2 \cdot Z = 58$

protoni in orbita : $n_p = Z - n_d = 62$

Il numero dei protoni è, in questo caso, sufficiente per saturare anche il quarto livello. Bisogna però tenere presente che **la configurazione che abbiamo indicato è quella teorica iniziale**, in quanto in realtà si tratta di nuclei molto instabili che, come abbiamo visto trattando la fissione nucleare, prima ancora di giungere a questa configurazione, si verifica un trasferimento spontaneo di

neuroni attivi dal centro verso la periferia, dove viene sintetizzato un nucleo di **numero atomico uguale a circa $Z/2$, che raggiunge la velocità di fuga e si allontana.**

860q