

**Espressioni teoriche e tabella dei valori corretti dell'energia per strato associata ai livelli neutronici nucleari in (MeV)**

$$E_0(N_0; Z) = E_1(N_1) + \frac{28,3 - 1,14 \cdot (n_s - 3)^2 + (2 \cdot n_s + 1) \cdot (S - 1)}{(N_1 + 1)^{\frac{2}{3}}} \cdot (N_0 - N_1) + \Delta E_0$$

periodi : (2 - 8) - (8 - 18) - (18 - 28) - (28 - 64) - (64 - 126) - (126 - 148) - (148 →)

$n_s =$	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
$S =$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1-2</b>	<b>1-2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

$$\Delta E_0 = 0,8 \text{ MeV} \cdot (Z - Z_0) \quad \text{per } N \geq 82$$

$$E_0(2) = E_{11P} \cdot N^{\frac{2}{3}} = 17,828 \cdot 2^{\frac{2}{3}} = 28,300 \text{ MeV}$$

<b>1=10,060</b>	<b>10=82,025</b>	<b>19=129,73</b>	<b>28=164,06</b>
<b>2=28,300</b>	<b>11=87,512</b>	<b>20=133,55</b>	<b>29=167,06</b>
<b>3=29,4897</b>	<b>12=92,999</b>	<b>21=137,36</b>	<b>30=170,06</b>
<b>4=38,1624</b>	<b>13=98,486</b>	<b>22=141,18</b>	<b>31=173,05</b>
<b>5=46,8352</b>	<b>14=103,97</b>	<b>23=144,99</b>	<b>32=176,05</b>
<b>6=55,5079</b>	<b>15=109,46</b>	<b>24=148,81</b>	<b>33=179,05</b>
<b>7=64,1806</b>	<b>16=114,95</b>	<b>25=152,62</b>	<b>34=182,05</b>
<b>72,8534</b>	<b>17=120,43</b>	<b>26=156,44</b>	<b>35=185,05</b>
<b>69,2496</b>	<b>18=125,92</b>	<b>27=160,25</b>	<b>36=188,05</b>
<b>9=76,5388</b>			

livelli neutronici nucleari ed energia potenziale  
associata (MeV)

37=191.04	54=240.29	71=277.72	88=306.28
38=194.04	55=242.85	72=279.40	89=307.96
39=197.04	5=245.426	73=281.08	90=309.64
40=200.04	57=247.99	74=282.76	91=311.32
41=203.04	58=250.55	75=284.44	92=313.00
42=206.03	59=253.12	76=286.12	93=314.68
43=209.03	60=255.69	77=287.80	94=316.36
44=212.03	61=258.25	78=289.48	95=318.04
45=215.03	62=260.82	79=291.16	96=319.72
46=218.03	63=263.39	80=292.84	97=321.40
47=221.02	64=265.96	81=294.52	98=323.08
48=224.02	65=267.64	82=296.20	99=324.76
49=227.02	66=269.32	83=297.88	100=326.44
50=230.02	67=271.00	84=299.56	101=328.12
51=232.59	68=272.68	85=301.24	102=329.80
52=235.15	69=274.36	86=302.92	103=331.48
53=237.72	70=276.04	87=304.60	104=333.16

livelli neutronici nucleari ed energia potenziale associata ( MeV )

105=334.84	123=364.47	141=383.00	159=396.64
106=336.52	124=365.95	142=383.94	160=397.28
107=338.20	125=367.43	143=384.88	161=397.92
108=339.88	126=368.91	144=385.82	162=398.57
109=341.56	127=369.85	145=386.76	163=399.21
110=343.24	128=370.79	146=387.70	164=399.85
111=344.92	129=371.73	147=388.64	165=400.49
112=346.60	130=372.67	148=389.58	166=401.13
113=348.28	131=373.61	149=390.22	167=401.78
114=349.96	132=374.55	150=390.86	168=402.42
115=351.64	133=375.49	151=391.51	169=403.06
116=353.32	134=376.43	152=392.15	170=403.70
117=355.00	135=377.37	153=392.79	171=404.34
118=356.68	136=378.31	154=393.43	172=404.98
119=358.36	137=379.25	155=394.07	173=405.63
120=360.04	138=380.19	156=394.71	174=406.27
121=361.52	139=381.12	157=395.36	175=406.91
122=363.00	140=382.06	158=396.00	176=407.55

Uno schema alternativo, ugualmente semplice, con il quale si può calcolare l'energia per strato associata ai livelli nucleari, è il seguente.

periodo	intervallo	energia specifica	
n / s	$\Delta N$	$E_{01N}(\text{MeV})$	
-1 / 0	0 – 2	10,45	
0 / 0	2 – 8	7,400	
1 / 0	8 – 18	5,301	
2 / 0	18 – 28	3,820	
3	$s = 0$	28 – 50	2,998
	$s = 1$	50 – 64	2,567
4	$s = 0$	64 – 120	1,680
	$s = 1$	120 – 126	1,478
5	$s = 0$	126 – 148	0,94
	$s = 1$	148 – 200	0,72

L'espressione analitica che lo descrive con buona approssimazione, risulta :

$$E_{01N}(\text{MeV}) = 2,955 \cdot 2^{\frac{3-n_s}{2}} - \frac{1}{3} \cdot \left( |3 - n_s| \left( 1 - \frac{n_s}{15} \right) + \frac{7}{2 \cdot n_s} S \right) + \frac{(S-1)^{n_s} \cdot (n_s-1) \cdot (n_s-5) \cdot n_s}{160}$$

I valori di  $E_0(N)$  che si ottengono sono riportati nelle pagine 755 e seg..

**Energia ( MeV ) associata a ciascun livello nucleare**

$$E_{01N}(\text{MeV}) = 8,358 \cdot 2^{-\frac{n_s}{2}} - \frac{1}{3} \cdot \left( |3 - n_s| \left( 1 - \frac{n_s}{15} \right) + \frac{7}{2 \cdot n_s} S \right) + \frac{(S-1)^{n_s} \cdot (n_s-1) \cdot (n_s-5) \cdot n_s}{160}$$

$$n_s = -1 ; 0 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 \quad e \quad s = 0 ; 1$$

<b>1 = 10.358</b>	<b>17 = 119.91</b>	<b>33 = 178.41</b>	<b>49 = 226.82</b>
<b>2 = 28.300</b>	<b>18 = 125.18</b>	<b>34 = 181.43</b>	<b>50 = 229.84</b>
<b>3 = 35.658</b>	<b>19 = 128.99</b>	<b>35 = 184.46</b>	<b>51 = 232.41</b>
<b>4 = 43.016</b>	<b>20 = 132.80</b>	<b>36 = 187.48</b>	<b>52 = 234.97</b>
<b>5 = 50.374</b>	<b>21 = 136.61</b>	<b>37 = 190.51</b>	<b>53 = 237.54</b>
<b>6 = 57.732</b>	<b>22 = 140.42</b>	<b>38 = 193.54</b>	<b>54 = 240.10</b>
<b>7 = 65.090</b>	<b>23 = 144.23</b>	<b>39 = 196.56</b>	<b>55 = 242.67</b>
<b>8 = 72.448</b>	<b>24 = 148.04</b>	<b>40 = 199.59</b>	<b>56 = 245.24</b>
<b>9 = 77.721</b>	<b>25 = 151.85</b>	<b>41 = 202.61</b>	<b>57 = 247.80</b>
<b>10 = 82.995</b>	<b>26 = 155.66</b>	<b>42 = 205.64</b>	<b>58 = 250.37</b>
<b>11 = 88.268</b>	<b>27 = 159.47</b>	<b>43 = 208.66</b>	<b>59 = 252.93</b>
<b>12 = 93.542</b>	<b>28 = 163.28</b>	<b>44 = 211.69</b>	<b>60 = 255.50</b>
<b>13 = 98.815</b>	<b>29 = 166.31</b>	<b>45 = 214.72</b>	<b>61 = 258.07</b>
<b>14 = 104.09</b>	<b>30 = 169.33</b>	<b>46 = 217.74</b>	<b>62 = 260.63</b>
<b>15 = 109.36</b>	<b>31 = 172.36</b>	<b>47 = 220.77</b>	<b>63 = 263.20</b>
<b>16 = 114.64</b>	<b>32 = 175.38</b>	<b>48 = 223.79</b>	<b>64 = 265.77</b>

### Energia ( MeV ) associata a ciascun livello nucleare

65 = 267. 46	88 = 306. 22	111 = 344. 99	134 = 376. 52
66 = 269. 14	89 = 307. 91	112 = 346. 68	135 = 377. 46
67 = 270. 83	90 = 309. 60	113 = 348. 36	136 = 378. 41
68 = 272. 51	91 = 311. 28	114 = 350. 05	137 = 379. 35
69 = 274. 20	92 = 312. 97	115 = 351. 74	138 = 380. 30
70 = 275. 88	93 = 314. 65	116 = 353. 42	139 = 381. 25
71 = 277. 57	94 = 316. 34	117 = 355. 11	140 = 382. 19
72 = 279. 25	95 = 318. 02	118 = 356. 79	141 = 383. 14
73 = 280. 94	96 = 319. 71	119 = 358. 48	142 = 384. 08
74 = 282. 63	97 = 321. 39	120 = 360. 16	143 = 385. 03
75 = 284. 31	98 = 323. 08	121 = 361. 62	144 = 385. 98
76 = 286. 00	99 = 324. 77	122 = 363. 09	145 = 386. 92
77 = 287. 68	100 = 326. 45	123 = 364. 55	146 = 387. 87
78 = 289. 37	101 = 328. 14	124 = 366. 02	147 = 388. 81
79 = 291. 05	102 = 329. 82	125 = 367. 48	148 = 389. 76
80 = 292. 74	103 = 331. 51	126 = 368. 95	149 = 390. 48
81 = 294. 43	104 = 333. 19	127 = 369. 90	150 = 391. 19
82 = 296. 11	105 = 334. 88	128 = 370. 84	151 = 391. 91
83 = 297. 80	106 = 336. 57	129 = 371. 79	152 = 392. 62
84 = 299. 48	107 = 338. 25	130 = 372. 73	153 = 393. 34
85 = 301. 17	108 = 339. 94	131 = 373. 68	154 = 394. 05
86 = 302. 85	109 = 341. 62	132 = 374. 63	155 = 394. 77
87 = 304. 54	110 = 343. 31	133 = 375. 57	156 = 395. 48

**Energia ( MeV ) associata a ciascun livello nucleare**

157 = 396. 20	169 = 404. 78	181 = 413. 36	193 = 421. 94
158 = 396. 91	170 = 405. 49	182 = 414. 07	194 = 422. 65
159 = 397. 63	171 = 406. 21	183 = 414. 79	195 = 423. 37
160 = 398. 34	172 = 406. 92	184 = 415. 50	196 = 424. 08
161 = 399. 06	173 = 407. 64	185 = 416. 22	197 = 424. 80
162 = 399. 77	174 = 408. 35	186 = 416. 93	198 = 425. 51
163 = 400. 49	175 = 409. 07	187 = 417. 65	199 = 426. 23
164 = 401. 20	176 = 409. 78	188 = 418. 36	200 = 426. 94
165 = 401. 92	177 = 410. 50	189 = 419. 08	201 = 427. 66
166 = 402. 63	178 = 411. 21	190 = 419. 79	202 = 428. 37
167 = 403. 35	179 = 411. 93	191 = 420. 51	203 = 429. 09
168 = 404. 06	180 = 412. 64	192 = 421. 22	204 = 429. 80

Associando al primo periodo neutronico,  $N = (0 - 1)$ , il valore  $n_s = -1$ , essendo noto il valore dell'energia per strato della particella  $\alpha$  :

$$E_{0(2)} = 28,3 \text{ MeV}$$

dalla prima espressione data, si ricava il valore dell'energia per strato fornita da un solo neutrone :

$$E_{0(1)} = E_{0(2)} - \frac{28,3 - 1,14 \cdot (-1 - 3)^2}{(0 + 1)^{\frac{2}{3}}} = 18,240 \text{ MeV.}$$

in buon accordo con il valore  $E_{0(1)} = 17,828 \text{ MeV}$  che abbiamo calcolato.

Le due relazioni forniscono approssimativamente gli stessi valori. Tuttavia, la seconda è più facilmente comprensibile e mette in evidenza in maniera più chiara la formazione dei livelli neutronici.

Avendo trascurato l'influenza della dissimmetria del nucleo, i valori riportati in tabella sono quelli che si associano all'isotono di peso medio e quindi per poter utilizzare le relazioni con questa approssimazione, per lo strato  $\Pi_s = 1$ , nella prima espressione abbiamo usato il valore medio :

$$E_0(8) = \frac{1}{2} \cdot [E_0(8_p) + E_0(8_d)] = \frac{1}{2} \cdot (72.8534 + 69.2496) = \mathbf{71.052 \text{ MeV.}}$$

Nelle pagine seguenti riportiamo la tabella degli isotoni naturali con i relativi valori sperimentali e teorici corretti dell'energia nucleare per strato.