

Scheda di auto-valutazione: fondamenti di fisica nucleare

Argomenti da conoscere per sostenere con profitto l'esame

- Definizione di energie di legame, energia di legame in funzione di A e Z , raggi nucleari
- Valle di stabilità
- Formula di massa semi-empirica e sua giustificazione teorica, parabole di stabilità
- Modello a shell non interagente e sua giustificazione teorica, numeri magici ed evidenze sperimentali ad essi connesse
- Isospin, operatori di isospin, isospin totale per un nucleo, multipletti di isospin e loro proprietà
- Simmetria ed antisimmetria della funzione d'onda nucleare e conseguente parità
- Isomeri nucleari

Esercizi

Lo studente che si appresta ad affrontare l'esame dovrebbe essere in grado di:

- determinare spin e parità dello stato fondamentale di un nucleo con A e Z dati
- interpretare (dove possibile) gli stati eccitati di un nucleo mediante il modello a shell
- Completare un multipletto nucleare

Di seguito alcuni calcoli che lo studente dovrebbe essere in grado di affrontare

1. Considerare i nuclei: ^{17}F , ^{39}K , ^{41}K , ^{87}Rb , ^{171}Yb . Dare una predizione realistica in base al modello a shell.
2. Nuclei leggeri nel modello a shell. Descrivere gli stati fondamentali dei nuclei con $A \leq 4$ specificando i numeri quantici L , S , J e T e parità
 - (a) Per il nucleo di ^4He che stati eccitati ci si aspetta di trovare entro un quanto energetico di oscillazione?
 - (b) Che modi di decadimento sono possibili per questi nuclei?
 - (c) Quali degli stati precedenti sono possibili per ^4H ? e quali per ^4Be ?
3. Mostrare lo spettro energetico (con spin e parità) per i cinque livelli energetici più bassi del ^{210}Pb e spiegarne il motivo.

4. Usando il modello a shell, fornire spin e parità dello stato fondamentale dei seguenti nuclei: ${}^7\text{Li}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^1\text{H}$, ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$, ${}^{11}\text{B}$, ${}^{10}\text{B}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{141}\text{Pr}$, ${}^4\text{He}$, ${}^3\text{He}$, ${}^{14}\text{N}$, ${}^{31}\text{P}$.
5. Spiegare mediante il modello a shell le seguenti evidenze empiriche:
 - (a) Lo zirconio (Zr) è un ottimo materiale per rivestire gli elementi di combustibile, in quanto capace di fermare i frammenti di fissione ma di essere trasparente al passaggio di neutroni.
 - (b) I nuclidi, in particolar modo quelli pesanti, tendono a decadere emettendo particelle α piuttosto che altre combinazioni di neutroni e protoni.
 - (c) Il ${}^6\text{Li}$ ha una sezione d'urto per assorbimento neutronico molto alta ad energie termiche mentre il ${}^7\text{Li}$ no, infatti il ${}^6\text{Li}$ viene usato per produrre trizio nei reattori a fusione DT tramite la reazione ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$.
 - (d) Il ${}^{10}\text{B}$ è un ottimo elemento per le barre di controllo, mentre il ${}^{11}\text{B}$ invece no.
 - (e) Nei reattori a fissione caricati a UO_2 , non ci si deve preoccupare per l'ossigeno nelle reazioni neutroniche.
 - (f) Pur avendo un rapporto Z/N anomalo, nel 1999 alcuni fisici sperimentali sono stati capaci di produrre nuclei di ${}^{48}\text{Ni}$.
 - (g) Il ${}^9\text{Be}$ ha una sezione d'urto per reazioni $(n,2n)$ con un'energia di soglia per l'emissione di neutroni inaspettatamente bassa. Infatti, il berillio è utilizzato come moltiplicatore di neutroni.
6. Identificare i livelli ad energia più bassa dei nuclei ${}^{14}\text{C}$, ${}^{14}\text{N}$ e ${}^{14}\text{O}$ che corrispondono agli iso-multipletti $I = 0$ e $I = 1$ (vedi Fig.1).

Nota: Personalmente consiglio di risolvere gli esercizi formando piccoli gruppi lavoro

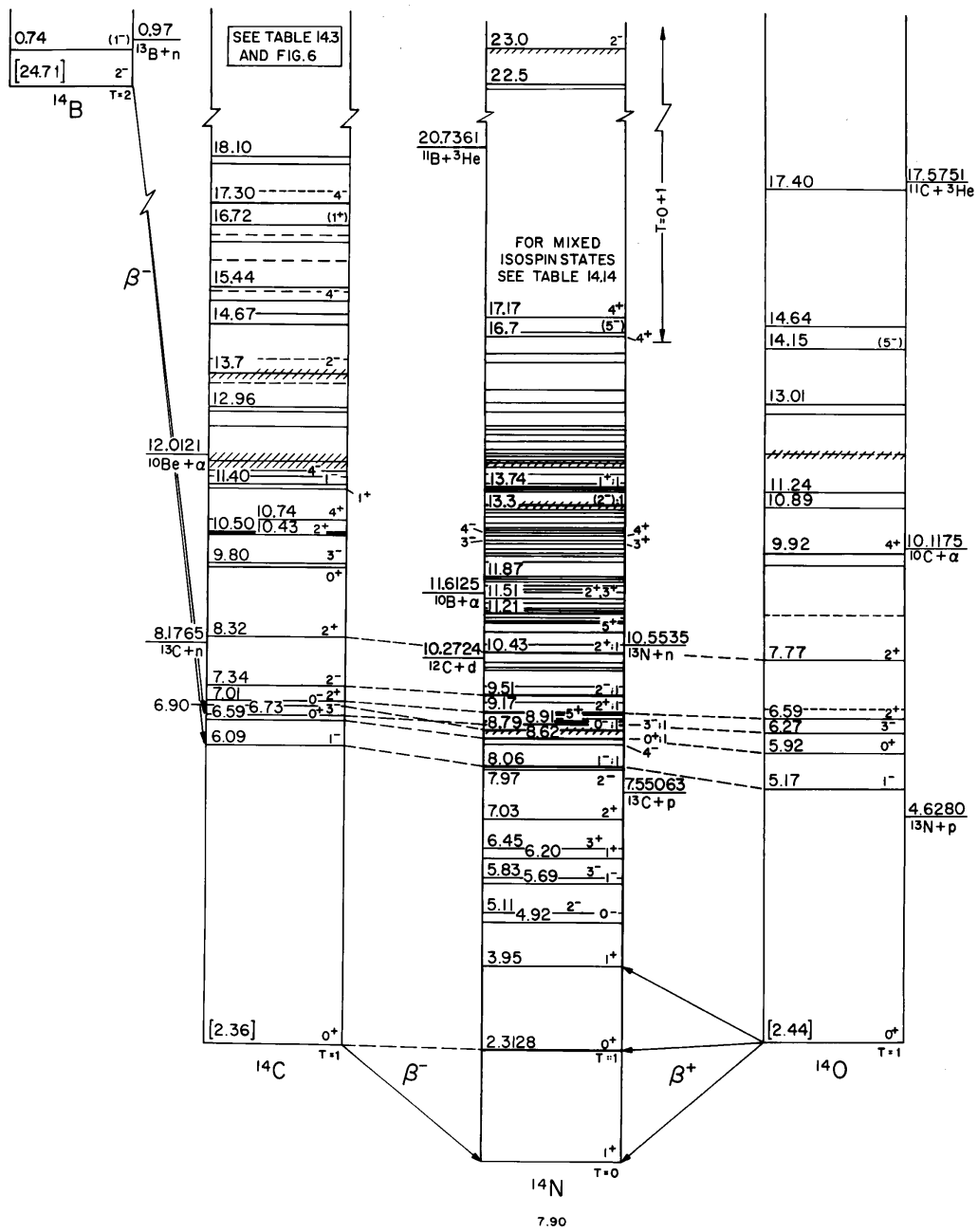


Figure 1: Livelli energetici dei nuclei isobari con $A = 14$.

B = Solids Hg = Liquids Kr = Gases Pm = Not found in nature

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1.00794	2 He 4.002602	3 Li 6.941	4 Be 9.012182	5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.00674	8 O 15.9994	9 F 18.9984032	10 Ne 20.1797	11 Na 22.989770	12 Mg 24.3050	13 Al 26.981538	14 Si 28.0855	15 P 30.973761	16 S 32.066	17 Cl 35.4527	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955910	22 Ti 47.867	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938049	26 Fe 55.845	27 Co 58.933200	28 Ni 58.6534	29 Cu 63.545	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.504	36 Kr 83.80
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90550	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.90447	54 Xe 131.29
55 Cs 132.90545	56 Ba 137.327	71 Lu 174.967	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.078	79 Au 196.56655	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.58038	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	103 Lr (262)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Ds (269)	111 Rg (272)	112 Cn (277)	113 Uut (277)	114 Uuq (277)	115 Uup (277)	116 Uuh (277)	118 Uuo (277)	
57 La 138.9055	58 Ce 140.116	59 Pr 140.50765	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92534	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93032	68 Er 167.26	69 Tm 168.93421	70 Yb 173.04				
89 Ac 232.0381	90 Th 232.0381	91 Pa 231.035888	92 U 238.0289	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)				