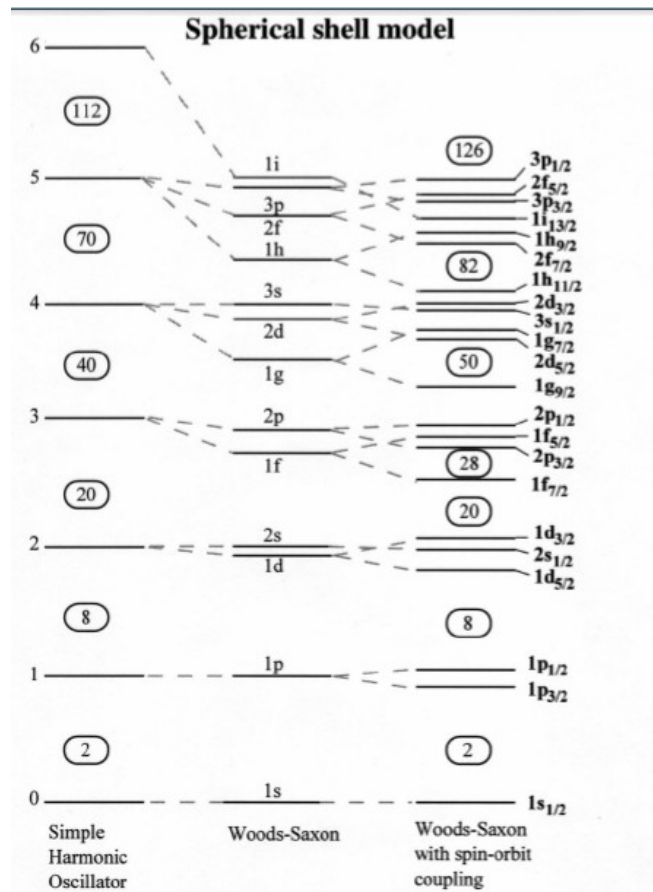


Cvičenie 4.



Príklad 4.1 Objasnenie shell modelu

- Ako by sme v princípe vypočítali energetické hladiny nakreslené na obrázku?
- Ako vyzerajú potenciály pre trojrozmerný harmonický oscilátor a Woods-Saxon potenciál? Čo bolo motiváciou zavedenia takýchto potenciálov.
- Energie pre harmonický oscilátor sú od seba vzdialené ekvidistantne. Čomu je rovná vzdialenosť medzi dvoma hladinami?
- Na základe obrázku zistíte, aká je degenerácia hladín pre jednoduchý harmonický oscilátor.
- V prvom stĺpci na obrázku je stav s číslom 3 rozštiepený v druhom stĺpci na stavy 2p a 1f. Čo znamenajú tieto čísla v prvom a druhom stĺpci?
- Aké magické čísla predpovedá model s potenciálom harmonického oscilátora a model s Wood-Saxonovským potenciálom?
- Až vďaka pridaniu takzvanej spin-orbitalnej interakcie dostávame v spektre pozorovné magické čísla. Pri uvážení, že spin-orbitálna reakcia má tvar $V_{LS}(r) = -v(r)\hat{\mathbf{L}} \cdot \hat{\mathbf{S}}/\hbar^2$. Ukážte, že hladina s $p_{3/2}$ leží nižšie ako hladina s $p_{1/2}$ (Pre jednoduchosť uvažujeme potenciál nezávislý od r , teda $v(r) = v_0$) newline
 $a) H\psi = E\psi$; $b) \text{ tvar } W.S. \text{ korešponduje s experimentálnym rozložením hustoty náboja v jadre, } H.O. \text{ sa v istej}$

časti podobá na $W.S.$ a navyše $H.O.$ vieme riešiť analyticky a vlnové funkcie $W.S.$ vyjadrujeme pomocou vlnových funkcií $H.O.$; c) $\Delta E = \hbar\omega$ d) Pre hladiny je degenerácia postupne 2, 6, 12, 20 e) V prvom čísle je N stavy harmonického oscilátora, jednotlivým stavom prislúcha energia $E_N = \hbar\omega(N + \frac{3}{2})$. V druhom stĺpci udáva číslo 1 energeticky najnižší stav s daným momentom hybnosti, číslo 2 druhý najnižší energetický stav pre daný moment hybnosti atď. f) 2, 8, 20, 40 atď g) Využijeme $-v_0 \hat{\mathbf{L}} \cdot \hat{\mathbf{S}} / \hbar^2 \Psi_{jls} = -v_0(j(j+1) - l(l+1) - s(s+1))/2 \Psi_{jls}$, potom $E_{p_{3/2}} - E_{p_{1/2}} = -\frac{3}{2}v_0$.

Príklad 4.2 Pomocou shell modelu stanovte spin a paritu základného stavu nasledujúcich jadier. (Spin a paritu nepárno-párnych jadier určuje nespárovaný nukleón.) Porovnajete vaše predpovede s experimentálnymi hodnotami získanými napr. na stránke <http://www.nndc.bnl.gov/chart/>
 ${}^3_2\text{He}$, ${}^9_4\text{Be}$, ${}^{15}_7\text{N}$, ${}^{17}_9\text{F}$, ${}^{21}_{10}\text{Ne}$, ${}^{27}_{13}\text{Al}$, ${}^{33}_{16}\text{S}$, ${}^{12}_6\text{C}$

Výsledok: ${}^3_2\text{He}(\frac{1}{2}^+)$, ${}^9_4\text{Be}(\frac{3}{2}^-)$, ${}^{15}_7\text{N}(\frac{1}{2}^-)$, ${}^{17}_9\text{F}(\frac{5}{2}^+)$, ${}^{21}_{10}\text{Ne}(\frac{5}{2}^+)$, ${}^{27}_{13}\text{Al}(\frac{5}{2}^+)$, ${}^{33}_{16}\text{S}(\frac{3}{2}^+)$, ${}^{12}_6\text{C}(0^+)$ s experimentom nesedí len ${}^{21}_{10}\text{Ne}$, pre ktorý je zmerané $\frac{3}{2}^+$.

Príklad 4.3 Experimentálne hodnoty celkového momentu hybnosti daných nepárno-nepárnych jadier sú nasledovné: ${}^{16}_7\text{N} - 2^-$, ${}^{12}_5\text{B} - 1^+$, ${}^{34}_{15}\text{P} - 1^+$, ${}^{28}_{13}\text{Al} - 3^+$. Pre každé z jadier napíšte:

- Ako je orientovaný spin nespárovaného neutrónu voči jeho uhlovému momentu?
- Ako je orientovaný spin nespárovaného protónu voči jeho uhlovému momentu?
- Ako je orientovaný celkový moment hybnosti protónu voči celkovému momentu hybnosti neutrónu?

Na základe a), b), c) odpovedzte ako sú voči sebe orientované spiny neutrónu a protónu a z tohto poznatku odvoďte celkový moment hybnosti jadier ${}^{26}_{11}\text{Na}$ a ${}^{28}_{11}\text{Na}$.

Poučenie: spiny nespárovaných nukleónov sú orientované paralelne. Z tohto poznatku plynie pre spiny: ${}^{26}_{11}\text{Na}(3^+)$, ${}^{28}_{11}\text{Na}(1^+)$.

Poučenie: spiny nespárovaných nukleónov sú orientované paralelne. Z tohto poznatku plynie pre spiny: ${}^{26}_{11}\text{Na}(3^+)$, ${}^{28}_{11}\text{Na}(1^+)$.

Príklad 4.4 V prípade nepárno-nepárnych jadier určujeme moment hybnosti pomocou tzv. Nordheimových pravidiel

a) **Silné Nordheimove pravidlo**

Ak má jeden z dvoch nespárovaných nukleónov l a s paralelné a druhý antiparalelné, t.j. $j_p = l_p + 1/2$, $j_n = l_n - 1/2$, má jadro celkový moment hybnosti $I = |j_p - j_n|$

b) **Slabé Nordheimove pravidlo**

Ak majú oba nespárované nukleóny l a s paralelné alebo oba antiparalelné, tak moment hybnosti jadra nadobúda jednu z možných hodnôt $I = j_p + j_n, j_p + j_n - 1, \dots, |j_p - j_n|$. (Toto pravidlo sa vyskytuje v literatúre s mnohými obmenami.)

Vypočítajte spin a paritu nasledovných jadier a porovnajete hodnoty s experimentálnymi údajmi ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^{34}_{17}\text{Cl}$, ${}^{42}_{19}\text{K}$, ${}^{10}_5\text{B}$, ${}^{64}_{29}\text{Cu}$.

Výsledok: ${}^{14}_7\text{N}(1^+, 0^+)$, ${}^{34}_{17}\text{Cl}(3^+, 2^+, 1^+, 0^+)$, ${}^{42}_{19}\text{K}(2^-)$, ${}^{10}_5\text{B}(3^+, 2^+, 1^+, 0^+)$, ${}^{64}_{29}\text{Cu}(1^+)$. Experimentálne hodnoty sú zvýraznené tmavým.