

**Tentamen Structuur der Materie - I (SdM-I)**  
**9 april 2013**

4 opgaven.

[Totaal: 40 punten: 9 + 9 + 11 + 7 + 4 (bonus)]

**OPGAVE 1.** [9 ptn]

Beschouw een aangeslagen Na-atoom ( $1s^2 2s^2 2p^6 5\ell$ ).

- a) Geef de mogelijke waarden van  $\ell$ . [1 ptn]
- b) Wat is de hoek tussen de vector  $\ell$  en de z-as voor het geval dat  $\ell=3$  en  $m=-2$ . [2 ptn]
- c) Schets het radiale deel van de golffuncties van een 5s en een 5f-toestand. [2 ptn]
- d) Bereken de bindingsenergie van de  $5\ell$ -toestanden in een waterstofatoom. [1 ptn]
- e) Verklaar waarom in het aangeslagen K-atoom de 5s-toestand veel sterker gebonden is dan in waterstof terwijl voor de 5f-toestanden de bindingsenergieën (nagenoeg) gelijk zijn. [3 ptn]

**OPGAVE 2.** [9 ptn]

- a) Welke drie krachten spelen een rol binnen de kern en zijn verenigd in het Standaard Model en wat zijn de bijbehorende krachtdragers. [2 ptn]
- b) Geef de karakteristieke tijdschalen voor processen die door elk van de 3 krachten tot stand komen. [1 ptn]

Beschouw nu een baryon opgebouwd uit drie s quarks.

- c) Wat is de lading van dit baryon? [1 ptn]
- d) Wat is de hyperlading Y van dit baryon? [1 ptn]
- e) Wat is de isospin  $I_3$  van dit baryon? [1 ptn]
- f) Controleer of dit baryon qua leptonen-, baryonen- en strangeness-getallen kan vervallen tot een  $\Lambda$  (bestaat uit een u, d, en s quark) en een  $K^-$  (bestaat uit een s en anti-u quark). [2 ptn]
- g) Het vervalproces bij f) vindt in de natuur echter wel plaats. Motiveer welke kracht dit proces dan drijft. [1 ptn]

**OPGAVE 3.** [11 ptn]

Beschouw  ${}_{23}^{51}\text{V}$

- Bepaal de elektronische configuratie van V. [2 ptn]
- Bepaal de grondterm (gebruik de spectroscopische notatie) en J-nivo's behorende bij deze term. (voor het geval dat je antwoord a) niet weet ga dan uit van een  $3d^7$ -configuratie) [3 ptn]
- Welke van de niveaus is het grondtoestandsniveau. [1 ptn]
- Bepaal de ladingsdichtheid in elementaire lading per  $\text{fm}^3$ . [1 ptn]
- Bepaal voor zowel de protonen als de neutronen in de kern de opvulling van de kernschillen. Geef ook het J-kwantumgetal voor de niet volledig gevulde schillen. [2 ptn]
- Bepaal het impulsmoment en pariteit van de grondtoestand van deze V-kern. [2 ptn]

**OPGAVE 4.** [7 ptn]

Beschouw de spin-baanopsplitsing van een  ${}^2D$ -term. Voor deze term is de spin-baan-koppelingsconstante  $B_{SO}$  ( $B_{SO} = \xi \hbar^2 (2\pi)^{-2}$ ) gelijk aan  $-5 \text{ cm}^{-1}$ .

- Bepaal de J-waarden van de J-niveaus. [1 ptn]
- Toon aan dat de totale bindingsenergie van de J-niveaus gelijk is aan die van de  ${}^2D$ -term. [1 ptn]
- Behoort deze term bij een Sc-atoom ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d$ ) of bij een Cu-atoom ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ )? [1 ptn]
- Schets de energieverhuizing van de toestanden voor een toenemend zwak magneetveld B (Zeeman-effect), geef de relevante kwantumgetallen aan. [2 ptn]
- Bepaal (maak een afschatting van) de magneetveldsterkte waarbij de zwakke-magneetveldbenadering niet meer geldig is. Hoe moet het systeem in een sterk magneetveld nu dan wel beschreven worden. [2 ptn]

**NUTTIGE INFORMATIE**

$$g_j = 1 + [j(j+1) - l(l+1) + s(s+1)]/[2j(j+1)]^{-1}$$

$$\mu_B = 0.47 \text{ cm}^{-1}/\text{T}$$

$$E_{so} = 0.5 \xi \hbar^2 (2\pi)^{-2} \{j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)\}$$

De straal R van een kern is gegeven door  $R = 1.12 A^{1/3} \text{ [fm]}$ .

De volgorde van "nl" in een kern is 1s, 1p, 1d, 2s, 1f, 2p en 1g.