

## Övning 8 - Kapitel 40

R: 4,5,14,17,21,29,38,51,63,75

4. Hur många elektrontillstånd finns i a)  $n = 4$ ,  $\ell = 3$ , b)  $n = 3$ ,  $\ell = 1$ , c)  $n = 4$ ,  $\ell = 1$ , d)  $n = 2$ ,  $\ell = 0$ ?

För ett givet kvanttal  $\ell$  finns det  $(2\ell + 1)$  olika värden på  $m_\ell$  (som beskriver projektionen av  $\ell$  på z-axeln). För varje givet  $m_\ell$  finns det dessutom två spinnriktningar (upp och ner). Så antalet elektrontillstånd är  $N_\ell = 2(2\ell + 1)$ .

(a) Om  $\ell = 3$ , så  $N_\ell = 2(2 \times 3 + 1) = 14$ .

(b) Om  $\ell = 1$ , så  $N_\ell = 2(2 \times 1 + 1) = 6$ .

(c) Om  $\ell = 1$ , så  $N_\ell = 2(2 \times 1 + 1) = 6$ .

(d) Om  $\ell = 0$ , så  $N_\ell = 2(2 \times 0 + 1) = 2$ .

5. a) Vad är magnituden på det magnetiska rörelsemängdsmomentet vid tillstånd  $\ell = 3$ ? b) Vad är dess största projektion på z-axeln?

(a) Använd ekvation.(40-2):

$$L = \sqrt{\ell(\ell+1)}\hbar = \sqrt{3(3+1)}(1.055 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) = 3.65 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}.$$

(b) Eftersom  $L_z = m_\ell \hbar$  (40-7) och  $m_\ell = 0, \pm 1 \dots \pm \ell$  blir  $L_z$  som störst med  $m_\ell = \ell$  dvs:

$$[L_z]_{\max} = \ell \hbar = 3(1.055 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) = 3.16 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}.$$

14. a) Vad är energiskillnaden mellan det magnetiska momentets orientering för silveratomerna i de två atomstrålarna? b) Vilken frekvens skulle kunna inducera en övergång mellan de två tillstånden? c) Vad är våglängden för denna strålning och d) vilken del av det elektromagnetiska spektrumet tillhör denna strålning?

(a) Energiskillnaden ges av  $\Delta E = \mu_z B - (-\mu_z B) = 2\mu_z B$  ekv (40-21). z-komponenten (längs med B-fältet) för en elektrons magnetiska moment (dess spin) är lika med Bohr magnetonen (se ekv 40-18  $\mu_{s,z} = -2(+1/2) = -\mu_B$ , och  $\mu_{s,z} = -2(-1/2) = +\mu_B$ )

$$\Delta E = 2\mu_B B = \frac{2(9.27 \times 10^{-24} \text{ J/T})(0.50 \text{ T})}{1.60 \times 10^{-19} \text{ J/eV}} = 58 \mu\text{eV} .$$

(b) Från  $\Delta E = hf$  får vi:

$$f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{9.27 \times 10^{-24} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 1.4 \times 10^{10} \text{ Hz} = 14 \text{ GHz} .$$

(c) Våglängden blir då:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2.998 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.4 \times 10^{10} \text{ Hz}} = 2.1 \text{ cm} .$$

(d) Våglängden/frekvensen ligger inom kortvågsområdet.

17. Vilken våglängd har den foton som kan inducera en övergång från parallell till antiparallell orientering i ett 0.2 T magnetfält, antaget  $\ell = 0$ ?

Energien för en magnetisk dipol i ett externt fält  $\vec{B}$  är  $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -\mu_z B$  (40-15), där  $\vec{\mu}$  är dipolens magnetiska moment och  $\mu_z$  är dess komponent längs B-fältet. Pss i 4a är energiskillnaden mellan de två tillstånden  $\Delta E = \mu_z B - (-\mu_z B) = 2\mu_z B$ . (Elektronens magnetiska moment är  $\mu_B$ , se uppg 4.)

$$\Delta E = 2\mu_B B = 2(9.274 \times 10^{-24} \text{ J/T})(0.200 \text{ T}) = 3.71 \times 10^{-24} \text{ J} .$$

Fotonens våglängd blir då:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(2.998 \times 10^8 \text{ m/s})}{3.71 \times 10^{-24} \text{ J}} = 5.35 \times 10^{-2} \text{ m} .$$

21. Vad är den lägsta energinivån för systemet?

På grund av Paulis exklusionsprincip kan varje n-tillstånd endast ”innehålla” 2 elektroner styck. Lägsta energinivån fås genom att ”fylla” nivå  $n = 1, 2, 3$  med två elektroner och  $n = 4$  med den sista. Energin blir mha ekv 39-4

$$\begin{aligned}
 E_{\text{ground}} &= 2E_1 + 2E_2 + 2E_3 + E_4 \\
 &= 2\left(\frac{h^2}{8mL^2}\right)(1)^2 + 2\left(\frac{h^2}{8mL^2}\right)(2)^2 + 2\left(\frac{h^2}{8mL^2}\right)(3)^2 + \left(\frac{h^2}{8mL^2}\right)(4)^2 \\
 &= (2+8+18+16)\left(\frac{h^2}{8mL^2}\right) = 44\left(\frac{h^2}{8mL^2}\right).
 \end{aligned}$$

Multipeln av  $h^2/8mL^2$  blir alltså 44.

29. a) Vilken är det högst ockuperade skalet för Selen ( $Z = 34$ ) och b) antalet elektroner i det. c) och d) samma som a och b men med Brom ( $Z = 35$ ). e) och f) samma som a och b men med Krypton ( $Z = 36$ )

De tre första skalerna ( $n=1$  till 3) kan "hålla"  $2 + 8 + 18 = 28$  elektroner är helt fyllda. Sen fylls resten ( $34 - 28$ ) i  $n=4$  dvs 4s, 4p, 4d... dvs 2st i 4s resp.

- a) 4p
- b) 4 st i 4p.
- c) / d) för Br är det 5 st i 4p och
- e) / f) för Kr är det 5 st i 4p.

38. a) Om accelerationspotentialen ökas till 50 keV vad händer med  $\lambda_{\min}$  och b) kommer  $K_\alpha$   $K_\beta$  ändas, i så fall hur?

(a) Vi använder  $eV = hc/\lambda_{\min}$  (från  $\lambda_{\min} = hc/K_0$  ekv. 40-23 och  $K_{\max} = eV_{\text{stop}}$  ekv 38-4). Med  $hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm} = 1240 \text{ keV}\cdot\text{pm}$ , blir medelvärdet  $\lambda_{\min}$

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV} = \frac{1240 \text{ keV}\cdot\text{pm}}{50.0 \text{ keV}} = 24.8 \text{ pm}.$$

(b) Energin eller våglängden för  $K_\alpha$  och  $K_\beta$  är oberoende av accelerationspotentialen och blir därför opåverkade.

51. Med vilket flöde emitteras fotoner från lasern? #fotoner/sekund

Låt effekten för lasern vara  $P$  (W) och energin för varje foton lika med  $E$ . Då blir hastigheten med vilken lasern emitterar fotoner:

$$R = \frac{P}{E} = \frac{P}{hc/\lambda} = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{(2.3 \times 10^{-3} \text{ W})(632.8 \times 10^{-9} \text{ m})}{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(2.998 \times 10^8 \text{ m/s})} = 7.3 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}.$$

63. a) Vad är energiskillnaden för de två övre tillstånden ( $n = 3, l = 1$ )?  
 b) Vad är det interna magnetfältets stolek som orsakar denna energiskillnad?

(a) Om  $hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$  kan energiskillnaden skrivas,

$$\Delta E = hc \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = (1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}) \left( \frac{1}{588.995 \text{ nm}} - \frac{1}{589.592 \text{ nm}} \right) = 2.13 \text{ meV} .$$

(b) Från  $\Delta E = 2\mu_B B$  (se uppg. 17), får vi:

$$B = \frac{\Delta E}{2\mu_B} = \frac{2.13 \times 10^{-3} \text{ eV}}{2(5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T})} = 18 \text{ T} .$$

75. Använd  $eV = hc/\lambda_{\min}$  (se ekv.. 40-23 och ekv.. 38-4):

$$h = \frac{eV\lambda_{\min}}{c} = \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(40.0 \times 10^3 \text{ eV})(31.1 \times 10^{-12} \text{ m})}{2.998 \times 10^8 \text{ m/s}} = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} .$$