

Urvalsregler

19 okt. 2026, 3 min läsning

UTKAST

#fysik #atomfysik #princip

Kurs: F0005T Förkunskaper: Kvanttal, Zeemaneffekten

Alla tänkbara övergångar mellan atomens tillstånd sker inte. En foton bär en enhet $\hbar$ rörelsemängdsmoment, och eftersom L bevaras måste l ändras med precis ett och m_l med noll eller ett. Alla andra övergångar är otillåtna.

$$\Delta l = \pm 1 \quad \Delta m_l = 0, \pm 1$$

Formeln, symbol för symbol

$$\underbrace{\Delta l = \pm 1}_{\text{fotonen tar med sig en enhet } \hbar} \quad \underbrace{\Delta m_l = 0, \pm 1}_{\text{fotonens z-del: } -\hbar, 0 \text{ eller } +\hbar}$$

Rörelsemängdsmomentet bevaras: det atomen förlorar tar fotonen med sig. Huvudkvanttalet n finns inte med, så det får ändras fritt.

1. Fotonen tar med sig rörelsemängdsmoment

När atomen sänder ut eller tar upp en foton måste det totala rörelsemängdsmomentet bevaras. En **foton** bär vid en vanlig övergång ett rörelsemängdsmoment på en enhet $\hbar$, och dess komponent längs z kan vara $-\hbar$, 0 eller $+\hbar$. Atomens banrörelsemängdsmoment måste därför ändras med precis en enhet, och $L_z = m_l \hbar$ med högst en:

$$\Delta l = \pm 1 \quad \Delta m_l = 0, \pm 1$$

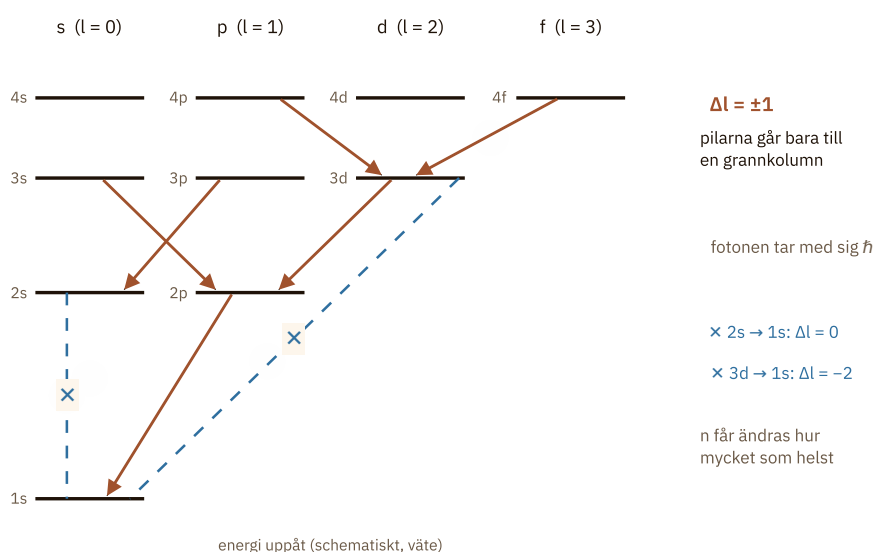
vilket är reglerna i rutan överst. För huvudkvanttalet n finns ingen regel: n får ändras med hur mycket som helst, även noll.

2. Tillåtna och förbjudna övergångar

Övergångar som uppfyller reglerna kallas **tillåtna**, övriga **förbjudna**. Förbjuden betyder i praktiken *mycket osannolik*: övergången kan ske genom svagare processer, men tar då mycket längre tid.

Övergång	Δl	Status
$2p \rightarrow 1s$	-1	tillåten (Lyman- α)
$3p \rightarrow 2s$	-1	tillåten
$3d \rightarrow 2p$	-1	tillåten
$2s \rightarrow 1s$	0	förbjuden
$3d \rightarrow 1s$	-2	förbjuden

En atom i 2s kan alltså inte direkt falla till 1s med en foton. Den blir kvar mycket längre än i en vanlig exciterad nivå – den är **metastabil**, samma egenskap som gör en **Laser** möjlig.



Väteatomens nivåer sorterade i kolumner efter l . Varje tillåten övergång (heldragen pil) går till en grannkolumn, eftersom $\Delta l = \pm 1$. $2s \rightarrow 1s$ och $3d \rightarrow 1s$ (streckade) är förbjudna, medan n kan ändras hur mycket som helst.

3. Varför Zeemaneffekten bara ger tre linjer

Reglen $\Delta m_l = 0, \pm 1$ är det som gör den normala Zeemaneffekten så enkel. I ett fält B ligger begynnelse- och slutnivån på

$$E_i = E_{3d} + m_i \mu_B B \quad E_f = E_{2p} + m_f \mu_B B$$

Fotonens energi blir skillnaden:

$$hf = E_i - E_f = (E_{3d} - E_{2p}) + (m_i - m_f)\mu_B B$$

Med $m_i - m_f \in \{-1, 0, +1\}$ finns bara tre möjliga värden:

$$hf = E_0 - \mu_B B, \quad E_0, \quad E_0 + \mu_B B$$

Av de 15 tänkbara kombinationerna av nivåer tillåter regeln nio, och de nio fördelar sig på tre linjer (figuren i [Zeemaneffekten](#)).

⚠ Vanliga fel

- **Regel för n .** Det finns ingen. $4p \rightarrow 2s$ är lika tillåten som $2p \rightarrow 1s$.
- **$\Delta l = 0$ tillåts.** $3s \rightarrow 2s$ och $2p \rightarrow 2p$ är förbjudna; l måste ändras med exakt ett.
- **Pilar räknas i stället för energier.** Nio tillåtna övergångar $3d \rightarrow 2p$ i ett fält ger bara tre spektrallinjer.
- **Förbjuden tolkas som omöjlig.** Förbjudna övergångar sker, men med mycket lägre sannolikhet; det är därför metastabila nivåer lever länge.

4. Lösta exempel

≡ Exempel – Vilka övergångar är tillåtna?

Avgör vilka av följande övergångar som är tillåtna enligt urvalsreglerna för en foton: (a) $3d \rightarrow 2s$, (b) $4p \rightarrow 3s$, (c) $3s \rightarrow 2s$, (d) $4f \rightarrow 3d$, (e) $3d (m_l = 2) \rightarrow 2p (m_l = 0)$.

✎ Lösning

Metod. Läs av l ur bokstaven (s, p, d, f = 0, 1, 2, 3) och kontrollera $\Delta l = \pm 1$, och i (e) även Δm_l .

a) $l : 2 \rightarrow 0, \Delta l = -2$: förbjuden.

b) $l : 1 \rightarrow 0, \Delta l = -1$: tillåten.

c) $l : 0 \rightarrow 0, \Delta l = 0$: förbjuden.

d) $l : 3 \rightarrow 2, \Delta l = -1$: tillåten.

e) $\Delta l = -1$ är i sin ordning, men $\Delta m_l = 0 - 2 = -2$: förbjuden.

Ej kontrollerat mot facit – två oberoende lösningar stämmer överens.

Läsning

- 41.4 The Zeeman Effect