

Bohrs atommodell

19 okt. 2026, 6 min läsning

UTKAST

#fysik #atomfysik #modell

Kurs: F0005T Förkunskaper: Linjespektrum

Bohr postulerade år 1913 att en atom bara kan ha bestämda energier och inte någon energi däremellan, att den har en lägsta nivå – grundtillståndet – och att den växlar nivå enbart genom att absorbera eller emittera en foton. Det var ett stort konceptuellt genombrott eftersom klassisk fysik gör kretsande elektroner omöjliga: en accelererad laddning strålar konstant, förlorar energi och skulle spirallera in i kärnan. Postulaten gäller fortfarande, även om modellens mekanik senare ersättes av kvantmekaniken.

1. Varför klassisk fysik misslyckas

Rutherfords spridningsförsök visade att atomens positiva laddning och nästan hela dess massa sitter i en liten kärna, med en diameter under 10^{-14} m, medan hela atomen är omkring 10^{-10} m. Den naturliga bilden blev elektroner som kretsar kring kärnan som planeter kring solen. Klassisk fysik ger då tre förutsägelser som alla är fel:

Klassisk förutsägelse	Verkligheten
Elektronen accelererar och strålar hela tiden	Atomen strålar bara när den har exciterats
Energiförlusten får elektronen att spirallera in i kärnan på en bråkdel av en sekund	Atomerna är stabila
Banfrekvensen ändras kontinuerligt, så ljuset får ett kontinuerligt spektrum	Ljuset har ett linjespektrum

2. Bohrs postulat

Bohr bröt med klassisk fysik och postulerade följande:

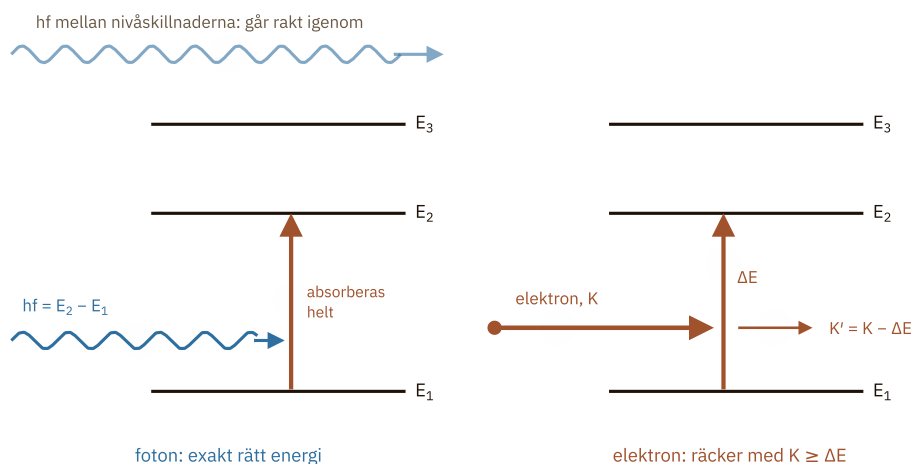
1. **Stationära tillstånd.** Atomen kan bara ha vissa bestämda energier $E_1 < E_2 < E_3 < \dots$ och strålar inte så länge den befinner sig i ett av dem.
2. **Övergångar via fotoner.** Atomen byter nivå genom att sända ut eller absorbera en foton, vars energi är skillnaden mellan nivåerna: $hf = E_i - E_f$.
3. **Grundtillstånd.** Det finns en lägsta nivå. En atom där kan inte sända ut någon foton, eftersom det inte finns någon lägre nivå att falla till. Därför är atomer stabila.

Nivåerna ovanför grundnivån kallas **exciterade**. Alla atomer av samma grundämne har samma uppsättning nivåer, men olika grundämnen har olika uppsättningar, vilket är skälet till att varje ämne har sitt eget spektrum.

3. Excitation med fotoner och med elektroner

En atom kan lyftas till en högre nivå på två sätt, och de skiljer sig på en punkt som ofta testas:

- **Foton.** Fotonen absorberas helt eller inte alls, så dess energi måste vara exakt lika med en nivåskillnad.
- **Stöt med en elektron eller en annan atom.** Den inkommande partikeln kan lämna ifrån sig en *del* av sin rörelseenergi och fortsätta med resten. Det räcker att $K \geq \Delta E$.



Vänster: en foton absorberas bara om dess energi är exakt en nivåskillnad, annars går den rakt igenom.

Höger: en elektron med $K \geq \Delta E$ kan lyfta atomen och fortsätter med resten, $K' = K - \Delta E$.

Vid en oelastisk stöt där atomen exciteras ger energins bevarande, med atomens rekyl försummad,

$$K = K' + \Delta E$$

$$K' = K - \Delta E \quad (K \geq \Delta E)$$

Är K mindre än den lägsta excitationenergin blir stöten elastisk, och elektronen studsar utan att förlora någon nämnvärd energi.

Franck–Hertz-försöket år 1914 visade att nivåerna finns på riktigt. Elektroner som accelererades genom kvicksilverånga fick ångan att sända ut ultraviolett ljus med $\lambda \approx 250$ nm så snart deras rörelseenergi nådde 4,9 eV, och $hc/(4,9 \text{ eV})$ är just omkring 250 nm. Kvicksilver har alltså en nivå 4,9 eV ovanför grundnivån.

4. Livstid

En exciterad atom stannar inte kvar i sin nivå. Efter en kort tid, typiskt omkring 10^{-8} s, faller den till en lägre nivå och sänder ut en foton. Den korta livstiden gör nivåns energi något oskarp, vilket ger spektrallinjen en naturlig bredd (se **Heisenbergs osäkerhetsprincip**). För att en gas ska fortsätta lysa måste energi tillföras hela tiden, till exempel genom en elektrisk urladdning.

5. Var kommer nivåerna ifrån?

Postulaten säger att nivåerna finns men inte var de ligger. För väte räknade Bohr fram dem genom att kräva att elektronens rörelsemängdsmoment är en heltalsmultipel av $h/2\pi$. Med **de Broglies** bild betyder kravet att en stående elektronvåg ska gå jämnt upp runt banan, med ett helt antal våglängder på omkretsen:

$$2\pi r_n = n\lambda_n$$

$$2\pi r_n = n \frac{h}{mv_n}$$

Fysika: Fd3 (de Broglie-våglängden)

$$mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

Radierna och energinivåerna som följer finns i **Bohrs modell för väteatomen**.

Vanliga fel

- **Fotonen och elektronen behandlas lika.** En foton måste ha exakt rätt energi. En elektron behöver bara ha minst rätt energi och behåller resten.
- **Atomen tvingas ta ett steg i taget.** En övergång kan hoppa över nivåer, till exempel direkt från nivå 3 till grundnivån.

- **Atomen i grundnivån strålar.** Den kan inte sända ut någon foton, eftersom det inte finns någon lägre nivå.
- **Postulaten och vätemodellen blandas ihop.** Postulaten gäller alla atomer. Formeln $E_n = -13,6 \text{ eV}/n^2$ gäller bara väte.

6. Lösta exempel

≡ Exempel – Elektroner och fotoner med samma energi

En gas består av atomer med energinivåerna 0 (grundnivå), 3,10 eV och 4,70 eV, och alla atomer är i grundnivån. (a) Gasen bestrålas med elektroner med rörelseenergin 4,00 eV. Vilken nivå kan exciteras, hur stor rörelseenergi har elektronen kvar efter stöten, och vilken våglängd har ljuset som gasen sedan sänder ut? (b) Gasen belyses i stället med fotoner med energin 4,00 eV. Vad händer? (c) Vilka våglängder sänds ut om elektronernas energi höjs till 5,00 eV?

Lösning

a) Bara nivån 3,10 eV ligger under 4,00 eV. Elektronen har kvar

$$K' = K - \Delta E = 4,00 - 3,10 = \boxed{0,90 \text{ eV}}$$

Atomen faller tillbaka till grundnivån och sänder ut

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{3,10 \text{ eV}} = \boxed{400 \text{ nm}}$$

Fysika: $Fd3$ (fotonenergi), Te (hc)

b) En foton måste ha exakt en nivåskillnad, och ingen nivå ligger 4,00 eV ovanför grundnivån. Fotonerna **absorberas inte** utan går rakt igenom gasen.

c) Nu kan båda nivåerna exciteras. Från 4,70 eV kan atomen falla direkt eller via 3,10 eV, så tre linjer är möjliga:

$$\frac{1240}{4,70} = 264 \text{ nm} \quad \frac{1240}{4,70 - 3,10} = \frac{1240}{1,60} = 775 \text{ nm} \quad \frac{1240}{3,10} = 400 \text{ nm}$$

Svaret är 264, 400 och 775 nm.

Ej kontrollerat mot facit – två oberoende lösningar stämmer överens.

☰ Exempel – Nivåer ur ett spektrum

En kall gas av ett okänt ämne ger absorptionslinjer vid 500 nm och 310 nm. När gasen hettas upp syns dessutom en tredje emissionslinje. Anta att bara tre nivåer spelar roll. Bestäm de exciterade nivåernas energier över grundnivån och den tredje linjens våglängd.

Lösning

Nivåerna. I kall gas utgår absorptionen från grundnivån, så varje absorptionslinje ger en nivå direkt:

$$E_2 = \frac{1240}{500} = \boxed{2,48 \text{ eV}} \quad E_3 = \frac{1240}{310} = \boxed{4,00 \text{ eV}}$$

Den tredje linjen. Den varma gasen kan också gå från E_3 till E_2 :

$$\Delta E = 4,00 - 2,48 = 1,52 \text{ eV}$$

$$\lambda = \frac{1240}{1,52} = \boxed{816 \text{ nm}}$$

Linjen ligger i det nära infraröda, och den syns inte i kall gas eftersom nästan inga atomer sitter i nivån E_2 .

Ej kontrollerat mot facit – två oberoende lösningar stämmer överens.

Läsning

- 39.3 Energy Levels and the Bohr Model of the Atom