

Atomteori

Fra Demokritos til kvantemekanikk – atomets oppbygning og egenskaper

KM4 – Periodesystemet og atomer

■ Rutherford og gullfolien som forandret alt

Manchester, 1909. Ernest Rutherford ba sine studenter Hans Geiger og Ernest Marsden om å skyte alfa-partikler mot en tynn gullfolie. Ifølge datidens atommodell (Thomson's 'rosinbolle-modell') burde partiklene passere rett gjennom med minimal avbøyning – atomer var diffuse positive sfærer med elektroner spredt utover.

Det som skjedde sjokkerte dem alle. De fleste partiklene passerte rett gjennom, men noen ble avbøyd i store vinkler – og noen spratt TILBAKE. Rutherford sa det var som 'å skyte en 15-tommers granat mot et stykke silkepapir og la den sprette tilbake og treffe deg.' Konklusjonen var uunngåelig: atomet er nesten helt tomt rom, med en liten, ekstremt tett, positivt ladet kjerne i sentrum. Atomkjernen var oppdaget.

Atomets historie – fra filosofi til fysikk

Ideen om at materie er bygget opp av udelelige, minste enheter er gammel. Den greske filosofen Demokritos foreslo på 400-tallet f.Kr. at alt er bygget av *atomos* – det udelelige. Men det var ren filosofi, uten eksperimentell støtte. I over 2000 år var dette kun spekulasjon.

Tabell 1: Atomteoriens utvikling gjennom historien

Årstall	Forsker	Modell/oppgivelse	Hva det forklarte
1803	John Dalton	Atom som udelelig kule	Kjemiske reaksjoner, massebevaring
1897	J.J. Thomson	Oppdaget elektron	Atomer har ladde deler
1904	J.J. Thomson	Rosinbolle-modell	Positive og negative ladninger i atom
1911	Rutherford	Kjerneatom – nucleos	Alfa-spredningseksperiment
1913	Niels Bohr	Bohr-modell (planetmodell)	Atomspektre og energinivåer
1926	Schrodinger/Heisenberg	Kvantemek. bølgeomodell	Elektronsky, sannsynlighet

Atomets oppbygning

Et atom består av en liten, tett **atomkjerne** omgitt av elektroner. Kjernen inneholder **protoner** (positivt ladet, +1) og **nøytroner** (uladet). Elektronene (negativt ladet, -1) befinner seg i et enormt rom rundt kjernen – atomet er nesten helt tomt.

■ Atomets dimensjoner – tall som setter perspektiv

Et typisk atom er ca. 0,1 nanometer (10 angström) i diameter

Atomkjernen er ca. 10.000 ganger mindre enn atomet – ca. 10 femtometer

Hvis et atom var som en fotballstadion, ville kjernen være en flue midt på banen

Protoner og nøytroner er 1836 ganger tyngre enn elektroner

Over 99,9% av atomets masse sitter i kjernen

Atomnummeret (Z) er antall protoner i kjernen – det definerer grunnstoffet. Alle hydrogenatomer har 1 proton, alle karbonatomer har 6, alle uranatomer har 92. **Massetallet (A)** er summen av protoner og nøytroner. Antall nøytroner = $A - Z$.

Tabell 2: Atomets tre grunnleggende partikler

Partikkel	Symbol	Ladning	Relativ masse	Plassering
Proton	p+	+1	1	Kjernen
Nøytron	n0	0	1	Kjernen
Elektron	e-	-1	1/1836	Elektronskall rundt kjernen

Isotoper

Isotoper er atomer av samme grunnstoff (samme antall protoner) men med ulikt antall nøytroner. Karbon har tre naturlige isotoper: C-12 (6 protoner + 6 nøytroner, vanligst, 98,9%), C-13 (6+7, 1,1%) og C-14 (6+8, radioaktiv, sporstoffer). De har nesten identiske kjemiske egenskaper men ulike masser og radioaktivitet.

■ Karbondatering og de gamle egypterne

C-14 dannes kontinuerlig i atmosfæren ved kosmisk stråling og inkorporeres i alle levende organismer. Når en organisme dør, slutter den å ta opp C-14, og det eksisterende C-14 begynner å henfalle med en halveringstid på 5730 år.

Ved å måle forholdet mellom C-14 og C-12 i et gammelt materiale kan man beregne alderen. Metoden ble utviklet av Willard Libby i 1949 (Nobelprisen i kjemi 1960) og har revolusjonert arkeologi og geologi. Linneteppe i Tutankhamuns grav? Datert til ca. 1350 f.Kr. Ötzi-ismannen fra Alpene? 5300 år gammel. Karbondatering fungerer pålitelig tilbake til ca. 50 000 år.

Bohrs atommodell og elektronskall

I 1913 presenterte den danske fysikeren Niels Bohr en ny atommodell. Elektroner kan kun befinne seg i bestemte baner (skall) rundt kjernen, og hvert skall har et bestemt energinivå. Elektroner kan hoppe mellom skall ved å absorbere (opp) eller emitte (ned) lys av nøyaktig riktig energi – det er grunnen til atomspektre.

Tabell 3: Elektronskall i Bohrs atommodell

Skall	Betegnelse	Maks elektroner	Energinivå
1	K-skall	2	Lavest (nærmest kjernen)
2	L-skall	8	Nest lavest
3	M-skall	18	Tredje
4	N-skall	32	Fjerde

Elektronkonfigurasjonen bestemmer grunnstoffets kjemiske egenskaper. Edelgasser (He, Ne, Ar) har fulle ytterste skall og er ekstremt stabile og lite reaktive. Natrium (Na) har ett elektron i ytterste skall og gir det gjerne bort. Klor (Cl) mangler ett elektron i ytterste skall og vil gjerne ta imot. Derfor reagerer natrium og klor heftig og danner NaCl – bordsalt.

Den kvantemekaniske atommodellen

Bohrs modell forklarte hydrogen, men feilet for større atomer. Kvantemekanikken (Schrodinger 1926, Heisenberg 1927) ga en mer korrekt beskrivelse: elektroner er ikke planeter i baner, men bølger av sannsynlighet. Vi kan aldri si nøyaktig hvor et elektron er og hva det beveger seg – Heisenbergs usikkerhetsprinsipp – bare sannsynligheten for å finne det i et gitt område.

Disse sannsynlighetsregionene kalles **orbitaler**. s-orbitaler er sfæriske, p-orbitaler er hanteformede, d-orbitaler er mer komplekse. Periodesystemet er direkte organisert etter elektronkonfigurasjoner: s-blokken (gruppe 1-2), p-blokken (gruppe 13-18), d-blokken (overgangsmetaller) og f-blokken (lantanider/aktinider).

Radioaktivitet og kjernereaksjoner

Ustabile isotoper henfaller spontant og sender ut stråling. Det er tre typer: **alfastråling** (heliumkjerner, $2p+2n$, stopper i et papirark), **betastråling** (elektroner fra kjernen, stopper i noen mm aluminium) og **gammastråling** (elektromagnetisk stråling, trenger gjennom betong og bly).

Kjernefisjon: tunge kjerner (U-235, Pu-239) spaltes av en nøytron til lettere kjerner + energi + flere nøytroner (kjedereaksjon). Brukes i kjernekraftverk og atombomber. **Kjernefusjon:** lette kjerner (H-isotoper) smeltes til tyngre kjerner under ekstrem varme og trykk – solens energikilde. Kontrollert fusjonskraft er et av teknologiens hellige graler.

■ Forsøk 1: Flammefarger – atomspektre i praksis

Mål: Observere at ulike grunnstoffer avgir karakteristisk farget lys – atomspektre.

Utstyr: Bunsenbrennere, metalltråder, vannløsninger av: NaCl, KCl, CuCl₂, SrCl₂, LiCl. Vernebriller!

Fremgangsmåte:

- Dypp en ren metalltråd i en saltløsning og hold den i den blå delen av brennerflammen.
- Obs fargen: NaCl → gul (Na), KCl → lilla (K), CuCl₂ → blågrønn (Cu), SrCl₂ → rød, LiCl → karminrød.
- Tegn og fargelegg observasjonene.
- Forklar: hva skjer med elektronene når saltet varmes opp?
- Bonus: bruk et diffraksjonsritter (prisme) til å se spektrallinjene separat.

Forventet resultat: Hvert grunnstoff har unike spektrallinjer – brukes til å identifisere grunnstoff i stjerner og laboratorier.

■ Forsøk 2: Halvveringstid-simulering med mynter

Mål: Forstå radioaktivt henfallet og halvveringstid ved hjelp av sannsynlighet.

Utstyr: 100 mynter, boks/holder, millimeterpapir eller regneark.

Fremgangsmåte:

- Legg 100 mynter i en boks. Rist og hell ut. Fjern alle mynter som viser kron (disse har 'henfalt').
- Tell gjenværende mynter. Rist igjen. Fjern mynt-sida-opp mynter. Gjenta 8-10 ganger.
- Tegn en graf: antall gjenværende mynter (y) mot antall runder (x).
- Merk av halvveringstiden på grafen: fra 100 til 50, fra 50 til 25 osv.
- Forklar likheten mellom myntkastet og radioaktivt henfall.

Forventet resultat: Kurven er eksponentiell og viser halvveringstid-prinsippet: etter n halveringstider gjenstår $(1/2)^n$ av opprinnelig mengde.

■ Forsøk 3: Bygg atommodeller med plass for isotoper

Mål: Visualisere atomer og isotoper av hydrogen, helium og karbon.

Utstyr: Farget papir eller baller: røde (protoner), hvite (nøytroner), gule (elektroner). Lim, streng.

Fremgangsmåte:

- Bygg H-1 (protium): 1 proton, 0 nøytroner, 1 elektron.
- Bygg H-2 (deuterium): 1 proton, 1 nøytron, 1 elektron. Sammenlign med H-1.
- Bygg H-3 (tritium): 1 proton, 2 nøytroner, 1 elektron. Diskuter ustabilitet.
- Bygg He-4: 2 protoner, 2 nøytroner, 2 elektroner. Forklar edelgass-stabilitet.
- Bygg C-12 og C-14: forklar karbondatering.

Forventet resultat: Modellene viser tydelig at isotoper er 'samme grunnstoff, ulikt antall nøytroner'.

■ Oppgaver

■ Oppgave 1 (basis)

Hva er et atom? Beskriv dets oppbygning med kjerne og elektroner. Hvilke ladninger har proton, nøytron og elektron?

■ Oppgave 2 (basis)

Hva er atomnummer og massetall? Bruk karbon (C-12 og C-14) som eksempel og forklar hva som er likt og ulikt.

■ Oppgave 3 (basis)

Forklar Rutherfords gullfolie-eksperiment: hva ble gjort, hva ble observert, og hva ble konklusjonen?

■ Oppgave 4 (middels)

Bohrs atommodell forklarer atomspektre. Forklar hva som skjer med et elektron når et atom absorberer lys, og hva som skjer når det emitterer lys. Hva er sammenhengen med flammefargeeksperimentet?

■ Oppgave 5 (middels)

Hva er isotoper? Forklar prinsippet bak karbondatering: hvordan brukes C-14 til å bestemme alderen på organisk materiale, og hvor langt tilbake i tid fungerer metoden?

■ Oppgave 6 (middels)

Forklar de tre typene radioaktiv stråling (alfa, beta, gamma): hva består de av, og hvilken er mest gjennomtrengende? Hva er halveringstid?

■ Oppgave 7 (avansert)

Heisenbergs usikkerhetsprinsipp sier at vi ikke kan kjenne eksakt både posisjon og bevegelsesmengde til et elektron. Forklar konsekvensen av dette for atommodellen – hvorfor snakker vi om elektronsky og orbitaler i stedet for baner?

■ Oppgave 8 (avansert)

Kjernefisjon av U-235 brukes i kjernekraftverk. Forklar kjedereaksjonen og forklar hvordan en reaktor kontrollerer reaksjonen. Hva er forskjellen mellom en reaktor og en atombombe?

■ Oppsummering

Viktige punkter fra dette kapitlet:

- Atomet har en liten, tett kjerne (protoner + nøytroner) omgitt av elektroner i skall.
- Atomnummer (Z) = antall protoner $\rightarrow$ definerer grunnstoffet. Massetall (A) = $p + n$.
- Bohrs modell: elektroner i bestemte energiskall. Hopp mellom skall = absorpsjon/emisjon av lys.
- Isotoper: samme Z , ulikt antall nøytroner. C-14 brukes til karbondatering (halveringstid 5730 år).
- Kvantemekanikk: elektroner er bølger av sannsynlighet, ikke planeter i baner. Orbitaler.
- Radioaktivitet: alfa (He-kjerne), beta (elektron), gamma (EM-stråling). Ulike gjennomtrengingsevner.
- Historisk utvikling: Dalton $\rightarrow$ Thomson $\rightarrow$ Rutherford $\rightarrow$ Bohr $\rightarrow$ Schrodinger.