



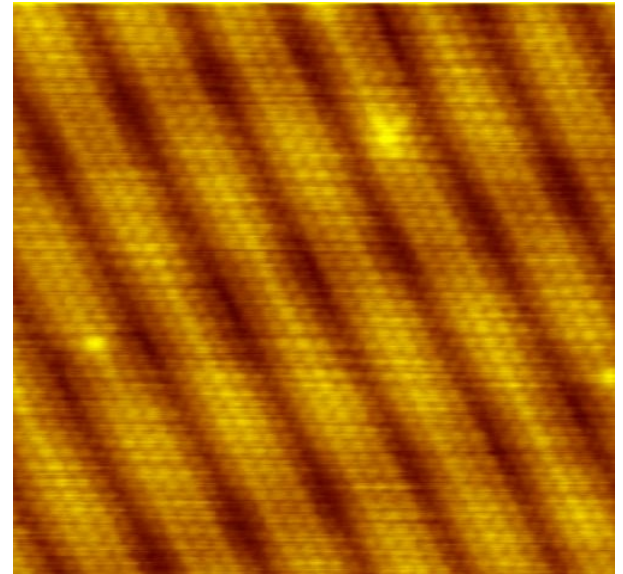
**ATOMMODELLENS HISTORIA OCH ATOMENS  
UPPBYGGNAD  
NIKLAS DAHRÉN**

# Atomen och atommodellen

- ✓ **Allt är uppbyggt av atomer:** Vi själva och allt runt omkring oss är uppbyggt av olika ämnen, som i sin tur är uppbyggda av atomer. Olika atomer har olika massor och olika egenskaper.
- ✓ **Atom betyder odelbar men är faktiskt delbar:** Ordet atom kommer av det grekiska ordet *atomos* som betyder odelbar. Vid utvecklandet av atomteorin trodde man först att atomerna var odelbara, men idag vet vi att det inte stämmer. Sedan radioaktiviteten upptäcktes vet man atomer är uppbyggda av ännu mindre partiklar som kallas för *elementarpartiklar*, och att atomer kan sönderdelas till dessa. I t.ex. kärnreaktorer sönderdelas hela tiden atomer.
- ✓ **Vad menas med atommodeller?:** Alla vetenskapliga modeller försöker ge en förenklad beskrivning av verkligheten. En atommodell försöker alltså ge en förenklad beskrivning över hur atomen är uppbyggd. Genom historien har olika atommodeller kommit och gått. Eftersom ny forskning har gett nya insikter så har atommodellen omarbetats för att bättre passa verkligheten och resultaten av de experiment som har gjorts.

# Atomen är väldigt liten och består mestadels av tomrum

- ✓ **Atomen är väldigt liten:** De flesta atomer är ca 0,0000001 mm i diameter. En enda atom är därför helt omöjlig att se med blotta ögat. Med hjälp av flera välgjorda experiment har dock forskarna ändå bevisat att atomer finns och även kommit fram till hur atomerna borde vara uppbyggda.
- ✓ **Nuförtiden kan vi faktiskt se atomer (men tyvärr inte deras exakta uppbyggnad):** Med hjälp av olika typer av elektronmikroskop (med mycket hög förstoring) kan vi idag se och fotografera atomer, vi kan dock inte se atomens exakta uppbyggnad (elektroner, protoner, neutroner etc.).
- ✓ **Atomen består mest av tomrum:** Atomens radie är ungefär tiotusen gånger större än atomkärnans radie. Om atomkärnan hos en väteatom var stor som en ärtas skalle skulle elektronen befinna sig på ungefär 500 m avstånd.

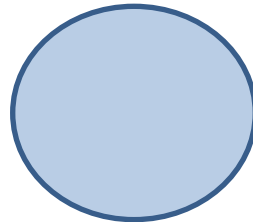


*Bilden visar ytan av en bit guld. Här kan vi se de individuella guldatomerna.*

# Atommodellens historia:

## Daltons atommodell (år 1808)

- ✓ **Allt är uppbyggt av atomer:** Engelsmannen John Dalton gjorde en del experiment och drog slutsatsen att alla ämnen som finns är uppbyggda av små kulliknande byggstenar med olika massa. Olika kemiska reaktioner var nämligen lättast att förklara om det förhöll sig på det viset. Byggstenarna fick namnet atomer. Dalton kom fram till att olika atomer har olika vikt och att nya ämnen kan fås genom att kombinera ihop olika atomer med varandra.
- ✓ **Odelbar kula:** Dalton menade att atomen var en odelbar kula och visste inte att den bestod av olika typer av partiklar.
- ✓ **Tog inspiration från Demokritos:** Daltons tankar om atomer (inkl. namnet "atom") och hans atommodell baserades mycket på den grekiska matematikern och filosofen Demokritos (ca 460 - ca 370 f.Kr.) tidiga tankar om materiens uppbyggnad.

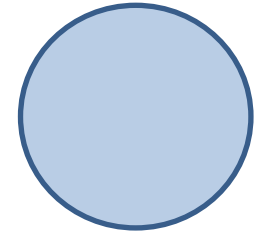


*Daltons atommodell*

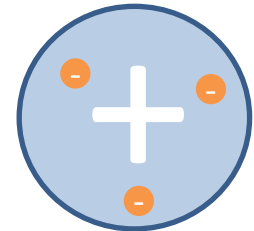
# Atommodellens historia:

## Thomsons atommodell (år 1904)

- ✓ **Atomer är delbara:** Forskning av bl.a. Henri Becquerel (1852-1903) gjorde att man förstod att atomer var delbara. Becquerel upptäckte nämligen att uransalter kan sönderfalla och skicka ut radioaktiv strålning. Alltså måste atomer alltså vara delbara och bestå av andra mindre partiklar!
- ✓ **Upptäckte elektronen:** Sir Joseph Thomson upptäckte elektronen år 1897. Han studerade hur elektrisk ström kunde ledas över vakuum och visade då att det var små, negativt laddade partiklar, som färdades genom vakuumet. Han kallade dessa partiklar för elektroner (efter grekiskans *electron*, som betyder bärnsten; om man gnider ett kattskinn på en bärnsten, blir den elektriskt laddad!).
- ✓ **"Plumpuddingmodellen":** Thomsom gjorde en atommodell där han tänkte sig atomen som ett klot gjord av positiv materia fylld med negativa elektroner. Modellen liknar en "plumpudding". Plumpudding är en slags kaka med russin inuti. Russinen representerade elektronerna medan den övriga kakan representerade den positiva materian. Den positiva laddningen var alltså "utsmetad" i hela atomen och blandad med elektronerna.



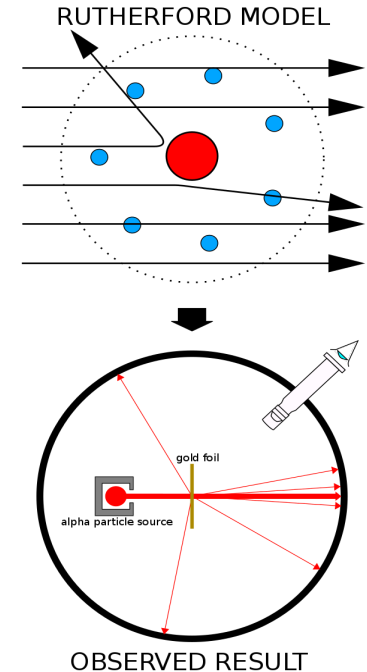
*Daltons atommodell*



*Thomsons atommodell*

# Atommodellens historia: Rutherford's atommodell (år 1911)

- ✓ **Berömt experiment:** År 1909 bad Rutherford två av hans studenter att utföra ett experiment där ett radioaktivt ämne riktades mot en mycket tunn guldfolie. Det radioaktiva ämnet avgav radioaktiv strålning i form av positivt laddade alfa-partiklar (heliumkärnor). De flesta alfa-partiklarna passerade rakt igenom guldfolien, men några studsade tillbaka.
- ✓ **Förstod att atomen har en atomkärna:** Utifrån ovanstående experiment drog Rutherford slutsatsen att det måste finnas en liten men kompakt positiv kärna i mitten av guldatomerna som innehåller det mesta av atomens massa (annars skulle inte alfa-partiklarna studsas tillbaka).
- ✓ **Förstod att det mesta är tomrum:** Utifrån ovanstående experiment drog Rutherford även slutsatsen att det mesta i atomen måste vara tomrum för annars hade inte de flesta alfa-partiklarna åkt rakt igenom atomerna. Han menade att de negativa elektronerna rör sig runt atomkärnan på mycket stora avstånd från atomkärnan och att de kretsar runt atomkärnan ungefär som planeterna kretsar runt solen.



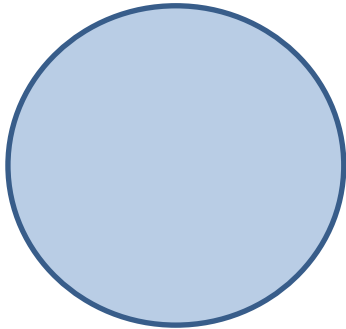
# Atommodellens historia: Rutherford's atommodell (år 1911)



Källa: [https://www.youtube.com/watch?v=IQ1h\\_gdVIHg](https://www.youtube.com/watch?v=IQ1h_gdVIHg)

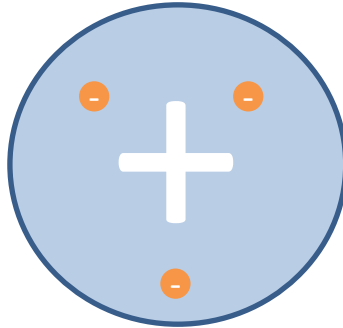
# Atommodellens historia

*Daltons atommodell (år 1808):*



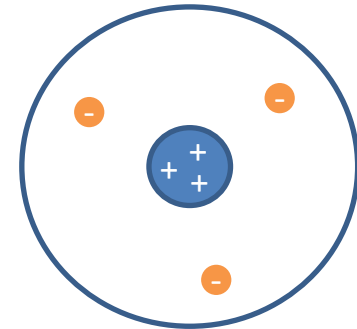
- Atomen är en odelbar kula som inte består av olika partiklar.

*Thomsons atommodell (år 1904):*



- Atomen är ett klot gjord av positiv materia.
- Atomen är fylld med negativa partiklar som kallas för elektroner.

*Rutherfords atommodell (år 1911):*



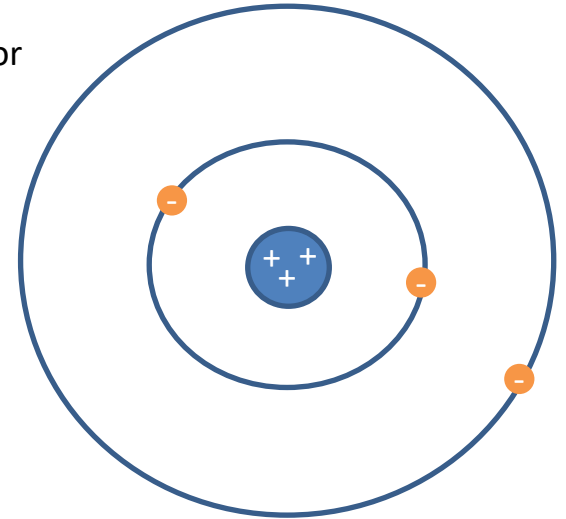
- Atomen innehåller en liten men mycket kompakt positiv atomkärna.
- Atomkärnan innehåller det mesta av atomens massa.
- Elektronerna cirkulerar runt atomkärnan på mycket stora avstånd.
- Det mesta i atomen är tomrum.



# Atommodellens historia:

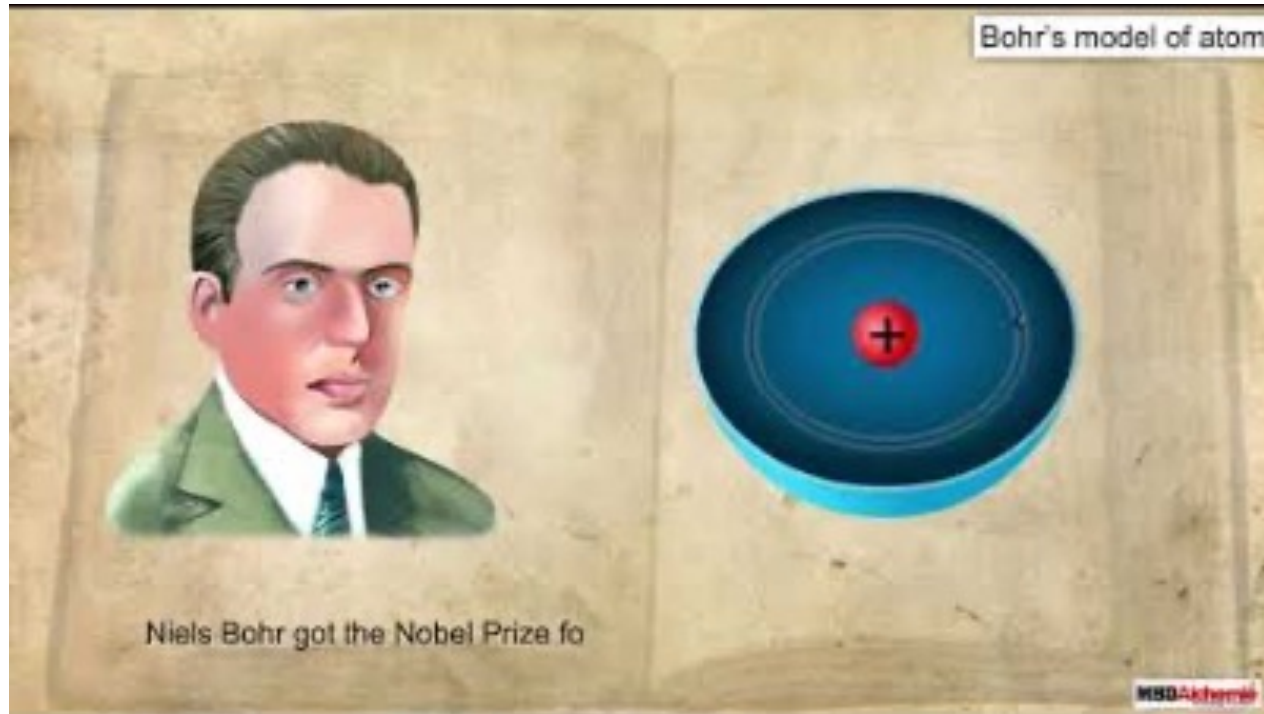
## Bohrs atommodell (år 1913)

- ✓ **Elektronerna kretsar i olika elektronskal (energinivåer):** Dansken Niels Bohr, som var en av Rutherford's studenter, tänkte sig att elektronerna inte åker omkring hursomhelst i atomen utan är lokaliserade till specifika omloppsbanor på specifika avstånd från atomkärnan. Dessa omloppsbanor kallade han lite förenklat för "elektronskal". Bohr kom fram till att elektronerna i de olika elektronskalen har olika mycket energi p.g.a. olika avstånd till atomkärnan. Desto närmare atomkärnan desto mindre energirika elektroner. Elektronskalen representerar därför olika "energinivåer".
- ✓ **Bohrs atommodell blev snabbt accepterad** eftersom den verkade kunna förklara olika kemiska reaktioner och kemiska egenskaper hos olika ämnen. Bohr kunde med hjälp av atommodellen t.ex. förklara *vätets linjespektrum*, vilket visar att en samling väteatomer avger ljus med enbart vissa färger/våglängder. Än idag använder vi oss ofta av Bohrs atommodell, fast i en uppdaterad version (med protoner och neutroner).
- ✓ **Nobelpriset i fysik:** Bohr erhöll Nobelpriset i fysik 1922 tack vare sina teorier kring atomens uppbyggnad.



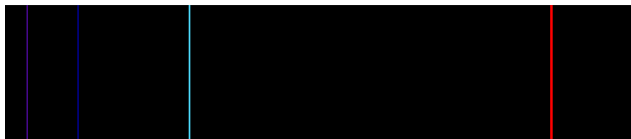
Bohrs atommodell

# Atommodellens historia: Bohrs atommodell (år 1913)



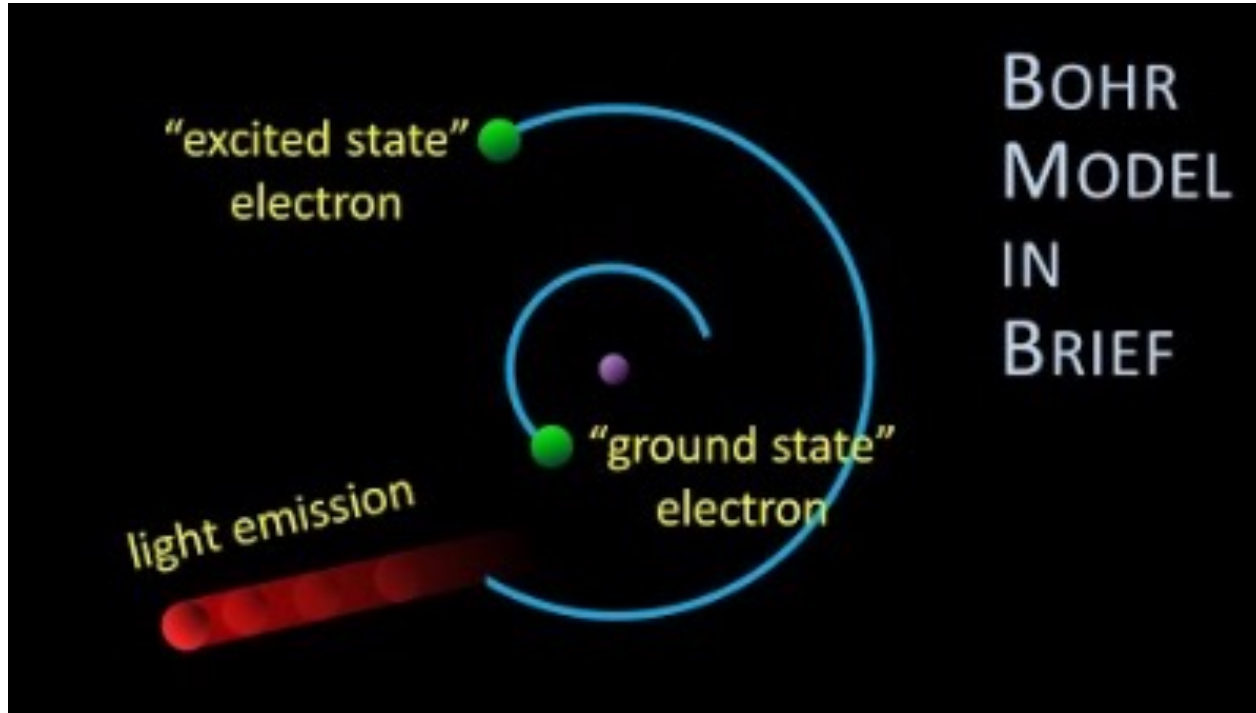
# Bohrs atommodell förklarade väteets linjespektrum

- ✓ **Väteatomer avger 4 olika färger:** Vätets s.k. *linjespektrum* visar att en samling väteatomer kan avge totalt fyra olika våglängder i det synliga området (fyra olika färger) och att det alltid är samma våglängder/färger som sänds ut, varken mer eller mindre. För att avge dessa våglängder/färger måste dock först väteatomerna uppta energi från omgivningen (t.ex. genom elektricitet, värmeenergi eller UV-ljus).
- ✓ **Färgerna beror på att atomen innehåller specifika energinivåer/elektronskal:** Bohr menade att förklaringen till dessa specifika 4 färger är att väteets elektron enbart kan befinna sig på vissa bestämda avstånd från atomkärnan och aldrig däremellan (ungefär som trappstegen i en trappa). Bohr kallade dessa specifika avstånd för elektronskal eller energinivåer. Skulle elektronen kunna befinna sig överallt runt atomen så skulle alla möjliga våglängder/färger kunna sändas ut. Bohr menade därför att väteets linjespektrum bevisar att atomen har olika elektronskal/energinivåer.



*Väteatomens linjespektrum visar vilka färger väteatomer sänder ut efter att ha blivit exciterade.*

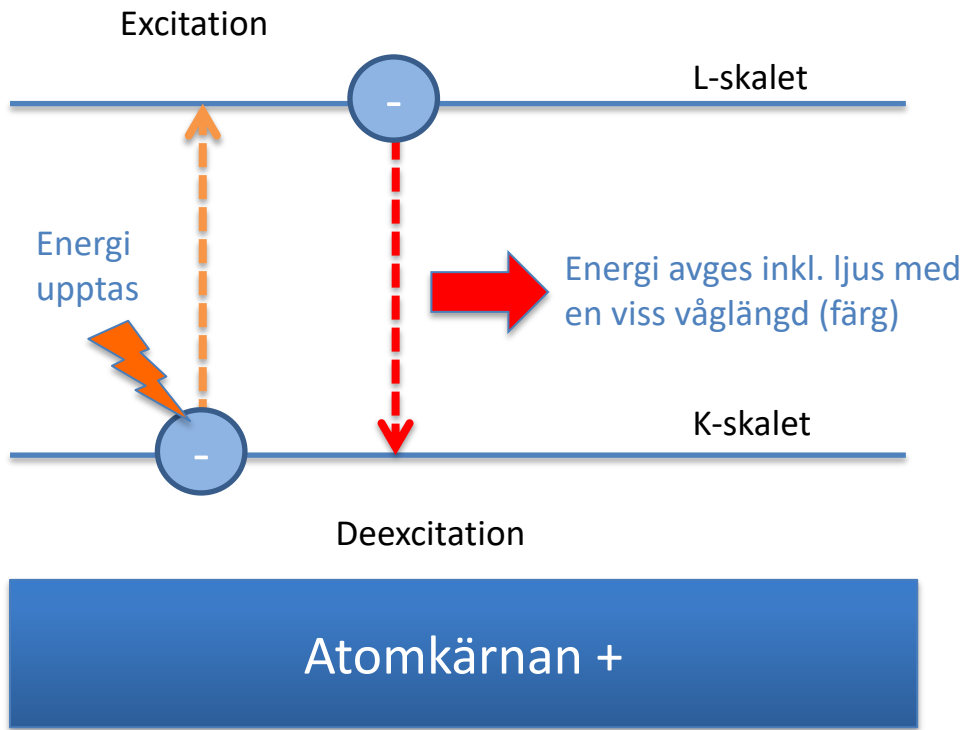
# Atommodellens historia: Bohrs atommodell (år 1913)



# Elektroner kan hoppa/falla mellan olika energinivåer/skal och sänder då ut ljus

## Excitation:

Om en atom upptar energi (värme, UV-ljus, elektricitet etc.) hoppar elektronen/elektronerna ut ett eller flera skal. Detta kallas för excitation.



## Deexcitation:

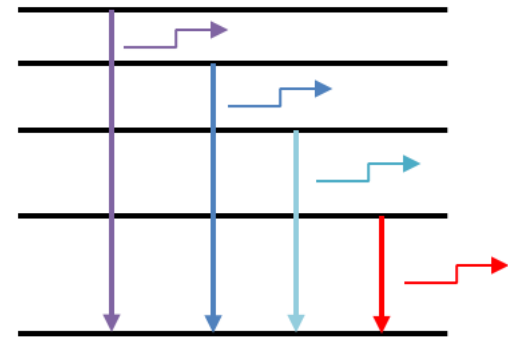
Efter excitationen kommer elektronen/elektronerna snabbt hoppa/falla tillbaka till grundnivån eftersom atomkärnan attraherar och drar tillbaka elektronen/elektronerna. När detta sker avges samma mängd energi som tidigare togs upp. En del av denna energi är ljusenergi med en viss färg/våglängd. Samma typ av atom kan avge flera olika färger/våglängder eftersom flera olika "elektronhopp" kan ske.

# Bohrs förklaring till väteets linjespektrum

- ✓ **Olika energinivåer/elektronskal:** Det finns olika energinivåer/elektronskal där elektronerna i en atom befinner sig. Elektronerna kan inte befinna sig mellan dessa elektronskal, men däremot kan de "hoppa" mellan skalen.
- ✓ **Elektronerna kan hoppa/falla mellan energinivåerna/elektronskalen:** Om energi tillförs utifrån (t.ex. värme, UV-ljus, elektricitet) så kan en elektron hoppa ut en eller flera energinivåer/elektronskal (excitation). Den absorberade energin måste dock precis motsvara skillnaden mellan de energinivåer/elektronskal som en elektron hoppar mellan. Elektronen kommer dock snabbt falla tillbaka till grundnivån eftersom atomkärnan attraherar och drar tillbaka elektronen (deexcitation).
- ✓ **Sänder ut ljus med olika våglängder/färger:** När elektronen faller tillbaka sänder den ut den tidigare absorberande energin, bl.a. i form av ljus med olika våglängder/färger.
- ✓ **Olika hopp ger ljus med olika färger:** Väteatomen sänder ut fyra olika färger eftersom elektronen kan hoppa/falla på fyra olika sätt som ger upphov till synligt ljus (se bilden till höger). I andra atomer är antalet och längden på hoppen/fallen annorlunda vilket ger andra färger.



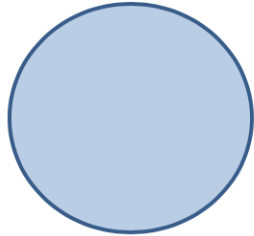
*Väteatomens linjespektrum visar vilka färger väteatomer sänder ut efter att ha blivit exciterade.*



*Hur långt elektronen hoppar/faller bestämmer vilken våglängd/färg som sänds ut.*

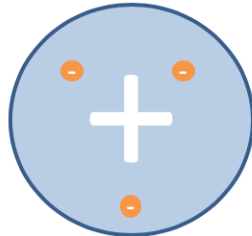
# Atommodellens historia: Från Dalton till Bohr

**Daltons atommodell (år 1808):**



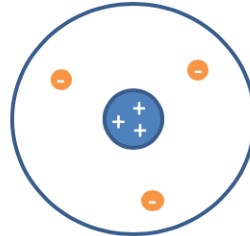
- Atomen är en odelbar kula som inte består av olika partiklar.

**Thomsons atommodell (år 1904):**



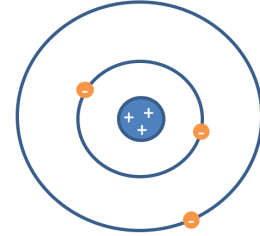
- Atomen är ett klot gjord av positiv materia.
- Atomen är fylld med negativa partiklar som kallas för elektroner.

**Rutherfords atommodell (år 1911):**



- Atomen innehåller en liten men mycket kompakt positiv atomkärna.
- Atomkärnan innehåller det mesta av atomens massa.
- Elektronerna cirkulerar runt atomkärnan på mycket stora avstånd.
- Det mesta i atomen är tomrum.

**Bohrs atommodell (år 1913):**



- Elektronerna är lokaliserade till specifika omloppsbanor/elektronskal på specifika avstånd från atomkärnan.
- Elektronerna i de olika elektronskalen har olika mycket energi p.g.a. olika avstånd till atomkärnan.
- Elektronerna kan hoppa/falla mellan de olika skalen om de upptar eller avger energi.

# Atommodellens historia: Protonen och neutronen upptäcks

- ✓ **Bohrs ursprungliga atommodell** innehöll varken protoner eller neutroner. När väl dessa hade upptäckts så uppdaterades Bohrs ursprungliga atommodell.
- ✓ **Rutherford upptäckte protonen:** Efter flera olika experiment fastslog Rutherford 1918 att den positiva atomkärnan är uppbyggd av positivt laddade partiklar. Han döpte dessa till protoner (grekiska *protós* = den förste).
- ✓ **Chadwick upptäckte neutronen:** Efter upptäckten av protonen så förutsåg Rutherford att det även borde finnas en neutral partikel i atomkärnan, men det var inte förrän 1932 som James Chadwick bevisade efter en serie med experiment att neutroner verkligen fanns i atomkärnan tillsammans med protonerna.

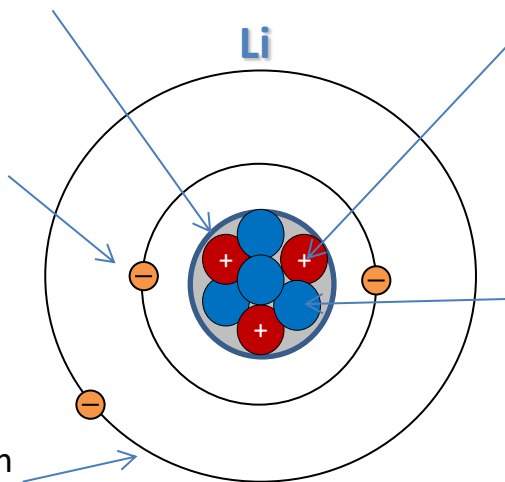


# Atomens uppbyggnad (Bohrs uppdaterade atommodell)

**Atomkärna:** Alla atomer består av en centralt placerad atomkärna. Den är uppbyggd av protoner och (i de flesta fall) neutroner.

**Elektroner:** Runt atomkärnan kretsar negativt laddade partiklar som kallas för elektroner. Dessa är mycket mindre än kärnpartiklarna. Elektronerna är mycket viktiga vid olika kemiska reaktioner.

**Elektronskal:** Elektronerna kretsar i omloppsbanor på bestämda avstånd från atomkärnan. Dessa omloppsbanor kallas ofta för elektronskal eller energinivåer. Varje elektronskal får plats med ett bestämt antal elektroner. Elektronerna i de olika skalen har olika energi beroende på avståndet till atomkärnan.



**Protoner:** Protonerna är positivt laddade kärnpartiklar uppbyggda av kvarkar. Antalet protoner bestämmer vilken atom det är (identiteten). Protonerna håller elektronerna på plats och påverkar till stor del atomens egenskaper.

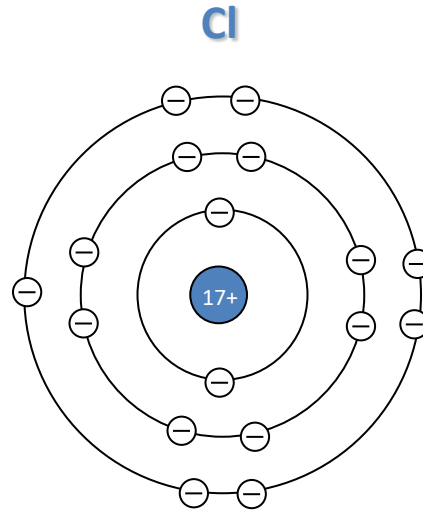
**Neutronerna:** Neutronerna är oladdade kärnpartiklar uppbyggda av kvarkar. De stabiliserar ofta atomkärnan genom att avskärma protonerna från varandra.

**Protoner vs. elektroner:** Vanliga atomer har alltid lika många protoner som elektroner vilket innebär att atomen som helhet är oladdad (lika många positiva som negativa laddningar).

# En kloratoms uppbyggnad

## En kloratom består av:

- 17 positivt laddade protoner (ej utritade men markerade med "17+").
- Oftast 18 neutroner (ej utritade).
- 17 negativt laddade elektroner.



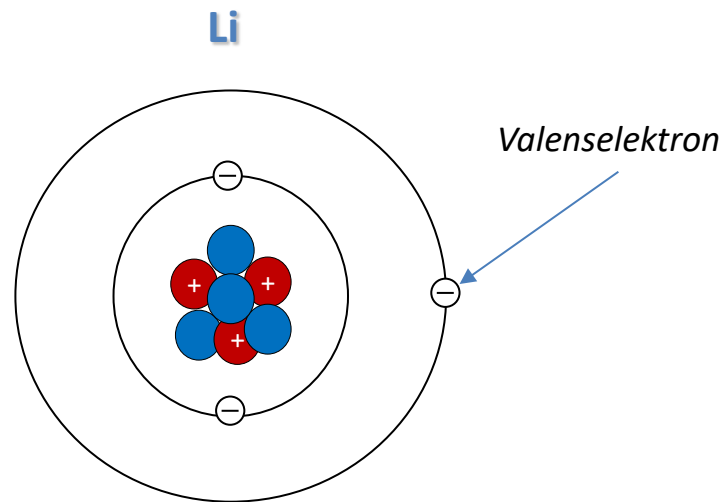
**Neutralt laddad:** Kloratomen är neutralt laddat eftersom den har lika många positiva som negativa laddningar (17 protoner och 17 elektroner).

# Atomens byggstenar

Partikel:	Laddning:	Läge i atomen:
Elektron	Negativ laddning (-)	Utanför atomkärnan
Proton	Positiv laddning (+)	I atomkärnan
Neutron	Ingen laddning	I atomkärnan

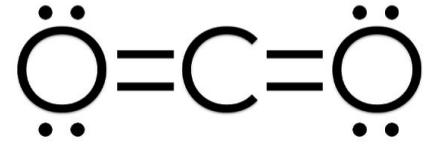
# Valenselektroner

- ✓ **Valenselektroner:** De elektroner som sitter i det yttersta skalet kallas för valenselektroner. Litiumatomen till höger har endast 1 valenselektron.
- ✓ **Valenselektroner deltar i kemiska reaktioner:** Valenselektronerna är de viktigaste elektronerna eftersom det är dessa som avges eller tas upp i samband med kemiska reaktioner. Valenselektronerna sitter längst ifrån atomkärnan. Valenselektronerna sitter därför lösast, har mest energi, och kan därför lättast lossna från atomen.
- ✓ **Valenselektroner ingår i bindningar:** Olika atomer kan skapa bindningar mellan varandra genom att dela på valenselektroner. Valenselektronerna är också viktiga för bindningar mellan olika molekyler.

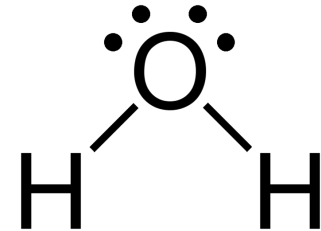


# Elektronformler (Lewisstrukturer)

- ✓ När man studerar hur olika atomer reagerar och binds till varandra är man bara intresserad av valenselektronerna. Då är s.k. elektronformler till stor hjälp.
- ✓ **Elektronformel:** En elektronformel består av ämnens kemiska tecken omgivna av prickar som föreställer valenselektronerna.
- ✓ **Bindningar ritas ofta med streck:** Valenselektroner som ingår i bindningar ritas dock ofta med ett streck (varje streck motsvarar 2 valenselektroner). Dubbelbindningar ritas med två streck och trippelbindningar ritas med tre streck.



*Elektronformeln (Lewisstruktur)  
för en koldioxidmolekyl*

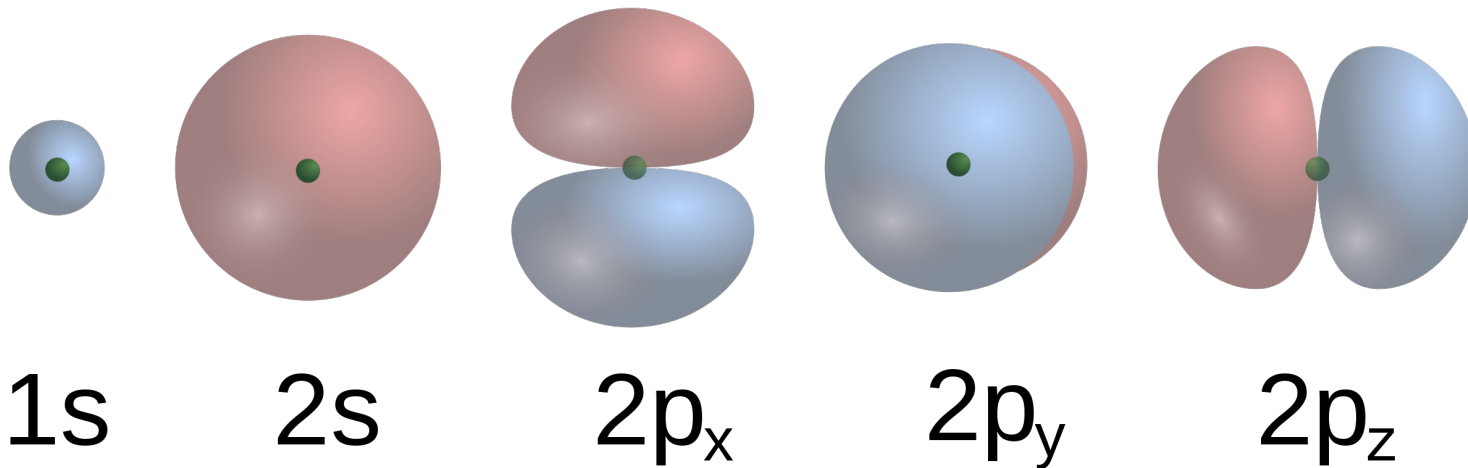


*Elektronformeln (Lewisstruktur)  
för en vattenmolekyl*

# Atommodellens historia: ”Underskal” i form av orbitaler

- ✓ **Med tiden ifrågasattes Bohrs atommodell:** Bohrs atommodell mötte efter ett tag på ett visst motstånd från olika vetenskapsmän då flera experiment visade att elektronerna inte riktigt betedde sig som partiklar utan mer som vågor och inte heller rörde sig i perfekta cirklar/omloppsbanor. Man menade dock att elektronerna rör sig på vissa bestämda energinivåer, precis som Bohr föreslog, men att de kretsar lite mer oregelbundet. Man kom fram till att det finns vissa områden där det är störst sannolikhet att påträffa olika elektroner. Dessa områden kallade man för *orbitaler*. Orbitaler kan dock liknas mer vid *elektronmoln* än elektronskal.
- ✓ **Orbitalerna är en form av ”underskal”:** Man kan säga lite förenklat att de huvudsakliga elektronskalen/energinivåerna i atomen innehåller en eller flera ”underskal” som kallas för orbitaler. Det finns olika typer av orbitaler och de har lite olika utseenden. Varje orbital rymmer max 2 elektroner.
- ✓ **Bohrs atommodell räcker dock långt:** Bohrs atommodell är utifrån vad man vet idag en kraftig förenkling av verkligheten men den räcker dock långt (i uppdaterad version med protoner och neutroner) för att förklara det mest väsentliga inom kemin. Den är också den atommodell som används än idag på grundskolan och på gymnasiet och till viss del även på universitetet.

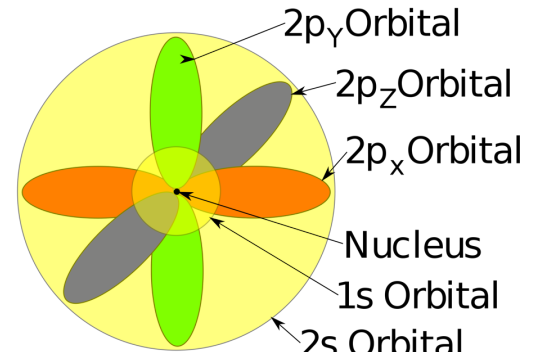
# Utseendet av orbitalerna i de första 2 skalen



*Varje orbital kan maximalt innehålla 2 elektroner. Elektronskal 1 har 1 orbital och innehåller därför max 2 elektroner. Elektronskal 2 har 4 orbitaler och innehåller därför max 8 elektroner. Elektronskal 3 har 9 orbitaler och innehåller därför max 18 elektroner. Etc.*

# Fördjupning: Orbitalerna i skal 1-4

- ✓ **Orbitaler i skal 1:** I atomens första elektronskal/energinivå finns enbart 1 orbital. Denna orbital har en sfärisk form och kallas för en s-orbital. Eftersom den är på den första energinivån så heter den "1s".
- ✓ **Orbitaler i skal 2:** Atomens andra elektronskal/energinivå består av totalt 4 orbitaler. Dels en s-orbital med sfärisk form och dels 3 st p-orbitaler med former som påminner om "hantlar". Eftersom dessa orbitaler finns på den andra energinivån så heter de  $2s$ ,  $2p_x$ ,  $2p_y$ ,  $2p_z$ .
- ✓ **Orbitaler i skal 3:** Atomens tredje elektronskal/energinivå består av totalt 9 orbitaler, 1 s-orbital, 3 p-orbitaler och 5 d-orbitaler. Eftersom dessa orbitaler finns på den tredje energinivån så heter de  $3s$ ,  $3p_x$ ,  $3p_y$ ,  $3p_z$ ,  $3d_{z^2}$ ,  $3d_{xz}$ ,  $3d_{yz}$ ,  $3d_{xy}$ ,  $3d_{x^2-y^2}$ .
- ✓ **Orbitaler i skal 4:** Atomens fjärde elektronskal/energinivå består av totalt 16 orbitaler, 1 s-orbital, 3 p-orbitaler och 5 d-orbitaler. Eftersom dessa orbitaler finns på den fjärde energinivån så heter de  $4s$ ,  $4p_x$ ,  $4p_y$ ,  $4p_z$ ,  $4d_{z^2}$ ,  $4d_{xz}$ ,  $4d_{yz}$ ,  $4d_{xy}$ ,  $4d_{x^2-y^2}$ ,  $4f_{z^3}$ ,  $4f_{xz^2}$ ,  $4f_{yz^2}$ ,  $4f_{xyz}$ ,  $4f_{z(x^2-y^2)}$ ,  $4f_{x(x^2-3y^2)}$ ,  $4f_{y(3x^2-y^2)}$ .

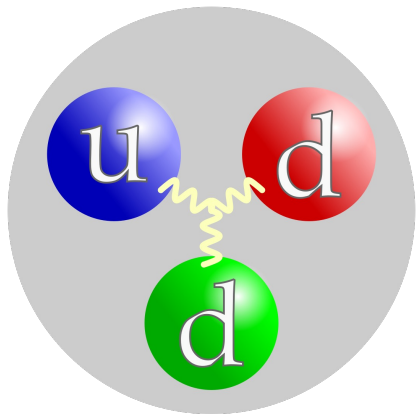




# Atommodellens historia: Kvarkarna upptäcks

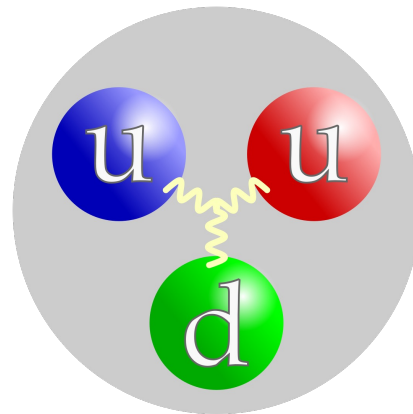
- ✓ På 1960-talet upptäcktes det att protonerna och neutronerna består av ännu mindre partiklar. Dessa fick namnet *kvarkar*. Totalt finns det 6 olika typer av kvarkar. Uppkvarken och nedkvarken, som bygger upp protoner och neutroner, är stabila och mycket vanligt förekommande i universum. De tyngre charm-, sär-, topp- och bottenkvarkarna är instabila och sönderfaller snabbt. Dessa kan enbart bildas vid kollisioner i partikelacceleratorer och i kosmisk strålning.

*Bilden föreställer en neutron, uppbyggd av tre kvarkar (en uppkvark och två nedkvarkar)*



Bildkälla: By Jacek rybak - Own work, CC BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65548897>

*Bilden föreställer en proton, uppbyggd av tre kvarkar (två uppkvarkar och en nedkvark)*



Bildkälla: By Jacek rybak - Own work, CC BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65499244>



**Se gärna fler filmer på:**  
[kemilektioner.se](http://kemilektioner.se)  
[youtube.com/kemilektioner](https://youtube.com/kemilektioner)