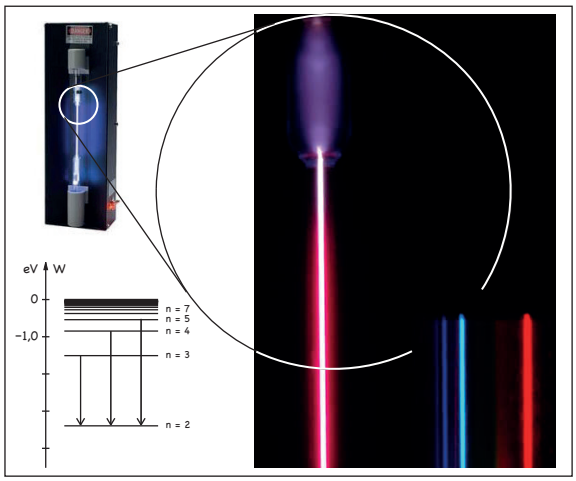
3 Tidig kvantfysik



Om ett urladdningsrör med väte betraktas genom ett gitter kan spektrum från väteatomer observeras. Bilder tagna från http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hyde.html och http://www.pasco.com/prodCatalog/SE/SE-9460_spectral-tube-power-supply-and-mount/

Målsättningar

Efter att ha arbetat med det här området ska du

- ...förstå huvuddragen i Bohrs atommodell (och dess begränsningar),
- ...med hjälp av Bohrs atommodell kunna förklara fenomenen emission och absorption av ljus (samt kunna lösa problem),
- ...förstå hur emissionsspektra och absorptionsspektra uppstår,
- ...förstå vad den fotoelektriska effekten är och hur den kan förklaras med hjälp av fotonmodellen för ljus (samt kunna lösa problem),
- ...känna till fotonmodellen för ljus,
- ...ha kännedom om materiens vågegenskaper.

Innehåll

[0] Vi fortsätter nu med 1900-talsfysiken där vi slutade i Fysik 1-kursen. Det kan vara bra att repetera Einsteins tidiga fotonmodell för ljus och energienheten elektronvolt (eV).

Boken: Står lite om detta på s. 105–106 (3.1)
Övningsblad: Våglängder i ljus från väteatomer
Bra uppgifter: **3-2**, 3-7, 3-8. □

[1] År 1913 presenterade Niels **Bohr** sin **halvklassiska atomodell** med vars hjälp bland annat spektrallinjerna i vätespektrum, som varit ett mysterium sedan 1800-talet, kunde förstås.

Boken: s. 105–111 (3.1) Daniel Barker 3.1-1, 3.1-2
Övningsblad: Vänj dig vid negativ potentiell energi
Övningsblad: Väteatomens energinivåer (enl. Bohr)
PhET: Modeller av väteatomen[1]
Bra uppgifter: **3-1**, **3-3**, **3-4**, **3-5**, 3-6, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12, 3-13, ReF-1. □

[2] Bohrs atommodell fungerar kvantitativt bara för atomer eller joner med en enda elektron, men att en atom (eller molekyl) kan befinna sig i olika tillstånd med olika energier gäller allmänt (att beräkna dessa energier är dock inte så lätt). När exciterade atomer eller molekyler återgår till tillstånd med lägre energi sänds elektromagnetisk strålning ut och **emissionsspektrum** kan observeras. Varje typ av atom eller molekyl har sitt karakteristiska spektrum. **Absorptionsspektrum** är en typ av spektrum som kan observeras när ljus passerar genom en gas eller vätska.

Boken: s. 112–115 (3.2)
Bra uppgifter: **3-14**, 3-15, **3-16**, **3-17**, 3-18, 3-20, 3-22, DiF-2, ReF-4. □

[3] När ett föremål som inte är upphettat sänder ut ljus pratar vi om **luminiscens**. För att atomerna eller molekylerna i ämnet ska kunna sända ut ljus måste de exciteras på något vis, till exempel genom att de belyses med kortvågigt ljus . Om ljusemissionen sedan sker utan fördröjning efter excitationen pratar vi om **fluorescens**, om ljusemissionen sker med fördröjning pratar vi om **fosforescens**.

Boken: s. 116–118 (3.2)
Bra uppgifter: 3-19, 3-21. □

[4] Den **fotoelektriska effekten**, som innebär att en del ämnen lämnar ifrån sig elektroner om de belyses med tillräckligt kortvågigt ljus, observerades på 1800-talet, och det var för att förklara detta fenomen som Einstein 1905 förde fram idén om att ljus är kvantiserat.

Boken: s. 119–121 (3.3)
PhET: Fotoelektrisk effekt[2]
Bra uppgifter: **3-24**, **3-25** **3-26**, 3-23, ReF-7. □

[1] Models of the Hydrogen Atom
[2] Photoelectric Effect

[5] Med hjälp av fotoelektrisk effekt kan ett värde på Plancks konstant (h) bestämmas.

Boken: s. 122–124 (3.3)
Övningsblad: Att bestämma elektroners rörelseenergi
Övningsblad: Bestämning av Plancks konstant
PhET: Fotoelektrisk effekt
Bra uppgifter: 3-27, 3-28. □

[6] Einstein föreslog 1916 att fotoner hade rörelsemängd vilket bekräftades experimentellt några år senare i och med att **Comptoneffekten** lät sig förklaras om man antog att röntgenfotoner kolliderade elastiskt med elektroner.

Fotoelektriska effekten och Comptoneffekten visade alltså att **ljus har partikelegenskaper**.

Boken: s. 127–129 (3.4, 3.5)
Bra uppgifter: 3-29, **3-30**, 3-31, 3-32, 3-33. □

[7] Om nu ljus har både våg- och partikelegenskaper, kan det inte vara så att också **materia har vågegenskaper**? En av de första att tänka i de här banorna var Louise de Broglie, som 1923–1924 tillskrev partiklar med rörelsemängden p en **materievåglängd** $\lambda = \frac{h}{p}$. Några år senare observerades interferensmönster i experiment med elektroner, vilket visade att elektroner verkligen har vågegenskaper. Sedan dess har man visat att inte bara elektroner, utan också protoner, neutroner, atomer och till och med stora molekyler har vågegenskaper.

Boken: s. 130–132 (3.5) □

[8] Hur de Broglies materievåglängd skulle tolkas förblev dock oklart tills dess att **kvantmekaniken** utvecklats. Erwin Schrödinger kom med sin vågmekanik 1926, i vilken partiklar beskrivs med så kallade vågfunktioner. En vågfunktion kan sägas beskriva sannolikheten att hitta en partikel någonstans. När vi pratar om en partikels våglängd är det våglängden för denna vågfunktion (eller löst talat "sannolikhetsvåg") som avses. Observera att en vågfunktion är en *beskrivning* av en partikel, inte partikeln i sig!

Boken: s. 133 (3.5)
Bra uppgifter: **3-34**, **3-35**, 3-38, $\boxed{\text{3-39}}$, 3-41, 3-42, 3-43, DiF-12, ReF-10. □

[9] En konsekvens av kvantmekanikens beskrivning av materia är att det inte går att bestämma en partikels läge och rörelsemängd exakt samtidigt. Det finns alltså i naturen inbyggda mätosäkerheter, eller oskärpor, (Δx respektive Δp när det gäller läge och rörelsemängd), som inte har att göra med begränsningar i mätapparater, och för vilka gäller att $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$, vilket brukar kallas **Heisenbergs obestämdhetssrelation**.

Boken: s. 134–135 (3.5)
Bra uppgifter: 3-36, 3-37, 3-40. □

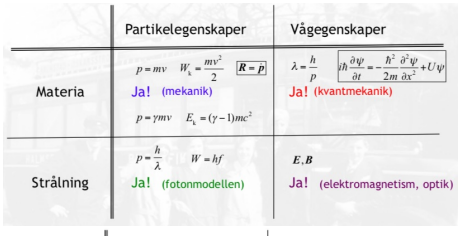
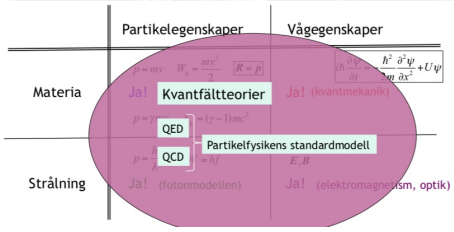
[10] Allra sist i kapitlet finns en läsvärd diskussion om hur man i fysiken, och mer allmänt i naturvetenskapen, arbetar med modeller eller teorier med begränsade giltighetsområden.

Boken: s 137 (3.6) □

[X] I fysik 2-kursen lämnar vi 1900-talsfysiken och kvantmekaniken någon gång i mitten på 1920-talet. Skulle du vilja veta mer är *Quantum - A Guide for the Perplexed* av Jim Al-Khalili en bra populärvetenskaplig bok.

För att uppnå riktigt god fysikförståelse kan det vara bra att också arbeta igenom följande (gärna tillsammans med kamrater):
Diskutera fysik (DiF) 1, 4, 7, 8, 9, 10, 11.
Resonera fysik (ReF) 2, 3, 5, 6, 8, 9.
Uppskatta fysik (UpF) 1, 3.
Testa dig i fysik (TDIF) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Kommentarer om uppgifter

I 3-42 behövs det relativistiska uttycket för rörelsemängd, $p = \gamma mv$, som inte finns med i formelsamlingen.
3-44 kan skippas. Vi gjorde aldrig sneda stötar i Fy 1.
3-45 tycker jag också vi kan skippa.
DiF-3, 5, 6 samt UpF-2 kan vi hoppa.

Följande sidor kan läsas väldigt översiktligt:
s. 125 (Digital fotografering)
s. 126 (Upplösning)
s. 135-136 (Vad har kvantfysik med oss att göra?)