

Vísindini læra at lesa upplýsingar í stjornuljósinum

Pól Jespersen



Altjóða stjornufróðiár 34

Í 1842 skrivaði franskur heimspekingur Auguste Comte, at tað fór aldri at bera til at vita evnafrøðiliga tilfarið í stjornunum. Bara 26 ár seinni vísa onglendingurin Norman Lockyer og fransmaðurin Jules Janssen hvør í sínum lagi við spektroskopiskum royndum, at eitt ókent grundevni, helium, er í sólini

Áðrenn greitt verður frá seinnu stóru uppdagingini hjá Hubble, er neyðugt at siga gjøllari frá ljósi, og hvussu granskarar brúka ljós til stjornufrøðikanningar.

Eitt heitt jampetti gløðir, og av royndum vita vit, at eisini onnur geisling enn ljós kemur úr jaminum, t.d. merkja vit varmageisling (infrareyða geisling) frá tí.

Elektromagnetisk geisling

Sjónligt ljós, infrareyða og ultraviolett geisling, radiobylgjur, røntgengeisling, gammageisling o.tíl. nevna vit undir einum elektromagnetiska geisling. Heitið sipar til, at hetta snýr seg um sveiggi í elektriskum og magnetiskum feltum. Ljós, sjónligt sum ósjónligt, skulu vit her ímynda okkum sum aldurfyrbrigdi. Aldur hava aldulond λ og frekvens f . Sambandið imillum hesar stóddir er, at $\lambda \cdot f = c$. c er ljósferðin.

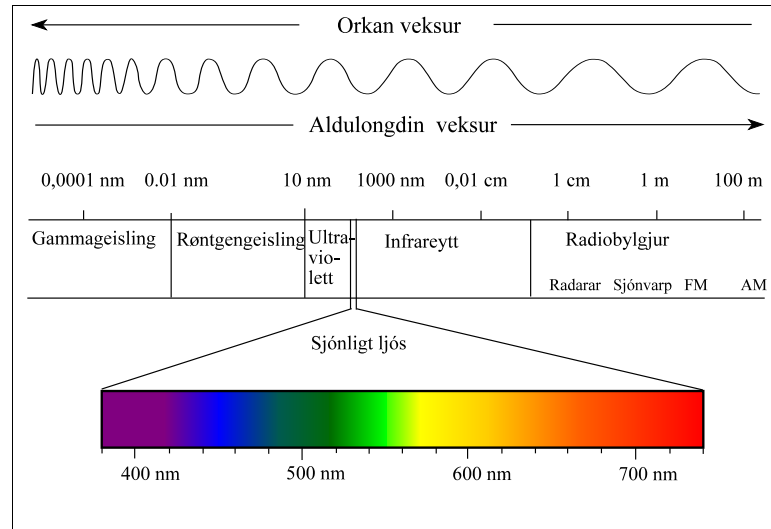
Max Planck

Um ár 1900 er týski alisfrøðingurin Max Planck, 1858-1947, førur fyri at greina, hvør geisling kemur úr einum lutum, sum er í hitajavnvág við hitanum T , t.e., hvussu geislingin frá lutinum er bytt eftir aldulond, eisini tann ósjónliga geislingin, sum eygu okkara ikki kansa. Fyrirreytin fyri hesi útleiðing, sigur Planck, er, at vit mugu góðtaka, at ljós streymar ikki javnt, men at

tað kemur í smáum orkuklumpum - kvantum, sum hann nevnir tað.

Planck, sum av lyndi er konservativur, er vísir í, at henda uppdagingin er stór og ódrvís (kvantulæran verður ment í 1920-árunum). Planck skilur, at nú eru dagarnir hjá klassisku alisfrøðini med alla taldir.

Øvugt kann atomið taka í seg eina foton við røttu orkuni og fara úr einari støðu í aðra við hægri orku. Ikki allir granskarar skilja Bohr. Teir sakna grundgevingar fyri postulatum hansara. Men Bohr stendur sterkur, tí hann er førur fyri at rokna aldulondina í ljósi frá hydrogenatomum, eisini í ljósi, sum



Myndin vísir ymisk sløg av elektromagnetiskari geisling. Vit menniskju síggja bara ein lítlan part av elektromagnetiska spektrinum. Aldulond í nanometrum nm. $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Formilin, sum Planck roknaði, er heldur fløktur, men myndin niðanfyrir vísir, hvussu sambandið er imillum hitastig og styrki eftir aldulond í geislingini frá lutinum.

Ein tann fyrsti at taka kvantini hjá Planck í álvara er Albert Einstein. Hann brúkar orðið "fotonir" um orkukvantini hjá Planck. Í 1905 vísir Einstein, hvussu orkuríkar fotonir kunnu loysa elektronir av einari loddari metalplátu. Hesa "fotoelektrisku effekt", sum tryggjar honum heiðursløn Nobels í alisfrøði fyri árið 1921, er klassisk alisfrøði ikki før fyri at greina.

Niels Bohr

Í 1913 setur danski alisfrøðingurin Niels Bohr, 1885-1962, fram sína atomlæru. Sambært Bohr kunnu atomini bara vera í ávísnum fóstum atomstøðum, hvør við sínari ávísu orku. Fer eitt atom úr einari støðu í eina aðra støðu við lægri orku, geislar orkumunurin burtur frá atominum við einari foton.

Ikki er í sjónliga spektrinum!

Um kvantulæruna, sum Schrödinger, Bohr, Heisenberg og aðrir mennta í 1920-árunum, er at siga, at hon er ikki sørt lög. Eitt er, at ljósfotonirnar í summum uppstillingum bera seg at sum aldur, í øðrum sum partiklar, og enn lögari, at partiklar, t.d. elektronir, í summum uppstillingum bera seg at sum aldur. Og harafturat, at aldueiginleikin og partikkuleiginleikin, sum útløka hvør annan í somu uppstilling, báðir eru neyðugir at fata heildina. Hvussu er og ikki, ferð eftir ferð hava royndir staðfest forsagnir, sum eru grundaðar á kvantulæruna. Tað er næstan, sum hava granskarar av óvart, t.e., áðrenn tíðin var búgvin, við kvantulæruni funnið eitt rokniamboð, sum ger teir førar fyri at gera tær røttu forsagnirnar viðvíkjandi royndum í atomheiminum. Tað er næstan, sum hava teir svarað einum spurningi, sum ikki er orðaður enn! Í kassanum høgumegin eru nevndar nakrar útsagnir hjá kendum granskarum um kvantulæruna.

Stjornuspektroskopi

Í árinum 1665 letur Newton sólarljós fara ígjøgnum eitt prisma og vísir, at hvíta sólarljósið er bland av ljósi í ymsum litum. Newton sær kontinuera spektrið (ælabogalitimar). Í 1802 vamað onglendingurin William Hyde Wollstone, at fleiri myrkar linjur eru í kontinuera sólspektrinum. Í 1814 sær týskarin Joseph von Fraunhofer hundræðtals myrkar linjur (absorptionslinjur) í sólspektrinum, og hann kannar tær gjølla. Hann nevnir tær A, B, C... og rokna aldulondirnar, sum svara til myrku linjurnar. Fraunhofer staðfestir, at aðrar stjornur hava ódrvís spektr enn sólin. Seinni staðfestir Gustav Robert Kirchhoff, at D-linjan hjá Fraunhofer stavar frá grundevninum natrium. (Lesarin kann stroya eitt sindur av finum salti, NaCl, á ein gassloga, so sær hann eyðkenda gula ljósið í D-linjuni hjá natrium). Kirchhoff ger

Erwin Schrödinger:

"Mær dámar hetta ikki, og eg eri harmur um, at eg hevði nakað við hetta at gera."

Niels Bohr:

"Tey, sum ikki verða skelkað í síni innastu sál av kvantulæruni, kunnu ikki hava skilt, hvat hetta snýr seg um."

Albert Einstein (við Bohr):

"Várharra kastar ikki terningar um alheimin."

Niels Bohr (við Einstein): "Albert, gevst nú at siga Várharra, hvussu hann skal kasta terningarnar."

Richard Feynman:

"Eg haldi meg kunna siga fyri vist, at eingin veruliga skilur kvantum-meknikkin."

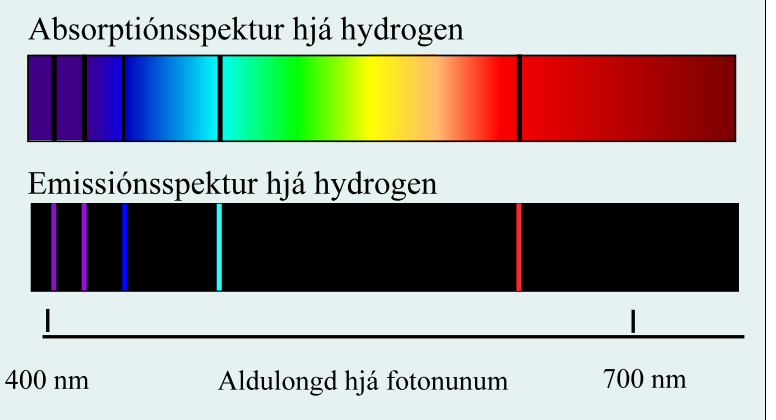
sí myndina niðanfyrir, sum vísir linjurnar í hydrogenspektrinum.

Skilligt er nú, hvussu henda vitan kann gerast eitt hent kanningarboð í stjornufrøðini. Frá stjornuni koma fotonir við ymsum aldulondum. Er nú eithvørt evni í lofthavinum um stjornuna, kunnu vit vænta, at fotonir, sum svara til yvirgongdir í tí evninum, eru burtur, tí evnið hevur sokið tær í seg. Tá síggjast myrkar linjur í kontinuera spektrinum (absorptionslinjur). Frá einum lýsandi gasskýggi, sum geislingur onkrari stjornu nærindis hevur vermt, kunnu eisini vera kámar emissiónslinjur, tá ið atomini í skýnum detta niður aftur í lægri orkustøður. Á tann hátt fæst at vita, hvørji grundevni eru í skýnum.

ta røttu niðurstøðu, at grundevnið natrium er í sólini, og stjornuspektroskopiin er veruleiki.

Enn hentari amboð

Spektroskopið kann ikki bara verða brúkt at kanna tilfarið í stjornum. Eru

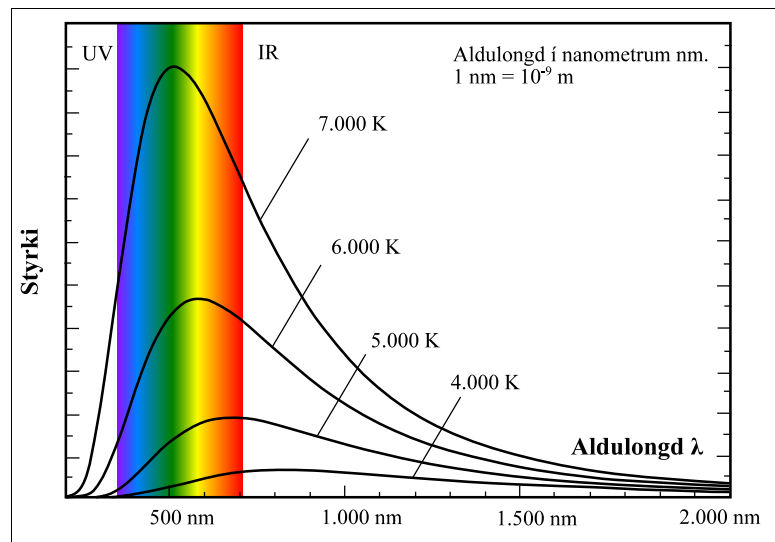


Niðara myndin vísir emissiónslinjurnar, t.e. aldulondirnar, sum koma frá lýsandi hydrogeni. Á ovaru myndini sæst, hvat hendir, tá ið fotonir við øllum móguligum aldulondum fara ígjøgnum hydrogengass. Fotonir við aldulondum, sum svara til aldulondirnar á niðaru myndini, eru burtur. Tær hevur hydrogenið sokið í seg. Eftir eru bara absorptionslinjur.

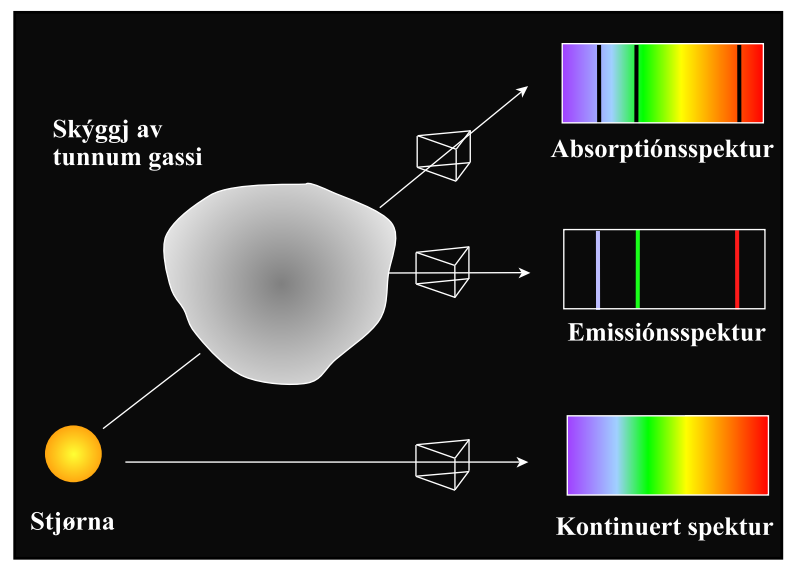
Spekturlinjurnar avdúka grundevnini

Verður spenningur lagdur yvir eitt glasrør við gassevni í, lýsir gassið. Verður ljósið kannað gjøllari, sæst, at tað er bland av ávísnum emissiónslinjum, sum svara til yvirgongdir í atomunum, sum Bohr staðfesti. Hvørt grundevni hevur sínar serstøku linjur, sum eru eins og fingramerki. Tað veldst um elektronbygnað í einstaka evninum,

spektrallinjur ikki har, sum tær eiga at vera sambært kanningum í royndarstovuni, er tað tekin um, at ljóskeldan, stjornan, flytur seg í mun til egleiðaran. Nærkast keldan, eru aldulondirnar stytтар (bláforskotnar), og fer hon frá egleiðaranum, eru tær longri enn tær eiga at vera (reyðforskotnar). Hetta fyrbrigdið, nevnt dopplerárin, kann verða brúkt at rokna ferðina hjá kelduni.



Myndin vísir planckrásir fyri fyra ymisk hitastig. Geislingin úr stjornum fylgir reiðiliga væl planckrásum. Uttan á sólini er hitin 5.778 K. Vit síggja tí, at mesta geislingin úr sólini er í sjónliga spektrpartinum. Tó kemur eisini infrareyða geisling (IR) og ultraviolett geisling (UV) (sum vit verða sólbrend av) úr sólini. Myndin vísir, at sum hitin veksur, skjótast planckrásirnar til vinstru handar móti styttri aldulondum, og toppurin verður hægri. Heitar stjornur, sum uttaná eru væl heitari enn sólin, lata tí meiri geisling frá sær í ultraviolett spektrpartinum vinstrumegin sjónliga partin.



Verður stjornuljós sent beinleiðis ígjøgnum eitt prisma, sæst eitt kontinuert spektr, tí fotonirnar í stjornuljósinum hava so ymiskar aldulondir. Fer ljósið frá stjornuni ígjøgnum tunt gasskýggi (t.d. ígjøgnum lofthavið um stjornuna) áðrenn tað fer ígjøgnum prismað, síggjast myrkar absorptionslinjur í kontinuera spektrinum. Hetta verður nevnt absorptionspektr. Frá einum skýggi av tunnum gassi (sum onkr stjorna nærindis vermir við síni geisling) síggjast einstakar bjartar spektrlinjur á myrkari grund. Hesar linjurnar verða nevndar emissiónslinjur.