

Vísindini læra at lesa upplýsingar í stjörnuljósinum

Pól Jespersen

Altjóða
stjörnufrøðiár 34



Í 1842 skrivaði franski heimspekingurin Auguste Comte, at tað fór aldri at bera til at vita evnafrøðiliga tilfarið í stjörnunum. 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 stjörnufrøðikanningar.

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

Elektromagnetisk geisling

Sjónligt ljós, infrareyða og ultravioletta geisling, radiobylgjur, røntgengeisling, gamageisling 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 eitt aldurfribrigdi. Aldur hava aldulongd λ og frekvens f . Sambandið ímillum hesar stóddir er, at $\lambda \cdot f = c$. c er ljósferðin.

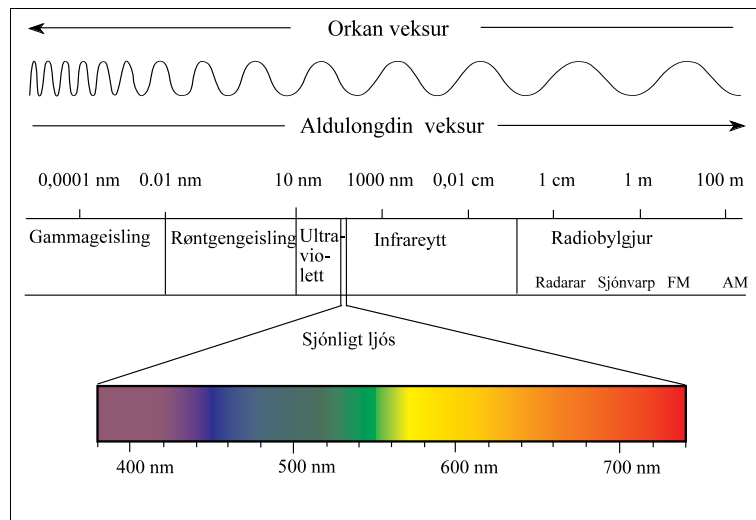
Max Planck

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

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

Planck, sum av lyndi er konservativur, er fullgreiður yvir, at henda uppdagingin er stór og øðrvísi (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 aldulongdina 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. Aldulongd í nanometrum nm. $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Fomilín, sum Planck roknar, er heldur fløktur, men myndin niðanfyrir vísir, hvussu sambandið er ímillum hitastig og styrki eftir aldulongd 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 ávísu føstum atomstøðum, hvør við sínari ávísu orku. Fer eitt atom úr einari støðu í eina aðra støðu við lægri orku, geislar orkunumurin burtur frá atominum við einari foton.

ikki er í sjónliga spektrinum!

Um kvantulæruna, sum Schrödinger, Bohr, Heisenberg og aðrir menna í 1920-unum, er at siga, at hon er ikki sørt lögín. Eitt er, at ljósfotonirnar í summum uppstillingum bera seg at sum aldur, í øðrum sum partiklar, og enn løgnari, 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 forsagnirar viðvíkjandi royndum í atomheiminum. Tað er næstan sum hava teir funnið eitt svar uppá ein spurning, sum ikki er orðaður enn! Í kassanum høgnumegin eru nevndar nakrar útsagnir hjá kendum granskarum um kvantulæruna.

Stjörnuspektroskopi

Um ár 1665 letur Newton sólarljós fara ígøgnum eitt prismi og vísir, at hvíta sólarljósið er eitt bland av ljósi í ymsum litum. Newton sær eitt kontinert spektr (ælabogalitimar). Í 1802 varnast onglendingurin William Hyde Wollstone, at fleiri myrkar linjur eru í kontinuera sólspektrinum. Í 1814 sær týskarin Joseph von Fraunhofer hundraðtals myrkar linjur (absorptións-linjur) í sólspektrinum, og hann kannar tær gjølla. Hann gevur teimum navn, A, B, C... og roknar aldulongdirnar, sum svara til myrku linjurnar. Fraunhofer staðfestir, at aðrar stjørnur hava øðrvísi 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-linjun hjá natrium). Kirchhoff ger

Erwin Schrödinger:

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

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-mekanikkín."

sí myndina niðanfyrir, sum vísir linjurnar í hydrogenspektrinum.

Skilligt er nú, hvussu henda vitan kann gerast eitt hent kanningaramboð í stjörnufrøðini. Frá stjörnu koma fotonir við ymsum aldulongdum. Er nú eithvørt evni í lofthavinum um stjörnuna, kunnu vit vænta, at fotonir, sum svara til yvirgongdir í tí evninum, eru burtur, tí evnið hevur soggid tær í seg. Tá síggjast myrkar linjur í kontinuera spektrinum (absorptións-linjur). Frá einum lýsandi gassskýggi, sum geisling úr onkrari stjörnu nærindis hevur vermt, kunnu eisini vera kámar emissións-linjur, 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 stjörnuspektroskopiin er veruleiki.

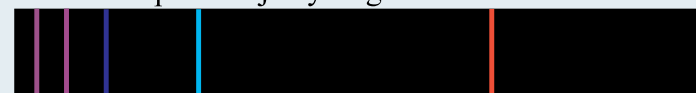
Enn hentari amboð

Spektroskopi kann ikki bara verða brúkt at kanna tilfarið í stjörnum. Eru

Absorptiónsspektr hjá hydrogen



Emissiónsspektr hjá hydrogen



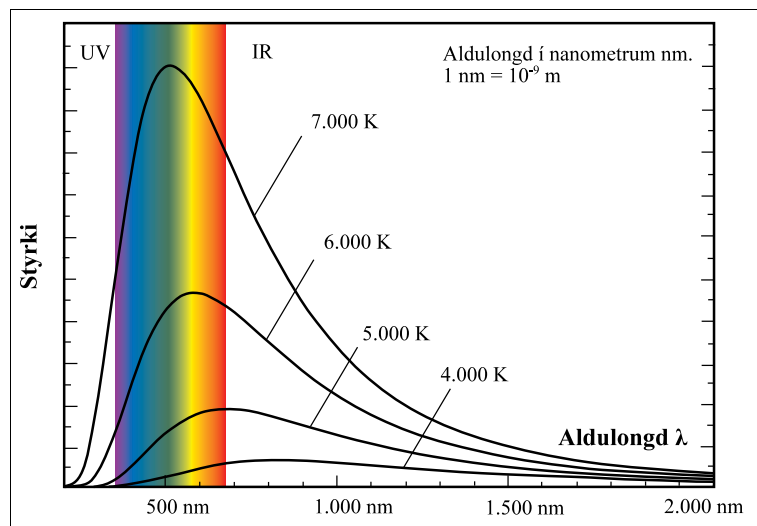
400 nm Aldulongd hjá fotonunum 700 nm

Niðara myndin vísir emissións-linjurnar, t.e. aldulongdirnar, sum koma úr lýsandi hydrogeni. Á ovaru myndini sæst, hvat hendir, tá ið fotonir við øllum móguligum aldulongdum fara ígøgnum hydrogengass. Fotonir við aldulongdum, sum svara til aldulongdirnar á niðaru myndini, eru burtur. Tær hevur hydrogenið soggid í seg. Eftir eru bara absorptións-linjur.

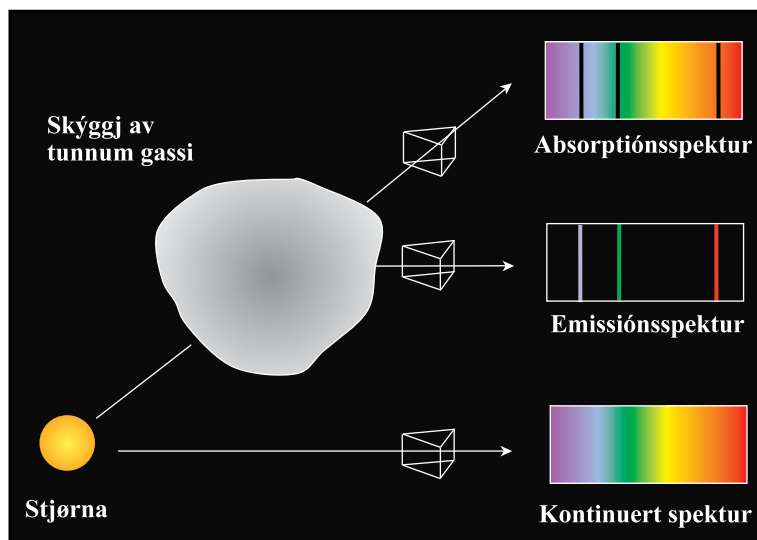
Spekturlinjur avdúka grundevnini

Verður spenningur lagdur yvir eitt glasarør við gassevní í, lýsir gassið. Verður ljósið kannað gjøllari, sæst, at tað er bland av ávísu emissións-linjum, 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 teir eiga at vera sambært kanningum í royndar-stovuni, er tað tekin um, at ljóskeldan, stjórman, flytur seg í mun til eygleiðaran. Nærkast keldan, eru aldulongdirnar styttar (bláforskotnar), og fer hon frá eygleiðaranum, 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 stjörnum fylgir reiðiliga væl planckrásum. Uttaná 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 ultravioletta geisling (UV) (sum vit verða sólblend av) úr sólini. Myndin vísir, at sum hitin veksur, skjótast planckrásirnar til vinstru móti styttri aldulongdum, og toppurin verður hægri. Heitar stjørnur, sum uttaná eru væl heitari enn sólin, lata tí meiri gesling frá sær í ultravioletta spektrpartinum vinsturmeigin sjónliga partin.



Verður stjörnuljós sent beinleiðis ígøgnum eitt prismi, sæst eitt kontinert spektr, tí fotonirnar í stjörnuljósinum hava so ymiskar aldulongdir. Fer ljósið frá stjörnu ígøgnum eitt skýggi av tunnum gassi (t.d. ígøgnum lofthavið um stjörnuna) áðrenn tað fer ígøgnum prismið, síggjast myrkar absorptións-linjur í kontinuera spektrinum. Hetta verður nevnt eitt absorptiónsspektr. Frá einum skýggi av tunnum gassi (sum onkur stjörna vermir við síni geisling) síggjast einstakar bjartar spekturlinjur á myrkari grund. Hesar linjur verða nevndar emissións-linjur.