

Original title: Seeing

Swedish title: Allt som ögat ser

Translated by: Tim Olsson / Lund University Planetarium

Fact-checked by: Sherry Shaverdian

Revised and approved by: Anna S. Árnadóttir, anna@astro.lu.se

Read by Rigmor Grönwall

Vårt Universum är fyllt av skönhet.

Den färgglada och vackra värld som omvälver oss hade varit helt okänd för våra hjärnor om det inte vore för saker som sker många miljoner kilometer härifrån.

För att förstå hur vi kan se omvärlden så måste vi först resa från Jorden till hjärtat av en avlägsen stjärna.

Stjärnor består av det vanligaste ämnet i Universum: väte. 90% av alla atomer är väteatomer. All materia som består av atomer kallas för baryonisk materia.

Väte bildades redan i den Stora Smällen, Universums början. Varje väteatom består av en proton, med en enda elektron susande runt om.

I galaxernas spiralarmar finns enorma mängder vätgas. Gravitationen får gasen att kollapsa till interstellära moln.

I de tätaste områdena i dessa gasmoln fortsätter kollapsen, och så kallade protostjärnor, med protoplanetariska skivor, bildas. Dessa protostjärnor är början på nya solsystem.

Gravitationen får protostjärnorna att kollapsa ytterligare, vilket leder till extremt höga temperaturer i deras kärnor. Detta leder till att elektroner slits loss från sina protoner, och att protoner kan då slås ihop när de kolliderar. Denna process kallas för fusion.

Fusion händer längst in i kärnan av alla stjärnor. I stjärnor som är tyngre än vår sol sker detta genom en komplicerad process som kallas för kol-syre-kväve-cykeln. I stjärnor som är ungefär lika tunga, eller lättare än vår sol, sker en enklare process som kallas för proton-proton-reaktionen.

I båda fallen påverkas elektroner av energin från reaktionerna, vilket skapar det ljus som gör att vi kan se stjärnorna lysa.

En enkel modell av en atom visar elektronen i omloppsbanan runt atomkärnan, lite som en planet som kretsar runt en stjärna. En stor skillnad är att en planet kan i princip råka ligga hur

nära eller långt borta från sin stjärna som helst. Men en elektron måste befinna sig i specifika banor runt protonen. Elektronen kan bara flyttas mellan de tillåtna banorna om den absorberar eller sänder ut rätt mängd energi.

För att förstå principen så kan man tänka sig en hiss med en elektron i. Hissen åker uppåt när elektronen träffas av en foton, och den flyttas upp till en högre bana.

När en elektron har nått en högre bana så kan den hoppa tillbaka ned till den lägsta banan, eller "grundtillståndet", igen genom att skicka ut foton.

Om elektronen stannar på mellanliggande banor kan den skicka ut foton varje gång den hoppar ner.

Dessa fotoner kan vi se som ljus i olika färger. Blått eller violett ljus bildas när fotoner gör större hopp neråt. Blått ljus har mer energi än rött ljus som kommer från elektronens kortare hopp.

Vi kan se samma sak hända på Jorden om vi tittar på neonlampor. Neonlampor och andra lysrör är fyllda med särskilda gaser. Atomer som genererar specifika färger när elektricitet får elektroner att hoppa mellan specifika nivåer.

Inuti vår avlägsna stjärna så fortsätter utskickandet och emottagandet av fotoner i hundratusentals år. Långsamt, långsamt flödar denna energi från stjärnans centrum till dess yta. Från ytan strömmar fotonerna till slut ut i rymden med ljusets hastighet: 300 000 kilometer per sekund.

Fotonerna kommer att färdas genom den nästan helt tomma rymden tills det att de stöter på någon partikel. Låt oss nu följa en liten foton på dess resa genom galaxen.

När fotonen lämnar denna stjärnas yta så börjar dess resa som kommer vara i 1300 år innan den till slut kommer fram till Jorden.

Stjärnan som gav ifrån sig den lilla foton vi följer tillhör nämligen en stjärnhop som kallas Trapetshopen. Denna ligger framför Orionnebulosan, sett från Jorden. Medan vi rör oss bort från stjärnan kan vi se den jättelika nebulosan, den är 24 ljusår från ände till ände. Det är ungefär 225 miljarder kilometer!

Men innan vi går vidare: Titta på nebulosans många olika färger. Dessa genereras på olika sätt.

Rött och blått ljus kommer från väte- och syreatomer vars elektroner hoppar ner till sitt grundtillstånd efter att de flyttats upp av ljus från stjärnorna i nebulosan.

Den vita färgen är stjärnljus som reflekteras av stoftet i nebulosan. De små stoftpartiklarna agerar som en myriad små speglar som skickar stjärnljuset i olika riktningar beroende på vilken vinkel de träffar dammkornen med.

Vår lilla foton rör sig nu genom rymden tillsammans med många miljarder andra fotoner från nebulosan och dess stjärnor. Deras destination kommer att vara början av en ny resa genom en ung stjärnskådares öga och sinne.

[Musik]

Vår foton och dess följeslagare har klarat resan till vårt solsystem utan att bli absorberade eller reflekterade av partiklar längs vägen. Deras resa är snart slut, men det finns ett sista hinder i vägen: Jordens atmosfär.

Hittills har fotonen rest genom den nästan tomma rymden, men nu måste den passera genom vår täta, fuktiga atmosfär.

Här blir fotonen och dess följeslagare knuffade genom ett fenomen som kallas refraktion. Refraktion orsakas av att luftens densitet varierar. Inte alla kommer att lyckas. Vissa av fotonerna kommer att spridas eller absorberas innan de når jordytan.

Det här är anledningen till att stjärnor blinkar. Fram till nu har fotonerna rest i en rak linje, men deras väg genom atmosfären blir krokig. För oss ser det ut som att stjärnorna blinkar.

Vår lilla foton har nu klarat sin resa och hamnat in i ett teleskop som används för att observera Orionnebulosan.

Fotonen träffar linsens glas, och dess väg böjs av flera gånger av linserna i teleskopet, och okularet, tills den och dess följeslagare har fokuserats till en punkt.

Fotonens resa har tagit över 1300 år, och nu håller den på att ta slut.

Det är lite som att få en hemleverans från Galaxen, med tanke på vad fotonen och dess energi har tagit sig igenom för att komma hit just nu.

Fotonen färdas det korta avståndet mellan okularet och ögat, och lyckas till och med undvika ögonlockets blinkning.

Här träffar fotonen ögats yttre yta, som kallas hornhinnan. Hornhinnan består av särskilda celler som bildar ett genomskinligt membran.

Fotonen färdas genom hornhinnan till linssäcken, där den kristalliska linsen sitter.

Den här linsen fokuserar fotonerna till ögats baksida, den så kallade näthinnan, men innan den kommer dit måste den passera igenom en geléartad massa som kallas glaskroppen. Glaskroppen hindrar ögat från att kollapsa under sin egen tyngd.

Låt oss stanna här ett ögonblick och titta tillbaka på några av ögats delar som fotonen passerade igenom.

Vi ser en stor, svart cirkulär bländare. Den kallas för iris, och öppnar eller stänger sig beroende på hur mycket ljus som träffar näthinnan. Irisen utgör vår pupill--ögats ingång.

Om vi går från ett mörkt rum ut i ljuset kan vi uppleva tillfällig blindhet när irisens drar ihop sig för att begränsa hur mycket ljus som träffar näthinnan. Det beror på att irisens justerar pupillens öppning till en storlek där näthinnan får tillräckligt mycket ljus för att vi skall kunna se, men inte för mycket så att vi bländas. Ögonvitan är ogenomskinlig, så att det enda sättet för ljus att komma in i ögat är genom pupillen.

Bland dessa lager av vävnad finns små muskler som kallas zonulatrådar. Ena änden av dem är fästa vid ciliarmuskulerna, som linsen är upphängd i, och den andra är fäst vid en ringmuskel som omger den kristalliska linsen. Zonulatrådarna och ringmuskeln hjälps åt att forma linsen för att fokusera ljuset till en viss punkt på näthinnan.

När vi åldras blir linsen hårdare, och ringmuskeln och zonulatrådarna får svårare att forma om den. Detta kallas ålderssynthet, och gör det svårare att se skarpt på nära håll.

Alla över 45 år gamla behöver justera för ålderssyntheten genom att använda läsglasögon.

En annan sak som händer med linsen när den åldras är att den blir grumlig efter att ha utsatts för alltför mycket UV-ljus. Detta kallas för grå starr, och beror på att cellerna i linsen dör och blir grå.

Grå starr kan leda till blindhet, men om linsen byts ut mot en konstgjord lins i en enkel operation kan synen återställas.

Låt oss vända oss om igen mot näthinnan, slutdestinationen för vår foton.

Fotonens resa slutar här, men informationen den bär med sig förs vidare. Informationen består av färgen och ljusstyrkan av ljusets källa--stjärnan, över tusen ljusår bort.

Näthinnans jobb är att avkoda informationen så att hjärnan kan tolka den.

Näthinnan utgör cirka två tredjedelar av ögats baksida. Om vi tittar närmare ser vi att dess yta inte är jämn, utan att där finns strukturer.

Först ser vi vener och artärer som transporterar blod från och till näthinnan och resten av ögats vävnader.

Här ser vi en skiva som är ljusare än området runt omkring. Detta är änden på synnerven. Vi kommer strax att se hur informationen från fotonen och dess följeslagare överförs till hjärnan genom den här nerven.

Rakt fram ser vi ett mörkare område. Det är den gula fläcken, den del av av ögat som ser skarpast. Linsen fokuserar ljuset mot den gula fläcken.

Näthinnan fungerar ungefär som en sensor i en digitalkamera, fast i stället för pixlar har näthinnan celler som kallas fotoreceptorer.

Majoriteten av näthinnan består av fotoreceptorceller som kallas stavar. Dessa är mycket ljuskänsliga, men skickar bara vidare signaler om vitt ljus, i låg upplösning, till synnerven. Detta beror på pigmentet i stavarna, som reagerar på fotonerna som träffar cellen, vilket i sin tur sänder en enda sorts signal till hjärnan.

Med hjälp av stavarna kan vi se även i svagt ljus, och upptäcka rörelser i utkanten av synfältet.

Den punkt på gula fläcken där ljuset fokuseras kallas centralgropen.

Den har ett djup på 2.5 millimeter jämfört med den annars släta näthinnan.

Om ögongloben är alltför avlång kommer ljuset att fokuseras innan det har nått centralgropen. Detta kallas för närsynthet.

Om ögongloben i stället är alltför ihoptryckt kommer ljusets fokus att hamna bakom näthinnan, vilket kallas översynthet.

Glasögon eller kontaktlinser med rätt styrka kan motverka effekterna av både närsynthet och översynthet.

Ungefär 15 grader av ögats synfält fokuseras i centralgropen, där fotoreceptorcellerna sitter tätt. Dessa kallas tappar, och detekterar färg när de träffas av fotoner.

Tapparna överför en specifik färg beroende på reaktionerna i ett av tre pigment: rött, grönt eller blått, som cellen kan innehålla. Det här gör att vi kan se många olika färger i ljuset som lyser upp vår värld.

För att förstå hur tappar och stavar får vår syn att fungera skall vi titta på hur de sitter ihop med synnerven.

Om vi tittar på näthinnan i genomskärning ser vi tre olika lager av celler.

Det första lagret består av så kallade ganglioceller, som är direkt kopplade till trådar som utgör änden på synnerven. Det här är det längsta som hjärnan sträcker sig ut i kroppen, och den enda delen av hjärnan som är synlig utan kirurgi.

Näthinnan har ofta kallats själens fönster. Det beror på att många förändringar i kroppen på grund av sjukdom först uppträder som förändringar i näthinnan.

Ögonläkare och optiker, som specialiserat sig på ögat, kan upptäcka sjukdomar som till exempel typ 2-diabetes långt innan de går att se med andra metoder, bara genom att undersöka näthinnan.

Så när du får ögonen undersökta av en optiker eller en ögonläkare kontrollerar de mer än bara din syn, de undersöker din allmänna hälsa.

Du borde därför besöka antingen en optiker eller en ögonläkare åtminstone vartannat år.

När du är äldre än 40 år är det bäst att besöka årligen, så att åldersrelaterade sjukdomar kan upptäckas på ett tidigt stadium.

Gangliocellerna är kopplade till nästa lager av celler, som kallas bipolära celler. Bipolära celler kopplar ihop stavarna och tapparna med gangliocellerna på ett par olika sätt.

Tapparna är kopplade en och en till gangliocellerna. Den här direkta kopplingen behövs för att hjärnan skall detektera detaljer och färg, och för att uppnå god synskärpa.

Stavarna är kopplade till gangliocellerna i buntar, via celler som kallas horisontella celler och amakrinceller. Det här gör att stavarna fungerar som en slags skanner, som fungerar bra i svagt ljus och som fångar rörelse bättre än tapparna.

Vår foton och dess följeslagare har fokuserats av linserna i teleskopet och ögat och träffar tapparna i centralgropen. Deras resa är nu slut och de finns inte mer, men informationen de bär med sig skickas vidare.

När fotonerna träffar dem skickar tapparna ut en kemisk signal, som i sin tur skapar en signal via den bipolära cellen till gangliocellen.

Gangliocellen svarar genom att trigga en elektrisk signal som sedan skickas genom synnerven till syncentrum i hjärnan. Men vägen dit är inte helt rak.

Våra synnerver delar upp våra ögons synfält i två halvor--höger och vänster. Om vi tittar på det här systemet uppifrån ser vi att i änden på synnerven så hänger nervtrådarna ihop, men när nerven passerar genom synnervskanalen i skelettet och når synnervskorsningen, så delar trådarna upp sig i högra och vänstra synfältet. Det högra fältet är kopplat till vänstra hjärnhalvan, medan det vänstra fältet är kopplat till högra hjärnhalvan.

Det är på grund av detta som vi har djupseende. Dessutom minskar den blinda fläcken som änden på synnerven orsakar i varje öga, genom att låta det andra ögat fylla i vad det ena inte kan se.

Efter synnervskorsningen löper de två nervbuntarna separat men parallellt genom synnervskanalerna till den så kallade laterala knäkroppen, på varsin sida om hjärnan.

Här separeras nervtrådarna i synnerven och sprider ut sig så att de bildar nervkopplingar till två huvudsakliga delar av syncentrum. Här delas informationen från ögat upp i två delar-- information från centralgropen och från de perifera delarna av näthinnan.

Några nervtrådar förgrenar sig från synnerven innan den når den laterala knäkroppen och är i stället kopplade till hjärnstammen för att sköta reflexsystemet som reagerar på ljus, rörelse och justerar fokus för ögats lins.

Att hantera informationen som ögat skickar till hjärnan är komplicerat, och kräver hälften av hjärnans resurser. Ju mer vi forskar om hjärnan och hur den ser, desto mer förundras vi över hur vår syn fungerar.

Synen är vårt viktigaste sinne, och vi får inte glömma att ta hand om det.

Använd solglasögon när du är utomhus för att skydda näthinnorna från UV-ljus.

Skydda alltid huvudet när du cyklar eller skejtar.

Undvik att komma för nära vassa föremål som kan skada ögat.

Ät hälsosamt och rör på dig tillräckligt för att undvika typ 2-diabetes, som kan leda till blindhet.

När du läser eller arbetar med någonting på nära håll, vila ögonen i en minut genom att stirra ut i fjärran var tjugonde minut.

Använd skyddsglasögon om det finns risk för att skräp hamnar i ögonen.

Om du följer de här råden ökar chansen att du får behålla din syn hela livet.

Nästa gång du tittar upp på natthimlen, tänk då på allt som krävs för att du skall kunna se stjärnorna. Var tacksam för de få fotoner som reser biljontals kilometer för att landa på din näthinna, och får din hjärna att se.