

Lektionsmaterial - Rymdfysik

Emil Svensson
Johan Norell

Kungliga Tekniska Högskolan
Stockholm, Sverige
VT 2024



Figur 1: Polarsken
Källa: United States Air Force

Sammanfattning

Detta är ett lektionsmaterial avsett för en lektion i kursen fysik 2 på gymnasiet. Materialet är till för en normalstor klass där lektionen är ca 60 minuter, men materialet går att anpassa för längre lektioner. Till lektionen tillkommer lärandemål som bygger på det centrala innehållet i kursen. Lektionsmaterialet är uppbyggd på bakgrundsinformation om polarsken och ett förslag till lektionsplanering, med en matlabkod för visualisering i slutet av detta dokument. Syftet med bakgrundinformationen är dels att läraren ska få bättre förståelse om bildandet av polarsken om de så önskar men också för att läraren ska kunna utgå från något under lektionen. I lektionsplaneringen tillkommer ett förslag på hur vi ser att lektionen utspelar sig för att eleverna på bästa sätt ska uppnå lärandemålen, med reservation för att den enskilde läraren har en egen struktur i som hen vill följa.

Målgrupp

Elever som läser fysik 2 på gymnasiet.

Gruppstorlek

Klass på 20-30 elever.

Tidsåtgång

Ca 60 minuter. Går att anpassa.

Syfte

Syftet med lektionsmaterialet är att eleverna ska bli mer intresserade av fysik med fokus på rymden. Det finns dessutom ett läroplanssyfte i att eleverna ska bredda sin förståelse av universums struktur och uppbyggnad.

Lärandemål

Efter lektionen ska eleverna kunna följande (med utgångspunkt för kursplan i fysik 2):

- På ett enkelt sätt förklara varför polarsken uppstår
- Förstå varför polarsken enbart uppstår vid syd- och nordpolen

Läroplanskoppling

Centrala innehållet i fysik 2:

- Orientering om aktuella modeller och teorier för beskrivningen av universums storskaliga utveckling och av galax-, stjärn- och planetbildning
- Atomens elektronstruktur samt absorptions- och emissionsspektra
- Metoder för undersökning av universum. Elektromagnetisk strålning från stjärnor och interstellära rymden

Viktiga begrepp

- Solvind
- Excitering/deexcitering
- Magnetosfär
- Grundtillstånd
- Exciterat tillstånd
- Plasma

Bra information

Här kommer andra bra källor att kolla på ifall önskemål finns:

[SMHI - Norrsken](#)

[Nationalencyklopedin - Norrsken](#)

[Hurtigruten - Hur uppstår norrsken?](#)

[Space.com - Norrsken](#)

[Space.com - Solvind](#)

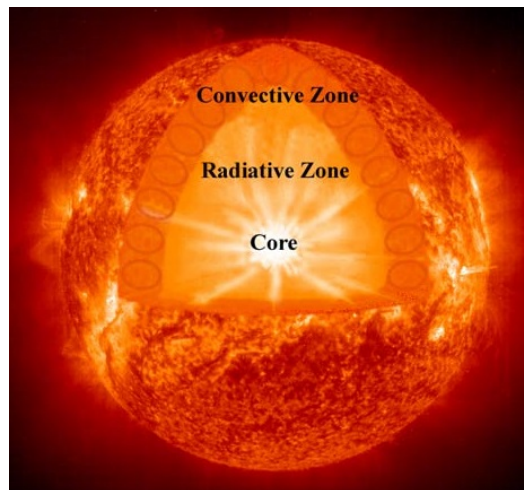
[Video om färger i aurora](#)

Bakgrundsinformation om polarsken

I följande del går det att läsa om hur polarsken uppstår, hela vägen från solen till vårt himlavalv. Detta är skapat i huvudsak för läraren men kan även användas under lektionen.

Solen

Solen består mestadels av väte och helium. I solens centrum är det ca 15 miljoner grader celsius och ett enormt högt tryck. Till följd av detta kan fusion enkelt ske naturligt då väteatomer slås samman till helium och frigör stora mängder energi. Ljuset strålar utifrån centrum mot ytan, först genom strålningstransport där energi överförs i form av elektromagnetisk strålning och sedan genom så kallade konvektionsceller. Det tar i genomsnitt 200 000 år (!) för en foton att ta sig från solens centrum till dess yta. Dessa elektriska strömmar skapar magnetiska fält inuti solen. Om de magnetiska fälten blir tillräckligt kraftiga trycks de ut genom ytan.

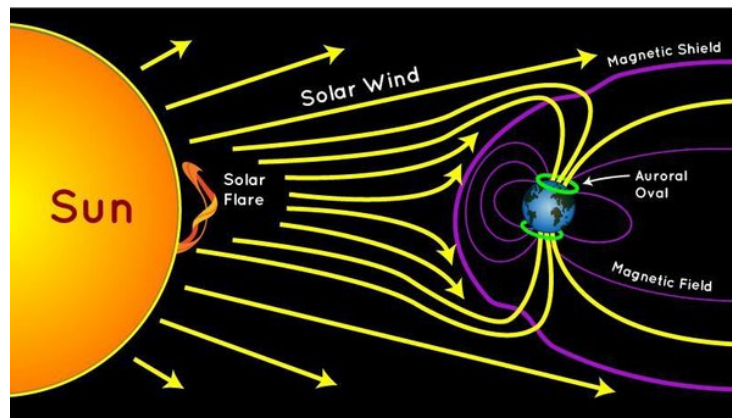


Figur 2: Solen
Källa: NASA

Solvind

Solvinden består av en ström laddade partiklar som uppkommit till följd av aktivitet på solen. Dessa laddade partiklar är främst elektroner och protoner som bildat ett slags gasmoln vi kallar för plasma. De har även lyckats övervinna solens gravitationsfält på grund av deras höga energi. Vinden rör sig sedan med en hastighet mellan 400 och 800 km/s genom den interstellära rymden för att sedan tillslut nå jorden där den interagerar med jordens magnetfält. Solvinden

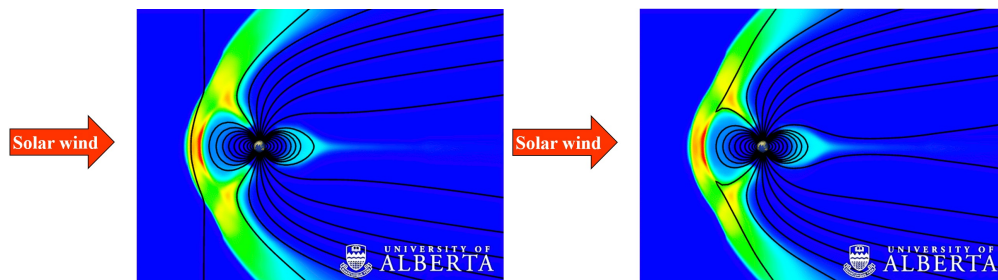
är ett fenomen som strömmar genom den interstellära rymden hela tiden. Den kan dock variera beroende på solens aktivitet. Den så kallade solcykeln avgör aktiviteten, där det genomsnitt är 11 år mellan solmaxima respektive solminima. Andra faktorer som kan påverka är solflammar (solar flares) eller CME (coronal mass ejections) där mer energi än vanligt frigörs från solen.



Figur 3: Solvindens väg till jorden illustrerad
Källa: NASA

Interaktion med jordens magnetfält

När solvinden når jorden bombarderas jordens magnetosfär av dessa högenergiska partiklarna. Jordens magnetfält agerar däremot som en slags sköld och leder iväg partiklarna längs de magnetiska flödeslinjerna och mot polerna. Vid polerna accelereras partiklarna ner mot jorden för att sedan kunna excitera atomerna i atmosfären.



Figur 4: Bildserie som illustrerar hur jordens magnetfält påverkas av solvinden
Källa: University of Alberta

Excitering av atomer i atmosfären

När partiklarna träffar jordens atmosfär kolliderar de med kväve- och syreatomer. När detta händer överför de högenergiska partiklarna sin överskottsenergi till atomerna i atmosfären som därför exciteras till ett högre energitillstånd. När dessa atomer sedan deexciteras till sitt grundtillstånd avger de ljus som motsvarar energiskillnaden enligt

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

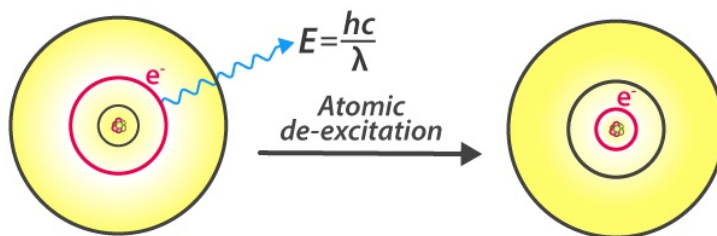
där λ motsvarar våglängden på ljuset, h är plancks konstant och c är ljusets hastighet.

Enligt kvantmekaniken innebär ett exciterat tillstånd ett kvanttillstånd av ett system som har högre energi än grundtillståndet. Dessa energinivåer har en fixerad energi vilket betyder att energin i ett visst tillstånd inte kan vara vad som helst. Hur lång tid det tar för en atom att deexciteras går inte att deterministiskt räkna ut, atomen kommer endast ha en sannolikhet att deexciteras tillbaka till sitt grundtillstånd beroende på hur stabil den är i sitt exciterade tillstånd.

Den kvantmekaniska lösningen för energinivåerna hos väteatomen ger:

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2} \approx -\frac{13.6}{n^2}$$

där n anger vilket energitillstånd atomen befinner sig i. ($\hbar = \frac{h}{2\pi}$)



Figur 5: Deexcitering av en atom
Källa: Byjus

Polarsken

Våglängden som motsvarar energiskillnaden då atomen deexciteras ger det synliga ljus som vi kallar polarsken. Vilken färg vi urskiljer beror på flera faktorer, exempelvis om det är kväve eller syre som deexciteras, höjd i atmosfären eller mängden energi på partiklarna från solen!

Lektionsplanering

Nedan följer ett exempel på en lektionsplanering. Notera att tiderna är exempel utifrån en 1 timmes lektion. Ändra gärna dessa utifrån längden på din lektion. Notera också en matlabkod i slutet av denna sektion som ger bilder från en DMSP-satellit (Defense Meteorological Satellite Program) av aurora vid ett valt datum. Läs mer om DMSP-satelliter här: [DMSP](#). Använd gärna medföljande presentation utefter behov som stöd under föreläsningen.

0 - 15 min

Använd EPA (Enskilt - Par - Alla) där eleverna först arbetar enskilt, därefter i par och slutgiltigen i helklass. Låt eleverna först fundera och skriva ner vad de tänker på när de hör ordet norrsken. Troligtvis är det något som är relativt främmande för eleverna så runt 2 minuter enskilt räcker. Låt därefter eleverna diskutera sina ord med sin granne och låt eleverna förklara varför de skrivit de valda orden. Detta behöver inte ta mer än 5 minuter. Återstående tid går åt till att lyfta deras tankar i helklass för att se vad de kan sedan tidigare men också för att fånga upp eventuella missuppfattningar.

15 - 40 min

Föreläsning där målet är att eleverna ska få ett hum om hur polarsken uppstår. Detta ska innefatta processen hela vägen från solen till det synliga ljuset (aurora) vi ser på jorden. Använd gärna delar från rubriken "Bakgrundinformation om polarsken". Få gärna med delar från samliga underrubriker för att eleverna ska skapa sig en helhetsbild om processen. Se till att få med följande:

- Aktivitet på solen bidrar till solvindar
- Vad solvinden består av
- Hur solvinden interagerar med jordens magnetfält
- Vad som händer när partiklarna kolliderar med atomer i atmosfären och vad som menas med excitering/deexcitering
- Vad som gör att vi ser polarsken och varför just på syd- och nordpolen

40 - 60 min

Låt eleverna diskutera frågor. Här kommer några exempel men kom gärna på egna frågor som kopplar till lärandemålen. Anpassa antalet frågor till hur mycket tid som finns kvar av lektionen. Låt eleverna diskutera i grupper om ca 4 och låt sedan varje grupp lyfta en fråga (eller en del av en fråga) i helklass.

- Vilken roll spelar solvinden och magnetosfären i bildandet av polarsken?
- Varför observerar vi endast polarsken vid nord- och sydpolen?

- Kan andra planeter ha polarsken? Under vilka förutsättningar är detta möjligt? Varför?
- Vilken roll har partiklarna som kommer in mot atmosfären i bildandet av polarsken?
- Vad händer om partiklarna från solen har för låg energi när de kommer in i atmosfären?

Extra material - Matlab

Nedan följer en länk till en matlabkod där aurorabilder tagna från en DMSP-satellit är genererade. Ju starkare röd färg som syns desto mer intensifierad aurora. Notera att `dv = [2020 04 24]`; (första raden i mainfilen) får ställas in frivilligt utefter vilket datum du vill använda. Vid nedladdning av koden tänk på att ladda ned samtliga filer i samma mapp.

Välj gärna själv hur du vill använda denna kod och när under lektionen. Denna visualisering kan exempelvis användas för att visa eleverna hur man kan använda data för att studera aurora och hur data kan se ut ur ett forskningsperspektiv. Är din lektion längre än 1 timme kan denna simulering användas under föreläsningen eller efter diskussionsfrågorna.

TIPS: Den 23 april 2023 kl 15:26 träffade en CME (coronal mass ejection) jorden och skapade en mycket intensifierad aurora. Använd gärna detta datum för att visa eleverna hur sådana bilder ser ut: `dv = [2023 04 23]`. Läs mer här: [Large Geomagnetic Storm Hits Earth](#).

[Matlabkod](#)