

Allmän rymdfysik

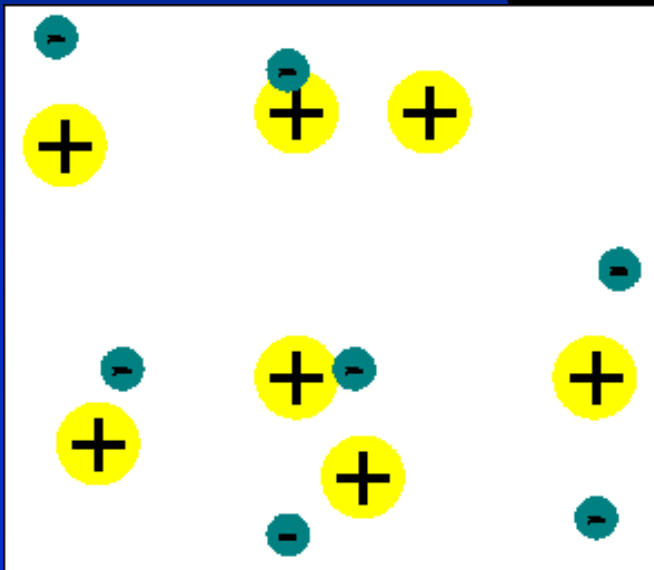
- Plasma
- Magnetosfärer
- Solen och solväder

Karin Ågren
090608



Plasma

- Vi lever i en neutral värld, där materia är i fast, flytande eller gasform...
- ... universum i stort består till mer än 99% av plasma



Gas



- Ett tillstånd där neutrala partiklar inte är bundna till varandra
- Gaspartiklarna påverkas av tyngdkraften och kollisioner

Plasma



- En joniserad gas, med fria joner och fria elektroner
- Kollisioner är sällsynta
- Partiklarna påverkas framför allt av elektriska och magnetiska krafter

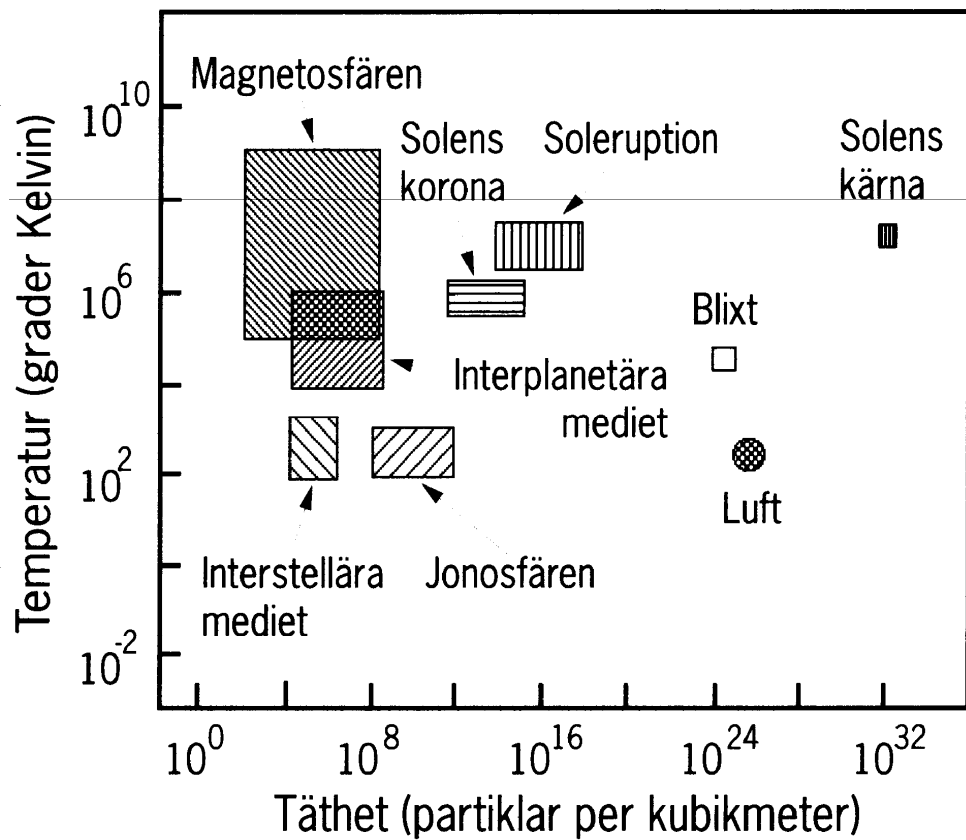
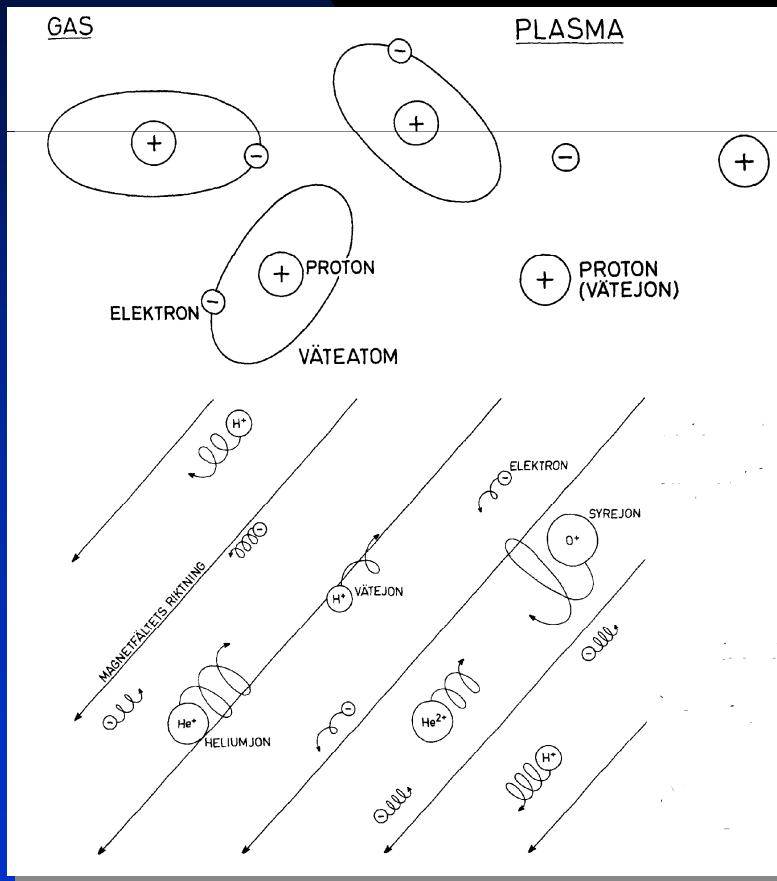
Elektriska fält

- Elektriska fält accelererar partikeln i fältets riktning
- Fältet ger rörelseenergi till den laddade partikeln
- Elektroner rör sig mot den positiva potentialen och joner mot den negativa

Magnetiska fält

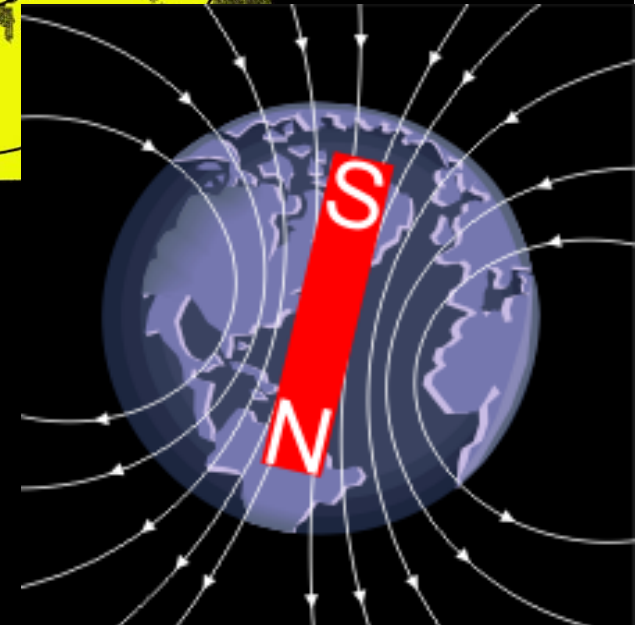
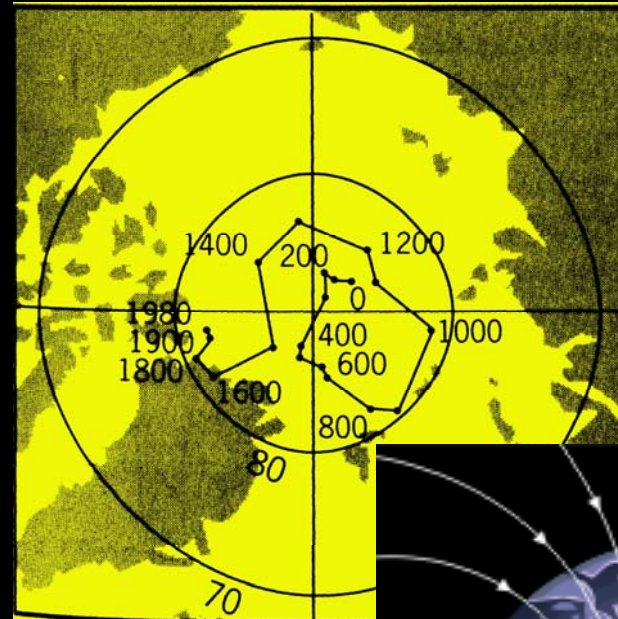
- Om en laddad partikel rör sig vinkelrätt mot ett magnetfält kommer partikeln att känna av en kraft
- Partikeln kommer att börja röra sig runt magnetfältslinjen
- Magnetfältet ändrar inte partikelns energi
- Radien på cirkeln beror på partikelns massa, hastighet, laddning och på magnetfältets styrka

Plasma

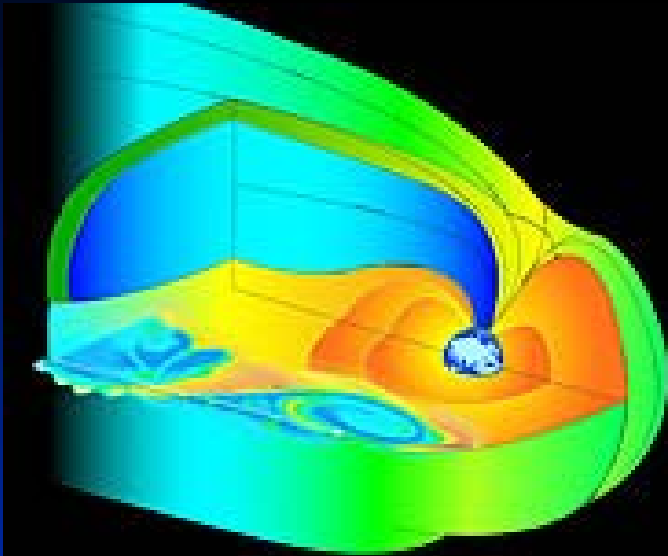


Jordens magnetiska dipolfält

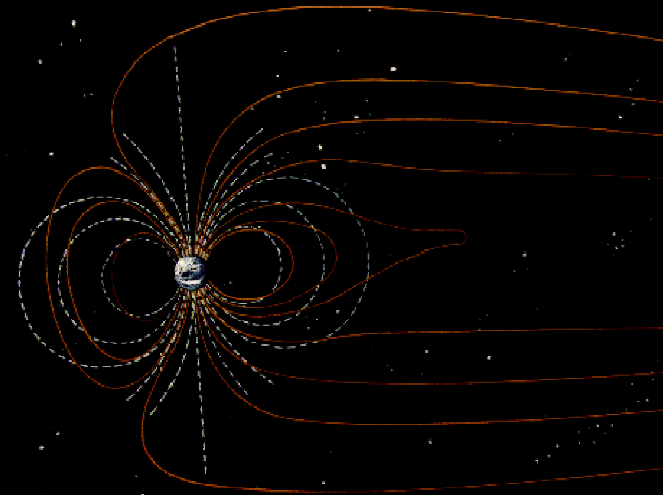
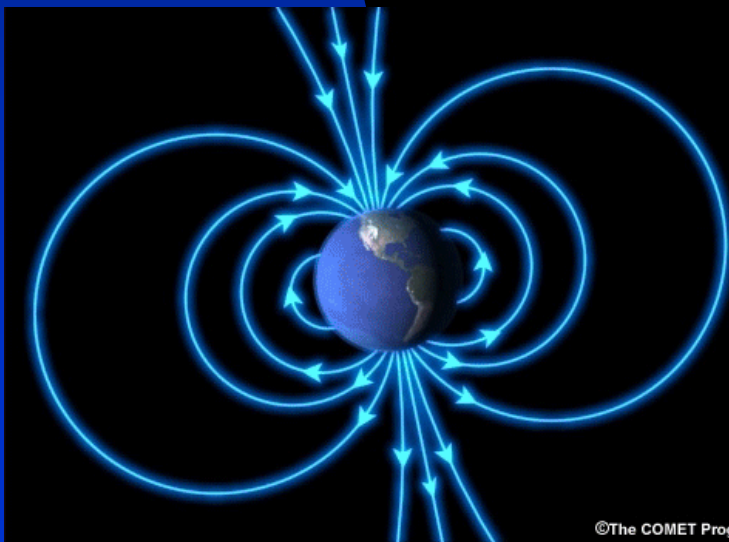
- Den magnetiska axeln är tildad från spinnaxeln med 11 grader
- Jordan byter polaritet i medel vart 250 000 år
- Den magnetiska sydpolen ligger nära den geografiska nordpolen
- Laddade partiklar kommer att rotera runt magnetfältslinjen och samtidigt studsas mellan polerna



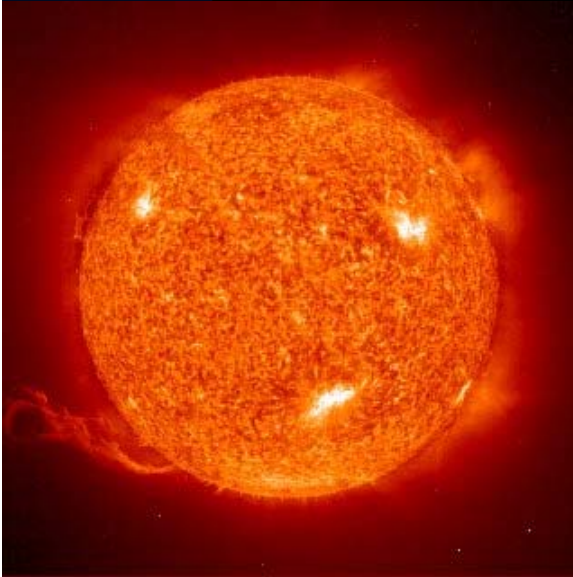
Magnetosfär



- En **magnetosfär** är det område i rymden, där en kosmisk kropps magnetiska fält har avgörande inflytande på rörelsen hos laddade partiklar (rymdplasmat)



Solen



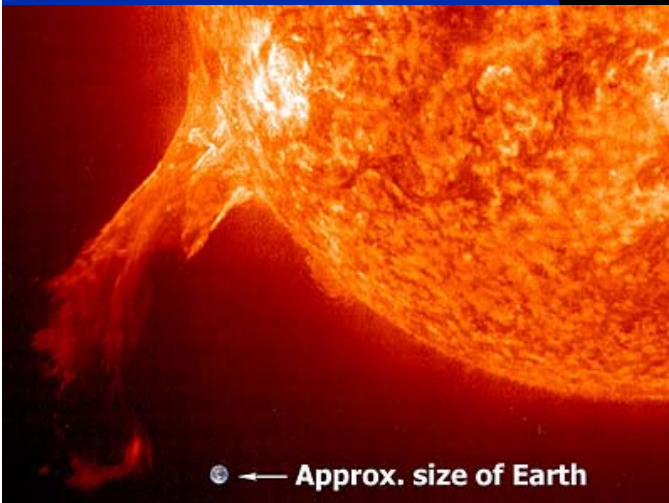
Solen består till största delen av plasma

Diameter: 109 ggr jordens

Massa: 330 000 ggr jordens

~ 99% av solsystemets massa

149 miljoner km (1 AE) från jorden

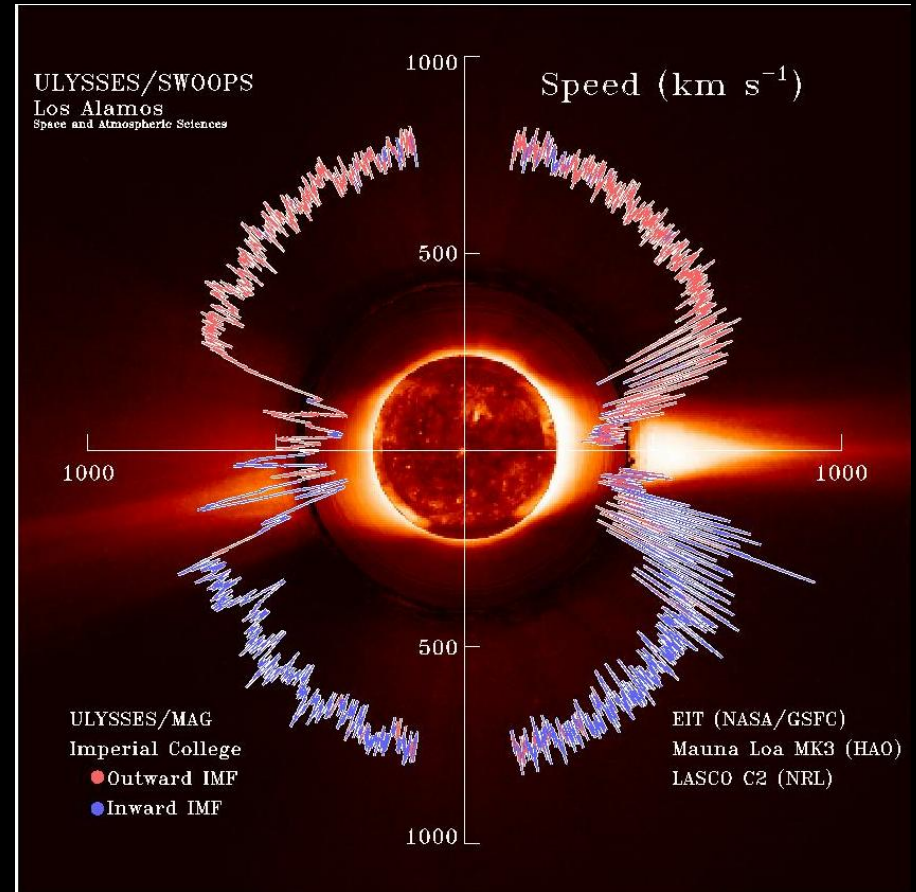
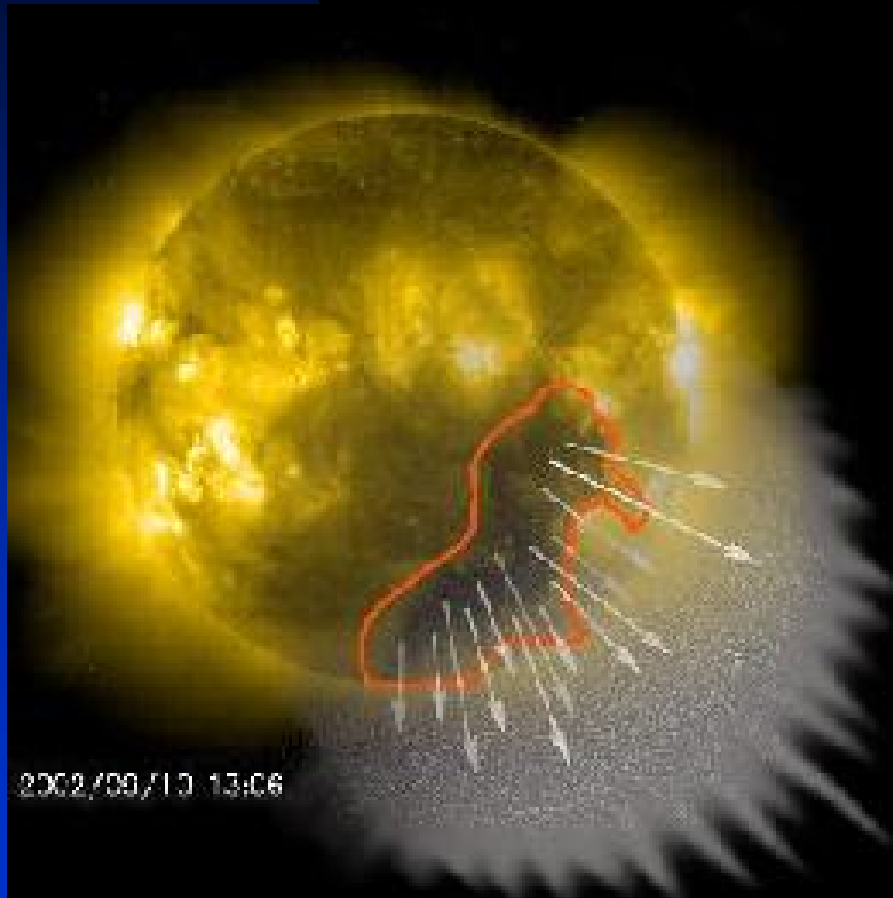


☉ ← Approx. size of Earth



Solvind

Kraftöverföring av energi från solen till jorden sker via solvinden

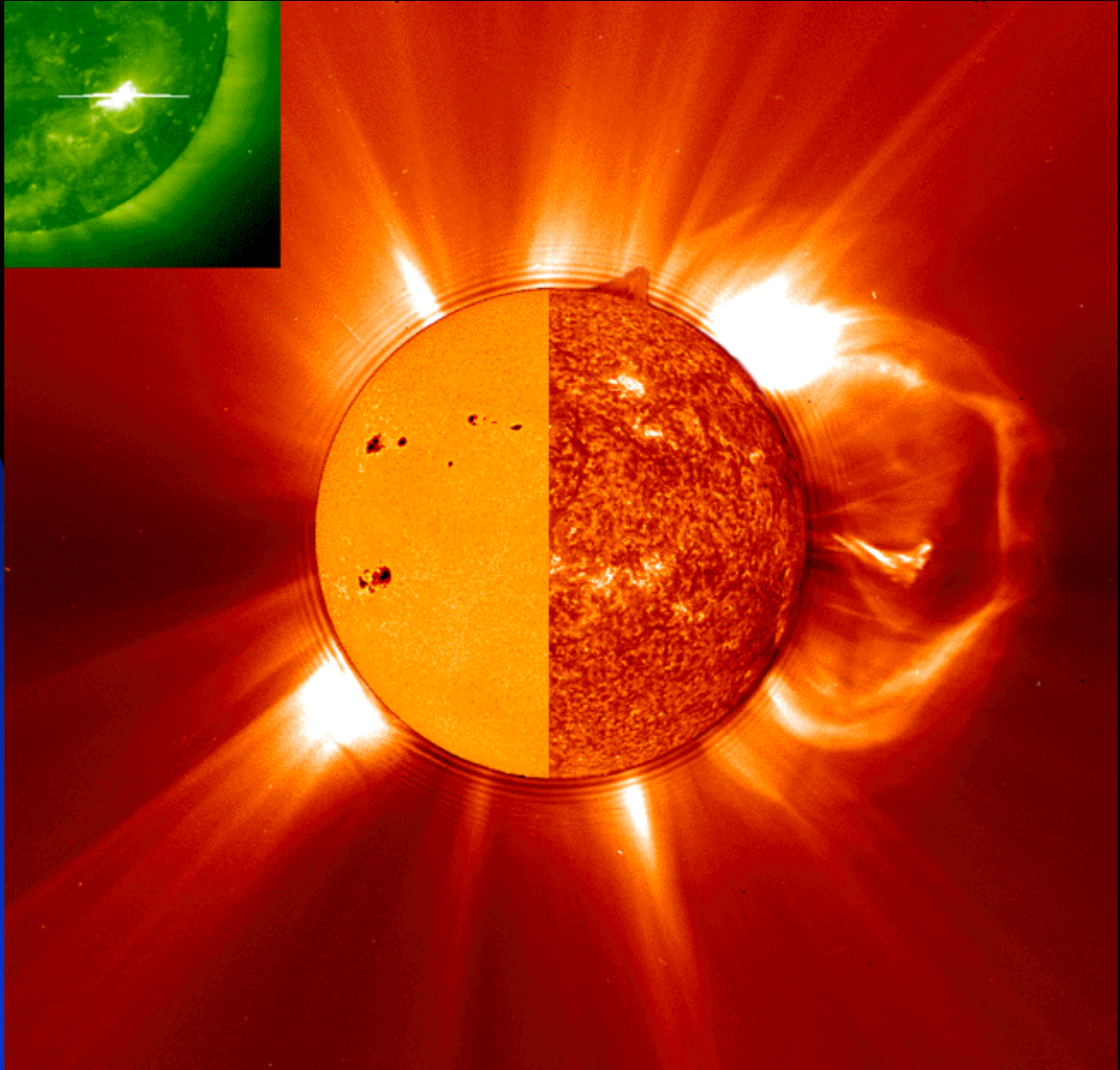


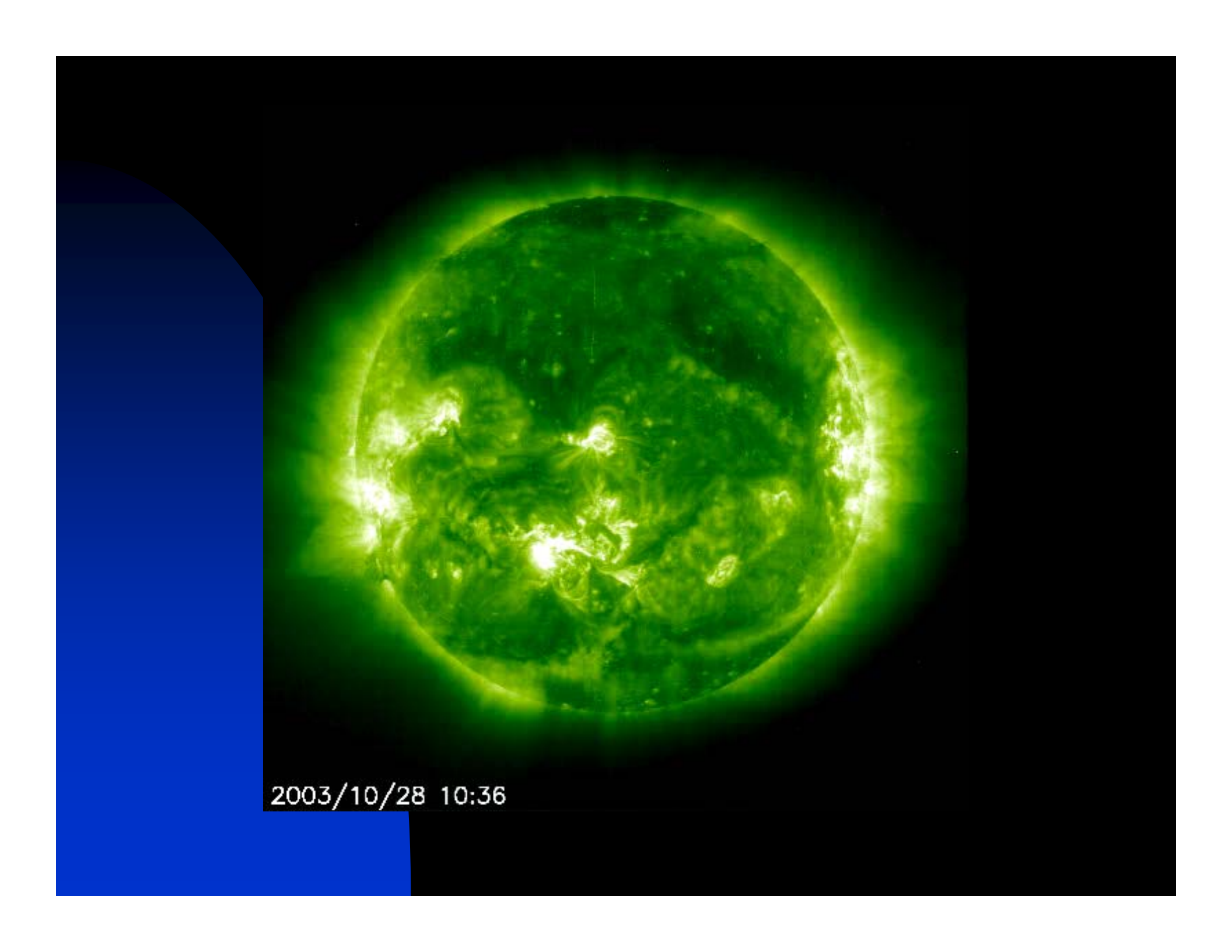
Solvind – e, H⁺, He⁺

Ständig solvind på 300 – 700 km/s

Solutbrott

- Koronamassutkastning (CME)
 - ◆ Material som slungas ut från solens korona
 - ◆ Beroende av solcykeln
- Solfackla (solar flare)
 - ◆ En explosion i solens atmosfär som frigör stora mängder energi (upp till $6 \cdot 10^{25}$ J)
 - ◆ Ofta länkad till en CME, men inte alltid

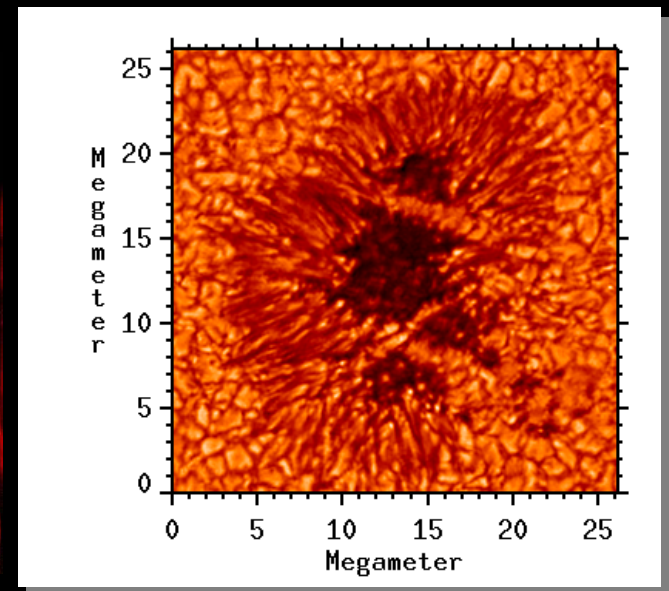
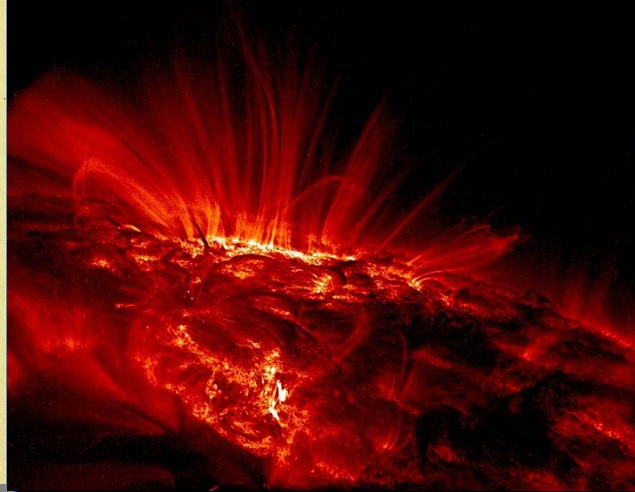
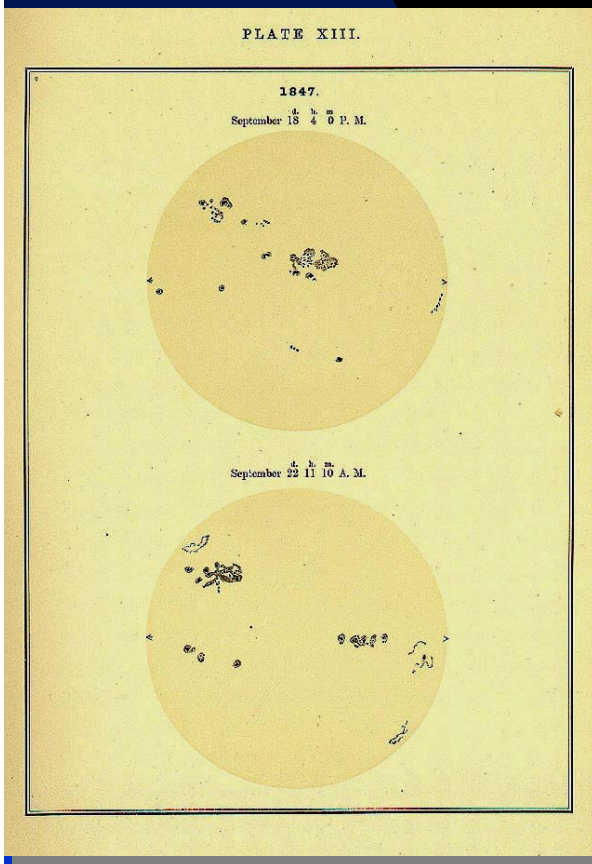




2003/10/28 10:36

Solfläckar

- Associerade med starkt magnetiskt fält
- Lägre temperatur än övriga solen
- Just nu befinner vi oss i ett solcykelsminimum och därför ser vi färre solfläckar

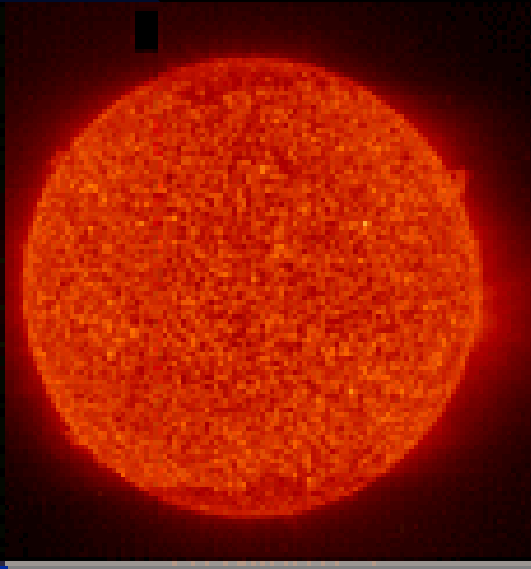


Observationer från 1700-talet...

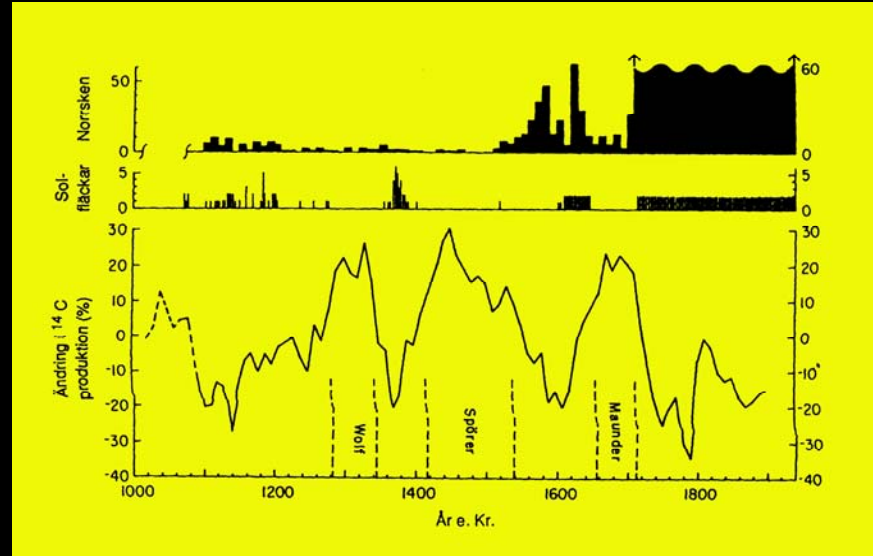
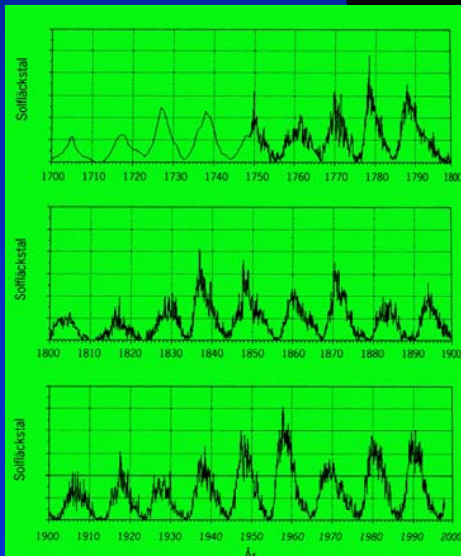
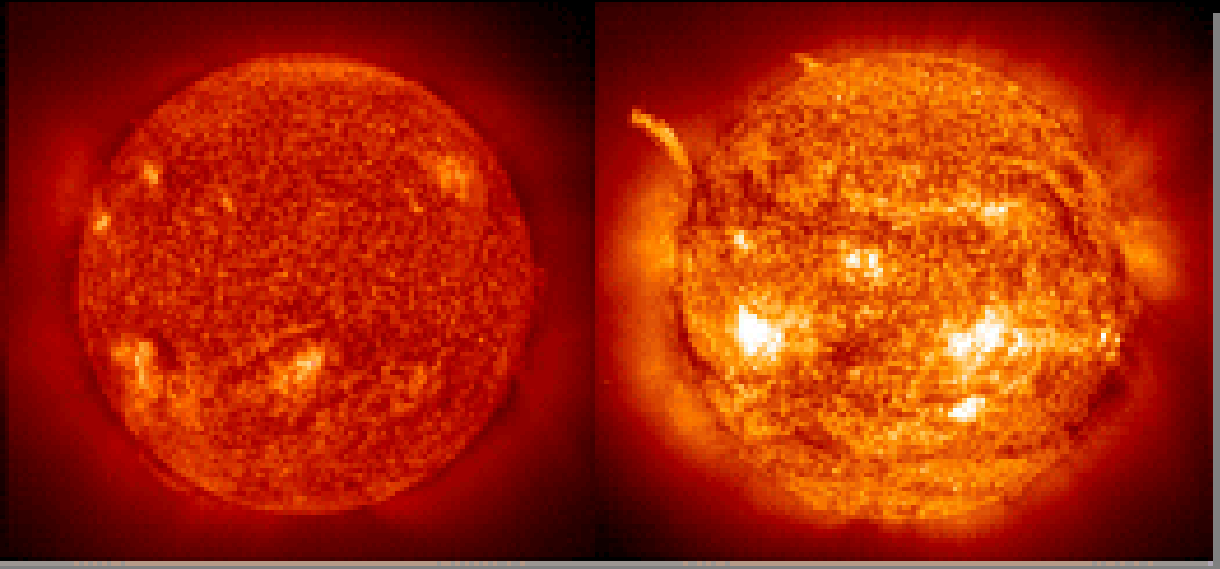
...och från idag

Solcykeln

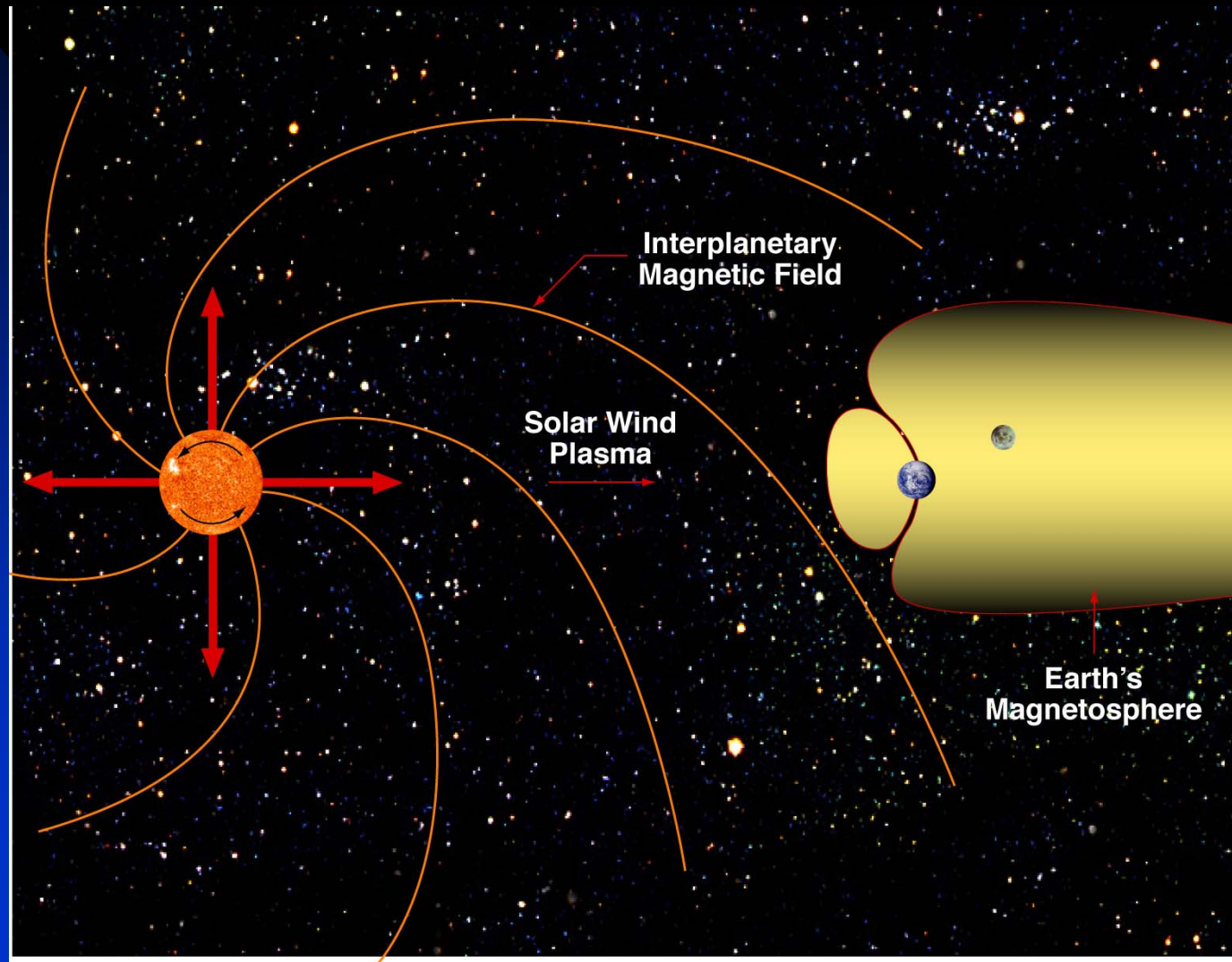
Solminimum



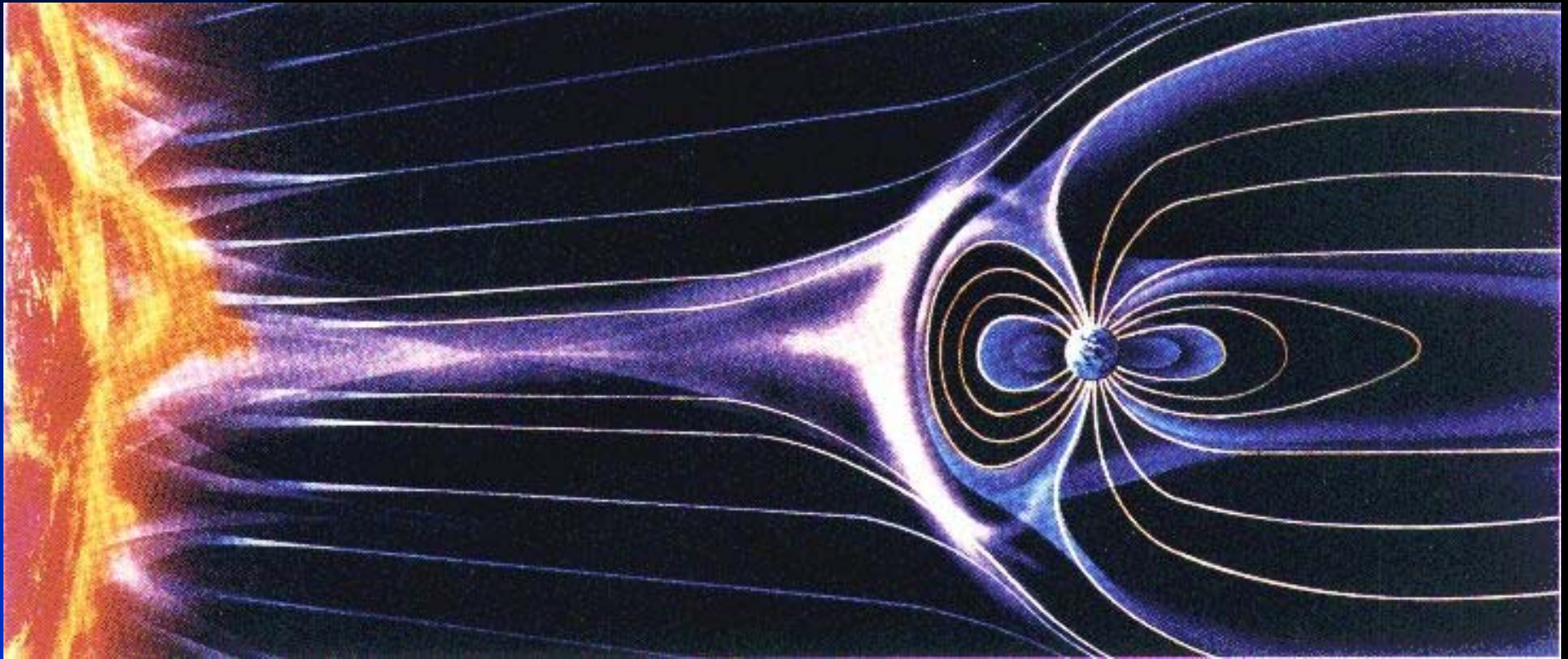
Solmaximum



Magnetosfärens bildande

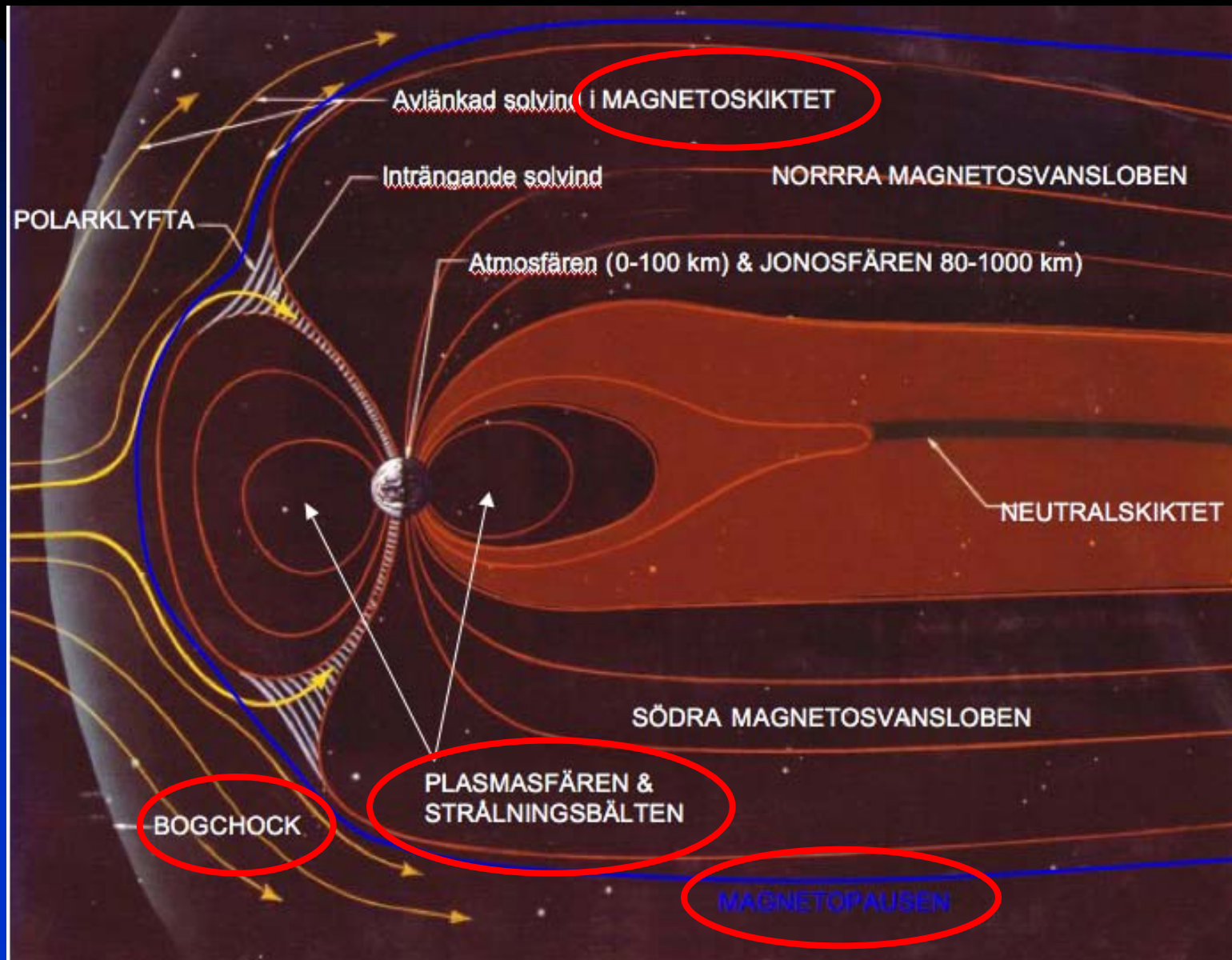


Jordens magnetosfär



- Låg plasmadensitet ($0.1 - 10$ partiklar/cm³)
- Höga energier, temperaturer upp till 100MK

Jordens magnetosfär

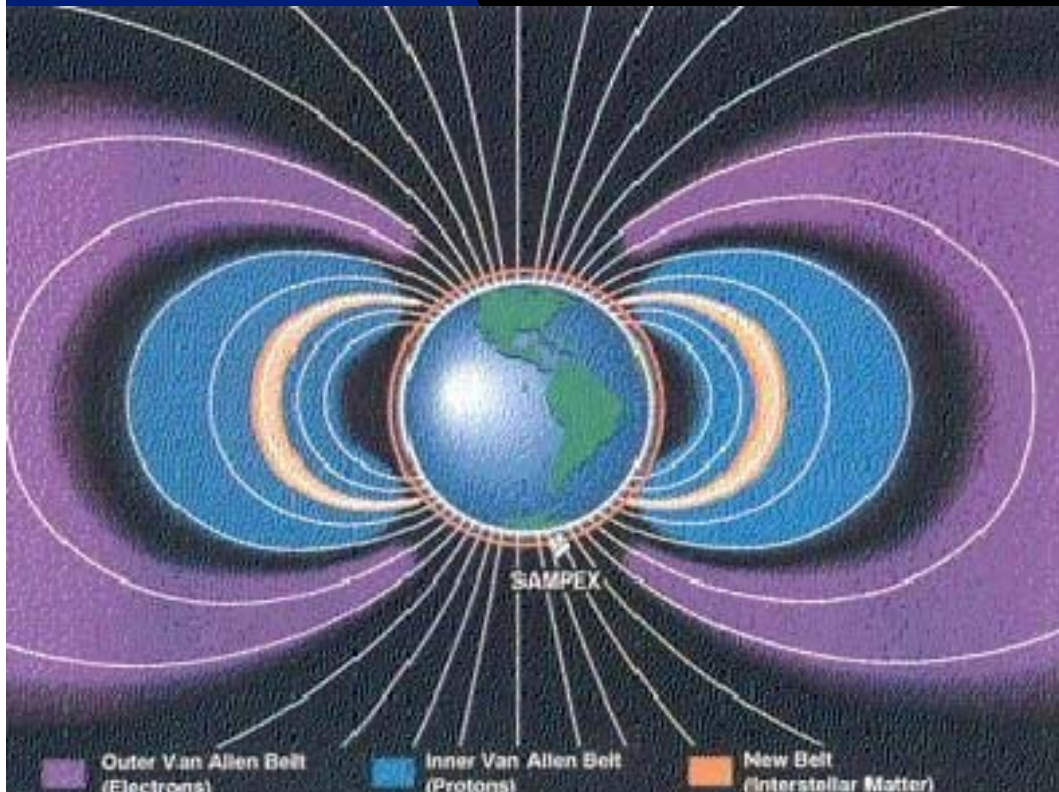


Gränsområden

- Bogchock
 - Solvindshastigheten minskar abrupt
- Magnetoskikt
 - Många solvindspartiklar, svagare magnetfält
- Magnetopaus
 - Trycket från planeten lika stort som trycket från solvinden

Strålningsbälten

Områden i magnetosfären där högenergetiska elektroner och joner är infångade



Inre strålningsbältet:

700 – 10 000 km ovanför ekvatorn

Typiska energier:

10 -50 MeV (protoner)

hundratals keV (elektroner)

Yttre strålningsbältet:

12 000 – 20 000 km ovanför ekvatorn

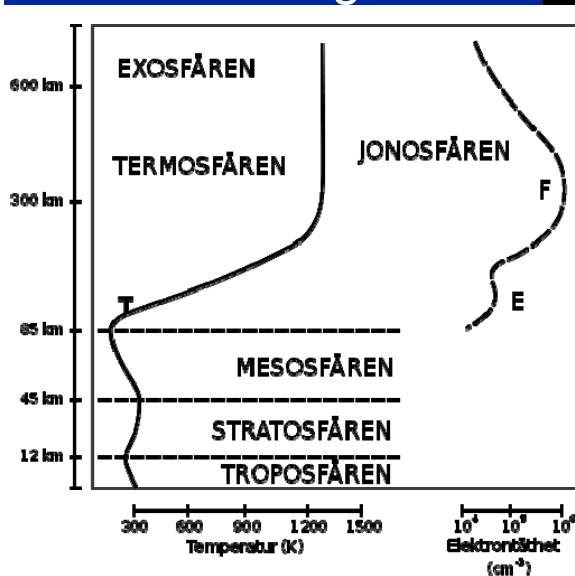
Typiska energier:

10 keV – 1 MeV (elektroner)

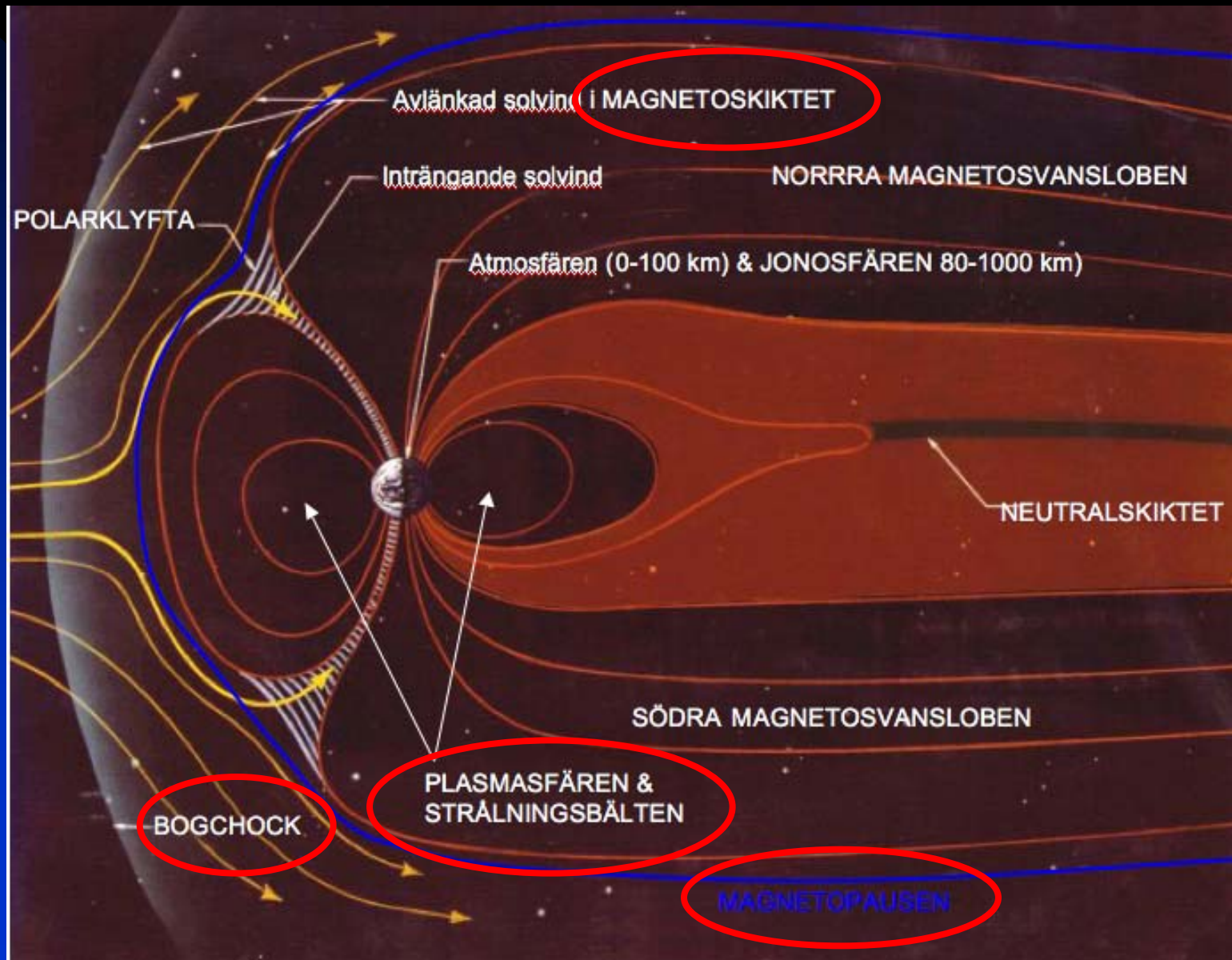
Atmosfären och jonosfären

- Neutral gas som hålls kvar av jordens gravitationskraft
- 78% kväve och 21% syre
- Absorberar skadlig ultraviolet strålning från solen och kosmisk strålning från rymden
- Det finns spår av atmosfär ända ut till ungefär 1000 km höjd

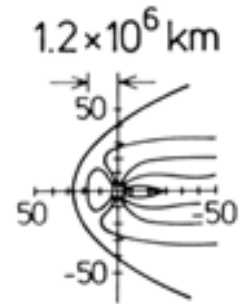
- Den del av atmosfären som joniseras av strålning utifrån
- Jonosfären består av joner och elektroner, dvs ett plasma
- Hög ledningsförmåga och påverkar därför utbredningen av radiovågor
- Börjar ca 80 km och sträcker sig upp till 500-2000 km ovanför jordytan
- Många satellitbanor går genom jonosfären, däribland Internationella rymdstationen



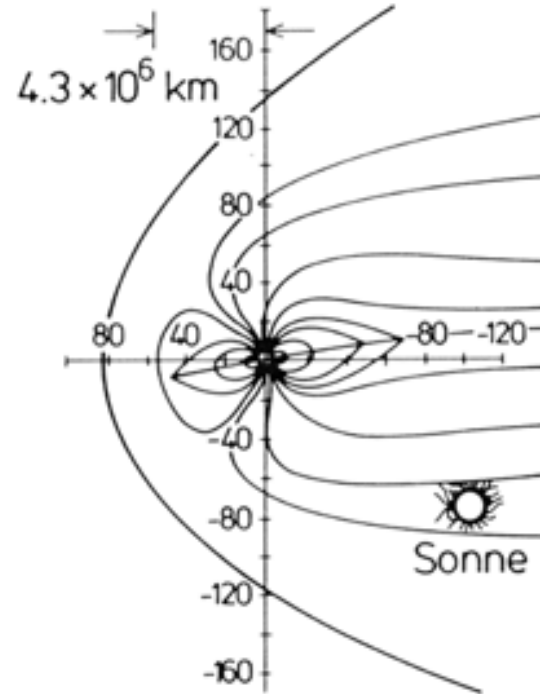
Jordens magnetosfär



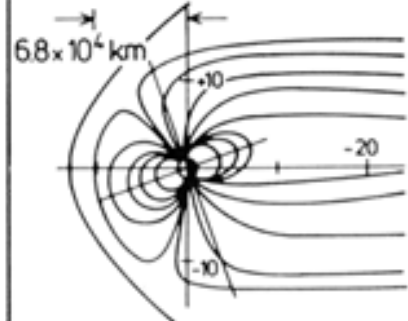
SATURN



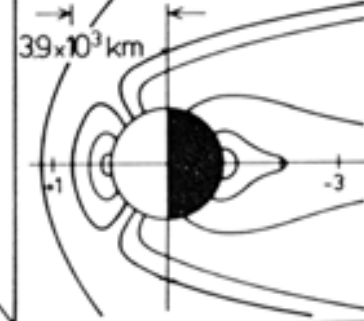
JUPITER



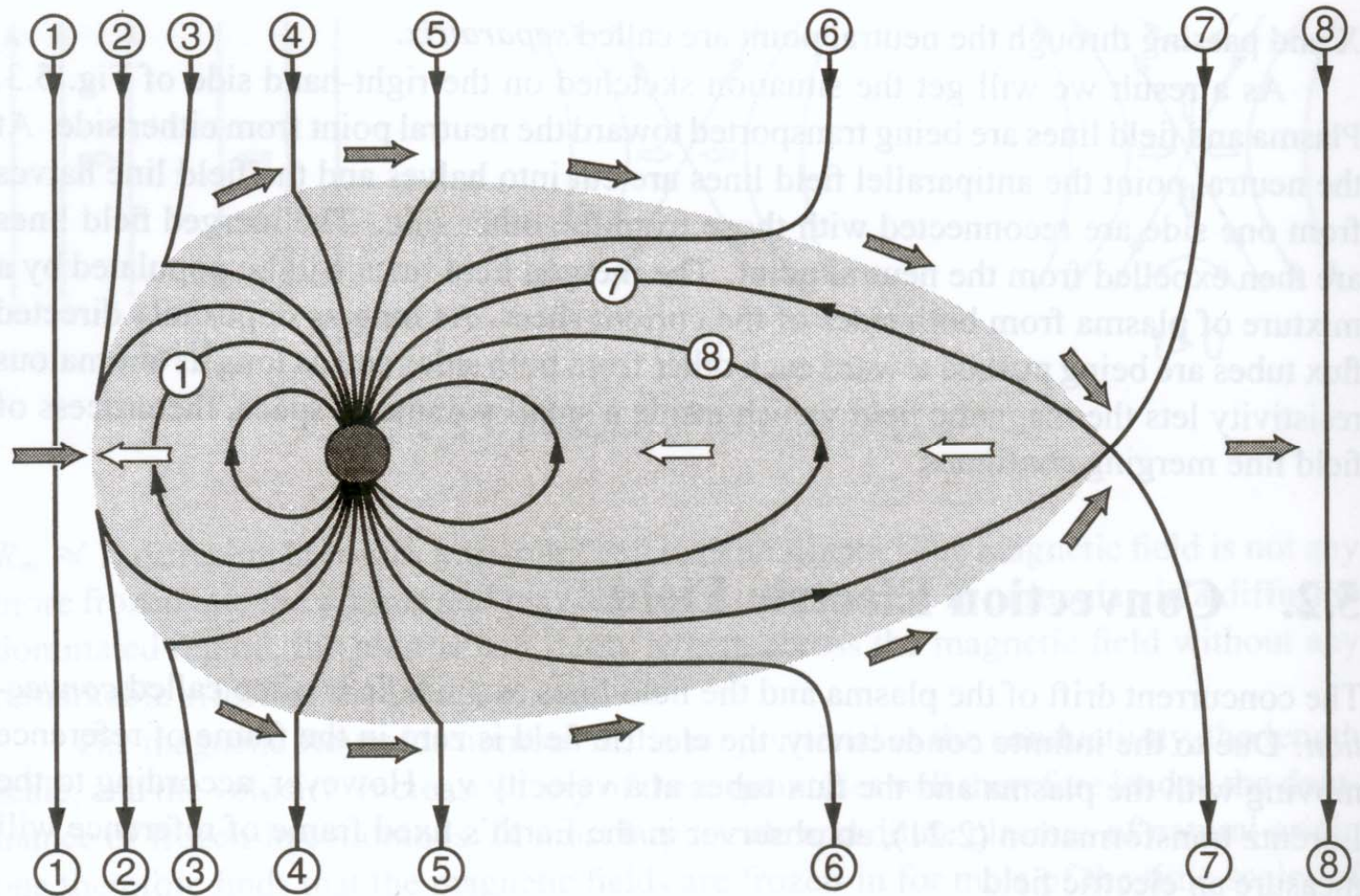
ERDE



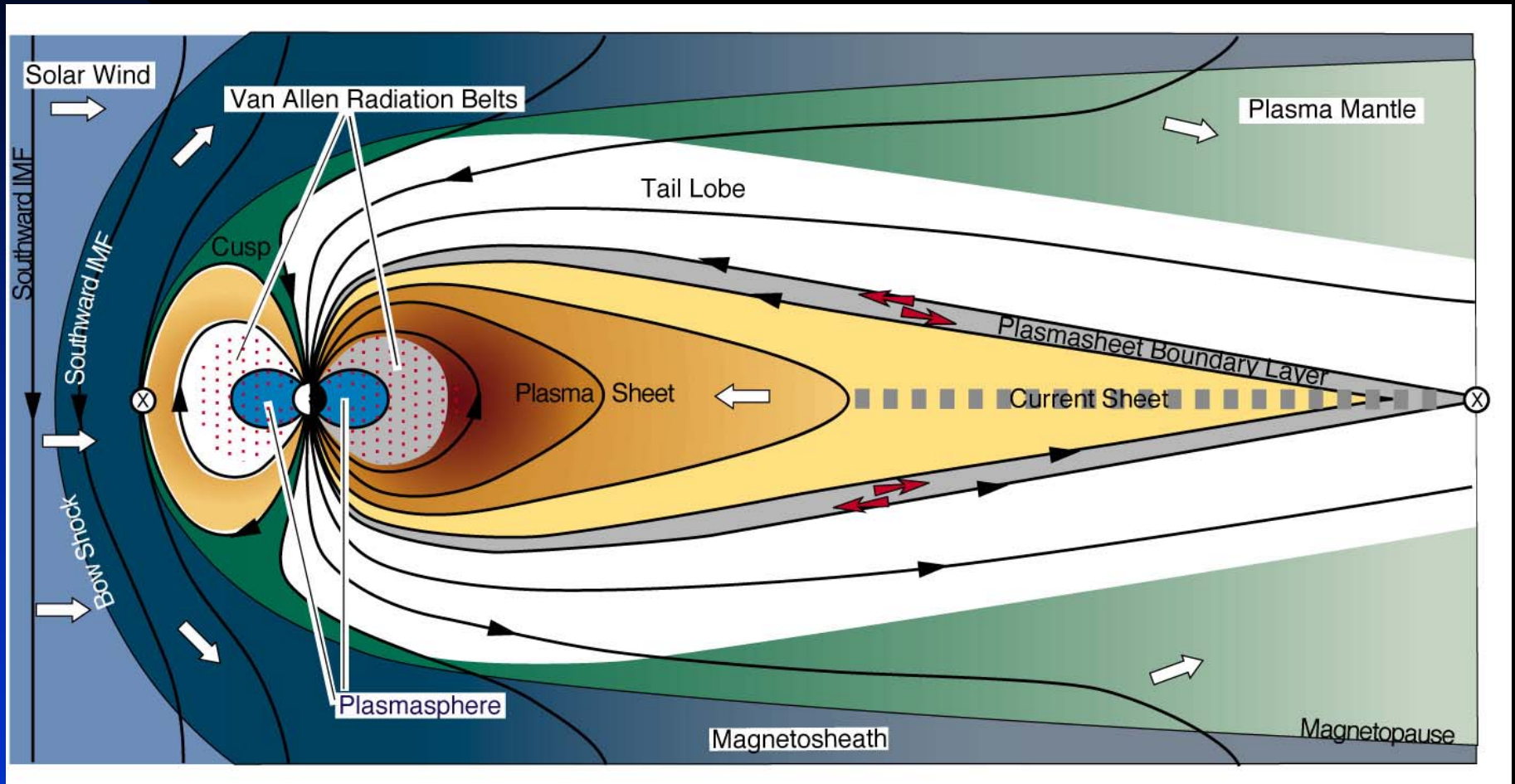
MERKUR



Reconnection (återkoppling)



Reconnection





Rymdväder - satelliter

Små komponenter är känsliga för högenergetiska partiklar från soleruptioner, skador i microchips eller ändringar i mjukvarukommandon kan förekomma.

Upphettnig av atmosfären leder till ändrad satellitbana och eventuellt nedfall i atmosfären där satelliten brinner upp.

Elektroner och joner kan ändra satellitens laddning och leda till urladdning som skadar satellitens elektroniska system.



Rymdväder - biosfären

Fåglar, delfiner och valar kan få navigeringsproblem då deras interna magnetiska kompasser influeras under en geomagnetisk storm.

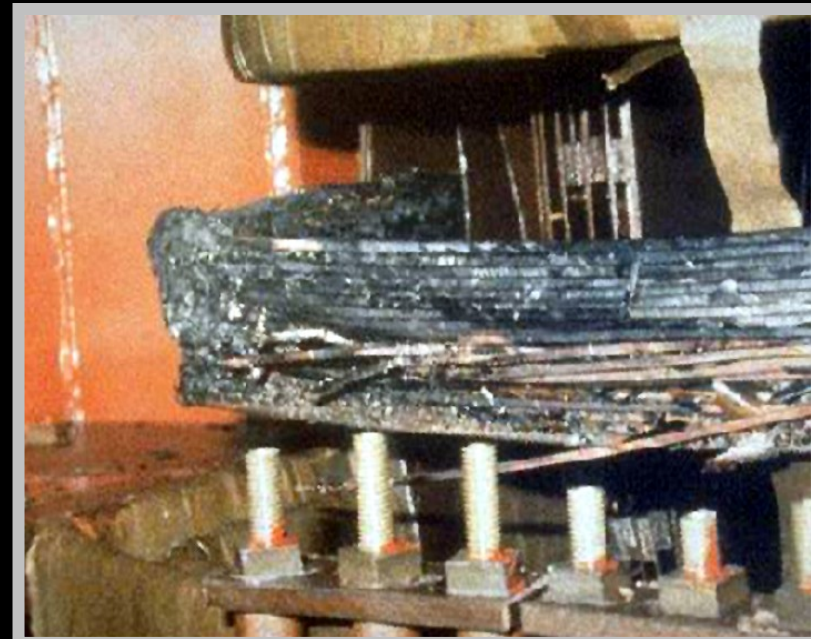
Effekt på människor?



Rymdväder - elsystem och pipelines

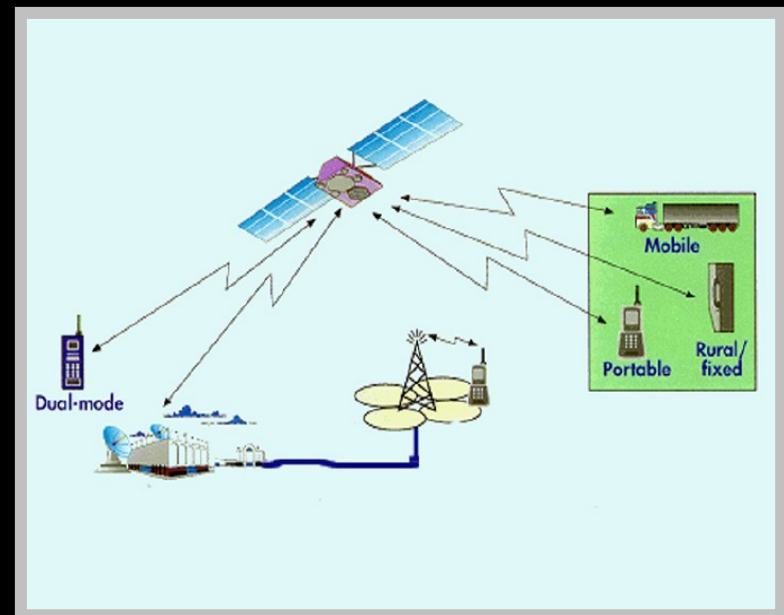
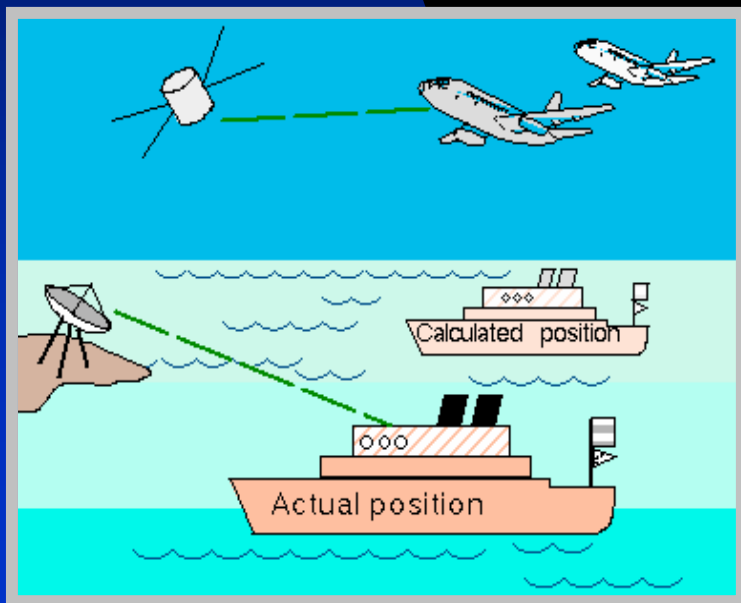
Fluktuerande magnetfält inducerar strömmar i elnätet och pipelines. Dessa kan orsaka strömavbrott och rostning av pipelines.

- Quebec, 13 Mars 1989
(9 miljoner människor utan ström)
- Malmö, 30 Oktober 2003
(50 000 människor utan ström)



Rymdväder – navigation och kommunikation

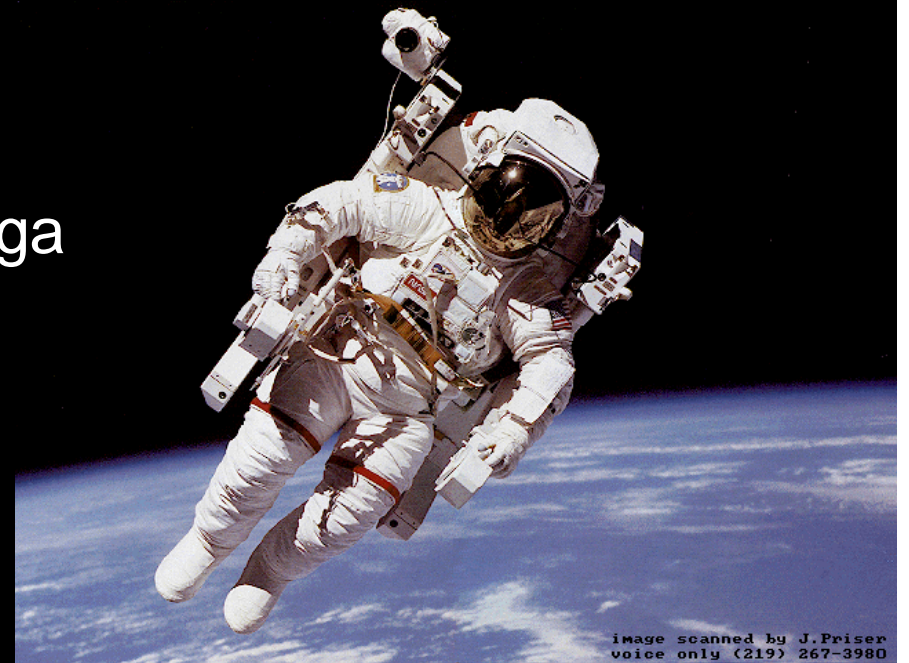
Störningar av jonosfärens förhållande kan leda till att radiomottagningen på jorden omöjliggörs.



Rymdväder - astronauter

Astronauter löper risk att utsättas för dödliga strålningsdoser från solutbrotten vid färder utanför jordens skyddande magnetfält.

Detta är något som diskuteras noga inför eventuella färder till Mars





QUIZ