



"Norrskén" över Mars

Plasma Acceleration above Martian Magnetic Anomalies

R. Lundin¹, D. Winningham², S. Barabash¹, R. Frahm², M. Holmström¹, J.-A. Sauvaud³, A. Fedorov³, K. Asamura⁴, A. J. Coates⁵, Y. Soobiah⁵, K.C. Hsieh⁶, M. Grande⁷, H. Koskinen^{8*}, E. Kallio⁸, J. Kozyra⁹, J. Woch¹⁰, M. Fraenz¹⁰, D. Brain¹¹, J. Luhmann¹¹, S. McKenna-Lawler¹², R. S. Orsini¹³, P. Brandt¹⁴, P. Wurz¹⁵

1 Swedish Institute of Space Physics, Box 812, S-98 128, Kiruna, Sweden

2 Southwest Research Institute, San Antonio, TX 7228-0510, USA

3 Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements, BP-4346, F-31028 Toulouse, France

4 Institute of Space and Astronautical Science, 3-1-1 Yoshinodai, Sagamichara, Japan

5 Mullard Space Science Laboratory, University College London, Surrey RH5 6NT, UK

6 University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA

7 Rutherford Appleton Laboratory, Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0QX, UK

8 Finnish Meteorological Institute, Box 503 FIN-00101 Helsinki, Finland

9 Space Physics Research Laboratory, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-2143, USA

10 Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, D-37191 Katlenburg-Lindau, Germany

11 Space Science Laboratory, University of California in Berkeley, Berkeley, CA 94720-7450, USA

12 Space Technology Ltd., National University of Ireland, Maynooth, Co. Kildare, Ireland

13 Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetari, I-00133 Rome, Italy

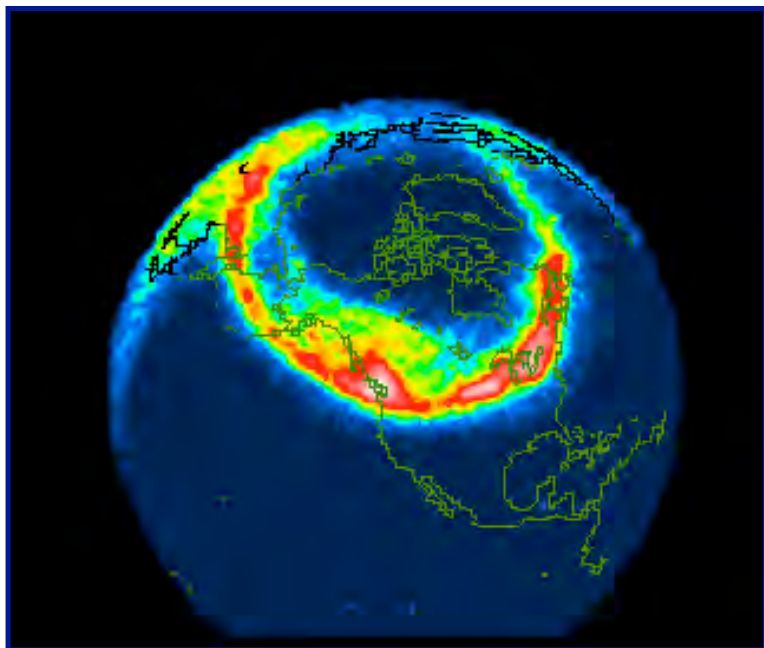
14 Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD 20723-6099, USA

15 University of Bern, Physikalisches Institut, CH-3012 Bern Switzerland



"Norrskén" över Mars

- Norrskén (polarskén) : Orsakas av accelererade elektriskt laddade partiklar, främst elektroner. Elektronerna följer de magnetiska fältlinjerna och tränger in i jordens övre atmosfär. Polarskénets intensitet ökar proportionellt mot elektronernas energiflöde.
- Med ASPERA-3 (Analyzer of Space Plasma and Energetic Atoms) experimentet på ESAs Mars Express har en detaljerad studie genomförts av accelerationsprocesserna över nattsidan på planeten Mars.
- Vi observerar accelererade elektroner och joner på nattsidan som liknar det som karakteriserar norrskén över jorden. Observationerna görs främst nära lokal midnatt över områden där bergrunden på Mars är lokalt magnetiserad.

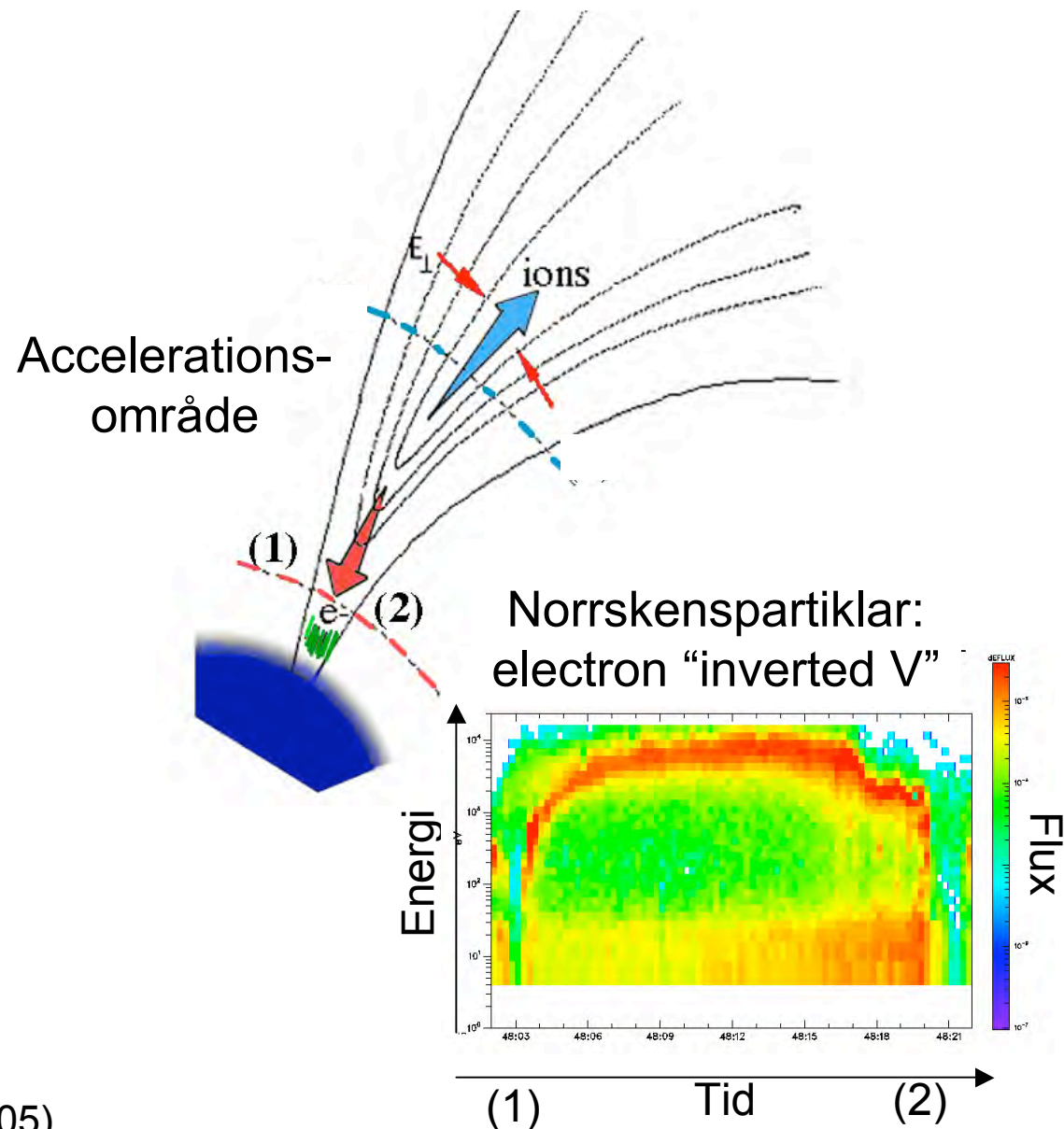


Polarsken avbildad av NASA/Polar satellite (VIS camera, U of Iowa, USA)



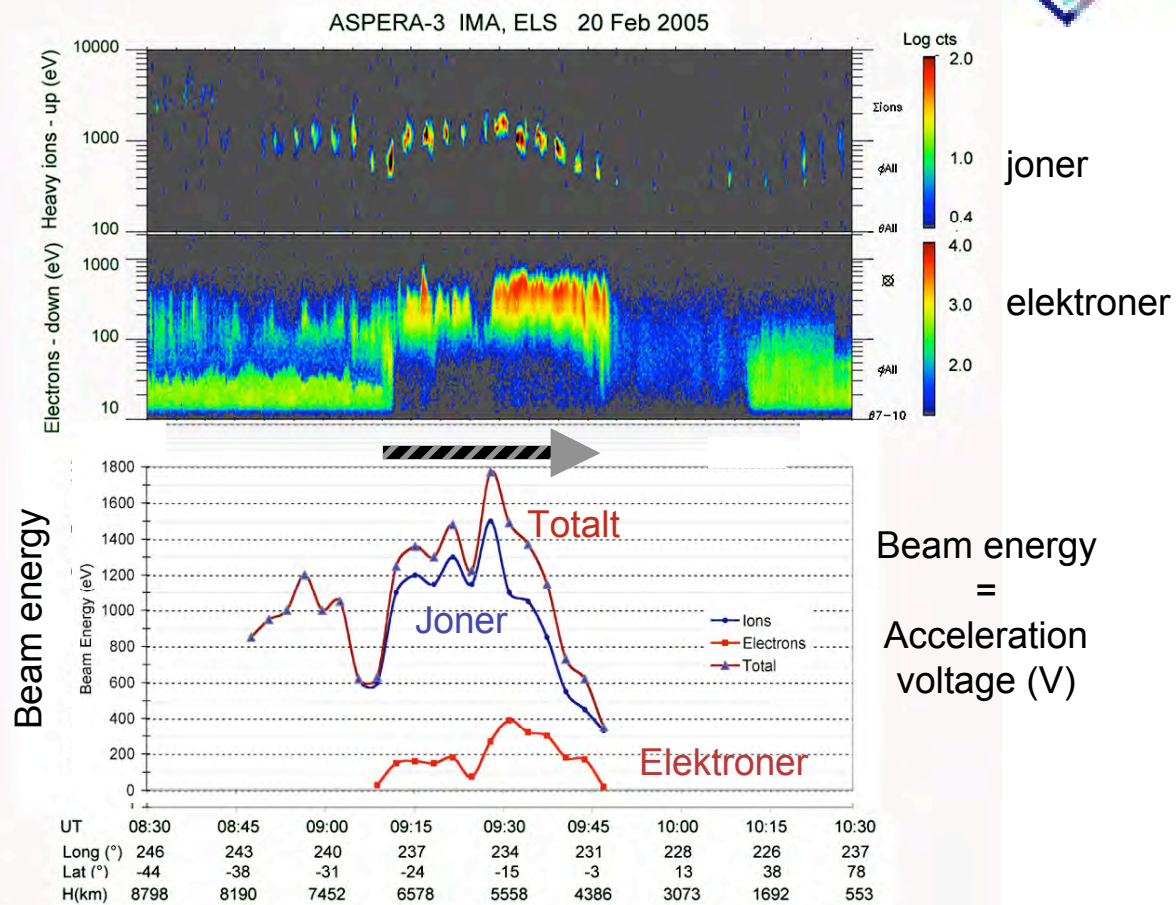
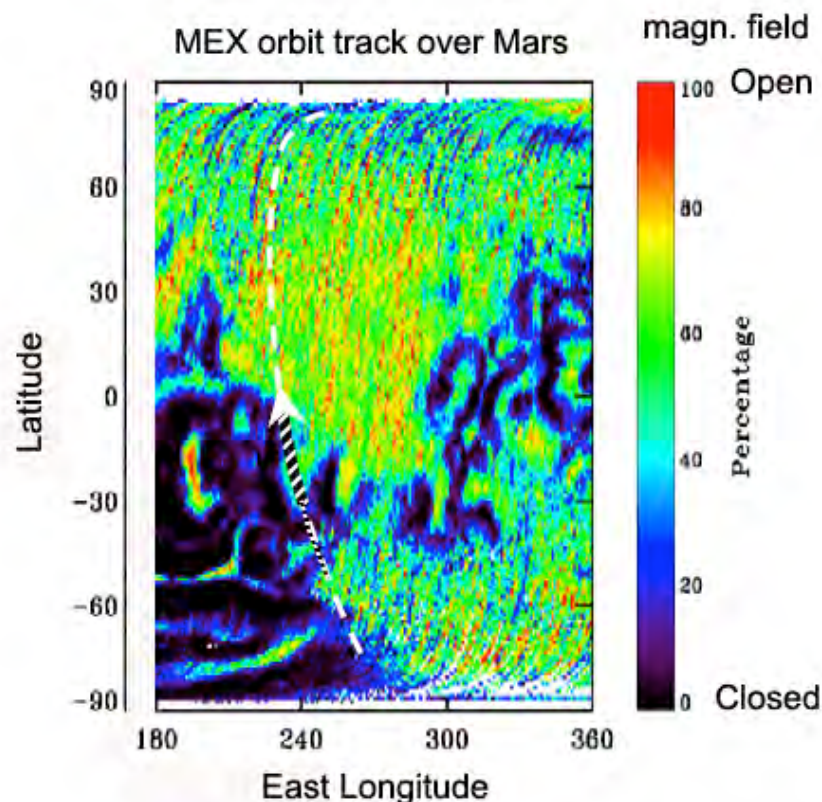
Norrskén över Kiruna (foto M. Yamauchi, 2005)

Polarsken över Jorden producerad av energirika elektroner





Acceleration av elektroner och joner nära lokal midnatt, projektion mot övre atmosfären av Mars

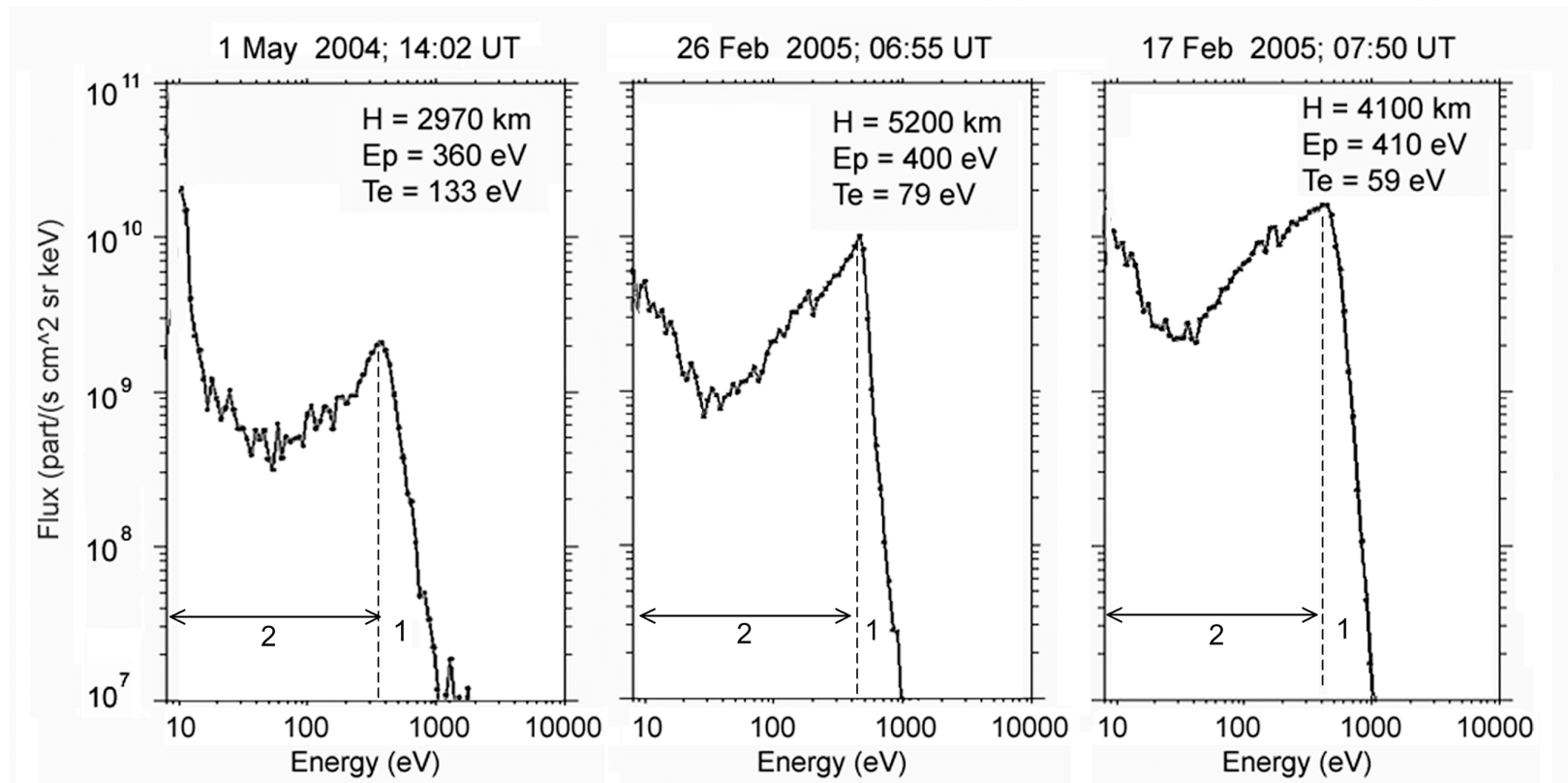


(Vänster) : Latitud och longitud av satellitbana över Mars med accelerationsområde (**“inverted V” event**) utmärkt (svartvit linje) i närheten av “magnetiska anomalier” (mörkblått område).

(Höger) : Energi-tid spektrogram för joner (övre panel) och elektroner (mitten) med ett accelerationsområde (“Inverted V”) observerat nära lokal midnatt (pil). Nedre panelen visar accelerationsenergin för elektroner, joner samt den totala accelerationsenergin.



Energispektra för elektroner som uppvisar typiska drag a “norrksensacceleration”



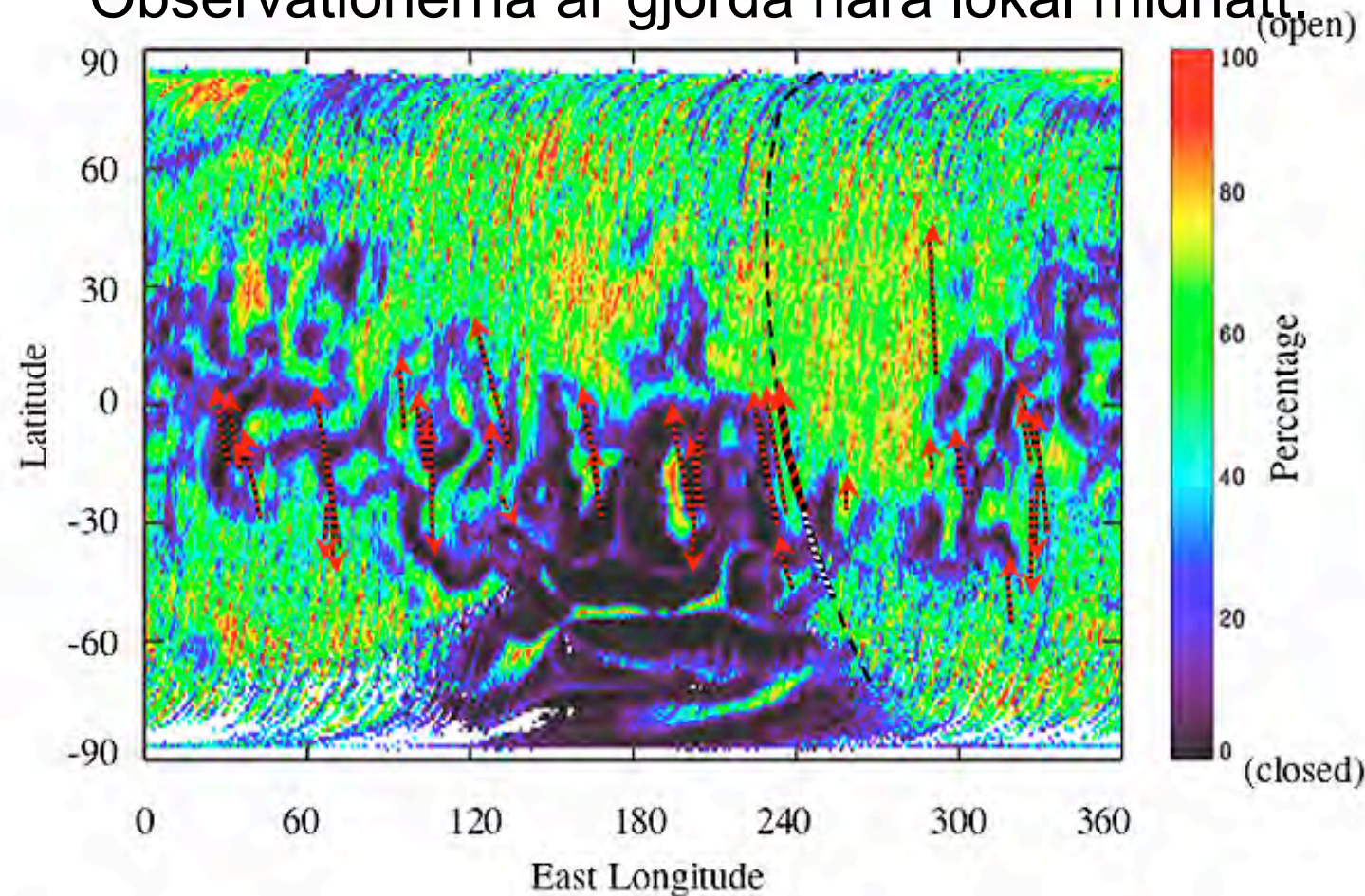
Acceleration i elektriskt potentialfall, eVo ($E_p = eVo$). Energiintervallen motsvarar: accelererade primärelektroner (1), samt bakåtspridda elektroner och sekundärelektroner (2).

(efter D. Evans, J. Geophys. Res., 1974)



Karta med magnetfältet på 400 km höjd över Mars,
med accelerationsområden inritade.

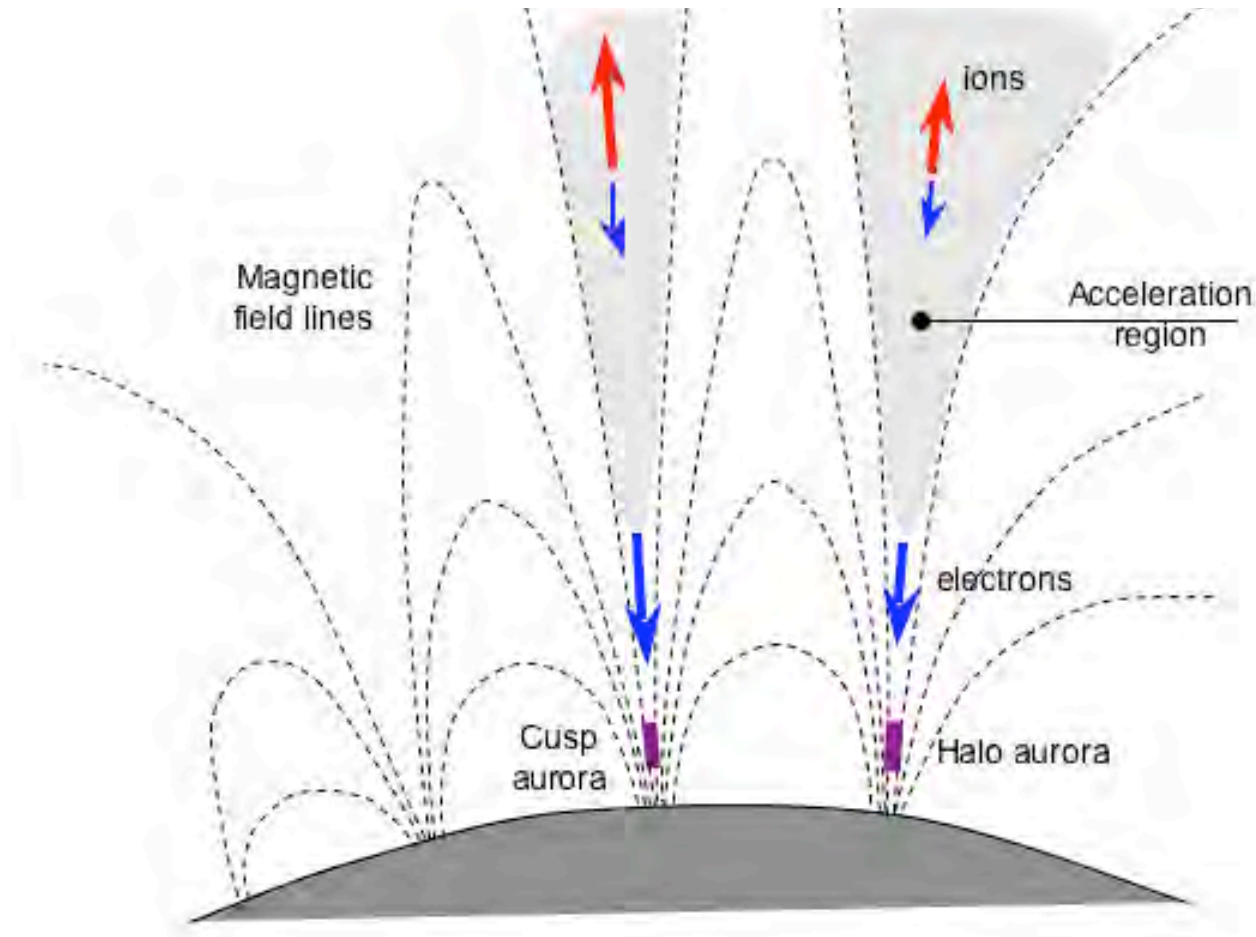
Observationerna är gjorda nära lokal midnatt.



Skalan indikerar procent av öppna magnetfältlinjer på 400 km höjd, rött indikerar 100% öppna medan svart indikerar 100% slutna fältlinjer. Observationer av accelerationsområden längs satellitbanorna är markerade med röda pilar.



Acceleration av joner och elektroner längs magnetfältlinjer som ansluter till magnetiska anomalier på Mars.

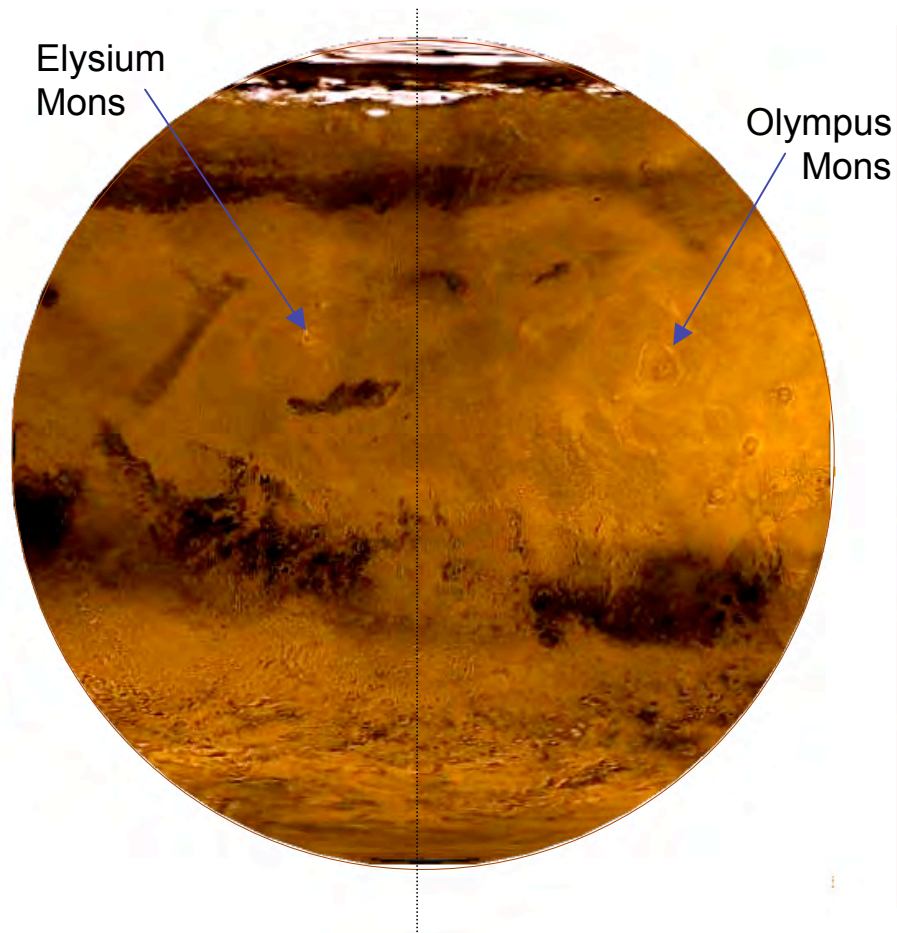


Ljusemissioner (aurora) förväntas uppstå i "klyftor" mellan magnetiska anomalier samt i den "halo" som omger de starkt magnetiserade områdena på Mars.



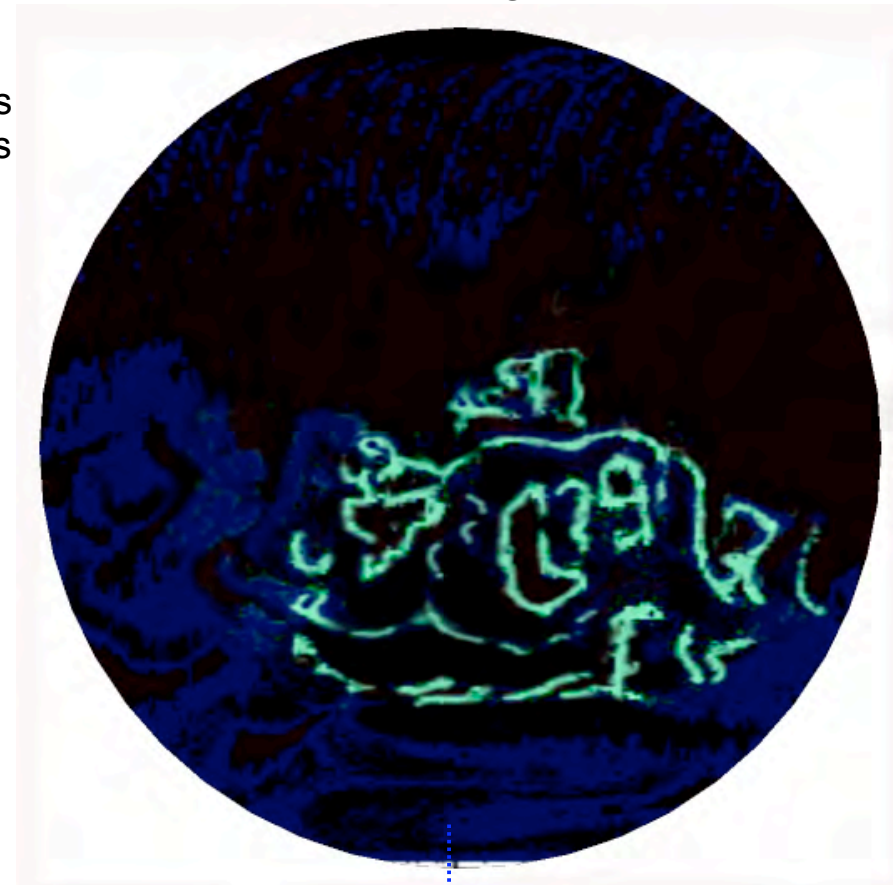
Dag och natt över planeten Mars

Middag, kl 1200



180° East longitude

Midnatt: Aurora ("norrskén") orskakat av elektroninfall nära magnetiska anomalier



180° East longitude



Slutsatser

Accelerationsprocesser och aurora över Mars

- Accellererade elektroner och joner observeras nära lokal midnatt i anslutning till magnetiska anomalier på Mars. Jon-/elektronspektra samt övriga karakteristika liknar de som observeras nära jorden i samband med norrsken.
- ⇒ Aurora (norrsken) förekommer på Mars. Ljusstarka emissioner uppträder i gränzonerna till magnetiska anomalier.
- Emissionerna på Mars förväntas bilda komplexa strukturer över främst den södra hemisfären, nära ekvatorn och nära lokal midnatt. (jämför med polarsken över jorden).
- ⇒ Polarsken på Mars kan inte observeras från jorden eftersom emissionerna sker på den sida som är vänd från jorden (jämför med att polarsken på Jupiter och Saturnus kan ses med t ex Hubble-teleskopet eftersom polarskenet är circumpolärt)