

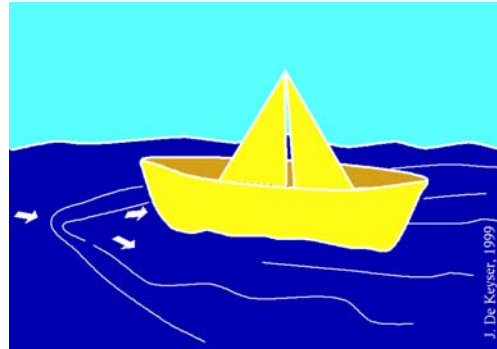
De structuur van de magnetosfeer

Door J. De Keyser

De complexe structuur van de magnetosfeer is het gevolg van de interacties tussen geladen deeltjes uit de bovenste lagen van de atmosfeer van de Aarde, waarvan de beweging beheerst wordt door het magnetisch veld van de Aarde, en deeltjes uit de zonnwind die het interplanetaire magnetisch veld transporteren. De magnetosfeer kan men definiëren als de ruimte die voornamelijk gevuld wordt met de geladen deeltjes afkomstig van de Aarde.

De grenzen van de magnetosfeer

De structuur van de magnetosfeer wordt geïllustreerd door de volgende analogie met een schip dat op zee vaart. Vóór het schip vormt zich een boeggolf ; deze golf is het gebied waarin het schip de stroming van het zeewater beïnvloedt. Het water achter de golf is verplicht om langs de scheepsromp te stromen. En achter het schip vormt zich een kielzog.

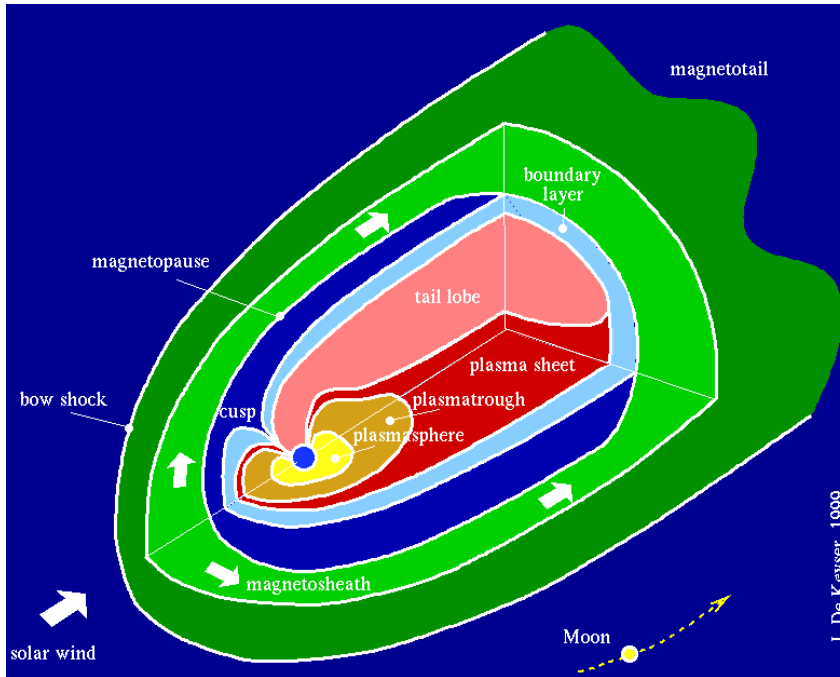


De interactie tussen de zonnwind en de magnetosfeer kan vergeleken worden met het stromen van het zeewater omheen een schip. De zonnwind bestaat uit deeltjes die hoofdzakelijk afkomstig zijn van de Zon. Ze infiltreren de magnetosfeer langs het interplanetaire magnetische veld. Een schokgolf vormt zich voor de magnetosfeer van de Aarde, waardoor het gebied afgebakend wordt waarin de stroming van de zonnwind beïnvloed wordt door de aanwezigheid van de Aarde. Ter hoogte van de schokgolf, wordt de supersonische zonnwind afgeremd en wordt subsonisch. De zonnwind in de magnetische schede of magnetoschede, d.i. het gebied tussen de schokgolf en de magnetosfeer van de Aarde, wordt gedwongen om rond de magnetosfeer van de Aarde te stromen en wordt daarbij samengedrukt.

Het buitenste, ondoordringbare oppervlak van de magnetosfeer waar de totale druk van de samengedrukte zonnwind d.i. de som van de dynamische druk en de magnetische en thermische drukken, in evenwicht is met de volledige druk in het inwendige van de magnetosfeer, noemt men de magnetopauze.

Zoals aangegeven in de bijgevoegde figuur, heeft de magnetopauze een ovale vorm in de richting van de Zon weg. Daarbij wordt een lange "staart" gevormd, die vergelijkbaar is met het kielzog achter een schip.





De top van de magnetopauze in de richting van de Zon, ook de "neus" van de magnetopauze genoemd, is normaal gesitueerd op een afstand van 10 aardstralen (RE), terwijl de afstand tot de magnetoschede ongeveer 15 RE bedraagt. De lengte van de staart bedraagt enkele honderden RE.

Ook de bijzondere plaatsen boven de magnetische polen, waar de zonnewind gemakkelijk de magnetosfeer kan binnendringen zijn aangegeven.

De bijgevoegde figuur is een vereenvoudigde voorstelling van de reële structuur. In werkelijkheid heeft de magnetosfeer geen statische structuur. Ze is voortdurend in beweging, omdat de oriëntatie van de magnetische dipool van de Aarde verandert met de dagelijkse rotatie van de Aarde en met de jaarlijkse beweging rond de Zon. De zonnewind wordt gekarakteriseerd door een sterke, tijdsafhankelijke variabiliteit over periodes gaande van seconden tot jaren. De afmetingen en de vorm van de verschillende gebieden kunnen veranderen als gevolg van de natuurlijke variabiliteit. Wanneer het materiaal afkomstig van een zonneuitbarsting, d.i. het uitstoten van massa uit de corona van de Zon, zich bijvoorbeeld voortplant doorheen de interplanetaire ruimte en de Aarde bereikt, neemt de dynamische druk van de zonnewind sterk toe, zodanig dat de magnetoschede en de magnetopauze naar binnen gedrukt worden, waardoor een magnetosferische storm ontstaat.

Een van de effecten van de continue, kleinere fluctuaties van de dynamische druk van de zonnewind is een oscillerende beweging van de magnetopauze. Die tijds- en plaatsafhankelijke fluctuaties maken de magnetopauze half-doorlaatbaar, waardoor het plasma van de magnetoschede, de magnetopauze kan doorbreken. Daardoor wordt de magnetosferische grenslaag gevormd.



Het inwendig gedeelte van de magnetosfeer

Terwijl het gedrag van het plasma in het buitenste gedeelte van de magnetosfeer volledig bepaald wordt door de zonnwind, is het inwendige van de magnetosfeer sterk gebonden aan de ionosfeer van de Aarde. Men begrijpt gemakkelijk dat het inwendige gedeelte of de plasmasfeer, die bestaat uit een dicht en koud plasma voornamelijk afkomstig uit de ionosfeer, min of meer moet meedraaien met de Aarde. De plasmasfeer ligt langs de gesloten veldlijnen van het magneetveld van de Aarde. Het uitwendige grensgebied is de plasmapauze. De plasmatrog ligt buiten de plasmapauze en bevindt zich eveneens langs de gesloten veldlijnen. De plasmapauze is zeer dun en draait niet mee met de Aarde.

De staart van de magnetosfeer bestaat uit twee lobben met tegengestelde magnetische polariteit. Elke lob is de magnetosferische uitbreiding van de magnetische veldlijnen afkomstig van de polaire ionosfeer. De lobben worden gescheiden door een plasmalaag die uit warme plasma bestaat. Deze plasmalaag is een zeer dynamisch gebied. De veranderingen in het interplanetair magnetisch veld kunnen een instabiel gedrag van dit gebied veroorzaken; men spreekt dan van een "magnetische storm". De plasmalaag ligt ook op de magnetische veldlijnen die hun ionosferisch verankeringpunt hebben in de poollichtovaal. De warme deeltjes uit de plasmalaag zijn verantwoordelijk voor het ontstaan van aurora's, d.i. het poollicht.

De stralingsgordels

Voor de eenvoud van de tekening, zijn de stralingsgordels niet weergegeven in de bovenstaande figuur. De stralingsgordels zijn gebieden waarin zeer energierijke deeltjes opgesloten zitten in het magnetisch veld van de Aarde. Deze deeltjes draaien volgens ingewikkelde banen rond de Aarde en zijn o.a. afkomstig uit de zonnwind, uit het bovenste gedeelte van de atmosfeer van de Aarde, of van kosmische straling afkomstig uit het verre universum.

De geocorona

De magnetosfeer is een plasma waarin geen botsingen voorkomen en dat bijna volledig geïoniseerd is. Nochtans, omringt ook een grote neutrale waterstofwolk de Aarde, d.i. de geocorona. Omdat botsingen tussen de deeltjes erg zeldzaam zijn, kan deze neutrale wolk samen bestaan met het plasma in het inwendige gedeelte van de magnetosfeer.

