

Astrofísica del Sistema Solar

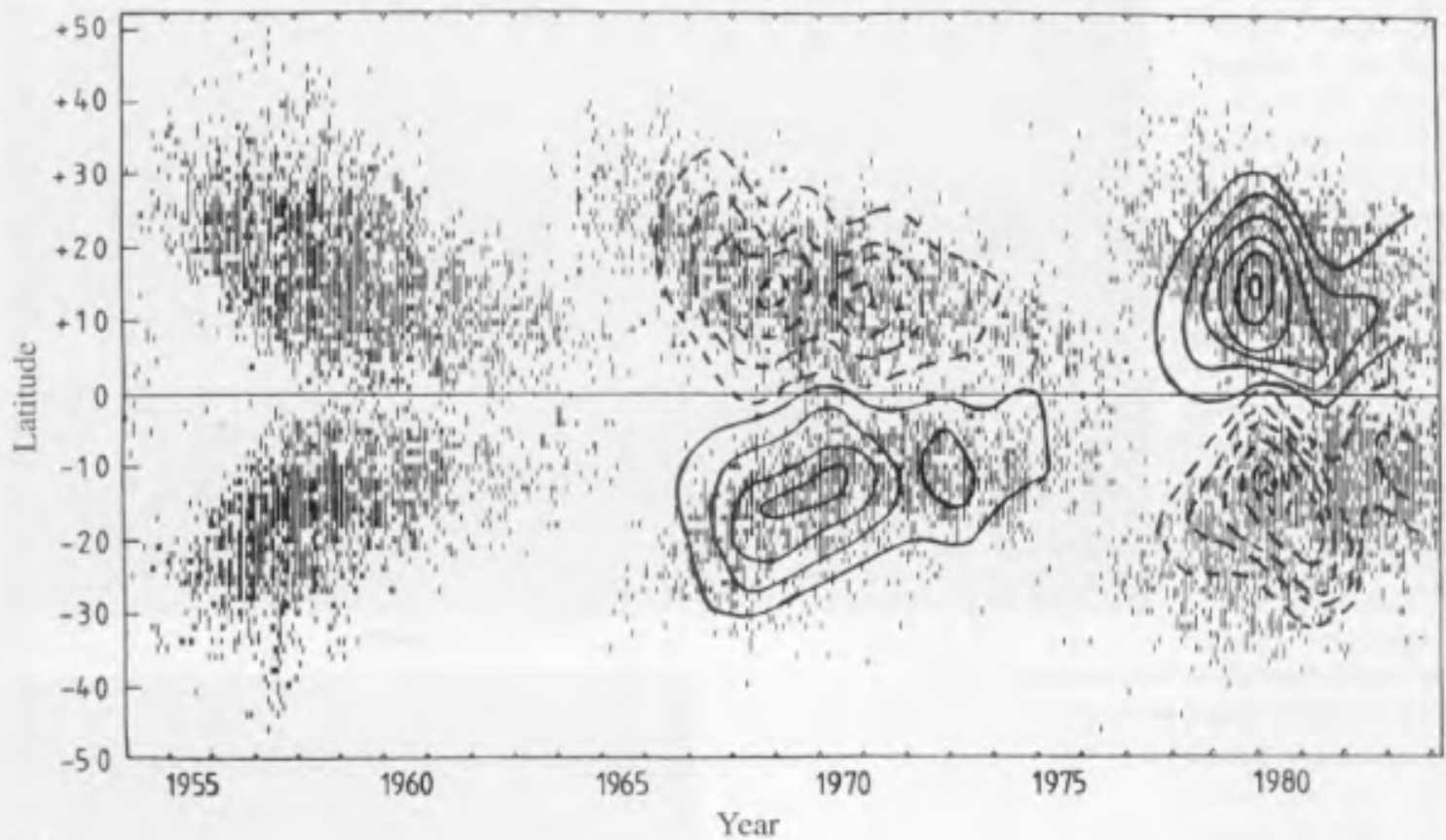
Unidad 5: Magnetósferas Planetarias

- rodean a los planetas y en general se crean por el campo magnético interno.
- el viento solar se mueve alrededor de las magnetósferas e interacciona con ellas.
- en todas las magnetósferas existen partículas cargadas, aunque el tipo de partículas y sus densidades varían de planeta a planeta.
- la interacción de las magnetósferas, partículas cargadas, y el viento solar producen efectos muy complejos que no son completamente comprendidos.

Viento solar:

- el Sol está rodeado por la corona solar compuesta por material muy caliente.
- cerca de su superficie (en la cromósfera) aparecen **prominencias** que son arcos de material que unen dos **manchas solares** de diferente polaridad.
- las manchas aparecen negras debido a que su temperatura (~4000K) es menor que la fotosférica (~5750K).
- el número de manchas varía en **ciclos de 11 años**, lapso en el cual también cambia el campo magnético solar.
- en ciertas regiones las líneas del campo magnético solar **se abren al espacio interplanetario** y por allí escapan partículas cargadas que forman el **viento solar**.
- el viento solar está formado principalmente en cantidades similares de **protones** y **electrones**, con una pequeña proporción de **elementos más pesados**.

(a)



(b)

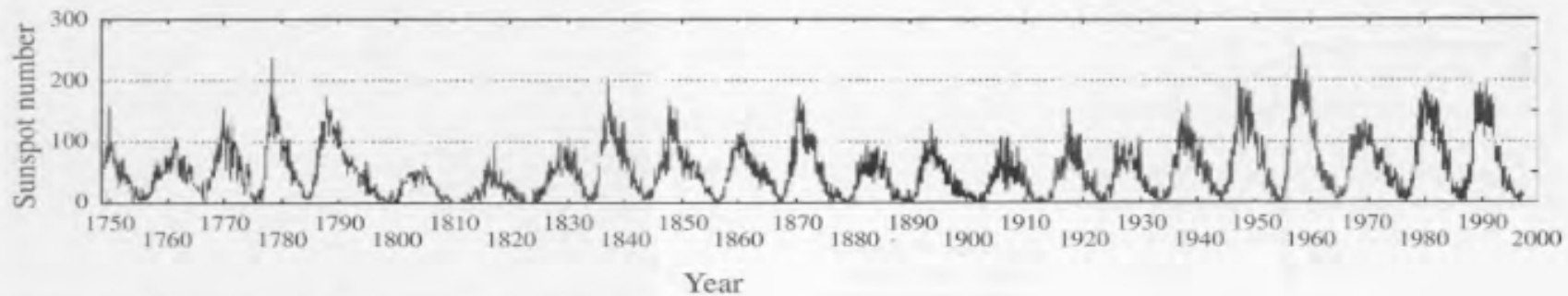


TABLE 7.1 Solar Wind Parameters at Earth's Orbit.

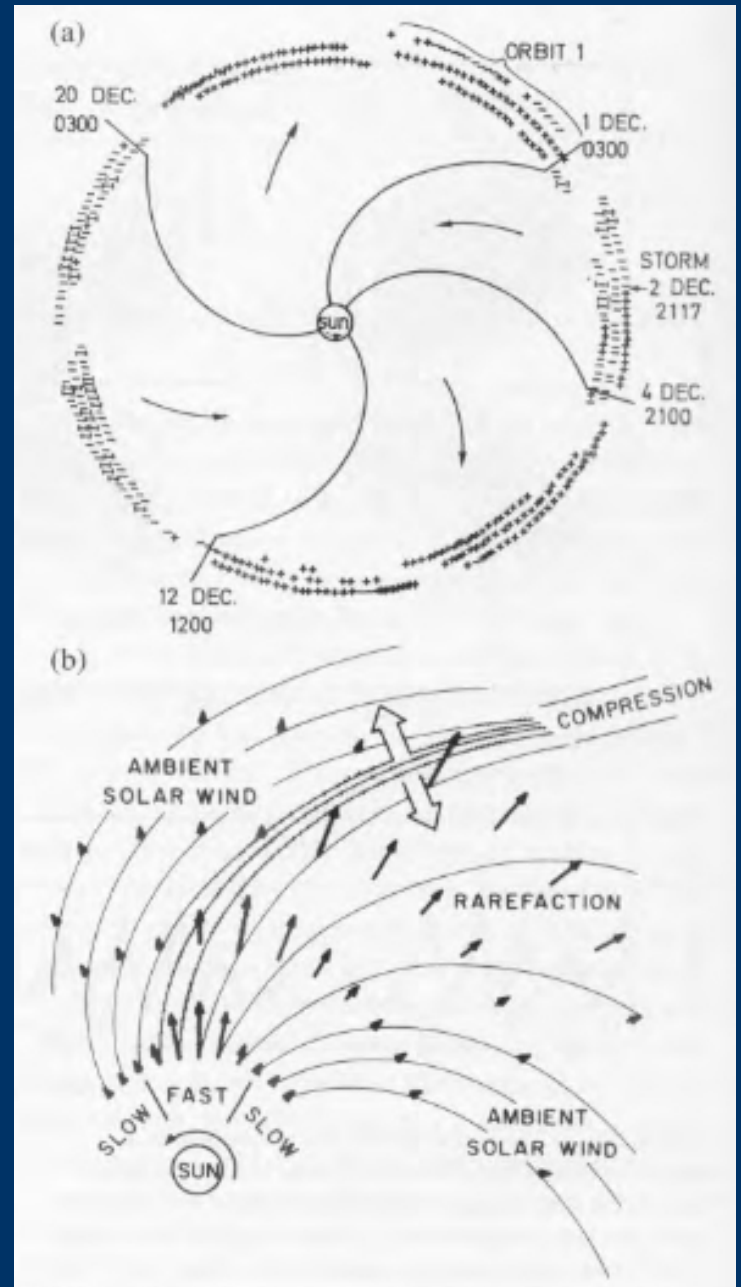
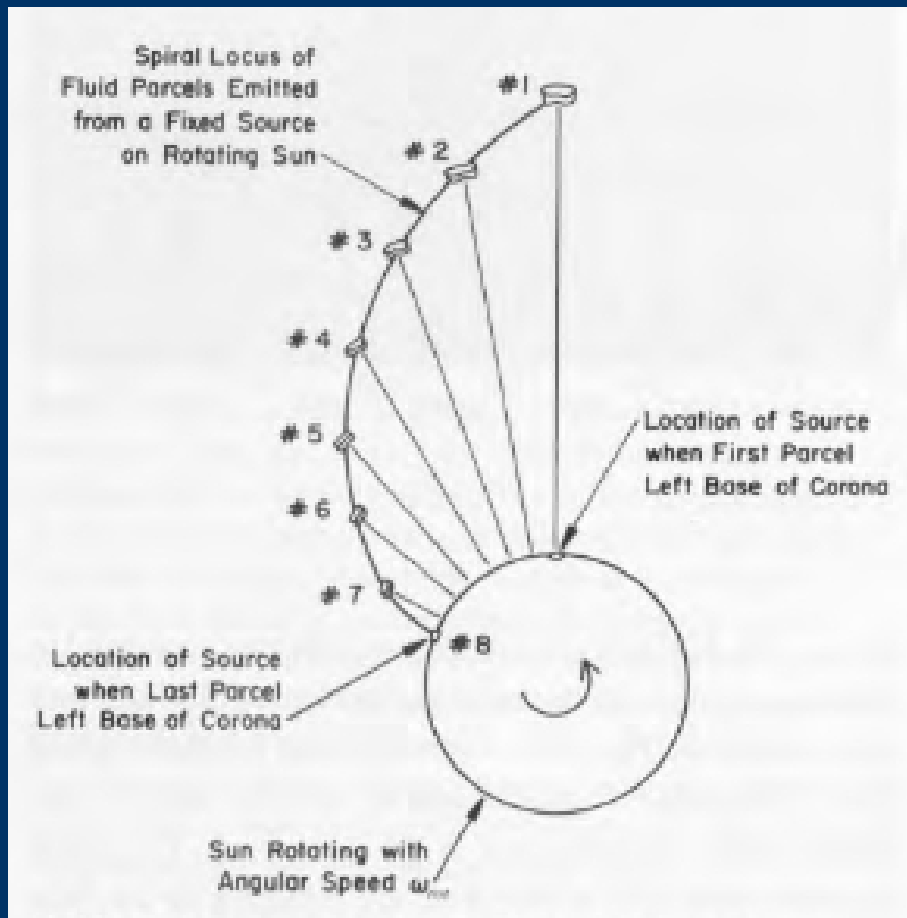
	Quiet solar wind	Fast solar wind	Magnetosheath
Density (protons cm^{-3})	5–8	8–12	8–18
Velocity (km s^{-1})	300–500	500–900	100
Electron temp. (K)	10^5	10^5	10^6
Magnetic field (γ)	3–10	8–16	8–20

El viento solar se mueve radialmente hacia afuera alejándose del Sol. Como cada elemento del viento solar arrastra una línea del campo magnético cuyo origen es el Sol, el campo magnético del viento solar toma una forma aproximada por una **espiral de Arquímedes**.

Las componentes radial y acimutal del campo cerca de la Tierra son aproximadamente de igual magnitud. Debido a que el flujo magnético total que atraviesa una superficie cerrada alrededor del Sol debe ser cero, existen flujos magnéticos **ingresando o escapando del sol** que se encuentran balanceados.

Por esta razón hay regiones del espacio que se relacionan con flujo magnético entrante y otras que se relacionan con flujo magnético saliente.

Como el Sol rota, estas regiones se mueven y **barren diferentes regiones del sistema solar**. El cambio de dirección abrupto del campo magnético produce los **fenómenos de desconexión** en las colas de iones de los cometas. La variación en velocidad del viento solar produce fenómenos de **compresión** y **rarificación** del campo.



Cuando una prominencia hace erupción e introduce grandes cantidades de mas en el medio interplanetario se habla de una **eyección de masa coronal**.

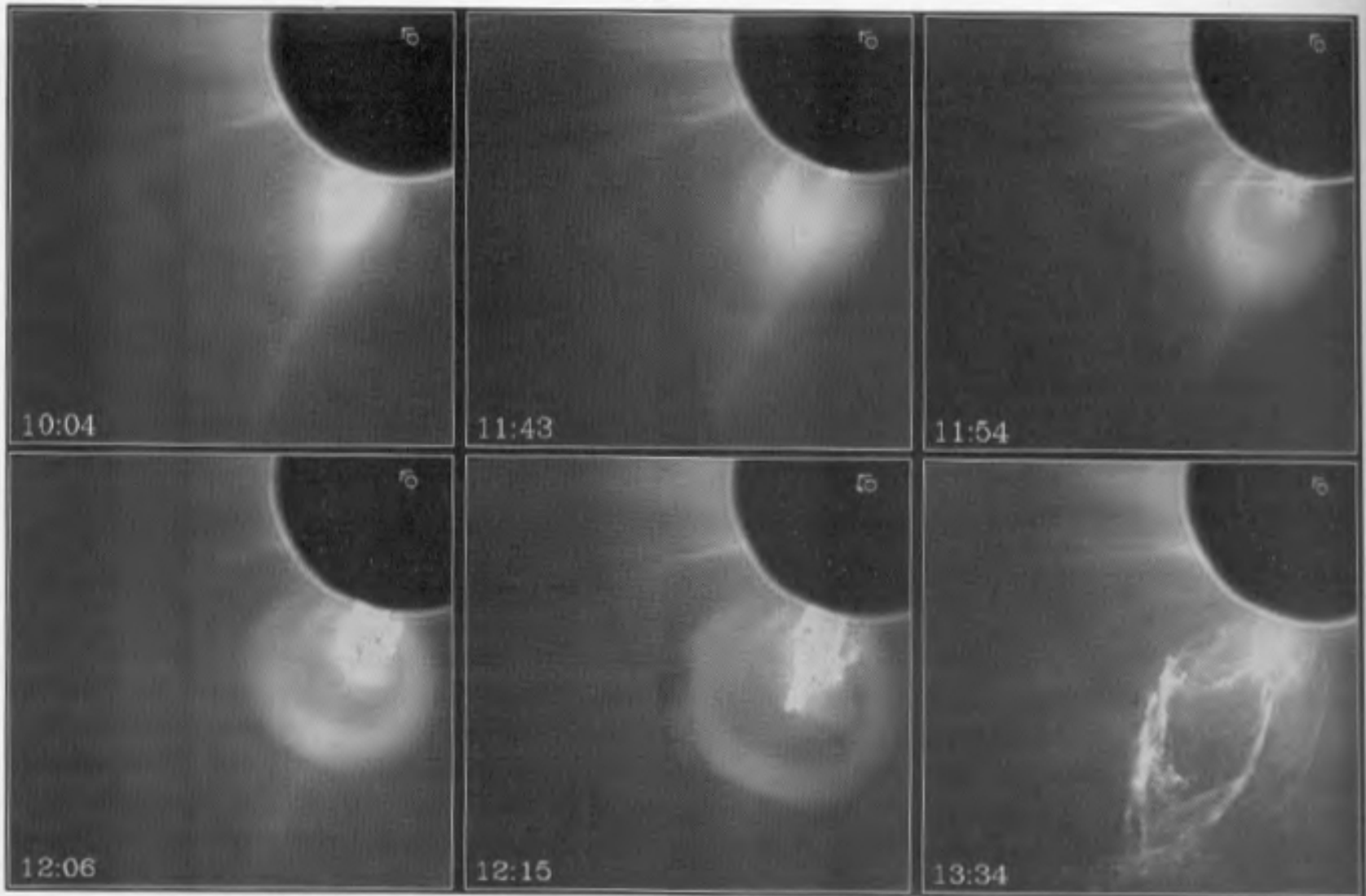
Las velocidades de las eyecciones de masa coronal son altas (800 a 2500 km/s) y producen **shocks** y **compresiones** en el viento solar.

Un shock es la **mayor fuente de partículas energéticas** en el sistema solar, mientras que una compresión **perturba las magnetósferas planetarias**.

La respuesta del ambiente cercano a un cuerpo del sistema solar al medio interplanetario se denomina **clima espacial**.

El clima espacial es de especial importancia por sus efectos sobre la superficie de ciertos cuerpos y sus efectos en equipos electrónicos.

eyección de masa coronal ($v \sim 2000$ km/s)



Interacción con los planetas:

Todos los cuerpos del sistema solar interactúan con el viento solar de alguna manera.

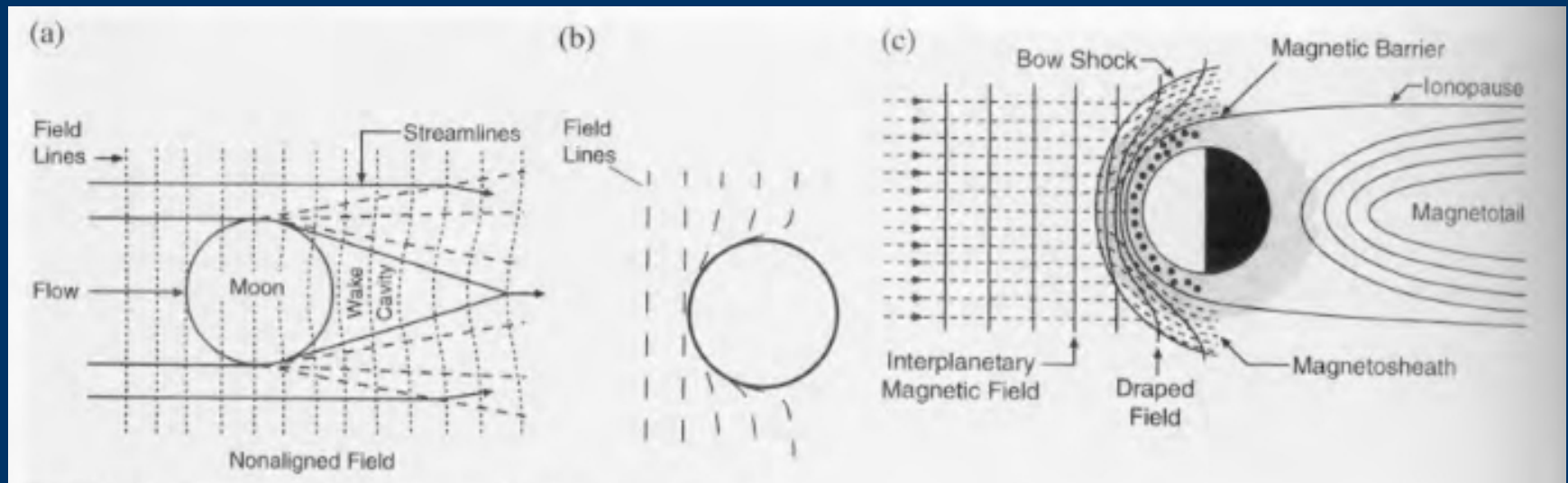
En los cuerpos **sin un campo magnético** la interacción dependerá de su conductividad.

En el caso de la Luna y los asteroides que son rocosos y **conductores pobres**, las partículas golpean el cuerpo y son absorbidas mientras que las líneas magnéticas se difunden a través del objeto.

Si el cuerpo es **algo conductor**, su movimiento a través del campo magnético interplanetario generará una corriente eléctrica y las líneas de campo se curvarán debido al flujo del viento alrededor del objeto.

Si el objeto tiene una **ionósfera (buen conductor)** se generan corrientes que impiden que el campo interestelar se difunda a través del objeto. La interacción entre ambos campos producirá una configuración particular con cavidades y frentes de choque (Venus y Marte).

Interacción con cuerpos sin campo magnético



En el caso de los objetos **con campos magnéticos internos**, se produce una interacción entre ambos.

El campo magnético del objeto queda confinado a una cavidad que se denomina **magnetósfera**. Su forma dependerá de la intensidad del campo magnético planetario y del flujo del viento solar.

El límite de la magnetósfera se denomina **magnetopausa**. La presión del viento solar le da forma a la nariz del campo y su flujo forma la **cola magnética**.

La cola magnética esta formada por **dos lóbulos de polaridad diferente** separados por una **región neutra**.

Como el viento solar viaja más rápido que las ondas en este medio, se produce un **shock en arco** por delante de la magnetósfera a partir del cual el viento solar pierde velocidad.

TABLE 7.2 Characteristics of Planetary Magnetic Fields.

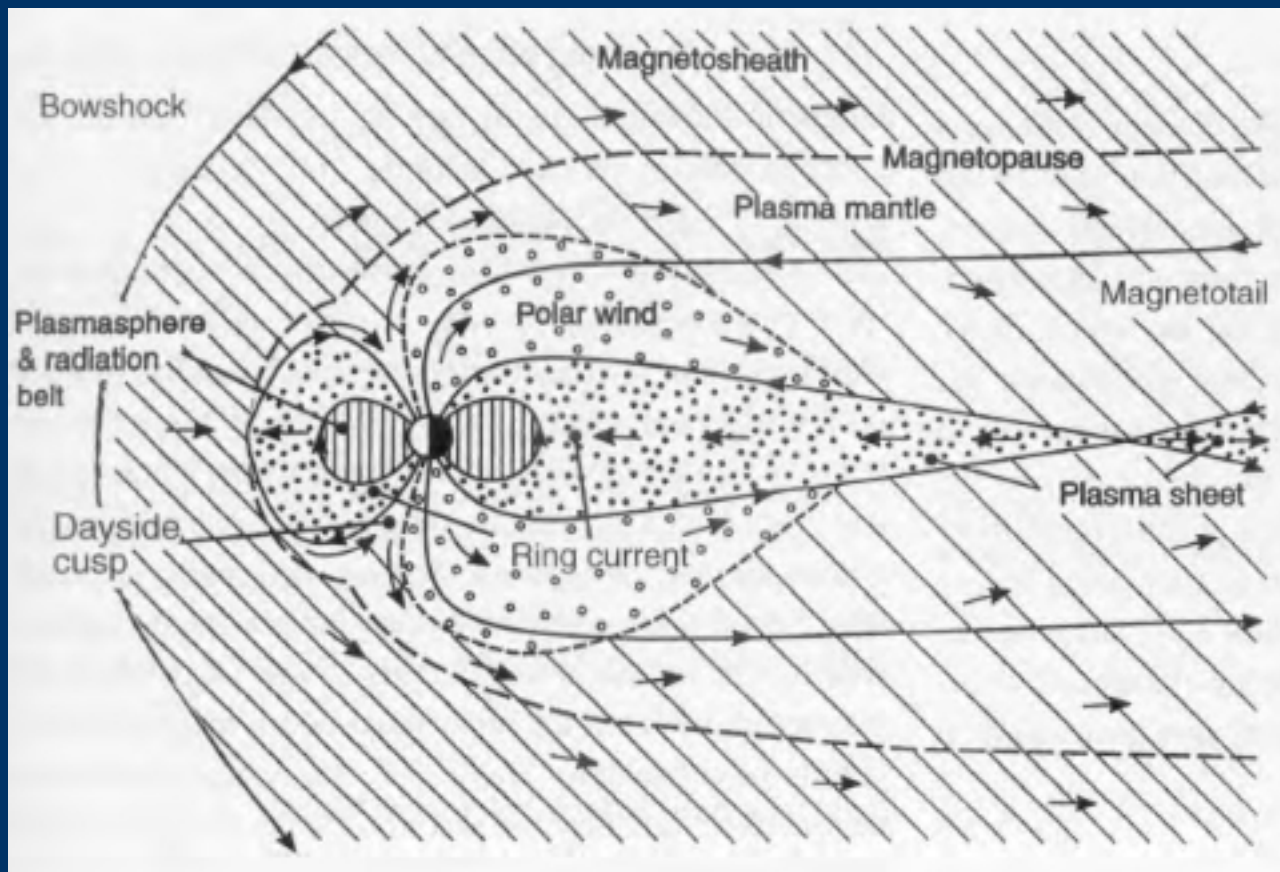
	Mercury	Earth	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Magnetic moment (\mathcal{M}_{\oplus})	4×10^{-4}	1 ^a	20 000	600	50	25
Surface B at dipole equator (gauss)	0.0033	0.31	4.28	0.22	0.23	0.14
Maximum/minimum ^b	2	2.8	4.5	4.6	12	9
Dipole tilt and sense ^c	+14°	+10.8°	-9.6°	0.0°	-59°	-47°
Dipole offset (R_p)		0.08	0.12	~0.04	0.3	0.55
Obliquity	0°	23.5°	3.1°	26.7°	97.9°	29.6°
Solar wind angle ^d	90°	67-114°	87-93°	64-114°	8-172°	60-120°
Magnetopause distance ^e (R_p)	1.5	10	42	19	25	24
Observed size of magnetosphere (R_p)	1.4	8-12	50-100	16-22	18	23-26

TABLE 7.3 Plasma Characteristics of Planetary Magnetospheres.

	Mercury	Earth	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Maximum density (cm^{-3})	1	1000–4000	>3000	~100	3	2
Composition	H^+	O^+ , H^+ , N^+ , He^+	O^{n+} , S^{n+} , SO_2^+ , Cl^+	O^+ , H_2O^+ , H^+	H^+	N^+ , H^+
Dominant source	solar wind	ionosphere ^a	Io	rings, satellites	atmosphere	Triton
Production rate (ions s^{-1})	?	2×10^{26}	$>10^{28}$	10^{26}	10^{25}	10^{25}
Ion lifetime	minutes	days ^a , hours ^b	10–100 days	1 month	1–30 days	1 day
Plasma motion controlled by:	solar wind	rotation ^a solar wind ^b	rotation	rotation	solar wind + rotation	rotation (+ solar wind?)

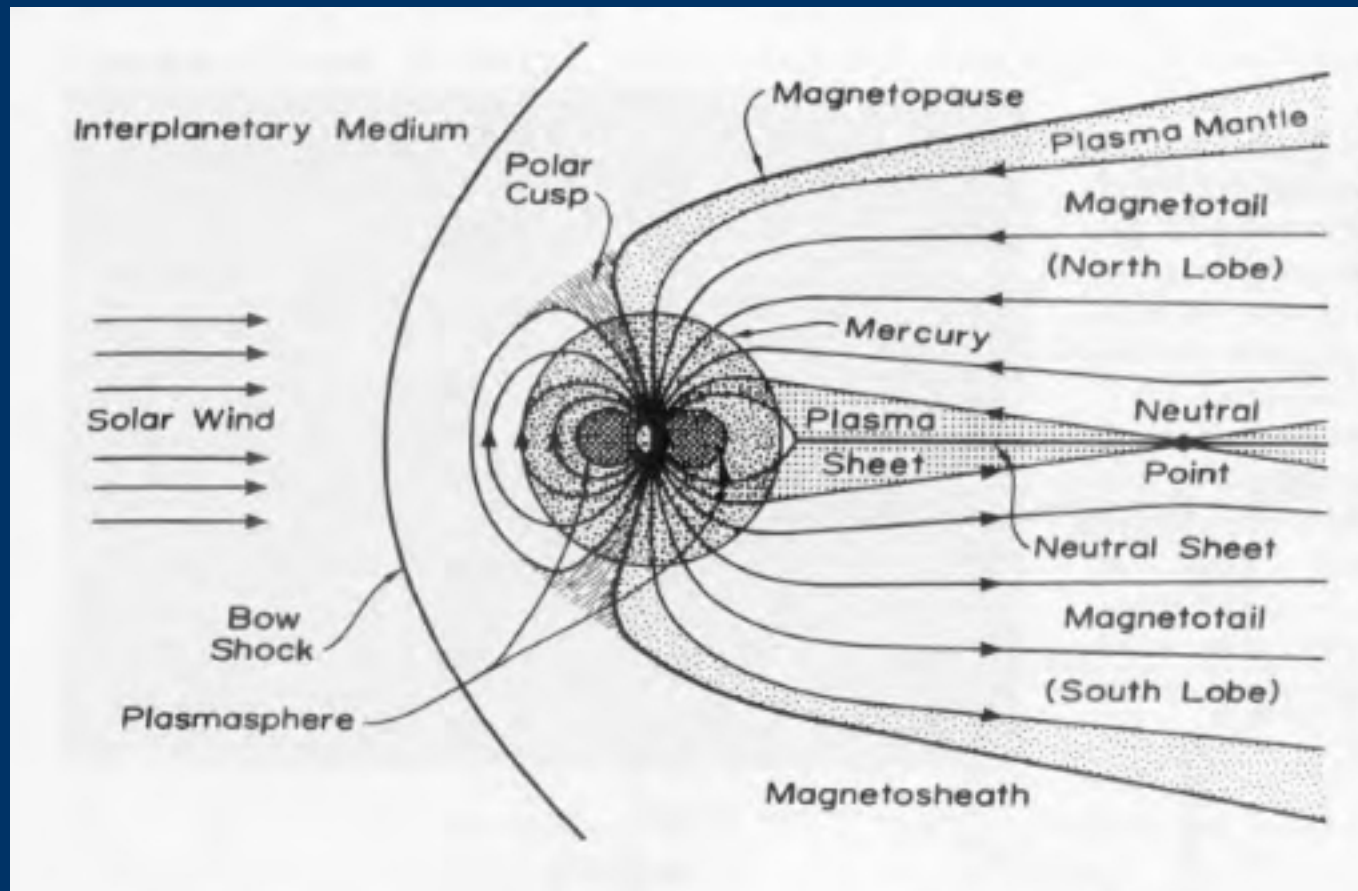
Interacción con cuerpos con campo magnético

Tierra



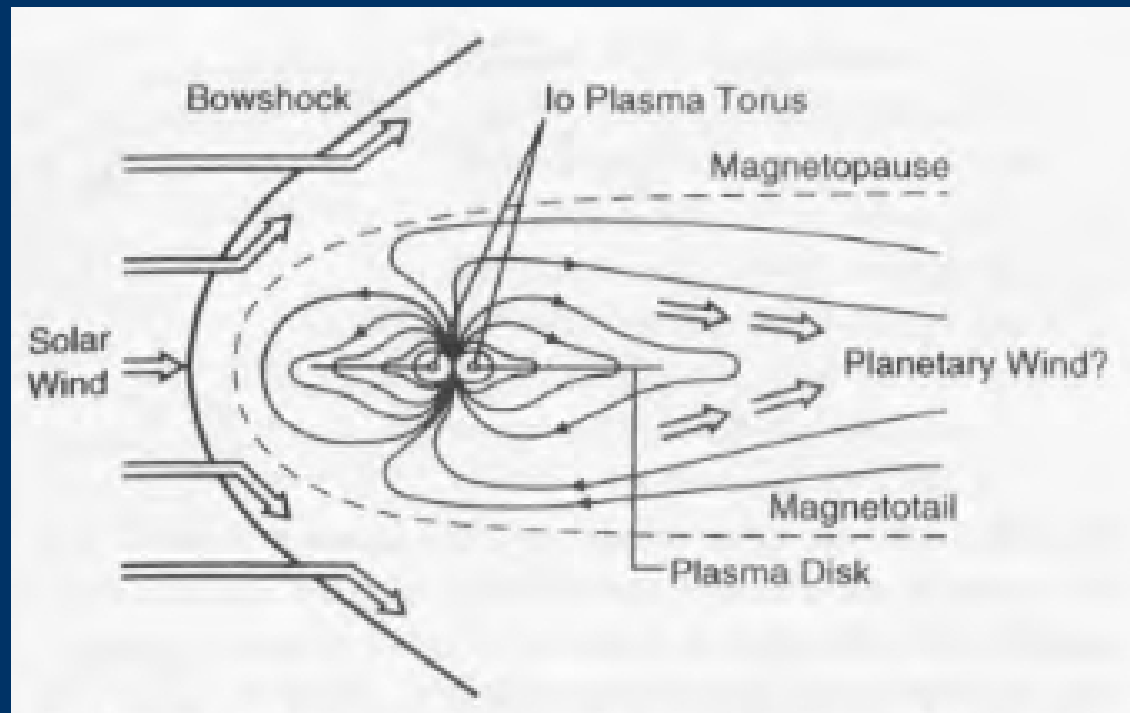
Interacción con cuerpos con campo magnético

Mercurio



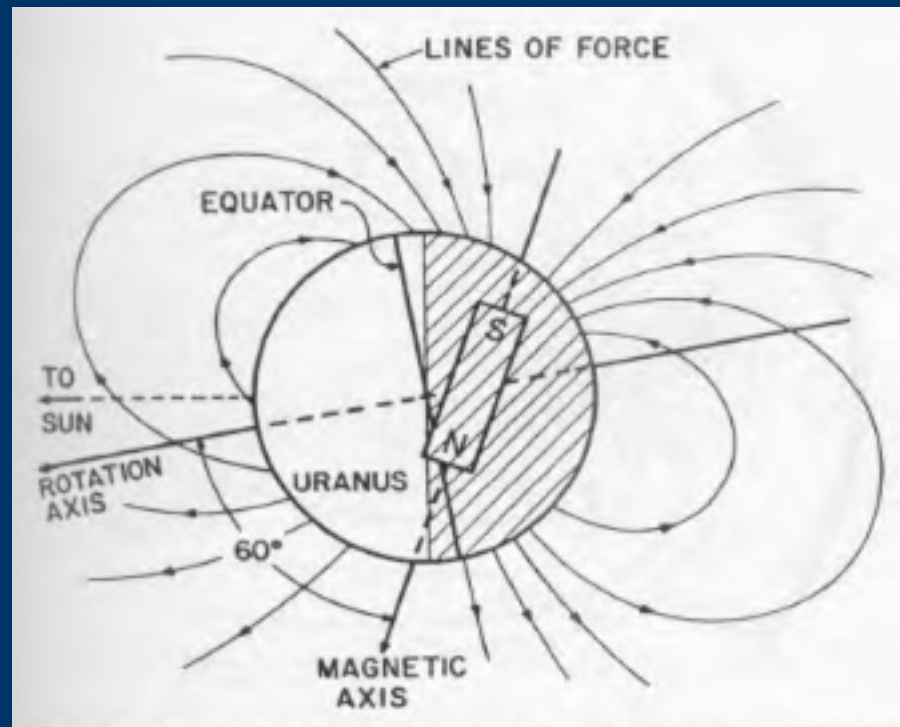
Interacción con cuerpos con campo magnético

Júpiter



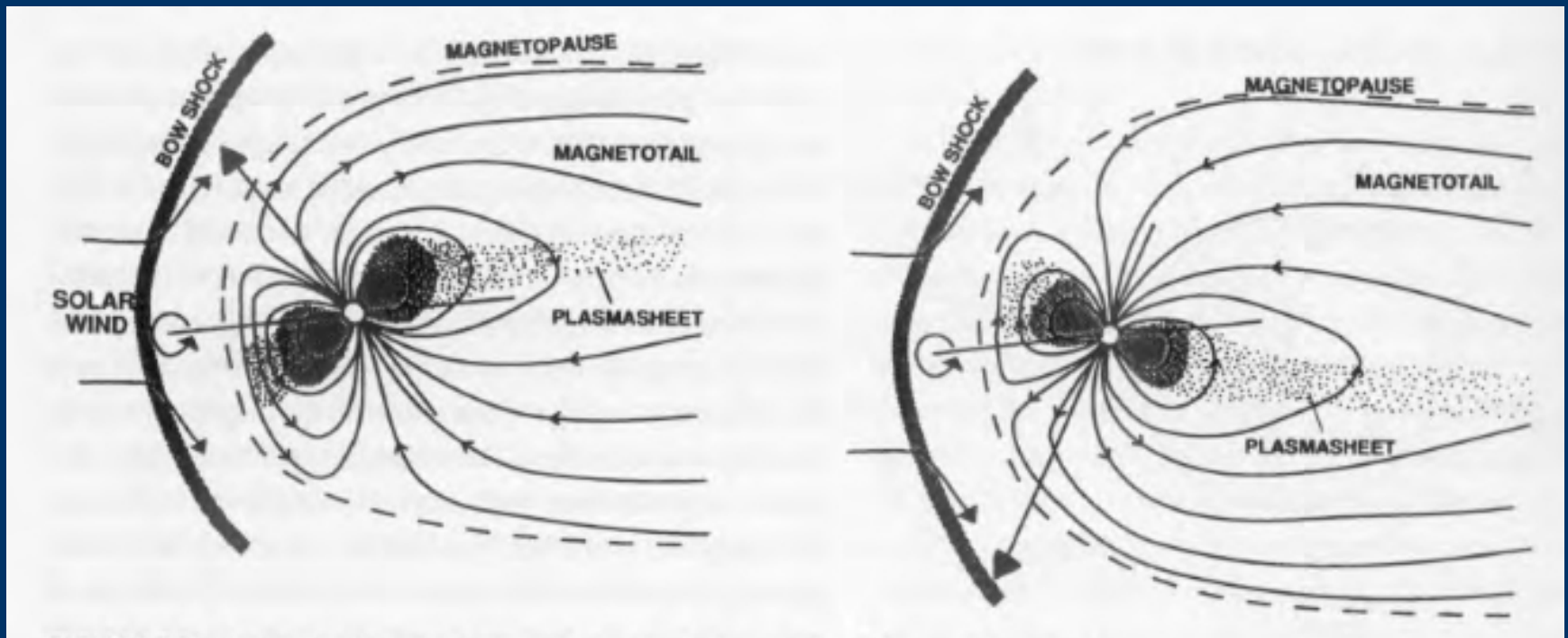
Interacción con cuerpos con campo magnético

Urano



Interacción con cuerpos con campo magnético

Urano encuentro con Voyager 2 1986



Interacción con cuerpos con campo magnético

Neptuno

encuentro con Voyager 2
1989

