

I sobborghi del Sistema Solare

Emanuele Schembri

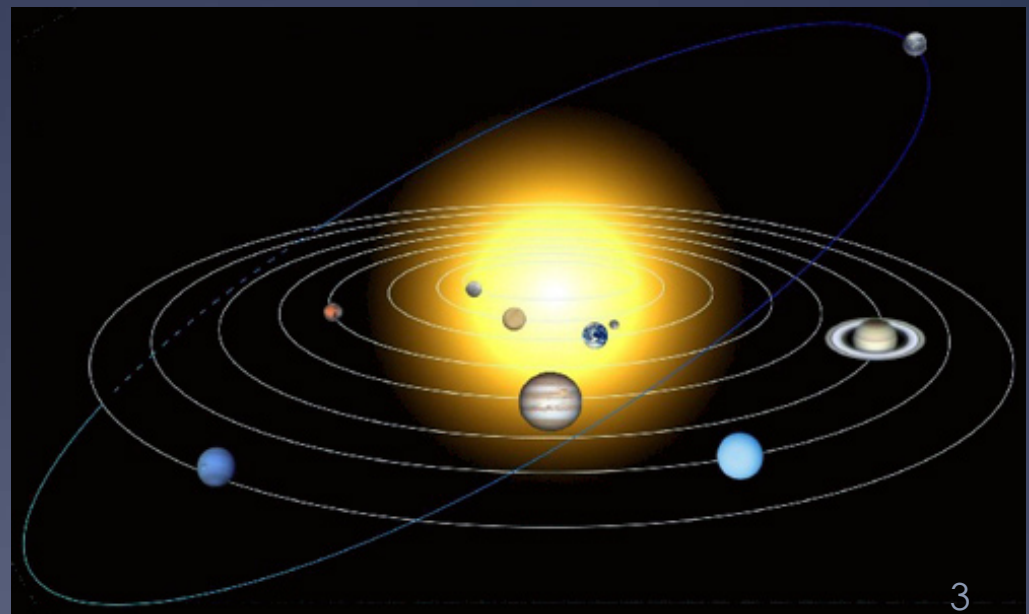
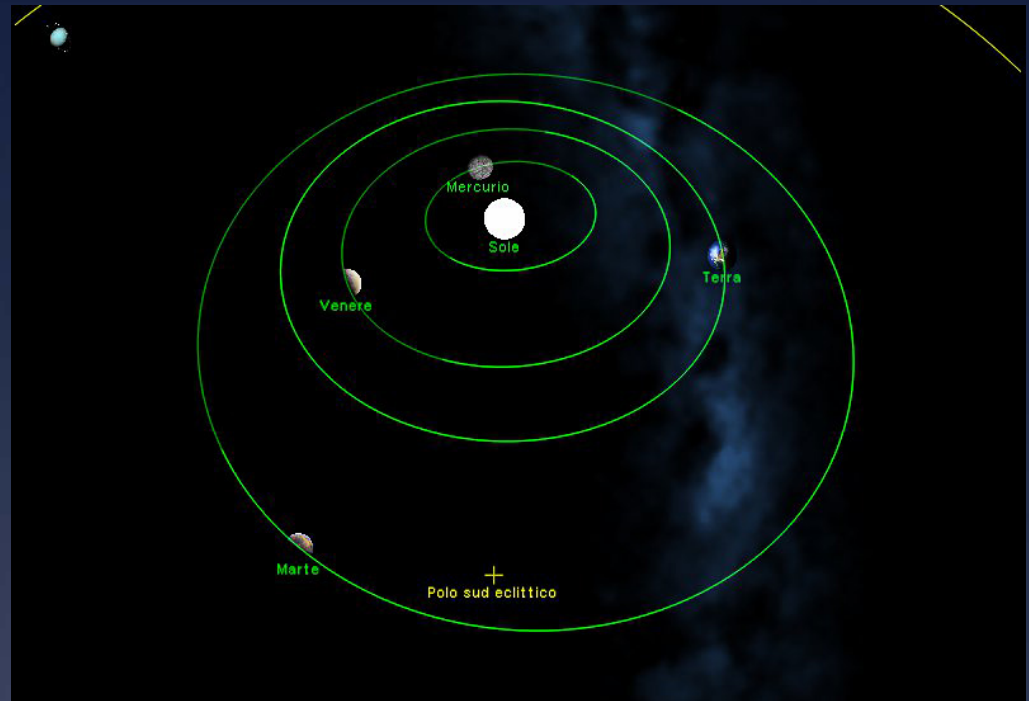
17 novembre 2017



I quartieri periferici

* I telescopi e, soprattutto, le missioni spaziali hanno gettato molta luce su quello che noi chiamiamo convenzionalmente “Sistema Solare”.

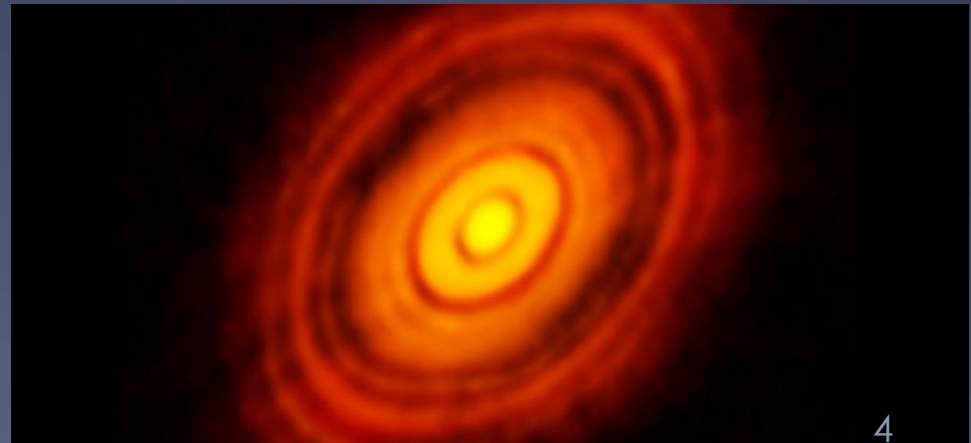
* Tutto ciò che stava al di là dell’orbita di Plutone è stato oggetto di congetture solo fino ai primi anni ‘90.



COS'E' UN PIANETA

- * Per convenzione, tutti gli oggetti con orbita esterna a quella di Nettuno, l'ultimo dei pianeti noti, vengono definiti *transnettuniani*.
- * A parte Plutone, scoperto nel 1930, non si conoscevano altri corpi transnettuniani fino al 1992, quando fu scoperto l'oggetto denominato 1992 QB1, oltre l'orbita di Plutone.
- * Da allora, sono state parecchi altri corpi. Nessuno di essi ha le caratteristiche che lo assimilino alla definizione di pianeta.

- * Secondo le regole stabilite dall'IAU (*International Astronomical Union*) nel 2006 si definisce pianeta un corpo celeste in grado, con la sua massa, di "ripulire" la zona in cui orbita intorno al Sole dalla presenza di altri oggetti.
- * Questa caratteristica manca a Plutone, agli asteroidi tra Marte e Giove ed alla miriade di oggetti trans-nettuniani finora scoperti.



I principali transnettuniani

Largest known trans-Neptunian objects (TNOs)



La fascia di Kuiper

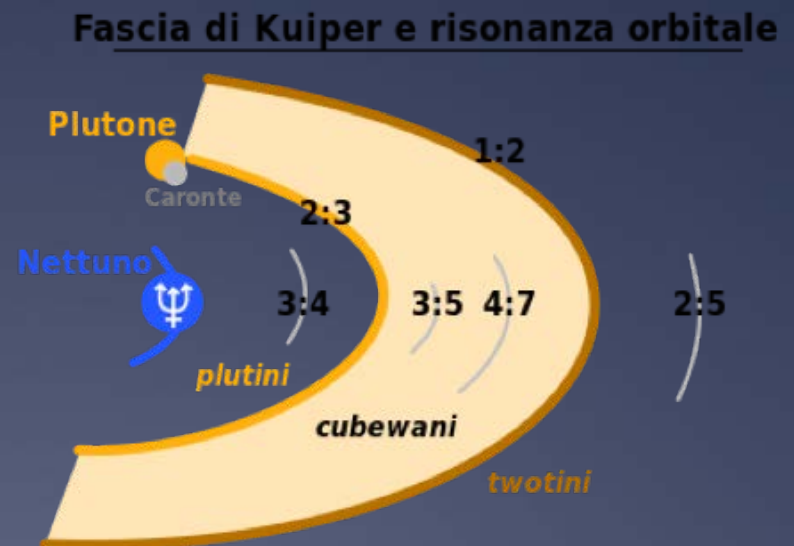
- * La regione esterna degli oggetti transnettuniani fu ipotizzata nei primi anni '40 e '50 da Kenneth Edgeworth e Gerard Kuiper, ma senza alcuna evidenza osservativa fino ai primi anni '90.
- * La scoperta di 1992 QB1, il primo oggetto transnettuniano oltre il sistema Plutone-Caronte, diede una prima conferma a tale ipotesi.
- * Da allora, la regione di spazio esterna all'orbita di Nettuno fu denominata Fascia di Edgeworth – Kuiper, o, più spesso, **fascia di Kuiper** (*Kuiper Belt*).
- * Gli oggetti presenti in questa zona vengono anche denominati come **KBO** (*Kuiper Belt Objects*), in gergo *cubewani* (da QB1),

La fascia di Kuiper

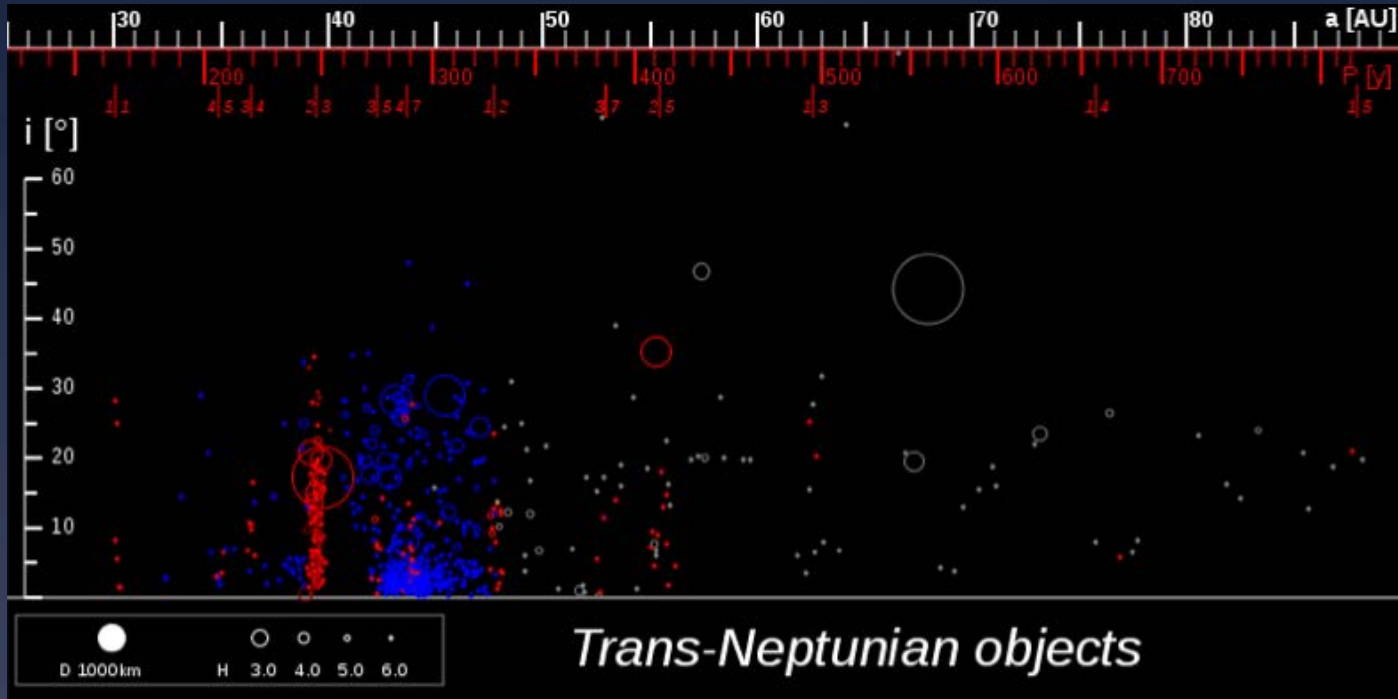
- * La fascia si pensa sia estesa da 30 a 50 Unità Astronomiche dal Sole.
- * Ad oggi sono stati scoperti un migliaio di oggetti, tutti corpi minori ghiacciati con diametro < 3000 km e composizione simile a quella delle comete (ghiaccio d'acqua, metano, ammoniaca, azoto), in orbita stabile intorno al Sole.
- * A quella distanza dal Sole, la temperatura è dell'ordine dei 50 °K o meno (ca. -220 °C); perciò, tutti questi composti sono allo stato solido. Si assiste ad una loro parziale evaporazione, con formazione di una tenue atmosfera, solo negli oggetti il cui perielio scende a circa 30 UA.

La fascia di Kuiper

- * La stabilità della loro orbita dipende dall'interazione gravitazionale con il Sole e Nettuno.
- * Le orbite sono stabili, infatti, quando sono in risonanza orbitale con Nettuno, cioè quando il rapporto dei rispettivi tempi di rivoluzione è esprimibile con numeri interi. In altri termini, quando l'oggetto rivoluziona in sincronia con Nettuno.
- * Le orbite sono stabili per determinati valori del loro semiasse maggiore, a cui corrisponde una risonanza orbitale pari a 2:3, 3:5, 1:2, etc. I KBO si concentrano soprattutto in queste regioni di spazio.
- * In tal modo, gli effetti gravitazionali di Nettuno sono costanti tra un'orbita e l'altra.



La fascia di Kuiper



- * Plutone e gli oggetti con risonanza = 2:3 hanno un semiasse maggiore di circa 39,4 UA e sono soprannominati *plutini* (in rosso). Se ne conoscono circa 200.
- * Tra 40 e 42 UA, non si ha risonanza orbitale: la presenza di Nettuno destabilizza le orbite, quindi pochi oggetti.
- * Gli altri KBO si concentrano nella fascia tra Tra 42 e 48 UA (risonanza = 1:2), dove gli effetti di risonanza con Nettuno sono trascurabili.

Il disco diffuso

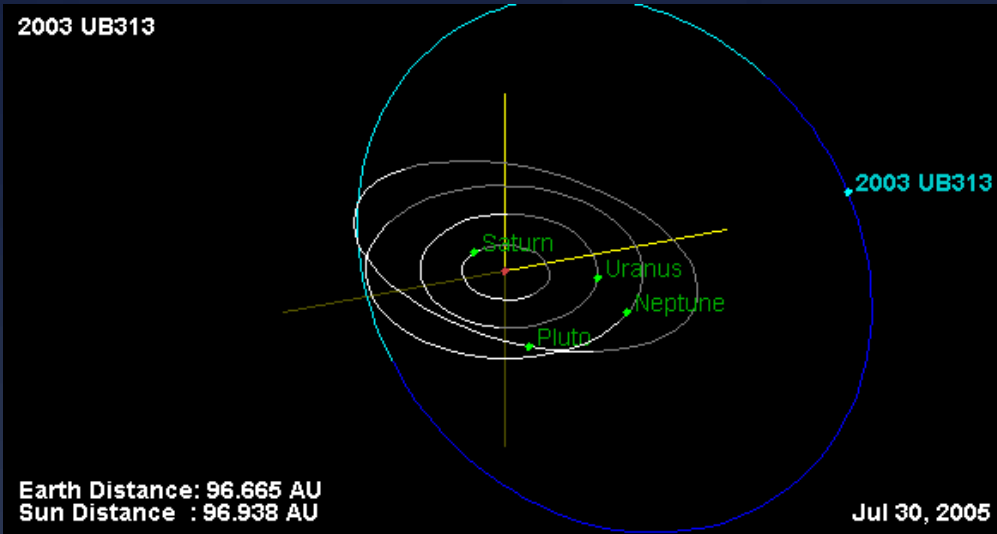
- * Oltre le 48 UA, cioè per valori di risonanza orbitale minore di 1:2, il numero degli oggetti diminuisce bruscamente. Essi, inoltre, presentano caratteristiche d'instabilità orbitale.
- * Per queste peculiarità, che la differenziano dalla regione precedente, questa zona viene classificata con il termine di **Disco Diffuso**, per quanto possa anche considerarsi come un'estensione della fascia di Kuiper.
- * Essa si estende fino a 100 UA dal Sole o poco più.
- * A causa dell'instabilità delle orbite degli oggetti in essa presenti (detti SDO), si ipotizza che dal disco diffuso abbiano origine molte delle comete a corto periodo.
- * L'oggetto più rappresentativo è Eris, planetoida di dimensioni confrontabili con Plutone.

Plutone

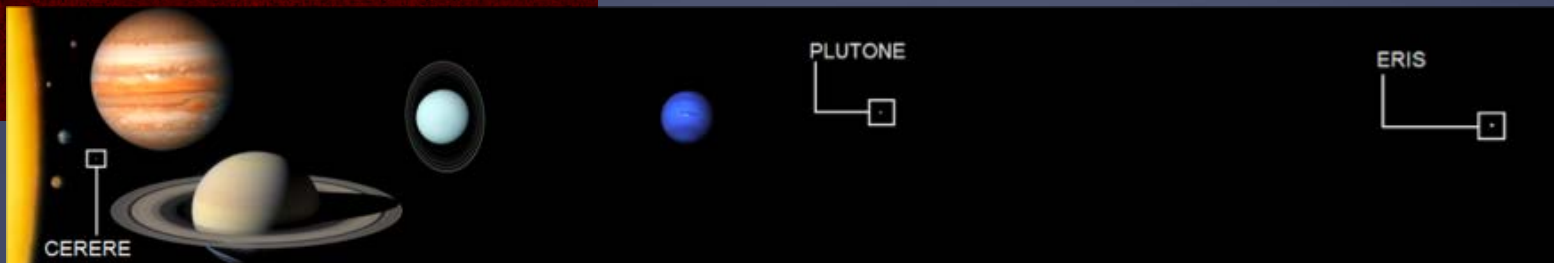
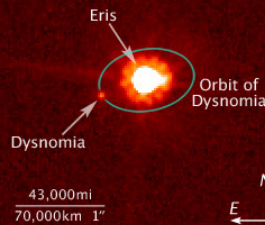


- * Diametro: 2370 km
- * Densità: 2,03 g/cm³
- * Semiasse magg.: 39,6 UA
- * Perielio: 29,6 UA
- * Afelio: 49,7 UA
- * Incl. Orbita: 17,1°
- * Rivoluzione: 249,7 anni
- * Scoperta: 1930

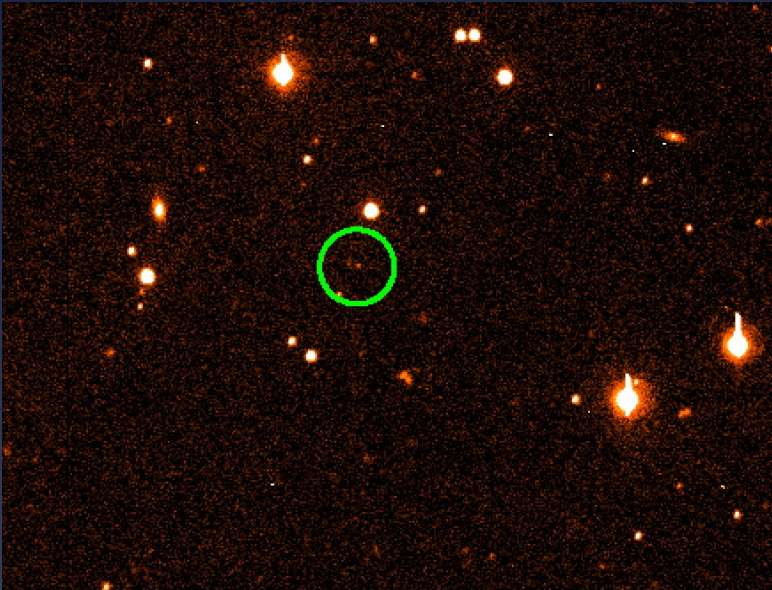
Eris



- * Diametro: 2326 km
- * Densità: 2,52 g/cm³
- * Semiasse magg.: 67,7 UA
- * Perielio: 37,8 UA
- * Afelio: 97,5 UA
- * Incl. orbita: 44,2°
- * Rivoluzione: 556,5 anni
- * Scoperta: 2005

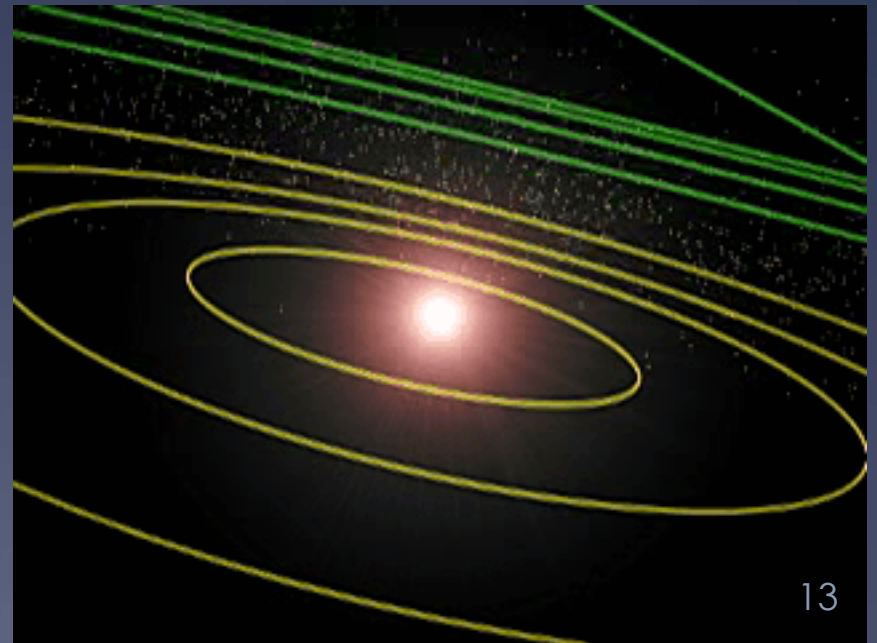


Sedna



- * Scoperto nel 2003, d oggi è l'oggetto noto più lontano.
- * La distanza è tale che si suppone appartenga ad una zona intermedia o "Nube di Oort interna".
- * Appare rossastro, forse per la presenza di toline.

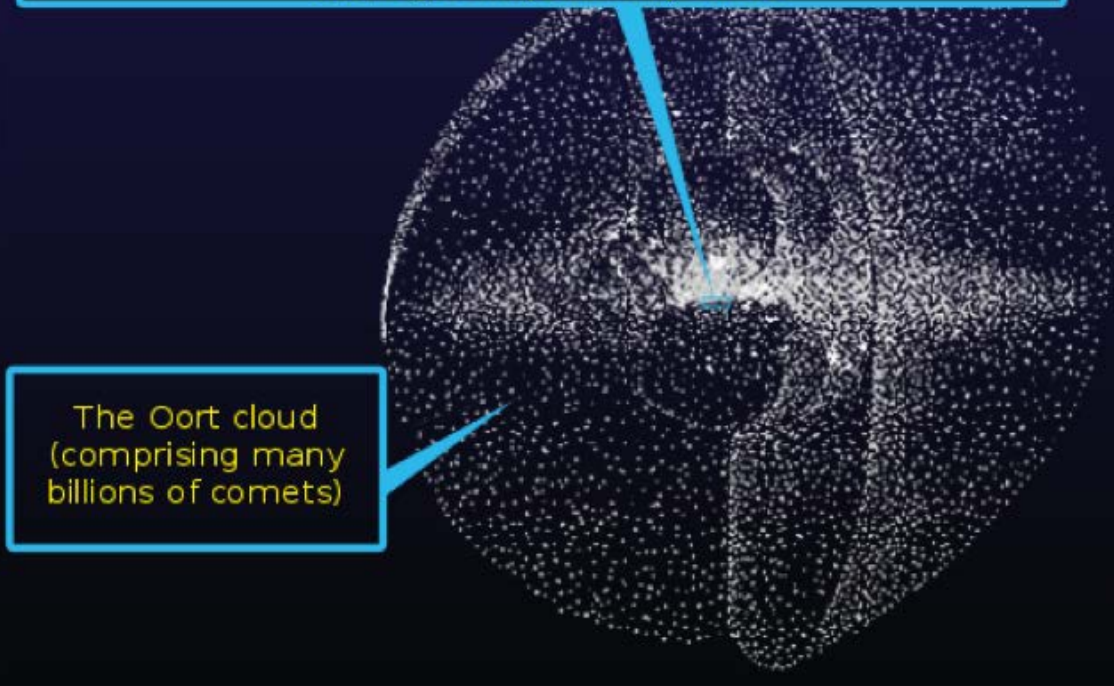
- * Diametro: $1180 \div 1800$ km
- * Densità: $2,0 \text{ g/cm}^3$
- * Perielio: 76 UA
- * Afelio: 897 UA (oltre 5 giorni-luce)
- * Incl. Orbita: $11,9^\circ$
- * Rivoluzione: 11.487 anni



La nube di Oort

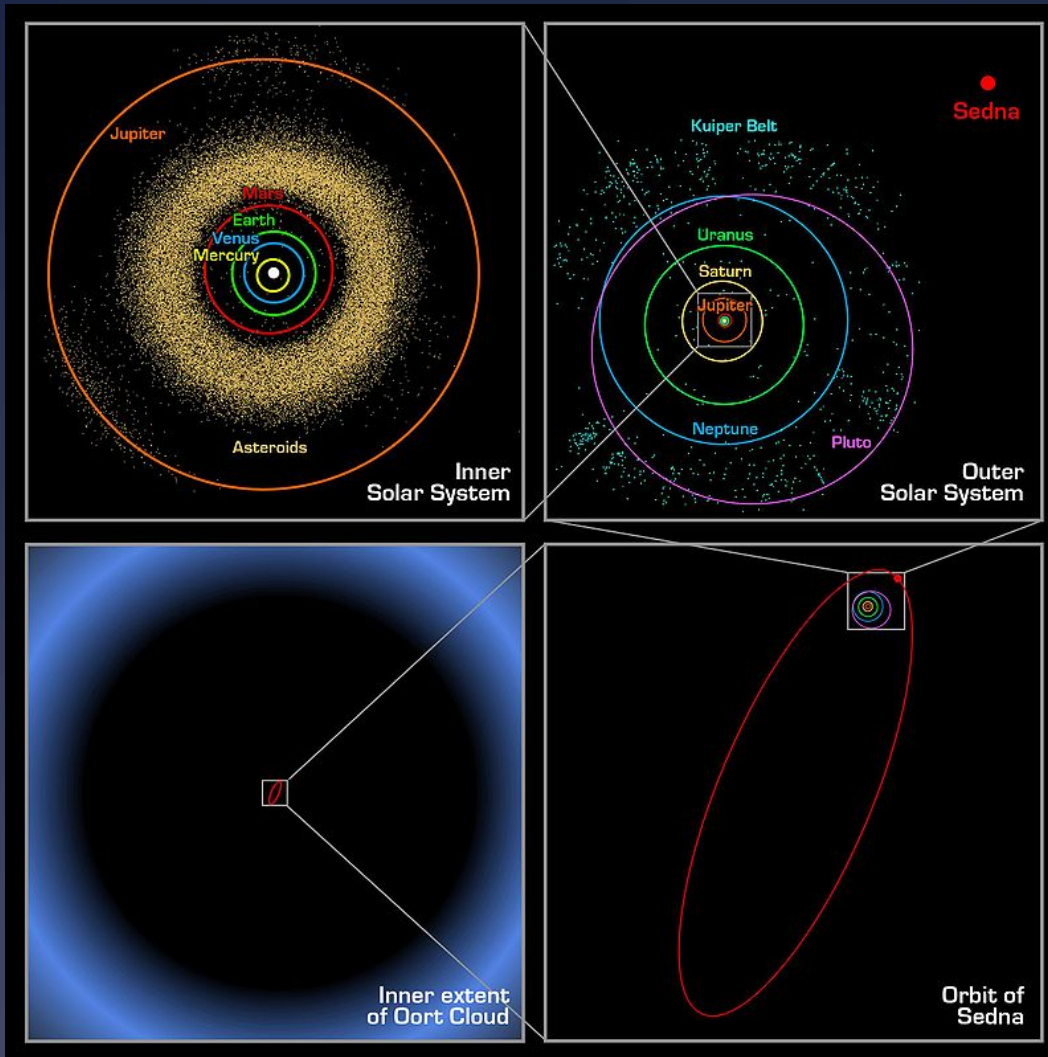
- * Si pensa che il Sistema Solare sia al centro di una nube sferica di oggetti posta all'enorme distanza compresa tra 20.000 e 100.000 UA, residuo della nebulosa da cui ha avuto origine il Sole e i pianeti.
- * La presenza di questa nube fu ipotizzata nel 1932 dall'astronomo estone Ernst Öpik e, successivamente, dall'olandese Jan Oort per spiegare la periodica apparizione di comete di lungo periodo, che rimpiazzano continuamente quelle che vengono distrutte, dopo un certo numero di passaggi nel sistema solare interno.
- * Tali comete hanno una traiettoria che non giace in prossimità del piano dell'eclittica; provengono, invece, da ogni direzione, a conferma della distribuzione sferica di questo "serbatoio".
- * A differenza della fascia di Kuiper, non ci sono evidenze osservative ma solo le prove indirette costituite dalla periodica comparsa di queste comete a lungo periodo. La nube di Oort, pertanto, è al momento solo ipotetica.

La nube di Oort



- * Le comete di lungo periodo hanno un afelio che si colloca a circa 20.000 UA e la loro orbita non giace vicino l'eclittica ma sembrano provenire da tutte le direzioni.
- * Questi fatti convinsero Oort a supporre forma e dimensioni della nube.
- * Si pensa che esista anche una nube di Oort interna (detta anche *nube di Hills*) di forma toroidale intorno all'eclittica, tra 2.000 e 20.000 UA, a cui apparterebbero oggetti come Sedna.

La nube di Oort



- * Se l'ipotetica nube di Oort è il residuo della nebulosa originaria, è allora possibile che altre stelle ne siano provviste.
- * E' perciò ipotizzabile che le nubi di due stelle contigue siano a contatto e che ciò provochi le perturbazioni gravitazionali che, periodicamente, spingono una cometa su un'orbita interna.

I confini del Sole

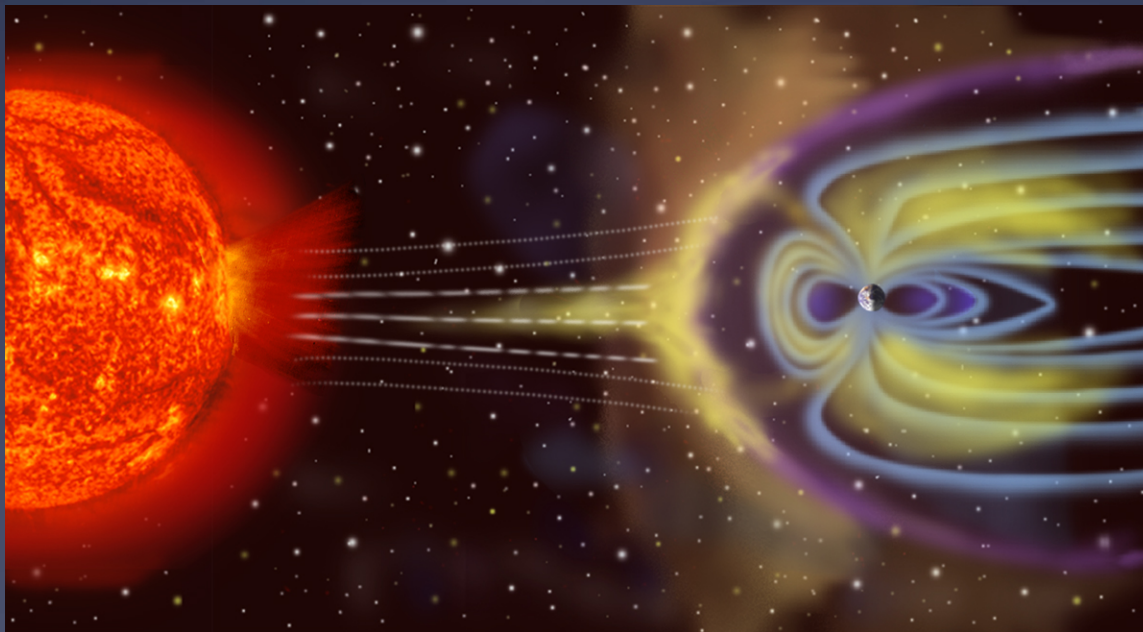
L'azione del Sole



- * Il Sole fa sentire la propria presenza nello spazio in molti modi: i principali sono il proprio campo gravitazionale, la radiazione elettromagnetica ed il vento solare.

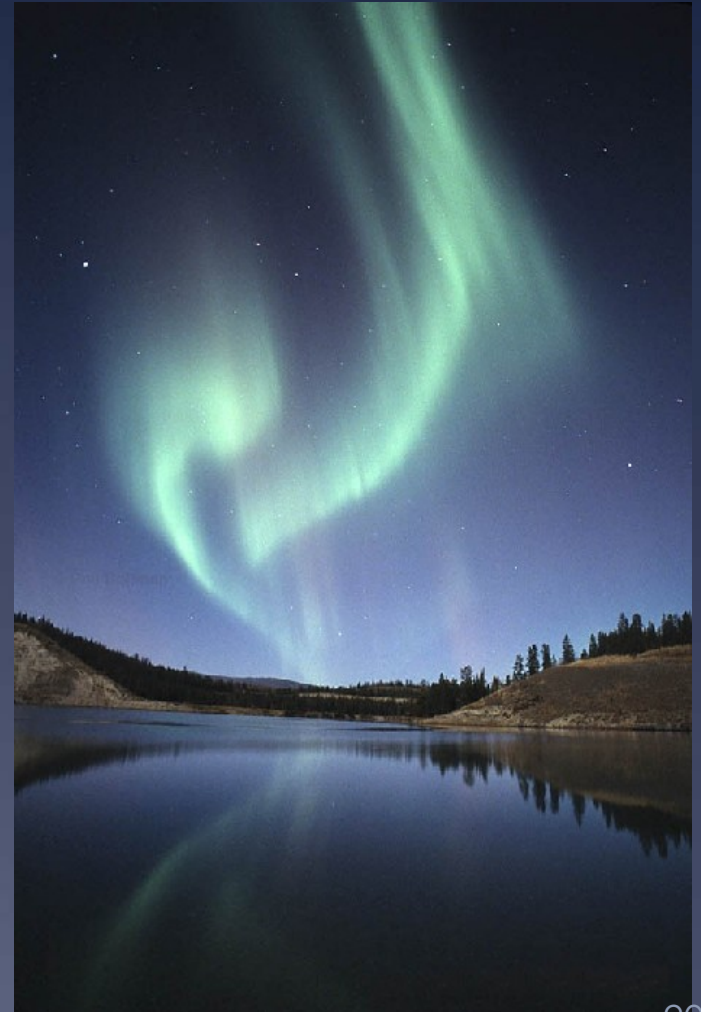
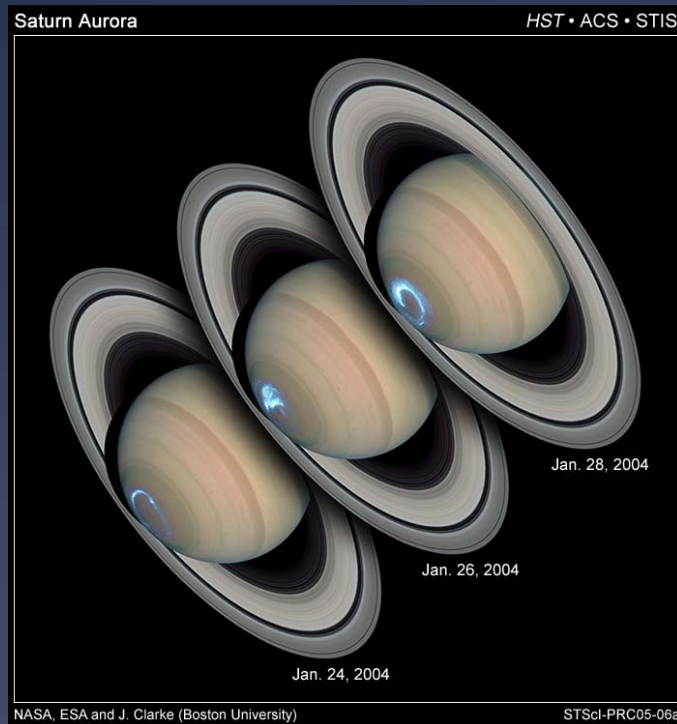
Il vento solare

- * Il vento solare è un flusso di particelle cariche emesso dalla corona solare, dove la materia è allo stato di *plasma*, in cui gli elettroni non sono più legati ai nuclei degli atomi.
- * Il vento solare è perciò formato prevalentemente da elettroni liberi, protoni e nuclei di elio, che si diffondono nello spazio ed interagiscono coi campi magnetici dei pianeti e con la materia proveniente dallo spazio interstellare.



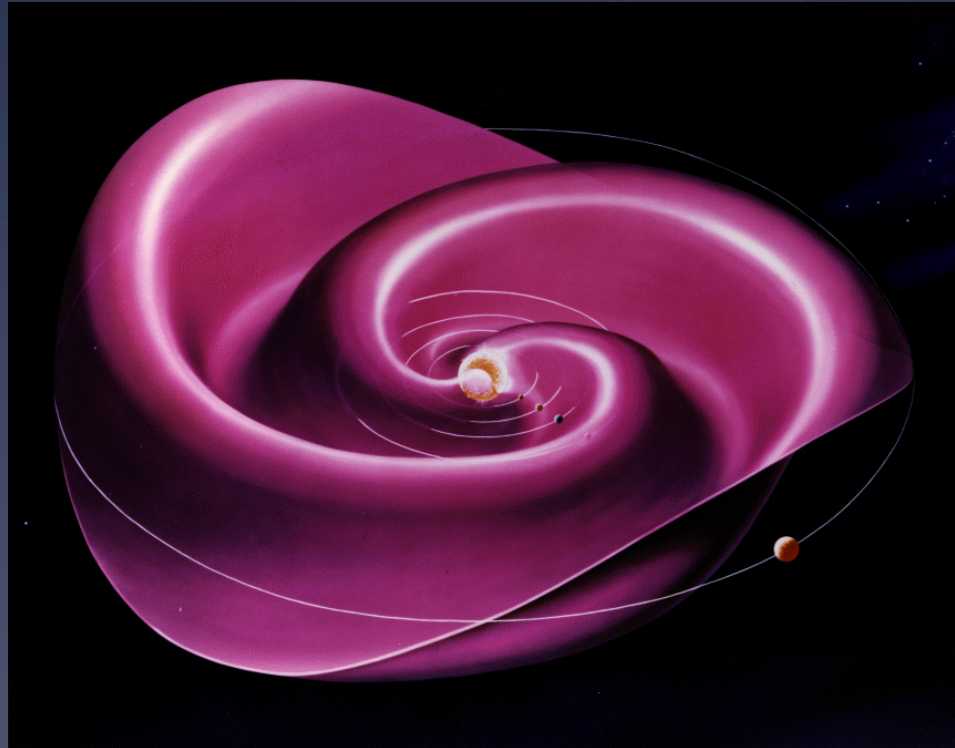
Le aurore boreali

- * L'interazione del vento solare con i campi magnetici dei pianeti e la loro atmosfera determina le *aurore boreali*.



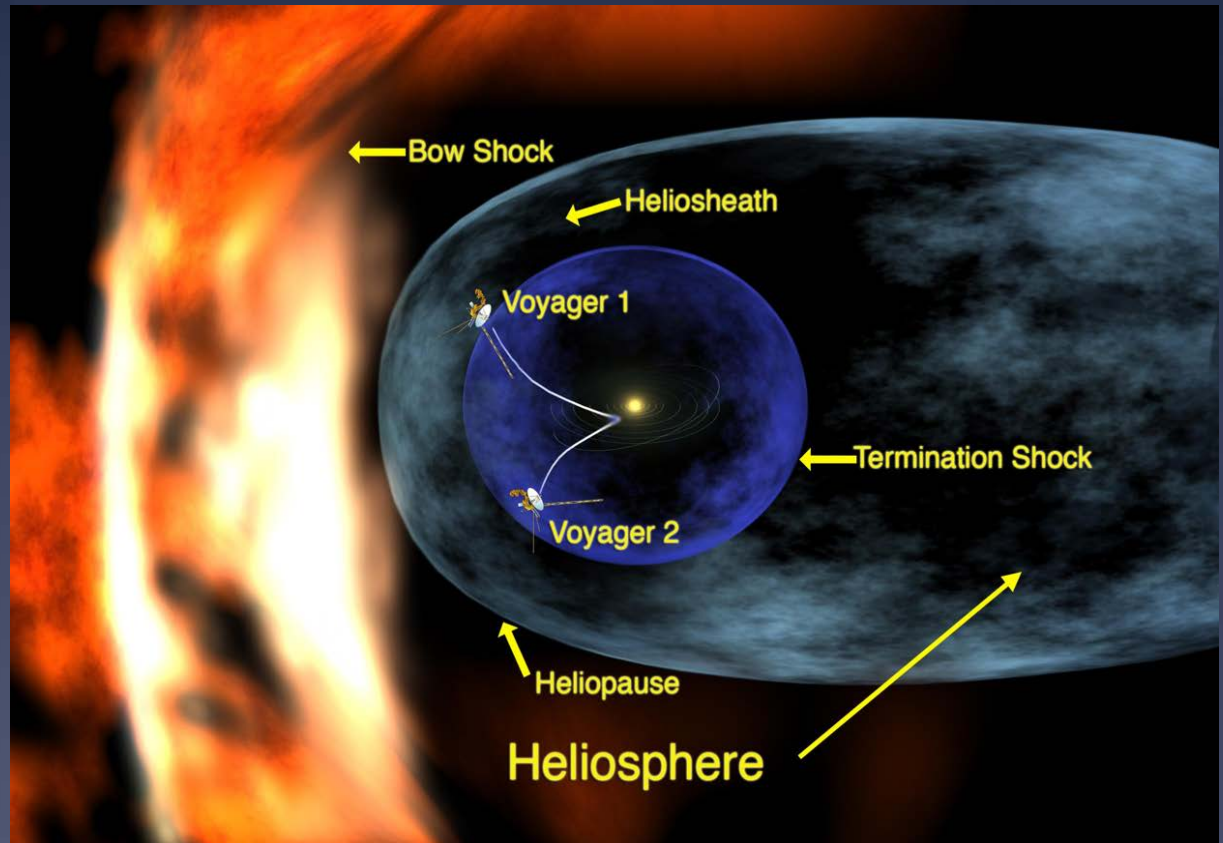
Il vento solare

- * Le particelle del vento solare si allineano coerentemente al campo magnetico del sole. Poiché questo ruota su se stesso mediamente in 25 giorni, l'involuppo del campo magnetico e del vento solare ad essa associato avrà una forma a spirale.



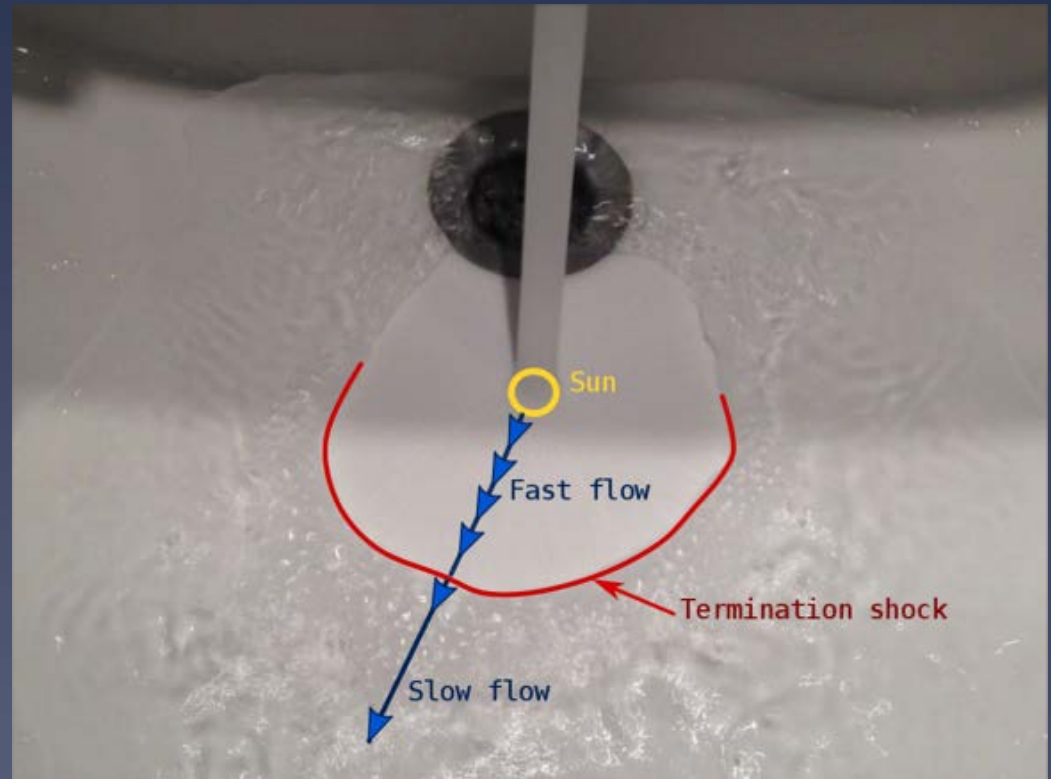
L'eliosfera

- * La porzione di spazio in cui il vento solare predomina sul mezzo interstellare è denominata **eliosfera**.
- * Le nostre conoscenze sull'eliosfera sono dovute soprattutto alle sonde Voyager 1 e 2 che, lanciate 40 anni fa, solo in anni recenti hanno raggiunto e superato i limiti dell'eliosfera, continuando ad inviarci preziose informazioni.



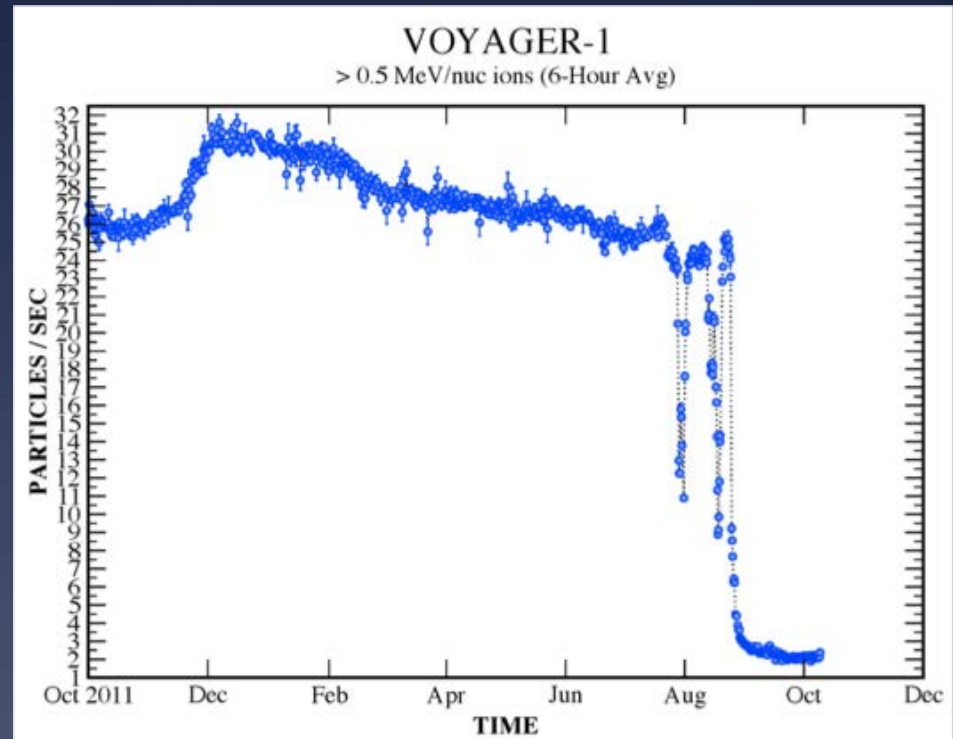
Il termination shock

- * Il vento solare si propaga a velocità supersonica (400 km/sec) rispetto alla velocità del suono nel mezzo interstellare (100 km/sec).
- * Entro un certo raggio dal Sole, le particelle del vento solare avranno perciò il sopravvento, impedendo l'accesso alle particelle del mezzo interstellare.
- * La pressione del vento solare diminuisce col quadrato della distanza.
- * Ad una distanza stimata tra 75 e 90 UA, gli ioni, interagendo con il mezzo interstellare, rallentano fino a velocità subsoniche.
- * In questa zona si forma un fronte d'onda stazionario chiamato **termination shock**.



Il termination shock

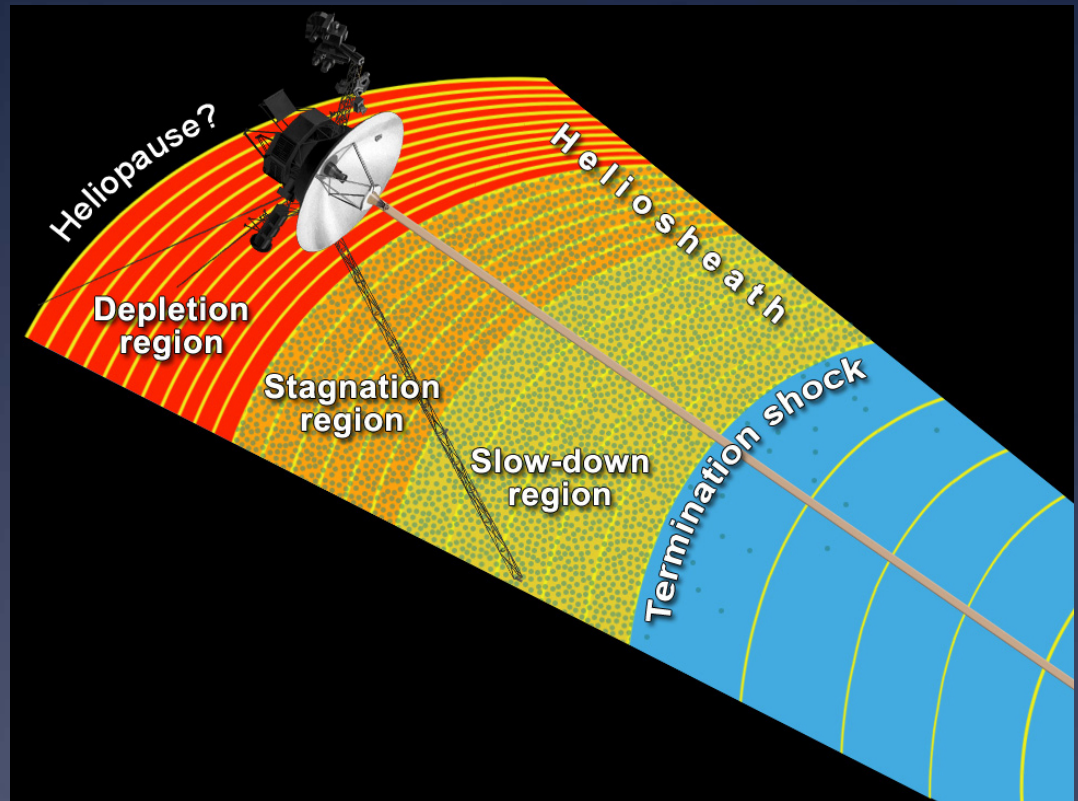
- * La sonda Voyager 1 ha attraversato il termination shock nel dicembre 2004 a 94 UA dal Sole. La Voyager 2 ha attraversato questa zona nel maggio 2006, a 76 UA dal Sole.
- * L'attraversamento della zona è stato evidenziato dal rilevamento di particelle cariche di ritorno e dal cambio di direzione del campo magnetico associato al vento solare.



- * La diversa distanza a cui è stato rilevato il fenomeno da parte delle due sonde suggerisce che il termination shock non abbia una distribuzione perfettamente sferica.

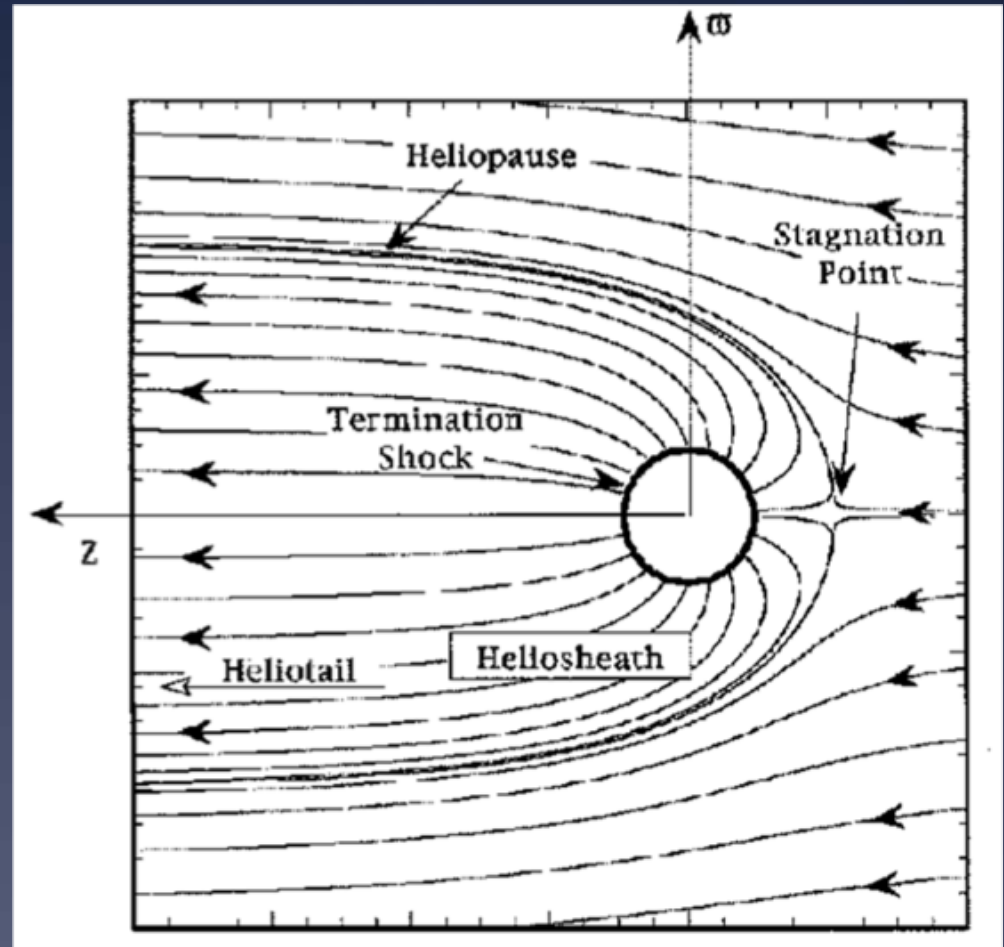
L'heliosheath

- * L'heliosheat, termine inglese che può essere tradotto in Italiano come *elioguaina*, è la regione di spazio che sta oltre il termination shock in cui il vento solare riesce ancora a prevalere sul mezzo interstellare, ma con maggiore difficoltà.
- * Gli ioni si muovono adesso con velocità subsonica e con regime turbolento, e vengono deflessi all'indietro rispetto alla direzione relativa del mezzo interstellare.



L'eliopausa

- * L'eliopausa è il confine dello spazio in cui il vento solare viene definitivamente fermato dal mezzo interstellare, a circa 120 UA dal Sole.
- * In questa regione la pressione del vento solare e quella del vento interstellare sono in equilibrio. Gli ioni del vento solare vengono definitivamente fermati e deflessi all'indietro verso l'*heliotail*, che si pensa abbia una forma analoga a quella della coda delle comete.

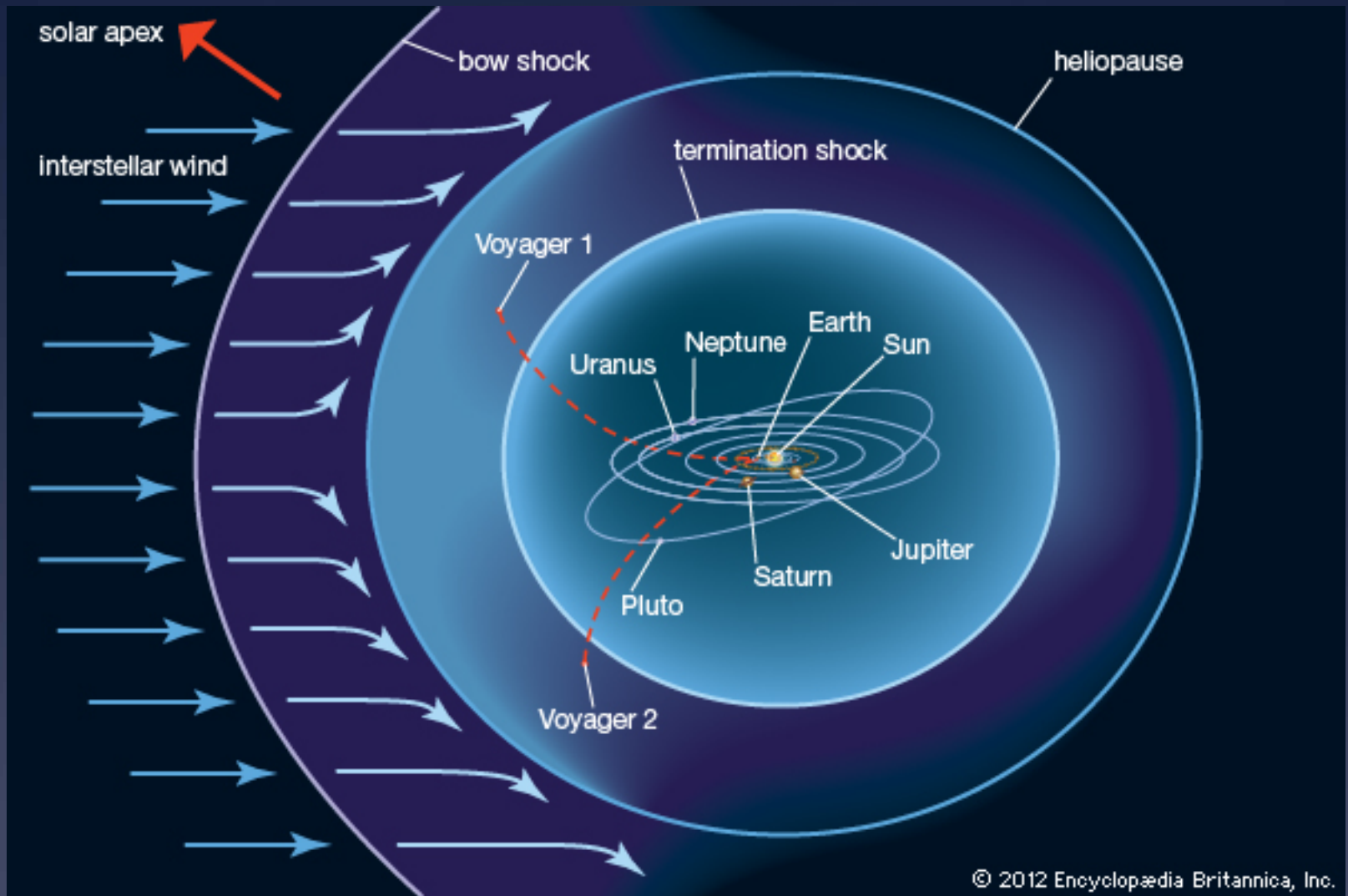


Il «bow shock»

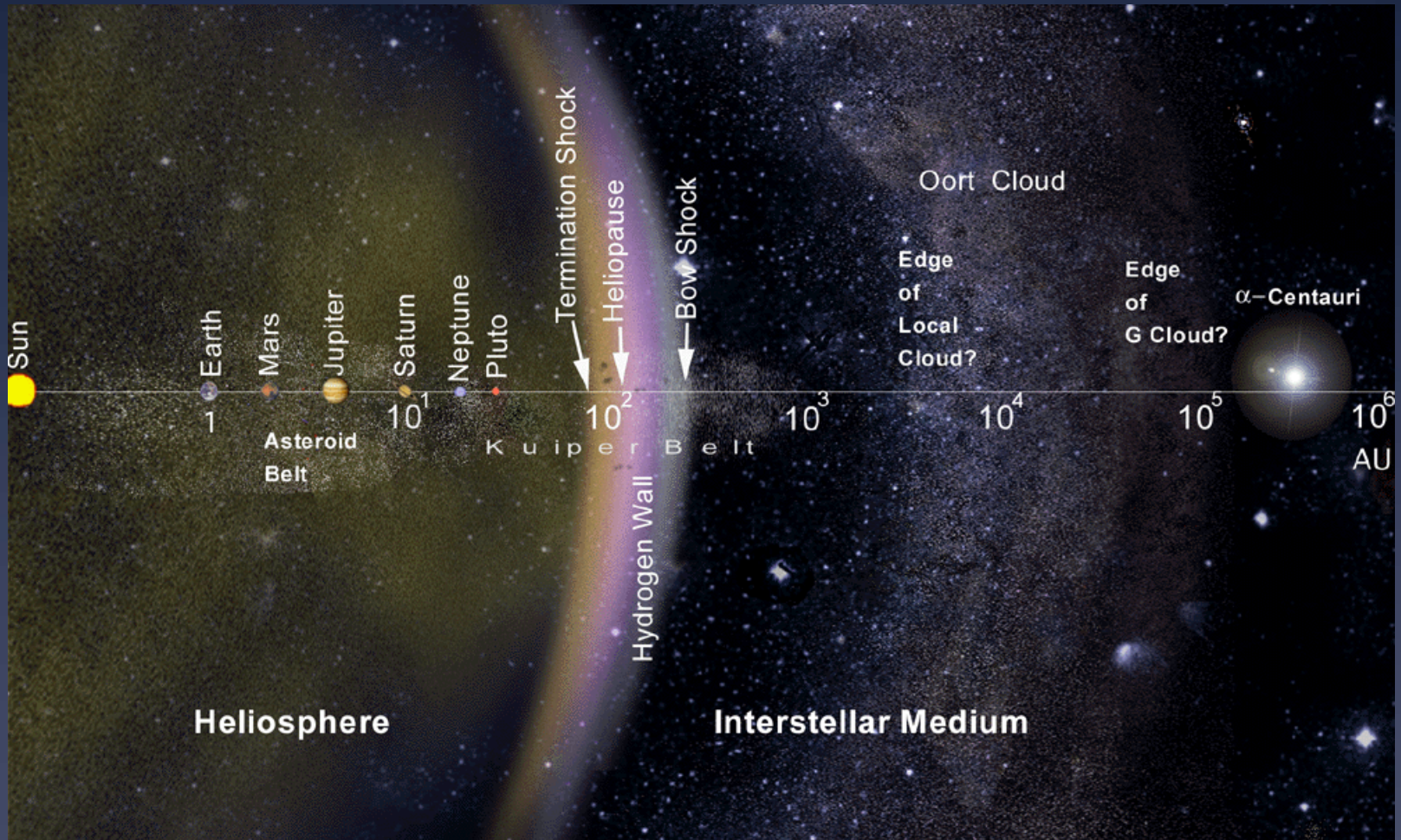
- * Si tratta di un fenomeno osservato in diverse stelle dotate di elevato moto proprio, come nella LL Ori qui rappresentata.
- * Traducibile letteralmente, in “onda d’urto di prua” perché assimilabile a quella che si genera davanti alla prua di una nave che si muove più velocemente del moto ondoso da essa generato.
- * La materia interstellare che si trova lungo la direzione del moto del Sole viene compressa dall’interazione col vento solare. Se la velocità relativa supera quella di propagazione del suono, si genera un’onda d’urto.



- * I dati forniti dal satellite IBEX, tuttavia, sembrano escludere che il Sole si muova con velocità sufficiente a generare un’onda d’urto.



Quadro d'insieme



Grazie per l'attenzione