



L'EREDITA' DELLE VOYAGER

RELATORE: STEFANO TOSI

MERCOLEDI' 14 OTTOBRE 2026
Ore 17 - Via Larga 31, Milano





Sopravvivere alla vita.

**Lasciare una traccia non serve solo a chi verrà dopo di noi,
ma è anche una risposta alla consapevolezza della mortalità:
vuol dire essere esistiti.**

Un insieme di tracce crea una memoria....

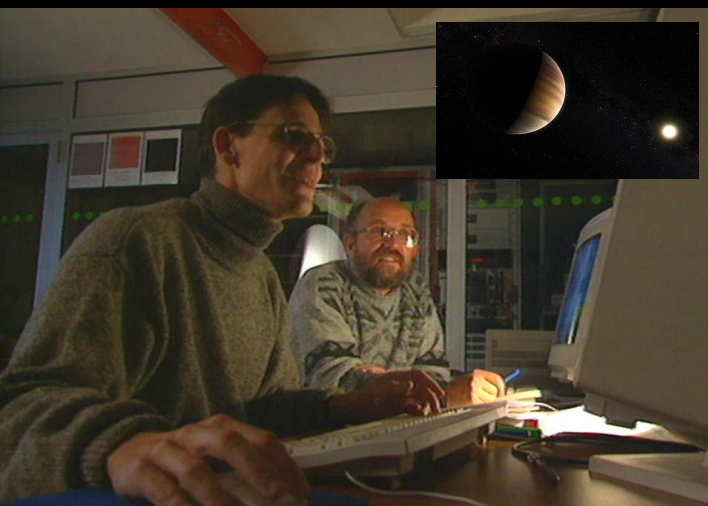




Una nuova frontiera, il cosmo.

La conquista dello spazio con il pensiero, la scienza e la tecnologia... *gli infiniti mondi e l'Ultima Frontiera.*

L'osservazione e lo studio dell'universo porta ad una comprensione della nostra reale condizione e di quella del nostro pianeta.



L'universo come un grande spazio di memoria: l'idea delle sonde come capsule del tempo



La memoria diventa messaggio quando presuppone un possibile destinatario

Possiamo comunicare con qualcuno che – davvero - non conosciamo?

LA DIMENSIONE TERRESTRE E LE DIMENSIONI DEL COSMO

Comunicare tra le stelle non è proprio come comunicare tra noi sulla Terra...



Comunicare sulla Terra a 20 000 km di distanza



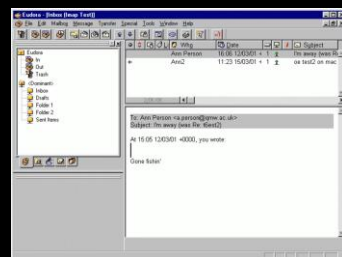
1700:
una lettera impiega 8-12 mesi via mare; via terra 2-3 anni.

1800:
una lettera impiega 3-6 mesi in barca a vela;
1-2 mesi in nave a vapore (dopo Suez, 1869);
telegramma 4-7 ore (dal 1872).



1900:
in aereo 8 giorni (1934), 2-5 giorni (1980), 1-2
giorni (1999); un SMS da 5-10s! (1998).

2000:
una mail impiega 1-10s



2025:
una mail impiega 0.1s-0.5s;
una chat 0.1s.

Per percorrere i circa 20.000 km che separano un capo e l'altro della Terra, in appena tre secoli i tempi di comunicazione sono passati da anni a frazioni di secondo, aumentando l'efficienza dei mezzi ed inventandone di nuovi.

Comunicare nello spazio funziona diversamente: le distanze ed i tempi in gioco sono enormi e bisogna considerare il mezzo con cui viene recapitato il messaggio.

1) ONDE ELETTROMAGNETICHE

Tutti i messaggi partono a velocità c e i tempi di consegna cambiano in base alla distanza del destinatario.



0.1 s



1.3 s



3-23 min



24 h



1 anno



4.24 anni



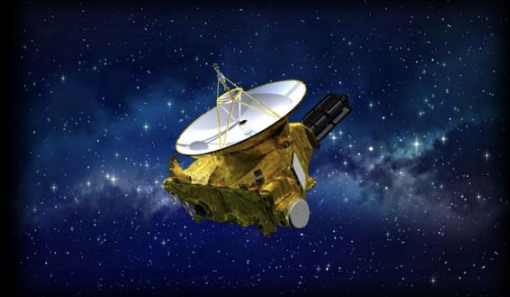
23 000 anni



2 500 000 anni

2): SONDA/MANUFATTO

Si può lavorare sul miglioramento della velocità, della traiettoria e della capacità informativa, per raggiungere un destinatario.



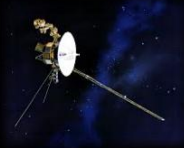
8-12 h / 3-4 g



6-9 mesi



9.5 anni



48.2 anni



17 600 anni

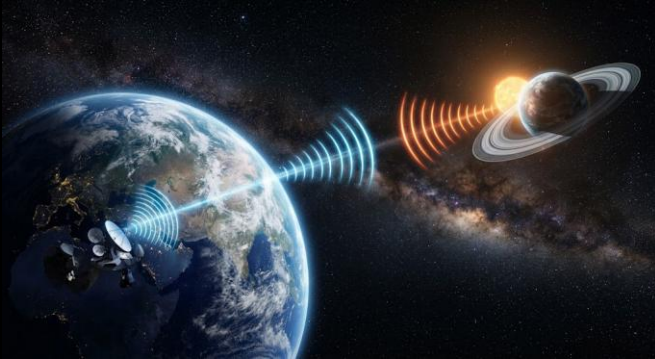


75 000 anni



460 000 000 anni

COMUNICAZIONE INTERSTELLARE



Onde EM:

- **ONDE RADIO:** fasci di onde radio (λ : 1-30 cm);

PRO: si propagano nel vuoto, facili da generare e da ricevere con la tecnologia attuale, sono presenti bande silenziose protette.

CONTRO: tempi lunghi, dispersione, servono potenze elevate e grandi antenne, rumore.

- **LASER OTTICI-IR:** impulsi di luce concentrati in un fascio strettissimo (λ : 400-2500 nm);

PRO: altissima direzionalità e quindi bassissima dispersione, bitrate molto alto.

CONTRO: allineamento critico, potenza elevata e possibili disturbi atmosferici.



Sonde:

- **SONDE e MANUFATTI** lanciati nello spazio profondo;

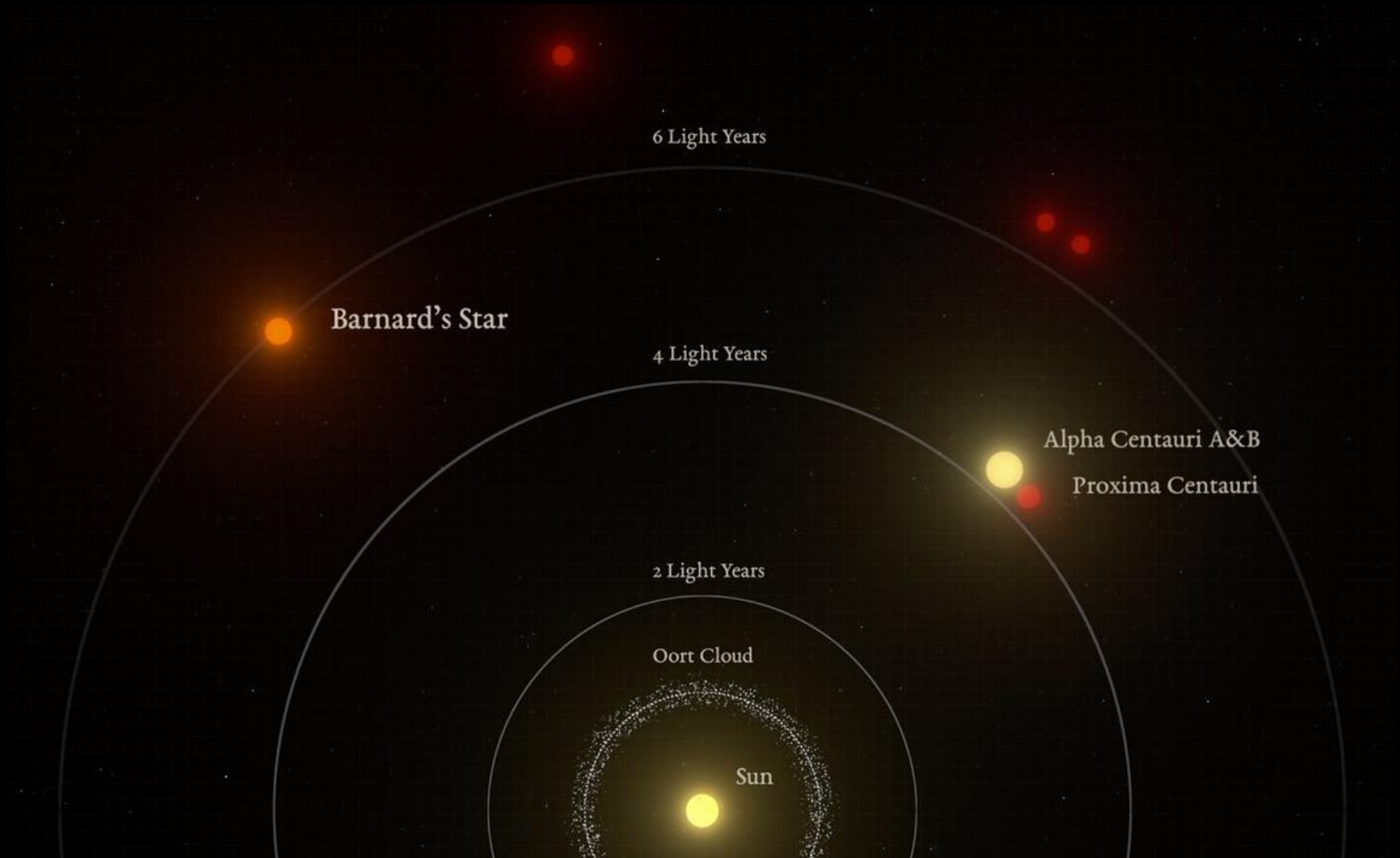
PRO: possono contenere moltissimi dati su di noi, protezione del messaggio ed esse stesse parte del messaggio, durata nel tempo.

CONTRO: estrema lentezza, incertezza sulla traiettoria specialmente a medio e lungo termine.



1 anno luce = 10.000 miliardi di km ($\approx 9,4607 \times 10^{12}$ km):

- **LUCE: 1 anno**
- **SONDA: 1560 anni**
(Solar Parker Probe: 692.000 km/h ovvero 192 km/s, 0.064 c)
[mediamente circa 20 000 anni]





**Cominciamo a capire quanto siamo piccoli non solo rispetto al cosmo, ma anche rispetto al nostro
circondario galattico.**

**Eppure questo non ci ferma, anzi: ci porta ad escogitare nuove soluzioni e ad elaborare nuove idee.
Ad esempio: non solo trasmettere ma anche mettersi in ascolto ... in maniera attiva!**

MESSAGE IN THE BOTTLE

Non avendo ancora identificato un interlocutore, ogni tentativo di comunicazione con altre civiltà risulta assimilabile ad un messaggio in bottiglia: affidare un messaggio ad un mezzo affinché giunga a qualcuno prima o poi, raccontando di noi.

Non è banale scegliere l'autore/gli autori, cosa debba contenere, come strutturare il messaggio: sono complesse le questioni etiche in gioco.

Questi messaggi, proprio per la loro natura, rappresentano uno tra i primi sforzi concreti di raccontarci complessivamente come umanità, come specie, al di là delle nostre divisioni. Una sola voce che ci racconti come esseri umani, che ricordi quanto di positivo abbiamo raggiunto, creato e pensato al netto delle sensibilità culturali, politiche e delle mode del tempo corrente.

Il documento di riferimento per le linee guida sulla composizione e gestione dei messaggi interstellari è stato firmato da SETI, ONU e IAA, ed è il
“*Draft Declaration of Principles Concerning Sending Communications with Extraterrestrial Intelligence*”
(Acta Astronautica Vol. 21. No. 2. pp.153-154, 1990).

Prevede sostanzialmente:

Consultazioni internazionali
Invio a nome dell'intera umanità
Benessere ed interessi del genere umano
Pubblicazione anticipata del messaggio.

Le sfide restano:

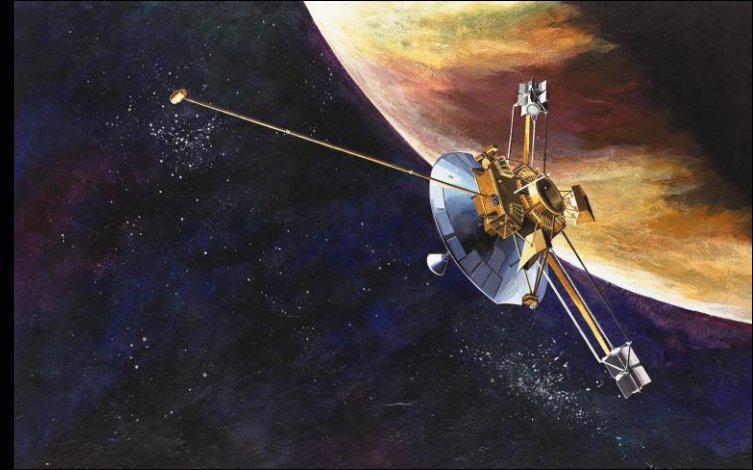
Antropocentrismo
Diversità culturale
Etica
Tempo



LE SONDE PIONEER

Il programma Pioneer fu ideato dalla NASA tra gli anni '50 e '70 per l'esplorazione dello spazio profondo oltre l'orbita marziana: ambiente interplanetario ed effetti solari, Giove e Saturno, asteroidi, missione di lunga durata lontano dal Sole.

Furono missioni pionieristiche ed apripista per il programma Voyager, Galileo e Cassini.



PIONEER 10 (2.3.1972-2003):

fu la prima sonda ad oltrepassare la Fascia degli Asteroidi, a sorvolare Giove (3 dicembre 1973) ed a studiarne l'ambiente e le principali lune. Ultimo contatto radio il 23.1.2003 da oltre 12 miliardi di km (81 UA).

Viaggia in direzione di Aldebaran (65 a.l.), che potrebbe raggiungere in circa 2 milioni di anni.



PIONEER 11 (5.4.1973-1995):

confermò i dati della Pioneer 10 e studiò Saturno (1 settembre 1979), i suoi anelli e Titano. Ultimo contatto il 24.11.1995.

E' diretta verso la stella doppia λ Aquilae (127 a.l.), che potrebbe raggiungere tra circa 4 milioni di anni

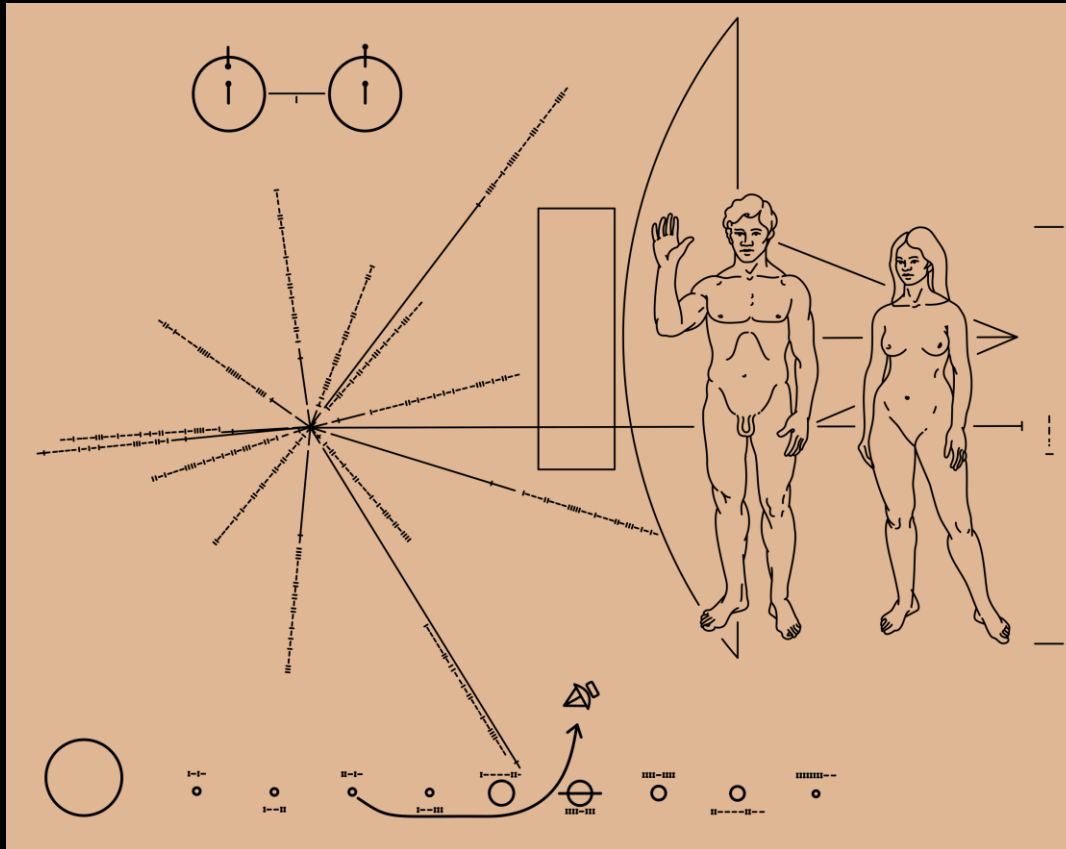
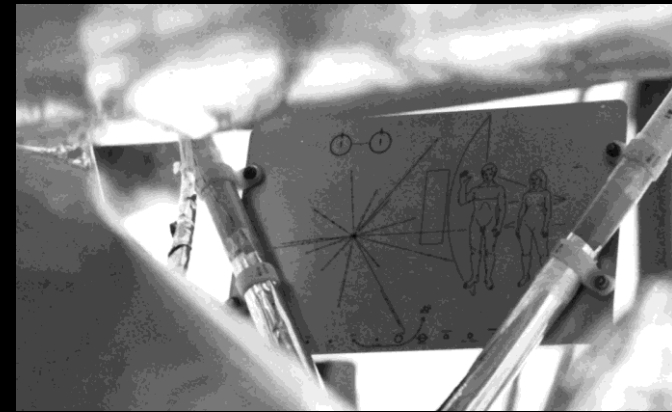


Entrambe le sonde hanno a bordo una placca con un messaggio per eventuali incontri con civiltà extraterrestri: si tratta del primo messaggio fisico di carattere interstellare.

IL MESSAGGIO DELLE PIONEER

Ideato da Carl Sagan, Frank Drake e Linda Salzman Sagan, il messaggio (su placca di alluminio anodizzato e dorato, 15x23 cm) ha lo scopo di sopravvivere milioni/miliardi di anni e di raccontare chi siamo, dove siamo e come siamo. Una sorta di carta di identità dell'umanità e della Terra.

Il team ebbe appena 3 settimane per realizzare il messaggio!



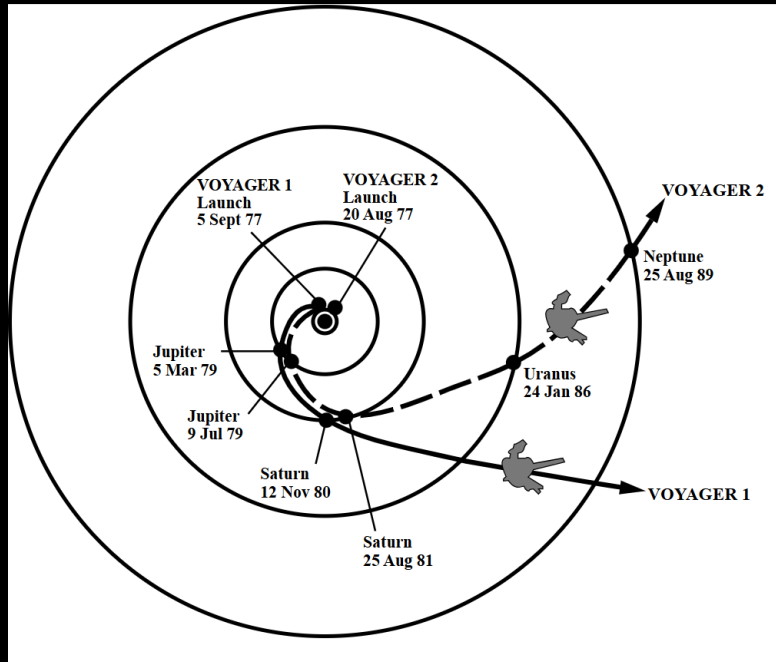
Critiche:

- Antropocentrismo (oltre ad una difficile comprensione anche per noi umani);
- La freccia (frutto di una società di cacciatori-raccoglitori, ma gli alieni?);
- Nudità (scandalo per l'epoca);
- Sessismo (obiezioni circa azioni ed atteggiamenti maschili);
- Discriminazione (visione bianca ed occidentale del mondo).

IL PROGRAMMA VOYAGER: L'OCCASIONE PER IL LANCIO

Progetto *Grand Tour*: ideato dalla NASA quando l'ingegnere del JPL Gary Flandro nel 1965 calcolò che alla fine degli anni '70 si sarebbe verificato un raro allineamento planetario.

Ciò avrebbe permesso di ridurre drasticamente i tempi di viaggio ed il consumo di carburante.



Gary Flandro

Allineamento Planetario:

10-12 anni invece di 30 per Nettuno, avanzamento con effetto fionda gravitazionale e poco consumo di propellente.

Unica occasione in 175 anni!

IL PROGRAMMA VOYAGER: VOYAGER 1 E VOYAGER 2

Programma sviluppato dal JPL della NASA nel corso degli anni '70 con l'obiettivo di studiare i 4 pianeti giganti del sistema, sfruttando la loro disposizione favorevole ed utilizzando l'effetto fionda gravitazionale, che permetteva di risparmiare moltissimo carburante e andare più veloci.

Obiettivo del programma era quello di studiare i pianeti giganti, la loro magnetosfera, lo spazio interplanetario, le loro lune e anelli.

Successivamente: mappatura dell'eliosfera, attraversamento dell'eliopausa, studio del mezzo interstellare ed infine essere una testimonianza dell'esistenza della nostra specie per eventuali altre civiltà nella Galassia.



VOYAGER 1

Lancio: 5 settembre 1977 (dopo la Voyager 2, ma su una traiettoria più veloce);

Destinazione: Giove - Saturno - spazio interstellare;

Obiettivi raggiunti: osservazione di Giove (1979) con la sua GMR, gli anelli sottili e le lune galileiane (attività vulcanica di Io); osservazione di Saturno (1980) con al sua atmosfera, anelli e Titano; periferia del sistema planetario.

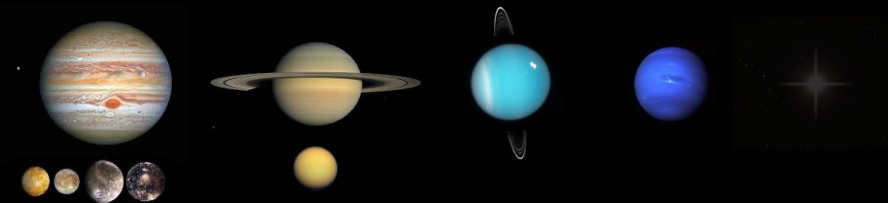


VOYAGER 2

Lancio: 20 agosto 1977

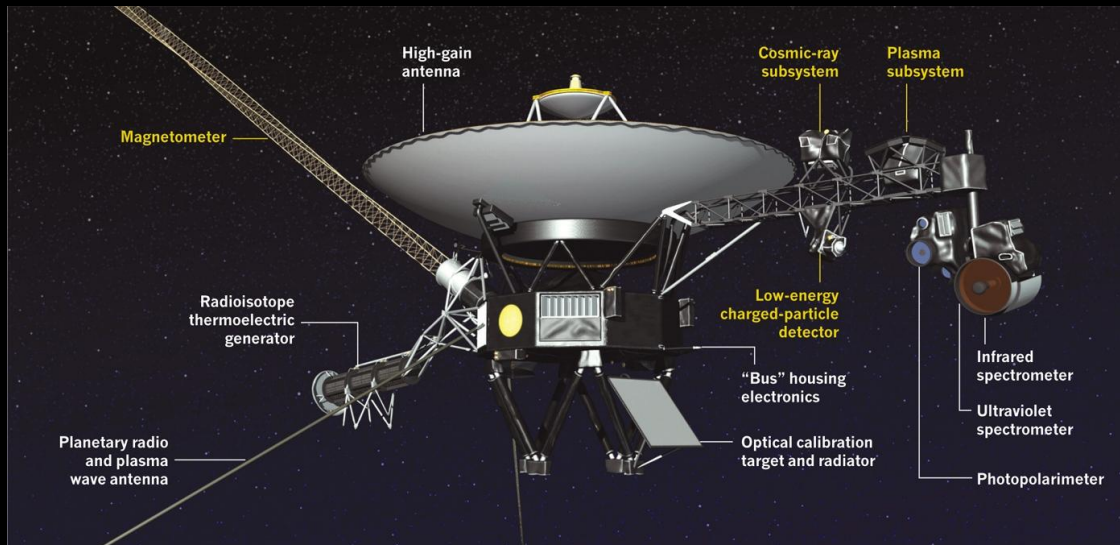
Destinazione: Giove, Saturno, Urano e Nettuno, spazio interstellare

Obiettivi raggiunti: unica sonda ad aver visitato tutti i pianeti giganti, Giove (1979) e lune, Saturno (1981) con lune e anelli, Urano (1986) con 10 lune e atmosfera, Nettuno (1989) con GMS e lune (Tritone).



Le due sonde sono gemelle.

Trasportano 11 strumenti di misurazione, l'antenna da 3,7 m di diametro ad alto guadagno, il generatore termoelettrico a radioisotopi (RTG), il Golden Record.



- **2 telecamere (ISS)**;
- **Spettrometro e radiometro a IR (IRIS)** per indagini atmosferiche e di temperatura superficiale dei pianeti e dei loro satelliti;
- **Spettrometro UV (UVS)** per composizione alta atmosfera e aurore polari;
- **Fotopolarimetro (PPS)** per lo studio della struttura degli anelli e delle nubi atmosferiche;
- **Magnetometro a 3 assi (MAG)** per lo studio del campo magnetico planetario, solare ed interstellare;
- **Rilevatore di raggi cosmici ad alta energia (CRS)** dal Sole e da fonti galattiche ed extragalattiche;
- **Rilevatore di particelle a bassa energia (LECP)** per lo studio dell'interazione tra le magnetosfere e lo spazio interstellare;
- **Spettrometro (PLS)** per la rilevazione di plasma a bassa energia del vento solare;
- **Rilevatore (PWS)** di oscillazioni e variazioni di densità delle onde di plasma;
- **Rilevatore (PRA)** per le emissioni radio a bassa frequenza delle magnetosfere planetarie;
- **Esperimento (RSS)** che rileva con la grande antenna da 3.7 m le variazioni di frequenza in banda radio S e X di un segnale che attraversa un'atmosfera o degli anelli, potendo determinare indirettamente massa, densità e gravità dei corpi celesti.

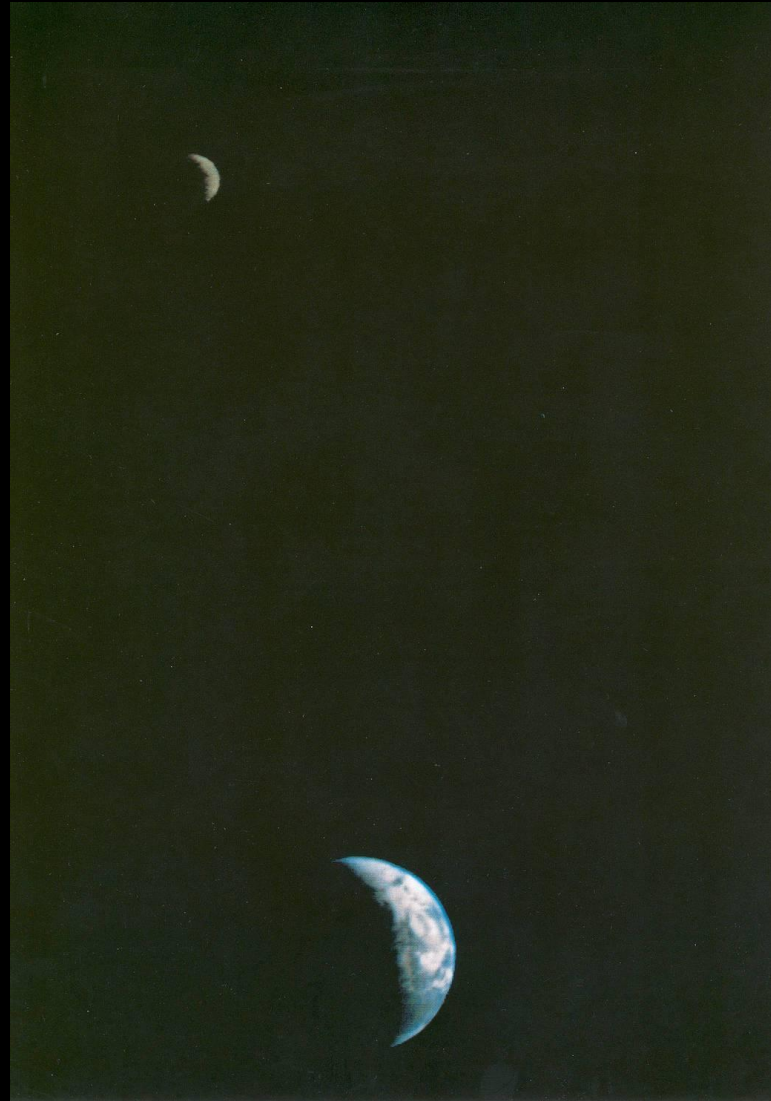
MISSIONE INTERPLANETARIA (1977-1990)



Voyager 1
5.9.1977, Kennedy Space Center Launch Complex



Voyager 2
20.8.1977, Kennedy Space Center Launch Complex



Voyager 1, sistema Terra-Luna da 12 Mkm

GIOVE (5 Marzo '79 – 9 Luglio '79)



Europa



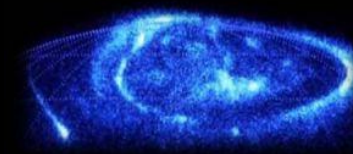
Ganimede



Callisto



La Grande Macchia Rossa



Magnetosfera e aurore gioviane

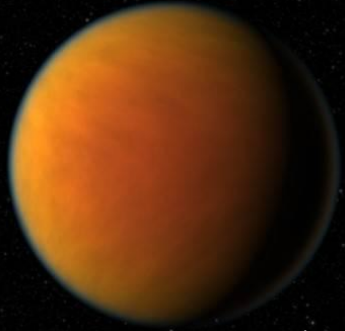


Gli anelli di Giove

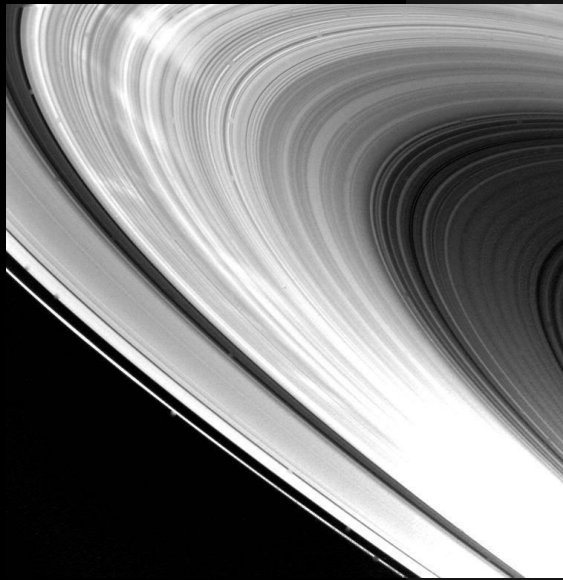
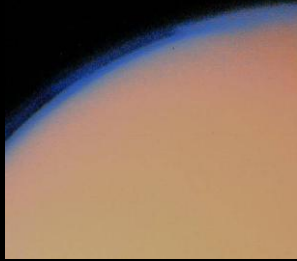


Attività vulcanica di Io

SATURNO (Novembre '80 – Agosto '81)



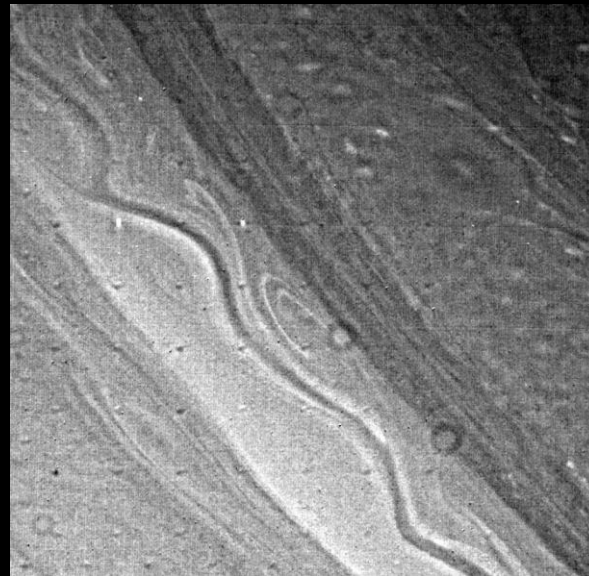
Titano



Struttura del sistema di anelli



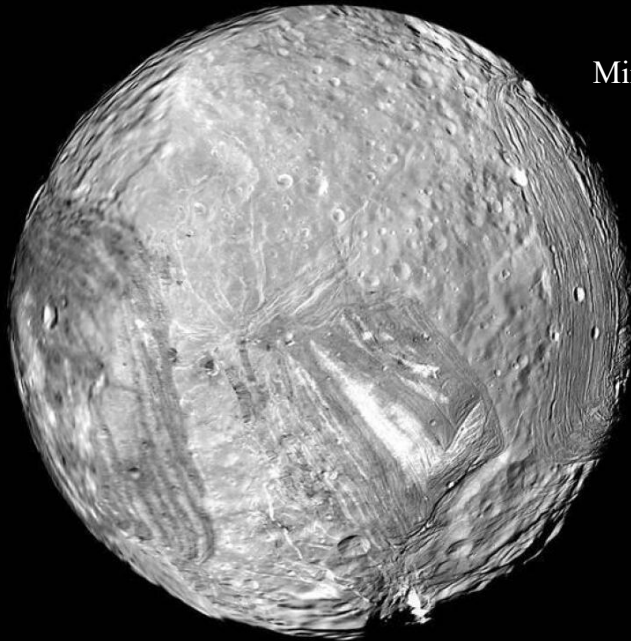
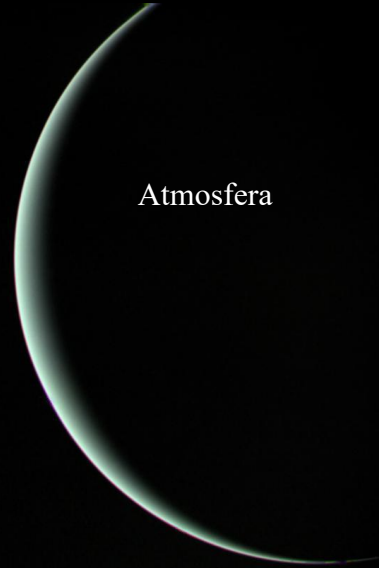
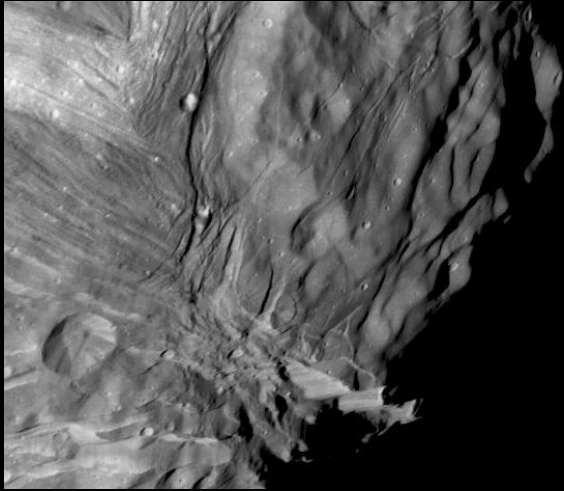
Strane, nuove lune



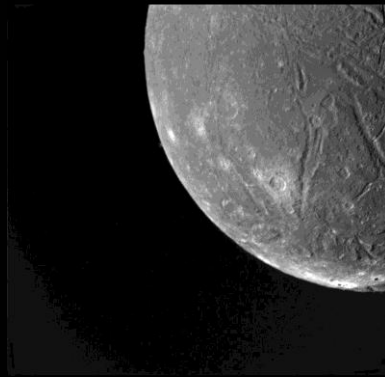
Atmosfera e venti supersonici

URANO (24 Gennaio '86)

Inclinazione dell'asse di rotazione



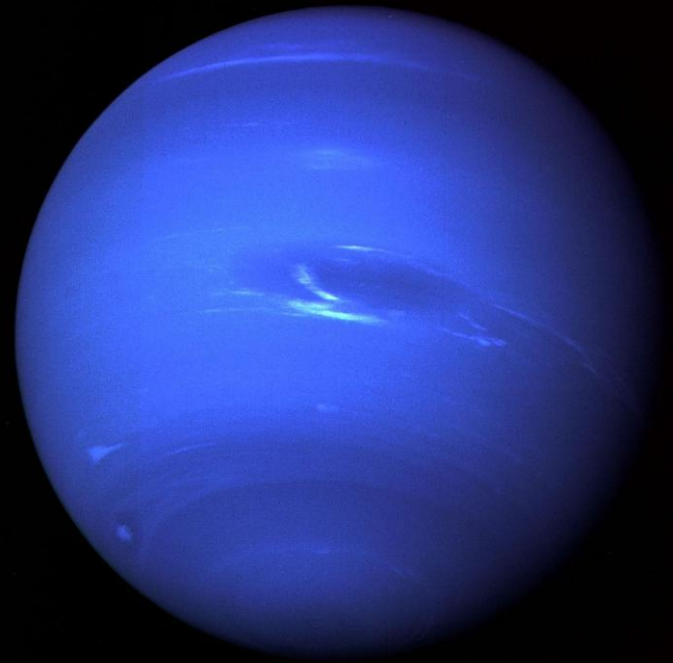
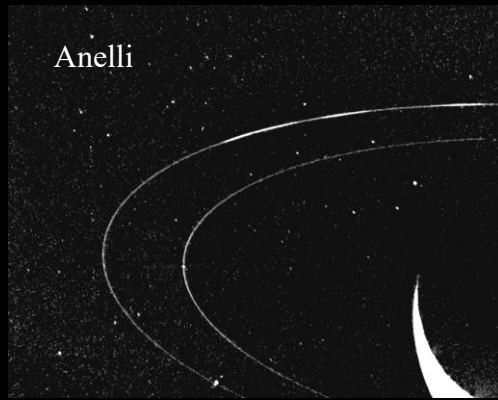
Miranda e nuove lune



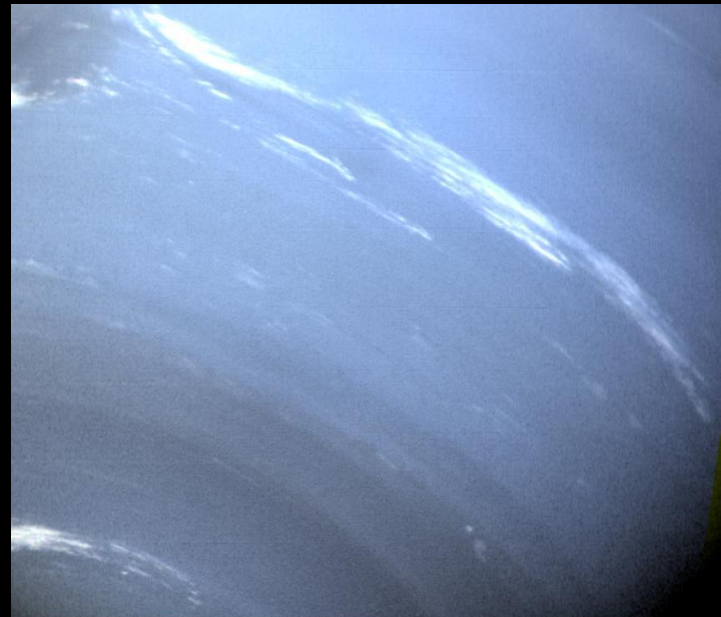
Sistema di anelli

NETTUNO (25 Agosto '89)

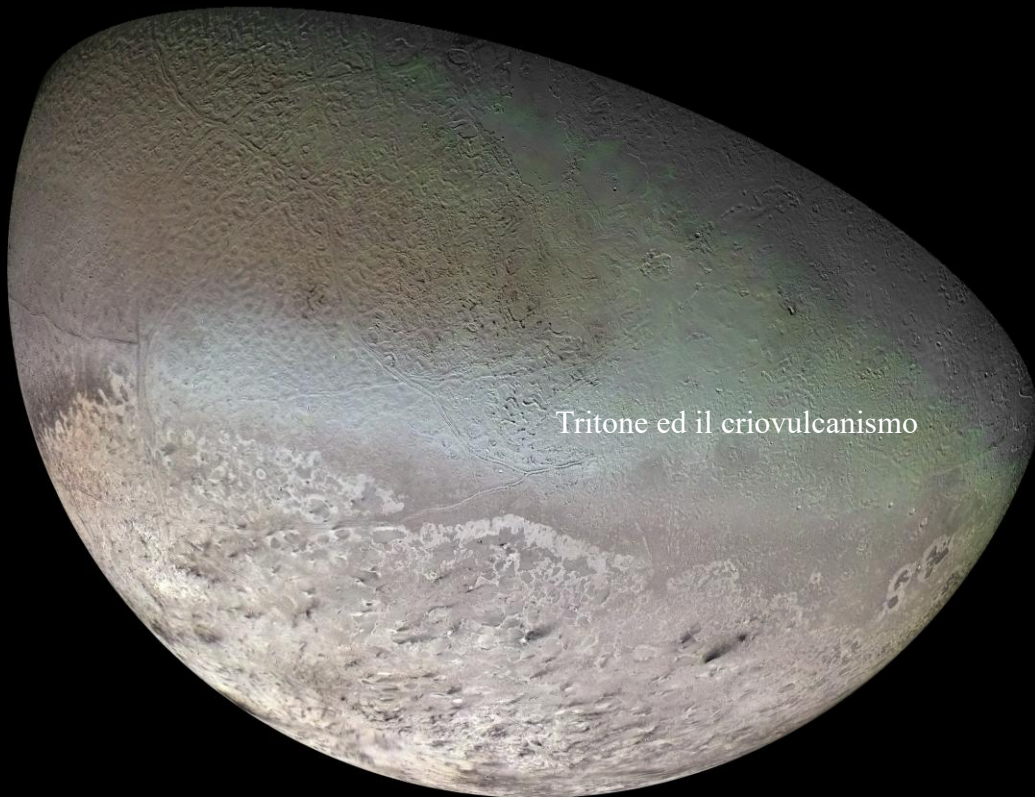
Anelli



Grande Macchia Oscura e atmosfera



Tritone ed il criovulcanismo

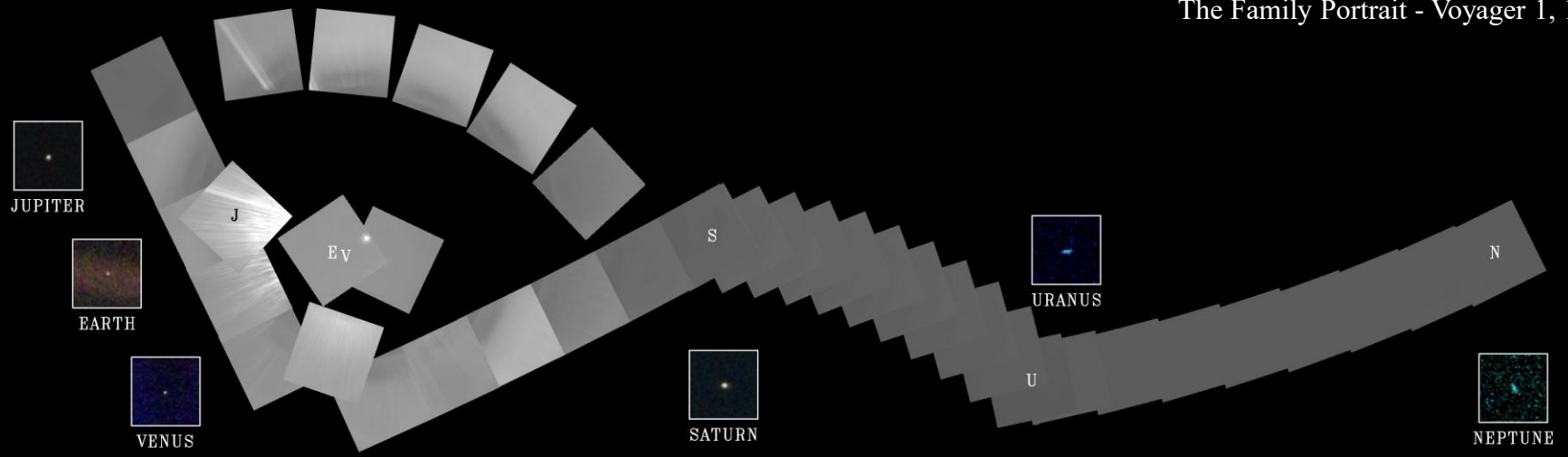


Cosa ci hanno fatto conoscere?

In questa fase le due sonde Voyager hanno svelato l'esistenza di 48 nuove lune planetarie, permesso di comprendere la formazione dei pianeti giganti del sistema, dimostrato l'efficacia dei sistemi di calcolo a bordo e l'efficienza dei generatori termoelettrici a radioisotopi.

La missione interplanetaria però richiedeva un «gran finale»...





«A pale blue dot» , Carl Sagan – Voyager 1, 14.2.1990

«Da questo distante punto di osservazione, la Terra può non sembrare di particolare interesse. Ma per noi, è diverso. Guardate ancora quel puntino. È qui. È casa. È noi. Su di esso, tutti coloro che amate, tutti coloro che conoscete, tutti coloro di cui avete mai sentito parlare, ogni essere umano che sia mai esistito, hanno vissuto la propria vita. L'insieme delle nostre gioie e dolori, migliaia di religioni, ideologie e dottrine economiche, così sicure di sé, ogni cacciatore e raccoglitore, ogni eroe e codardo, ogni creatore e distruttore di civiltà, ogni re e plebeo, ogni giovane coppia innamorata, ogni madre e padre, figlio speranzoso, inventore ed esploratore, ogni predicatore di moralità, ogni politico corrotto, ogni "superstar", ogni "comandante supremo", ogni santo e peccatore nella storia della nostra specie è vissuto lì, su un minuscolo granello di polvere sospeso in un raggio di sole.

La Terra è un piccolissimo palco in una vasta arena cosmica. Pensate ai fiumi di sangue versati da tutti quei generali e imperatori affinché, nella gloria e nel trionfo, potessero diventare per un momento padroni di una frazione di un puntino. Pensate alle crudeltà senza fine inflitte dagli abitanti di un angolo di questo pixel agli abitanti scarsamente distinguibili di qualche altro angolo, quanto frequenti le incomprensioni, quanto smaniosi di uccidersi a vicenda, quanto fervente il loro odio. Le nostre ostentazioni, la nostra immaginaria autostima, l'illusione che noi abbiamo una qualche posizione privilegiata nell'Universo, sono messe in discussione da questo punto di luce pallida. Il nostro pianeta è un granellino solitario nel grande, avvolgente buio cosmico. Nella nostra oscurità, in tutta questa vastità, non c'è alcuna indicazione che possa giungere aiuto da qualche altra parte per salvarci da noi stessi.

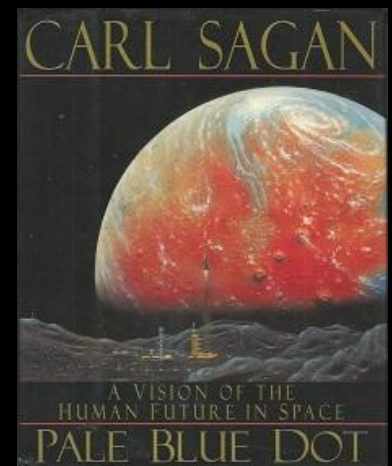
La Terra è l'unico mondo conosciuto che possa ospitare la vita. Non c'è altro posto, per lo meno nel futuro prossimo, dove la nostra specie possa migrare. Visitare, sì. Colonizzare, non ancora. Che ci piaccia o meno, per il momento la Terra è dove ci giochiamo le nostre carte. È stato detto che l'astronomia è un'esperienza di umiltà e che forma il carattere. Non c'è forse migliore dimostrazione della follia delle vanità umane che questa distante immagine del nostro minuscolo mondo. Per me, sottolinea la nostra responsabilità di occuparci più gentilmente l'uno dell'altro, e di preservare e proteggere il pallido punto blu, l'unica casa che abbiamo mai conosciuto.»

Carl Sagan

Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space, 1994



Carl Sagan (1934-1996)



Dopo aver completato il programma planetario, le due sonde hanno inaugurato la missione estesa, quella interstellare.

VOYAGER 1

ha oltrepassato l'eliosfera (campo magnetico solare) nel 2012, invia ancora dati sul plasma interstellare, raggi cosmici, campo magnetico galattico locale, è l'oggetto artificiale lontano dalla Terra oggi esistente.

Velocità: 17 km/s

Distanza attuale:

25,793 miliardi di km - 172,4 UA - 23h54min-luce

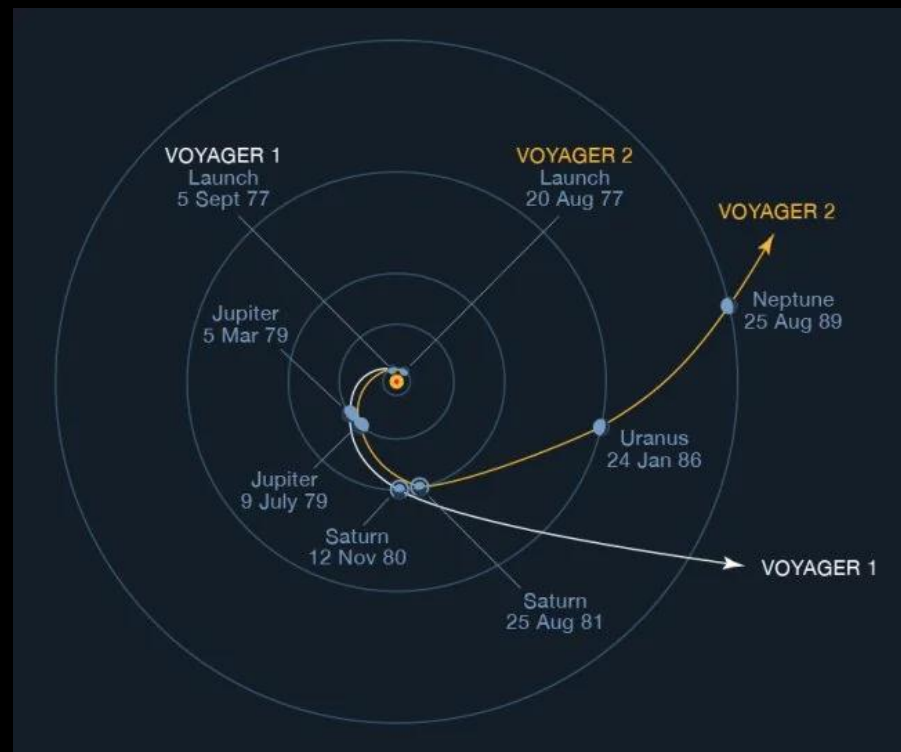
VOYAGER 2

ha oltrepassato l'eliosfera nel 2018, invia ancora dati sul plasma interstellare, raggi cosmici e campo magnetico galattico locale.

Velocità: 15,4 km/s

Distanza attuale:

21,560 miliardi di km - 144,1 UA - 19h58min-luce



Obiettivi ingegneristici e sperimentali:

- affidabilità a lungo termine di una sonda elettronica per oltre 40 anni;
- sperimentazione dell'alimentazione a radioisotopi (RTG) per missioni di lunga durata nello spazio profondo;
- testare i sistemi di comunicazione Deep Space Network (DSN), tuttora utilizzati per ricevere il debolissimo (10^{-16} W) segnale della sonda.

TERMINATION SHOCK

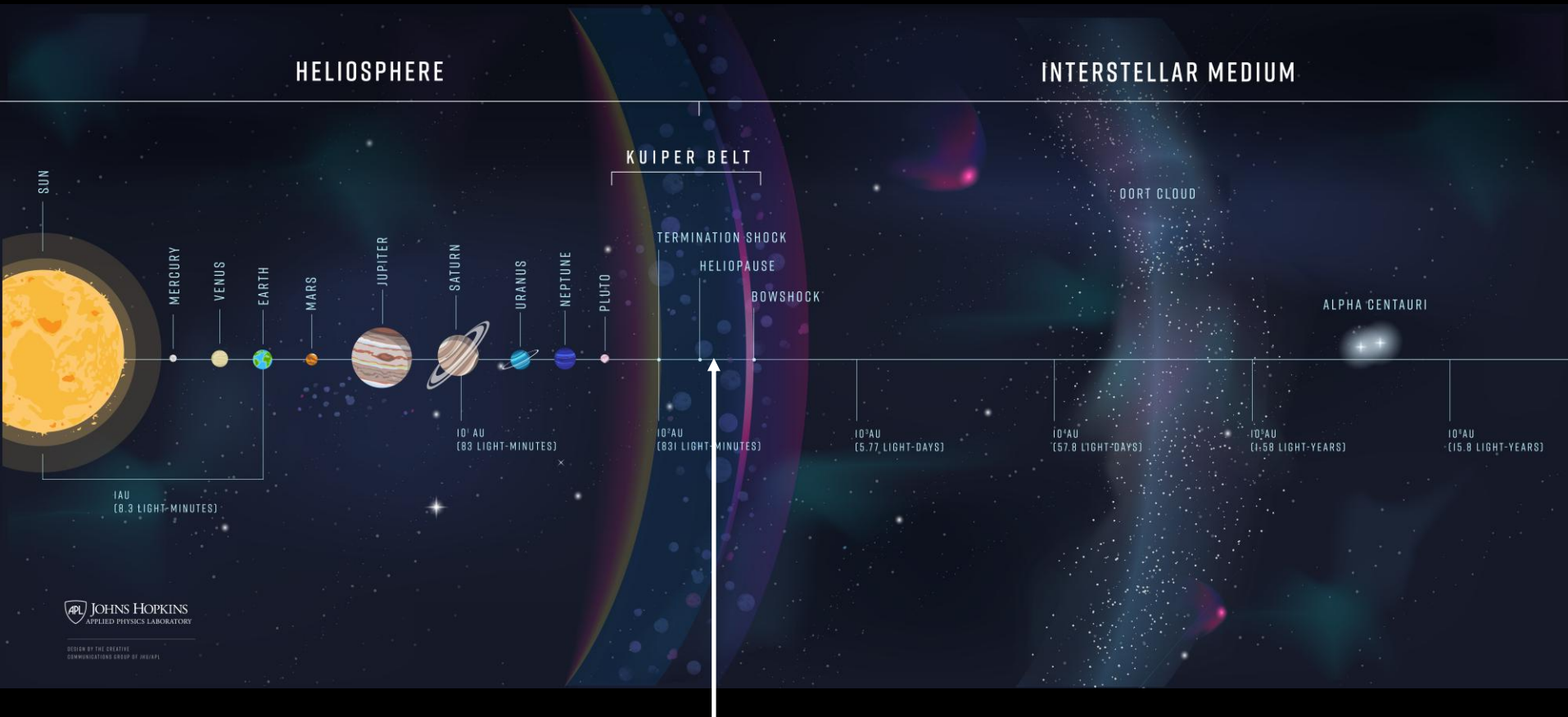
Il vento solare diventa da supersonico a subsonico, generando un'onda d'urto (80-100 UA).

Voyager 1 (2004), Voyager 2 (2007)

ELIOPAUSA

Il vento solare cessa, a favore della pressione del mezzo interstellare. Confine tra eliosfera e spazio interstellare. (120-130 UA).

Voyager 1 (2012), Voyager 2 (2018)

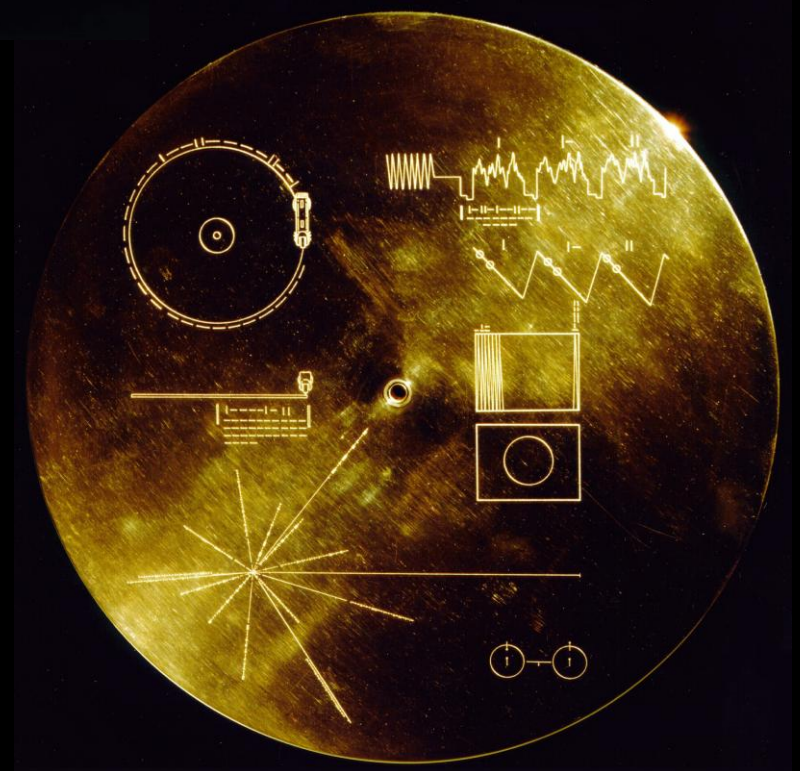


Posizione attuale delle sonde Voyager

Inizia la Voyager Interstellar Mission (1990 - ...)



IL VOYAGER GOLDEN RECORD



CHI?

L'idea fu dell'astrofisico Carl Sagan, divulgatore scientifico e professore alla Cornell University. Sagan aveva già lavorato al Messaggio di Arecibo e a quello imbarcato sulle sonde Pioneer 10 e 11 nel 1972 e cercò di riproporre alla NASA l'idea in maniera più completa e complessa per le nuove sonde Voyager: idea approvata nel 1977, a pochi mesi dal lancio.



Sagan mise insieme un team interdisciplinare guidato da:

- Ann Druyan (direttrice creativa): ideò parte dei saluti e del contenuto emozionale, futura moglie di Sagan;
- Frank Drake (astrofisico): ideatore dell'Equazione di Drake, del SETI e coautore del messaggio delle Pioneer;
- Timothy Ferris (giornalista scientifico): curò la parte sonora e la produzione tecnica;
- Linda Salzman Sagan: curò i saluti nelle diverse lingue, ex moglie di Sagan;
- Jon Lomberg (designer): artista ed illustratore, curò il design visivo;
- Jimmy Iovine (ingegnere del suono): aiutò nel mastering del disco;
- Robert Edward Brown (etnomusicologo): aiutò a scegliere la musica da culture non occidentali.



COS'E'?

Il Voyager Golden Record è un disco fonografico analogico di 12 pollici, in rame placcato in oro e progettato per resistere miliardi di anni nello spazio profondo. E' stato concepito come una capsula del tempo, una sorte di messaggio in bottiglia affidato allo spazio.



Lo scopo è quello di comunicare l'essenza e l'esistenza umana e della Terra ad eventuali civiltà extraterrestri avanzate.

E' più di un messaggio scientifico: è una dichiarazione culturale e simbolica; la prova che l'umanità sente il bisogno di comunicare, raccontarsi ed essere ricordata nella vastità dell'universo.

*“la navicella sarà trovata ed il disco
riprodotto solo se esistono civiltà spaziali
avanzate, ma lanciare questa bottiglia
nell'oceano cosmico dice qualcosa di molto
speranzoso sulla vita su questo pianeta.” -
Carl Sagan*

*“E' una forma di arca di Noè
culturale, dove scienza avanzata ed
emozioni profonde si incontrano.” -
Ann Druyan*

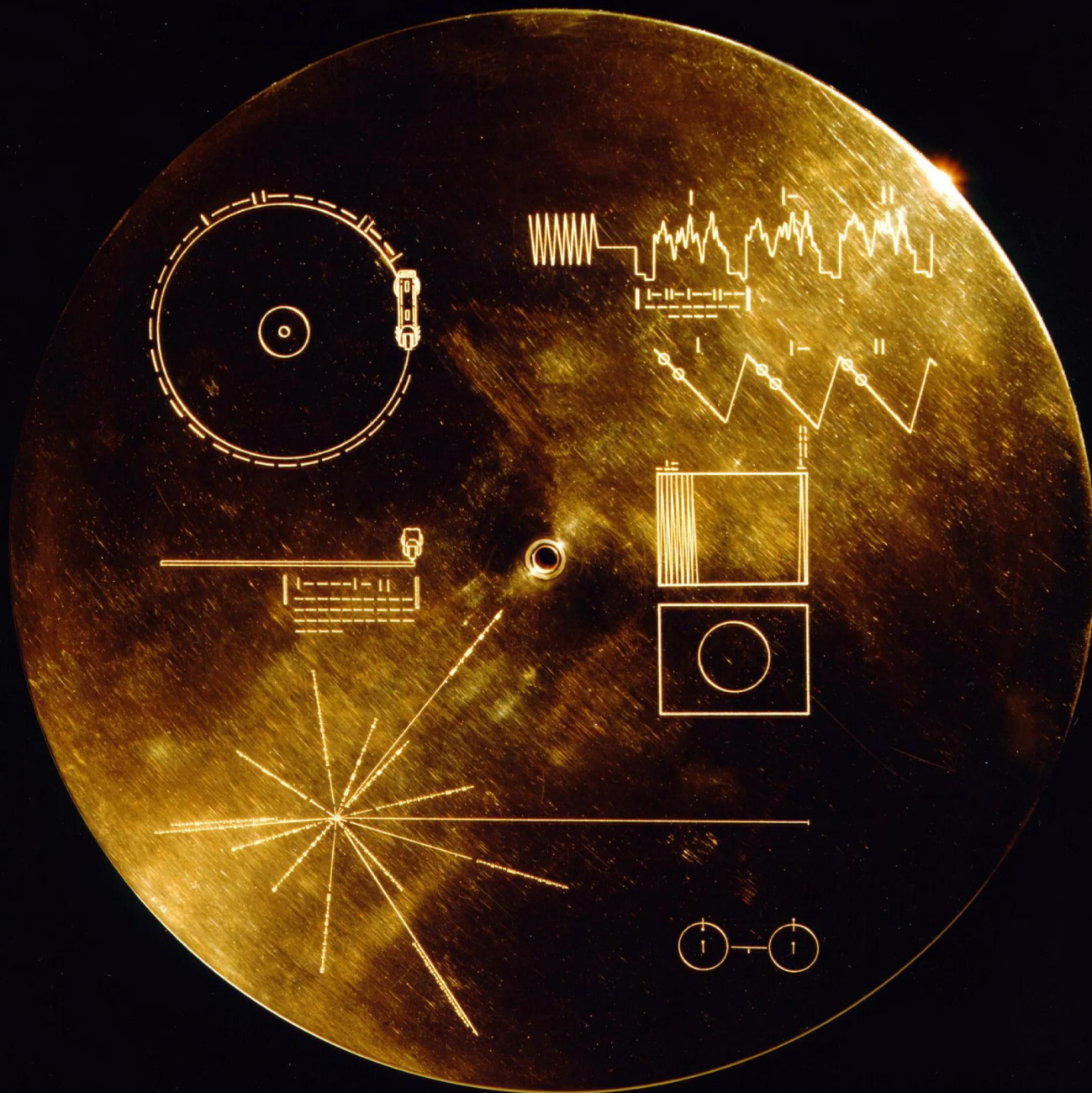
*“Abbiamo provato a dire qualcosa
dell'essere umani.” - Carl Sagan*

*“Il disco è come una bottiglia lanciata nell'oceano
cosmico. Dentro c'è tutto: la scienza, la cultura, e
anche il battito di un cuore umano. È un modo per
dire che eravamo qui, che abbiamo amato e cercato
di capire l'universo.” - Ann Druyan*

LA CUSTODIA

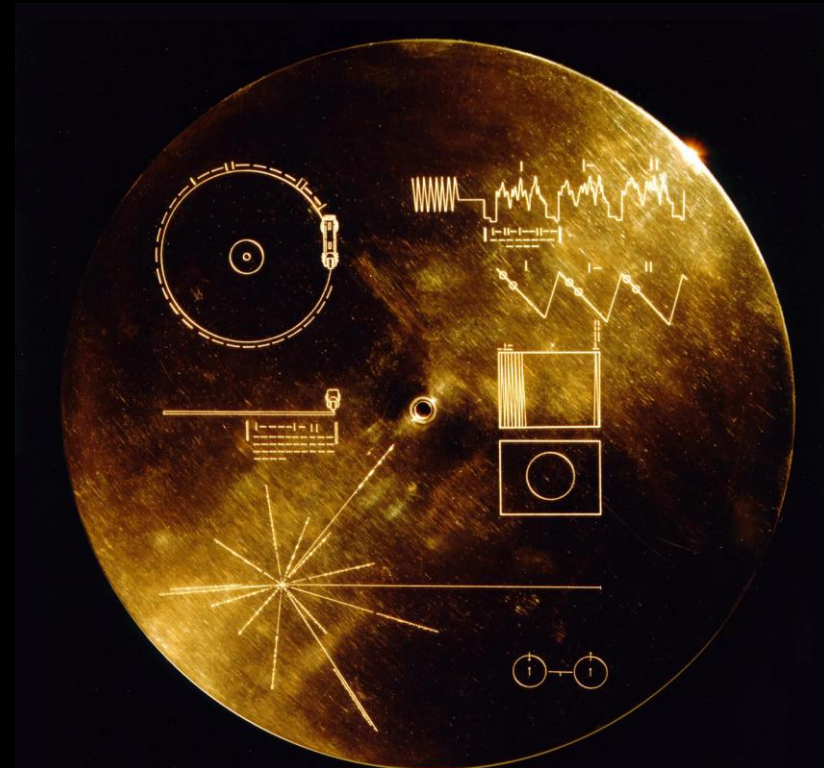
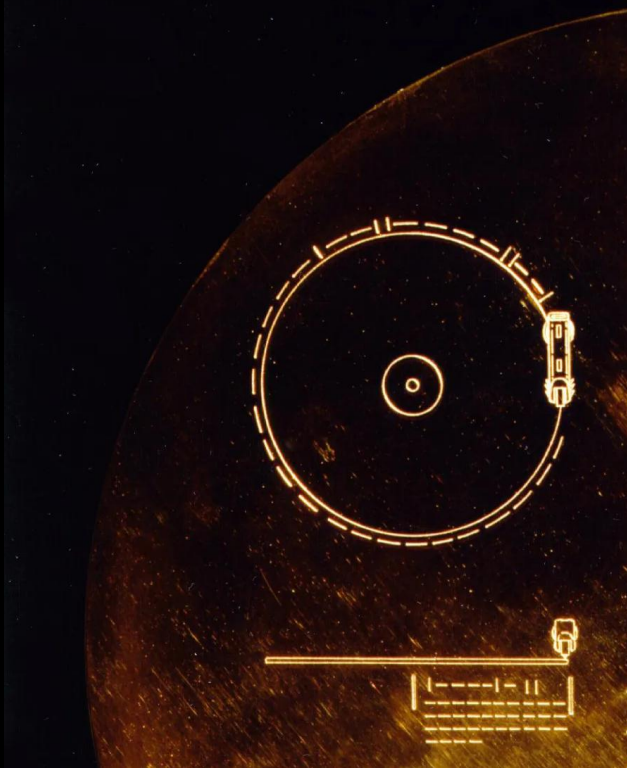
Realizzata in alluminio anodizzato e dorato, funge da scudo contro radiazioni e pulviscolo spaziale.

Reca incise le istruzioni per la decodifica del disco, gli strumenti, le unità di misura di riferimento, informazioni sulla posizione della Terra e del tempo trascorso dal lancio.



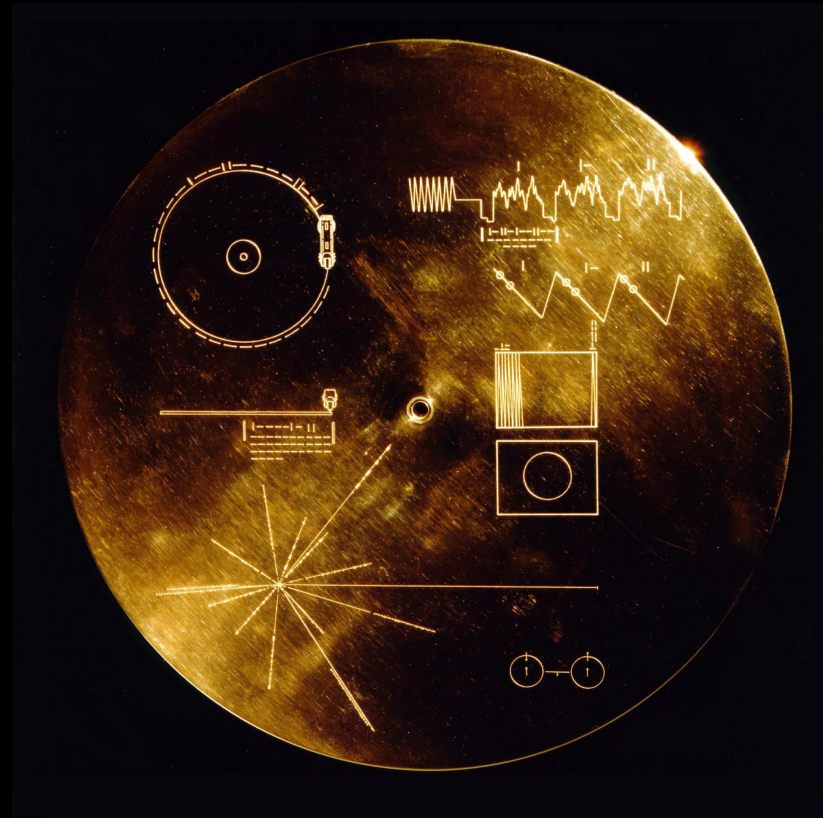
E' mostrata una testina, presente nella custodia, in posizione di utilizzo sul disco con simboli che indicano:

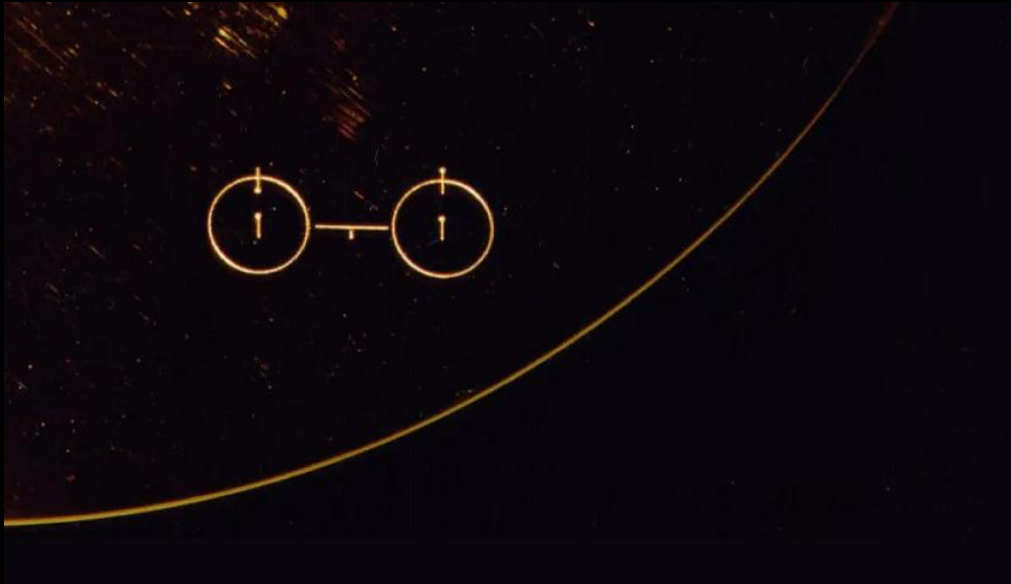
- **posizionamento della puntina;**
- **senso di rotazione antiorario visto dall'alto;**
- **velocità di rotazione in unità di tempo basata sull'H (3,6 s/giro) per leggere correttamente il segnale analogico inciso;**
- **vista laterale del disco con il tempo di riproduzione del lato (circa 54 minuti)**



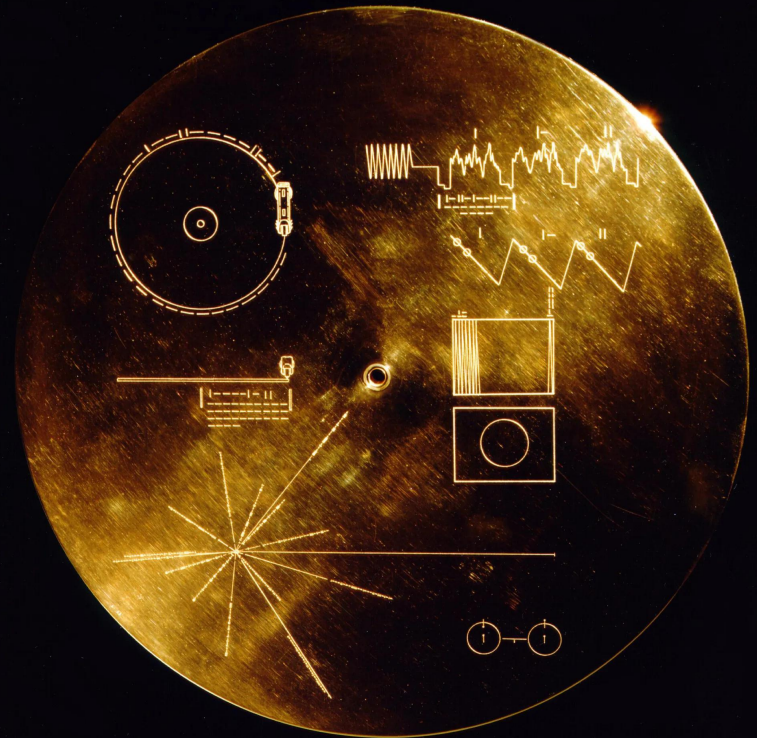
Campione di Uranio-238.

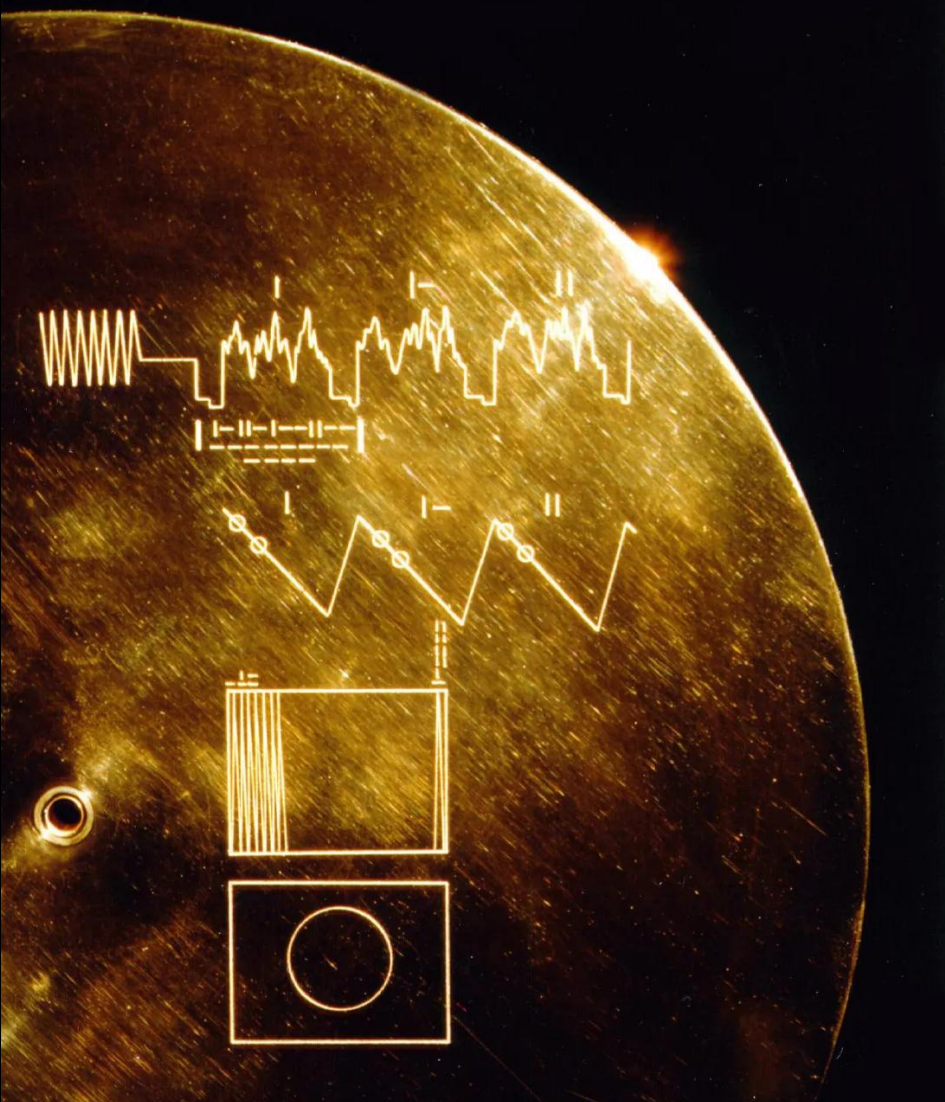
Permette di risalire all'epoca del lancio in base al tempo di dimezzamento dell'U-238 (emivita di 4.468 Ga).
Conoscendo la quantità originaria di U-238 (ottenibile in base alla quantità di piombo-206) e quella attuale è possibile stimare quanto tempo è passato dal lancio.



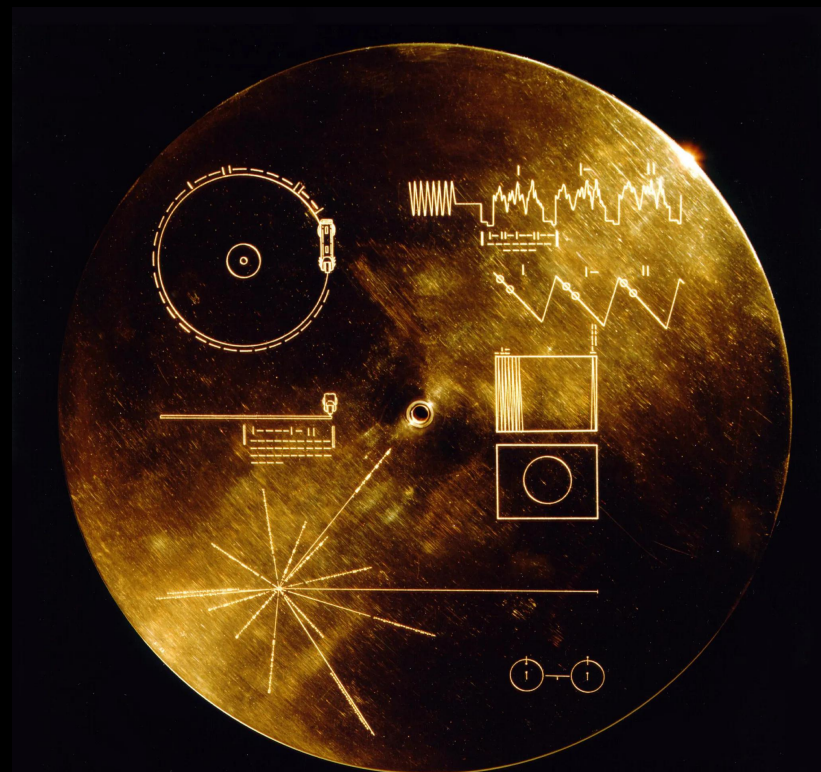


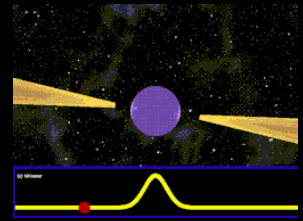
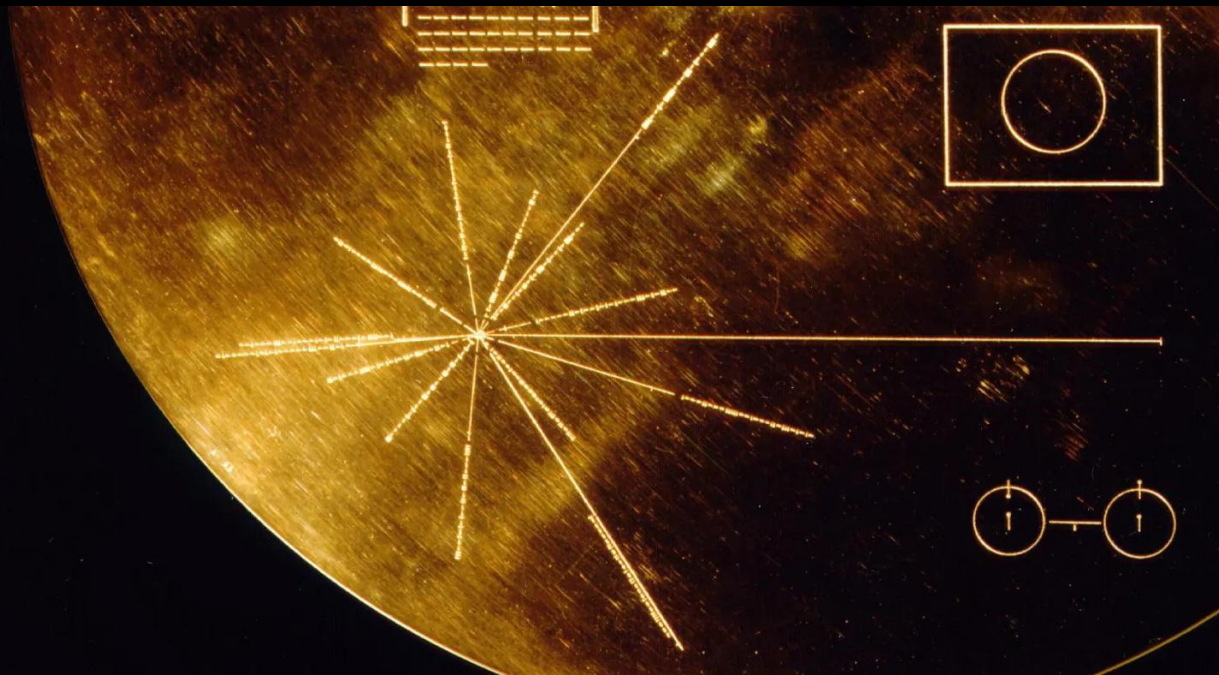
Transizione iperfine dell'atomo di H: può esprimere sia una lunghezza ($\lambda = 21$ cm) che un tempo (frequenza 1420 MHz, periodo: 0.7 ns). Queste quantità sono utilizzate come unità di misura per tutti gli altri simboli.





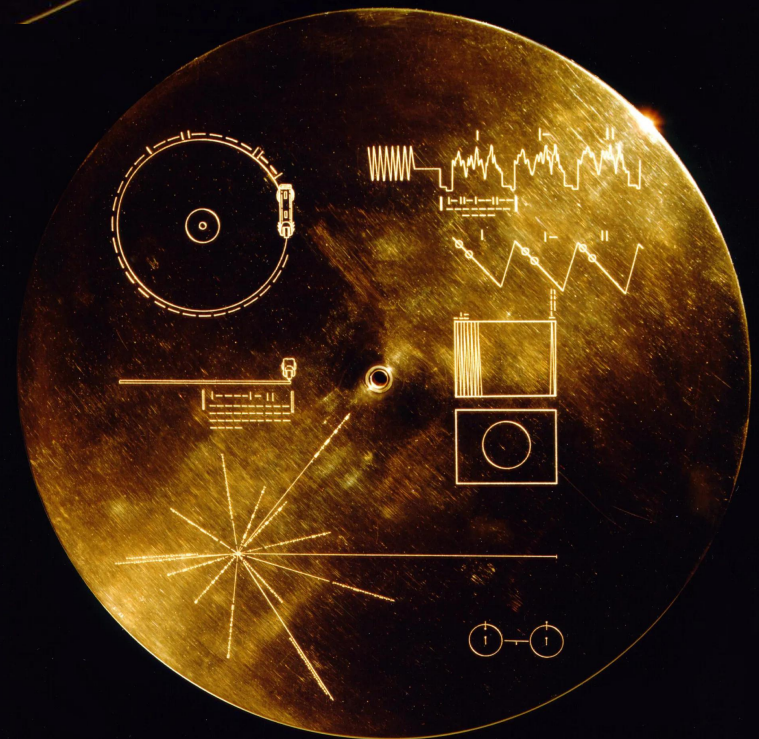
Le immagini sono segnali analogici incisi come variazioni di ampiezza del solco, pensati per essere interpretati come linee verticali di un raster (griglia). E' indicato un segnale di inizio immagine, la durata (8 ms) di ogni riga verticale, il numero delle righe (512) per ogni immagine, l'interlacciamento tra le righe per ottenere il giusto aspetto e la giusta proporzione. Viene infine mostrata un'immagine di prova - la prima incisa sul disco - che si ottiene se tutto è stato svolto correttamente: un cerchio.





Posizione della Terra nella Galassia, indicata tramite una mappa basata sulla posizione ed il periodo di 14 pulsar note ed il centro galattico.

Ogni linea mostra la distanza relativa della pulsar dal Sole e la sua inclinazione determina l'angolo rispetto al piano galattico, ed è inoltre accompagnata dal suo periodo espresso in codice binario: da queste informazioni si può triangolare la posizione del sistema solare e la data approssimativa del lancio della sonda.



IL DISCO

Si tratta di un disco di 12 pollici, in rame puro e placcato in oro, alloggiato all'interno della custodia assieme alla puntina per la sua lettura. Il disco è inciso meccanicamente (non digitalmente) con tracce analogiche, come un vinile.

Sul disco è scritta a mano una dedica da parte di Carl Sagan: *“To the makers of music - all worlds, all times”*.



Perché un disco?

Per l'epoca poteva essere il miglior supporto su cui incidere una testimonianza duratura ed articolata in audio e video, legata a linguaggi universali come la scienza, l'arte, la ragione ed i sentimenti.

Inoltre rappresentava (e rappresenta ancora) un rimando alla creatività umana e ad un suo aspetto universale: la musica.

La musica come linguaggio universale umano: tutte le culture umane note hanno sviluppato musica. Questo è avvenuto in molti modi e per molte ragioni, declinandola in infinite melodie e ritmi.

La sua universalità suggerisce che la musica tenda a soddisfare dei bisogni umani fondamentali: sociali, comunicativi, emotivi e forse evolutivi (rafforzamento dei legami, coordinamento del gruppo, espressione di stati interiori).

La predisposizione e la capacità musicale sembrano innate ed universali negli esseri umani. Ciò che cambia da cultura a cultura è la "*lingua musicale*": regole e significati della musica sono caratteri fortemente culturali, così come le emozioni evocate e il concetto stesso di musica.

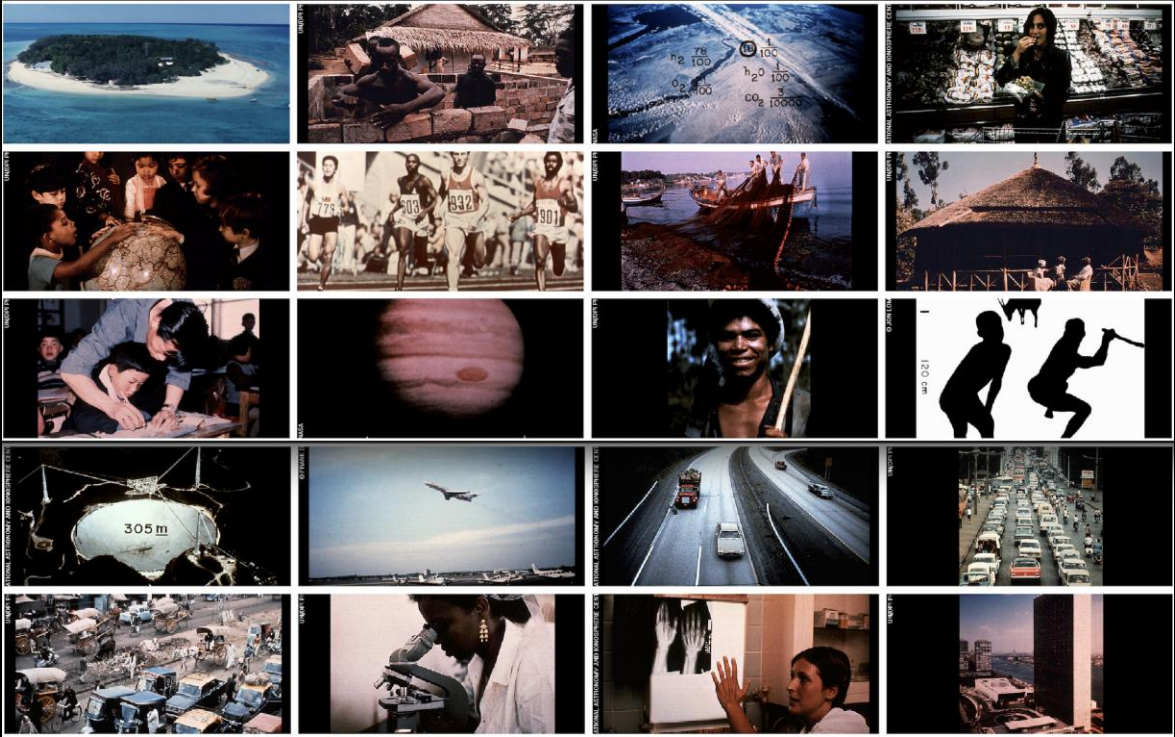


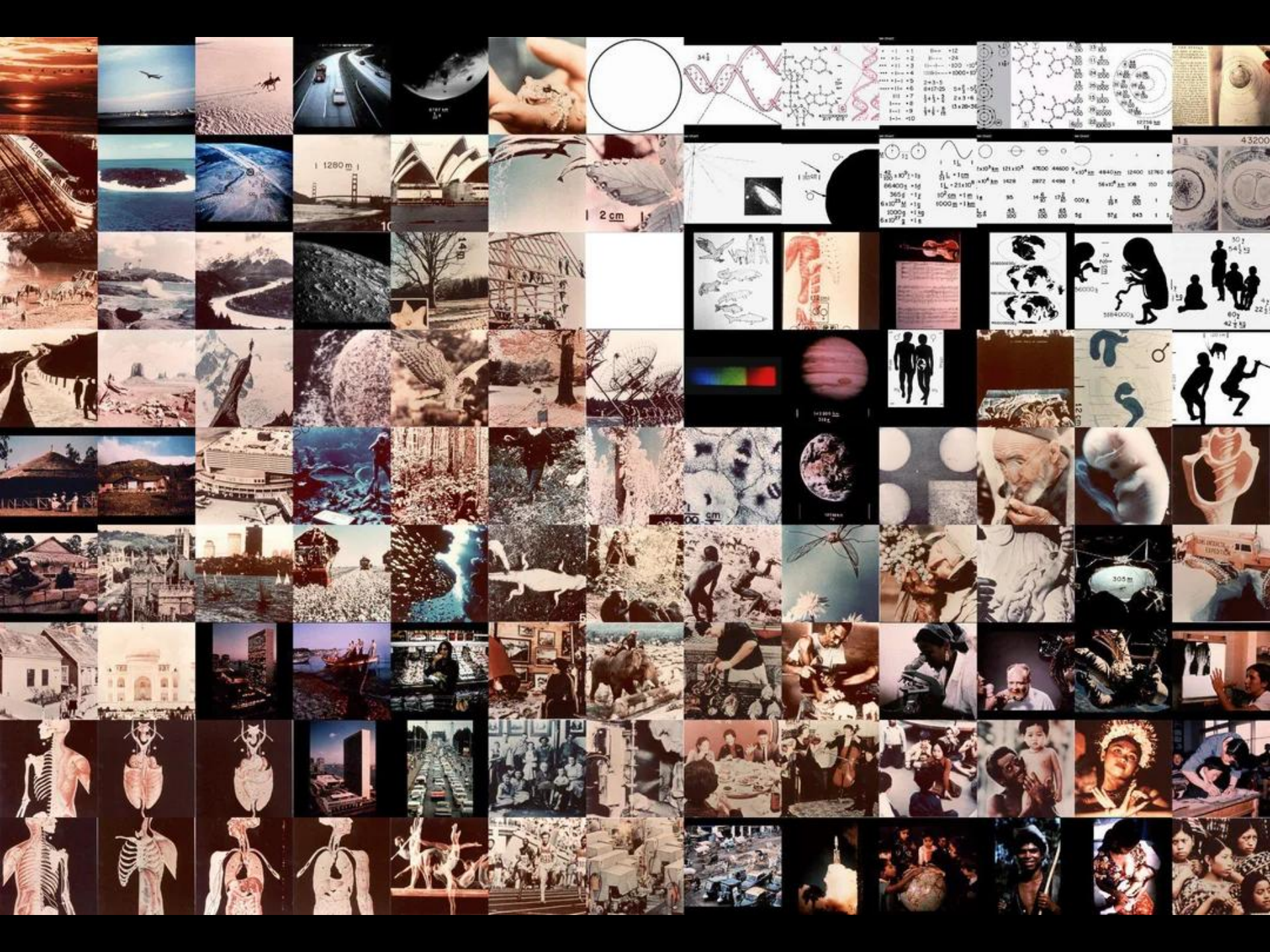
IMMAGINI

Il disco contiene 115 immagini + 1 immagine di calibrazione.

Si tratta di una selezione di immagini che ha lo scopo di rappresentare la varietà e la complessità della vita sulla Terra, gli ambienti del nostro pianeta, di illustrare la cultura e la società umana nella sua interezza, fornire dati scientifici e matematici che illustrino le conquiste del pensiero e della tecnologia.

Categoria	Contenuto	Numero approssimativo di immagini	Esempi	
Essere umano e anatomia	Rappresentazioni di uomini, donne, embrioni, organi, proporzioni del corpo umano	17	Uomo e donna in piedi, donna che allatta, uomo che legge	
Vita animale	Animali terrestri, marini, insetti e uccelli	32	Elefanti, cavalli, delfini, uccelli, formiche	
Piante e vegetazione	Alberi, fiori, piante selvatiche e coltivate	11	Foreste pluviali, fiori di campo, alberi secolari	
Attività culturali e sociali	Vita quotidiana, cerimonie, sport, danza, musica	19	Danze tradizionali, sport (calcio, baseball), lavoro nei campi	
Paesaggi e ambienti naturali	Montagne, deserti, fiumi, cascate, vulcani, ghiacciai	19	Cascate del Niagara, deserti del Sahara, vulcani attivi	
Scienza e tecnologia	Diagrammi molecolari, modelli fisici e matematici, mappe del sistema solare, strumenti tecnologici	13	Modello molecolare dell'acqua, mappa del sistema solare, diagramma delle pulsar	
Informazioni universali	Chimica, fisica, matematica, unità di misura universali	3	Transizione spin-flip dell'idrogeno, numeri e grafici di base	
Rappresentazioni simboliche e artistiche	Arte, figure geometriche, proporzioni e pattern matematici	1	Uomo vitruviano, figure geometriche	





SUONI NATURALI

Una selezione di suoni naturali: dall’ambiente terrestre all’umanità, dagli animali terrestri a quelli marini. L’obiettivo era quello di dare un’idea di ecosistema vivo in un ambiente dinamico ed in continuo cambiamento.

SUONI UMANI VARI:
risate, passi, il suono di un bacio, un fischio, tosse e starnuti, sospiri...



#	Suono	Origine / Fonte	Durata approssimativa	Curiosità
1	Vento tra gli alberi	Foreste temperate	10 sec	Mostra l'atmosfera terrestre e la vita vegetale.
2	Tempesta con tuoni	Nord America	15 sec	Rappresenta fenomeni atmosferici e forza della natura.
3	Onde oceaniche	Oceano Pacifico	12 sec	Evoca la vastità degli oceani terrestri.
4	Fiume / Cascata	Foreste pluviali	10 sec	Simbolo di vita e movimento costante dell'acqua.
5	Pioggia leggera	Giungla tropicale	8 sec	Differenzia intensità meteorologiche.
6	Uccelli che cantano	Varie specie mondiali	12 sec	Diversità di fauna e ambienti terrestri.
7	Grilli e insetti notturni	Campi e foreste	8 sec	Suono caratteristico delle notti estive.
8	Rane che gracchiano	Stagni tropicali e temperati	7 sec	Mostra ecosistemi acquatici terrestri.
9	Elefanti che barritano	Africa	10 sec	Simbolo di grandezza animale e vita selvatica.
10	Lupi che ululano	Foreste del Nord	10 sec	Rappresenta interazione sociale animale e suoni territoriali.
11	Balene che cantano	Oceano Atlantico / Pacifico	20 sec	Complessi canti melodici; scelti per "musicalità" naturale.
12	Delfini che fischiano e cliccano	Oceano Atlantico	15 sec	Mostra intelligenza e comunicazione tra specie.
13	Suoni subacquei vari	Oceani globali	12 sec	Echi e risonanze sottomarine; diversità ambientale.
14	Bambini che ridono e giocano	USA / varie nazioni	8 sec	Simbolo di innocenza e comunità.
15	Passi su sabbia	Spiagge varie	5 sec	Differenzia materiali e ambienti terrestri.
16	Passi su neve	Zone artiche	5 sec	Introduce vari ambienti climatici.
17	Passi su pavimento	Aree urbane	5 sec	Mostra interazione umana con superfici costruite.
18	Persone che parlano tra loro	Lingue diverse	12 sec	Conversazioni naturali, senza conflitti o violenza.
19	Attività domestiche (utensili, lavoro manuale)	Ambienti urbani e rurali	10 sec	Vita quotidiana umana, produzione e movimento.
20	Motori e macchine	Macchine industriali e trasporti	8 sec	Mostra ingegno e tecnologia umana.
21	Razzi e strumenti NASA	Registrazioni NASA	10 sec	Simbolo di esplorazione spaziale terrestre.
22	Strumenti musicali brevi	Varie culture	8 sec	Ponte tra natura e cultura umana, anticipando la musica principale.

SALUTI E AUGURI IN 55 LINGUE

**Da quelle antiche a quelle minoritarie, da quelle più diffuse a quelle estinte.
Un saluto del segretario dell'ONU K. Waldheim**



CURIOSITA':

Sumero e accadico: due lingue morte registrate per la loro importanza storica.

Lingue africane: anche per rappresentare continenti spesso trascurati.

Lingua Quechua (e Navajo) in rappresentanza delle lingue native americane e delle culture indigene.

Il saluto inglese è stato registrato da Nick Sagan (6 anni), il figlio di Carl, a nome di tutti i bambini del pianeta Terra.

Accadico
Arabo
Aramaico
Armeno
Bengalese
Birmanese
Cantonese
Ceco
Cinese mandarino
Coreano
Ebraico
Esperanto
Francese
Gallese
Giapponese
Greco antico
Gujarati (India)
Hindi
Ila (Zambia)
Indonesiano
Inglese
Italiano
Ittita
Kannada (India)
Latino
Luganda (Uganda)
Marathi (India)
Min Nan (Cina)
Nepalese
Nguni (Zulu)
Nyanja (Zambia)
Olandese
Oriya (India)
Persiano
Polacco
Portoghese
Punjabi (India)
Quechua (Nativa SA)
Rajastani (India)
Rumeno
Russo
Serbo
Singalese (Sri Lanka)
Sotho
Spagnolo
Sumero
Svedese
Tedesco
Telugu (India)
Thailandese
Turco
Ucraino
Ungherese
Urdu (Pakistan)
Vietnamita
Wu (Cina)

BRANI MUSICALI

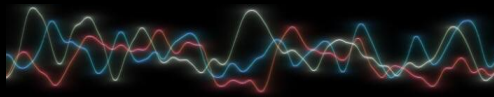
Circa 90 minuti di musica: dalle composizioni classiche occidentali (Mozart, Bach, Stravinsky, Beethoven) alla musica etnica (percussioni senegalesi, musica aborigena australiana, mugham azero, ...), blues e rock.

“Volevamo che, ascoltando quelle musiche, un’altra civiltà potesse sentire la nostra compassione, la nostra malinconia, la nostra gioia di essere vivi.” - Ann Druyan

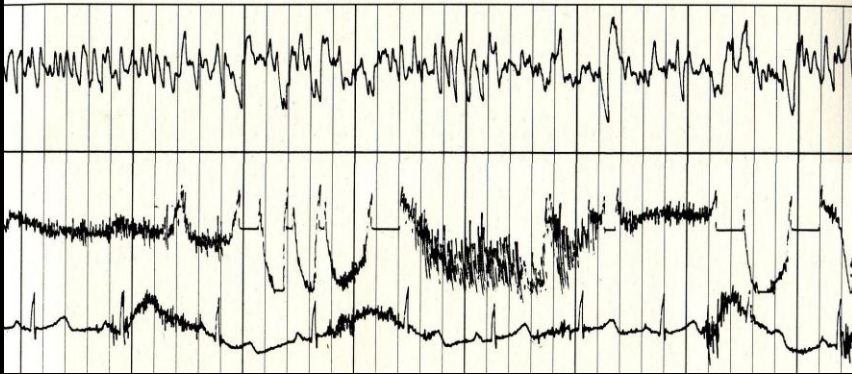


#	Paese/Origine	Brano	Compositore / Esecutore	Durata approx.
1	Germania	Brandenburg Concerto No. 2 in F, I. Allegro	J. S. Bach – Munich Bach Orchestra / Karl Richter	4:40
2	Giava (Indonesia)	Kinds of Flowers (Ketawang:Puspilawarna)	Corte gamelan Pura Paku Alaman / K.R.T. Wastodipuro	4:43
3	Senegal / Benin	Percussioni (tradizionale)	registrato da Charles Duvelle	2:08
4	Zaire (Congo)	Pygmy girls' initiation song	Mbuti dell'ituri Rainforest	0:56
5	Australia	Canti aborigeni Morning Star & Devil Bird	tradizionali dell'Arnhem Land	1:26
6	Messico	El Cascabel	Lorenzo Barcelata / Mariachi México de Pepe Villa	3:14
7	Stati Uniti	Johnny B. Goode	Chuck Berry	2:38
8	Nuova Guinea	Men's house song	tradizionale	1:20
9	Giappone	Tsuru No Sugomori (Crane's Nest)	Goro Yamaguchi (shakuhachi)	4:51
10	Germania/Belgio	Bach: Gavotte en rondeaux, Partita No.3 in E	Arthur Grumiaux	2:55
11	Austria/Germania	Mozart: Aria Der Hölle Rache, Die Zauberflöte	Bavarian State Opera / Wolfgang Sawallisch	2:55
12	Georgia (URSS)	Tchakrulo – coro folk	Georgian State Merit Ensemble	2:18
13	Perù	Panpipes and drum	Casa de la Cultura, Lima	0:52
14	Stati Uniti	Melancholy Blues	Louis Armstrong and his Hot Seven	3:05
15	Azerbaijan (URSS)	Bagpipes (folk)	registrazione da RadioMoscow	2:30
16	Russia	Stravinsky: The Rite of Spring, Sacrificial Dance	Columbia Symphony Orchestra / Igor Stravinsky	4:35
17	Germania	Bach: The Well-Tempered Clavier, Book 2, Prelude & Fugue in C, No.1	Glenn Gould	4:48
18	Germania	Beethoven: Fifth Symphony, First Movement	Philharmonia Orchestra / Otto Klemperer	7:20
19	Bulgaria	Izbel ya Delyo Haydutin	Valya Balkanska	4:59
20	Stati Uniti (Navajo)	Navajo Night Chant	Willard Rhodes (registrazione)	0:57
21	Regno Unito	Holborne: The Fairie Round	Early Music Consort of London	1:17
22	Isole Solomon	Panpipes	comunità di Oloha & Palasu'u	1:12
23	Perù	Wedding Song	giovane ragazza Huancavelica, registrazione 1964	0:38
24	Cina / Taiwan	Flowing Streams (Liu Shui)	Kuan P'ing-hu (guqin)	7:37
25	India	Raga: Jaat Kahan Ho	Kesar Bai Kerkar (voci)	3:30
26	Stati Uniti	Dark Was The Night, Cold Was The Ground	Blind Willie Johnson	3:15
27	Germania/Hungary/USA	Beethoven: String Quartet No.13 in Bp, Op.130, V. Cavatina	Budapest String Quartet	6:37

Sentimenti



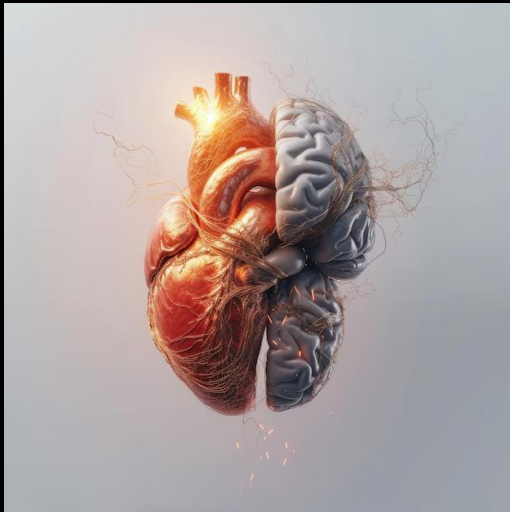
Nel giugno 1977, mentre si stavano ultimando i contenuti del disco, l'allora 27enne sceneggiatrice e divulgatrice scientifica Ann Druyan ebbe l'idea di registrare il suo battito cardiaco (ECG) e le sue onde cerebrali (EEG) ed inserirle nel disco: un modo per lasciare una traccia in maniera diretta dei pensieri e delle emozioni umane. Durante la sessione Ann si concentrò su concetti universali di carattere scientifico, storico, filosofico... ma non solo!



Poco prima della registrazione Ann e Carl Sagan si erano dichiarati amore per la prima volta e quell'istante segnò l'inizio della loro relazione.

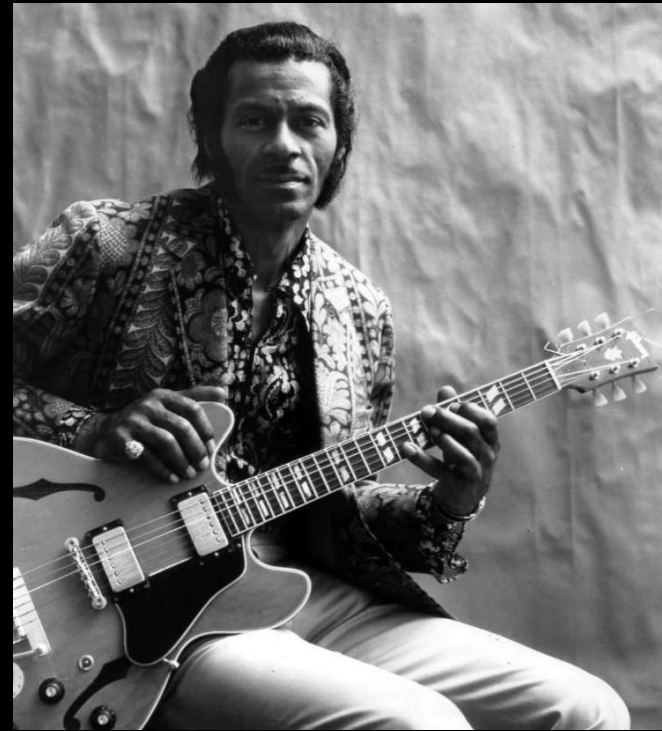
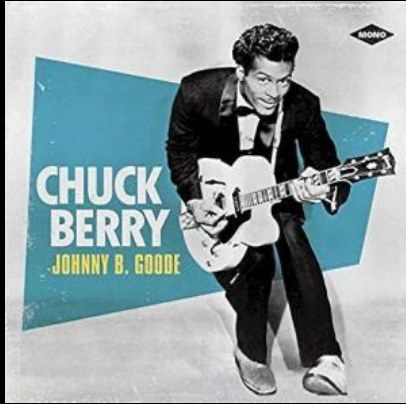
Ann si sottopose per 1 ora ad un ECG e ad un EEG, registrando il suo battito cardiaco e le onde cerebrali: il tutto mentre - tra le altre cose - pensava intensamente a Carl e alla nuova relazione.

“I sentimenti di una giovane donna innamorata, sono lì su quel disco, congelati per miliardi di anni. E' per sempre e sarà vero tra 100 milioni di anni. [...] È stato il gesto più romantico che potessi immaginare.”- Ann Druyan



Rock'n'roll nello spazio?

Tra le 27 tracce musicali sul disco spicca Johnny B. Goode di Chuck Berry (1958), una delle prime canzoni rock'n'roll della storia.



Grande dibattito all'interno della NASA sull'opportunità di inserire un brano rock, considerato "*troppo frivolo e giovanile*" e "*culturalmente limitato*", tanto che nel comitato qualcuno arrivò a dire "*Ma cosa penseranno gli alieni? Che siamo una civiltà che balla?*".

Carl Sagan intese la scelta come esempio di musica popolare moderna e di linguaggio universale dell'energia giovanile, archiviando le obiezioni dei detrattori con un deciso "*Esattamente. Che c'è di male?! Ci sono un sacco di adolescenti sui pianeti là fuori!*", rincarando con "*Gli alieni capiranno che siamo una civiltà che sa ballare!*".

Il brano venne dunque incluso e divenne il simbolo della creatività, dell'energia e dell'innovazione culturale umana.

Un pizzico di Italia

Tra i saluti registrati in 55 lingue, c'è anche quello in italiano.
Una voce femminile dice “*Tanti auguri e saluti!*” ... ma chi è?
Mistero! ...Forse Deborah “Debby” Grossvogel.



Figlia di due professori di letteratura alla
Cornell University. La madre, Anita Vidussoni
Grossvogel, era italiana.

Foto del Quartetto italiano, #115 “String Quartet”

Si tratta del “Quartetto Italiano”, famoso quartetto d’archi
italiano fondato nel 1945 a Carpi e rimasto attivo fino al
1980. Conosciuto internazionalmente per eccellenti
esecuzioni e registrazioni di brani classici. Scelto per
rappresentare la musica da camera terrestre.

Paolo Borciani (violino), Elisa Pegreffì (violino), Lionello
Forzanti (viola) poi Piero Farulli, Franco Rossi (violoncello)



Ma i Beatles?!

In origine era stato preso in considerazione il brano “*Here comes the Sun*” (George Harrison, 1969), come esempio di ottimismo ed in rappresentanza della musica pop moderna.

Tuttavia, la EMI Records, che deteneva i diritti sui brani dei Beatles, non concesse l’autorizzazione ed il motivo dichiarato fu puramente legale: la casa discografica temeva che, una volta pubblicati i contenuti del Golden Record sulla Terra, si aprissero questioni di distribuzione non controllabile. Ironia della sorte: il brano avrebbe viaggiato per miliardi di anni nello spazio ma non poteva essere “pubblicato” senza un contratto!



Here Comes the Sun è stata poi suonata in missioni spaziali successive: per esempio, la NASA l’ha usata come “wake-up song” per gli astronauti dello Shuttle....



La preghiera blues

La scelta di inserire “*Dark Was the Night, Cold Was the Ground*” (1927) di Blind Willie Johnson (1897-1945) fu una delle scelte più emotive e simboliche del team di Sagan.

Non ci sono parole, solo chitarra, mormorii e vocalizzi. Johnson intona un lamento spirituale: un canto di dolore, ma al contempo di fede e speranza. T. Ferris lo intese come “*l’espressione più pura della condizione umana*” e venne incluso per rappresentare la voce della strada e dell’umanità più umile, anche in contrapposizione ai grandi autori classici.



La breve storia di Blind Willie Johnson, uno dei più grandi cantautori gospel-blues della storia, è un pugno nello stomaco: era poverissimo, cieco e morì giovane in miseria... ma la sua musica ora viaggia per sempre tra le stelle!

Stato attuale delle sonde

Le due sonde sono ancora operative e mantengono la comunicazione con la Terra, sebbene – nel corso dei decenni – parte della strumentazione sia stata spenta volontariamente o si sia guastata.

Instrument	Voyager 1	Voyager 2
Cosmic Ray Subsystem (CRS)	Off to save power (Feb. 25, 2025)	On
Low-Energy Charged Particles (LECP)	Off to save power (April 17, 2026)	Off to save power (March 24, 2025)
Magnetometer (MAG)	On	On
Plasma Wave Subsystem (PWS)	On	On
Plasma Science (PLS)	Off because of degraded performance (Feb. 1, 2007)	Off to save power (Sept. 26, 2024)
Imaging Science Subsystem (ISS)	Wide-angle and narrow-angle cameras off to save power (Feb. 14, 1990)	Wide-angle and narrow angle cameras off to save power (Oct. 10 and Dec. 5, 1989)
Infrared Interferometer Spectrometer and Radiometer (IRIS)	Off to save power (June 3, 1998)	Off to save power (Feb. 1, 2007)
Photopolarimeter Subsystem (PPS)	Off because of degraded performance (Jan. 29, 1980)	Off because of degraded performance (April 3, 1991)
Planetary Radio Astronomy (PRA)	Off to save power (Jan. 15, 2008)	Off to save power (Feb. 21, 2008)
Ultraviolet Spectrometer (UVS)	Off to save power (April 19, 2016)	Off to save power (Nov. 12, 1998)

Voyager 1: 49 anni, 1 mese, 9 giorni (5.9.1977)
Voyager 2: 49 anni, 1 mese, 24 giorni (20.8.1977)

L’anno prossimo sarà il 50esimo, come loro nessun’altra sonda.

<https://science.nasa.gov/mission/voyager/where-are-voyager-1-and-voyager-2-now/>

1 GIORNO-LUCE:

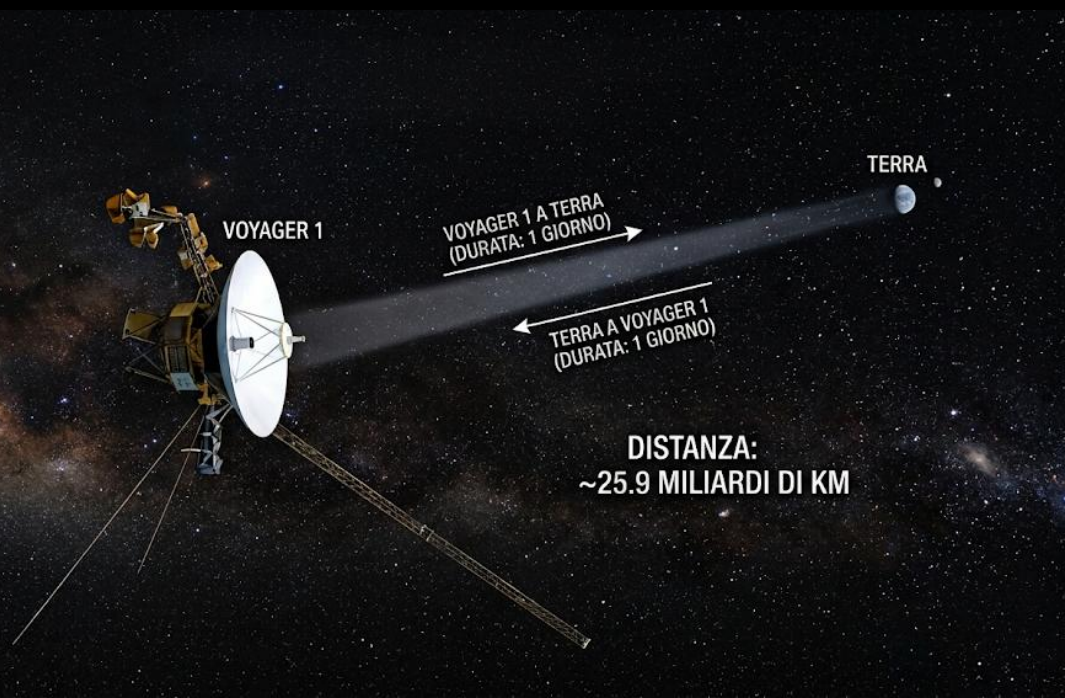
18 novembre 2026, ore 11:16:07 CEST

25 902 068 356 km (173.14 UA)

Un uomo, camminando costantemente a 5 km/h, impiegherebbe 591 035 anni a percorrere questa distanza.

Dormendo?

Bastano appena 27.5 anni!



VERSO DOVE? TRA QUANTO?

Non è mai stato scelto un obiettivo per la missione interstellare delle sonde Voyager, ma dalla loro attuale traiettoria si possono fare alcune ipotesi.

Voyager 1

Lancio: 5/9/1977

Velocità: 17 km/s (61 000 km/h)

Traiettoria: uscita dal sistema planetario con un angolo di 35°N rispetto al piano dell'eclittica

**Direzione: costellazione dell'Ofiuco (17h13m / +12°25').
distanza attuale: 24.4 miliardi di km - 163 UA**

Voyager 1: tra circa 40 000 anni passerà ad appena 1.6 anni luce dalla stella Gliese 445 nella costellazione della Giraffa, proseguendo poi per il Braccio di Perseo della Via Lattea nei successivi milioni/miliardi di anni.

Voyager 2

Lancio: 20/8/1977

Velocità: 15 km/s (55 000 km/h)

Traiettoria: uscita dal sistema planetario con un angolo di 30°S rispetto al piano dell'eclittica

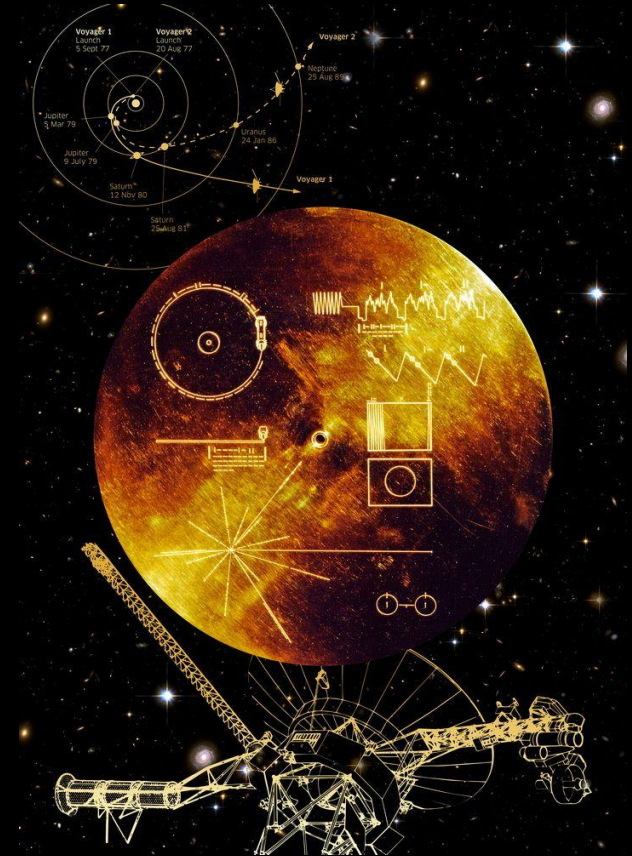
Direzione: costellazione del Telescopio/Sagittario (19h30m / -53°).

distanza attuale: 20.1 miliardi di km - 134 UA

Voyager 2: tra circa 40 000 anni transiterà a 1.7 a.l. dalla stella Ross 248 (HH And) e tra 296 000 anni passerà a 4.3 a.l da Sirio, per poi procedere nei successivi milioni/miliardi di anni attraverso il Braccio del Sagittario e dunque verso il centro della nostra Galassia.



L'eredità delle Voyager: Pale Blue Dot e Golden Record



“Il disco delle Voyager ha due destinatari: gli extraterrestri, ma anche gli abitanti della Terra, affinché potessimo considerarci come un unico organismo capace di creare molteplici forme di bellezza. La mia più grande speranza è che l’umanità si renda conto di questo e che cominci a trattarsi - come Carl disse così eloquentemente - come abitanti di un piccolo, pallido punto azzurro.”

— Ann Druyan

Il valore del gesto non dipende dalla probabilità di risposta.

Nel tentativo di spiegare ad ipotetici altri chi siamo, siamo costretti a chiederci chi siamo noi davvero.

CHI SONO I DESTINATARI DEL MESSAGGIO?

“Se qualcuno o qualcosa dovesse trovarle, vogliamo che sappia chi siamo.” - Carl Sagan (1978)

E' un messaggio destinato a qualunque intelligenza extraterrestre tecnologicamente in grado di intercettare la sonda, analizzarla e decodificarne i segnali analogici ed i principi fisici.

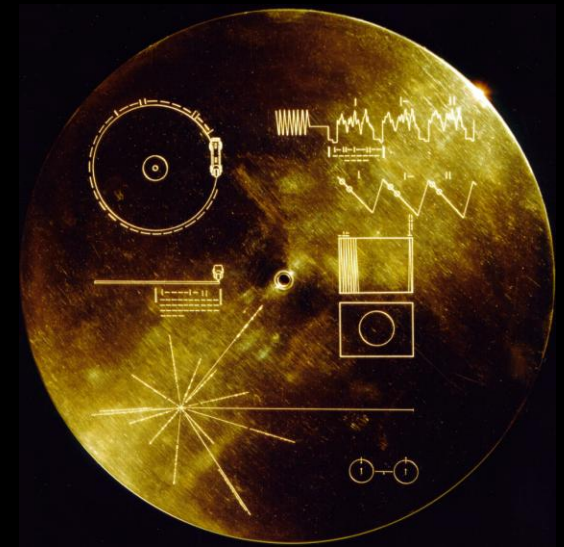
Un'intelligenza non necessariamente biologica come noi, ma ugualmente in grado di percepire stimoli fisici e matematici (onde, frequenze, immagini...), dotata di curiosità e capacità d'interpretazione scientifica, inserita in una cultura tecnologicamente avanzata e capace di riconoscere l'artificialità della sonda.



Il messaggio è destinato anche a noi stessi:

“Il Voyager Golden Record è prima di tutto un monumento alla nostra civiltà, non solo un messaggio ad altri, ma anche una dichiarazione di ciò che siamo ora e di ciò che speriamo di essere”.

In un futuro lontano e tecnologicamente più avanzato, potremmo addirittura essere noi a recuperare la Voyager 1 ed il Golden Record. A quel punto la sonda ed il suo messaggio fungerebbero da capsula del tempo, raccontando come eravamo nel lontano (o remotissimo) 1977...

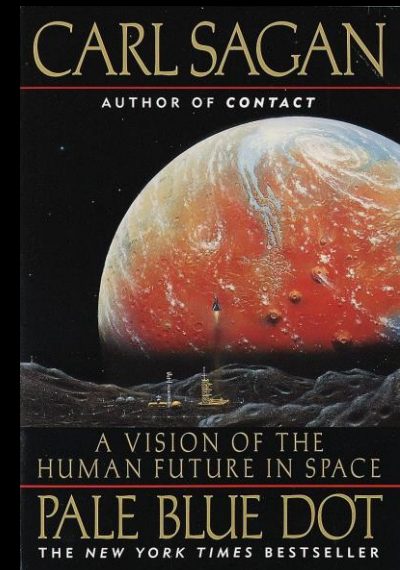
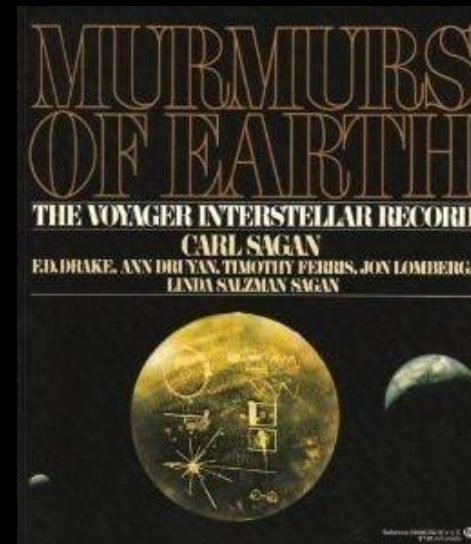


<https://goldenrecord.org/#universum>

<https://science.nasa.gov/mission/voyager/voyager-golden-record-overview/>

Murmurs of Earth: The Voyager Interstellar Record (Carl Sagan, 1978)

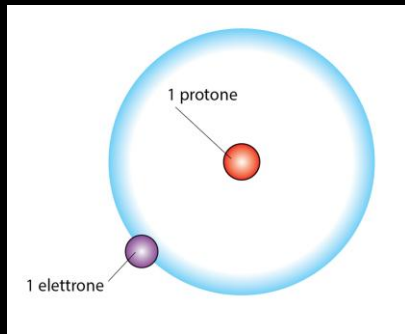
Pale Blue Dot: A Vision of Human Future in Space (Carl Sagan, 1994)





GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

APPROFONDIMENTI



L'H neutro è l'atomo più semplice dell'elemento più diffuso nel cosmo, costituito da un protone (p) ed un elettrone (e^-).

Sia p che e^- possiedono una proprietà nota come spin (una sorta di rotazione della particella, come fosse una trottola), che può essere orientata sull'asse z verso l'alto (up ($\uparrow$)) o il basso (down ($\downarrow$)). Ci sono due configurazioni possibili:

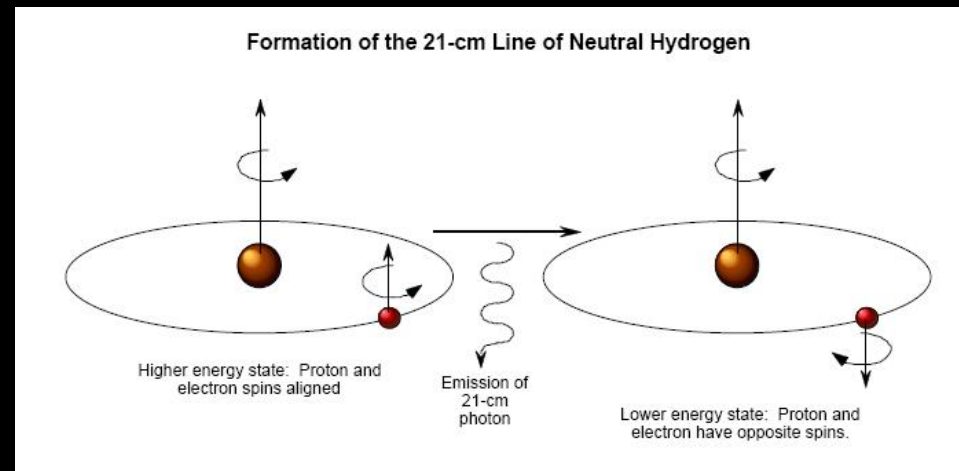
- spin p e e^- sono paralleli ($\uparrow\uparrow$) e l'atomo ha un'energia più alta;
- spin p e e^- sono antiparalleli ($\uparrow\downarrow$) e l'atomo ha un'energia più bassa.

La transizione “iperfine” (in riferimento al piccolissimo effetto energetico dovuto all'interazione tra spin di p e e^- , molto più piccolo delle normali transizioni fra livelli elettronici) è il passaggio - spontaneo o indotto - dalla configurazione con spin paralleli a quella con spin antiparalleli, durante la quale l'atomo emette un fotone con $\lambda=21.106$ cm, corrispondente ad una frequenza di 1420.40575177 MHz.

Essendo l'H l'elemento più abbondante nell'universo, questa riga è visibile ovunque nel cosmo ed è stata presa in considerazione anche perché si presuppone che tutte le civiltà avanzate la conoscano. Ciò potrebbe renderla un “linguaggio naturale” cosmico ed un punto di riferimento universale.

Si trova inoltre in una finestra silenziosa della banda radio: tra 1-10 Ghz l'atmosfera è quasi trasparente alle onde radio ed il rumore cosmico (Sole, Galassia, ecc) è molto basso. A 1420 MHz il rumore è particolarmente basso e permette la ricezione chiara anche di segnali molto deboli.

Proprio per questo è una banda protetta internazionalmente dalle emissioni EM artificiali, restando riservata per la radioastronomia. Infine è energeticamente efficiente: le onde a 21 cm non vengono facilmente assorbite da polvere o gas interstellare, permettendo al segnale di viaggiare indisturbato anche per migliaia di anni luce senza attenuarsi troppo.



Perché la codifica binaria 0/1 ?

E' stata scelta questa codifica per massimizzare la comprensione del messaggio da parte di chi non ha legami culturali con noi.

Il doppio stato “0 1” [ovvero: — I] è puramente matematico e fisico, la condizione più semplice per descrivere concetti logici e fisici in quanto implica i due concetti base di presenza-assenza/positivo-negativo/lungo-corto.

Il comportamento di 0-1 è osservabile ovunque in natura e diventa autoesplicativo: si appoggia a principi fisici elementari e naturali e non a convenzioni culturali.

Qualunque altro sistema numerico può essere espresso in binario senza perdita di informazioni, ma non è sempre vero il contrario! Quindi, il sistema binario è il minimo linguaggio comune: la forma più elementare di rappresentazione numerica.

Numeri e sistemi di numerazione (base 10 ad esempio), lettere e simboli, sono prodotti legati strettamente alla nostra cultura ed alla nostra biologia.

Esempio: un numero in base 10

5 (base 10) = 101 (base 2)

$$101_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 4 + 0 + 1 = 5$$

Esempio: un'immagine b/n



Possiamo codificarla come:

010

101

010

Chi trova la traccia non deve conoscere la nostra scrittura o arte, basta che sappia disporre i bit in righe e colonne e vedrà un'immagine emergere

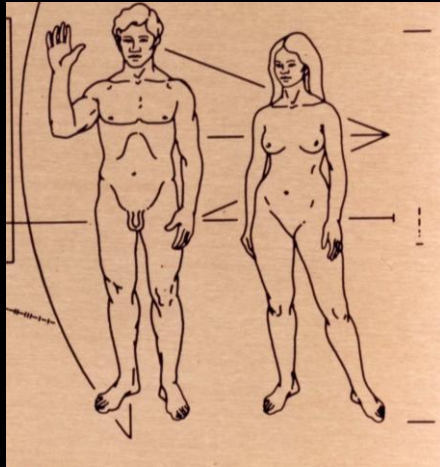
Per ottenere diverse sfumature: invece di un solo bit per pixel, usi più bit per rappresentare diversi livelli di intensità.

Es: con 3 bit per pixel (XXX) ottengo 8 livelli di grigio, con 8 bit ne ho 256!

Codifica/Decodifica delle quantità rappresentate

I numeri sulla placca sono binari (1 e 0) e l'unità di tempo e spazio usata come riferimento è la transizione iperfine dell'H, il cui periodo e lunghezza valgono:
 $T(H) = 0.704 \text{ ns}$ / $\lambda(H) = 21 \text{ cm}$

Per ottenere un numero decimale N corrispondente ad un numero binario B devo convertirlo. Infine devo moltiplicare $N \times T(H)$ o $N \times \lambda(H)$



Esempio 1 : Altezza media di un essere umano

Codificata sulla placca con un numero binario 1000, devo renderla decimale.

1000 (binario, convenzione: bit da sx a dx)

$$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = N = 8$$

L'unità di lunghezza è $\lambda(H) = 21 \text{ cm} = 0.21 \text{ m}$

$$\text{Altezza} = 8 \times 0.21 = 1.68 \text{ m}$$

Esempio 2: Pulsar

Pulsar PSR B1919+21, Periodo noto: 1,337301 s

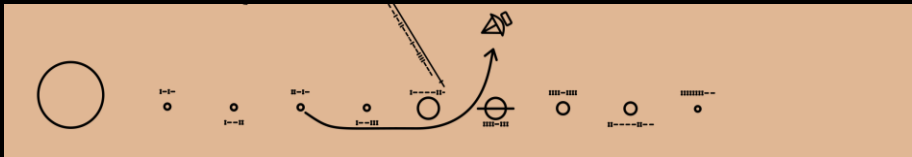
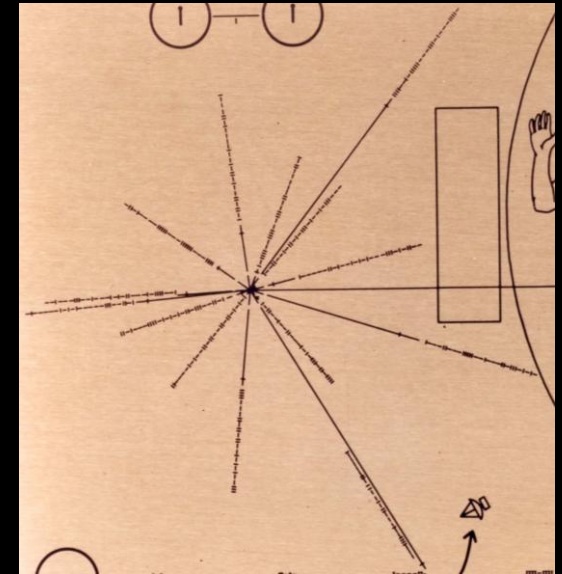
Quante unità dell'H ci stanno dentro?

$$N = \text{Periodo pulsar} / T(H) = 1,337301 / 0.704 \times 10^{-9} = 1\,899\,575\,284$$

in binario B= 111000100111001001101111110100,

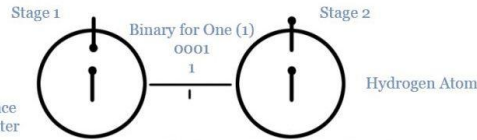
moltiplico per $T(H)$ e ho il periodo:

$$P = N \times T(H) = 1899575284 \times 0.704 \times 10^{-9} \text{ s} = 1.337300999936 \text{ s}$$



Il calcolo delle distanze dei pianeti dal Sole è proporzionale all'UA terrestre. Si scelse poi un fattore 16 per ottenere un numero utile ad essere codificato in binario. Si scelse di non dare numeri precisi, ma rapporti sulle distanze per poter ricostruire le proporzioni del sistema.

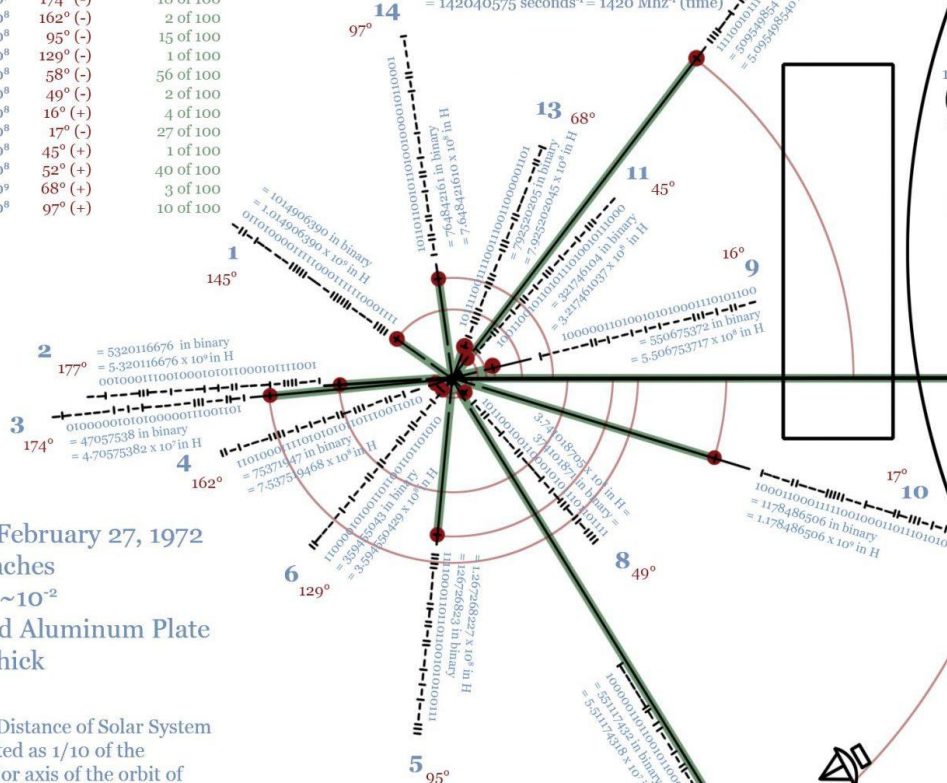
Pulsar	Period (units of H hyperfine transition)	Angle from Galactic Center	Relative Distance to Galactic Center
1 0328	1.014906390 X 10 ⁹	145° (+)	7 of 100
2 0525	5.320116676 X 10 ⁹	177° (-)	11 of 100
3 0531	4.705753832 X 10 ⁹	174° (-)	18 of 100
4 0823	7.537519468 X 10 ⁹	162° (-)	2 of 100
5 0833	1.267268227 X 10 ⁹	95° (-)	15 of 100
6 0950	3.594550429 X 10 ⁹	129° (-)	1 of 100
7 1240	5.51174318 X 10 ⁹	58° (-)	56 of 100
8 1451	3.741018705 X 10 ⁹	49° (-)	2 of 100
9 1642	5.506753717 X 10 ⁹	16° (+)	4 of 100
10 1727	1.178486506 X 10 ⁹	17° (-)	27 of 100
11 1929	3.2117461037 X 10 ⁹	45° (+)	1 of 100
12 1933	5.095498540 X 10 ⁹	52° (+)	40 of 100
13 2016	7.925202045 X 10 ⁹	68° (+)	3 of 100
14 2217	7.648421610 X 10 ⁹	97° (+)	10 of 100



Wavelength of H hyperfine transition
 = 21.1061140542 cm = 21 cm (length)
 = 142040575 seconds⁻¹ = 1420 Mhz⁻¹ (time)

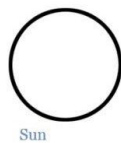
$$\text{Period of Pulsar} = \frac{\text{Period in H}}{142040575 \text{ seconds (H)}}$$

$$\text{Period in H} = \text{Period of Pulsar} \times 142040575 \text{ seconds (H)}$$



Launched on February 27, 1972
 6 inches x 9 inches
 Etched depth ~10⁻²
 Gold-Anodized Aluminum Plate
 50/100 inch thick

Relative Distance of Solar System
 represented as 1/10 of the
 semi-major axis of the orbit of
 Mercury = 0.0387 AU



Sun

0.387 AU
 10 x 0.0387
 10
 1010
 1-1-
 0
 Mercury

Venus
 10011
 19
 19 x 0.0387
 0.7353 AU

Earth
 11010
 26
 26 x 0.0387
 1.0062 AU

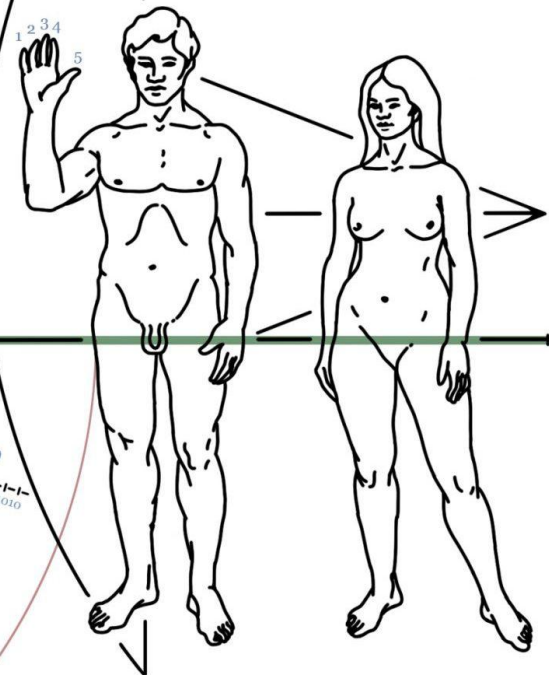
Mars
 100111
 39
 39 x 0.0387
 1.5093 AU

Jupiter
 10000110
 134
 134 x 0.0387
 5.1858 AU

Saturn
 11110111
 247
 247 x 0.0387
 9.5589 AU

Uranus
 1100001100
 780
 780 x 0.0387
 30.186 AU

Mercury 0.387 AU
 Venus 0.7353 AU
 Earth 1.0062 AU
 Mars 1.5093 AU
 Jupiter 5.1858 AU
 Saturn 9.5589 AU
 Uranus 19.1565 AU
 Neptune 30.186 AU
 Pluto 39.474 AU



 1000
 = 8 x 21 cm
 = 168 cm
 Average Height
 of a Woman