

LA PRESENZA UMANA AL DI LÀ DEL SISTEMA SOLARE: L'ESODO INTERSTELLARE

CORSO DI FORMAZIONE DI ASTRONOMIA E ASTROFISICA
PER DOCENTI DI SCUOLA SECONDARIA
ANNO 2020-2021 - NONA LEZIONE - 21 APRILE 2021

SOMMARIO

- **Viaggiare verso le Stelle**
- **Pianeti di altri Sistemi Stellari**
- **Oltre i confini del Sistema Solare**
- **Come arrivare alle Stelle?**
- **La "migrazione" del Sistema Solare(!?)**
- **Quale destino per l'Umanità**
- **La debolezza del 'Fattore Umano'**
- **Il possibile incontro con Civiltà Aliene**
- **Il futuro della Specie Umana**
- **Bibliografia**



Ringraziamento particolare a Oscar Baquero A.R., divulgatore scientifico, per il Suo volume "La presenza umana al di là del Sistema solare" (2017) Ed. RBA Italia s.r.l., dal quale è nata l'idea di questa presentazione e sono stati estratti molteplici spunti, e senza il quale questo lavoro mai sarebbe stato così completo.

VIAGGIARE VERSO LE STELLE

- **Il sogno del viaggio Interstellare: *dalla fantascienza alla realtà***



Viaggiare verso le stelle, così come ogni impresa di carattere scientifico, nasce nell'immaginazione umana in quella che conosciamo come fantascienza. Diversi romanzi e film hanno descritto, più o meno verosimilmente, diversi aspetti della colonizzazione umana dello spazio cosmico, e cioè dell'espansione della nostra specie nell'Universo ed il suo possibile insediamento su altri mondi sconosciuti al nostro Sistema Solare.

- gli impressionanti progressi della scienza e della tecnologia degli ultimi decenni stanno trasformando molte idee fantascientifiche in concetti plausibili;
- molti di questi concetti, nati nell'immaginazione umana, sono oggi affrontati in ambiti scientifici e tecnologici, ed un numero sempre più grande di storie fantastiche, specie le più recenti, sono basate su fatti scientificamente credibili che, benché al momento non ancora possibili o realizzabili, è molto probabile che lo possano essere in un futuro non troppo lontano;
- **L'ultima migrazione, 1918** – R.H. Goddard, fisico ed ingegnere, USA (1882-1945) considerato il padre del razzo a combustibile liquido, nel racconto introdusse per primo i concetti di *Navi spaziali generazionali* e dell'*animazione sospesa*;

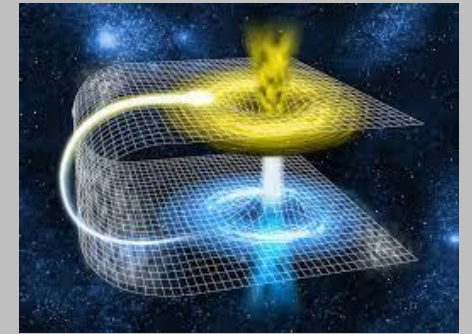
VIAGGIARE VERSO LE STELLE

- **La saga cinematografica di Alien, 1979-2017** – Sir R. Scott, regista, UK (1937) ha introdotto i sistemi di propulsione con *motori ionici al plasma* ad energia nucleare ed il concetto di *Processore Atmosferico* (processo di *Terraforming*, processo artificiale atto a rendere abitabile un pianeta creando un'atmosfera o modificandone la composizione chimica in modo da renderla simile a quella della Terra, ed in grado di sostenere un ecosistema);
 - ➔ I motori ionici sono già stati applicati ad alcune missioni spaziali prive di equipaggio: DeepSpace1, USA; Hayabusa (falco pellegrino), Japan; SMART-1, ESA (propulsore ionico al plasma con propellente di xeno);
 - ➔ Terraforming, benché molti studi siano in atto rimane un processo altamente complesso che implica cambiamenti non solo verso l'oggetto della trasformazione ma che potrebbe anche richiedere cambiamenti strutturali della biologia umana, con adattamenti fisiologici per poter colonizzare un pianeta solo parzialmente terraformato. Allo stato attuale delle tecnologie all'inizio del ventunesimo secolo, risulta non ancora realizzabile;
- **Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic, 1995** – R. Forward, fisico, USA (1932-2002) nel romanzo descrisse il concetto di *Ramjet* o *Statoreattore*, che grazie ad intensissimi campi magnetici per raccogliere l'idrogeno interstellare utilizzato poi come combustibile spingeva l'ipotetica navicella spaziale fino al 10% della velocità della luce (30.000 km/s);
 - ➔ il **Ramjet di Bussard**, R.W. Bussard, fisico, USA (1928-2007) proposto nel 1960 e dotato di una sorta di imbuto del raggio di decine di km capace di intercettare l'idrogeno interstellare comprimendolo fino alla fusione è idealmente in grado, autoalimentandosi, di accelerare indefinitamente un veicolo spaziale fino a quando il suo propulsore è in grado di funzionare e, teoricamente, accelerarlo in prossimità della velocità della luce;

VIAGGIARE VERSO LE STELLE



- **2001 Odissea nello Spazio, 1968** – Sir A.C. Clark, scrittore, UK (1917-2008) / S. Kubrick, regista, USA (1928-1999); sia il libro che il film trattano dell'*animazione sospesa* e dell'*intelligenza artificiale* del supercomputer *Hall 9000* al comando della missione, e con la lenta rotazione della Stazione Spaziale prima e del nucleo abitativo dell'astronave *Discovery One* poi, introducono per primi il concetto di *gravità artificiale*;
- **Interstellar, 2014** – C. Nolan, regista, UK (1970); ambientato in un futuro dove la Terra vive gravissime crisi ambientali ed è vicina alla distruzione, si cercano disperatamente nuovi mondi colonizzabili anche in prossimità di buchi neri. La propulsione delle navi spaziali avviene tramite lo sfruttamento di *wormhole* gravitazionali, meglio conosciuti come *Ponti di Einstein-Rosen*, ipotetici cunicoli/scorciatoie spazio-temporali che collegano istantaneamente tra loro punti remoti dell'universo;
- **Passengers, 2016** – Morten Tyldum, regista, No (1967); nave spaziale in viaggio per oltre 120 anni con equipaggio e 5000 coloni in stato di *sonno criogenico*, verso la colonizzazione del sistema planetario *Homestead II*. Causa un incidente alcuni viaggiatori si svegliano dal letargo programmato con 90 anni di anticipo rispetto allo sbarco. Vengono ampiamente utilizzati i concetti di *gravità artificiale* tramite intera rotazione della nave, di *Androide* al servizio degli esseri umani, della propulsione *a ioni* alimentata da *fusione nucleare* tramite *collettore di Bussard* e di *scudo energetico* frontale a protezione dell'astronave e del viaggio;



VIAGGIARE VERSO LE STELLE

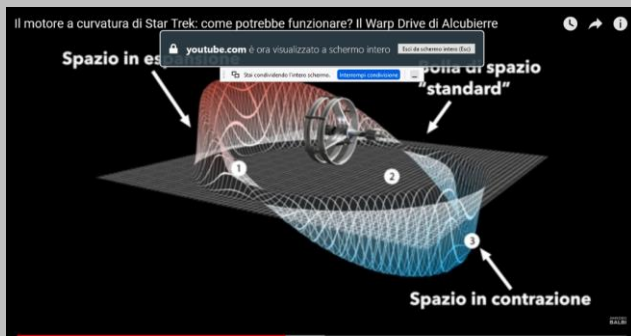
- **Star Trek, 1964-2016** G. Roddenberry, produttore, USA (1921-1991) racconta le avventure dell'equipaggio sostanzialmente umano dell'astronave Enterprise della Federazione Stellare, in un Universo popolato da una moltitudine di civiltà aliene, avventure supportate da uno sviluppo tecnologico avanzatissimo:

-- *teletrasporto*, un sistema di trasferimento istantaneo della materia e di forme viventi;

→ Il **teletrasporto quantistico** è una tecnica nell'ambito dell'informatica quantistica che permette, sotto certe restrizioni, di trasferire istantaneamente uno stato quantistico (*qubit*) in un punto arbitrariamente lontano;

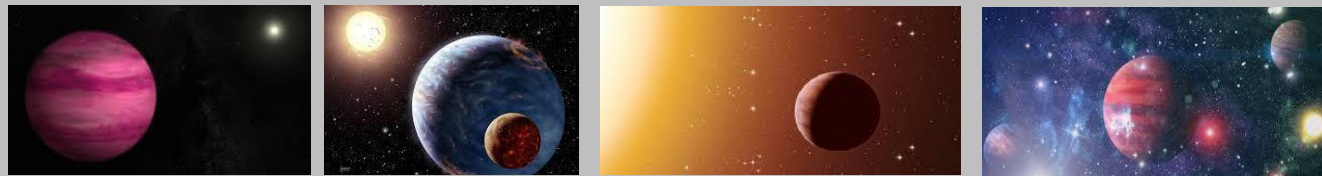
-- *motore a curvatura (Warp Drive)*, alimentato dall'energia prodotta da un nucleo materia-antimateria, che genera il campo a curvatura attraverso due protuberanze cilindriche chiamate gondole (una "bolla di curvatura", appunto) che comprimendo lo spazio davanti al vascello ne accorcia il tragitto fino a quasi annullarlo, per poi espanderlo di nuovo al suo passaggio, come fosse un elastico. In tal modo viene aggirata la teoria della relatività di Einstein, e grazie alla perturbazione dello spazio-tempo circostante, permette di ottenere velocità *superluminali*;

→ **motore di Alcubierre**, M. Alcubierre (1964), speculativo *motore a curvatura* con cui un veicolo spaziale potrebbe raggiungere velocità di viaggio maggiori della velocità della luce, 1994 "Classical and Quantum Gravity";



Star Trek (introduzione): " **Spazio: Ultima Frontiera.** Questi sono i viaggi della nave stellare Enterprise. La sua missione è quella di esplorare nuovi mondi, alla ricerca di nuove forme di vita e di nuove civiltà, per arrivare là dove nessun uomo è mai giunto prima "

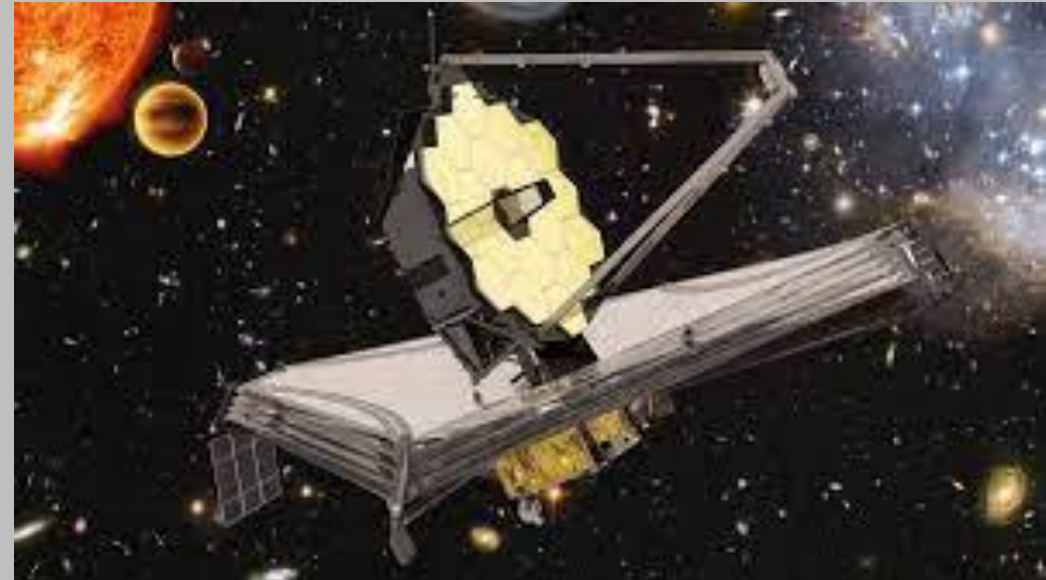
PIANETI DI ALTRI SISTEMI STELLARI



- Fino a dove siamo in grado di osservarlo, l'Universo pare illimitato e popolato da miliardi di miliardi di galassie, composte a loro volta da centinaia di miliardi di stelle (recenti stime per la Via Lattea indicano un numero di stelle intorno a 200 miliardi, molte delle quali dotate di sistemi planetari);
 - Conseguentemente la possibile esistenza di un numero molto molto alto di pianeti extrasolari è stata ipotizzata come estremamente probabile, per poi averne avuto la conferma intorno agli anni 90 con la progressiva scoperta di molti sistemi stellari, con alcuni pianeti aventi anche caratteristiche molto simili alla Terra;
 - Ad oggi sono stati scoperti migliaia di esopianeti, e si trovano nuovi candidati ogni settimana
- Wolszczan e Frail, nel 1992 scoprirono i primi 3 esopianeti orbitare sorprendentemente intorno a *PSR 1257+12*, addirittura una stella di neutroni
- Mayor e Queloz, nel 1995 evidenziando anomalie di *51 Pegasi* ipotizzarono la presenza di quello che diverrà il primo esopianeta scoperto intorno ad una stella 'normale', denominato *51 Pegasi b*
- 13/11/2008 prima immagine diretta di Hubble Space Telescope nel visibile di *Fomalhaut b*, 25 anni luce dal Sole
- 07/03/2009 lancio del telescopio Kepler, con l'obiettivo dell'identificazione di esopianeti simili alla nostra Terra.
- Negli oltre 9 anni di operatività Kepler ha analizzato 530506 stelle e ha rilevato 2662 pianeti, permettendo nel novembre 2013 di determinare una stima potenziale di " 40 miliardi" di esopianeti simili alla Terra nell'intera Via Lattea;

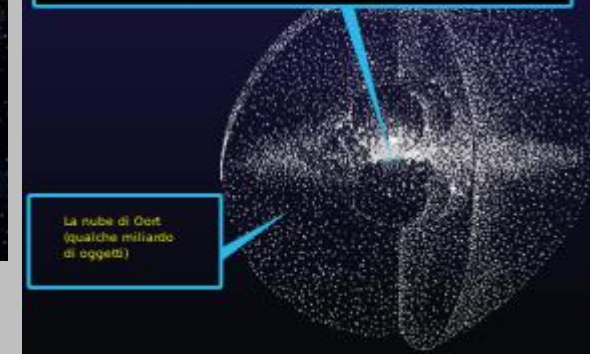
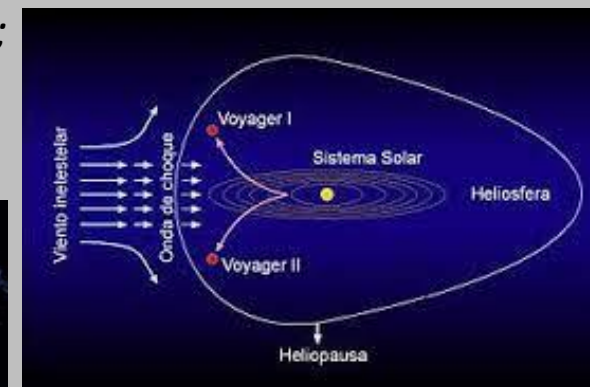
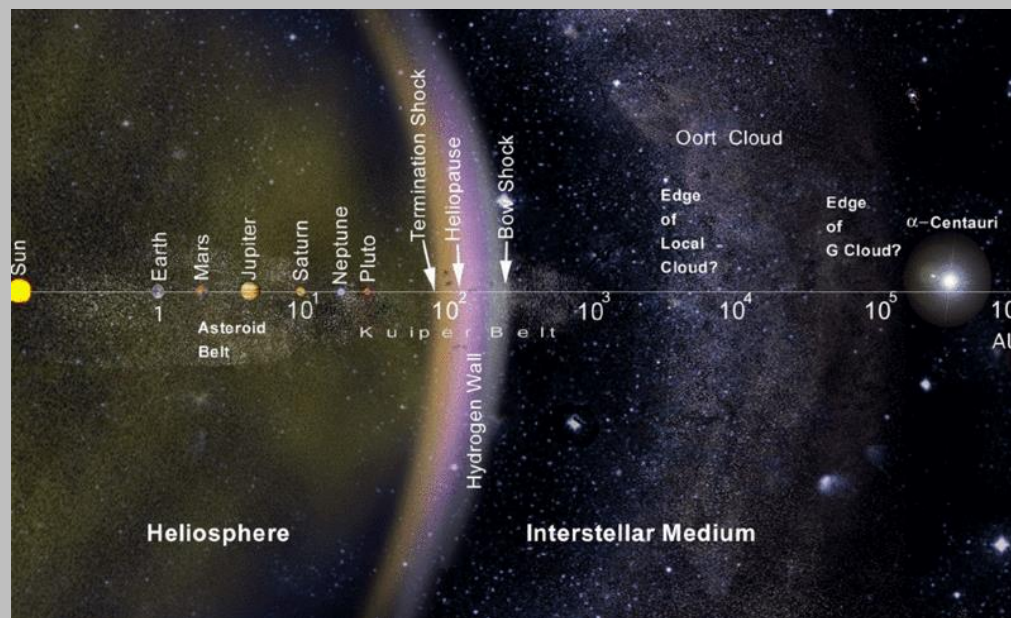
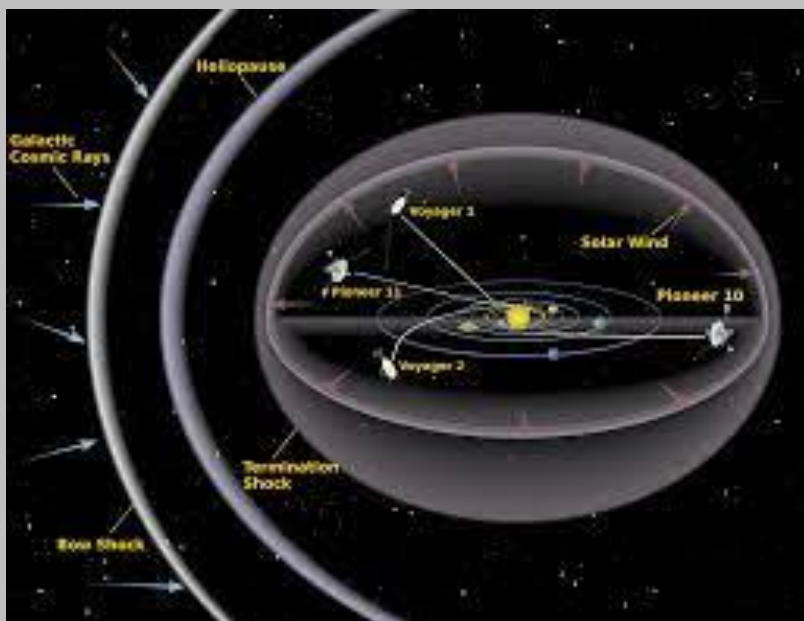
PIANETI DI ALTRI SISTEMI STELLARI

- 24/08/2016 scoperta di *Proxima b*, con caratteristiche molto simili alla Terra, distante solo 4.24 anni luce;
- maggio 2016, annunciati 7 esopianeti rocciosi orbitanti intorno alla stella TRAPPIST-1 con caratteristiche simili a quelle della Terra, a 40 anni luce dal Sole;
- Con il lancio ormai imminente del JWST (James Webb Space Telescope) della NASA, con ottiche incredibilmente avanzate rispetto ad ogni altro osservatore orbitale, ci si aspetta un'ulteriore impennata nella scoperta di nuovi esopianeti, informazioni cruciali quando verrà il momento per la specie umana di dover ipotizzare quali mondi al di fuori del sistema solare saranno i migliori candidati per l'insediamento delle prime colonie spaziali.



OLTRE I CONFINI DEL SISTEMA SOLARE

- Per poter intraprendere il cammino verso altri Sistemi Stellari con ragionevoli speranze di successo, occorrerà conoscere le condizioni che ci attendono oltre l'Eliosfera, ovvero conoscere se le condizioni dello spazio interstellare ed i fenomeni ivi presenti potrebbero essere così aggressivi da non permetterci di sopravvivere ad una forzata, lunga, inevitabile permanenza in esso, durante l'esodo che aprirà alla *Specie Umana* la *Porta delle Stelle* assicurandoci la sopravvivenza e l'espansione divenendo una *Specie Interstellare*;
- Domande che al momento sono ancora *senza risposte*;



OLTRE I CONFINI DEL SISTEMA SOLARE

- **Eliosfera:** estensione più di 100 UA (15 miliardi di km), la luce del sole impiega 14h a raggiungerne i confini. Cifre che sembrano enormi, ma che non lo sono in termini astronomici;
- **Struttura del sistema solare:** ogni corpo orbita intorno al Sole, gli 8 pianeti 'classici' divisi da una fascia di rocce e detriti non in grado di formare un corpo sferico, i primi 4 più piccoli e rocciosi ed i secondi 4 più grandi e gassosi;
- **Fascia di Kuiper:** oltre l'orbita di *Nettuno* vi è una zona praticamente inesplorata, contenente corpi piccoli e ghiacciati, comete e asteroidi denominati *KBO (Kuiper Belt Object)* che causa perturbazioni gravitazionali talvolta lasciano la zona immettendosi su orbite altamente eccentriche con periodi inferiori ai 200 anni intorno al Sole;
- **Nube di Oort:** residuo della nebulosa primordiale da cui si formarono il Sole e i pianeti 5 miliardi di anni fa, e debolmente legata al Sistema Solare, è una nube sferica principalmente composta da *comete*, posta tra 20000 e 100000 UA, e cioè ben oltre i confini dell'*eliosfera* facendo pienamente parte del *mezzo interstellare*;
- **New Horizons:** lanciata nel 2006, la sonda raggiunse *Plutone* ed il suo satellite *Caronte* nel 2015. Con la velocità di 58536 km/h (16260 m/s), è l'oggetto artificiale che ha raggiunto la velocità maggiore nell'abbandonare la Terra, e cioè nel suo viaggio verso l'infinito. La sonda contiene le ceneri di *C. Tombaugh* (scopritore di *Plutone* nel 1930) e un francobollo USA del 1991 con la dicitura «*Plutone: non ancora esplorato*». Il 22 ottobre 2015 la sonda fu messa in rotta verso la *Fascia di Kuiper*, verso l'oggetto denominato *486958 Arrokoth (Ultima Thule)* che con il suo raggiungimento il 1 gennaio 2019 è divenuto il corpo cosmico più lontano mai esplorato dall'Umanità, distante oltre 6.4 miliardi di km dalla Terra. Nel dicembre 2038 è previsto il raggiungimento della distanza delle 100 UA dal Sole, ovvero il presunto confine dell'*Eliosfera*;

OLTRE I CONFINI DEL SISTEMA SOLARE

- **Voyager 1 e 2:** lanciate il 5 settembre ed il 20 agosto del 1977 rispettivamente, per studiare i pianeti giganti gassosi, ad oggi *Voyager 1* è ancora funzionante e rappresenta l'oggetto costruito dall'uomo più distante dalla Terra (avendo superato la sonda *Pioneer 10*, che dispersa nello spazio cosmico dal 2003 quando era a 12 miliardi di km -80 UA- dalla Terra è tuttora diretta verso la stella *Aldebaran* nella *Costellazione del Toro*, distante 65 anni luce, che raggiungerà nei prossimi 2 milioni di anni).

-- Il 25 agosto 2012 la *Voyager 1* raggiunse lo spazio interstellare a 121 UA, per poi trovarsi al 26 marzo 2021 ad una distanza di 152.336 UA, ovvero a 22.790 miliardi di km dal Sole. La sonda ora si sta allontanando dal Sistema Solare alla velocità di 16.999 km/s, pari ad oltre 3.5 UA all'anno ma in leggerissimo rallentamento causa l'attrazione solare;

-- *Voyager 1* raggiungerà e analizzerà l'ipotetico *muro d'idrogeno*, situato tra l'*eliopausa* e il *bow shock*, che sarà raggiunto nel 2042 a 230 UA quando però sarà impossibile che la sonda sia ancora funzionante, per poi addentrarsi nella *Nube di Oort* da cui ne uscirà completamente entrando nel campo di attrazione gravitazionale di un'altra stella tra circa 30000 anni, per dirigersi verso la *Costellazione dell'Ofiuco* passando tra circa 38000 anni ad una distanza di circa 1.7 anni luce dalla stella *Gliese 445* nella *Costellazione della Giraffa*;

-- entrambe le sonde trasportano un *Voyager Golden Record*, dischi registrati contenenti immagini e suoni della Terra placcati in oro, con le istruzioni per accedere alle registrazioni incise sulle custodie dei dischi nel caso 'Qualche civiltà aliena mai li trovasse';

"La nave spaziale *Voyager 1* è dunque arrivata dove nessun strumento è mai giunto prima"



COME ARRIVARE ALLE STELLE?

- **La propulsione:** da anni ormai scienziati ed ingegneri lavorano allo sviluppo delle idee e dei metodi che permetteranno, in un futuro non troppo lontano, di affrontare il viaggio verso altri Sistemi Stellari, risolvendo uno dei maggiori ostacoli che ancora impedisce questa ambiziosa impresa;

-- Il Sistema Solare si trova in una zona periferica della galassia denominata il *Braccio di Orione*, a circa 25000 anni luce dal centro galattico, e se anche avessimo la capacità di viaggiare alla *velocità della luce* impiegheremmo comunque 25000 anni a raggiungerlo. E poiché le leggi di natura impediscono il raggiungimento di tale velocità, con i sistemi di propulsione noti sarebbero necessari *miliardi di anni*, rendendo tale viaggio assolutamente improponibile. Tuttavia, già negli anni 50 sono sorti i primi progetti con l'intenzione di cercare di raggiungere frazioni significative della velocità della luce, che li potrebbero rendere possibili almeno all'interno di alcuni limiti;

- **Progetto Orione:** sorto in USA nel 1958, propose una propulsione ad esplosioni nucleari in sequenza, e dopo un prototipo a cinque esplosioni non nucleari testato con successo nel 1959 il progetto venne abbandonato, anche per la ratifica nel 1963 del Trattato di divieto delle esplosioni nucleari in atmosfera;

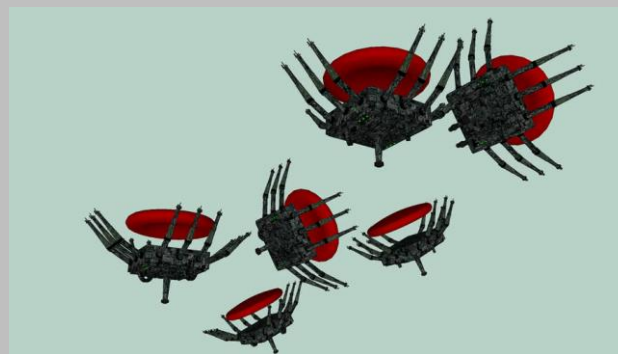
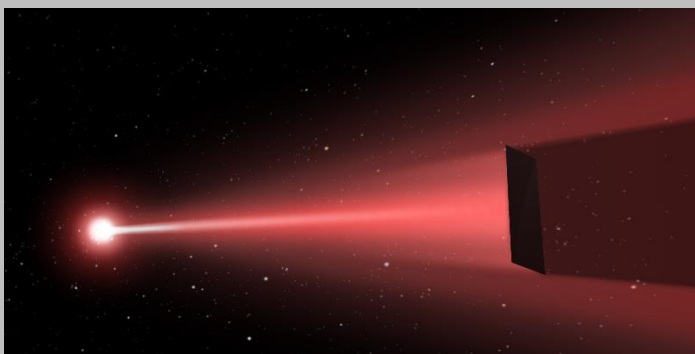
- **Progetto Daedalus:** progetto Britannico del 1973-78, una sonda spaziale senza equipaggio per raggiungere la

Stella di Barnard a 5.9 anni luce tramite propulsione a fusione nucleare ad impulso con miscela di deuterio/elio-3, assemblata in orbita terrestre con massa iniziale di 54000 t, di cui 50000 t di carburante e 500 t di carico scientifico. Composta da due stadi, il primo dei quali operativo per due anni portando l'astronave al 7.1% di c e poi espulso, il secondo attivato per 1.8 anni avrebbe portato la velocità a circa il 12% di c , prima di essere spento per i successivi 46 anni della rotta di crociera verso la stella. Senza ulteriori sviluppi dopo il 1978;



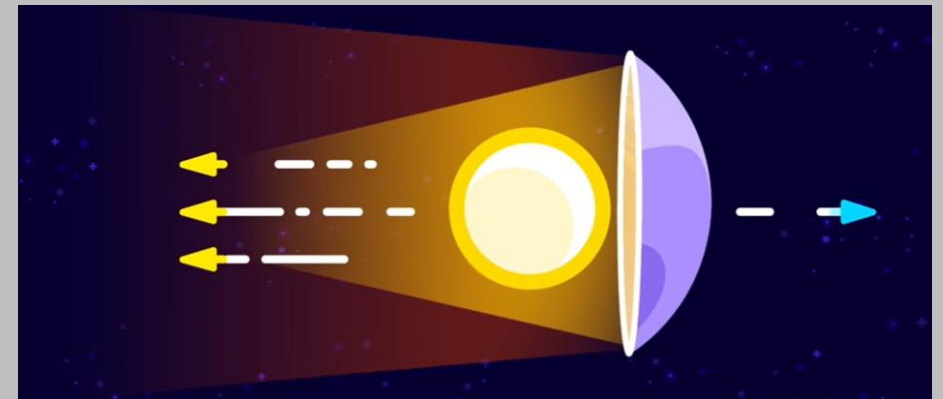
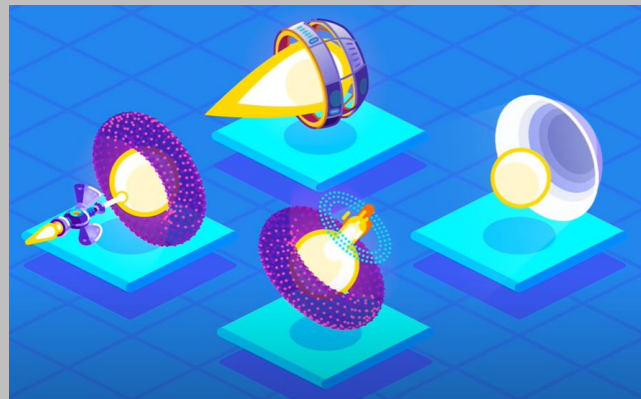
COME ARRIVARE ALLE STELLE?

- Progetto Icarus, sviluppato essenzialmente come continuazione del *Daedalus* avendo obiettivi analoghi, ora raccoglie collaboratori da tutto il mondo, e soprattutto è molto più dettagliato e sfrutta appieno gli ultimi 40 anni di sviluppo tecnologico per ottimizzare la capacità di costruire una sonda in grado di esplorare, nell'arco del tempo di una vita umana, un sistema stellare vicino;
- **DEEP-IN** (*Directed Energy Propulsion for Interstellar Exploration*), proposto dalla NASA nel 2009, *Propulsione di Energia Focalizzata per l'Esplorazione Interstellare* in italiano, è sostanzialmente un concetto basato sulla propulsione laser fotonica per spingere veicoli spaziali nello spazio profondo, applicabile al momento a *nanosonde* denominate *wafer sat* che possono anche non raggiungere il peso di un grammo ed accelerate a velocità *relativistiche* ($0.25 c$, ovvero 75000 km/s). Obiettivo iniziale potrebbe essere il sistema solare di *Proxima Centauri*, che come detto dispone di un esopianeta simile alla Terra e che uno sciame di *nanosonde* raggiungerebbe in soli 16 anni, per rinviare i dati raccolti verso la Terra in soli ulteriori 4 anni;



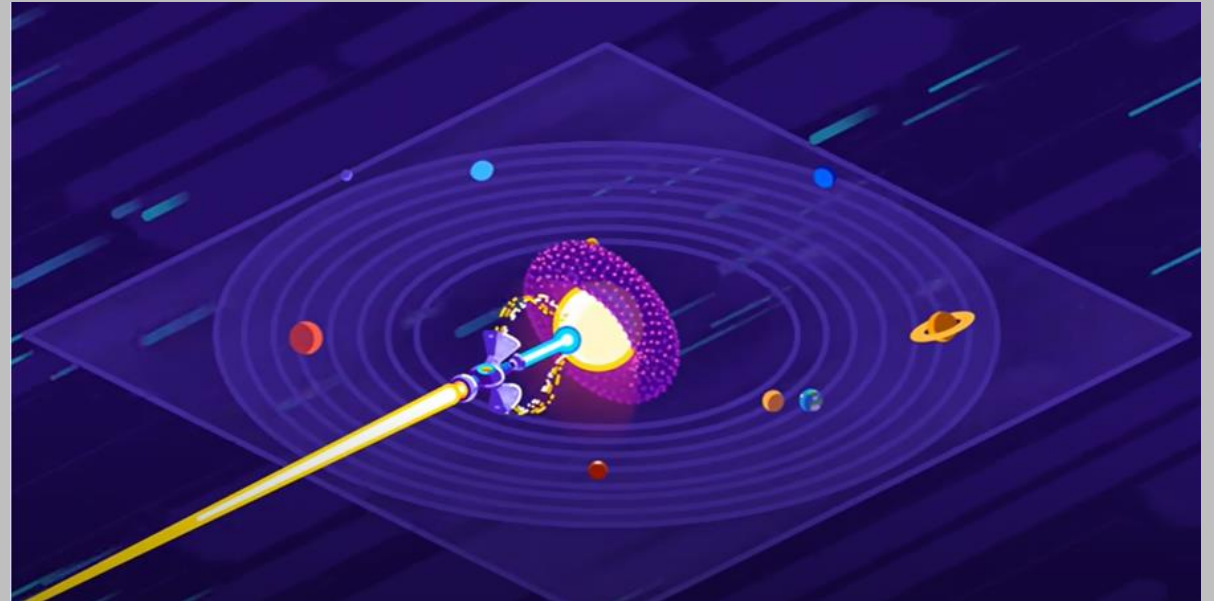
LA 'MIGRAZIONE' DEL SISTEMA SOLARE(!?)

- Nel suo moto intorno al centro galattico (con un periodo di circa 230 milioni di anni), il Sistema Solare potrebbe andare incontro ad incontri pericolosi: supernovae, o oggetti massicci che alterano le orbite degli oggetti del sistema solare creando sciami di asteroidi in rotta di collisione con la Terra).
- L'idea è di sottrarci a questa possibilità modificando l'orbita del nostro Sole con l'uso di un 'motore stellare'.
- Il motore stellare più semplice è il 'Shkadov thruster', uno specchio gigante o una vela solare in equilibrio tra la forza gravitazionale attrattiva e la pressione di radiazione esercitata dal Sole. Si crea un'asimmetria nella radiazione di pressione della stella, generando per reazione uno spostamento della stella nella direzione dello specchio.
- Lo specchio sarebbe posto in corrispondenza di uno dei poli del Sole, permettendo solo spostamenti verticali rispetto al piano della Via Lattea.



LA 'MIGRAZIONE' DEL SISTEMA SOLARE(!?)

- Per permettere spostamenti in tutte le direzioni occorre uno sviluppo tecnologico che permetta di creare una sfera di Dyson: un'ipotetica enorme struttura che possa essere applicata attorno ad un corpo stellare allo scopo di catturarne l'energia.
- Una stazione spaziale in orbita intorno al Sole, utilizzando una sfera di Dyson, catturerebbe l'idrogeno e l'elio necessari a reazioni di fusione, generando due getti: il primo costituito di ^{14}O nel verso opposto al Sole, il secondo di nuclei di idrogeno, diretto nella direzione del Sole.
- Il secondo getto contrasta la spinta del primo, che proietterebbe la stazione verso il Sole, e trasferisce verso lo stesso una spinta in grado di spostarlo di circa 50 anni luce in un periodo dell'ordine del milione di anni.
- La sfera di Dyson permette di raccogliere la quantità di massa necessaria ad alimentare il reattore a fusione. La massa sottratta, finirebbe per aumentare la vita del Sole, in quanto riducendone la massa diminuirebbe la velocità con cui viene consumato l'idrogeno.

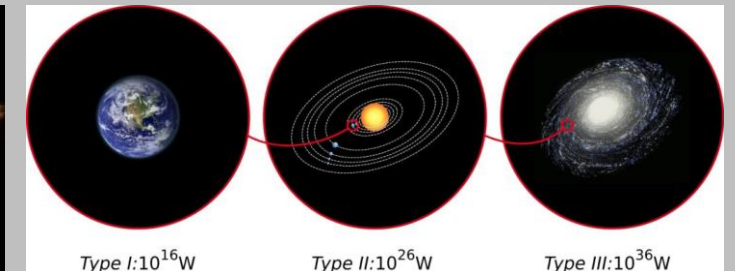


Crediti 'Kurzgesagt': https://youtu.be/v3y8AIEX_dU

LA 'MIGRAZIONE' DEL SISTEMA SOLARE(!?)

La scala di Kardashev è un metodo di classificazione delle civiltà in funzione del loro livello tecnologico, proposta nel 1964 dall'astronomo russo N. Kardashev.

Si compone essenzialmente di tre tipi, basati sulla quantità di energia di cui le civiltà dispongono, secondo una progressione esponenziale. L'esistenza



delle civiltà descritte è del tutto ipotetica, ma questa scala è stata utilizzata come base di partenza nella ricerca del progetto SETI (*Search for ExTraterrestrial Intelligence*) ed è inoltre richiamata in varie opere di fantascienza.

- Tipo I: civiltà in grado di utilizzare tutta l'energia disponibile sul suo pianeta d'origine ($4 \cdot 10^{16}$ W);
- Tipo II: civiltà in grado di raccogliere tutta l'energia della stella del proprio sistema solare ($4 \cdot 10^{26}$ W);
- Tipo III: civiltà in grado di utilizzare tutta l'energia della propria galassia ($4 \cdot 10^{36}$ W);



La civiltà umana sarebbe pertanto una civiltà ancora di "Tipo 0", in quanto utilizzerebbe solo una frazione dell'energia totale disponibile sulla Terra.

QUALE DESTINO PER L'UMANITÀ

Una volta svelati i misteri e le insidie nascosti nel mezzo interstellare, e dopo che saranno sviluppate le capacità reali di propulsione avanzata, la nostra specie dovrà elaborare una mappa per identificare chiaramente ogni possibile mondo extrasolare considerato ottimo candidato per la inevitabile migrazione umana.

- **I tre fattori di scelta:**

- La vicinanza alla Terra;
- Le caratteristiche fisiche dell'esopianeta;
- La sua predisposizione ad essere Terraformato;



- **Alcuni candidati attuali:** dopo nemmeno due decenni dalla scoperta del primo esopianeta in orbita intorno ad una stella di *Sequenza Principale* è possibile ipotizzare, almeno in linea teorica, alcuni tra quelli conosciuti che possano essere attualmente i più indicati alla colonizzazione, anche se col trascorrere del tempo sempre maggiore studi e nuove scoperte drasticamente cambieranno i *targets* oggi indicati:

- *Proxima b*, di massa 1.4 volte la Terra, periodo orbitale 11.2 giorni intorno a *Proxima Centauri* nana rossa di tipo M, situata a soli 4.2 anni luce dal Sole;

- *Gliese 667Cc*, di massa 0.33 volte la Terra, periodo orbitale 28.2 giorni intorno a *Gliese 667C* nana rossa di tipo M, situata a 23.63 anni luce dal Sole;

- *Kepler 452b*, di massa 5 volte la Terra, periodo orbitale 385 giorni intorno a *Kepler 452* nana gialla di tipo G2V, situata a 1402 anni luce dal Sole;

LA DEBOLEZZA DEL 'FATTORE UMANO'

- L'esplorazione spaziale è, dalla seconda metà del ventesimo secolo, una delle più grandi avventure che il genere umano si è trovato ad affrontare al fine di chiarire importanti quesiti scientifici e filosofici inerenti alla storia e all'evoluzione dei pianeti del Sistema Solare e, forse ancor più interessante e di grande attrattiva negli ultimi anni, alla presenza di vita oltre la Terra e alla scoperta di pianeti extrasolari simili al nostro mondo;
- Esplorare lo spazio è un sogno divenuto realtà per l'umanità, ma ci sono voluti molti tentativi e molti sforzi e alcuni incidenti catastrofici hanno portato alla perdita di molte vite umane;
- La partecipazione umana ai voli spaziali comporta gravi rischi fisiologici che aumenteranno notevolmente quando saremo obbligati ad intraprendere il viaggio verso altri mondi. Prima però dovranno essere affrontate nuove sfide dal cui successo dipenderà la possibilità che questa impresa senza precedenti venga compiuta;
- L'aver dato vita a missioni spaziali lunghe, faticose e costose nel corso degli ultimi decenni, tramite l'invio di satelliti in orbita, sonde nello spazio, rover sui vari pianeti del Sistema Solare (Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno, Urano e Nettuno), verso Plutone, e su varie comete e asteroidi a zozzo per lo spazio, ha contribuito inevitabilmente allo sviluppo di nuove tecnologie, al proliferare di esperimenti scientifici impossibili da effettuare in ambiente terrestre e ad una maggiore integrazione tra le forze scientifiche internazionali;
- Naturalmente l'uomo non ha fatto solo da spettatore. Sin dall'antichità l'essere umano ha sognato di lasciare il pianeta Terra e avventurarsi verso altri mondi e nel 1961, grazie ai progressi della tecnologia e degli studi fisici e astronomici, un cosmonauta russo, di nome *Jurij Gagarin*, ha inaugurato l'era dell'esplorazione spaziale umana compiendo un volo orbitale intorno al pianeta all'interno di una piccola capsula a misura d'uomo e rientrando, poi, sano e salvo. Da allora più di 500 astronauti hanno "messo piede" nello spazio e alcuni di loro sono arrivati a calpestare il suolo lunare riportando a "casa" anche materiale del nostro satellite naturale;

LA DEBOLEZZA DEL 'FATTORE UMANO'

- Le esplorazioni lunari sono state le uniche che hanno visto protagonista l'uomo su un altro corpo celeste che non fosse la Terra, ma importanti passi in avanti si stanno facendo per permettere ad altri astronauti, già nati secondo gli esperti, di raggiungere Marte;
- L'esplorazione spaziale umana non sarebbe stata costellata di numerosi successi e storie incredibili senza l'aiuto di satelliti, rover e persino il sacrificio di alcuni animali che, spediti nello spazio in nome della scienza hanno fornito dati essenziali per le future missioni dell'uomo;
- Da quando l'uomo ha iniziato ad investire concretamente e seriamente nella ricerca scientifica spaziale e a creare le tecnologie per iniziare ad esplorare l'ambiente extraterrestre (sistemi di protezione e potenziamento del razzo primario e del propellente liquido, progetti basati sull'energia solare, analisi più accurata della rotta basata sulla posizione delle stelle), nuovi obiettivi, sempre più ambiziosi, sono stati aggiunti ai vari programmi elaborati dalle potenze mondiali;
- Negli ultimi anni la cooperazione internazionale è risultata fondamentale per abbattere i costi e proporre soluzioni sempre migliori, soprattutto se si parla di esplorazione umana verso altri pianeti del Sistema Solare;
- Nei prossimi anni non mancheranno lo studio dell'origine e la struttura dell'universo (la materia oscura è uno degli argomenti cardine di questo settore), la ricerca di vite extraterrestri e le scoperte di pianeti extrasolari, la colonizzazione (e l'utilizzo) di corpi celesti minori (comete e asteroidi) e lo sviluppo di nuove tecnologie che troverebbero, poi, un più vasto campo applicativo anche in altri settori;
- <https://www.pirelli.com/global/it-it/life/missioni-nello-spazio-l-uomo-nello-spazio> (18/11/2016)

LA DEBOLEZZA DEL 'FATTORE UMANO'

- Le missioni robotiche presentano numerosi vantaggi rispetto a quello con equipaggio, non devono trasportare cibo e equipaggiamenti e risorse per la sopravvivenza, e anche gli incidenti sono maggiormente tollerati in quanto non vi è il rischio di perdite umane, e questa sarà dunque la via per gettare le basi per il futuro dell'espansione umana;
- Le missioni umane di lunga durata attualmente effettuate, tra i tre e i sei mesi con un massimo di 340 giorni sulla ISS per due astronauti uno russo ed uno americano, hanno dimostrato che l'ambiente di microgravità provoca seri problemi fisiologici, con perdita di massa ossea e muscolare e possibile atrofia cardiaca, per non parlare dei possibili rischi di assorbimento di alte dosi di radiazioni ionizzanti provenienti dal mezzo interplanetario (o interstellare in un prossimo futuro), potenzialmente letali;
- Le tre possibilità per limitare il deterioramento fisiologico sono:
 - ridurre la durata del viaggio;
 - sottoporre l'equipaggio *all'animazione sospesa*;
 - implementare sistemi per fornire a determinate parti della nave *gravità artificiale* (navicella *Nautilus-X*, progetto ipotizzato dalla NASA nel 2011, dove il toroide rotante producendo forza centrifuga ricrea un ambiente di gravità artificiale – come magistralmente illustrato con la lenta rotazione del nucleo dell'astronave *Discovery One* nell'epico film *2001 Odissea nello Spazio*);



IL POSSIBILE INCONTRO CON CIVILTÀ ALIENE

Quando la specie umana riuscirà ad intraprendere il lunghissimo viaggio verso l'ignoto diretta verso altri sistemi stellari, potrebbe esistere la possibilità di un incontro con eventuali altre forme di vita, da semplici microorganismi a civiltà evolute, e potenzialmente con tecnologie molto molto più avanzate della nostra;

- In un universo popolato da centinaia di miliardi di galassie contenenti centinaia di miliardi di stelle, e dopo avere stimato essere decine di miliardi i pianeti aventi condizioni simili a quelle terrestri, non è assurdo pensare che almeno una minima parte di essi possa ospitare le condizioni adatte allo sviluppo della vita;
- **Panspermia:** sviluppata alla fine del secolo scorso, oggi la teoria è largamente accettata. Essa ipotizza che la vita sia arrivata sulla Terra trasportata da comete e/o meteoriti, e analogamente dovrebbe quindi essere giunta anche altrove;
- **Organismi estremofili:** capaci di svilupparsi in ambienti altamente ostili, per temperature estreme o nel vuoto, e con altissimi livelli di radiazioni. Esempari sono stati ritrovati nelle acque termali in ebollizione nel Parco di Yellowstone, USA, nei crateri vulcanici, e testati in autoclavi il *ceppo121* sopravvisse raddoppiando la popolazione in 24 ore fino a 121 gradi. Organismi *psicrofoli* risalenti al Pleistocene sono stati ritrovati in vita nel permafrost ghiacciato in Alaska, in campioni risalenti ad oltre 32000 anni fa;

IL POSSIBILE INCONTRO CON CIVILTÀ ALIENE

Civiltà intelligenti: un conto è avere discusso della possibilità per la vita di evolversi in ambienti estremi, un altro è poter affermare che esistano forme di vita intelligenti anche al di fuori del nostro pianeta. Al momento possiamo dare solo una risposta parziale: nel sistema solare non possono esistere forme di vita intelligenti, a parte che sulla Terra. Ma addentrandoci nello spazio profondo questa certezza vien meno: le eventuali forme di vita evolute potrebbero essere molto diverse dal concetto di vita che abbiamo, ad es. potrebbero non essere basate sul carbonio come la specie umana, e con forti differenze etiche e culturali;

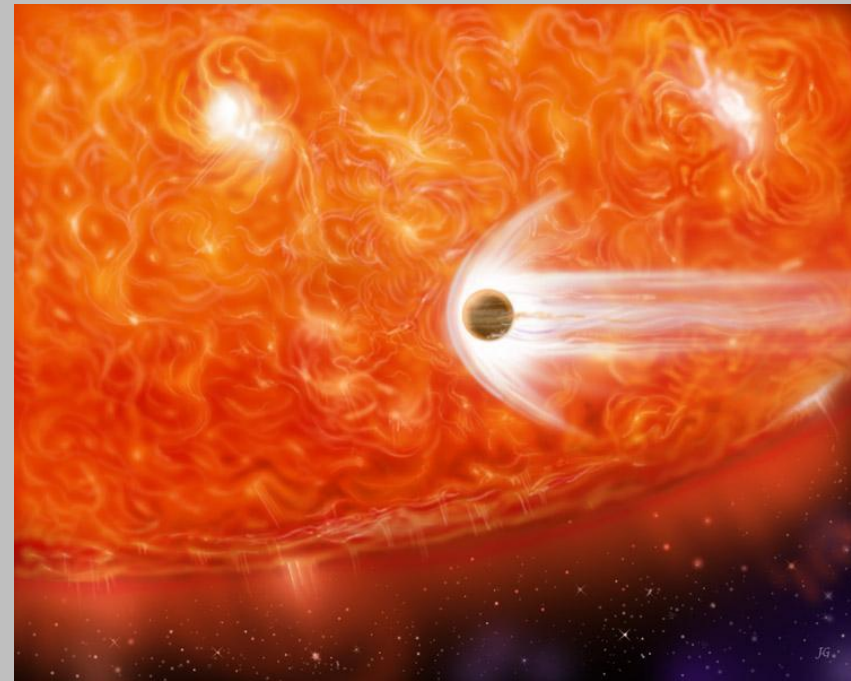
SETI's Declaration of Principles Concerning Activities Following the Detection of Extraterrestrial Intelligence: sviluppato dal *Search for ExTraterrestrial Intelligence*, benché non ratificato da organismi governativi, il trattato stabilisce protocolli da seguire in caso di un eventuale contatto alieno, ed in ogni caso prima che la specie umana intraprenda il viaggio verso le stelle dovrà essere ratificato dalle Nazioni Unite un *Trattato Internazionale* per contemplare in dettaglio il contatto con eventuali entità extraterrestri e procedure da seguire, considerato che il contatto con civiltà extraterrestri potrebbe implicare notevoli rischi per entrambe le parti (contagio di malattie per trasmissione di organismi patogeni, aggressioni e tentativi di annichilazione, unilaterali o reciproche). Come risponderebbe infatti l'essere umano in caso di atterraggio su esopianeti con civiltà tecnologicamente inferiori?? E in caso queste civiltà fossero superiori alla nostra??? Tutte queste considerazioni renderanno necessaria, almeno da parte dell'Umanità, la definizione di una *Legislatura Spaziale* in grado di considerare ogni eventuale scenario che potrà presentarsi nella colonizzazione del Cosmo;



IL FUTURO DELLA SPECIE UMANA

IL DESTINO DELLA TERRA

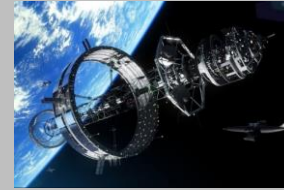
- Tra circa 5 miliardi di anni il Sole è destinato ad espandersi durante la sua fase evolutiva denominata Gigante Rossa, inglobando le orbite dei pianeti più interni e vaporizzandoli, Terra inclusa;
- Se la civiltà umana sarà ancora presente, dovrà aver trovato il modo di sopravvivere alla fine della propria stella;



- **S. Hawking**, cosmologo, UK, (1942-2018) “L’umanità non sopravvivrà altri mille anni senza dover abbandonare il nostro pianeta. Dobbiamo colonizzare lo spazio il prima possibile per sopravvivere”

IL FUTURO DELLA SPECIE UMANA

IL DESTINO DELL'UOMO



- L'unica soluzione pratica sarà quella di abbandonare il nostro pianeta, condannato alla distruzione, adattandosi alla vita nello spazio, tramite la creazione di mondi artificiali ed autosufficienti che permettano la continuazione della vita con viaggi, o meglio esodi, verso altri mondi altri pianeti di altri sistemi stellari;
- Poiché molte altre stelle più massicce del Sole hanno già necessariamente completato il loro ciclo evolutivo è probabile che altre ipotetiche civiltà abbiano già dovuto affrontare e risolvere questo problema, e stiano conseguentemente errando per un Universo talmente esteso che la probabilità di un incontro resta comunque esigua;



- **Epicuro**, Lettera ad Erodoto, (c.a. 300 A.C.) **“Esiste un numero infinito di mondi, alcuni come questo, altri diversi”**²⁴

IL FUTURO DELLA SPECIE UMANA

IL FUTURO IN UNA NAVE INTERSTELLARE: PARTENZA FISSATA PER IL 2100



- **100YSS/100 Year Starship Project (Navicella spaziale del secolo)** - proposto nel 2010 dalla **Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)** e dalla **National Aeronautics and Space Administration (NASA)**, progetta l'esodo di una pattuglia di astronauti per i lidi lontanissimi di stelle della Via Lattea, un esodo senza ritorno. E' stato sostanzialmente voluto ed è finanziato principalmente da DARPA, agenzia del Dipartimento della Difesa USA per la Ricerca Militare fondata nel lontano 1958: <https://100yss.org/>

Promuove e finanzia progetti, infrastrutture e ricerche legate all'obiettivo di sviluppare dei sistemi che permettano di centrare quanto annunciato entro 100 anni, anche tramite simposi annuali (ultimo quello del 2017, Santa Monica, California, USA)



IL FUTURO DELLA SPECIE UMANA

LA PARTENZA DEFINITIVA

Vivendo nella prima metà del ventunesimo secolo è molto complesso poter prevedere il momento ed in che modo avverrà la partenza definitiva dal pianeta Terra. Questo evento, che non accadrà volendo essere ottimisti prima di qualche centinaio di migliaia di anni, sempreché la specie umana sia in grado di sopravvivere così a lungo, e sicuramente finché il pianeta potrà ospitare la vita, sarà di un'importanza senza precedenti nella storia dell'uomo. Abbandonando il nostro pianeta per guardare oltre sarà inevitabile ricordare quanto detto in un famoso discorso da C. Sagan (1934-1996), dopo che la nave *Voyager 1* mandò la famosissima immagine *Pale Blue Dot*, una fotografia del pianeta Terra fortemente voluta da Sagan da 6 miliardi di chilometri di distanza ben oltre l'orbita di Nettuno, riportato interamente nella prossima *slide*. *Pale Blue Dot* non può ora e non potrà farci rimanere indifferenti al momento della partenza, la fotografia -così oggettiva e così terrificante- impone una riflessione sullo spazio che occupiamo nel nostro *tenue puntino blu*, sul nostro ruolo nella vastità dell'universo, e sulla "follia delle vanità umane". E' un esercizio di umiltà, e ben poche fotografie nell'intera storia dell'umanità hanno saputo essere così potenti.



CARL SAGAN – PALE BLUE DOT – 14 FEBBRAIO 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 i signori momentanei 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 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 vi 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”

BIBLIOGRAFIA:

- Baquero, O. A. R. “La presenza umana al di là del Sistema solare” (2017) Ed. RBA Italia s.r.l.;
- "Deep Space 1 Asteroid Flyby" (PDF Press kit) NASA, 26 July 1999;
- HAYABUSA: Research in the Asteroid 'Sample & Return' Explorer, Japan Aerospace Exploration Agency, 09/05/2003;
- Basilevsky A.T., Keller H.U., Nathues A., Mall J., et al. (2004) "Scientific objectives and selection of targets for the SMART-1 Infrared Spectrometer (SIR)", Planetary and Space Science, 52 (14): 1261–1285;
- Bussard, R.W. (1960) "Galactic Matter and Interstellar Flight" (PDF), Astronautica Acta, 6: 179–195;
- Bennett C.H., Brassard, G., Crépeau, C., et al. (1993) Teleporting an unknown quantum state via dual classical and Einstein-Podolsky-Rosen channels, Phys. Rev. Lett. 70, pp. 1895–1899;
- Alcubierre, M. (1994) “The Warp Drive: Hyper-fast travel within general relativity”, Classical and Quantum Gravity, 11:L73-L77;
- "Kepler: NASA's First Mission Capable of Finding Earth-Size Planets" (PDF) NASA, February 2009;
- "James Webb Space Telescope. JWST History: 1989-1994" (2017), Space Telescope Science Institute, Baltimore, MD, USA;

BIBLIOGRAFIA:

- Caplan, Matthew, "Stellar engines: Design considerations for maximizing acceleration«, Acta Astronautica, 165: 96–104, December 17, 2019, Bibcode:2019AcAau.165...96C. doi:10.1016/j.actaastro.2019.08.027;
- "How to Escape a Super Nova - Stellar Engines". https://www.youtube.com/watch?v=v3y8AIEX_dU, YouTube. Kurzgesagt. December 22, 2019;
- Basilevsky A. T.; Keller H. U.; Nathues A.; Mall J.; et al. (2004) "Scientific objectives and selection of targets for the SMART-1 Infrared Spectrometer (SIR)". Planetary and Space Science. 52 (14): 1261–1285;
- Alcubierre, M. "The Warp Drive: Hyper-fast travel within general relativity", Classical and Quantum Gravity, 11:L73-L77,1994;
- "Kepler: NASA's First Mission Capable of Finding Earth-Size Planets" (PDF) NASA, February 2009;
- "James Webb Space Telescope. JWST History: 1989-1994", Space Telescope Science Institute, Baltimore, MD, 2017;

K. Tsiolkovski, Astrofisico, Russia (1857-1935):



**“Terra – la culla
dell'umanità,
Ma non si può
vivere per sempre
in una culla”**

(Tsiolkovsky K. E.)

Tsiolkovsky K. E.

1857 – 1935

Uno scienziato russo,
Pioniere dell'astronautica
Nel 1983 viene considerato
il padre del volo spaziale umano

GRAZIE PER L'ATTENZIONE