



Verso Marte!

(ovvero, perché ancora non ci siamo andati...)



Stefano Covino
INAF / Brera Astronomical Observatory



In realtà, nella fantasia, su Marte ci siamo da molto...

- ◆ Sopravvissuto - The Martian (2015)
- ◆ John Carter (2012)
- ◆ Doom (2005)
- ◆ Fantasmí da Marte (2001)
- ◆ Mission to Mars (2000)
- ◆ Pianeta rosso (2000)
- ◆ Rocketman (1997)
- ◆ Atto di forza (1990)
- ◆ Robinson Crusoe on Mars (1964)
- ◆ Santa Claus Conquers the Martian (1964)
- ◆ Marte distruggerà la Terra (1959)

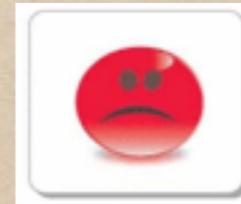


Ma, nella realtà, una missione umana non è vicina...

1. Tecnologia di volo



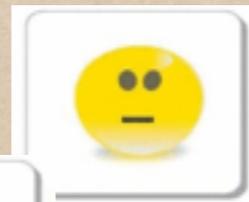
2. Protezione degli astronauti e strutture dalle radiazioni



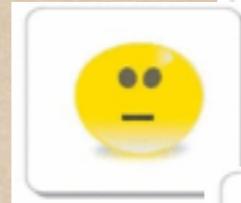
3. Effetti della mancanza o ridotta gravità su cose e persone



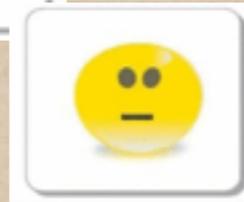
4. Soluzione e gestione dei problemi medici



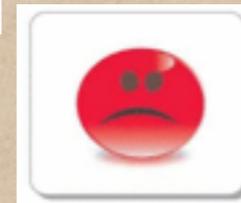
5. Controllo dei problemi psicologici



6. Problemi metabolici come il sonno, ecc.



7. Possibile contaminazione da microorganismi, ecc.



8. Gestione delle comunicazioni



9. Reperimento dei fondi e gestione della collaborazione



Presentiamo il nostro compagno di Viaggio!

Marte

Massa: 1 decimo

Distanza dal sole: 1.5

Lunghezza anno: 687 g

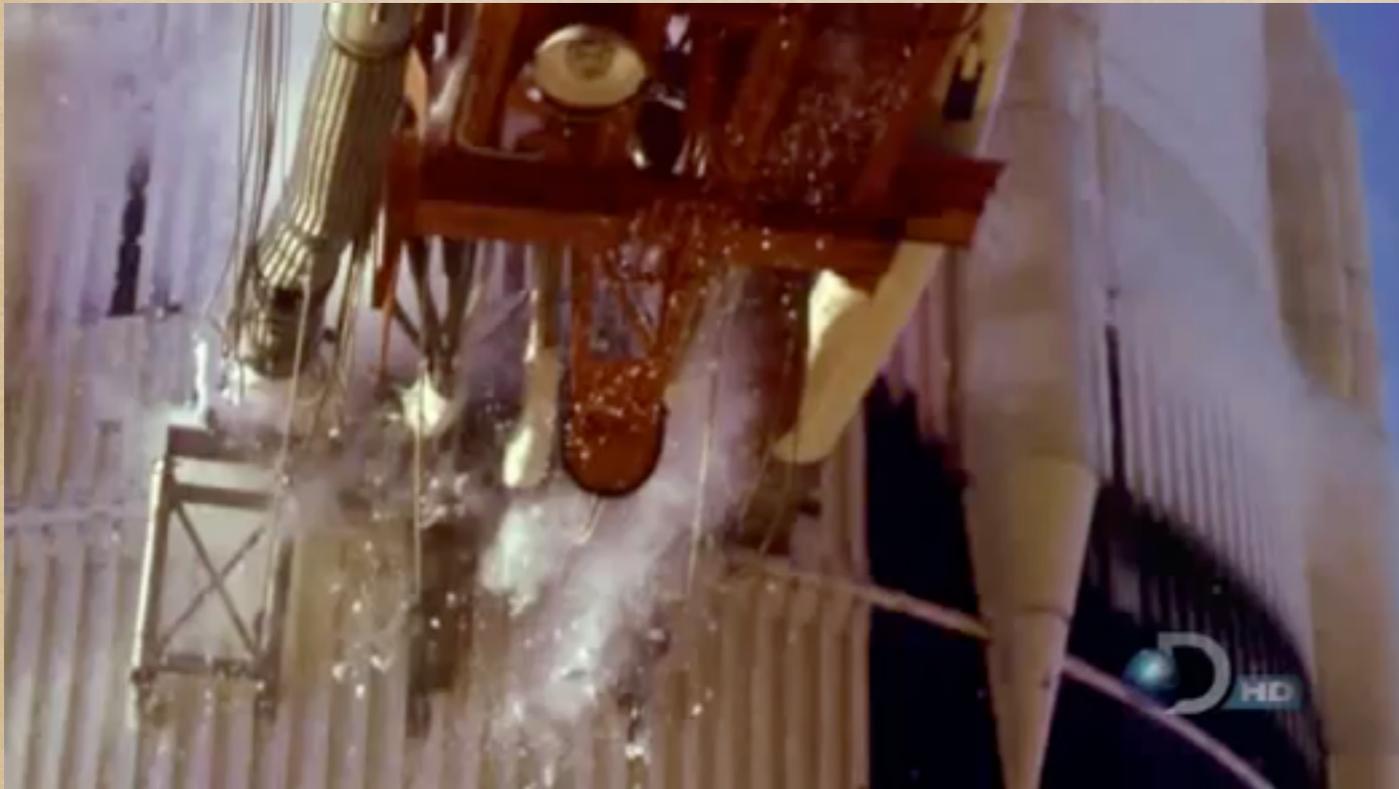


Durata giorno: 24,6 e 23,9 h

Inclinazione asse: 25 e 23,5°



Tecnologia di volo

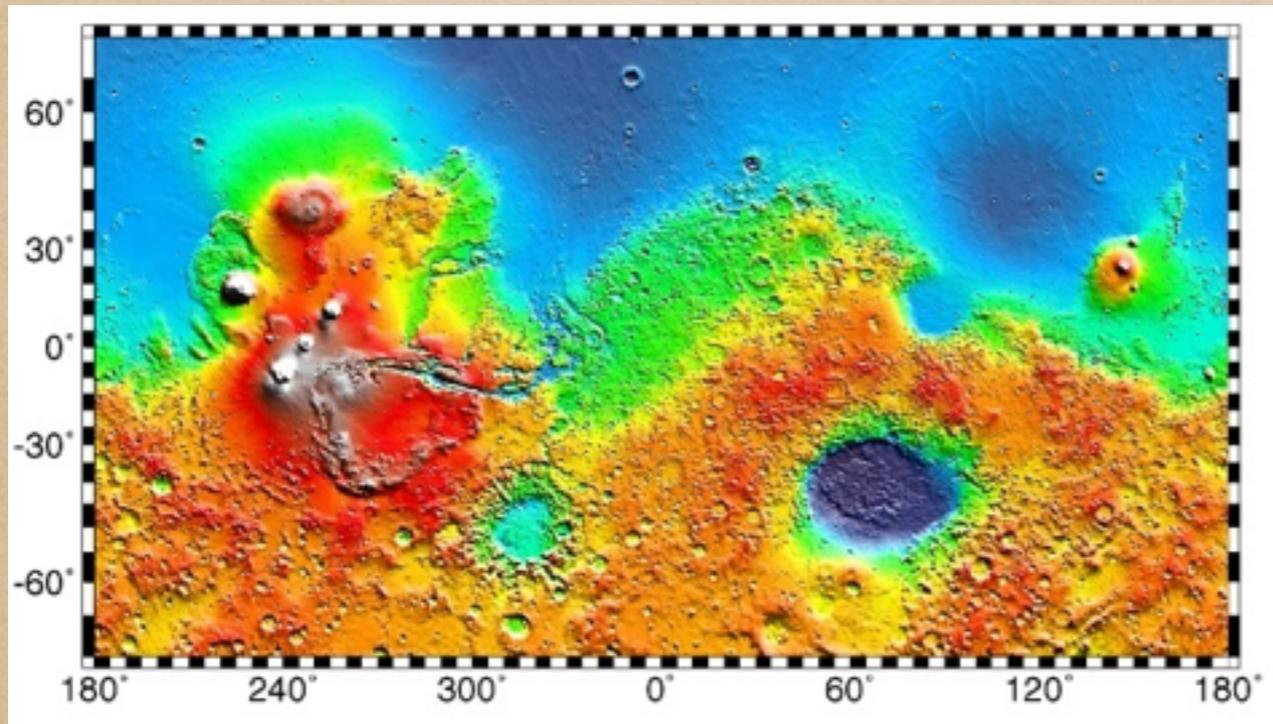


Il razzo Saturno V al decollo

- 3000 ton di peso al decollo per 45 ton in orbita lunare;
- 111m di lunghezza
- Ma per Marte ci vuole molto altro...

- ◆ Per dirla in breve, non abbiamo alcun razzo di potenza sufficiente per portare in orbita il materiale necessario e poi trasferirlo verso Marte;
- ◆ Il modulo di atterraggio non potrà pesare meno di 40-50 ton;
- ◆ Ci sono una grande varietà di idee per motori di nuova generazione e più potenti, ma nulla oltre lo stadio di studi di fattibilità.

L'ammartaggio...



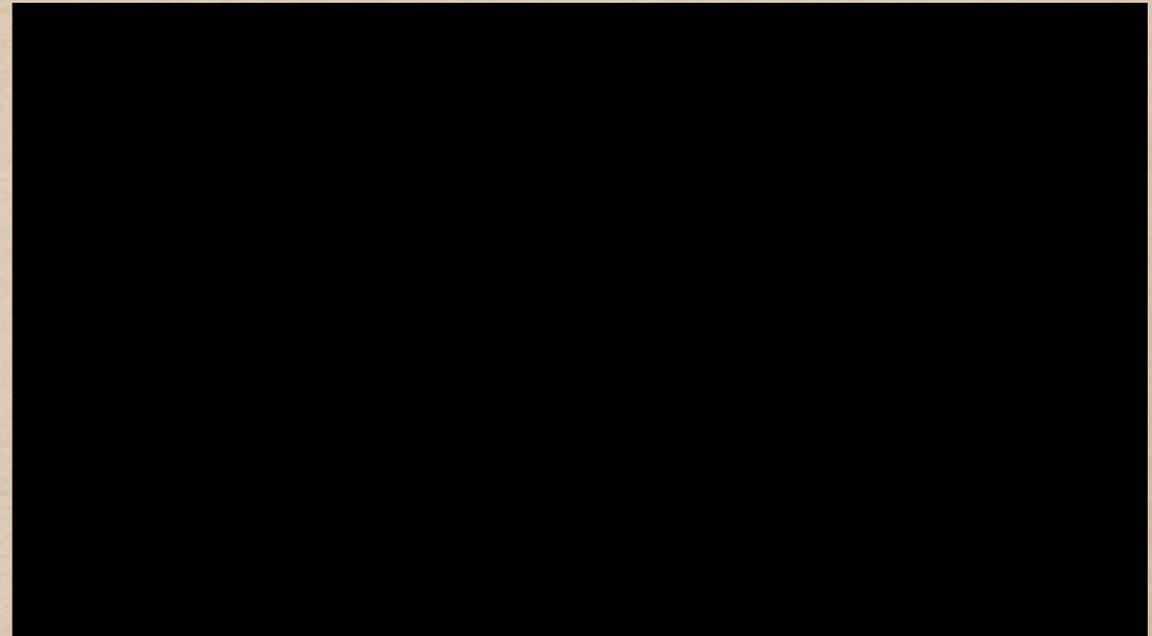
Il viaggio di Curiosity (2012)

- ◆ Paracaduti, o altri mezzi aerodinamici, sono poco efficienti. L'atmosfera di Marte è poco densa.
- ◆ Airbag e simili sono da studiare per strutture massicce.
- ◆ "Gru" e simili richiedono comunque razzi, carburante, ecc.
- ◆ Possibile, forse, separare la struttura in molte componenti più piccole.

Tecniche di ammortaggio...



Spirit e Opportunity



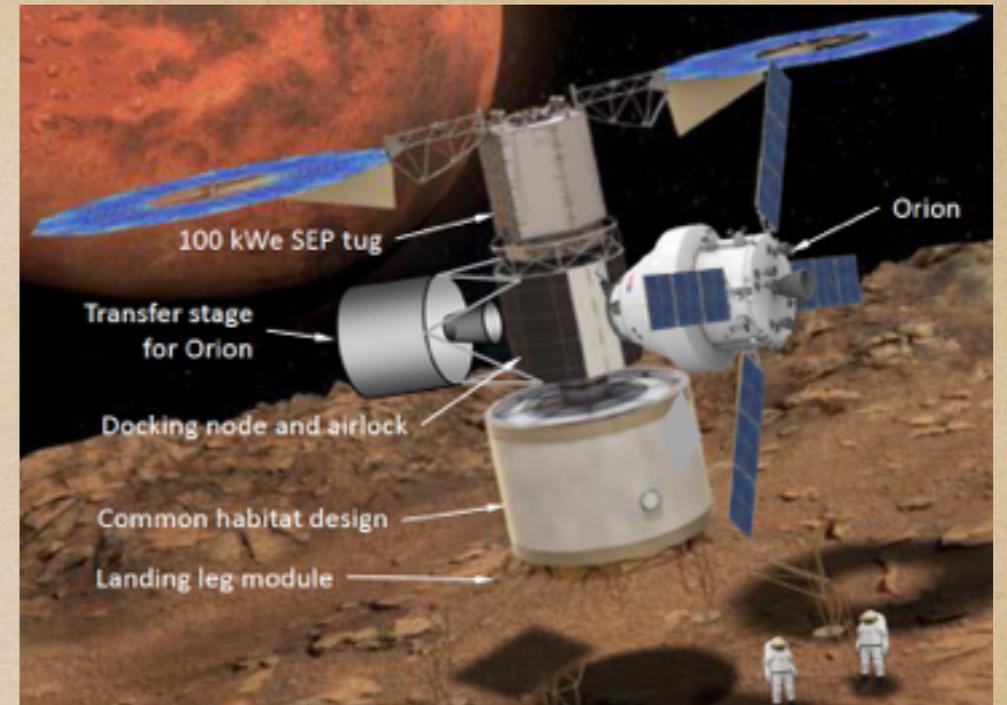
- ♦ Viking: paracadute e retrorazzi
- ♦ Mars Pathfinder (Sojourner): paracadute, retrorazzi e air-bag
- ♦ Mars Exploration Rovers (Spirit e Opportunity): paracadute, retrorazzi e air-bag
- ♦ Phoenix lander: paracadute e retrorazzi
- ♦ Mars Science Laboratory (Curiosity): paracadute, retrorazzi e "gru"
- ♦ Nel futuro è probabile che il paracadute non verrà più usato.

Curiosity



La navicella...

- ◆ Qui la faccenda è semplice. Non esiste, neppure a livello di prototipo, nulla di “costruito”.
- ◆ Ovviamente esistono invece un’infinità di rendering grafici di idee al momento nulla più che giochi di fantasia.



NASA



Inspiration Mars

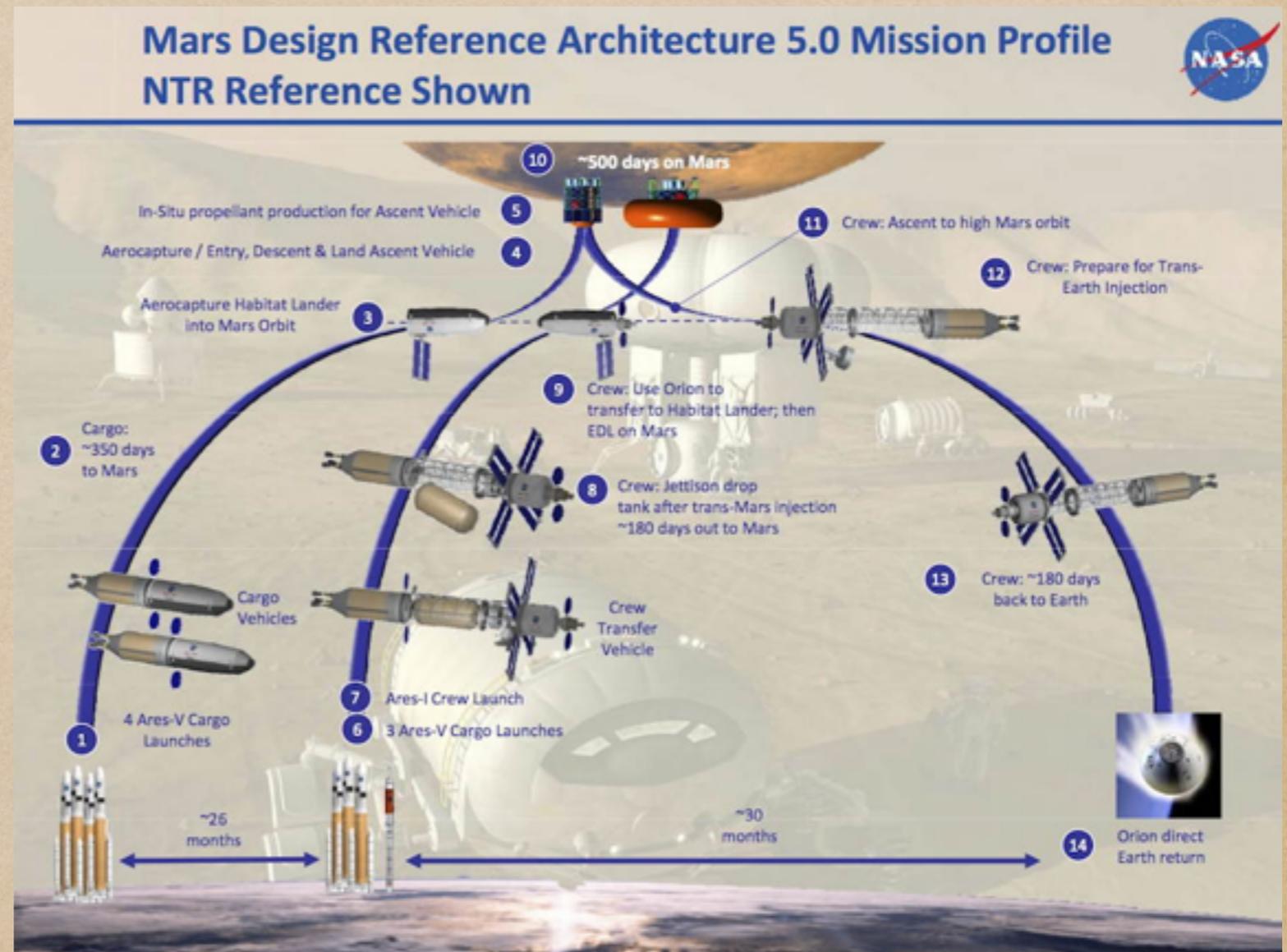


NASA

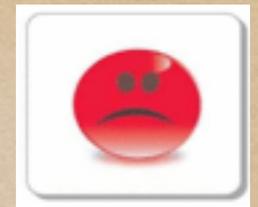
Il profilo di missione



- ◆ Qui le scelte sono varie ed in parte non obbligate.
- ◆ Il “tradizionale” schema Terra-orbita di parcheggio-orbita di Marte-Superficie marziana, e ritorno, sembra ben congegnato.



Protezione da radiazioni

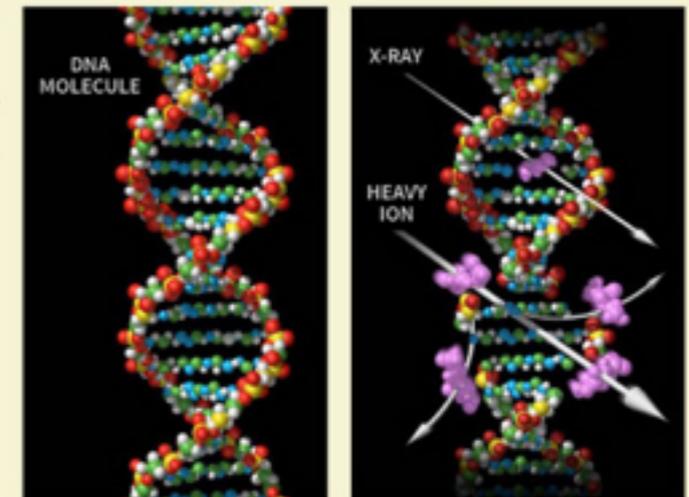


- ◆ In breve, non sappiamo come proteggere gli astronauti durante il viaggio.
- ◆ L'ESA accetta una dose totale di 1 sievert per tutta la carriera di un astronauta (equivalente circa ad un aumento del 5% della probabilità di avere tumori ingenerati da radiazioni).
- ◆ Sulla superficie il problema probabilmente sarà minore, ma non assente.
- ◆ Pericolo non solo per gli astronauti ma, ad esempio, anche per le scorte di cibo e/o per componenti elettroniche sensibili alle radiazioni.
- ◆ Le soluzioni sono tutte molto pesanti e/o voluminose: schermi d'acqua, piombo, campi magnetici, ecc. magari farmaci capaci di favorire la riparazione dei danni da radiazioni ionizzanti.

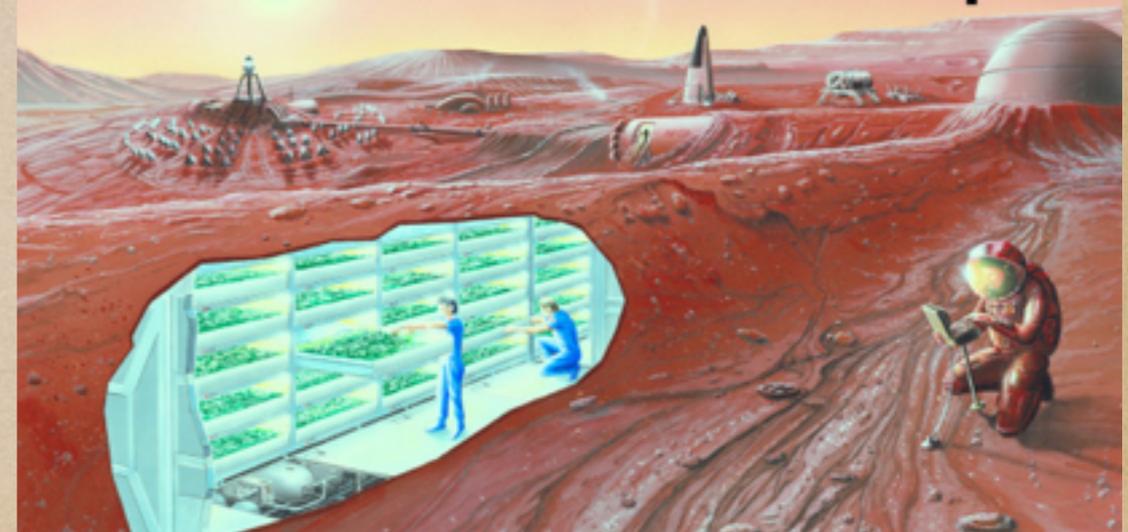
How Radiation Harms the Human Body

Radiation in space takes the form of **subatomic particles** from the sun as well as from sources in the Milky Way galaxy and beyond. These high-speed particles **tear through DNA** molecules, splitting them or damaging the instructions they have encoded for cell reproduction. The damaged DNA can lead to cancers or other diseases.

Radiation exposure can be **acute** (a high dose in a short period of time) or **chronic** (low levels of radiation over a long time).



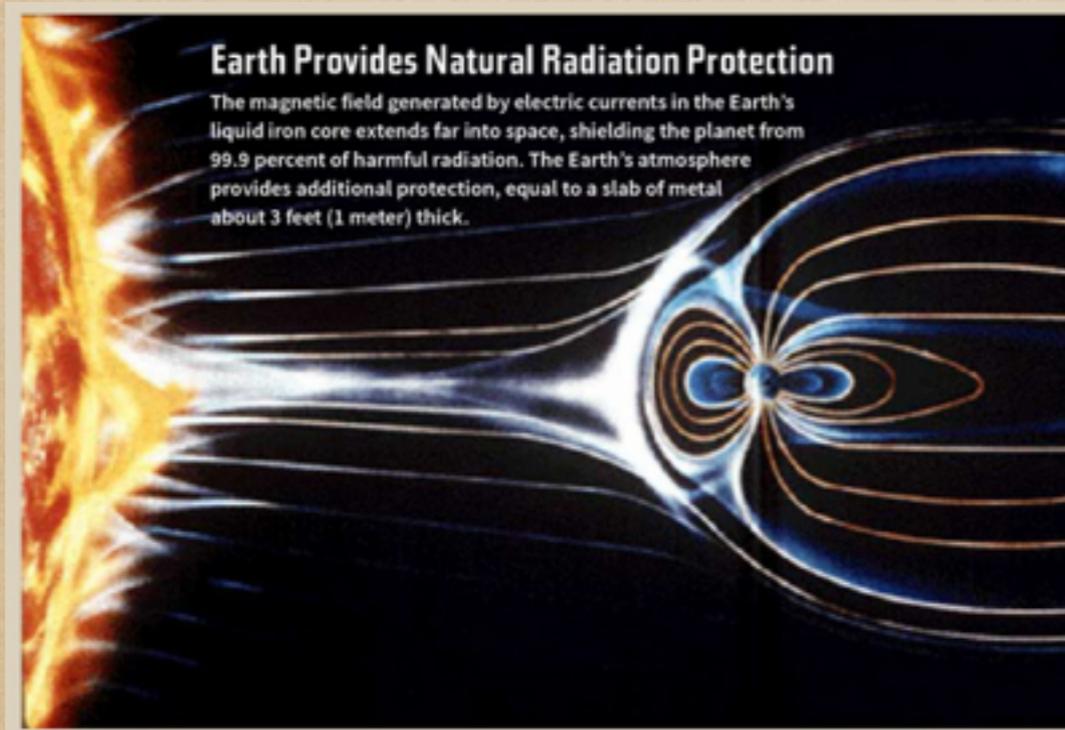
Radiation Threat to Humans in Space



ASTRONAUTS LIVING ON MARS MIGHT BURY THEIR HABITAT MODULES UNDER THE SOIL FOR PROTECTION (CREDIT: NASA)

A study of data from an instrument on the Curiosity Mars rover shows that radiation in space poses a threat to humans who would venture to the Red Planet.

Sulla Terra siamo ben protetti...



Dangerous Radiation in Space and on the Moon

For people outside the protection of Earth's magnetic field, space radiation becomes a serious hazard.

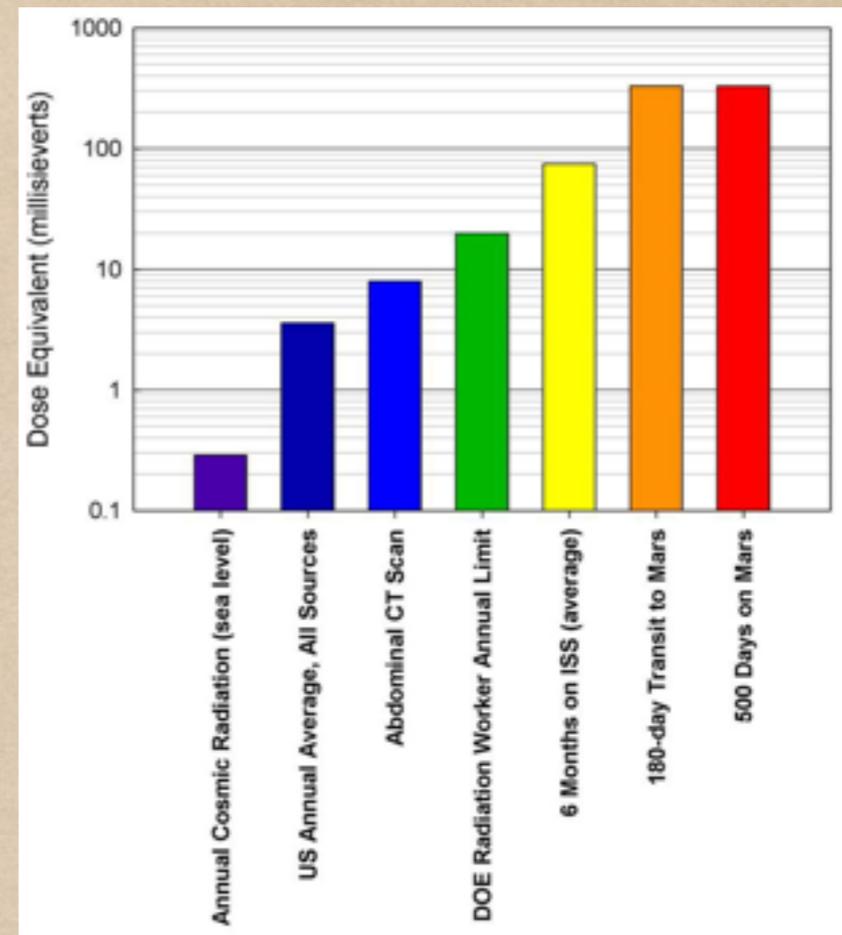
An instrument aboard the Curiosity Mars rover during its 253-day deep-space cruise revealed that the radiation dose received by an astronaut on even the shortest Earth-Mars round trip would be about **0.66 sievert**. This amount is like receiving a whole-body CT scan every five or six days.

A dose of 1 sievert is associated with a **5.5 percent increase** in the risk of **fatal cancers**. The normal daily radiation dose received by the average person living on Earth is 10 microsieverts (0.00001 sievert).

The **moon** has no atmosphere and a very weak magnetic field. Astronauts living there would have to provide their own protection, for example by burying their habitat underground.



APOLLO 12 ASTRONAUT ALAN BEAN (CREDIT: NASA)

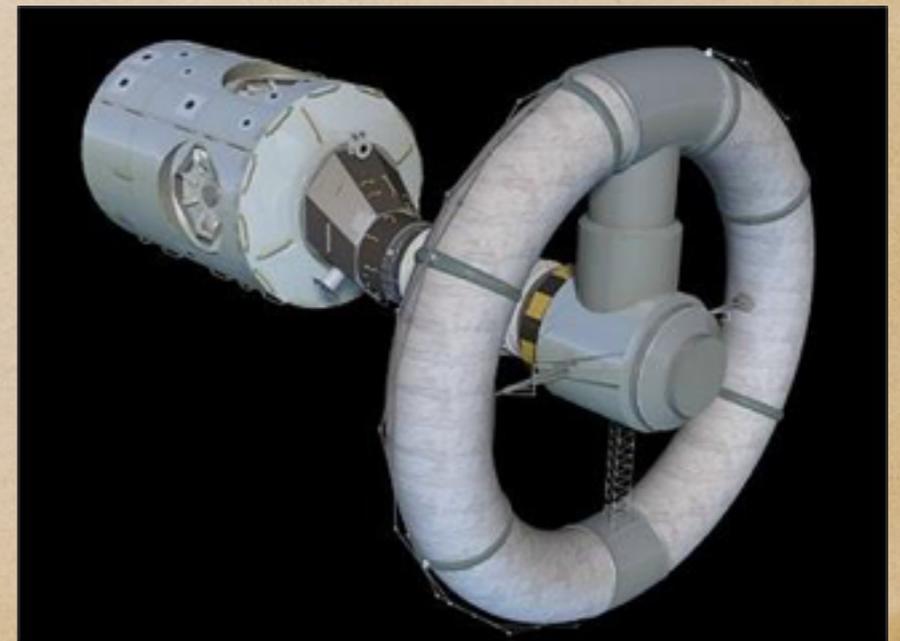


- ◆ Le misure di Curiosity danno limiti superiori ai limiti prudenziali, ma non enormemente maggiori.
- ◆ Sembra, insomma (forse) un problema più gestibile di quanto pensato in passato.

Manca di gravità



- ◆ Su Marte la gravità è circa un terzo di quella terrestre, “probabilmente” sufficiente per vivere.
- ◆ Durante il viaggio l'assenza di gravità sarebbe fatale (perdite di circa 1% della massa ossea per mese). Forse effetti peggiori sulle donne. Ed è possibile che si tratti di modifiche irreversibili.
- ◆ Gli studi sull'assenza di gravità condotti su astronauti sulla ISS mostrano chiaramente che il problema è molto grave.

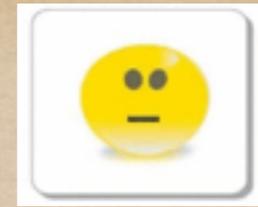


Manca di gravità

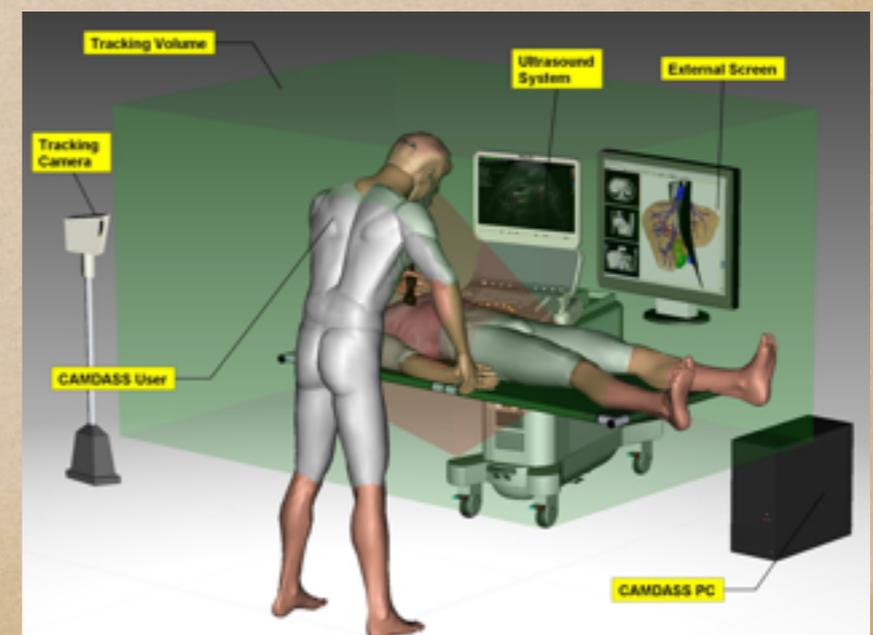


- ◆ Soluzioni: gravità simulata per rotazione (grossi problemi ingegneristici), farmaci ed alimentazione per contrastare il fenomeno, esercizi fisici, ecc. Al momento, va detto, nessuna soluzione è stata trovata essere efficace.
- ◆ Ad esempio, una stazione di 9m di raggio deve fare 10 giri al minuto per avere gravità terrestre. Ma con un grosso gradiente... nessuno sa cosa potrebbe provocare. È da sperimentare.
- ◆ In ogni caso la progettazione di strutture rotanti è complessa, per non parlare delle giunzioni fra i vari moduli.
- ◆ Cambia completamente la dinamica della navetta: diventa una specie di giroscopio. Carburante extra, comandi di assetto complessi. Massa controrotaie da gestire...

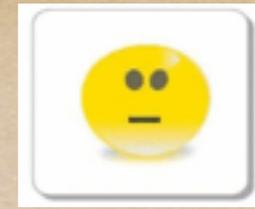
Problemi medici



- ◆ Per missioni di durata di anni l'assenza di assistenza medica (non solo il medico, ma anche strumentazione, farmaci, ecc.) rende i pericoli molto elevati.
- ◆ Ovviamente tenendo conto di come l'ambiente è ostile questa implica una complessa pianificazione di ogni azione. Non c'è possibilità di soccorso.
- ◆ In realtà si tratta di un'esperienza non ignota in passato ad esploratori, navigatori, ecc. Però la gestione di queste esperienze è probabilmente più complessa per l'uomo moderno.
- ◆ Soluzioni: preparazione psicologica accurata degli astronauti, medici nell'equipaggio, ampia dotazione di prodotti medici, ecc.



Problemi psicologici



- ◆ Stare a contatto stretto per anni è estremamente difficile.
- ◆ Gestione dei litigi, delle tensioni (ci sono stati anche sulla Stazione Spaziale e nelle missioni di lunga durata sulla Mir e Skylab).
- ◆ Non dimentichiamoci che non c'è la possibilità di interrompere la missione alla bisogna. Non ci sono vie di fuga, in quanto le finestre di lancio sono obbligate.
- ◆ Non è possibile simulare nulla del genere a Terra (o nelle sue vicinanze). Si tratta di un'incognita totale.
- ◆ Soluzioni: prevedere una lunga serie di test con permanenze nello spazio sempre più lunghe senza possibilità di recupero d'emergenza. Fondamentale è l'importanza della comunicazione con il centro di controllo e la cura nella composizione dell'equipaggio.



Problemi metabolici



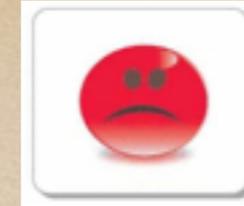
- ◆ Ci saranno grossi problemi di metabolismo.
- ◆ Si è visto anche in simulazioni a terra, si dorme ad esempio poco e male, e la cosa ha un effetto fortissimo sull'efficienza fisica e psicologica.
- ◆ Anche depressione ed ansia sono possibili. Non dimentichiamoci che gli abitacoli non sono ambienti quieti e rilassanti (rumori, luci, ecc.).
- ◆ Si tratta di problematiche con effetto potenzialmente fatale (il 50% degli astronauti dello Shuttle prende pillole per dormire).
- ◆ Soluzioni: possibile meccanismi per simulare i cicli di sonno con varie tecniche, farmaci, ecc. Sono in atto studi sulla Stazione Spaziale.

***In-flight Medical events for U.S. Astronauts during the Space Shuttle Program
(STS-1 through STS-89, April 1981 to January 1998)^[2]***

Medical Event or System by ICD9* Category	Number	Percent of Total
Space adaptation syndrome	788	42.2
Nervous system and sense organs	318	17.0
Digestive system	163	8.7
Skin and subcutaneous tissue	151	8.1
Injuries or trauma	141	7.6
Musculoskeletal system and connective tissue	132	7.1
Respiratory system	83	4.4
Behavioral signs and symptoms	34	1.8
Infectious diseases	26	1.4
Genitourinary system	23	1.2
Circulatory system	6	0.3
Endocrine, nutritional, metabolic, and immunity disorders	2	0.1

**International Classification of Diseases, 9th Ed.*

Microbi, ecc.



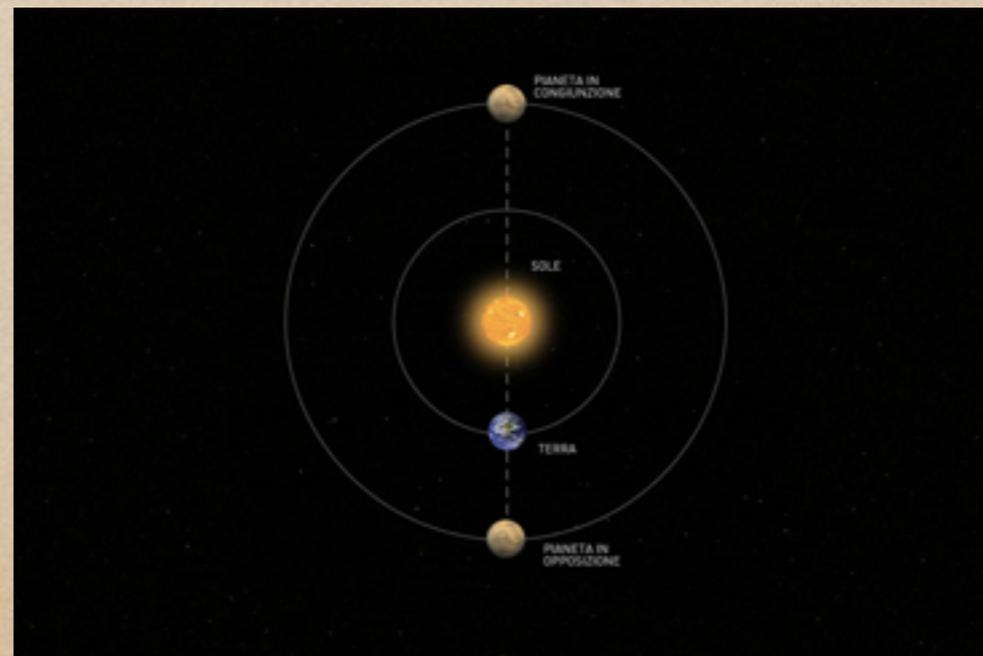
- ♦ Si tratta in parte di un problema “etico” più che pratico, ma la possibilità di inquinamento dell’ambiente marziano è elevata.
- ♦ Non abbiamo soluzioni sicure al 100% per missioni umane.
- ♦ C’è quindi il grosso pericolo di distruggere/influenzare l’ambiente marziano in maniera permanente ed irreparabile. Si tratterebbe di distruggere ogni eventuale forma di vita autoctona.
- ♦ Meno probabile, è la possibilità di portare “a casa” microorganismi marziani.
- ♦ Soluzioni: più che altro si tratta di decidere quanto siamo disposti a fare. Si tratta senz’altro, se mai, di vita a livello base. Ma egualmente la questione andrà affrontata.



Comunicazioni Marte/Terra



- ◆ Le comunicazioni sono lente, per la distanza, e basate su una catena di strutture che possono guastarsi.
- ◆ Senza comunicazioni la missione sarebbe in grado di gestirsi? Esiste poi tutta una serie di problematiche di tipo psicologico che senza comunicazioni potrebbero diventare non controllabili.
- ◆ Chiaramente le competenze a Terra saranno comunque necessarie alla gestione della missione, alla soluzione di problemi, ecc. Nel caso di emergenze gravi il livello di stress degli astronauti ne grandemente inibirebbe l'efficienza.
- ◆ Soluzioni: sistemi ridondanti, ecc. Si tratta in realtà di un problema probabilmente gestibile.



Costo/Organizzazione



- ◆ Almeno 20 miliardi di € per una singola missione, ma il costo di ricerca e sviluppo sarebbe imponente (500 miliardi di €, per altro probabilmente un eccellente investimento).
- ◆ Problemi più che di reperimento di risorse legati alla gestione della collaborazione per anni, almeno una ventina.
- ◆ Non solo connessioni fra scienziati, ma anche fra industrie, ecc. Ogni imprevisto e cambiamento implicherà un aumento di costo. Allo stato attuale non è neppure facile prevedere quanto potrebbe essere il costo finale.
- ◆ Soluzioni: Il costo, per quanto possa sembrare paradossale, non è un problema. Si tratterebbe di avere un contesto socio-politico favorevole.
- ◆ La Stazione Spaziale Internazionale ha avuto un costo totale di circa 100 miliardi di €.
- ◆ Le missioni Apollo circa 20 miliardi di €.
- ◆ La guerra del Golfo costò 50-70 miliardi di €.
- ◆ La guerra d'Iraq circa 500 miliardi di €.
- ◆ La guerra afgana arriva ai 1000 miliardi di €.

Un biglietto per Marte

- ◆ Il numero di "progetti" di missioni spaziali presentati dalle varie agenzie è in realtà rilevante (diverse decine). A partire dall'idea di von Braun negli anni '50.
- ◆ I progetti attuali NASA prevedono il 2035 come data possibile.
- ◆ Recentemente sono comparse "sul mercato" offerte da privati... Inspiration Mars Foundation, Mars One, ecc.



L'ostacolo principale?



- ◆ I rover marziani di attuale e soprattutto futura generazione aprono possibilità esplorative immense.

Arrivederci su Marte!



<http://mitescienza.blogspot.it>