

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

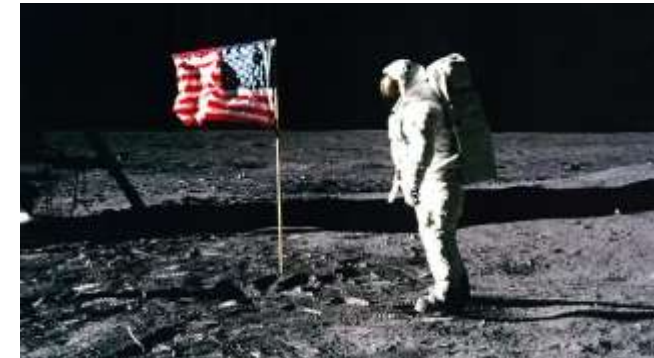
Relazione per la prova finale
«Studio e analisi delle orbite per un viaggio
interplanetario dalla Terra a Marte»

Tutor universitario: *Prof. Bettanini Carlo*

Laureando: *Bondì Jacopo, 1218687*

Padova, 15/03/2023

L'uomo e il tema del viaggio: una costante nella storia dell'umanità.



Perché proprio Marte?

- ampie prove della remota esistenza dell'acqua;
- ricerca di forme di vita passate.

1. Panoramica del pianeta Marte
2. Analisi delle orbite di trasferimento
3. Storia dell'esplorazione di Marte
4. Prospettive future
5. Conclusioni

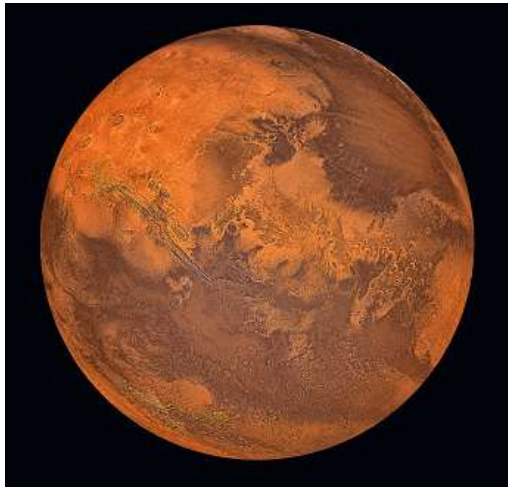
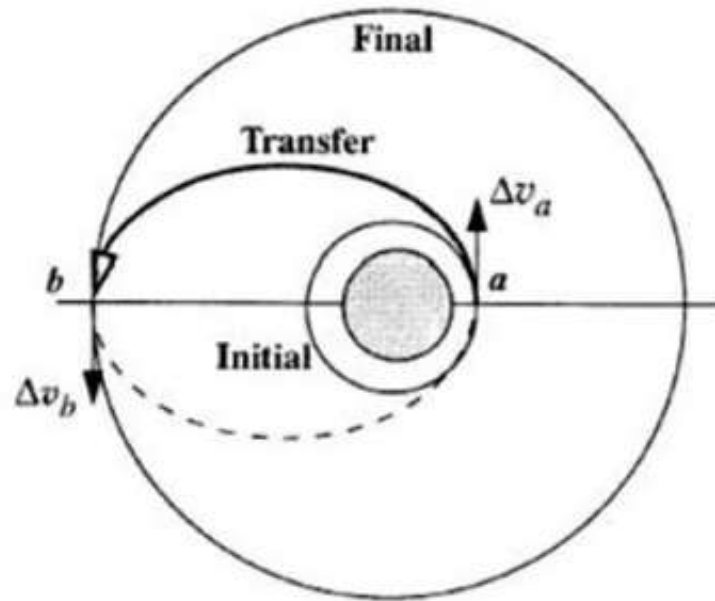


Foto del pianeta Marte [1]

Caratteristiche principali del pianeta:

MASSA	$6,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}$
ACCELERAZIONE DI GRAVITA'	$3,69 \text{ m/s}^2$
PERIODO DI ROTAZIONE	1026 <i>giorni</i>
PERIODO DI RIVOLUZIONE	696,98 <i>giorni</i>
SEMIASSE MAGGIORE	$2,279 \cdot 10^8 \text{ km}$
TEMPERATURA	-140°C (min) $+20^{\circ}\text{C}$ (max)
PRESSIONE ATMOSFERICA	6000 <i>Pa</i>
ATMOSFERA	Anidride carbonica, azoto, argon, ...
SATELLITI	Phobos e Deimos

Trasferimento di Hohmann:



Schema trasferimento di Hohmann [2]

Ipotesi semplificative:

- velocità costanti
- orbite circolari
- orbite sulle stesso piano

ΔV = impulso di velocità da fornire alla navicella per le operazioni di manovra.

Tempo di trasferimento:

$$T_{\text{hohmann}} = \sqrt{k \cdot a_{\text{hohmann}}^3} = 1,417464 \text{ anni}$$

$$a_{\text{hohmann}} = \frac{r_1 + r_2}{2} = 1,261846 \text{ UA}$$

$$\tau_{\text{hohmann}} = \frac{T_{\text{hohmann}}}{2} = 0,708732 \text{ anni} \approx 8,5 \text{ mesi}$$

Posizioni reciproche:

$$T_{\text{Marte}} = 1,8812 \text{ anni}$$

$$\theta_{\text{Marte}} : \tau_{\text{hohmann}} = 360^\circ : T_{\text{Marte}}$$

$$\theta_{\text{Marte}} = 360^\circ \cdot \frac{\tau_{\text{hohmann}}}{T_{\text{Marte}}} = 135,55^\circ$$

ΔV_a e ΔV_b :

$$\left\{ \begin{array}{l} h = \text{cost} = r_1 \cdot v_1 = r_2 \cdot v_2 \\ E = \text{costante} = \frac{v_1^2}{2} - \frac{\mu_{\text{sole}}}{r_1} = \frac{v_2^2}{2} - \frac{\mu_{\text{sole}}}{r_2} \end{array} \right. \quad v_1 = \sqrt{\frac{2\mu_{\text{sole}} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)}{\left(1 - \frac{r_1^2}{r_2^2}\right)}} = 32,73 \text{ km/s} \quad v_2 = v_1 \frac{r_1}{r_2} = 21,48 \text{ km/s}$$

$$v_0 = 30 \text{ km/s}$$

$$\Delta V_a = v_1 - v_0 = 2,73 \text{ km/s}$$

$$v_3 = \frac{2\pi r_2}{T_M} = 24,16 \text{ km/s}$$

$$\Delta V_b = v_3 - v_2 = 2,68 \text{ km/s}$$



Schema trasferimento di Hohmann per il ritorno [3]

$$\Delta V'_2 = v_2 - v_3 = -2,68 \text{ km/s}$$

$$\Delta V'_1 = v_0 - v_1 = -2,73 \text{ km/s}$$

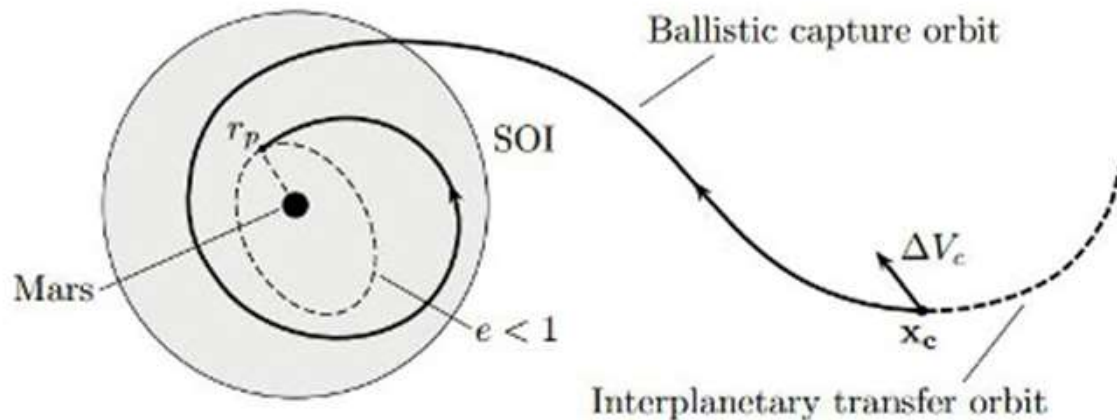
Tempo di attesa: tempo che deve trascorrere prima di lanciare affinché «target» ed «inseguitore» arrivino nello stesso punto dopo la manovra di trasferimento.

$$\theta_{Terra} = 360^\circ \cdot \frac{\tau_{hohmann}}{T_{Terra}} = 255,14^\circ \quad \Delta\theta = 75,14^\circ$$

$$\tau_{attesa} = \frac{360^\circ - 2\Delta\theta}{n_T - n_M} = 454 \text{ giorni} \quad n = \frac{\text{orbit}}{\text{year}}$$

Finestra di lancio: periodo di tempo entro il quale è possibile eseguire una specifica manovra.

La cattura balistica:



Schema della cattura balistica [4]

La navicella viene lanciata in modo che preceda Marte al suo arrivo per poi essere gradualmente risucchiata dalla sua sfera di influenza.

- Maggiore flessibilità per le finestre di lancio;
- Risparmio fino al 25% di carburante;
- Tempi di trasferimento molto lunghi.

L'aerocattura:

Utilizza l'atmosfera del pianeta di arrivo come freno naturale per la navicella.

Nel caso di Marte:

- difficile a causa dell'atmosfera molto sottile;
- i vantaggi sui costi in termine di propellente verrebbero vanificati dalla necessità di un sistema di atterraggio maggiormente strutturato;
- utilizzata da TGO (Trace Gas Orbiter), modulo principale della missione Exomars, che portò in orbita marziana il lander *Schiaparelli* nel 2016.

Solo il 40% delle missioni ha effettivamente avuto successo.

Alcune menzioni importanti:

- Mariner 4 (1964)
- Viking 1 (1976)
- Mars Global Surveyor (1996)
- Spirit e Opportunity (2003)
- Exomars (2016)



[5]



[6]

Missioni future:

- Mars Sample Return (*Perseverance*, 18 febbraio 2021)
↳ obiettivo di riportare sulla Terra campioni del suolo marziano;
- Portare l'uomo su Marte entro il 2040.

Rischi di una missione umana:

- Esposizione prolungata alle radiazioni;
- Tempi di viaggio molto lunghi;
- Necessità di tecnologie all'avanguardia.

Conclusioni:

Quale può essere quindi il vantaggio di una missione umana?

⇒ L'uomo possiede la capacità innata di cogliere l'inatteso ed uscire dagli schemi prestabiliti che un robot deve necessariamente seguire.

Possibili miglioramenti in ottica futura:

- attenuazione delle radiazioni con tute spaziali ad acqua;
- rivalutazione della cattura balistica per un'ipotetica colonizzazione grazie alla maggiore flessibilità sulle finestre di lancio;
 - ↳ rifornimenti materiali al pianeta;
 - ↳ orbite "arestazionarie" per le telecomunicazioni.



[7]



[8]

Foto e grafici:

- [1]: sito NASA, <https://www.nasa.gov/>
- [2]: <https://aerospacecue.it/>
- [3]: sito NASA, <https://www.nasa.gov/>
- [4]: <https://www.lescienze.it/>
- [5]: sito NASA, <https://www.nasa.gov/>
- [6]: sito NASA, <https://www.nasa.gov/>
- [7]: sito NASA, <https://www.nasa.gov/>
- [8]: sito Ansa, <https://www.ansa.it/>