

Znanstveni i tehnološki izazovi putovanja u svemir

Slobodan Danko Bosanac

Zvezdarnica Zagreb

11.12.2019

Vizija čovječanstva u svemiru



**Ljudi u svemiru
ili
Umjetna inteligencija u svemiru**

Motivacija



Povijest

Vlast: Džinkis Kan, Aleksandar Makedonski

**Materijalna korist: Križarski ratovi,
Kolumbo, Elizabeta 1**

Znatiželja: Marko Polo, Amerigo Vespucci

Budućnost

Svemir: ?

Motivacija - Svemir



Merkur

G: 0.37 g

T: -173C > 427C

A: 0 atm



Venera

G: 0.89 g

T: 462 C

A: 91 atm



Mars

G: 0.37 g

T: -143C > 35C

A: 0.006 atm



Jupiter

plin



Mjesec

G: 0.16 g

T: -173C > 117C

A: 0 atm



Europa

G: 0.13 g

T: -223C > -148C

A: 0 atm



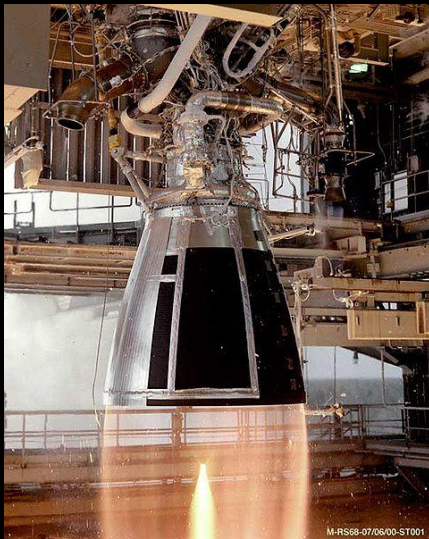
Svemirska stanica

G: 1 g

T: 25 C

A: 1 atm

Današnjica pogon svemirom



Kemijski pogon još nezamjenjiv



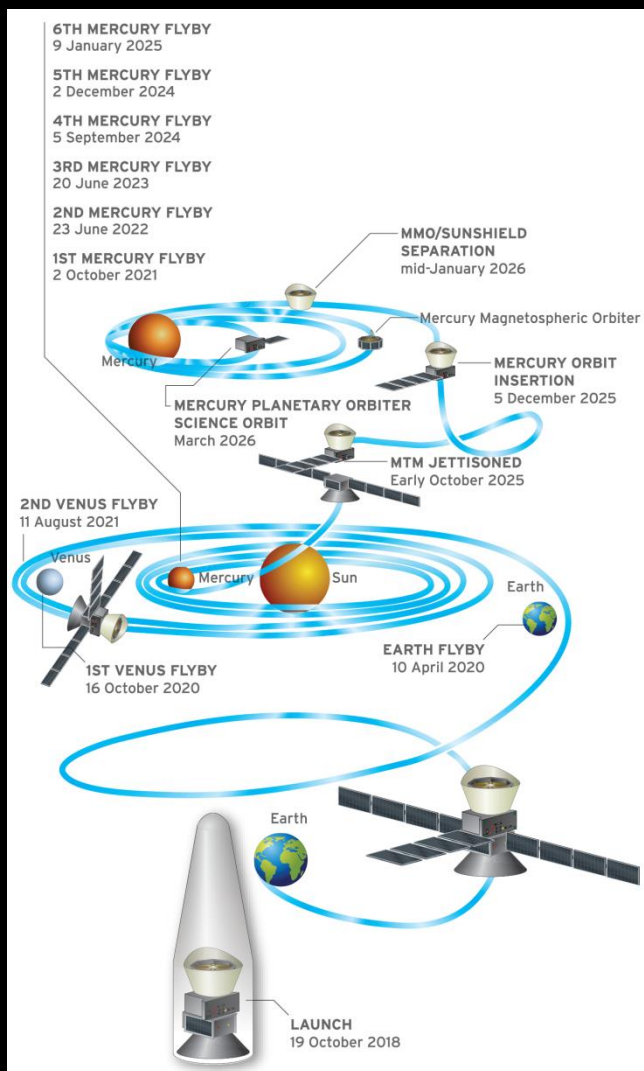
Potisnik na hladni plin

Lansiranje do LEO i duboki svemir



Zemlja-LEO

Zahtjevan, stresni i
najskuplji dio puta



BepiColombo misija

Radi neučinkovitosti
kemijskog pogona
koristi Zemlju i Veneru
za usporavanje

Koliko goriva za putovanje?

Svako svemirsko vozilo ima korisnu masu M i gorivo mase $m(t)$

Da se postigne brzina V i potroši gorivo pri brzini izlaznih plinova v početna masa goriva je

$$m(0) = \left(e^{\frac{V}{v}} - 1 \right) M$$

Za otići na Mars

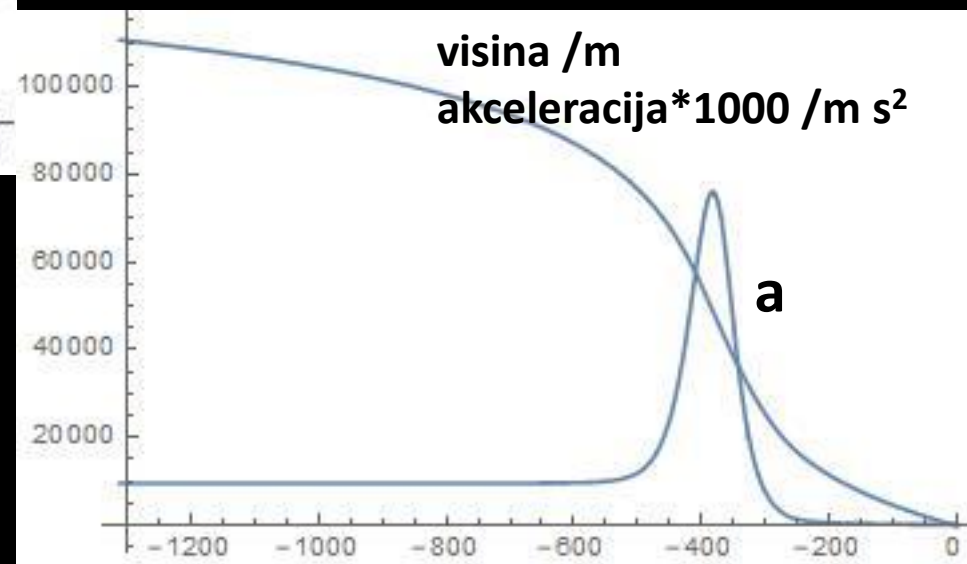
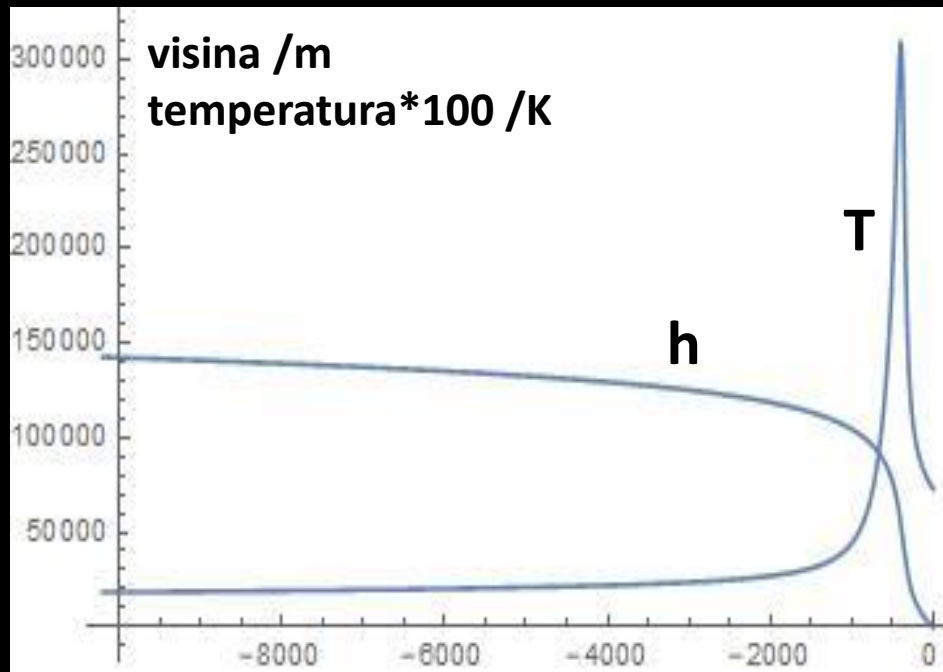
$$m(0) \approx 2.57 M \text{ kem}$$

$$\approx 0.043 M \text{ ion}$$



Povratak iz orbite

Najzahtjevniji dio puta



Najmanje napretka

Povratak se ne razlikuje mnogo od ulaska meteoroida



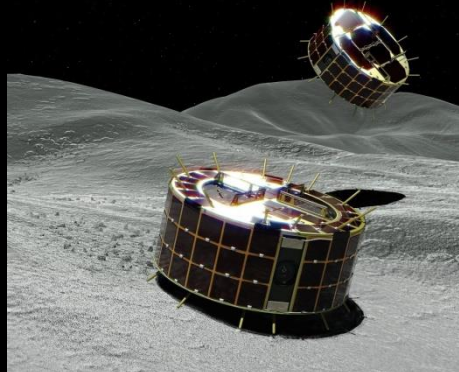
Sateliti

Najveći napredak u svemirskoj tehnologiji

Sputnjik - 1957



CubeSat 1 - 2000

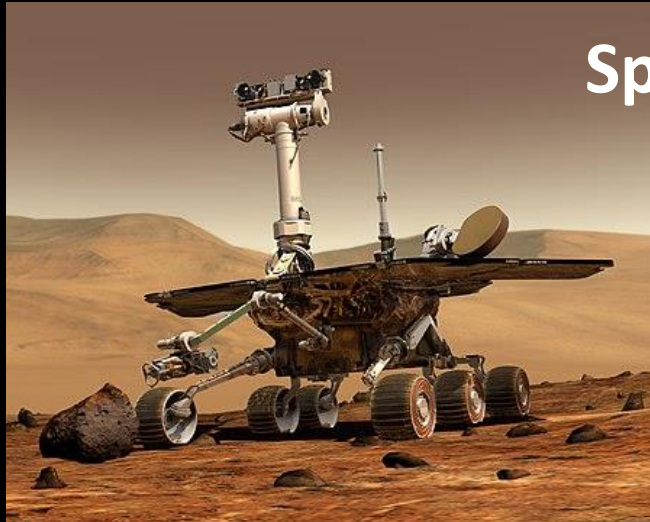


Minerva II – 2018

Hayabusa2 - Ryugu

Planetarna slijetanja

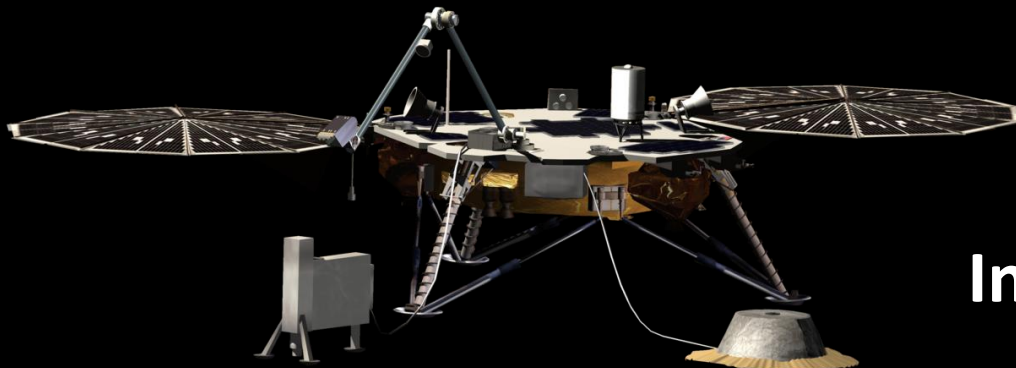
Mars – najpopularniji za slijetanje



Spirit - 2004



Curiosity - 2012



InSight - 2018

Izvori energije

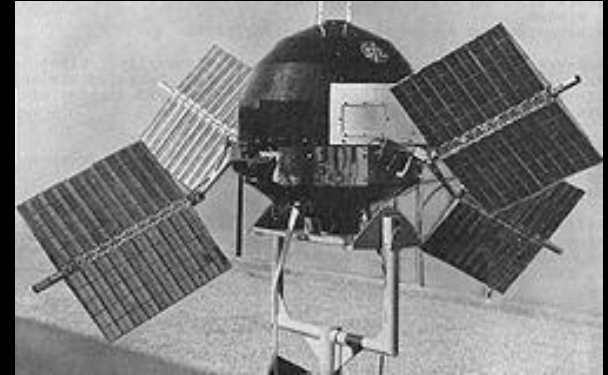
sunčeve ćelije

Intenzitet sunčevog zračenja

Merkur	9082.7 W/m ²
Venera	2601.3 W/m ²
Zemlja	1361.0 W/m ²
Mars	586.2 W/m ²
Jupiter	50.3 W/m ²

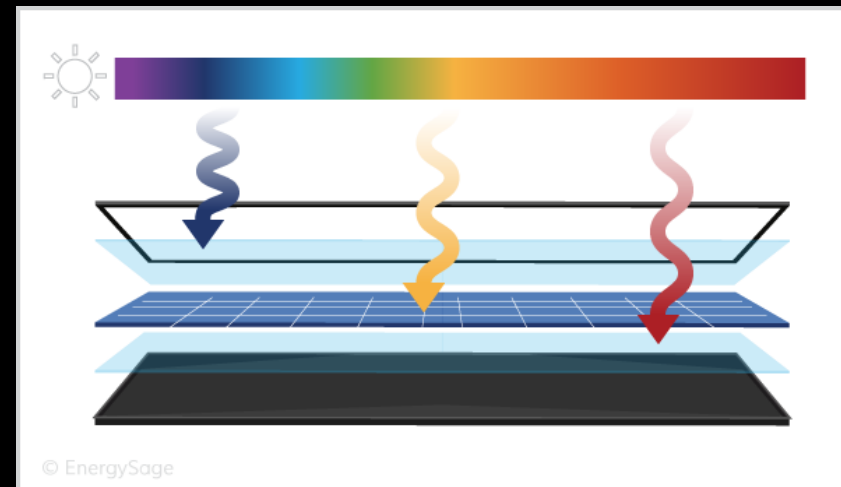
Silicijeve ćelije

Max. Eff. 33%
stvarnost do 25%



Explorer 6 - 1959

Ćelije temeljene na GaInP, InGaAs, Ge
jednoslojne 37%
troslojne 47%
teorija 88%



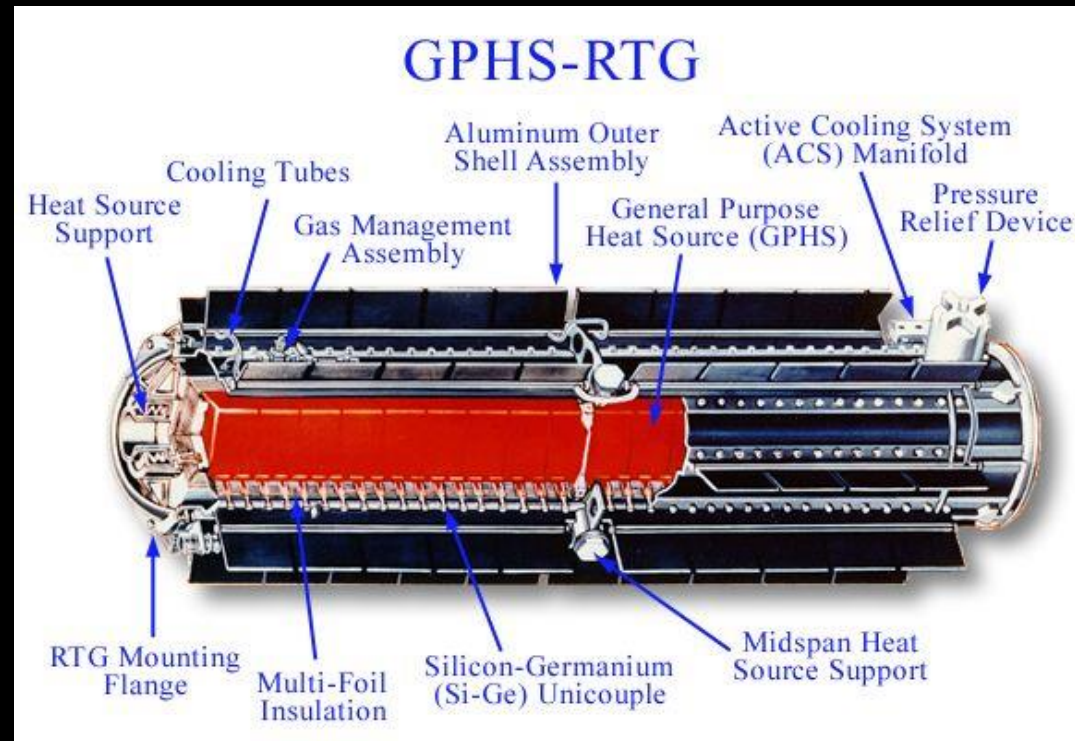
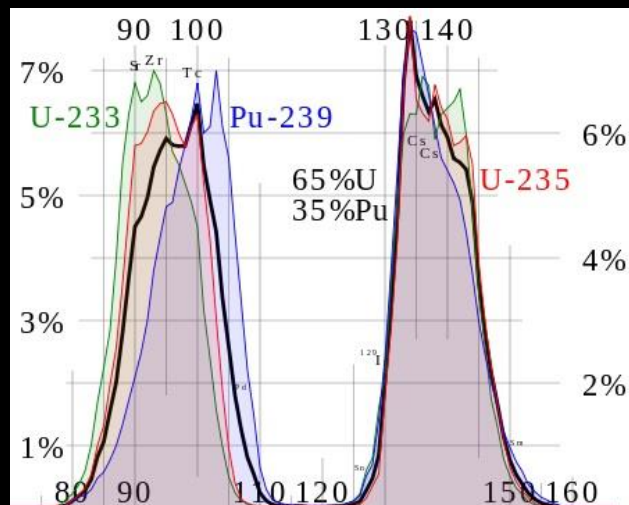
Izvori energije

nuklearni raspad

Najčešći izvor

Pu238 – 0.54 W/g

Benzin – 0.0036 W/g



Nedostatak
Efikasnost 10%

Ljudi u svemiru



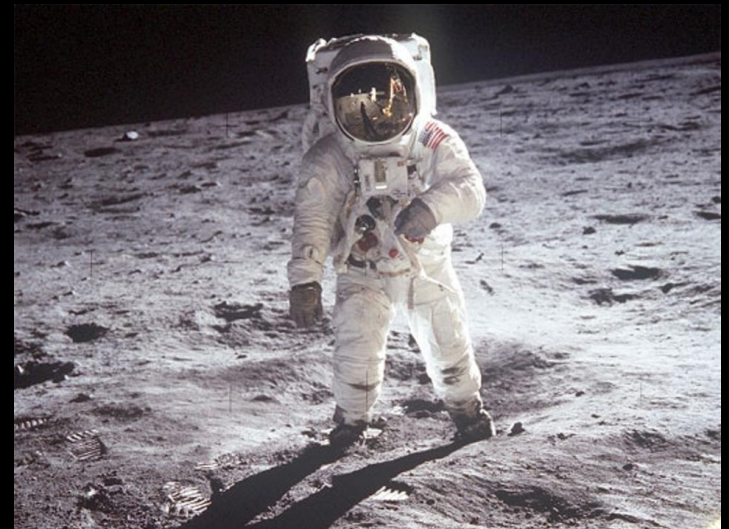
Jurij Gagarin - 1961



Mae Jemison - 1992

Spacelab

Neil Armstrong - 1969
jednokratna posjeta Mjesecu



Svemirske stanice

ISS jedino mjesto u svemiru stalnog boravka ljudi

NASA, Roscosmos, JAXA, ESA, CSA

Prvi stalni boravak 2000 g

Dekomisija 2028

Pad u Tihi ocean 2030 – Point Nemo

Cijena održavanja - 4 milijarde dolara

Cijena dekomisije – 1 milijarda dolara



Životni ciklus

Sastav atmosfere za normalni životni ciklus

N₂ – 78%, O₂ – 21%, CO₂ – 0.03%

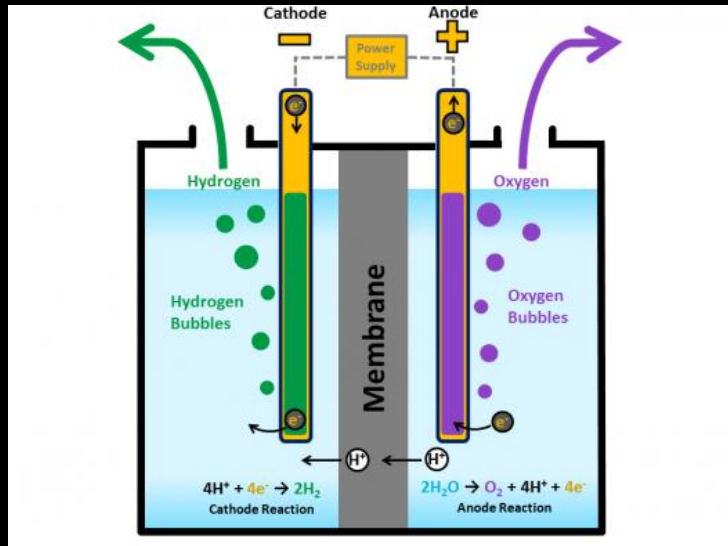
Dnevna količina udisanog zraka 10 000 l po danu

Konzumiran O₂ – 2.6 kg po danu

Pad koncentracije O₂ - 5%

Porast koncentracije CO₂ – 5% - smrtonosna doza

Dobavljanje Kisika



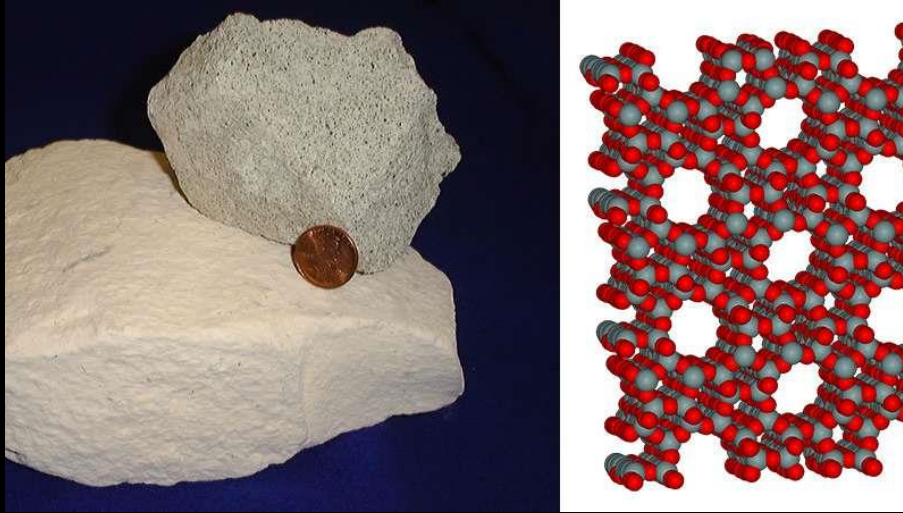
Elektroliza

Po čovjeku – 280 W

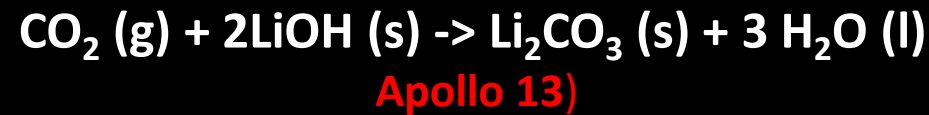
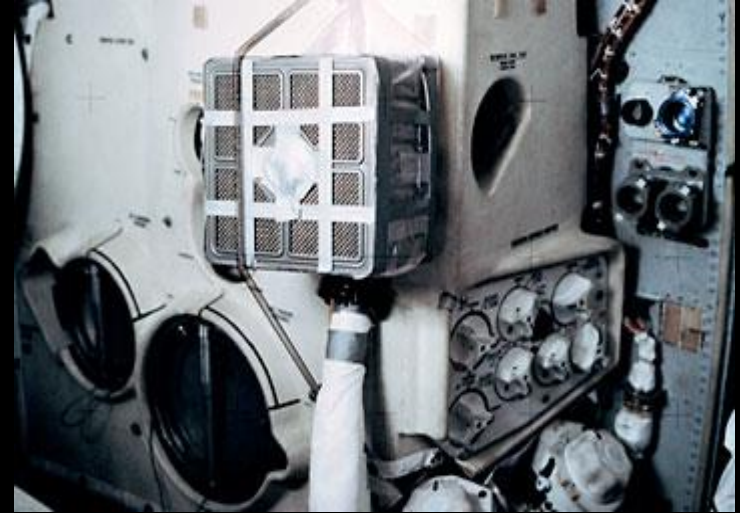


Prijevoz kisika

Odstranjivanje CO₂

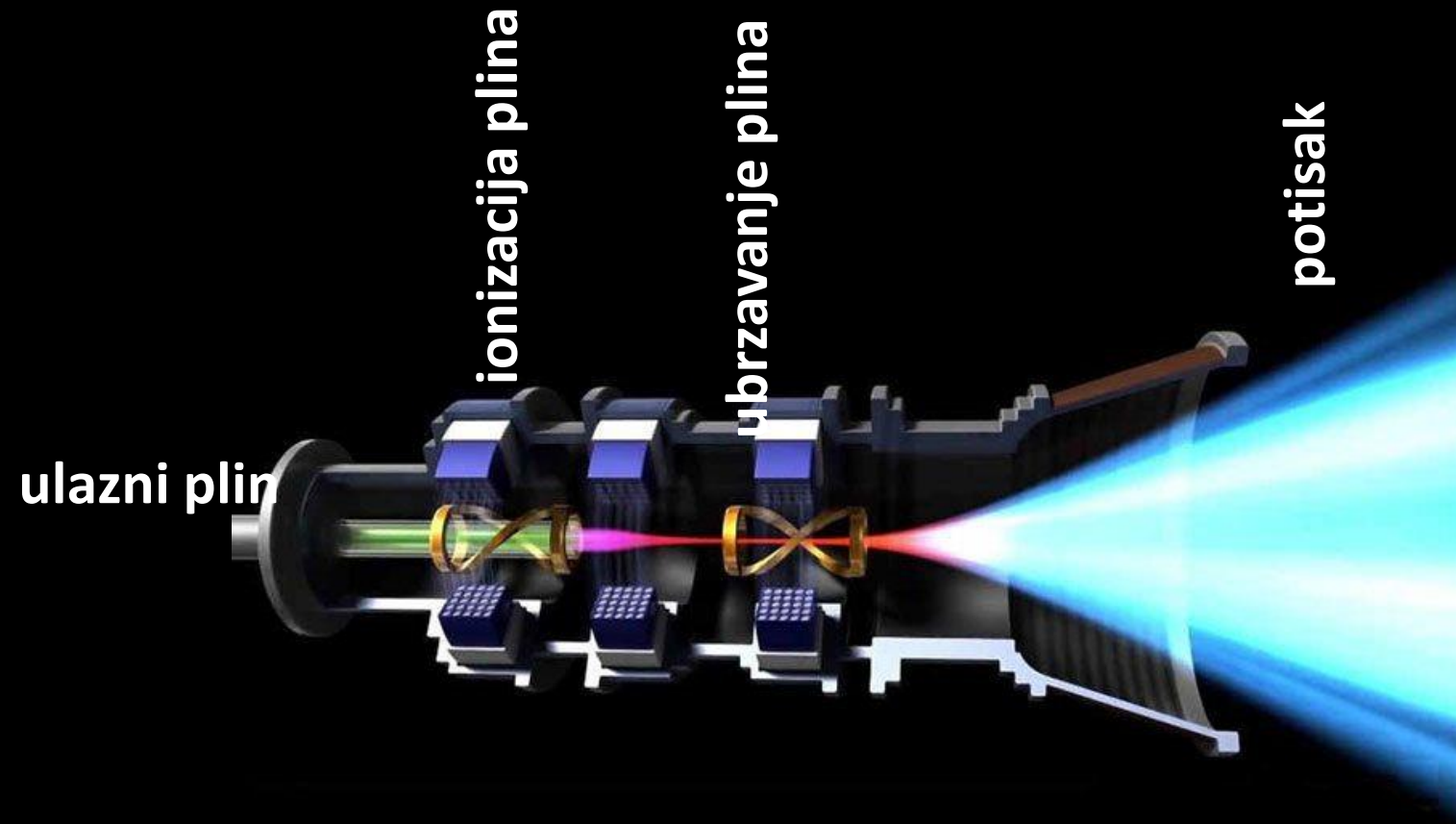


Adsorbiranje u strukturu Zeolita



Budućnost

EM pogon za svemir



Kemijska energija nadomjesti se elektromagnetskom
Jedini realni izvor je nuklearna energija

Energija EM pogona

Snaga ionizacije goriva.

$$Snaga(MW) = 96 \frac{eV(dis) m(\frac{goriva}{sek})}{m(AU)}$$

Snaga za potisak

$$Snaga = \frac{m(\frac{goriva}{sek})v^2}{2}$$

Energetska bilanca

**1 kg/s pri brzini izlaznih plinova 20 000 m/2
daje potisak 20 t**

Potrebo cca. 80 MW za ionizaciju i 200 MW za potisak

Izvor energije

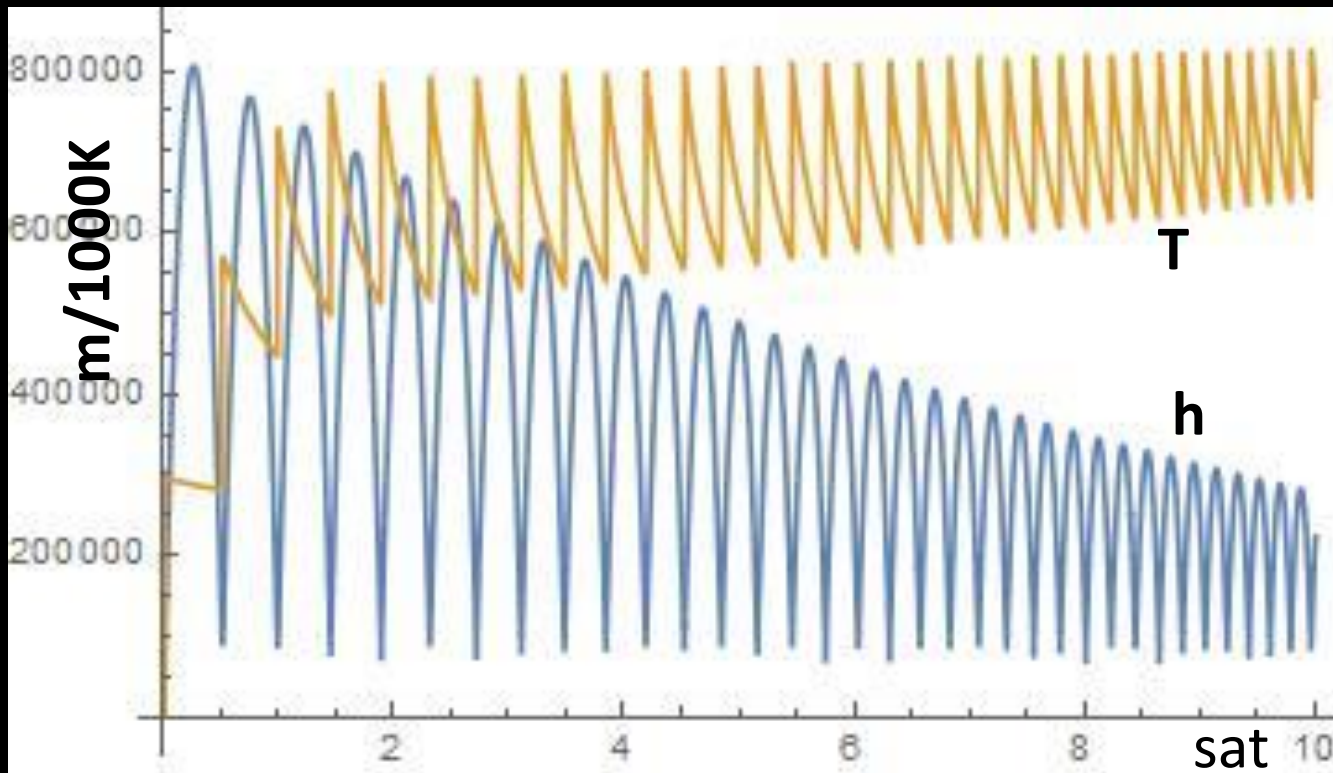
Nuklearna energija

Riješiti problem direktne konverzije energije pozitivnih iona raspada u električnu energiju

Ulazak u atmosferu

Nema zadovoljavajućeg odgovora

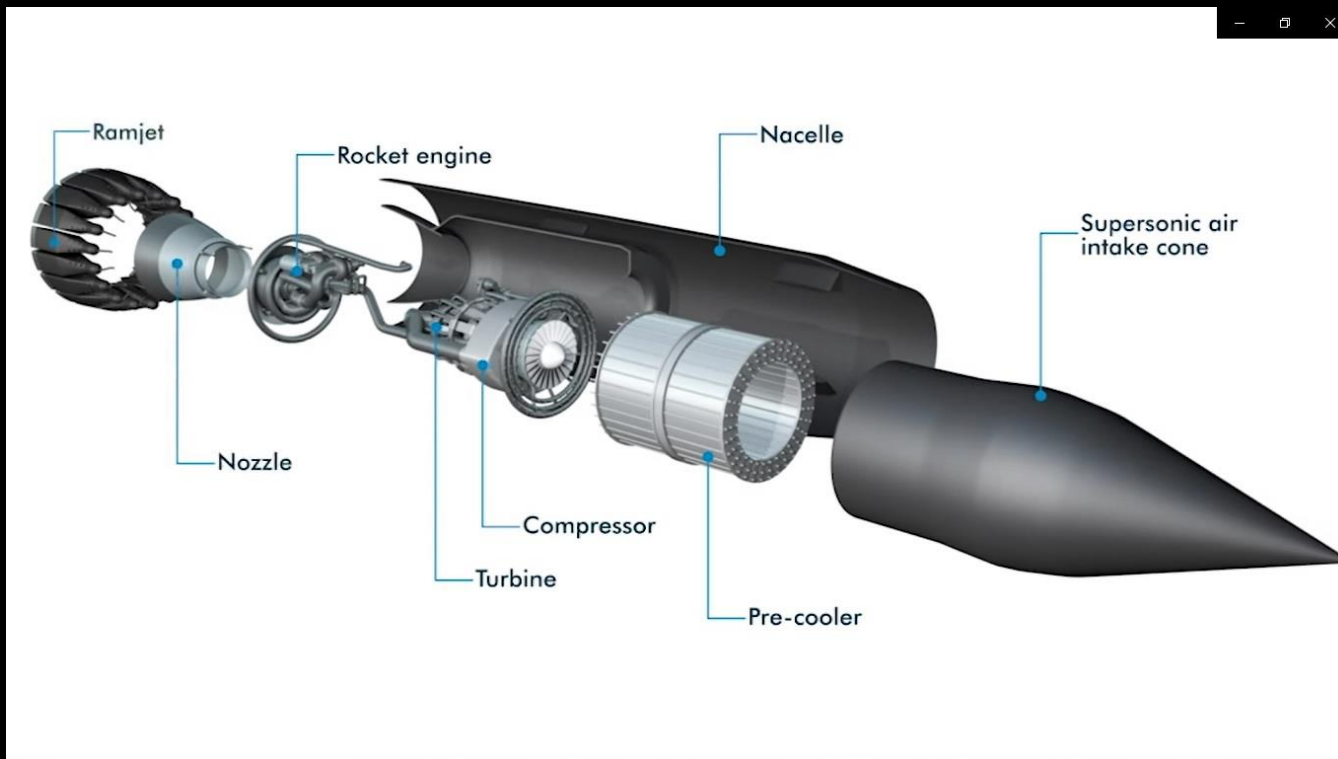
Mogući model „žabice na vodi”



Odlazak u Zemljinu orbitu

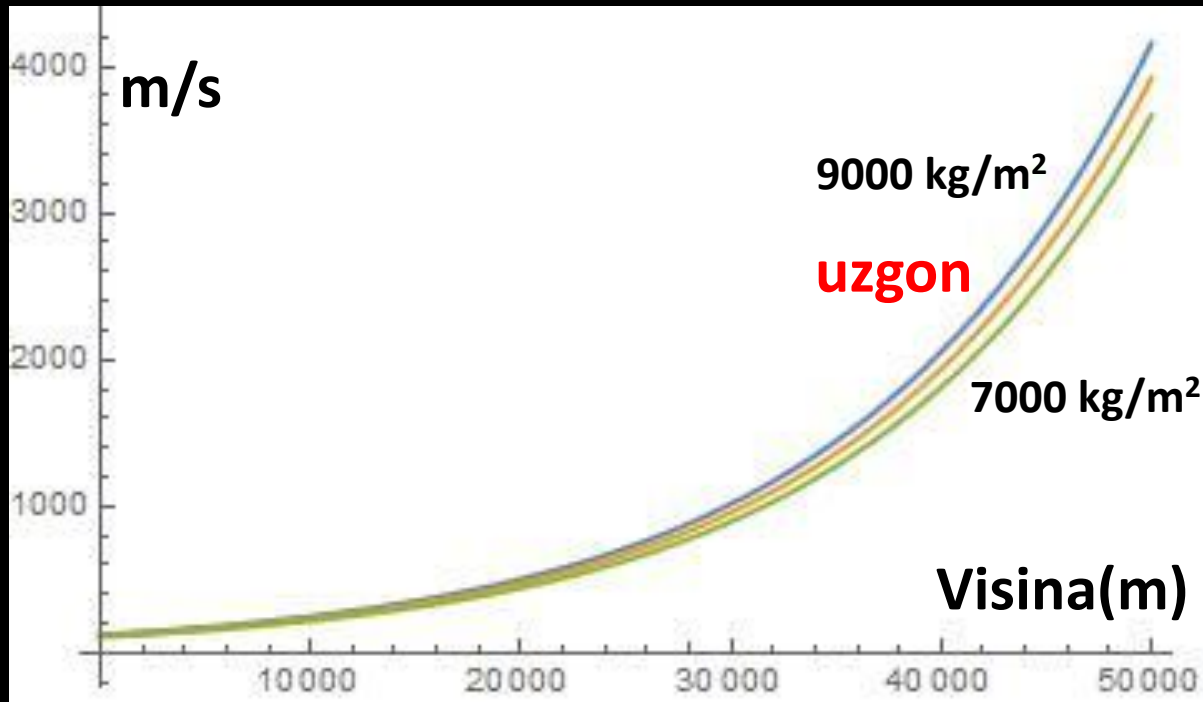
Projekt SABRE

Hibridni mlazni i raketni pogon



Krilima u svemir

Mlaznim pogonom dosegnuti kritičnu visinu



Odskočnica za duboki svemir

Projekt svemirske stanice mora se riješiti kao svjetski



Materijali za svemir

Svemirski uvjeti uzrokuju
oslobađanje plinova iz materijala
koroziju
degradiranje materijala Sunčevom radijacijom
opasnost od svemirskog smeća



Severe degradation to the aluminized-Teflon outer layer of multilayer insulation on the Hubble Space Telescope after 19 years of space exposure.

Održivost biosfere



Održivost ciklusa $O_2 - CO_2 - C_6O_{12}O_6$ – Amino kiseline



*Prvi korak u svemir za nas
pred čovječanstvom je daleki put*

THE FIRST CROATIAN SATELLITE

Entrance ticket for the World Space Club.

