



Możliwości wykorzystania napędów jądrowych w kosmosie

Prof. dr hab. inż. Piotr Wolański
Sieć Badawcza Łukasiewicz-Instytut Lotnictwa,
Honorowy Przewodniczący Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN

Plan wystąpienia

- **Dlaczego energia nuklearna w kosmosie?**
- **Pierwsze idee wykorzystania energii nuklearnej do napędów kosmicznych – Projekt Orion,**
- **Rakietowe napędy nuklearne i plazmowe,**
- **Nuklearne źródła energii cieplnej i elektrycznej w kosmosie.**

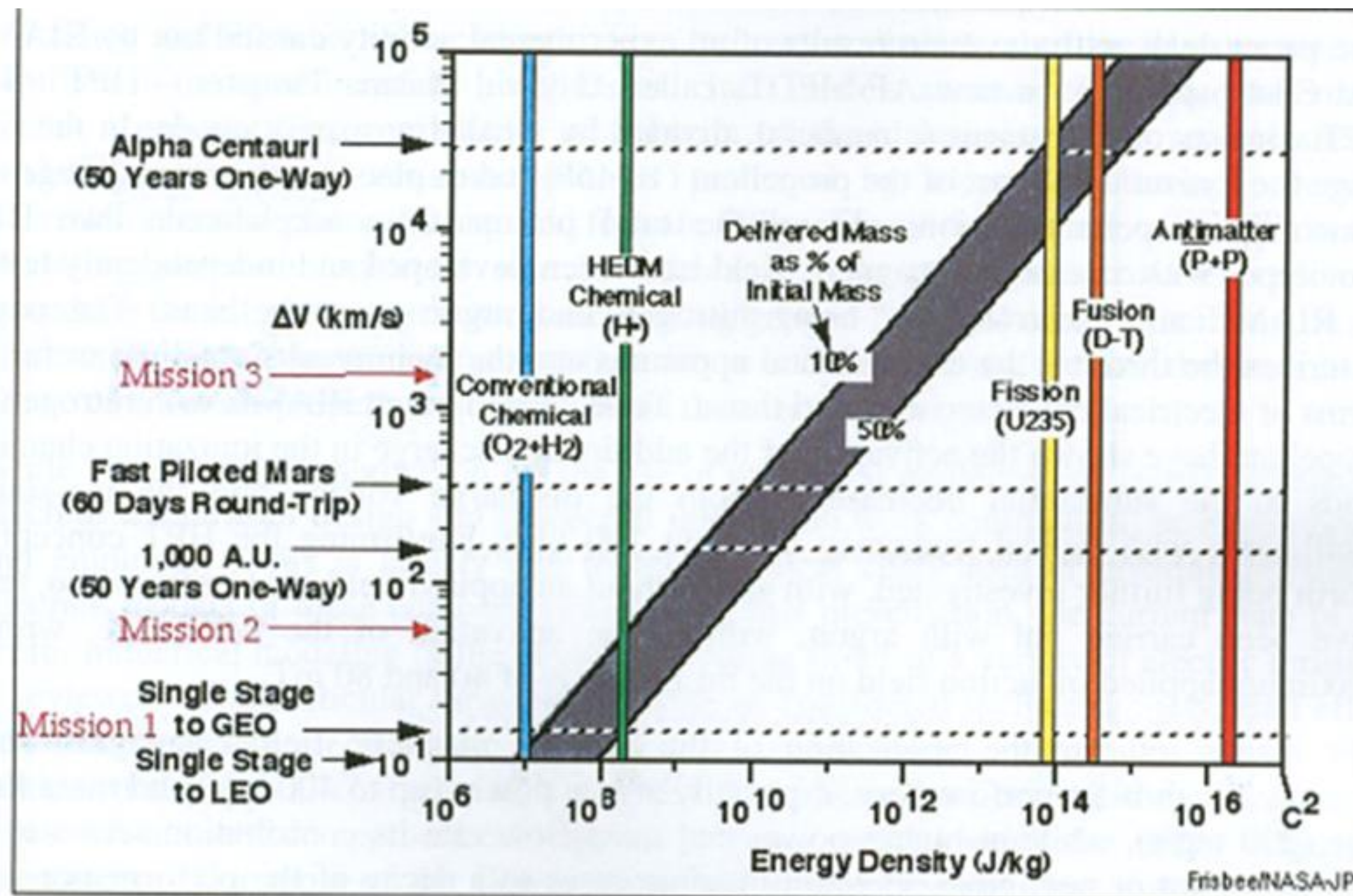
Dostępna energia

- **Reakcje chemiczne ~ 10 – 13 MJ/kg**
- **Reakcje jądrowe ~ 10⁵ - 10⁷ MJ/kg**
- **Słoneczna ~ 1.3 kW/m²**

Możliwe do osiągnięcia impulsy właściwe (prędkości wylotowe z dyszy silnika raketowego)

- **Chemiczne** – do około 5000 m/s
(obecnie osiągalne 4600 m/s),
- **Jądrowe** – do około 10 000 m/s
(możliwe do zbudowania w krótkim okresie czasu)
- **Elektryczne** – do około 50 000 m/s
(duży impuls lecz bardzo mały ciąg-zastosowanie tylko do sond międzyplanetarnych),
- **Termojądrowe** – 1 000 000 m/s
(w zakresie analiz teoretycznych),
- **Fotonowe** – 300 000 000 m/s
(futurystyczne – obecnie bardzo mały ciąg i bardzo mała sprawność)

Możliwości realizacji misji kosmicznych w funkcji gęstości energii źródła



Pierwsze idee – Projekt Orion

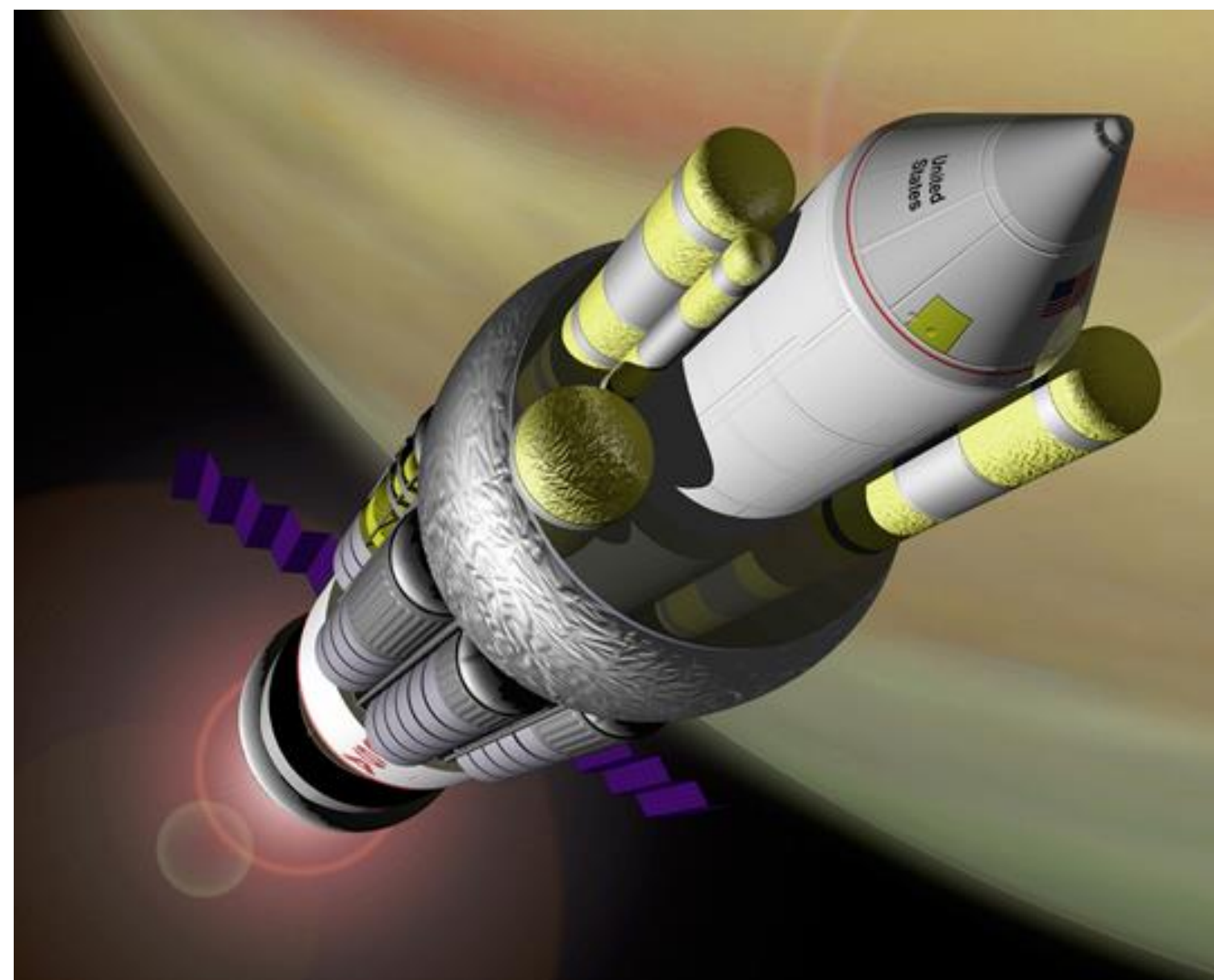


Stanisław Ulam

Matematyk, urodzony we Lwowie

Przedstawiciel lwowskiej szkoły matematycznej

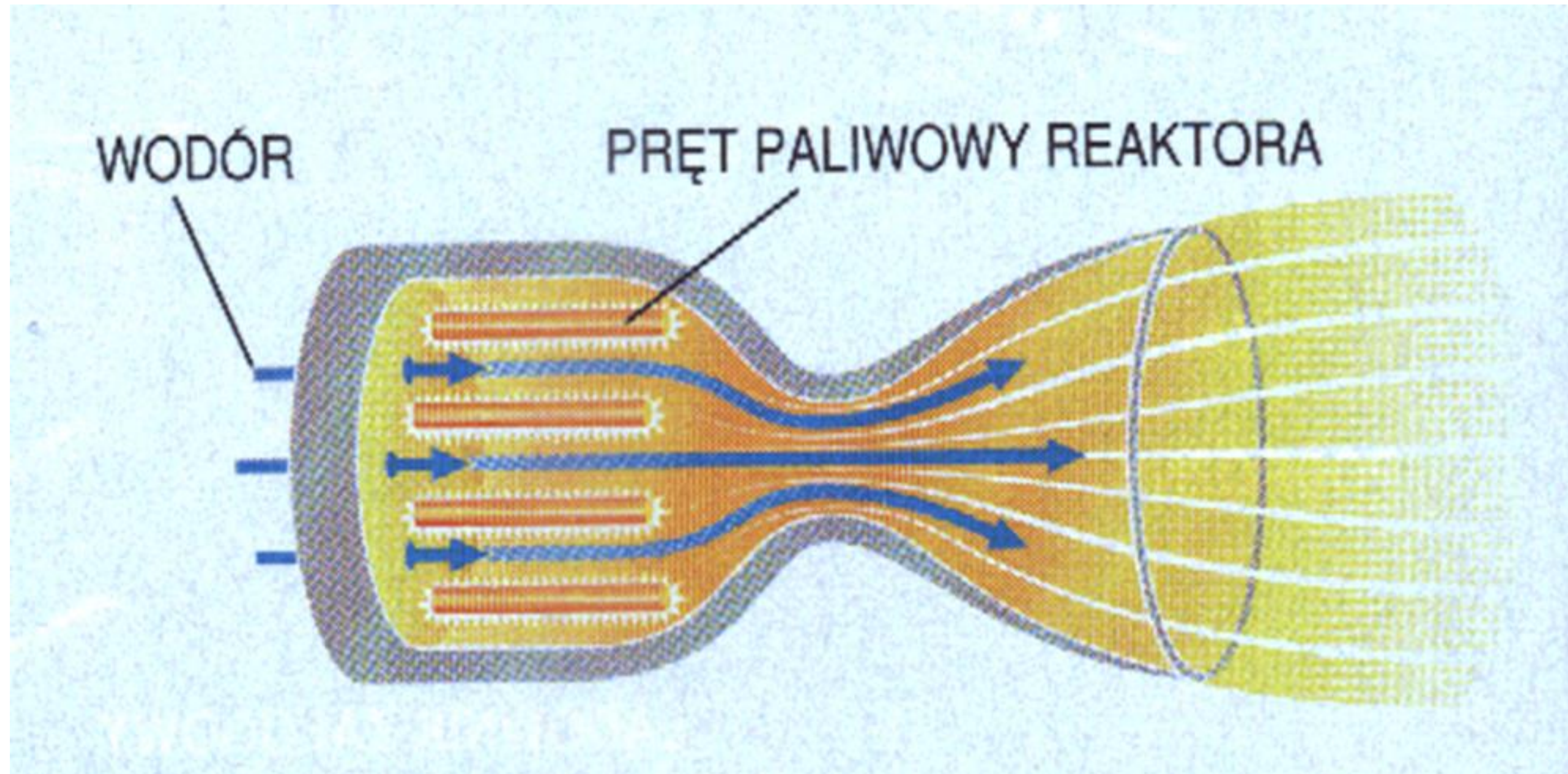
Współtwórca amerykańskiej bomby termojądrowej oraz współtwórca pierwszego projektu rakiety napędzanej energią nuklearną – Projekt Orion



Koncepcja artystyczna projektu Orion – źródło NASA

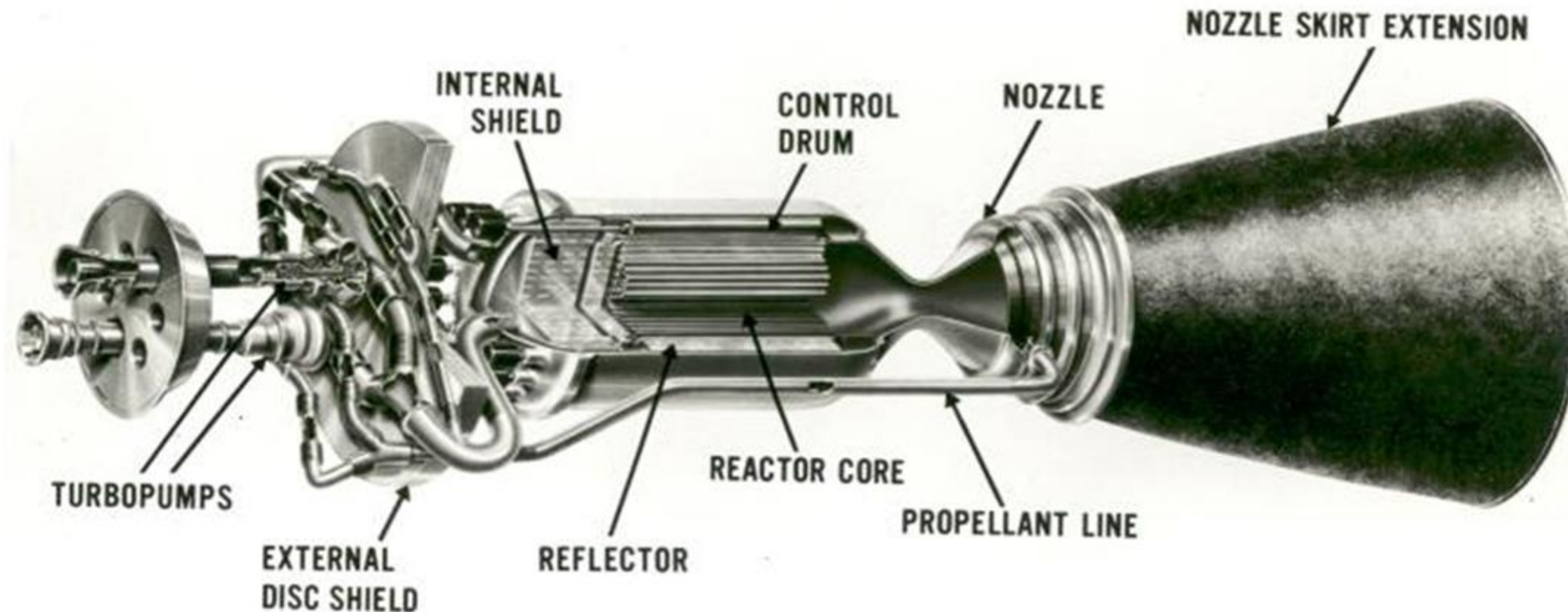
Nuklearne silniki rakietowe

Idea raketowego silnika nuklearnego



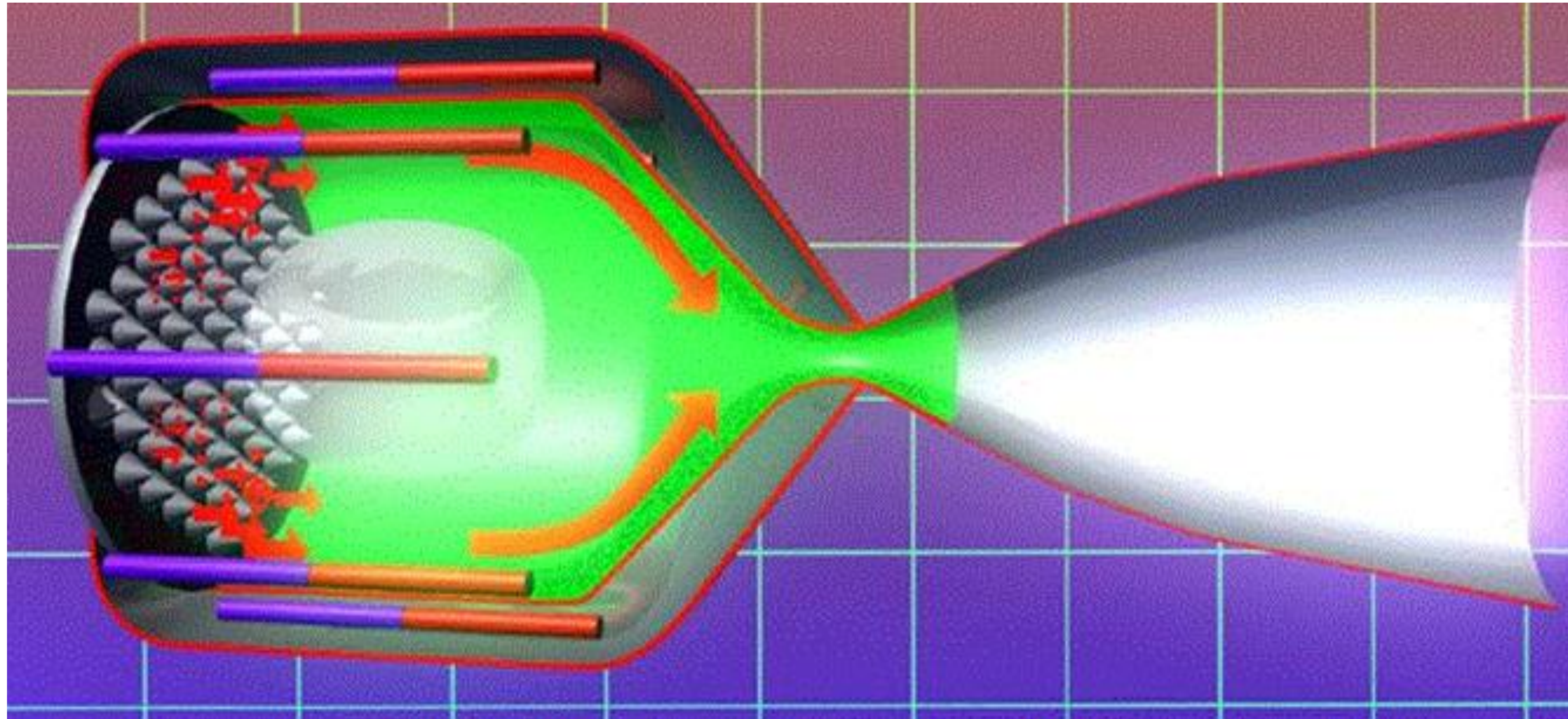
IMPULS: 9.5 km/s

Pierwszy rakietowy silnik nuklearny- NERVA (Nuclear Engine for Rocket Vehicle Applications)



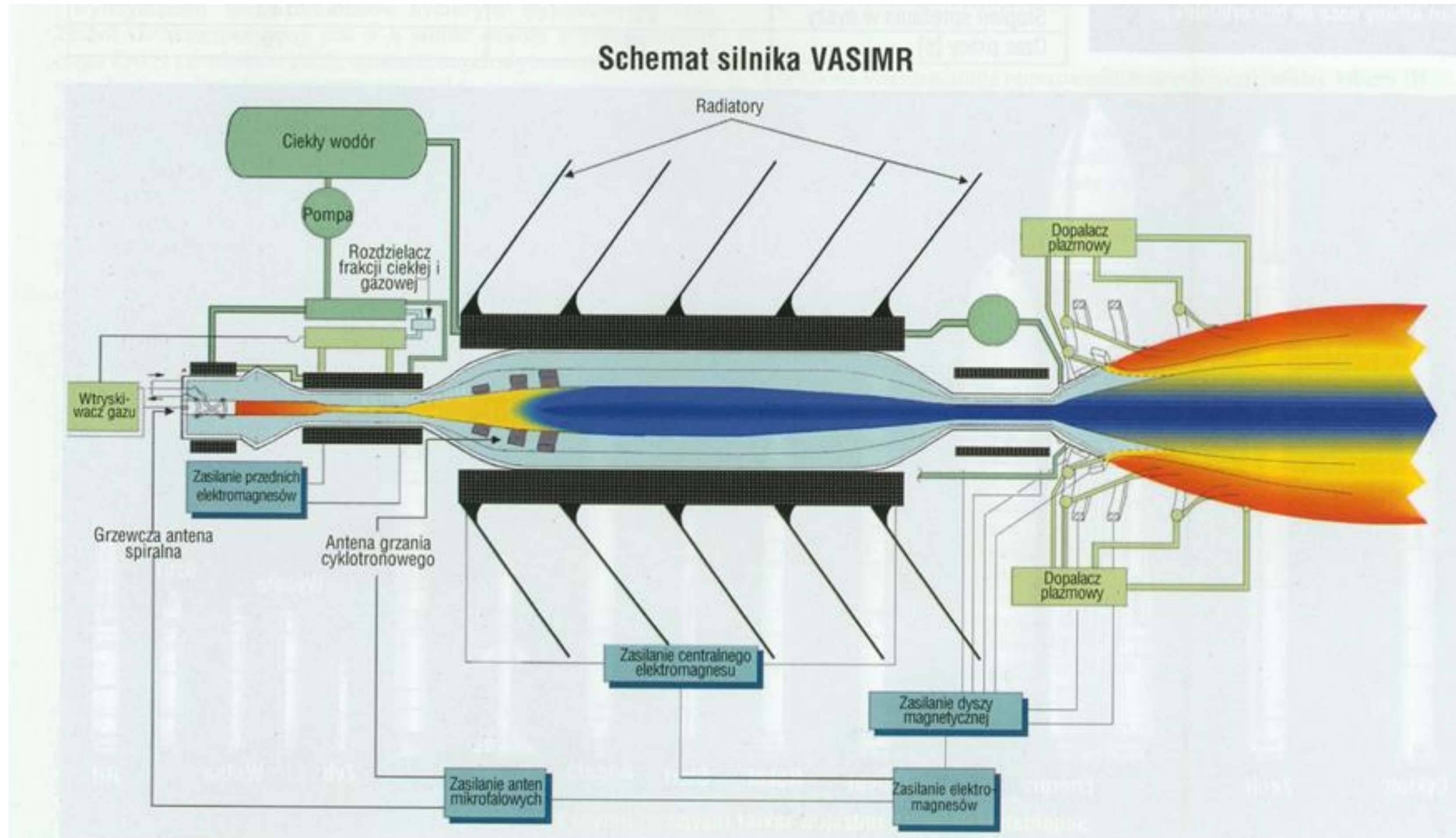
NASA – początek lat 70-tych ubiegłego stulecia

Idea silnik jądrowego (termojądrowego) z gazowym reaktorem

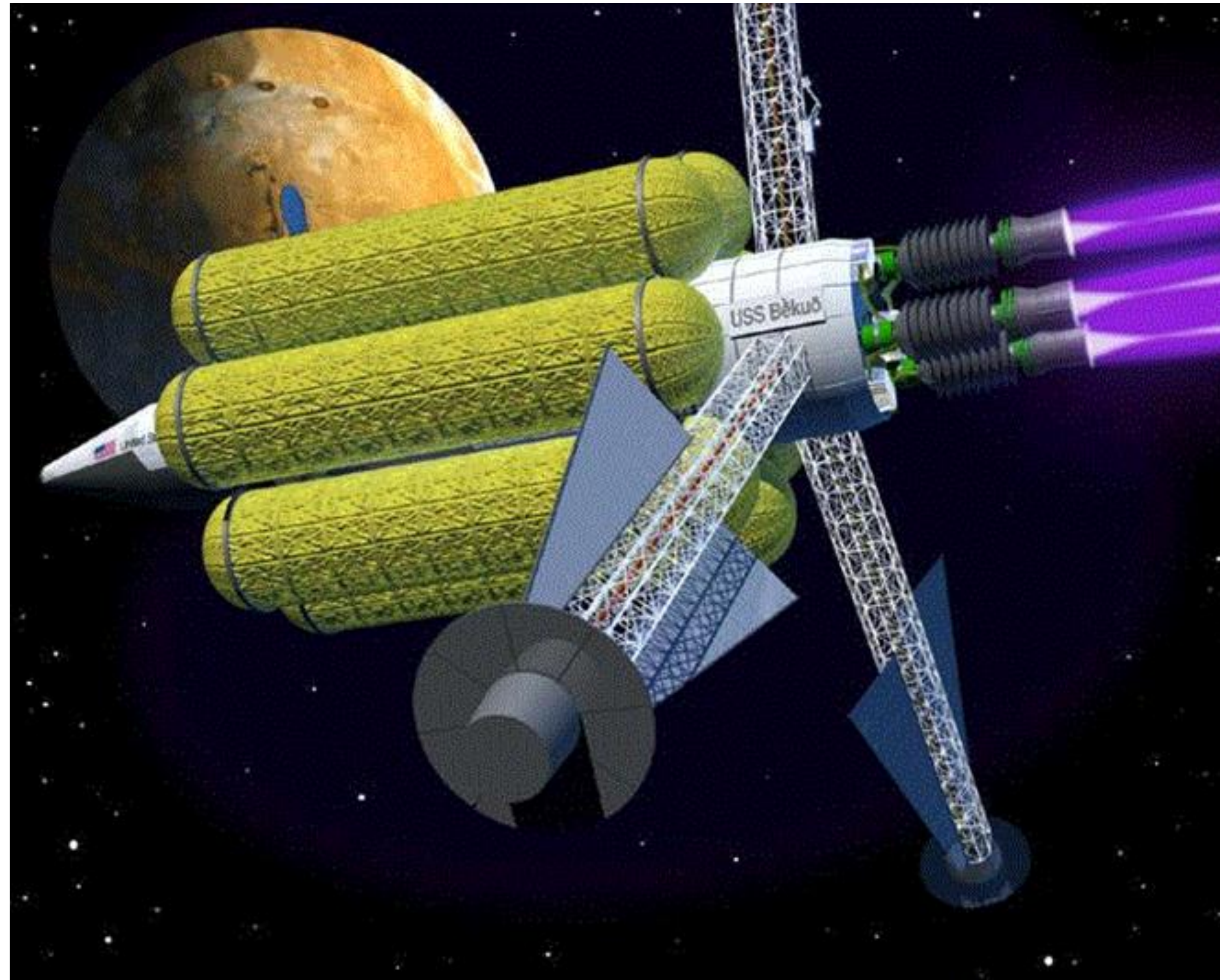


Schemat silnika raketowego VASIMR

(Silnik plazmowy zasilany energią elektryczną z reaktora nuklearnego)



Idea jądrowego napędu plazmowego w misji na Marsa



Radioizotopowe generatory termoelektryczne w kosmosie

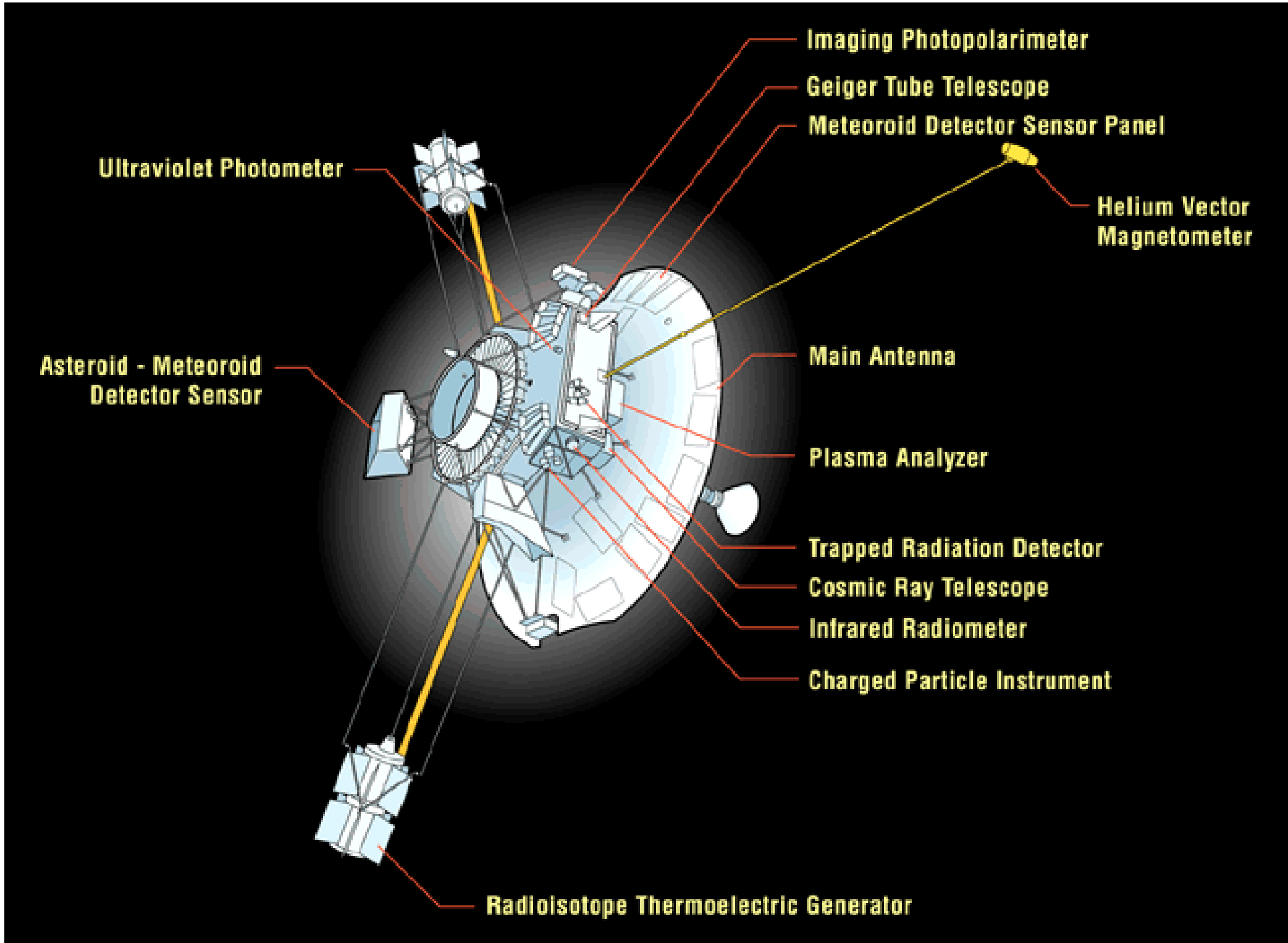
- **Zasada działania:** Materiał radioaktywny (paliwo) jest umieszczony w pojemniku do którego wprowadzone jest jedno złącze termopary. Drugie złącze termopary wprowadzone jest do czynnika chłodzącego (radiatora). Rozpad radioaktywny uwalnia energię, która w wyniku zderzeń zmienia się w energię termiczną ogrzewającą jeden koniec termopary. Różnica temperatur między złączami, w wyniku efektu Seebecka, wywołuje siłę elektromotoryczną i przepływ prądu.
- **Najczęściej wykorzystywany jest pluton-238, którego czas połowicznego rozpadu wynosi 87,7 lat, co pozwala na zasilanie próbników kosmicznych przez długi okres czasu.**



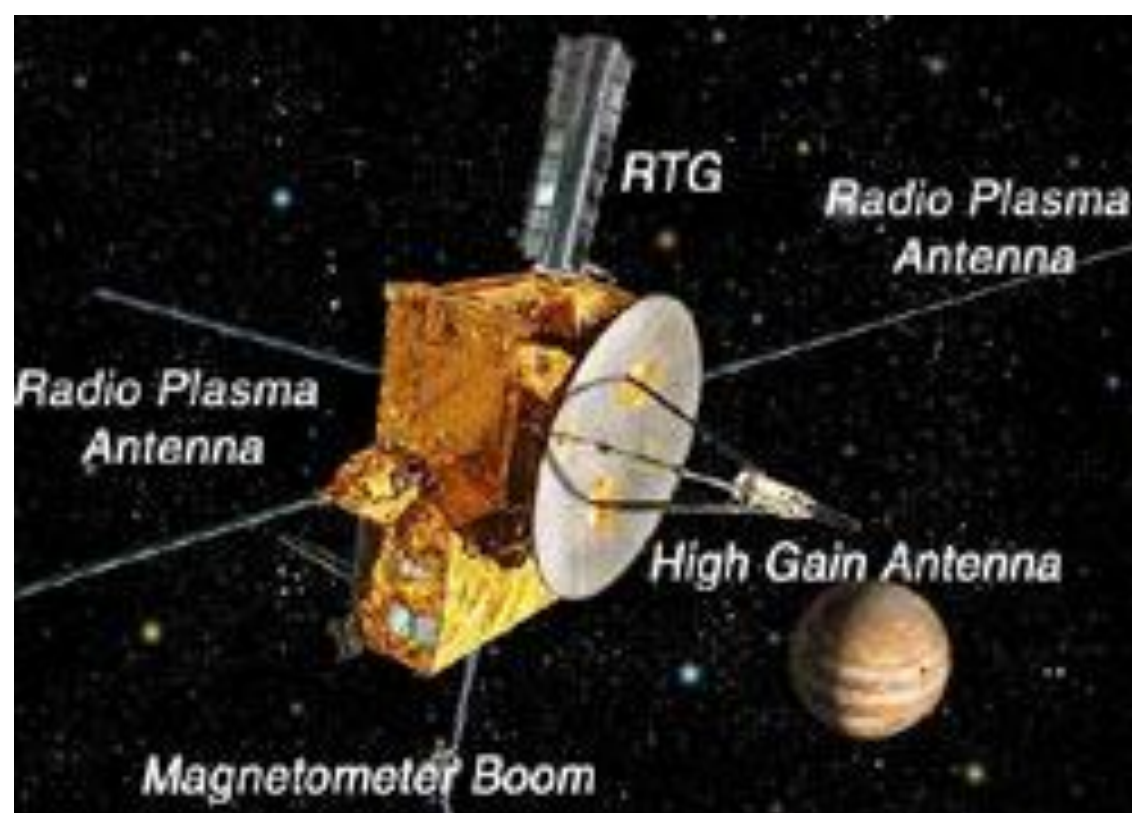
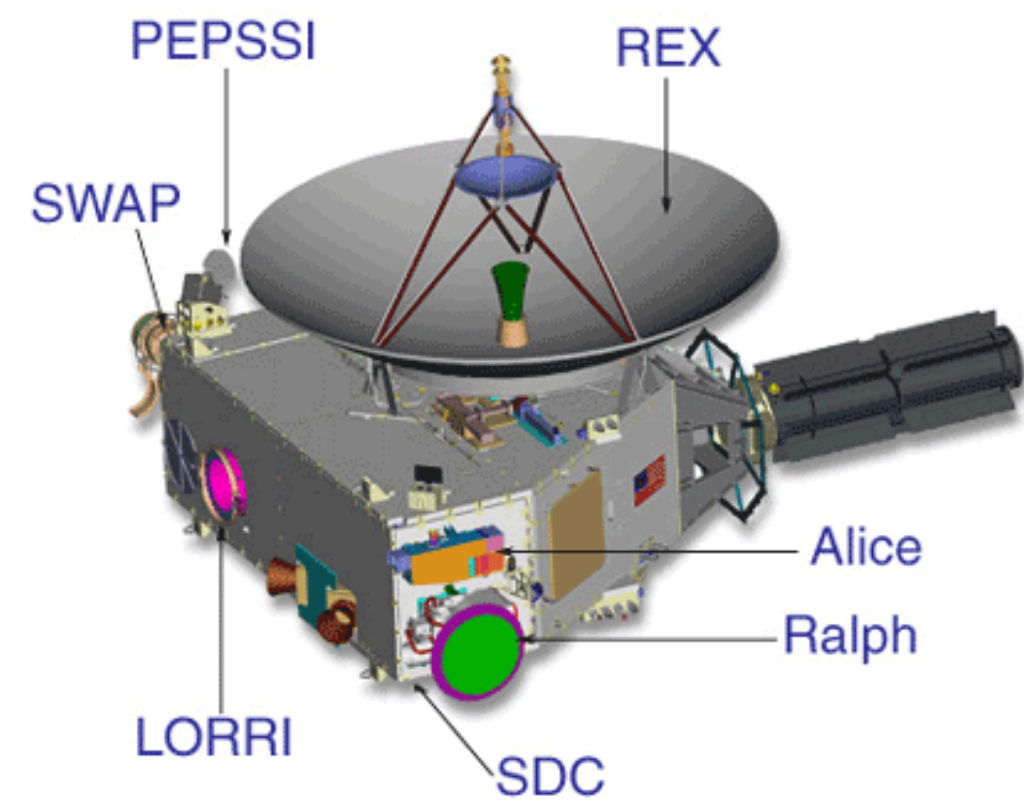
**Maria Skłodowska-Curie
stworzyła podwaliny
radioizotopowych
źródeł energii**

**Wiele sond kosmicznych
i satelitów wykorzystuje
radioizotopowe źródła energii.**

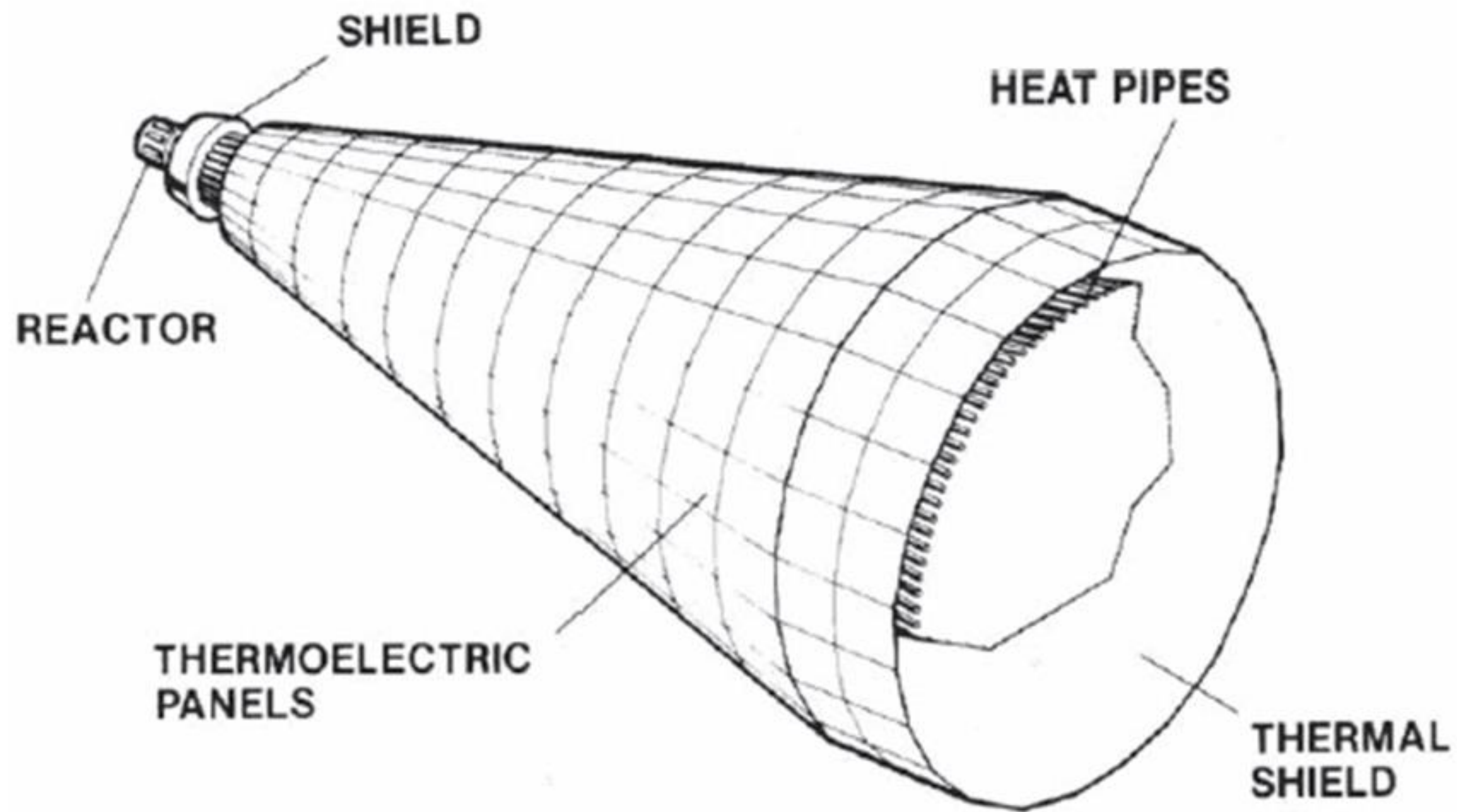
Sondy Pioneer i Voyager



Radioizotopowe źródła energii na sondach i robotach kosmicznych

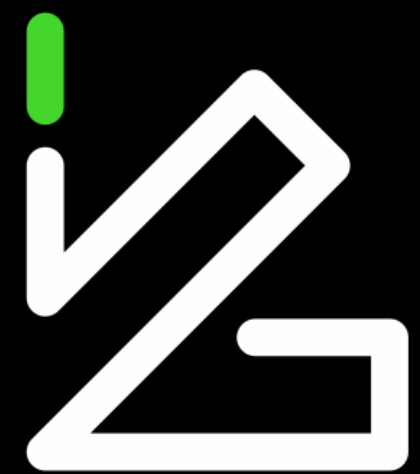


NASA- SP-100 – schemat reaktora nuklearnego do zastosowań kosmicznych



Wnioski

- **Do lotów załogowych na Marsa konieczne będzie wykorzystanie nuklearnych silników raketowych,**
- **Radioaktywne źródła energii wykorzystywane są do ogrzewania niektórych systemów bezzałogowych próbników oraz w lotach poza orbitę Marsa do zasilania sond kosmicznych w energię elektryczną,**
- **Do eksploracji dalekiego kosmosu konieczne będzie korzystanie z nuklearnych napędów raketowych i z nuklearnych źródeł energii!**



Łukasiewicz

Instytut Lotnictwa

AL. KRAKOWSKA 110/114, 02-256 WARSZAWA

+48 22 846 00 11 | ILOT@ILOT.LUKASIEWICZ.GOV.PL

ILOT.LUKASIEWICZ.GOV.PL

