

Curso de Extensão e Divulgação em Engenharia Espacial

13 de Outubro de 2021

***GRANDES VIAGENS NO SISTEMA SOLAR:
Parte 1***

Antonio F. Bertachini A. Prado

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

antonio.prado@inpe.br

Voyager



Foto Nasa

Voyager



Foto Nasa

Voyager

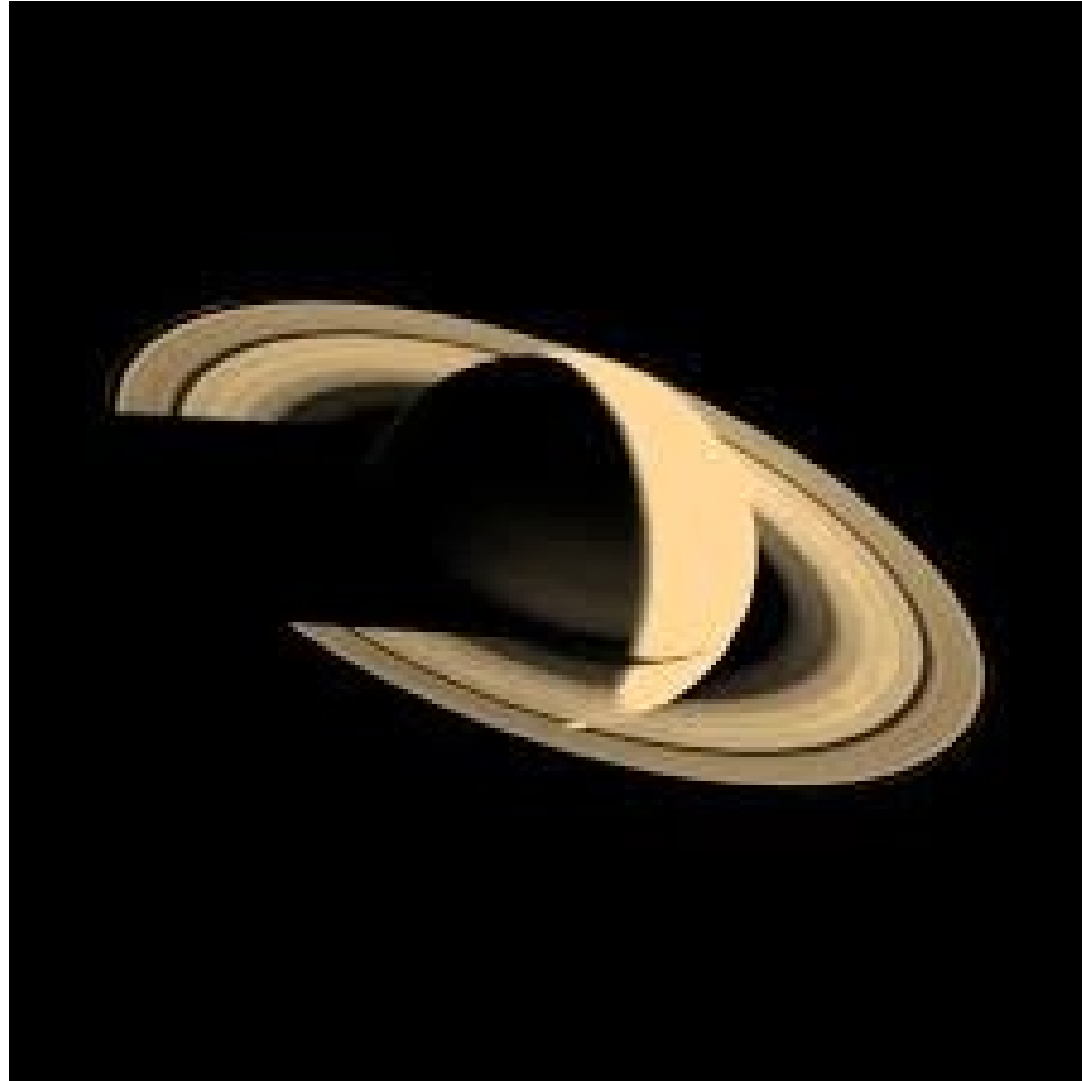


Foto Nasa

Voyager



Foto Nasa

MOTIVAÇÃO

Como chegar nos planetas do sistema solar exterior?

Que caminho seguir?

Quando iniciar a viagem?

Quando chegar?

Como evitar o consumo excessivo de combustível?

INTRODUÇÃO

O objetivo é fornecer uma introdução aos principais problemas e técnicas utilizadas para enviar veículos espaciais ao sistema solar exterior.

Esta palestra mostrará como usar a gravidade de corpos celestes para dar energia a veículos espaciais.

TIPOS DE ÓRBITAS

As trajetórias para um veículo espacial que se move sujeito a ação da gravidade de um corpo central assumido como ponto de massa são as chamadas seções cônicas: círculo, elipse, parábola, hipérbole.

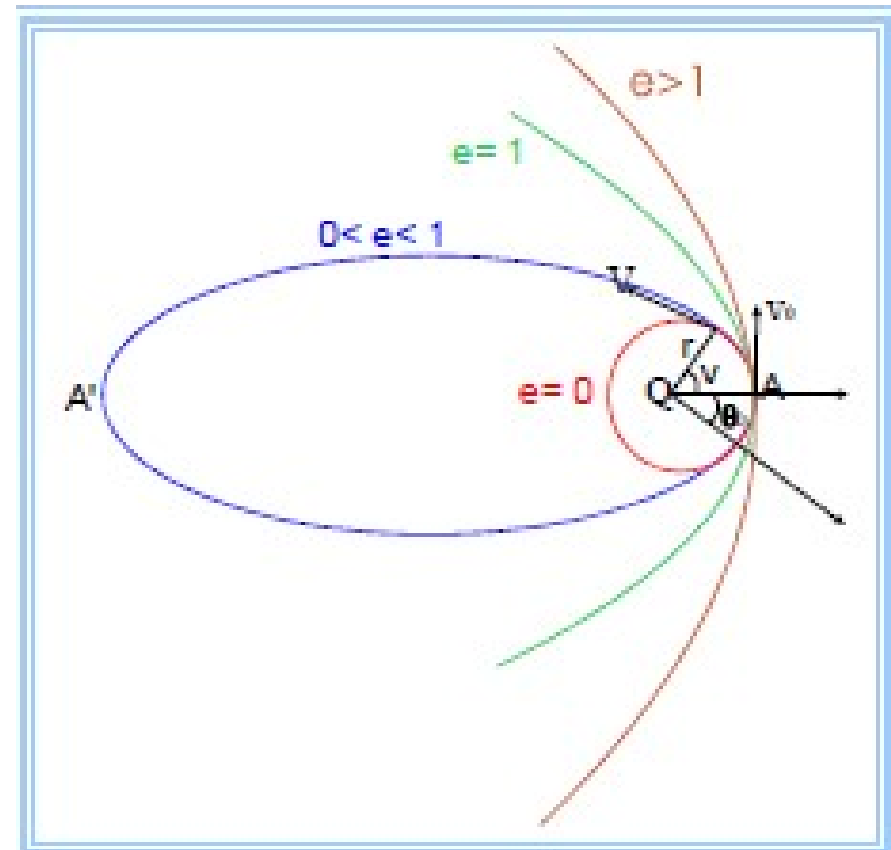
O valor de sua excentricidade e determina o tipo de trajetória.

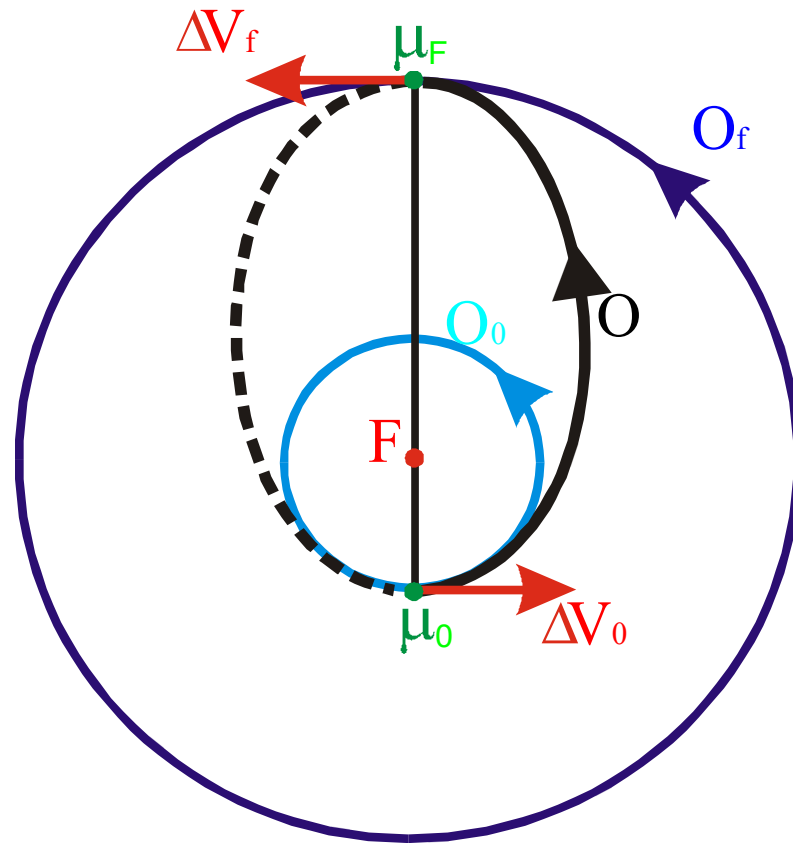
elipse ($0 < e < 1$)

circunferência ($e = 0$)

parábola ($e = 1$)

hipérbole ($e > 1$)





Transferência de Hohmann

Assim, a magnitude dos 3 impulsos é dada por:

$$\Delta V_1 = V_{c1} \left(\sqrt{\frac{2 \frac{r_2}{r_1}}{1 + \frac{r_2}{r_1}} - 1} \right) \quad \Delta V_2 = V_{c1} \left(\sqrt{\frac{2 \frac{r_f}{r_1}}{\frac{r_2}{r_1} \left[\frac{r_2}{r_1} + \frac{r_f}{r_1} \right]}} - \sqrt{\frac{2}{\frac{r_2}{r_1} \left[1 + \frac{r_2}{r_1} \right]}} \right)$$

$$\Delta V_f = V_{c1} \left(\frac{2 \frac{r_2}{r_1}}{\frac{r_f}{r_1} \left[\frac{r_f}{r_1} + \frac{r_2}{r_1} \right]} - \frac{1}{\frac{r_f}{r_1}} \right)$$

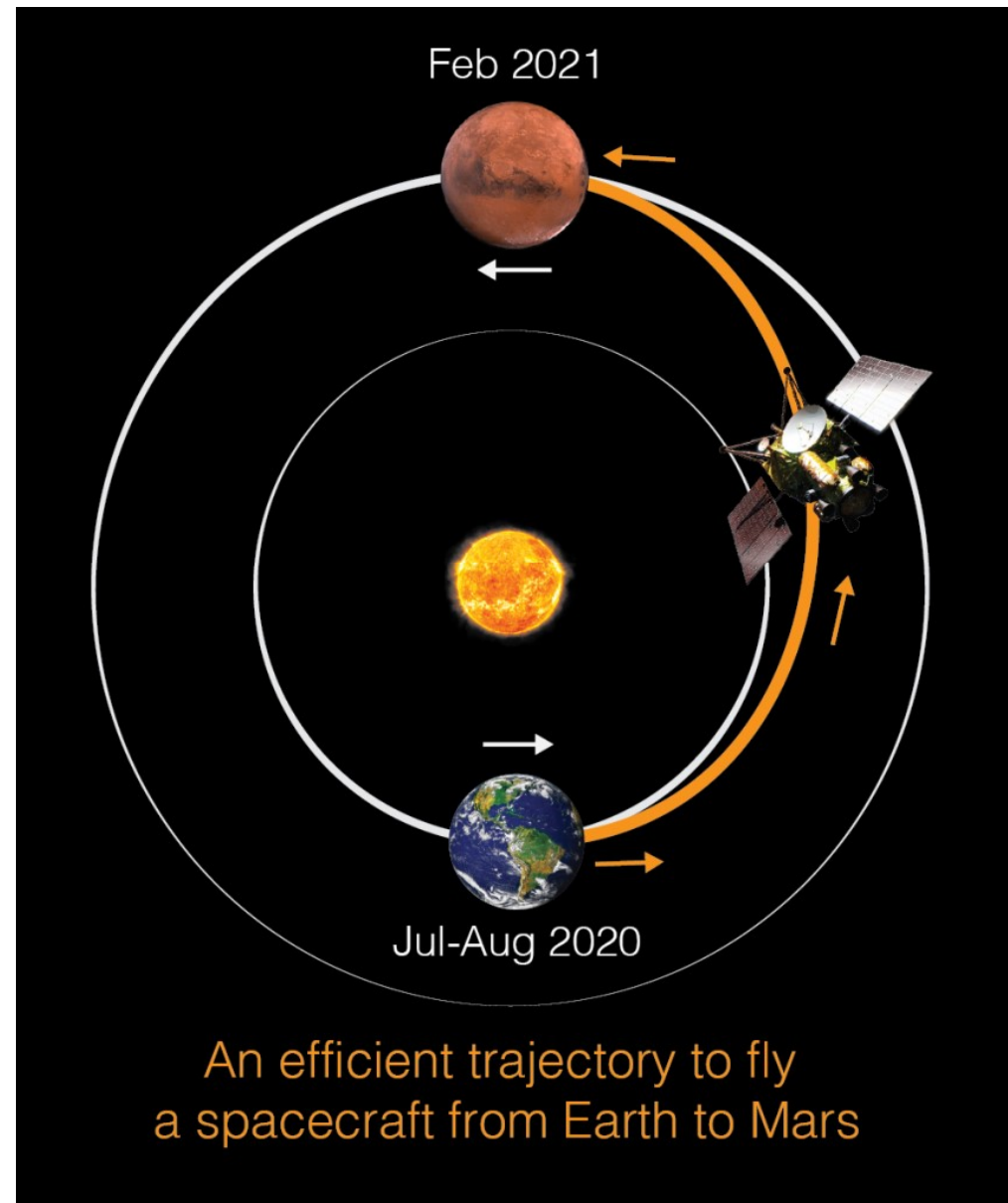
onde V_{c1} é a velocidade na órbita circular inicial.

Transferência de Hohmann a Marte

A janela de oportunidade para ir a Marte usando Hohmann se repeta a cada 26 meses;

Não usamos linha reta;

Por isso temos vários veículos indo juntos.



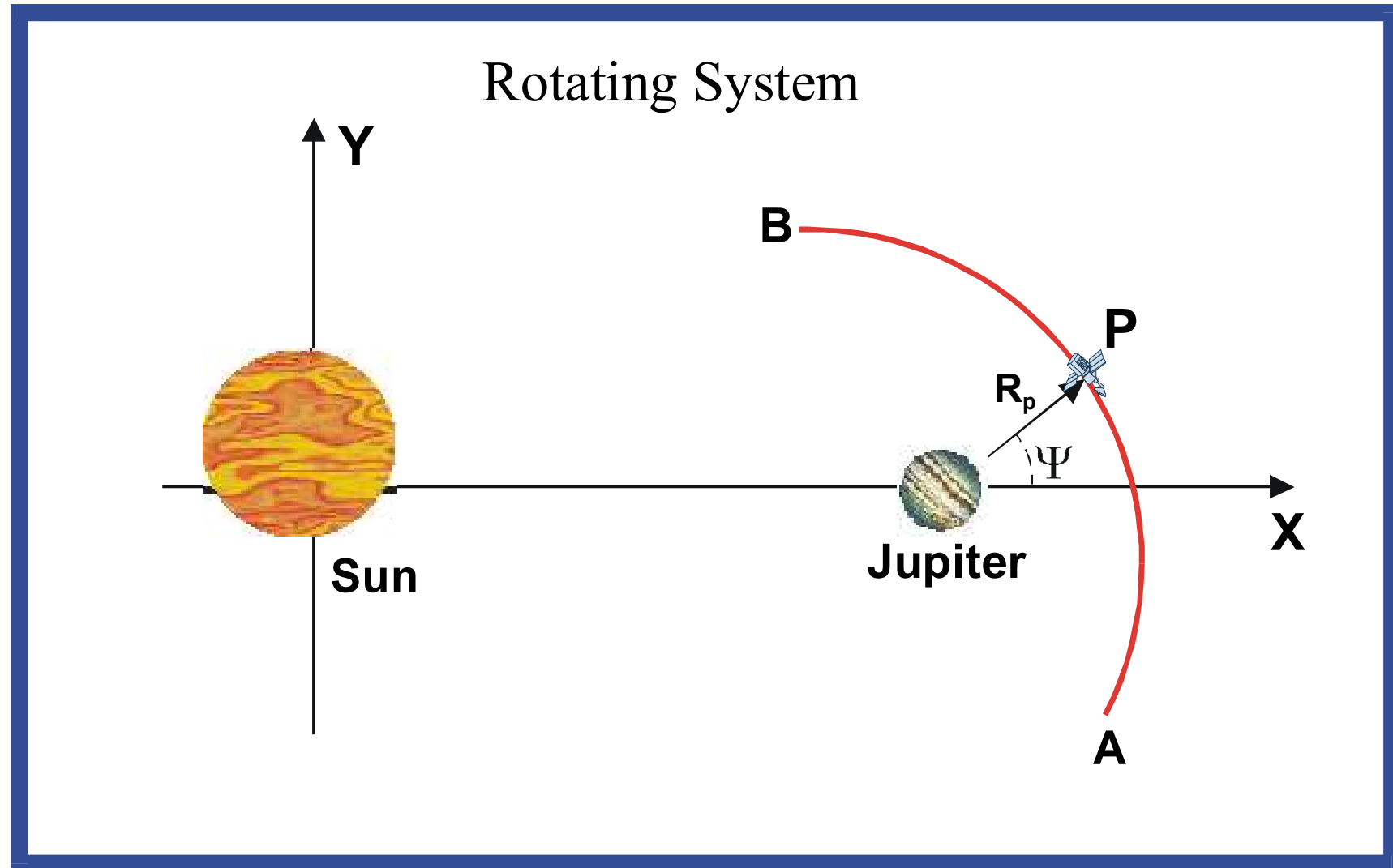
ESTILINGUE GRAVITACIONAL

F. Tisserand (1889): “Critério de Tisserand ” para cometas;

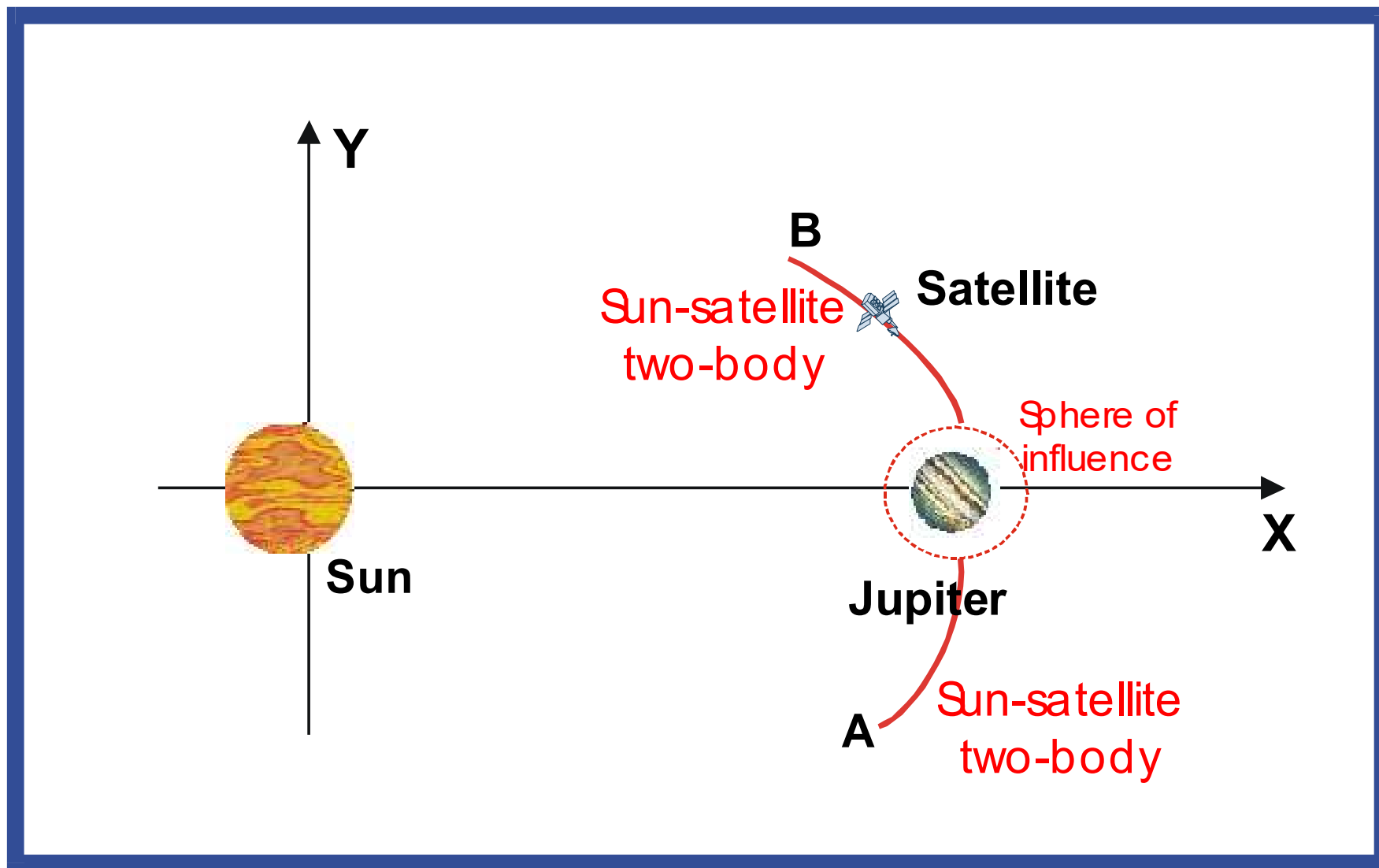
Pesquisas no JPL-NASA

Outra aula focará na história dessa manobra em mais detalhes.

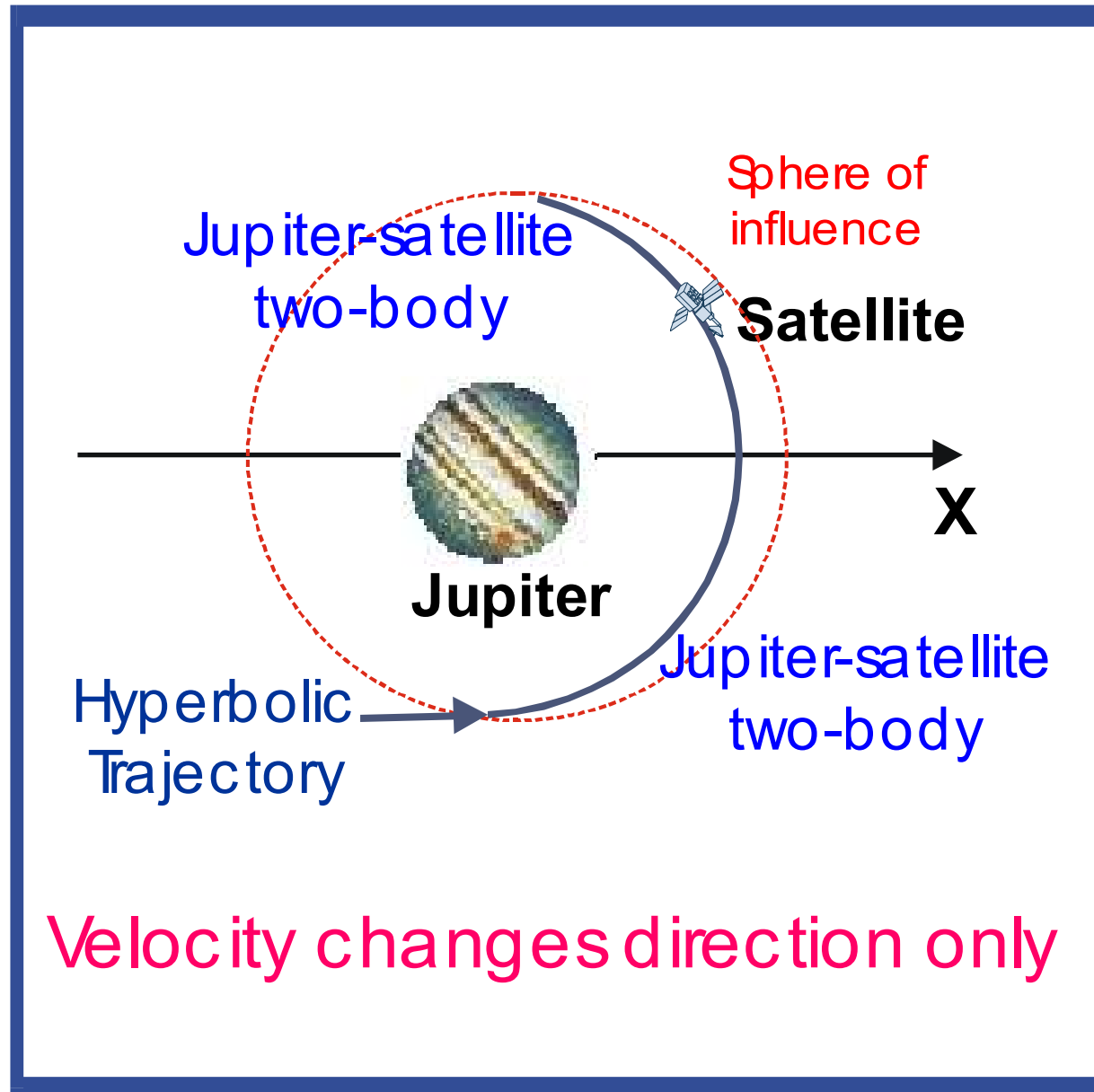
As três fases da manobra



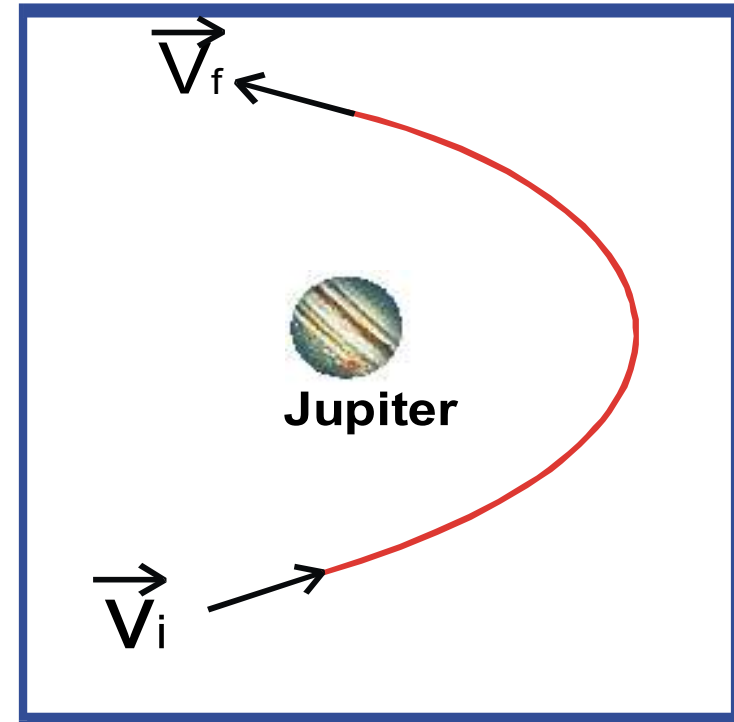
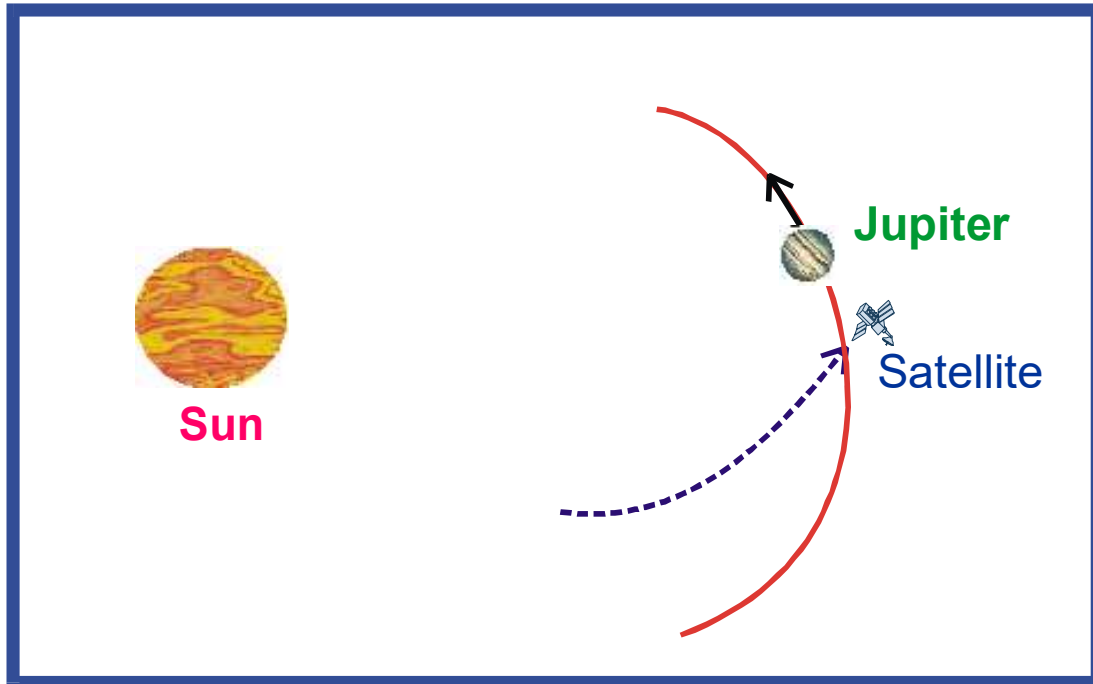
As três fases da manobra



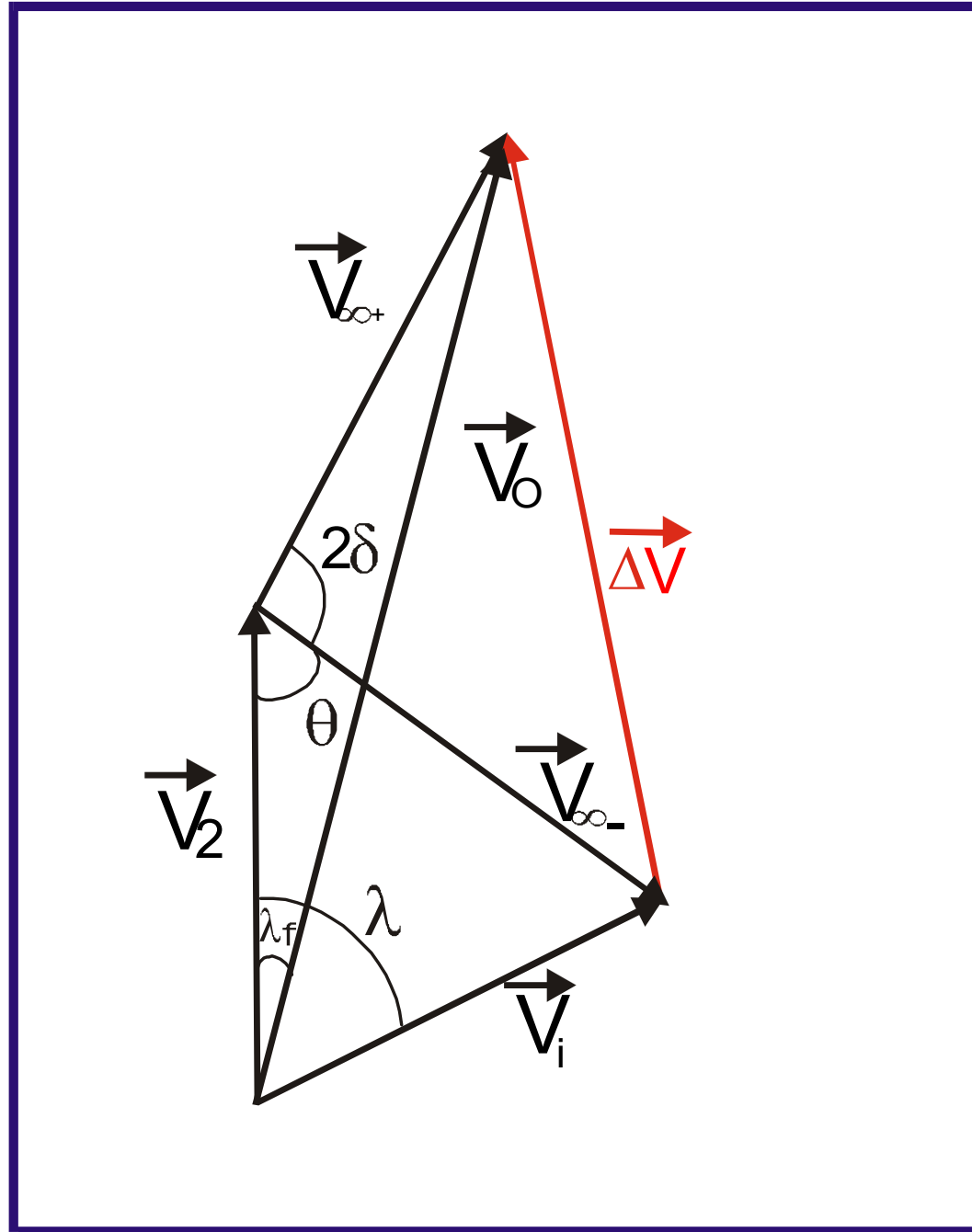
As três fases da manobra



As três fases da manobra



A soma vetorial



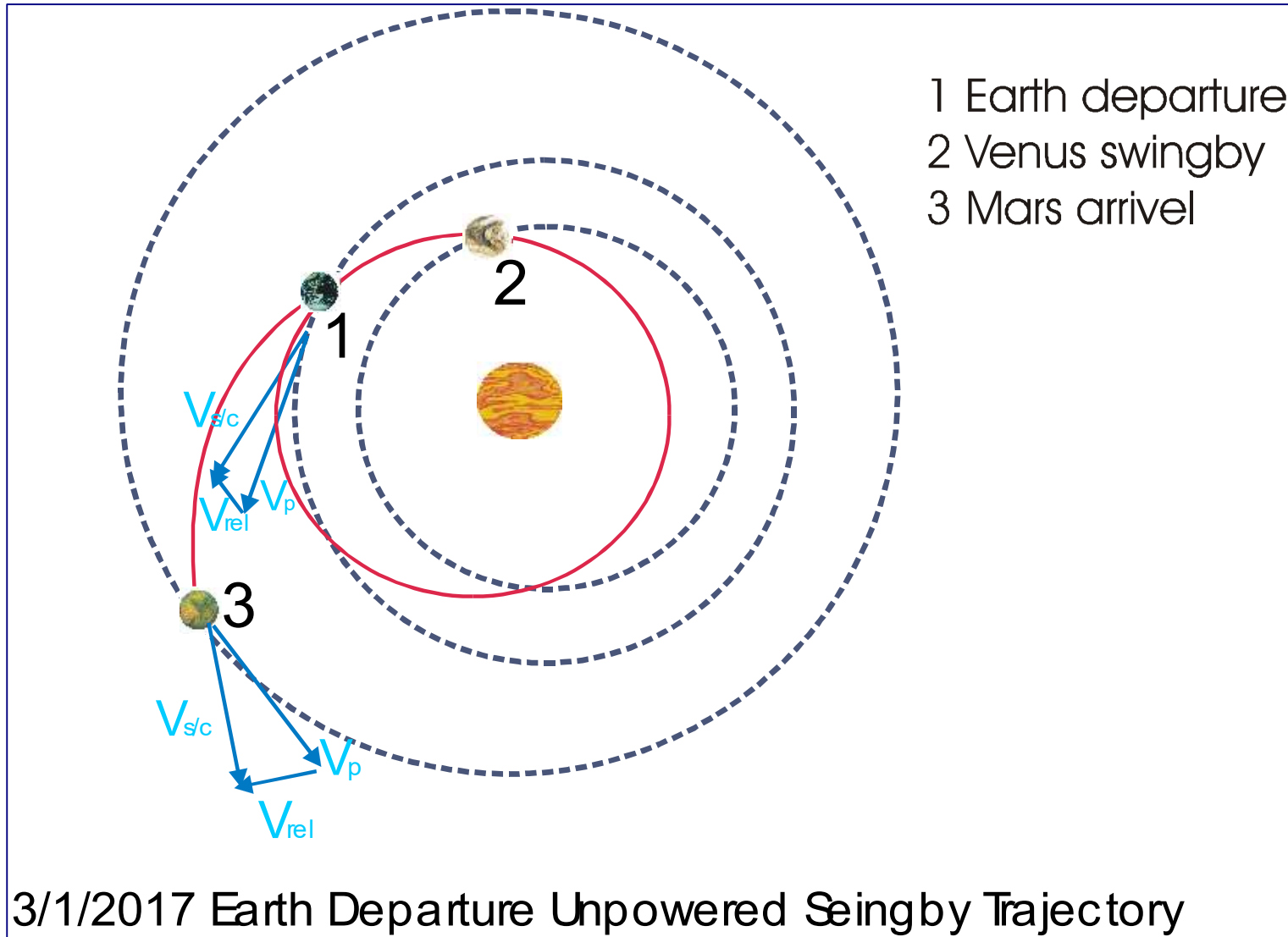
A soma vetorial

$$\Delta \vec{V} = \vec{V}_0 - \vec{V}_i$$

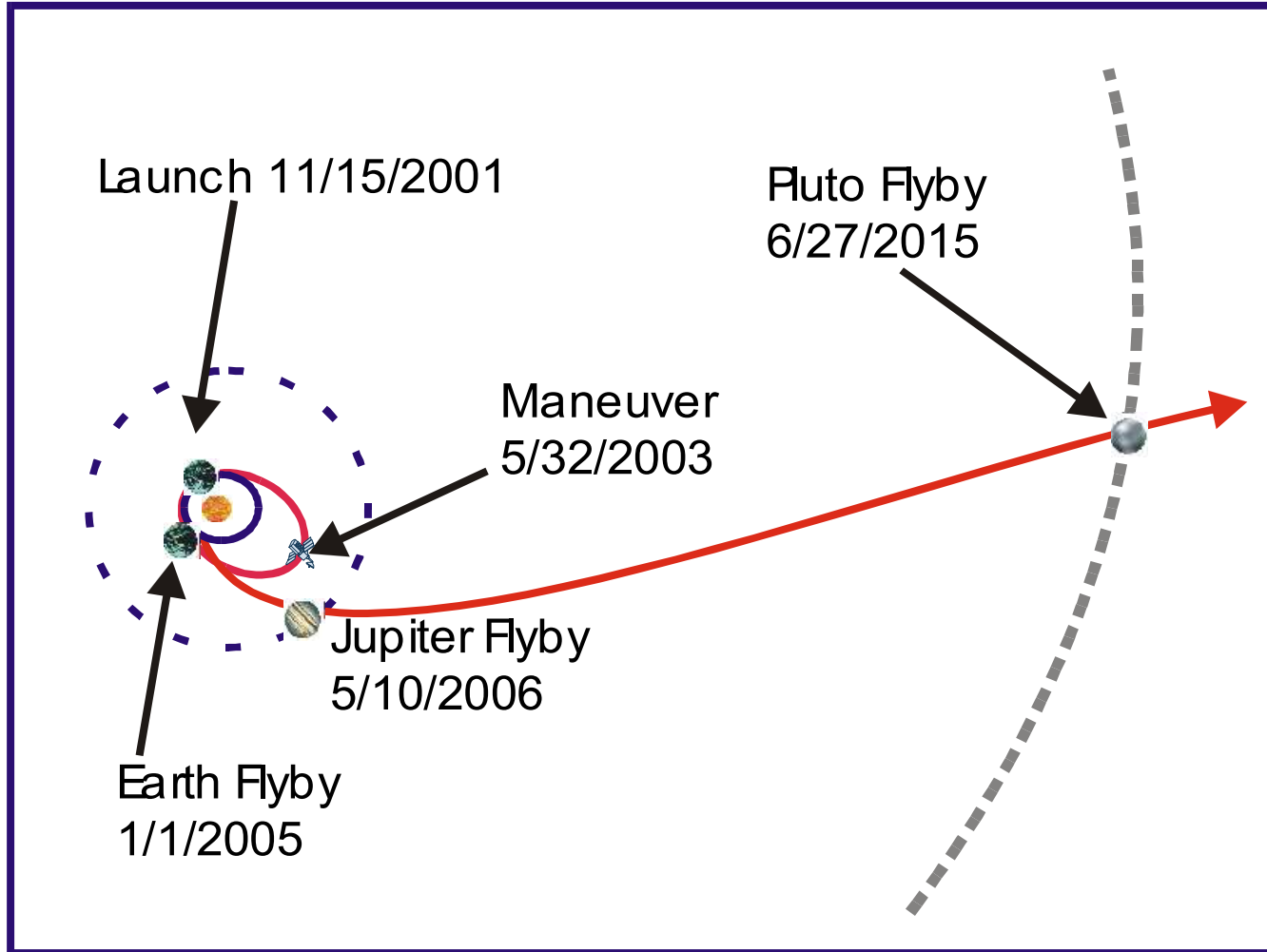
$$|\Delta \vec{V}| = 2 |\vec{V}_{\infty-}| \sin(\delta),$$

$$\sin(\delta) = \frac{1}{\left(1 + \frac{r_p V_{\infty}^2}{GM_2}\right)}$$

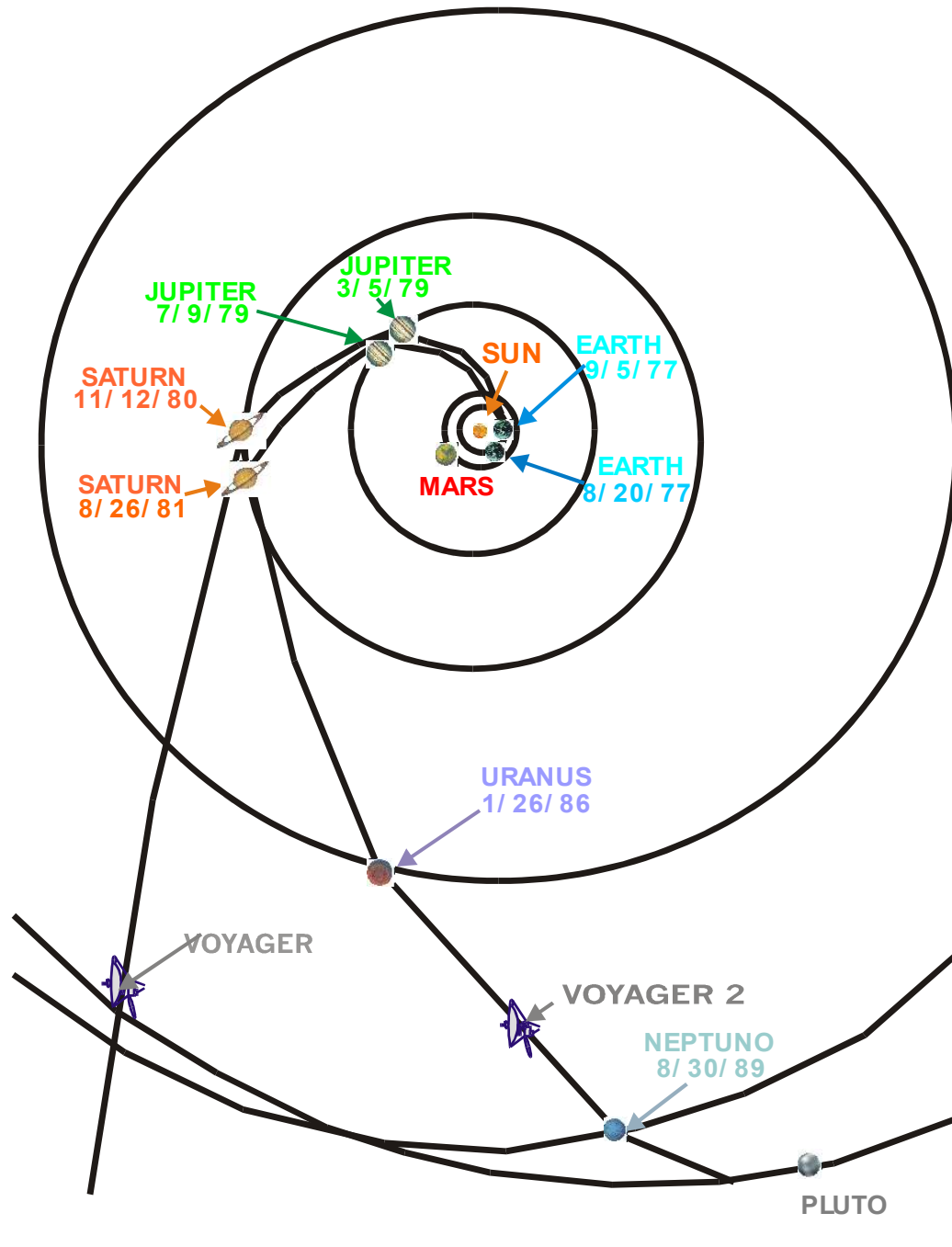
Uso de Venus para ir a Marte



Manobras Múltiplas



Voyager



Missão Ulisses

