



Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
Divisão de Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial

## MVO-41 - Mecânica Orbital

# Um pouco de história...

Professor:

Flávio Ribeiro (flaviocr@ita.br)

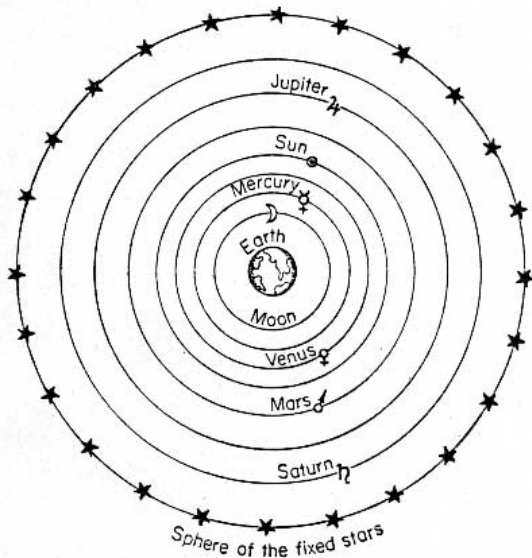
Site: <http://flavioluiz.github.io>

# Objetivos da aula

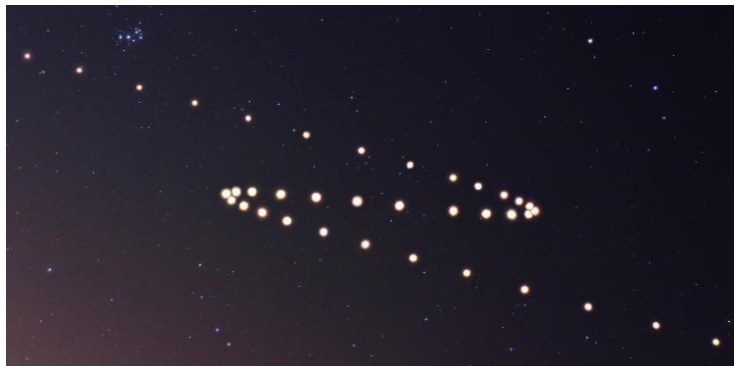
- Breve histórico: do modelo geocêntrico à mecânica Newtoniana;
- Exploração espacial;
- Motivações para o estudo da mecânica orbital.

# Na antiguidade...

## Modelo geocêntrico (500 A.C.)



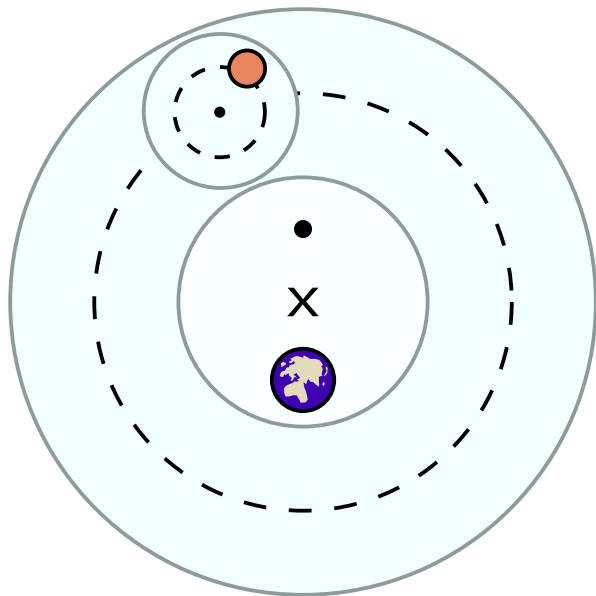
## Um problema... movimentos retrógrados



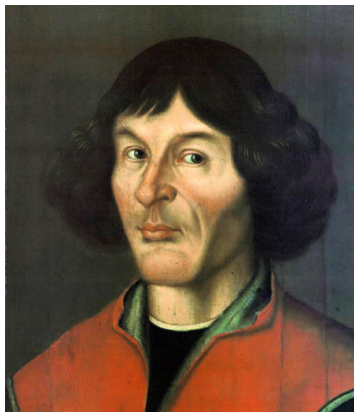
Movimento retrógrado de Marte em 2005 (Tunc Tezel, APOD:

<https://apod.nasa.gov/apod/ap060422.html>

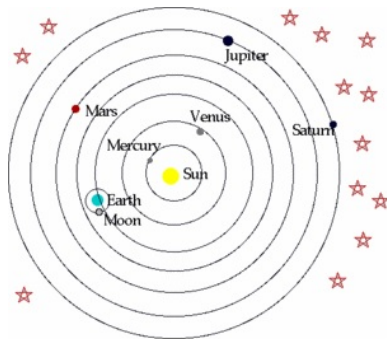
## Epíclis (Ptolomeu - Século II A.C.)



# Copérnico e o Heliocentrismo



Nicolau Copérnico  
(1473 - 1543)



Modelo heliocêntrico

# Tycho Brahe e Kepler

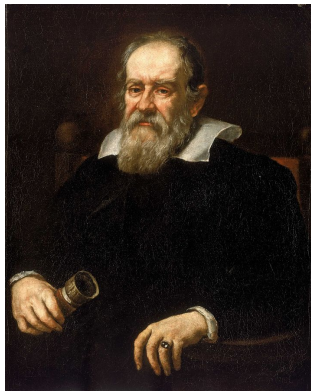


Tycho Brahe  
(1546 - 1601)

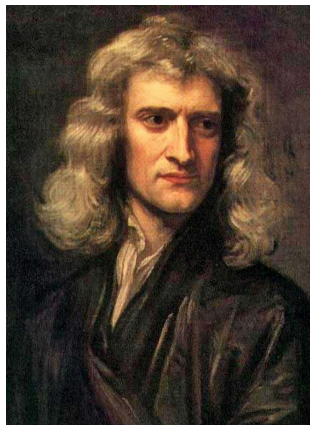


Johannes Kepler  
(1571 - 1630)

# Galileu e Newton



Galileo Galilei  
(1564 - 1642)



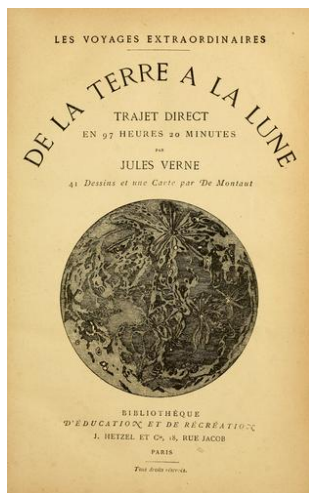
Isaac Newton  
(1643 - 1727)



# Outros mundos e a possibilidade do voo espacial

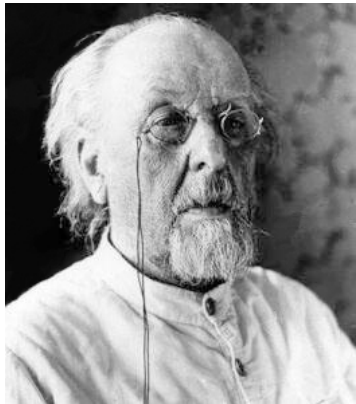


Giordano Bruno  
(1548 - 1600)



Da Terra a Lua  
(Jules Verne, 1865)

# Konstantin Tsiolkovsky e Robert Goddard

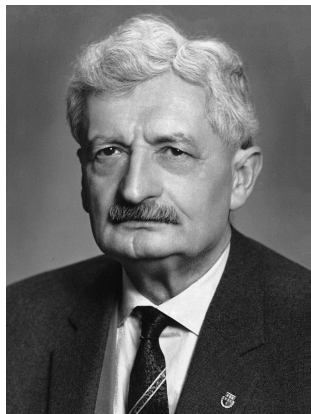


Konstantin Tsiolkovsky  
(1857 - 1935)



Robert Goddard  
(1882 - 1945)

## Hermann Oberth e Robert Esnault-Pelterie

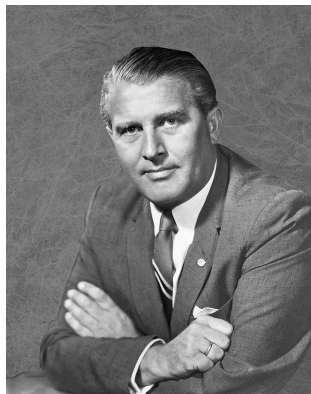


Hermann Oberth  
(1894 - 1989)



Robert Esnault-Pelterie  
(1881 - 1957)

## Wernher von Braun e Sergei Korolev

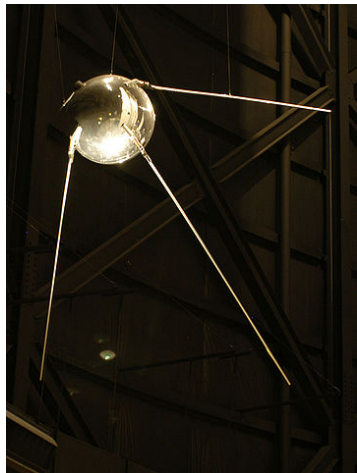


Wernher von Braun  
(1912 - 1977)



Sergei Korolev  
(1906 - 1966)

## Corrida espacial... URSS sai na frente

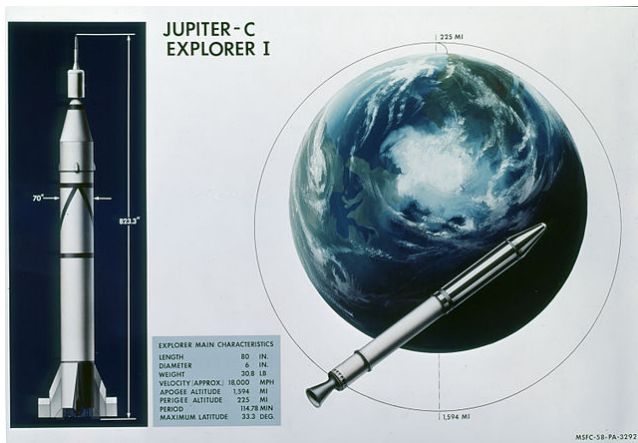


Sputnik 1  
(4 de Outubro de 1957)



Sputnik 2 - Laika  
(3 de Novembro de 1957)

## Corrida espacial... resposta americana



Explorer 1  
31 de janeiro de 1958

## Corrida espacial... primeiro cosmonauta



Yuri Gagarin  
12 de abril de 1961

## Corrida espacial... primeiros astronautas



Allan Shepard  
Mercury-Redstone 3  
(5 de maio de 1961)



Mercury-Atlas 6 - John Glenn (20 de  
fevereiro de 1962)



## Corrida espacial... objetivo: Lua!

### Discurso do JFK - 12 de Setembro de 1962

We choose to go to the Moon! ... We choose to go to the Moon in this decade and do the other things, not because they are easy, but because they are hard; because that goal will serve to organize and measure the best of our energies and skills, because that challenge is one that we are willing to accept, one we are unwilling to postpone, and one we intend to win.

## Corrida espacial... URSS ainda na frente



Valentina Tereshkova  
Vostok 6 (16 de junho de 1963)



Alexei Leonov  
Voskhod 2 (18 de março de 1965)

## Corrida espacial... Gemini

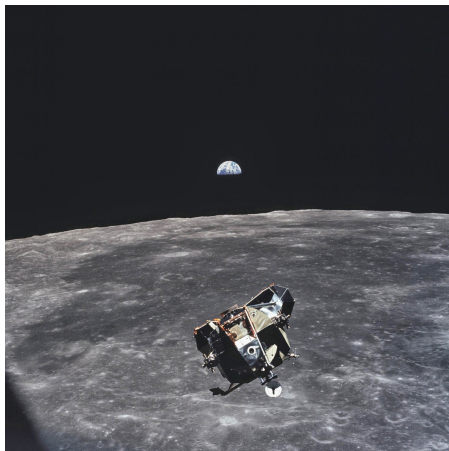
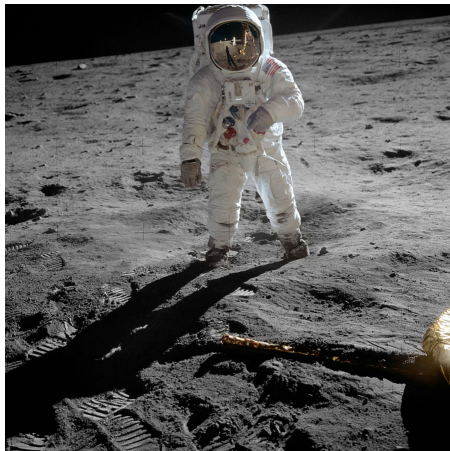


Ed White  
Gemini IV (3 de Junho de 1965)



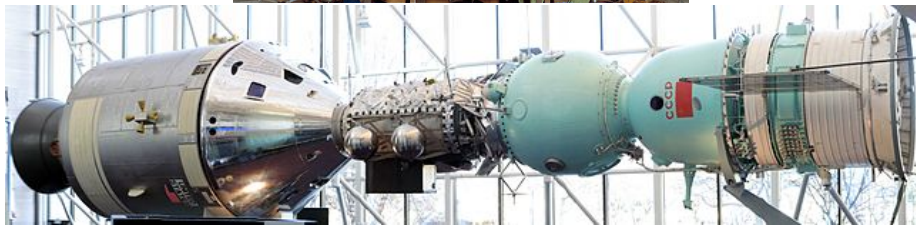
Gemini VI e Gemini VII  
(Dezembro de 1965)

# Corrida espacial... objetivo atingido!



Apollo 11 (julho de 1969)

# Apollo-Soyuz



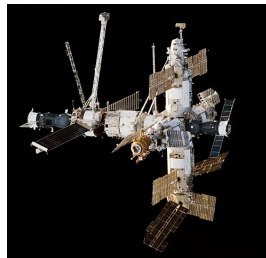
# Estações espaciais



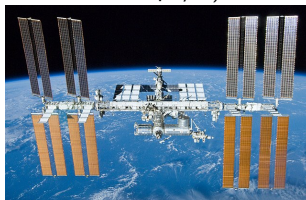
Skylab (US - 3 missões em 1973 - ocupada por 171 dias (total))



Programa Salyut (1971 - 1986 - URSS - 7 estações - Salyut 7 teve ocupação total de 816 dias)



Mir (1986 - 2001 - URSS/Rússia, 4592 dias de ocupação)



ISS (2000 - continua)

## Foguetes reutilizáveis - Ônibus espacial?



Space Shuttle (1981 - 2011 - 135 voos)



15 de novembro de 1988 (1 voo não tripulado)

# Foguetes reutilizáveis - SpaceX



Falcon Heavy (2018)



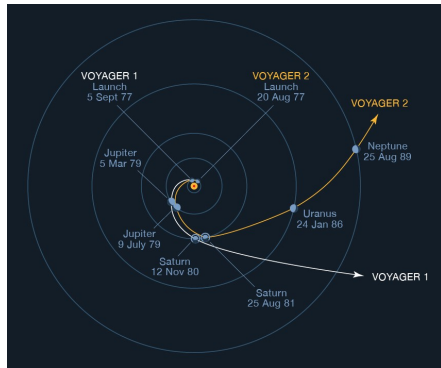
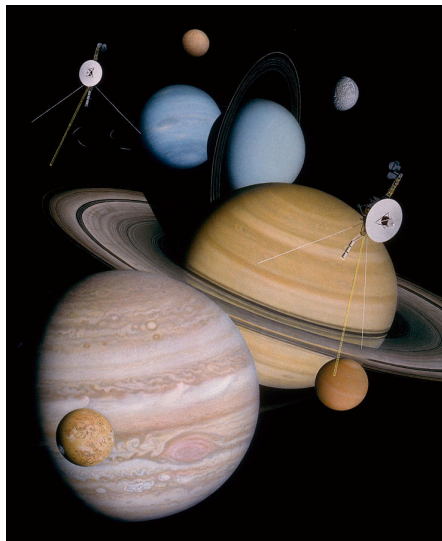
Big Falcon Rocket (BFR)



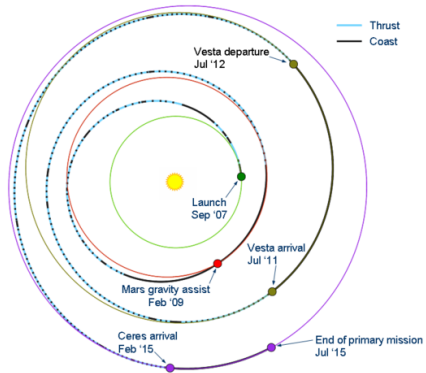
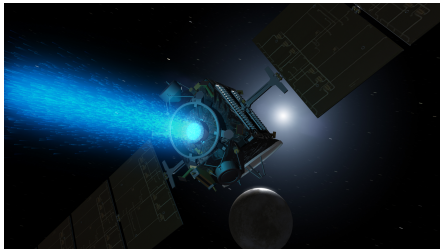
# Algumas missões robóticas interplanetárias

- Vênus: programa Venera (URSS, década de 60)
- Marte: Viking 1 e 2 (NASA)
- Gigantes gasosos: Voyager 1 e 2 (NASA, 1976 - atual)
- Plutão e outros objetos do cinturão de Kuiper: New Horizons (NASA, 2006 - atual)
- Cometa: Rosetta (ESA, 2004 - 2016)
- Asteróides: Hayabusa (Japão, 2003-2010), Dawn (NASA, 2007-atual)

# Voyager 1 e 2 - gravity assist/ slingshot



# Dawn - propulsão de baixo empuxo



# Satélites artificiais hoje

Atualmente são mais de 1700 satélites operacionais (aprox. 4300 no total em órbita, 7500 já lançados)

Aplicações principais:

- Comunicações: 740
- Observação da Terra: 600
- Observação do espaço/ciências espaciais: 75
- Desenvolvimento/demonstração de tecnologia: 200
- Navegação/Posicionamento: 108 satélites (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, NAVIC)

Fonte: <https://www.ucsusa.org/nuclear-weapons/space-weapons/satellite-database>