

Movimento circular uniforme



Essencial

- Interpretar, e caracterizar, movimentos retilíneos (~~uniformes, uniformemente variados e variados~~) e circulares uniformes, tendo em conta a resultante das forças e as condições iniciais.
- Resolver problemas de movimentos retilíneos (~~queda livre, plano inclinado e queda com efeito de resistência do ar não desprezável~~) e circular uniforme, aplicando abordagens analíticas e gráficas, mobilizando as Leis de Newton, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.
- Aplicar, na resolução de problemas, a Lei da Gravitação Universal e a Lei Fundamental da Dinâmica ao movimento circular e uniforme de satélites.

Palavras-chave

- Velocidade de escape.
- Força centrípeta (normal).
- Aceleração centrípeta (normal).
- Período.
- Frequência.
- Velocidade angular.



4 de outubro de 1957

Primeiro satélite artificial: Sputnik.



Atualmente

Satélites de comunicações



Atualmente

Satélites GPS



[Imagem: Space.com]

Atualmente

Satélites de observação



[Imagem: NASA]

Atualmente

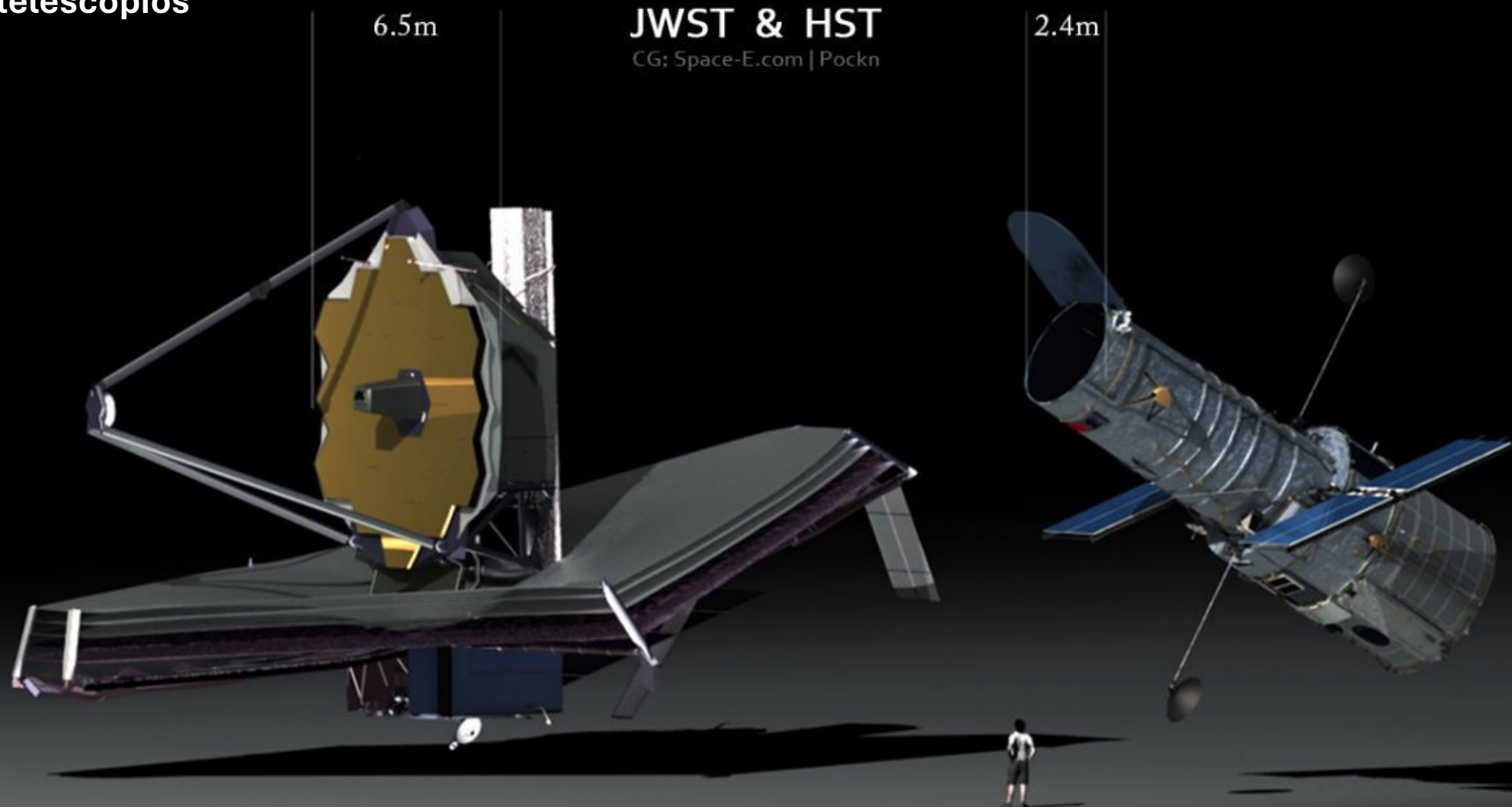
Satélites telescópios



[Imagem: NASA]

Atualmente

Satélites telescópios



[Imagem: Reddit]

Atualmente

Satélites laboratórios



[Imagem: TechRepublic]

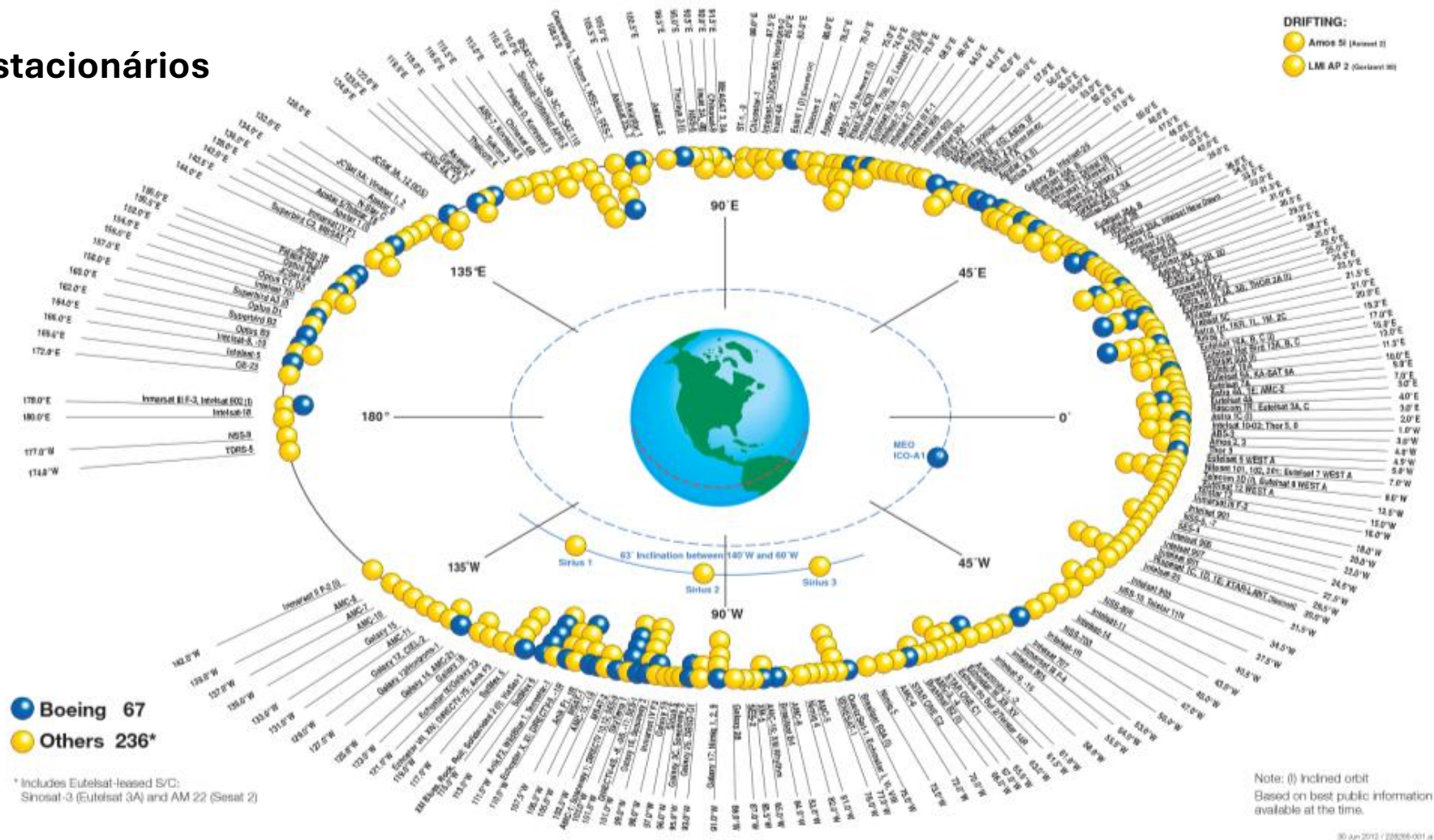
Atualmente

Satélites espiões



Atualmente

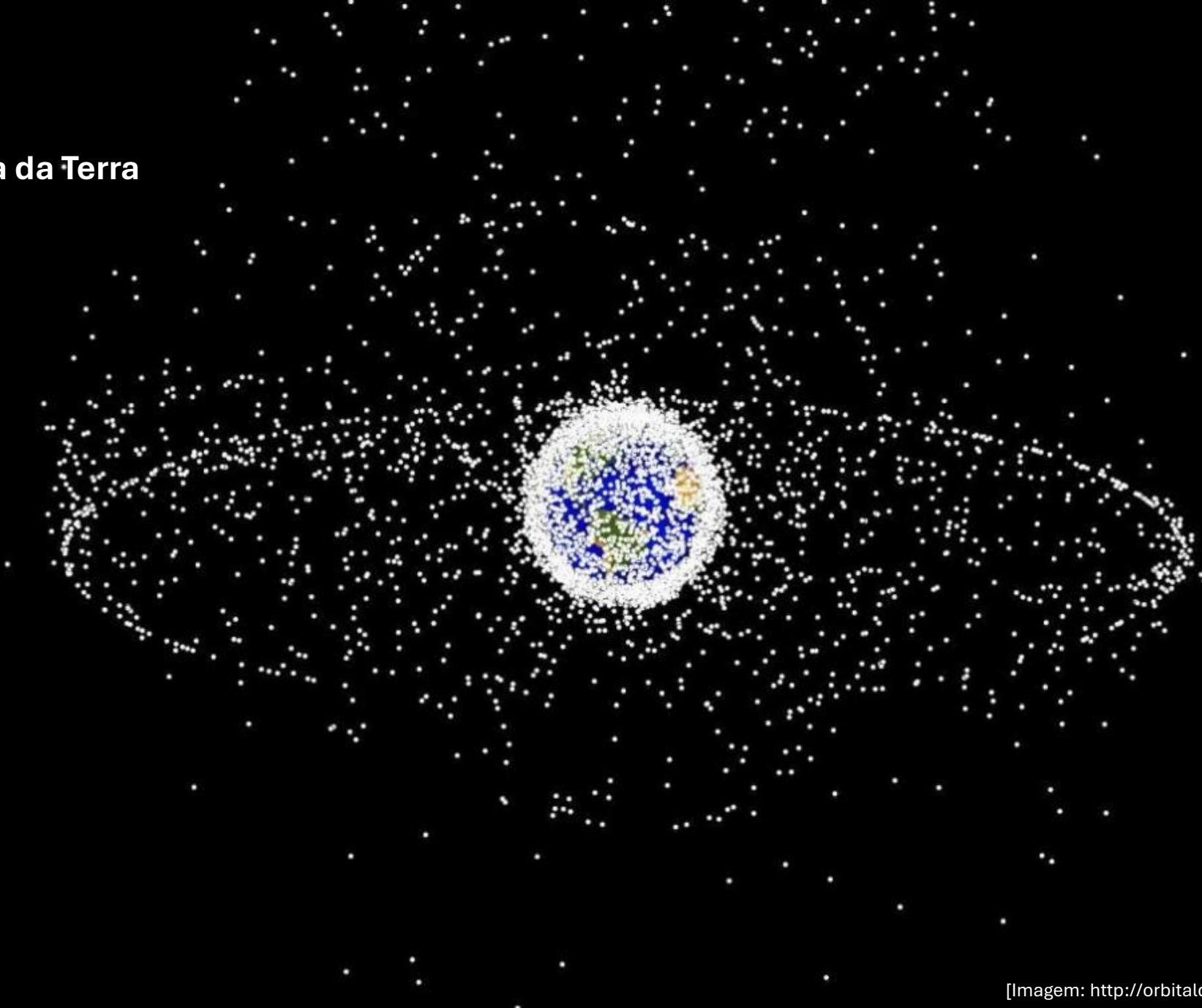
Satélites geostacionários



Um satélite geostacionário movimenta-se no plano equatorial da Terra e tem um **período de rotação igual ao da Terra** (24 horas) ⇒ Para um determinado ponto na superfície da Terra, **ele parece parado no céu**.

Atualmente

Satélites na órbita da Terra



[Imagem: <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/>, dados de 2005]

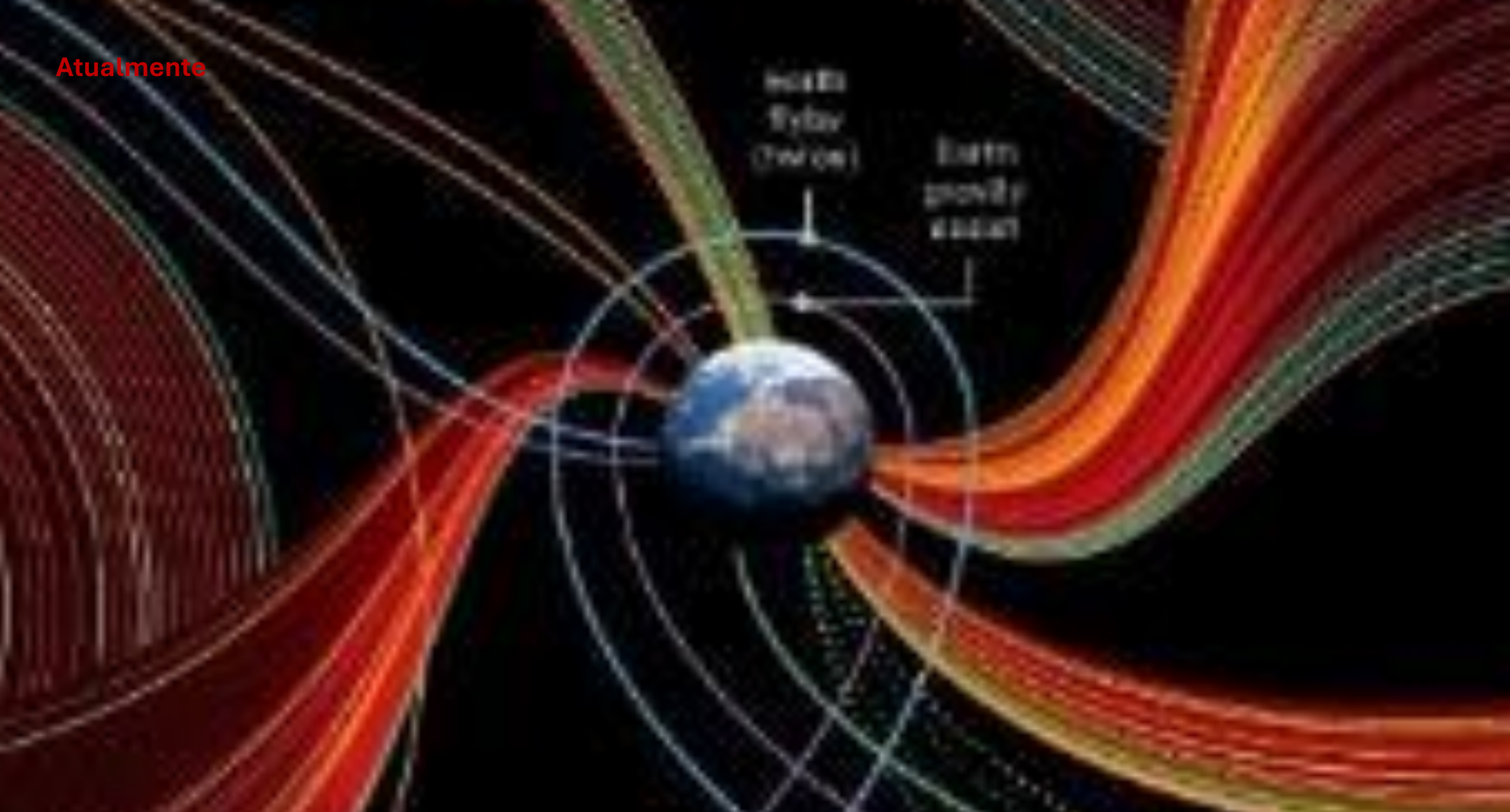
Atualmente

Partículas com > 1 mm

...e o conseqüente problema do lixo espacial

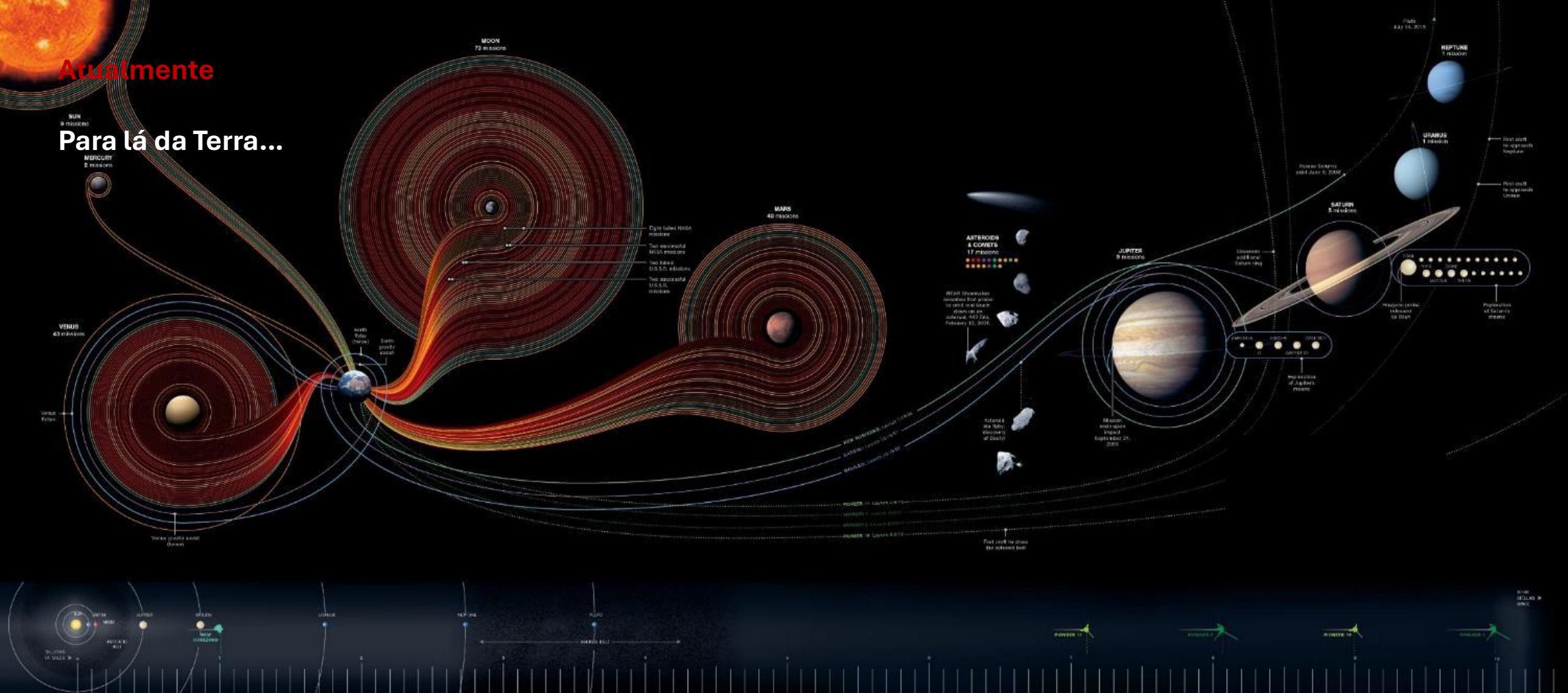


Atualmente



Atualmente

Para lá da Terra...



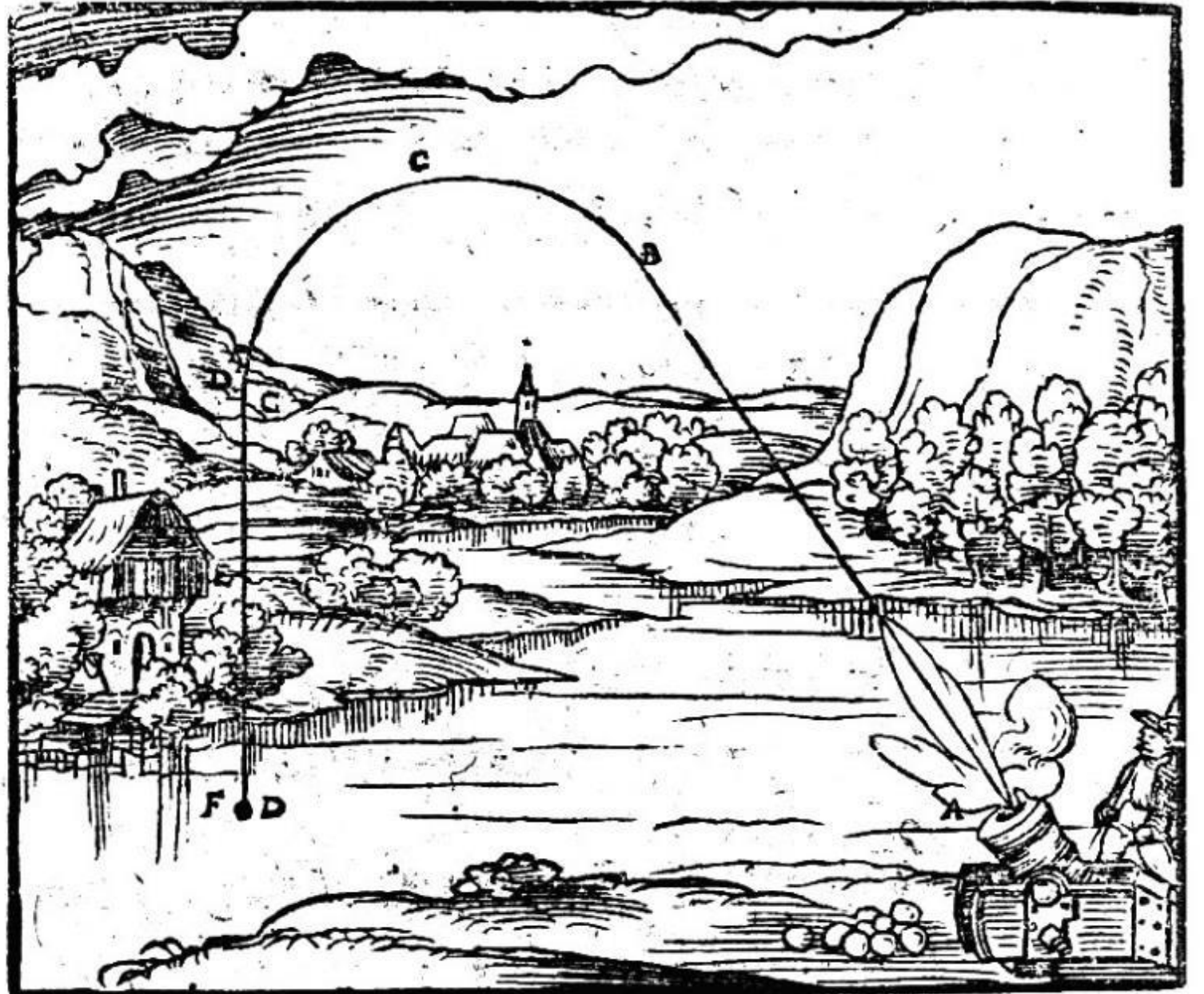
Lançamento

Como colocar um objeto em órbita?



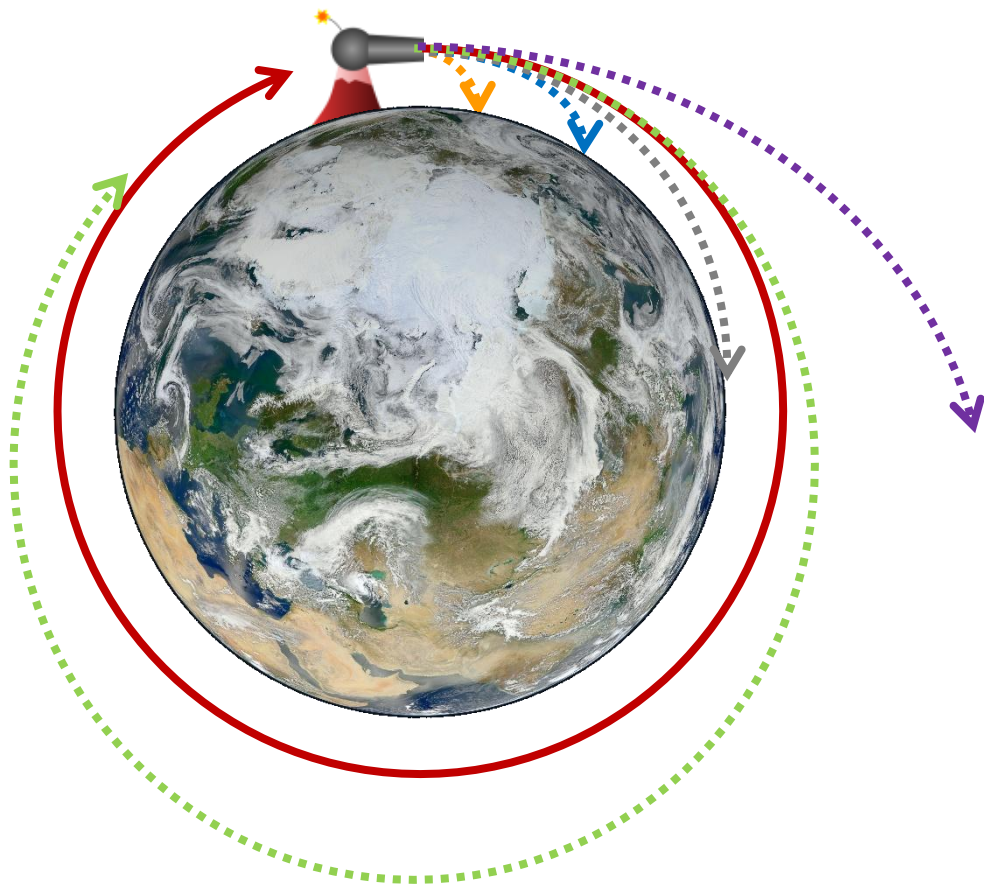
[Imagem: NASA, adaptada]

Lançamento



Lançamento

Diferentes velocidades de lançamento originam diferentes alcances.



Se pensarmos que a Terra é uma esfera...

v_1	alcance x_1	
v_2	alcance x_2	$[v_2 > v_1; x_2 > x_1]$
v_3	alcance x_3	$[v_3 > v_2; x_3 > x_2]$
v_4		$[v_4 > v_3]$

...com **velocidade** suficiente é possível colocar um objeto em **órbita**... num **movimento circular**!

Velocidades maiores (v_5 e v_6) originam outras trajetórias...

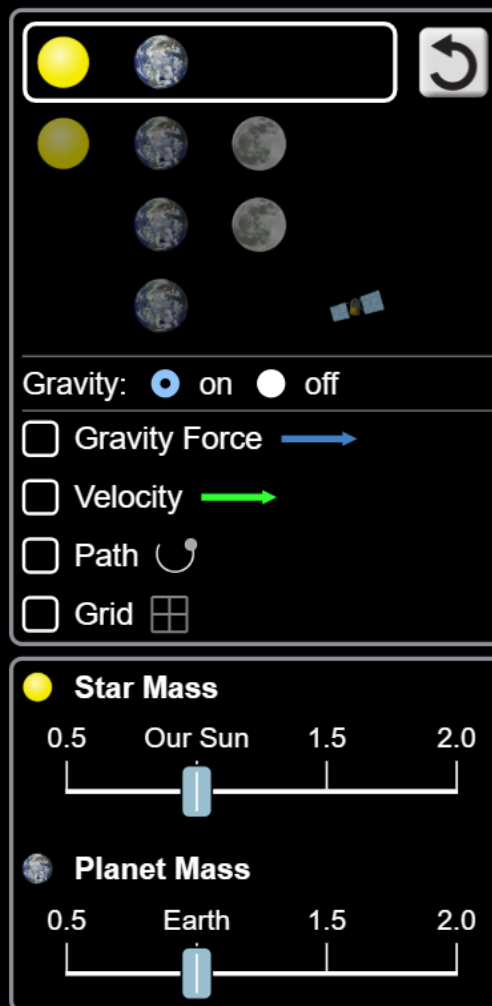
v_6 é a **velocidade de escape** (o objeto escapa à atração gravítica do planeta).

Velocidade de escape

Velocidades de escape (km s^{-1})

Terra	Lua	Sol	Júpiter	Marte	Vénus
11,2	2,3	618	60	5,0	10,3

O valor da velocidade de escape de cada planeta influencia a existência ou não de **atmosfera**, já que as **moléculas** dos gases podem atingir **velocidades suficientes** para escapar à atração gravítica.



- Fast
- Normal
- Slow



505 Earth Days

Clear



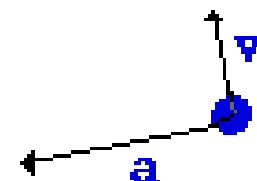
Movimento circular uniforme, MCU

Neste movimento o corpo sofre uma força resultante, de intensidade constante, perpendicular à trajetória - **força centrípeta** (ou **força normal**), o que implica uma **aceleração centrípeta** (ou **aceleração normal**).

$$\vec{F} = m \vec{a}_c \quad \text{ou} \quad \vec{F} = m \vec{a}_n$$

A **aceleração centrípeta** (ou **normal**) indica a **variação** que ocorre na **direção da trajetória** (maior ou menor curvatura), e tem um valor igual a:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$



Movimento circular uniforme, MCU

No MCU:

A **força/aceleração** tem:

Direção radial;

Sentido para o centro da curvatura;

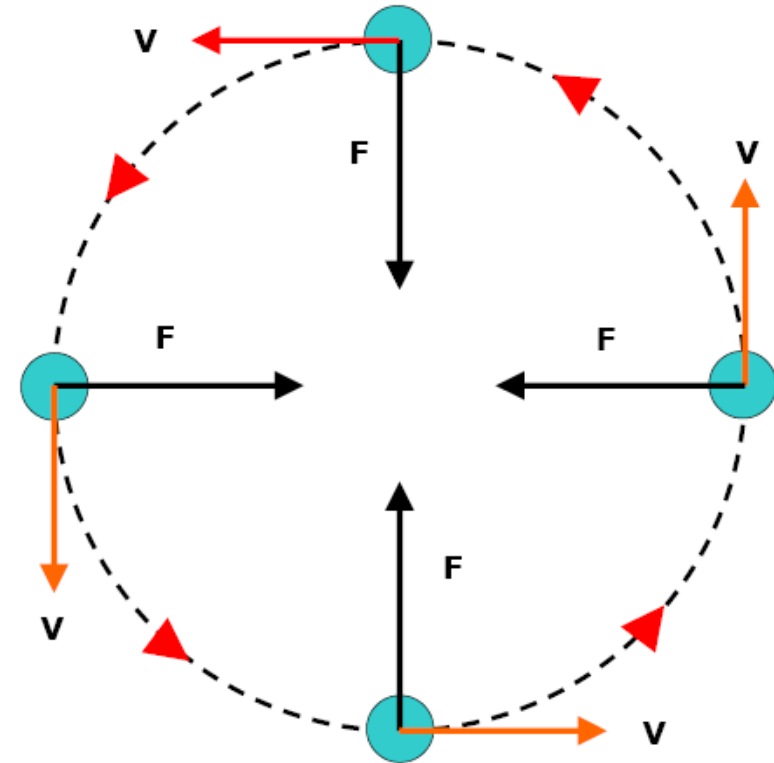
Módulo constante.

A **velocidade** tem:

Direção tangente à trajetória;

Sentido do movimento;

Módulo constante.



Movimento circular uniforme, MCU

Se um movimento circular for repetido em intervalos de tempo iguais:

Período, T

É o tempo que um ciclo demora a repetir-se.

Unidade SI: **segundo, s.**

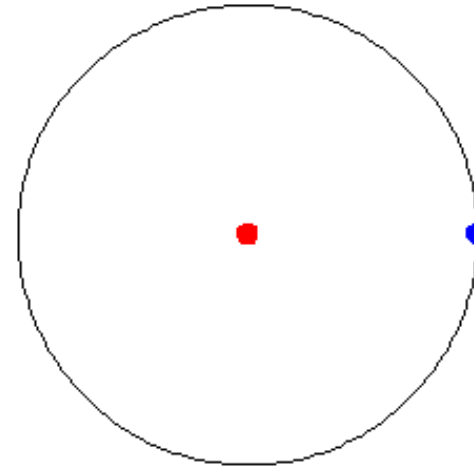
Frequência, f

É o número de vezes que um ciclo se repete na unidade de tempo (segundo.)

Unidade SI: **hertz, Hz** (ou s^{-1}).

Relação entre período e frequência

$$f = \frac{1}{T}$$



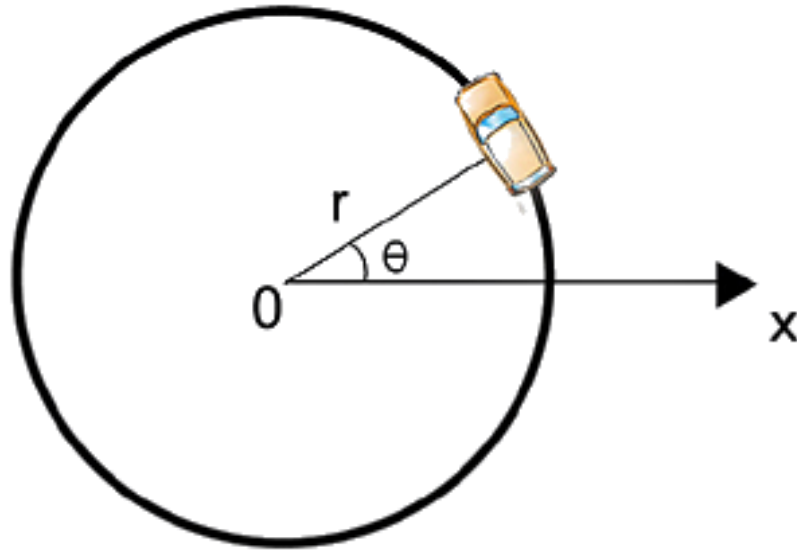
Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894).

Velocidade angular, ω

Num movimento circular:

Velocidade angular: $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

O espaço percorrido: $\Delta s = \Delta\theta r$



Velocidade angular, ω

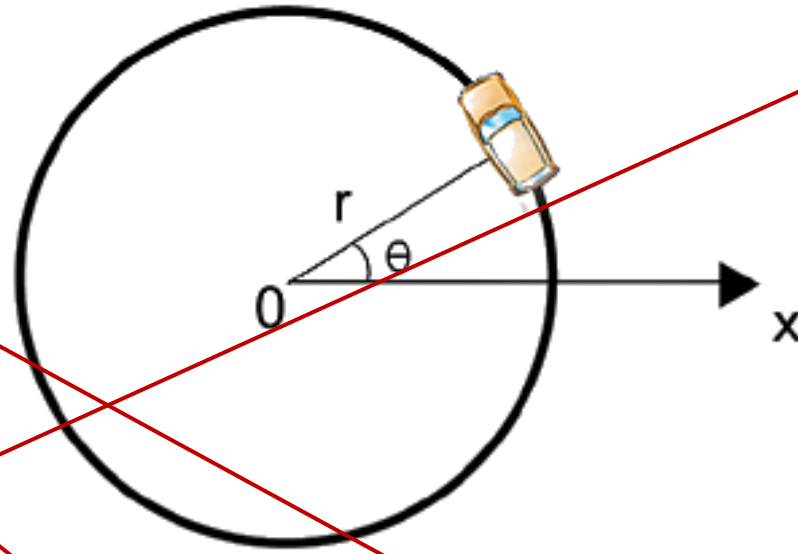
Num movimento circular:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Velocidade angular: $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$

O espaço percorrido: $\Delta s = \Delta \theta r$

A velocidade do corpo: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$



$$v = \frac{\Delta \theta r}{\Delta t}$$

$$v = \omega r$$

Velocidade angular, ω

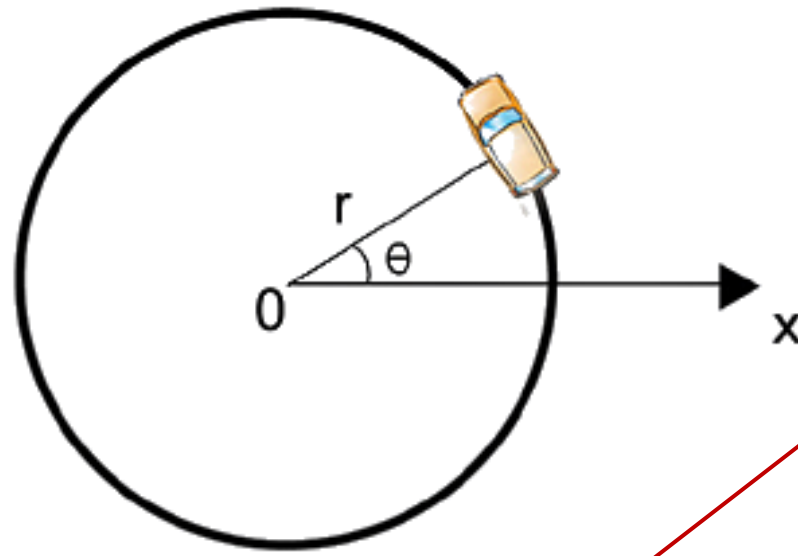
Num movimento circular:

Velocidade angular: $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

O espaço percorrido: $\Delta s = \Delta\theta r$

A velocidade do corpo: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Se o corpo der
uma volta completa: $\Delta\theta = 2\pi$
e: $\Delta t = T$



$$v = \frac{\Delta\theta r}{\Delta t}$$

$$v = \omega r$$

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = 2\pi r f$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Velocidade angular, ω

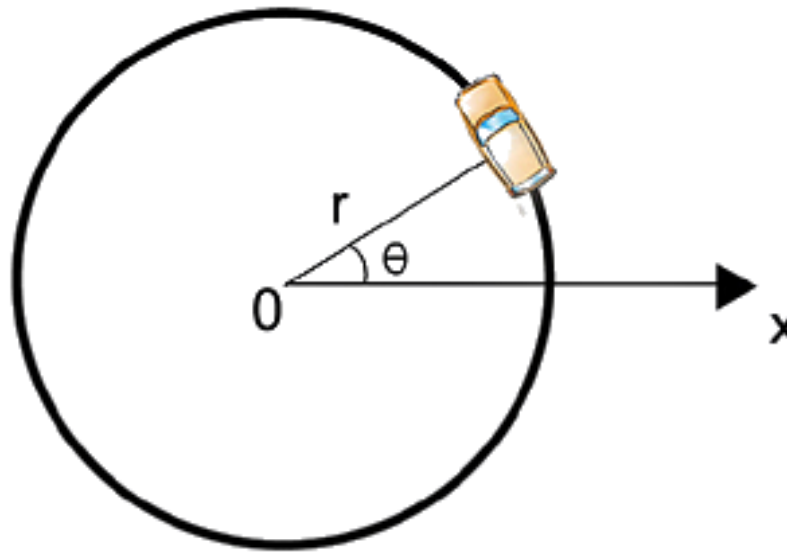
Num movimento circular:

Velocidade angular: $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

O espaço percorrido: $\Delta s = \Delta\theta r$

A velocidade do corpo: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Se o corpo der
uma volta completa: $\Delta\theta = 2\pi$
e: $\Delta t = T$



$$v = \frac{\Delta\theta r}{\Delta t}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = \omega r$$

$$v = 2\pi r f$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$a_c = \omega^2 r$$

Velocidade de um satélite em órbita de um planeta

Lei da Atração Universal

$$F = G \frac{m_{\text{planeta}} m_{\text{satélite}}}{r^2}$$

2ª Lei de Newton

$$F = m_{\text{satélite}} a_c$$


$$G \frac{m_{\text{planeta}} m_{\text{satélite}}}{r^2} = m_{\text{satélite}} \frac{v^2}{r}$$


$$v = \sqrt{\frac{G m_{\text{planeta}}}{r}}$$

A **velocidade** necessária para que o satélite orbite o planeta apenas depende:

Da **massa do planeta**;

Da **distância** entre o satélite e o centro do planeta.

Essencial

- Interpretar, e caracterizar, movimentos ~~retilíneos (uniformes, uniformemente variados e variados)~~ e circulares uniformes, tendo em conta a resultante das forças e as condições iniciais.
 - Resolver problemas de movimentos ~~retilíneos (queda livre, plano inclinado e queda com efeito de resistência do ar não desprezável)~~ e circular uniforme, aplicando abordagens analíticas e gráficas, mobilizando as Leis de Newton, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.
 - Aplicar, na resolução de problemas, a Lei da Gravitação Universal e a Lei Fundamental da Dinâmica ao movimento circular e uniforme de satélites.
-

Palavras-chave

- Velocidade de escape.
 - Força centrípeta (normal).
 - Aceleração centrípeta (normal).
 - Período.
 - Frequência.
 - Velocidade angular.
-

Formulário

$$\vec{F} = m \vec{a}_c \qquad a_c = \frac{v^2}{r} \qquad f = \frac{1}{T} \qquad \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \qquad v = \omega r \qquad v = \sqrt{\frac{G m_{\text{planeta}}}{r}}$$

Bibliografia

- “Aprendizagens Essenciais – Física e Química A – 11º ano”, Ministério da Educação, 2018.
 - C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, S. Machado, “Física 11 A”, Areal Editores, Porto, 2016.
 - M. Alonso, E. J. Finn, “Física”, Escolar Editora, 2012, Lisboa.
 - C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, “Rumo à Física – 11º Ano”, Areal Editores, Porto, 2022.
 - G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, “11F”, Texto Editores, Lisboa, 2022.
-

Ligações

- [Gravidade e Órbitas](#), 16/11/2017.