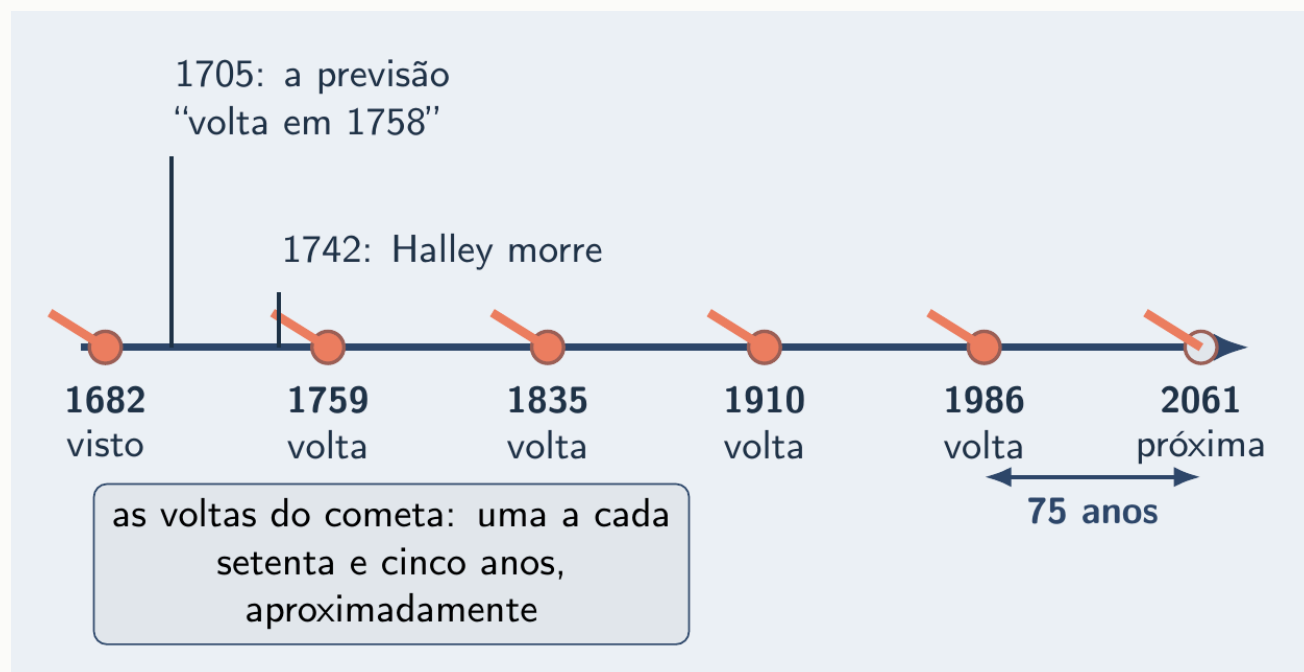


Mecânica III · Episódio 2

O cometa que volta no ano marcado

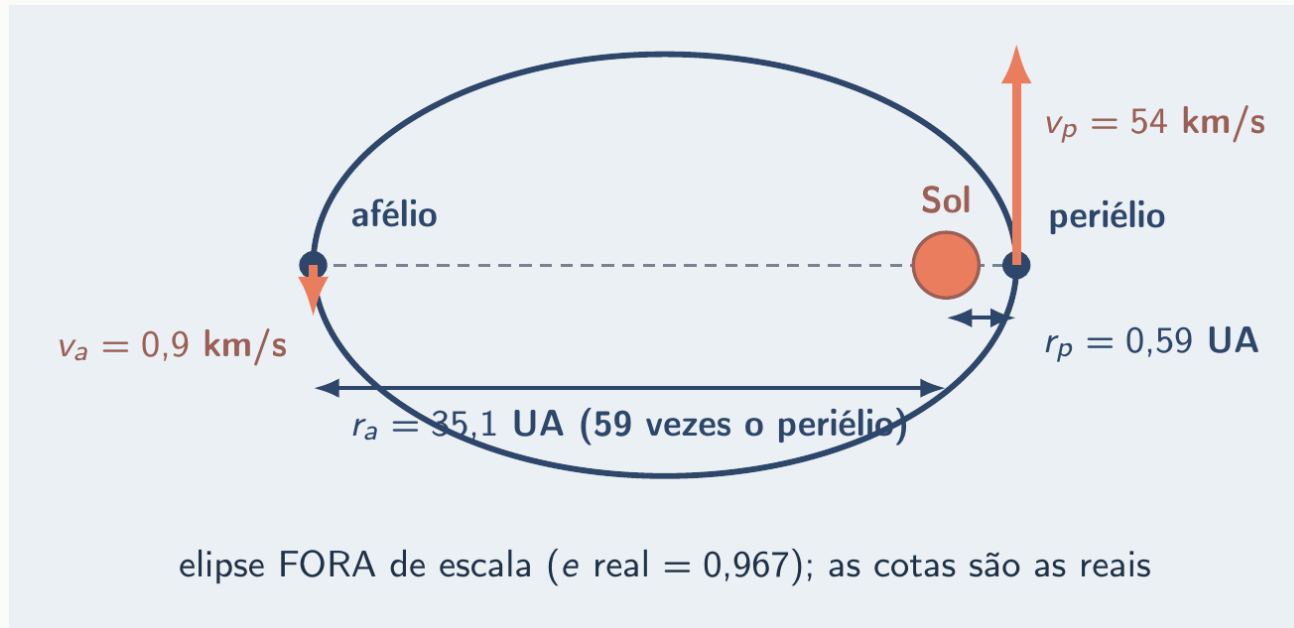
A 2ª lei de Kepler

O caso



- 1705: Halley junta 1531, 1607 e 1682 → **um só cometa**
- previsão: volta por volta de **1758** · Halley morre em 1742
- Natal de 1758: avistado · periélio em **março de 1759**
- próximas: 1835, 1910, 1986 e **2061**

O caso em números

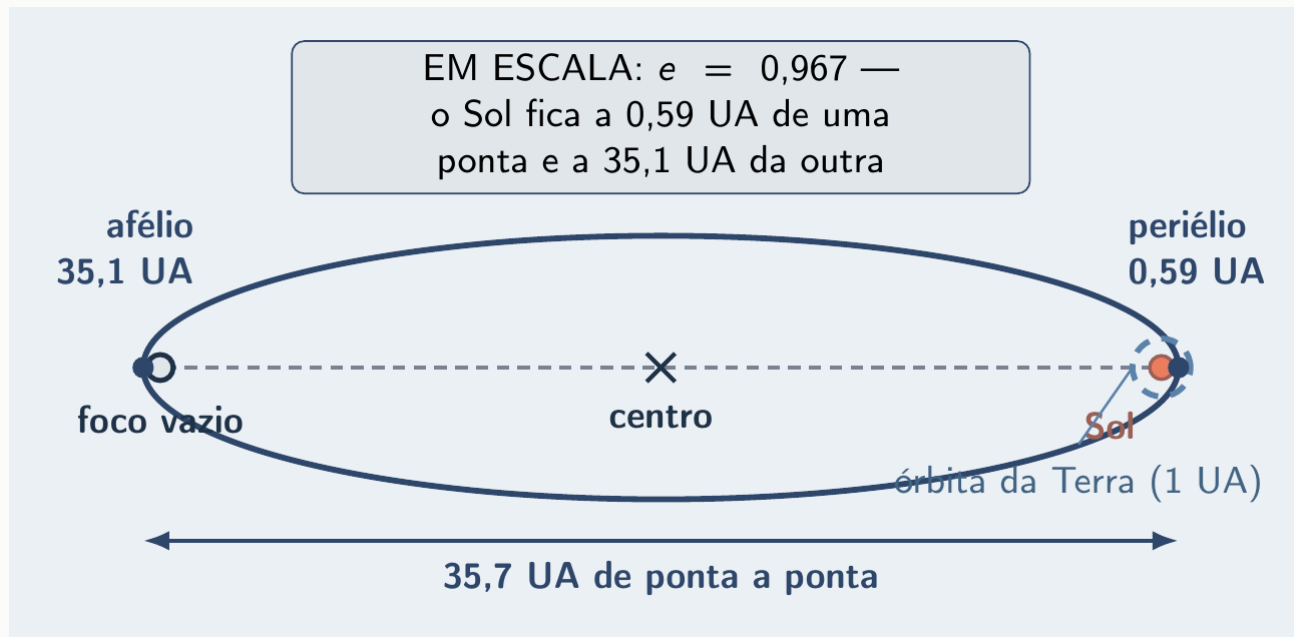


- perto do Sol: **0,59 UA** · **54 km/s**
- longe: **35,1 UA** · **menos de 1 km/s**
- décadas lento, semanas rápido

Pergunta do episódio

O que decide o ritmo do cometa ao longo da volta?

Conceito 1 – Elipse extrema



- cometa: $e = 0,967 \rightarrow$ foco quase na ponta
- fatores:
 - $1 - e = 0,033$
 - $1 + e = 1,967$
- **1 UA: 150 milhões de km** · periélio dentro da órbita da Terra

Exemplo resolvido – a excentricidade do cometa

Periélio 0,59 UA · afélio 35,1 UA

Fórmula:

$$a = \frac{r_p + r_a}{2}$$

$$c = \frac{r_a - r_p}{2}$$

$$e = \frac{c}{a}$$

Substituição:

$$a = \frac{35,69}{2}$$

$$c = \frac{34,51}{2}$$

$$e = \frac{17,26}{17,85}$$

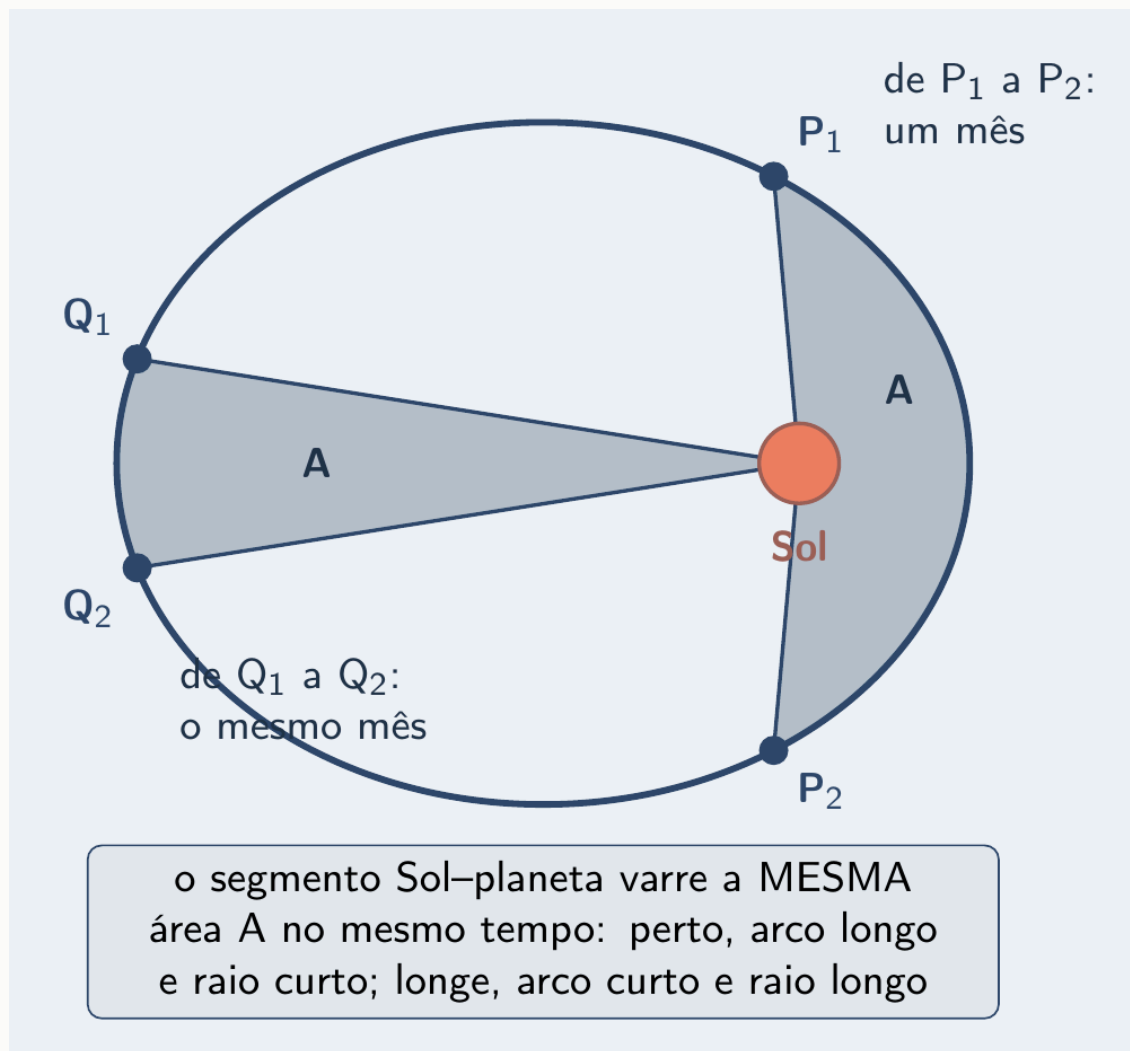
Resultado:

$$a \approx \mathbf{17,8 \text{ UA}}$$

$$c \approx \mathbf{17,3 \text{ UA}}$$

$$e \approx \mathbf{0,967}$$

Conceito 2 – Lei das áreas



- **raio-vetor**: segmento Sol $\rightarrow$ planeta
- mesmo $\Delta t \rightarrow$ **mesma área varrida**
- constante: $\frac{\text{área}}{\text{tempo}} \cdot \text{velocidade}$ **muda**

Exemplo resolvido – fração da volta

Órbita de 12 meses · quanto da área total em 3 meses?

Fórmula:

$$\text{fração} = \frac{\Delta t}{T}$$

Substituição:

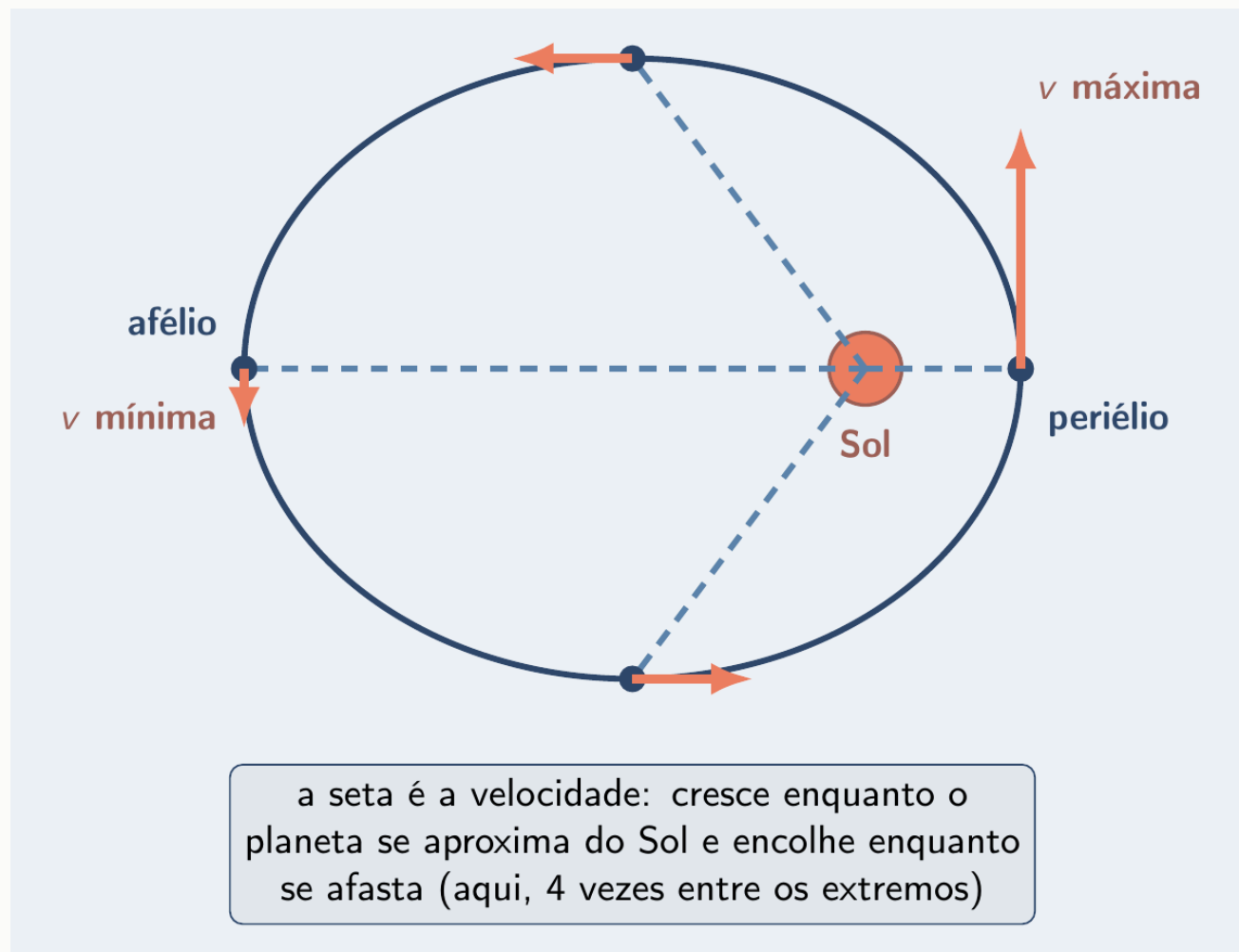
$$\text{fração} = \frac{3 \text{ meses}}{12 \text{ meses}}$$

Resultado:

$$\text{fração} = \frac{1}{4} \text{ da área}$$

- em qualquer trecho da órbita

Conceito 3 – Perto, rápido; longe, lento



- v **máxima** no periélio · v **mínima** no afélio
- aproximando: acelera · afastando: freia
- vale entre órbitas: planeta distante é mais lento

Exemplo resolvido – quão mais longe

Cometa: periélio 0,59 UA · afélio 35,1 UA

Fórmula:

$$\text{razão} = \frac{r_a}{r_p}$$

Substituição:

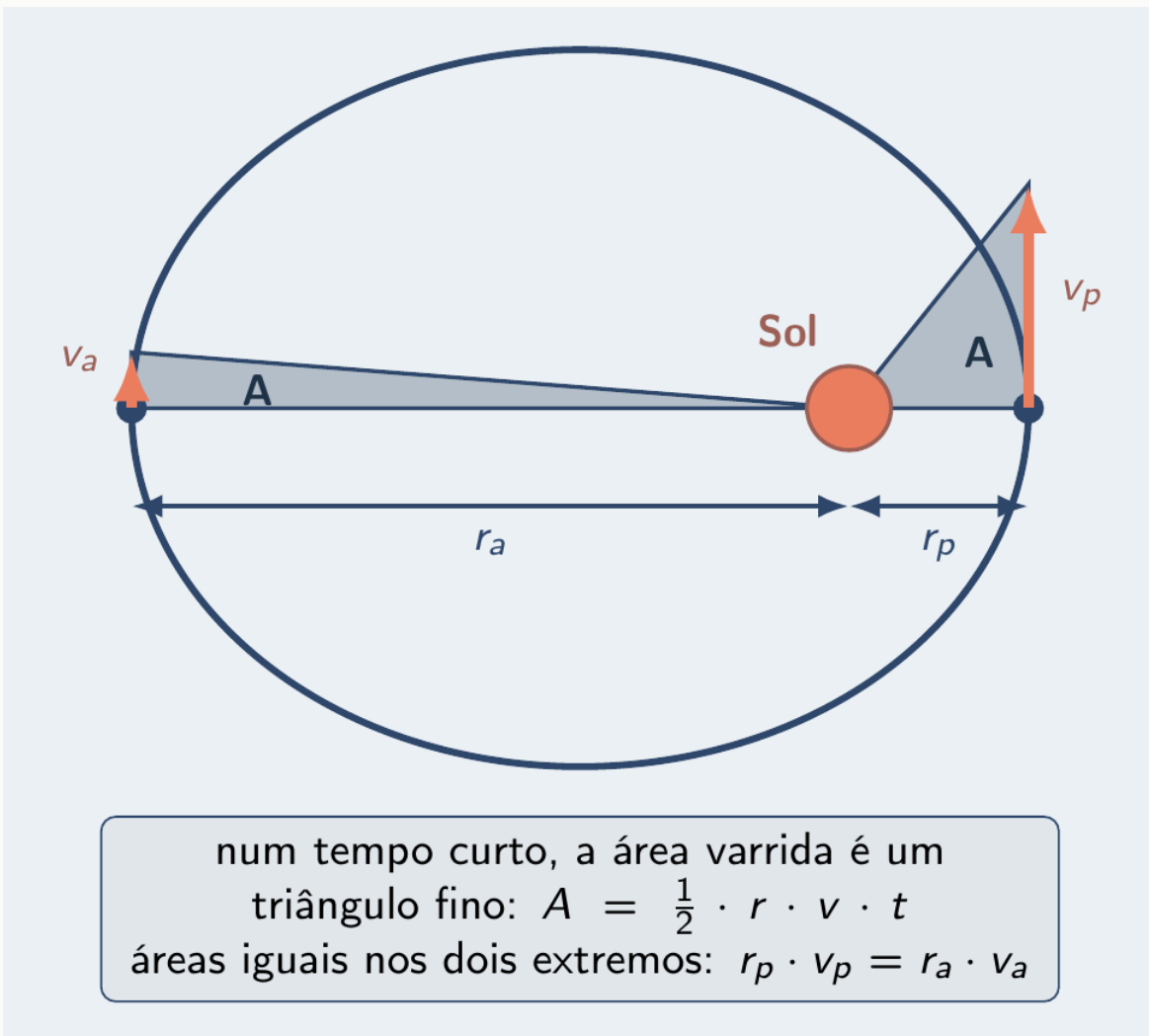
$$\text{razão} = \frac{35,1 \text{ UA}}{0,59 \text{ UA}}$$

Resultado:

$$\text{razão} \approx \mathbf{59}$$

- 59 vezes mais longe (sem unidade)

Conceito 4 – A conta nos extremos



- tempo curto:
 $\text{área} \approx \frac{1}{2} r v t$
 $r_p v_p = r_a v_a$
- produto, não divisão
- só no periélio e no afélio ($\vec{v} \perp$ raio-vetor)

Exemplo resolvido – o cometa no afélio

Periélio: 54 km/s a 0,59 UA · afélio a 35,1 UA

Fórmula:

$$v_a = v_p \frac{r_p}{r_a}$$

Substituição:

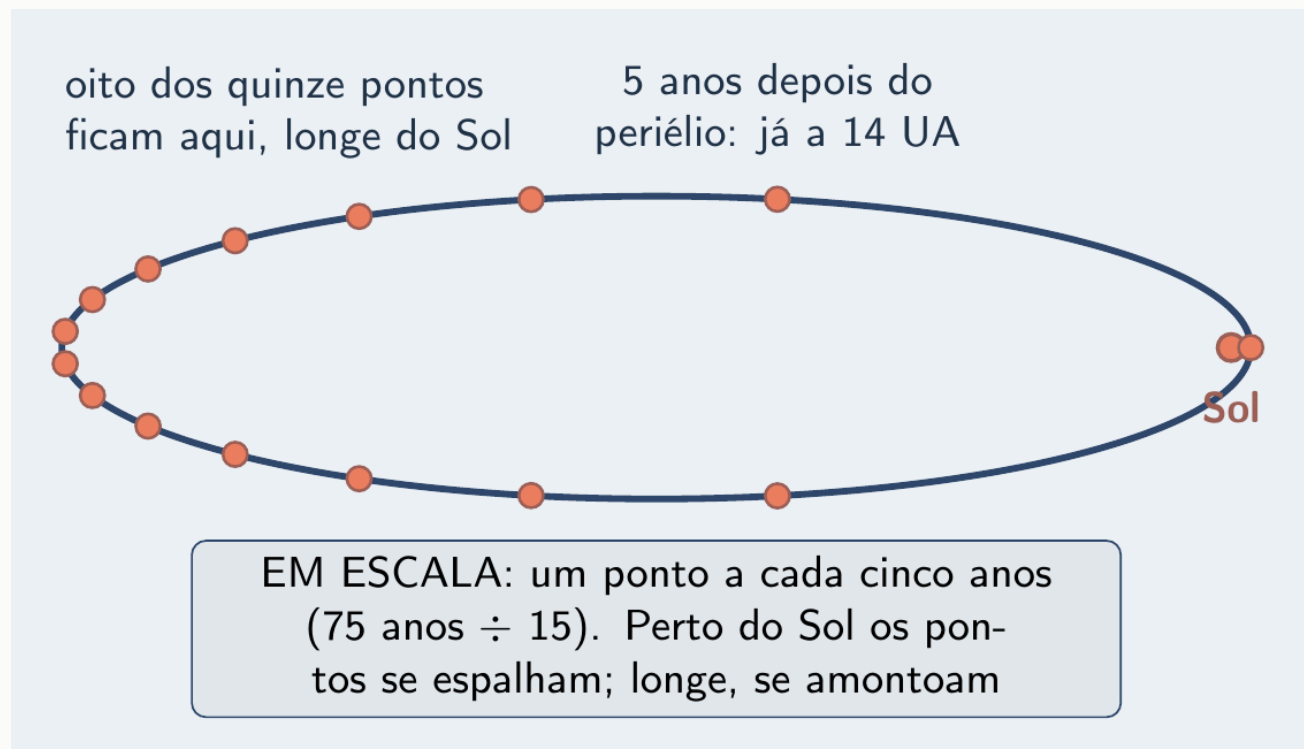
$$v_a = 54 \cdot \frac{0,59}{35,1} \approx \frac{54}{59}$$

Resultado:

$$v_a \approx \mathbf{0,9 \text{ km/s}}$$

- 59 vezes mais lento

Conceito 5 – Décadas sumido



- 8 dos 15 pontos: além de 29 UA
- dentro de 1 UA: cerca de **78 dias** por volta
- lento não é parado:
 $0,9 \text{ km/s} \approx 3\,200 \text{ km/h}$

Exemplo resolvido – a duração da volta

Periélios: 09/02/1986 e 28/07/2061

Fórmula:

$$T = t_2 - t_1$$

Substituição:

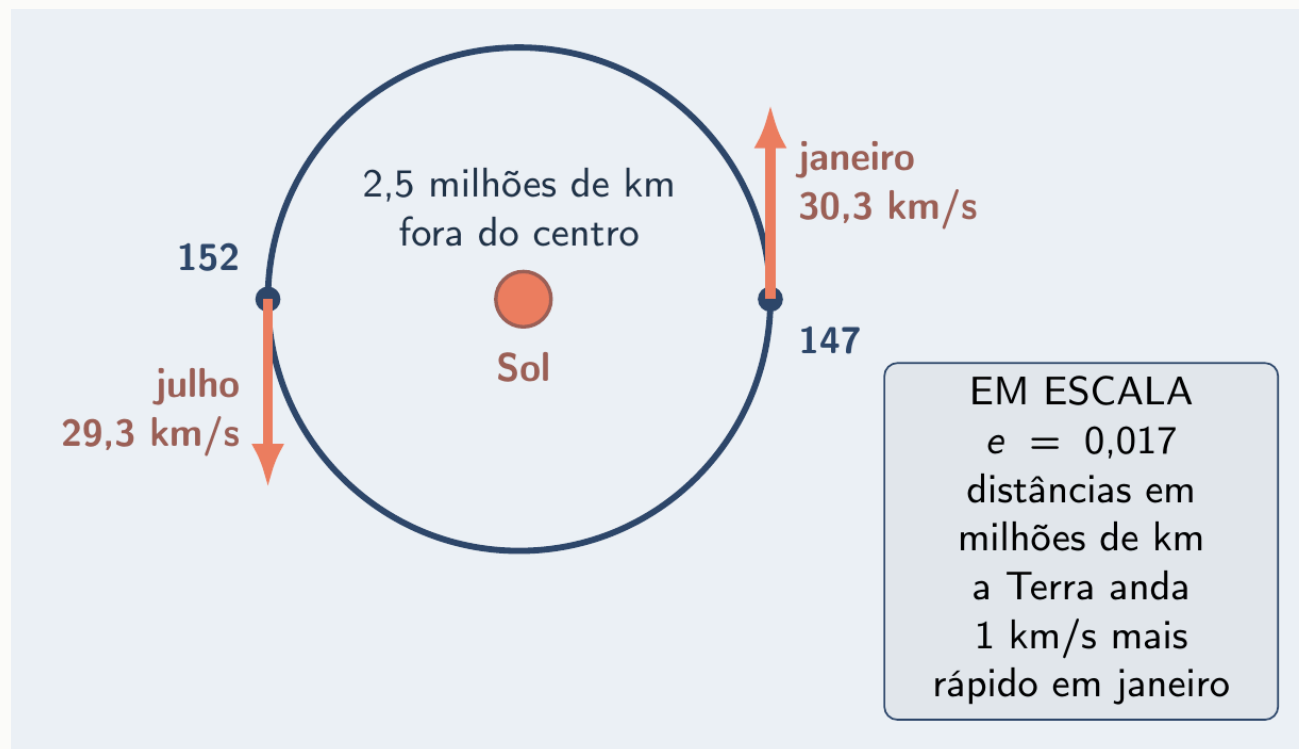
$$T = \text{jul}/2061 - \text{fev}/1986$$

Resultado:

$$T \approx \mathbf{75,5} \text{ anos}$$

- 75 anos, 5 meses e 19 dias por volta

Conceito 6 – O relógio da Terra



- janeiro (periélio): 147 milhões de km
- julho (afélio): 152 milhões de km
- cerca de **1 km/s** de diferença
 - cerca de 3%

Exemplo resolvido – a Terra em janeiro

Afélio: 29,3 km/s a 152 · periélio a 147 (milhões de km)

Fórmula:

$$v_p = v_a \frac{r_a}{r_p}$$

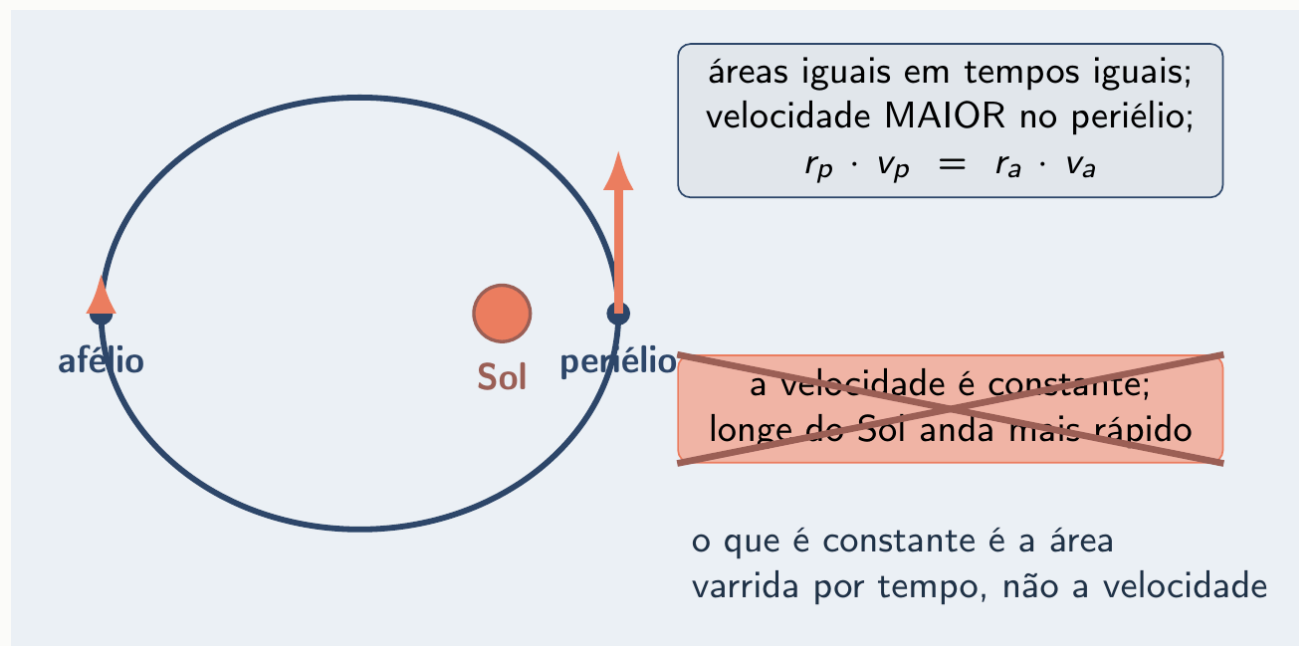
Substituição:

$$v_p = 29,3 \cdot \frac{152}{147} = 29,3 \cdot 1,034$$

Resultado:

$$v_p \approx \mathbf{30,3 \text{ km/s}}$$

Radar ENEM



- ✗ velocidade constante na elipse
- ✗ mais rápido longe do Sol
- ✗ $\frac{r_p}{v_p}$ no lugar de $r_p v_p$
- ✗ fórmula dos extremos no meio da órbita
- ✗ 2ª lei dando período
- ✓ conferir: $r v$ igual nos extremos

Resumo em cinco peças

1 2ª lei: áreas iguais
em tempos iguais
(Sol-planeta varre)

2 perto do Sol,
rápido; longe,
devagar

3 nos extremos:
 $r_p \cdot v_p = r_a \cdot v_a$

4 o cometa: 59 vezes
mais longe, 59 vezes
mais devagar

5 Halley pre-
viu a volta:
a lei vale para tudo
que orbita

1. áreas iguais, tempos iguais

2. perto rápido, longe lento

3. $r_p v_p = r_a v_a$

4. 59 vezes longe, 59 vezes
lento

5. vale para tudo que orbita

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m3/c2/lista>

Canarinho · lista do Episódio 2

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m3/c2/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m3/c2/lista>

Livro da minissérie



Com QR em cada capítulo, que
leva ao vídeo e à lista daquele
tema.

<https://professorcanario.com.br/mecanica3/livro/>