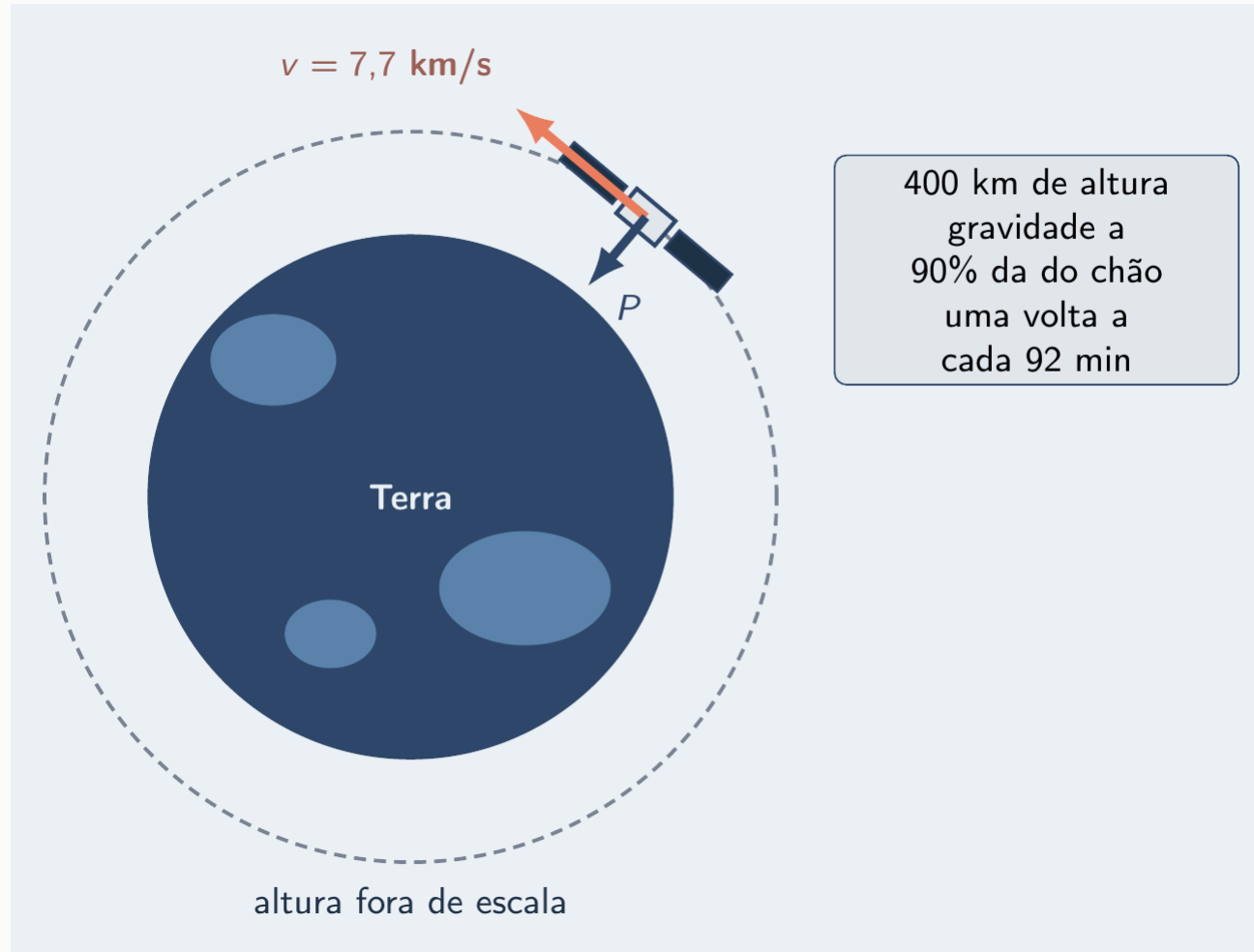


Mecânica I · Episódio 14

O astronauta flutua porque está caindo

Dinâmica do movimento circular

0 caso

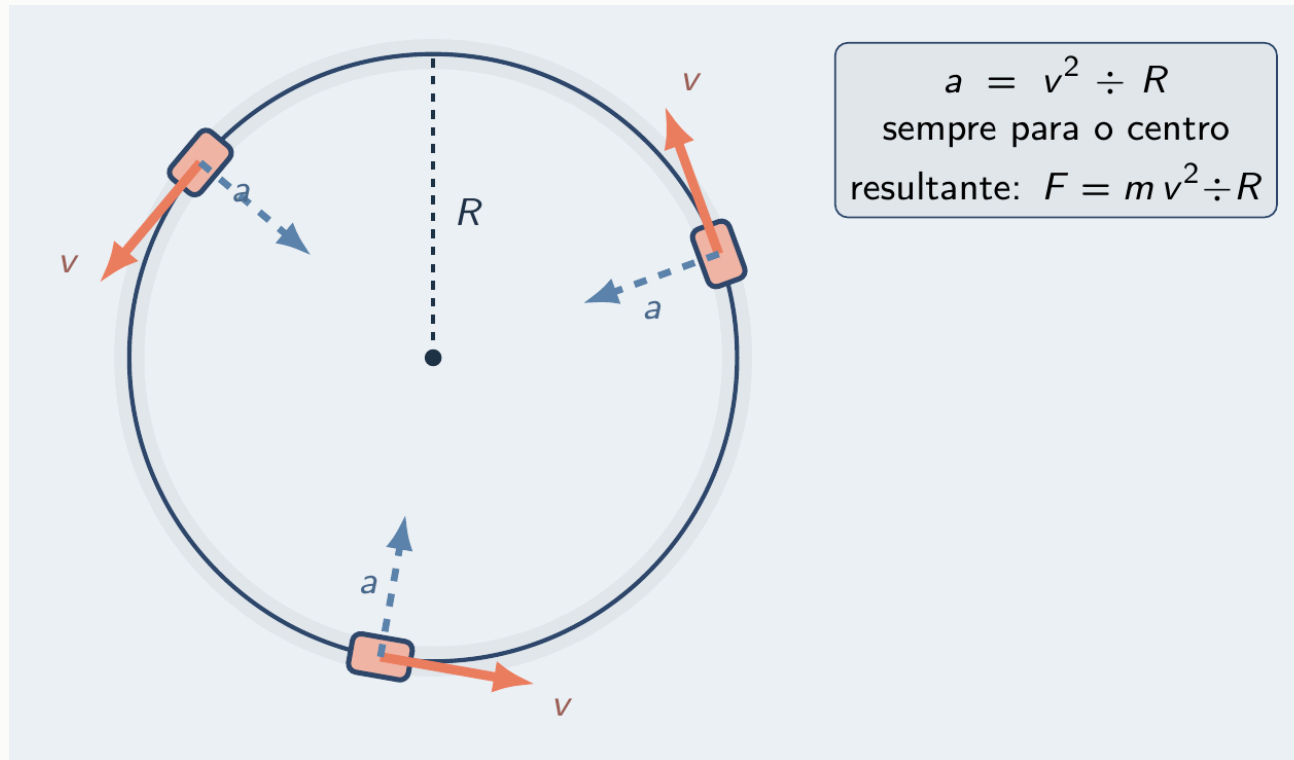


- altura: **400 km** · uma volta: **92 min**
- velocidade: **7,7 km/s**, cerca de 28 000 km/h
- gravidade lá: cerca de 90% da do chão · 700 N → cerca de 620 N
- e mesmo assim: caneta parada no ar

Pergunta do episódio

Se há gravidade, por que o astronauta flutua?

Conceito 1 – Força centrípeta



- curva exige resultante **para o centro**:

$$F = \frac{m v^2}{R}$$

- é um **papel**: atrito, normal, tração ou peso
- nunca uma seta a mais no diagrama

Exemplo resolvido – a pedra no barbante

Pedra de 0,5 kg girando a 2 m/s num barbante de 1 m (plano horizontal, sem peso na conta).

Fórmula:

$$T = \frac{m v^2}{R}$$

Substituição:

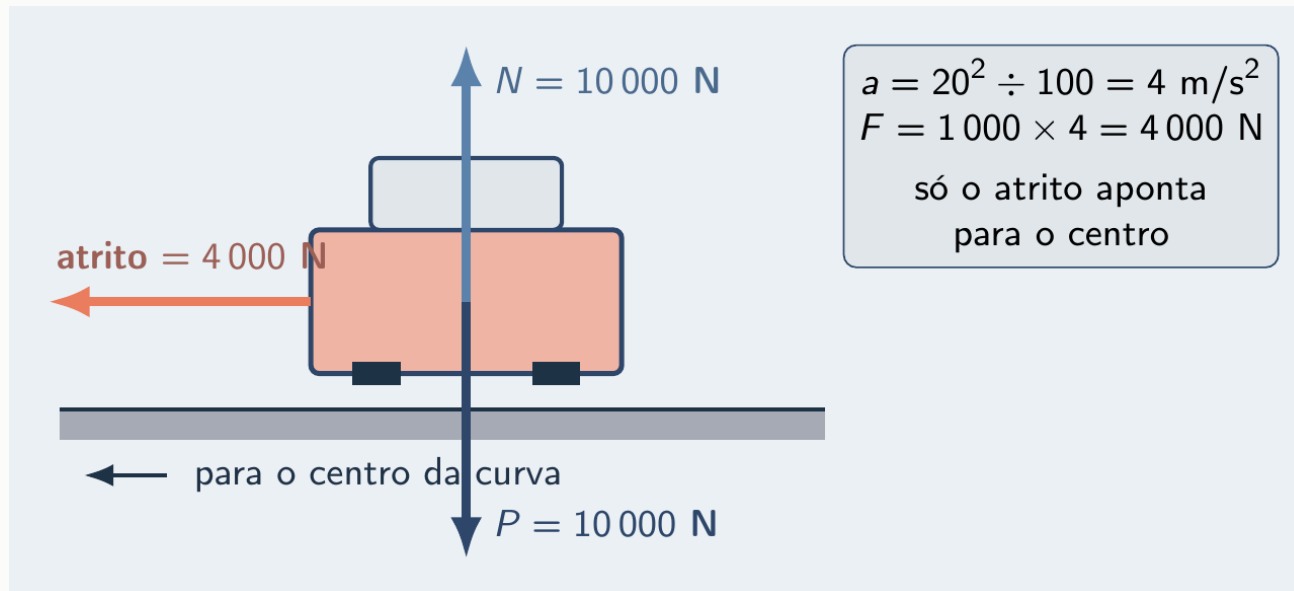
$$T = \frac{0,5 \cdot 2^2}{1} = 0,5 \cdot 4$$

Resultado:

$$T = \mathbf{2\,N}$$

- a tração faz o papel

Conceito 2 – Curva plana



- quem puxa para dentro: **atrito estático**
- velocidade máxima:
$$v_{\text{max}} = \sqrt{\mu g R}$$
- massa cancela · raio e piso mandam

Exemplo resolvido – curva de 100 m

Carro de 1 000 kg a 20 m/s.

- $R = 100 \text{ m}$
- $g = 10 \text{ m/s}^2$

Fórmula:

$$F_{\text{at}} = \frac{m v^2}{R}$$

$$\mu_{\text{min}} = \frac{F_{\text{at}}}{m g}$$

Substituição:

$$F_{\text{at}} = \frac{1\,000 \cdot 400}{100}$$

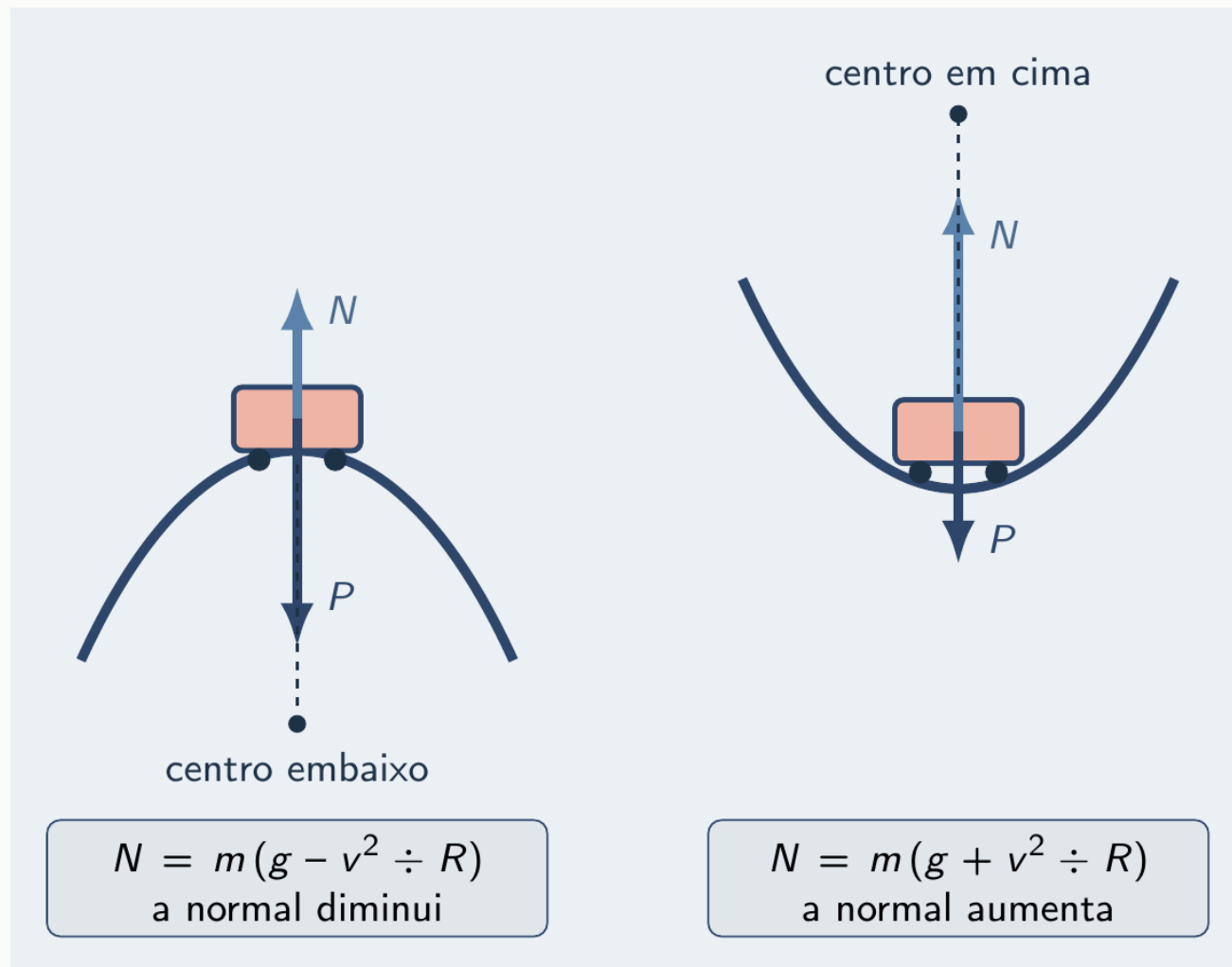
$$\mu_{\text{min}} = \frac{4\,000}{10\,000}$$

Resultado:

$$F_{\text{at}} = 4\,000 \text{ N}$$

$$\mu_{\text{min}} = 0,4$$

Conceito 3 – Lombada e depressão



- lombada, cede:

$$N = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right)$$

- depressão, cresce:

$$N = m \left(g + \frac{v^2}{R} \right)$$

- decolagem ($N = 0$):

$$v = \sqrt{g R}$$

Exemplo resolvido – a lombada

Carro de 1 000 kg a 10 m/s no topo de uma lombada de raio 20 m.

Fórmula:

$$N = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right)$$

Substituição:

$$N = 1\,000 \cdot \left(10 - \frac{100}{20} \right)$$

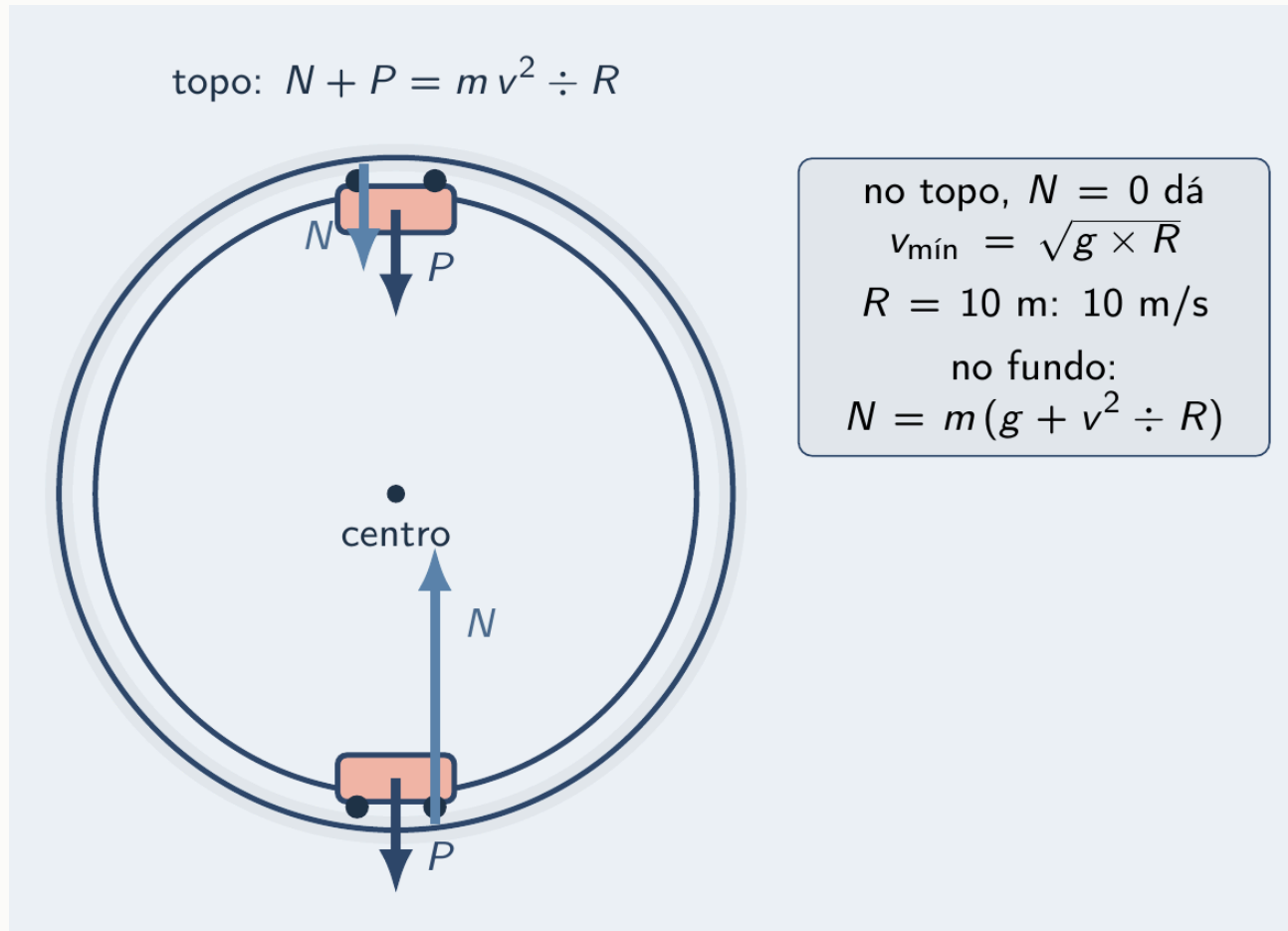
Resultado:

$$N = 1\,000 \cdot 5$$

$$N = \mathbf{5\,000\,N}$$

- metade do peso

Conceito 4 – Globo da morte



- no topo: **N + P** para o centro
- limite ($N = 0$):
$$v_{\min} = \sqrt{g R}$$
- mesma raiz da lombada, papel invertido

Exemplo resolvido – o globo de 10 m

Menor velocidade no topo.

- $R = 10 \text{ m}$
- $g = 10 \text{ m/s}^2$

Fórmula:

$$v_{\min} = \sqrt{g R}$$

Substituição:

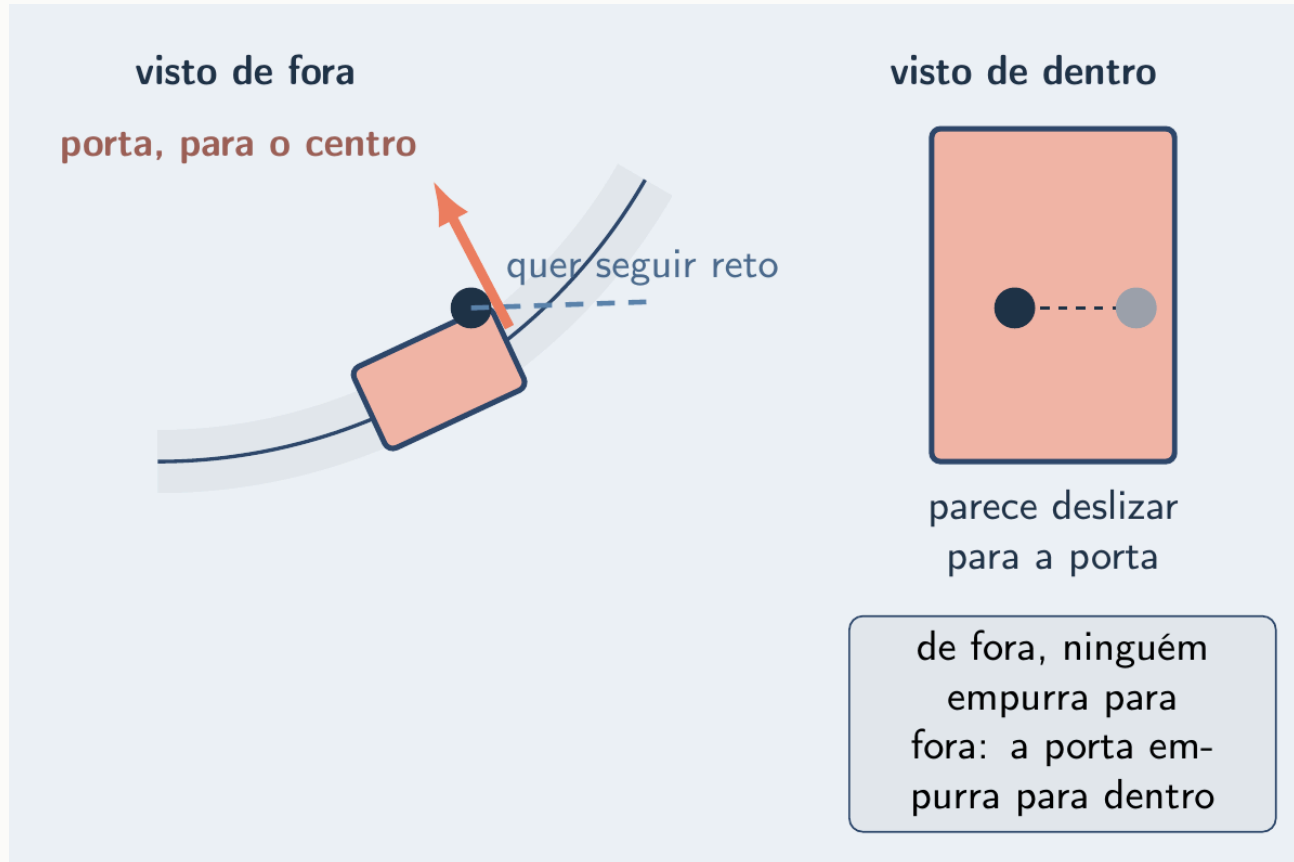
$$v_{\min} = \sqrt{10 \cdot 10} = \sqrt{100}$$

Resultado:

$$v_{\min} = \mathbf{10 \text{ m/s}}$$

$$v_{\min} = \mathbf{36 \text{ km/h}}$$

Conceito 5 – "Jogado para fora"



- de fora: passageiro segue reto, a **porta** o desvia
- de dentro: referencial girando inventa o "empurrão"
- conta sempre de fora, só forças reais

Exemplo resolvido – a porta

Passageiro de 60 kg, curva de 50 m a 10 m/s; só a porta age na horizontal.

Fórmula:

$$F_{\text{porta}} = \frac{m v^2}{R}$$

Substituição:

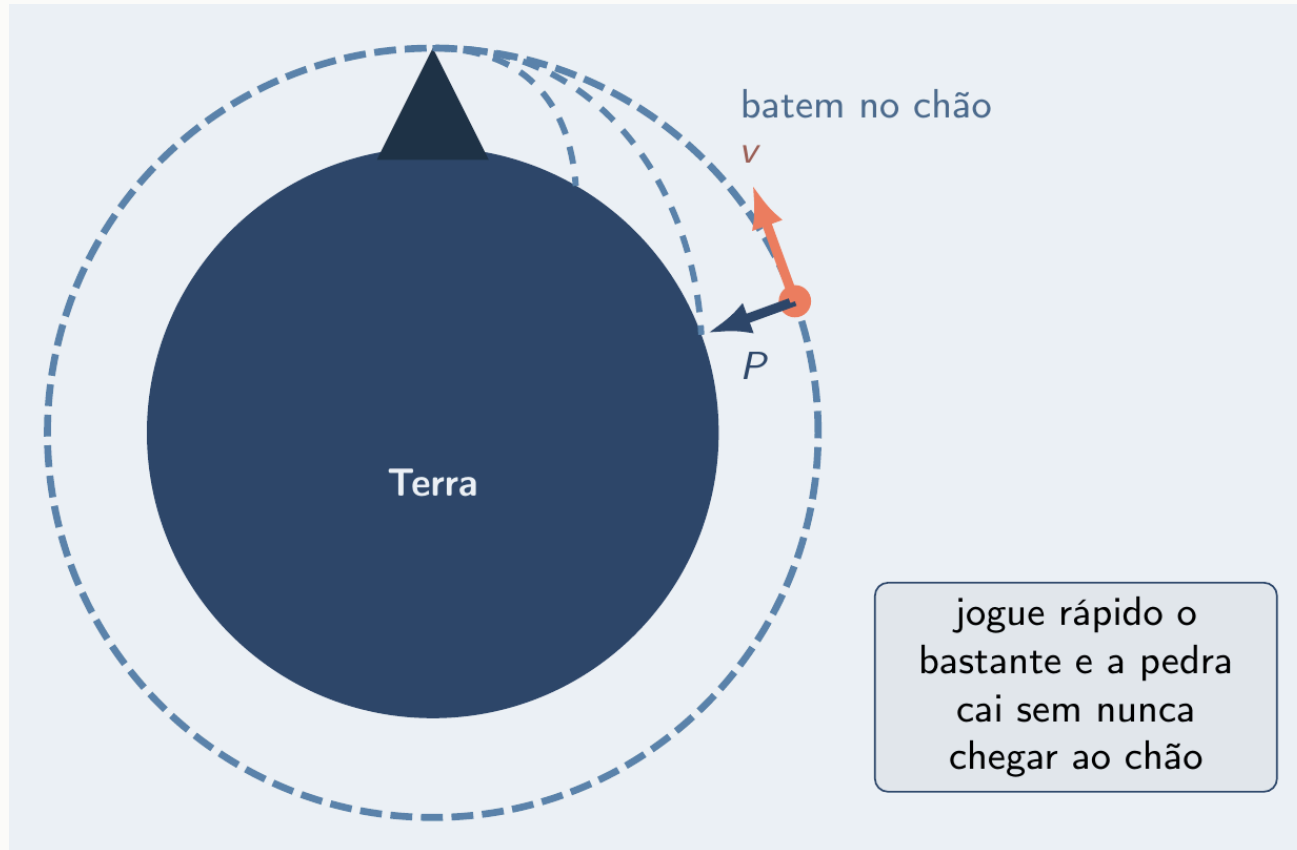
$$F_{\text{porta}} = \frac{60 \cdot 10^2}{50} = \frac{6\,000}{50}$$

Resultado:

$$F_{\text{porta}} = \mathbf{120\,N}$$

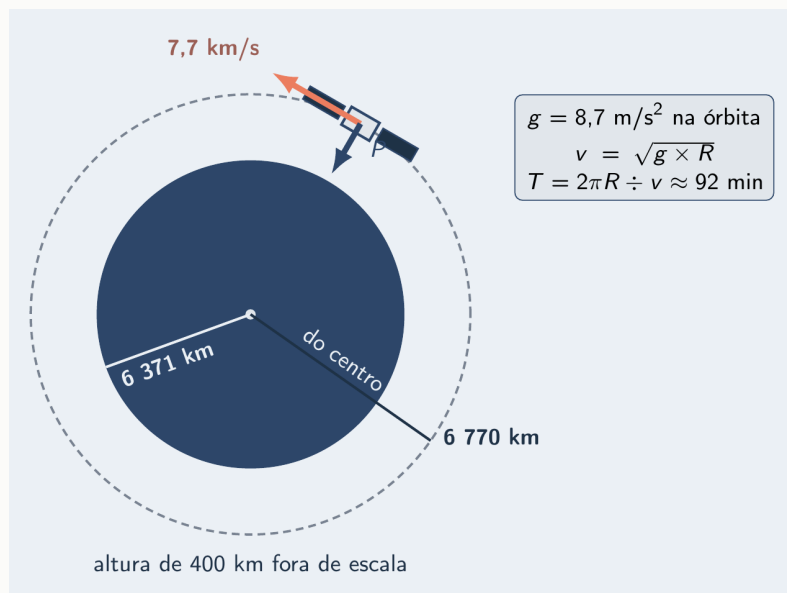
- para o centro

Conceito 6 – Satélite em queda



- força única: **peso** é a centrípeta
- velocidade orbital, R do **centro** da Terra:
$$v = \sqrt{g R}$$
- normal zero → flutua · peso continua lá

Exemplo resolvido – a estação real



$$g = 8,7 \text{ m/s}^2 \text{ a } 400 \text{ km.}$$

- $R = 6\,371 + 400 \approx 6\,770 \text{ km}$

Fórmula:

$$v = \sqrt{g R}$$

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

Substituição:

$$v = \sqrt{8,7 \cdot 6,77 \times 10^6}$$

$$T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,77 \times 10^6}{7,7 \times 10^3}$$

Resultado:

$$v \approx \mathbf{7,7 \text{ km/s}}$$

$$T \approx 5,5 \times 10^3 \text{ s} \approx \mathbf{92 \text{ min}}$$

Radar ENEM

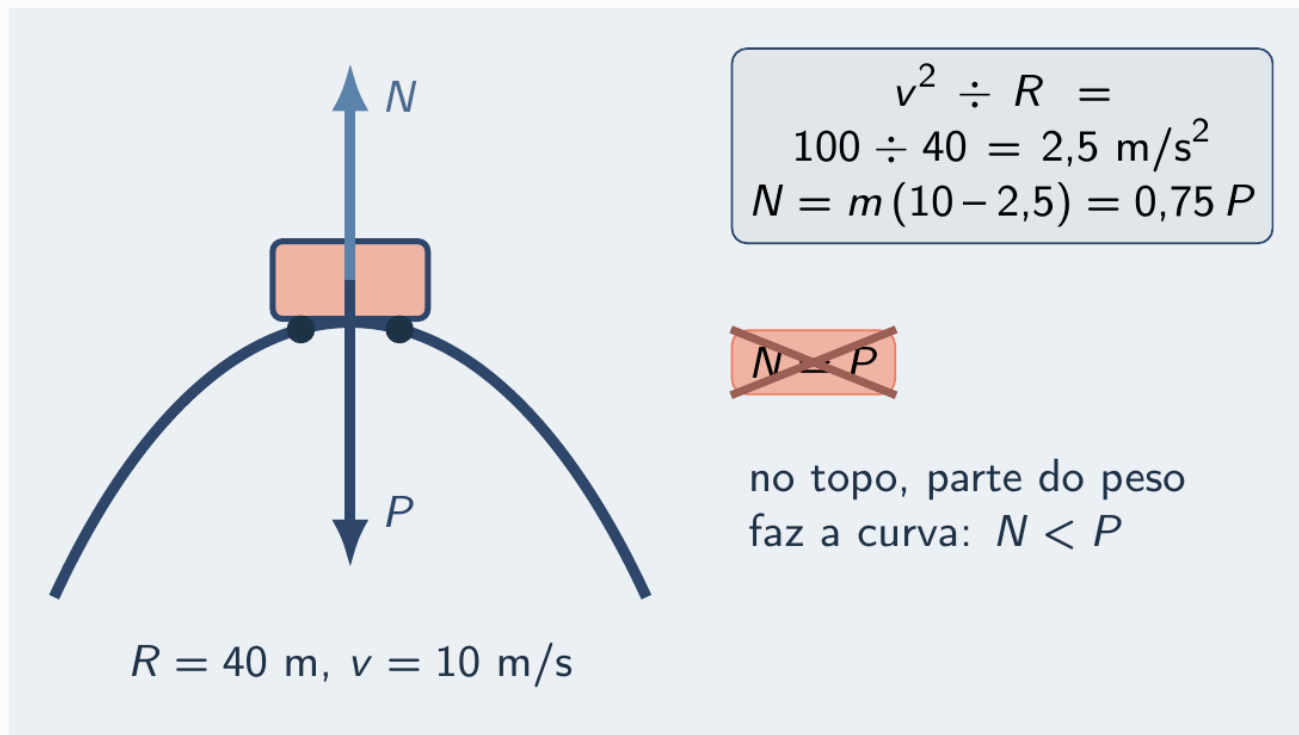


Diagram illustrating a car on a curved path (hill) with radius $R = 40 \text{ m}$ and velocity $v = 10 \text{ m/s}$. The forces acting on the car are Normal force (N) pointing upwards and Weight (P) pointing downwards.

Calculations shown in a box:

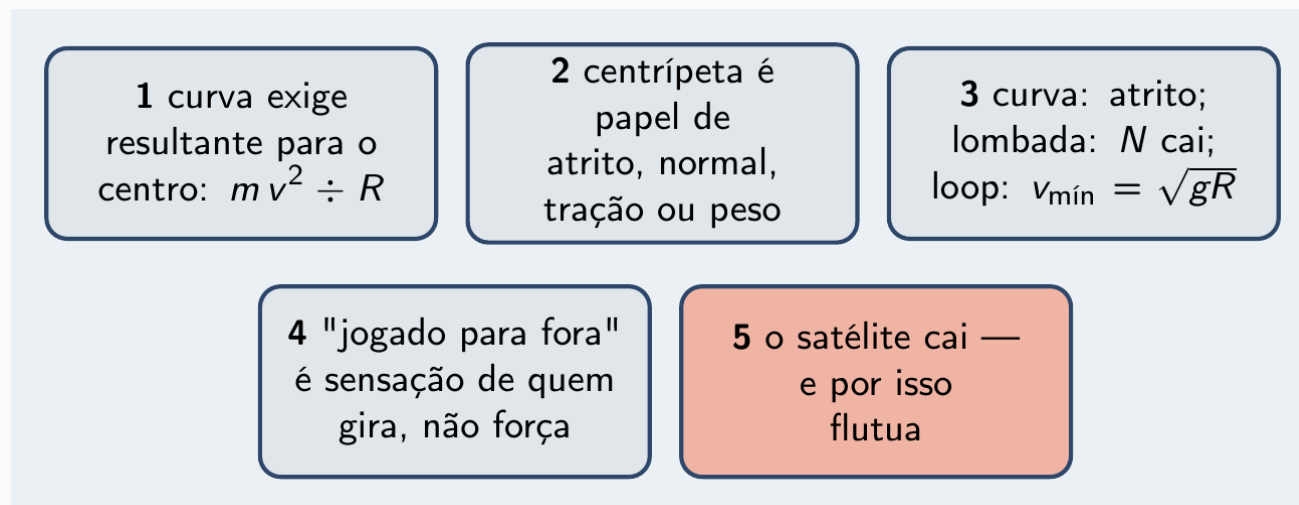
$$v^2 \div R = 100 \div 40 = 2,5 \text{ m/s}^2$$
$$N = m(10 - 2,5) = 0,75 P$$

A crossed-out box shows $N = P$ is incorrect.

Text below the crossed-out box: no topo, parte do peso faz a curva: $N < P$

- ~~X~~ raiz esquecida: 400 no lugar de 20
- ~~X~~ v máx depende da massa
- ~~X~~ confundir N com P na lombada ou no loop
- ~~X~~ centrípeta como seta extra
- ✓ astronauta: **queda livre**, não gravidade zero

Resumo em cinco peças



1. curva pede $\frac{m v^2}{R}$
2. centrípeta é papel, não seta
3. atrito, lombada, loop: raízes
4. centrífuga: só sensação
5. órbita: queda que não termina

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m1/c14/lista>

Canarinho · lista do Episódio 14

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m1/c14/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m1/c14/lista>

Livro da minissérie



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

<https://professorcanario.com.br/mecanica1/livro/>