Capítulo 8

Movimento circular

Movimento circular uniforme

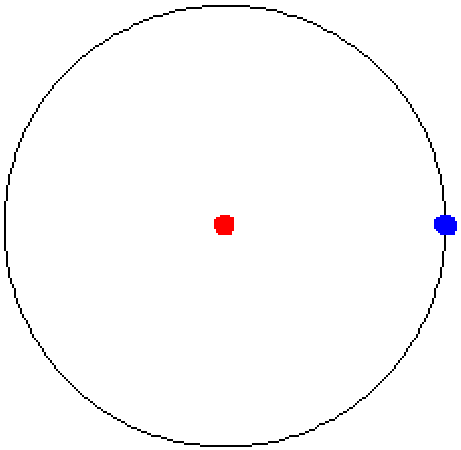
No movimento circular uniforme a velocidade tem módulo constante, porém sua direcção muda continuamente

Exemplos:

Movimento de satélites artificiais

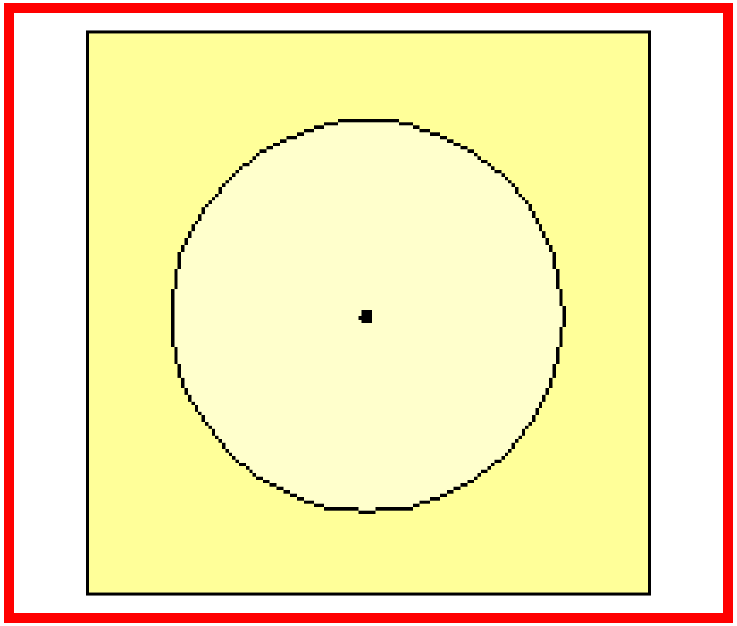
Pontos de um disco rígido de computador

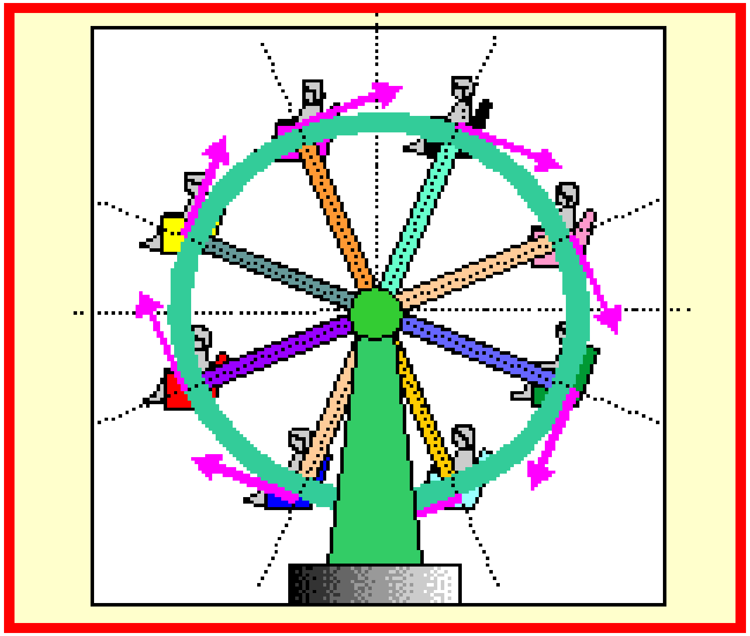
As pessoas girando com o movimento da Terra



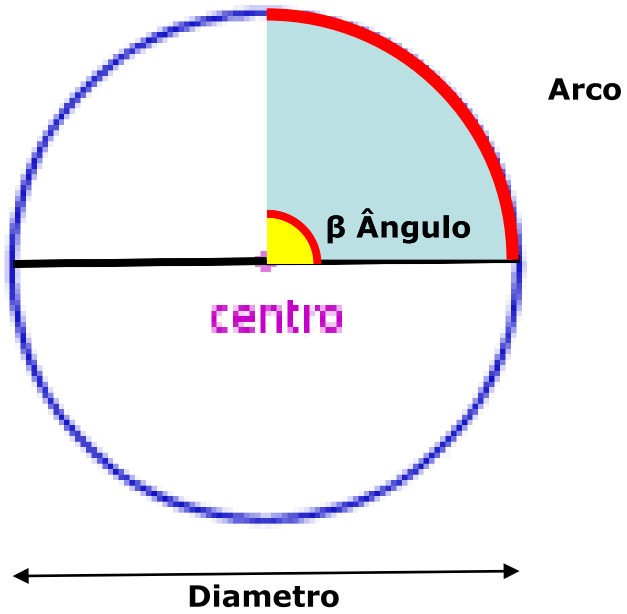
Ponteiros de um relógio

Exemplos de MCU





A circunferência



D = 2R

C = β.R

Em uma volta completa temos

C = 2∏R

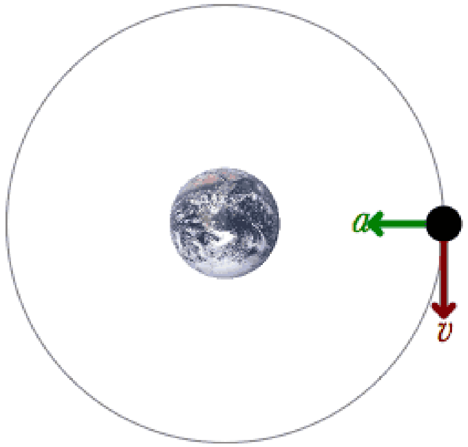
β = 2∏rad = 360°

∏ ≈ 3,14

Movimentos circulares e uniformes

Características do movimento circular e uniforme (MCU)

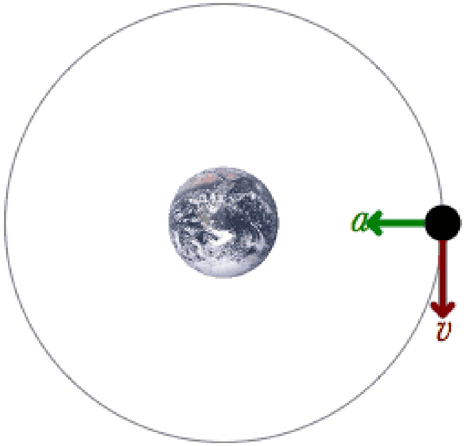
Raio da trajetória (*R*): A trajetória de um ponto material em MCU é uma circunferência, cujo raio, *R*, é a distância entre esse ponto e o centro ou eixo em torno do qual ele gira.



Movimentos circulares e uniformes

Características do movimento circular e uniforme (MCU)

Período (*T*): No movimento circular uniforme, o intervalo de tempo de duração de cada volta completa é denominado período; geralmente representado por *T*. No SI, o período é medido em segundo (s).

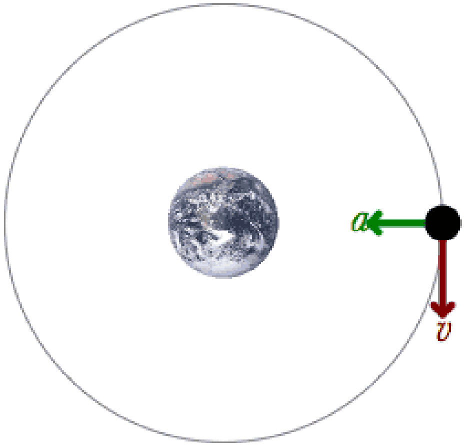


Movimentos circulares e uniformes

Características do movimento circular e uniforme (MCU)

Frequência (*f*): A razão entre o número de voltas (n) e o intervalo de tempo Δt gasto para completá-las é chamada frequência.

$$\boxed{f = \frac{n}{\Delta t}}$$



Movimentos circulares e uniformes

Características do movimento circular e uniforme (MCU)

Frequência (*f*): No SI, a unidade de frequência usada para fenômenos periódicos é o hertz (Hz). Em alguns contextos ainda aparecem as nomenclaturas antigas, como ciclos por segundo (cps) ou rotações por segundo (rps).

Heinrich Rudolf Hertz foi um físico alemão. Hertz demonstrou a existência da radiação eletromagnética, criando aparelhos emissores e detectores de ondas de rádio.
Nascimento: 22 de fevereiro de 1857, Hamburgo, Alemanha
Falecimento: 1 de janeiro de 1894, Bonn, Alemanha

Movimentos circulares e uniformes

Características do movimento circular e uniforme (MCU)

Frequência (*f*): Em Engenharia, costuma-se usar a unidade prática rotações por minuto (rpm). Embora **erradamente** usada como unidade de velocidade de rotação, rpm é unidade de frequência.

Movimentos circulares e uniformes

Características do movimento circular e uniforme (MCU)

Frequência (f): Para uma volta, isto é, $n = 1$, temos $\Delta t = T$.

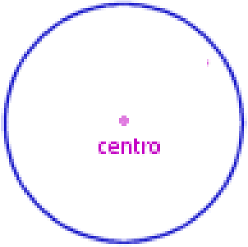
Portanto: $$f = \frac{n}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{f = \frac{1}{T}}$$

Dizemos que a frequência (f) é o inverso do período (T), e vice versa.

Velocidade escalar linear *v*

Sendo o movimento uniforme, a velocidade escalar do móvel que executa um MCU é constante e pode ser calculada pela razão:

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



Se considerarmos exatamente uma volta, teremos:

$$\boxed{\Delta s = 2\pi R} \quad \text{e} \quad \boxed{\Delta t = T}$$

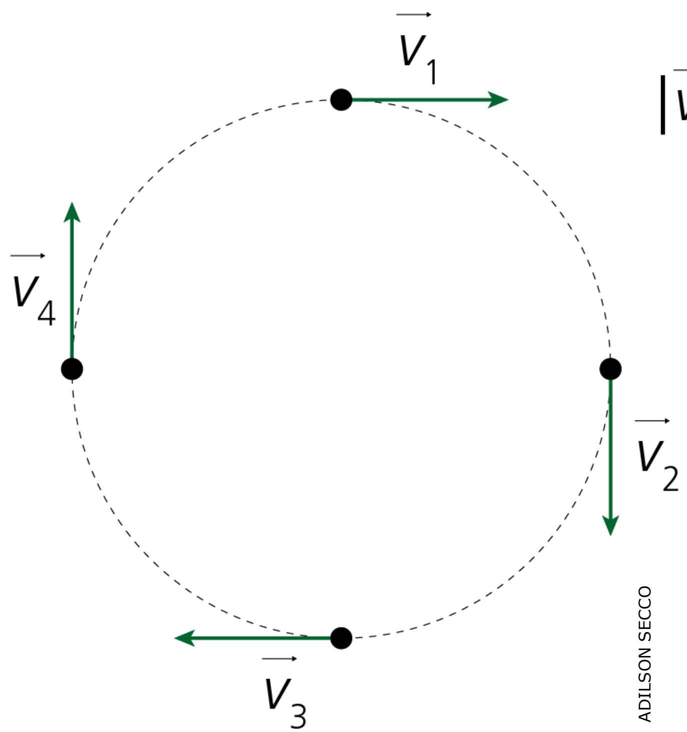
Deslocamento escalar para uma volta = = comprimento da circunferência

Intervalo de tempo decorrido em uma volta = período

Portanto, a velocidade escalar do corpo, medida ao longo da trajetória circular, é: $\boxed{v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2\pi R}{T}} \Rightarrow \boxed{v = 2\pi R f}$

Velocidade escalar linear *v*

Esta velocidade costuma ser denominada velocidade linear ou tangencial, e é o módulo da velocidade vetorial do móvel em cada ponto.



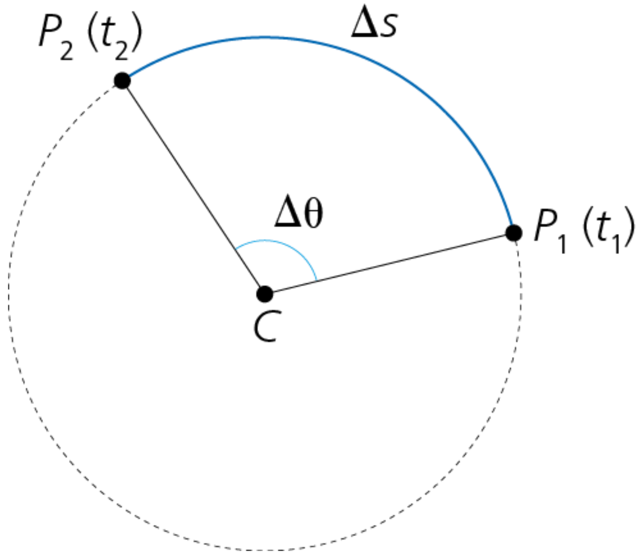
$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = |\vec{v}_3| = |\vec{v}_4| = \ldots = v$$

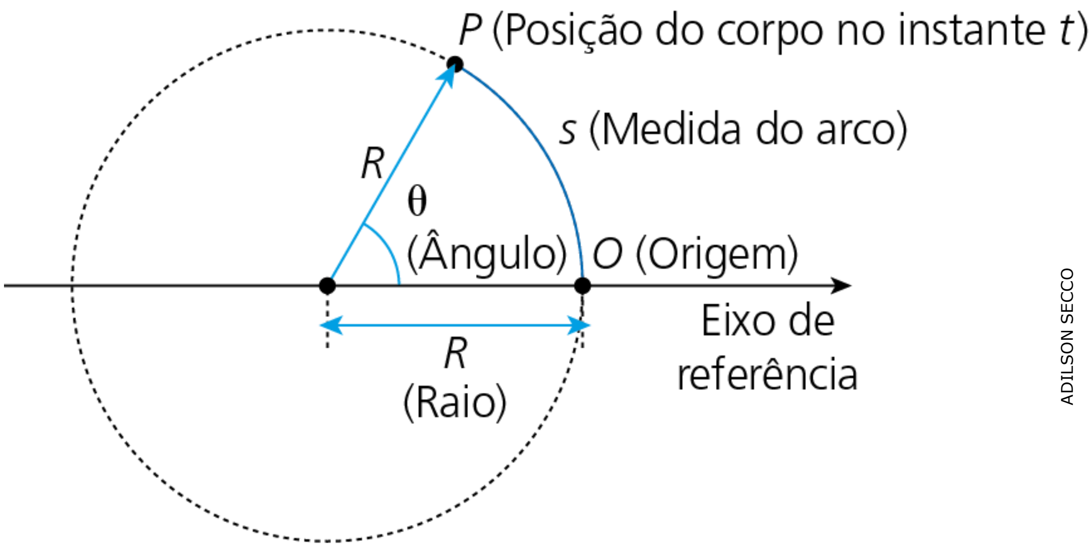
Velocidade angular média ω_m

Muitas vezes é mais conveniente localizar o móvel na trajetória pelo ângulo central θ, medido em radiano, subentendido pelo arco de medida *s* entre a posição *P* do móvel no instante *t* considerado e o ponto da trajetória tomado como origem dos espaços, veja a figura a seguir.

Velocidade angular média ω_m

Se, num intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$, o móvel tem um deslocamento angular $\Delta\theta$, a razão $\dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$ é, por definição, a velocidade angular média ω_m do movimento.





ADILSON SECCO

Velocidade angular média ω_m

Como conclusão, temos a fórmula da velocidade angular média:

$$\boxed{\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}}$$

A unidade da velocidade angular média, no SI, é radiano por segundo (rad/s).

Velocidade angular ω

Se considerarmos uma volta na circunferência, teremos:

$\Delta\theta = 2\pi$ radianos e $\Delta t = 1$ período (T).

Portanto: $\omega = \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow \omega = \dfrac{2\pi}{T}$

Como a frequência f é $\dfrac{1}{T}$ podemos escrever:

$$\boxed{\omega = 2\pi f}$$

Função horária angular do MCU

No MCU, vale a relação:

$$\boxed{\Delta\theta = \omega \cdot \Delta t}$$

$$\boxed{\theta - \theta_0 = \omega \cdot (t - 0)} \quad \text{ou} \quad \boxed{\theta = \theta_0 + \omega \cdot t}$$

Esta função dá a posição do móvel na circunferência mediante o ângulo central θ medido em relação a uma origem determinada.

Relação entre a velocidade escalar linear *v* e a velocidade angular instantânea ω

- Como:

$$\boxed{v = 2\pi R f} \quad \text{e} \quad \boxed{\omega = 2\pi f}$$

- Temos então uma relação entre a velocidade Linear v e a velocidade angular ω:

$$\boxed{v = \omega \cdot R}$$

Essa relação é muito útil em exercícios

Aceleração no MCU

Apesar de ser classificado como “uniforme”, o MCU é um movimento dotado de aceleração pelo fato de ocorrer em uma trajetória curvilínea. No MCU, existe aceleração centrípeta, isto é, $|a_{cp}| \neq 0$.

Porém, sendo um movimento uniforme, ele não tem aceleração tangencial, isto é, $|a_t| = 0$.

Como já vimos, o módulo da aceleração centrípeta é dado por:

$$\boxed{|\vec{a}_{cp}| = \frac{v^2}{R}}$$

Aceleração no MCU

Se substituirmos v por $\omega \cdot R$, teremos:

$$\boxed{\vec{a}_{cp} = \frac{v^2}{R}} \Rightarrow \boxed{\vec{a}_{cp} = \frac{(\omega \cdot R)^2}{R}} \Rightarrow \boxed{\vec{a}_{cp} = \omega^2 \cdot R}$$

Podemos ainda escrever a expressão anterior desta maneira:

$$\boxed{|\vec{a}_{cp}| = \omega \cdot \underbrace{\omega \cdot R}_{v}}$$

ou

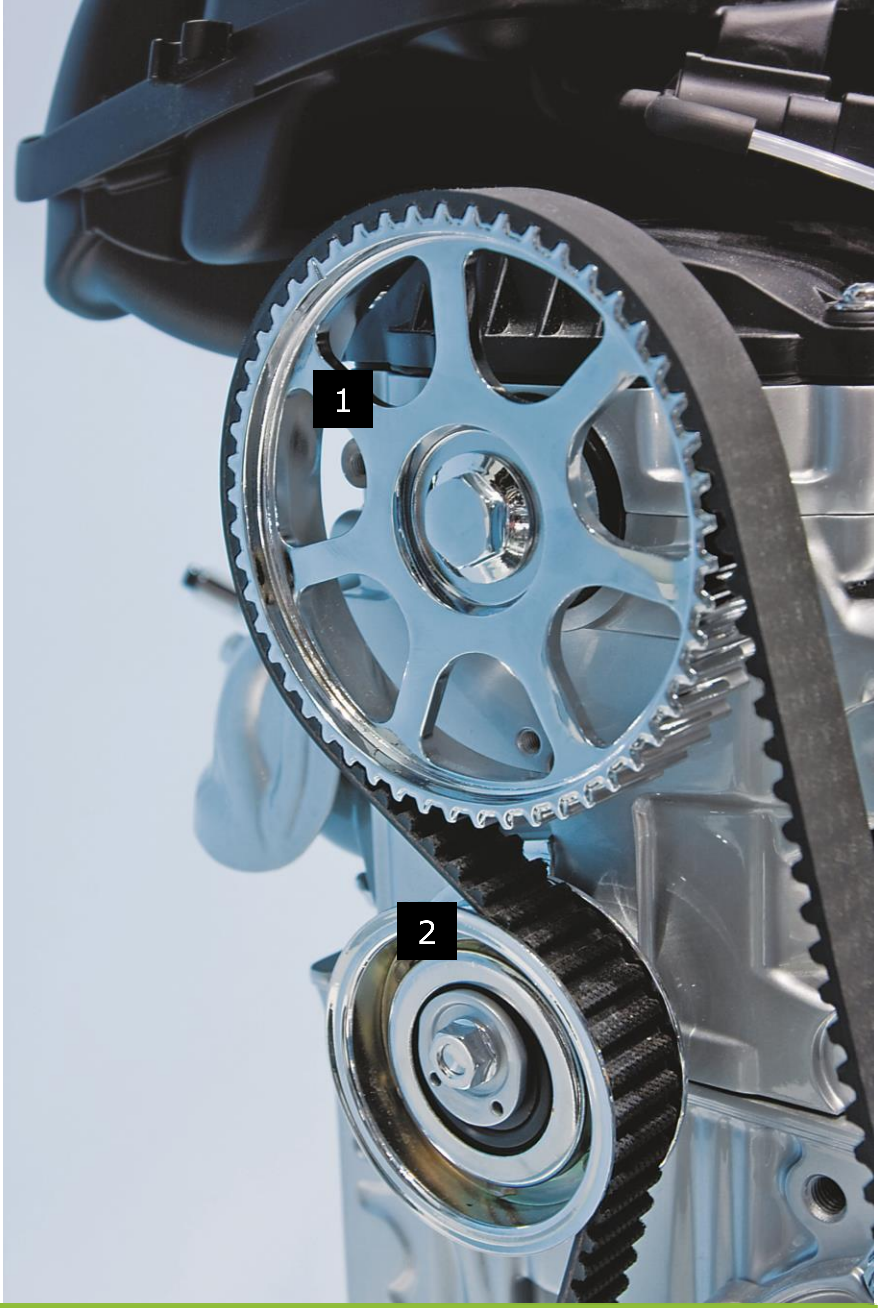
$$\boxed{|\vec{a}_{cp}| = \omega \cdot v}$$

Movimentos circulares acoplados

Em diferentes situações encontramos mecanismos que trabalham em conjunto, como parte integrante de um todo. Nos motores dos automóveis, por exemplo, polias e outros elementos rotativos acoplados entre si por cintas, correias dentadas ou até por contato direto utilizam o movimento do eixo do motor para produzir algum efeito útil.

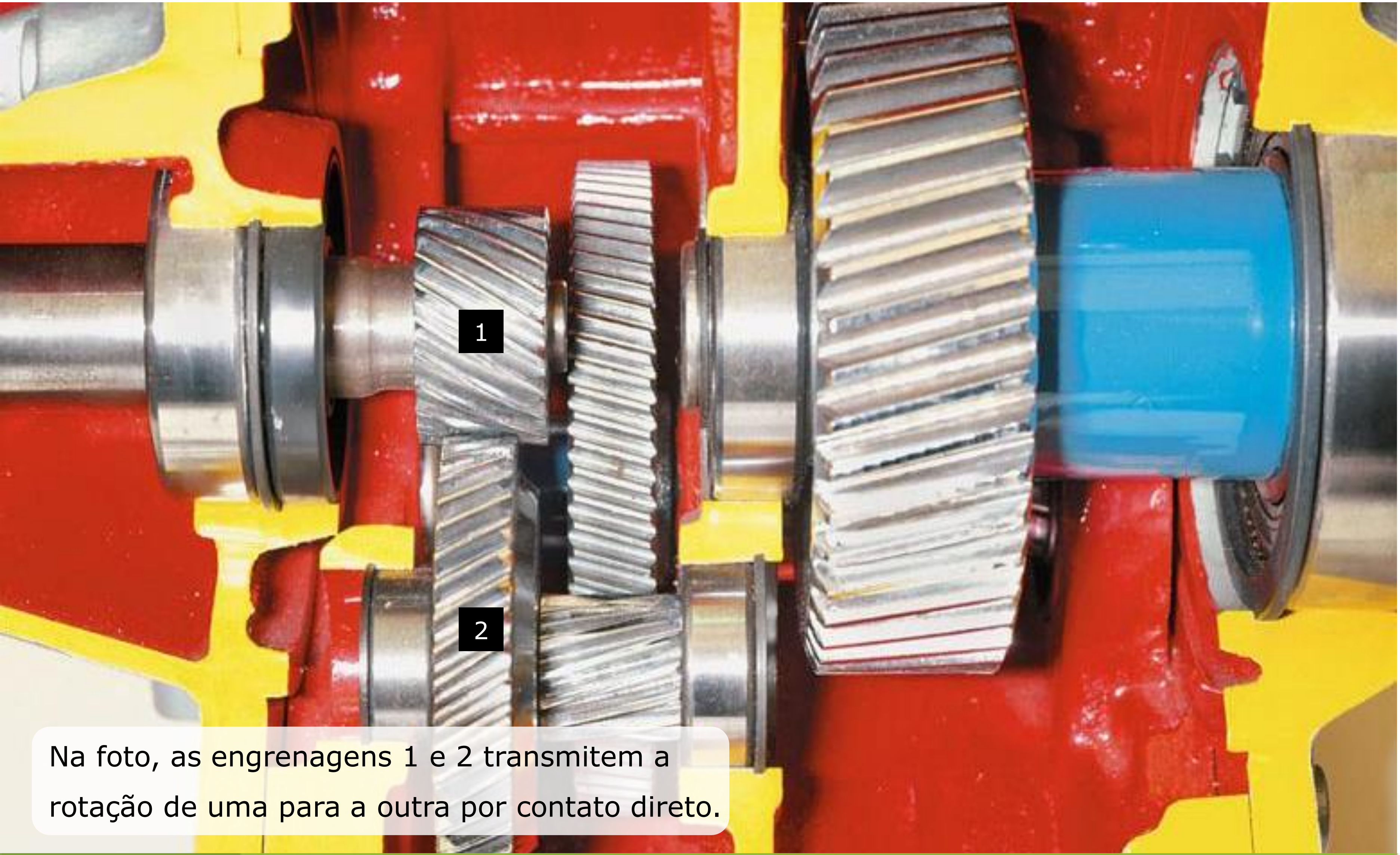
Nas figuras a seguir, temos exemplos de dois modos de transmissão de movimento.

Movimentos circulares acoplados



Na foto, vemos polias montadas em eixos distintos que transmitem movimento de rotação entre si por meio de correias.

Movimentos circulares acoplados



LESLIE GARLAND PICTURE LIBRARY/ALAMY/OTHER IMAGES

Na foto, as engrenagens 1 e 2 transmitem a rotação de uma para a outra por contato direto.

Movimentos circulares acoplados

Nesses dois modos de transmissão, como não há escorregamento entre as partes em contato, estas devem ter a mesma velocidade linear de deslocamento.

Assim, na figura anterior, envolvendo transmissão por correias (primeira imagem), os pontos 1 e 2 devem ter velocidades escalares lineares iguais:

$$\boxed{v_1 = v_2}$$

Movimentos circulares acoplados

Sendo R_1 e R_2 os raios das polias, temos:

$$\boxed{\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2}$$

ou

$$\boxed{2\pi \cdot f_1 \cdot R_1 = 2\pi \cdot f_2 \cdot R_2 \Rightarrow f_1 \cdot R_1 = f_2 \cdot R_2}$$

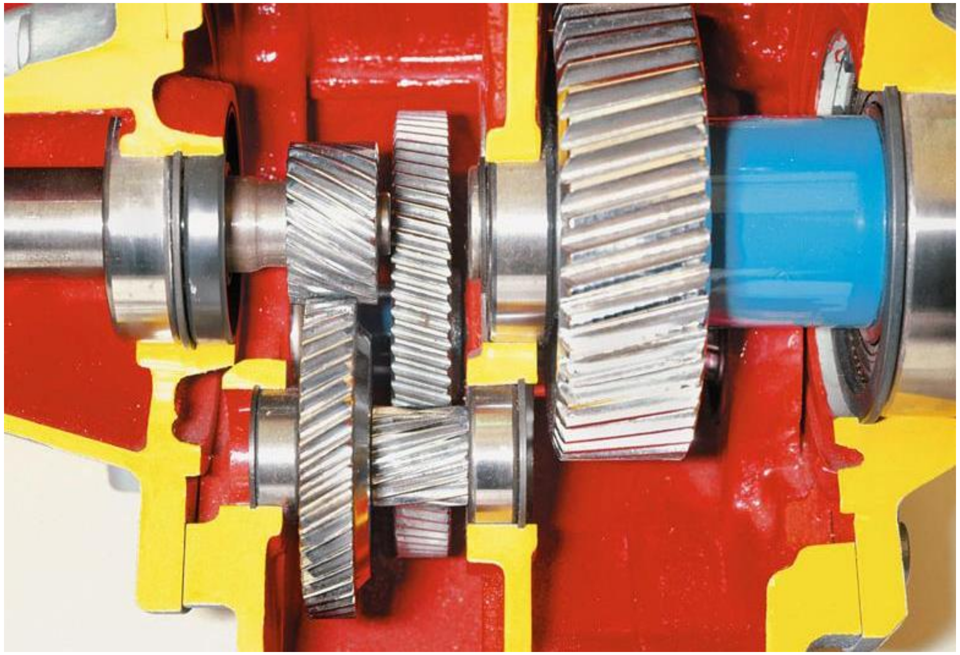
ou ainda:

$$\boxed{\frac{f_1}{f_2} = \frac{R_2}{R_1}}$$

Esse resultado mostra que as frequências de rotação são inversamente proporcionais aos raios das polias ou das engrenagens.

Movimentos circulares acoplados

Já na caixa de transmissão de marchas abaixo, as engrenagens 1, 2 e 3 giram ligadas a um mesmo eixo (rotação solidária), portanto, executam o mesmo número de voltas num dado intervalo de tempo.



LESLIE GARLAND PICTURE LIBRARY/ALAMY/OTHER IMAGES

Movimentos circulares acoplados

Isso significa que suas velocidades angulares são iguais.

Assim: $\omega_1 = \omega_2 \Rightarrow 2\pi f_1 = 2\pi f_2 \Rightarrow f_1 = f_2$

Ou ainda, como $\omega = \dfrac{v}{R}$, temos:

$$\boxed{\frac{v_1}{R_1} = \frac{v_2}{R_2}}$$

ANOTAÇÕES EM AULA

Coordenação editorial: Juliane Matsubara Barroso

Elaboração de originais: Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Cesar M. Penteado

Edição de texto: Eugênio Dalle Olle, Fabio Ferreira Rodrigues, Fernando Savoia Gonzalez, João Batista Silva dos Santos, Livia Santa Clara de Azevedo Ferreira, Lucas Maduar Carvalho Mota, Luiz Alberto de Paula e Silvana Sausmikat Fortes

Preparação de texto: Silvana Cobucci Leite

Coordenação de produção: Maria José Tanbellini

Iconografia: Daniela Baraúna, Érika Freitas, Fabio Yoshihito Matsuura, Flávia Aline de Morais e Monica de Souza

Diagramação: Mamute Mídia

EDITORA MODERNA

Diretoria de Tecnologia Educacional

Editora executiva: Kelly Mayumi Ishida

Coordenadora editorial: Ivonete Lucirio

Editores: Andre Jun e Natália Coltri Fernandes

Assistentes editoriais: Ciça Japiassu Reis e Renata Michelin

Editor de arte: Fabio Ventura

Editor assistente de arte: Eduardo Bertolini

Assistentes de arte: Ana Maria Totaro, Camila Castro e Valdeí Prazeres

Revisores: Antonio Carlos Marques, Diego Rezende e Ramiro Morais Torres

EDITORA MODERNA
Rua Padre Adelino, 758 – Belenzinho
São Paulo – SP – Brasil – CEP: 03303-904
Vendas e atendimento: Tel. (0__11) 2602-5510
Fax (0__11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2012