

## Ciclo Termodinâmico



Prof. Panosso

## Ciclo Termodinâmico

- Ou transformação cíclica: série de transformações;
- O estado inicial coincide com o estado final;
- Diagrama P x V é uma figura fechada.
- Trabalho do ciclo é área da figura fechada:  $\tau = A_{FF}$ .

### 2 tipos de ciclo

#### ciclo motor

- Receber calor para realizar trabalho;
- Ciclo horário.



$$\tau_{MOTOR} \rightarrow +$$

#### ciclo refrigerador

- Receber trabalho para retirar calor;
- Ciclo anti-horário.



$$\tau_{REFRIG} \rightarrow -$$

www.professorpanosso.com.br

## Ciclo Termodinâmico

Como os estados inicial e final coincidem, o gás terá a mesma temperatura inicial e final, assim não haverá variação da energia interna.

$$T_I = T_F \rightarrow \Delta T = 0 \rightarrow \Delta U_{CICLO} = 0$$

Durante um ciclo não há variação da energia interna.

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{CICLO} = \tau_{CICLO} + \cancel{\Delta U_{CICLO}} \\ \text{Logo: } Q_{CICLO} = \tau_{CICLO} \end{array} \right.$$

**Um ciclo não foi concebido para guardar energia!**

www.professorpanosso.com.br

## Máquina térmica

Opera em ciclos, convertendo calor em trabalho, entre duas fontes de calor (temperaturas diferentes).

**Motor de explosão**



www.professorpanosso.com.br

**F. Quente :  $T_1$**

$Q_1$

Máquina

Trabalho

$Q_2$

**F. Fria :  $T_2$**

$Q_1$  : Calor recebido da fonte quente  
 $Q_2$  : Calor rejeitado para a fonte fria  
 $\tau$  : Trabalho realizado no ciclo.

$$\tau_{CICLO} = Q_1 - Q_2$$

Rendimento ( $\eta$ )

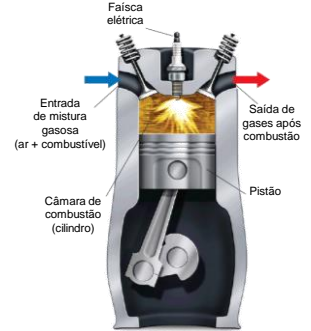
$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} \quad \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

**2ª Lei da termodinâmica:** nenhuma máquina térmica operando em ciclos consegue converter integralmente o calor recebido em trabalho, não há rendimento de 100%.

www.professorpanosso.com.br

## Câmara de combustão

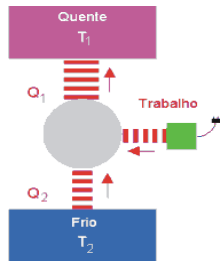
Quando a gasolina explode (fonte quente) dentro do cilindro do motor, produz uma grande quantidade de calor ( $Q_1$ ), que será usada para mover o pistão (trabalho) e maior parte vai ser jogada fora ( $Q_2$ ), peças do motor (fonte fria).



www.professorpanosso.com.br

## Máquina frigorífica

Opera em ciclos convertendo trabalho em calor, entre duas fontes de calor (temperaturas diferentes). Geladeiras, freezer,...



$Q_1$  : Calor jogado para o lado de fora.  
 $Q_2$  : Calor retirado de dentro da geladeira.  
 $\tau$  : Trabalho realizado sobre o gás.

$$Q_1 = \tau + Q_2$$

Eficiência ( $e$ )

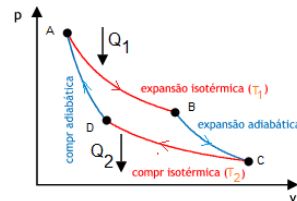
$$e = \frac{Q_2}{\tau}$$

www.professorpanosso.com.br

## Ciclo de Carnot

Ciclo teórico de maior rendimento possível, para uma máquina térmica operando entre duas fontes de calor, composto por duas curvas isotérmicas e duas adiabáticas (ciclo reversível).

$$\frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1} \quad \eta_{MAX} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$



www.professorpanosso.com.br

# Motor a explosão

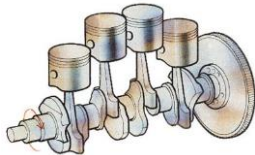
## Motor 4 tempos

O ciclo é composto por 4 etapas (operações).

- Admissão
- Compressão
- Explosão
- Escape

www.professorpanosso.com.br

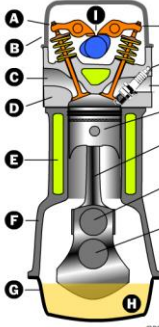
Um motor de 4 tempos em média possui 4 câmaras de combustão, pois cada uma delas vai estar fazendo uma operação.



Todos os pistões estão unidos pelo virabrequim (eixo em comum, que transmite o movimento gerado para o câmbio).

www.professorpanosso.com.br

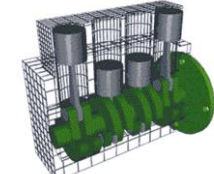
### motor de 4 tempos



©2000 How Stuff Works, Inc.

www.professorpanosso.com.br

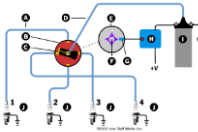
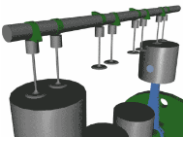
### HowStuffWorks - Motores de carros



Virabrequim

www.howstuffworks.com

### comando de válvulas



distribuidor e velas

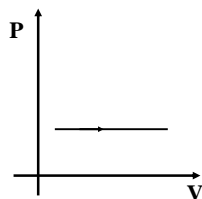
www.professorpanosso.com.br

## 1º estágio



Admissão

A válvula de admissão será aberta e a câmara irá se encher de vapor de combustível e ar.



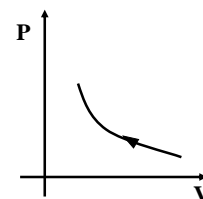
[www.professorpanosso.com.br](http://www.professorpanosso.com.br)

## 2º estágio



Compressão

Com as 2 válvulas fechadas, a mistura será comprimida, diminuindo o volume, para poder explodir.



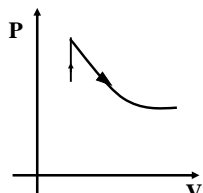
[www.professorpanosso.com.br](http://www.professorpanosso.com.br)

## 3º estágio



Combustão

No ponto mais alto a vela solta uma faísca detonando a mistura, produção de muito calor ( $Q_1$ ), o pistão é empurrado para baixo (realização de trabalho).



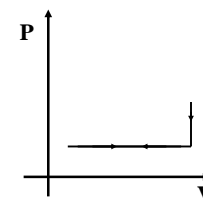
[www.professorpanosso.com.br](http://www.professorpanosso.com.br)

## 4º estágio

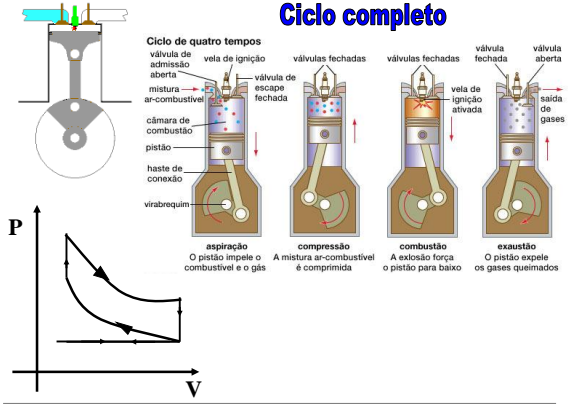


Exaustão

A válvula de escape é aberta e a mistura queimada (fumaça) é jogada fora, recomeçando o ciclo.



[www.professorpanosso.com.br](http://www.professorpanosso.com.br)



[www.professorpanosso.com.br](http://www.professorpanosso.com.br)