

## Termodinâmica: máquinas térmicas

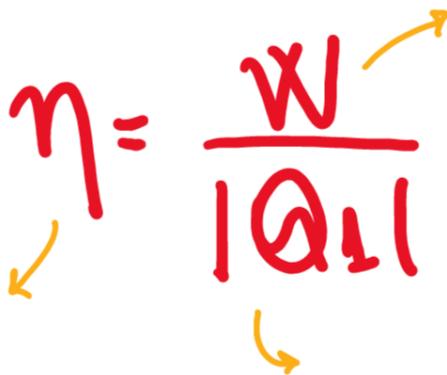
Prof Fernanda Haiduk – 30/03/23

Olá, galerinha do Me Salva! Para encerrar nosso ciclo na Termo, e para aproveitar nossos valiosos 45 minutos, vamos estudar um pouco mais sobre máquinas térmicas e frigoríficas. Vamos entender um pouco mais sobre que tipos de transformações ocorrem durante seu funcionamento e quais são suas aplicações cotidianas.

### Parte I – Mais um pouquinho sobre as Leis da Termodinâmica...

- **Segunda Lei da Termodinâmica:** rendimento

*“é impossível que uma máquina térmica, operando em ciclos, tenha como único efeito a extração de calor de um reservatório e a execução de trabalho integral dessa quantidade de energia”*

$$\eta = \frac{W}{|Q_1|}$$


$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}$$

$Q_1$ : FONTE QUENTE

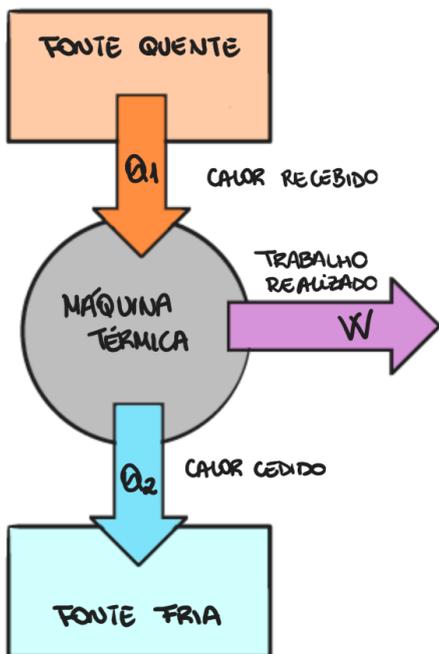
$Q_2$ : FONTE FRIA

O rendimento é adimensional e o representamos, em geral, em forma de porcentagem!

## Parte II – Máquinas térmicas

Uma máquina térmica é um dispositivo que recebe calor e o transforma em trabalho!

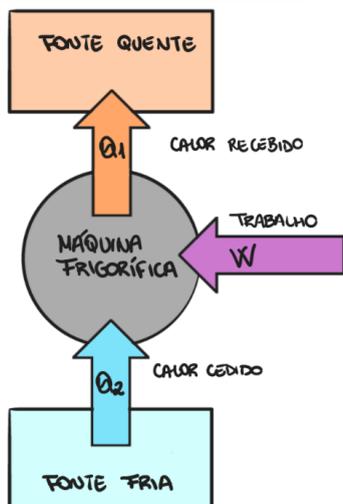
Ex.: geladeiras, motores de carros, geladeiras, ar-condicionado etc.



$$Q_1 = W + Q_2$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

E a máquina refrigeradora/frigorífica?

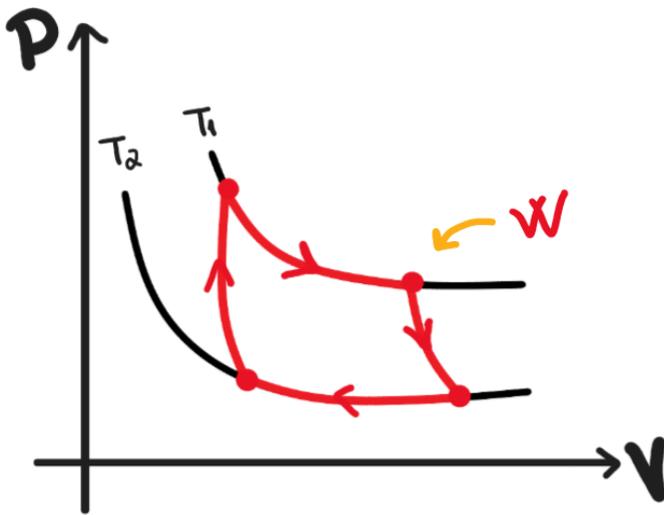


$$Q_2 + W = Q_1$$

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

### Parte III – Ciclo de Carnot

Até o início do século XIX, a máquina térmica ideal (com rendimento de 100%) ainda era um sonho muito perseguido pelos cientistas. O engenheiro francês Sadi Carnot estudou minuciosamente o processo de transformação de calor em trabalho e propôs uma máquina teórica que, trabalhando entre duas temperaturas fixas, uma quente e outra fria, executava uma transformação cíclica composta de duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas, intercaladas e reversíveis. Se estipularmos para a fonte fria a temperatura de zero kelvin (zero absoluto) teríamos rendimento de 100%, o que não é viável na prática!!!



$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

⚠️ MAIOR RENDIMENTO TEÓRICO POSSÍVEL!



 mesalvaoficial | mesalvamed

 mesalva | mesalvamedicina

 mesalvaoficial

[mesalva.com/medicina](https://mesalva.com/medicina)

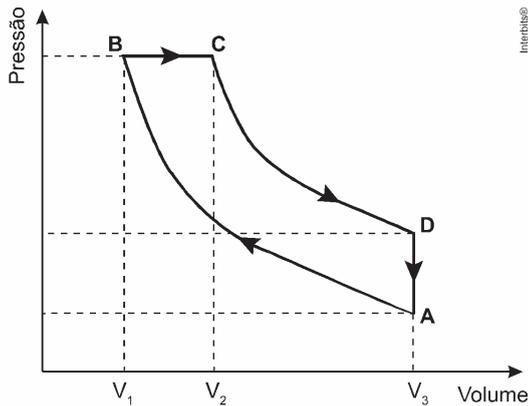
## Parte IV - Glossário e transformações

Trabalho (W)	<b>W+</b> : realizar trabalho = variação positiva de volume = volume aumenta
	<b>W-</b> : sofrer trabalho = trabalho realizado sobre = variação negativa do volume = volume diminui
	<b>W = 0</b> : trabalho nulo = variação nula do volume = volume não se altera
Energia interna ( $\Delta U$ )	<b><math>\Delta U+</math></b> : variação positiva da energia interna = variação positiva da temperatura = temperatura aumenta
	<b><math>\Delta U-</math></b> : variação negativa da energia interna = variação negativa da temperatura = temperatura diminui
	<b><math>\Delta U = 0</math></b> : variação nula da energia interna = variação nula da temperatura = temperatura não se altera
Calor (Q)	<b>Q+</b> = recebe calor de um meio externo = aumenta sua energia
	<b>Q-</b> = cede calor para um meio externo – diminui sua energia
	<b>Q = 0</b> = não há troca de calor com o meio

Transformação	CTE	Nulo	1ª lei	Gráfico
Isobárica	P	-	$Q = \Delta U + W$	
Isocórica	V	$W = 0$	$Q = \Delta U$	
Isotérmica	T	$\Delta U = 0$	$Q = W$	
Adiabática	-	$Q = 0$	$W = -\Delta U$	
Cíclica	P, V, T	$\Delta U = 0$	$Q = W$	

## Parte V – Exercícios

(ENEM 2ª aplicação 2017) Rudolph Diesel patenteou um motor a combustão interna de elevada eficiência, cujo ciclo está esquematizado no diagrama pressão  $\times$  volume. O ciclo Diesel é composto por quatro etapas, duas das quais são transformações adiabáticas. O motor de Diesel é caracterizado pela compressão de ar apenas, com a injeção de combustível no final.



No ciclo Diesel, o calor é absorvido em:

- $A \rightarrow B$  e  $C \rightarrow D$ , pois em ambos ocorre realização de trabalho.
- $A \rightarrow B$  e  $B \rightarrow C$ , pois em ambos ocorre elevação da temperatura.
- $C \rightarrow D$ , pois representa uma expansão adiabática e o sistema realiza trabalho.
- $A \rightarrow B$ , pois representa uma compressão adiabática em que ocorre elevação de temperatura.
- $B \rightarrow C$ , pois representa expansão isobárica em que o sistema realiza trabalho e a temperatura se eleva.

## Parte IV – Exercício

(ENEM 2011) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. *Física Térmica*. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.