

# TERMODINÂMICA – TRANSFORMAÇÕES E CICLOS

## AULA 1 – TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

As equações das transformações gasosas podem ser deduzidas a partir da Equação geral dos gases:

$$\frac{P_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{P_o \cdot V_o}{T_o}$$

### Transformação Isobárica

Quando a Pressão é constante e o Volume e a Temperatura são variáveis.

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_o}{T_o}$$

### Transformação Isovolumétrica/Isométrica/Isocórica

Quando o Volume é constante e a Pressão e a Temperatura são variáveis.

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_o}{T_o}$$

### Transformação Isotérmica

Quando a Temperatura é constante e o Volume e a Pressão são variáveis.

$$P_i \cdot V_i = P_o \cdot V_o$$

## AULA2 – TRABALHO DE UM GÁS

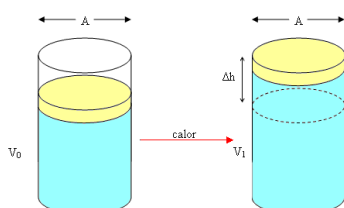
Considere um gás contido em um recipiente fechado por um êmbolo móvel. Ao aumentar a temperatura no recipiente, o volume aumenta também, deslocando o êmbolo e realizando **trabalho**.

Sejam:

- $V_i$ : volume inicial do gás
- $V_o$ : volume final do gás
- $\Delta V$ :  $V_o - V_i$  (Variação do volume)
- $P$ : pressão do gás
- $\tau$ : trabalho do gás

Temos que:

$$\tau = P \cdot \Delta V$$



Fonte:

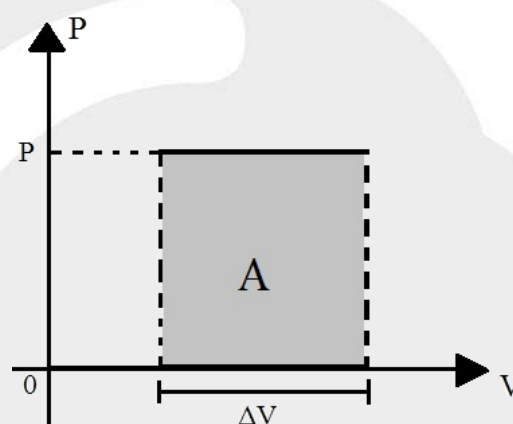
<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/trabalho.php>

Quando há uma expansão do êmbolo ( $\Delta V$  positiva), o trabalho do gás é positivo, e quando há uma compressão do êmbolo ( $\Delta V$  negativa), o trabalho do gás é negativo.

### Gráfico PxV

Também é possível calcular o trabalho do gás observando seu gráfico de Pressão (P) x Volume (V).

A área sob esse gráfico é numericamente igual ao trabalho realizado pelo gás.



Fonte:

<http://www.mundoeducacao.com/upload/conteudo/gr%C3%A1fico%20Px%CE%94V.jpg>

## AULA 3 – 1ª LEI DA TERMODINÂMICA

Em um sistema, toda **energia** recebida é direcionada para realizar o **trabalho** e para a **variação da energia interna**.

No caso em que o sistema perde calor (Q negativo), significa que o gás sofreu uma compressão (trabalho negativo) e a energia interna diminui.

Sejam:

- Q: quantidade de energia recebida
- $\Delta U$ : variação da Energia interna
- $\tau$ : trabalho

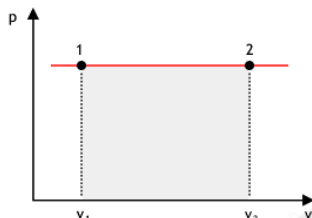
Temos que:

$$Q = \Delta U + \tau$$

# TERMODINÂMICA – TRANSFORMAÇÕES E CICLOS

## AULA 4 – TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA

Quando a Pressão é constante e o Volume e a Temperatura são variáveis.



Fonte: <http://www.mspc.eng.br/termo/img01/termod101.gif>

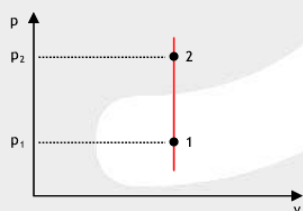
### 1ª Lei da Termodinâmica

Na transformação isobárica a equação da 1ª Lei da Termodinâmica não tem alterações:

$$Q = \Delta U + \tau$$

## AULA 5 – TRANSFORMAÇÃO ISOMÉTRICA

Quando o Volume é constante e a Pressão e a Temperatura são variáveis.



Fonte: <http://www.mspc.eng.br/termo/img01/termod102.gif>

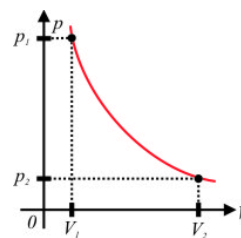
### 1ª Lei da Termodinâmica

Na transformação isométrica temos  $\tau = 0$ , logo:

$$Q = \Delta U$$

## AULA 6 – TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

Quando a Temperatura é constante e o Volume e a Pressão são variáveis.



Fonte:

[http://lh5.ggpht.com/\\_Qmjqb2Gk9no/S7U4A\\_oUjPI/AAAAAABAAFWQ/sK8nYjy\\_tKc/image\\_thumb%5B15%5D.png?imgmax=800](http://lh5.ggpht.com/_Qmjqb2Gk9no/S7U4A_oUjPI/AAAAAABAAFWQ/sK8nYjy_tKc/image_thumb%5B15%5D.png?imgmax=800)

### 1ª Lei da Termodinâmica

Na transformação isotérmica temos  $\Delta U = 0$ , logo:

$$Q = \tau$$

## AULA 7 – TRANSFORMAÇÃO ADIABÁTICA

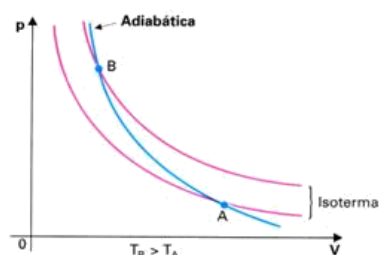
Quando não recebe energia do meio externo, ou seja, para o gás realizar trabalho é necessário gastar a própria energia interna.

Sejam:

- $C_p$ : calor específico sensível do gás quando a pressão for constante
- $C_v$ : calor específico sensível do gás quando o volume for constante
- $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

Temos que:

$$P \cdot V^\gamma = \text{constante}$$



Fonte:

[http://www.vestibular.ufrj.br/gabarito\\_html/biologia\\_clip\\_image068.jpg](http://www.vestibular.ufrj.br/gabarito_html/biologia_clip_image068.jpg)

### 1ª Lei da Termodinâmica

Na transformação adiabática temos  $Q = 0$ , logo:

$$\tau = -\Delta U$$

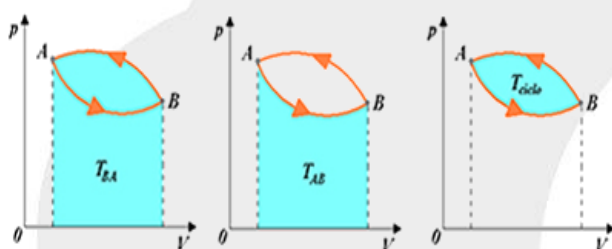
## AULA 8 – CICLOS

A quantidade de **energia** trocada em um ciclo é a **soma do trabalho** exercido em cada processo desse ciclo. Por ser um ciclo, não há variação da energia interna ( $\Delta U = 0$ ).

$$Q = \tau$$

### Gráfico

O trabalho exercido é representado pela área interna do ciclo no gráfico.



Fonte:

[http://www.mundoeducacao.com/upload/conteudo\\_legend/a/9a36739a46a110ada17ef43b53a78cde.jpg](http://www.mundoeducacao.com/upload/conteudo_legend/a/9a36739a46a110ada17ef43b53a78cde.jpg)

### Sentido do ciclo

Se o sentido for horário, o trabalho será positivo e o ciclo é chamado de **motor**.

Se o sentido for anti-horário, o trabalho será negativo e o ciclo é chamado de **refrigerador**.

## AULA 9 – MÁQUINAS TÉRMICAS E RENDIMENTO

### Máquinas térmicas

São máquinas que convertem energia térmica em trabalho, interagem sempre com uma fonte quente e uma fonte fria.

As máquinas térmicas podem ser do ciclo motor e do ciclo refrigerador.

### Rendimento

Uma máquina rende mais quando desperdiça menos energia.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia recebida}}$$

### Máquina de ciclo motor

Recebe calor da fonte quente e transforma parte da energia térmica em trabalho. A parte restante da energia é desperdiçada, ou seja, enviada para a fonte fria.

### Rendimento

Sejam:

- $\eta_{motor}$ : rendimento da máquina de ciclo motor
- $Q_1$ : calor **enviado** da fonte quente
- $Q_2$ : calor **recebido** pela fonte fria
- $\tau$ : trabalho **gerado** pela máquina térmica

Temos que:

$$\eta_{motor} = \frac{\tau}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

### Máquina de ciclo refrigerador

Recebe calor da fonte fria através da aplicação de um trabalho. A energia restante é enviada para a fonte quente.

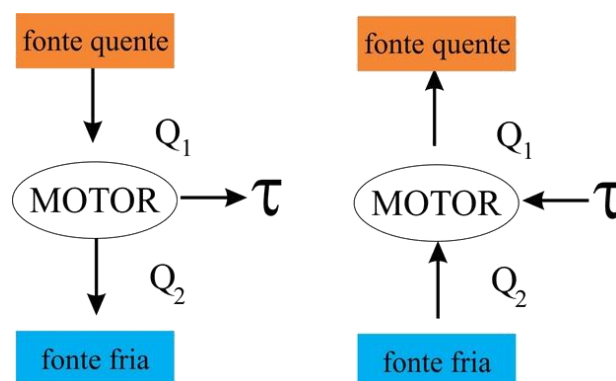
### Rendimento

Sejam:

- $\eta_{refr}$ : rendimento da máquina de ciclo refrigerador
- $Q_1$ : calor **recebido** pela fonte quente
- $Q_2$ : calor **enviado** pela fonte fria
- $\tau$ : trabalho **exercido** na máquina térmica

Temos que:

$$\eta_{refr} = \frac{Q_2}{|\tau|} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$$

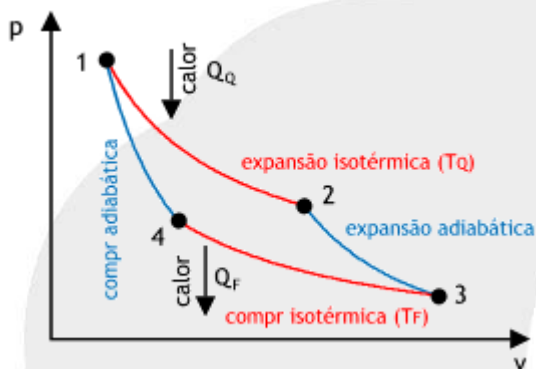


Fonte:

<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/termica/transformacoes-ciclicas-e-maquinas-termicas.html>

## AULA 10 – CICLO DE CARNOT

Em 1824, o engenheiro Carnot provou que não é possível construir uma máquina com rendimento total. Mas desenvolveu um modelo de máquina que possui o **máximo rendimento possível**, que é quando o ciclo é composto de duas transformações adiabáticas e duas transformações isotérmicas.



Fonte: <http://www.mspc.eng.br/termo/img01/termod307.gif>

### Rendimento

Sejam:

- $\eta_{carnot}$ : rendimento da máquina de ciclo motor
- $T_1$ : temperatura da fonte quente
- $T_2$ : temperatura da fonte fria

Temos que:

$$\eta_{carnot} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

## AULA 11 - 2ª LEI DA TERMODINÂMICA

### Enunciado de Kelvin-Planck

*“É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.”*

### Enunciado de Clausius

*“O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta.”*