A.03.01 – Trabalho de Fronteira

(Sistemas Fechados)

Prof. C. Naaktgeboren, PhD



https://github.com/CNThermSci/ApplThermSci Compiled on 2020-09-11 17h55m56s UTC





Sumário da Parte I

- Apresentação do Trabalho de Fronteira
 - Definição
 - Aplicações

Tópicos de Leitura





Sumário da Parte II

- Quantificação do Trabalho de Fronteira
 - Trabalho de Fronteira De Processo
 - Trabalho de Fronteira de Ciclo

Tópicos de Leitura





Parte I

Apresentação do Trabalho de Fronteira





Trabalho de Fronteira – Definição

Trabalho de fronteira, W_f (kJ)

- É a interação energética
- de um sistema compressível
- capaz de diretamente realizar
- trabalho mecânico
- por meio de uma fronteira móvel.







Trabalho de Fronteira – Aplicações

Aplicações incluem:

- Motores de combustão interna
- Motores Stirling



Image by Schlaich Bergermann und Partner from wikipedia.org





Trabalho de Fronteira – Aplicações

Aplicações incluem:

- Compressores alternativos
- Motores lineares



Image by DarkWorkX from pixabay.com





Trabalho de Fronteira – Aplicações

Aplicações incluem:

- Elevadores de carga e atuadores
- Expansores criogênicos

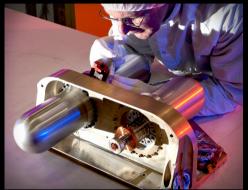


Image by NASA Goddard Space Flight Center from flickr.com





Tópicos de Leitura I

Çengel, Y. A. e Boles, M. A. *Termodinâmica* 7ª *Edição*. Seção 4-1.

AMGH. Porto Alegre. ISBN 978-85-8055-200-3.







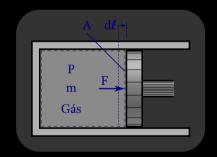
Parte II

Quantificação do Trabalho de Fronteira





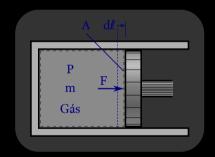
$$\delta W_f \equiv \vec{F} \cdot d\vec{\ell}$$







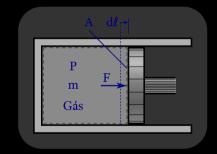
$$\delta W_f \equiv (|ec F| \cdot |dec \ell|) imes rac{A}{A}
ightarrow$$







$$\delta W_f \equiv (|\vec{F}| \cdot |d\vec{\ell}|) \times \frac{A}{A} \rightarrow \delta W_f = \frac{F}{A} \cdot A \, d\ell \rightarrow$$



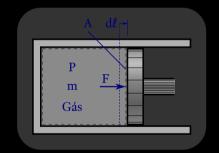




$$\delta W_f \equiv (|\vec{F}| \cdot |d\vec{\ell}|) \times \frac{A}{A} \rightarrow$$

$$\delta W_f = \frac{F}{A} \cdot A \, d\ell \rightarrow$$

$$\left(\frac{F}{A} \equiv P, \quad A \, d\ell \equiv dV\right) \rightarrow$$





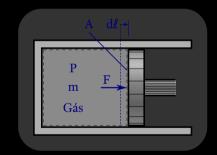


$$\delta W_f \equiv (|\vec{F}| \cdot |d\vec{\ell}|) \times \frac{A}{A} \rightarrow$$

$$\delta W_f = \frac{F}{A} \cdot A \, d\ell \rightarrow$$

$$\left(\frac{F}{A} \equiv P, \quad A \, d\ell \equiv dV\right) \rightarrow$$

$$\delta W_f = P \, dV$$





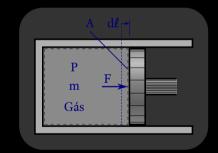


$$\delta W_f \equiv (|\vec{F}| \cdot |d\vec{\ell}|) \times \frac{A}{A} \rightarrow$$

$$\delta W_f = \frac{F}{A} \cdot A \, d\ell \rightarrow$$

$$\left(\frac{F}{A} \equiv P, \quad A \, d\ell \equiv dV\right) \rightarrow$$

$$(\delta W_f = P \, dV)/m \rightarrow$$







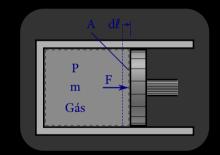
$$\delta W_f \equiv (|\vec{F}| \cdot |d\vec{\ell}|) \times \frac{A}{A} \rightarrow$$

$$\delta W_f = \frac{F}{A} \cdot A \, d\ell \rightarrow$$

$$\left(\frac{F}{A} \equiv P, \quad A \, d\ell \equiv dV\right) \rightarrow$$

$$(\delta W_f = P \, dV)/m \rightarrow$$

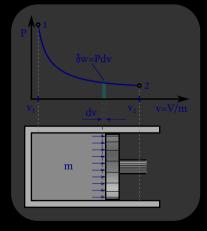
$$\delta W_f = P \, dV$$







$$\delta w_f = P dv$$

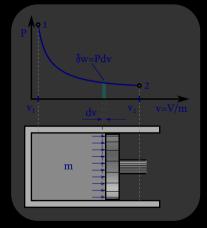






$$\delta w_f = P dv$$

$$w_{12} = \int_{1}^{2} \delta w_{f} = \int_{1}^{2} P \, dv$$

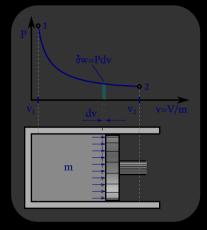






$$\delta w_f = P dv$$

$$\left(w_{12} = \int_{1}^{2} \delta w_{f} = \int_{1}^{2} P \, dv\right) \times m \longrightarrow$$



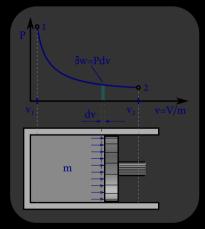




$$\delta w_f = P \, dv$$

$$\left(w_{12} = \int_1^2 \delta w_f = \int_1^2 P \, dv \right) \times m \to \infty$$

$$W_{12} = \int_1^2 \delta W_f = \int_1^2 P \, dV$$



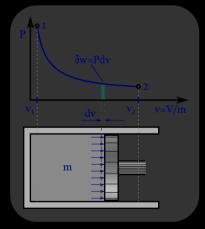




$$\delta w_f = P dv$$

$$\left(w_{12} = \int_{1}^{2} \delta w_{f} = \int_{1}^{2} P \, dv\right) \times m \rightarrow$$

$$W_{12} = \int_1^2 \delta W_f = \int_1^2 P \, dV \quad \therefore$$







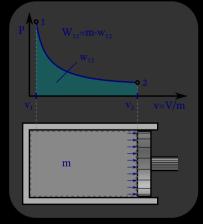
Processo de quase-equilíbrio 1–2:

$$\delta w_f = P dv$$

$$\left(w_{12} = \int_{1}^{2} \delta w_{f} = \int_{1}^{2} P \, dv\right) \times m \longrightarrow$$

$$W_{12} = \int_1^2 \delta W_f = \int_1^2 P dV$$
 ...

 W_f é a área sob o processo em coordenadas P - V.







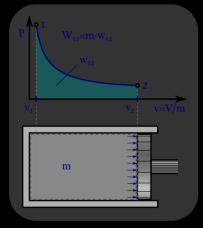
Processo de quase-equilíbrio 1–2:

$$\delta w_f = P \, dv$$

$$\left(w_{12} = \int_1^2 \delta w_f = \int_1^2 P \, dv \right) \times m \rightarrow$$

$$W_{12} = \int_1^2 \delta W_f = \int_1^2 P \, dV \quad \therefore$$

 W_f é a área sob o processo em coordenadas P - V. w_f é a área sob o processo em coordenadas P - v.

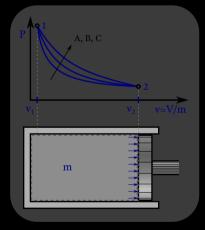






Trabalho de fronteira, w_f ou W_f :

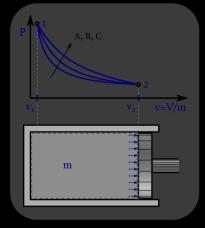
• Depende do caminho 1–2







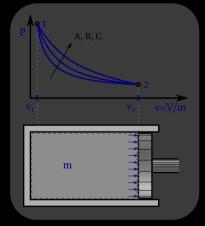
- Depende do caminho 1–2
- $\bullet \int_1^2 \delta w_f = w_{12}$







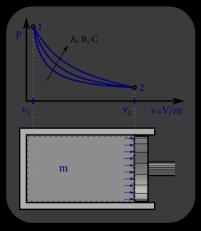
- Depende do caminho 1–2
- $\int_1^2 \delta w_f = w_{12} \neq "w_2" "w_1"$







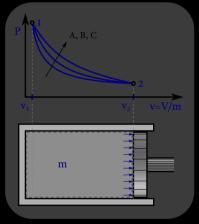
- Depende do caminho 1–2
- $\int_1^2 \delta w_f = w_{12} \neq "w_2" "w_1"$
- A diferença entre caminhos é determinada pelas demais interações de energia durante o processo 1–2







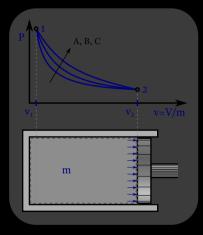
- Depende do caminho 1–2
- $\int_1^2 \delta w_f = w_{12} \neq "w_2" "w_1"$
- A diferença entre caminhos é determinada pelas demais interações de energia durante o processo 1–2
- Em sistemas compressíveis simples, o calor é a única outra interação de energia.







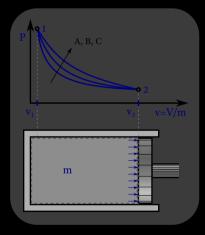
 A dependência do caminho permite que um sistema executando um vai-vém (ciclo mecânico) possa tanto (i) produzir ou (ii) consumir uma quantidade líquida de trabalho.







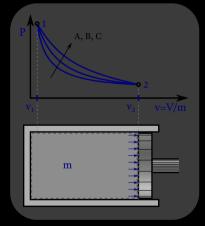
- A dependência do caminho permite que um sistema executando um vai-vém (ciclo mecânico) possa tanto (i) produzir ou (ii) consumir uma quantidade líquida de trabalho.
- Basta escolher os caminhos de ida e volta no processo termodinâmico.







- A dependência do caminho permite que um sistema executando um vai-vém (ciclo mecânico) possa tanto (i) produzir ou (ii) consumir uma quantidade líquida de trabalho.
- Basta escolher os caminhos de ida e volta no processo termodinâmico.
- Se os estados periodicamente visitados pelo sistema forem os mesmos, o sistema estará executando um ciclo termodinâmico.

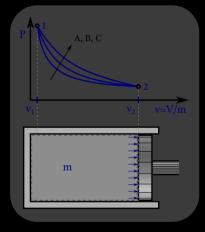






Ciclo 1-2 via 'C' e 2-1 via 'A':

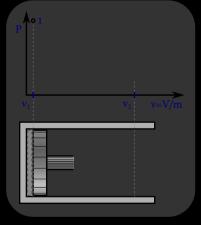
 \bullet Ciclo motor, que produz W_{liq}







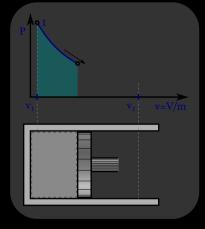
- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos







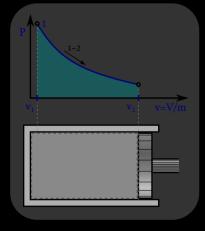
- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos
- Exp. 1–2 produz trabalho $W_{12} > 0$







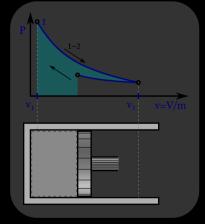
- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos
- Exp. 1–2 produz trabalho $W_{12} > 0$
- Retorno ao estado 1 requer consumo de trabalho







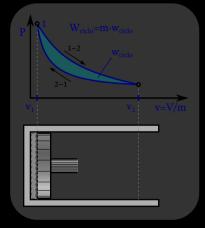
- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos
- Exp. 1–2 produz trabalho $W_{12} > 0$
- Retorno ao estado 1 requer consumo de trabalho
- Compr. 2–1 produz trabalho $W_{21} < 0$







- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos
- Exp. 1–2 produz trabalho $W_{12} > 0$
- Retorno ao estado 1 requer consumo de trabalho
- Compr. 2–1 produz trabalho $W_{21} < 0$
- $W_{\text{ciclo}} = (W_{12} + W_{21}) > 0$ é igual à área do ciclo em coordenadas P V.







Tópicos de Leitura I

Çengel, Y. A. e Boles, M. A. *Termodinâmica* 7^a *Edição*. Seção 4-1. AMGH. Porto Alegre. ISBN 978-85-8055-200-3.





