A.03.01 – Trabalho de Fronteira

(Sistemas Fechados)

Prof. C. Naaktgeboren, PhD

https://github.com/CNThermSci/ApplThermSci

Compiled on 2020-09-11 17h43m20s UTC

Sumário da Parte I

Sumário da Parte II

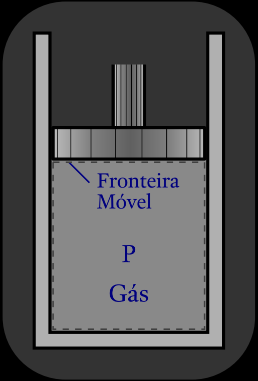
Parte I

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**

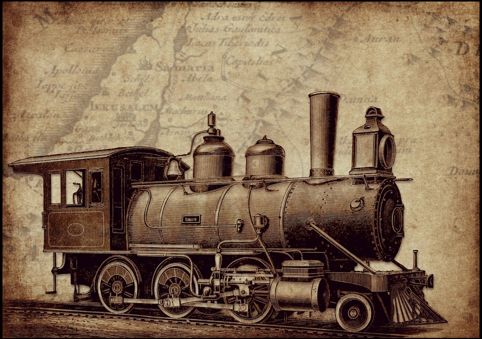


Image by DarkWorkX from pixabay.com

Trabalho de Fronteira – Aplicações

Aplicações incluem:

- Elevadores de carga e atuadores
- Expansores **criogênicos**

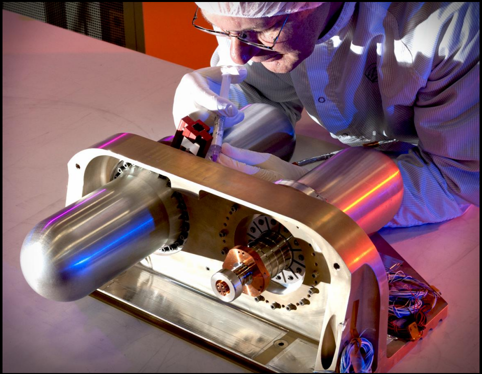


Image by NASA Goddard Space Flight Center from flickr.com

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.


Photo by Nick Bondarev from Pexels

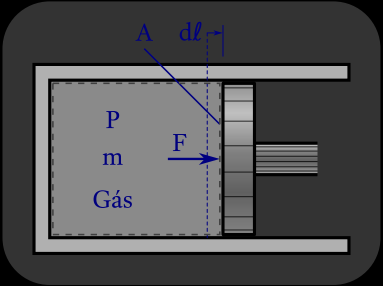
Parte II

Quantificação do Trabalho de Fronteira

Trabalho de Fronteira – Diferencial

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

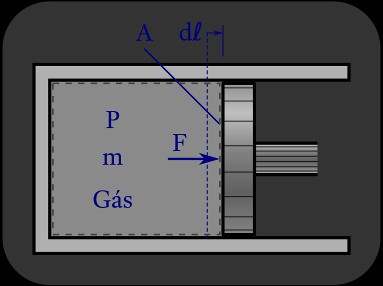
$W_f > 0$ quando o sistema executa trabalho



Trabalho de Fronteira – Diferencial

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

$W_f > 0$ quando o sistema executa trabalho

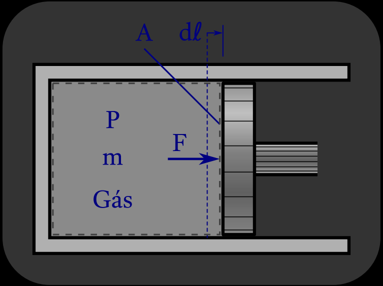


Trabalho de Fronteira – Diferencial

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

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

$W_f > 0$ quando o sistema executa trabalho



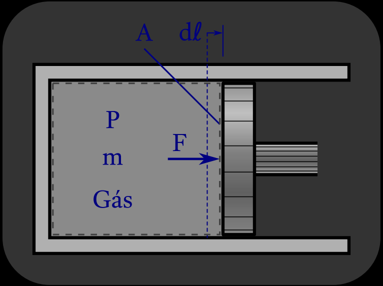
Trabalho de Fronteira – Diferencial

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

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

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

$W_f > 0$ quando o sistema executa trabalho



Trabalho de Fronteira – Diferencial

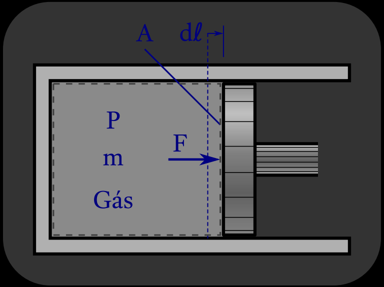
$$\delta W_f \equiv (|\vec{F}| \cdot |d\vec{\ell}|) \times \frac{A}{A} \rightharpoondown$$

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

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

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

$W_f > 0$ quando o sistema executa trabalho



Trabalho de Fronteira – Diferencial

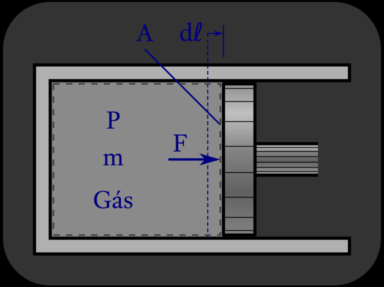
$$\delta W_f \equiv (|\vec{F}| \cdot |d\vec{\ell}|) \times \frac{A}{A} \rightharpoondown$$

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

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

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

$W_f > 0$ quando o sistema executa trabalho



Trabalho de Fronteira – Diferencial

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

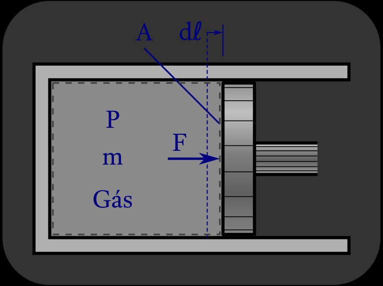
$$\delta W_f = \frac{F}{A} \cdot A\,d\ell \rightharpoondown$$

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

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

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

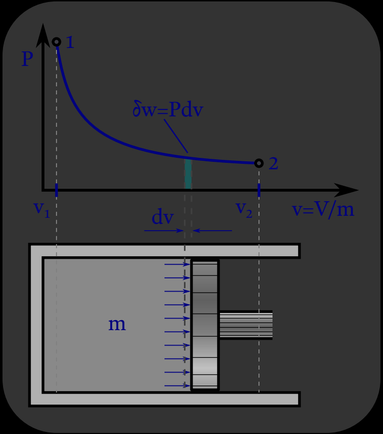
$W_f > 0$ quando o sistema executa trabalho



Trabalho de Fronteira – Processo

Processo de quase-equilíbrio 1–2:

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

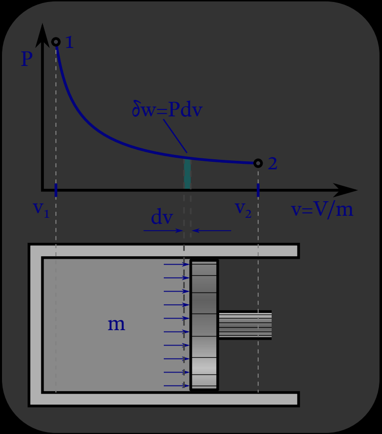


Trabalho de Fronteira – Processo

Processo de quase-equilíbrio 1–2:

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

$$w_{12} = \int_1^2 \delta w_f = \int_1^2 P\,dv$$

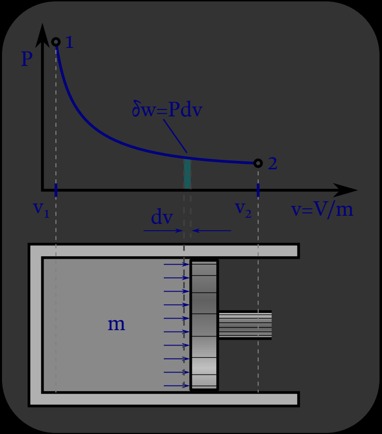


Trabalho de Fronteira – Processo

Processo de quase-equilíbrio 1–2:

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

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



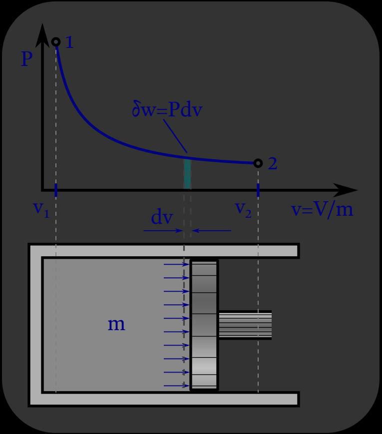
Trabalho de Fronteira – Processo

Processo de quase-equilíbrio 1–2:

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

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

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



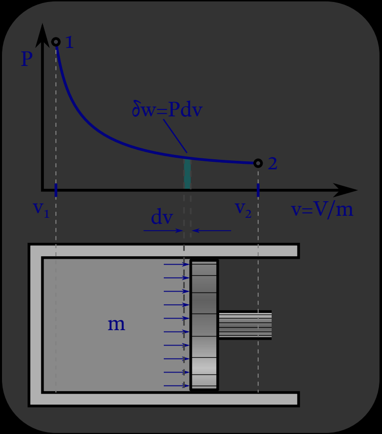
Trabalho de Fronteira – Processo

Processo de quase-equilíbrio 1–2:

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

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

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



Trabalho de Fronteira – Processo

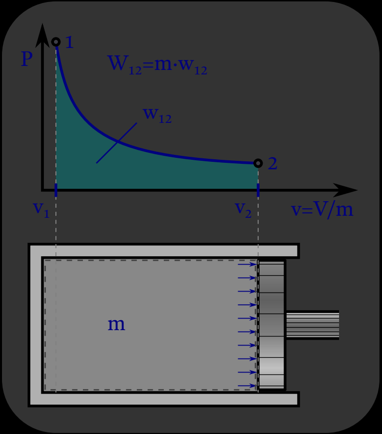
Processo de quase-equilíbrio 1–2:

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

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

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

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



Trabalho de Fronteira – Processo

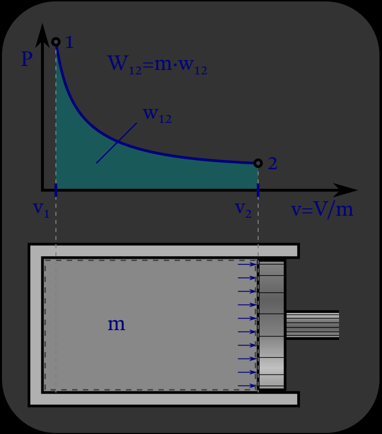
Processo de quase-equilíbrio 1–2:

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

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

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

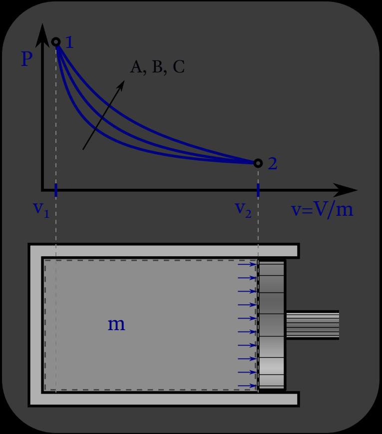
W_f é a área sob o processo em coordenadas $P - V$.
w_f é a área sob o processo em coordenadas $P - v$.



Trabalho de Fronteira – Caminho

Trabalho de fronteira, w_f ou W_f:

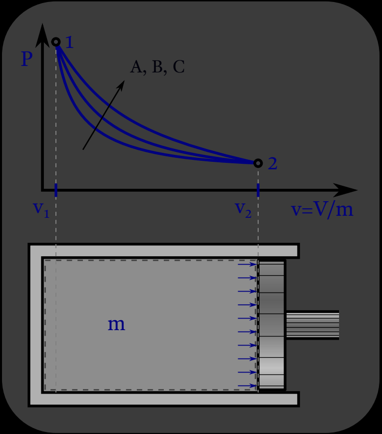
- Depende do caminho 1–2



Trabalho de Fronteira – Caminho

Trabalho de fronteira, w_f ou W_f:

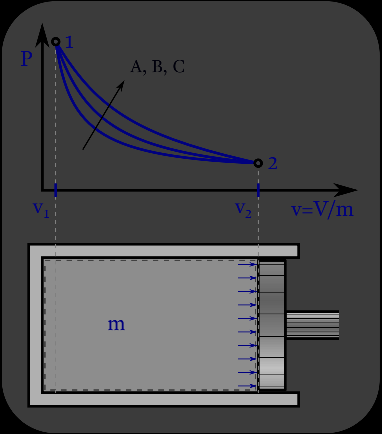
- Depende do caminho 1–2
- $\int_1^2 \delta w_f = w_{12}$



Trabalho de Fronteira – Caminho

Trabalho de fronteira, w_f ou W_f:

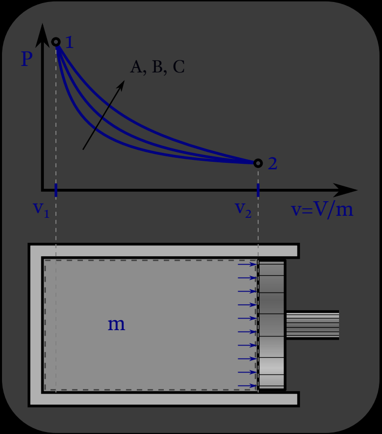
- Depende do caminho 1–2
- $\int_1^2 \delta w_f = w_{12} \neq$ “w_2” – “w_1”



Trabalho de Fronteira – Caminho

Trabalho de fronteira, w_f ou W_f:

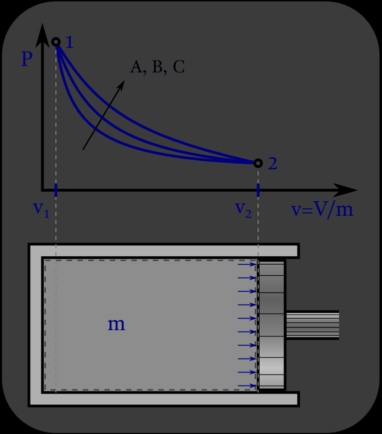
- Depende do caminho 1–2
- $\int_1^2 \delta w_f = w_{12} \neq$ "w_2" $-$ "w_1"
- A diferença entre caminhos é determinada pelas demais interações de energia durante o processo 1–2



Trabalho de Fronteira – Caminho

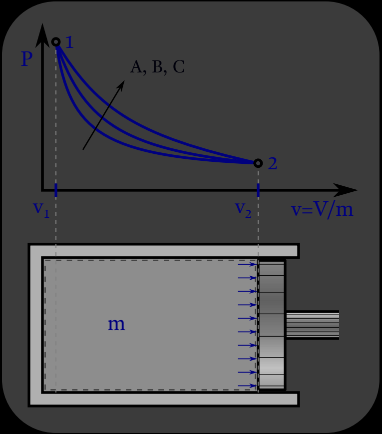
Trabalho de fronteira, w_f ou W_f:

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



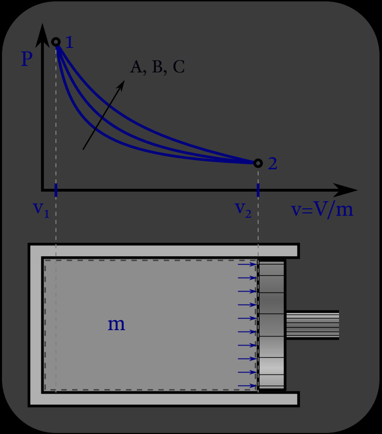
Trabalho de Fronteira – Ciclo

- 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.



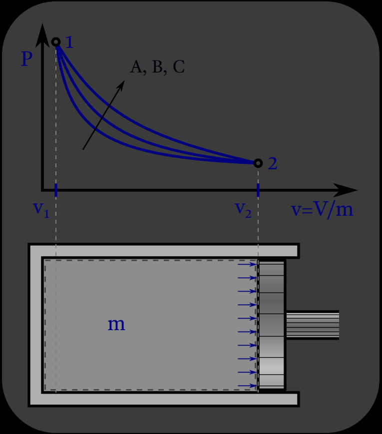
Trabalho de Fronteira – Ciclo

- 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.



Trabalho de Fronteira – Ciclo

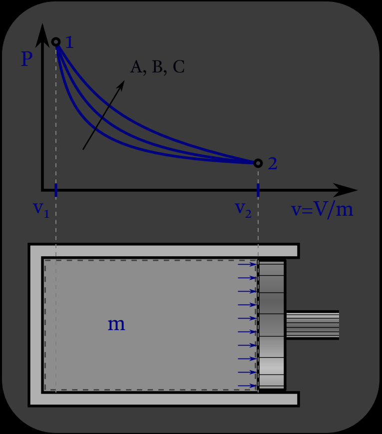
- A dependência do caminho permite que um sistema executando um vai-vém (ciclo mecânico) possa tanto (i) produzir ou (ii) consumir uma quantidade líquida de trabalho.
- Basta escolher os caminhos de ida e volta no processo termodinâmico.
- Se os estados periodicamente visitados pelo sistema forem os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



Trabalho de Fronteira – Ciclo

Ciclo 1–2 via ‘C’ e 2–1 via ‘A’:

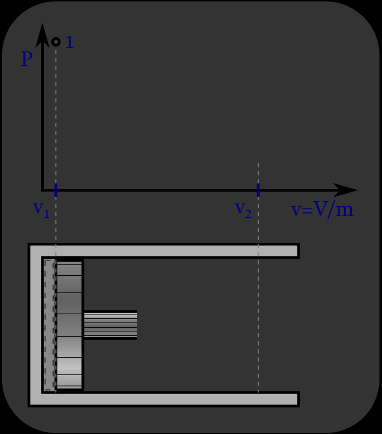
- Ciclo motor, que produz W_{liq}



Trabalho de Fronteira – Ciclo

Ciclo 1–2 via ‘C’ e 2–1 via ‘A’:

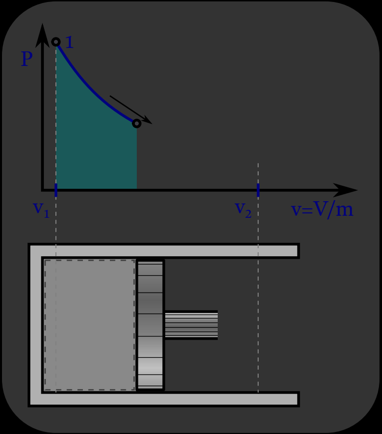
- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos



Trabalho de Fronteira – Ciclo

Ciclo 1–2 via ‘C’ e 2–1 via ‘A’:

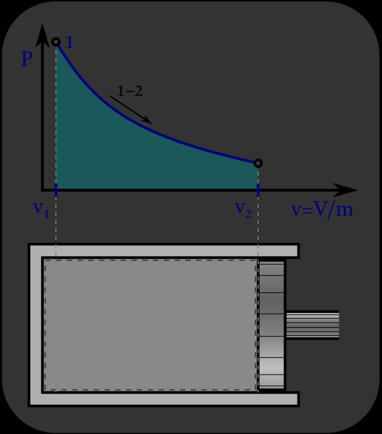
- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos
- Exp. 1–2 produz trabalho $W_{12} > 0$



Trabalho de Fronteira – Ciclo

Ciclo 1–2 via 'C' e 2–1 via 'A':

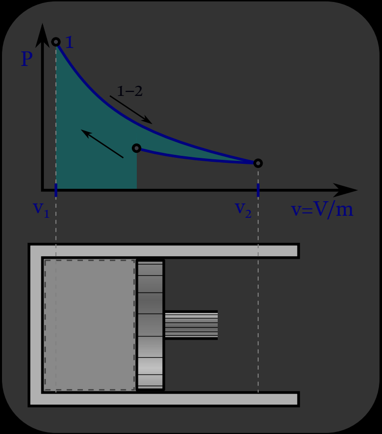
- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos
- Exp. 1–2 produz trabalho $W_{12} > 0$
- Retorno ao estado 1 requer consumo de trabalho



Trabalho de Fronteira – Ciclo

Ciclo 1–2 via ‘C’ e 2–1 via ‘A’:

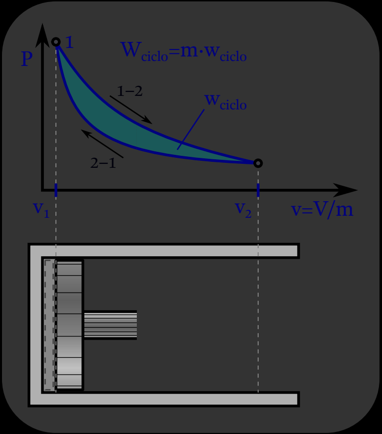
- Ciclo motor, que produz W_{liq}
- W_{acum} mostrado sob os processos
- Exp. 1–2 produz trabalho $W_{12} > 0$
- Retorno ao estado 1 requer consumo de trabalho
- Compr. 2–1 produz trabalho $W_{21} < 0$



Trabalho de Fronteira – Ciclo

Ciclo 1–2 via 'C' e 2–1 via 'A':

- 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 7ª *Edição*. Seção 4-1.
  AMGH. Porto Alegre. ISBN 978-85-8055-200-3.

Photo by Alexander Tiupa from Pexels