



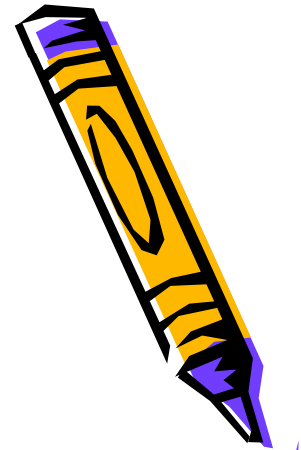
# XX Congreso de Estudiantes de Ingeniería Química

Interpretación gráfica de  
funciones termodinámicas

Ing. Federico G. Salazar  
Guatemala, Septiembre de 2005



# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas



- PROPIEDADES DE ESTADO:
  - Se relacionan entre sí por medio de una **ECUACION DE ESTADO**
  - Por ejemplo, la Ley de Gases Ideales:  
$$P V = n R T$$
  - Se considera la **ENTROPIA** como una propiedad de estado



# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

- Propiedades de Estado:
  - PRESION (P)
  - VOLUMEN (V)
  - TEMPERATURA (T)
  - ENTROPIA (S)
- Funciones de Estado:
  - ENERGIA INTERNA (U)
  - ENTALPIA (H)
  - ENERGÍA LIBRE (G)
  - ENERGÍA DE TRABAJO (A)

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

- Existen expresiones termodinámicas que relacionan **propiedades** y **funciones** de estado
- Se les conoce como RELACIONES DE MAXWELL (Monstruitos de Maxwell)
- Parecen ser de poca utilidad práctica
- Son difíciles de poder plantear de memoria

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = -P \qquad \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

- PRIMERA LEY TERMODINAMICA:

- Evalúa el cambio durante un proceso

$$\Delta H + \Delta E_K + \Delta E_P = Q + W$$

Siendo

$$Q = T \Delta S$$

$$W = P \Delta V$$

- Relaciona las funciones y las propiedades de estado

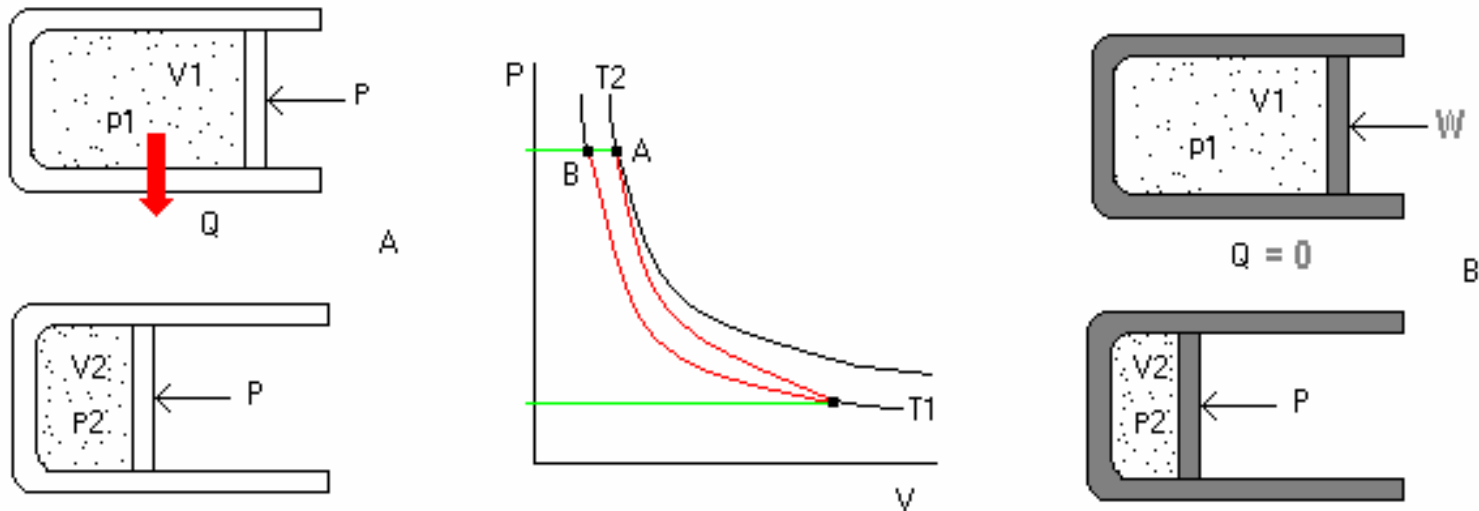
# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

- **ENTALPIA:**
  - Para un proceso sin variaciones en las energías cinética ni potencial y aplicando las definiciones de trabajo y calor:

$$\Delta H = T \Delta S + P \Delta V$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

- **REPRESENTACION DE DOS PROCESOS DE COMPRESIÓN DE UN GAS:**



# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

- REPRESENTACION DE DOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR:

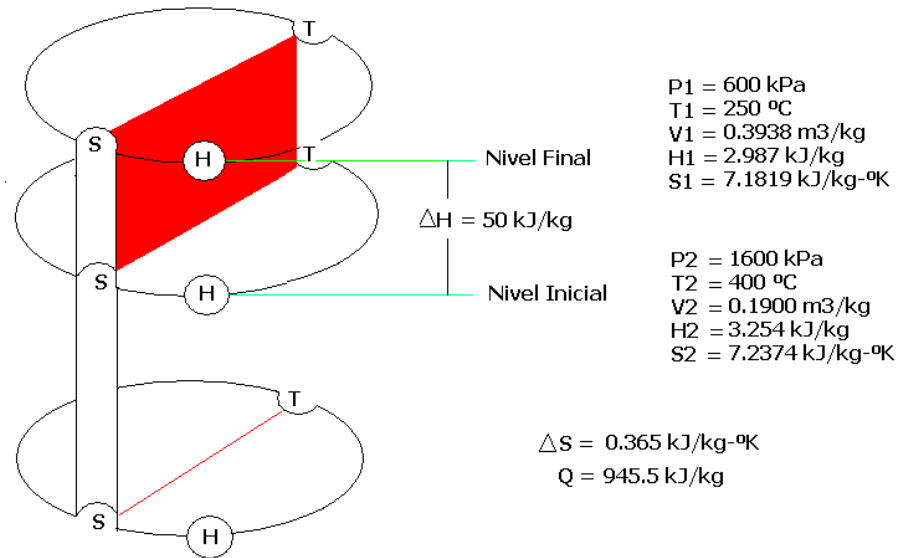
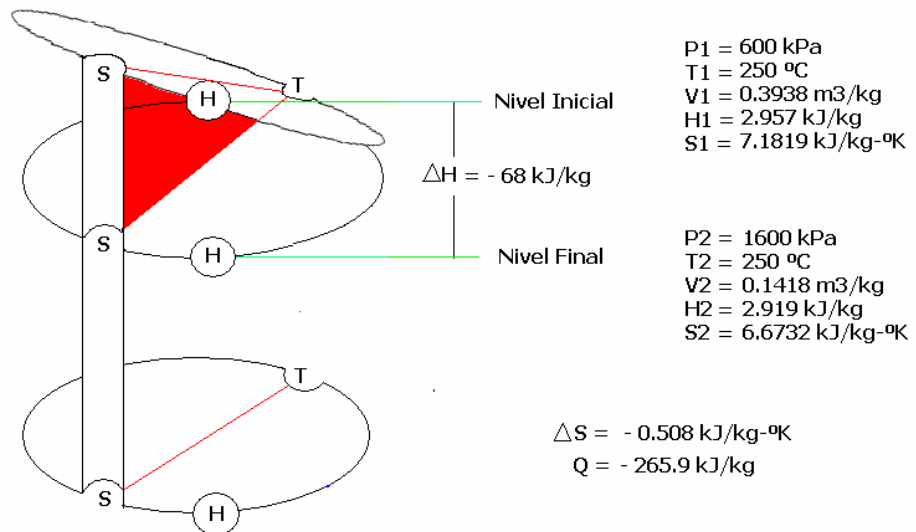


Ilustración: Vapor sobrecalentado





# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

- **REPRESENTACION DE DOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE TRABAJO:**

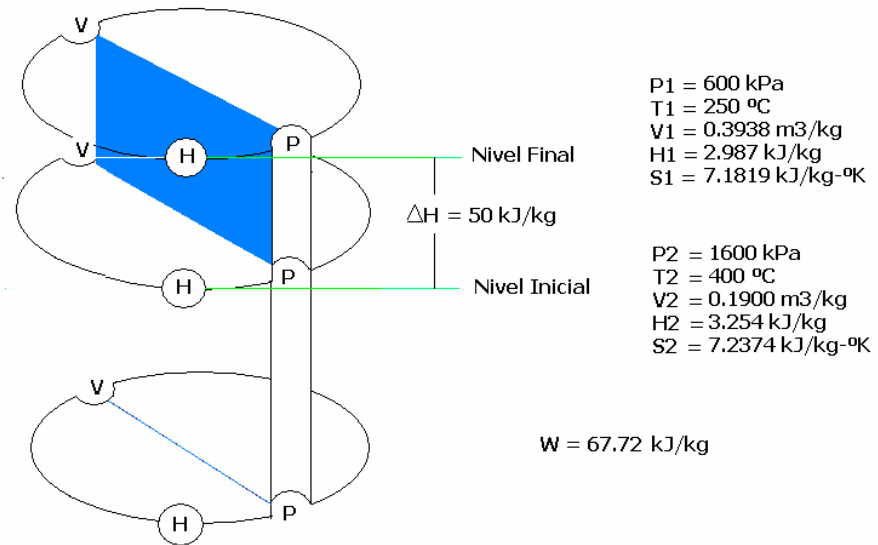
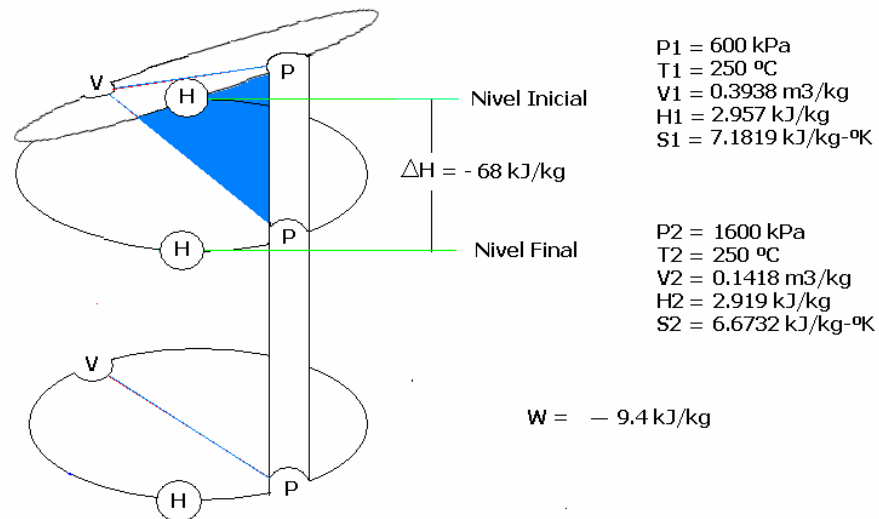
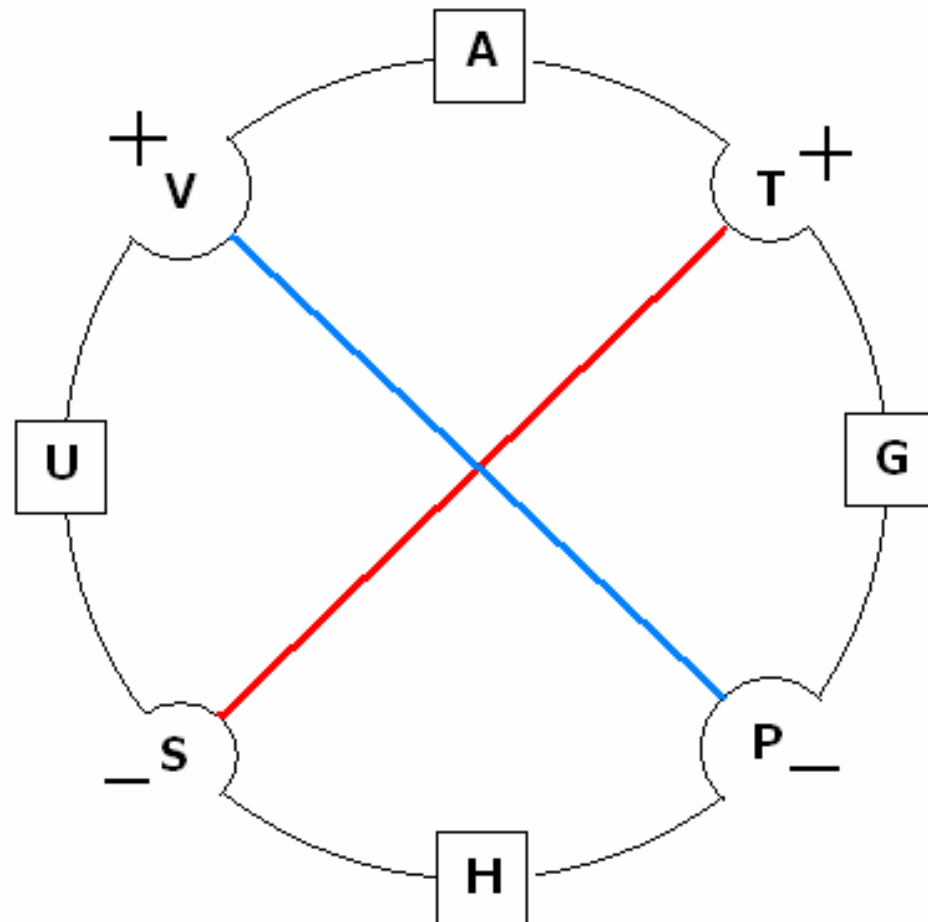


Ilustración: Vapor sobrecalentado



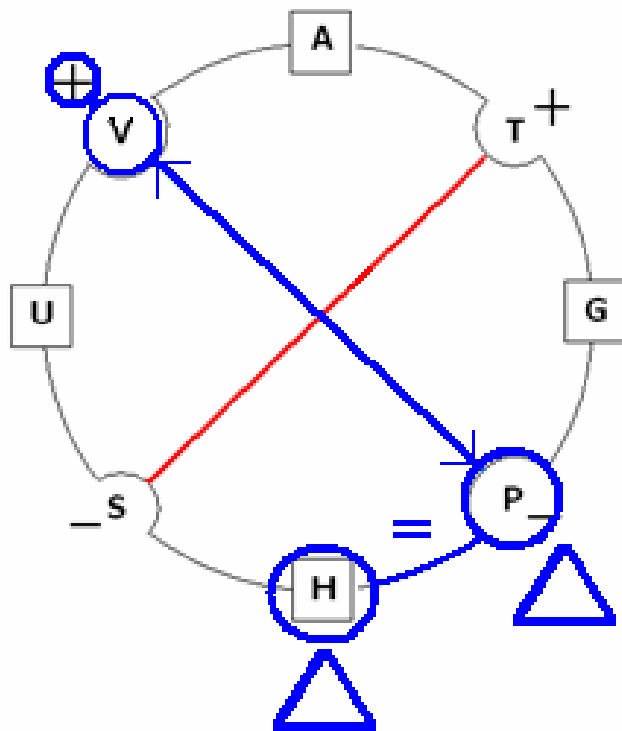
# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell



# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

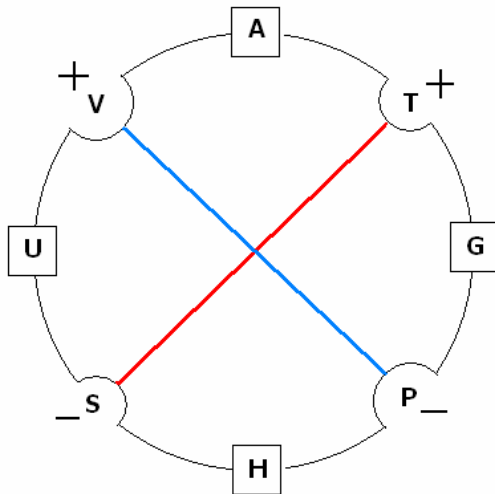
Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell



$$\Delta H = + V \Delta P + T \Delta S$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell



$$\Delta H = + V \Delta P + T \Delta S$$

$$\Delta G = + V \Delta P - S \Delta T$$

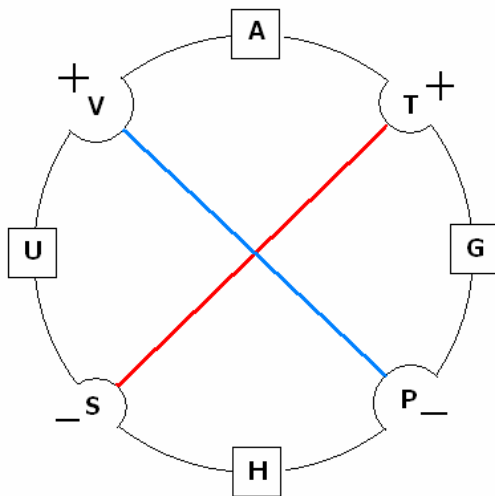
$$\Delta A = - S \Delta T - P \Delta V$$

$$\Delta U = + T \Delta S - P \Delta V$$



# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell



$$\Delta H - \Delta U = + \Delta PV$$

$$\Delta G - \Delta A = + \Delta PV$$

$$\Delta H - \Delta G = + \Delta TS$$

$$\Delta U - \Delta A = + \Delta TS$$

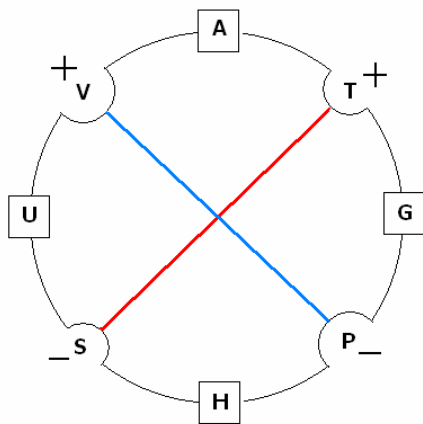
$$\Delta H - \Delta A = + \Delta TS + \Delta PV$$

$$\Delta U - \Delta G = + \Delta TS - \Delta PV$$

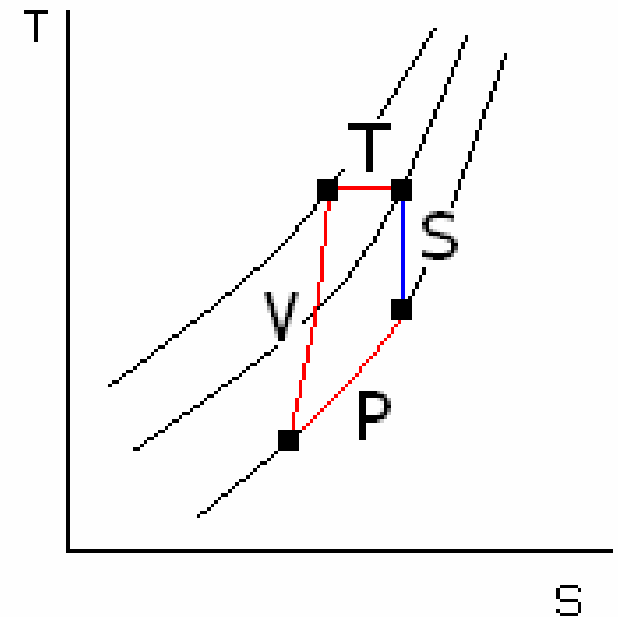
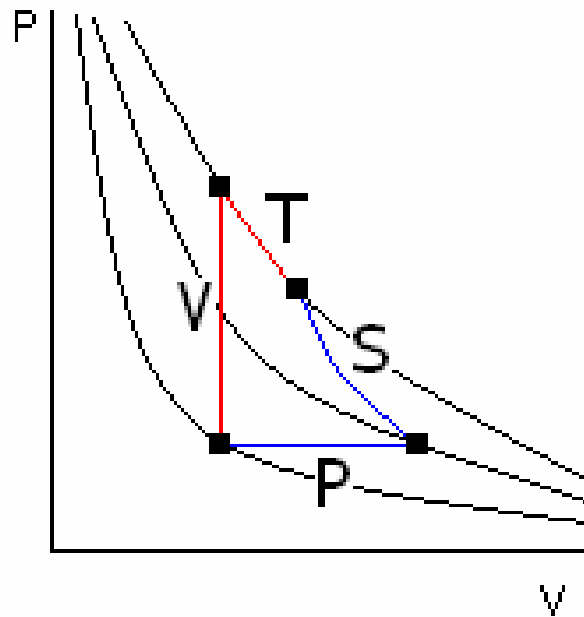
$$\Delta H - \Delta U + \Delta A - \Delta G = 0$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell

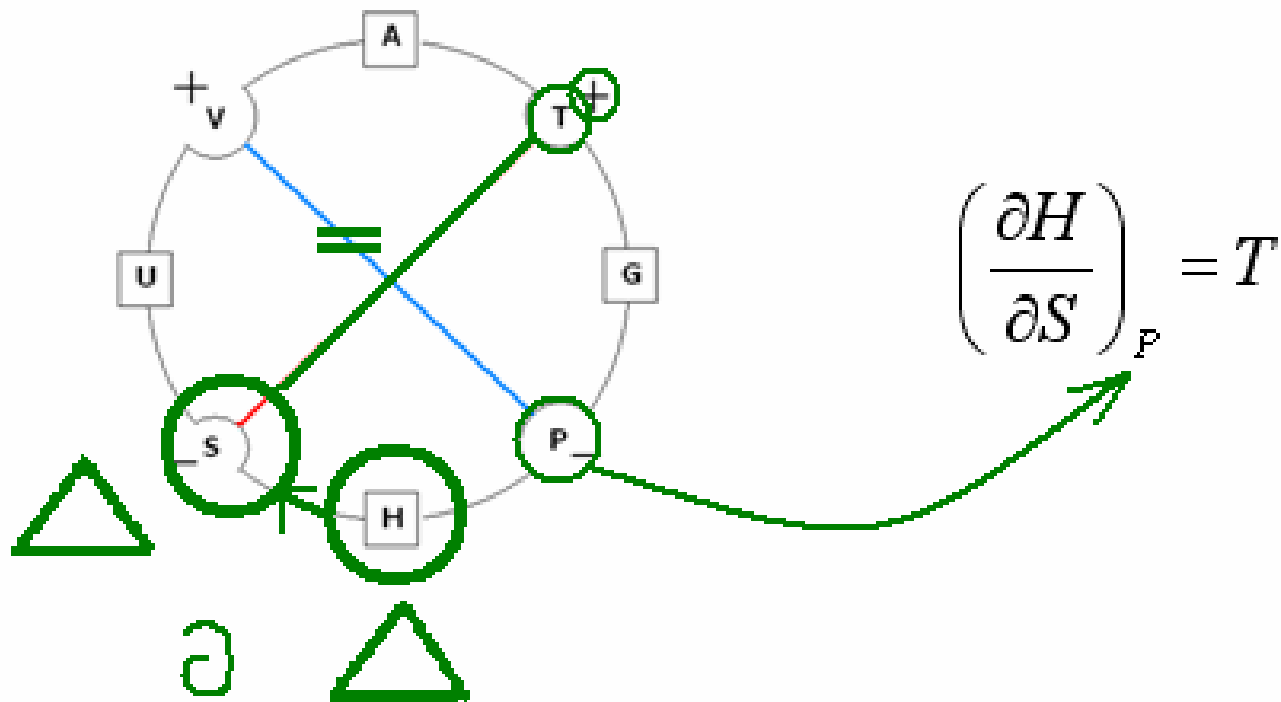


$$\Delta H + \Delta U + \Delta G + \Delta A = 2(V \Delta P - P \Delta V + T \Delta S - S \Delta T)$$



# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

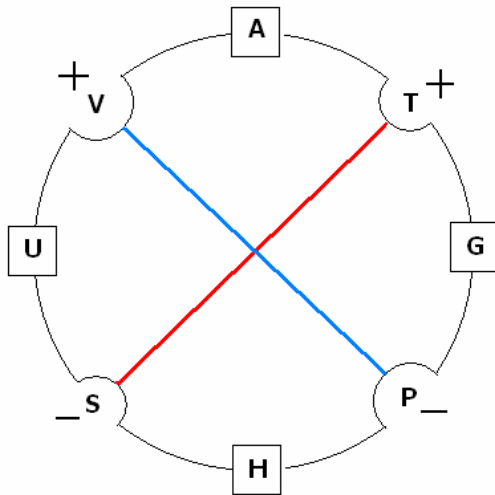
Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell





# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell



$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = V$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = T$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T = V$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P = -S$$

$$\left(\frac{\partial A}{\partial V}\right)_T = -P$$

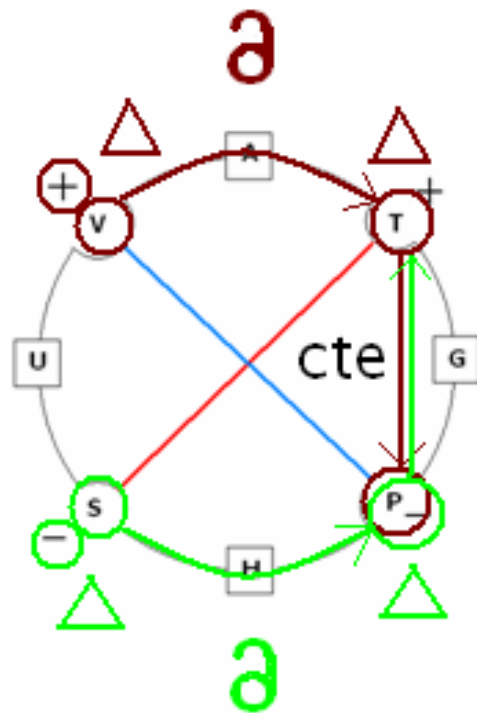
$$\left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_V = -S$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = -P$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

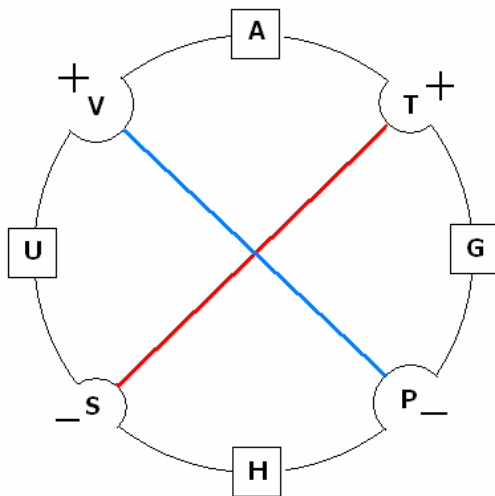
Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell



$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell



$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P$$

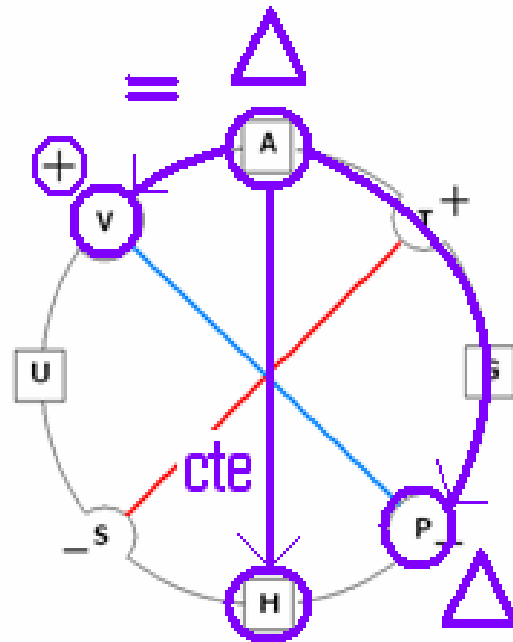
$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

Dispositivo mnemónico para obtener las Relaciones de Maxwell



$$\left(\frac{\partial A}{\partial P}\right)_H = +V$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

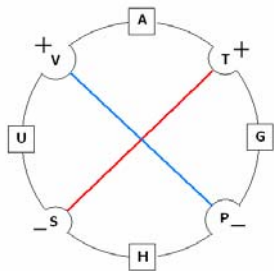
## Algunas aplicaciones prácticas

Capacidad calorífica a presión constante

$$C_p = \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_P$$

Capacidad calorífica a volumen constante

$$C_v = T \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_V$$



Relación entre Capacidades Caloríficas

$$C_p - C_v = T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

## Algunas aplicaciones prácticas

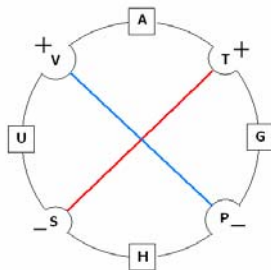
Coeficiente de expansividad térmica

$$\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

Coeficiente de compresibilidad isotérmica

$$\kappa = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$$

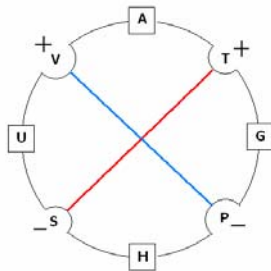
Relación entre los Coeficientes de expansividad térmica y de compresibilidad isotérmica



$$\frac{\alpha}{\kappa} = -\left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T = \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

## Algunas aplicaciones prácticas



Coefficiente de aumento de presión

$$\beta = \frac{1}{P} \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$$

Coefficiente Joule Thompson

$$\mu_{JT} = \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_H$$

Ecuación de Clapeyron

$$\left( \frac{\partial P}{\partial T} \right) = \frac{1}{T} \left( \frac{\partial H}{\partial V} \right)_{P,T}$$

# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

## Referencias Bibliográficas

- Laidler, , Keith J. & Meiser, John. FISICOQUIMICA. CECSA. México: 1997
- Smith, J, van Ness, H. & Abbott, M. INTRODUCCION A LA TERMODINAMICA EN INGENIERIA QUIMICA. McGraw-Hill. México: 1997
- Criado-Sanchez, M & Casas-Vasquez, J. TERMODINAMICA QUIMICA Y DE LOS PROCESOS IRREVERSIBLES. ADDISON-WESLEY. Madrid: 1998
- Cengel, Yunus & Boles, M. THERMODYNAMICS: An Engineering Approach. McGraw-Hill. New York: 1998.



# Interpretación gráfica de funciones termodinámicas

