

Primera ley, trabajo, calor y energía interna

Guía 10



Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$\Delta U + W = Q \longrightarrow \left\{ \begin{array}{ll} Q > 0 & \text{absorbe calor} \\ Q < 0 & \text{libera calor} \\ W > 0 & \text{hace trabajo} \\ W < 0 & \text{recibe trabajo} \end{array} \right.$$

TODAS LAS
CANTIDADES
REFERIDAS ACÁ SON
INTERNAS

Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$\Delta U + W = Q \longrightarrow \left\{ \begin{array}{ll} Q > 0 & \text{absorbe calor} \\ Q < 0 & \text{libera calor} \\ W > 0 & \text{hace trabajo} \\ W < 0 & \text{recibe trabajo} \end{array} \right.$$

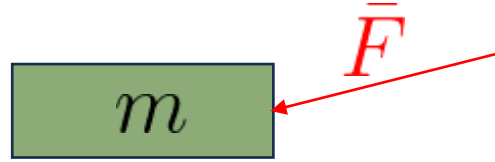
TODAS LAS
CANTIDADES
REFERIDAS ACÁ SON
INTERNAS

Algunos procesos particulares:

$$\Delta U \stackrel{\circ}{=} -W$$

Paredes Adiabáticas

Guía 10: primera ley, U, W y Q.



En la guía de energía teníamos

$$\Delta U = W_{FNC} = \int d\bar{l} \cdot \bar{F}$$

TODAS LAS
CANTIDADES
REFERIDAS ACÁ SON
INTERNAS

Algunos procesos particulares:

$$\Delta U \stackrel{\text{Ⓢ}}{=} -W$$

Paredes Adiabáticas

Guía 10: primera ley, U, W y Q.

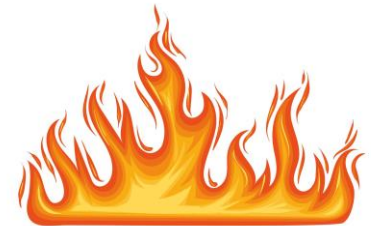
$$\Delta U + W = Q \longrightarrow \left\{ \begin{array}{ll} Q > 0 & \text{absorbe calor} \\ Q < 0 & \text{libera calor} \\ W > 0 & \text{hace trabajo} \\ W < 0 & \text{recibe trabajo} \end{array} \right.$$

$$U_{final} > U_{inicial}$$

Algunos procesos particulares:

$$\Delta U \stackrel{\circ}{=} Q$$

Paredes fijas



Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$\Delta U + W = Q \longrightarrow \left\{ \begin{array}{ll} Q > 0 & \text{absorbe calor} \\ Q < 0 & \text{libera calor} \\ W > 0 & \text{hace trabajo} \\ W < 0 & \text{recibe trabajo} \end{array} \right.$$

Algunos procesos particulares:

$$\Delta U = -W$$

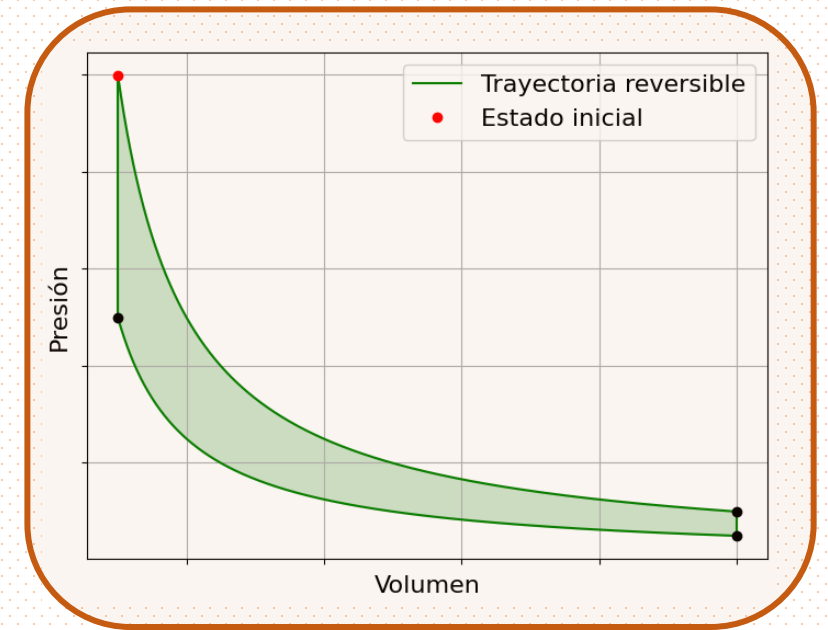
Paredes Adiabáticas

$$\Delta U = Q$$

Paredes fijas

$$Q = W$$

En ciclos (el proceso vuelve al estado inicial)



Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$\Delta U + W = Q \longrightarrow \left\{ \begin{array}{ll} Q > 0 & \text{absorbe calor} \\ Q < 0 & \text{libera calor} \\ W > 0 & \text{hace trabajo} \\ W < 0 & \text{recibe trabajo} \end{array} \right.$$

TODAS LAS
CANTIDADES
REFERIDAS ACÁ SON
INTERNAS

Algunos procesos particulares:

$$\Delta U = -W$$

Paredes Adiabáticas

$$\Delta U = Q$$

Paredes fijas

$$Q = W$$

En ciclos (el proceso vuelve al estado inicial)

Guía 10: primera ley, U, W y Q.

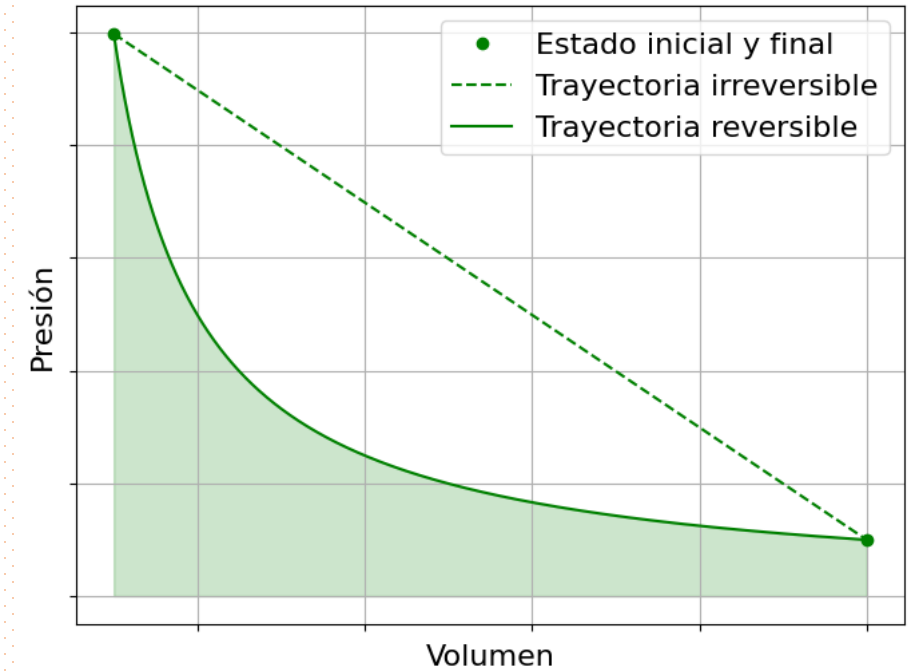
$$\Delta U + W = Q \implies \Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = n c_v (T_F - T_i)$$

¡VALEN SIEMPRE!

Guía 10: primera ley, U, **W** y Q.

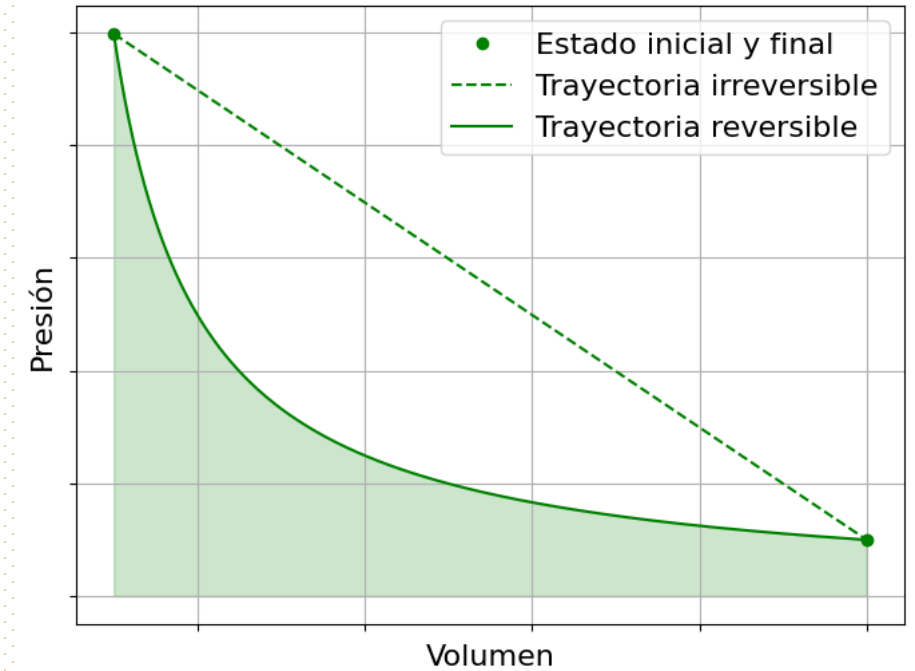
$$W_{interno} = \begin{cases} \int_{V_I}^{V_F} p dV & \text{reversible} \\ p_{ext} (V_F - V_I) & \text{irreversible} \end{cases}$$



Guía 10: primera ley, U, **W** y Q.

$$W_{interno} = \begin{cases} \int_{V_I}^{V_F} p dV & \text{reversible} \\ p_{ext} (V_F - V_I) & \text{irreversible} \end{cases}$$

$$W_{externo} = -W_{interno}$$



Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$Q = \begin{cases} n c_p (T_F - T_I) & \text{p constante} \\ n c_v (T_F - T_I) & \text{V constante} \\ \Delta U + W & \text{otro caso} \end{cases}$$

$$c_v = \frac{3R}{2}, \quad c_p = \frac{5R}{2} \quad \text{sólo válido en gases ideales}$$

Guía 10: primera ley, W, Q y U.

Una vieja... Ley de Gases Ideales

$$pV = nRT$$

$$R = \begin{cases} = 0,08205746 \left[\frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] \\ = 62,36367 \left[\frac{\text{mmHg} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] \\ = 1,987207 \left[\frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] \\ = 8,31446261815324 \left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] \end{cases}$$



WIKIPEDIA
La enciclopedia libre

Guía 10: primera ley, W, Q y U.

Una nueva...

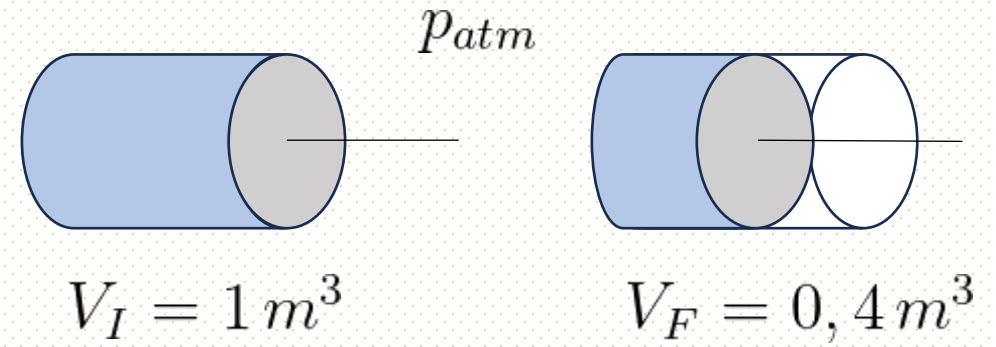
$p V^\gamma$ es constante

Sólo válida para transformaciones **adiabáticas** y
reversibles en gases ideales monoatómicos

$$\gamma := \frac{c_p}{c_v} = \frac{5 R/2}{3 R/2} = \frac{5}{3}$$

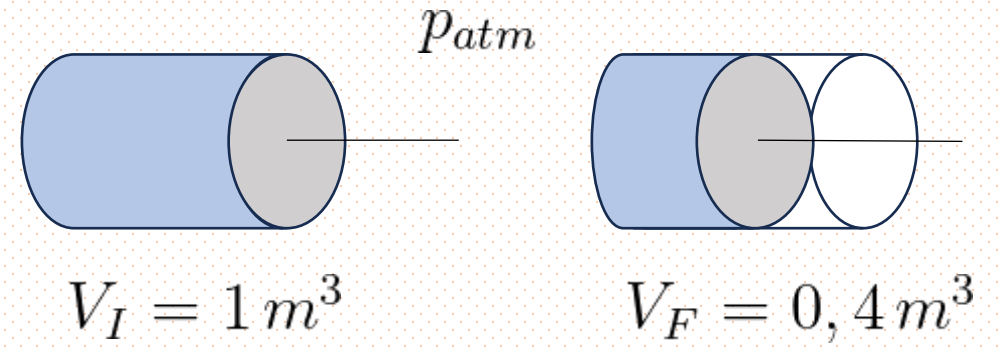
gas ideal monoatómico

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.



a) El proceso es isotérmico

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.



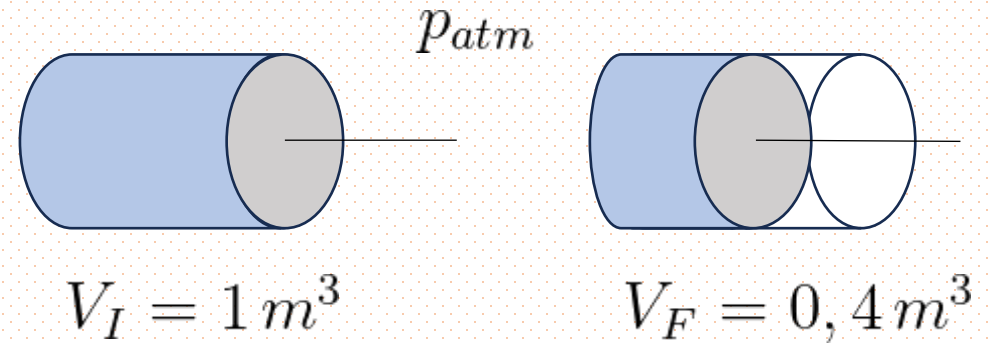
a) El proceso es isotérmico $\implies T$ es constante durante todo el proceso.

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



a) El proceso es isotérmico $\implies T$ es constante durante todo el proceso.

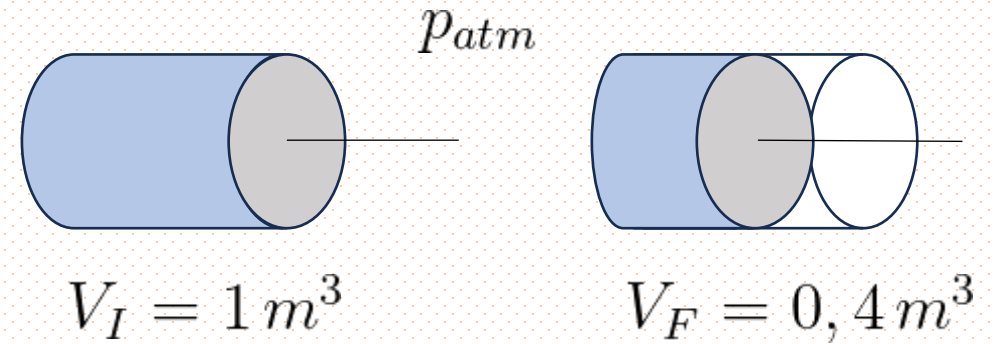
El proceso es reversible $\implies \int_{V_I}^{V_F} p dV$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



a) El proceso es isotérmico $\implies T$ es constante durante todo el proceso.

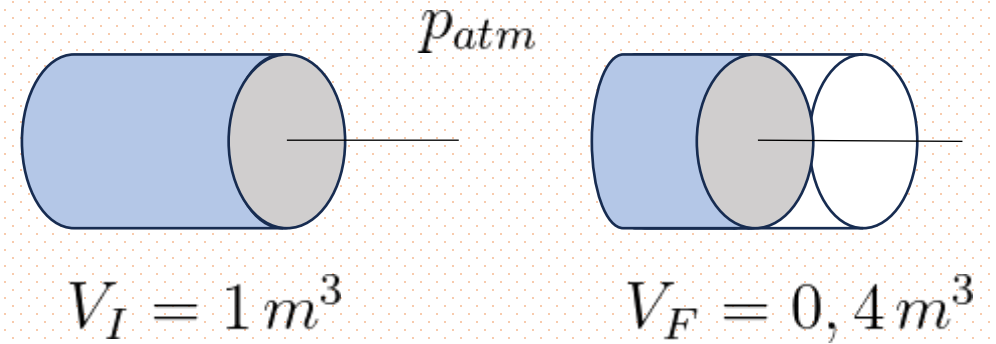
El proceso es reversible $\implies \int_{V_I}^{V_F} p dV = \int_{V_I}^{V_F} \frac{nRT}{V} dV =$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



a) El proceso es isotérmico $\implies T$ es constante durante todo el proceso.

El proceso es reversible $\implies \int_{V_I}^{V_F} p dV = \int_{V_I}^{V_F} \frac{nRT}{V} dV \quad \text{⊖}$

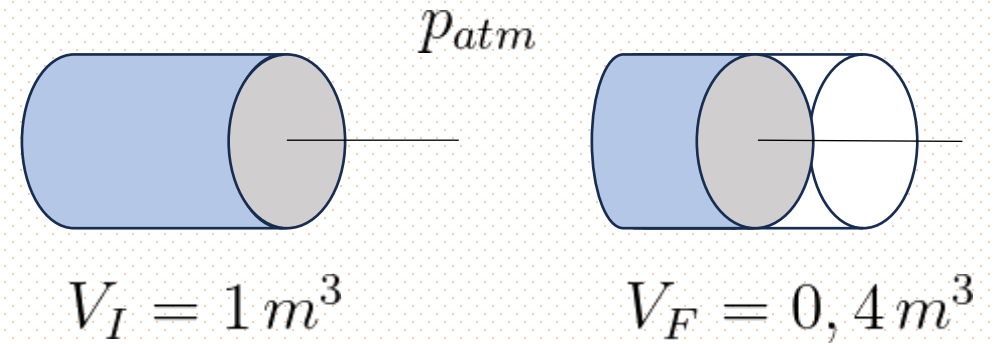
$$nRT \int_{V_I}^{V_F} \frac{1}{V} dV = nRT (\ln V_F - \ln V_I) = nRT \ln \left(\frac{V_F}{V_I} \right)$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



a) El proceso es isotérmico $\implies T$ es constante durante todo el proceso.

El proceso es reversible $\implies \int_{V_I}^{V_F} p dV = \int_{V_I}^{V_F} \frac{nRT}{V} dV =$

$$nRT \int_{V_I}^{V_F} \frac{1}{V} dV = nRT (\ln V_F - \ln V_I) = nRT \ln \left(\frac{V_F}{V_I} \right)$$

Pero no conocemos T ni n ¿Qué hacemos?

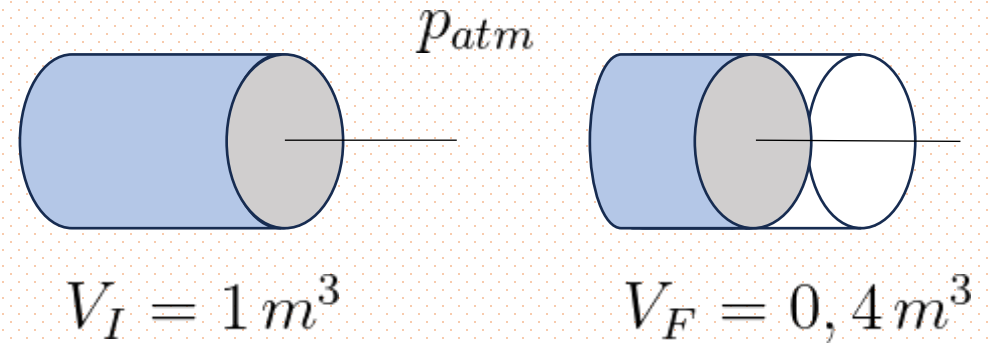


5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



a) El proceso es isotérmico $\implies T$ es constante durante todo el proceso.

El proceso es reversible $\implies \int_{V_I}^{V_F} p dV = \int_{V_I}^{V_F} \frac{nRT}{V} dV =$

$$nRT \int_{V_I}^{V_F} \frac{1}{V} dV = nRT (\ln V_F - \ln V_I) = nRT \ln \left(\frac{V_F}{V_I} \right)$$

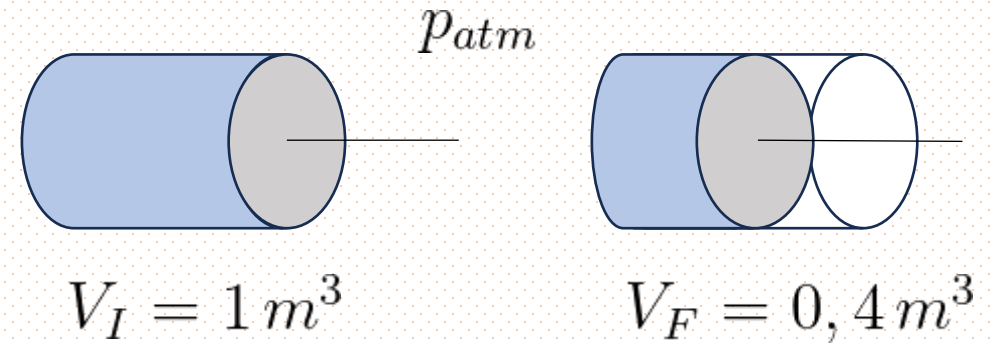
$$nRT = pV \implies nRT = p_I V_I = p_F V_F$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



a) El proceso es isotérmico $\implies T$ es constante durante todo el proceso.

El proceso es reversible $\implies \int_{V_I}^{V_F} p dV = \int_{V_I}^{V_F} \frac{nRT}{V} dV =$

$$nRT \int_{V_I}^{V_F} \frac{1}{V} dV = nRT (\ln V_F - \ln V_I) = nRT \ln \left(\frac{V_F}{V_I} \right)$$

$$nRT = pV \implies nRT = p_I V_I = p_F V_F$$

$$\therefore W = p_I V_I \ln \frac{V_F}{V_I} = -92,8 \text{ kJ}$$

Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$\Delta U + W = Q \longrightarrow \left\{ \begin{array}{ll} Q > 0 & \text{absorbe calor} \\ Q < 0 & \text{libera calor} \\ W > 0 & \text{hace trabajo} \\ W < 0 & \text{recibe trabajo} \end{array} \right.$$

TODAS LAS
CANTIDADES
REFERIDAS ACÁ SON
INTERNAS

Algunos procesos particulares:

$$\Delta U \overset{\circ}{=} -W$$

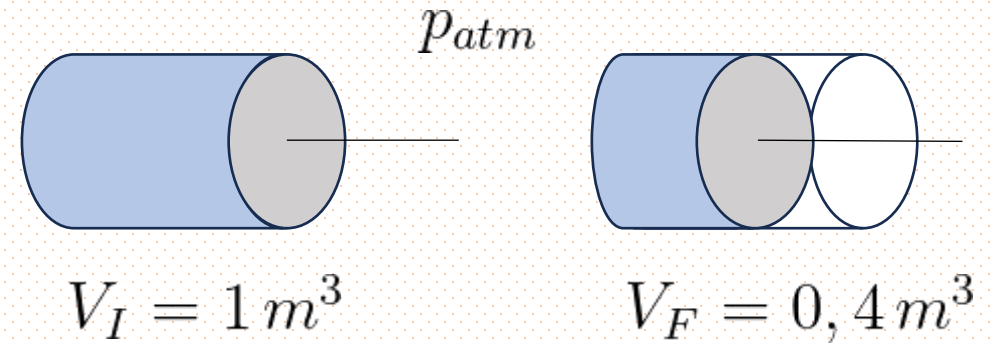
Paredes Adiabáticas

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



a) El proceso es isotérmico $\implies T$ es constante durante todo el proceso.

$$\text{El proceso es reversible} \implies \int_{V_I}^{V_F} p dV = \int_{V_I}^{V_F} \frac{nRT}{V} dV =$$

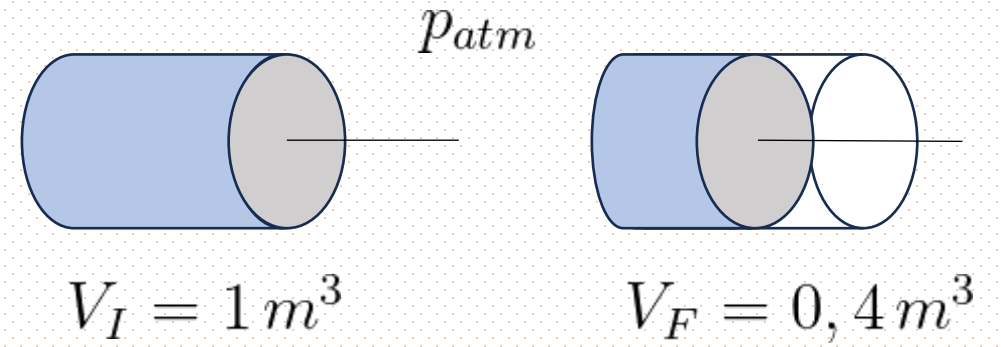
$$nRT \int_{V_I}^{V_F} \frac{1}{V} dV = nRT (\ln V_F - \ln V_I)$$

$$nRT = pV \implies nRT = p_I V_I = p_F V_F$$

$$\therefore W = p_I V_I \ln \frac{V_F}{V_I} = -92,8 \text{ kJ}$$

$$\implies W_{\text{ext}} = 92,8 \text{ kJ}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.

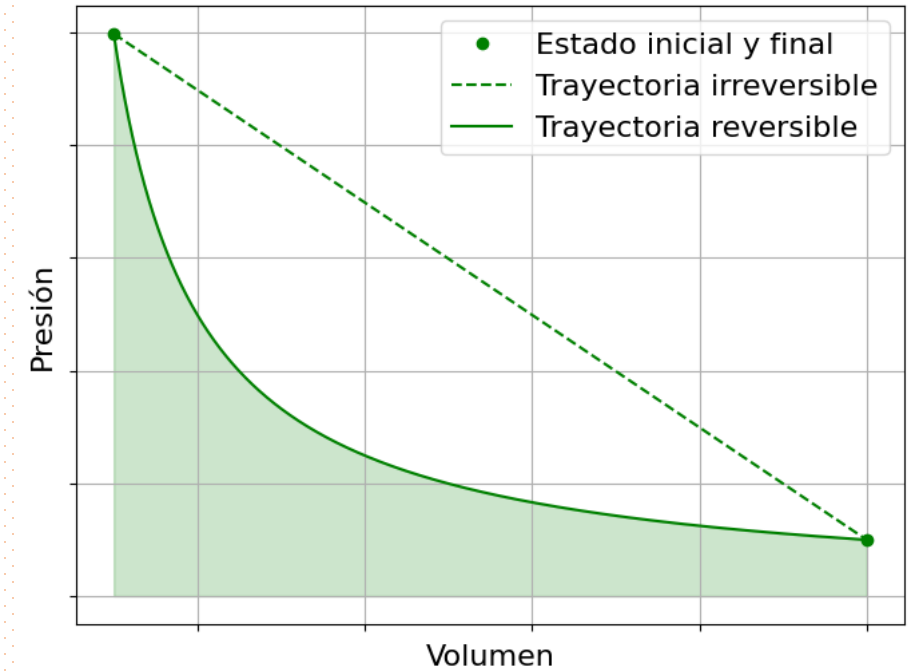


b) El proceso es a presión constante (**isobárico**), no sabemos si es reversible o no

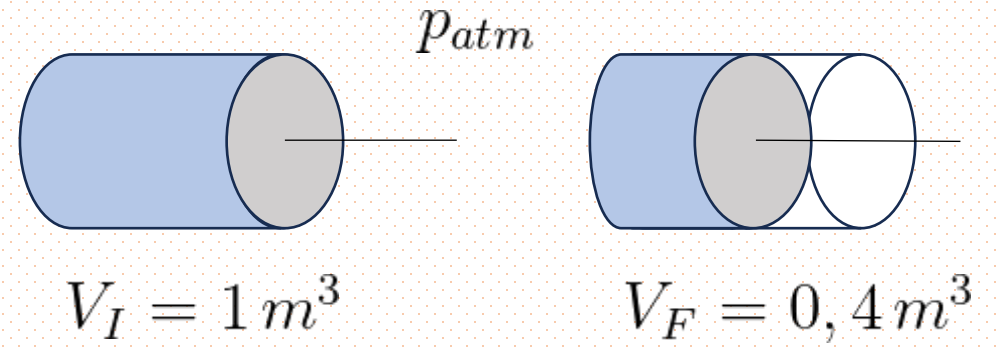
Guía 10: primera ley, U, **W** y Q.

$$W_{interno} = \begin{cases} \int_{V_I}^{V_F} p dV & \text{reversible} \\ p_{ext} (V_F - V_I) & \text{irreversible} \end{cases}$$

$$W_{externo} = -W_{interno}$$



5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.



b) El proceso es a presión constante (**isobárico**), no sabemos si es reversible o no

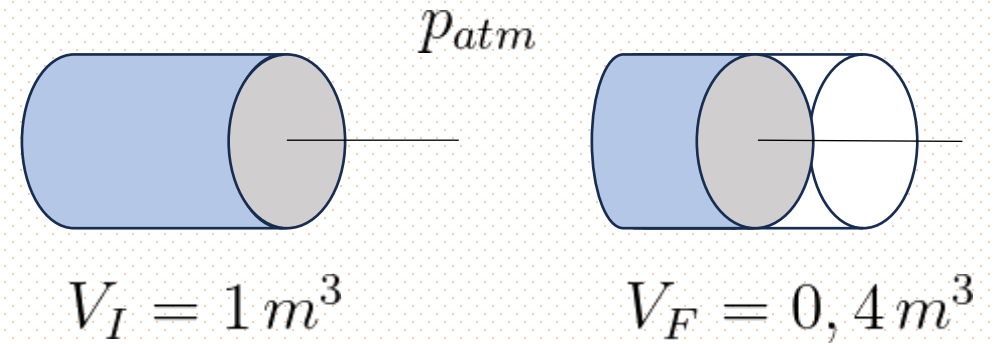
$$\Rightarrow W = p_{\text{ext}} (V_F - V_I)$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.

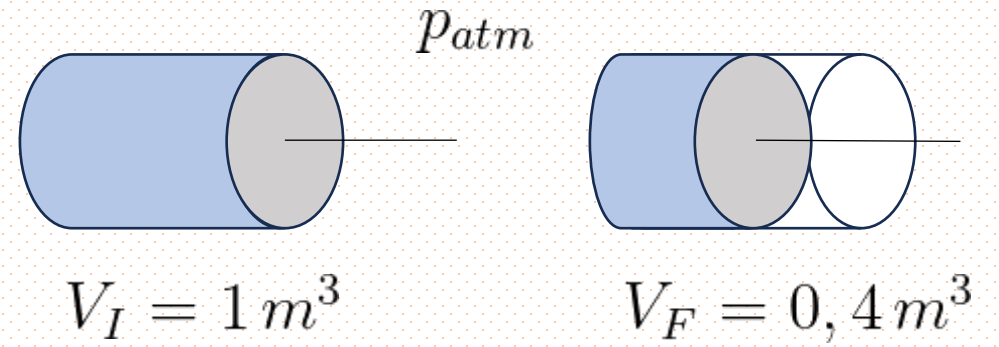


b) El proceso es a presión constante (**isobárico**), no sabemos si es reversible o no

$$\Rightarrow W = p_{\text{ext}} (V_F - V_I) = -60,8 \text{ kJ}$$

$$\Rightarrow W_{\text{ext}} = 60,8 \text{ kJ}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

Guía 10: primera ley, W, Q y U.

Una nueva...

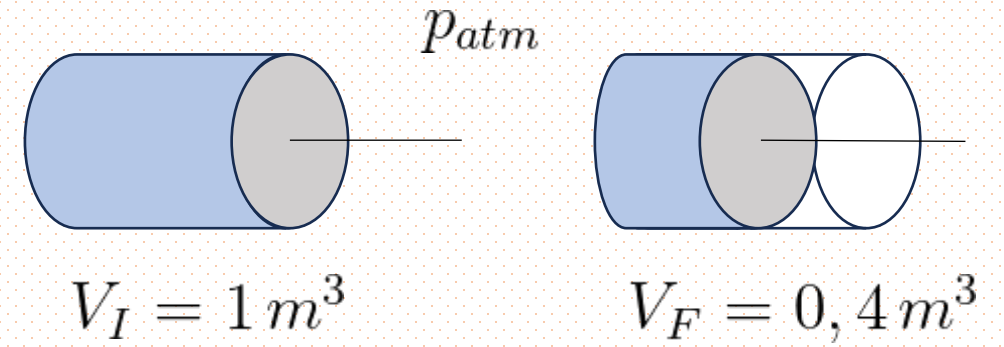
$p V^\gamma$ es constante

Sólo válida para transformaciones **adiabáticas** y
reversibles en gases ideales monoatómicos

$$\gamma := \frac{c_p}{c_v} = \frac{5 R/2}{3 R/2} = \frac{5}{3}$$

gas ideal

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.



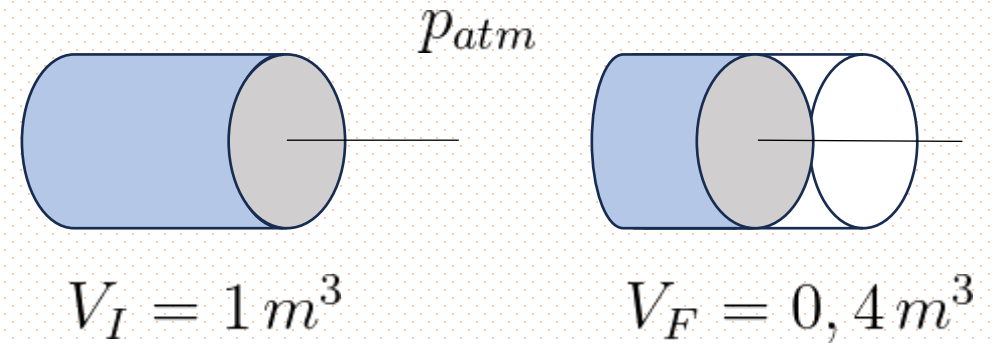
c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal



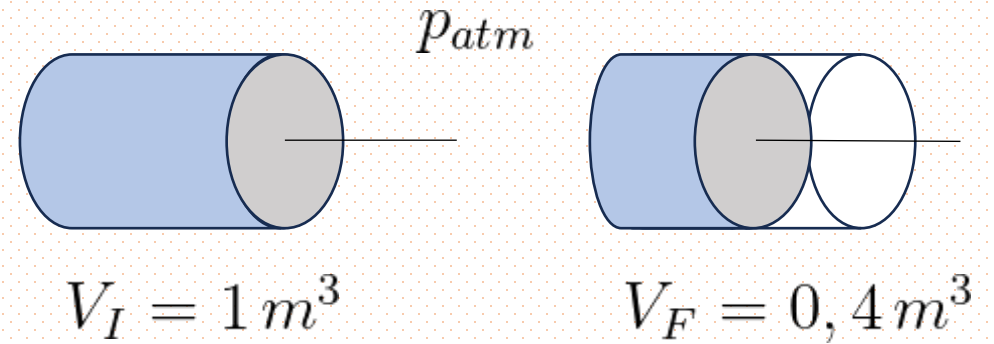
$$\implies p_I V_I^\gamma = C = p_F V_F^\gamma \quad \text{Buenísimo, pero ¿ahora qué hacemos?}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

$$\implies p_I V_I^\gamma = C = p_F V_F^\gamma \Rightarrow p V^\gamma$$

$$W = \int_{V_I}^{V_F} p dV \Rightarrow C \int_{V_I}^{V_F} \frac{dV}{V^\gamma}$$

$$C = p V^\gamma \implies p = \frac{C}{V^\gamma}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.

$$\int x^\gamma dx = A + \frac{x^{\gamma+1}}{\gamma+1}, \quad \left(\frac{x^{\gamma+1}}{\gamma+1}\right)' = \frac{\gamma+1}{\gamma+1} x^\gamma$$

c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

$$\implies p_I V_I^\gamma = C = p_F V_F^\gamma$$

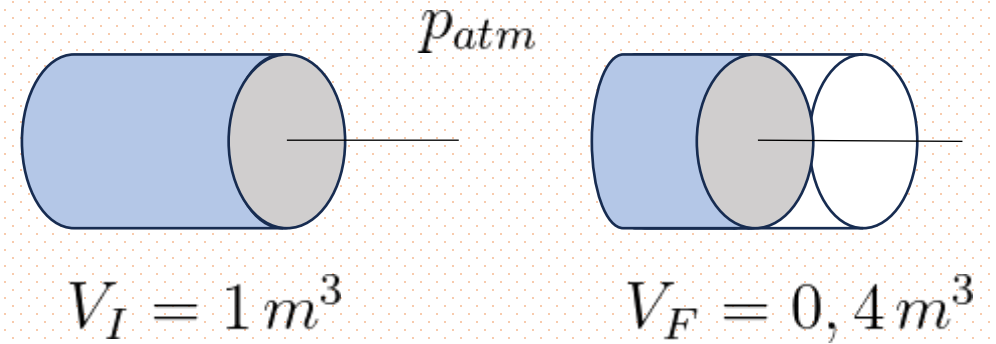
$$W = \int_{V_I}^{V_F} p dV = C \int_{V_I}^{V_F} \frac{dV}{V^\gamma} = C \int_{V_I}^{V_F} V^{-\gamma} dV \stackrel{\text{⊖}}{=} C \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right]_{V_I}^{V_F}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

$$\implies p_I V_I^\gamma = C = p_F V_F^\gamma$$

$$W = \int_{V_I}^{V_F} p dV = C \int_{V_I}^{V_F} \frac{dV}{V^\gamma} = C \int_{V_I}^{V_F} V^{-\gamma} dV = C \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right]_{V_I}^{V_F}$$

$$\implies W = \frac{C}{1-\gamma} (V_F^{1-\gamma} - V_I^{1-\gamma})$$

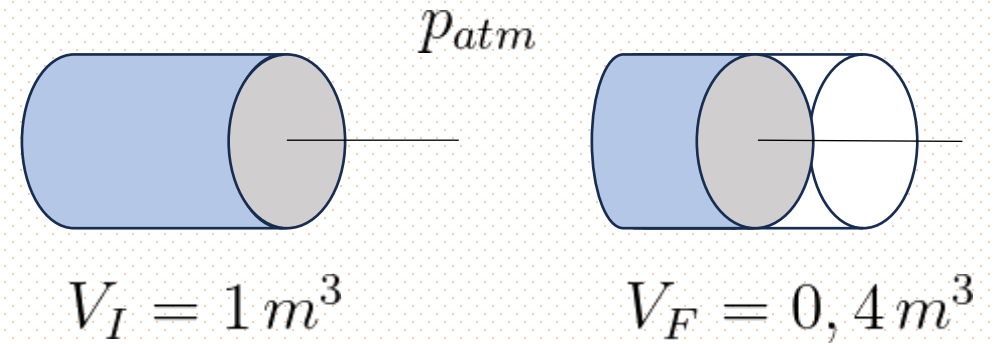
¿Y C? ¿Cómo seguimos?

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

$$\Rightarrow p_I V_I^\gamma = C = p_F V_F^\gamma$$

$$W = \int_{V_I}^{V_F} p dV = C \int_{V_I}^{V_F} \frac{dV}{V^\gamma} = C \int_{V_I}^{V_F} V^{-\gamma} dV = C \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right]_{V_I}^{V_F}$$

$$\Rightarrow W = \frac{C}{1-\gamma} (V_F^{1-\gamma} - V_I^{1-\gamma})$$

¿Y C? ¿Cómo seguimos?

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.

$$C = p_F V_F^\gamma$$

$$p_F \cancel{V_F^\gamma} V_F^{1-\gamma} = p_F V_F$$

c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

$$\Rightarrow W = \underbrace{\frac{C}{1-\gamma} (V_F^{1-\gamma} - V_I^{1-\gamma})}_{\text{lo que teníamos hasta recién}} = \frac{C}{1-\gamma} V_F^{1-\gamma} - \frac{C}{1-\gamma} V_I^{1-\gamma} =$$

|||

$$\frac{p_F V_F}{1-\gamma}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.

$$p_I V_I^\gamma = C = p_F V_F^\gamma$$

$$\cancel{p_F V_F^\gamma V_F^{1-\gamma}} = p_F V_F$$

c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

$$\Rightarrow W = \frac{C}{1-\gamma} (V_F^{1-\gamma} - V_I^{1-\gamma}) = \frac{C}{1-\gamma} V_F^{1-\gamma} - \frac{C}{1-\gamma} V_I^{1-\gamma} =$$

$$\equiv \frac{p_I V_I}{1-\gamma}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
- a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.

$$p_I V_I^\gamma = C = p_F V_F^\gamma$$

c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

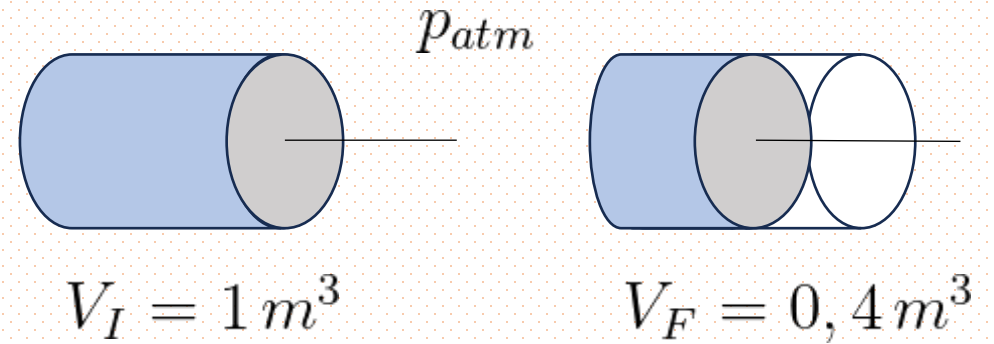
$$\begin{aligned} \Rightarrow W &= \frac{C}{1-\gamma} (V_F^{1-\gamma} - V_I^{1-\gamma}) = \frac{C}{1-\gamma} V_F^{1-\gamma} - \frac{C}{1-\gamma} V_I^{1-\gamma} \\ &= \frac{p_F V_F - p_I V_I}{1-\gamma} \end{aligned}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

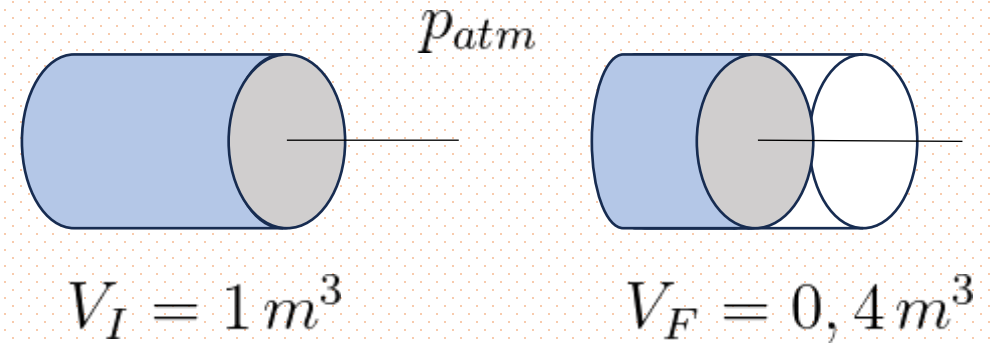
$$\begin{aligned} \Rightarrow W &= \frac{C}{1-\gamma} (V_F^{1-\gamma} - V_I^{1-\gamma}) = \frac{C}{1-\gamma} V_F^{1-\gamma} - \frac{C}{1-\gamma} V_I^{1-\gamma} = \\ &= \boxed{\frac{p_F V_F - p_I V_I}{1-\gamma}} \end{aligned}$$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

$$\Rightarrow W = \frac{C}{1-\gamma} (V_F^{1-\gamma} - V_I^{1-\gamma}) = \frac{C}{1-\gamma} V_F^{1-\gamma} - \frac{C}{1-\gamma} V_I^{1-\gamma} =$$

$$= \frac{p_F V_F - p_I V_I}{1-\gamma}$$

¿Pero la presión final cómo la sacamos?

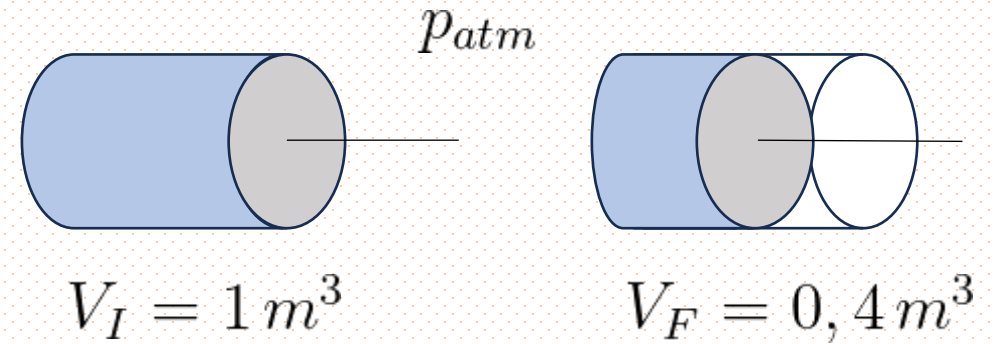


5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

$$\Rightarrow W = \frac{C}{1-\gamma} (V_F^{1-\gamma} - V_I^{1-\gamma}) = \frac{C}{1-\gamma} V_F^{1-\gamma} - \frac{C}{1-\gamma} V_I^{1-\gamma} =$$

$$= \frac{p_F V_F - p_I V_I}{1-\gamma}$$

¿Pero la presión final cómo la sacamos? ¡Otra vez sopa!

$$p_F V_F^\gamma = p_I V_I^\gamma \Rightarrow p_F = p_I \left(\frac{V_I}{V_F} \right)^\gamma$$

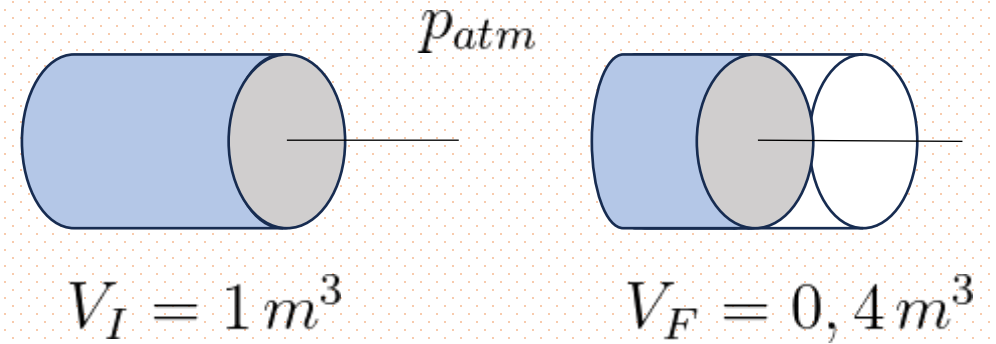


5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5 \text{ Nt.m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4 \text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?

a) Si el proceso es isotérmico reversible.

b) Si el proceso es a $p = \text{cte} = P_{\text{ext}}$

c) Si el proceso es adiabático reversible.



c) El proceso es reversible y adiabático y se trata de un gas monoatómico ideal

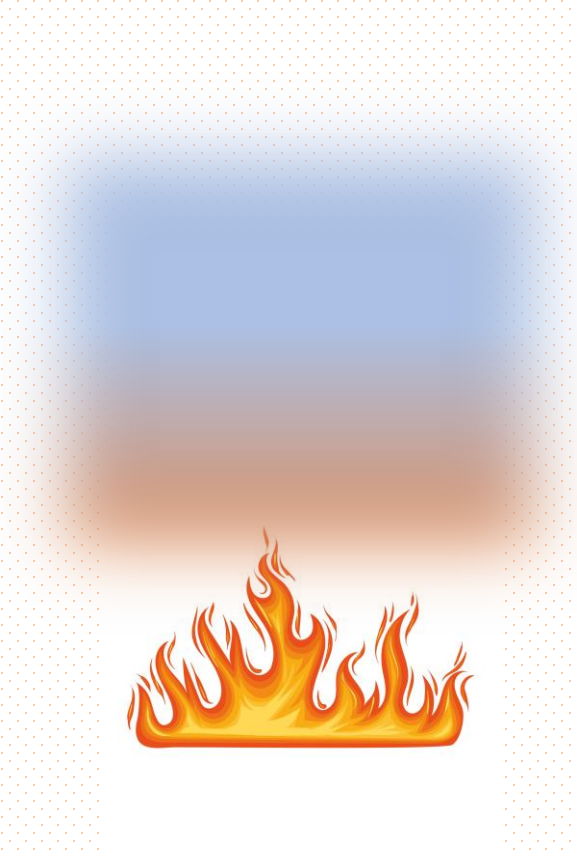
Reemplazando los valores que conocemos llegamos a que

$$p_F = p_I \left(\frac{V_I}{V_F} \right)^\gamma = 4,58 \text{ atm} \quad \Rightarrow \quad W = \frac{p_F V_F - p_I V_I}{1 - \gamma} = -128 \text{ kJ}$$

$$\therefore W_{\text{ext}} = 128 \text{ kJ}$$

8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $$C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$$
- $$C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$$

a) El proceso es a presión constante



Guía 10: primera ley, U, W y Q.

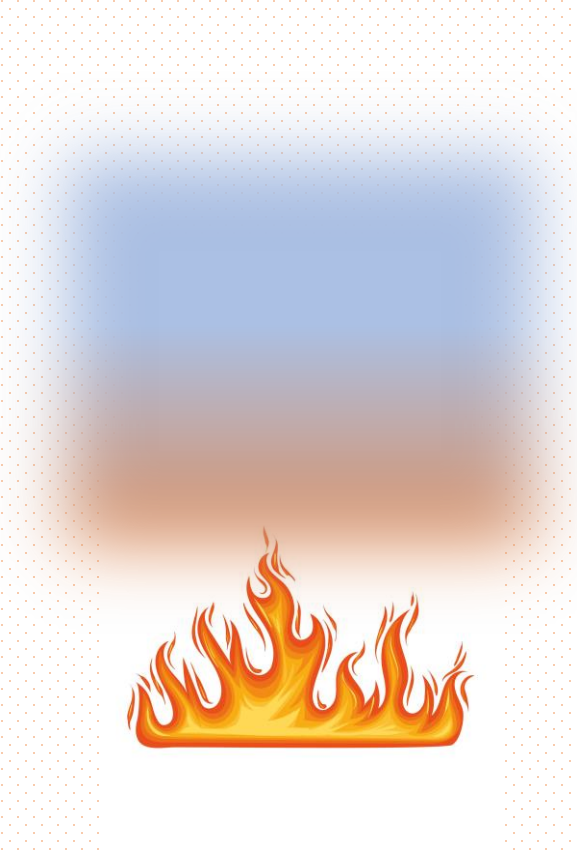
$$Q = \begin{cases} n c_p (T_F - T_I) & \text{p constante} \\ n c_v (T_F - T_I) & \text{V constante} \\ \Delta U + W & \text{otro caso} \end{cases}$$

$$c_v = \frac{3R}{2}, \quad c_p = \frac{5R}{2} \quad \text{sólo válido en gases ideales}$$

8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

$$\Rightarrow Q = n c_p (T_F - T_I)$$



8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

$$\Rightarrow Q = n c_p (T_F - T_I)$$

Pero también podemos resolver como en la guía de calorimetría

$$Q = c_p m (T_F - T_I)$$

Noten que para que estas ecuaciones tengan sentido los calores específicos deben tener distintas unidades: el primero se llama **calor específico molar** y el que usábamos antes **calor específico** a secas. Usemos la última.

$$[c_p] = [R]$$

$$[c_p] = \frac{\text{cal}}{\text{kg } K}$$

$$R = \begin{cases} = 0,08205746 \left[\frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot K} \right] \\ = 62,36367 \left[\frac{\text{mmHg} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot K} \right] \\ = 1,987207 \left[\frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot K} \right] \\ = 8,31446261815324 \left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot K} \right] \end{cases}$$



WIKIPEDIA
La enciclopedia libre

8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

$$Q = c_p m(T_F - T_I) = 0,248 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ K} 5\text{kg} 120K = 148,8 \text{ kcal}$$

¿Tiene sentido el signo?

Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$\Delta U + W = Q \longrightarrow \left\{ \begin{array}{ll} Q > 0 & \text{absorbe calor} \\ Q < 0 & \text{libera calor} \\ W > 0 & \text{hace trabajo} \\ W < 0 & \text{recibe trabajo} \end{array} \right.$$

$$U_{final} > U_{inicial}$$

Algunos procesos particulares:

$$\Delta U \stackrel{\circ}{=} Q$$

Paredes fijas



8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

$$Q = c_p m(T_F - T_I) = 0,248 \frac{kcal}{kg K} 5kg 120K = 148,8 kcal$$

¿Tiene sentido el signo? Sí, la temperatura del gas aumenta, ¡Tiene que estar absorbiendo calor!

8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
 $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

$$Q = c_p m (T_F - T_I) = 0,248 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ K} 5\text{kg} 120K = 148,8 \text{ kcal}$$

¿Y para la variación de energía interna?

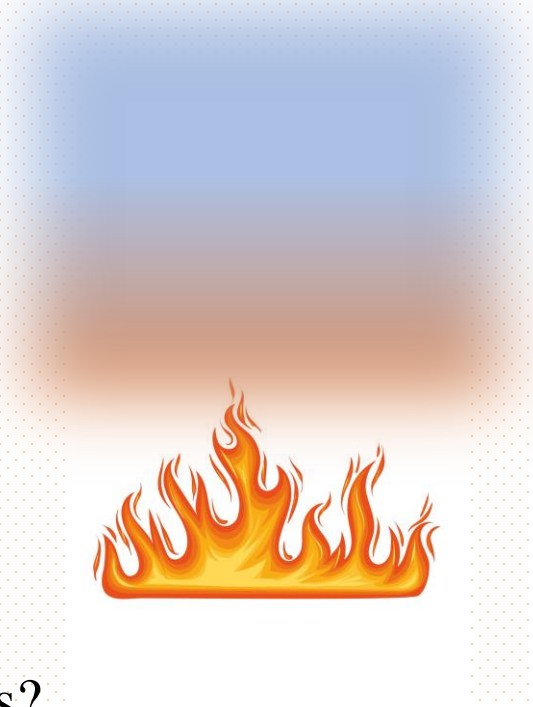
$$\Delta U = n c_v (T_F - T_i) \quad \text{¡que vale siempre!}$$

8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

$$Q = 148,8 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = n c_v (T_F - T_i) \quad \text{¿Cómo sacamos el número de moles?}$$



8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

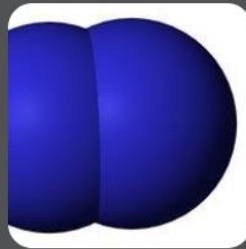
$$Q = 148,8 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = n c_v (T_F - T_i) \quad \text{¿Cómo sacamos el número de moles?}$$

Google

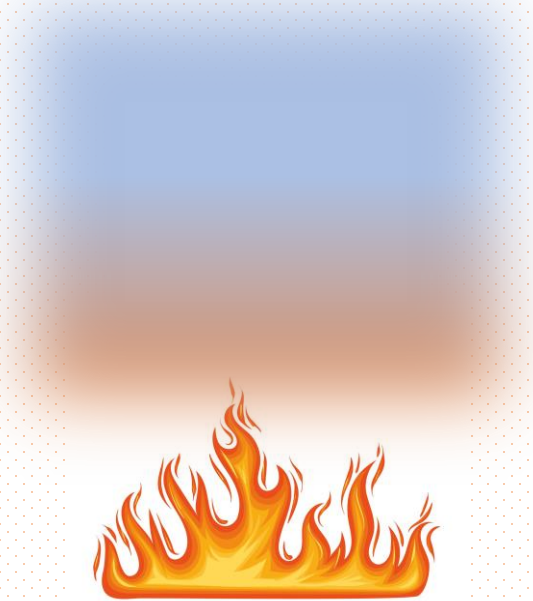
28.0134 g/mol

Dinitrógeno / Masa molar



$$\Rightarrow n = m/M$$

$$\frac{[m]}{[M]} = \frac{g}{g/mol} = mol$$



8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

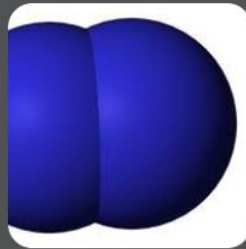
$$Q = 148,8 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = n c_v (T_F - T_i) \quad \text{¿Cómo sacamos el número de moles?}$$

Google

28.0134 g/mol

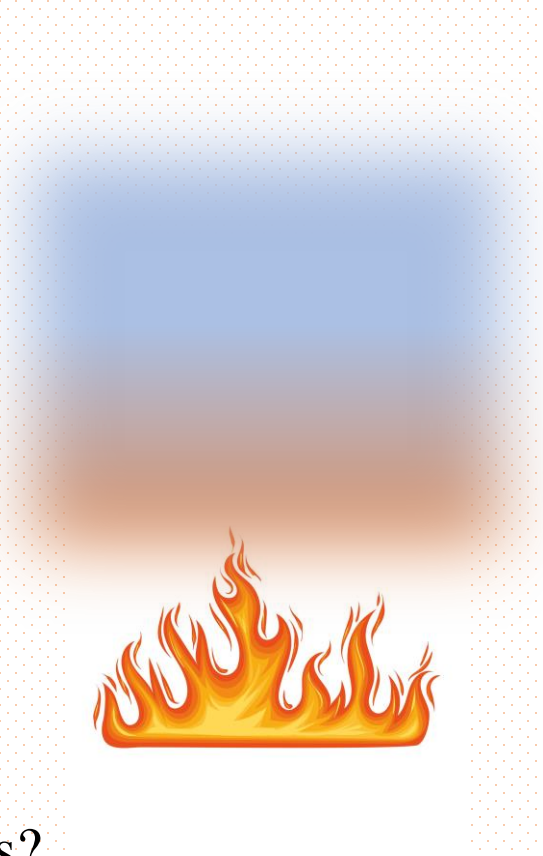
Dinitrógeno / Masa molar



$$\Rightarrow n = m/M$$

$$\frac{[m]}{[M]} = \frac{g}{g/mol} = mol$$

¿Y el calor específico molar?



Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$Q = \begin{cases} n c_p (T_F - T_I) & \text{p constante} \\ n c_v (T_F - T_I) & \text{V constante} \\ \Delta U + W & \text{otro caso} \end{cases}$$

$$c_v = \frac{3R}{2}, \quad c_p = \frac{5R}{2} \quad \text{sólo válido en gases ideales}$$

$$c_v = \frac{5R}{2}, \quad c_p = \frac{7R}{2} \quad \text{en gases diatómicos}$$

8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
 $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

$$Q = 148,8 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = n c_v (T_F - T_i) \quad \text{¿Cómo sacamos el número de moles?}$$

Google

28.0134 g/mol

Dinitrógeno / Masa molar



$$\Rightarrow n = m/M$$

$$c_v = \frac{5R}{2}, \quad c_p = \frac{7R}{2}$$

Reemplazando todo tenemos...



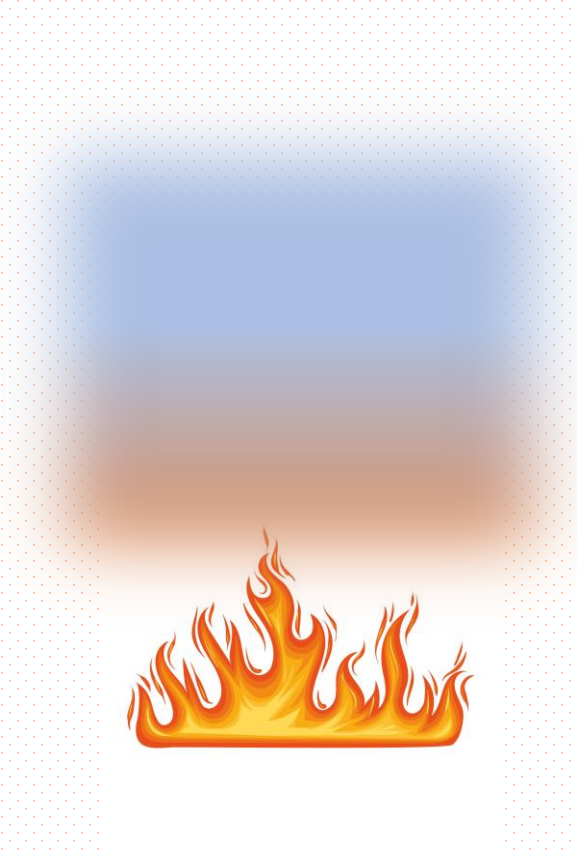
8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $$C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$$
- $$C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$$

a) El proceso es a presión constante

$$Q = 148,8 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = 106,5 \text{ kcal}$$

Solo nos falta el trabajo exterior realizado sobre el gas



8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

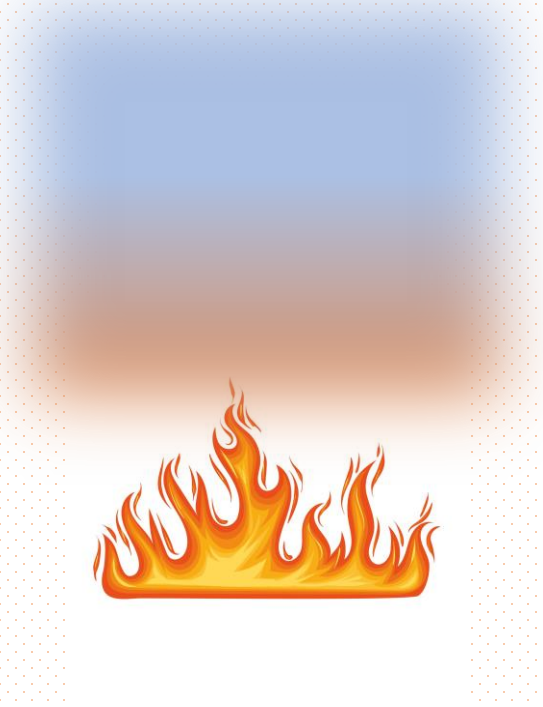
$$Q = 148,8 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = 106,5 \text{ kcal}$$

Solo nos falta el trabajo exterior realizado sobre el gas. Podemos usar directamente la primera ley

$$W = Q - \Delta U = 42,6 \text{ kcal} \implies W_{ext} = -42,6 \text{ kcal}$$

Ahora, el resultado nos dice algo que a priori no era intuitivo.



Guía 10: primera ley, U, W y Q.

$$\Delta U + W = Q \longrightarrow \left\{ \begin{array}{ll} Q > 0 & \text{absorbe calor} \\ Q < 0 & \text{libera calor} \\ W > 0 & \text{hace trabajo} \\ W < 0 & \text{recibe trabajo} \end{array} \right.$$

TODAS LAS
CANTIDADES
REFERIDAS ACÁ SON
INTERNAS

Algunos procesos particulares:

$$\Delta U \stackrel{\circ}{=} -W$$

Paredes Adiabáticas

8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

a) El proceso es a presión constante

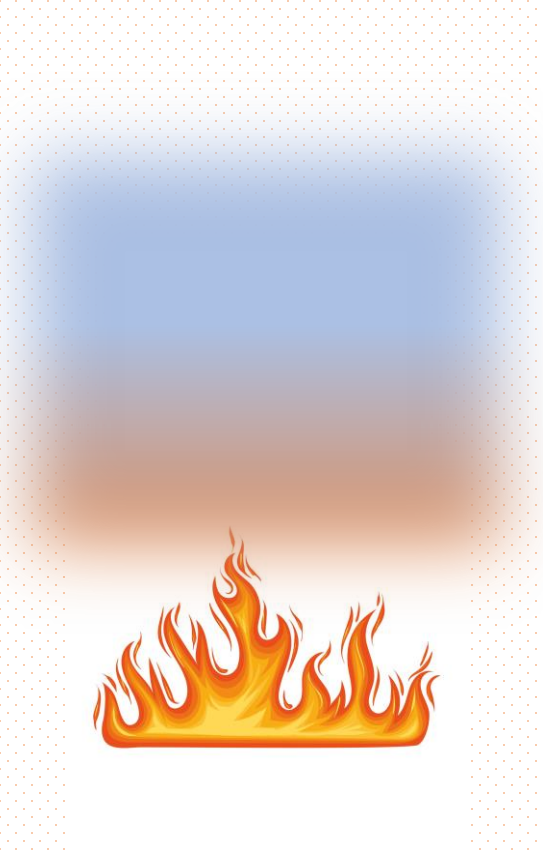
$$Q = 148,8 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = 106,5 \text{ kcal}$$

Solo nos falta el trabajo exterior realizado sobre el gas. Podemos usar directamente la primera ley

$$W = Q - \Delta U = 42,6 \text{ kcal} \implies W_{ext} = -42,6 \text{ kcal}$$

Ahora, el resultado nos dice algo que a priori no era intuitivo: el gas realiza trabajo.



8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

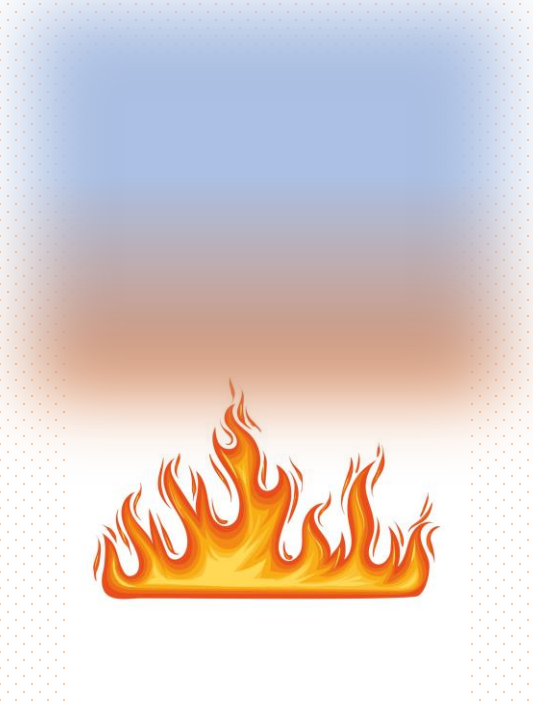
a) El proceso es a presión constante

$$Q = 148,8 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = 106,5 \text{ kcal}$$

Solo nos falta el trabajo exterior realizado sobre el gas. Podemos usar directamente la primera ley

$$W = Q - \Delta U = 42,6 \text{ kcal} \implies W_{ext} = -42,6 \text{ kcal}$$

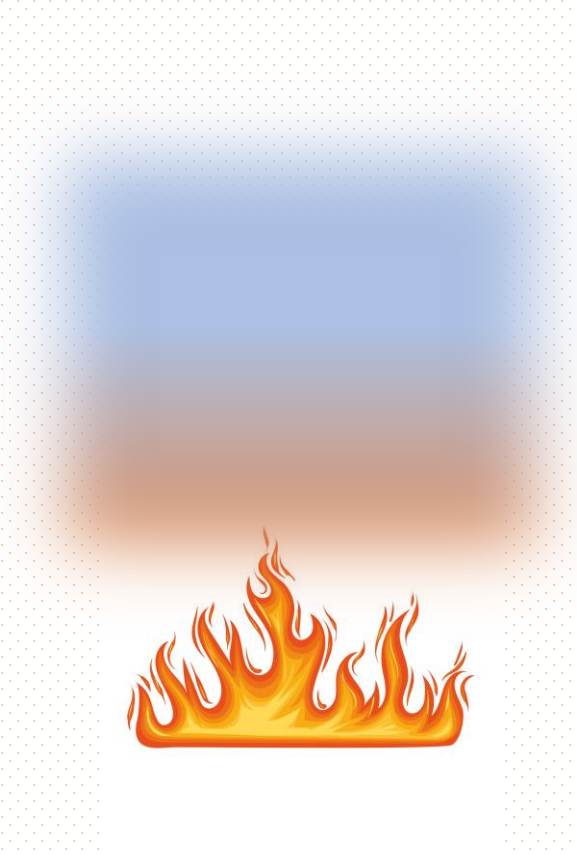


8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $$C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$$
- $$C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$$

b) El proceso es a volumen constante (**isocórico**)

Podemos usar de vuelta calorimetría

$$Q = c_v m (T_F - T_I) = 106,2 \text{ kcal}$$



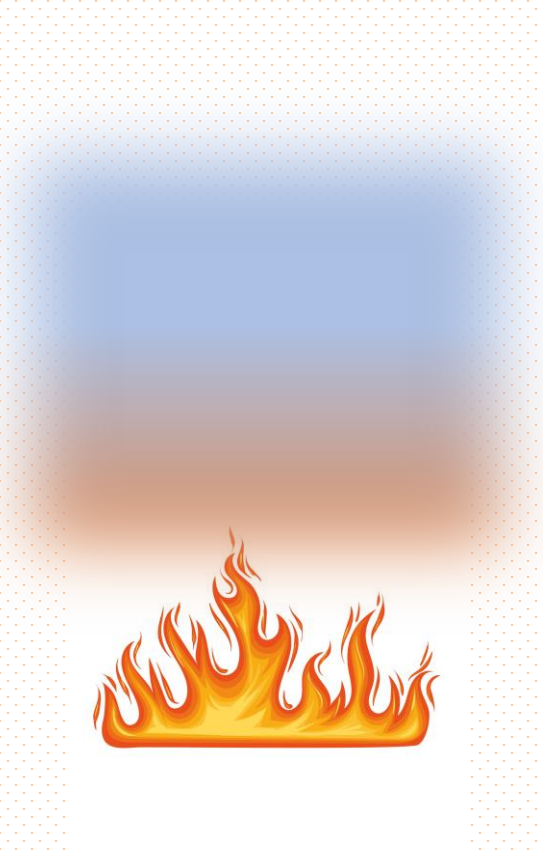
8. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde $10^\circ C$ a $130^\circ C$.
- a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.
- Los calores específicos del gas N_2 son:
- $C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ K$
- $C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ K$

b) El proceso es a volumen constante (isocórico)

Podemos usar de vuelta calorimetría

$$Q = c_v m (T_F - T_I) = 106,2 \text{ kcal}$$

BONUS TRACK ¿Qué pasa con el trabajo y la energía en este caso?



Guía 10: primera ley, U, **W** y Q.

$$W_{interno} = \begin{cases} \int_{V_I}^{V_F} p dV & \text{reversible} \\ p_{ext} (V_F - V_I) & \text{irreversible} \end{cases}$$

$$W_{externo} = -W_{interno}$$

