
TERMODINÁMICA
Resumen de formulas
Franzoi, Guardiani, Polo

Fórmulas Generales

m Masa	t Tiempo
V Volumen	g Aceleración de la gravedad
h Altura	δ_{H_2O} Densidad del agua ($997 \frac{kg}{m^3}$)
e Energia por unidad de masa [$\frac{J}{kg}$]	W Trabajo por unidad de masa
Densidad $\delta = \frac{m}{V}$	Presión hidrostática $P_h = \delta gh$
Caudal volumetrico $Q_v = \frac{V}{t}$	Caudal masico $Q_m = \frac{m}{t} = \frac{Q_v}{v_e}$
Volumen especifico $v_e = \frac{V}{m}$	Densidad especifica $\delta_e = \frac{\delta}{\delta_{H_2O}}$
Potencia $N = Q_m W [\frac{J}{h} = W]$	Potencia $N = W Q_m$
Temperaturas $\frac{^{\circ}C}{100} = \frac{^{\circ}F - 32}{180} = \frac{k - 273}{100}$	

Primer Principio

Q Calor [$J = N.m$]	W Trabajo [J]
U Energia interna [J]	u por unidad de masa [$\frac{J}{kg}$]
c_v Calor especifico a volumen cte	c_p Calor especifico a presion cte
T Temperatura [k]	c Calor especifico
Calor $\delta Q = du + \delta W$	Trabajo $W = \int p dV$
Ciclo cerrado $\oint \delta Q = \oint \delta W$	Energia interna $\Delta U = m C_v \Delta T$
Proceso a P: cte $Q = m c_p \Delta T$	Proceso a P: cte (p.109) $W = p \Delta V = m R \Delta T$
Proceso a V: cte $Q = m c_v \Delta T$	Entalpia $H = U + pV$
Razon calores esp. $k = \frac{c_p}{c_v}$	Gas Ideal $H = m c_p T$

Gases ideales

m Masa	p Presion
V Volumen	T Temperatura
$\bar{R} = RM$ Constante universal	M Masa molar [$\frac{g}{mol} = \frac{Kg}{kmol}$]
Ley Universal $pV = mRT$	Numero de moles $n = \frac{m}{M}$
Para n mol presentes $pV = n\bar{R}T$	Para cada gas $R = \frac{\bar{R}}{M} = cte$
Ley de Boyle (T = cte) $pV = cte$	Ley de Charles (p = cte) $\frac{V}{T} = cte$

Mezcla de gases

M_m	Masa molar mezcla	M_i	Masa molar del elemento i
n_t	Numero de moles total	n_i	N° de moles del elemento i
m_t	Masa total	m_i	Masa del elemento i
p_t	Presion total	p_i	Presion del elemento i
V_T	Volumen total	V_i	Volumen del elemento i

$$n_t = \frac{m_t}{M_t} \quad \left| \quad m_t = \sum m_i = \sum M_i n_i \quad \text{comp. gravimetrica} \quad \right| \quad g_i = \frac{m_i}{m_t}$$

$$\text{Fraccion molar} \quad \left| \quad \chi_i = \frac{n_i}{n_t} = \frac{p_i}{p_t} = \frac{V_i}{V_t} \quad \text{Const. mezcla} \quad \right| \quad R_m = \sum g_i R_i$$

$$\text{Analisis volumetrico} \quad \left| \quad V_i = V_t \chi_i \quad \text{Calor esp. mezcla} \quad \right| \quad C_v = \sum g_i C_{v_i}$$

$$\text{Analisis barometrico} \quad \left| \quad p_i = p_t \chi_i \quad \text{Calor esp. mezcla} \quad \right| \quad C_p = \sum g_i C_{p_i}$$

$$\text{Energia int, mecla} \quad \left| \quad u = \sum g_i u_i \quad \text{Entalpia mezcla} \quad \right| \quad h = \sum g_i h_i$$

$$\text{Ley de Dalton} \quad \left| \quad (p_1 + p_2)V = (n_1 + n_2)\bar{R}T \right|$$

$$\text{Ley de amagat} \quad \left| \quad p(V_1 + V_2) = (n_1 + n_2)\bar{R}T \right|$$

Gases reales

p_c	Presion critica	V_c	volumen critico
T_c	Temperatura critica	b	Volumen de moleculas
p_i	Presion interna termodinamica	$p_i = a\delta_i^2 = a\frac{1}{V^2}$	
Z	Coficiente de compresibilidad		

$$\text{Van der Waals} \quad \left| \quad (p + p_i)(V - b) = mRT \quad \rightarrow \quad \left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = mRT \right|$$

$$\text{Constante} \quad \left| \quad a = 3p_c V_c^2 \quad \text{Constante} \quad \right| \quad b = \frac{V_c}{3}$$

$$\text{Constante} \quad \left| \quad R = \frac{8}{3} \frac{p_c V_c}{T_c} \quad \text{con coeficiente } Z \quad \right| \quad PV = Z n R T$$

$$\text{Battie-Bridgeman} \quad \left| \quad P = \frac{\bar{R}T}{\bar{v}^2} (\bar{v} + B) - \frac{A}{\bar{v}^2} \quad \right| \quad A = A_0 \left(1 - \frac{a}{\bar{v}}\right)$$

$$A = A_0 \left(1 - \frac{a}{\bar{v}}\right) \quad \left| \quad e = \frac{C}{\bar{v} T^3} \right|$$

Transformaciones de gases

- Transformacion Isobárica ($p = \text{Cte.}$):

Calor	$ Q = \Delta U + W$	Trabajo	$ W = \int p dv = p\Delta V$
Calor	$ Q = C_p \Delta T$	Energia int.	$ \Delta U = C_v \Delta T$
Ec. de Mayer	$ C_p = C_v + R$	Trabajo	$ W = p\Delta V = mR\Delta T$

- Transformacion Isométrica ($V = \text{Cte.}$):

Calor	$ Q = C_p \Delta T$	Trabajo	$ W = 0$
Ec. de Mayer	$ C_p = C_v + R$		

- Transformacion Isotérmica ($T = \text{Cte.}$):

Energia int.	$ \Delta U = 0$	Trabajo	$ W = RT \log_e \frac{V_2}{V_1}$
Calor	$ Q = RT \log_e \frac{V_2}{V_1}$	Relacion por T=cte	$ \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$

- Transformacion adiabatica $Q = 0$:

Relacion T	$ V^{(k-1)} T = \text{cte}$	Relacion PV	$ V^k P = \text{cte}$
Relacion TP	$ TP^{(\frac{1}{k}-1)} = \text{cte}$	$k = \frac{C_p}{C_v}$	$ (k-1) = \frac{R}{C_v}$

- Transformacion Politropica $C = \text{cte.}$:

Relacion T	$ V^{(m-1)} T = \text{cte}$	Relacion PV	$ V^m P = \text{cte}$
Relacion TP	$ TP^{(\frac{1}{m}-1)} = \text{cte}$	$m = \frac{C_p - C}{C_v - C}$	

$$W = \frac{RT_1}{m-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$$

$$W = \frac{RT_1}{m-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{m-1} \right]$$

$$W = \frac{RT_1}{m-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]$$

nota: estas mismas ecuaciones se pueden utilizar para la transformación adiabatica pero cambiando el coeficiente m por k

Proceso	Índice n	Calor agregado	$\int_1^2 p.dv$	Relaciones p,v,T	Calor específico c
Presión Constante	n=0	$c_p \cdot (T_2 - T_1)$	$p \cdot (v_2 - v_1)$	$\frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1}$	c_p
Volumen Constante	n=∞	$c_v \cdot (T_2 - T_1)$	0	$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{p_2}$	c_v
Temperatura Constante	n=1	$p_1 \cdot v_2 \cdot \log_e \frac{v_2}{v_1}$	$p_1 \cdot v_2 \cdot \log_e \frac{v_2}{v_1}$	$p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2$	∞
Adiabático reversible	n=γ, k	0	$\frac{p_1 \cdot v_1 - p_2 \cdot v_2}{\gamma - 1}$	$p_1 \cdot v_1^\gamma = p_2 \cdot v_2^\gamma$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\gamma-1}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$	0
Politrópico	n=n, m	$c_n \cdot (T_2 - T_1)$ $= c_v \cdot \left(\frac{\gamma-n}{1-n}\right) \cdot (T_2 - T_1)$ $= \left(\frac{\gamma-n}{1-n}\right) \cdot \mathcal{W}_{sin\ flujo}$	$\frac{p_1 \cdot v_1 - p_2 \cdot v_2}{n-1}$	$p_1 \cdot v_1^n = p_2 \cdot v_2^n$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{n-1}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$	$c_n = c_v \cdot \left(\frac{\gamma-n}{1-n}\right)$

Sistemas abiertos

ω Velocidad	z Altura
U Energía interna	g Aceleración gravedad
$w_1 = P_1 V_1$ Trabajo de ingreso	$w_2 = P_2 V_2$ Trabajo de egreso
Primer principio $Q = \Delta E + W_T$	Energía total $E = E_c + E_p + U$
Energía cinética $e_c = \frac{\omega^2}{2}$	Energía potencial $e_p = gz$
Trabajo total $W_t = W_2 - W_1 + W_c$	Trabajo de circulación $W_c = \int -v dp$
Calor $Q = \Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p + W_t$	
Entalpía $h = u + PV$	Calor entonces $Q = \Delta h + W_c$

Nota: la última definición de calor es considerando $e_c = 0$ y $e_p = 0$

Ecuación de continuidad

ω Velocidad	A Sección
L Longitud	$V = AL$ Volumen

$$\text{Caudal volumetrico} \quad \left| \quad Q_v = \frac{V}{t} = \frac{Al}{t} = A\omega \right.$$

$$\text{Continuidad} \quad \left| \quad Q_1 = Q_2 \rightarrow A_1 \omega_1 = A_2 \omega_2 \right.$$

$$\text{Caudal masico} \quad \left| \quad Q_m = \frac{m}{t} = \frac{Q_v}{v_e} \right.$$

Segundo Principio

Q Calor T Temperatura

$$\text{Rendimiento} \left| \eta = \frac{\text{ENERGÍA ÚTIL}}{\text{ENERGÍA ABSORBIDA}} \right|$$

$$\text{MT} \left| \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \right|$$

$$\text{MF} \left| \eta = \frac{Q_2}{Q_1} - 1 \right|$$

$$\text{BC} \left| \eta = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} \right|$$

$$\text{Teorema de Clausius} \left| \sum \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 \right|$$

$$\text{Reversible} \left| \sum \frac{Q_i}{T_i} = 0 \right| \text{ Para}$$

$$\text{Irreversible} \left| \sum \frac{Q_i}{T_i} < 0 \right|$$

los ciclos reversibles, se puede poner el rendimiento en funcion de las temperaturas de las fuentes.

21

Entropia

Q Calor T Temperatura

Se toma un estado de referencia en el cual $s_0 = 0$ para $T_0 v_0 p_0$

$$\text{Entropia} \left| ds = \frac{\delta Q}{T} \right|$$

$$\text{Para } s_0 \left| s = C_v \ln \frac{T}{T_0} + R \ln \frac{v}{v_0} = C_p \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{p}{p_0} \right|$$

$$v = cte \left| s = s_0 + R \ln \frac{v}{v_0} \right| \quad \text{Temperatura} \left| T = T_0 e^{\frac{s_0}{c_v}} \right|$$

$$p = cte \left| s = s_0 - R \ln \frac{p}{p_0} \right| \quad \text{Temperatura} \left| T = T_0 e^{\frac{s_0}{c_p}} \right|$$