

# Algunas Correlaciones para Transferencia de Masa por Convección

## INTERFASES FLUIDO-SÓLIDO

GEOMETRÍA	CORRELACIÓN	NOTAS
membrana	$\frac{k\delta}{\mathcal{D}_{AB}} = 1$	Aplicada incluso si la membrana es hipotética. $\delta$ = espesor de la membrana.
flujo laminar paralelo a una superficie plana	$Sh_L = 0.646Re_L^{1/2}Sc^{1/3}$	Deducida teóricamente, coeficiente promedio para toda la superficie. $Re_L = \rho v_\infty L / \mu$ . $L$ = longitud de la superficie. $v_\infty$ = velocidad del fluido lejos de la superficie.
flujo laminar en una tubería circular	$Sh_D = 1.62 \left( \frac{D^2 v}{L \mathcal{D}_{AB}} \right)^{1/3}$	Con base teórica verificada experimentalmente. $D$ = diámetro interno de la tubería. $L$ = longitud de la tubería. $v$ = velocidad promedio del fluido. $Re < 2100$ .
flujo turbulento en una tubería circular	$Sh_D = 0.026Re_D^{0.8}Sc^{1/3}$	$Re_D = \rho v D / \mu$ . $D$ = diámetro interno de la tubería. $v$ = velocidad promedio del fluido. $Re > 4000$ .
flujo turbulento en ranura entre dos superficies planas paralelas	$Sh_{D_H} = 0.026Re_{D_H}^{0.8}Sc^{1/3}$	Igual que en tubería, usando diámetro hidráulico de la ranura, $D_H = 2W / \pi$ . $Re_{D_H} = \rho v D_H / \mu$ . $Re > 4000$ . $v$ = velocidad promedio del fluido. $W$ = ancho de ranura.
convección forzada alrededor de una esfera sólida	$Sh_D = 2 + 0.6Re_D^{1/2}Sc^{1/3}$	$Re_D > 0.01$ . No hay una transición brusca entre flujo laminar y flujo turbulento.
convección libre alrededor de una esfera sólida	$Sh_D = 2 + 0.6 \left( \frac{\rho g \Delta \rho D^3}{\mu^2} \right)^{1/4} Sc^{1/3}$	$\Delta \rho$ = diferencia de densidad en la capa límite en el fluido (entre la interfase y el fluido lejos de la esfera). Como referencia, para una esfera de $D = 1$ cm en agua, la convección libre es significativa si $\Delta \rho \geq 10^{-6}$ kg/m <sup>3</sup> .
disco en rotación	$Sh_D = 0.62Re_\omega^{1/2}Sc^{1/3}$	Para $100 < Re_\omega < 20000$ , donde $Re_\omega = \rho \omega D^2 / \mu$ es el número de Reynolds con base en la velocidad angular $\omega$ (en rad/s).
lecho empacado	$\frac{k}{v_0} = 1.17Re^{0.42}Sc^{-2/3}$	$Re = \rho v_0 d_p / \mu$ es el número de Reynolds con base en la velocidad superficial y el diámetro de partícula. $v_0$ = velocidad superficial (la velocidad que tendría el fluido si no existiera el empaque).
flujo perpendicular externo a un lecho de tubos capilares	$Sh_D = 0.80Re_D^{0.47}Sc^{1/3}$	Confiable si los capilares están espaciados de manera uniforme. $D$ = diámetro del capilar. $Re_D = \rho v_\infty D / \mu$ . $v_\infty$ = velocidad del fluido al aproximarse al lecho.

Adaptado de Cussler (1997). "Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems", 2nd Edition, Cambridge University Press.

- Los coeficientes de transferencia de masa obtenidos con estas correlaciones aplican para sistemas en contradifusión equimolar o para sistemas diluidos.
- Las propiedades del fluido se evalúan a las condiciones promedio (entre la interfase y el resto del fluido). Para sistemas diluidos, puede usarse las propiedades del solvente.
- $D$  = diámetro.  $\mathcal{D}_{AB}$  = coeficiente de difusión.  $g$  = gravedad.  $k$  = coeficiente de transferencia de masa.  $v$  = velocidad del fluido.  $\mu$  = viscosidad del fluido.  $\rho$  = densidad del fluido.
- Excepto donde se indica, el subíndice en un grupo adimensional indica la longitud característica. Los grupos básicos son:

$$\text{número de Sherwood: } Sh_\ell = \frac{k\ell}{\mathcal{D}_{AB}} \quad \text{número de Reynolds: } Re_\ell = \frac{\rho v \ell}{\mu} \quad \text{número de Schmidt: } Sc = \frac{\mu}{\rho \mathcal{D}_{AB}}$$

# Algunas Correlaciones para Transferencia Convectiva de Masa

## INTERFASES FLUIDO-FLUIDO

GEOMETRÍA	CORRELACIÓN	NOTAS
película descendente	$Sh_z = 0.69 \left( \frac{zv}{\mathcal{D}_{AB}} \right)^{0.5}$	Para coeficiente local de transferencia de masa. $z$ = posición a lo largo de la película, medida desde la parte superior. $v$ = velocidad promedio del fluido.
burbujas de gas puro ascendiendo en un líquido no agitado	$Sh_d = 0.31 \left( \frac{\rho g \Delta \rho d^3}{\mu^2} \right)^{1/3} Sc^{1/3}$	Para burbujas individuales o grupos pequeños de burbujas. $d$ = diámetro de la burbuja. $\Delta \rho$ = diferencia de densidad entre el líquido y el gas.
burbujas de gas puro en un tanque agitado	$\frac{k}{\mathcal{D}_{AB}} = 0.13 \left( \frac{(\dot{W}/V)\rho^2}{\mu^3} \right)^{1/4} Sc^{1/3}$	$k$ no depende del diámetro de burbuja. $(\dot{W}/V)$ es la potencia de agitación por unidad de volumen ( $W/m^3$ ). $\rho$ = densidad del líquido. $\mu$ = viscosidad del líquido.
gotas pequeñas de líquido en un líquido inmiscible no agitado	$Sh_d = 1.13 \left( \frac{dv_\infty}{\mathcal{D}_{AB}} \right)^{0.8}$	Las gotas pequeñas se comportan como esferas rígidas. $d$ = diámetro de la gota. $v_\infty$ = velocidad terminal de la gota.
gotas grandes de líquido en un líquido inmiscible no agitado	$Sh_d = 0.42 \left( \frac{\rho g  \Delta \rho  d^3}{\mu^2} \right)^{1/3} Sc^{1/2}$	Gotas de 3 mm de diámetro o mayores. $d$ = diámetro de la gota. $\Delta \rho$ = diferencia de densidad entre ambas fases. $\mu$ = viscosidad de la fase continua.
líquido en una columna empacada	$k \left( \frac{\rho}{\mu g} \right)^{1/3} = 0.0051 \left( \frac{\rho v_0}{a \mu} \right)^{0.67} (ad)^{0.4} Sc^{-0.5}$	Correlación muy confiable para líquidos, suele dar valores más bajos que otras. $d$ = tamaño nominal del empaque. $a$ = área de empaque por unidad de volumen de columna. $v_0$ = velocidad superficial del líquido.
	$Sh_d = 25 Re_d^{0.45} Sc^{0.5}$	Correlación clásica muy citada, tal vez menos confiable que la anterior. $Re = \rho v_0 d / \mu$ . $d$ = tamaño nominal del empaque. $v_0$ = velocidad superficial del líquido.
gas en una columna empacada	$\frac{k}{a \mathcal{D}_{AB}} = 3.6 \left( \frac{\rho v_0}{a \mu} \right)^{0.70} (ad)^{-2} Sc^{1/3}$	Correlación muy buena para gases. $d$ = tamaño nominal del empaque. $a$ = área de empaque por unidad de volumen de columna. $v_0$ = velocidad superficial del gas.
	$Sh_d = 1.2(1 - \varepsilon)^{0.36} Re_d^{0.64} Sc^{1/3}$	Correlación clásica muy citada. $Re = \rho v_0 d / \mu$ . $\varepsilon$ = fracción hueca del empaque. $d$ = tamaño nominal del empaque. $v_0$ = velocidad superficial del líquido.

Adaptado de Cussler (1997). "Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems", 2nd Edition, Cambridge University Press.

- Los coeficientes de transferencia de masa obtenidos con estas correlaciones aplican para sistemas en contradifusión equimolar o para sistemas diluidos.
- Las propiedades del fluido se evalúan a las condiciones promedio (entre la interfase y el resto del fluido). Para sistemas diluidos, puede usarse las propiedades del solvente.
- $D$  = diámetro.  $\mathcal{D}_{AB}$  = coeficiente de difusión.  $g$  = gravedad.  $k$  = coeficiente de transferencia de masa.  $v$  = velocidad del fluido.  $\mu$  = viscosidad del fluido.  $\rho$  = densidad del fluido.
- Excepto donde se indica, el subíndice en un grupo adimensional indica la longitud característica. Los grupos básicos son:

$$\text{número de Sherwood: } Sh_\ell = \frac{k\ell}{\mathcal{D}_{AB}} \quad \text{número de Reynolds: } Re_\ell = \frac{\rho v \ell}{\mu} \quad \text{número de Schmidt: } Sc = \frac{\mu}{\rho \mathcal{D}_{AB}}$$