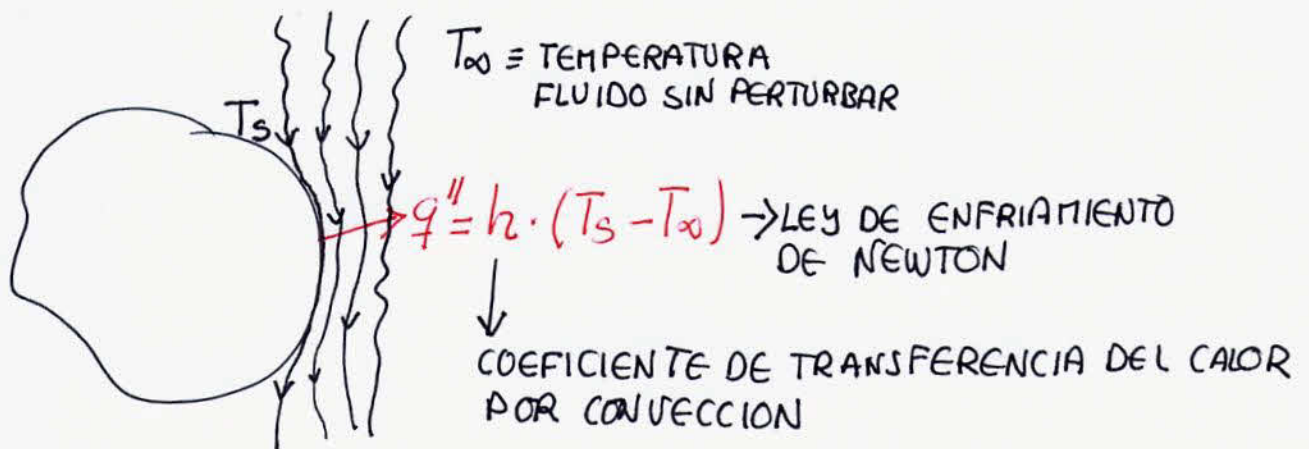


CONVECCIÓN

①

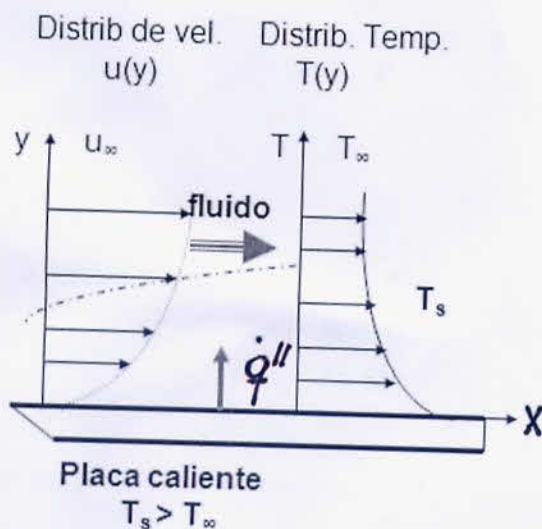
TRANSMISIÓN DEL CALOR POR EL MOVIMIENTO GLOBAL DE UN FLUIDO



h ES UN COEFICIENTE GLOBAL QUE DEPENDE DE

- GEOMETRÍA
- TIPO DE FLUJO DEL FLUIDO
 - LAMINAR
 - TURBULENTO
- CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL FLUIDO
 - * DENSIDAD ρ
 - * VISCOSIDAD η
 - * CALOR ESPECÍFICO c_p
 - * CONDUCTIVIDAD TÉRMICA k_f

Considerando un fluido sobre una placa caliente.



EL FLUIDO EN CONTACTO CON LA PLACA ESTÁ EN REPOSO Y LA TRANSMISIÓN DEL CALOR SE EFECTÚA POR CONDUCCIÓN. EL FLUIDO EN MOVIMIENTO TRANSPORTA LA ENERGÍA A OTRA PARTE: ADVECCIÓN.

CONDUCCIÓN + ADVECCIÓN =

CONVECCIÓN

¿ COMO CALCULAR h ?

③

$$h = \frac{q''}{T_s - T_\infty}$$

DE LA LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON.

$$q'' = -k_f \cdot \frac{dT}{dy} \Big|_{y=0}$$

FLUJO POR CONDUCCION CEDIDO POR LA CAPA DE FLUIDO EN CONTACTO CON LA PLACA

$$h = \frac{-k_f \cdot \frac{dT}{dy} \Big|_{y=0}}{T_s - T_\infty}$$

NECESTAMOS CONOCER EL GRADIENTE VERTICAL $\frac{dT}{dy} \Big|_{y=0}$ O BIEN EL CAMPO $T(x,y,z)$ PARA EL FLUIDO.

EL CAMPO DE TEMPERATURAS ES UNA DE LAS MAGNITUDES DE UN FLUIDO EN MOVIMIENTO JUNTO A $\vec{v}(x,y,z)$, $P(x,y,z)$ Y $\rho(x,y,z)$. ES DECIR...

HAY QUE RESOLVER LAS ECUACIONES:

- NAVIER-STOKES (3 ECS.)
- ECUACION TÉRMICA (1 EC.)
- CONSERVACIÓN DE LA MASA (1 EC.)
- ECUACIÓN DE ESTADO DEL FLUIDO (1 EC.)

INCOGNITAS

$$\vec{v}(x,y,z) \leftarrow 3$$

$$T(x,y,z) \leftarrow 1$$

$$P(x,y,z) \leftarrow 1$$

$$\rho(x,y,z) \leftarrow 1$$

JUNTO A LAS CONDICIONES DE CONTORNO DEL PROBLEMA

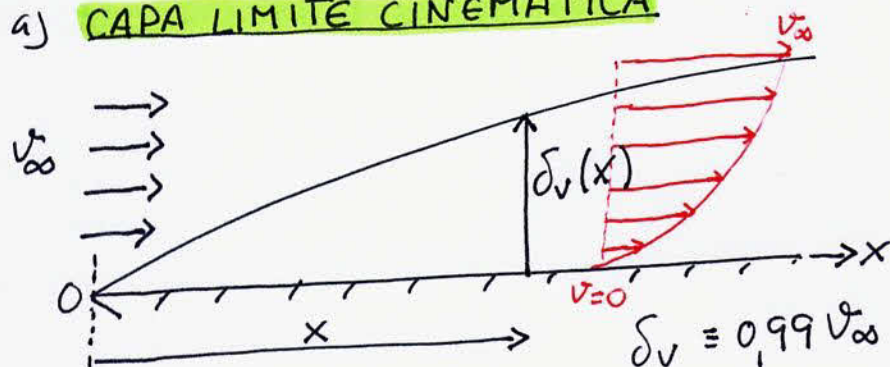
$$T_s \text{ y } T_\infty + \begin{cases} \vec{v} = 0 \text{ EN CONTACTO CON LA PLACA} \\ \vec{v} \cdot \vec{n} = 0 \text{ EN EL } \infty \rightarrow \text{FLUJO NO PERTURBADO} \\ \vec{v} T = 0 \text{ EN EL } \infty \rightarrow \text{FLUJO NO PERTURBADO} \end{cases}$$

¡¡ ESTE ES UN PROBLEMA MATEMÁTICO COLOSAL ... !!

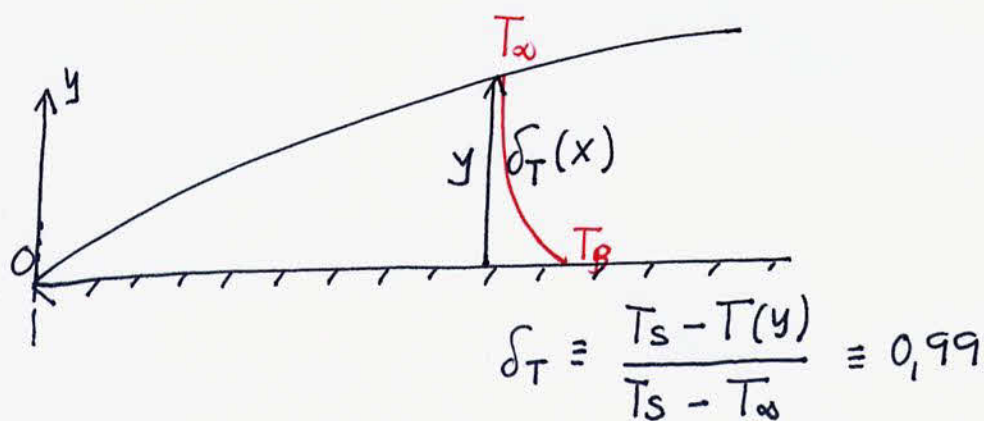
SE PUEDE SIMPLIFICAR ALGO MEDIANTE LA :

TEORÍA DE LA CAPA LÍMITE

a) CAPA LÍMITE CINEMÁTICA



b) CAPA LÍMITE TÉRMICA



LAS SIMPLIFICACIONES INTRODUCIDAS POR LA CAPA LÍMITE PERMITEN CALCULAR $\vec{u}(x,y,z)$ Y DESPUES $T(x,y,z)$ Y h PERO ...

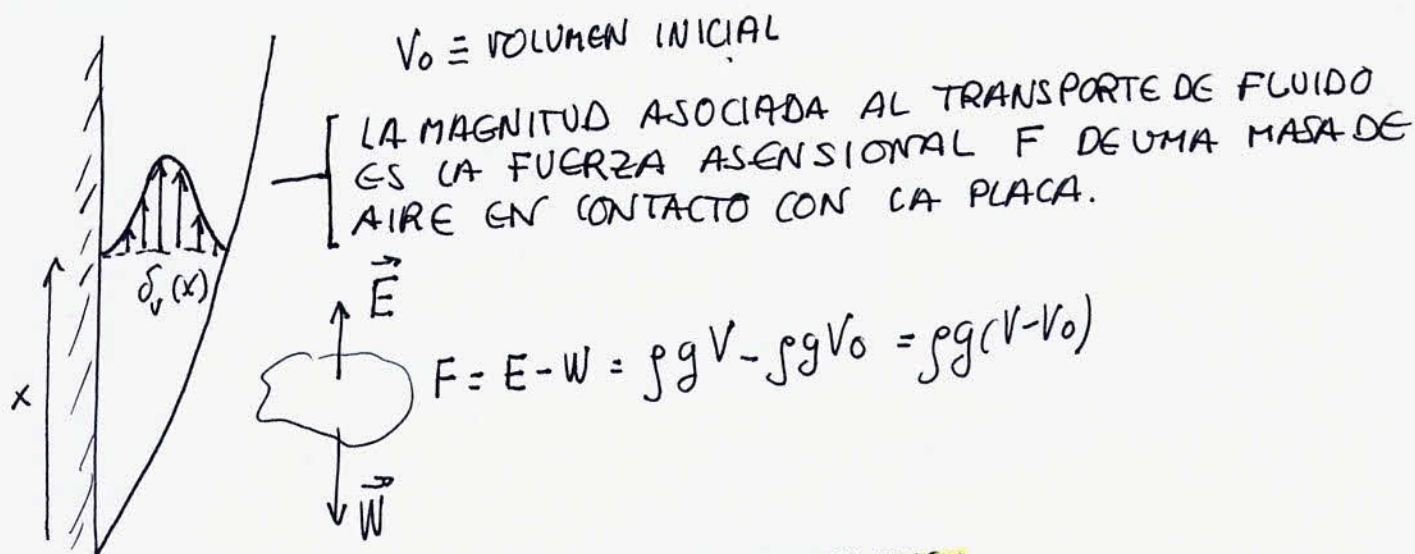
CONTINUA SIENDO UN PROBLEMA MATEMÁTICO COMPLEJO

¿COMO PODEMOS CALCULAR h ... ?

MEDIANTE ANALISIS DIMENSIONAL Y
CONOCIMIENTO EXPERIMENTAL

CONVECCION LIBRE EN UNA PLACA VERTICAL

3



- FUERZA ASCENSIONAL POR UNIDAD DE VOLUMEN.

$$f = \frac{F}{V_0} = \rho g \frac{V - V_0}{V_0} = \rho g \alpha_v \Delta T \quad \left(\begin{array}{l} \Delta V = \alpha_v V_0 \\ \alpha_v = \frac{1}{T} \text{ GAS IDEAL} \end{array} \right)$$

- MAGNITUDES DEL ANALISIS

$$\{h, f, l, \rho, \eta, k, C_p\}$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \equiv \text{VISCOSIDAD CINEMATICA} \quad \text{V. DINAMICA.}$$

- BASE DIMENSIONAL NO DISCRIMINANTE $B = \{m, l, t, \theta\}$
- Nº DE MONOMIOS π . INDEP: $i = 7 - 4 = 3$

$$\pi_1 = \frac{h \cdot l}{k} \equiv Nu \quad \text{NÚMERO DE NUSSELT.}$$

$$\pi_2 = \frac{f \rho l^3}{\eta^2} \equiv Gr \quad \text{NÚMERO DE GRASHOF}$$

$$\pi_3 = \frac{\eta C_p}{k} \equiv Pr \quad \text{NÚMERO DE PRANDTL.}$$

(Es el único que solo depende de la naturaleza del fluido)

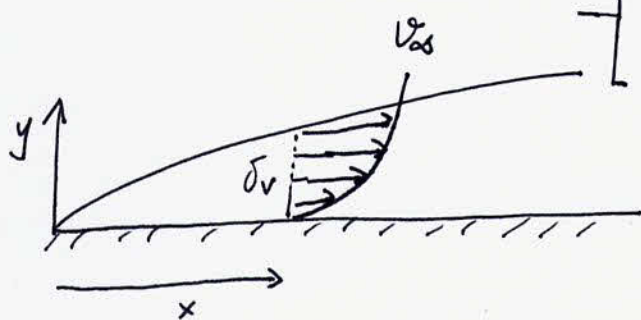
$$F(\pi_1, \pi_2, \pi_3) = 0 \Rightarrow Nu = \phi(Gr, Pr) \Rightarrow h = \frac{k}{l} \phi(Gr, Pr)$$

La función $\phi(Gr, Pr)$ es empírica y depende del tipo de régimen del fluido, la geometría, y otros factores. Es EXPERIMENTAL

N: LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO HAN DE SER CALCULADAS A $T_m = \frac{T_p + T_{\infty}}{2}$

CONVECCIÓN FORZADA

④



LA MAGNITUD ASOCIADA AL TRANSPORTE DE FLUIDO ES LA VELOCIDAD. U_{∞} ES LA VELOCIDAD DEL FLUIDO NO PERTURBADO

MAGNITUDES DEL ANALISIS

$$\{h, U_{\infty}, l, \rho, \eta, k, C_p\}$$

SE USA LA MISMA BASE DIMENSIONAL NO DISCRIMINANTE

$$B = \{m, l, t, \theta\}$$

NÚMERO DE MONOMIOS PI INDEPENDIENTES: $i = 7 - 4 = 3$

$$\Pi_1 = \frac{h l}{k} = Nu \quad \text{NÚMERO DE NUSSELT}$$

$$\Pi_2 = \frac{\rho U_{\infty} l}{\eta} = Re \quad \text{NÚMERO DE REYNOLDS}$$

$$\Pi_3 = \frac{\eta C_p}{k} = Pr \quad \text{NÚMERO DE PRANDTL}$$

$$F(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3) = 0 \Rightarrow Nu = \phi(Re, Pr) \Rightarrow h = \frac{k}{l} \phi(Re, Pr)$$

Igual que antes, la función ϕ es empírica y las propiedades del fluido han de ser calculadas a $T_m = \frac{T_p + T_{\infty}}{2}$

PROCEDIMIENTO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CONVECCIÓN (5)

EL OBJETIVO FUNDAMENTAL ES EL CALCULO DE h PARA EL PROBLEMA.

1) ELECCIÓN DE LA EXPRESIÓN CORRECTA PARA

$$\left. \begin{array}{l} Nu = \phi(Pr, Gr) \text{ o' } \\ Nu = \phi(Pr, Re) \end{array} \right\} \text{ SEGÚN EL VALOR DE } Gr \text{ o } Re$$

2) GENERALMENTE, EL Pr ES UN DATO DEL PROBLEMA PUES SE REFIERE A UN FLUIDO CONCRETO: AIRE, AGUA, ETC...

3) CALCULAMOS Nu Y A PARTIR DE ÉL $h = \frac{k}{l} Nu$
PUDIENDO ESTIMAR EL FLUJO O SU DENSIDAD

$$\phi \equiv q \equiv h S (T_p - T_\infty)$$

$$q'' = h \cdot (T_p - T_\infty)$$

CUIDADOS ESPECIALES

1) CALCULO DE $Re = \frac{\rho v l}{\eta}$ $\leftarrow$ FLUJO EXTERNO l
FLUJO INTERNO $l \equiv D$

2) NUMERO DE $Pr = \frac{C_p \cdot \eta}{K}$ (CUIDADO CON LAS UNIDADES)

3) NUMERO DE $Nu = \frac{h \cdot l}{K}$ $\leftarrow$ l EL MISMO QUE EL USADO EN Re