- Para cualquier consulta diríjanse a:

Jose L. Castillo Gimeno	Tel.: 91 398 7122	email: castillo@dfmf.uned.es
Pedro L. García Ybarra	Tel.: 91 398 6743	email: pgybarra@dfmf.uned.es
Manuel Arias Zugasti	Tel.: 91 398 7127	email: maz@dfmf.uned.es

TEST (0,5 puntos cada una)

1. En el movimiento de un fluido a bajos números de Reynolds

   a) Los efectos viscosos son dominantes. Tema 2-pag 32

   b) Las fuerzas sobre las superficies que delimitan el fluido son despreciables.

   c) La gravedad no juega ningún papel.

   d) ninguna de las anteriores.

2. Cuando una capa límite pasa de ser laminar a turbulenta, el coeficiente de resistencia

   a) aumenta bruscamente.

   b) disminuye, debido a la mayor disipación en el fluido. Tema 4-pag 121

   c) permanece inalterado, puesto que la velocidad debe seguir anulándose en la pared.

3. El coeficiente de difusión de partículas esféricas

   a) Es proporcional a la viscosidad del fluido.

   b) Es inversamente proporcional a la movilidad de las partículas.

   c) Es inversamente proporcional al radio de las partículas. Tema 6-pag 171

4. Las ondas sobre la superficie de un líquido son amortiguadas por

   a) la gravedad.

   b) la tensión superficial.

   c) la viscosidad del líquido. Tema 2-pag 34

   d) ninguna de las anteriores.

CUESTIONES (2 puntos cada una)

Tema 1-pag 16

1. Consideramos el flujo sobre una superficie localizada en $z = 0$, de tal forma que tomamos el *punto de estancamiento* (o punto de remanso) como el origen de coordenadas. Suponiendo que el flujo es incompresible e ideal, el movimiento potencial en un entorno del punto de estancamiento puede calcularse por medio de un desarrollo en serie de Taylor del potencial de velocidades ϕ en la forma

$$\phi = ax + by + cz + Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fxz$$

   Calcular la función ϕ suponiendo que el flujo es uniforme en la dirección del eje y. Calcular las líneas de corriente.

2. Escríbase el valor del número de Nusselt y discútase su significado físico Tema 5-pag 140

PROBLEMA (4 puntos)

Considérese el problema bidimensional de una delgada película de líquido de espesor h y densidad constante ρ, rellenando el fondo plano de una vasija de anchura L.

La vasija está dispuesta horizontalmente en el campo gravitatorio g y se calienta el fondo de manera que la temperatura varía linealmente con la distancia x desde uno de los bordes, que se encuentra a temperatura T_0, hasta el otro a temperatura T_1, es decir,

$$T = T_0 + (T_1 - T_0)\,\frac{x}{L}$$

La capa de líquido es tan delgada que la temperatura se puede suponer independiente de la coordenada vertical z a través de su espesor. La tensión superficial (σ) del líquido es una función linealmente decreciente con la temperatura según la ley

$$\sigma = \sigma_0 - s\frac{T - T_0}{T_0}$$

siendo σ_0 la tensión superficial a temperatura T_0, y s una constante positiva.

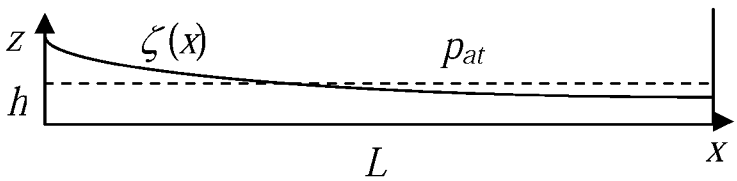
El gradiente de la tensión superficial del líquido genera tracciones en su superficie que se equilibran con los esfuerzos viscosos según la condición de contorno general

$$\left(p_{at} - p - \frac{\sigma}{R}\right) n_i = \left(\tau'^{\,\text{aire}}_{ik} - \tau'^{\,\text{líquido}}_{ik}\right) n_k + \frac{\partial \sigma}{\partial x_i} \tag{1}$$

donde la normal $\boldsymbol{n}$ está dirigida hacia el exterior del líquido, la superficie del líquido está sometida a la presión atmosférica exterior p_{at} y

$$\tau'_{ik} = \mu\left(\frac{\partial v_i}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_i}\right)$$

siendo μ la viscosidad dinámica.



a. Explique el significado físico de cada uno de los términos que componen la condición de contorno (1) sobre la superficie del líquido.

b. El calentamiento desigual genera un movimiento estacionario del líquido en la película, *vía* el gradiente de tensión superficial, que produce variaciones en el espesor de ésta, $\zeta = \zeta(x)$. Se supone que el movimiento está principalmente dirigido en la dirección horizontal ($v_z \ll v_x$), la deformación de la superficie es suave, de tal forma que $\boldsymbol{n} \simeq (0, 1)$, y el término de Laplace es despreciable ($R \gg L$). Demuéstrese que la presión en la película viene dada por

$$p = p_{at} + \rho g(\zeta - z)$$

c. Escriba la ecuación para la componente horizontal de la velocidad despreciando su variación en la dirección horizontal frente a su variación vertical ($L \gg h$). Indique las condiciones de contorno en el fondo y en la superficie libre despreciando los esfuerzos viscosos del aire y encuentre el perfil de velocidad horizontal integrando esta ecuación.

d. Con la condición de que el flujo total a través del espesor de la película debe ser nulo, obtenga la siguiente ecuación diferencial para el espesor

$$\rho g\frac{d\zeta^2}{dx} = 3\frac{d\sigma}{dx}$$

Integre esta ecuación y determine la constante de integración a partir de la condición de conservación del volumen de líquido.