



tópico 2: tercer resumen

por

Fabián Torres R.

Informe de Laboratorio

Departamento de Física

Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas
Universidad de Concepción
Av. Esteban Iturra s/n, Ciudad Universitaria
Casilla 160-C, Concepción,
CHILE

September 2002

Copyright © 2002.

tópico 2: tercer resumen

Fabián Torres R.

Departamento de Física
Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas
Universidad de Concepción

2 de septiembre de 2002

1. Hojas anexas

1.1. Numero de Reynolds. Turbulencia.

La turbulencia es un estado de flujo en el cual, las velocidades instantáneas muestran fluctuaciones irregulares y aparentemente al azar, por lo que en la práctica puede usarse solo métodos estadísticos para su análisis. El parametro

$$R = \frac{LU}{v}$$

permite determinar si un flujo es laminar o turbulento. Este parametro se conoce como numero de Reynolds. Aqui, L es un parametro de longitud y U es un parametro de velocidad. En general, para valores superiores a 6000 del número de Reynolds, el flujo se considera turbulento. se define

1.2. Perturbaciones y su relación con la turbulencia.

Para este metodo se supone que la velocidad del fluido se puede separar en dos partes: una, $\langle \mathbf{v} \rangle$, representa el flujo a gran escala que se desea estudiar, y la otra, $\mathbf{v}'$, que representa la turbulencia de escala más pequeña.

Aunque $\langle u' \rangle = \langle v' \rangle = \langle w' \rangle = 0$, los promedios de los productos de las perturbaciones no se anulan y producen terminos no lineales en las ecuaciones, de aqui proviene el tratamiento de la turbulencia.

Se discuten dos modelamientos de estos terminos no lineales.

1.3. Teoría de la longitud de mezcla (capa de Prandtl).

En el caso en que cerca de las superficies de fricción la viscosidad permanece constante, entonces podemos suponer que un elemento de fluido que está originalmente a un nivel z se mueve perpendicularmente a la superficie una distancia promedio l arrastrando con el su velocidad perpendicular al borde. Por lo tanto, a una distancia $z + l$ ya ha perdido su movimiento original. La fluctuacion entonces se puede escribir como

$$u' = -l \frac{\delta \langle u \rangle}{\delta z}$$

Dado que en este caso la turbulencia es aproximadamente isotrópica , el producto entre u' y v' se puede expresar como:

$$\tau_{xz} = -\rho l^2 \left[\frac{\delta \langle u \rangle}{\delta z} \right]^2$$

Se supone que los torbellinos asociados a la viscosidad son proporcionales a la distancia a la superficie de fricción, o sea que $l = kz$, donde k es llamada constante de Karmán. Experimentalmente se sabe que esta aproximación es válida en una delgada capa donde la tensión de cizalla es constante.

1.4. Tensiones turbulentas de Reynolds.

Aquí definimos el tensor de tensiones turbulentas de Reynolds como

$$\tau = -\rho \langle u' u' \rangle$$

por ejemplo, $\langle v' u' \rangle = -\tau_{xy}/\rho$ representa un flujo promedio de momentum en dirección x debido a movimientos de pequeña escala a través de una superficie $y = \text{cte}$.

El tensor de Reynolds debe ser simétrico. La dificultad ahora, está en poder establecer como relacionar estos coeficientes asociados a las fluctuaciones con los demás términos asociados al flujo de gran escala. Una forma es suponer simplemente que las tensiones de Reynolds dependen linealmente de las derivadas espaciales de los componentes de la velocidad del flujo de gran escala, vale decir:

$$\frac{\tau_{ij}}{\rho} = A_{h,v}(\nabla)_i(v)_j + A_{h,v}(\nabla)_j(v)_i$$

donde $A_{h,v} = A_h$ si el gradiente que multiplica es horizontal, y $A_{h,v} = A_v$ si el gradiente es vertical, estos términos son llamados coeficientes de viscosidad turbulenta horizontal y vertical respectivamente. En el caso atmosférico, se tiene que $A_v \approx 10 \text{ m}^2/\text{s}$ cerca de la superficie terrestre, y para A_h se estiman valores cercanos a $10^5 \text{ m}^2/\text{s}$.

En el proceso de promediar se consideraron solo las fluctuaciones de la velocidad debido a que las variaciones relativas de esta son mucho mayores que las de otras variables.

1.5. Equilibrio de Ekman

El principal mecanismo mediante el cual el calor, salinidad, humedad o momentum son intercambiados entre la atmósfera y la superficie de la tierra o del océano es la transferencia turbulenta. La región donde ocurren estas transferencias es llamada capa límite.

Supongamos que las corrientes oceánicas se producen en un océano infinitamente profundo por un viento de dirección y magnitud constante, entonces, la ecuación que se obtiene con los componentes del tensor de Reynolds son:

$$-fv = A_v \frac{\delta^2 u}{\delta z^2} \quad (1)$$

$$fu = A_v \frac{\delta^2 v}{\delta z^2} \quad (2)$$

$$(3)$$

Diferenciando dos veces con respecto a z la ecuación ?? y reemplazandola en ?? se encuentra para la componente $\mathbf{u}$ de la velocidad, en ambos hemisferios:

$$\frac{d^4 u}{dz^4} + \left(\frac{|f|}{A_v}\right)^2 u = 0 \quad (4)$$

Para esta ecuación podemos intentar una solución del tipo $u = \text{Cexp}(kz)$ de donde se obtienen las cuatro soluciones:

$$u = C_1 \exp((1+i)z/\delta_e) + C_2 \exp(-(1+i)z/\delta_e) + C_3 \exp((1-i)z/\delta_e) + C_4 \exp(-(1-i)z/\delta_e) \quad (5)$$

De aquí se obtiene que para el océano ($z < 0$) la solución es:

$$u = C_1 \exp((1+i)z/\delta_e) + C_3 \exp((1-i)z/\delta_e) \quad (6)$$