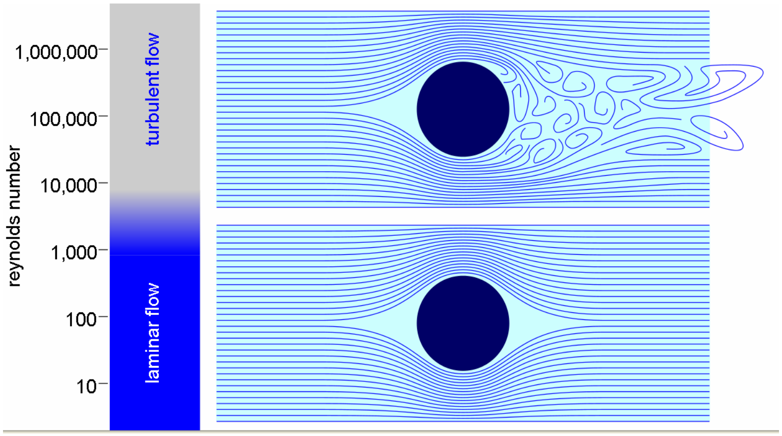
Introducción a la dinámica del océano

Práctica 4: El número y las tensiones de Reynolds

Fecha de entrega: ______________________

1. El número de Reynolds es una medida de la turbulencia del flujo. Se puede considerar a un flujo turbulento si su número de Reynolds excede el valor adimensional de 10000, mientras que se lo puedo considerar laminar si es menor que 2100.



   a. Calcular el número de Reynolds para una corriente de un gas que se mueve a través de un tubo circular de 122 cm con una velocidad de 7,62 m s^{-1}. Utilizar como densidad del gas el valor de 0,72 kg m^{-3} y como viscosidad molecular el valor de 2,45x10-5 kg m^{-1} s^{-1}.
   b. ¿Qué velocidad debería tener el flujo para que se lo considere laminar?

2. Si se desea construir una réplica a escala de una esfera de 10^{-2} cm que se mueve en agua a 20º C a 0,2 cm s^{-1} utilizando glicerina, ¿qué requisitos deben cumplirse? ¿A qué velocidad debe moverse la esfera en glicerina si su diámetro es de 5 cm? Para la glicerina ρ_g = 1,26 g cm^{-3} y μ_g = 23,3 g cm^{-1} s^{-1}. Para el agua a 20º C ρ_a = 0,988 g cm^{-3} y $\mu_a = 1x10^{-2}$ g cm^{-1} s^{-1}.

3. Considere una fluctuación periódica bidimensional de la forma

$$u' = U \sin(\varphi + \alpha_u)$$

$$v' = V \sin(\varphi + \alpha_v)$$

$$w' = 0$$

Donde

$$\varphi = k_x x + k_y y - \omega t$$

Y todas las otras magnitudes son constantes. Calcule las tensiones de Reynolds, tales como $-\overline{u'v'}$ tomando promedio sobre un período 2π de la fase φ. Demuestre que, en general, estas tensiones no son nulas. Nótese que esto muestra que las ondas en su movimiento pueden ejercer una tensión no nula y, por lo tanto, acelerar o desacelerar el flujo al que están superpuestas. ¿Bajo que relación entre α_u y α_v se anula la tensión $-\overline{u'v'}$?

4. Los modelos numéricos de fluidos geofísicos están limitados en su resolución espacial. Por lo tanto, sólo son capaces de resolver las fluctuaciones turbulentas de mayor escala, mientras que todos los movimientos de escala menor que el tamaño de la grilla no pueden ser resueltos. De alguna manera, debe proporcionarse información al modelo acerca de esos movimientos turbulentos o de escala menor que la grilla no resultos. ¿Por qué?
Este proceso es llamado parametrización de las escalas menores que la grilla. El principal efecto de la turbulencia y los movimientos a escalas menores que la grilla es la disipación. Por lo tanto es tentador intentar representar las tensiones de Reynolds y los efestos de los movimientos no resueltos como alguna forma de 'super viscosidad'. Esto se hace reemplazando la viscosidad molecular del fluido por una viscosidad mucho mayor definida en términos de la turbulencia y las propiedades de la grilla. Esta aproximación, aunque algo cruda, fue utilizada por largo tiempo y fue propuesta por primera vez por Boussinesq. Un método muy utilizado fue propuesto por Smagorinsky (1963), en el cual la viscosidad se representa como:

$$A = \Delta x \Delta y \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)^2}$$

Donde Δx y Δy son las dimensiones locales de la grilla. Demuestre que esta viscosidad turbulenta (o eddy) horizontal se anula para un vórtice con componentes de la velocidad

$$u = -\Omega y$$
$$v = +\Omega x$$

Donde Ω es una constante. ¿Es ésta una propiedad deseable?