**Demostración de Número de Reynolds.**

Comencemos con un experimento. La Fig.1. muestra un hermoso ejemplo de flujo laminar alrededor de un obstáculo, una esfera de radio a. Lejos, cada elemento de fluido está en movimiento uniforme a velocidad . Nos gustaría saber si el movimiento de los elementos de fluido está dominado principalmente por efectos inerciales o por fricción.



Fig.1. Fluido rodeando una esfera en régimen laminar.

Considera un pequeño volumen de fluido de tamaño , que se acerca en ruta de colisión con la esfera (Fig.2.). Para esquivarla, este pequeño volumen de fluido debe acelerar, consideramos que en eje X no varía mucho, como es una esfera, para llegar a la parte de arriba, este volumen de líquido tardará . Ahora vamos a calcular cuánto acelera ene el eje Y en este tiempo, sabemos que la aceleración se puede escribir como .

Dibujo de una persona

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Fig.2. Movimiento de un elemento del fluido pequeño, de tamaño cuando rodea una obstrucción de radio .

La ley de movimiento de Newton dice que nuestro elemento de fluido obedece:

(1)

Aquí, denota la fuerza externa del resto del fluido debido a la presión, mientras que es la fuerza neta sobre el elemento de fluido debido a la fricción viscosa. Usando el párrafo anterior, el término del lado derecho de la Ley de Newton (el 'término inercial') es:

(2)

Deseamos comparar la magnitud de este término inercial con la de . Si uno de estos términos es mucho mayor que el otro, entonces podemos descartar el término menor en la Ley de Newton.

Para estimar la fuerza de fricción, primero generalizamos los cálculos realizados en los apuntes de Fuerza de fricción viscosa al caso en el que la velocidad del fluido no es un gradiente uniforme. Recordemos que habíamos definido una tensión de cizalladura Entonces, cuando un elemento de fluido se desliza junto a su vecino, ejercen fuerzas por unidad de área uno sobre el otro iguales a:

​(3)

En la situación esbozada en la fig.2, el área de la superficie A de una cara del cubo de fluido que hemos tomado para nuestros cálculos es . Queremos entender cómo cambia la fuerza de fricción a lo largo de la dirección y, necesitamos considerar cómo el gradiente de velocidad varía en esta dirección. Si el gradiente de velocidad cambia, entonces la fuerza de fricción también cambiará a lo largo de la dirección y. Esto se calcula tomando la derivada de la fuerza de fricción respecto a y:

(4)

Esta derivada describe cómo la fuerza de fricción cambia a medida que nos movemos de una capa del fluido a otra. Si ​ varía a lo largo de y (por ejemplo, cerca de un obstáculo donde el flujo puede ser más complejo), entonces ​ no será cero.

Para entender esto, la fuerza de fricción neta sobre el cubo de fluido es la fuerza ejercida por este cubo sobre otro cubo que esté arriba, menos la fuerza que ejerce sobre otro cubo como él pero que está debajo. Podemos estimar esta diferencia como veces la derivada de , o:

(5)

Para estimar la derivada, nuevamente démonos cuenta de que cambia apreciablemente sobre distancias comparables al tamaño de la obstrucción , en consecuencia, estimamos:

(6)

Juntando todo, encontramos:

(7)

Ahora, ya podemos comparar las ecuaciones (2) y (7). Dividiendo estas dos expresiones nos da una cantidad característica adimensional:

(8)

Cuando es pequeño, domina la fricción. Agitar un fluido produce la respuesta mínima posible, es decir, flujo laminar, y el flujo se detiene inmediatamente después de que la fuerza externa se detiene. Cuando es grande, dominan los efectos inerciales, la fricción es despreciable, el fluido sigue girando después de que dejas de agitar, y el flujo es turbulento.