

Ley de viscosidad de Newton

Julián David Rojo Hdz.

IC MSc PhD Recursos hidráulicos.

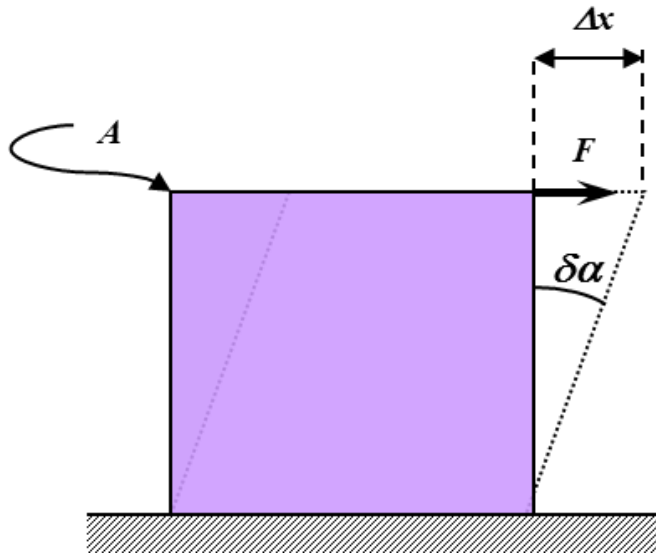
Viscosidad

- Es la **propiedad más importante de los fluidos**, según la cual éstos **se resisten a ser deformados**, **entre más viscoso sea un fluido más pequeña es su tasa de deformación**.
- La viscosidad **se debe a la fricción interna que se desarrolla entre las diferentes capas de fluidos** a medida que se obligan a moverse unas en relación con otras.
- En los líquidos, la viscosidad se debe a las fuerzas de cohesión entre moléculas, en los gases se debe a las colisiones moleculares.

Definición

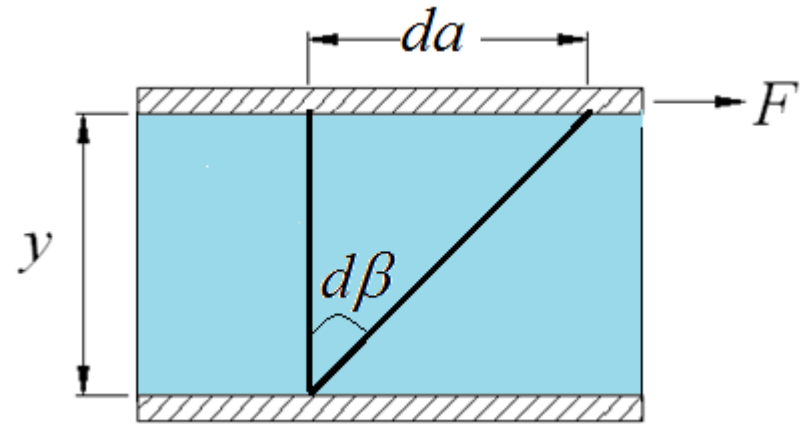
$$\tau \propto \Delta\alpha$$

$$\tau = G \cdot \Delta\alpha$$



En los sólidos Hookeanos, existe una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación.

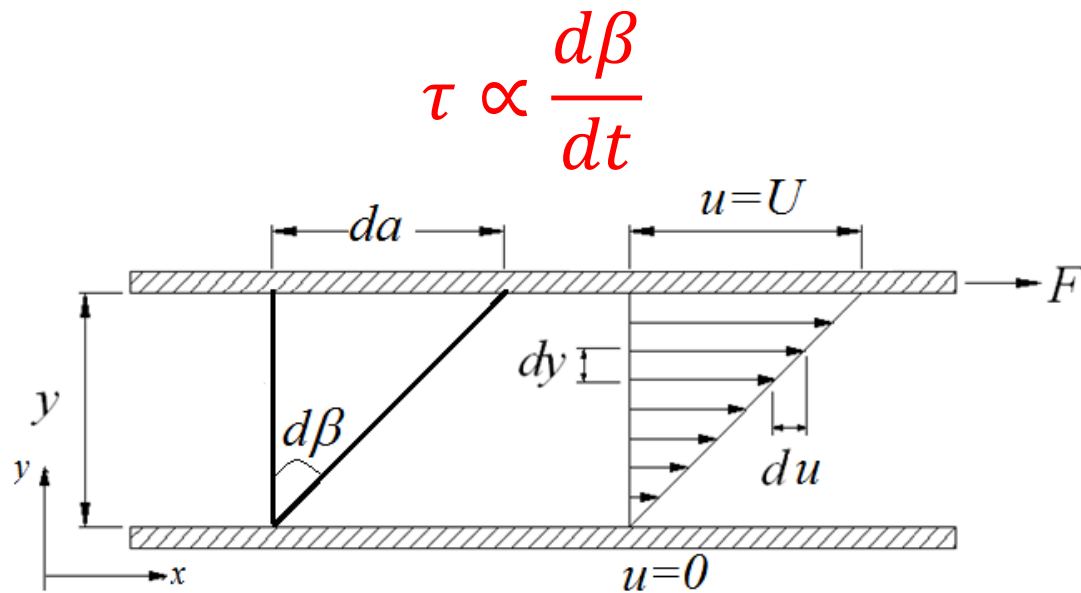
$$\tau \propto \frac{d\beta}{dt}$$



En los fluidos el esfuerzo es proporcional a la tasa de deformación.

Ley de viscosidad de Newton

La ley de viscosidad de Newton (LVN) establece que: “*El esfuerzo cortante sobre una interfaz tangente a la dirección de flujo es directamente proporcional a la tasa de deformación del fluido*”.



$$\tau \propto \frac{d\beta}{dt}$$

$$d\beta \approx \tan\beta = \frac{da}{y} = \frac{Udt}{y}$$

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{U}{y} = \frac{du}{dy}$$

Usando la LVN:

$$\tau = \mu \frac{d\beta}{dt} = \mu \frac{du}{dy}$$

Hipótesis:

- i) Deformaciones pequeñas (y pequeño)
- ii) Flujo Laminar (bien ordenado)

Coeficiente de viscosidad (I): Viscosidad dinámica

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

Donde μ , coeficiente de proporcionalidad en la LVN, recibe el nombre de *viscosidad dinámica*.

Dimensiones: $\left(\frac{FT}{L^2}\right)$ ó $\left(\frac{M}{LT}\right)$. En el sistema internacional, la viscosidad se mide en $\left(\frac{kg}{m \cdot s}\right)$.

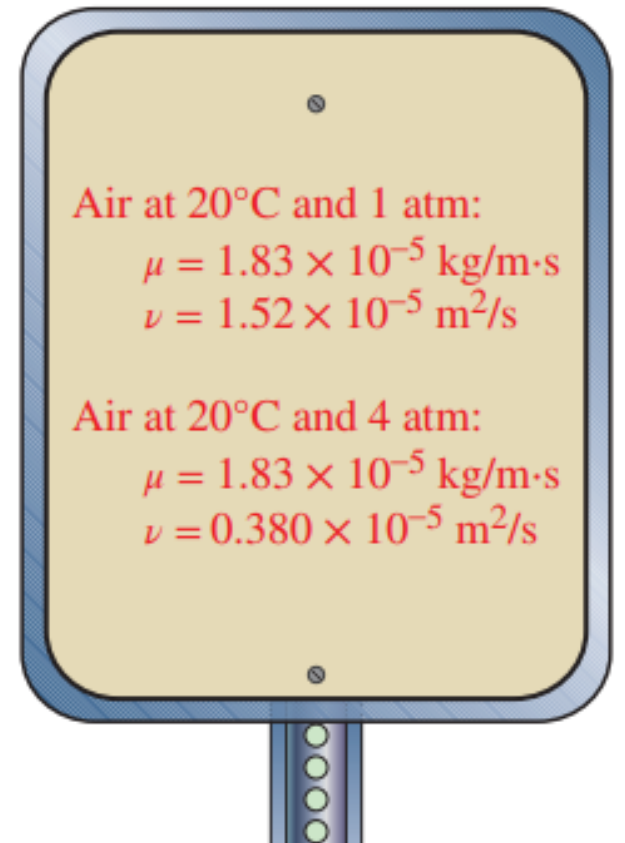
En el sistema c.g.s (centímetro, gramo, segundo) la unidad para la viscosidad es el *poise* $\left(\frac{1g}{cm \cdot s}\right)$. También existe el *centipoise (cp)*: $1cp = 10^{-2}poises$

Coeficiente de viscosidad (II): Viscosidad Cinemática

- En mecánica de fluidos y termodinámica, con frecuencia se utiliza la razón entre la viscosidad dinámica y la densidad; dicha relación se denomina *viscosidad cinemática*:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Dimensiones: $\left(\frac{L^2}{T}\right)$ En el sistema internacional, la viscosidad cinemática se mide en $\left(\frac{m^2}{s}\right)$. En el sistema c.g.s se mide en *Stokes* $\left(\frac{1cm^2}{s}\right)$



Coeficiente de viscosidad (III)

La viscosidad no depende de la magnitud y/o la dirección de los esfuerzos cortantes o de la presión a la cual esté sometido el fluido. Básicamente depende solo de la temperatura:

Gases:

$$\mu = \mu_0 (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2)$$

- μ_0 : Viscosidad del gas a 0°C
 θ : Temperatura del gas en °C
 α, β : Constantes propias del material

Líquidos:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\nu_0}{(1 + \alpha\theta + \beta\theta^2)}$$

- ν : Viscosidad cinemática
 ρ : Densidad del fluido
 ν_0 : Viscosidad cinemática de solidificación
 θ : Temperatura del gas en °C
 α, β : Constantes propias del material

Coeficiente de viscosidad (IV)

Gases:

$$\mu = \mu_0 (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2)$$

Aire:

$$\mu_0 = 1.702 \times 10^{-4} \text{ poises}$$

$$\alpha = 0.000329 \text{ } (^{\circ}\text{C}^{-1})$$

$$\beta = 0.0000070 \text{ } (^{\circ}\text{C}^{-2})$$

Líquidos:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\nu_0}{(1 + \alpha\theta + \beta\theta^2)}$$

Agua:

$$\nu_0 = 0.01799 \text{ stokes}$$

$$\alpha = 0.03368 \text{ } (^{\circ}\text{C}^{-1})$$

$$\beta = 0.000022099 \text{ } (^{\circ}\text{C}^{-2})$$

Valores de referencia

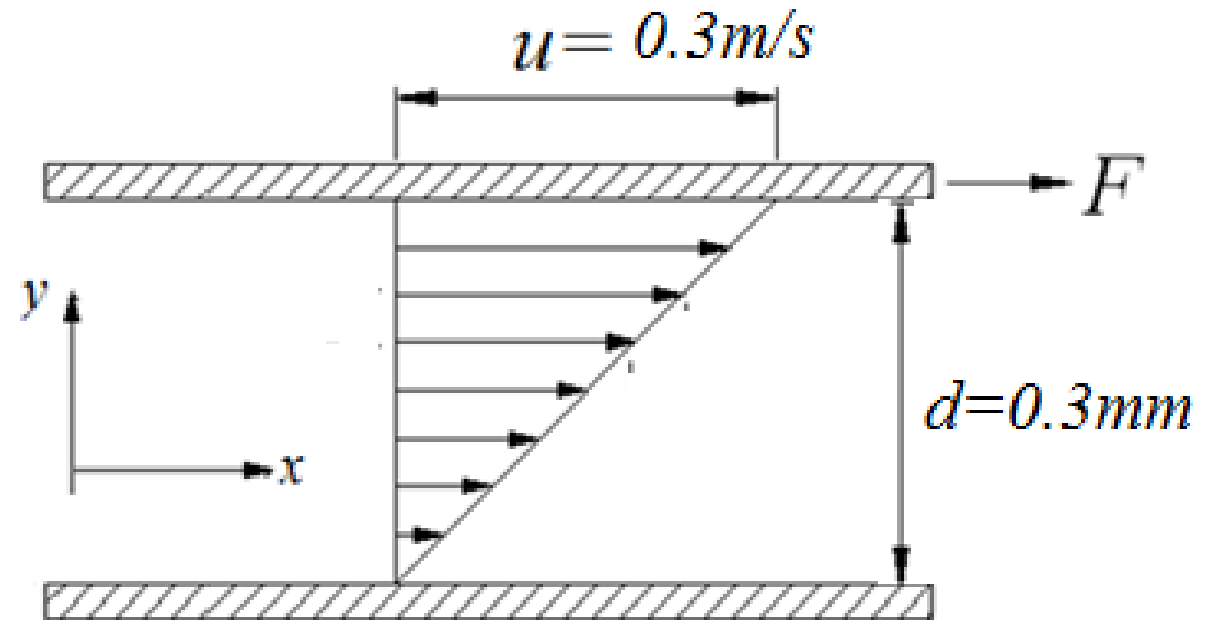
	Dynamic Viscosity (Pa·s)		Dynamic Viscosity (Pa·s)
Gases		Heat Transfer Liquids	
Air	18.3×10^{-6}	FC-87	0.4×10^{-3}
Nitrogen	17.8×10^{-6}	Galden ZT 85	0.8×10^{-3}
Oxygen	20.2×10^{-6}	R134a	0.2×10^{-3}
Hydrogen	8.8×10^{-6}	Ammonia	0.12×10^{-3}
Xenon	21.2×10^{-6}	Other Liquids	
Ammonia	9.8×10^{-6}	Glycerol	934×10^{-3}
Liquids		Olive oil	80
Water	0.28×10^{-3}	Ketchup	50
Ethanol	1.1×10^{-3}	Peanut butter	150
Acetone	0.31×10^{-3}	'Solids'	10^5
Sulfuric acid	24.2×10^{-3}	Window putty	10^7
Mercury	1.53×10^{-3}	Tar	3×10^7

Fluid	Dynamic Viscosity μ , kg/m·s
Glycerin:	
-20°C	134.0
0°C	10.5
20°C	1.52
40°C	0.31
Engine oil:	
SAE 10W	0.10
SAE 10W30	0.17
SAE 30	0.29
SAE 50	0.86
Mercury	0.0015
Ethyl alcohol	0.0012
Water:	
0°C	0.0018
20°C	0.0010
100°C (liquid)	0.00028
100°C (vapor)	0.000012
Blood, 37°C	0.00040
Gasoline	0.00029
Ammonia	0.00015
Air	0.000018
Hydrogen, 0°C	0.0000088

Ejemplo 1: Una placa de extensión infinita se mueve paralela a una pared fija, existiendo entre ambas una capa de líquido como se muestra en la figura. Asumiendo que la distribución vertical de velocidades en el líquido es lineal. Las propiedades del fluido son viscosidad $\mu = 0.65$ centipoises y gravedad específica de 0.88.

Determinar:

- 1) Viscosidad cinemática del fluido.
- 2) El esfuerzo cortante.



Ejemplo 2: En el diagrama se muestran dos placas separadas a una distancia Δy , la placa inferior está fija y la superior se encuentra libre para moverse bajo la acción de una masa m . Conocidos los valores de μ y el área de contacto de la placa superior (A) determinar la velocidad U .

✳️ Elaborar el mismo ejercicio con los siguientes valores:

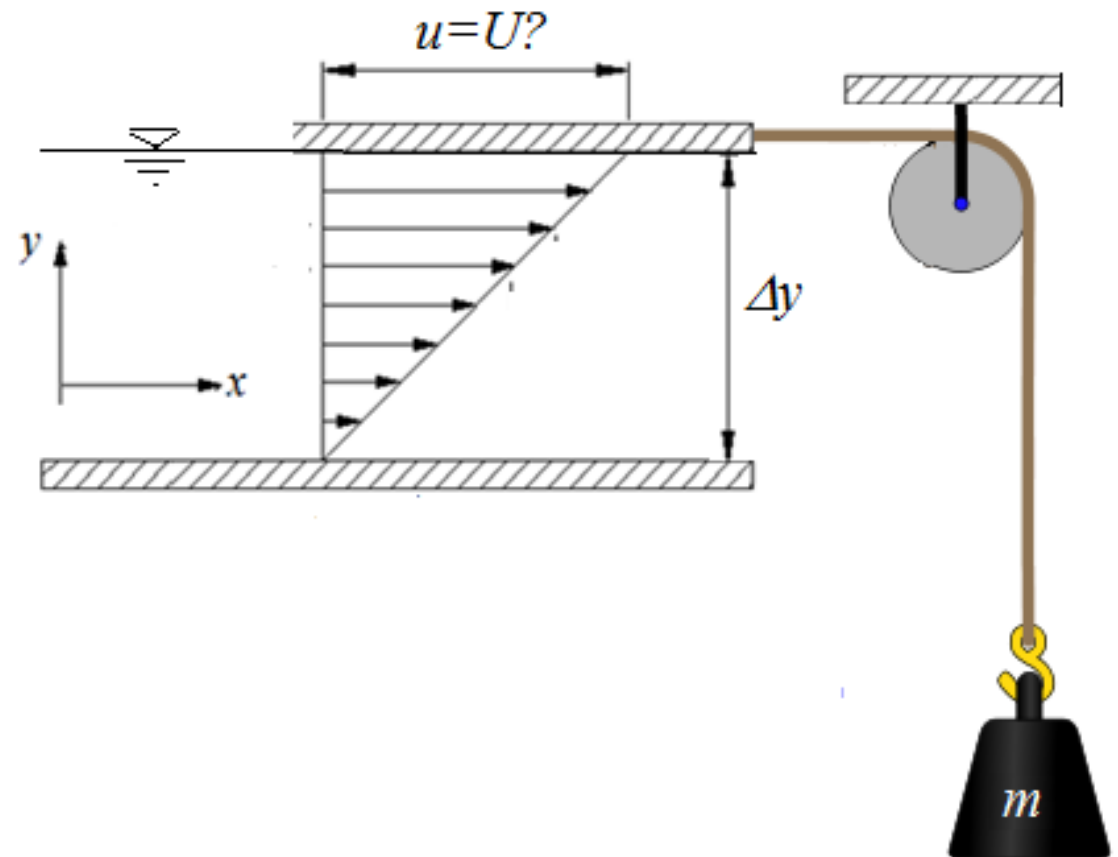
Fluido: Aceite de ricino

$\Delta y = 1 \text{ cm}$

$m = 25 \text{ gr.}$

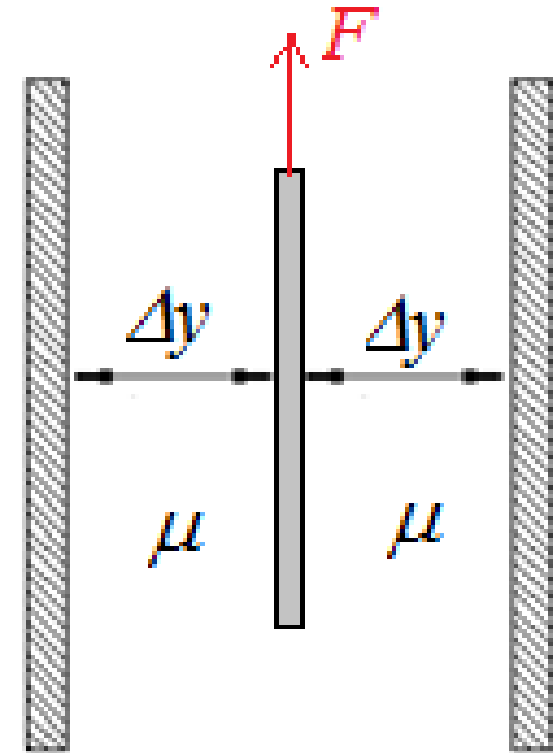
$A = 0.75 \text{ m}^2$

$\mu = 650 \times 10^{-3} \text{ N s / m}^2$

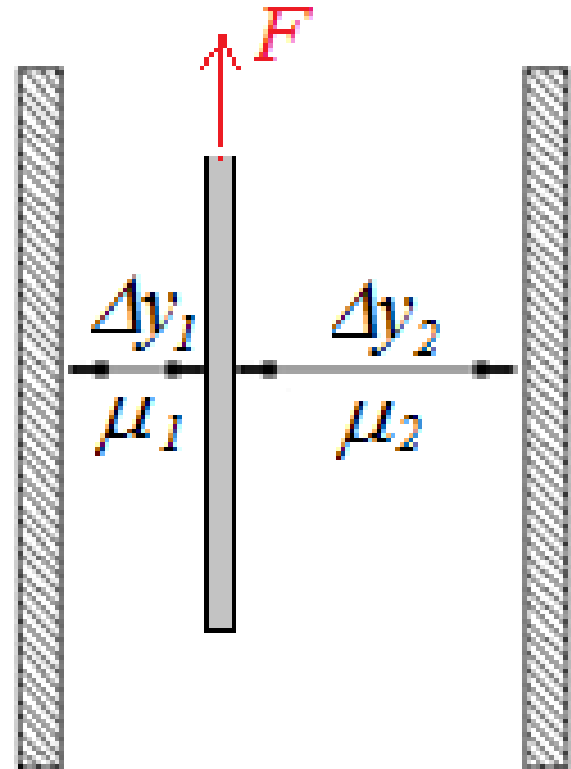


Ejemplo 3: En el diagrama se presenta una placa de peso insignificante, que se mueve hacia arriba por la acción de una fuerza F cuando está situada de manera equidistante entre dos superficies fijas.

Los espacios entre las placas se llenan con petróleo cuya viscosidad dinámica es de $\mu = 1.64 \times 10^{-3} \text{Ns/m}^2$. Si el área de contacto a ambos lados de la placa es de 2.5 m^2 , y la distancia de la placa a la pared es de 1.2 cm , encuentre el valor de la fuerza que se ejerce cuando la placa se mueve a velocidad constante de 2.5 mm/s .



Ejemplo 4: En el siguiente diagrama el espacio total entre dos paredes fijas es de 12.7 mm. Una placa de dimensiones infinitas se hala hacia arriba entre dos fluidos, a la izquierda la viscosidad dinámica es de $\mu_1 = 16.2 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2$ y a la derecha es de $\mu_2 = 42 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2$, encuentre la ubicación lateral de la placa cuando ésta llega a su posición de equilibrio si el espesor de la placa es de 0.7937 mm.

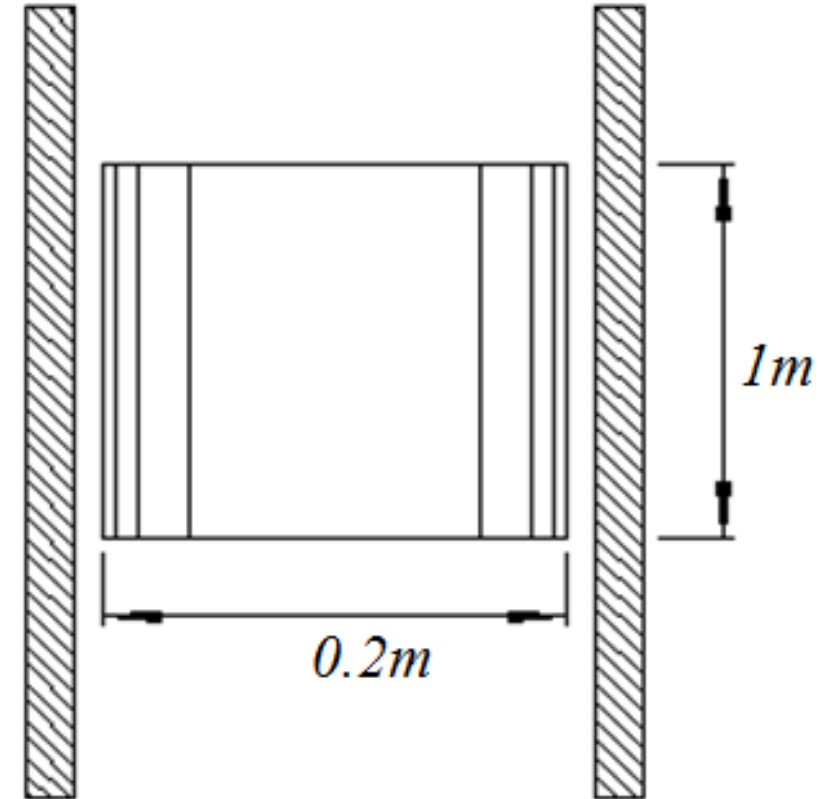


Ejemplo 5: Compara la fuerza que se requiere para mover un bloque de 60 toneladas a velocidad constante de 1m/s con:

a) Fricción seca: ($\mu_s = 0.6$ y $\mu_d = 0.4$)

b) Con lubricación viscosa ($d = 0.01mm$ y $\mu = 0.4 \text{ poises}$)

Ejemplo 6: Un cilindro de 0.2 m de diámetro y 1m de longitud está dispuesto de manera concéntrica dentro de una tubería cuyo diámetro interior es de 0.206 m. Si entre el cilindro y la tubería hay una película de aceite ¿Cuál es la fuerza mecánica para desplazar el cilindro por la tubería con velocidad de 1m/s?. Considere que la viscosidad cinemática del aceite es de $\nu = 6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ y su gravedad específica es de 0.92. Haga caso omiso del peso del cilindro.



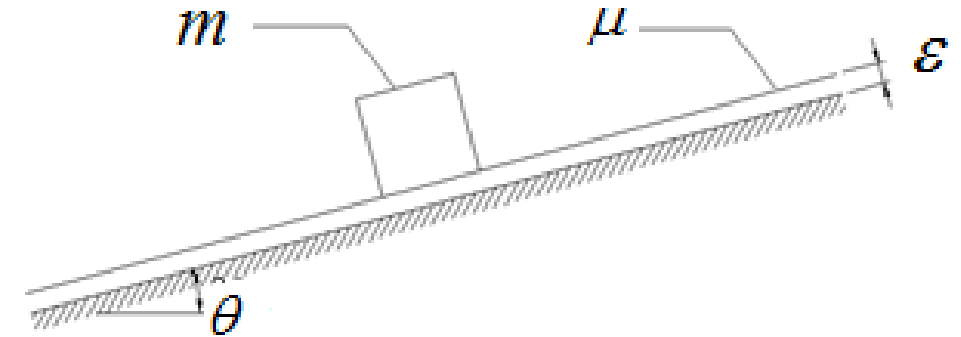
Viscosímetros

Viscosímetros

- Un **viscosímetro** (o viscómetro) es un instrumento empleado para medir la viscosidad.
- Fue Isaac Newton el primero en sugerir una fórmula para medir la viscosidad de los fluidos (LVN).
- En 1884 Jean Léonard Marie Poiseuille mejoró la técnica estudiando el movimiento de líquidos en tuberías.
- Los viscosímetros tienen una base teórica que, en un principio, garantiza poder medir la viscosidad de cualquier fluido ante diferentes procesos, como: la rotación de placas o escurrir por superficies.

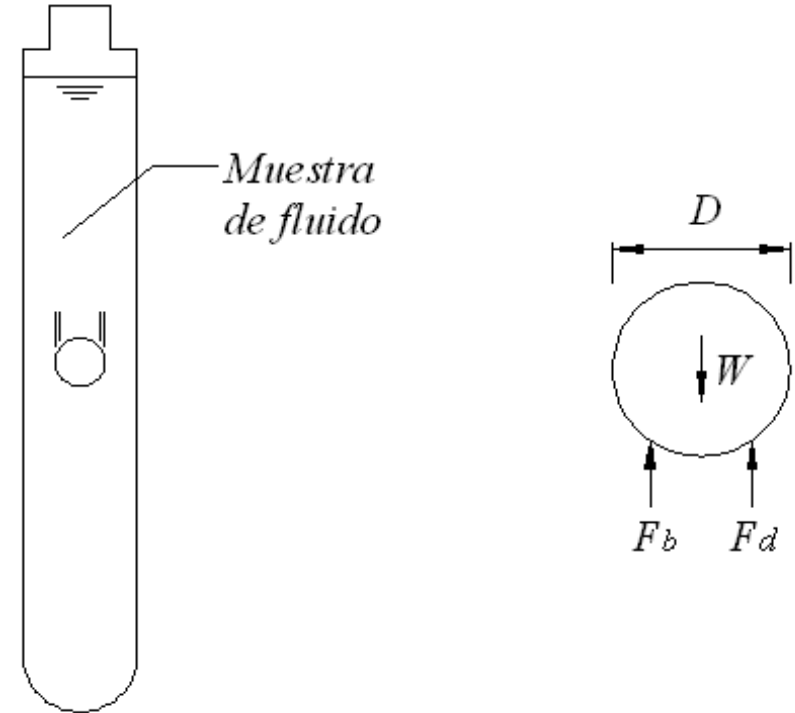
Viscosímetro de plano inclinado (Flujo Couette)

Un bloque de madera de masa m desciende por un plano inclinado con velocidad constante. Asumiendo flujo laminar y fluido incompresible, determine una expresión de cálculo para determinar la viscosidad dinámica del fluido.



Viscosímetro de Stokes o Caída de esferas

Determinar una expresión para la velocidad límite de caída de una esfera de diámetro D y peso específico γ_s , que cae dentro de un tubo con un fluido de peso γ_f . Esta expresión es válida para medir la viscosidad de un fluido (viscosímetro de bola)? (Ley de Stokes)



Viscosímetros de rotación – Cilindros de rotación

(Problema propuesto en Munson et al, 1997). Se tienen dos cilindros concéntricos separados a una distancia h . El cilindro interior rota a una velocidad angular ω y el exterior está en reposo. Al interior de ambos cilindros se tiene un fluido con viscosidad dinámica μ . Hallar el torque total en la pared del cilindro interno.

