Profesorado en Física, Licenciatura en Física y Astronomía

Física General II

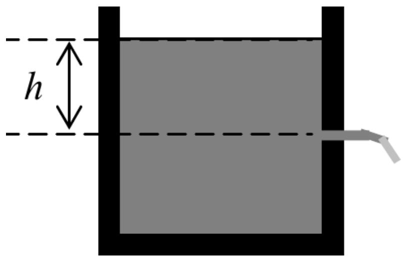
Guía N°2: Hidrodinámica y Viscosidad

Problema 1: La superficie libre del agua contenida en un tanque, que abastece de agua a un edificio, se encuentra a una altura $h = 10\,\mathrm{m}$ sobre el nivel del suelo y se mantiene constante, independientemente del consumo en el edificio.

a) En la planta baja (a nivel del suelo) una canilla de riego está entregando agua a razón de $0{,}001\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$. Si el diámetro del orificio de salida de la canilla es $d = 1\,\mathrm{cm}$, ¿cuál es la presión del agua justo antes de abandonar la canilla?

b) Suponga que en el primer piso (a $3\,\mathrm{m}$ de altura sobre el nivel del suelo), una canilla con diámetro de salida $d = 2\,\mathrm{cm}$, también está entregando el mismo caudal de agua que la del inciso anterior. ¿Con qué velocidad sale el agua de esta canilla? ¿Cuál es la presión del agua justo antes de abandonar la canilla?

Problema 2: *Ley de Torricelli.* La figura muestra un líquido que está siendo descargado de un tanque a través de un orificio que se encuentra a una distancia h por debajo de la superficie libre del líquido (el tanque está abierto arriba).



a) Encontrar la velocidad de salida del líquido en función de h.

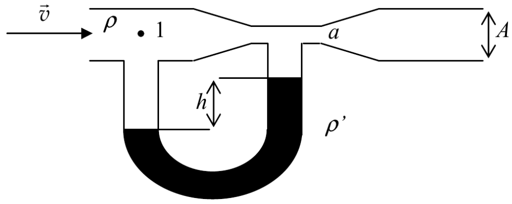
b) Asumiendo que el orificio de salida, en la pared lateral, está practicamente en la base del tanque y tiene sección transversal de área a, mientras que la sección transversal del tanque tiene área A, calcular el tiempo que tarda el tanque en vaciarse, suponiendo que el nivel inicial de agua es H. Discutir el caso en que $a << A$.

Problema 3: Un líquido sale por el orificio inferior de un tubo vertical de radio r_0 con velocidad v_0 y cae libremente bajo la acción de la gravedad. La vena líquida que se forma bajo flujo laminar adopta una forma muy particular cuyo radio disminuye a medida que se desciende con el líquido. Colocar un eje coordenado vertical y que apunta hacia abajo, con origen en la boca del tubo.

a) Escriba la relación entre la velocidad de la vena líquida y la ordenada y, esto es, $v(y)$.

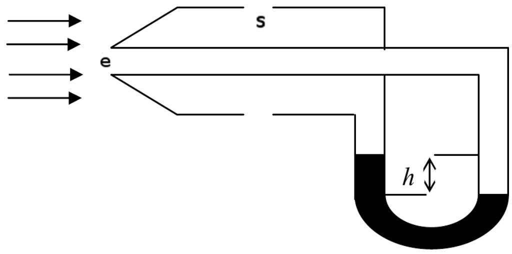
b) Determinar el radio de la vena líquida en función de la ordenada y, esto es, $r(y)$.

Problema 4: *Tubo Venturi.* Un fluido de densidad ρ fluye por una tubería de sección transversal variable, siendo su área A en las secciones de entrada y salida y a en el cuello interno. Un manómetro en U, con un líquido de densidad ρ', se acopla entre la sección de entrada y el cuello interno. Si la diferencia de altura entre las ramas del manómetro es h, encontrar la velocidad del flujo en el punto 1.



Problema 5: *Tubo de Pitot.* El dispositivo del esquema se emplea para medir la velocidad de flujo de un gas, o bien de la de un vehículo que se mueve con respecto al gas en el que se desplaza. Considere que el gas de densidad ρ fluye de forma laminar con velocidad paralela al eje del tubo que presenta un orificio frontal (e) y una serie de orificios perpendiculares al flujo (s).

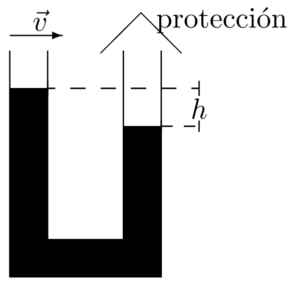
La velocidad del gas puede considerarse nula justo en la abertura frontal del tubo. Determinar la velocidad del gas respecto del tubo de Pitot, a partir de la lectura manométrica h. Suponer que el líquido manométrico tiene densidad ρ_l ($\rho_l >> \rho$).



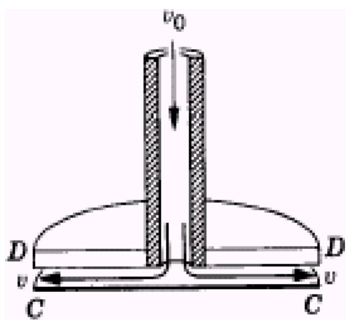
Problema 6: En la figura se representa un tubo en U, dispuesto verticalmente, que está abierto en ambos extremos y parcialmente lleno de agua. El brazo derecho está protegido de cualquier movimiento del aire. Se sopla a través de la parte superior del brazo izquierdo con una velocidad de viento v, tal que se observa una diferencia de nivel de agua entre ambos tubos $h = 1\,\text{cm}$.

a) Explique cuál es el origen del desnivel de agua entre los tubos.

b) Calcule la velocidad del viento necesaria para generar el desnivel visualizado. Considerar la densidad del aire $\rho_a = 1,29\,\text{Kg/m}^3$.



Problema 7: Un tubo hueco tiene un disco D adosado a su extremo como se muestra en la figura. Cuando se sopla aire (densidad ρ) por el interior del tubo, el disco atrae a la tarjeta CC. Sea A el área de la tarjeta y v la velocidad promedio del aire que circula entre la tarjeta y el disco. Calcular la fuerza hacia arriba resultante sobre la tarjeta. Considerar que el peso de la tarjeta es menor a dicha fuerza y suponer que la velocidad v_0 del aire en el interior del tubo cumple la desigualdad $v_0 << v$.



Problema 8: Un fluido de viscosidad η y densidad ρ, fluye en régimen estacionario por un tubo cilíndrico horizontal de radio R y longitud L. Suponga que la velocidad del fluido en contacto con las paredes es cero. Teniendo en cuenta la definición de viscosidad, puede encontrarse que el valor de la fuerza viscosa F, ejercida sobre un cilindro imaginario de longitud L y radio r ($r < R$), por el fluido que lo rodea es

$$F = 2\,\pi\, r\, L\, \eta \left| \frac{dv}{dr} \right| .$$

Usando este resultado, reproducir en detalle los pasos para obtener la *Ley de Poiseuille* para el flujo de masa,

$$J = \frac{\pi\, R^4\, \rho\, \Delta P}{8\, \eta\, L} ,$$

donde ΔP es la diferencia de presión entre los extremos del tubo de largo L y radio R.

Problema 9: El émbolo de una jeringa tiene radio R mientras que el radio interior de la aguja acoplada es r y su longitud es L.

a) Bajo el supuesto que el fluido contenido en la jeringa es no viscoso y tiene densidad ρ, calcular la velocidad con la cual es expulsado por la boca de la jeringa, si se aplica una fuerza constante F_1 sobre el émbolo. Suponer que el líquido es liberado en el aire a la presión atmosférica p_a y que el líquido en el interior de la jeringa está prácticamente en reposo.

b) Suponiendo ahora que el líquido tiene viscosidad η pero igual densidad ρ que en el caso anterior, calcular la fuerza constante F_2 que debe ejercerse sobre el émbolo para mantener el mismo caudal de salida del ítem **(a)**.

Problema 10: *Ley de Stokes (1851).* Una esfera uniforme de radio R y densidad ρ "cae" bajo la acción de la gravedad en el seno de un fluido de viscosidad η y densidad ρ_l. Según George Stokes, la fuerza viscosa que se opone al movimiento de la esfera, para número de Reynols muy bajo, viene dada por $F_\eta = \alpha\, \eta\, v$, donde la constante α depende de la geometría del cuerpo. Para el caso de una esfera se tiene $\alpha = 6\,\pi\, R$.

a) Escribir una expresión genérica para la velocidad terminal; es decir, aquella que alcanza la esfera cuando se equilibran todas las fuerzas que actúan sobre ella en el medio viscoso.

b) Calcular la velocidades terminales de dos esferas de acero con diámetros iguales a 2 y 5 mm.

c) Escribir un expresión genérica para la velocidad de la esfera en función del tiempo, suponiendo que en el instante inicial, se mueve con velocidad v_0 en dirección vertical y considerando ambos sentidos de movimiento en el instante inicial (hacia arriba y hacia abajo).

d) Calcular para las esferas del item **(b)** los tiempos característicos asociados con el término que contiene información sobre la velocidad inicial.