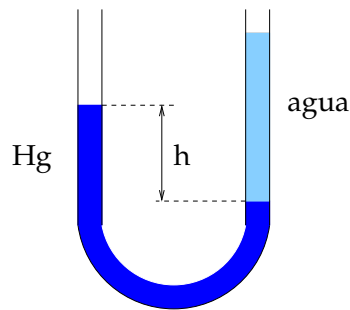


Hidrostatica

1. Aspirando a fondo, la presión manométrica en los pulmones puede reducirse a -80 mm Hg. ¿Cuál es la altura máxima a la que puede ser sorbida el agua en una pajita?

[Solución: 1,09 m]

- ♣ 2. Un tubo en forma de U se coloca verticalmente y se llena parcialmente con mercurio. En una de las ramas del tubo se vierte agua hasta conseguir que el desnivel entre las superficies libres del mercurio en ambas ramas sea de $h = 0,7$ cm. (a) ¿Qué altura alcanza la columna de agua? (b) A continuación se vierte aceite en la otra rama del tubo hasta conseguir que las superficies libres del mercurio en las dos ramas se encuentren al mismo nivel, para lo que se precisa una columna de 12 cm de aceite. ¿Cuál es la densidad del aceite?



[Solución: (a) 9,52 cm; (b) $\rho_{aceite} = 0,79$ g/cm³]

3. Se aplica una fuerza de 4 N al émbolo de una jeringa hipodérmica cuya sección transversal tiene un área de 2,5 cm². (a) ¿Cuál es la presión (manométrica) en el fluido que está dentro de la jeringa? (b) El fluido pasa a través de una aguja hipodérmica cuya sección transversal tiene un área de 0,008 cm². ¿Qué fuerza habría de aplicarse al extremo de la aguja para evitar que el fluido saliera? (c) ¿Cuál es la fuerza mínima que debe aplicarse al émbolo para inyectar fluido en una vena en la que la presión sanguínea es 12 mm Hg?

[Solución: (a) $1,6 \times 10^4$ N/m²; (b) 0,0128 N; (c) $F_{min} = 0,4$ N]

- ♣ 4. Un recipiente lleno de agua está colocado encima de una báscula que indica un valor de 50 kp. ¿Qué valor indicará la báscula en cada una de las siguientes situaciones?: (a) Cuando colocamos sobre el agua un trozo de madera que pesa 2 kp sin que se derrame agua; (b) cuando colocamos en el fondo del recipiente una piedra de 2 kp sin que se derrame agua; (c) Cuando el recipiente está inicialmente lleno hasta el borde, y se coloca el trozo de madera de modo que el agua rebosa y cae fuera de la báscula.

[Solución: (a) 52 kp; (b) 52 kp; (c) 50 kp]

5. El peso aparente de un cuerpo en el agua es $P_1 = 4$ kp y en un aceite de densidad $\rho_2 = 0,8$ g/cm³ es $P_2 = 4,4$ kp. Calcular (a) la masa del cuerpo y (b) su densidad.

[Solución: (a) 6 kg; (b) 3 g/cm³]

- ♣ 6. Un bloque cúbico de acero flota sobre mercurio. Las densidades de acero y mercurio son $\rho_{\text{acero}} = 7,8 \text{ g/cm}^3$ y $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. (a) ¿Qué fracción del volumen del bloque sobresale del mercurio?. (b) Si vertemos agua sobre el mercurio, ¿qué fracción de arista cubrirá el agua si el bloque queda cubierto por ella?

[Solución: (a) 43 %; (b) 46 %]

7. Supongamos que repetimos el experimento original de Arquímedes sumergiendo en agua ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$) la corona del rey Herión II, que tiene un peso real de 98 N pero aparenta pesar 92,92 N totalmente sumergida. Averiguar si la corona es de oro ($\rho_{\text{oro}} = 19,3 \text{ g/cm}^3$).

[Solución: Sí es de oro]

- \$1.** ¿Cuántos pingüinos de 10 kg puede soportar sin hundirse en el mar una placa de hielo de superficie 1 m^2 y espesor 50 cm? (Tomar como densidad del agua del mar $1,025 \text{ g/cm}^3$ y como densidad del hielo $0,97 \text{ g/cm}^3$ y suponer que la densidad de los pingüinos es mayor que la del agua.)

Hidrodinámica de fluidos ideales

- ♣ 8. Las esponjas de mar son animales que viven en el fondo marino cuya alimentación está basada en la continua filtración de agua. La esponja tiene aberturas pequeñas y grandes en su superficie. El agua entre por las aberturas pequeñas y sale por las grandes. La velocidad de flujo del agua que atraviesa una esponja es impresionante: es capaz de propulsar a través de ella un volumen de agua igual a su propio volumen cada cinco segundos. Durante mucho tiempo, los zoólogos se habían preguntado cómo impulsa el agua una esponja por sus conductos internos. Se formulaban distintas hipótesis: la existencia de músculos, el impulso mediante flagelos, etc. Se duda, sin embargo, de la capacidad de los flagelos para impulsar tanta agua. Si suponemos que los flagelos pueden impulsar el agua con una velocidad máxima de $50 \mu\text{m/s}$ y sabemos que el agua sale a 20 cm/s por los conductos grandes, que tienen una área de 1 cm^2 , y que el área de los conductos de entrada es de unos 6000 cm^2 , probar si es plausible la propulsión de agua mediante flagelos.

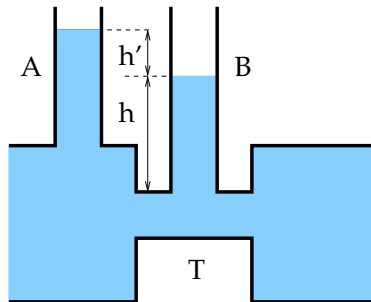
[Solución: $v = 33 \mu\text{m/s}$, sí es plausible]

9. La acción capilar por sí sola no puede justificar el ascenso de savia en los árboles grandes. El mecanismo principal es el esfuerzo de tracción o *presión negativa* que se produce cuando se evapora el agua de las hojas de los árboles. Un árbol evapora $1,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ de agua por cada m^2 de área. El área del xilema por el que viaja la savia ocupa un 7% del área transversal del tronco del árbol. Con estos datos, calcular la velocidad de ascenso de la

savia en un árbol que posee una superficie en hojas de 2 m^2 y un área transversal en el tronco de $21,4 \text{ cm}^2$.

[Solución: $v = 200 \text{ } \mu\text{m/s}$]

- ♣ 10. Para saber la velocidad de un líquido ($\rho = 1,03 \text{ kg/l}$) en un conducto se empalma un tubo T de menor sección, colocamos tubos manométricos A y B, como indica la figura, y medimos la diferencia de altura (5 cm) entre los niveles superiores del líquido en tales tubos. Sabiendo que la sección de T es 10 veces menor que la del conducto, calcular la velocidad del líquido en éste.



[Solución: $v = 9,95 \text{ cm/s}$]

11. En una arteria se ha formado una placa arterioesclerótica, que reduce el área transversal a $1/5$ del valor normal. ¿En qué porcentaje disminuye la presión en el punto donde ha habido este accidente vascular? (presión media normal de la sangre, 100 mm Hg ; velocidad normal de la sangre, $0,12 \text{ m/s}$; densidad de la sangre, $1,05 \text{ g/cm}^3$).

[Solución: $1,36 \%$]

12. Cada ala de un avión tiene un área de 25 m^2 . Si la velocidad del aire es de 50 m/s en la superficie inferior del ala y de 65 m/s en la superficie superior del ala, determinar el peso del avión. (Suponer que toda la sustentación la proporcionan las alas y que el avión vuela nivelado con velocidad constante a una altura donde la densidad del aire es 1 kg/m^3 .)

[Solución: $4,31 \times 10^4 \text{ N}$]

13. Calcular la velocidad de despegue de un avestruz, que es unas 25 veces más grande que un vencejo, el cual levanta el vuelo cuando alcanza una velocidad de 21 km/h . Suponer que las constantes de sustentación de las dos aves son iguales.

[Solución: $v = 105 \text{ km/h}$]

- ♣ 14. Un gorrión de 15 g necesita alcanzar una velocidad de 5 m/s para poder volar. Si coge del suelo un gusano de 5 g , ¿cuál tendrá que ser la velocidad?

[Solución: $v = 5,77 \text{ m/s}$]

- \$2.** Por un tubo de 1 cm de radio circula agua a una velocidad de 1 m/s, a una presión de 2 atm. Después de un recodo la altura del tubo aumenta en 1 m, respecto a su situación anterior, y su radio se reduce a 0,50 cm. ¿Cuál es la presión del agua en el tubo en esta última situación?

Hidrodinámica de fluidos reales

15. La aorta humana tiene un radio de unos 10 mm. El corazón bombea sangre a razón de 6 litros por minuto. (a) Calcular la velocidad media del flujo sanguíneo en la aorta. (b) Sabiendo que hay aproximadamente $4,5 \times 10^8$ capilares de 2 μm de radio, determinar la velocidad media de la sangre en un capilar.
[Solución: (a) $v = 31,8$ cm/s; (b) $v = 1,77$ cm/s]
- ♣ 16. Desde un frasco, y a través de un tubo, fluye suero que llega al brazo de un paciente. Cuando el frasco está a 1,5 m de altura por encima del brazo, (a) ¿cuál es la presión del suero a la entrada de la aguja que se inserta en la vena? La presión sanguínea en la vena es 12 mm Hg superior a la presión atmosférica. Introducimos en ella suero con una aguja de 3 cm de longitud y 0,36 mm de radio interior. (b) ¿Qué caudal de suero recibe el enfermo?
Datos: Densidad del suero = 1,05 g/cm³; viscosidad del suero = 1,3 cP (1 cP = 10⁻² g cm⁻¹ s⁻¹).
[Solución: (a) 116 mm Hg; (b) 2,34 cm³/s]
- ♣ 17. Una aguja hipodérmica tiene una longitud de 8 cm y un radio interno de 0,4 mm. (a) ¿Cuál es la resistencia hidrodinámica de la aguja al paso del agua? La aguja se pone en una jeringa con un émbolo de 3,5 cm² de sección. (b) ¿Con qué fuerza hay que empujar el émbolo para conseguir que el caudal del medicamento sea de 2 cm³/s en un tejido cuya presión es de 9 mm Hg?
Datos: Viscosidad del medicamento = 1 cP.
[Solución: (a) $7,96 \times 10^9$ N s m⁻⁵; (b) 6 N]
18. Cuando una ternera está en reposo su corazón bombea sangre a un ritmo de 60 cm³/s. La caída de presión del sistema arterial al sistema venoso es de 12×10^4 dyn/cm². (a) ¿Cuál es la resistencia al flujo de su sistema circulatorio? (b) Un corazón artificial experimental alimentado por una bomba eléctrica se implanta en lugar del corazón del animal. Si la bomba tiene un rendimiento del 50%, ¿qué potencia eléctrica se necesitará?
[Solución: (a) 2×10^8 N s m⁻⁵; (b) 1,44 W]
19. El radio de un capilar es de 4 μm y su longitud es de 3 mm. En el lecho vascular mesentérico de un perro joven se ha calculado que existen unos $4,73 \times 10^7$ capilares. Suponiendo que

todos ellos estuvieran conectados en paralelo, ¿cuál sería la resistencia hidrodinámica neta del lecho?

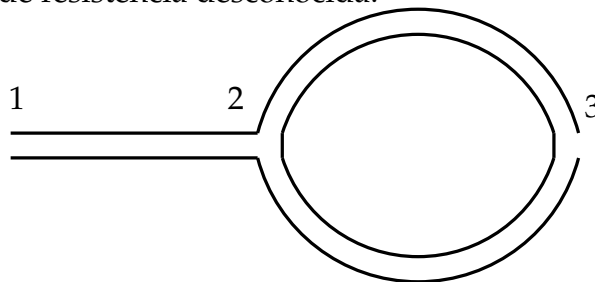
Datos: Viscosidad de la sangre = $2,084 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2 = 2,084 \text{ cP}$.

[Solución: $R = 1,31 \times 10^9 \text{ N s m}^{-5}$]

20. Calcular la resistencia al flujo de un capilar humano típico de $2 \times 10^{-6} \text{ m}$ de radio y 1 mm de longitud. A partir de este resultado, evaluar el número de capilares en un hombre, sabiendo que el caudal neto a través de la aorta es $83 \text{ cm}^3/\text{s}$ y que la caída de presión del sistema arterial al sistema venoso es 11,6 kPa. Supóngase que todos los capilares son iguales, que están en paralelo y que el 9 % de la caída de presión tiene lugar en los capilares. ($\eta_{\text{sangre}} = 2,084 \text{ cP}$)

[Solución: $R = 3,3 \times 10^{17} \text{ N s m}^{-5}$; $n = 2,62 \times 10^{10}$ capilares]

- ♣ 21. Un conducto de 10^8 N s/m^5 de resistencia hidrodinámica está unido en serie a otros dos unidos entre sí en paralelo. La resistencia de uno de ellos es de $3 \times 10^8 \text{ N s/m}^5$. La caída de presión total $p_1 - p_3$ es 200 mm Hg y el caudal del primer conducto es 5,3 l/min. Encontrar: (a) la caída de presión $p_2 - p_3$, (b) la resistencia desconocida, (c) el caudal a través del conducto de resistencia desconocida.



[Solución: (a) $1,78 \times 10^4 \text{ Pa}$; (b) $6 \times 10^8 \text{ N s m}^{-5}$; (c) $2,9 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$]

- § 22. Supongamos la arteria arterioesclerótica del Prob. 11, con un radio $r = 1 \text{ mm}$. Si la zona obstruida tiene una longitud $L = 10 \text{ cm}$, calcular la caída de presión debida a la viscosidad de la sangre y compararla con la debida sólo al estrechamiento, que ya habíamos calculado. (La viscosidad de la sangre es $\eta = 2,084 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2$.)

[Solución: 37,5 mm Hg]

- ♣ 23. Muchos estudios clínicos han revelado que en las arterias se acumulan depósitos que estrechan el paso de la sangre a través de ellas. Comparar una arteria sana con una enferma en la que la sección se ha reducido un factor 0,6. (a) ¿Cuál será el cambio en la diferencia de presión que tiene que existir entre los extremos de la arteria lesionada para que se mantenga en circulación el mismo caudal de sangre que pasaba cuando la arteria estaba sana? (b) Si quisiéramos solventar el problema mediante un injerto en paralelo, ¿cuál tendría que

ser el radio del mismo para que no hubiese ningún cambio en el gradiente de presión ni en el caudal con respecto a la arteria sana? Suponer que la longitud del tramo injertado es igual a la del tramo enfermo.

[Solución: (a) 2,78 veces la Δp original; (b) $r_{\text{injerto}} = 0,90r_{\text{sana}}$]

24. Consideremos que los poros de la membrana celular son cilindros de 4 Å de radio (1 Å (Angstrom) = 10^{-10} m) y de 80 Å de longitud (grosor de la membrana). Supongamos que hay $2,5 \times 10^{10}$ poros por cada centímetro cuadrado de membrana. Si se aplica una diferencia de presión de 5 mm Hg entre el exterior y el interior de la célula, ¿qué cantidad de agua entrará por los poros por cada centímetro cuadrado si la viscosidad del agua es 1 cP?

[Solución: 2×10^{-8} cm³/s]

25. ¿Para qué caudal se volvería turbulento el flujo de agua en una tubería de 1 cm de diámetro?

[Solución: 23,56 cm³/s]

- ♣ 26. Calcular la velocidad de caída de una gota de lluvia de 10^{-2} mm de radio en aire suponiendo que es aplicable la ley de Stokes. Verificar que el número de Reynolds es menor que 1. Calcular a partir de qué radio esta aproximación ya no es válida. ($\rho_{\text{aire}} = 1,25$ kg/m³ y $\eta_{\text{aire}} = 1,8 \times 10^{-5}$ N s/m².)

[Solución: $v = 1,2$ cm/s ; $r_{\text{max}} = 4 \times 10^{-2}$ mm]

- \$3.** Un depósito de agua tiene una altura de 2 m de líquido por encima de las salidas de desagüe (ver Figura). El riego puede realizarse mediante dos mangueras de 10 m de longitud, siendo 1 cm el radio de una de ellas y 0,3 cm el de la otra. ¿Qué caudal de agua sale por cada una de las mangueras? ($\eta_{\text{agua}} = 10^{-3}$ Ns/m² a 20°C.)

