

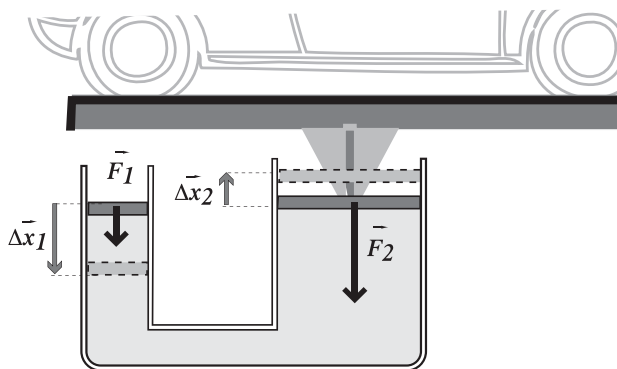
Unidad 2 Primera parte

Fluidos

Hidrostática

1- Las suelas de los zapatos de una persona de 70 kilogramos tienen un área de 100 cm² cada una. ¿Cuál es la presión adicional en el suelo, debido a la persona de pie? Expresar el resultado en kgf/cm² y en Pa. ¿Se modifica si la persona se pone en puntas de pie?

2- Los diámetros de los émbolos grande y pequeño de un elevador hidráulico son 24 y 8 cm, respectivamente. Ambos tienen masa despreciable.



a) ¿Cuál es el módulo de la fuerza perpendicular que debe aplicarse al émbolo más pequeño para mantener en equilibrio y a la misma altura el émbolo grande, sobre el cual está apoyado un automóvil de 1.000 kg? Si el émbolo chico estuviera más abajo que el grande, ¿el módulo de la fuerza sería el mismo?

b) Si el émbolo grande asciende 5 cm, ¿cuánto desciende el émbolo pequeño?

c) Si se desprecian los efectos dinámicos, ¿cuál de las siguientes relaciones es la única correcta?

- $p_2 = 3 p_1$ $F_2 = 3 F_1$ $\Delta x_2 = \Delta x_1 / 3$
 $L_{F2} = 9 L_{F1}$ $F_2 = 6 F_1$ $L_{F2} = -L_{F1}$

3- El enfermero te dice que tu presión arterial es 12 – 8 (12 cmHg en la sístole y 8 cmHg en la diástole). Sabés que la presión atmosférica es de 76 cmHg. Si la presión arterial fuera menor que la atmosférica, ¿cómo se explica que al lastimarte, la sangre salga de la herida en vez de que el cuerpo se infle con aire?

4- En una jeringa el émbolo tiene un área de 2,5 cm² y el líquido pasa por una aguja de 0,8 mm² de sección transversal. ¿Qué fuerza mínima debe aplicarse al émbolo para inyectar el líquido en una vena en que la presión manométrica sanguínea es de 1 cmHg?

5- a) ¿A qué altura mínima, con respecto al brazo, debe colocarse una bolsa de suero (densidad 1 kg/lit) para que el líquido entre a la vena? (presión manométrica en la vena es de 10 mmHg).

b) ¿Qué sucede si el paciente se levanta con el suero puesto y disminuye la altura de la bolsa respecto al brazo?

6- Dos vasos cilíndricos, A y B, tienen 15 cm de altura. El vaso A tiene una base de 2 cm². La base del vaso B es el doble que la de A.

En cada vaso se vierten 20 cm³ de agua.

a) ¿Cuál es la presión debida al peso del agua en cada vaso a 4 cm de profundidad?

b) ¿Cuál es la presión generada por el agua en el fondo de cada vaso?

c) ¿Las presiones calculadas en a) y b) son las presiones absolutas?

7- Con un intenso esfuerzo de succión, la presión en la cavidad bucal puede ser 80 mmHg inferior a la presión atmosférica. Con esta información, ¿cuál sería la máxima altura a la que podría ser sorbida el agua con una pajita?

8- **Buceo.** El primer dispositivo inventado para que las personas realicen inmersiones prolongadas fue un largo tubo que conectaba la boca del buzo con la atmósfera. En la figura se muestra un tubo respiratorio diseñado por Leonardo Da Vinci. Tenía una longitud de un metro y constaba de un disco de corcho en el extremo superior de modo que siempre sobresaliera de la superficie del agua.

a) Sin embargo, el uso de este tubo en una inmersión haría muy dificultosa la respiración. Considere la superficie del pecho como de aproximadamente 0,1 m², ¿cuál sería la fuerza extra sobre el pecho a 1 m de profundidad? ¿Cómo consiguen expandir sus pulmones los buzos a pesar de la gran presión del entorno cuando respiran el aire contenido en sus botellas portátiles de buceo?

b) Calcule la presión absoluta a 10 m de profundidad; exprésela en atmósferas.

La inmersión a más de 30 m de profundidad utilizando tanques con aire atmosférico comprimido puede resultar tóxico ¿cuál es la presión del aire comprimido respirado en ese caso límite?

c) La diferencia de presión entre el agua y el oído medio puede provocar un daño en los tímpanos si el buzo no hace una maniobra de compensación mientras se sumerge. Calcule la fuerza extra que soportaría la membrana del tímpano a 30 m de profundidad si la presión interna detrás del tímpano se mantuviera constante durante la inmersión. (Diámetro del tímpano 10 mm).



9- En el circuito sanguíneo periférico la sangre sale del corazón por la aorta con una presión manométrica media de unos 95 mmHg y vuelve al corazón por las venas principales con una presión manométrica de unos 3 mmHg. La caída de presión ocurre principalmente en los lechos vasculares (conformados por arteriolas, capilares y vénulas). En las arterias principales y en las venas principales no hay casi pérdida de presión por efectos viscosos. Por eso, para una persona acostada la presión manométrica en las arterias principales de todo el cuerpo es, prácticamente, la misma y vale unos 95 mmHg. A lo largo de las grandes venas la presión manométrica es también uniforme y vale unos 3 mmHg.

En cambio, cuando la persona está parada, la acción gravitatoria determina que la presión a lo largo de las arterias principales varíe en función de la altura (los efectos dinámicos son despreciables).

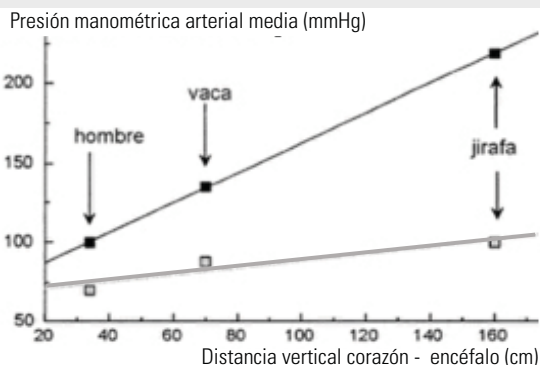
a) Estime por consideraciones hidrostáticas las diferencias de presión sanguínea entre las arterias de la cabeza y el corazón, del corazón y los pies, y de la cabeza y los pies de una persona parada de 1,75 m de altura. Aproxime la densidad de la sangre por 1 kg/l y la distancia entre la cabeza y el corazón por 50 cm.

b) Calcule la presión manométrica, expresada en mmHg, en una arteria mayor y en una vena mayor del pie cuando la persona está parada.

10- a) La jirafa mide unos 5 m y su corazón está aproximadamente a la mitad de su altura. Tiene una presión manométrica arterial, en reposo y a nivel de la aorta, de 240 y 190 mmHg (sistólica y diastólica) ¿este valor de presión tan alto qué problema hidrostático le resuelve? ¿qué problema le resuelve la piel de las patas que forma un manguito apretado a modo de “medias elásticas”? Estime la presión manométrica arterial en las patas. Aproxime la densidad de la sangre por 1 kg/l.

b) También cuenta con una red de vasos y válvulas en el cuello que previenen el exceso de flujo de sangre al cerebro cuando la jirafa baja su cabeza para tomar agua ; estime la diferencia de presión sanguínea que habría en el cerebro debida a la gravedad entre una posición y otra, si no tuviera esta adaptación.

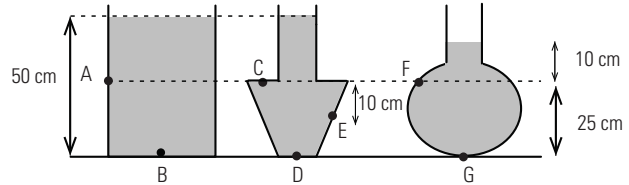
c) El gráfico adjunto muestra la presión manométrica arterial media a nivel del corazón y a nivel del encéfalo en función de la distancia vertical (en posición erecta) entre el corazón y el encéfalo para distintos animales.



Identifique qué línea corresponde a la presión a nivel del corazón y qué línea corresponde a la presión a nivel del encéfalo.

d) Usando los valores del gráfico, justifique el valor de la diferencia de presión arterial entre el corazón y el encéfalo para cada especie.

11- Los tres recipientes abiertos de la figura contienen agua hasta los niveles indicados.



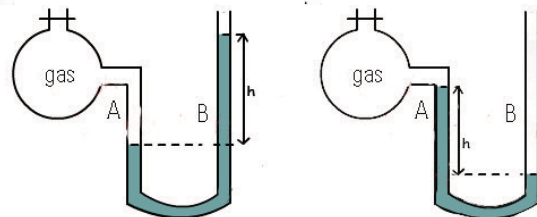
a) Indique la dirección y el sentido de las fuerzas que el líquido ejerce sobre las paredes del recipiente en los puntos marcados.

b) En referencia a las presiones hidrostáticas en los puntos dados, ordénelas de menor a mayor, sin efectuar cálculos.

c) Calcule la presión hidrostática (en este caso, coincidente con la manométrica) en cada uno de los puntos indicados.

12- Un recipiente cerrado contiene aire a presión atmosférica y está conectado a un manómetro en forma de U que contiene mercurio y cuya otra rama está abierta a la atmósfera. Si se extrae aire del recipiente, cuando la presión en su interior sea 1/4 de atmósfera, el nivel de mercurio en la rama A conectada al recipiente estará, respecto a la rama B abierta (la presión atmosférica es la normal):

- A 57 cm más alto que B
- A 57 cm más bajo que B
- A 19 cm más alto que B
- A 19 cm más bajo que B
- A 76 cm más alto que B
- A a la misma altura que B

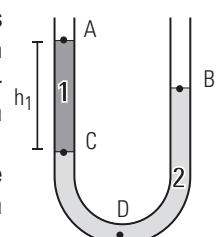


13- El tubo de la figura tiene ambos extremos abiertos, y contiene dos líquidos inmiscibles (que no se mezclan entre sí) en equilibrio, de densidades δ_1 y δ_2 , respectivamente. La presión atmosférica es p_0 .

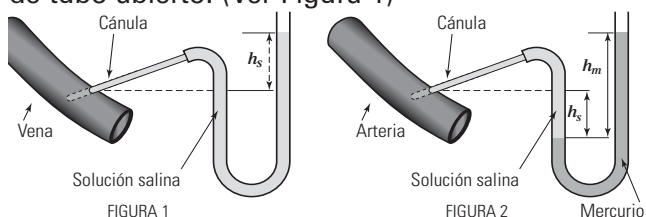
a) Si se desprecia la variación de la presión con la altura en el aire, la única opción correcta es:

- $\delta_1 > \delta_2$
- $p_D < p_0$
- $p_B < p_A$
- $p_B > p_C$
- $p_C > p_B$
- $p_B > p_A$

b) Si $\delta_1 = 800 \text{ kg/m}^3$; $\delta_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$; $h_1 = 20 \text{ cm}$; ¿cuál es el desnivel entre A y B?



14- La presión sanguínea se puede medir por un método invasivo llamado *canulación*. Se inserta en el vaso una cánula que contiene una solución salina con anticoagulante, cuya densidad es 1060 kg/m^3 , y se conecta a un manómetro de tubo abierto. (Ver Figura 1)



a) ¿Cuál es la altura de la solución h_s cuando se mide una presión manométrica venosa de 5 mmHg ?

b) ¿Cuál debería ser esa altura si se midiera una presión manométrica arterial de 90 mmHg ? ¿resultaría práctico?

c) Para presiones arteriales se agrega en el tubo también mercurio, cuya densidad es de 13600 kg/m^3 (ver figura 2). Las medidas de las alturas de ambos líquidos en las dos ramas permiten medir la presión en el vaso sanguíneo.

Si $h_s = 5 \text{ cm}$ y $h_m = 9 \text{ cm}$; calcule la presión manométrica de la arteria, expréselo en pascales y en mmHg .

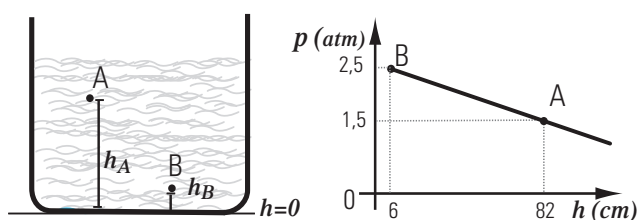
15- Dos líquidos inmiscibles se encuentran en equilibrio, uno sobre el otro, formando capas de igual espesor de 1 m cada una, en un recipiente abierto por arriba y sometido a la presión atmosférica ($p_{\text{atm}} = 100 \text{ kPa}$). Las densidades de los líquidos son $\delta_1 = 0,8 \text{ g/cm}^3$ y $\delta_2 = 1 \text{ g/cm}^3$:

a) Calcule la presión absoluta en el fondo del recipiente.

b) ¿Cuántos centímetros hay que descender, respecto de la superficie libre del líquido superior en contacto con la atmósfera, para registrar una presión absoluta de 111 kPa ?

c) Realice un gráfico de la presión manométrica en función de la profundidad desde la superficie libre del sistema hasta el fondo del recipiente, indicando los valores significativos que considere necesarios para la correcta descripción de la variación de la presión.

16- En el gráfico se representa la presión absoluta en función de la altura en el seno de un líquido desconocido.



a) ¿De qué líquido se trata?

b) Calcule la densidad del líquido.

c) Considerando que la presión atmosférica es normal, ¿a qué altura, respecto de la base del recipiente, está la superficie libre del líquido?

d) Exprese la presión manométrica en A en pascales y en centímetros de mercurio.

Fluidodinámica

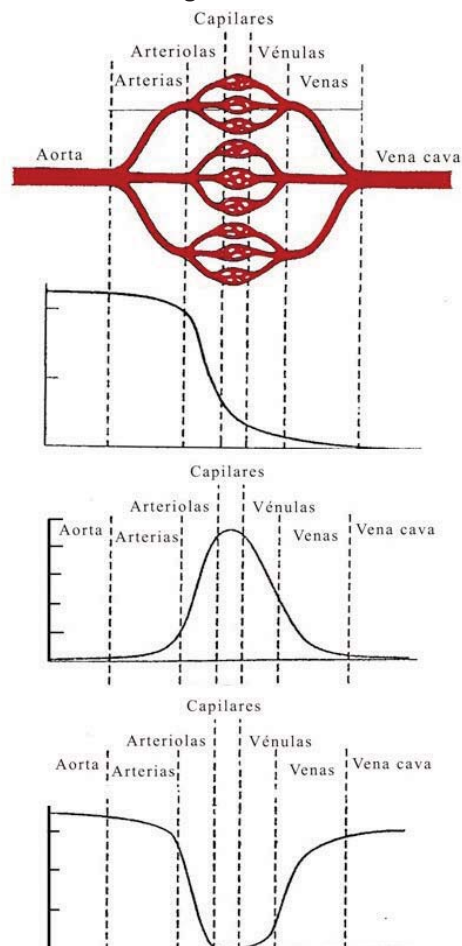
17- El caudal medio de la sangre que circula en un tramo de un vaso sanguíneo que no presenta ramificaciones es de $1 \text{ litro por cada minuto}$. Densidad aproximada de la sangre es 1 kg/l .

a) ¿Cuál es la velocidad media de la sangre en un tramo en el que el vaso tiene un radio interior de $0,5 \text{ cm}$?

b) Si debido al depósito de colesterol en las paredes internas del vaso, su radio interno se redujera a la mitad, ¿con qué velocidad media circularía la sangre en este tramo afectado?

18- La sangre sale del corazón a través de la aorta que se ramifica en arterias de menor sección. En el sistema circulatorio, siempre que un vaso tronco se ramifica ocurre que las ramas son de menor sección que el tronco, pero la sección total de las ramas es mayor que la sección del tronco original. Por ejemplo, la sumatoria de las secciones de las arterias es mayor que la sección de la aorta. Este esquema se repite en la ramificación de arterias, arteriolas y los finísimos capilares que conducen la sangre a los órganos y músculos. Luego sigue un esquema inverso: el flujo pasa desde los capilares a las vénulas, venas menores y venas mayores que llevan de vuelta la sangre al corazón.

a) Indique cuál de los tres gráficos representa mejor la sección total de los vasos sanguíneos a lo largo de los distintos sectores del sistema circulatorio. E indique cuál es el gráfico que mejor representa la velocidad de la sangre en los diferentes tramos.



b) Esta característica del árbol circulatorio, ¿qué implicancia tiene respecto a la velocidad de la sangre a lo largo del circuito? ¿qué ventaja funcional tiene esta estructura?

c) Sabiendo que el caudal sanguíneo es, para una persona en reposo, de 5 l/min y los radios disminuyen desde 10 mm para la aorta a 0,008 mm para los capilares y la sección total de los capilares de aproximadamente 2000 cm².

i) Determinar el número de capilares y el caudal en cada uno de ellos.

ii) Determinar la velocidad de la sangre en la aorta y en cada uno de los capilares.

19- Un caño de 4 cm² de sección por el que fluye un líquido con velocidad v y caudal Q se ramifica en dos caños iguales, de 1 cm² de sección cada uno. Entonces, en cada uno de esos caños la velocidad y el caudal de líquido son, respectivamente:

- | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> $v/2$ y $Q/2$ | <input type="checkbox"/> $2v$ y Q | <input type="checkbox"/> v y $Q/2$ |
| <input type="checkbox"/> v y Q | <input type="checkbox"/> $v/2$ y Q | <input type="checkbox"/> $2v$ y $Q/2$ |

Fluidos ideales

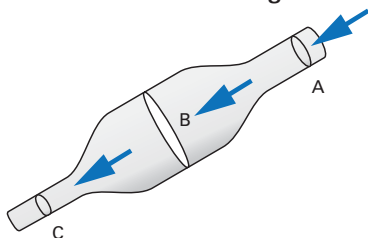
20- Por una tubería con un área de la sección transversal de 4,20 cm² circula el agua, considerada fluido ideal, a una velocidad de 5,18 m/s. El agua desciende gradualmente 9,66 m mientras que el área del tubo aumenta a 7,60 cm²

- a) ¿Cuál es su velocidad en el nivel inferior?
 b) Si la presión en el nivel superior es de 152 kPa; ¿cuál es la presión en el nivel inferior?

21- Un líquido de viscosidad insignificante fluye por un caño horizontal en régimen estacionario y laminar. En cierto lugar del caño el fluido tiene presión p y velocidad v . En otro lugar del caño, donde la sección es menor, la presión p' y la velocidad v' cumplen:

- | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> $p' < p$ | <input type="checkbox"/> $v' > v$ | <input type="checkbox"/> $p' < p$ | <input type="checkbox"/> $v' < v$ |
| <input type="checkbox"/> $p' > p$ | <input type="checkbox"/> $v' > v$ | <input type="checkbox"/> $p' > p$ | <input type="checkbox"/> $v' < v$ |
| <input type="checkbox"/> $p' = p$ | <input type="checkbox"/> $v' > v$ | <input type="checkbox"/> $p' = p$ | <input type="checkbox"/> $v' < v$ |

22- Un líquido ideal fluye con caudal constante por un tubo como el de la figura.



22.1- ¿Cuál es la única afirmación, entre las seis que siguen, que es siempre correcta?:

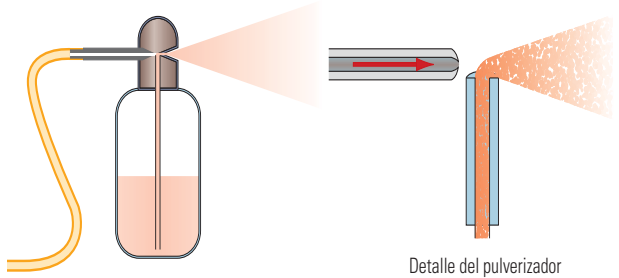
- La presión en A es la menor de las tres
- la presión en A es menor que en B
- la presión en C es la menor de las tres
- la presión en A es mayor que en C
- la presión en C es la mayor de las tres
- ninguna de las afirmaciones anteriores es siempre correcta

22.2- Idem ejercicio anterior en el caso de que el fluido circulara en el sentido contrario.

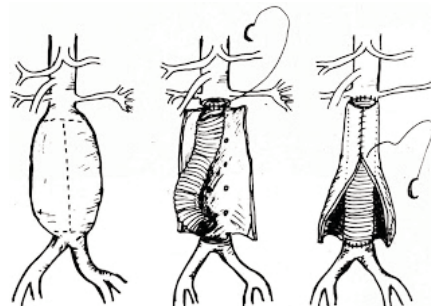
23- a) ¿A qué se debe que bajo los efectos del viento los techos de chapa tienden a volarse hacia arriba?

b) ¿Por qué es peligroso pararse muy cerca del borde de un andén?

c) En la ilustración que sigue se muestra un aerógrafo. El aparato sirve para pulverizar pintura mediante aire a presión sobre la superficie que se quiere pintar. Explique el funcionamiento de este dispositivo.



24- En la afección denominada *aneurisma* una pequeña porción de un vaso sanguíneo se dilata por una debilidad de la pared, formándose una pequeña protuberancia con forma de globo. Una de las técnicas de reparación consiste en colocar en la zona ensanchada un injerto de tela sintética dentro del vaso recubriendo su interior.



Explique por qué esta patología, si no se trata, tiende a agravarse, causando la rotura del vaso. Considere que la diferencia de alturas es insignificante.

25- Un líquido de viscosidad insignificante de densidad 1 kg/l se mueve a razón de 3 mm/s por un tubo horizontal de 2 cm de diámetro. En cierta parte, el tubo reduce su diámetro a 0,5 cm.

¿Cuál es la diferencia de presión del líquido entre ambas secciones? Indique cuál es mayor.

26- Por un caño horizontal de sección variable fluye un líquido de viscosidad insignificante. Calcule la diferencia de presión entre los extremos del caño (indique cuál es mayor) en función de la velocidad de entrada v y la densidad del líquido δ si:

- a) la sección a la salida del caño es el triple que la de entrada,
- b) el diámetro a la salida del caño es el triple que el de la entrada.

27- Una bomba permite regular el caudal circulante de un fluido ideal dentro de una tubería horizontal que tiene un estrechamiento.

a) ¿La diferencia de presión entre la parte ancha y la parte angosta depende o no del caudal circulante?

b) Si el fluido no circula ¿cuál es la diferencia de presión entre la parte ancha y la estrecha?

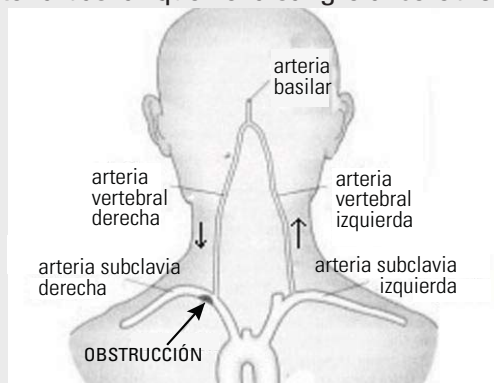
c) Si en cierta ocasión aumenta la potencia de la bomba aumentando el caudal, ¿la diferencia de presión entre la parte ancha y la estrecha es mayor o menor a la que tenía originalmente?

d) Para un caso en que el caudal aumente al doble del valor que tenía, encuentre la relación entre la nueva y la antigua diferencia de presión entre la parte ancha y la estrecha.

28- Síndrome del robo de la subclavia

En 1954 el célebre músico Arturo Toscanini se desmayó en el escenario mientras estaba dirigiendo su orquesta. Sufrió un *ataque isquémico transitorio* (AIT) por el llamado *Síndrome del robo de la subclavia*.

Como muestra la figura, las arterias subclavias derecha e izquierda irrigan sendos miembros superiores. De cada una bifurca una rama con flujo hacia la cabeza, la arteria vertebral. Las arterias vertebrales derecha e izquierda confluyen en la arteria basilar que lleva sangre al cerebro.



En el síndrome del robo de la subclavia existe un estrechamiento de una de las dos arterias subclavias en un punto próximo al punto de bifurcación de la arteria vertebral. En el caso de la figura, un depósito de placa reduce el radio efectivo de la arteria subclavia derecha. El ataque cerebrovascular ocurre en el momento que la persona ejercita vigorosamente el brazo derecho. Durante el evento el flujo por esa arteria vertebral se invierte: la sangre que sube por la arteria vertebral izquierda en lugar de seguir subiendo por la arteria basilar, se desvía y baja por la arteria vertebral derecha alimentando la subclavia afectada.

La arteria subclavia derecha "roba" la sangre que debería ir al cerebro provocando un desmayo. El ataque es transitorio pues en el reposo la sangre en ambas arterias vertebrales vuelve a fluir normalmente hacia la arteria basilar.

a) ¿Cómo es la presión en el tramo del vaso estrechado respecto al resto del vaso?

b) ¿Por qué el ataque ocurre cuando el individuo agita el brazo derecho?

29- En el recipiente cerrado de la figura hay un líquido ideal en equilibrio con aire en su parte superior. Las presiones en **A** y **B** son 2,4 atm y 2,6 atm, respectivamente.

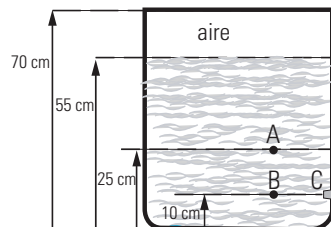
a) ¿Cuál es la densidad del líquido?

b) ¿Cuál es la presión del aire encerrado sobre la superficie del líquido?

c) ¿Cuál es la presión manométrica sobre el tapón en C?

d) El tapón tapa un orificio de pequeña sección, respecto de la sección del tanque. ¿Con qué velocidad saldrá el chorro en el momento que se destape el orificio? ($p_{atm} = 1 \text{ atm}$)

e) ¿Con qué velocidad inicial saldría si el tanque estuviera destapado? ¿Depende de la densidad del líquido?



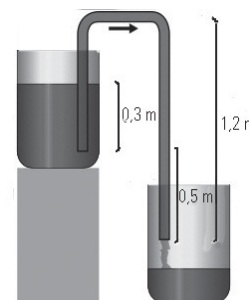
30- Se llena una manguera con nafta y se cierra por sus dos extremos. Se introduce un extremo en un depósito de nafta a 0,3 m por debajo de la superficie y el otro a 0,5 m por debajo del primer extremo y se abren ambos extremos.

El tubo tiene una sección transversal interior de área $4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. La densidad de la nafta es $680 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ y su viscosidad es despreciable. Ambos recipientes están abiertos a la atmósfera.

a) ¿Cuál es el caudal inicial del flujo?

b) ¿Cuál sería el caudal inicial si el tubo tuviera la mitad de radio?

c) ¿Cuánto vale la presión manométrica en el arco superior de la manguera?

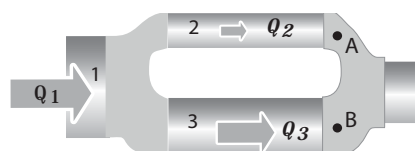


31- Un líquido no viscoso viaja a 20 cm/s por un tubo horizontal de 2 cm de radio, siendo su presión de 8 Pa. Luego se ramifica en varios tubos horizontales iguales de 1 cm de radio; en cada uno de ellos la velocidad vale 10 cm/s. La densidad del líquido es de 1,8 kg/l.

a) ¿En cuántos tubos se ramifica?

b) ¿Cuál es la presión en cada conducto luego de la ramificación?

32- Dos caños de igual longitud, apoyados en una misma superficie horizontal, están conectados como indica la figura. La sección del tubo [1] es de 6 mm^2 , la del [2] es 2 mm^2 y la del tubo [3] es 3 mm^2 . Por el conjunto circula un líquido no viscoso y la presión en A es la misma que en B. Si por el tubo [2] circula un caudal Q_2 de 10 ml/s, ¿cuánto vale el caudal Q_1 por [1]?



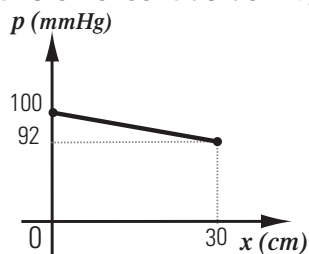
Fluidos reales

33- La velocidad de la sangre en la arteria grande que irriga el lecho vascular de un órgano, es mucho mayor que la velocidad en el capilar, ¿por qué? De acuerdo al teorema de Bernoulli, cabría esperar que la presión en el capilar fuera mayor que la presión en la arteria (puede desprejarse la variación de presión con la altura). Sin embargo la presión en la arteria es mucho mayor que la presión capilar; ¿cómo explica esta aparente paradoja?

34- Por un tubo horizontal con una longitud de 25 cm circula un líquido a razón de 0,3 ml/s. ¿Cuál es la diferencia de presión entre sus extremos en los siguientes casos?

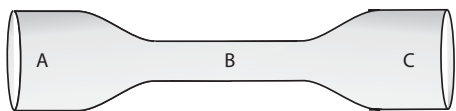
- El líquido tiene viscosidad despreciable.
- El líquido es agua a 20 °C, cuya viscosidad es 1 cp. (1 cp = 10⁻³ Pa.s) y el tubo tiene un diámetro interior de 1,2 cm.
- El líquido es agua a 20 °C y el tubo tiene un diámetro interior de 1,2 mm.
- El líquido es sangre a 37 °C, cuya viscosidad es 4 cp (el tubo tiene un diámetro interior de 1,2 mm).

35- Un fluido cuyo coeficiente de viscosidad es de 4 cp circula por un tubo horizontal cuya sección constante es de 0,45 cm². Se adjunta el gráfico de la presión manométrica en función de la posición, en un sistema de referencia en el que el eje x tiene la dirección del tubo y se ha elegido el sentido positivo en el sentido del flujo.



Determine el valor del caudal y la velocidad de circulación.

36- Para un tubo horizontal de sección variable, como muestra la figura, con un fluido viscoso que entra por A y sale por C ($S_A = S_C$); determine para los puntos A, B y C, qué opción es la correcta.



- La velocidad en C es menor que en A.
- Las velocidades y presiones en los tres puntos son iguales.
- Las presiones en A y C son iguales.
- La velocidad y la presión en A es mayor que en B.
- La velocidad en A es menor que en B, y la presión en A es mayor que en C.
- La diferencia de presión entre A y B es la misma que entre C y B.

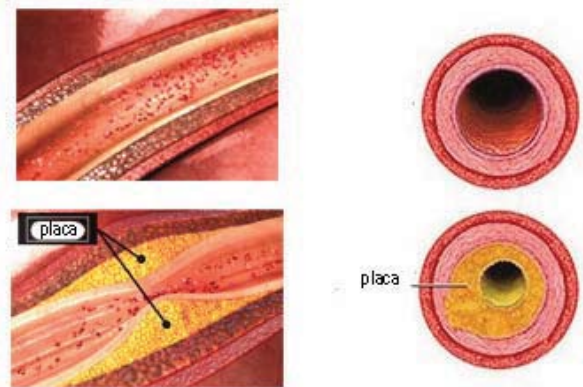
37- Resuelva el problema 22 considerando que la viscosidad del líquido no es despreciable.

38- Por dos caños cilíndricos A y B, de igual longitud circula agua, ¿cuál es la relación entre sus resistencias hidrodinámicas si la sección de A es el doble que la de B?

- $R_A = 0,25 R_B$
- $R_A = 0,5 R_B$
- $R_A = 4 R_B$
- $R_A = 2 R_B$
- $R_A = R_B$
- $R_A = 16 R_B$

39- Cuando se establece una diferencia de presión de 0,5 atm entre los extremos de cierto tubo recto de sección circular, fluye agua (coeficiente de viscosidad 1 cp) a razón de 30 litros por cada minuto. ¿Cuál sería el caudal de agua si se reemplazara el caño por otro de longitud y diámetro dobles que el anterior, sin modificar la diferencia de presión?

40- En la *aterosclerosis* se depositan lípidos en las paredes arteriales y consecuentemente el diámetro efectivo es menor al normal.



a) ¿En qué proporción cambia la resistencia de una arteria que por el depósito de placa de grasa ha reducido el diámetro efectivo al 84 % de su valor normal?

b) ¿En qué factor debe cambiar la diferencia de presión en los extremos de la zona afectada de la arteria para que el caudal sea el mismo?

41- Encuentre la resistencia equivalente que presentan tres caños que tienen la misma resistencia hidrodinámica R , cuando se conectan:

- En serie.
- En paralelo.
- Dos en serie y luego en paralelo con el tercero.
- Dos en paralelo y luego en serie con el tercero.

42- Una sección de cañería, por donde circula un fluido viscoso, está formada por dos caños rectos de la misma longitud y material cuyas secciones son de 3 cm² y 4 cm² y colocados en paralelo. Se desea reemplazarlos por un único caño de la misma longitud. ¿Cuál debería ser su sección para que ofrezca la misma resistencia hidrodinámica al pasaje del mismo fluido?

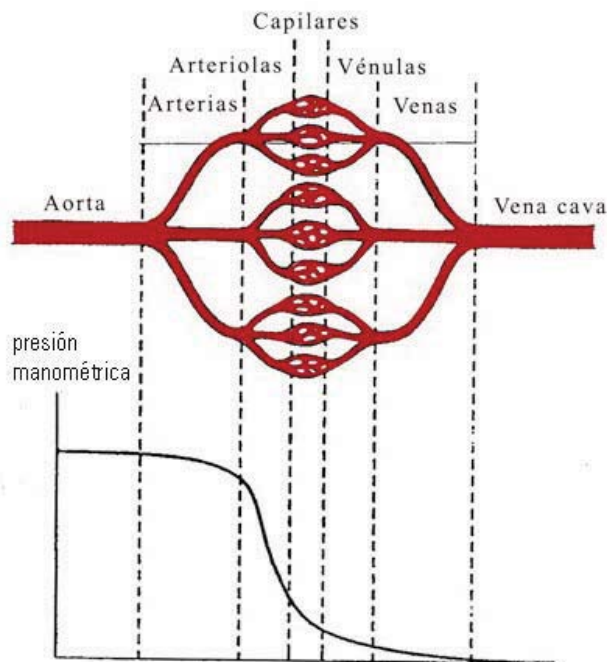
43- La cirugía de derivación vascular (by-pass) se realiza para restablecer el flujo normal de sangre de las arterias bloqueadas o angostadas por un proceso de acumulación de grasas. En este procedimiento se conecta un nuevo vaso sanguíneo en paralelo con el vaso enfermo para que el conjunto tenga la misma resistencia que el vaso cuando estaba sano.

Si la resistencia del vaso enfermo (R_E) es el doble de la del vaso normal (R_N); ¿cuál tiene que ser la resistencia (R_i) del vaso injertado en paralelo para que el sistema restablezca la circulación normal? Exprésala en función de R_N .

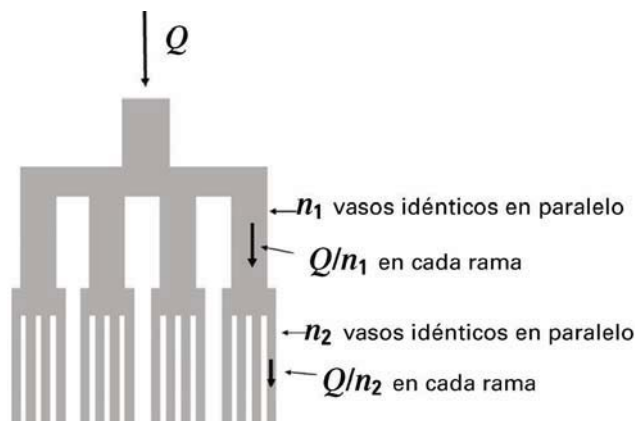


44- Se presenta un esquema muy simplificado de la circulación sistémica. La sangre sale, a gran presión, impulsada por el corazón a través de la aorta. Tras sucesivas ramificaciones de arterias, arteriolas y capilares irriga a los órganos, músculos y piel. Ese flujo de entrada es colectado por las vénulas y venas que devuelven la sangre al corazón. A lo largo del árbol sanguíneo la sangre va perdiendo presión por efectos viscosos.

a) Observe el gráfico cualitativo de la presión manométrica a lo largo del circuito sanguíneo y analice en qué tramo es mayor la resistencia.



b) El flujo en la aorta ($Q = 80 \text{ cm}^3/\text{s}$) entra en su totalidad en las arterias grandes, luego ese caudal se reparte por entero en las arterias pequeñas y arteriolas; después ese flujo íntegramente entra en los capilares. En cada nivel de flujo podemos modelar el sistema como el de n vasos dispuestos en paralelo de igual grosor y longitud, donde el valor de n es mayor en los sucesivos niveles de flujo.



Demuestre que la caída de presión en cada nivel se puede calcular con la expresión:

$$\Delta p = \frac{8 \cdot \eta \cdot L}{n \cdot \pi \cdot r^4} \cdot Q$$

Donde L y r son la longitud y el radio de cada rama, n es el número de vasos idénticos en paralelo en el nivel considerado y Q es el caudal total.

c) Calcule la caída de presión en cada nivel de flujo en este modelo simple confirmando los valores indicados en el cuadro. Considere una viscosidad de la sangre de $4 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

	radio (cm)	longitud (cm)	número de ramas, n	Δ presión (mmHg)
aorta	1,25	10	1	0,025
gran arterias	0,2	75	200	1,4
arteriolas	0,0031	0,6	5×10^5	79
capilares	0,00035	0,2	10^{10}	8,2

d) El radio de los capilares es casi diez veces menor que el de las arteriolas lo que implicaría que la resistencia en cada fino capilar sea casi 10.000 veces mayor que la de cada arteriola (¿por qué?), ¿cómo se explica que la mayor caída de presión se dé a nivel de las arteriolas?

45- a) ¿Cuál es el trabajo requerido para bombear $1,4 \text{ m}^3$ de agua por un tubo de 13 mm de diámetro interno si la diferencia de presión entre los extremos del tubo es de 1,2 atm?

b) ¿Qué potencia se debe entregar para mantener el caudal igual a $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$?

46- Dos caños idénticos presentan, cada uno, una resistencia hidrodinámica R al pasaje de agua. Cuando están conectados en paralelo a una bomba que provee una diferencia de presión Δp , circula por ellos un caudal total Q . Si esos mismos caños se conectan en serie a la misma diferencia de presión Δp , el caudal total Q' a través de ellos cumplirá la relación:

- $Q' = 4 Q$
- $Q' = 1/4 Q$
- $Q' = 1/2 Q$
- $Q' = 2 Q$
- $Q' = Q$
- $Q' = 16 Q$

Prohibida la reproducción total o parcial de este material sin el permiso de la cátedra.

47- Sistema circulatorio sanguíneo

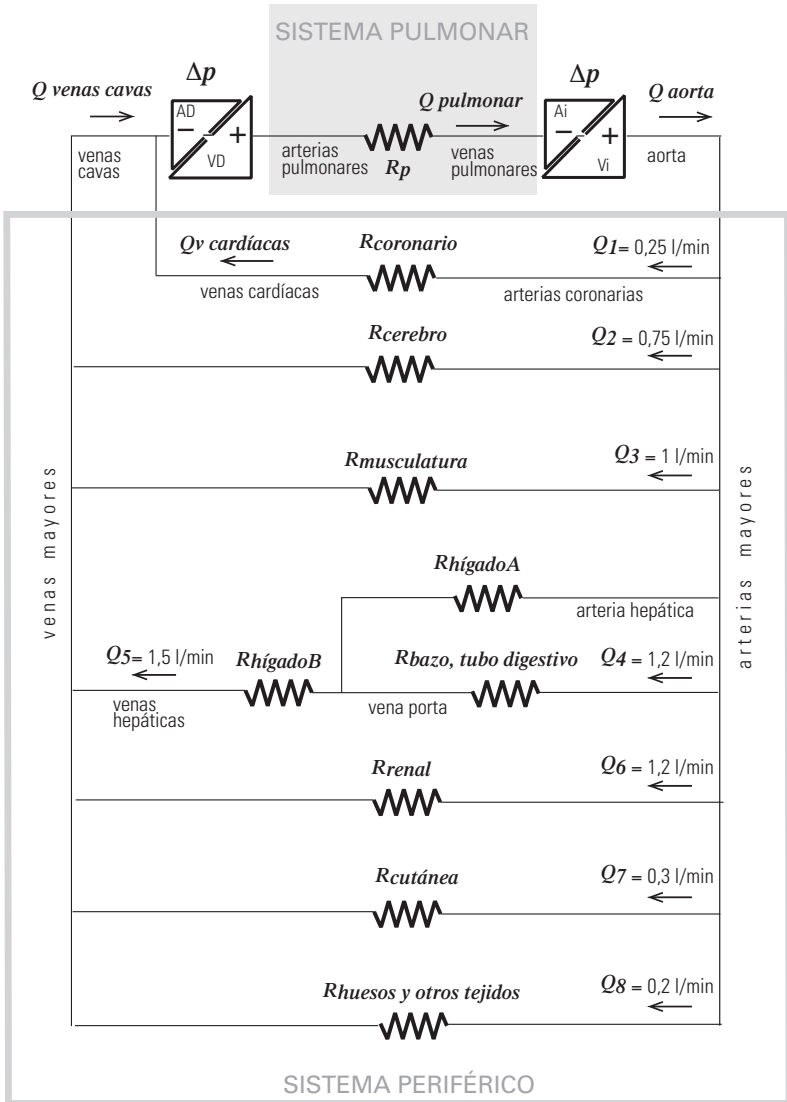
El sistema cardiovascular humano consta de dos bombas fusionadas en un solo corazón que impulsan la sangre por un circuito cerrado compuesto de dos sistemas:

SISTEMA GRANDE O PERIFÉRICO. El ventrículo del corazón izquierdo (VI) expulsa la sangre oxigenada por la arteria aorta y se reparte a todos los órganos y tejidos del cuerpo a través del sistema de arterias mayores. En los lechos capilares de cada órgano la sangre intercambia nutrientes y desechos y regresa por el sistema de retorno de venas mayores drenando en la aurícula del corazón derecho (AD).

SISTEMA CHICO O PULMONAR. La sangre luego pasa de la aurícula derecha al ventrículo derecho (VD) que la impulsa hasta los pulmones por la arteria pulmonar. En los lechos vasculares pulmonares se oxigena y retorna al corazón izquierdo por las venas pulmonares que drenan en la aurícula izquierda (AI). De ahí pasa al ventrículo izquierdo completando el ciclo.

Se adjunta un esquema simplificado del circuito donde la parte resistiva corresponde a los lechos vasculares: arteriolas, capilares y vénulas en los diferentes órganos. Las presiones manométricas son:

- $p_{\text{aorta}} = 94 \text{ mmHg}$
- $p_{\text{vena cava}} = 3 \text{ mmHg}$
- $p_{\text{arteria pulmonar}} = 15 \text{ mmHg}$
- $p_{\text{venas pulmonares}} = 5 \text{ mmHg}$



471- a) A partir de los datos del cuadro del problema 44 justifique que en este modelo del esquema adjunto se considere despreciable la resistencia en las grandes arteria y venas.

b) Compare la magnitud del caudal en la arteria pulmonar con el caudal en la aorta. ¿Cómo están dispuestos el sistema pulmonar y el sistema periférico? Haga un esquema del circuito sanguíneo con los siguientes elementos: corazón derecho, corazón izquierdo, resistencia pulmonar y resistencia periférica.

c) Relacione el caudal en la aorta con los caudales en las dos venas cavas y las venas cardíacas. ¿Cómo están dispuestos, en general, los lechos vasculares de los distintos órganos y subsistemas en el sistema periférico? Calcule el caudal en la aorta.

d) Sin hacer cálculos, ordene de mayor a menor las resistencias encefálica, coronaria, renal, cutánea y la resistencia total del sistema periférico.

e) Calcule la resistencia del circuito pulmonar y la del circuito periférico expresada en mmHg . s / ml, unidad denominada URP, usada habitualmente para medir resistencias vasculares. Expréselas también en Pa.s / m³.

f) La sigla URP viene de Unidad de Resistencia Periférica, esta denominación se utiliza porque el valor de la resistencia total del sistema circulatorio periférico es aproximadamente 1 URP. Calcule la resistencia de la circulación renal expresada en URP. Compárela con la resistencia total, ¿tiene sentido que sea mayor?

g) **SISTEMA PORTAL HEPÁTICO** El hígado B recibe, a través de la vena porta, la sangre con nutrientes proveniente del páncreas, el bazo, el estómago, el intestino y la vesícula biliar. También recibe aportes directos de parte de vasos del mismo hígado (hígado A) alimentados con sangre oxigenada por la arteria hepática. En último término, toda la sangre abandona el hígado a través de las venas hepáticas, que drenan en la vena cava inferior que desemboca en el corazón. La asociación de las resistencias de los lechos vasculares del bazo y del tubo digestivo (R_{btd}) es de 4 URP.

g.1) Calcule la resistencia $R_{\text{hígado A}}$.

g.2) Calcule la resistencia del sistema constituido por $R_{\text{hígado A}}$, $R_{\text{hígado B}}$ y R_{btd} , y la resistencia $R_{\text{hígado B}}$.

h) Considere una frecuencia cardíaca de 80 latidos por minuto, calcule el volumen de sangre que se expulsa en cada sístole (denominado volumen sistólico, VS).

47.2- a) Compare las potencias del corazón izquierdo y el derecho, ¿cuánto mayor es la potencia de uno respecto del otro? Justifique. Calcúlelas y expréselas en watts.

b) ¿Cómo piensa que será el grosor de las paredes del ventrículo derecho comparadas con de las del ventrículo izquierdo? ¿por qué?

47.3- La demanda sanguínea de cada órgano depende de la actividad de la persona. Durante la actividad física intensa el caudal en los músculos esqueléticos puede multiplicarse por diez respecto al reposo. El corazón no puede aumentar el caudal bombeado a más de cuatro veces, de manera que cuando un tejido demanda más flujo hay otras partes del cuerpo que lo disminuyen. Existe una redistribución del caudal de acuerdo a las necesidades, siempre garantizando la irrigación adecuada del encéfalo y el corazón.

a) Si durante el ejercicio el caudal total aumenta un 200 % (se triplica) y la presión media en la aorta aumenta un 40 %, manteniéndose prácticamente inalterada en la vena cava, ¿cómo se modifica el valor de la resistencia periférica total? ¿Cómo se modifica la potencia del corazón?

b) En tres de los lechos capilares mencionados en el problema **47.1** aumenta el flujo cuando el individuo hace actividad física, ¿en cuáles?

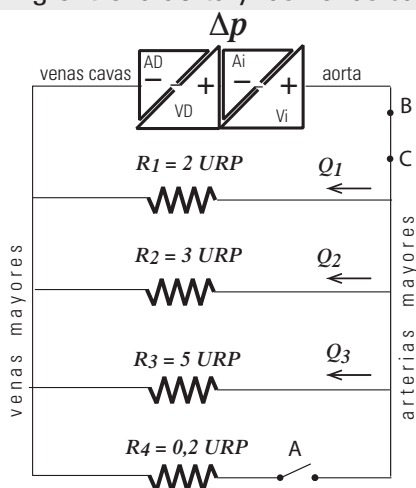
c) Explique cómo se regula el flujo sanguíneo hacia los tejidos mediante la vasodilatación y la vasoconstricción.

d) Los ajustes necesarios para redirigir el flujo sanguíneo se producen a nivel de las arteriolas. Justifique, con las respuestas del problema 44, que la regulación ocurra en ese tramo de la red vascular.

e) ¿Por qué se enrojece el rostro cuando uno hace gimnasia?

f) ¿Por qué se recomienda no nadar después de comer?

48- El siguiente es un modelo muy simplificado de uso extendido en los libros de Fisiología de la circulación en el sistema periférico. El corazón mantiene una diferencia de presión media de 100 mmHg entre la aorta y las venas cavas.



En este modelo de "caja negra" el corazón junto con la resistencia pulmonar es un único elemento que se estudia desde el punto de vista de las entradas que recibe y las salidas que produce, sin tener en cuenta su funcionamiento interno.

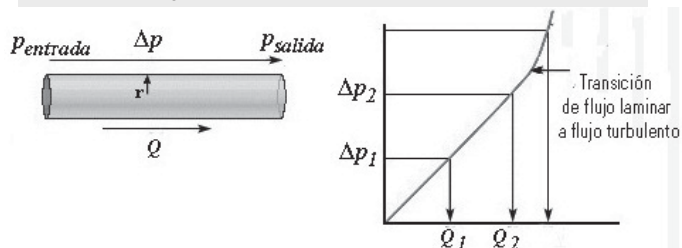
a) Calcule el caudal en cada resistencia y el caudal en la aorta para el sistema propuesto.

b) Si aumenta R_1 al doble por una *vasoconstricción intrarrenal* ¿Cuánto debería modificarse la diferencia de presión del bombeador para mantener constante Q_1 ? ¿en tal caso cómo se modificarían los otros caudales?

c) Una *fistula arteriovenosa* es la comunicación anormal entre una arteria y una vena, con el consiguiente retorno de la sangre a las cavidades cardíacas sin pasar a través del lecho capilar. Un traumatismo puede provocar este cortocircuito que equivale a agregar una resistencia en paralelo de bajo valor. Calcule el caudal aórtico si, mediante el interruptor en A, agregamos una resistencia de $R_4 = 0,2$ URP.

d) La *coartación de la aorta* es un defecto congénito en donde existe un estrechamiento de la aorta a menudo cerca del diafragma. Esto equivale a agregar una resistencia adicional entre los puntos B y C. Si la resistencia en la zona estrecha fuera $R_5 = 1$ URP, ¿cuál sería el caudal total? Si se quisiera mantener el flujo normal en las otras resistencias, ¿cuál sería la respuesta fisiológica posible?

49- En el gráfico se representa la diferencia de presión entre los extremos del tubo en función del caudal que circula.



a) ¿Qué representa la pendiente?

b) Observe el cambio cualitativo de comportamiento al pasar de régimen laminar a turbulento; ¿en cuál se disipa energía más rápidamente?

c) En la *arterioesclerosis* se pierde la elasticidad de las arterias lo que provoca la aparición de turbulencias, ¿por qué se asocia esto a una *hipertensión arterial*?

50- Para distinguir los flujos laminares de los turbulentos, en los que no vale la ecuación de Poiseuille, Osborne Reynolds introdujo un número que hoy conocemos como *número de Reynolds (Ry)*:

$$Ry = \text{diámetro} \times \text{velocidad} \times \text{densidad} / \text{viscosidad}$$

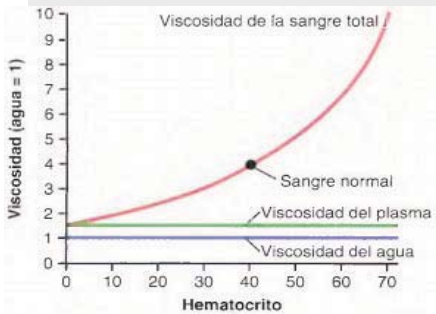
- $Ry < 2000$ el flujo es laminar
- $Ry > 3000$ el flujo es turbulento
- $2000 < Ry < 3000$ el flujo es inestable (variando de a ratos entre laminar y turbulento)

Calcule la velocidad crítica, límite del régimen laminar, para la aorta cuyo radio es de 1,25 cm; considere que la viscosidad de la sangre es de 4 cp y su densidad de 1050 kg/m³.

51- En la aorta y en la arteria pulmonar, ocasionalmente, el flujo se vuelve turbulento, pero en la mayor parte del sistema cardiovascular el flujo es laminar, salvo en las válvulas cardíacas, en alguna bifurcación de grandes vasos o en sitios con alteraciones patológicas.

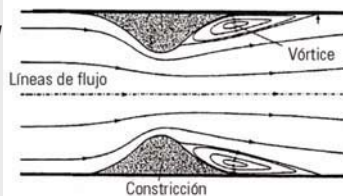
El flujo turbulento puede detectarse con un estetoscopio porque las turbulencias producen ruidos, llamados *soplos*, asociados con las vibraciones de los tejidos aledaños que, en la clínica médica, permiten el diagnóstico de diversas afecciones. Explique la existencia de soplos en:

a) la *anemia intensa*

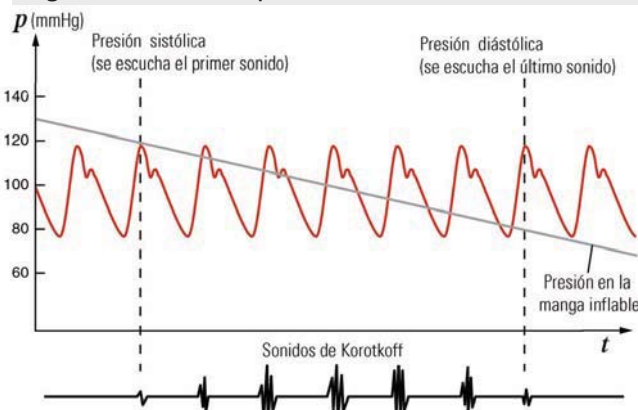


El hematocrito es la proporción de la sangre que corresponde a los glóbulos rojos; normalmente es un 40 % del volumen sanguíneo, si es menor a lo normal la persona padece *anemia*.

b) la *estenosis arterial* (estrechamiento localizado de la arteria causado por la acumulación de sustancias lípidas).

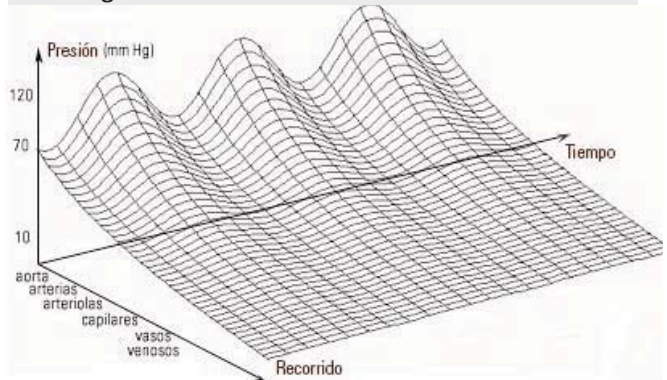


52- Medición de la presión arterial. Para medir la presión manométrica arterial, máxima y mínima, se usa un tensiómetro (o esfigmomanómetro). Se coloca un manguito flexible inflable alrededor del brazo y se infla con una perilla de manera de comprimir la arteria humeral para cortar momentáneamente el flujo sanguíneo. Cuando desaparece el pulso en la arteria radial se eleva un poco más la presión del manguito y luego se abre una válvula que permite descomprimir gradualmente a la arteria. Con un estetoscopio apoyado en el brazo en el momento en que se reanuda el flujo se escuchan unos golpeteos sincrónicos con el latido cardíaco, los ruidos de Korotkoff. La lectura del manómetro conectado al manguito permite registrar la presión máxima o sistólica. Con la válvula abierta, la presión del mango sigue bajando; cuando los ruidos desaparecen es porque la presión interna del mango llega a ser menor que la diastólica.



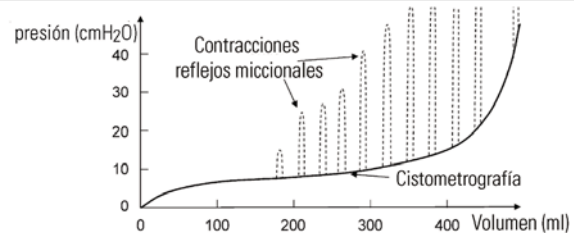
- a) ¿Por qué se mide en el brazo?
- b) ¿Por qué se escuchan ruidos apenas se reanuda la circulación y dejan de escucharse cuando la presión es menor que la diastólica?
- c) ¿Cuánto indicaría el manómetro, si durante la medición el paciente extendiera el brazo verticalmente hacia arriba?

53- El gráfico muestra la presión manométrica a lo largo del sistema circulatorio.



- a) Describa cómo varía la presión sanguínea en la medida que se avanza en el recorrido aorta-arterias-arteriolas-capilares y venas.
- b) Describa las variaciones de la presión en el tiempo. Distinga esta evolución temporal en las arterias en relación a la de las venas.
- c) Explique por qué una hemorragia arterial resulta más peligrosa que una venosa.
- d) Se produce una incisión en una arteria mayor de manera que la sangre sale hacia arriba verticalmente; estime la altura del chorro.
- e) Se produce una incisión en un vaso en el cerebro donde la presión manométrica es ~ 10 mmHg, ¿cuál es la consecuencia?

54- En la *cistometrografía* se representa la presión manométrica en la vejiga en función de su volumen. En línea punteada se ven las ondas de presión del reflejo de micción, producidas por los sensores de la tensión en la pared de la vejiga.



- a) En el área biológica a veces se expresa la presión manométrica en cmH_2O ; razone si ese uso es para presiones mayores o menores que la presión arterial. Deduzca el valor de la presión atmosférica normal expresada en cmH_2O . Halle la equivalencia entre $mmHg$ y cmH_2O .
 $\delta_{Hg}: 13.600 \text{ kg/m}^3$
- b) Describa cómo cambia la presión dentro de la vejiga en la medida que cambia el volumen, distinguiendo claramente las tres etapas representadas en el gráfico.
- c) Los sensores de la tensión en la pared de la vejiga marcan una urgencia por orinar cuando la presión es de unos 30 cmH_2O , exprese ese valor en pascales.

Gases y humedad

55- Un tanque contiene $0,2 \text{ m}^3$ de oxígeno a 25 atm y $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Suponiendo que en esas condiciones el oxígeno se comportase como un gas ideal:

a) ¿Cuántos moles de oxígeno habría en el tanque?; ¿cuánto pesaría el oxígeno del tanque?

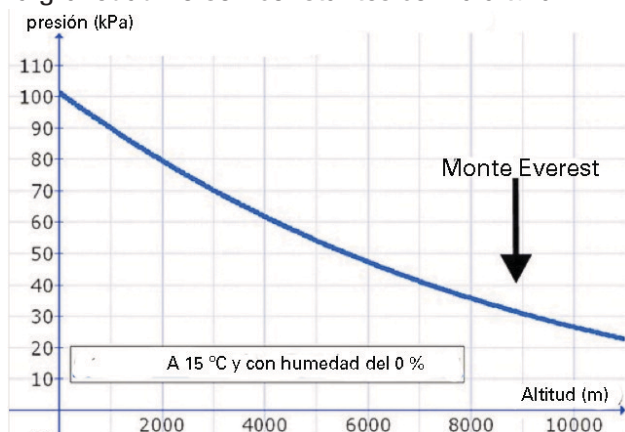
b) ¿Cuál sería la presión si la temperatura se aumentara hasta $250 \text{ }^\circ\text{C}$?

c) Aceptando que un criterio empírico para tratar a un gas como ideal es que su densidad sea inferior a 1 mol/l , ¿es buena la suposición efectuada?

56- La composición del aire a nivel del mar, en gramos/litro, es la siguiente: nitrógeno: $0,975$; oxígeno: $0,300$; argón: $0,0167$; CO_2 : $5,89 \times 10^{-4}$. Esta composición del aire atmosférico seco se mantiene constante y uniforme en los primeros 100 km s. n. m. (sobre el nivel del mar).

a) Si la presión atmosférica a nivel del mar es normal, ¿cuál es la presión parcial de cada uno de estos gases, expresada en atmósferas?

b) La presión atmosférica disminuye con la altura. En el siguiente gráfico se muestra la relación entre la presión atmosférica y la altura. Observe que no es una relación lineal ya que la densidad y la gravedad no son constantes con la altura.



b)i) Observando el gráfico, indique cuánto vale aproximadamente la presión atmosférica a nivel del mar, a 4165 m s. n. m. (Olaroz Chico, en provincia de Jujuy, Argentina) y a 8848 m s. n. m. (cima del monte Everest, en la cordillera del Himalaya, Asia).

b)ii) Teniendo en cuenta que la concentración del oxígeno (21%) en aire atmosférico se mantiene constante en los primeros 100 km s. n. m. , calcule cuánto vale la presión parcial de oxígeno, en kPa, en los lugares indicados en el ítem anterior.

b)iii) Sabiendo que a nivel del mar, en un litro de aire atmosférico hay $0,3$ gramos de oxígeno, calcule cuántos gramos de oxígeno hay en un litro de aire atmosférico en Olaroz Chico y en la cima del monte Everest.

b)iv) Cuando se asciende, aparecen los efectos del "mal de altura" o "apunamiento": cansancio extremo, mareos, dolor de cabeza, taquicardia, náuseas, e incluso edema pulmonar en los casos más graves. Justifique sus causas. ¿Por qué se aumenta la frecuencia respiratoria?

57- Un gas ideal, a una presión de 1 atm ocupa un volumen de 1 litro a una dada temperatura.

a) Calcule qué volumen ocupará, a la misma temperatura, si la presión es de: 2 atm y 4 atm .

b) Calcule cuál será la presión, a la misma temperatura, si el volumen que ocupa es de 2 l y 4 l .

c) Grafique la presión del gas en función de su volumen para esa temperatura.

58- Buceo. Los cambios de volumen de un gas según la presión a la que estén sometidos, se manifiestan sobre los gases que se encuentran en el interior de nuestro organismo. En nuestro cuerpo hay cavidades que contienen gases, como el interior de los pulmones, senos paranasales, oído medio, gases disueltos en la sangre y en los tejidos corporales. Estos gases pueden cambiar su volumen de acuerdo a la presión a la que nos encontremos.

El aire que respiramos en la superficie e introducimos en los pulmones, a medida que descendemos en el agua, se comprimirá y su volumen se volverá progresivamente más pequeño.

a) ¿A qué profundidad hay que sumergirse para que el volumen del aire, introducido en los pulmones en la superficie, se reduzca a la mitad?

b) Indique, en porcentaje, cuál es el volumen del aire pulmonar cuando el buzo está a 30 m de profundidad, respecto al volumen de aire introducido en los pulmones en la superficie.

c) Según se analizó en el ejercicio 8, ¿cómo consiguen expandir sus pulmones los buzos bajo el agua?

d) Explique qué sucedería si un buzo, a cierta profundidad, llena sus pulmones con aire comprimido y asciende sin espirar libremente.

e) ¿Cuándo es más peligroso que un buzo ascienda conteniendo el aire comprimido en sus pulmones sin espirarlo, cuando asciende desde los 20 m de profundidad hasta los 10 m de profundidad?, ¿o cuándo asciende desde los 10 m de profundidad hasta la superficie? ¿O es igual de peligroso?

f) Una botella de aire comprimido, ¿dura lo mismo si el buzo está en la superficie, o a 10 m de profundidad o si está a 20 m de profundidad?

g) Para que todas las funciones del cuerpo se realicen normalmente, es necesario que la presión parcial de cada gas se encuentre dentro de cierto rango.

Al bucear, la presión parcial de cada gas aumentará cuando aumente la profundidad de la inmersión. Esto explica básicamente como una muestra respiratoria es tolerada sin problemas en la superficie y se vuelve tóxica a partir de cierta profundidad.

g)i) La profundidad en el agua a la que aparecen los primeros síntomas de intoxicación con nitrógeno es a partir de los 30 m aproximadamente.

Sabiendo que el aire atmosférico está formado por un 78% de nitrógeno, ¿a qué presión parcial se vuelve tóxico el nitrógeno?

g)ii) La toxicidad por oxígeno se produce en la mayoría de las personas cuando la presión parcial del oxígeno inhalado alcanza 1,4 atm. Sabiendo que el aire atmosférico está formado por un 21 % de oxígeno, ¿a partir de qué profundidad se produce la toxicidad por oxígeno?

h) La enfermedad por descompresión es un trastorno por el cual el nitrógeno que se ha disuelto en la sangre y los tejidos debido a la alta presión, forma burbujas cuando la presión disminuye. Explique las causas de esta enfermedad.

59- a) A presión atmosférica el contenido de oxígeno en el aire es de 21 % aproximadamente. Si se respira ese aire, la presión parcial de oxígeno en el aire que ingresa por las fosas nasales es alrededor de:

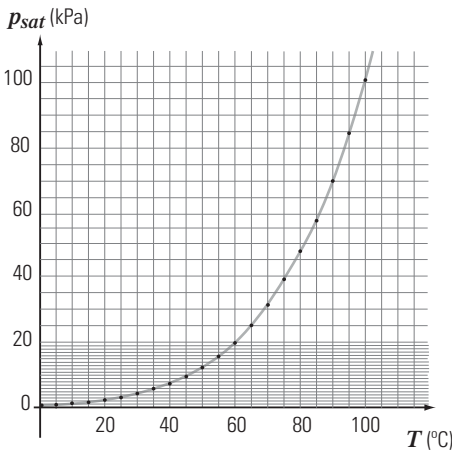
- 1 atm 2,1 atm 0,1 atm
- 0,2 atm 0,5 atm 1,5 atm

b) Si se respira aire atmosférico con la misma composición pero sumergido en agua a 30 m de profundidad, la presión parcial del oxígeno será, comparada con la que existe a nivel de la superficie:

- el cuádruple el triple un tercio
- la cuarta parte la misma el doble

Humedad

Para los ejercicios que siguen puede tomar datos de la tabla y gráfico de la presión de vapor saturado del agua en función de la temperatura que se adjunta.



T (°C)	psat (kPa)
0,01	0,612
5	0,871
10	1,226
15	1,70
20	2,33
25	3,17
30	4,24
35	5,62
40	7,38
45	9,59
50	12,35
55	15,76
60	19,94
65	25,03
70	31,18
75	38,55
80	47,35
85	57,77
90	70,04
95	84,42
100	101,30
105	120,80
110	143,30

60- Un recipiente con agua líquida está en contacto con aire atmosférico. El sistema se encuentra a 30 °C. La presión atmosférica es 632 mmHg y la presión parcial del vapor de agua presente en el aire es 20 mmHg. Consulte la tabla de presión de vapor saturado para el agua y responda:

a) En el gráfico $p_{v, sat}(T)$, marcar un punto A que represente el estado del vapor de agua presente en el aire atmosférico.

b) En esas condiciones, ¿se evapora agua o se condensa vapor? Justifique.

c) En el gráfico $p_{v, sat}(T)$, marcar un punto B que represente el estado del agua líquida del recipiente.

d) ¿A qué temperatura se debe calentar el agua para que se produzca la ebullición? Represente en el gráfico este proceso isobárico, desde el punto B hasta el punto en que alcanza la ebullición.

e) Se cierra el recipiente con el agua líquida, encerrando aire atmosférico en su parte superior. Luego se aumenta lentamente el volumen del recipiente, tal que disminuya la presión, manteniendo la temperatura constante. ¿Hasta qué valor deberá disminuir la presión del aire encerrado, para lograr que el agua hierva a 30°C? Represente en el gráfico esta transformación isotérmica.

61- En una habitación de 60 m³ y que contiene aire seco a 25 °C, se introducen 300 g de vapor de agua a la misma temperatura.

a) ¿Cuál es la humedad absoluta?

b) ¿Qué masa máxima de vapor de agua admite ese ambiente, si se mantiene constante la temperatura?

c) ¿Cuánto vale la humedad relativa?

62- Una masa de aire que está a 20 °C, tiene una humedad relativa del 37,4 %.

a) En el gráfico $p_{v, sat}(T)$, marque el punto que represente el estado del vapor de agua presente en el aire.

b) ¿Cuál es la humedad relativa de la misma masa de aire si se la calienta, a presión de vapor presente constante, hasta una temperatura de 30 °C? Represente esta evolución en el gráfico.

c) ¿A qué temperatura habrá que enfriar la masa de aire, a presión de vapor presente constante, para que la humedad relativa sea del 71 %?

d) ¿Cuál es la temperatura de rocío?

63- Si la fracción molar del vapor de agua en el aire es $(H_2O(g)) = 0,0100$.

a) Halle las humedades absoluta y relativa sabiendo que $p_{aire} = 101.325 Pa$, $T = 25 °C$.

b) Realice un esquema cualitativo de la zona $H_2O(l)/H_2O(g)$ del diagrama de equilibrio del aire húmedo e indique qué debería ocurrir para que se forme rocío partiendo de esas condiciones. Justifique. ¿Cuál es aproximadamente la temperatura de rocío?

64- La presión atmosférica es de 1010 hectopascuales, la temperatura es de 20 °C y la humedad relativa es del 52,6 %. Consulte la tabla de la presión del vapor del agua en equilibrio con la fase líquida en función de la temperatura. Elija la opción correcta entre las que siguen, referidas a la temperatura de rocío T_R y a la temperatura de ebullición T_E .

- $T_R = 10 °C$ y $T_E > 100 °C$
- $T_R = 10 °C$ y $T_E < 100 °C$
- $T_R = 15 °C$ y $T_E = 100 °C$
- $T_R = 15 °C$ y $T_E < 100 °C$
- $T_R = 30 °C$ y $T_E = 100 °C$
- $T_R = 30 °C$ y $T_E < 100 °C$

65- ¿Cuál es la ventaja de las ollas a presión?

- Su cierre hermético conserva mejor los sabores.
- En su interior se supera la presión de vapor de los aceites aromáticos que no se evaporan y dan mejor sabor a la comida.
- Reducen la evaporación y se evitan las pérdidas por el calor latente de vaporización.
- No hay ventajas; han sido una moda sin fundamento y hoy están, por eso, en desuso.
- La presión que se genera ablanda los alimentos.
- Hierven el agua a más de 100 °C y reducen el tiempo de cocción.

66- En un día caluroso y húmedo (70 % de humedad relativa) la presión y la temperatura son 101,325 kPa y 30 °C. Indique cuál es la proposición verdadera (si hiciera falta, consulte las tablas de presión de vapor saturado).

- Si la temperatura baja a 25 °C (a presión atmosférica constante) se forma rocío.
- Si la temperatura aumenta a 35 °C (a presión atmosférica constante) se forma rocío.
- Si la temperatura aumenta a 35 °C (a presión atmosférica constante) la humedad relativa aumenta.
- Si la presión atmosférica disminuye en un 1 % (a temperatura constante) la humedad relativa aumenta.
- A la temperatura de rocío, la humedad relativa es el 100%.
- Si se disminuye la presión total se puede llegar al punto de rocío.

67- Un día en que la humedad relativa ambiente es del 70% y la temperatura es de 25 °C:

- por cada 100 m³ de aire hay 70 m³ de vapor de agua;
- por cada 100 gramos de aire hay 70 gramos de vapor de agua;
- cada m³ de aire atmosférico admite, a esa temperatura, 30 gramos de vapor de agua;
- el aire atmosférico contiene un 30 % de la masa máxima de vapor de agua que podría contener a esa temperatura;
- el aire atmosférico contiene un 70 % de la masa máxima de vapor de agua que podría contener a esa temperatura;
- la temperatura de rocío es 25 °C.

68- Evaporación de agua en la respiración

El texto siguiente fue extraído de *Fisiología animal*, de Richard W. Hill, Gordon A. Wyse.

"Supongamos un mamífero que inhala aire saturado a 20 °C. Este aire inhalado posee una presión de vapor de agua a 2,3 kPa (17,5 mm Hg) y contiene alrededor de 17 mg de H₂O/l. En el momento en que el aire llega a los pulmones se encuentra saturado a 37 °C de temperatura y por lo tanto posee una presión de vapor de agua de 6,3 kPa (47,1 mm Hg) y contiene 44 mg de H₂O/l.

Así, aún cuando el aire inspirado esté saturado desde un comienzo al llegar a los pulmones contiene un adicional de 27 mg/l de agua, y esta cantidad adicional se extrajo del cuerpo del animal. Si el aire se espirara sin modificación alguna, esta cantidad de agua se perdería en el medio ambiente.

El aire proveniente de los pulmones en general se encuentra saturado en el momento de la espiración. Sin embargo, en numerosos mamíferos y aves, al exhalar a través de las fosas nasales, el aire se enfría antes de espirarse en la atmósfera, lo que reduce la presión de vapor de agua al nivel de saturación y disminuye la cantidad de agua asociada. Supongamos que el aire exhalado desde los pulmones reduzca su temperatura en las fosas nasales hasta 25 °C, antes de espirarlo. Esto significaría que al abandonar el cuerpo del animal el aire tendría una presión de vapor de agua de 3,2 kPa (23,8 mm Hg) y contendría 23 mg de H₂O/l. En este caso, el aire espirado de todos modos se acompañaría de una pérdida de agua corporal (dado que ingresó en el cuerpo con 17 mg de H₂O/l), pero la reducción de la temperatura del aire espirado determina que el animal recupere un 78 % del agua vaporizada durante la inhalación."

a) "El aire inhalado posee una presión de vapor de 2,3 kPa"; ¿cuál es la suposición que permite decir que ese es el valor de la presión de vapor presente en el aire?

b) ¿Cómo se calcula el contenido de agua líquida por litro de aire inspirado: 17 mg/l?

c) Explique el mecanismo por el que se pierde agua en la respiración.

d) ¿Cuál es la consecuencia de enfriar el aire en las fosas nasales, antes de espirarlo?

¿Por qué los perros tienen la nariz húmeda?

e) En el clima frío se siente sequedad en las vías respiratorias, ¿por qué es que la pérdida de agua en la respiración es mayor a medida que la temperatura ambiente es menor?

f) A 3000 m de altura una persona debe aumentar su frecuencia respiratoria para disponer del oxígeno suficiente, ¿por qué necesita hidratarse?

g) Al entrar en las vías respiratorias, el aire se humidifica hasta saturarse de vapor de agua a la temperatura del cuerpo. Como la presión a nivel de los alvéolos no puede aumentar por encima de la presión atmosférica, este vapor de agua disminuye la concentración de los demás gases que están en el aire inspirado. Siempre que la temperatura corporal sea normal, la presión de vapor de agua a nivel alveolar permanece constante en 6,3 kPa (presión de vapor saturado a la temperatura corporal de 37°C), independientemente de la altura. ¿Dónde disminuye más la concentración del aire inspirado, debido a la presencia del vapor de agua cedido por el organismo, a nivel del mar o en la cima del monte Everest?

Respuestas

Hidrostática

1- $0,35 \text{ kgf/cm}^2 = 35.000 \text{ Pa}$. Si la persona se pone en puntas de pie, disminuye el área de contacto con el piso y aumenta la presión que se ejerce.

2- 1.111 N. A medida que desciende el émbolo menor es necesario ejercer más fuerza; el peso del líquido del lado derecho aumenta, producto del desnivel entre ambos pistones.

b) 45 cm

c) $L_{F2} = -L_{F1}$.

3- Porque las presiones en clínica médica se expresan en forma manométrica.

4- $0,33 \text{ N} = 33 \text{ gf}$.

5- a) Mayor a 13,3 cm.

b) Sale la sangre porque la presión venosa se mantiene constante mientras que la que ejerce el suero disminuye.

6- a) 400 Pa

b) 1.000 Pa ; 500 Pa.

c) No, para que sean absolutas deberíamos sumarle la presión atmosférica.

7- 1,07 m

8- a) Fuerza sobre el tórax = 1.000 N. Los buzos respiran aire comprimido a igual presión que el entorno acuático.

b) La presión absoluta a 10 m de profundidad es 2 atm , a 30 m es 4 atm .

c) $|\vec{F}| = 23,6 \text{ N}$

9- a) La presión en la cabeza es 5.000 Pa ($37,5 \text{ mmHg}$) menor que a nivel del corazón, y en los pies 12.500 Pa ($93,8 \text{ mmHg}$) mayor. La diferencia entre cabeza y pies es de 17.500 Pa ($131,3 \text{ mmHg}$).

b) La presión en una arteria mayor del pie es de $188,8 \text{ mmHg}$ y en las venas de $96,8 \text{ mmHg}$.

10- a) La presión en la cabeza es $187,6 \text{ mmHg}$ menor que a nivel del corazón. Para que la presión manométrica arterial en la cabeza sea positiva, la presión manométrica arterial a nivel del corazón debe ser superior a este valor.

Si la presión manométrica arterial a nivel de la cabeza fuera negativa, cuando la jirafa se lastimara, le entraría aire en el torrente sanguíneo.

Idénticamente, la presión en la parte inferior del cuerpo se incrementa en ese mismo valor, lo que dificulta el retorno venoso, razón por la cual, las apretadas "medias elásticas" en las porciones inferiores de las extremidades aporta una presión

mecánica externa, que comprimen las venas para que no se le dilaten por la alta presión. Lo mismo sucede en personas con patologías de las válvulas venosas (varices) que también usan medias de compresión.

La presión en las arterias mayores de las extremidades es de $427,6 \text{ mmHg}$; $377,6 \text{ mmHg}$.

b) 375 mmHg

c) La línea gris corresponde a las presiones en la cabeza y la línea oscura a las presiones en el corazón.

d) El gráfico demuestra que cuanto mayor es la distancia entre el corazón y el cerebro mayor es la diferencia de presiones entre ambos órganos. A medida que aumenta la distancia cabeza-corazón, debe aumentar la presión a nivel del corazón para que la sangre pueda llegar hasta la cabeza con la presión manométrica arterial positiva. De elaboración personal, justificar los valores de la diferencia de presión para cada especie.

11- a) Las fuerzas sobre el recipiente son perpendiculares a la superficie del recipiente en los puntos indicados, con sentido hacia afuera.

b) $p_F < p_A = p_C < p_E = p_G < p_B = p_D$

c) $p_F = 1.000 \text{ Pa}$

$p_A = p_C = 2.500 \text{ Pa}$

$p_E = p_G = 3.500 \text{ Pa}$

$p_B = p_D = 5.000 \text{ Pa}$

12- A 57 cm más alto que B.

13-a) $p_C > p_B$

b) 4 cm

14- a) $h = 63 \text{ mm}$.

b) No es práctico pues la altura sería de 1,13 m; conviene usar un líquido manométrico de mayor densidad.

c) $11.710 \text{ Pa} = 87,9 \text{ mmHg}$

15- a) 118 kPa

b) 130 cm (a 30 cm por debajo de la interfase)

c) Gráfico de elaboración personal.

16- a) Mercurio (Hg)

b) 13.329 kg/m^3

c) 120 cm

d) $38 \text{ cmHg} = 50.650 \text{ Pa} = 0,5 \text{ atm}$

Fluidodinámica

17- a) $21,2 \text{ cm/s}$

b) $84,8 \text{ cm/s}$. Al ser radio la mitad la velocidad se incrementa cuatro veces.

18- a) Segundo – Tercero

b) La velocidad va disminuyendo a medida que el sistema se ramifica en vasos menores hasta llegar a los capilares. Esto permite tanto la rápida expulsión y circulación por los vasos mayores y la adecuada velocidad en la región capilar, lo que es necesario para dar tiempo a los procesos de intercambio entre la sangre y las células.

c) i) Hay 994.718.394 capilares y por cada uno de ellos circulan $8,38 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{s}$.

ii) $v_{\text{AORTA}} = 26,5 \text{ cm/s}$ $v_{\text{CAPILARES}} = 0,042 \text{ cm/s}$

19- $2v$ y $Q/2$.

20- a) 2,86 m/s.

b) 258 kPa.

21- $p' < p$ $v' > v$

22.1 la presión en A es menor que en B

22.2 la presión en A es menor que en B.

23- De elaboración personal.

Se destaca que en donde la velocidad es mayor la presión es menor.

24- La sangre circula a través de vasos en donde existe un equilibrio entre la tensión de las paredes de estos y la presión externa, que tienden a colapsarlos y la presión sanguínea que hace que se distiendan. Si la pared presenta alguna debilidad hará que la fuerza que la presión de la sangre provoque sobre esa área sea mayor que la fuerza de la pared. Por lo tanto, se va a dilatar, aumentando el área de su sección transversal. Esto genera un círculo vicioso, ya que, por Bernoulli cuando puede despreciarse la diferencia de alturas, el aumento de sección conlleva a que aumente también la presión de la sangre, volviendo a distender una pared debilitada. Con el tiempo la pared se dilata tanto que corre el riesgo de romperse.

25- 1,15 Pa. La presión es mayor en donde el área es mayor.

26- a) $\Delta p = 4/9 \cdot \delta \cdot v^2$

b) $\Delta p = 40/81 \cdot \delta \cdot v^2$

27- a) De acuerdo al problema anterior, para una dada tubería **horizontal**, la diferencia de presión es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad de entrada del fluido a la tubería. Por otro lado, para una dada cañería, el caudal es directamente proporcional a la velocidad de entrada a la cañería. De manera que la diferencia de presión entre la parte ancha y la estrecha depende del caudal circulante.

b) $\Delta p = 0$

c) Aumentará la diferencia de presión.

d) La nueva diferencia de presión será cuatro veces mayor si el caudal es el doble del original.

28- a) En el punto de la arteria subclavia donde bifurca la arteria vertebral existe un depósito de placa que reduce el radio efectivo del vaso. Según el análisis del problema 26 la presión (p_2) en dicho estrechamiento es menor que en el tramo de calibre normal (p_1). La diferencia de presión ($p_1 - p_2$) depende de la velocidad de la sangre.

b) Al agitar vigorosamente el brazo derecho afectado, se hace necesario aumentar enormemente el aporte de O_2 a los músculos esqueléticos, por lo que aumenta el caudal.

Según el análisis del problema 27 la diferencia de presión entre la parte ancha y la estrecha del vaso ($p_1 - p_2$) depende del caudal circulante: cuanto mayor es el caudal más se acentúa "el bajón" de presión en el tramo del vaso que tiene el estrechamiento.

Si la velocidad en la zona estrecha alcanza un valor crítico la presión p_2 es tanto menor que p_1 que el flujo por la arteria vertebral derecha se invierte: la sangre que sube por la arteria vertebral izquierda en lugar de seguir subiendo por la arteria basilar, se desvía y baja por la arteria vertebral derecha hacia la zona de baja presión p_2 alimentando la subclavia afectada. La arteria subclavia derecha "roba" la sangre que debería ir al cerebro provocando un desmayo.

(Hipótesis de trabajo = se considera que la sangre se comporta como un líquido ideal por tratarse de vasos anchos y de corto recorrido).

29- a) $13.506,7 \text{ kg/m}^3$

b) $202.600 \text{ Pa} = 2 \text{ atm}$

c) Vale $1,6 \text{ atm} = 162.080 \text{ Pa}$, en este caso la presión manométrica no coincide con la presión hidrostática.

d) $4,9 \text{ m/s}$

e) 3 m/s . No depende de la densidad.

30- a) $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

b) $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (la cuarta parte)

c) -8.160 Pa

31- a) 8 tubitos

b) 35 Pa

32- 25 ml/s

33- Pese a que el área de un capilar es muy pequeña comparada con la de la arteria grande que irriga al órgano, el número de capilares producto de las sucesivas ramificaciones es tan grande que el área conjunta (la suma de las áreas de todos los capilares) es mucho mayor que la de la arteria y entonces, por la ecuación de la continuidad, la velocidad es menor (Ver ejercicio 18).

De cumplirse las hipótesis de fluido ideal a lo largo de todo el circuito, según el teorema de Bernoulli la presión en los capilares debería ser mayor que en la arteria ya que allí la velocidad es menor (considerando que tanto la aorta y los capilares se encuentran en un mismo plano horizontal). Sin embargo la presión en los capilares es mucho menor lo cual indica que el fluido, a partir de algún punto en su recorrido debido principalmente a la pequeña sección transversal de los vasos, deje de considerarse ideal, y se comporte, como un fluido no ideal.

- 34- a) 0 b) 0,1474 Pa
 c) 1474 Pa d) 5.896 Pa

35- $Q = 7,16 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 4,296 \text{ l/min}$
 $v = 1,59 \text{ m/s}$

36- La velocidad en A es menor que en B, y la presión en A es mayor que en C.

37-1. Ninguna de las afirmaciones anteriores es siempre correcta.

37-2. La presión de A es menor que la presión de B.

38- $R_A = 0,25 R_B$

39- 240 l/min

- 40- a) Aumenta al doble.
 b) Aumenta al doble (muy significativo en contexto de clínica médica).

41- a) 3R b) R/3 c) 2R/3 d) 3R/2

42- 5 cm²

43- $R_i = 2 R_N$

- 44- a) Arteriolas
 b) De elaboración personal
 c) La respuesta está en el mismo cuadro.
 d) La incidencia de la potencia cuarta en el radio, en el denominador de la ley de Poiseuille, hace que un conducto con un radio 10 veces menor tenga una resistencia hidrodinámica ¡¡¡10.000 veces mayor!!! ($10^4 = 10.000$). Sin embargo, lo que debemos considerar es la resistencia equivalente de todo el conjunto, que se obtiene dividiendo la de cada elemento por el número de los mismos.

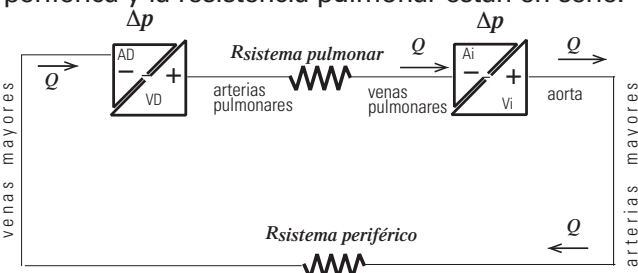
El número de capilares es muchísimo mayor que el de las arteriolas por lo que la resistencia equivalente de estas resulta mayor que la resistencia equivalente de los capilares.

45- a) 170.184J
 b) 3646,8 W = 4,9 HP

46- $Q' = \frac{1}{4} Q$

47-1 a) La caída de presión en las arterias grandes es 56 (aproximadamente) veces menor que en las arteriolas.

b) Los caudales son iguales ya que la resistencia periférica y la resistencia pulmonar están en serie.



c) $Q_{aorta} = Q_{venas\ cavas} + Q_{cardíacas} = 5,2 \text{ l/min}$
 En el sistema periférico los lechos vasculares de los distintos órganos y subsistemas, en general, están dispuestos en paralelo.

d) $R_{coronaria} > R_{cutánea} > R_{encefálica} > R_{renal} > R_{periférica}$

e) 1 URP = 1,33 10⁵ Pa s/m³

$R_{pulmonar} = 0,115 \text{ URP} = 0,153 \cdot 10^8 \text{ Pa s/m}^3$;

$R_{periférica} = 1,05 \text{ URP} = 1,4 \cdot 10^8 \text{ Pa s/m}^3$

f) $R_{renal} = 4,55 \text{ URP}$. Este valor es mayor que la resistencia periférica total ya que la resistencia de cualquier elemento que se encuentre en paralelo va a ser mayor que la resistencia del equivalente. La resistencia del equivalente es siempre menor que la menor de las resistencias de cada elemento del paralelo.

g1) $R_{hígado A} = 16 \text{ URP}$

g2) $R_{sistema} = 3,64 \text{ URP}$; $R_{hígado B} = 0,44 \text{ URP}$

h) 65 ml

472- a) La potencia del corazón izquierdo es 7,4 veces mayor que la potencia del corazón derecho. El caudal que circula por ambos es el mismo pero la diferencia de presión es 7,4 veces mayor en el corazón izquierdo que en el derecho.

$Pot_{corazón\ izquierdo} = 1,03 \text{ W}$

$Pot_{corazón\ Derecho} = 0,14 \text{ W}$

b) Las cavidades cardíacas tienen como función ejercer la fuerza apropiada para el bombeo de la sangre. Ésta depende de la diferencia de presión y el área interna, siendo ambas inferiores en la parte derecha. Por lo tanto, las paredes musculares deben ser de menor grosor que las del izquierdo.

473- a) La resistencia periférica disminuye un 53 % en tanto que la potencia cardíaca aumentará más de 4 veces.

b) Muscular, cutáneo y coronario.

c) Si se mantiene la diferencia de presión entre los extremos de un vaso, el caudal queda determinado por el valor de la resistencia hidrodinámica. Como en la ecuación de Poiseuille el radio figura a la cuarta potencia, un pequeño cambio en el radio significa un gran cambio en la resistencia y, por tanto, en el caudal. En la vasodilatación el aumento del radio de vaso determina una disminución de la resistencia y un aumento en el caudal. En la vasoconstricción la disminución del radio determina un aumento de la resistencia y una disminución del caudal.

d) En la circulación periférica la mayor caída de presión ocurre en las arteriolas consecuencia de su estrecho diámetro y el número de sus ramas. Además, su pared vascular es extremadamente fuerte pudiendo variar su diámetro hasta cuatro veces, modificando su resistencia en más de 250 veces. Esto hace posible que las arteriolas respondan a señales locales o de los tejidos variando su diámetro y así controlando el flujo sanguíneo.

e) El aumento de la actividad física implica un mayor metabolismo tisular, con la consecuente generación termogénica producto de los residuos de las rupturas de las cadenas de ATP y ADP. Esto explica que, al hacer ejercicio, la temperatura del cuerpo y de la piel aumenta y el organismo busca compensar este incremento. El sistema dérmico periférico actúa como una especie de radiador poniendo en contacto los vasos superficiales de la dermis con el ambiente. Para incrementar este intercambio se abren los capilares cutáneos (vasodilatación local) permitiendo la circulación de mayor cantidad de sangre la cual regresa al interior con menor temperatura. Es entonces la dilatación de esos vasos lo que nos brinda esa tonalidad rojiza a la piel. Esto justifica que en la respuesta b) hayamos considerado que uno de los lechos vasculares en los cuales aumenta la irrigación por vasodilatación sea el cutáneo.

f) Luego de una ingesta mas que moderada, gran cantidad de sangre acude a la circulación gastrointestinal para realizar la digestión de los alimentos razón por la cual, si hacemos ejercicio, como nadar, parte del caudal se redirigirá hacia los tejidos musculares y cutáneos, pudiendo interrumpir el proceso mencionado.

$$48- \text{ a) } Q_1 = 50 \text{ ml/s} \quad Q_2 = 33,3 \text{ ml/s}$$

$$Q_3 = 20 \text{ ml/s} \quad Q_{\text{aorta}} = 103,3 \text{ ml/s}$$

b) Debe duplicarse. Como todas las ramas están en paralelo, tienen la misma diferencia de presión, el caudal se duplicaría en todas las otras ramas.

c) La baja resistencia equivalente elevaría el caudal total a 603,3 ml/s

d) El caudal disminuiría significativamente, tomando el valor de 50,8 ml/s. Si se quisiera mantener el caudal normal en las otras resistencias, la diferencia de presión en el corazón debería ser de 203,3 mmHg, es decir, habría que aumentar la presión en el mismo valor que se disipa en la resistencia colocada entre B y C.

49- a) La resistencia hidrodinámica.

b) En el turbulento porque aumenta la resistencia.

c) De acuerdo con la ley de Ohm, para mantener el caudal constante si aumenta la resistencia debe aumentar la presión.

50- 30 cm/s

51- a) Debido a la baja viscosidad de la sangre, la resistencia disminuye aumentando el caudal, lo que hace que aumente la velocidad (ya que las secciones transversales se mantienen constantes) transformándose el flujo en turbulento.

b) En el estrechamiento aumenta la velocidad pudiendo superar el valor crítico (además el cambio brusco de sección hace que el fluido deje de tener flujo laminar).

52- a) La presión arterial se suele tomar en el brazo izquierdo que recibe el bombeo del corazón de forma más directa, a la altura del corazón para evitar la desviación producto de la diferencia de presión hidrostática.

b) La causa exacta de estos ruidos llamados de Korotkoff es aún objeto de discusión, pero se cree que la turbulencia es generada por choques de la sangre contra las paredes del vaso parcialmente ocluido.

Según el gráfico, la presión que se quiere medir adopta sucesivamente valores de entre 120 mmHg y 70 mmHg. La presión arterial es pulsátil, podemos imaginar pequeños segmentos cuya presión es de 120 mmHg intercalados con otros cuya presión es de 70 mmHg. Si la presión que se ejerce sobre el brazo es superior al máximo la sangre quedará detenida. En tanto que si es inferior que la diastólica fluirá libremente.

Pero para los valores comprendidos entre ambos el flujo se vuelve intermitente, ya que solo podrá pasar la sangre cuya presión exceda a la externa, quedando detenida la de menor presión. Es el golpe de ésta contra las paredes del vaso parcialmente cerrado lo que genera el ruido. Cuando el tensiómetro marque apenas por debajo de la presión sistólica, pasará el segmento de presión alta pero no podrá hacerlo el de 70 mmHg, chocando contra las paredes. Sentiremos entonces el primer golpe, indicando el comienzo de la circulación y por lo tanto el valor de la presión sistólica. A medida que descendemos la presión externa, sentiremos una sucesión de golpes ya que parte de la sangre pasará e inmediatamente otra chocará. Hasta que finalmente, al medir por debajo de los 70 mmHg, toda la sangre fluirá libremente. Entonces, el último ruido nos indicará el valor de la presión diastólica.

c) Indicará un valor menor que el que se desea medir, similar a la diferencia de presión hidrostática entre el pliegue del codo y el corazón, unos 40 cm, que implican 30 mmHg menos, por lo tanto medirá presiones entre los 90 mmHg y 40 mmHg.

53- a) La presión disminuye a lo largo del recorrido.

b) En las arterias grandes la presión es pulsátil, tomando valores entre 120 mmHg (presión sistólica) y 70 mmHg (presión diastólica). En tanto que en las venas su valor es constante en el tiempo.

c) Al ser las presiones mucho mayores en las arterias que en las venas tanto el caudal hemorrágico así como la fuerza para detener la pérdida serán mucho mayores en las arterias que en las venas, además estas se distribuyen mas superficialmente y son más fácil de visualizar.

d) La salida de la sangre formará "chorros" sucesivos de 160 cm y 93 cm de altura, debido al carácter pulsátil de su presión.

e) Entraría aire al vaso.

54- a) La presión bajo una columna de 1 cm de mercurio es igual a la presión bajo otra columna de 13,6 cm de agua porque la densidad del mercurio es 13,6 veces mayor que la del agua. Por lo tanto, el cmH₂O se utiliza para medir presiones menores a las arteriales, por ejemplo para medir presiones venosas.

$$1 \text{ mmHg} = 1,36 \text{ cmH}_2\text{O}$$

La presión atmosférica normal es de 760 mmHg = 1033,6 cmH₂O.

b) Mirando el gráfico se observa que la presión aumenta (la pendiente de la recta tangente es siempre positiva) con el aumento del volumen de la vejiga. Pero no lo hace de la misma manera durante el llenado de la vejiga, ya que la pendiente de la recta tangente del gráfico va variando a lo largo del proceso.

Teniendo en cuenta que la pendiente de la recta tangente de este gráfico representa la velocidad con la que aumenta la presión con el aumento de volumen, y que la concavidad está relacionada con la aceleración de este proceso, podemos distinguir tres etapas en el llenado de la vejiga.

En una primera etapa la vejiga, inicialmente vacía, comienza a llenarse hasta un volumen de unos 80 ml. En esta etapa, la presión aumenta pero cada vez más despacio (pendiente de la recta tangente positiva y concavidad negativa) hasta un valor de casi 10 cmH₂O.

En una segunda etapa, que va desde los 80 ml hasta los 300 ml, aproximadamente, la orina adicional solo causa un pequeño aumento de la presión. En esta etapa la presión aumenta muy lentamente con rapidez aproximadamente constante (el gráfico es aproximadamente una recta).

En la última etapa a partir de los 300 ml, la presión aumenta cada vez más rápido (la pendiente de la recta tangente es positiva, y la curva es cóncava hacia arriba).

Se observa también que en la segunda etapa comienzan las ondas de presión del reflejo de micción, que aumentan en la tercera etapa en la que se siente urgencia por orinar.

c) 2940 Pa

Gases y humedad

55- a) 205 moles 6,6 kgf
b) 43,9 atm c) Sí.

56- a) $p_{\text{N}_2} = 0,78 \text{ atm}$ $p_{\text{O}_2} = 0,21 \text{ atm}$
 $p_{\text{Ar}} = 0,009 \text{ atm}$ $p_{\text{CO}_2} = 0,0003 \text{ atm}$.

b)b)i) A nivel del mar, la presión atmosférica es aproximadamente de 101,3 kPa.

En Olaroz Chico, la presión atmosférica es aproximadamente de 60 kPa.

En la cima del monte Everest la presión atmosférica es aproximadamente de 34 kPa.

b)ii) A nivel del mar, la presión parcial de oxígeno es aproximadamente de 21,27 kPa.

En Olaroz Chico, la presión parcial de oxígeno es aproximadamente de 12,60 kPa.

En la cima del monte Everest, la presión parcial de oxígeno es aproximadamente de 7,14 kPa.

b)iii) En Olaroz Chico, en un litro de aire atmosférico hay 0,1777 gramos de oxígeno.

En la cima del monte Everest, en un litro de aire atmosférico hay 0,1007 gramos de oxígeno.

b)iv) A medida que se asciende, al disminuir la presión atmosférica, disminuye la cantidad de moléculas totales presentes en un dado volumen de aire. Dentro de los primeros 100 km s.n.m., no varían las concentraciones de los gases presentes, con lo cual, al ascender, disminuyen en igual proporción las moléculas de los gases presentes. Por lo tanto, en la cima del Everest respiramos la misma concentración de aire que en la playa, pero la cantidad de moléculas de oxígeno es menor debido a la reducción de la presión atmosférica. En consecuencia, al reducirse la presión parcial del oxígeno, la saturación de oxígeno en sangre disminuye, por lo que el suministro de oxígeno a los tejidos se ve comprometido y comienzan los temidos síntomas del mal de altura. La persona debe aumentar su frecuencia respiratoria para disponer del oxígeno suficiente.

57- a) A la misma temperatura, si la presión es de 2 atm el volumen es de 1/2 litro; y si la presión es de 4 atm el volumen es de 1/4 litro.

b) A la misma temperatura, si el volumen es de 2 litros la presión es de 1/2 atm; y si el volumen es de 4 litros, la presión es de 1/4 atm.

c) Gráfico de elaboración personal.

58- Se usa la aproximación: 1 atm = 10 mH₂O.

a) Hay que descender 10 m en el agua.

b) A 30 m de profundidad, el volumen del aire pulmonar es un 25 % del que se tiene en la superficie.

c) Los buzos deben respirar aire comprimido a la misma presión que su entorno acuático.

d) A medida que el buzo asciende, la presión de su entorno disminuye y el gas se expande, lo cual provoca una hiperinsuflación de los pulmones causando serios daños en el organismo denominados barotrauma o barotraumatismo.

e) No es igual de peligroso. En los últimos 10 m antes de llegar a la superficie, es más peligroso porque ahí es cuando el volumen aumentaría al doble, ya que la presión disminuye a la mitad. Entre los 20 m y los 10 m la presión disminuye un 33 % y el volumen aumentaría 1,5 veces.

f) No, no dura lo mismo. A mayor profundidad, el buzo debe respirar aire a mayor presión. Aire a mayor presión implica aire más denso. Cada inspiración realizada en las profundidades contiene muchas más moléculas que una inspiración en la superficie.

A 10 m de profundidad (a 2 atmósferas de presión absoluta), cada inhalación contiene el doble de moléculas que una inspiración realizada en la superficie y por ello agota una botella de aire en la mitad de tiempo. A 20 m de profundidad (a 3 atmósferas de presión absoluta), cada inhalación contienen el triple de moléculas que una inspiración realizada en la superficie y por ello agota la botella de aire en un tercio del tiempo necesario en la superficie.

g)i) El nitrógeno se vuelve tóxico cuando su presión parcial alcanza 3,12 atm.

g)ii) La toxicidad por oxígeno ocurre a partir de los 56,7 m de profundidad en agua.

h) El nitrógeno que respiramos no participa en ningún proceso metabólico, por lo que pasa por el organismo y la sangre lo elimina en la misma proporción en que entró.

Pero un aumento de la presión sobre el organismo, provoca un aumento de la solubilidad del nitrógeno, el cual se acumula en la sangre y en los tejidos de forma proporcional al tiempo y a la profundidad a la que el buceador ha estado sometido. Si el buceador vuelve a la superficie de forma rápida, sufre la enfermedad de descompresión que es el trastorno que se produce por el descenso brusco de presión que hace que el nitrógeno deje de estar disuelto y aumente su volumen bruscamente, originando burbujas que aumentan su tamaño conforme disminuye la presión. Estas burbujas pueden ser lo suficientemente grandes como para bloquear los vasos sanguíneos del organismo, dando lugar a síntomas de diversa gravedad según los órganos afectados.

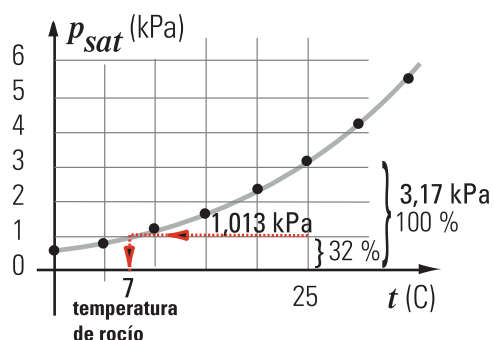
59- a) 0,2 atm
b) el cuádruple

60- a) De elaboración personal.
b) Se evapora agua.
c) De elaboración personal.
d) 95°C
e) 31,8 mmHg

61- a) 5 g/m³
b) 1383 g
c) 21,7 %

62- a) De elaboración personal.
b) 20,55 %.
c) 10°C.
d) 5°C.

63- a) Humedad relativa porcentual= 32,0%;
humedad absoluta = 7,37 g/m³



b) Debería bajar T (a p_{aire} constante) hasta alcanzar una temperatura T' en la cual $P_{\text{vap.sat}}(T') = 1,01325$ kPa (aprox. 7°C).

64- $T_R = 10$ °C y $T_E < 100$ °C

65- Hierven el agua a más de 100 °C y reducen el tiempo de cocción.

66- A la temperatura de rocío, la humedad relativa es el 100%.

67- El aire atmosférico contiene un 70 % de la masa máxima de vapor de agua que podría contener a esa temperatura

68- a) El texto dice que el vapor está a 20 °C y que está saturado. Es dato de la tabla que la presión de vapor saturado a 20 °C es 2,33 kPa.

b) Usando la ecuación de estado del gas ideal, y conociendo la presión de vapor presente (2,3 kPa) y la temperatura (20 °C = 293 K), se calcula el número de moles de vapor de agua por litro ($n/V = P / (R T)$). Luego se multiplica este valor por la masa molar del agua ($m = n \cdot 18$ g/mol) y se obtiene la masa de vapor presente por litro.

c) Al entrar al cuerpo, la temperatura del aire inspirado aumenta y en consecuencia este aire es capaz de contener más vapor. Las superficies respiratorias del organismo ceden agua y el aire se satura a la temperatura corporal. Si el aire se espira a esa temperatura, esta cantidad de agua vaporizada, extraída del cuerpo, se pierde en el medio ambiente. El resultado neto es una pérdida de agua del organismo.

d) En algunos animales el aire se enfría al circular por la nariz antes de su expulsión, y en este proceso recupera un poco del agua que hubiera perdido si exhalara el aire caliente. Los perros tienen la nariz húmeda porque antes de espirar, el aire se enfría. Al enfriarse, como estaba saturado a una temperatura mayor, ya no puede contener tanto vapor y éste se condensa sobre su nariz.

e) Si la temperatura ambiente es menor, el aire que ingresa está a baja temperatura y la presión de vapor saturado también es baja. Para saturarse a la temperatura corporal, hará falta que el organismo ceda más agua.

f) A mayores alturas, como la frecuencia respiratoria aumenta, se pierde más agua y por eso debe hidratarse.

g) Un valor fijo de presión de vapor presente diluye más una muestra de gas que está a menor presión absoluta que una que está a mayor presión absoluta. Por eso en la cima del monte Everest disminuye más la concentración del aire inspirado cuando recibe el vapor saturado a 6,3 kPa que a nivel del mar.

Unidad 2 Segunda parte

Fenómenos de Transporte

Difusión

1- Un recipiente con una solución de pepsina en agua de concentración 0,1 moles/litro se pone en contacto, mediante un tubo de 20 cm de longitud, con otro recipiente que contiene una solución más diluida de la misma sustancia. Ambas soluciones están a 20 °C. La densidad de flujo difusivo inicial es 10^{-12} mol/(cm²s).

Dato: El coeficiente de difusión de la pepsina en agua a 20 °C es 9×10^{-11} m²/s.

- a) ¿Cuál es la concentración inicial aproximada de la solución de pepsina del segundo recipiente?
- b) ¿Cambia ese valor al transcurrir el tiempo? ¿Por qué?

2- Una solución de concentración 5 M difunde hacia el interior de una célula donde la concentración es de 3 M. La membrana celular tiene un espesor de 8 nm (un nm equivale a 10^{-7} cm) y posee $2,5 \times 10^{10}$ poros cilíndricos por centímetro cuadrado. La densidad de flujo difusivo neta es $7,8 \times 10^{-6}$ mol.cm⁻²s⁻¹. El coeficiente de difusión vale $D = 2,5 \times 10^{-5}$ cm²s⁻¹.

¿Cuánto mide el radio de cada poro?

3- En las hojas de los vegetales hay pequeños poros llamados *estomas* que permiten, entre otras cosas, la difusión de vapor de agua hacia el exterior. Uno de esos poros tiene un diámetro de 22 μm y una longitud de 12 μm. La concentración del vapor de agua en el aire del interior de la hoja es de 17 g/m³ y en el aire que rodea a la hoja es la mitad.

¿Qué masa de vapor de agua atraviesa el estoma en una hora?

Dato: el coeficiente de difusión del vapor de agua en el aire, a 20 °C es 0,23 cm²/s.

4- Un tubo de área transversal A y longitud L conecta dos compartimientos que contienen soluciones semejantes, aunque de concentraciones diferentes.

¿En cuál de los tubos de la siguiente lista será mayor el flujo difusivo?

	A (cm ²)	L (cm)
<input type="checkbox"/>	4	4
<input type="checkbox"/>	8	10
<input type="checkbox"/>	3	5
<input type="checkbox"/>	10	15
<input type="checkbox"/>	5	2
<input type="checkbox"/>	4	2

Ósmosis

5- Una membrana semipermeable separa dos soluciones acuosas. Para que exista una diferencia de presión osmótica entre ambas soluciones es necesario que:

- los volúmenes de las soluciones sean iguales.
- los volúmenes de las soluciones sean distintos.
- la molaridad de las soluciones sea igual.
- la molaridad de las soluciones sea distinta.
- la osmolaridad de las soluciones sea igual.
- la osmolaridad de las soluciones sea distinta.

6- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones referidas a los fenómenos de transporte es correcta?

A. La evolución de un proceso difusivo permite disminuir el gradiente de concentración.

B. En un proceso de ósmosis el que atraviesa la membrana semipermeable es el soluto.

C. Para que se produzca la ósmosis inversa es imprescindible el aporte de energía al sistema desde el exterior.

D. Dos soluciones con solutos de la misma especie no pueden producir ósmosis.

E. Para que se produzca difusión es imprescindible tener una membrana semipermeable.

- únicamente la A.
- únicamente la B.
- únicamente la C.
- únicamente la D.
- únicamente la E.
- la A y la C.
- la B y la D.
- la C y la E.

7- La hemoglobina es una proteína de la sangre que puede considerarse como un soluto no disociable de masa molar $6,4 \times 10^4$ g/mol.

¿Cuál es el valor de la presión osmótica generada por la hemoglobina en una muestra de sangre de 100 ml que contiene 3,31 g de dicha proteína a una temperatura de 37 °C?

Dato: $R = 0,082$ l.atm/(mol K)

8- La concentración de glucosa (masa molar 180 g/mol) en el interior de una célula vegetal a 15 °C es 4 g/l, mientras que en el tejido conductor vecino es 7 g/l. Entonces, la diferencia de presiones osmóticas entre las dos soluciones es aproximadamente:

- 147 kPa
- 94 kPa
- 40 kPa
- 2 kPa
- 40 Pa
- 2 Pa

9- Una bolsa hecha de membrana semipermeable contiene una solución compuesta por 2 moles de NaCl en un litro de agua. Se la sumerge en una solución de 30 moles de sacarosa en 10 litros de agua. ¿Qué ocurrirá?

No habrá flujo neto de agua, sacarosa ni NaCl a través de la membrana.

Ingresará sacarosa a la bolsa y saldrá NaCl al exterior.

Se formará una solución de sacarosa y NaCl en la bolsa.

Se formará una solución de sacarosa y NaCl fuera de la bolsa.

La bolsa se arrugará debido a que sale agua de ella.

La bolsa comenzará a hincharse por el flujo de agua que penetra en ella.

10- Algunas células están formadas por una membrana semipermeable flexible que contiene en su interior un fluido cuya concentración es 0,24 osmolar. Si una muestra de esas células se sumerge en una solución salina patrón, de volumen mucho mayor que las mismas, se puede observar al microscopio que las mismas aumentan su volumen en un 20% hasta alcanzar un estado de equilibrio, entonces:

- la solución patrón tiene una concentración menor a 0,24 osmolar.
- la solución patrón tiene una concentración igual a 0,24 osmolar.
- la concentración interna de las células en equilibrio es igual a 0,24 osmolar.
- la concentración interna de las células en equilibrio es nula.
- la solución patrón tiene una concentración en equilibrio nula.
- el volumen de la solución salina patrón se reduce en un 20% cuando se alcanza el equilibrio.

11- Las células vegetales poseen una membrana citoplasmática semipermeable (permeabilidad selectiva al agua). Se denomina *plasmólisis* al proceso de deshidratación y reducción de tamaño de las células vegetales. Para que ese fenómeno sea posible habría que sumergir una muestra de células vegetales en:

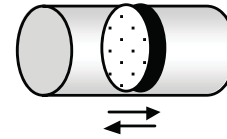
- un medio hipotónico para que se deshidrate por ósmosis directa.
- un medio hipertónico para que se deshidrate por ósmosis directa.
- un medio isotónico para que se deshidrate por ósmosis directa.
- agua destilada para que se deshidrate por ósmosis directa.
- agua destilada y aplicando una presión externa para que se deshidrate por ósmosis inversa.
- un medio isotónico y aplicando una presión externa para que se deshidrate por ósmosis inversa.

12- Una muestra de sangre se divide en dos porciones, una se vierte en una solución acuosa de NaCl (recipiente A) y se observa que los glóbulos rojos aumentan de volumen. La otra porción se vierte en una solución acuosa de NaCl (recipiente B) y se observa que los glóbulos rojos disminuyen de volumen. Si llamamos c_A , c_B y c_G a las concentraciones osmolares de la solución A, la solución B y de los glóbulos rojos, respectivamente, y asumimos que las paredes celulares de los glóbulos se comportan como una membrana semipermeable, se cumple que:

- $c_B = c_G$ y $c_A < c_B$
- $c_B = c_G$ y $c_A > c_B$
- $c_B > c_G$ y $c_A < c_B$
- $c_B > c_G$ y $c_A > c_B$
- $c_B < c_G$ y $c_A < c_B$
- $c_B < c_G$ y $c_A > c_B$

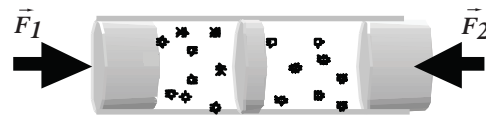
13- Un tubo horizontal cerrado en ambos extremos con un émbolo poroso semipermeable en el medio, se llena de agua en su totalidad.

Si en el compartimiento de la derecha se agrega NaCl, él émbolo:



- se desplazará hacia la derecha hasta la mitad del compartimiento.
- oscilará.
- se desplazará hasta el extremo derecho.
- se quedará quieto.
- se desplazará hacia la izquierda hasta la mitad del compartimiento.
- se desplazará hasta el extremo izquierdo.

14- Dos soluciones diluidas, a 27 °C, están separadas por una membrana fija semipermeable, siendo sus concentraciones 0,1 M de NaCl (derecha) y 0,1 M de CaF_2 (izquierda). El CaF_2 se ioniza completamente separándose en dos iones F y un ion Ca. Sobre los extremos de ambos se encuentran émbolos (sin rozamiento) de igual área sobre los que se aplican fuerzas F_1 y F_2 (según muestra la figura) que generan respectivas presiones p_1 y p_2 .



¿Cuál es la única afirmación correcta?

- Si $p_1 = p_2$ fluye agua de izquierda a derecha.
- Si $p_1 < p_2$ fluye agua de izquierda a derecha.
- Si $p_2 = 2 p_1$ no hay flujo neto de solvente.
- Si $p_1 = p_2$ fluye solvente de derecha a izquierda.
- Pasa solvente de izquierda a derecha solo si $p_2 = 2 p_1$.
- Pasa solvente de derecha a izquierda solo si $p_1 < p_2$.

15- Si se considerara que el agua de mar es una solución acuosa 0,2 molar de ClNa a una temperatura de 20 °C, la energía mínima necesaria para potabilizar por ósmosis inversa 1000 litros de agua sería, aproximadamente:

- 270 Wh
- 135 kWh
- 27 kWh
- 1,4 Wh
- 2,7 kWh
- 14 Wh

Respuestas

Difusión

1-

a) 0,078 moles/litro

b) Sí. Aumenta con el tiempo. La consecuencia es que la densidad de flujo difusivo disminuye con el tiempo (existe una segunda ley de Fick que puede describir esta situación pero no será estudiada en este curso).

2- $r_{\text{poro}} = 0,4 \text{ nm}$

3- $m_{\text{vapor}} = 2,23 \times 10^{-5} \text{ g}$

4- $A = 5 \text{ cm}^2$; $L = 2 \text{ cm}$.

Ósmosis

5- La osmolaridad de las soluciones sea distinta.

6- La A y la C.

7- $\pi = 10 \text{ mmHg}$

8- $\Delta\pi = 40 \text{ kPa}$

9- La bolsa comenzará a hincharse por el flujo de agua que penetra en ella.

10- La solución patrón tiene una concentración menor a 0,24 osmolar.

11- Un medio hipertónico para que se deshidrate por ósmosis directa.

12- $c_B > c_G$ y $c_A < c_B$

13- Se desplazará hasta el extremo izquierdo

14-

Si $p_1 = p_2$ fluye solvente de derecha a izquierda

15- 270 Wh