
UNIDAD Nº 4

Física del Buceo

□ Parte de la Física compuesta por la serie de principios y leyes que determinan los fenómenos físicos ocurridos durante una inmersión.

□

Aire: □

Es una mezcla de gases, incolora, inodora e insípida que constituye la atmósfera que rodea a la Tierra. Se halla compuesta por:

78,13% de nitrógeno (N₂)

20,90% de oxígeno (O₂)

0,03% de dióxido de carbono (CO₂)

0.94% otros gases (argón, vapor de agua, etc).

=====

100.00%

□

Agua: □

□ El agua es un líquido incoloro, inodoro, insípido y transparente que está compuesto por 2 partes de hidrógeno y 1 de oxígeno (H₂O). Es aproximadamente 800 veces más densa que el aire a nivel mar. También es más pesada. De allí que presenta 800 veces mayor resistencia dinámica que el aire.

El agua salada a diferencia del agua dulce, contiene gran cantidad de minerales disueltos, los que le dan mayor densidad (es 1,026 veces más densa que el agua dulce).□

□

Densidad: □

□ Es la relación que existe entre el peso (masa) y el volumen de una materia.

$$d = \frac{m \text{ (gramos)}}{v \text{ (litros)}}$$

El cuerpo humano tiene casi la misma densidad que el agua salada, esa cuasi equivalencia es la que hace que flotemos con mayor facilidad en el mar. Los gases, como el aire, son más ligeros en comparación con los líquidos y sólidos; tienen menor número de moléculas para un volumen dado, por lo tanto tienen menor densidad. Como las moléculas de un gas están más alejadas unas de las otras pueden ser comprimidas más fácilmente que las moléculas de otros materiales. En un sólido la distancia molecular es mínima, su densidad será mayor, por lo tanto será incompresible. En los líquidos se da la situación intermedia. El gas se hace menos denso y por lo tanto más liviano.

El aire a nivel del mar, se halla comprimido por todo el aire que tiene encima, por lo tanto su densidad es mayor que la del aire de las grandes altitudes. Esa es la razón por la cual el avión vuela a mayor velocidad en el aire menos denso de la estratósfera que en el aire más denso a nivel del mar.

□

Peso específico: □

□ Es la relación entre el peso y el volumen de un cuerpo.

$$P = \frac{p \text{ (g)}}{v \text{ (cm}^3\text{)}}$$

□

Presión: □

□ □ Es una fuerza aplicada sobre una superficie, en forma pareja sobre ella y en todas las direcciones.



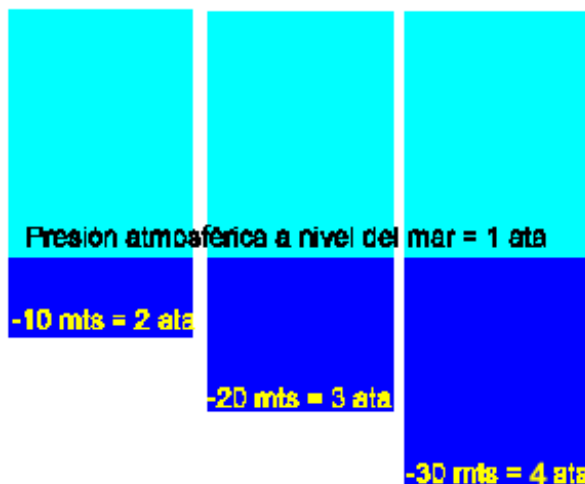
Presión atmosférica:

Alrededor de la Tierra existe una capa de aire con un espesor estimado en 10.000 mts. Este aire tiene un peso aproximado de 1,033 gr. x litro y ejerce dicho peso sobre la superficie de la tierra por lo que se dice que ejerce una presión. Si pudieramos construir un recipiente que tuviera 1cm² de base y una altura de 10 km. veríamos que su base recibe una presión de 1,033 kg. o sea 1 Atmósfera o 760 mm de Hg (mercurio).

Presión relativa o hidrostática:

Es la fuerza a que se encuentra sometido todo cuerpo sumergido, su valor depende de la profundidad y densidad del medio. Es la presión debida al peso del agua y aumentará aproximadamente 1 kg/cm² o sea una atmósfera cada 10,33m de profundidad.

Ejemplo: Si nos encontramos sumergidos a 10 metros de profundidad la presión relativa será de 1 kg/cm² o lo que es lo mismo 1 ATA; a 20m, 2 ATA o 2 kg/cm² y así sucesivamente.

**Presión Absoluta:**

Es la suma de "presión atmosférica" y "presión relativa".

$$P \text{ Absoluta} = p. \text{ atm.} + p. \text{ rel.}$$

Ejemplificando:

Si nos encontramos a 11m de profundidad la presión absoluta será de 2 ATA, a 22 metros de profundidad de 3 ATA, etc.

Presión Manométrica:

Es la presión de aire que se encuentra dentro de los cilindros de buceo. Se mide como las demás presiones en kg/cm² o bares o libras/pulgada² o ATA.

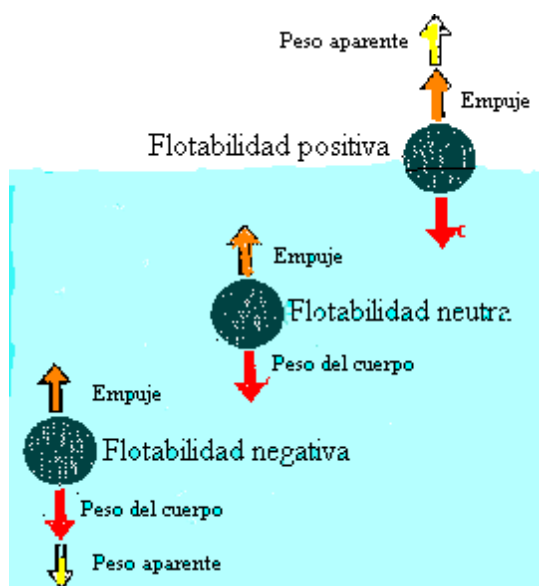
Principio de Arquímedes: Flotabilidad.

"Todo cuerpo total o parcialmente sumergido recibe un empuje vertical de abajo hacia arriba igual al peso del líquido que desaloja".

Sobre el cuerpo sumergido actúan fuerzas normales a su superficie debido a la presión hidrostática, del líquido en cuestión, la resultante de todas esas fuerzas es el empuje de Arquímedes. El empuje (E) está aplicado en el centro de gravedad o centro de empuje oponiéndose a la fuerza ejercida por el peso del cuerpo.

Sumergido un cuerpo en un líquido puede ocurrir que el empuje sea menor, igual o mayor que su peso. Si el E es menor que el peso del cuerpo este se sumerge hasta el fondo, por lo tanto su flotabilidad será negativa. Si el E es igual al peso, el cuerpo flota en el seno del agua o de la masa líquida, quedando en equilibrio, su flotabilidad es neutra.

Si el E es mayor que el peso, el cuerpo flota en la superficie o sea que emerge parte del mismo hasta que el E de la parte sumergida equilibre al peso, por lo tanto tendrá flotabilidad positiva.



Flotabilidad $F = E - P$

□

Aplicación del principio de Arquímedes □

□

Ej.1: En un recipiente rasado de agua dulce sumergimos completamente 1 dm^3 de corcho que pesa 240 g, ese cuerpo derramará un litro de agua. Si pesamos ese litro de agua resultará ser de 1 kg. Basándonos en el principio de Arquímedes, el E será de 1 kg (1000 g). Como el E es mayor que el peso del corcho, éste tenderá a flotar hasta que exista equilibrio entre dicha fuerza y el peso del corcho.

Si sumergimos 1 dm^3 de hierro que pesa 7,8 kg lógicamente va a desalojar un litro de agua que pesará 1 kg, por lo tanto el empuje vertical de abajo hacia arriba que recibirá el hierro será de 1 kg. Como el peso del hierro es de 7.8 kg, obviamente será mayor que el empuje y tenderá a hundirse. No obstante que el hierro se hunde dentro del agua pesará menos que fuera de ella, por el empuje vertical hacia arriba ejercido. En este caso el peso del hierro resulta de 6,8kg.□

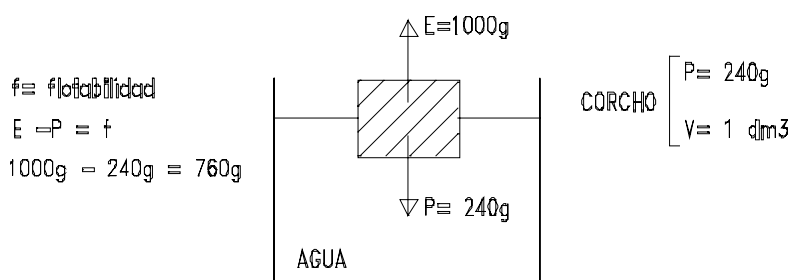


fig.4: Arquímedes

□

Ej.2: Un buzo que con un equipo completo pesa 102,5 kg es sumergido en un tanque lleno de agua de mar y desplaza 100 litros de agua. El E hacia arriba que recibirá el buzo será igual al peso del agua que desalojó.

Si un litro de agua de mar pesa 1,025 kg, 100 litros pesarán 102,5 kg, por lo tanto al ser el E igual al peso del buzo tendrá flotabilidad neutra. Podemos deducir que la densidad de un buzo resulta ser igual a la del agua de mar. Si al mismo buzo lo sumergimos en un tanque lleno de agua dulce, también desplazará 100 litros de agua, el peso de estos 100 litros de agua dulce son 100 kg, ya que un litro de agua dulce pesa 1 kg.

El empuje entonces será menor que el peso del buzo, por lo cual éste se hundirá. Para obtener flotabilidad neutra en agua dulce tendrá que quitar de su cinturón de plomos 2,5 kg de peso. Se puede generalizar que el buzo que en el agua de mar tenga flotabilidad neutra y vaya a bucear en agua dulce, tendrá que quitar al cinturón de lastre el **2,5% de su peso total**.

Ej.3: La balanza se encuentra en equilibrio ya que el Empuje que recibe el cuerpo A es igual al peso del agua que desaloja (que se encuentra en el recipiente B).

Temperatura: □

□

"Es el grado de calor o frío de los cuerpos"

□

La temperatura disminuye al aumentar la profundidad e incide negativamente en el tiempo de permanencia subacuática debido a la pérdida de calor por exhalación, llevando al organismo a un incremento de su metabolismo, lo que implica un mayor consumo de oxígeno con la consiguiente disminución del tiempo de permanencia subacuática.

El bucear durante un tiempo prolongado en aguas frías sin la protección adecuada es exponerse a serias consecuencias. La temperatura normal del cuerpo es de 37°C aproximadamente y si varía ocasionará serios problemas. Cuando nos sumergimos pasamos



el calor de nuestros cuerpos directamente al agua (conducción) y será absorbido 25 veces más rápido que en el aire, perdiendo así más calor que el que puede producir nuestro cuerpo.

Cuando se empieza a temblar es el mejor aviso de que se debe salir del agua. Se recomienda el uso de traje isotérmico en aguas de temperaturas inferiores a los 25°C.

El calor pasa de los cuerpos más calientes a los más fríos en algunos casos a través de la materia, en otros sin interposición de ella. En los primeros se da el fenómeno de conducción, según la materia interpuesta sea sólida o fluida, cuando la propagación se produce en el vacío se llama radiación.

En nuestro caso la pérdida de calor es proporcional a la superficie corporal y a la diferencia entre la temperatura del cuerpo y la del agua.

□

Termoclina: □

□ Fenómeno que se origina por debajo de la superficie del agua, donde las capas de mayor temperatura se separan de las frías que se encuentran a bajas temperaturas (o a T inferiores), por medio de una fina capa de agua en movimiento que forma una interfaz entre la superficie caliente y la fría de las profundidades (Muy común en canteras, diques, embalses y lagunas, en verano son más evidentes).

□

Teorema General de la Hidrostática □

□



10 metros 2 ata

□

□ Establece que la diferencia de presión entre dos puntos de una masa líquida es igual al P_e (peso específico) del líquido por la diferencia de niveles entre los mismos.

Diferencia P: $d \times \text{dif. } h$

20 metros 3 ata



diferencia >> 10 metros >> 1 ata

□

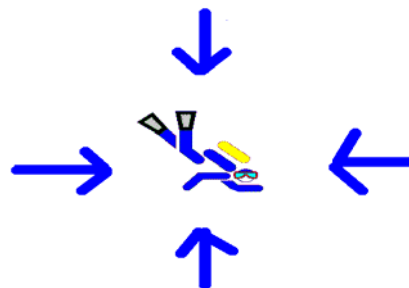
Ej: Si la diferencia de nivel de dos buzos es de 10 mts. y la densidad del agua es 1 gr/cm^3 , la diferencia de presión entre ellos será de 1 atmósfera. □

□

Principio de Pascal:

□

"En un líquido en equilibrio, toda presión ejercida sobre una superficie determinada se transmite íntegramente a cualquiera otra superficie equivalente del mismo líquido, sea cual fuere la posición o la orientación de ésta."



□ Establece que si la presión aumenta en un punto de la masa líquida, experimenta el mismo incremento en todos los demás puntos.

□

Nociones de óptica y acústica

Acústica □

□ El sonido se origina en las vibraciones de los cuerpos, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos.

Estas vibraciones se producen en unas frecuencias que oscilan de 16 ciclos/segundo para las más graves a 16.000 ciclos/segundo para las más agudas.

Las vibraciones de frecuencia mayor, que no son perceptibles por el oído humano se llaman ultra-sonidos.

Bajo el agua la propulsión de las ondas mecánicas es mucho mayor que las de las ondas electro-magnéticas. Las emisiones producidas por un sonar por ej. son capaces de provocar trastornos fisiológicos a los buzos que se encuentran a menos de 75 u 80 metros de la fuente de emisión. □

□ Los explosivos submarinos son un gran peligro, lo mismo para el escafandrista que para el nadador de superficie.



Se calcula que una carga de 1 kg. de explosivo es peligrosa a 300 o 400 metros. Una carga de una tonelada hasta 3000 metros. En el agua la distancia entre moléculas es menor que en el aire debido a su densidad, por lo tanto el agua es mejor conductora de sonido que el aire.

La transmisión de sonido en el aire tiene una velocidad de casi 340 mts. por segundo, en el agua la velocidad es de 1500 mts. por segundo. Esta diferencia de velocidad no permite precisar de donde proviene el sonido. No obstante permite al buceador oír a gran distancia el ruido producido por el motor de una embarcación o el sonido de una hélice. Un procedimiento corriente de llamada entre buceadores es golpear el botellón con el cuchillo o algún objeto contundente.

Efecto campana: Las ondas sonoras rebotan entre sí, esto hace que si estamos debajo de un barco, lo escuchemos más distante que si estuviera alejándose o acercándose...CUIDADO!!!

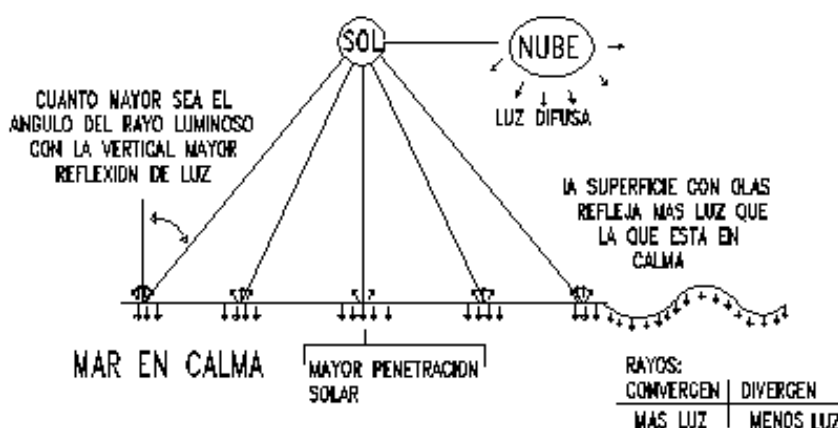


Óptica

Cuando la luz pasa de un medio a otro de diferente densidad como en el caso del aire y del agua, se presentan los fenómenos de reflexión, refracción, absorción y difusión.

Reflexión:

De la luz que llega a la superficie del agua, una cantidad entra y otra se refleja. La cantidad de luz reflejada es determinada por el ángulo del sol y las condiciones de la superficie.



Refracción:

Es la desviación que sufre un rayo luminoso al pasar de un medio a otro de diferente densidad. Lo cual producirá que los objetos parezcan un 25% más cerca y un tercio (1/3) más grandes. También producirá una disminución del ángulo de campo visual y cierta deformación en las formas cuando los rayos son muy oblicuos a la superficie.

El índice de refracción aire/agua es de 4/3.

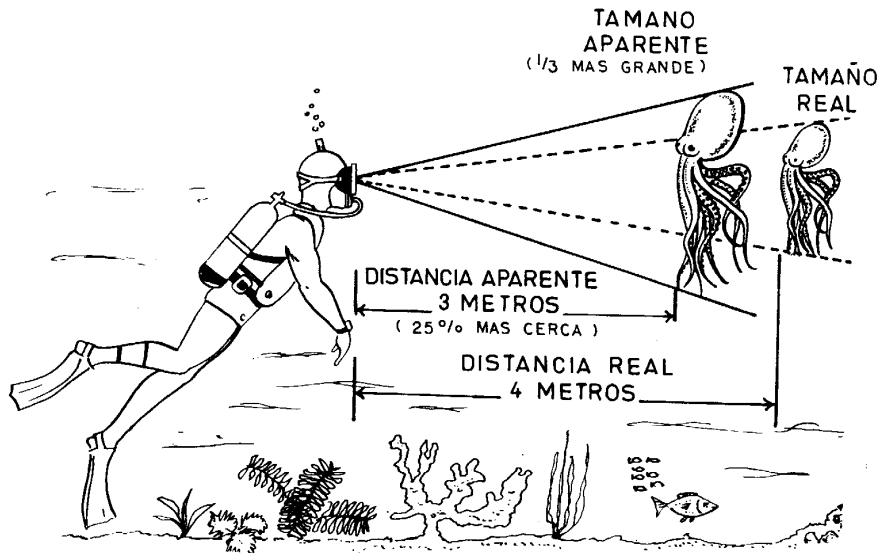
Para que la visión sea correcta en nuestra retina, el rayo luminoso ha de sufrir la conjunción de tres factores: incidencia, refracción y convergencia.

Los rayos luminosos que circulan por la atmósfera inciden sobre el cristalino ocular, pasan a través del humor acuoso del ojo (medio ambiente con índice de refracción diferente al aire) y sufren una refracción mediante la cual convergen finalmente en un punto correcto y exacto de nuestra retina produciendo una visión correcta de los objetos.

Cuando el ojo humano intenta ver los objetos debajo del agua estando en contacto directo con ésta, no consigue una visión nítida porque no se producen los tres factores antes mencionados. Los rayos luminosos que circulan por la masa líquida inciden sobre el cristalino, pero no sufren refracción al pasar por el humor del ojo (acuoso) ya que el índice de refracción de los dos líquidos es prácticamente el mismo y entonces la convergencia no se produce en un punto de la retina sino en un punto posterior por lo que resulta una visión confusa y borrosa.



Este estado de visión se llama hipermetropía. Es pues indispensable interponer entre el ojo humano y el agua una cámara de aire que permita la visión nítida bajo el mar, lo que conseguimos mediante el uso de las gafas submarinas.



El visor realiza un sistema óptico llamado visión de dioptría plana parecido al que realiza el cristal de un acuario, con lo que conseguimos una visión clara pero deformada de los objetos, que se nos aparecen aumentados de tamaño y algo más cercanos.

Este fenómeno se produce porque los rayos luminosos que circulan por la masa líquida sufren una refracción primera al penetrar en el interior del visor, luego otra refracción al pasar del medio ambiente aéreo de las gafas al del humor acuoso del ojo y finalmente convergen correctamente sobre nuestra retina. Las dos refracciones sufridas producen las deformaciones ópticas antes mencionadas. □

Absorción:

La luz solar está formada por siete colores fundamentales de diferentes longitudes de onda, rojo, anaranjado, amarillo verde, azul, índigo y violeta. La combinación de esto constituye la luz blanca. Los colores son absorbidos a medida que aumente la profundidad, filtrándose primeramente los colores de onda larga pasando paulatinamente los colores de onda corta.



Difusión: □

□ Los rayos son difundidos por las partículas suspendidas en el agua. Difusión que se hace notable en aguas turbias debido a que en las partículas se refleja la luz.

Bajo el agua, la luz disminuye, en aguas normalmente claras la energía luminosa se reduce a un cuarto de su valor a los cinco metros, a los 15 mts. a un octavo y a los 40 mts. un treintavo.□

Tablas de unidades □

□	
□	
□	Medidas de capacidad □
□	1 pulgada cúbica .....16,387 cm ³
□	1 pie cúbico .....0,028 m ³
□	1 pié cúbico .....28,317 litros
□	1 yarda cúbica .....0,764 m ³
□	1 galón 4,546 litros
□	1 metro cúbico .....25,314 piés ³ □
□	1 litro 0,220 galones
□	
□	



Medidas de longitud

1 pulgada	.....	2,54	cm
1 pié	.....	30,48	cm
1 yarda	.....	0,914	m
1 milla terrestre	.....	1.609	m
1 milla marina	.....	1.852	m
1 centímetro	.....	0.393	pulgadas
1 metro	.....	3,280	piés
1 metro	.....	1,093	yardas
1 kilómetro	.....	0,539	millas marinas
1 kilómetro	.....	0,621	millas terr.
1 milímetro	.....	1.000	micrones
1 milímetro	.....	0,03937	pulgadas
1 centímetro	.....	0,0328	piés
1 micra o micrón	.....	1/25000	pulgadas
1 braza	.....	1,83	m

Para que no te hagas líos: ***LAS MÁS IMPORTANTES QUE DEBÉS RECORDAR SON LAS CONVERSIONES DE LIBRAS POR PULGADA CUADRADA (MEDIDA DE PRESIÓN DE ALGUNOS MANÓMETROS) A ATMÓSFERAS O LA DE METROS A PIES (EN ALGUNOS PROFUNDÍMETROS).***

Medidas de peso

1 libra	.....	0,454	kg
1 kilogramo	.....	2,203	libras
1 onza	.....	28,35	gramos
1 libra	.....	16	onzas

Medidas de presión

1 libra/pulgada ²	.....	0,073	kg/cm ²
1kilogramo/centímetro ²	.....	14,223	libras/pulg ²
1 atmósfera	.....	1,033	kg/cm ²
1 atmósfera	.....	14,7	libras/pulg ²
1 atmósfera	.....	760	mm hg.
1 atmósfera	.....	1,013	bar

Medidas de temperatura

grados Centígrados °C	= (°F-32) x 0.555
grados Fahrenheit °F	= (°C x1,8) + 32
grados Kelvin °K	= 273 + °C

Leyes de los gases:

Configuran un grupo de relaciones matemáticas que explican el comportamiento de los gases sometidos a distintas condiciones. Los parámetros que explican esos procesos son presión, temperatura y volumen.

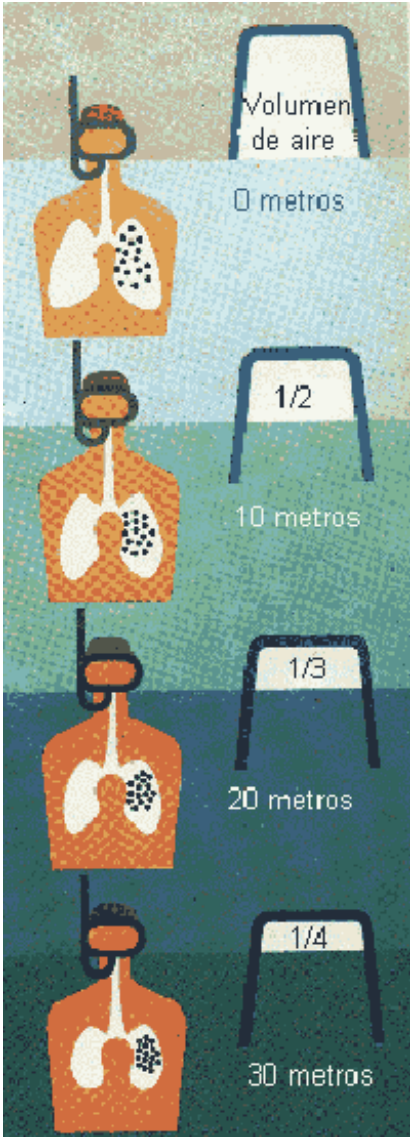
Ley de Boyle-Mariotte:

"A temperatura constante, el volumen de un gas varía inversamente en relación a la presión absoluta, en tanto que la densidad varía directamente con la presión"

Lo que significa que si la presión de un gas se duplica, la densidad también se duplica, pero el volumen disminuye a la mitad del volumen original.

A mayor presión, menor volumen y mayor densidad.

Secretito: si estás buceando con tanque y ascendés reteniendo el aire, reventás como un sapito...(Esto lo vas a ver detallado en Patologías y Enfermedades de Buceo)



Ley de Charles-Gay Loussac:

"A volumen constante, la presión de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta."

Esta ley nos advierte que si dejamos cargado un tanque al sol, es posible que explote o salte su válvula de seguridad; y sin ser tan drásticos, esta ley nos recuerda que si nos cargan un tanque "en caliente", al medir su presión manométrica, dará un valor más alto que cuando se introduzca en el agua y se enfríe...

Ley de Dalton:

"La presión total ejercida por una mezcla de gases, es la suma de las presiones que serían ejercidas por cada uno de ellos, si estuvieran presentes en forma aislada, y ocuparan el volumen total."

▢ Esta ley nos hace acordar que cada gas pesa por sí solo en una mezcla gaseosa, por lo tanto, cuando estudiemos la toxicidad de los gases, debemos hacer especial hincapié a la presión parcial de ese gas en el cual se vuelve tóxico. Ejemplo: El oxígeno es tóxico a aproximadamente 2,2 atm, esto no quiere decir que si buceamos con aire comprimido, nos intoxicemos a esa presión absoluta (12 metros), ya que en el aire hay solo un 21 % de ese gas, por lo tanto 0,21 atm a 1 atm absoluta y 0,45 atm a 12 mts...

Ley de Henry:

"La cantidad de un gas que se disuelve en un líquido, a una temperatura constante, es proporcional a la presión parcial de ese gas."

En el caso práctico del buceo y del cuerpo humano la Ley de Henry, se puede decir: A temperatura constante, una mezcla de gases como el aire (O_2 y N_2) se pone en contacto con un líquido como la sangre, un número determinado de moléculas de Oxígeno, Nitrógeno, CO_2 , etc, se difundirán (disolverán) dentro de la sangre, casi directamente proporcional a las presiones parciales de cada uno de estos gases. El número de moléculas de cada uno de estos gases aumentará o disminuirá conforme aumente o disminuya la presión del aire sobre la sangre; sin embargo ese incremento o disminución proporcional de las moléculas disueltas no se obtiene en el mismo momento de incrementar o disminuir la presión del gas, se requiere de un tiempo.

Transcurrido este tiempo, se obtiene el llamado Punto de Equilibrio o de Saturación. Se dice que es casi directamente proporcional por este factor tiempo.

Un ejemplo práctico de este fenómeno es el de las bebidas gaseosas, que con el fin de preservarlas, se someten a presión con gas carbónico durante un tiempo, para que las moléculas de gas carbónico se disuelvan en la bebida, luego se tapan herméticamente a presión de tal forma que el gas carbónico permanezca disuelto. Si una de estas gaseosas se destapa bruscamente, o sea que se libera la presión, el gas carbónico sale en forma de burbujas y se produce efervescencia, pero si se destapa gradualmente, de tal forma que poco a poco se igualen las presiones externas e internas, el gas carbónico saldrá de la bebida sin presentarse burbujas.▢

Aplicando lo anterior al organismo del buzo, tenemos que el regulador suministra aire a la presión ambiente, a 0 mts., 1 Atm., a 10 mts 2 Atm. Es decir, el aire compuesto por O_2 , N_2 , CO_2 , es respirado a presiones parciales mayores o menores, según sea la profundidad, haciendo que durante el intercambio gaseoso, estos gases se disuelvan en la sangre en una



cantidad de moléculas casi directamente proporcional a su presión parcial, es decir, esa cantidad de moléculas ser mayor o menor, según el tiempo transcurrido bajo presión.

Algunos gases componentes del aire son metabolizados o asimilados por el organismo por procesos bioquímicos como el O₂ y el CO₂. Otros como el N₂ son almacenados sin metabolizarlos, debido a que son gases inertes.

Con el Nitrógeno (N₂) se presenta el fenómeno similar al de las gaseosas por lo que tenemos que manejarlo de tal forma que no se presenten burbujas en el cuerpo, para lograr esto basta respetar algunas reglas sencillas y seguras que veremos más adelante.

□

Este fenómeno es considerado de los más importantes en el buceo ya que es el responsable de la embolia gaseosa o enfermedad por descompresión!!!

Importante!!!

Es de vital importancia que entiendas que los accidentes y enfermedades del buceo se rigen por estas **leyes físicas**, que son **inflexibles e inexorables**...

Entonces por más experiencia, estado físico o “viveza argentina” creas tener; Boyle-Mariotte, Dalton, Henry, Charles-Gay Loussac y por qué no el viejo Arquímedes, te recordarán, (espero por tu bien que no fatalmente), que estas leyes, al contrario que las de la justicia argentina, son iguales para todos.

Por lo general el buzo se equivoca una sola vez...

