FLUIDOS

INTRODUCCIÓN.-

La materia, la energía, y los fenómenos de interacción entre ambos constituyen el objeto de estudio de la física. Seguramente tú eres capaz de describir muchas situaciones cotidianas que tienen que ver con las formas que tiene la materia de manifestarse a nuestro alrededor, por ejemplo; quizá has construido castillos de arena durante algún paseo por la playa, moldeado algunas figuras de plastilina, practicado la natación en alguna alberca, tal vez has volado alguna cometa durante alguna tarde de mucho viento, observado los gases que despiden los vehículos automotores, o la formación de neblina durante algunas mañanas lluviosas, etc. Los ejemplos descritos en el párrafo anterior te recuerdan que la mayor parte de la materia que conocemos puede ser descrita mediante la clasificación: Sólidos, Líquidos y Gases.

Seguramente tienes además conocimiento de ciertas "propiedades" que te permiten establecer la diferenciación entre estos estados de la materia, y que te permitan, tomar decisiones ante algunas disyuntivas como las que describiremos a continuación: patear un balón de fútbol o una piedra, pasear por la playa con zapato de tacón alto o en tenis, tirarse en la alberca desde el trampolín de 3 metros "de panzazo" o de clavado, etc.

Si nos preguntáramos, ¿Porqué se hunde una moneda al arrojarla en una alberca con agua? ¿porqué flotan los barcos en el agua?, ¿porqué vuelan los aviones? o ¿Cómo navegan los submarinos? Para responder a estas preguntas debemos profundizar más en la diferenciación entre los estados de la materia, conocer acerca de la estructura de las sustancias para explicar como difieren "microscópicamente" estas formas de materia unas de otras.

LOS ESTADOS DE AGREGACIÓN DE LA MATERIA

En tus cursos previos de química has aprendido que: Todos los cuerpos están formados por partículas (átomos y moléculas), que dichas partículas se encuentran en ininterrumpido movimiento y que existen fuerzas de interacción entre ellas. En dependencia de la energía que poseean las moléculas o átomos (estructura molecular) que forman una sustancia, la materia puede encontrarse en cuatro estados de agregación: Sólido, Líquido, Gas y Plasma.

Los sólidos tiene una forma definida, son capaces de soportar y transmitir esfuerzos[1] (tensión, compresión, corte etc.) porque "microscópicamente", sus moléculas estan dispuestas de manera ordenada, existen fuerzas relativamente fuertes entre ellas, son capaces de soportar dichos esfuerzos porque no es fácil desplazar a un átomo de un lugar (imagínate una casa construida con blocks y que quieres mover solo uno de ellos) sin tener que desplazar a muchos otros.

Los líquidos son capaces de fluir (varían su forma fácilmente), muchos líquidos son relativamente incompresibles (o se pueden comprimir muy poco). De la capacidad de fluir se puede inferir que las fuerzas de atracción intermoleculares son menos fuertes que en los sólidos, ya que en esta fase las móleculas pueden deslizarse unas sobre otras tomando la forma del recipiente que los contiene, pero manteniendo un volumen definido; de la segunda propiedad mencionada, se infiere que las distancias intermoleculares no son muy grandes por eso o no se comprimen, o se comprimen muy poco.

Los gases se comprimen con facilidad, ocupan todo el recipiente que los contiene; propiedades que nos permiten inferir que en su estructura molecular, los espacios entre las moléculas de que está constituido son "relativamente grandes" así como el movimiento ininterrumpido de las moléculas (propiedad de fluir) significa que estas interactúan sólo débilmente.

Un plasma es un gas en el cual los átomos están ionizados, esto significa que de los átomos que lo forman se han separado algunos (o todos los) electrones, convirtiéndose en una mezcla eléctricamente neutra. Su comportamiento difiere en gran medida con el de un gas ordinario en virtud de que en este caso se manifiestan fuertes interacciones eléctricas entre dichos iones y su entorno. El gas atrapado en una lámpara fluorescente se convierte en plasma cuando ésta es encendida; en mayor escala el sol y las demás estrellas son bolas de plasma. (Ver lectura complementaria al final del capítulo).

[1] *Una fuerza aplicada en los extremos de una varilla, origina un estiramiento o acortamiento de la longitud original de la varilla dependiendo del sentido de la fuerza. El Esfuerzo ocasionado por la fuerza sobre la varilla se define como Fuerza entre Área.*
(Esfuerzo = F/A) y la Deformación como la relación de cambio de la longitud con la longitud original.
(Deformación = $L_f - L_0/L_0$*)*

Como se mencionó anteriormente, los cuatro estados de agregación están directamente relacionados con la energía que poseen las moléculas o átomos de que está constituido, por ejemplo la sustancia H_2O en estado sólido (más conocida como hielo) tiene sus moléculas "ordenadas", pero vibrando constantemente con respecto a ejes fijos debido a que las fuerzas de atracción entre ellas son muy grandes. Si aumentáramos la energía cinética molecular (calentándolo por ejemplo), hasta un punto tal, que lográramos el desplazamiento relativo entre ellas lo haríamos fluir(estado líquido), tendríamos ahora agua. Si continuamos calentando el agua, sus moléculas adquieren aún más energía separándose tanto como les sea posible pasando ahora a la fase de gas, (vapor de agua) si incrementamos la temperatura del vapor por encima de los 2000°C se desprenderían electrones de los átomos formándose una mezcla eléctricamente neutra a muy alta temperatura de iones y electrones (gas ionizado). La sustancia estaría ahora en la fase de plasma. En el siguiente capítulo se estudiarán los cambios de fase de las sustancias más detenidamente.

Si revisamos los párrafos anteriores, la propiedad de fluir la comparten líquidos y gases. Esto nos permite agrupar en forma conjunta a los gases y los líquidos (incluso el plasma) bajo la denominación de "FLUIDOS". Fluere: vocablo latín que significa posibilidad de fluir o manar, (los sólidos no fluyen o fluyen muy poco). La clasificación de la materia en sólidos y fluidos nos permite estudiar de manera conjunta, propiedades comunes a líquidos y gases en una rama de la física denominada "Mecánica de los Fluidos".

LOS FLUIDOS

Es tiempo ahora de desarrollar una formulación especial de leyes para explicar la mecánica de los fluidos, y familiarizarnos con los fenómenos físicos relativos a los fluidos y las múltiples facetas de su aplicación en la vida diaria, dándole respuesta a las preguntas que se comentaron en la introducción, ¿Porqué flotan los barcos en el agua?, etc.

Iniciemos el estudio de los fluidos analizando una magnitud física relativa a la concentración de la masa por unidad de volumen de la sustancia, conocida como densidad.

DENSIDAD

El valor de la densidad de un objeto homogéneo se obtiene dividiendo la masa de todo el objeto por el volumen que ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

ρ = densidad
m = masa
V = volumen

La densidad no tiene propiedades direccionales y es por lo tanto un escalar. Experimentalmente se ha encontrado que la densidad de un material depende además de factores ambientales, incluyendo la presión y la temperatura. La variación de la densidad en los líquidos y los sólidos(recuerda que estos son prácticamente incompresibles) es muy pequeña para rangos grandes de presión y temperatura, para muchas de las aplicaciones que estudiaremos en este capítulo dicha variación se considerará despreciable, por lo tanto la densidad puede considerarse como una constante. Para los gases la consideración anterior no es válida, en virtud de que éstos se comprimen con facilidad reduciendo su volumen (o expandiéndose según sea el caso) y por lo tanto variando significativamente su densidad.

En el sistema internacional (SI) las unidades de densidad son: kg/m^3 pero a menudo se utilizan las unidades cgs, g/cm^3.

En la siguiente tabla podrás observar algunas densidades de objetos o materiales según sea el caso. Puedes observar como la densidad del aire (estado gaseoso) varía significativamente cuando variamos la presión a la que es sometido.

Tabla No. 1. Valores típicos de densidad

	MATERIAL U OBJETO	$\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right)$
1	ESPACIO INTERESTELAR	10^{-20}
2	EL MEJOR VACÍO OBTENIDO EN EL LABORATORIO	10^{-17}
3	AIRE: (20° Y 1 ATM)	1.21
4	AIRE: (20° Y 50 ATM)	60.5
5	HIELO	0.917×10^3
6	AGUA: (20° Y 1 ATM)	0.998×10^3
7	AGUA: (20° Y 50 ATM)	1.000×10^3
8	AGUA DE MAR: (20° Y 1 ATM)	1.030×10^3
9	HIERRO	7.8×10^3
10	MERCURIO	13.6×10^3
11	URANIO (SÓLIDO A 13°)	18.7×10^3
12	LA TIERRA (VALOR PROMEDIO)	5.5×10^3
13	EL SOL (VALOR PROMEDIO)	1.4×10^3
14	HOYO NEGRO (1 MASA SOLAR)	1.0×10^{19}

Recuerda que la masa se considera prácticamente constante para objetos que se mueven a velocidades comunes (no cercanas a la velocidad de la luz), entonces en la relación $\rho = m/V$, es posible cambiar la densidad de un objeto si variamos su volumen. Por ejemplo una " barra de pan" tiene su valor de densidad y lo calculamos dividiendo su masa por el volumen que

ocupa, pero si la comprimimos entre nuestras manos reduciendo su volumen, la masa no cambia pues se trata del mismo objeto pero su densidad aumenta cuantitativamente. Del mismo modo un trozo de plastilina con una forma compacta, una bola por ejemplo, tiene un valor de densidad y puedes observar que al colocarla en una cubeta con agua se hundirá, pero si esa misma plastilina la extendemos dándole forma de lanchita con sus paredes muy delgadas, cambiando la distribución de la masa para ocupar un mayor volumen, disminuye sustancialmente su valor de densidad y ahora al colocarla en la cubeta con agua si flotará. Más adelante, en este mismo capítulo analizaremos cómo influye la densidad de las sustancias en el fenómeno de flotación. (Para que un objeto flote en el agua su densidad neta tiene que ser menor que la densidad del agua).

Ejemplos de cálculo de la densidad de objetos.

a) Calcular el valor de la densidad de una barra de pan de 300 gramos que mide 10 x 10 x 30 cm³.

datos

$m = 300\ g$

$V = 3000\ cm^3$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{300\ g}{3000\ cm^3}$$

$$\rho = \frac{0.1\ g}{cm^3}$$

b) ¿Cual será el valor de la densidad de la misma barra de pan si la comprimimos con ambas manos reduciendo su volumen original a la mitad?

datos

$m = 300\ g$

$V = 1500\ cm^3$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{300\ g}{1\,500\ cm^3}$$

$$\rho = \frac{0.2g}{cm^3}$$

Observa cómo se duplicó el valor de la densidad del objeto al reducir el volumen a la mitad.

Piensa un poco: ¿Cómo esperarías que " se acomodaran " en un recipiente dos líquidos que no sean solubles entre sí con diferente valor de densidad?

Antes de que se seleccionara al SI como la base para el manejo de las unidades de las magnitudes físicas utilizadas, con mucha frecuencia se comparaban los distintos materiales por medio del "peso específico".

PESO ESPECÍFICO

El peso específico de un objeto homogéneo se obtiene cuando dividimos su peso entre el volumen que ocupa.

$$\gamma = \frac{w}{V} \quad \left[\frac{N}{m^3}\right]$$

γ = peso específico
w = peso
V = volumen

Tú debes ser capaz, mediante transformaciones matemáticas de la ecuación anterior de obtener la ecuación $\rho = \frac{\gamma}{g}$ que te permite calcular la densidad de un objeto en función de su peso específico.

Piensa un poco: Si comparas volúmenes iguales de hierro y aluminio, ¿podrás concluir cuál tiene mayor peso específico? Justifica tu respuesta.

La densidad de una sustancia puede ser expresada además en una escala relativa, llamada "gravedad específica".

DENSIDAD RELATIVA (O GRAVEDAD ESPECÍFICA).-

Para líquidos y sólidos la densidad relativa se define como la razón de la densidad de la sustancia entre la densidad del agua.

$$\rho_r = \frac{\rho_s}{\rho_a}$$

ρ_r = densidad relativa
ρ_s = densidad de la sustancia
ρ_a = densidad del agua

Este parámetro nos indica cuántas veces es mayor la masa de una sustancia comparada con la masa de un volumen igual de agua. Por ejemplo:

$$\rho_{hierro} = 7.8 \times 10^3\ kg./m^3.$$

$$\rho_{agua} = 1.0 \times 10^3\ kg./m^3.$$

De donde concluimos que: la masa de un volumen de hierro es 7.8 veces mayor que la masa de un volumen igual de agua.

Para los gases la densidad relativa se define como el cociente de la densidad del gas entre la densidad del aire.

El método de medición de densidades para líquidos más comúnmente utilizado, es el llamado método del Picnómetro. Un picnómetro es un recipiente hecho de vidrio con un bajo coeficiente de expansión térmico en el cual es posible determinar con mucha precisión su volumen en términos de su capacidad para contener líquidos estándares (agua destilada). La

mayoría de los picnómetros tienen capacidades de 30 ml aproximadamente. El procedimiento para obtener la densidad de un líquido desconocido consiste en llenar el picnómetro con el líquido al cual se desea obtener su densidad determinando el volumen ocupado por éste y luego pesando el picnómetro.

PRESIÓN. CONCEPTO.

Cuando viajamos en avión y éste cambia su altura podemos notar cierta sensación extraña en los oídos. También cuando buceamos podemos notar la misma sensación al variar la profundidad. De la misma forma podemos plantearnos otras interrogantes como: ¿por qué un cuchillo afilado corta mejor que uno mellado?, ¿por qué los cimientos de los edificios tienen un área mayor que la base del propio edificio?, ¿cómo puede un niño pequeño, con poca fuerza, introducir un clavo en una pared de concreto?, ¿por qué puede volar un avión, de gran peso, o flotar un barco?

Estas y otras muchas interrogantes se pueden responder con ayuda de un concepto fundamental de la Física que es el concepto de presión.

En Mecánica estudiamos que la medida fundamental de la interacción entre los cuerpos es la fuerza. Sin embargo no nos detuvimos a analizar el problema de cómo estaba aplicada esta fuerza. Pensemos en lo siguiente: una mujer camina por la arena de la playa con zapatos de tacón fino o camina sin zapatos, en qué caso sus huellas en la arena serán mayores?. Antes de responder debemos tener en cuenta que en este caso la fuerza total que la mujer ejerce sobre la arena es la misma, independiente del calzado que lleve, y es igual a su peso. Sin embargo está claro que su acción sobre la arena será mayor cuando lleve zapatos de tacón fino que cuando esté sin zapatos. ¿Qué ha cambiado de un caso al otro? El área donde actúa la fuerza por lo que se puede deducir es que la misma fuerza aplicada a áreas diferentes provocan diferentes acciones.

Un ejemplo similar ocurre cuando estamos acostados sobre el colchón de la cama o estamos parados sobre él. En ambos casos la fuerza aplicada es la misma (el peso de nuestro cuerpo), sin embargo cuando estamos parados la deformación del colchón es mucho mayor y es posible hasta romperlo. De nuevo en este caso lo que ha cambiado es el área donde se aplica la fuerza, que es mayor cuando estamos acostados y por lo tanto el efecto que causamos en el colchón es menor.

De estos ejemplos se puede concluir la necesidad de introducir un nuevo concepto, que refleje la fuerza por unidad de área que se denomina PRESIÓN. De esta forma la presión queda definida como la fuerza por la unidad de área y su ecuación queda como:

$$P = \frac{F}{A}$$

donde:
F es la fuerza,
A es el área donde se aplica la fuerza F,
P es la presión.

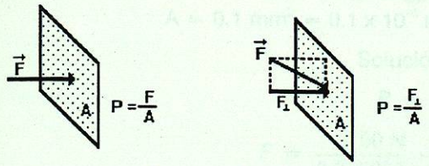

Figura No. 1

Un aspecto importante es que la fuerza que se utiliza es la perpendicular al área A. Si la fuerza F no es perpendicular al área, solo debe tenerse en cuenta la componente de la fuerza, que sea perpendicular al área.

Las unidades de la presión se derivan de las unidades de la fuerza y del área. Así como en el sistema internacional (SI) de unidades la fuerza se expresa en Newton (N) y el área en metros cuadrados (m^2), las unidades de la presión en el SI son N/m^2, que fue llamada Pascal (Pa) en honor al físico francés Blaise Pascal (1623-1662) cuya contribución al estudio de los fluidos fue fundamental. La presión es una de las magnitudes físicas que más unidades tiene. Otras unidades son: libras por pulgada cuadrada (lb/plg^2) o en inglés psi, muy utilizada al medir la presión en las llantas de los automóviles, milímetros de mercurio (mm de Hg), la atmósfera (atm) y el bar, utilizadas generalmente al referirse a la presión atmosférica; por mencionar solo las más comunes. Algunas conversiones entre estas unidades se dan a continuación:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 14.50 \text{ psi}$$
$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm de Hg} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$
$$1 \text{ atm} = 1.013 \text{ bar} = 1\,013 \text{ mbar (milibar)}$$

Analicemos ahora el ejemplo que vimos al principio de la mujer caminando en la arena. Supongamos que la mujer tiene una masa de 60 kg, por lo que su peso será de aproximadamente:

$$W = m\,g$$
$$W = 60\,kg \times 9.8\,\frac{m}{s^2}$$
$$W = 588\,N$$

recordando que g es la aceleración de la gravedad, que tomaremos igual a 9.8 m/s^2.

Cuando está sin zapatos el área de los pies es aproximadamente 0.0392 m^2, por lo que la presión que ejerce sobre la arena es de:

$$P = \frac{F}{A}$$
$$P = \frac{588\,N}{0\ .039\,m^2}$$
$$P = 15000\,Pa$$

Cuando tiene zapatos de tacón fino el área es de 0.0052 m^2 aproximadamente, por lo que la presión que ejerce sobre la arena es de:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{588\,N}{0.0052\,m^2} = 113076.9\,Pa$$

Como se observa la presión en este segundo caso es mucho mayor, lo que explica el hecho de que la huella en la arena sea mucho más profunda.