
FÍSICA Y QUÍMICA
4º ESO

I. QUÍMICA

II. FÍSICA

Mecánica de Fluidos

Prof. Jorge Rojo Carrascosa

Índice general

1. LOS FLUIDOS	2
1.1. ESTÁTICA DE FLUIDOS	2
1.1.1. DENSIDAD	2
1.1.2. PRESIÓN	3
1.2. HIDROSTÁTICA	3
1.2.1. EC. FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA	4
1.3. PRINCIPIO DE PASCAL	5
1.4. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES	5
1.5. AEROSTÁTICA	7
1.5.1. PRESIÓN ATMOSFÉRICA	7

Capítulo 1

LOS FLUIDOS

Se denominan fluidos a aquellos estados de agregación de la materia que no tienen volumen propio, es decir, líquidos y gases. Su estudio ha abierto nuevos campos de la física y en ellos están puestas muchas esperanzas para solucionar problemas tan dispares de la sociedad como son el cambio climático o los viajes espaciales. Dependiendo del estado de agregación y del movimiento o no de éstos aparecen las materias de aerostática, aerodinámica, hidrostática o hidrodinámica.

Los fluidos pueden fluir, esto es, se pueden trasvasar de un recipiente a otro. La diferencia fundamental entre los gases y los líquidos es la compresibilidad, así, los gases se pueden comprimir para reducir su volumen, siendo entonces compresibles y los líquidos incompresibles. Las fuerzas sobre los fluidos se dividen en internas y externas, las primeras son fuerzas relacionadas con la presión y la viscosidad, las segundas se relacionan con aquellas que actúan sobre el volumen, siendo el peso la más importante.

1.1. ESTÁTICA DE FLUIDOS

La estática de fluidos estudia el equilibrio de gases y líquidos pero también estudia las condiciones de equilibrio de los cuerpos inmersos en fluidos. Conceptos físicos como la densidad, la presión y la altura son imprescindibles en esta materia, ya que éstas nos proporcionan la ecuación fundamental de la hidrostática, cuyas consecuencias más notables son el principio de Pascal o el de Arquímedes.

1.1.1. DENSIDAD

Todos los cuerpos mantienen una relación de proporcionalidad entre la masa y el volumen, es más, cuanto mayor es el volumen mayor es la masa del cuerpo. Púes bien,

esa constante de proporcionalidad, característica de cada sustancia, se denomina **Densidad**, se representa por la letra griega ρ y se define como la razón entre la masa y el volumen del cuerpo,

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

Las unidades de la densidad en el S.I. son $[\frac{kg}{m^3}]$ aunque también se utiliza $[\frac{gr}{cm^3}]$. Este cociente depende del tipo de material y no de la forma ni del tamaño. En los sólidos ésta es constante pero no así en los fluidos, por tanto, siempre que se habla de densidad de un fluido hay que especificar temperatura y presión (ésta sólo para los gases).

1.1.2. PRESIÓN

Cuando se aplica una fuerza sobre un sólido, éste, dentro de unos parámetros permanece invariable, sin embargo, si el cuerpo es deformable, como ocurre en los fluidos, tenemos que considerar la intensidad de ésta como la superficie del cuerpo sobre la que se aplica. Por ejemplo, no es lo mismo caminar sobre nieve blanda que hacerlo con raquetas de nieve, caminando nos hundimos y con las raquetas nos movemos sin dificultad.

Por tanto, la **Presión** representa la intensidad de la fuerza perpendicular que se ejerce sobre cada unidad de área de la superficie considerada. Cuanto mayor sea la fuerza aplicada o menor sea la superficie sobre la que se aplique, mayor será la presión. Matemáticamente tenemos,

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

Si la fuerza que se aplica sobre la superficie no es perpendicular, esto es, forma un ángulo α , entonces la fuerza a considerar será la componente normal de la fuerza sobre la superficie, $F = F \sin \alpha$. La unidad de presión en el S.I se denomina **Pascal**, **Pa**, siendo $[Pa = \frac{N}{m^2}]$. Son corrientes utilizar como unidades de presión la atmósfera, mmHg o bares.

1.2. HIDROSTÁTICA

Se denomina hidrostática al área de la física que estudia los líquidos en reposo, más concretamente del agua. Es decirlos líquidos no están sometidos a ninguna fuerza más allá de la fuerza gravitatoria. El estudio del comportamiento de los líquidos cuando se encuentran sometidos a distintas fuerzas se denomina *hidrodinámica*.

1.2.1. EC. FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

La presión hidrostática se define como la presión que ejerce el líquido en cualquier punto de su interior. Ésta existe como consecuencia de la fuerza de la gravedad sobre el líquido y se caracteriza por actuar en todas las direcciones y ser perpendicular a la superficie del recipiente que lo contiene y sobre cualquier cuerpo sumergido en él. De esta manera, para conocer la presión en cualquier punto del interior de un recipiente lleno de un líquido,

$$p = \frac{F}{s} = \frac{P}{s} = \frac{mg}{s} \xrightarrow{m=\rho V} p = \frac{\rho V g}{s} \xrightarrow{V=sh} \boxed{p=\rho gh}$$

Por tanto, la presión hidrostática depende de la densidad del líquido, de la gravedad y de la profundidad. Esta ecuación se conoce con el nombre de **ecuación fundamental de la hidrostática**. Puesto que cuando se mide la presión de un líquido, éste se encuentra sobre la atmósfera, tenemos que sumar la presión atmosférica, por tanto,

$$p = p_0 + \rho gh$$

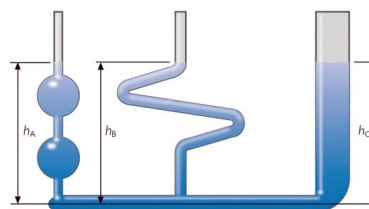
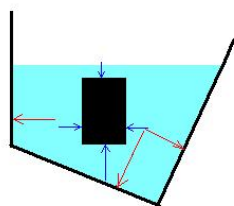
Esta ecuación nos permite enunciar el principio general de la hidrostática como ”*La diferencia de presión entre dos puntos de una masa líquida en equilibrio, es igual al producto de la densidad del líquido por el campo gravitatorio existente por la diferencia de nivel entre ambos puntos.*”

Paradoja hidrostática Se conoce con este nombre el hecho siguiente, como hemos visto la presión sobre un fluido de densidad ρ , en reposo y presión exterior constante depende únicamente de la altura. Por tanto, todos los puntos del fluido que se encuentran al mismo nivel soportan la misma presión, esto implica que da igual la forma del recipiente ni la cantidad de líquido que contiene, la presión en el fondo será la misma siempre que la superficie libre del líquido se encuentre a la misma altura en los distintos recipientes.

Presas y embalses de agua Como vemos por la ecuación fundamental de la hidrostática, la presión depende de la densidad del agua, de la gravedad y de la altura, por tanto, la presión aumenta con la profundidad. De ahí, que este tipo de construcciones tengan paredes más gruesas a medida que aumenta la profundidad.

Principio de los Vasos comunicantes La superficie libre de un líquido permanece plana y horizontal mientras que no se ejerzan fuerzas externas sobre él. Esto significa que si tenemos un conjunto de recipientes conectados entre sí por la base, la altura que alcanzará el líquido sobre ellos será la misma en todos ya que también lo es la presión (atmosférica). Sin embargo, si tenemos dos líquidos inmiscibles alcanzarán

distintas alturas.

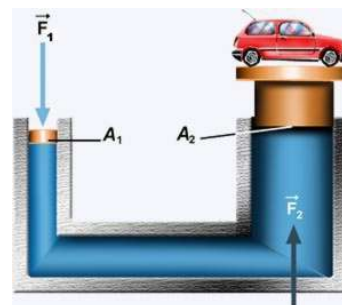


1.3. PRINCIPIO DE PASCAL

El físico francés, Blaise Pascal, enunció el principio que lleva su nombre después de realizar una serie de experiencias con distintos líquidos, *La presión ejercida sobre la superficie libre de un líquido en equilibrio se transmite íntegramente y en todo sentido a todos los puntos de la masa líquida.*

Este principio es una consecuencia de la ecuación general de la hidrostática y del carácter incompresible de los líquidos, así, según $p = p_0 + \rho gh$ si se aumenta la presión p_0 , la presión p aumentará en la misma proporción. Este hecho se utiliza en la prensa hidráulica, aplicación en la que se basan los frenos de los automóviles, sillones de dentistas o peluquerías, elevadores hidráulicos,...

La prensa hidráulica es un dispositivo que se utiliza para obtener fuerzas de compresión mayores. Consiste en encerrar un líquido (agua o aceite) en un recipiente provisto de dos cilindros de distinta sección. Dos émbolos se ajustan a los cilindros para que estén en contacto con el líquido encerrado. Posteriormente, al aplicar una fuerza sobre el émbolo de menor sección,



provoca un aumento de presión que se transmite íntegramente e instantánea a todo el resto del líquido, dando lugar por tanto a la elevación del émbolo de mayor sección que sostiene una carga pesada.

$$p = \frac{F}{s} \rightarrow p_1 = p_2 \rightarrow \frac{F_1}{s_1} = \frac{F_2}{s_2}$$

1.4. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

El físico y matemático griego Arquímedes de Siracusa, observando la pérdida aparente de peso de un cuerpo al sumergirse en el agua, enunció el principio que lleva

su nombre, *Todo cuerpo que se sumerge en un líquido experimenta una fuerza de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado*. Esta fuerza se denomina **empuje** y existe aunque el objeto se encuentre en el fondo del recipiente y además, siempre que se encuentre totalmente sumergido, tiene la misma intensidad esté a la altura que esté dentro del fluido. El valor del empuje de un fluido cualquiera viene dado por,

$$\rho = \frac{m}{V}; E = m_{fd}g \text{ entonces } E = V_{fd}\rho g$$

Donde V_{fd} es el volumen de fluido desalojado, ρ es la densidad del fluido y g la gravedad. Hay que notar que el volumen del líquido desalojado es igual al volumen del cuerpo sumergido. De nuevo, este principio es también una consecuencia de la ecuación general de la hidrostática, así, cuando un cuerpo esta parcial o totalmente sumergido en un fluido en reposo, el fluido ejerce una presión sobre todas las partes de la superficie del cuerpo que está en el fluido. Como la presión es mayor en las partes sumergidas a mayor profundidad, las resultantes de las fuerzas de presión ejercidas por el fluido sobre el cuerpo es una fuerza vertical hacia arriba denominada empuje.

Equilibrio de cuerpos sumergidos. Un cuerpo por su propio peso hace un empuje hacia abajo igual a su peso, pero como hemos visto, también recibe un empuje hacia arriba como consecuencia de la diferencia de presiones entre la parte superior e inferior del cuerpo. Por tanto, dependiendo de la intensidad de estas fuerza de sentido contrario, puede ocurrir que el empuje que recibe dicho cuerpo sea menor, igual o mayor que su peso.

Si el empuje que recibe el cuerpo al sumergirse totalmente es menor que su peso, el cuerpo se hunde hasta el fondo; si es igual a su peso, el objeto flota en el seno de la masa líquida; y si es mayor a su peso, flota en la superficie del líquido sumergiéndose la porción del cuerpo que hace que se equilibren peso y empuje, es decir que el empuje que recibe la parte sumergida iguale al peso del cuerpo. La clave esta en comparar las densidades del cuerpo y el fluido,

Caso 1: $P > E \Rightarrow V_c d_c g > V_f d_f g \Rightarrow d_c > d_f \Rightarrow$ *El cuerpo se hunde*

Caso 2: $P = E \Rightarrow V_c d_c g = V_f d_f g \Rightarrow d_c = d_f \Rightarrow$ *El cuerpo se queda en equilibrio*

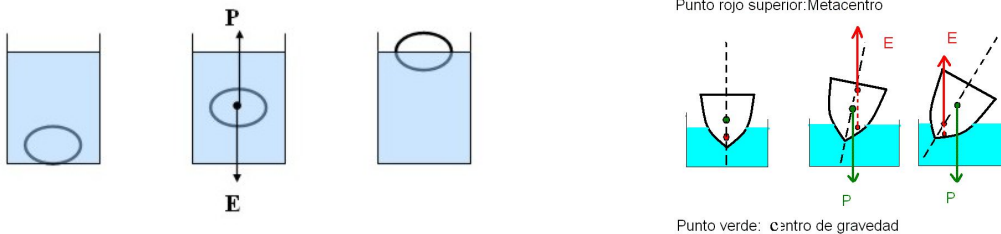
Caso 3: $P < E \Rightarrow V_c d_c g < V_f d_f g \Rightarrow d_c < d_f \Rightarrow$ *El cuerpo flota*

Donde hemos tenido en cuenta que el peso de un cuerpo, utilizando la expresión de densidad, viene dado por la expresión:

$$P = mg \Rightarrow P = V_c d_c g$$

Equilibrio rotacional de cuerpos flotantes. Como hemos visto, un cuerpo flotante está sometido a dos fuerzas de la misma dirección y distinto sentido, el peso del cuerpo y el empuje. El primero se localiza en el centro de gravedad del cuerpo y el segundo en el centro del empuje que es donde estaría el centro de gravedad del agua desalojada y que no coinciden. En una situación de equilibrio, el centro de gravedad ha de estar situado debajo del centro de empuje y en la misma vertical. Sin embargo, en los barcos, por muy bajo que esté el centro de gravedad, más bajo va a estar el centro de empuje. Cuando un barco cabecea, es porque se produce un par de fuerzas (peso y empuje con puntos de aplicación diferente) que provocan un giro.

Para que este giro no haga volcar el barco, se tiene que cumplir que el metacentro, que es el punto por donde pasa la prolongación del empuje hasta que corte el eje de simetría, esté por encima del centro de gravedad.



Tensión superficial. En la superficie libre de un líquido o la interfase de separación de dos líquidos inmiscibles aparece un fenómeno denominado **tensión superficial**, éste es consecuencia de la aparición de fuerzas tangenciales de cohesión atractivas entre las moléculas que pertenecen a la vecindad de la superficie, lo que provoca que la superficie se comporte como una membrana elástica. De ahí que los líquidos tiendan a adoptar superficies esféricas o que existan pompas de jabón o que muchos insectos *anden* sobre el agua.

1.5. AEROSTÁTICA

La aerostática hace referencia al estudio científico de los gases en reposo, es decir, que no se encuentran sometidos a ninguna fuerza más allá de la fuerza gravitatoria. Si tuviéramos en cuenta las fuerzas que se producen sobre ellos hablaríamos de *aerodinámica*.

1.5.1. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Todos los principios o teoremas vistos hasta ahora son también aplicados a los gases, sin embargo su gran compresibilidad y sus bajas presiones debidas a sus bajas

densidades hace que su estudio se centre en la presión atmosférica y en el vacío.

Vimos que en el S.I. de unidades la presión se mide en Pascales, pero también se utilizan y mucho, nada más hay que ver las noticias del tiempo, otras unidades como son las atmósferas, los mmHg o los bares. La relación entre estas unidades son,

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101325 \text{ Pa} \quad ; \quad 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

La tierra está rodeada por una capa de aire que por tener peso, presiona a todos los objetos de la tierra, esta distribución de fuerzas se denomina presión atmosférica. Si la tierra fuera perfectamente esférica el valor de la presión atmosférica sería la misma en todos los lugares, pero esto no es así por que existen montañas, valles,

Torricelli fue el primero en medir la presión atmosférica, para ello cogió un tubo de 1 cm^2 de sección abierto por uno de sus extremos y lo lleno de Hg, posteriormente introdujo este tubo por su extremo abierto en un recipiente lleno de mercurio y observó que el Hg del tubo descendió hasta una altura de 76 cm por encima del nivel de Hg del recipiente. Torricelli concluyó que la presión atmosférica al actuar sobre el recipiente equilibraba a la columna de 76 cm de Hg. Por tanto, la presión atmosférica sería $P_{atm} = 760 \text{ mmHg} = 1 \text{ atmósfera}$ a nivel del mar.

La densidad del aire no es homogénea, así, en la troposfera puede tener valores desde 1,3 g/l a nivel del mar hasta la mitad a unos 5 km o una cuarta parte a los 10 km. Para hallar el valor de la presión a una cierta altura se utiliza la ecuación general de la hidrostática, esto es, $p = \rho_{atm}gh$.

La presión atmosférica se mide con los barómetros o aneroides y la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados se halla con los manómetros.