

Fluidos

EXPERIMENTOS:

1. Efecto Venturi: depresión entre bolas
2. Efecto Venturi: ojos de cocodrilo
3. Efecto Venturi: bolita flotando, soplando con una pajita
4. Efecto Venturi: globo flotando por el aire expulsado por una aspiradora o deshumidificador
5. Presión del aire: [Caída de un huevo duro en un recipiente estrecho](#)
6. Presión del aire: [Deformación de una lata](#)
7. Presión del aire: [Sacar una moneda de un plato con agua sin mojarse los dedos](#)
8. Presión del aire: Variación del volumen con la presión: experimento 1 y 2
9. Presión del aire: Variación del Punto de Ebullición con la Presión
10. Presión del aire: Fuerza ejercida por la presión atmosférica: hemisferios de Magdeburg (exp 1 y 2)
11. Presión del aire: Caída libre en el vacío
12. Presión del aire: Sella con aire. Vaso invertido
13. Presión del aire: Soplar un papelito situado en la boca de una botella
14. Presión del aire: Introducir un globo en una botella e hincharla a través de una pajita. Tapando la boca de la botella para que no salga el aire de su interior, podemos dejar libre la pajita. El aire no se sale del globo.
15. Presión del aire: golpear el palo de una raqueta situada sobre una mesa situando un papel de periódico sobre ella

CONCEPTOS PREVIOS:

Se entiende por fluido todo cuerpo cuyas moléculas tienen entre sí poca coherencia y toma siempre la forma del recipiente donde está contenido. Dentro de esta definición los fluidos se consideran a la materia en estado líquido y gaseoso. El estado líquido se ve, pero el estado gaseoso es más difícil de ver e identificar por los alumnos.

Una de las magnitudes físicas que pueden hacer más factibles la existencia del estado gaseoso, es la **presión** (del latín *pressio*, *-onis*) acción y efecto de apretar o comprimir; que es la distribución o "*propagación de una fuerza*", es decir no solamente fuerza, sino fuerza sobre algo más. Exactamente la presión se define como fuerza sobre la unidad de área.

Para dar las unidades de la presión hay que tener en cuenta las magnitudes con que se relaciona, es decir fuerza y superficie.

En el Sistema Internacional es el Newton dividido entre el metro cuadrado, y recibe el nombre de **Pascal** (Blaise Pascal –1623-1662, matemático, físico, filósofo francés).

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Pero en los compresores de las estaciones de servicio, lo que nos encontraremos son los *kilos por centímetro cuadrado*,

ATMÓSFERA

La capa de aire que rodea la Tierra se la da el nombre de **atmósfera**, (del griego *atmos* "vapor, aire" y "esfera") y la retiene la fuerza de gravedad, actuando de escudo protector, y dando lugar a una serie de fenómenos meteorológicos, que constituyen uno de los fundamentos para la existencia de la vida.

Más de tres cuartas partes de la atmósfera están compuestas por nitrógeno y la mayor parte del resto, por oxígeno. El dióxido de carbono y el vapor de agua representa menos del 1% del total.

Desde el punto de vista de su estructura térmica, la atmósfera está formada por cinco capas diferentes:

Troposfera.- (del griego "girar" y del latín *sphaera*). Es la capa más próxima a la Tierra.

Su altura es de unos 11 kilómetros aproximadamente y en ella es en donde se producen los fenómenos físicos son de importancia suprema para la vida en la superficie de la Tierra. Aquí se originan las tempestades, los huracanes, los tornados y los tifones;

Además, la troposfera contiene la mayor parte del vapor de agua que da origen a las nubes que, a su vez, son causantes de la lluvia, el granizo y la nieve. La temperatura va disminuyendo a razón de 6,5 °C por cada 1 000 metros de elevación, y se alcanzan hasta los -55° C, aproximadamente. Los aviones a reacción suelen volar por encima de las turbulencias troposféricas.

Estratosfera.- (del lat. *Stratus* , extendido, y *sphaera*, esfera.) Se encuentra encima de la troposfera, hasta una altura aproximada de unos 50 kilómetros; en ella se acumula un 20% de la masa atmosférica; en su parte más baja se encuentra la capa de ozono. Aquí las condiciones son de mucha tranquilidad y el cielo es siempre azul, manteniéndose la temperatura uniforme a unos -55° C.

Mesosfera.- Es la capa intermedia, que llega hasta unos 80 km. Comprende un 0,1 % de la masa atmosférica. La temperatura sube primero a -45° C y luego baja a -70° C.. La mesosfera se confunde con la ionosfera.

Termosfera.- En esta capa la temperatura sube mucho. Se producen las auroras, que son una especie de cortinas luminosas muy finas. Su luz es emitida por los gases atmosféricos de las regiones polares al colisionar con partículas cargadas procedentes del Sol.

Exosfera.- Es la última capa que quizás se extiende a unos 1 500 km.

Como en la mayoría de los centros docentes disponen de una estación meteorológica, si bien normalmente estará en el sitio menos indicado, se pretende explicar las características, la importancia de la estación y en todo caso la posibilidad de ubicarla en el lugar más adecuado.

Efecto Venturi

- La presión del aire disminuye al aumentar su velocidad. Por ello la mayor presión del aire en forma de chorro en vez de separar las bolas, las une. La presión entre las bolas, donde el aire se mueve con cierta velocidad, es menor que la que ejerce el aire quieto del exterior de las mismas y la diferencia de presión las empuja a unirse.



- También en las chimeneas se usa el Efecto Venturi. Una chimenea bien diseñada debe tener un estrechamiento por encima del tejado para que el viento que entre aumente su velocidad y produzca una depresión en la parte alta que mejore el tiro.

OJOS FLOTANTES COCODRILO



Si soplas de un modo suave y constante por la boquilla de este juego conseguirás mantener una bolita flotando dentro de un chorro de aire. Si esto no te parece sorprendente inclina Ojos flotantes hacia un lado, comprobarás como la bola no se cae aunque el chorro de aire le venga ligeramente de lado.

- Este mismo efecto se puede conseguir con una pajita en forma de L por la que soplas en un extremo y en el otro se sitúa una bolita.
- También se puede mantener un globo flotando si lo colocamos en la corriente de aire que genera una aspiradora o un deshumidificador

Presión del aire

El aire, al ser un gas, tiene peso y, por lo tanto ejerce una presión. Fue **Evangelista Torricelli** (1608-1647), quién ideó un método para medir la presión de la atmósfera, al inventar el barómetro de mercurio en 1643. El barómetro de mercurio es un tubo largo de vidrio que se ha llenado con mercurio y después se ha invertido en una cuba con mercurio, por lo que dependiendo de la presión exterior se produce una columna de vacío mayor o menor.

La presión de la atmósfera en cualquier punto es numéricamente igual al peso de una columna de aire de una unidad de área de sección transversal que se extendiese desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera. La columna de mercurio en el barómetro tiene una altura de aproximadamente 76 cm al nivel del mar.

En la atmósfera, el número de moléculas de aire disminuye con la altitud (ya que la gravedad disminuye con la altitud), de hecho, la presión disminuye tanto que a altitudes mayores de 4.200 metros, no hay aire suficiente para respirar. Los aviones comerciales y militares vuelan normalmente a más del doble de esta altitud, por lo que es necesario un suministro adicional de oxígeno. Los aviones comerciales suministran más oxígeno mediante un bombeo de aire en el interior de la cabina, aumentando así la presión en el interior de la cabina en relación a la presión existente en el interior del avión. Es por ello que si una ventanilla se rompe o se abre una compuerta, se genera una corriente de aire desde el interior al exterior del avión llevándose consigo todo lo que no esté fijado al avión. Los aviones militares tales como el F-14 Tomcat, suministran oxígeno adicional a través de máscaras de oxígeno.

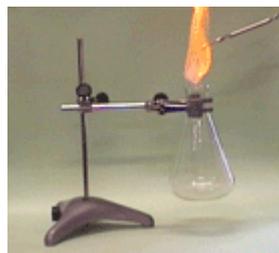
Una presión equivalente a la ejercida por una columna de mercurio de 76 cm de altura exactamente a la temperatura de 0°C bajo la aceleración de la gravedad $g = 9,80 \text{ m/s}^2$. se llama una atmósfera normal (1 atm). o sea algo más de un kilogramo por cada centímetro cuadrado.

$$1 \text{ atm} = 101\,300 \text{ Pa} = 1013 \text{ mb (milibar)} = 760 \text{ mmHg.}$$

No notamos esta gran fuerza por el hecho de que la presión ejercida en el interior del cuerpo equilibra la ejercida fuera. Sin embargo, en los experimentos siguientes se pone de manifiesto que cuando hay una diferencia de presión aparecen fenómenos espectaculares.

Caída de un huevo duro en un recipiente estrecho

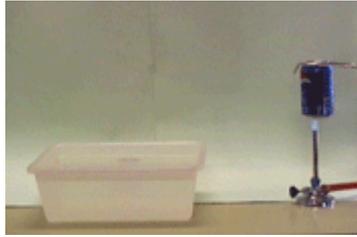
Si colocamos en el cuello de una botella de cristal o vidrio de boca ancha un huevo duro, comprobando que no puede caer y a continuación introducimos un papel encendido en la botella e inmediatamente la cerramos con el huevo, la presión en el interior de la botella quedará reducida, pues, al arder, el papel consume el oxígeno y por efecto de las diferentes presiones, el huevo se deformará hasta caer en el interior de la botella.



Si queremos sacar el huevo de la botella, se enjuaga bien hasta eliminar las cenizas del interior, se pone hacia abajo y se sopla con fuerza y se da la vuelta rápidamente. El huevo surge fácilmente, empujado por el aire comprimido.

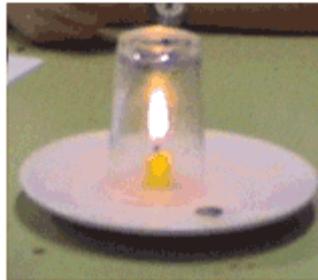
Deformación de una lata

Se puede deformar una lata debido a la presión atmosférica. Se vierte un poco de agua en su interior, unos 2 cm de agua y se pone a calentar hasta formar vapor de agua, se retirará del fuego y se puede colocar bajo un grifo de agua fría si se ha tapado la lata, o se puede volcar rápidamente en un recipiente de agua (conviene tapar la boca parcialmente con un tapón de corcho), Al condensar rápidamente el vapor deja un vacío parcial que, al aumentar creará un desequilibrio de presiones y se deformará la lata.



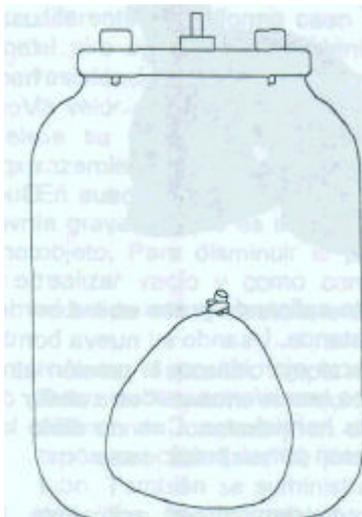
Sacar una moneda de un plato con agua sin mojarse los dedos

Se pone una moneda en un plato llano grande, se echa agua en él hasta que cubra la moneda, a continuación se invita a coger la moneda sin mojarse los dedos. Nosotros lo podemos hacer de la siguiente manera: se enciende un papel, se mete dentro de un vaso y éste se coloca rápidamente boca abajo en el plato, junto a la moneda. El papel se apaga, el vaso se llena de humo, el aire que hay en el vaso se calienta y aumenta la presión dentro de él, esto hace que parte del gas salga hacia fuera. Cuando el papel se apaga, el aire se vuelve a enfriar, pero al ocurrir esto disminuye la presión dentro del vaso, y el agua penetra por debajo de sus bordes, impulsada por la presión del aire exterior. Se puede hacer con una vela en lugar del papel, la vela al acabar el oxígeno se apaga, el aire se enfría y disminuye la presión.



Variación del Volumen con la Presión

Experimento 1: En esta experiencia demostraremos que el volumen de un gas depende de la presión a la que se ve sometido. Concretamente estudiaremos que el volumen de un recipiente flexible que contiene un gas cerrado herméticamente, varía su volumen en función de la variación de la presión del aire que lo rodea.



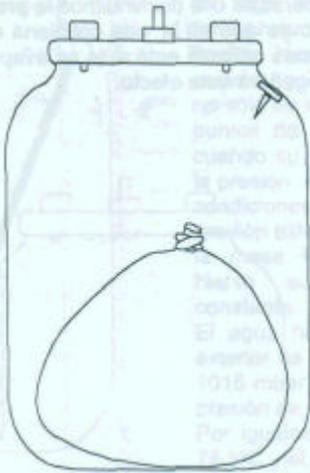
Para ello inflaremos un globo (cerrándolo mediante un nudo en la boquilla) hasta un volumen que permita introducirlo en el recipiente de vacío. En nuestro caso, al inflar el globo estamos introduciendo aire en su interior y el globo se dilata hasta alcanzar un volumen que equilibre las fuerzas ejercidas por el aire encerrado en el globo con las fuerzas ejercidas desde el exterior por la presión atmosférica. Ahora lo introduciremos en el recipiente de vacío cerrando la tapa. Conectaremos el tubo de goma a la oliveta de salida del recipiente y empezaremos a realizar el vacío. Observaremos que el globo va aumentando gradualmente su volumen hasta ocupar gran parte del recipiente de vacío. Esto es debido a que la presión del medio que rodea el globo disminuye y como consecuencia, la fuerza ejercida sobre la superficie del globo disminuye, por lo que el volumen del globo aumenta reduciendo así también la presión en el interior del globo y equilibrando las fuerzas. (Esto es lo que les ocurre a los globos sonda que se envían a las capas altas de la atmósfera, según van ganando altitud la presión atmosférica disminuye mucho y por ello llegan a conseguir un volumen mucho mayor que el inicial).

Disminuir la presión tirando hacia atrás de la palanca inferior de la bomba de vacío y observar que el volumen del globo disminuye, hasta que al restaurar la presión atmosférica, retorna a su volumen original.

Introducir ahora 3 globos en el recipiente, cerrar la tapa y hacer el vacío. Observaremos que ahora el volumen de los globos aumenta más rápidamente. Esto es debido a que con 3 globos, el aire encerrado

contenido en el recipiente, es menor que cuando hay un solo globo y por ello la presión disminuye más rápido al haber menos aire que evacuar y por ello los globos aumentan más rápido de volumen que en el caso de un solo globo.

Experimento 2: En este experimento veremos que al mezclar el aire contenido en dos recipientes a diferente presión, la presión final no es la de uno de los dos recipientes sino un valor intermedio.



Para realizar este experimento introduciremos un globo en el interior del recipiente y lo inflaremos dentro del mismo hasta que ocupe aproximadamente 1/3 del volumen del recipiente. Cerrar ahora el globo y apoyarlo en el fondo del recipiente. Ahora fijaremos con cinta adhesiva una chincheta afilada en la parte superior del recipiente en donde hace la curva (ver dibujo). Poner la tapa y realizar el vacío con la bomba. Cuando la superficie del globo roce la chincheta fijarse en la presión que marca el manómetro, realizar un poco más de vacío hasta que explote el globo y ver cómo la presión del manómetro ha aumentado. La explicación es que el aire contenido en el interior del globo se encuentra a una presión mayor que el aire del recipiente (esto se debe a que el globo ejerce una presión sobre el aire que encierra) y cuando este aire es liberado, se mezcla con el del resto del recipiente y la presión aumenta.

DEPENDENCIA DE LA EBULLICIÓN CON LA PRESIÓN

Experimento: Como ya hemos visto, a cualquier temperatura, de la superficie de un líquido se escapan continuamente moléculas que pasan a la fase gaseosa. A medida que se calienta un líquido, en un recipiente abierto, su temperatura irá aumentando, la evaporación se producirá más rápidamente, hasta que se llega a una temperatura, llamada **temperatura de ebullición** en la que el líquido hierve, es decir, el paso del estado líquido al gaseoso se desarrolla no sólo en la superficie sino en todos los puntos de su masa. Un líquido hierve cuando su presión de vapor se iguala a la presión exterior que soporta. En estas condiciones, el vapor, al vencer la presión exterior, se puede formar en toda la masa líquida. Mientras un líquido hierve su temperatura permanece constante.

El agua hierve a 100°C si la presión exterior es de 1 atm (aproximadamente 1016 mbar), pues es a 100°C cuando la presión de vapor del agua alcanza 1 atm. Por iguales razones el alcohol hierve a 78.3°C y el éter a 34.5°C.



No obstante, los líquidos pueden hervir a cualquier temperatura, siempre que la presión exterior sobre ellos sea igual a la presión que ejerce el vapor del líquido a dicha temperatura. El agua hierve a menos de 100°C si la presión exterior es menor de 1atm y hierve a más de 100°C si la presión exterior es mayor de 1 atm. Por ejemplo en el interior de las ollas de presión, como en ellas el agua se calienta en un recipiente cerrado (provisto de una válvula de seguridad), la presión en el interior de la olla se hace superior a 1 atm, este aumento de presión sobre el líquido lo provocan los mismos vapores que se desprenden de dicho líquido. Entonces el agua no hierve a 100°C, sino alrededor de 120°C, lo que permite que los alimentos se cuezan más rápido. La paradoja inversa se produce a grandes altitudes (en lo alto de montañas) en donde el agua hirviendo no "quema" tanto como el agua hirviendo al nivel del mar ya que la temperatura a la que hierve es menor.

Nosotros vamos a demostrar que bajando la presión el agua hierve a una temperatura menor que a la que hierve a presión atmosférica. Para ello llenaremos el recipiente de vidrio con agua, introduciremos el termómetro en su interior y lo calentaremos (por ejemplo con un calentador de inmersión VENTUS ref.: 12150 o sobre una gradilla con ayuda de un mechero bunsen) hasta que hierva. Anotaremos la temperatura de ebullición. Dejaremos reposar el recipiente con el agua un poco hasta que veamos que la temperatura haya bajado a por ejemplo 80°C. Ahora introduciremos el vaso con el agua y el termómetro en el recipiente de vacío. Comenzaremos a realizar el vacío con la bomba y veremos que llega un momento en que el agua "milagrosamente" comienza a hervir. Anotaremos la temperatura y la presión. Si mantenemos la presión constante, el líquido volverá a dejar

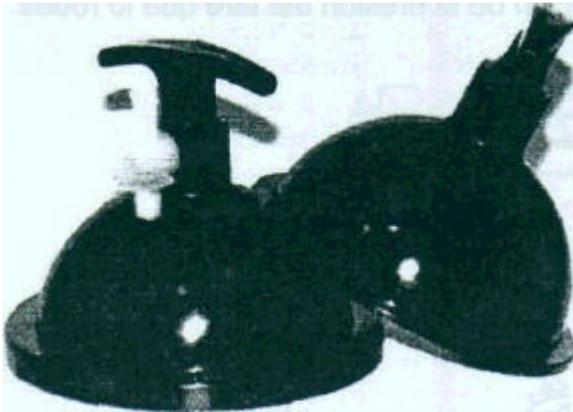
de hervir en cuanto se enfríe un poco, entonces podemos observar de nuevo la temperatura y volver a realizar más vacío anotando de nuevo la presión a la que hierve.

FUERZA EJERCIDA POR LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Este juego de dos semiesferas demuestra cualitativamente la fuerza y los efectos de la presión atmosférica. Los usaremos para reconstruir un famoso experimento realizado hace más de 300 años por Otto Von Guericke en la ciudad alemana de Magdeburg. En el experimento original, Von Guericke (quien acababa de inventar la bomba de vacío), cortó en dos una esfera hueca de un poco más de medio metro

de diámetro, pulió el corte aplicando grasa en los bordes y unió ambas semiesferas formando una cavidad

estanca. Usando su nueva bomba de vacío, sacó todo el aire y cerró la válvula. La fuerza ejercida por la presión atmosférica era tan grande que fue capaz de mantener los hemisferios unidos a pesar de que 8 caballos a cada lado estaban tirando de dichos hemisferios. Cuando abrió la válvula y dejó entrar el aire los hemisferios se separaron por su propio peso.



Este principio puede ser demostrado con este juego de **hemisferios de Magdeburgo** con mangos marca VENTUS. Este juego está fabricado en plástico ABS y contiene un anillo de goma engrasado para sellado y una válvula de entrada o salida de aire. *Una vez que se ha realizado el vacío se necesitan 84 kg. de fuerza para separar las semiesferas!*

Experimento 1: Demostrar los efectos que ocasiona el vacío creado por una diferencia de presiones. Conectar el

tubo de goma a la válvula que deberá estar abierta (llave en línea con la oliveta de salida). Juntar ambos hemisferios y realizar el vacío con la bomba cerrando la llave de paso cuando se haya terminado (llave perpendicular a la oliveta de salida). Quitar ahora el tubo de goma, agarrar los hemisferios por las asas e intentar separarlos con ambas manos tirando en direcciones opuestas. ¡Los hemisferios resistirán una fuerza de unos 84 kg, por lo que una sola persona no será capaz de separarlos!. Abrir ahora la llave dejando así entrar el aire, observaremos que ahora los hemisferios se separan fácilmente ya que la presión interior se ha igualado a la exterior.

Experimento 2: Demostrar que el aire tiene peso. Pesar los hemisferios en una balanza monoplato de 3 vigas. Juntar las semiesferas y realizar el vacío usando la bomba manual. Pesar ahora los hemisferios (unidos debido a la diferencia de presiones) en la balanza. Restar el valor inicial de éste último. La diferencia es el peso del aire que hemos sustraído del interior de los hemisferios.

CAIDA LIBRE EN VACIO

En esta experiencia demostraremos que cuerpos con diferente masa/forma caen a velocidades distintas porque el aire ejerce una resistencia, y que si eliminamos esta resistencia, la velocidad de caída es la misma. En realidad la velocidad de caída depende de la forma del objeto y no de su masa ya que es la forma la que hace que el rozamiento con las partículas de aire sea mayor o menor. En ausencia de fricción la única fuerza que actúa es la de la gravedad que es independiente de la masa o forma del objeto. Para disminuir la presencia de aire tenemos que realizar vacío y como consecuencia la presión se verá reducida con respecto a la atmosférica.

Nuestro dispositivo experimental consiste en el llamado **Tubo de Newton**, construido en un tubo de metacrilato de 950mm de longitud y un diámetro exterior de 40mm. Un tapón con una llave de paso cierra el extremo abierto del tubo. También se suministra con una bola de acero, unos papelillos (reemplazables por una pluma) y un potente imán.

Para observar este fenómeno primero comprobaremos a qué velocidades caen los diferentes objetos en presencia de aire. Para ello introduciremos la bola de acero y los papelillos (o la pluma) en el interior del tubo y lo cerraremos con el tapón. Pondremos el tubo en posición vertical y con el imán apoyado en el extremo cerrado del tubo sujetaremos la bola de acero



que a su vez pellizcará a varios papelillos o a la pluma. Alejaremos el imán y observaremos la velocidad de caída de ambos objetos viendo que la bola llega al otro extremo del tubo bastante antes que los papelillos (o la pluma)

Ahora conectaremos la bomba de vacío de mano mediante el tubo de goma al extremo del grifo teniendo éste abierto (llave en la dirección de la oliveta de salida) para dejar que salga el aire. Realizaremos el vacío, cerraremos la llave de paso (llave en perpendicular a la oliveta de salida) y desconectaremos el tubo de goma. Volveremos a repetir la experiencia observando cómo ahora ambos objetos caen prácticamente a la misma velocidad.

No es imprescindible el uso del imán sino que simplemente se puede hacer oscilar bruscamente el tubo 180° y observar la caída.

Sella con aire

Evita que se derrame el agua de un vaso invertido. Una cartulina queda adherida al borde y mantiene el agua dentro como por arte magia. La presión atmosférica empuja la cartulina hacia arriba, contra el vaso, y sostiene el peso del agua que empuja cartulina hacia abajo.



Propiedades de los líquidos

TORNADO

Los tornados se forman cuando el calentamiento del suelo o del agua del mar provoca un ascenso repentino de una masa de aire húmedo. Se forma una nube de tormenta acompañada por una manga larga y estrecha, de unos 200 metros de diámetro, que conecta la nube con el suelo, gira violentamente y aspira a su paso toda clase de objetos, desde árboles hasta edificaciones. Cuando la nube se mueve, la manga se inclina y deja de tocar el suelo.



El proceso de formación de un tornado, requiere una gran cantidad de energía, que proviene de la condensación del vapor de agua ascendente. Esta energía liberada se disipa también en forma de sonido: la llegada de un tornado se anuncia por un ruido parecido al de un trueno o un avión supersónico.

En el interior de un tornado la presión del aire es tan baja que los objetos explotan, lo que impide que su velocidad de rotación pueda medirse con instrumentos normales.

VÓRTICE O TORBELLINO

Cuando se hace girar un fluido en un cilindro cerrado, la velocidad de sus partículas disminuye cuando más se alejan del centro. El movimiento del fluido se realiza entonces en forma de círculos concéntricos, formando un vórtice o torbellino. Los tornados y las trombas de agua son ejemplos de vórtices naturales.

Otros ejemplos de vórtices atmosféricos son los ciclones y los anticiclones. Los ciclones giran en sentido antihorario en el Hemisferio Norte (sentido horario en el Hemisferio Sur), tienen forma circular y un diámetro que puede variar entre los centenares y los millares de kilómetros. La diferencia de presión entre el centro y la periferia empuja el aire hacia dentro, y el efecto de Coriolis hace que se mueva en dirección oblicua. Esta corriente está asociada a un movimiento vertical de aire caliente hacia las capas altas de la atmósfera, lo que produce un enfriamiento del aire, la formación de nubes por la condensación del vapor de agua y las precipitaciones.