

tante grande que lleva lateralmente tres pe-  
conductos tapados con unos conitos de metal.  
cuello del frasco hay un tapón de cauchú atravesado  
por un tubo de cristal abierto en las dos extremidades.

Para hacer funcionar este frasco se empieza  
llenarlo enteramente de agua, y al poner el tapón  
agua sube hasta llenar por completo el tubo. Si  
gamos que la extremidad inferior del tubo viene  
quedar frente al espacio comprendido entre los  
jeros *b* y *c*. Si abrimos la tubuladura *a*, saldrán  
mente unas gotas y en seguida se suspende el  
rrimiento. Si consideramos la superficie líquida  
resulta que en *a* se está verificando de fuera adentro  
la presión atmosférica, mientras que en *d* se ve  
la presión atmosférica más el peso de la columna  
agua *g d*. Dominando esta presión saldrá el agua  
*a* hasta que, tanto aquí como en *d*, sólo se ejerza  
presión atmosférica.

Si abrimos ahora la tubuladura *b* también saldrán  
unas cuantas gotas hasta que el nivel en el tubo  
gue á *e* ó sea frente á la abertura *b*.

Pero si abrimos la abertura *c* entonces bajará el  
nivel en el tubo hasta *l* y comenzará el escurrimiento  
constante, porque en el punto *h*, al nivel de la abertu-  
tura *c*, la presión de la atmósfera más el peso de la  
columna *lh* permanece constante, y sólo dejará de  
serlo cuando el nivel en el frasco llegue por abajo de *h*.

Supongamos ahora que el nivel en el tubo  
en *e*, que el frasco está casi lleno de agua y  
abrimos la tubuladura *a*. En este caso no saldrá  
una sola gota de agua, pero en cambio entrarán por  
unas burbujas de aire que irán á ocupar la parte  
inferior del frasco, y entonces el nivel en el tubo  
subirá hasta *d*.

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES APLICADO Á LOS GASES

82. El principio de Arquímedes aplicado á los ga-  
ses se enuncia de la siguiente manera:

*Todo cuerpo sumergido en un gas pierde una parte  
de su peso igual al  
peso del gas que  
desaloja.*

Ó bien:

*Todo cuerpo su-  
mergido en un gas  
experimenta un em-  
puje de abajo arriba  
igual al peso del gas  
que desaloja.*

Este principio se  
demuestra por me-  
dio del *barómetro*,  
que consiste en un  
fiel de balanza que  
lleva en una de sus  
extremidades una

pequeña masa de plomo y en la otra una esfera hueca  
de cobre ó de vidrio. En el aire los dos cuerpos se equi-  
libran perfectamente; pero si se coloca el barómetro de-  
bajo del recipiente de la máquina neumática y se en-  
rarece el aire, se ve que el fiel se inclina del lado de la  
esfera grande, lo que indica que ésta pesa realmente  
más que la pequeña masa de plomo, porque en este  
caso ya no se toma en cuenta el empuje del aire y  
sólo hay que considerar la acción de la pesantez. Si  
se quiere demostrar que la pérdida de peso es igual  
al peso del aire desalojado, se mide el volumen de la



Fig. 135. El barómetro.



esfera (supongamos que es de medio litro) y se de á la pequeña masa de plomo un peso de que equivale al peso de medio litro de aire. En ces vemos que en el aire no se equilibran, pero el vacío de la máquina neumática sí se equilibra.

Todo aquello que hemos dicho de los cuerpos mergidos en los líquidos, se puede aplicar á los pos sumergidos en los gases.

Si un cuerpo es, en igualdad de volumen, más sado que el aire, cae; si es igualmente pesado, y si es menos pesado, asciende hasta encontrar capa de la misma densidad que él. Esta es la de que el humo, los vapores y los globos ascien en el aire.

83. *Experimento Cárdenas.* — El Profesor Cárdenas, de la Escuela Preparatoria, propone el siguiente experimento para la demostración del principio Arquímedes aplicado á los gases:

De uno de los platillos de la balanza hidrostática se suspende un cilindro de cartón hueco, y abajo éste se cuelga otro cilindro de cartón, también hueco, pero cerrado en sus dos bases. El volumen de este cilindro debe ser enteramente igual á la capacidad del otro. El peso de ambos cilindros se equilibra con municiones. En seguida se sumerge el cilindro inferior en un vaso de cristal lleno de ácido carbónico, que, como se sabe, es un gas más denso que el aire. Inmediatamente la balanza se desequilibra en favor de las municiones, lo que comprueba el principio. Después se llena el cilindro hueco con ácido carbónico, y el equilibrio se restablece, con lo que queda demostrado el principio.

84. *Los globos.*—En el año de 1670, el Padre jesuita Lana emitió la primera idea de los globos.

En 1709, el abate Bartolomé Laurenço presentó al rey Juan V de Portugal el proyecto de una máquina para ascender en el aire. Á principios del siglo XVIII, el monje Guzmán logró ascender en una máquina hasta el techo del palacio del Rey de Portugal; pero habiendo chocado el aerostato contra una cornisa, volvió á descender sin causar, por fortuna, daño al aeronauta. Guzmán quiso más tarde repetir el experimento, pero la Inquisición lo redujo á prisión por hechicero.

Los descubrimientos químicos efectuados en el curso del siglo XVIII, ejercieron una influencia notable en el descubrimiento de los globos.

En 1766, el célebre químico inglés Cavendish preparó el hidrógeno y demostró que es un gas mucho más ligero que el aire. En el año de 1782, Tiberio Cavallo logró llenar burbujas de jabón con gas hidrógeno y se elevaron rápidamente en el aire.

El experimento de Cavallo fué mencionado por el célebre Priestley en su *Tratado del aire*, obra que fué traducida inmediatamente al francés, y cuya lectura inspiró probablemente á los dos hermanos Montgolfier, que fueron los verdaderos inventores de los globos.



Fig. 136. Un aerostato.



En el mes de Noviembre de 1782, Esteban M. golfier construyó un paralelepípedo hueco de dos metros cúbicos de capacidad, lo llenó de caliente, y vió, con gran gozo, que el globo se hasta el techo de su habitación. Cuando estuvo ya seguros del buen éxito, decidieron construir aparato de grandes dimensiones y resolvieron llevarlo á cabo en una de las plazas de la ciudad de Annonay, un experimento solemne para dar á conocer público su invento.

El experimento se efectuó en Annonay el día 1.º de Junio de 1783, en presencia de toda la población.

El globo tenía 12 metros de diámetro, era de papel, y en su parte inferior llevaba una canastilla de alambre donde se quemaron 10 libras de paja y lana. Pocos momentos después el aparato se elevó en el aire en medio de las entusiasmadas aclamaciones de los espectadores. En diez minutos el globo llegó á 500 metros de altura, y después regresó á tierra.

Los hermanos Robert, hábiles constructores de aparatos de Física, se encargaron, en París, de hacer un globo bajo la dirección del Profesor Charles. El aparato fué construído de tafetán de seda y se llenó de hidrógeno. El 27 de Agosto de 1783, á las 6 de la tarde, un disparo de cañón anunció que el globo inflado con hidrógeno salía del campo Marte. Más de 300,000 almas presenciaron aquel espectáculo.

Difícil sería describir la emoción, el entusiasmo, la locura que aquel experimento produjo. Unas personas se abrazaban, otras lloraban, otras parecían delirantes. Nunca aquel pueblo parisiense, tan ávido de sensaciones, había presenciado espectáculo tan sorprendente.

85. *Los globos modernos.* — Los globos modernos se construyen con grandes gajos de tafetán de seda que se cosen muy bien unos con otros y luego se cubren con una capa de barniz de cauchú, que los hace impermeables á los gases. En la parte superior hay una válvula con un resorte, y que el aeronauta puede abrir á voluntad por medio de una cuerda. El globo va cubierto con una red y de ésta pende una canastilla de mimbre, en la cual pueden caber varias personas.

Un globo de dimensiones ordinarias, que pueda llevar á tres personas, tiene aproximadamente 15 metros de altura y 11 metros de diámetro; su volumen, ya que está inflado completamente, es de 700 metros cúbicos, y la cubierta pesa 100 kilogramos.

Los globos se llenan con gas hidrógeno puro ó con gas de alumbrado. Aun cuando el gas hidrógeno puro es menos denso que el gas de alumbrado, se prefiere el empleo de este último por la facilidad que hay para obtenerlo.

Todo aeronauta debe llevar á bordo un barómetro, un termómetro, un higrómetro y una colec-



Fig. 137. Canastilla y accesorios de un globo.



ción de sacos llenos de arena, que sirvan de lastre.  
 86. *Cálculo de la fuerza ascensional de un globo.*  
 Supongamos que el globo es perfectamente esférico y recordemos las fórmulas que nos dan el volumen y la superficie de la esfera, en función del radio, consideramos medido en decímetros:

$$V = \frac{4 \pi R^3}{3}, \quad S = 4 \pi R^2.$$

Llamemos  $p$  al peso del metro cuadrado de tafetán,  $P$  al peso de la canastilla y de sus accesorios,  $M$  el peso de un litro de aire á 0° y á la presión de 0<sup>m</sup> y  $a'$  el peso de un litro de hidrógeno en igualdad de condiciones.

Según lo que ya hemos indicado, la fuerza ascensional será igual al peso del aire desalojado, menos el peso del globo y sus accesorios. Es decir:  $F = M - P$  llamando  $F$  á la fuerza ascensional,  $M$  al peso del aire desalojado y  $N$  al peso del globo. El peso del aire desalojado es igual á

$$\frac{4 \pi R^3 a}{3},$$

puesto que el peso es igual al volumen multiplicado por la densidad; el peso del hidrógeno contenido en el globo, tiene por expresión

$$\frac{4 \pi R^3 a'}{3},$$

y el peso de la cubierta de tafetán vale

$$\frac{4 \pi R^2 p}{100}.$$

Partimos por 100, porque el radio lo hemos consi-

derado medido en decímetros, y como  $p$  es el peso de un metro cuadrado de tafetán, el peso del decímetro cuadrado será

$$\frac{p}{100}.$$

Así es que tendremos:

$$F = \frac{4 \pi R^3 a}{3} - \frac{4 \pi R^3 a'}{3} - \frac{4 \pi R^2 p}{100} - P.$$

Sacando á

$$\frac{4 \pi R^3}{3}$$

como factor común:

$$F = \frac{4 \pi R^3}{3} (a - a') - \frac{4 \pi R^2 p}{100} - P.$$

La fuerza ascensional, es decir, el exceso de peso del aire desalojado sobre el peso total del aparato ha de ser cuando menos de 5 kilogramos, y hay que hacer notar que esta fuerza sólo permanece constante, mientras el globo no está completamente inflado por la dilatación del gas interior. Pero una vez que el globo está bien inflado y continúa elevándose, la fuerza ascensional decrece porque el volumen de aire desalojado sigue siendo el mismo, pero de menor densidad. Cuando el empuje es igual al peso del globo, éste no hace sino seguir una dirección horizontal, arrastrado por las corrientes atmosféricas.

87. *Globos sondas.* — Los globos han tenido aplicaciones en la guerra y en las investigaciones cien-



tficas; pero habiendo un límite en el cual la vida es imposible, como lo han comprobado Coxwel y G. Asher en su célebre ascensión de 1864, y Gastón Tissandier en la terrible ascensión del globo *Zenith*, hubo necesidad de buscar algún medio para poder investigar regiones aéreas muy elevadas, sin poner en peligro la vida del hombre. El problema lo resolvió los Sres. Hermite y Besançon, soltando globos libres que han recibido el nombre popular de *globos sondas* y que llevan instrumentos registrados encargados de marcar automáticamente las variaciones de la temperatura, presión, humedad, etc.

En el mes de Marzo de 1892, los entusiastas investigadores comenzaron á soltar globitos desde el balcón del departamento que ocupaban en el cuartel de Sebastopol. Poco después soltaron globos más grandes provistos de registradores especiales. Actualmente los principales observatorios de Europa cuentan con un servicio especial de *globos sondas*. Los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios. Por ejemplo, un globo sonda que alcanzó 10,000 metros de altura, registró una temperatura de *abajo de cero*; otro que llegó á 12,000 metros registró *57° bajo cero*, y otro que subió hasta 15,000, registró *64° bajo cero*. Á esta altura la presión atmosférica era apenas de 140 milímetros.

Los globos sondas tienen que prestar aún muchos buenos servicios á la Física y á la Meteorología.

(\*) Véase «Los fenómenos del aire» por Luis G. León, 1900.

## CAPÍTULO V

### ACÚSTICA

SUMARIO.—Producción del sonido.—Su propagación y velocidad.—Reflexión, eco.—Calidades del sonido.—La sirena y el método gráfico.—El fonógrafo y sus aplicaciones.—Cuerdas, varillas, tubos y placas.—Teoría física de la música.

88. La *Acústica* es la parte de la Física que se ocupa de estudiar las cualidades del sonido.

El sonido es la sensación que resulta de la impresión producida en el oído por un movimiento vibratorio excitado en un cuerpo elástico.

El movimiento vibratorio, que es análogo al movimiento pendular, es aquel en que el cuerpo separado de su posición de equilibrio la recobra después de una serie de oscilaciones.

Si restiramos entre dos puntos una cuerda de violín y la separamos de su posición de equilibrio, escuchamos un sonido y al mismo tiempo, como resultado de la persistencia de las impresiones luminosas en la retina, vemos un huso que es casi transparente en su parte media.

Compruébase también el movimiento vibratorio poniendo unos granos de arena en una campana de cristal que se mantiene horizontalmente con la mano.