

El equilibrio es tanto más estable cuanto que el centro de gravedad del cuerpo flotante esté colocado más abajo; así es que un buque estará mejor equilibrado mientras más lastrado esté.

DENSIDADES

30. Se llama *densidad absoluta* de una sustancia sólida y líquida a la masa contenida en la unidad de volumen a la temperatura de 0° y a la presión del nivel del mar, se toma como unidad para la determinación de la densidad de los gases.

La densidad relativa de un cuerpo es la relación entre su peso y su volumen, de lo que resulta que cuando dos cuerpos tienen el mismo volumen sus densidades son proporcionales á sus pesos; así es que si se conoce el peso total P de un cuerpo y su volumen V, la densidad estará expresada por la fórmula siguiente:

$$D = \frac{P}{V}$$

De esta fórmula se obtiene  $P = V \times D$  y  $V = \frac{P}{D}$  de modo que tomando por unidad de peso el centímetro cúbico, y por unidad de volumen el centímetro cúbico, será fácil calcular con estas fórmulas el peso de un cuerpo cuyo volumen y densidad son conocidos, y el volumen de un cuerpo cuando conocemos su peso y densidad.

Es importante observar que como la unidad de peso, ó sea el gramo, corresponde á la unidad de volumen que es el centímetro cúbico de agua destilada, la cantidad V que representa el volumen de un cuerpo en centímetros cúbicos es igual al número

En esto nos vamos á fundar para la determinación de las *densidades relativas* ó *pesos específicos* de los cuerpos. El agua destilada tomada á la temperatura de 4° arriba de cero se toma como unidad para la determinación de las densidades de los cuerpos

De manera que la densidad relativa de un cuerpo sólido ó líquido es la relación que hay entre su peso y su peso de un volumen igual de agua destilada á la temperatura de 4° arriba de cero.

31. *Determinación de los pesos específicos de los sólidos.*—Para determinar el peso específico de los sólidos

se usan tres procedimientos: *el de la balanza hidrostática, el del frasco y el del areómetro de Nicholson.*

32. *Primer método.*—Por medio de un hilo muy fino se suspende de uno de los platillos de la balanza hidrostática el cuerpo cuya densidad se trata de determinar.

La balanza hidrostática difiere esencialmente de la balanza ordinaria en que cada platillo lleva un gancho en la parte inferior y en que la columna del líquido puede subir ó bajar por medio de una barra dentada, movida por un piñón. Supongamos que se quiera determinar la densidad del hierro y que el



Fig. 70. Se pesa el cuerpo en el aire

fragmento de este metal colgado del gancho de la balanza pesara en el aire 15 gramos 4. En seguida se quitan los pesos del platillo, se introduce el hierro en un frasco con agua destilada á 4º y se vuelve a restablecer el equilibrio. Es claro que en este caso el peso será menor debido al empuje del líquido. La diferencia entre el peso del hierro en el aire y



Fig. 71. Se pesa el cuerpo en el agua.

el peso del hierro en el agua, nos dará indudablemente el peso del agua desalojada, ó, lo que es lo mismo, el volumen del fragmento de hierro. Si el hierro pesa en el agua 13 gramos 4, el volumen del hierro será igual á 13,4. Sustituyendo estos valores en la fórmula  $D = \frac{P}{V}$ , tendremos:

$$D = \frac{15,4}{2} = 7,7$$

que es la densidad del hierro, es decir, que en igualdad de volumen el hierro pesa 7,7 veces más que el agua.

En lugar de quitar pesos del platillo después de haber pesado al cuerpo en el aire se puede, ya que esté sumergido en el agua, añadir pesos en el mismo platillo de donde está suspendido el cuerpo hasta que se restablezca el equilibrio, estos pesos representarán el volumen del cuerpo.

33. *Método del frasco.*—Para este método se emplea un frasco de cristal cuyo tapón es esmerilado y lleva un tubo delgado donde está marcada una raya llamada *línea de fe* y hasta donde se ha de llenar siempre el frasco con agua destilada.

En uno de los platillos de una balanza se coloca el frasco lleno de agua hasta el punto de fe, cuidando de que no quede ni una burbuja de aire; junto al frasco se pone un fragmento del cuerpo cuya densidad se trata de determinar, debiendo ser de un tamaño tal que pueda caber fácilmente dentro del frasco. En el otro platillo se colocan municiones hasta conseguir el equilibrio. Esta operación de equilibrar con pesos desconocidos se llama *tara*. Después de hacer la tara se quita el cuerpo, en su lugar se ponen cuerpos conocidos y así habremos obtenido por el método de la doble pesada el peso del cuerpo en el aire. Se quitan los pesos, se retira el frasco del platillo, se destapa y se introduce el cuerpo dentro del agua. Se vuelve á tapar cuidando de que el agua vuelva á quedar hasta el punto de fe, se enjuga muy bien y se coloca de nuevo en el platillo. Como el cuerpo sólido desalojó agua, naturalmente habrá disminuido el peso, y el frasco ya no quedará equilibrado por las municiones.

Para establecer el equilibrio se ponen pesos conocidos junto al frasco, y estos pesos corresponden al peso del agua desalojada, ó, lo que es lo mismo, al volumen del sólido. Poniendo los valores obtenidos en lugar de P y V en la fórmula  $D = \frac{P}{V}$  se tendrá la densidad del cuerpo.

Si el cuerpo cuya densidad se trata de determinar fuera soluble en el agua, se determinará con respecto á un líquido que no sea soluble. Buscando después la densidad del líquido auxiliar se obtendría la densidad de la substancia dada, multiplicando uno por otro los dos resultados.

34. *Areómetro de Nicholson.*—El areómetro de Nicholson se compone de un cilindro hueco de latón

que lleva en sus dos extremidades unos conos de la misma substancia. Del vértice del cono superior sale una varilla que tiene un platillo destinado á recibir pesos, y del cono inferior cuelga otro cono hueco lastrado con plomo. En la varilla hay un señal que marca el punto de flotación. El areómetro está lastrado de tal manera que introducido en el agua

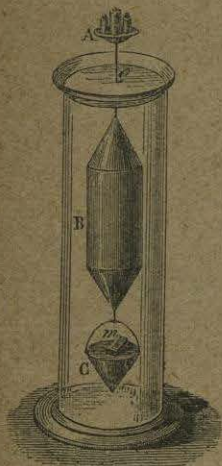


Fig. 72. Areómetro de Nicholson.

destilada y sin ningún peso en el platillo el punto de flotación ha de quedar fuera del nivel del agua.

Para determinar la densidad de un sólido por este procedimiento, se comienza por introducir el areómetro en el agua y después se coloca en el platillo un pequeño fragmento del cuerpo cuya densidad se trata de determinar, y se añaden pesos hasta que el aparato se sumerja hasta el punto de flotación. Se quita el cuerpo y se colocan pesos conocidos, con lo que habremos obtenido el peso del cuerpo

en el aire. Se quitan los pesos que representan el peso del cuerpo y éste se coloca en el cono inferior. Al volver á introducir el areómetro en el agua se observa que el punto de fe queda por encima del nivel del líquido, y para que el instrumento vuelva á sumergirse, hay que añadir pesos que corresponderán al empuje ó sea al peso del agua desalojada. Como este valor corresponde también al volumen del cuerpo, substituyendo en la fórmula  $D = \frac{P}{V}$ , obtendremos la densidad de la substancia que estudiamos.

35. *Densidades de los líquidos.* — Tres son también los procedimientos que se emplean para determinar la densidad ó peso específico de los líquidos: el de la balanza hidrostática, el del frasco, y el del areómetro de Farenheit.

36. *Procedimiento de la balanza hidrostática.* — De uno de los ganchos de la balanza se suspende con un hilo de seda una esfera de vidrio hueca, lastrada con mercurio ó plomo, y se le hace equilibrio en el otro platillo con municiones. En seguida se sumerge la esfera en el líquido cuya densidad se trata de determinar; se rompe el equilibrio, y para vencer al empuje, se colocan pesos en el platillo de donde cuelga la esfera. Estos pesos corresponderán al peso del líquido desalojado. Luego se saca la esfera, se enjuga muy bien y se introduce en agua destilada á 4°; los pesos que haya que poner ahora en el platillo representarán el peso del agua desalojada. Dividiendo el primer valor por el segundo, se obtendrá la densidad del líquido. En la fórmula  $D = \frac{P}{P'}$ , P representa el peso del líquido desalojado y P' el peso del agua desalojada. Es claro que, como hemos hecho uso de la misma esfera, se ha llenado la condición de la igualdad de volumen.

37. *Procedimiento del frasco.* — El frasco que se emplea en este caso se compone de un depósito cilíndrico que lleva un tubo capilar ensanchado en su parte superior, donde recibe un tapón de vidrio para el caso de que se trate de líquidos volátiles. El tubo capilar lleva una marca ó punto de fe para que el volumen del líquido sea constante.

Se coloca el frasco lleno de aire en un platillo de la balanza y se equilibra en el otro con municiones. Después se llena el frasco con el líquido cuya den-

sidad se trata de determinar, para lo cual se introduce un tubo muy delgado de plata en el tubo de la balanza hasta conseguir que el punto de fe llegue al nivel del líquido. La suma del peso del frasco y de los pesos añadidos nos dará el peso  $P+p$  del líquido desalojado. Después se aspira el aire por el tubo y se introduce el areómetro, bien seco, en agua destilada á 4° y se añaden también pesos para que el punto de fe llegue al nivel del agua. La suma  $P+p'$  se coloca el frasco en el otro y indicará el peso del agua desalojada. La densidad se restablece el equilibrio con pesos conocidos será dada por la fórmula:



Fig. 73.  
El frasco para los líquidos

Dividiendo el primer peso por el segundo, el cociente nos dará la densidad del líquido.

38. *Areómetro de Fahrenheit.* — Este instrumento se compone de un cilindro de vidrio terminado en la parte inferior por una esfera lastrada; en la extremidad superior lleva un vástago y un platillo destinado á recibir pesos. En la varilla está marcado el punto de flotación.

Para usar este areómetro hay que comenzar por conocer su peso, fundándonos en el principio antes enunciado de que todo cuerpo que flota desaloja un volumen de agua que pesa lo que pesa todo el cuerpo. Se sumerge ahora el areómetro en el líquido

de determinar y se trata de determinar y se duce por el tubito un tubo muy delgado de plata en el platillo hasta conseguir que el punto de fe llegue al nivel del líquido. La suma del peso del frasco y de los pesos añadidos nos dará el peso  $P+p$  del líquido desalojado. Después se aspira el aire por el tubo y se introduce el areómetro, bien seco, en agua destilada á 4° y se añaden también pesos para que el punto de fe llegue al nivel del agua. La suma  $P+p'$  se coloca el frasco en el otro y indicará el peso del agua desalojada. La densidad se restablece el equilibrio con pesos conocidos será dada por la fórmula:

$$D = \frac{P + p}{P + p'}$$

AREÓMETROS



Fig. 74. Areómetro de Fahrenheit.

39. Los areómetros de Nicholson y Fahrenheit, de que hablamos con motivo de las densidades, son de *volumen constante* y *peso variable*. Son de volumen constante, puesto que siempre tienen que estar sumergidos hasta el *punto de fe* en el agua ó en otro líquido, y son de peso variable porque los pesos que se ponen en el platillo varían según sean los sólidos ó los líquidos de que se haga uso.

Los areómetros de que ahora vamos á ocuparnos son de *volumen variable* y de *peso constante*. Lo primero porque la parte sumergida varía con la densidad de los líquidos, y lo segundo porque no hay que ponerles peso adicional.

Estos areómetros son de uso constante en los gabinetes y laboratorios, no precisamente para determinar la densidad, sino el grado de concentración de los ácidos, de las disoluciones salinas y de los lico-

res alcohólicos. Se conocen estos pequeños aparatos con los nombres de *pesa-ácidos*, *pesa-sales*, *pesa-licores*.

40. *Areómetros de Baumé* (\*).— Los areómetros de Baumé consisten en una varilla de cristal que lleva en la parte inferior una cavidad esférica ó cilíndrica llena de aire, seguida de otra bola más pequeña lastrada con municiones ó con mercurio. La graduación de estos instrumentos varía según que van á servir para líquidos *más densos* que el agua, como los jarabes, los ácidos y las disoluciones salinas, ó para líquidos *menos densos* que el agua, como los éteres, los alcoholes ó las disoluciones amoniacales. En el primer caso el areómetro se llama *pesa-ácidos* ó *pesa-sales* y en el segundo *pesa-espíritus* ó *pesa-licores*.

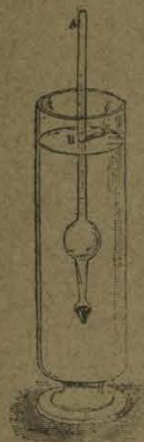


Fig. 75. Areómetro de Baumé.

*Graduación.*— Para graduar el *pesa-ácidos* se comienza por lastrarlo de manera que á la temperatura de 15 centígrados, la varilla se sumerja en el agua destilada casi hasta su extremidad superior; en este punto se marca 0°. En seguida se introduce el aparato en una disolución de 85 partes de agua, en peso, por 15 de sal marina (cloruro de sodio). Puesto que este líquido es más denso, el empuje es mayor y el areómetro se sumergirá menos. En el punto de flotación se marca 15°. El espacio comprendido entre el 0 y el 15 se divide en 15 partes

(\*) Baumé, farmacéutico francés.

iguales y se continúan las divisiones hasta la extremidad inferior del vástago. Generalmente los vástagos contienen de 70 á 80 divisiones.

Para graduar el *pesa-licores* se introduce el instrumento en una disolución de 90 partes, en peso, de agua destilada y 10 de sal marina, y se lastra de manera que toda la varilla quede por fuera del líquido; en el punto de flotación se marca 0. Después se sumerge en agua destilada á 12°5, y como aquí el empuje es menor, el areómetro se sumerge más; en el punto de flotación se marca 10. El espacio comprendido entre 0 y 10 se divide en 10 partes iguales y se prolongan las divisiones hasta la parte superior del vástago, que generalmente contiene de 50 á 60.

El *pesa-ácidos* debe marcar:

- 66° en el ácido sulfúrico concentrado.
- 26° en el ácido nítrico del comercio.
- 22° en el ácido clorhídrico ordinario.
- 2° en el agua de mar á 22° C.
- 35° en un jarabe bien hecho.

El *pesa-espíritus* debe marcar:

- 36° en el éter ordinario del comercio.
- 65° en el éter ordinario rectificado.
- De 22° á 25° en el amoníaco del comercio.

El areómetro de Cartier es sencillamente una modificación del de Baumé, pues conservaba el grado 10 para el punto de flotación en el agua pura, y después establecía una división arbitraria sin tomar ningún otro punto fijo. El grado 29 del areómetro de Cartier coincide aproximadamente con el grado 31 del areómetro de Baumé.

41. *Alcoholímetro centesimal de Gay Lussac*  
 Otro areómetro de peso constante y volumen variable es el *alcoholímetro centesimal* ideado por Lussac para medir el número de centésimos de alcohol puro, en volumen, que contienen los líquidos espirituosos á la temperatura

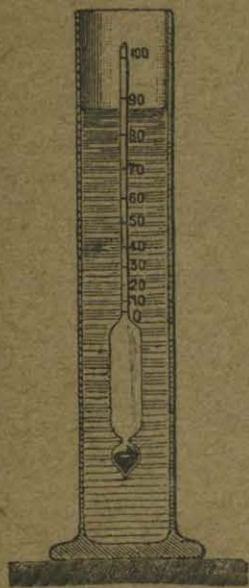


Fig. 76. Alcoholímetro de Gay Lussac.

15° C. En su forma se parece el alcoholímetro al areómetro de Baumé; pero, supuesto, la graduación distinta.  
*Graduación.*—Para graduar este instrumento se toma una probeta de graduada en 100 partes iguales; se vierte alcohol absoluto hasta la división 95 y se acaba de llenar con agua. En seguida se introduce el instrumento y se marca en el punto de flotación. Después se vacía la probeta y se acaba de llenar con agua destilada hasta el 100. Se vuelve á introducir el areómetro y en el punto de flotación se marcan todos los intervalos de 5 en 5 hasta llegar á la división 5. Por último, se marca 100° en el alcohol absoluto y 0° en el agua pura, y cada uno de los intervalos de 5 se divide en 5 partes iguales.

de la Física que se ocupa de estudiar los fenómenos que se producen por el contacto de los cuerpos sólidos con los líquidos, y que parecen estar en contradicción con las leyes de la hidrostática.

42. Se da el nombre de *capilaridad* á la parte que se ocupa de estudiar los fenómenos que se producen por el contacto de los cuerpos sólidos con los líquidos, y que parecen estar en contradicción con las leyes de la hidrostática.  
*Experimento núm. 20.*—Se sumerge en una copa con agua una varilla de cristal y se observa que en el lugar que la superficie del líquido permanece horizontal, asciende alrededor de la varilla, formándose una superficie cóncava. Si sumergimos otra varilla de cristal en una copa con mercurio, notaremos que la superficie del mercurio tampoco permanece horizontal, pero en lugar de que el líquido ascienda, desciende alrededor de la varilla, formándose una superficie convexa. La misma ascensión ó la misma depresión observaremos junto á las paredes del vaso que contiene al líquido. Si el líquido moja al sólido hay ascensión y si el líquido no moja al sólido hay depresión.

de la Física que se ocupa de estudiar los fenómenos que se producen por el contacto de los cuerpos sólidos con los líquidos, y que parecen estar en contradicción con las leyes de la hidrostática.

*Experimento núm. 20.*—Se sumerge en una copa con agua una varilla de cristal y se observa que en el lugar que la superficie del líquido permanece horizontal, asciende alrededor de la varilla, formándose una superficie cóncava. Si sumergimos otra varilla de cristal en una copa con mercurio, notaremos que la superficie del mercurio tampoco permanece horizontal, pero en lugar de que el líquido ascienda, desciende alrededor de la varilla, formándose una superficie convexa. La misma ascensión ó la misma depresión observaremos junto á las paredes del vaso que contiene al líquido. Si el líquido moja al sólido hay ascensión y si el líquido no moja al sólido hay depresión.

*Experimento núm. 21.*—En vez de emplear varillas hagamos uso de tubos de vidrio con objeto de hacer los fenómenos más aparentes.

Al sumergir el tubo dentro del agua ó de cualquier otro líquido que lo moje, veremos que el líquido asciende por dentro del tubo, formándose una superficie curva que se conoce con el nombre de *menisco cóncavo*. Si sumergimos el tubo dentro del mercurio, veremos que el líquido desciende por dentro

CAPILARIDAD

ENDÓSMOSIS Y EXÓSMOSIS

tro del tubo, formándose una superficie curva que se conoce con el nombre de *menisco convexo*.

Los tubos que empleamos en estos experimentos son de diámetro interior muy pequeño; en algunos es tan pequeño que puede compararse con el diámetro de un cabello, y por esta razón dichos tubos se denominan *tubos capilares*.

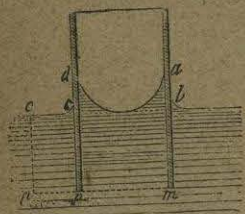


Fig. 77. Menisco cóncavo.

Si ponemos agua en el vaso, notaremos, ya que el líquido está en reposo, que aun cuando los vasos son comunicantes, los niveles distan mucho de estar en un mismo plano horizontal, sino que el nivel asciende *tanto más cuanto menor es el diámetro del tubo*.

Si en lugar de poner agua ponemos mercurio en el aparato observaremos que el nivel en cada tubo desciende *tanto más cuanto menor es el diámetro del tubo*.

Si se carece de este aparato puede hacerse el experimento introduciendo en una misma copa tubos de diversos diámetros. Se emplean con muy buen éxito para hacer muy sensibles las ascensiones ó depresiones los tubos que emplean los médicos para la vacuna.

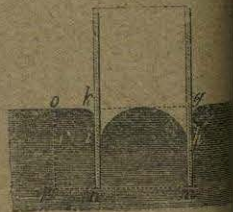


Fig. 78. Menisco convexo.

*Experimento núm. 22.* — Empleamos un aparato que consiste en un vaso de cristal que lleva cerca del fondo un tubo horizontal, del cual parten varios tubos verticales cuyos diámetros van disminuyendo progresivamente.

Una vez conocidos ya los principales fenómenos de la capilaridad, enunciaremos las leyes que rigen á estos fenómenos:

43. *Leyes de capilaridad.* — 1.<sup>a</sup> ley, ó ley de Jurin. — *Dado un mismo líquido, las ascensiones ó las depresiones están en razón inversa de los diámetros de los tubos, supuesta constante la temperatura.*

2.<sup>a</sup> ley. — *Si el líquido moja al tubo hay ascensión, si el líquido no moja al tubo hay depresión.*

3.<sup>a</sup> ley. — *Las ascensiones y las depresiones dependen de la naturaleza del líquido, pero son independientes de la substancia del tubo y del espesor de sus paredes.*

4.<sup>a</sup> ley. — *Para todos los líquidos las alturas en un mismo tubo capilar disminuyen y aun pueden llegar á hacerse nulas cuando la temperatura aumenta.*

*Experimento núm. 23.* — Introduzcamos en una bandeja con agua dos láminas de cristal, de tal manera que una de sus aristas esté en contacto, estando la opuesta ligeramente separada. Inmediatamente se observa que el líquido asciende hacia la arista de contacto, formándose la curva conocida con el nombre de *hipérbola equilátera*.



Fig. 80. Meniscos cóncavos.



Fig. 81. Meniscos convexos.

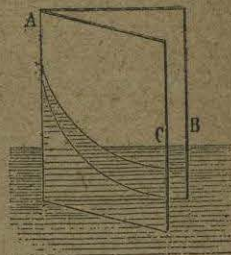


Fig. 79. Hipérbola equilátera.

Cuando la línea de contacto de las dos láminas es horizontal y cuando al mismo tiempo el ángulo que forman es muy pequeño, una gota de agua co-

locada entre las láminas se redondea en sus dos extremidades formando meniscos cóncavos y se aproxima hacia el vértice del ángulo. Si, por el contrario, el líquido no moja á las láminas, como el mercurio, la gota se redondea formando meniscos convexos y se aleja del vértice del ángulo.

44. *Causa de la curvatura de las superficies líquidas al contacto de los sólidos.*—La forma de la superficie de un líquido al contacto de un cuerpo sólido depende de la relación que existe entre la atracción del sólido sobre el líquido y la atracción de las moléculas líquidas unas sobre otras.

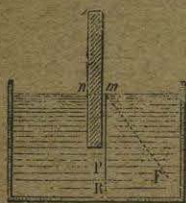


Fig. 82.

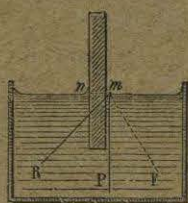


Fig. 83.

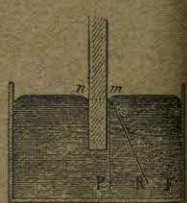


Fig. 84.

Supongamos (fig. 82) una molécula líquida  $m$  en contacto con un cuerpo sólido. Esta molécula está sometida á tres fuerzas: 1.<sup>a</sup>, la pesantez que solicita según la vertical  $mP$ ; 2.<sup>a</sup>, la atracción del líquido que obra en la dirección  $mF$ , y 3.<sup>a</sup>, la atracción del cuerpo que se ejerce en la dirección  $mR$ .

Ahora bien, según las intensidades respectivas de estas fuerzas, su resultante puede tomar las tres posiciones siguientes:

I. Estará dirigida según la vertical  $mR$  (fig. 82) y entonces la superficie del líquido será horizontal según las condiciones ya enunciadas para el equilibrio de los líquidos (pág. 68).

II. Si aumenta la atracción del cuerpo por el líquido ó disminuye la atracción mutua entre las moléculas del líquido, entonces la resultante  $R$  (ficticia), el líquido no moja á las láminas, como el mercurio, la gota se redondea formando meniscos convexos como la superficie tiene que inclinarse para ser perpendicular á la resultante, el menisco será cóncavo.

III. Si aumenta la fuerza  $F$  ó disminuye la fuerza  $R$ , la resultante  $R$  tomará la dirección  $mR$ , dentro del ángulo  $PmF$  (fig. 84) y la superficie al colocarse perpendicularmente á esta dirección será convexa.

El cálculo demuestra que en el primer caso la atracción del líquido sobre sí mismo es doble que la del sólido sobre el líquido; en el segundo caso la atracción del líquido es más pequeña que el doble de la del sólido, y en el tercero la atracción de las moléculas líquidas unas sobre otras es mayor que el doble de la atracción del sólido sobre el líquido.

*Experimento núm. 24.*—En una bandeja con agua colocamos dos esferitas de corcho alrededor de las cuales observamos que se forma un menisco ascendente. Poco á poco vemos que se van acercando las esferitas, y tan pronto como están muy cerca una de la otra, se observa entre ellas una viva atracción; pero si en lugar de ser las dos esferas de corcho, una es de corcho y la otra de cera, se nota que ya que están muy cerca se rechazan con fuerza. En cambio, si las dos son de cera, se nota atracción como en el caso de las de corcho.

Estos fenómenos participan á la vez de la capilaridad y de la propiedad que se llama tensión superficial de los líquidos. Hay algunos experimentos para probar de una manera concluyente la tensión superficial.

Citaremos algunos:



*Experimento núm. 25.* — Se toma un vaso cuadrangular cuya pared metálica CD es móvil alrededor de una bisagra que coincide con la arista. Con la ayuda de un hilo atado en E se mantiene la pared CD contra una cuña de madera según dirección CD'. Entonces se echa agua hasta los bordes del vaso, y una vez obtenido el equilibrio quemamos bruscamente el hilo D'E, y se ve que la pared CD' vuelve por sí sola á su posición CD. Parece que la presión hidrostática tendería por el contrario á mantenerla apoyada contra la cuña de m



Fig. 85. Experimento de Dupré.

dera, y puesto que no es así, es claro que tiene que existir una fuerza de tracción tangencial que lleve á la vertical. Este es un efecto de la tensión superficial. El Sr. Dupré fué quien tuvo la idea de hacer la demostración anterior.

*Experimento núm. 26.* — En una copa de las que se usan para cognac, póngase agua hasta que vaya á derramarse. Nada más hay que cuidar que la copa esté muy seca por fuera. Entonces se empieza á poner municiones dentro de la copa, una por una, y es inconcebible la cantidad que le caben antes de que el agua se derrame. Se observa que la superficie del líquido afecta la forma de un casquete, como si fuera un vidrio de reloj.

*Experimento núm. 27.* — Untese ligeramente con aceite una espiral de alambre y póngase en la super-

ficie de un lebrillo de agua. La espiral flotará. En seguida tómese una poca de agua de jabón con un tubito de cristal, tapando con el índice la extremidad superior del tubo. Hágase caer una gota de agua de jabón en el centro de la espiral, y entonces la espiral se pondrá á dar de vueltas como si tratara de enrollarse.

Este curioso hecho se debe á que por medio de la gota de agua de jabón hemos modificado la *tensión superficial* del agua.

*Otros experimentos de tensión superficial.* — Prepararemos el líquido glicérico de Plateau de la manera siguiente: Disolvemos 25 gramos de jabón en un litro de agua destilada tibia; después filtramos y dejamos enfriar. Cuando el

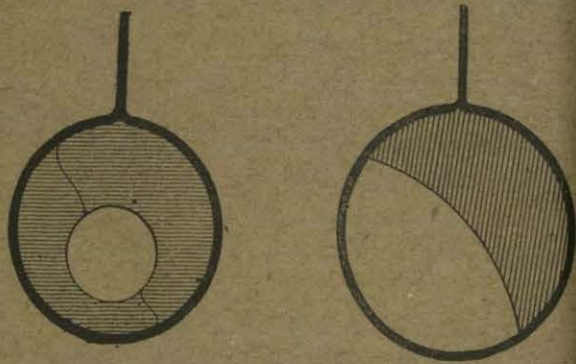


Fig. 86. La espiral giratoria

agua de jabón está ya fría, le añadimos 35 centímetros cúbicos de glicerina. Esta mezcla la embotellamos, la tapamos con un corcho y cada vez que hagamos uso de ella la agitamos muy bien. Hagamos ahora un aro de alambre provisto de un pequeño mango y lo introducimos en el líquido de Plateau, vertido de antemano en un plato sopero. Al sacar el aro del agua de jabón veremos que dentro del aro queda una película de jabonadura, una especie de membrana elástica. En seguida depositamos cuidadosamente encima de esta película un anillito de seda mojado en jabonadura. Al pronto el anillo toma una forma irregular; pero si con un rollito de papel rompemos la telita de jabón que quedaba dentro del anillo, éste adquiere inmediatamente la forma circular, lo

que demuestra que la superficie de separación de un líquido y de otro fluido se puede comparar con una membrana elástica uniformemente restirada.

Se puede dar otra disposición al experimento. Atamos en dos puntos opuestos del aro de alambre las extremidades de una hebra de seda, de manera que el hilo quede flojo. Después introducimos el aro en el líquido glicérico de Plateau, y al romper



Figs. 87 y 88. La superficie de separación de un líquido y de otro fluido puede compararse con una membrana elástica uniformemente restirada.

película de un lado del hilo, la tensión del resto de la película obliga al hilo á adquirir la forma de un arco de círculo.

Estos experimentos fueron hechos por primera vez por el Sr. Van der Mensbrughe.

En lugar del líquido glicérico de Plateau puede emplearse el líquido de Terquem, preparado de la manera siguiente:

Agua . . . . .	1,000	gramos
Jabón. . . . .	10	»
Azúcar blanca . . . . .	400	»

Como este líquido es susceptible de fermentarse, conviene añadirle algunas gotas de formol.

Hemos visto que una superficie líquida posee, como si fuera un resorte restirado, cierta energía potencial, que ha recibido el nombre de *tensión superficial*. Veamos cómo se puede medir esta tensión superficial. Doblamos un alambre en forma de U invertida y lo suspendemos en el ganchito de una balanza que sea sensible al centígramo. Abajo colocamos un plato con el líquido glicérico, y bajamos la balanza de modo que se forme una laminita de jabonadura. En seguida vamos poniendo pequeñas masas graduadas en el otro platillo hasta que la lámina se desprende del resto del líquido y esas masas representarán el valor de la tensión superficial. Las dimensiones de la lámina son tan cortas, que podemos despreciar su peso.



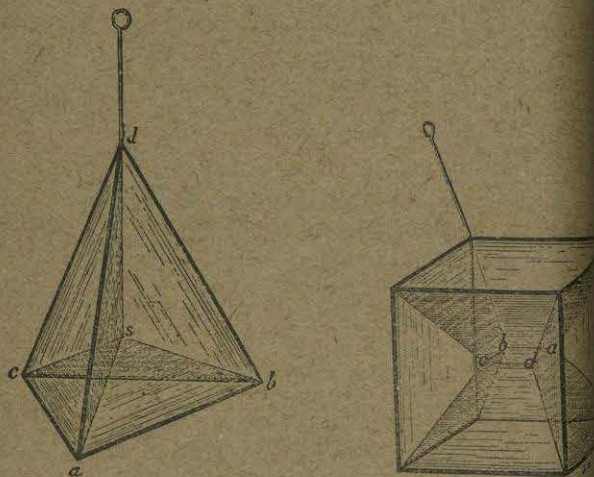
Fig. 89. Medida de la tensión superficial.

Formemos un tetraedro con alambre de cobre de 2 milímetros de grueso, y de tal modo que cada triángulo tenga 6 centímetros de lado. Formemos también un cubo de 4 centímetros de lado, y si introducimos estos armazones en un vaso lleno de líquido glicérico veremos formarse sistemas laminares muy curiosos.

Hay otros experimentos para hacer patente la existencia de la tensión superficial en los líquidos y para demostrar que la tensión es igual en todos sentidos. Se ata un hilo de seda muy delgado y de 25 centímetros de longitud, y se le unta de vaselina con objeto de que pueda flotar en el agua. Al

pronto flota en una posición irregular; pero al añadiendo agua con precaución, veremos que dejan caer algunos granitos de alcanfor dentro del aceite comienza á desprenderse del fondo de la hilo, éste toma la forma de una circunferencia plana, hasta formar una esferita que permanece suspendida en perfecto equilibrio en el seno de la masa líquida.

Para demostrar la permeabilidad de las láminas delgadas, se forma una burbuja de jabón en la mezcla de agua y alcohol, es enteramente igual á de un embudo, y después, tapando con el dedo la masa específica del aceite. En estas condiciones tubo del embudo, se introduce la burbuja en una gota se encuentra sustraída á la acción de la pe-



Figs. 90 y 91. Sistemas laminares con el líquido glicérico.

que contiene unas gotas de éter. Sacando del embudo se puede inflamar el éter contenido dentro de la burbuja. Al hacer este experimento debe tener la precaución de tapar muy bien y retirar á distancia el frasco que contenga el líquido pues no hay que olvidar que este líquido es inflamable.

Si en una copa con buen alcohol ponemos un poco de aceite, el aceite se precipita al fondo de la copa; pero si después



Fig. 92. Igualdad de tensión en todos sentidos.

antez, y su energía total se reduce á la energía de su superficie, y como la esfera es la superficie más pequeña que puede ofrecer un volumen determinado de un cuerpo cualquiera, resulta que la energía de la superficie es mínima.

Supongamos un recipiente que contenga una mezcla de agua y alcohol, en proporciones tales que su densidad resulte igual á la del aceite que vamos á emplear.

Dentro de la mezcla está un pequeño cuerpo de