CAPILAROLOGIA.

426. Los fenómenos mas interesantes de la Física, son aquellos que nos dan algunas luces sobre la naturaleza de los cuerpos, y sobre las acciones recíprocas de sus partículas. Vamos á considerar ahora una clase de fenómenos de estos muy estensa y variada, y que es tanto mas importante cuanto ofrece la ventaja de poder someterse á un cálculo rigoroso.

Si se suspenden horizontalmente placas de vidrio, mármol, metal, etc. á uno de los platillos de una balanza, y despues de haberlos puesto en equilibrio con pesos, se les hace tocar á la superficie de un líquido, se nota que se adhieren á él con una cierta fuerza; porque ya no se pueden separar sino añadiendo mas peso en el otro platillo. Esta adhesion no es producida por la presion del aire, porque se verifica del mismo modo en el vacío; luego proviene de que las mismas moléculas del cuerpo sólido se unen á las partículas del líquido en virtud de una fuerza de afinidad. Pero tambien es notable, que se ejerce una accion de este género entre las partículas mismas del líquido, como se verifica por ejemplo en el caso de un disco de vidrio puesto sobre el agua ó sobre el alcool, que al retirarle lleva consigo una pequeña capa líquida que permanece adherida á él. Luego, hablando con propiedad, el cuerpo sólido no es el que se ha desprendido del líquido, sino que esta pequeña capa es la que se ha separado de las moléculas líquidas que estaban debajo de ella. La fuerza que es necesario emplear para desprenderla, es incomparablemente mas considerable que su propio peso, y por consiguiente este esceso de fuerza prueba necesariamente la existencia de una adhesion de la pequeña capa al resto de la masa líquida, é independiente de la pesantez.

427. En virtud de las nociones que hemos adquirido ya

sobre las atracciones recíprocas de las moléculas de los cuerpos, debemos presentir que la fuerza que se ejerce aquí es de la misma naturaleza que estas atracciones; y que no tendrá efecto sensible sinó á distancias muy pequeñas, lo cual está demostrado por la esperiencia.

Cuando se sumergen tubos de vidrio en el agua ó en el alcool, se observa que en ellos sube el líquido á mayor altura que se halla su nivel esterior; y estos fenómenos son producidos por la misma causa, aunque son diferentes en apariencia. Pero si el líquido por su naturaleza no es capaz de mojar el tubo, como sucede cuando se sumergen tubos de vidrio húmedos en el mercurio, ó tubos engrasados en el agua, se nota que el líquido se deprime en lo interior y se halla debajo del nivel esterior en vez de elevarse; y esto siempre tanto mas, cuanto el tubo es mas estrecho. Tales son los fenómenos que los Físicos han llamado *capilares*, para espresar que el diámetro de los tubos que servían para producirlos, debía aproximarse á la finura de los cabellos; y á la ciencia que trata de manifestar todo lo que tiene relacion con ellos, se le caracteriza con el nombre de *Capilarología*.

Para que el líquido suba en el tubo capilar, es preciso que la atraccion de la materia del tubo con el líquido, sea mayor que la que tienen entre sí las partículas del mismo líquido; luego si llamamos Q á la primera, y q á la segunda, tendrémos que $Q-q$ espresará el esceso de la atraccion de la materia del tubo con el líquido, sobre la de las partes del líquido entre sí, este esceso estará medido por el peso del líquido que haya en el tubo sobre la línea del nivel esterior; y como si llamamos V el volúmen del líquido, D su densidad, g la fuerza de la gravedad, este peso estará representado (286 esc.) por DgV, tendrémos.

$$DgV=Q-q \quad (50).$$

428. Para determinar el volúmen de esta columna de líquido, observarémos que la parte superior del líquido en el tubo no es horizontal, sinó que es cóncava ó convexa segun

la naturaleza de cada líquido; en el agua y espíritu de vino es cóncava, y en el mercurio convexa; y esta parte cóncava es por lo regular una semiesfera como representa la (fig. 134). en la que NN es el nivel, y en S está representada la concavidad que presenta la parte superior, pues suponemos que el agua es el líquido de que se trata.

429. Entendido esto, para determinar el volúmen V del líquido, espresemos por a la altura SH, contada desde la línea de nivel hasta el punto mas bajo de la concavidad; y tendrémos que el volúmen del líquido se compondrá de un cilindro cuya base sea la del tubo y la altura la a, que llamando r el radio del tubo, tendrá por espresion (I. 414 cor.) $\pi r^2 a$. La parte del líquido que está superior al punto S es igual

(I. 435 esc. 1°) á $\frac{\pi r^3}{3}$;

y tendrémos que $V=\pi r^2 a+\frac{\pi r^3}{3}$;

y sustituyendo este valor en la (ec. 50) será

$$gD\left(\pi r^2 a+\frac{\pi r^3}{3}\right)=Q-q.$$

430. Ahora, puesto que la accion de la atraccion que las paredes del tubo ejercen sobre el líquido no es sensible sinó á distancias imperceptibles, se puede hacer abstraccion de la curvatura de estas paredes, y considerarlas como desenvueltas en un plano.

Entónces la fuerza Q será proporcional al ancho de este plano, ó lo que viene á ser lo mismo, al contorno de la base interior del tubo. Luego si espresamos por C este contorno, que es la circunferencia de la base del tubo, se tendrá $Q=mC$, siendo m un coeficiente constante, que podrá representar la intensidad de la atraccion de la materia del primer tubo sobre el fluido, en el caso en que las atracciones de los diferentes cuerpos fuesen espresadas por la

misma funcion de la distancia, pero que en todos los casos espresa una cantidad que depende de la atraccion de la materia del tubo, y es independiente de su figura y de su tamaño. Del mismo modo se tendrá $q=nC$, espresando n con relacion á la atraccion de las partes del fluido entre sí, lo que acabamos de espresar por m con relacion á la atraccion del tubo sobre el fluido; luego se tendrá

$$gD\left(\pi r^2 a+\frac{\pi r^3}{3}\right)=mC-nC=(m-n)C.$$

Y como C es la circunferencia de la base del tubo tendrá (I. 347) por espresion $2\pi r$; luego será

$$gD\left(\pi r^2 a+\frac{\pi r^3}{3}\right)=(m-n)2\pi r;$$

que dividiendo por $gD\pi r$; da $r\left(a+\frac{r}{3}\right)=\frac{2(m-n)}{gD}$ (51).

431. Ahora, si comparamos entre sí dos tubos de la misma naturaleza sumergidos en un mismo fluido, á una temperatura constante, las cantidades m,n,g, y D serán las mismas para estos tubos, y el segundo miembro (ec. 51) será constante. Representándole por A, será

$$r\left(a+\frac{r}{3}\right)=A, \text{ de donde } a+\frac{r}{3}=\frac{A}{r}.$$

432. Si el tubo es sumamente estrecho, la altura a de la columna líquida será muy grande en comparacion del radio de su base. En este caso, á menos que los esperimentos no sean muy precisos, la pequeña cantidad $\frac{1}{3}r$ se confundirá con los errores de las observaciones, y se hallará que $a=\frac{A}{r}$;

que nos dice *que las alturas medias a son recíprocamente proporcionales á los diámetros interiores de los tubos.* Propiedad que los Físicos habían ya anunciado hace mucho tiempo.

Las obras mas modernas é importantes relativas á esta

materia, posteriores al suplemento al libro 10º. de la *Mecánica Celeste* de *Laplace*, son una de M. *Gauss*, impresa en Gottinga año de 1830 con el título de *Principia generalia theoriæ figuræ fluidorum in statu equilibrii*; y otra de Mr. *Poisson* impresa en 1831 con el título de *Nueva Teoría de la Accion capilar*. En ambas se hace uso de integrales cuádruplas y quíntuplas, y en la primera hasta de integrales séstuplas. Lo cual confirma la utilidad é importancia de cultivar el *Cálculo infinitesimal*; pues únicamente por los resultados de la Capilarologia se puede esplicar satisfactoriamente el ascenso de la savia en los vegetales, como hemos esplicado en nuestro *Tratado sobre el movimiento y aplicaciones de las aguas*.

PIROLOGIA.

433. *Pirología* es la ciencia que trata del *fuego* ó del *calórico*, y de las modificaciones que por él sufren los cuerpos.

Si fijamos nuestra atencion sobre el conjunto de fenómenos físicos y químicos que se nos presentan, echarémos de ver que el agente mas poderoso, el mas activo y el que se empléa mas generalmente en la naturaleza y en las artes, es el fuego. Nosotros sentimos á cada instante los efectos que produce sobre nuestros órganos; sea cuando nos quema por un ardor demasiado grande, sea cuando nos calienta suavemente en los rigores del invierno. Él calienta todas las sustancias, y si no las abrasa, las funde, las vuelve líquidas, las hace enrojecer, hervir, y las obliga á convertirse en vapores. Aun cuando parece que obra con menos energía, él estiende las dimensiones de los cuerpos, muda su volúmen, y los modifica sin cesar en sus propiedades mas ocultas.

434. Aunque la palabra *fuego* lleva consigo la idéa de *llama* y de *luz*, sin embargo, no es difícil concebir que todos los fenómenos que acabamos de describir, se pueden producir sin el concurso de estas dos circunstancias; porque si se funde plomo en una vasija de hierro por medio del fuego, este plomo que no estará inflamado y que no arrojará luz, vendrá á ser capaz de calentar otros cuerpos; hará fundir el hielo, el azufre y el estaño; inflamará la cera, hará hervir el agua y todos los otros líquidos, y los convertirá en vapor. Y pues que en este caso obra sobre estos cuerpos sin llama ni luz, podemos por medio de la abstraccion separar estas dos modificaciones del principio, cualquiera que él sea, que produce todos estos efectos; y para fijar invariablemente esta separacion, para designar aisladamente este principio, se le da el nombre particular de *calórico*.

435. Esto nos conduce á observar que la palabra *calor*, en la cual se comprende ordinariamente la idéa vaga de una causa, no espresa realmente sinó la sensacion que el calórico produce sobre nuestros órganos, y por estension la que produce sobre órganos mas resistentes, ó aun sobre cuerpos no organizados.

Las propiedades mas generales del calor son las siguientes: 1ª *El calor emana de los diferentes cuerpos en forma de rayos, y penetra en los otros cuerpos que tienen menos;* 2ª *el calor se refleja, como la luz, formando el ángulo de reflexion igual con el de incidencia;* y 3ª *la intensidad del calor decrece en razon inversa del cuadrado de la distancia.*

436. Todos los cuerpos, que se calientan sin mudar su naturaleza, se estienden en todos los sentidos, de manera que ocupan un volúmen mas considerable que el que ocupaban ántes; esta modificacion de los cuerpos se llama *dilatacion*, y todos los cuerpos, cualquiera que sea su naturaleza, son susceptibles de este efecto.

437. La dilatacion de los cuerpos sólidos, y con particularidad la de los metales, es muy pequeña si no están pró-