

Forma de la tierra y de los planetas

POR

A. OBRECHT

(Resumen de la conferencia dictada en la sesión del 16 de Abril de 1920)

Hacen unos setenta años atrás, un sabio físico belga, *Plateau*, tuvo la idea de comprobar experimentalmente si la Tierra y los planetas tienen la forma de masas líquidas en rotación.

Con este objeto preparó una mezcla de líquidos que tuviera una densidad igual a la del aceite y, en esta mezcla, introdujo un glóbulo de aceite. El glóbulo quedó nadando en el interior del líquido y, una vez en reposo, tomó la forma de una esfera.

En seguida *Plateau* atravesó diametralmente el glóbulo con una varilla vertical que hizo girar sobre sí misma. La rotación de la varilla se comunicó progresivamente a la masa de aceite y ésta cambió progresivamente de forma hasta convertirse en un cuerpo de revolución, achatado según el eje de rotación. Esta es precisamente la forma de la Tierra y de los planetas.

Finalmente, cuando la velocidad angular llegó a adquirir un valor suficientemente grande, se vió desprenderse de la parte ecuatorial un verdadero anillo de aceite que siguió girando alrededor del núcleo principal, como el anillo de Saturno gira al rededor del planeta.

Estos experimentos, como se ve, son muy interesantes y ellos parecen justificar la teoría usual, basada sobre la hipótesis que los cuerpos celestes tienen la forma de masas líquidas animadas de una rotación uniforme.

El problema de determinar esta forma es uno de los más difíciles de la mecánica celeste y no ha sido posible resolverlo de una manera general. Es fácil comprender por qué. En efecto, la superficie exterior del líquido debe ser normal, en cada punto, a la fuerza que obra en este punto. Esta fuerza es la resultante de la atracción ejercitada por la masa total del cuerpo y de la fuerza centrífuga debida a la rotación. Pero la atracción del cuerpo después depende precisamente de la forma de la superficie que se trata de determinar y no se conoce la ley de esta dependencia. Es, por consiguiente, imposible poner el problema en ecuación.

Sin embargo, la observación ha sugerido una solución particular: como la Tie-

rra y los planetas se asemejan a elipsoides achatados, se admite que ésta es efectivamente su forma. Se calcula entonces la atracción de una masa elipsoidal sobre un punto de la superficie y se llega así a obtener la ecuación del problema.

Resuelto éste, se puede calcular el achatamiento de un planeta cualquiera, cuando se conoce su masa y la velocidad de su rotación sobre sí mismo.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

	Inverso del achatamiento	
	Cálculo	Observación
Tierra.....	231,7	297,0
Marte.....	174	190
Júpiter.....	9,4	15,0
Saturno.....	5,1	9,6

Este cuadro demuestra que los achatamientos calculados son mayores que los observados.

La diferencia se atribuye a la variación de las densidades en el interior de cada masa líquida. Efectivamente, en el caso de la Tierra, se ha podido restablecer la concordancia de diversas maneras, con algunas hipótesis, más o menos plausibles, sobre la repartición de las densidades en el interior.

CORTEZA SOLIDA

La teoría usual no toma en cuenta la corteza sólida de la Tierra; sin embargo, la presencia de esta corteza modifica esencialmente el problema.

Es lógico admitir que la solificación se ha operado progresivamente: al principio se han debido formar algunos bloques sólidos que quedaron flotando sobre la masa líquida, como los *icebergs* sobre el Océano; en seguida, el número y las dimensiones de los bloques han debido ir en aumento, hasta formar una corteza continua, de espesor y densidad aproximadamente constantes.

Una vez el equilibrio establecido, la superficie de separación de la corteza con el líquido interior de igual presión; por lo tanto, la corteza está sometida, por parte del líquido interior, a una presión normal constante.

Antes de la formación de la corteza continua, el líquido ejercitaba, sobre cada bloque sólido, una presión igual al peso de éste; es, por consiguiente, lógico admitir que la presión total, ejercida por el líquido interior sobre la corteza, es igual al peso total de ella.

Para determinar la forma de equilibrio de la corteza, se admitirá que los bloques sólidos que la forman son asimilables a las dóvelas de un puente de piedra canteada y que los superficies de contacto, entre los dóvelas, son normales a las dos caras de la corteza.

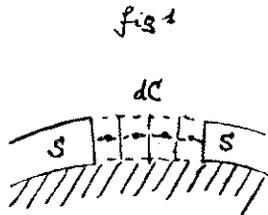
Sea fig. (1) dC un elemento de la corteza en equilibrio; el elemento dC contiene un cierto número de dóvelas contiguas. Como la corteza está, por hipótesis, en equilibrio, se puede suponer que toda ella, con excepción del elemento dC , es un sólido invariable S .

En estas condiciones, un sistema cualquiera de fuerzas, aplicadas en los puntos

de dC , y dirigidas hacia el interior de la corteza, no pueden dar ningún movimiento a dC , ya que este elemento puede ser asimilado al de un puente de piedra canteada, sometido a fuerzas dirigidas hacia abajo. En otros términos, el elemento dC se comporta como un sólido invariable para cualquier sistema de fuerzas dirigidas hacia el interior de la corteza.

Se deduce que, para determinar la forma de equilibrio de la corteza, se puede prescindir de las atracciones que el cuerpo ejercita sobre los puntos de dC . El efecto de estas atracciones se reduce a comprimir las dóvelas de la corteza unas contra otras.

Ahora las fuerzas, dirigidas hacia el exterior, comprenden la presión constante que el líquido interior ejercita sobre la corteza y la fuerza centrífuga, debida a la



rotación. Las que obran sobre una dóvela cualquiera pueden componerse en su centro de gravedad. Se llega así a substituir, al elemento dC de la corteza un elemento de área de la superficie material, lugar geométrico de los centros de gravedad de las dóvelas.

La superficie así definida es paralela a las dos caras de la corteza y su densidad superficial es igual a la masa de la unidad de área de la corteza; por lo tanto, esa densidad es constante; los puntos de la superficie están sometidos a una presión constante, normal a la superficie o dirigida hacia el exterior y a la fuerza centrífuga debida a la rotación. Ahora dos centros de gravedad contiguos cualesquiera pueden ser considerados como ligados uno con el otro y, por consiguiente, sometidos a acciones recíprocas, dirigidas según la recta que los une.

Se deduce que, para un elemento de área de la superficie material definida por los centros de gravedad de las dóvelas, la resultante de la presión normal y el de la fuerza centrífuga debe ser equilibrada por tensiones tangentes a la superficie, en los puntos que limitan el elemento. Esta condición permite calcular la forma de la superficie y, en particular, su achatamiento.

Se han obtenido así los resultados siguientes:

Inversos del achatamiento

	Teoría usual	Corteza sólida	Observación
Tierra.....	231,7	291,2	297
Marte.....	174	212	190
Júpiter.....	9,4	12,7	15,0
Saturno.....	5,1	7,4	9,6

Se ve que los resultados de la nueva teoría están más de acuerdo con la observación que los de la teoría usual.

En una próxima publicación se dará el desarrollo de las ecuaciones y se mostrará que los resultados de la teoría pueden concordar exactamente con la observación por medio de ciertas hipótesis sobre el espesor de la corteza sólida.
