

## La constante gravitacional

*Nada hay en este mundo constante;  
excepto la inconstancia.*

**Jonathan Swift**

En la ley de gravitación hay una cantidad que es obviamente variable: la distancia entre las partículas. Las masas de las partículas son cantidades constantes que naturalmente son distintas en general para partículas diferentes. Pero la proporcionalidad implícita en la fórmula  $F \propto mM/R^2$ , está aludiendo a una constante de proporcionalidad que llamaremos **G** y que permite escribir la igualdad

$$F = G \frac{mM}{r^2}.$$

Esta cantidad  $G$  llamada actualmente la constante gravitacional de Newton, no aparece en los Principia sino más tarde en el siglo XVIII, cuando es introducida por Pierre Simón Laplace y denotada por la misma letra que usamos hoy, y es, como se comprenderá, de primerísima importancia.



¿Qué queremos decir cuando afirmamos que  $G$  es una constante? Queremos decir que tiene el mismo valor para cualquier par de masas que consideremos, para cualquier instante en que hagamos la medición, para cualquier región del universo, temperatura, condición física del laboratorio..., es decir que es una constante de la naturaleza; de hecho, es la primera constante que aparece en una ley fundamental. Ella mide la intensidad intrínseca de la fuerza gravitacional, más que del valor circunstancial obtenido por haber considerado eventualmente dos cuerpos con algunos valores particulares de sus masas y que estén a la sazón a determinada distancia uno del otro. La constante  $G$  reaparecerá más tarde en la teoría general de la relatividad cumpliendo el mismo papel que en la teoría de Newton.

La constancia de  $G$  ilustra el hecho singular de la universalidad de la ley de gravitación, un aspecto en el que el propio Newton insistió suficientemente. El valor numérico de  $G$  no fue conocido por Newton y sus contemporáneos por una sencilla razón. La aceleración de un cuerpo en la superficie de la Tierra está dada por la ecuación

$$a = \frac{GM_T}{R_T^2}$$

El valor de  $a$  puede medirse y como sabemos el resultado es (aproximadamente)  $10\text{ m/seg}^2$ . El radio de la Tierra,  $R_T$  era conocido, unos  $6400\text{ Km}$ , pero la masa de la Tierra  $M_T$  no era conocido, de modo que no se podía determinar  $G$ . Hubo que esperar avances tecnológicos que le permitieron al físico inglés Henry Cavendish, usando una balanza de torsión tan precisa que permitía medir la fuerza gravitacional entre dos esferas de masas conocidas (apenas un kilogramo cada una), colocadas una cerca de la otra, para obtener el valor numérico de  $G$ . Hábil publicitariamente, Cavendish tituló su trabajo *Pesando la Tierra*, porque al determinar  $G$  era posible calcular el valor de la masa de la Tierra. El valor medido actualmente de la constante gravitacional de Newton es  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{seg}^2 \text{ kg}$ . El lector podrá fácilmente rehacer el cálculo de Cavendish despejando  $M_T$  de la fórmula anterior y obtener para la masa de nuestro planeta, el valor  $M_T \approx 6 \times 10^{24} \text{ kg}$ .

Hace algún tiempo los periódicos reseñaron la noticia de un jefe civil de un pueblo brasileño, quien encomendó a un equipo de ingenieros, un estudio de factibilidad para la construcción de una presa hidroeléctrica. Al conocer el informe de los ingenieros

donde se concluía que la presa no podía construirse porque lo prohibía la ley de gravitación, el jefe civil entró en cólera y ordenó que investigaran si esa ley era municipal, federal o nacional, para derogarla. ¡No se imaginaba que la ley de gravitación no puede derogarse por ser una Ley Universal.

A partir del establecimiento de la ley de gravitación universal, la separación de las leyes fundamentales en dependencias funcionales y constantes de la naturaleza ha sido una práctica usual. Han surgido otras constantes fundamentales como la velocidad de la luz en el vacío, la constante de Planck, asociada con fenómenos cuánticos, la carga eléctrica del electrón y algunas otras. Nuestra visión del mundo físico está basada en leyes deducibles de algunos principios generales y en estas constantes, cuyos valores numéricos determinan en gran medida la estructura del universo en que vivimos.

A los físicos siempre les ha intrigado si estas constantes son verdaderamente constantes o aproximadamente constantes. Como la distancia de nuestro planeta a la luna se conoce con enorme exactitud (gracias a un espejo colocado por astronautas y al cual se envían rayos Laser cuyos reflejos se detectan de nuevo en la Tierra, pudiendo medir el lapso entre el envío y la recepción, el error es de apenas unos centímetros), datos muy recientes, de enero del 2003, permiten concluir que  $G$  es constante al menos en una parte en un billón ( $10^{12}$ ) al año.

Actualmente no sabemos por qué razón estas constantes fundamentales valen lo que valen y únicamente la experimentación nos permite conocer sus valores numéricos. Sólo sabemos que nuestro universo sería radicalmente diferente si por ejemplo la constante gravitacional de Newton  $G$  tuviese otro valor. Por ejemplo, si  $G$  fuese apenas unos cuantos puntos porcentuales mayor, las temperaturas en el interior de las estrellas sería mucho mayor y vivirían por tanto mucho menos, tal vez no vivirían lo

suficiente como para propiciar la emergencia de la complejidad bioquímica en los planetas. En cambio, si  $G$  fuese ligeramente menor, la atracción gravitacional no sería suficiente para conducir a órbitas estables. En particular los planetas no girarían establemente alrededor del sol.

Tras los esfuerzos de los teóricos que hurgan en las teorías fundamentales se esconde la fe de que algún día los valores de las constantes físicas puedan determinarse como consecuencia lógica de una teoría aun no descubierta.