

LAS TEORÍAS GRAVITATORIAS NEWTONIANA Y EINSTENIANA EN GENIAL LÁMINA DIDÁCTICA

Joaquín González Álvarez

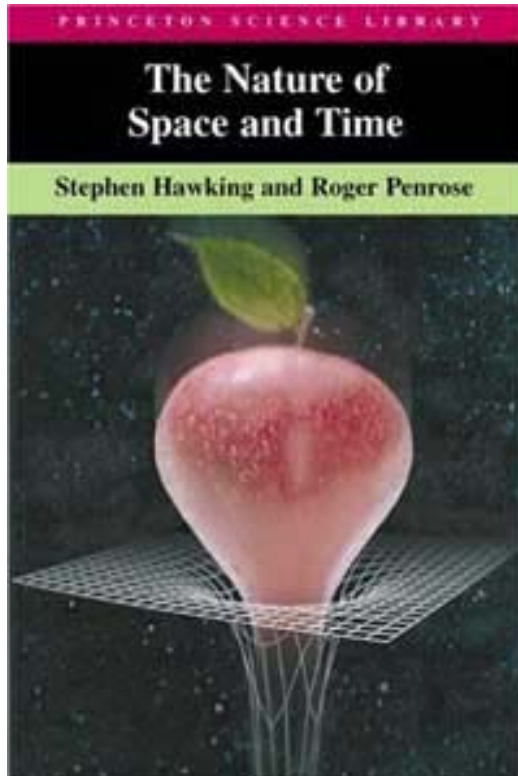


Figura 1

El excelente libro THE NATURE OF SPACE AND TIME de Stephen Hawking y Roger Penrose editado por Princeton Science Library, presenta en su portada (figura 1) una bella alegoría artística a las teorías gravitatorias que maneja la ciencia moderna, la clásica de Isaac Newton y la relativista de Albert Einstein, ilustración que mucho más allá de su valor estético, ofrece a docentes y estudiantes una imagen didáctica tan ingeniosamente elaborada, que un sencillo análisis de su significado, facilita entender las características fundamentales y diferenciadoras de ambos enfoques que explican el fenómeno gravitatorio.

En la imagen se muestra una manzana que ha caído sobre lo que aparenta ser algo así como una sábana que ha sido estirada sujetándola por sus cuatro puntas. El peso de la manzana ha producido una hondonada en la sábana como si cayera en una hamaca. La sábana está cuadrículada como suele representarse el espacio-tiempo de Einstein-Minconuski y en efecto, esta ha

sido la intención. Ya vamos viendo que la manzana es una alegoría a la conocida leyenda según la cual Newton intuyó su teoría de la gravitación universal (TGU) aduciendo que dos cuerpos se atraen por la acción de una fuerza $F = G.m.m'/r^2$ donde m y m' masas, r distancia entre éstas y G constante gravitatoria. Cuando se le preguntó a Newton por la explicación física de tal fenómeno, respondió simplemente, *No hago hipótesis*.

Volviendo a la imagen didáctica que nos ocupa, la hondonada que produce la manzana en la sábana se interpreta como un campo de atracción hacia la fruta pues si se coloca en un punto de las laderas inclinadas que la rodean, un cuerpo como una canica, ésta rodará acercándose a la manzana, algo que un observador que mirara desde arriba lo interpretará como la atracción gravitatoria que postula Newton, y efectivamente este es uno de los objetivos didácticos que se persiguen con la imagen que comentamos. Y aquí va a aparecer la referencia didáctica a la TGR. Como antes apuntamos Newton no se propuso emitir una hipótesis para la gravitación, algo que sí hizo genialmente Einstein al postular que no hay

tal atracción inmaterial y a distancia entre los cuerpos, sino que todo cuerpo o toda confluencia de energía, ocasiona una curvatura en el espacio-tiempo como se modeliza en la imagen didáctica con la hondonada que produce la manzana en la sábana que modeliza el espacio-tiempo (ver figura 1).

En el espacio-tiempo los puntos representan *sucesos* que se localizan por cuatro coordenadas, las conocidas espaciales x, y, z y una temporal $ict, i=\sqrt{-1}, c$ velocidad de la luz, t tiempo. Al ser curvo el espacio-tiempo, los puntos-sucesos no están unidos por segmentos de recta sino por segmentos de una curva llamada *geodesica* a lo largo de la cual transcurre la *historia* (secuencia de sucesos) de un ente material. La distancia espacio-temporal ds entre dos sucesos separados por un tiempo dt y por desplazamientos espaciales dx, dy, dz viene dada por la expresión:

$$dS^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2t^2$$

acción de curvatura sobre el espacio-tiempo que ejerce la masa o la energía se evidencia matemáticamente en la ecuación en la TGR de la curvatura de Einstein C:

$$C = (8\pi G / c^4)T \quad (1)$$

donde lo encerrado en paréntesis es constante y T es el tensor energía-impulso(=mv), ecuación que muestra la dependencia de la curvatura C de la masa y la energía. En la teoría gravitatoria de Newton, la ecuación de Poisson $\Delta\phi = const.\rho$ donde el primer miembro es el laplaciano (relacionado con el tensor curvatura de Ricci) del potencial gravitatorio y el segundo relacionado con la densidad de masa (=m/V), se hace evidente la analogía formal con (1) y por lo tanto la dependencia de la curvatura del espacio-tiempo con la masa y la energía.

Vemos pues que las dos grandes teorías gravitatorias de esos gigantes del intelecto humano, Isaac Newton y Albert Einstein, han quedado plasmadas en la bella alegoría representada en la imagen excepcionalmente didáctica que mostramos en la figura 1.

Joaquín GONZÁLEZ ÁLVAREZ

j.gonzalez.a@hotmail.com