

Suplemento a la Sección 4.1: Órbitas planetarias, principio de Hamilton y trayectorias de naves espaciales

En esta sección hemos estudiado trayectorias en el espacio y la segunda ley de Newton. Confiamos en que el lector se percate de que estas ideas se aplican al mundo real —el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, por ejemplo, está gobernado por estas leyes. Pero la historia no termina aquí, como intentaremos mostrar a continuación.

Nota histórica



Figura 4.1.5 Richard P. Feynman (1918–1988).

Kepler, Newton, Hamilton, Feynman y Planck

Como ya dijimos en la introducción histórica, la ley del movimiento planetario que afirma que el cuadrado del periodo es proporcional al cubo del radio de una órbita es una de las tres leyes que Kepler observó antes de que Newton formulase sus leyes del movimiento, más generalmente conocidas como mecánica newtoniana. Esta mecánica nos permite calcular el periodo de un satélite alrededor de la Tierra o de un planeta alrededor del Sol (cuando el radio de su órbita es conocido) y también, como veremos enseguida, las trayectorias de las misiones espaciales.

Kepler descubrió y usó resultados como este no sólo para órbitas circulares, sino para órbitas más generales de tipo elíptico. Newton consiguió deducir las tres leyes celestes de Kepler a partir de su propia ley de la gravitación. El simple y claro orden matemático del universo proporcionado por estas leyes tuvo un gran impacto en el pensamiento del siglo XVIII.

Newton nunca escribió sus leyes de la mecánica en forma de ecuaciones diferenciales. Esto fue hecho por primera vez por Euler alrededor de 1730. Newton hizo muchas de sus deducciones (al menos las publicadas) por métodos geométricos. Euler también demostró cómo las leyes de Newton podían deducirse a partir del principio de acción de Maupertuis. La versión más clara de este principio de la mecánica, actualmente conocido con el nombre de *principio de Hamilton*, fue elaborada alrededor de 1830 por William Rowan Hamilton, quien, como a estas alturas ya deberíamos saber, es también el padre del cálculo vectorial. La versión de Hamilton del principio de Maupertuis fue presentada de una forma muy elegante por Richard Feynman, como veremos a continuación.

FEYNMAN Y EL PRINCIPIO DE HAMILTON. En sus legendarias *Lecciones de Física* del Caltech, el premio Nobel de Física Richard Phillips Feynman (véanse las Figuras 4.1.5 y 4.1.6) incluyó lo que denominó una “Lección especial” sobre un tema muy querido para él, que escuchó por primera vez a su profesor de secundaria en Nueva York, Mr. Bader. Dicho profesor contó a su (aparentemente aburrido) estudiante Feynman cómo aplicar principios de máximo y mínimo a las trayectorias de objetos en movimiento y, en particular, cómo se aplica el principio de acción Maupertuis, Leibniz y Hamilton (del que hablaremos en la Sección 3.3) a la mecánica newtoniana, gobernada por $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$.

El profesor Feynman, al final de su lección, señala que “un físico, un estudiante de Mr. Bader, demostró en 1942 cómo este principio de acción era también aplicable a la mecánica cuántica.” Este estudiante fue el propio Feynman, que recibió el premio Nobel por sus aportaciones, que también incluyen el descubrimiento de las *integrales de Feynman*. La moraleja de esta historia es: *Presta atención a tus profesores— ¡especialmente a los mejores!*