

**Figura 7.7.5** La galaxia Andrómeda. Colisionará con la Vía Láctea en unos 2.000 millones de años.



necesidad de considerar las fuerzas (como hizo Newton) que actúan a grandes distancias. La teoría de Einstein explicó la curvatura de la luz debida al Sol, los agujeros negros, la expansión del Universo, la formación de galaxias y el propio Big Bang. Para la mayoría de las aplicaciones, incluyendo la dinámica de nuestro sistema solar, la teoría de Newton es suficiente y actualmente la NASA la utiliza para planificar misiones espaciales, como hemos visto en la Sección 4.1. Pero, para aplicaciones cosmológicas a grandes escalas, la teoría de Einstein sustituyó a la de Isaac Newton, publicada en sus *Principia* en 1687.

Como un testamento de su genio, y a pesar del increíble éxito de esta teoría, Newton se preocupaba por cuestiones acerca de *cómo* actuaba esta fuerza gravitatoria. No pudo proporcionar ninguna otra explicación que decir, “No he sido capaz de deducir a partir de estos fenómenos la razón para estas propiedades de la gravitación y yo no invento hipótesis; puesto que cualquier cosa que no pueda ser deducida a partir de los fenómenos debería llamarse hipótesis.” Además, en una carta a su amigo Richard Bentley, Newton escribió:

Que la gravedad debe ser innata, inherente y esencial a la materia, de modo que un cuerpo puede actuar sobre otro a una distancia, a través de la cual su acción puede ser dirigida de uno a otro, es para mí un absurdo tan grande que creo que ningún hombre, que tenga una facultad competente para pensar en temas filosóficos, pueda ni siquiera caer en él.

Newton acuñó el término *acción a distancia* (que significa “fuerza actuando a distancia”) para describir el misterioso efecto de la gravitación a grandes distancias. Este efecto sigue siendo tan difícil de entender actualmente como lo era en la época de Newton.

Johann Bernoulli encontraba difícil entender el concepto de una fuerza que actuaba a través del espacio vacío a distancias de incluso cientos de millones de kilómetros. Interpretaba esta fuerza como un concepto repulsivo para las mentes acostumbradas a no aceptar cualquier principio de la Física, salvo aquellos que eran incontestables y evidentes. Además,