



**Figura 7.7.6** Albert Einstein (1879– 1955) en su despacho de la oficina de patentes de Berna, 1905.

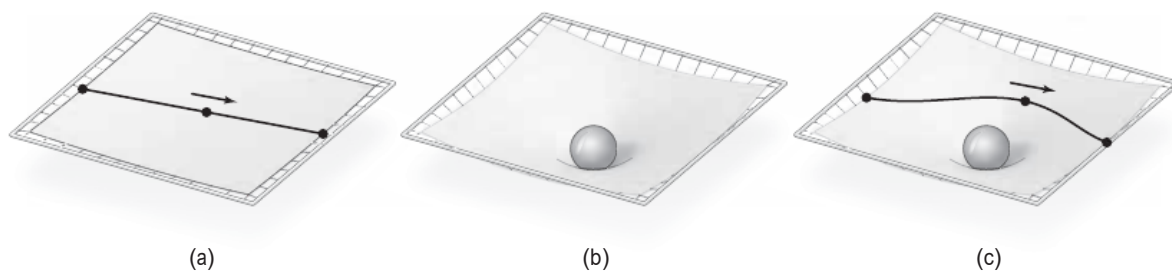
Leibniz consideró la gravitación como un poder incorpóreo e inexplicable, filosóficamente vacío.

Quizá la mayor inspiración de Albert Einstein (véase la Figura 7.7.6) fue sustituir el modelo de la gravitación de Newton por un modelo que habría encantado a los antiguos griegos—*un modelo geométrico de la gravitación*. En la teoría de Einstein, el concepto de una fuerza que actúa a través de grandes distancias se sustituye por la *curvatura* de un mundo espacio–temporal.<sup>16</sup> Como ilustra la cita incluida al principio del capítulo, W. K. Clifford tuvo una premonición de los acontecimientos que estaban por venir. Para aclarar el esquema de Einstein, vamos a presentar un modelo extremadamente simplificado que transmite algunas de sus ideas básicas.

Representamos el espacio mediante una superficie que imaginamos como una cama elástica originalmente plana (el estado correspondiente al vacío), la cual se deforma fuertemente en cierto punto por medio del peso de una gigantesca bola de acero (el Sol). Una pequeña bola de acero que rueda sobre la cama es nuestro planeta Tierra (véase la Figura 7.7.7)

Si hacemos rodar a la bola pequeña por la cama, esta viajará siguiendo una trayectoria recta. Sin embargo, si ahora colocamos la gigantesca bola de acero en el centro, la cama elástica se doblará, o “curvará” incluso “muy lejos” de la bola grande. Si entonces empujamos nuestra bola pequeña, ya no se moverá siguiendo una trayectoria rectilínea sino una trayectoria curva. La bola grande afecta a la trayectoria de la bola pequeña curvando el espacio de su alrededor. Con un empujón preciso, la bola pequeña podrá incluso orbitar alrededor de la grande durante un tiempo. Este modelo de la cama elástica explica cómo un cuerpo grande podría, curvando el espacio, influir sobre un cuerpo pequeño a gran distancia.

Einstein estableció que el espacio–tiempo está curvado por la materia y la energía. En este espacio–tiempo curvado, incluso los rayos de luz se *comban* cuando pasan cerca de objetos masivos como nuestro Sol. Gracias a Gauss y Riemann, la curvatura del espacio–tiempo no requiere ningún “universo” externo en el que curvarse. Además, en el mundo curvado de Einstein, la luz viaja a lo largo de trayectorias mínimas dentro del espacio–tiempo, denominadas *geodésicas*. Normalmente es imposible



**Figura 7.7.7** (a) Una partícula sobre una cama elástica se mueve en línea recta. (b) Una bola de acero pesada distorsiona la cama elástica. (c) Una partícula sobre la cama elástica distorsionada sigue una trayectoria curva.

<sup>16</sup>El espacio–tiempo es localmente como  $\mathbb{R}^4$  con tres coordenadas espaciales y una coordenada temporal.