

## **El mundo de lo muy pequeño**

*“Son aquellas pequeñas cosas...”*

*Joan Manuel Serrat*

*“Un golpe de dados jamás abolirá el azar”*

*Stephan Mallarmé*

Hacia la década de los años 20 de nuestro siglo, los físicos inventaron una teoría capaz de gobernar todos los fenómenos del mundo subatómico que no involucran velocidades cercanas a la de la luz. La teoría se llama mecánica cuántica y desempeña el mismo papel en el mundo de lo muy pequeño que la mecánica de Newton juega en el mundo macroscópico, es decir, es el cristal a través del cual miramos esa parte de la realidad física.

El desarrollo de la física cuántica produjo la mayor revolución conceptual en la ciencia desde los tiempos de Newton, por la manera en que nos forzó a reconsiderar nuestras más íntimas convicciones acerca de la realidad física. Y sin embargo, es notable cómo aún en ella se percibe la huella de los conceptos newtonianos. En efecto, el nacimiento de la teoría cuántica se produjo cuando

los físicos quisieron comprender la constitución del átomo, el efecto fotoeléctrico y la emisión de la luz por átomos; con los conceptos newtonianos de trayectoria, fuerza, velocidad y partícula puntual. El nuevo territorio de la naturaleza que se comenzaba a explorar se negaba con obstinación a adecuarse a los moldes tradicionales de la física clásica (aquí hay que incluir a las relatividades y a la teoría electromagnética) y por supuesto, hubo que inventar una nueva armazón conceptual: la física cuántica.

En la teoría cuántica hay reglas precisas que permiten obtener el *vector de estado* o la *función de onda* de un sistema físico cualquiera y esa entidad matemática es lo único que necesitamos (y podemos) conocer acerca del sistema. Las leyes de la teoría dictaminan la manera como evoluciona la función de onda a medida que pasa el tiempo. Lo hace a través de una ecuación de un determinismo tan infalible como el de las leyes de Newton. Pero la maquinaria de la teoría cuántica nos permite usar la función de onda sólo para calcular probabilidades para los posibles resultados de cualquier experimento. De modo que si en la física clásica iguales causas conducen a iguales resultados, en la cuántica iguales causas conducen a iguales distribuciones de probabilidad y por tanto a eventuales distintos resultados.

Esta ruptura del determinismo nada tiene que ver con nuestra torpeza para medir con suficiente precisión las propiedades de los sistemas físicos. Es una imposibilidad de predecir, esencial, a menudo mostrada paradigmáticamente a través del principio de incertidumbre de Heisenberg, que afirma vagamente algo así como que mientras mayor sea la precisión con que medimos la posición de un objeto cuántico, mayor será la imprecisión con que conocemos su velocidad, sofisticación de la ancestral invocación según la cual "*quien mucho abarca, poco aprieta*". El carácter probabilista de la teoría cuántica se ha ilustrado también aludiendo a un comportamiento esquizofrénico de la materia, a veces onda, otras partícula, disyuntiva que ya estaba prefigurada en la famosa

polémica entre Newton y Hooke sobre la naturaleza corpuscular u ondulatoria de la luz.

El caso es que cuando los sistemas cuánticos se van haciendo “grandes” en algún sentido bien determinado, las propiedades se localizan cada vez más apretadamente alrededor de sus valores promedios, de modo que los valores medios de las magnitudes físicas en la teoría cuántica obedecen las leyes de Newton. Ni los aficionados a las bolas criollas ni los cosmonautas deben mortificarse por las incertidumbres cuánticas ni abandonar la noción de trayectoria, pues la buena y vieja física newtoniana le dará todas las respuestas.

Hoy, la teoría cuántica nos ofrece una amplia estructura conceptual capaz de explicar el comportamiento de los átomos, los transistores, el Láser, los superconductores, las fuerzas intermoleculares y la estabilidad de la materia ordinaria. Ha superado con éxito la confrontación con el experimento en muy diversas escalas y circunstancias, ha salido airosa en la explicación de nuevos fenómenos ni siquiera soñados por sus creadores y ha impregnado la tecnología cotidiana. Pero no sólo eso, sino que además es capaz de albergar en su seno una gama tan diversa de teorías físicas como ilustra esta sucesión de nombres: teoría cuántica del átomo, teoría cuántica de la radiación, electrodinámica cuántica (o teoría cuántica del campo electromagnético), cromodinámica cuántica (o teoría cuántica de las fuerzas nucleares), huecos negros cuánticos, cosmología cuántica y finalmente, la teoría cuántica de la gravitación, ese insatisfecho sueño de los físicos teóricos y portador, según algunos, de insospechados secretos de la naturaleza.