



La Ciencia, desde Morelos para el mundo

Todos los artículos publicados en esta sección de La Unión de Morelos han sido revisados y aprobados por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C., cuyos integrantes son: Dr. Enrique Galindo Fentanes (Coordinador), Dr. Edmundo Calva, Dr. Hernán Larralde, Dr. Sergio Cuevas y Dr. Gabriel Iturriaga
 ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: edacmor@ibt.unam.mx

La mecánica cuántica y su relación con las matemáticas

Natig Atakishiyev
 Instituto de Matemáticas-Unidad
 Cuernavaca, UNAM- Campus
 Morelos
 Miembro de la Academia de
 Ciencias de Morelos, A.C.

Al inicio de la actividad intelectual en la historia humana, la Física y las Matemáticas no estaban separadas, ambas formaban lo que se conoce como "Filosofía Natural." Aunque eventualmente empezaron a separarse por distintos requerimientos intelectuales, en la práctica nunca se han separado completamente. Es notable el hecho de que al construir teorías más profundas que nos permiten describir distintos fenómenos físicos que ocurren en nuestro alrededor, esta interdependencia entre la Física y las Matemáticas aparece en una forma más clara. Veamos, por ejemplo, el caso de la Mecánica Cuántica que se desarrolló a principios del siglo XX.

En la Mecánica Clásica, formulada originalmente por Galileo, Newton y sus seguidores para describir el movimiento de cuerpos macroscópicos (por ejemplo una bola de billar o los planetas), todos los objetos materiales en movimiento deben describirse en términos de su posición, x , y su velocidad, v_x (o su momento p_x , que es la velocidad v_x del objeto multiplicada por su masa, m), ambas medidas en el mismo instante de tiempo, t . Por su parte, la Mecánica Cuántica surgió de la Mecánica Clásica al tratar de describir fenómenos a una escala microscópica, como los que se presentan en átomos y moléculas. En la Mecánica Cuántica, un gran número de experimentos afinaron las formulaciones de la teoría y mostraron que los objetos materiales a escala microscópica no obedecen las leyes de la Mecánica Clásica y que sólo es posible medir en un mismo instante de tiempo la posición o la velocidad de la partícula, pero no ambas simultáneamente. Una conclusión inmediata de este descubrimiento experimental fue que en el mundo de los micro-objetos,



Erwin Schrodinger

uno no puede observar su movimiento con la misma precisión que en el Mecánica Clásica. Por tanto, los físicos necesitaban inventar otras formas para describir a las partículas microscópicas en movi-



Max Planck

miento usando sólo sus posiciones, o bien, sólo sus velocidades.

Finalmente, se encontró un camino maravilloso: los micro-objetos deben describirse mediante la probabilidad de encontrarse con una cierta velocidad o en una cierta posición. Es decir, en vez de *determinar* con precisión la posición y la velocidad de una partícula, se adoptó una descripción probabilística. Debe dejarse claro que aunque existen otras descripciones posi-

bles de la mecánica cuántica, la descripción *probabilista* es la más completa y la que tiene mayor aceptación entre los físicos. La manera de introducir la probabilidad en la descripción de los fenómenos microscópicos fue a través de lo que se conoce como *la función de onda*. Así, cada partícula tiene asociada una función de onda (de posición $\psi(x)$, o de velocidad $\psi(p_x)$) y el cuadrado del módulo de esta función define la probabilidad de encontrar a la partícula en cierto punto, o bien, con cierta velocidad, respectivamente. De esta forma, si nos encontramos observando una

partícula que realmente existe, la probabilidad total de detectar a dicha partícula en algún sitio de todo el espacio, debe ser igual a 1. Así, desde los primeros pasos en la creación de la Mecánica Cuántica, fue claro que la teoría de la probabilidad debía ser la base de dicha teoría.

Un paso crucial en el desarrollo de la Mecánica Cuántica fue la introducción de variables que pudiesen ser observadas físicamente (llamadas observables) sin caer en contradicciones con la interpretación probabilista de la *función de onda*. Desde el punto de vista puramente matemático, esto implica realizar ciertas operaciones sobre la *función de onda* que finalmente deben tener una interpretación física clara. El enlace entre los objetos de la matemática pura y su interpretación física, es el siguiente: todas las variables físicas observables, es decir, aquellas variables que podemos medir experimentalmente, son valores promedios de las operaciones realizadas sobre las funciones de onda; este valor medio debe medirse experimentalmente.

Cuando lo anterior fue aceptado, la construcción general de la llamada Mecánica Cuántica Probabilista se volvió lógica y bella. En particular, la condición de que la posición y la velocidad de una partícula no puedan medirse simultáneamente, encuentra su representación mate-



John vonNeumann

mática en lo que se conoce como el principio de incertidumbre de Heisenberg que involucra a la famosa constante de Planck. El desarrollo de la Mecánica Cuántica implicó



Werner Heisenberg

la búsqueda de un lenguaje matemático adecuado que permitiera realizar los cálculos necesarios y a la vez fuera susceptible de ser interpretado claramente en términos físicos. De esta forma, herramientas y conceptos matemáticos abstractos que fueron desarrolladas en otros contextos, encontraron una aplicación en esta teoría con un significado físico bien definido.

Al exponer algunos aspectos de la

Mecánica Cuántica, hemos tratado de transmitir nuestra admiración ante de la belleza de estas dos maravillosas creaciones de la mente humana: la Física y las Matemáticas. Esperamos que aquellos jóvenes mexicanos que están a punto de elegir su carrera, la profesión que ejercerán en el futuro, piensen en la posibilidad de estudiar estas fascinantes ciencias básicas. Por supuesto, nos gustaría que también sus padres leyesen estas notas y encontrarán

alguna(s) razón(es) para aconsejar a sus hijos en la elección: Física o Matemáticas.

Sabemos que existen muchas otras profesiones respetables en la sociedad y que es posible que muchas parezcan preferibles desde el punto de vista de la futura prosperidad de quienes las cultiven; sin embargo, los que nos dedicamos a las Matemáticas y a la Física nos consideramos muy afortunados por tener la posibilidad de disfrutar en nuestra vida cotidiana de ambas. Muchas personas influyen en nuestra decisión al elegir una carrera; una forma de agradecer tales consejos, es atraer a nuevos estudiantes y convencerlos de que seguir cualquiera de estas carreras, es una elección correcta. La elección entre física y matemáticas, es una elección libre y personal; quien esté a punto de elegir su carrera profesional, podrá elegir Física o Matemáticas, e inclusive, elegir ambas. Estas dos carreras se puedan estudiar en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

El autor agradece la colaboración de un amigo quien ha decidido permanecer anónimo.