

Un acercamiento al paradigma cuántico

John Fernando Zapata Mesa¹

Institución Universitaria de Envigado

Resumen:

En este breve escrito se hace algunos comentarios sobre la física cuántica con el objetivo de hacer un acercamiento al lector a este nuevo paradigma y de motivar una reflexión en esta línea.

La física cuántica es la ciencia más desarrollada y mejor fundamentada hasta el momento junto con la teoría de la relatividad de Einstein. Toda la tecnología actual es una consecuencia directa de la física cuántica, es decir sin física cuántica no hubiese sido posible la construcción de un láser, computador (internet), celulares, microondas, transbordadores espaciales, etc. El impacto de la tecnología en el hombre moderno es abrumador, el acceso a la información, la creación de internet y las consecuencias sobre las estructuras políticas, educativas y económicas es impresionante.

Entonces la importancia de la física cuántica está más que justificada, además la cosmología relativista, la teoría cuántica de campos, la astrofísica, las teorías del big bang sobre el origen del universo, agujeros negros, materia oscura, teoría de supercuerdas, supermembranas, la física nuclear, universos paralelos, la física atómica, etc se enmarcan dentro de la física moderna, que consta de la física cuántica y la teoría de la relatividad general.

La física cuántica nos proporciona mucha tecnología pero este no es su único aspecto de gran relevancia, hay otro aspecto y muy importante, es la forma de pensar que introduce. El pensamiento cuántico introduce una forma de pensar radicalmente distinta a lo que antes el ser humano creía saber sobre la naturaleza del universo y de si mismo. Las ideas cuánticas son complejas

1 Físico Cuántico Relativista (M. Sc)(C. Ph. D) - jfzapata@iue.edu.co

precisamente por ese aspecto de tener que reestructurar la mente en todos sus esquemas conceptuales.

Palabras clave: Física, cuántica, relatividad, pensamiento, teoría.

Abstract

this short writing makes some comments about quantic physics in order to approach this new paradigm to the reader and motivate a reflection on this line.

At the present, quantic physics is the most developed and best based science together with the relativity theory by Einstein. All the present technology is a direct consequence of quantic physics; this means that without quantic physics it would have been impossible to build lasers, computers (internet), mobile phones, microwaves, spaceships, etc. The technology impact on the modern man is overwhelming, the access to information, the creation of the internet and the consequences on the political, educational, and economic structures is amazing.

Then, the importance of quantic physics is more than justified. Besides, the relativist cosmology, the field quantic theory, the astrophysics, the big bang theory about the origin of the universe, black holes, dark matter, superstring theory, supermembrane, nuclear physics, parallel universes, atomic physics, and so on belong to the modern physics, which is formed by the quantic physics and the general relativity theory.

Quantic physics provides us with a lot of technology, but that is not its only relevant aspect, there is another one which is very important: the way of thinking it introduces. The quantic thought introduces a way of thinking extremely different to what human beings thought it was the nature of the universe and themselves. Quantic ideas are complex mainly because of that aspect about having to restructure the mind in all its conceptual schemes

Key words: physics, quantum, relativity, thought, theory

Sobre la noción de espacio

Los griegos pensaban que si un cuerpo se movía era porque que alguien o algo lo movió, es decir, desde la física Aristotélica el movimiento tenía causa. La física Griega consideraba que había dos tipos de

movimientos unos movimientos violentos, los que eran hacia arriba y unos movimientos naturales, lo que eran hacia abajo y la causa del movimiento violento era lo que llamaban fuerza y la causa de los movimientos naturales era lo que llamaban peso, por lo tanto la fuerza es diferente del peso y es proporcional a la velocidad del cuerpo y la velocidad es inversamente proporcional a la resistencia del aire en consecuencia la fuerza era inversamente proporcional a la resistencia del aire, esta forma de pensar trae como consecuencia la imposibilidad del vacío. En la física griega no hay vacío, “espacio” porque si hubiese vacío la resistencia al movimiento sería cero y el movimiento se haría infinito lo que es imposible, decía el propio Aristóteles. Las razones de por qué no hay vacío en los griegos no solo se dan desde la dinámica Aristotélica, Parménides dio todo un tratado ontológico donde justifica desde allí la inexistencia del vacío.

Al no haber vacío con los Griegos por supuesto tampoco surge el concepto de inercia o el de masa.

Después con los trabajos de Kepler, Copérnico, Bruno, Galileo y Newton. Se crea una nueva dinámica donde un cuerpo puede estar con velocidad constante o en reposo sin que haya una causa, sino que es un estado natural sin causa que pueden tener los cuerpos, esto es lo que establece la ley de inercia y la masa es un concepto que en el contexto Newtoniano cuantifica esa inercia. En la física Newtoniana lo que tiene causa es el cambio del estado de movimiento no el movimiento, a este cambio de estado de movimiento se le llamo aceleración entonces la fuerza es causante de cambio de estado de movimiento, no de movimiento como en los griegos, esto marcó una gran diferencia que introdujo un nuevo escenario, un nuevo universo. La ley de inercia implica, a diferencia del caluroso y finito universo Griego donde los dioses estaban cerca, un universo con mucho espacio, de hecho infinito, isotrópico, homogéneo, inmutable. Este espacio con estas características es el nuevo escenario donde ocurren las leyes de Newton, donde se desarrolla la física clásica, totalmente determinista y llena de absolutos como el espacio y

el tiempo en el sentido que las cantidades medidas por un observador eran las mismas medidas hechas por otro observador que se mueva con velocidad constante en relación al primero.

El espacio concebido como esa entidad o cosa oscura, infinita, isotrópica e inmutable donde los cuerpos se mueven, son las mismas intuiciones puras a priori de espacio y tiempo de las que hablaba Kant, o las mismas estructuras que se forman en los primeros estadios de vida según Piaget.

Que el espacio Newtoniano sea infinito se refiere a que no tiene límites, que sea isotrópico se refiere a que no hay direcciones privilegiadas, homogéneo se refiere a que no interactúa con la materia e inmutable es que nunca cambia, precisamente por ser el espacio inerte, al no interactuar con la materia, nada lo puede cambiar, nada cambia la distancia entre dos puntos en el espacio de Newton pues una cosa es espacio otra el tiempo y otra la materia.

Para acceder a los conceptos de la física moderna hay que remover radicalmente estas estructuras porque los espacios y las leyes son otras. Por ejemplo en la teoría de Einstein el espacio ya no es inmutable y es altamente dinámico, en el universo de Einstein el espacio no existe sin el tiempo, se encoge y se estira. ¿Cómo es que algo que no tiene masa o sea que es vacío se estira o se encoge, si es vacío entonces que es lo que se estira o se encoge? ¿Cómo es que el tiempo se alarga o se contrae o se curva con el espacio? Para acceder a un entendimiento de las respuestas de estas preguntas hay que estructurar un nuevo escenario, hay que renunciar a las estructuras de espacio y tiempo que usualmente tenemos formadas y a la forma en que se tiene representado los conceptos.

Un concepto crucial en la construcción de estos espacios o de estos escenarios, donde se desarrollan las teorías físicas modernas es el punto.

Euclides definió el punto como algo que no tiene dimensiones, los matemáticos del siglo XIX a la cabeza de Hilbert se percataron que esta definición traía errores y consecuencias inentendibles. Hilbert

axiomatizó la geometría Euclidiana y fue él, el que nos enseñó que un concepto se puede entender y manipular correctamente aunque no esté definido. Hilbert fue el primero que introdujo los conceptos no definidos a las teorías axiomáticas y a las teorías científicas, por ejemplo el concepto de punto lo introduce en la geometría Euclidiana como un concepto primitivo, es solo intuible, pero intuición en matemáticas no significa impreciso o falta de rigor, las construcciones mismas se encargan de verificar que la intuición del concepto sea correcta, intuición en matemática significa igualmente rigurosidad y precisión al igual que un concepto establecido mediante una definición formal. Sin embargo antes de la muerte de Hilbert, él dio una definición informal a sus discípulos de lo que es un punto y les dijo que un punto es cualquier cosa, por ejemplo una casa, un árbol, porque se puede pensar en una recta de casas o en una recta de árboles entonces en estas rectas las casas y los árboles serían puntos, se trata de un concepto abstracto que soporta cualquier representación, lo mismo pasa con las líneas rectas.

En el universo de Newton un punto lo representan tres números (x,y,z) , en el universo de Einstein un punto del espacio viene representado por cuatro números, los tres del espacio de Newton y el tiempo. (x, y, z, ict) , con Einstein el tiempo es una dimensión inherente al espacio, inherente al escenario donde se dan las leyes físicas, no una estructura mental formada.

Con la física cuántica el asunto es radicalmente distinto porque todo es mental, además en el escenario cuántico un punto viene representado por una función entonces cuando una partícula va de un punto a otro va de una función a otra, o sea cambia de función o de estado pero no va por ningún lugar, en la física cuántica no hay trayectorias o caminos, no hay movimiento en el sentido Einsteiniano o Newtoniano porque ni siquiera hay lo que llamaríamos un lugar, esto hace la teoría muy abstracta y una renuncia total a cualquier esquema mental formado con anterioridad. Para acceder al entendimiento de los conceptos cuánticos, a las frases que se elaboran allí, se hace necesario reestructurar la

mente con una noción de espacio que tenga las características, de lo que en matemáticas se llama un espacio de Hilbert, que es un espacio funcional con otras características propias.

He aquí un gran problema, cuando se habla desde la cuántica se habla desde cierto estructuramiento que no hay forma de referenciarlo a un esquema conceptual clásico, ni a ningún otro, no hay imágenes, no hay lugares, no hay algo parecido, el único referente es el mismo formalismo y desde el formalismo es de donde se deben construir esas intuiciones, no desde las analogías, ni la metáfora, en física cuántica construir esas analogías es incorrecto y es lógicamente incorrecto sacar conclusiones de analogías.

Un electrón por ejemplo en el átomo de hidrógeno va de un nivel energético a otro nivel de energía, pero va por ninguna parte, no se establece un camino como se establece con Einstein o con Newton, he aquí como una frase como estas se vuelve sin sentido si se sigue con el estructuramiento clásico. Por eso se dice que la mecánica cuántica es una teoría no local. Hay otros aspectos muy importantes en la física cuántica que solo se van a mencionar aquí, y es su carácter probabilístico, la inherencia de la incertidumbre y el protagonismo del observador como creador de “realidad” o de significado. En otro escrito se hablará con más profundidad sobre estos aspectos, en la medida de lo que se puede hablar porque el tema es totalmente abstracto y exige un lenguaje apropiado y muy técnico para expresar con precisión estos conceptos.

Sobre la noción de tiempo

Al hablar del tiempo habría que remontarse a los griegos para apreciar la noción circular que se tenía de él y su diferencia con lo eterno, también habría que referenciar a San Agustín. Pero aquí solo se va a mencionar un par de comentarios de la concepción del tiempo en la física Newtoniana y moderna.

En la física de Newton el tiempo es un parámetro que se mide con un reloj y es independiente del espacio y es absoluto, es la comparación entre dos

movimientos y está asociado a una categoría pura a priori en el sentido Kantiano o la misma categoría formada en el sentido Piagetiano. Con Einstein el tiempo pasa a ser una dimensión, inherente al espacio con propiedades dinámicas como contraerse, dilatarse o curvarse con el espacio. Con Einstein hay una nueva entidad llamada espacio-tiempo que es el escenario donde se desarrollan las leyes físicas. En la física cuántica el tiempo se usa y se concibe como parámetro en un operador llamado operador evolución, es el caso de la física cuántica no relativista y como dimensión en el caso de la física cuántica relativista, pero en la física cuántica el tiempo no es una entidad física, en el sentido que según la física cuántica toda cantidad física medible es matematizable, tiene un operador lineal asociado y todo operador lineal tiene una representación matricial y los autovalores de esta matriz son los posibles valores medibles de la cantidad física. Aun no se ha hallado un operador lineal para el tiempo, un operador cuyos autovalores sea el tiempo, esta es la razón porque desde la física cuántica el tiempo no se considera como parte estructural de la naturaleza. Este asunto del tiempo aun no se ha podido esclarecer se maneja con concepciones antagónicas y ambas concepciones funcionan en ciertos ámbitos de aplicación. Inclusive se está intentando construir una física sin tiempo y otras teorías hablan de varias dimensiones de tiempo.

¿Realidad?

La realidad no es un asunto o problema de la física sino un problema de la filosofía, tal vez también de la psicología.

La física no explica ninguna realidad, incluso la palabra realidad salió en el siglo XX del léxico de la física, lo mismo que la palabra verdad, la física no busca verdades, ni causas, eso es problema de la filosofía.

La física proporciona teorías, modelos matemáticos para describir, explicar y/o manipular fenómenos que se presentan en la naturaleza o se crean en un laboratorio.

No es que un electrón sea “real”, la masa o la carga eléctrica, ni las moléculas tampoco son “reales”. Esos son conceptos que usan los

físicos para explicar por ejemplo la formación de un rayo en una tormenta y se elaboró una teoría llamada teoría electromagnética que usa el concepto de electrón, masa y carga eléctrica para explicar los fenómenos eléctricos y magnéticos, teoría que se usa para generar lo que se llama corriente eléctrica. Cuando se construye (se inventa) una teoría, se hacen medidas, se reproducen los fenómenos a otras escalas en el laboratorio, se hacen predicciones y si la teoría funciona se deja hasta que deje de funcionar o surja otra teoría mejor que explique y sirva para predecir una fenomenología que explicaba la vieja teoría y que además describa otros fenómenos adicionales.

Entonces son “reales” los electrones, para la física no, o mejor dicho la pregunta no tiene sentido, un electrón es un concepto abstracto, una invención humana, útil hasta el momento, pero nadie puede ver un electrón directamente, solo sus efectos, solo se puede ver la fenomenología que explica, la fenomenología para la que fue creado el concepto, lo mismo pasa con las moléculas, no se pueden ver, ¿entonces qué es lo que ven los científicos a través de un microscopio? Si el científico es un físico cuántico sabe que está observando su propio discurso, lo que tiene estructurado, en este caso un espectro electromagnético o fotones de ciertas frecuencias y sino es cuántico creerá que está viendo algo “real” y de acuerdo a su estructuramiento. Solo podemos ver lo que estamos estructurados para ver. En física cuántica no tiene sentido hablar de los estados atómicos en sí. La cosa en sí, la esencia o la “realidad” objetiva Kantiana no tiene sentido desde la perspectiva cuántica. Aquí el observador es un gran protagonista en estas construcciones, no hay un fenómeno cuántico con independencia del observador y nunca se puede “observar” directamente con los ojos esa “realidad cuántica”, se necesita un aparato que media la interacción y genere el proceso de realización del fenómeno.

Lo que se plantea desde la historia de la física y desde la física cuántica es precisamente que no hay un universo allá afuera regulado por sus leyes y que el trabajo de los físicos sería descubrir esas leyes. Desde la

perspectiva cuántica el observador juega un papel crucial, el de creador, creador de “realidad”, de símbolo, de significado, de esos objetos que luego va a “ver” por supuesto, en sus medidas y pronósticos. No es que haya un espacio-tiempo, o que siempre lo ha habido y que Einstein vino y lo descubrió. El espacio-tiempo lo creo Einstein, se lo invento Einstein. Einstein propone pensar el tiempo como una dimensión inherente al espacio y su propuesta funciona y se tendrá hasta que deje de funcionar o surja otra mejor. El inconsciente se lo invento Freud, en un futuro, lo más probable, no sea útil ese concepto, el inconsciente es una construcción hecha por Freud a partir de su práctica clínica. Pensar que el inconsciente está ahí, presente en cada sujeto, desde la antigüedad y Freud lo que hizo fue descubrirlo y que si no lo hubiese hecho él lo hubiese hecho otra persona, ese sería un pensamiento, positivista, clásico y determinista. Para un pensamiento cuántico, el inconsciente es una creación del observador, en este caso de Freud y los que se estructuran en el concepto lo verán y los que no, no lo verán. Lo mismo pasa con todos los conceptos en física, desde las partículas elementales hasta las moléculas y lo que se concibe hoy como “realidad”.

Mitos sobre la Física Cuántica

La física cuántica es exacta e irrefutable. Absoluta mentira, No podemos medir todo, ni a cualquier escala, hay límites para observar y para describir la naturaleza, más allá de esos límites nada tiene sentido, esta es la esencia del principio de incertidumbre de Heisenberg, siempre hay un margen de error.

La física no podrá dar un descripción completa de algo, no podremos conocer todos los secretos de la naturaleza, porque cuando tengamos una teoría con un conjunto finito de leyes o postulados siempre será posible formular una proposición de la cual no se puede decir si es cierta o es falsa, esta es la esencia del primer teorema de incompletitud de Godel. Siempre desde la lógica se puede formular una posibilidad de la cual no se puede demostrar nada.

De acuerdo a la historia y a los planteamientos del pensamiento cuántico, nadie tiene la última palabra, todo hace referencia a un discurso humano y la ciencia solo es una parte de la experiencia humana (interpretación de Copenhague de la física cuántica), entonces las premisas anteriores tiene en el momento vigencia pero en un futuro tal vez se refute el primer teorema de incompletitud Godel y se postulen otros principios más poderosos que el de Heisenberg y se reformula la misma física cuántica, esta es la esencia del segundo teorema de incompletitud de Godel.

Viajes en el tiempo. En un futuro con la tecnología adecuada puedo ir a 1492 y ver desembarcar a Cristobal colón y tomar una taza de café con él. Esa afirmación no tiene ningún respaldo científico, esas son extrapolaciones mal hechas de la teoría de la relatividad especial de Einstein y de la mecánica cuántica. Desde la ciencia no hay nada que justifique que todo lo que ocurre deje un registro al que después se pueda ir, eso sería maravilloso, como en el registro Akásico de los monjes Zen, en el cual todo hace parte de una película y allá hay una copia que pudiésemos ver si tenemos el suficiente entrenamiento.

K

Bibliografía

- Sepúlveda, Héctor Alonso. Historia de la Física. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, 1996.
- Messiah, Albert. Mecánica Cuántica. Ed tecnos. Madrid. 1983. ISBN. 84-309-0974.
- Cohen Tannoudji, Diu Bernard, Lalce Franck. Quantum Mechanics. Ed John Wiley & Sons. Paris. 1997. ISBN. 2-7056-5833-5