08/05/2017

Zombie cuántico

TXT MARCOS FEOLE IMG BELA UYUA

¿De qué hablamos cuando hablamos de física cuántica? ¿Puede un gato estar vivo y muerto?

حينما أغرق في عينيك عيني
ألمح الفجر العميقا
وأرى الأمس العتيقا
وأرى ما لست أدري
وأحس الكون يجري
بين عينيك وعيني

Kaleel Gebran

A: Hay cosas que pueden estar en dos lugares diferentes al mismo tiempo, pero que cuando las observamos están en uno solo.
B: ¿Y cómo sabés que está en dos lugares si no lo estás observando?
A: No sé, pero es cierto porque lo dijo un viejo con cara de sabio en un video de youtube, y usó la palabra 'cuántica' muchas veces. Así que debe ser verdad.
B: ¿Por qué mejor no hacemos el experimento mental de Schrödinger? Ese donde se consigue que un gato esté vivo y muerto al mismo tiempo, y vemos si funciona.
A: Dale.
Un *experimento mental* es un experimento en el que se piensa un escenario hipotético y se analiza qué podría pasar. Así que podemos hacerlo acá mismo. Voy al laboratorio, me calzo el guardapolvo blanco y las antiparras, abro el kit de experimentación y saco la caja. Leo la etiqueta: 'Caja de hierro blindada: 100% de aislación contra perturbaciones' (porque en mi imaginación es todo ideal, las vacas esféricas existen y Mariana me dio ese beso en cuarto grado). Ubico la caja de hierro en el medio de la habitación. Agarro del kit un aparato más pequeño, es el dispositivo radiactivo de alta seguridad. Dice el manual de instrucciones: *El dispositivo radiactivo viene integrado con un medidor de radiación. En caso de producirse radiación el instrumento lo notará y liberará un martillo que romperá un frasco de cianuro de hidrógeno (un veneno mortífero 100% efectivo). El veneno se liberará por fuera del dispositivo ocupando el 100% del recipiente*. Adhiero el aparato radiactivo a una esquina de la caja de hierro blindada, y me alegro de que sea completamente hermética y absolutamente imperturbable.
Para lo siguiente, me levanto las antiparras y me dirijo a la calle. Miro a mi alrededor. Ahí vislumbro a ese maldito gato del vecino que no para de matar pájaros y atacar a quien se le cruce por el camino. Me acerco, y cuando me ataca violentamente lo tomo y me lo llevo para adentro. Una vez en el cuarto de experimentación, lo introduzco en la caja blindada y la cierro. Está todo listo, incluso la historia que me dejará justificar retrospectivamente mi crueldad hacia el animal.
Repasemos la teoría. El sistema está ajustado para emitir la radiación necesaria para activar el martillo (y el veneno) con precisamente un 50% de probabilidad (si

mantengo el medidor prendido durante una hora). Como el proceso radiactivo ocurre al nivel de átomos, éste debería obedecer las leyes cuánticas de la naturaleza. Es decir, después de una hora, **el sistema se encontrará en un estado de superposición**, lo que en la jerga banal y poco seria se diría: 'el sistema emitió radiación y no emitió radiación al mismo tiempo'. La cuestión es que si prendo el medidor y espero una hora, como el sistema está recontra bien aislado y es súper ideal, el medidor estará en un estado de superposición ('detectará y no detectará'), el martillo estará en un estado de superposición ('se liberará y no se liberará'), el frasco de cianuro estará en un estado de superposición ('estará roto y no estará roto'), y por último, el gato estará en un estado de superposición (o, de nuevo, abusando del lenguaje: 'vivo y muerto al mismo tiempo').

Prendo el dispositivo y pongo la alarma para una hora más tarde.

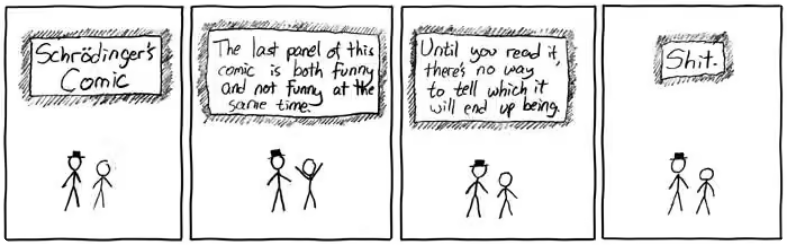
Suena la alarma, vuelvo al cuarto y apago el medidor. Recién en ese momento me doy cuenta por primera vez de que Schrödinger nunca explicó cómo hacer para saber si el gato efectivamente está en un estado de superposición o no. ¡Qué bolazo!

La paradoja de Schrödinger dice que si la cuántica es cierta, entonces idealmente podríamos conseguir 'un gato vivo y muerto'. Pero no sé cómo verificar su estado sin observarlo directamente. La teoría dice que si abro la caja y lo miro, el felino zombie colapsará a uno de los dos estados clásicos posibles, y pasará a estar o vivo, o muerto, nada de ambigüedades.

El problema es que, hasta ahí, el experimento es mental. Y los experimentos mentales, por hermosos que sean, no dejan de ser mentales. Una de las grandes preguntas de la ciencia es cómo convertir experimentos mentales en experimentos experimentos, y creo que a Schrödinger le hubiese fascinado ver cuánto aprendimos de él y su gato.

En general, cuando este tipo de experimentos se hacen con electrones u otras partículas, se puede verificar que cada electrón está en un estado de superposición ('vivo y muerto al mismo tiempo') sin observarlo durante el proceso, porque cada electrón se comporta de maneras en las que no se comportaría si estuviera o 'sólo vivo' o 'sólo muerto'. Lo que ocurre es que **las dos opciones contradictorias (vivo y muerto) conviven de alguna manera e interfieren entre ellas**. El

resultado que produce un electrón en estado de superposición es distinto al resultado que produciría el electrón si estuviera sólo vivo, pero también es distinto al resultado que produciría el electrón si estuviera sólo muerto.



Personalmente, estos hechos no hacen más que abrirme las siguientes preguntas, las cuales inevitablemente me terminan sucumbiendo en un abismo profundo, desolado y oscuro; un abismo del que, como decía Feynman, "todavía nadie pudo escapar".

¿Qué es la realidad? ¿De qué está hecha la materia? ¿Cuáles son los elementos más fundamentales de la naturaleza? ¿Qué propiedades tienen? ¿Qué es, realmente, una partícula? Lo que es seguro es que ninguna de estas preguntas será contestada en esta nota; lo que es peor: no estamos realmente seguros de que sean respondibles en ninguna otra.

Lo que sí podemos decir es que la ciencia trata de **modelar** de la mejor manera posible los patrones que se encuentran en la realidad que observamos. *Modelar* es describir una serie de reglas, ecuaciones, procesos o ideas, que logran **explicar** y **predecir** los fenómenos observados con niveles crecientes de precisión a medida que estos modelos mejoran. Así, el modelo de Newton logró describir extremadamente bien la relación entre los movimientos de los objetos celestes, pero el modelo de Einstein sobre el tiempo y el espacio logró eso, y todavía más.

Los modelos son la forma que tenemos de ordenar la información que extraemos del mundo que observamos, liberarla de lo particular y quedarnos solamente con las grandes regularidades. **Armar modelos es, sobre todo, comprimir el Universo.** Así, modelando, Newton nos permitió poner en una hoja de papel el tránsito de Júpiter y Einstein masticar tiempos líquidos.

Como cada pensamiento, un modelo tiene que anclarse en algún lugar de nuestra mente, y una parte de hacer eso es encontrar asociaciones con las experiencias y conceptos que ya conocemos. Así es como, por ejemplo, asociamos una 'onda' con

el efecto que produce el agua al dejar caer una piedra en ella. Sin embargo, las ondas son un concepto abstracto mucho más general que un simple movimiento de materia visible para el ojo humano. **Nada nos garantiza, en principio, que podamos entender intuitivamente todos los fenómenos naturales que observamos en términos de asociaciones más o menos claras con nuestras limitadas experiencias cotidianas.** El funcionamiento del mundo (microscópico o no) no tendría por qué ser acorde a las ideas intuitivas que las personas tienen sobre los objetos a su alrededor. Y de hecho, hasta donde sabemos, no lo es. Existen vastos ejemplos de esto, desde agujeros negros y diferentes mediciones del tiempo relativas al estado de movimiento, hasta fenómenos atómicos y nucleares. Y esta rueda "levitando" de un lado tampoco es intuitiva, no me jodan.

Un ejemplo claro que logró y logra confundir hasta la intuición de los científicos más renombrados es la teoría cuántica. "Creo que puedo decir con seguridad que nadie entiende la mecánica cuántica", nos decía Feynman. Es por eso que lo que se hace es observar los resultados de los experimentos y describirlos en el lenguaje más adecuado que tenemos para esos fines: la matemática. Y acá viene lo menos trivial de todo: la matemática es un lenguaje y, a veces, como en todo puente entre lenguajes, traducir hace que perdamos cosas en el camino.

La teoría cuántica es eso, simplemente (marchen muchas comillas) una serie de ecuaciones, procesos y reglas con los que expresamos (en matemática) las

regularidades que encontramos en el Universo en estos niveles extremadamente pequeños. Es el único marco teórico capaz de explicar exitosamente desde el comportamiento microscópico y los fenómenos atómicos de la naturaleza, hasta la estructura de la materia, pasando por todo un millar de fenómenos físicos que de otra manera nunca pudieron ser explicados. Este es el otro gran logro de la física, **la unificación de fenómenos**, que empezó con Newton notando que la caída de la manzana es el mismo efecto que el movimiento de la luna alrededor de la Tierra. Pero la cuántica no sólo explica, sino que nos permite crear e innovar, porque entender cómo funciona la realidad, entender las reglas del juego, nos permite utilizarlas a nuestro favor (esto es: **más ciencia es más libertad**). Así es como la cuántica ha permitido grandes avances tecnológicos como el transistor y el láser.

Volviendo al caso del gato superpuesto, dijimos que estaba mal decir que el gato está vivo y muerto al mismo tiempo (bah, 'mal' está patear a una anciana, esto está más bien 'incompleto'). Eso se usa en general como un abuso del lenguaje y un abuso conceptual (porque no significa nada). Por otro lado, también dijimos que el gato no está sólo vivo, ni sólo muerto; o sea, tampoco podemos decir que el gato está 'vivo o muerto'. Pero si el gato no está 'vivo O muerto', pero tampoco está 'vivo Y muerto', ¿entonces cómo está? La respuesta está en que la superposición de los estados cuánticos no se puede pensar en términos clásicos de 'Y' u 'O'; no hay una manera intuitiva de pensarlo o asociarlo con nuestra forma cotidiana de entender la realidad.

Si queremos hablar 'bien' y no patear señoras mayores, vamos a tener que decir que una partícula se encuentra en un **estado superpuesto**, una nueva categoría de combinación de estados que no es ni 'O', ni 'Y'. Esta categoría, que es abstracta e incomprensible en términos del lenguaje ordinario que utilizamos para comunicarnos, en términos matemáticos tiene una definición clara y precisa, cuyos cálculos y resultados se corresponden con los experimentos realizados en el laboratorio. O sea que, por más molesto que sea, **usar matemática es la única manera posible de sacar conclusiones precisas a partir de las proposiciones cuánticas.**

Básicamente, **si no lo decís en matemática, no estás haciendo cuántica**; en todo caso estás proponiendo y manipulando ideas que después pueden ser desarrolladas matemáticamente. Por lo menos por ahora, el lenguaje que utilizamos a diario no es útil ni satisfactorio para describir estos fenómenos (a menos que se entienda matemáticamente de qué se está hablando).

Alguna vez escuché de alguien que decidió aprender un idioma sólo para disfrutar plenamente un libro y entendí que la promesa de belleza, de disfrute estético, puede ser suficiente para animarnos a recorrer un camino. Hay una poesía conmovedora esperando ser leída, esa para la que las palabras no tienen forma de alcanzar y que yo, a lo sumo, puedo intentar compartir. Es de principios del siglo pasado, la escribió un tipo delgado, de pelo enmarañado y sonrisa suave, y dice más o menos así:

$$H(t)|\psi(t)\rangle = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}|\psi(t)\rangle$$

DISCLAIMER: no podemos afirmar que algún gato haya sido sacrificado en la elaboración de esta nota. Tampoco podemos descartarlo. Salvo que lo miremos, en cuyo caso, la responsabilidad no va a ser nuestra sino del observador. Nosotros, a lo sumo, armamos cajas.

Referencias

The Feynman Lectures on Physics, Vol. 3 – Chapter 1: Quantum Behavior – Richard Feynman

Teoría cuántica – David Bohm

La situación actual en la Mecánica Cuántica – Erwin Schrödinger, 1935

Difracción controlada de electrones en doble-rendija – Bach, et. al.

Experiment and the foundations of quantum physics – Anton Zeilinger

elgatoylacaja.com/zombie-cuantico

Sumate en
eglc.ar/bancar