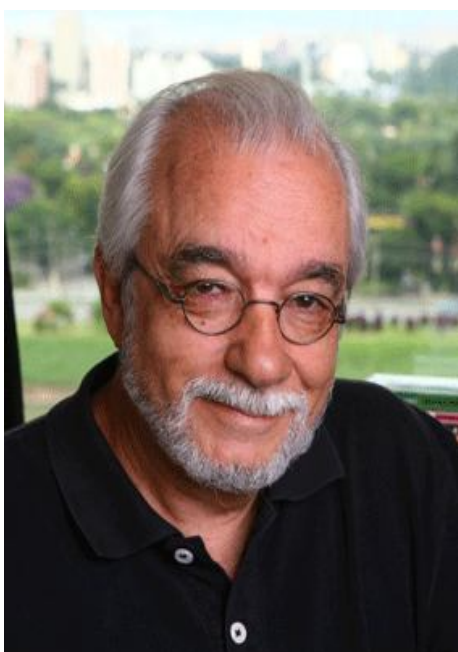


## SIMETRÍAS, IRREVERSIBILIDAD DEL TIEMPO E IMPONDERABILIDAD EN LA FÍSICA

*Entrevista a Luis Carlos de Menezes, por Thaís Cyrino de Mello Forato<sup>1</sup>*



**Luis Carlos de Menezes** es físico y educador en la Universidad de São Paulo. Tiene innumerables libros y artículos publicados sobre temas como física, enseñanza de ciencias y formación de profesores. Es consultor educacional, redactor de la Revista Nova Escola y, actualmente, presidente de la Comisión de Acompañamiento del Programa Nuclear Brasileiro. Es miembro del Consejo Técnico Científico de la CAPES para Educación Básica, miembro del equipo de la UNESCO del Proyecto de Currículos Integrados en la Enseñanza Media. Posee el grado en Física (Universidad de São Paulo -1967), Maestría en Física (Carnegie Mellon University -1971), Doctorado en Física (Universitat Regensburg -1974). Profesor del Instituto de Física de la USP y orientador de los programas de Posgrado de la Facultad de Educación y del Programa de Posgrado Interunidades en Enseñanza de Ciencias de la Universidad de São Paulo.

**1. ¿Cuál es el papel de las simetrías en la Física? ¿Podrían ser consideradas una estética científica?**

Las simetrías son esenciales en las teorías de la física, desde las comprensiones clásicas del espacio y del tiempo, cuya homogeneidad y uniformidad responden por las conversaciones de las cantidades de movimiento y de la energía. Son también fuente de importantes intuiciones, en el plano matemático, como en el ejemplo de Maxwell, que percibiendo una aparente asimetría en las ecuaciones del electromagnetismo prácticamente postuló un término (el de la corriente de

<sup>1</sup> Realizada originalmente por Thaís C. M. Forato en portugués y traducida al castellano por L. E. Misseri.

dislocamiento) que más tarde se reveló esencial, sin el cual las ondas electromagnéticas, que hoy tan bien conocemos, no emergerían de aquellas ecuaciones.

Asimismo en la física cuántica y en términos aún más abstractos, las simetrías de las funciones de onda son determinantes para caracterizar la naturaleza y el comportamiento estadístico de las partículas. Por ejemplo, el hecho de que no puede haber dos electrones en un mismo sistema con las mismas características (con números cuánticos iguales) tiene que ver con una anti-simetría de su función de onda.

Más que una estética científica, se puede pensar en las simetrías como una estética natural reconocida por la ciencia. Por otra parte, en la física y especialmente en los fenómenos de la vida, no solamente las simetrías, sino igualmente las asimetrías se muestran determinantes para la comprensión de la naturaleza. Por ejemplo, el neutrino tiene su momento angular intrínseco (su espín o “pivote esencial”) siempre como una hélice de mano izquierda, tanto como las hélices de la vida, como las del ADN y tantas otras, también sólo se encuentran en versiones levógiras (o sea, nunca diestras, sólo siniestras). Aunque sean cosas reconocidas por todos, son a un mismo tiempo misteriosas, pues no se sabe exactamente por qué la naturaleza revela esa extraña preferencia. Siniestro, ¿no?

*2. Siniestro y fascinante... Sabemos que la física teórica pudo suponer la existencia de partículas que solamente después fueron detectadas experimentalmente. Entre los fenómenos naturales que fueron interpretados por los físicos, como tales partículas, ¿Hubo, o hay, algunas que fueran sugeridas por la concepción de simetría, inspiradas por esa estética natural?*

Un caso clásico es el del descubrimiento del neutrino. Ciertas reacciones violaban la conservación, lo que correspondería a la quiebra de las simetrías del espacio. Como eso era inaceptable, “se inventó” el neutrino para garantizar la conservación, partícula que no tiene carga ni, aparentemente, masa. Una partícula invisible y poco interactiva que sólo tiene cantidad de movimiento lineal y angular (espín). Después se detectó indirectamente el mismo...

**3.** *Vamos a admitir que esa batería teórica construida a lo largo de la historia, y aceptada por la ciencia actual, permite la previsión, descripción y explicación de fenómenos naturales. Los físicos admiten hipótesis y principios teóricos fundamentales para agregar nuevos conocimientos a ese "edificio" en constante construcción. ¿Qué acontecería si uno de esos principios fundamentales fuese severamente cuestionado? Por ejemplo, como el caso de muchas teorías que fueron construidas admitiéndose la existencia de entes inobservables, como, por ejemplo, el calórico y el éter luminífero, hoy descartados de la ciencia actual. ¿Qué tipo de revolución podríamos tener si alguna concepción fundamental de la física fuese derribada hoy?*

Veamos dos ejemplos, uno que aconteció y fue tranquilo y otro que sería teóricamente catastrófico. Primer ejemplo: A mitad del siglo pasado, se descubrió que los decaimientos beta no conservaban la paridad; por ejemplo, cuando un neutrón, emitiendo un electrón y un anti-neutrino, se transforma en protón. *Grosso modo*, eso significa que no corre en la naturaleza la imagen en el espejo de este proceso. Claro que es un “escándalo” teórico, pero no una catástrofe. Vamos al ejemplo más drástico: Todos nosotros sabemos que el tiempo es irreversible, no hay vuelta atrás, y eso ya se cantó en verso, prosa y samba, o sea, nunca tuvo esa simetría. ¿Pero qué acontecería si el “ritmo” con que pasa el tiempo no fuese uniforme? Esa quiebra de la simetría de uniformidad del tiempo, además de cambiar récords olímpicos, lo que crearía cierta confusión, acabaría con la conservación de la energía, lo que sería una indescriptible confusión! (Ahora, aquí entre nosotros, y no lo propague, si el tiempo hubiese dado una “vacilación” hace miles de millones de años, tal vez se explicase la misteriosa aceleración del universo, que corresponde a tal energía oscura... Dije eso a un astrónomo que me garantizó que esa “hipótesis” mía llegó a ser considerada y luego descartada).

**4.** *Cuando pensamos en la irreversibilidad del tiempo es inevitable recordar las ficciones en libros y filmes, en que se viaja al pasado y al futuro. Además de ser un tema interesante para clases de física, ¿qué podría comentar?*

Con relación a la teoría de la relatividad desarrollada por Einstein, esos “viajes en el tiempo” corresponderían a dislocamientos con velocidad mayor de la de la luz, máxima para esa teoría. A esa velocidad, para un fotón salido de Andrómeda antes del surgimiento del ser humano en la Tierra, el tiempo no pasa y llega aquí recién nacido, o sea, su tiempo propio es  $t_0 = t\sqrt{1-V^2/C^2} = 0$

pues  $V=C$ , aunque, para nosotros, t sea dos millones de años. Pues bien, con una señal más rápida que la luz, podríamos “alcanzar” y sintonizar las ondas de radio que anunciaron el inicio de la primera guerra mundial, o si yo mismo me pudiese dislocar a tal velocidad, podría asistir al nacimiento de mi padre, en aquel mismo año... Tanto o más complicado es que eso traería la posibilidad de interferir en la propia causalidad, para la cual el orden causa-efecto y pasado-futuro es esencial. Por otra parte, la gracia de esas ficciones es precisamente la de ir al pasado para evitar un desastre en el futuro...

*5. Asimismo reconociendo que la irreversibilidad representa una quiebra de la simetría de la uniformidad del tiempo, cuando pensamos en las simetrías como una estética natural, reconocida por la ciencia, pero propia de la naturaleza ¿no estamos defendiendo una concepción de leyes físicas intrínsecas al mundo natural, que en algún momento son develadas por la ciencia? ¿Cómo conciliar un cierto “determinismo científico” con la concepción de la ciencia como un constructo socio-histórico defendida por historiadores de la ciencia y recomendada por educadores?*

Más allá de que es una paradoja aparente o lo mismo un sofisma, lo que se propone en esa pregunta se parece más a lo que el viejo malandrane llamaba “camisa de once baras”<sup>1</sup>... Pues bien, sin la formulación de las leyes naturales, entre las cuales las de conservación, que corresponden a simetrías generales del espacio-tiempo, y sin sus consecuencias prácticas, no habría ocurrido la evolución de recursos materiales, como la tecnología cuántica, por medio de la cual en este momento estoy dialogando con *Prometeica*, vía Internet, o sea, por medio de un haz de láser modulado caminando a la velocidad de la luz por fibras ópticas. Por tanto, ni solamente la ciencia es un constructo histórico como es protagonista de la historia de las técnicas como de la historia de las ideas. A partir de ella, “viajamos en el tiempo” miles de millones de años para comprender el nacimiento y muerte de las estrellas, “viajamos al mundo sub-microscópico” para entender las largas moléculas que tienen la receta de cada ser vivo y para manipular esas moléculas. Y con todo esto, la belleza de esa aparente contradicción está precisamente en la condición siempre abierta de la ciencia, que yo caracterizo no como un conjunto de verdades absolutas, sino como el permanente derecho a la duda: ¡Para la ciencia, los principios generales

---

<sup>1</sup> El término original es “sinuca de bico”, expresión popular que indica “estar sin salida”.

son indiscutibles “puntos de fe”... hasta nuevo aviso! No nos cuesta, sin embargo, discutir por un momento más tal “determinismo”. El desarrollo en las últimas décadas de las investigaciones de sistemas fuera de equilibrio y de sistemas complejos deja percibir que el futuro es realmente abierto e imponderable, pues los nuevos órdenes emergentes no siguen una trayectoria única ni previsible a partir de su pasado. Tal vez eso esté resolviendo la vieja paradoja religiosa: Si Dios conoce todo, inclusive el futuro, existe la predestinación... Entonces ¿cómo se darían el libre arbitrio y el pecado?!

**6.** *Todos esos aspectos fascinantes de la física los discute en su libro, “A Matéria – Uma aventura do espírito”<sup>1</sup>, ¿no? Por otra parte, ¿qué otros temas instigantes aborda?*

El libro tiene un doble objetivo: colaborar en una formación más conceptual de los profesores, desarrollando una visión del mundo que no aparte a las ciencias naturales de las ciencias humanas, y traducir a un público más amplio las ideas y cuestiones contemporáneas de la física, así como algunos aspectos de interrelación con la química y la biología. Mi intención es la de contribuir a que las ciencias puedan ser apreciadas como las artes, asociando, por ejemplo, el brillo de las estrellas a las fusiones nucleares, la uniformidad del tiempo con la conservación de la energía y la irreversibilidad del tiempo con el rendimiento de las máquinas, ese asunto instigante del que ya hablamos arriba. Es interesante proponer al lector que busca el conocimiento físico un plan de viaje, para acompañar los lances del gran juego, en el que la naturaleza es permanentemente redescubierta e inventada por las ciencias, sabiendo que el mundo material no está separado del mundo de las ideas, de las elaboraciones del espíritu humano.

Por eso, el libro enfatiza una presentación de las ciencias lado a lado con los demás componentes de la cultura humana, y revelando como la física se configura como un gran juego de la explicación unificada, o sea, de buscar someter cada vez más fenómenos a unas pocas leyes generales. Se hace eso recorriendo varios siglos de la física clásica y el último siglo de la física

---

<sup>1</sup> MENEZES, Luis Carlos de. *A matéria, uma aventura do espírito – fundamentos e fronteiras do conhecimento físico*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. Véase en este número la reseña de I. Gurgel sobre este libro.

moderna, teniendo como “artilleros del juego” a gente como Isaac Newton, Michael Faraday y Albert Einstein.

En ese proceso evolutivo, se sitúa entonces la emergencia de la vida y de la razón, mostrando que, si la materia es vista en este libro como “una aventura del espíritu”, también viceversa, se configura “el espíritu como una aventura de la materia” y el conocimiento científico, juntamente con el derecho a la duda que fundan la ciencia, se revelan como ingredientes esenciales de la libertad humana. ¶