

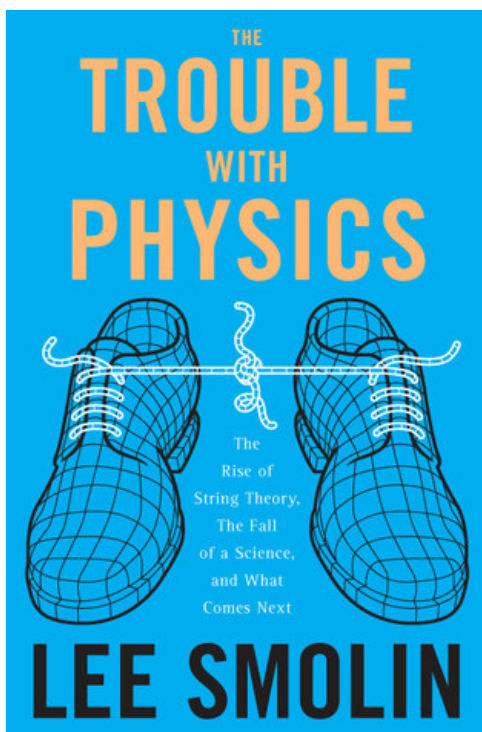
Mundo Libre

Lee Smolin propone repensar la ciencia física

Hay que enfrentarse a las ideas básicas con un nuevo punto de vista

Artículo publicado por el profesor Manuel Carreira el 5 de abril de 2010 en la revista **Tendencias 21** www.tendencias21.com TENDENCIAS DE LAS RELIGIONES

El libro de Smolin "The Trouble with Physics" nos da un juicio crítico que muestra que –muy probablemente– “El Emperador está desnudo”. Y el autor insiste sobre la necesidad de enfrentarse con las ideas más básicas con un nuevo punto de vista que aclare los conceptos más profundos –comunes a la Relatividad y a la Mecánica Cuántica– que constituyen el marco de espacio y tiempo. Por Manuel Carreira.



Portada del libro de Lee Smolin.

He leído el libro de **Lee Smolin The Trouble with Physics** (El Problema de la Física) con una sensación de alivio. Un experto muy reconocido en los campos más avanzados y “de moda” en la Física actual reconoce que no se encuentra a gusto con muchas construcciones teóricas que yo no entiendo. He pensado que puedo atreverme a expresar mis desconfianzas –o ignorancia- al intentar que tengan sentido algunos puntos que me inquietan aun en teorías físicas y conceptos que se consideran bien establecidos.

Recuerdo que hace casi 30 años, hojeaba un número reciente de *Physics Today* y encontré una reseña de un libro que atrajo mi atención: era acerca de Superstrings (Supercuerdas) El comentario comenzaba diciendo: "Este libro sobre Supercuerdas tiene 1.000 páginas. En un espacio tan limitado no puede presentarse adecuadamente esa teoría". Mi reacción fue: Si se puede explicar básicamente en 100 páginas, y hay una razón concreta para pensar que es aplicable al mundo real, me interesará. Si no, no.

Desde entonces he estado a la espera de que alguien proponga simplemente alguna posible comprobación experimental que permita saber si la teoría es una nueva síntesis maravillosa o sólo un impresionante castillo de naipes matemático. El libro de Smolin nos da un juicio crítico que muestra que –muy probablemente- "El Emperador está desnudo". Y el autor insiste sobre la necesidad de enfrentarse con las ideas más básicas con un nuevo punto de vista que aclare los conceptos más profundos –comunes a la Relatividad y a la Mecánica Cuántica- que constituyen el marco de espacio y tiempo.

De las grandes ideas físicas del siglo XX, la Relatividad es, sin duda, la primera en desafiar nuestro "sentido común". Y no siempre por lo que realmente dice, sino por el modo de exponer sus consecuencias, olvidándose a veces de su ámbito de aplicabilidad. Y el mismo Einstein dio lugar a esos malentendidos en varias ocasiones.

Relatividad especial o restringida

Empecemos por las ideas básicas de la Relatividad Especial, o Restringida. Comienza –sin una referencia clara al experimento de Michelson y Morley- con un postulado (no una demostración) de que la velocidad de la luz en el vacío dará siempre el mismo valor para cualquier observador que la mida, sea cual sea su estado de reposo o movimiento uniforme (no se pueden tratar las aceleraciones). Y ese valor C , constituye un límite físico de cualquier velocidad medida en cualquier situación, y también de la velocidad que una masa real puede alcanzar, sea cual sea la fuerza que se aplica a un móvil.

Pero porque solamente se pueden tratar movimientos relativos y no hay modo físico alguno de distinguir el movimiento uniforme del reposo, es arbitrario el elegir el sistema de referencia. Todos los fenómenos deben ser observados igualmente -por quienquiera que se considera en reposo- en el sistema que se observa moviéndose con respecto a él. NO hay efectos físicos ni en uno ni en otro por el hecho de que haya esos movimientos relativos.

Recordemos esto sin caer en un modo de pensar "realista": solamente se trata de explicar cómo las medidas se ven afectadas por hacerse en reposo o en un sistema en movimiento. Obviamente, si varios observadores con distintos movimientos con respecto a un sistema concreto, comparan sus medidas, no estarán de acuerdo, pero lo que ocurre no puede ser distinto porque unos observadores pasen frente a ese sistema.

Apliquemos esto a las medidas de distancia o tamaño. Toda longitud se verá contraída en la dirección del movimiento. Si dos automóviles, cada uno de tres metros de largo (medidos por el conductor) se cruzan a una velocidad suficiente, cada conductor verá al otro automóvil como de 2 m de largo, por ejemplo. Ninguno se ha comprimido en realidad: Si entre dos electrodos saltará una chispa sólo cuando se encuentren a 2 mm. de distancia, cuando su separación medida en el automóvil es 3 mm., no verá ningún observador que salta la chispa.

Y si hay un bache de 2.5 m (medidos en reposo) ni uno ni otro automóvil puede caer enteramente en ese hueco. Si yo estoy en tierra firme, viendo ese bache, puedo pensar que el automóvil (que veo como de 2 m) caerá, pero al ver que eso no ocurre, me doy cuenta de que mi medida de longitud del móvil no puede compararse lógicamente con la medida del bache inmóvil. No hay una contradicción a nivel físico, sino una situación inadecuada para comparar tamaños.

Se dice luego que por ser C la velocidad límite, según un móvil se acerca a ella, su masa inerte aumenta sin límite y que todas las medidas que indiquen masa mostrarán ese aumento. Pero la masa gravitatoria se considera idéntica a la masa inerte. Por tanto, una masa que descansa sobre algo frágil (por ejemplo, una caja metálica pesada sobre tres huevos frescos) ejerce más presión, y con suficiente velocidad, debe aplastar los huevos según juzgará un observador externo, cosa que no verá quien va junto al sistema en movimiento, o con una velocidad relativa mucho menor. Como no es posible decidir quién es el observador privilegiado, debemos aceptar que no hay efectos físicos atribuibles a tal movimiento: ¡no aumenta la masa! Y no podré decir por observación alguna que ha aumentado.

La fuente de la paradoja se encuentra en salirnos de la Relatividad Restringida: no es posible hablar de aumento de masa mientras el movimiento sea uniforme. Solamente en una aceleración se da esa reacción que impide alcanzar la velocidad de la luz: la energía comunicada al móvil al acelerarlo se utiliza más y más para aumentar la masa inerte, no la velocidad, porque la energía tiene una masa equivalente y así el móvil realmente tiene más masa cada vez y nunca alcanza la velocidad de la luz. Por eso vemos en un acelerador de partículas a un electrón impactar a un blanco con masa mil veces mayor que en reposo.

Algo parecido ocurre con las medidas de tiempo. El movimiento de un péndulo en el sistema en reposo se observa como más rápido que en el sistema en movimiento. Pero como es arbitrario el elegir cuál es el sistema que se mueve, los efectos son perfectamente recíprocos mientras no haya aceleraciones que permitan comparar relojes en el mismo estado de reposo o movimiento. Considero un error pedagógico el mencionar la “paradoja de los gemelos” cuando se habla de la Relatividad restringida, y el mismo Einstein tuvo inmediatamente que subrayar que no hay paralelismo entre el astronauta que va en un cohete –con aceleración- y el que se queda en tierra.

Sin embargo, también en la Relatividad Generalizada es esto cuestionable. La base lógica de la teoría es la perfecta equivalencia entre aceleraciones mecánicas y gravitatorias: un astronauta en una cápsula espacial se siente pesado contra el suelo tanto por estar en un campo gravitatorio como porque su motor le acelera adecuadamente. Por tanto, si el astronauta va a una aceleración constante de una g mientras su hermano gemelo queda en tierra, ambos han estado todo el tiempo bajo idéntica aceleración, y deben envejecer al mismo ritmo. Ni vale decir que el astronauta ha tenido que cambiar de dirección para regresar a la Tierra: ha podido hacerlo con una órbita alrededor de otro astro, que no parece muy distinto de estar en órbita alrededor del Sol.

El hecho bien comprobado de que partículas elementales “viven” más tiempo aceleradas que en reposo (por ejemplo los muones de rayos cósmicos secundarios o en un acelerador de partículas) puede atribuirse a la masa adicional que adquieren en el proceso. O ¿tal vez? pueda atribuirse su longevidad al ritmo de cambio de la aceleración,

la tercera derivada del espacio. Una aceleración casi instantánea, que comunica energía suficiente para aumentar enormemente la masa (aun gravitatoria) podría tener el efecto de casi paralizar cualquier actividad física.

De ser eso plausible (aunque no lo he visto mencionado nunca) se podría aceptar el envejecimiento más lento del astronauta, con respecto a su hermano en tierra, si las aceleraciones (en valor absoluto) del viajero son más variables que el valor constante de g de la Tierra. Pero lo único que se menciona como importante es la velocidad alcanzada, que no puede causar efectos físicos, sino sólo recíprocos de medida.

La constancia de C , la velocidad de la luz en el vacío, no implica su invariabilidad en la historia cósmica: cuando Einstein tomó tal constancia como punto de partida, nadie pensaba en un Universo evolutivo (Einstein no quería admitirlo) sino sólo en efectos de observar en reposo o en movimiento relativo y uniforme. Pero si el vacío físico tiene propiedades geométricas (que se modifican por la presencia de masa) que cambian con la expansión desde el Big Bang, también tiene propiedades electromagnéticas (la constante dieléctrica ϵ y la permeabilidad magnética μ) que determinan la velocidad de la luz ($1/\sqrt{\mu\epsilon}$). Parece lógico que éstas cambien también con la expansión, dando lugar a cambios en el valor de C a lo largo de la historia cósmica.

Un universo de materia y gravitación

Esto obligaría a calcular de nuevo edades y distancias que se obtienen a partir de observaciones de fenómenos conocidos por su radiación electromagnética. Recordemos que el vacío físico es parte del mundo de la materia, y sus propiedades deben ser muy diversas cuando hablamos del tiempo de Planck –todo el espacio en menos de una trillonésima de trillonésima de milímetro- y cuando ahora el radio observable es de miles de millones de años-luz. Y si la velocidad de la luz era mucho mayor cuando el volumen de espacio era muy inferior, es posible explicar la uniformidad cósmica sin recurrir a una inflación sin pruebas, que presupone teorías de unificación de fuerzas también sin prueba experimental hasta el presente.

Magueijo ha sugerido esa situación, aunque no he visto que proponga una razón física de la variabilidad. Si el cambio era especialmente intenso antes de formarse galaxias el límite impuesto en la variación de la constante de estructura fina (que se deduce de las frecuencias observadas en la luz de objetos lejanos) podría todavía mantenerse. Por otra parte, también el valor de la constante de Planck podría depender de las propiedades del vacío, con la posibilidad de mantener el valor de $1/137$.

La nueva idea de Einstein, que explica la gravitación en términos de curvatura espacial, exige aceptar que el espacio tri-dimensional se deforma hacia una cuarta dimensión también espacial, aunque siguen escribiéndose textos y artículos que niegan que en nuestro Universo haya más de tres dimensiones espaciales y afirman que la cuarta es el tiempo. En la Relatividad Restringida se utilizan 4 variables: x , y , z , ict . Todas tienen dimensiones de longitud (ct es distancia) pero la coordenada final es distancia imaginaria, no tiempo. Y el espacio-tiempo es pasivo, Euclídeo, sin interacción con el contenido de masas del universo.

Cuando en la Relatividad Generalizada se introduce el efecto distorsionador de la masa, ésta produce una curvatura positiva, que explica -por ejemplo- las órbitas, aun alrededor de masas muy pequeñas (como la Luna). La distorsión del espacio explica también la

precesión de la órbita de Mercurio y de otros planetas: no siguen la “curva cerrada y plana” exigida por Kepler y las fórmulas de Newton. Pero el espacio tridimensional no puede distorsionarse hacia mañana.

La objeción típica (que con más de tres dimensiones espaciales las órbitas no serían estables) es correcta, pero el hecho es que las órbitas NO son estables a largo plazo: por pérdida de energía como radiación gravitatoria, todos los cuerpos en órbita terminarán fundiéndose con su cuerpo central. Esto se ha comprobado ya en un pulsar doble.

Parece ilógico decir luego que si la densidad del Universo es menor que un valor concreto, su curvatura será negativa. ¿Por qué? Si en ausencia de masa el espacio es Euclídeo, el efecto de masa puede ser mínimo, tal vez indistinguible de un espacio plano dentro del ámbito de nuestras medidas, pero no veo razón física de que sea nunca negativo. Por tanto, al hablar de la expansión futura del Universo, debo simplemente proponer como alternativas su expansión indefinida o una contracción que no tiene apoyo en medida alguna de densidad real.

También es consecuencia de la Relatividad el aceptar la conversión de masa en energía, y viceversa, de tal modo que la ley más básica de conservación se afirma del total masa-energía en cualquier forma. Sin embargo, es común suponer que la preponderancia actual de materia sobre anti-materia se explica aceptando que el Universo comenzó siendo pura energía, de la cual se sintetizaron partículas y anti-partículas.

Estas luego se destruyeron mutuamente para dar de nuevo energía, excepto por una partícula sobrante por cada 100 millones de pares (gracias a una peculiar “debilidad” de la fuerza nuclear débil, que favorece en esa proporción mínima a la materia sobre la anti-materia) Así se justifica el que hoy haya 100 millones de fotones cósmicos por cada partícula con masa.

Aplicando la ley de conservación, es necesario aceptar entonces que hay cien millones de veces más masa equivalente en forma de radiación que en forma de partículas elementales. Nadie parece mencionar esto, y he encontrado reacciones totalmente drásticas –aun de poner en duda la ley de conservación- cuando lo he mencionado a cosmólogos actuales.

Se me objeta que la radiación ha perdido energía por efecto de la expansión cósmica. ¿A dónde ha ido esa energía? Y si el Universo la contiene, ¿no influye en su curvatura? Parece por lo menos igualmente aceptable que el Universo ya comience con sólo materia, y que los fotones de la radiación de fondo (que tiene el espectro perfecto de un cuerpo negro) se deban a la alta temperatura de esa materia primitiva.

Si esto parece “arbitrario” no lo es tanto como el esquema de pura energía original, con una fuerza débil extraña o que postula una inflación primitiva con un campo “inflatón” que supone una teoría de Unificación que de hecho no existe. Y que llega a la predicción fantástica de infinitos universos (de los cuales uno está ya una décima de milímetro del nuestro!). Si no tenemos un estado previo del cual deducir consecuencias, cualquier conjunto de condiciones iniciales puede considerarse igualmente arbitrario. Pero no debemos aceptar que se deroga la ley de conservación ni caer en elucubraciones de ciencia ficción en gran escala.



Lee Smolin en una conferencia pronunciada en Canadá.
Foto: Motionblur. Flickr.

Mecánica cuántica

Einstein contribuyó también a la Mecánica Cuántica ya con la idea del fotón como partícula de luz. Una y otra vez veo en libros de Física que el fotón virtual, que no es luz, es el portador de la fuerza electromagnética: un bosón de masa cero y espín 1. Y se me dice que se ha detectado experimentalmente, lo mismo que los electrones y neutrinos y quarks. ¿Quién lo ha detectado? ¿Cuándo y cómo? ¿Deja un trazo en algún aparato? ¿Por qué parece identificarse –verbalmente– con el fotón de luz que no produce atracción ni repulsión sobre cargas?

Se dice también que la unificación de fuerzas ya incorpora la fuerza nuclear fuerte (no es así en el libro de Smolin, p. 11). Tal unificación es necesaria para la inflación, y el desacoplarse la fuerza nuclear fuerte sería la causa de la tremenda energía que debió aumentar el radio del Universo por un factor de 1050 en menos de una billonésima de billonésima de segundo.

Es verdad que no todos los físicos afirman explícitamente esa Gran Unificación, y no he podido encontrar referencia alguna al autor de tal síntesis ni se menciona que haya sido reconocida con un Premio Nobel. Mientras tanto es universal la queja de que la Física teórica no logra compaginar la Relatividad General y la Mecánica Cuántica en una Teoría del Todo (TOE) aun después de 30 años de esfuerzos de los mejores físicos del mundo.

Finalmente, el problema más profundo tal vez sea que, en palabras de Einstein, “sólo movimientos relativos tienen efectos físicos (observables)” de modo que “más brevemente, pero con menor precisión, se puede decir que no hay movimientos absolutos”. Es una afirmación de aplicación universal que todo cambio relativo presupone un cambio absoluto: si nada real cambia en los términos de una relación (sea cualitativa o cuantitativa) la relación lógicamente no puede cambiar: $a/b = c$ no puede cambiar si no cambian en nada lo que son a o b o ambas. Que el cambio sea indetectable en sí mismo, y sólo se observen sus efectos, no invalida el raciocinio.

Tenemos que confrontar el problema que la Filosofía de la Naturaleza ha intentado resolver durante más de dos milenios: cuál es la base objetiva de que percibamos diversas localizaciones en nuestro entorno, que siempre se observa con posiciones espaciales. No se trata de describir esas posiciones (obviamente se hace con respecto a sistemas de referencia) sino del hecho innegable de que las cosas están en diversos sitios, tanto si los describimos como si no. Esto no lo resuelve la Relatividad. Es extraño que hablemos constantemente de relaciones de distancia para objetos en diversos lugares: o caemos en un círculo vicioso o en una cadena infinita de referencias.

La localización se debería a relaciones con objetos circundantes, que a su vez se localizan por otras relaciones, y así indefinidamente. Se habla de un mundo en el que todo se mueve con respecto a otras cosas, cambiando sus relaciones, pero sin que haya un cambio real en cosa alguna.

Es interesante que Einstein deseaba incorporar el Principio de Mach (sistema de referencia absoluto en las grandes estructuras cósmicas) pero no logró hacerlo: no pudo establecer un marco universal para todo movimiento. Y, sin embargo, una esfera que gira se deforma, y este hecho físico no depende de sistemas de referencia. En cierto sentido, ese movimiento es absoluto: ocurre realmente en el cuerpo que gira, sea observado o no, y necesitamos explicar por qué se da ese efecto.

Algo semejante debe decirse de las relaciones temporales. "Antes" y "después" no son simplemente ideas nuestras en el sentido Kantiano (una forma innata de organizar nuestras percepciones) ni puede atribuirse su distinción a las posibles relaciones causales dentro del diagrama del cono de luz. La posibilidad de actividad causal presupone la existencia previa de la causa: ciertamente no la produce. Una vez más debemos preguntarnos "¿qué hay en el mundo físico que corresponde a nuestra percepción inevitable de diferencias temporales?" El que aceptamos como real la evolución cosmológica sin observadores primitivos claramente exige una razón independiente de ellos para explicar el tiempo.

La naturaleza experimental de la ciencia física

He intentado pensar en términos físicos sobre algunos puntos en que siento que muchos autores parecen preocuparse solamente de salvar y desarrollar el formalismo matemático de una teoría ya establecida (incluso con datos experimentales). Confío en que imito en algo a Einstein con esta actitud: él siempre comenzó aceptando el mundo como una realidad objetiva, en que las cosas hacen lo que hacen porque son lo que son, no porque nuestra matemática imponga su comportamiento.

Necesitamos la matemática para hablar de relaciones cuantitativas, y admiro – con un verdadero sentido de inferioridad- a los que destacan en las fronteras más avanzadas de Teoría de Grupos, Supercuerdas y otros avances que nunca pude estudiar. Pero todavía puedo preguntar qué significado físico se expresa

con cada concepto, y no aceptaré que se me responda con un "porque sí" aunque se disfrace con nombres como "azar" o "rotura espontánea de la simetría".

El azar no puede medirse en ningún laboratorio ni introducirse en una ecuación, aunque a veces se quiere identificar con una probabilidad que no tiene causa conocida. Y cualquier "espontaneidad" tiene que terminar siendo una vez más puro azar o aceptando algún tipo de libre albedrío en la materia, en todos sus niveles.

La ciencia es algo maravillosos, pero está limitada por su metodología: sólo puede hablar de lo que puede medir, y ninguna teoría se considera ciencia si no hay una prueba experimental. Con palabras de John A. Wheeler, la pregunta más importante es "¿Por qué hay algo en lugar de nada?". Y la segunda, "¿Por qué ese algo tiene las propiedades que tiene?" (The Universe as Home for Man, American Scientist, Nov-Dec 1974).

Por nuestro estudio del Universo no podemos sino tratar de entender el "cómo" y algún "por qué" limitado: Cómo comenzó el Universo, cómo ha evolucionado, cómo actúan las fuerzas, cómo producen energía las estrellas, cómo se forman moléculas, por qué es tan duro el diamante, por qué el hielo es menos denso que el agua líquida... pero las preguntas más básicas no pueden responderse en un laboratorio, y recurrir a universos múltiples inobservables para evitar los problemas del único que podemos estudiar es únicamente ciencia ficción.

Si en algo he interpretado mal las ideas o los datos experimentales, agradeceré se me indique dónde están los errores. Siempre me ha interesado la Física, pero también he pensado mucho acerca de la Metafísica de la Materia, que enseñé durante más de 30 años después de obtener mi doctorado en Astrofísica (con el Dr. Cowan, famoso por el descubrimiento del neutrino). Entonces no solamente las teorías mencionadas como nuevas -de grupos y de Supercuerdas- no podían preverse: muchos de sus autores no habían nacido todavía.

A partir de entonces he intentado mantenerme en contacto con nuevas ideas de Física, mientras desarrollaba mis clases de Filosofía de la Naturaleza, no buscando soluciones en fórmulas, sino en conceptos aplicables a la realidad. Puedo pedir que se me tolere con paciencia si parece que soy alguien demasiado anticuado: todavía deseo aprender, y me da cierto consuelo el saber que Einstein mismo, en el período final de su vida, ya era dejado a un lado por no estar "al día" de las corrientes que parecían más prometedoras.

Manuel Carreira es Profesor de la Universidad John Carrol de Cleveland, Estados Unidos, y de la Universidad Comillas, Madrid, así como investigador en el Observatorio Vaticano.

Lunes 5 Abril 2010