

Mayo de 2021

# ¿Está el experimento g-2 del muón, haciendo tambalear las leyes de la Física?

La comunidad científica lo está discutiendo.

## Amalia Betancur

Profesora de Física, Universidad EIA • Ph. D. en Física de Partículas  
Integrante del experimento DUNE de Fermilab

Los científicos han estudiado las leyes de la física por siglos y es mucho lo que han aprendido, especialmente desde el advenimiento del siglo XX. En 1900 Max Planck planteó la muy arriesgada idea de que, para explicar cómo alumbra un bombillo, se debe considerar que la energía de la radiación está repartida en paquetes, es decir, está cuantizada. Esto era impensable en la física de antes, la física clásica de Newton. Como un efecto de bola de nieve, este planteamiento desencadenó muchos avances como el de Heisenberg con su principio de incertidumbre, el de Schrödinger con su teoría de ondas y probabilidades, y el de Einstein con su nuevo entendimiento del espacio y el tiempo. Estas ideas fueron absolutamente revolucionarias. Es así que se encontró que el mundo de lo pequeño tiene comportamientos extrañísimos: una partícula se puede comportar como partícula, si tratamos de verla como partícula, o como onda, si tratamos de verla como onda, no se puede conocer su posición y velocidad con tanta precisión como se quisiera y, además, para ir de un lugar a otro, parece tomar todos los caminos posibles. Estos comportamientos inesperados y que van en contra de nuestra intuición, son, en pocas palabras, los comportamientos del mundo cuántico (Beller, M. 1996). Para llegar a estas conclusiones, los físicos tuvieron que desarrollar teorías y corroborarlas con experimentos. Pero también tuvieron que desarrollar experimentos, encontrar que algo no funcionaba como se esperaba y, entonces, desarrollar teorías que pudieran explicar eso que estaba faltando, como es el caso del desarrollo de Planck. Esta es por cierto la manera en que trabajamos en la física de partículas en la Universidad EIA, hacemos teorías para explicar lo que no entendemos y después buscamos con un experimento llamado DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment) en el que participamos y que es parte del complejo de laboratorios Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab), en Estados Unidos, como se puede explorar dicha teoría.

Todos hemos oído sobre el electrón, pero tal vez no hayamos oído que esta pequeña partícula tiene dos primos, con las mismas propiedades, pero más pesados: uno es el muón y el otro, el tauón. El muón vive muy poco, se desintegra en algo más de una millonésima de segundo después de que se produce. No obstante, en ese pequeñísimo tiempo que vive, podemos aprender mucho sobre sus propiedades. Sabemos por ejemplo que tiene una característica llamada momento magnético, es decir, tiene la capacidad de interactuar con un imán (o campo magnético). La teoría tiene unas predicciones muy específicas sobre esta capacidad del muón de interactuar con un imán y estas predicciones vienen de lo que llamamos la teoría clásica de la física, pero también de la teoría rara, la nueva teoría de la física, la cuántica. La teoría cuántica entra en el cálculo porque cualquier partícula o fuerza con la que pueda interactuar el muón afecta un poco su momento magnético. Así que, encontrar que el experimento mide un poco más de momento magnético (así sea solo un poquito más) que lo que predice la teoría cuántica, puede implicar que hay otras partículas o fuerzas nuevas que simplemente son tan sutiles que hasta ahora no habíamos notado su presencia.

Recientemente, un experimento llamado "g-2 del muón", también ubicado en Fermilab, ha publicado sus resultados donde compara sus mediciones del momento magnético del muón con la predicción teórica y ha encontrado que hay diferencias entre ellas, algo nos debe estar faltando (Abi, B., et al. 2011). Más aun, ya otro experimento, el BNL E821 en Brookhaven (NY, USA) (Bennett, G. 2006) había encontrado un resultado similar, lo que hace esto más interesante y factible. En la física nos gusta corroborar los resultados que da un experimento, haciendo otro parecido, pero mejorado, es parte del método científico.

*Anillo de almacenamiento del experimento g-2 muón de Fermilab. En este anillo, los muones son puestos en circulación e interactúan con el campo magnético, esta interacción permite una medida precisa del momento magnético del muón.*



Algunos medios de comunicación alrededor del mundo han querido indicar que el resultado nos lleva a entender que algo no concuerda con las leyes de la física hasta ahora conocidas, que estas están tambaleando, pero esto es impreciso. La razón es que las leyes que rigen este tipo de comportamientos han sido sometidas a pruebas en muchos otros contextos y experimentos y han sido validadas en la mayoría de estos. Más bien, lo que puede mostrar el experimento "g-2 del muón" es que debemos extender la teoría, no reemplazarla, es decir, podría indicar que hay nuevas fuerzas o nuevas partículas que no hemos descubierto.

No es esta la única evidencia que tenemos de que tal vez haya más fuerzas o partículas de las que conocemos. Por ejemplo, sabemos que el 80% de la materia no está hecha de lo que conocemos, protones, neutrones y electrones, está hecha de algo que no entendemos y se le llama materia oscura (Aghanim, N., et al. 2020). Creemos que esta consiste en una o varias partículas hasta ahora desconocidas para nosotros y que no hemos podido identificar. Venimos teniendo evidencias de la presencia de esta materia desde los años 30 y con el correr de las décadas, las evidencias se han hecho más fuertes y variadas. Si necesitamos más ingredientes para que las teorías de la física y el resultado del experimento "g-2 del muón" concuerden, no es sorprendente, ya que otras evidencias apuntan a que deben existir más partículas o fuerzas.

El resultado presentado por "g-2 del muón" ha llevado a que la comunidad científica esté casi que de fiesta desde que fue publicado. Así las estemos buscando por otras partes, encontrar nuevas partículas es algo muy notable, encontrar nuevas fuerzas, todavía más; y, de hecho, la explicación que más se ha encontrado en los artículos científicos es que es una nueva fuerza, "la quinta fuerza". Algo único. Pero, como científicos debemos ser cautelosos por dos razones.

La primera, estas medidas hay que hacerlas muchísimas veces para asegurarnos de que tenemos el valor correcto; a esto le llamamos la estadística de los datos. Con los resultados reportados en el "g-2 muón", se tiene que la probabilidad de que estos sean una fluctuación estadística, es decir, algo que aparece al azar, pero no es algo nuevo desde la física, es de 1 en 40000. Suena muy poco probable que esto sea azar, pero es que el mundo cuántico es complejo. Entonces, para que realmente se considere un descubrimiento en la física de partículas (la física que estudia estos fenómenos), se necesita que la probabilidad sea de 1 en más de 3 millones, es decir, ¡faltan datos! Y por esto el experimento continuará.

Segunda y, en mi opinión, la más importante: tenemos que estar seguros de que sabemos calcular muy bien la teoría. Recientemente, físicos han publicado un artículo en la prestigiosa revista Nature donde dicen que haciendo ciertos cálculos nuevos (que son supremamente complicados) encuentran que la teoría y el experimento están de acuerdo, es decir, ni partículas ni fuerzas nuevas (Borsanyi, et al. 2021). Esto todavía debe ser verificado por otros físicos. Hay varios grupos trabajando en esto. Otra vez, el método científico.

Aún falta para que celebremos este resultado como un nuevo descubrimiento en la física, pero no cabe duda que los muones son interesantes y podrían ser la ventana al mundo de las partículas que nos están faltando. Solo el tiempo, más datos del experimento y mejores cálculos de la teoría lo dirán. Tal como ha sucedido en ocasiones anteriores, es probable que esto nos permita un entendimiento más completo y profundo del universo que habitamos.

#### REFERENCIAS

- Beller, M. (1996). The conceptual and the anecdotal history of quantum mechanics. Foundations of Physics, 26(4), 545-557.*
- Abi, B., Albahri, T., Al-Kilani, S., Allspach, D., Alonzi, L. P., Anastasi, A., ... & Lusiani, A. (2021). Measurement of the positive muon anomalous magnetic moment to 0.46 ppm. Physical Review Letters, 126(14), 141801.*
- Bennett, G. 2006. Final report of the Muon E821 anomalous magnetic moment measurement at BNL. Phys. Rev. D, 73.*
- Aghanim, N., Akrami, Y., Ashdown, M., Aumont, J., Baccigalupi, C., Ballardini, M., ... & Roudier, G. (2020). Planck 2018 results-VI. Cosmological parameters. Astronomy & Astrophysics, 641, A6.*
- Borsanyi, S., Fodor, Z., Guenther, J. N., Hoelbling, C., Katz, S. D., Lellouch, L., ... & Varnhorst, L. (2021). Leading hadronic contribution to the muon magnetic moment from lattice QCD. Nature, 1-5.*