

El efecto Casimir cumple sesenta años.

La fuerza de la nada

Por Guillermo Mattei | gmattei@df.uba.ar

Asociación de ideas. La lagartija tropical que camina por los cielorrasos desafiando la gravedad y la evaporación de los agujeros negros. Ciertos dispositivos nanotecnológicos y la materia con la cual construir una máquina del tiempo. La nada del vacío y el todo del Universo. ¿Una idea en común? El efecto Casimir.

El video de orientación de la Iniciativa DHARMA (Iniciativa de Departamento de Heurística e Investigación en Aplicaciones Materiales, tal la traducción de la sigla al castellano) reverbera en las paredes de la Estación 6, también llamada La Orquídea. “Las propiedades únicas de la isla se relacionan con el efecto Casimir, lo que nos permite realizar experimentos en el espacio y el tiempo”, proclama el doctor



Entrada del hipotético agujero de gusano que conecta dos momentos del Pabellón I de Ciudad Universitaria con 40 años de diferencia.

Cuando Casimir le comentó al físico danés Niels Bohr, uno de los padres de la mecánica cuántica, sobre la atracción entre dos placas conductoras, éste masculló algo acerca de la “energía del vacío”. Eso fue suficiente para que Casimir le diera la forma final a sus hallazgos.

“El vacío en la física es algo bastante más complejo de lo que uno supone en la vida cotidiana. Cuando decimos que una habitación está vacía, inmediatamente pensamos en que no hay cosas. Sin embargo, para ser rigurosos con el término, también habría que sacar todo el aire. Y no solo eso, sino también extraer todo tipo de radiación electromagnética, como la luz. Es más, deberíamos no solo mantener las paredes de la habitación a temperatura de cero absoluto, para evitar irradiación de ondas electromagnéticas, sino que tendríamos que blindar con plomo todo el exterior para que no entren partículas viajeras”, describe Mazzitelli.

Suponiendo que fuera posible sacar objetos, aire, radiación y partículas, el vacío resultante ¿no sería el lugar más aburrido del mundo para desarrollar física interesante? Mazzitelli no duda: “No, todo lo contrario. Como consecuencia del llamado *Principio de incertidumbre de Heisenberg* de la Mecánica Cuántica, nunca podremos anular completamente los campos eléctricos y magnéticos: ellos siempre *fluctuarán* con una cierta energía asociada que es la que se llama *energía de Casimir o del vacío*”, explica el investigador. En otras palabras, aun en presencia de un vacío ideal, las fluctuaciones del campo electromagnético siempre están. Mazzitelli concluye que la energía del vacío depende del tamaño de la hipotética habitación evacuada o, más específicamente, de la distancia entre sus paredes, lo cual se traduce en la aparición de una fuerza entre ellas.



Hendrik Casimir

Edgar Halliwx desde el añoso videocasete. “La bóveda de la Estación Orquídea está construida adyacente a lo que creemos es una bolsa de materia exótica cargada negativamente”, reflexiona Faraday con tono de autoridad académica. “El efecto Casimir podría explicar por qué la isla tendría cualidades temporales y espaciales extrañas, como por ejemplo la diferencia de tiempo que hay entre ella y el resto del mundo o que pueda ser movida -todavía no sabemos si en el espacio o en el tiempo- tal como lo indica la aparición de Ben en África o del oso polar que vio Charlotte en la isla”, es la desapasionada pero analítica descripción en Internet de uno de los tantos blogs de *Lost* al término de la cuarta temporada de la serie.

Lost es una serie de culto de la ciencia-ficción, seguida por millones de televidentes en todo el mundo en los últimos tres años. El efecto Casimir es una teoría y sus experimentos de la ciencia física estudiados por decenas de investigadores en todo el mundo en los últimos sesenta años.

Atracción vital

Alrededor de los 20, la mecánica cuántica explicaba cómo dos de las llamadas moléculas polares (como la del agua) ejercían fuerzas de atracción mutua, denominadas de Van der Waals. Sin embargo, el hecho de que hubiera experimentos que mostraban moléculas no polares o neutras, en lo que a la distribución de carga eléctrica se refiere (como las del gas helio), que también exhibían ese tipo de fuerzas, fue un misterio hasta que el físico Fritz London sentenció: “son las fluctuaciones del vacío de los constituyentes con carga de las moléculas”.

De todas maneras, la idea de London no alcanzaba a explicar algunos experimentos con suspensiones coloidales que se llevaban a cabo en los holandeses Laboratorios Philips. Inspirado en estos fenómenos, en 1948, Hendrik Casimir —en ese momento, presidente de la Philips— y sus colaboradores comunicaron, en tres publicaciones científicas, sus conclusiones, explicaciones y predicciones sobre el tema. Esos trabajos no fueron rutina académica sino un verdadero hito de las ciencias físicas y un inmejorable ejemplo del poder

de una ciencia natural formalizada con el lenguaje de la matemática que, a la vez, es capaz de dialogar con la Naturaleza por medio del experimento.

Por echar mano a lo más sofisticado de la física del momento, los cálculos de Casimir y su colega Dik Polder fueron complicados, pero los resultados y sus predicciones fueron llamativamente simples, elegantes y bellos. Una de las derivaciones del trabajo de Casimir fue la extensión de su formalismo al caso de la fuerza ejercida, ya no entre átomos o moléculas, o átomos y cavidades metálicas, sino entre dos placas conductoras. La fuerza atractiva en este caso es directamente proporcional al área de las placas, e inversamente, a la cuarta potencia de la separación entre ellas. Por esta razón, la fuerza es solo apreciable a cortas distancias entre las placas: en separaciones de diez millonésimas de milímetro (cientos de veces el tamaño típico de un átomo), la fuerza es equivalente a una atmósfera de presión.

Finalmente, en 1960, el soviético Evgeny Lifshitz, famoso por su coautoría con Lev Landau de una de las series más ambiciosas de textos de Física, logró encerrar todo el conocimiento disponible sobre el efecto Casimir en una obra de arte de la física matemática.

En la Argentina también se consigue

El profesor del Departamento de Física de la FCEyN, Diego Mazzitelli, hace diez años que trabaja, entre otros temas, en el efecto Casimir. “Cuando leí el comentario del renombrado Nóbel de física 1965, Julian Schwinger, acerca de que el fenómeno de la *sonoluminiscencia* —una burbuja de aire dentro de un líquido que emite luz al colapsar por aplicación de adecuadas ondas mecánicas— podía tener su ansiada explicación en las llamadas *fluctuaciones del vacío* asociadas al efecto Casimir, decidí aventurarme en ese tema”, admite Mazzitelli (Ver Recuadro “Cuando la nada...”).

“Lo que hacen los físicos experimentales del efecto Casimir es generar vacío entre las dos placas conductoras paralelas muy cercanas y analizar la energía como una

Un boleto para viajar en el tiempo.

La energía negativa proviene del llamado *Principio de Incertidumbre de Heisenberg*, que demanda que la densidad de energía de cualquier campo, como el eléctrico y el magnético, fluctúe aleatoriamente aun cuando, en promedio, esa magnitud sea nula como en el caso del vacío. El vacío cuántico nunca se acaba, al menos en el sentido clásico del término.

El mecanismo de la llamada evaporación de los agujeros negros —predicha por Stephen Hawking en 1974— que, en sí misma, parece una contradicción —ya que nada podría escapar de ellos— involucra energía negativa. Pero no hay contradicción: la energía positiva saliente, que se observa como radiación emitida, está balanceada por un flujo de energía negativa entrante a causa de la tremenda distorsión gravitatoria que produce el agujero negro en el espacio-tiempo circundante y, así, el valor disponible de la energía total se mantiene a salvo.

Otro escenario en el que la energía negativa es protagonista es el de los *agujeros de gusano* (Ver EXACTAMENTE No. 30, pag. 34) o atajos del espacio-tiempo que permiten conectar dos sitios y dos momentos muy alejados entre sí. A fines de los '80 el físico Kip Thorne (MIT, Estados Unidos) y varios colegas concluyeron que estos túneles podrían *fabricarse* tan grandes como para permitir el paso de un hombre o una nave espacial. El hecho es que, para evitar el colapso del túnel y mantenerlo abierto se necesita una energía gravitacionalmente repulsiva en su interior, lo cual se lograría con la llamada *materia exótica* de energía tan negativa como la que hay entre las placas del efecto Casimir.



función de la distancia entre ellas.”, explica Mazzitelli. En ese punto, la mecánica cuántica mete su cola probando tener la habilidad de confundir la intuición de los hombres y, así, es posible disponer de energía por unidad de volumen menor que la nada, o sea negativa. (Ver Recuadro “Menos que...”). “La energía, que es negativa, se hace más negativa cuanto más cerca estén las placas y, como la Naturaleza prefiere ir al estado de mínima energía, la fuerza se hace más atractiva minimizando la distancia”, explica Mazzitelli y agrega: “esta fuerza, de origen cuántico que domina en cortos alcances, incluso por sobre la fuerza electrostática o *coulombiana*, sigue siendo de naturaleza electromagnética pero aparece entre objetos descargados o neutros”.

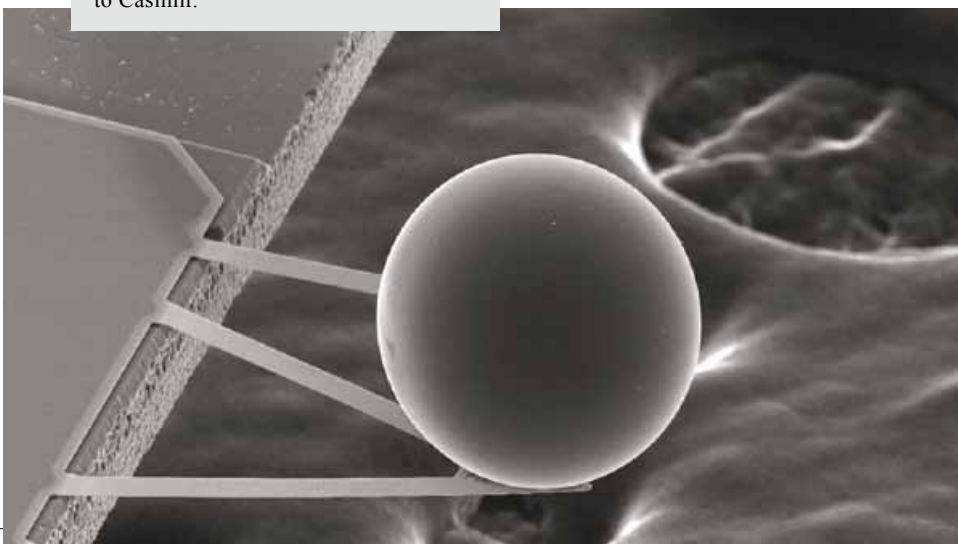
“Si las placas metálicas no están a distan-

cia fija, sino que se aceleran relativamente, la teoría predice la emisión de radiación electromagnética o fotones, lo cual es toda una rama de estudio de la energía de Casimir”, amplía Mazzitelli. Lo impactante de este fenómeno terrenal es que está en un total y llamativo acuerdo con la formulación de la llamada evaporación de los agujeros negros postulada por Stephen Hawking en los 70.

No solo de teoría vive el físico

A los pocos años de la predicción de Casimir para las placas conductoras, comenzaron a montarse los primeros experimentos para comprobar la esperada atracción. Marcus Spaarnay, de la Philips, logró demostrarla en 1958 aunque con grandes errores experimentales. Recién en 1973 se registró el primer experimento que ajustó con considerable precisión, pero fue Steve Lamoreaux (Laboratorio Nacional de los Álamos, Estados Unidos) quien, en 1997, se llevó los lauros por alcanzar el primer acuerdo satisfactorio entre la teoría y el experimento. “La medición de la fuerza, con péndulos de torsión, microscopios de fuerza atómica y dispositivos microelectrónicos, actualmente alcanza una precisión, en algunos experimentos y según lo que reportan sus autores en la literatura científica, menor al 1%”, enfatiza Mazzitelli.

En lo que a las aplicaciones se refiere, Mazzitelli anticipa: “Hay evidencia de que esta fuerza va a ser relevante en el mediano





La enigmática constante

Ninguna observación cosmológica resultó ser tan perturbadora como el descubrimiento de la llamada *energía oscura*, en 1998. Cuando los físicos dicen que la energía es oscura, se refieren a aquella que parece diferir de la asociada a cualquier onda o partícula conocida. Si bien no se sabe demasiado qué es la energía oscura, sus manifestaciones sobre la expansión del universo son bien conocidas. El estudio de las explosiones de estrellas supernovas a fines de los '90 indicaron que el universo se expande aceleradamente como si una fuente esparcida por todos los rincones del espacio la motorizara.

Técnicamente, los físicos dicen que la energía oscura podría ser algo llamado la *constante cosmológica*. *Constante*, porque mantiene su valor sin importar dónde y cuándo se la mida o en qué estado de movimiento se encuentre el observador y, *cosmológica*, porque no tiene una explicación u origen en términos de onda o partícula viajando por el espacio.

Mucho antes de 1998, Einstein ya se había topado con razonamientos de este tipo en sus famosas ecuaciones, cuando intentaba que describieran un universo estático y eterno. Por su parte, la mecánica cuántica también tuvo algo que decir al respecto, que la energía del vacío estaría ligada a la constante cosmológica. Sin embargo, había un inconveniente: los cálculos que aportaba la mecánica cuántica llevaban a un valor de la constante cosmológica compatible con un ritmo de expansión tan frenético que ninguna estructura podría haberse formado en el universo. Y ahí quedó planteado el dilema: la constante cosmológica actual mide un valor positivo levemente superior a cero, el formalismo con el cual cuentan los físicos hoy en día no logra explicarlo, pero alrededor de la energía del vacío podría estar la respuesta. Lo inimaginablemente pequeño y lo inimaginablemente grande tienen algo que los liga, ni más ni menos.

plazo en dispositivos nanotecnológicos". Se predicen tanto novedosas cintas adhesivas que emularán el uso que de la fuerza de Van der Waals hacen ciertas lagartijas tropicales que no caen al *caminar* por los cielorrasos, como también micromáquinas sin fricción con partes móviles que levitarán, empleando los llamados *meta-materiales* con los cuales se puede lograr que la fuerza sea repulsiva.

Acerca de las configuraciones geométricas que demandan los experimentos, Fernando Lombardo, profesor del Departamento de Física de la FCEyN asociado con Mazzitelli en esta línea de investigación, ilustra: "Actualmente, nuestro grupo hizo nuevas propuestas teóricas que se realimentan con los resultados experimentales de un colega italiano con el que hay una colaboración mutua". Si bien los experimentos precisos del efecto Casimir involucran una esfera y un plano —ya que posicionar dos placas perfectamente paralelas es muy difícil— Lombardo aclara que el hecho de que haya poca superficie enfrentada hace que las fuerzas sean muy débiles y esquivas de medir. "Desde varios puntos de vista, parece entonces muy conveniente usar una combinación geométrica intermedia como la de un cilindro y un plano. Nosotros pensamos que con esta configuración se podría medir la fuerza a distancias más grandes y también abordar algunos problemas abiertos tales como la dependencia de la fuerza de Casimir con la conductividad eléctrica o con la temperatura de los materiales", concluye Lombardo.

Hace unos cien años, los profesores de las academias de Física sentenciaban, inapelables, que los átomos eran demasiado pequeños para ser observados, ¿algún profesor se atrevería hoy a postular que nunca habrá una Iniciativa DHARMA que pueda manipular las insignificantes fluctuaciones de la nada? |



- Exactas va a la escuela: charlas gratuitas de divulgación científica y paneles de investigadores de la Facultad de Exactas en los colegios.
- Programa de Experiencias Didácticas: prácticas en los laboratorios para alumnos secundarios.
- Visitas y recorridos por los laboratorios de la Facultad.
- Charlas sobre cada una de nuestras carreras.



La Dirección de Orientación Vocacional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA organiza todas estas actividades pensadas para alumnos de los últimos años de los colegios secundarios.



Con distintas prácticas, todas ellas apuntan a difundir las carreras de ciencias entre quienes estén próximos a realizar su elección vocacional.



Para más información, los directivos de escuelas, los docentes o los alumnos pueden comunicarse con nosotros al 4576-3337 o por correo electrónico a dov@de.fcen.uba.ar

