

II Encuentro Matemático del Caribe

Universidad Tecnológica de Bolívar & Universidad del Sinú Seccional Cartagena

Septiembre 09 - 12, 2020, Cartagena de Indias - Colombia

Condiciones de borde sobre campos cuánticos: el efecto Casimir

Tipo: (ponencia)

ALBERTO LEÓN GIRALDO ZULUAGA *

Resumen

La imposición de condiciones de borde sobre campos cuánticos puede dar lugar a la aparición de fuerzas entre las superficies que imponen dichas condiciones. Este fenómeno se conoce como *efecto Casimir*, y está asociado exclusivamente a las fluctuaciones del estado fundamental de energía de dichos campos. En esta charla se discutirán diferentes condiciones de borde incluidas como potenciales dentro del formalismo de la integral funcional. Estos potenciales representan el acople o interacción entre el campo cuántico y las condiciones de borde impuestas.

Palabras & frases claves: Efecto Casimir, energía del vacío, integral funcional.

1. Introducción

La analogía entre los campos cuánticos y un número infinito de osciladores armónicos permite concluir que la energía más baja -asociada al vacío- no toma un valor nulo, sino que por el contrario esta sea divergente. Esta energía, conocida como *energía de punto cero*, no es observable y por lo tanto no tiene ninguna implicación física. Para tener alguna manifestación de esta se deben considerar situaciones diferentes al vacío libre, mediante objetos que impongan condiciones de borde sobre los campos. En tales sistemas, interesa conocer la respuesta ante variaciones de tales condiciones.

*Universidad Tecnológica de Bolívar, e-mail: agiraldo@utb.edu.co

En 1948 H. B. G. Casimir consideró un ejemplo en el que esta modificación del vacío puede ser implementada a través de dos placas paralelas enfrentadas, separadas por una distancia. Si las placas se consideran como conductoras perfectas, esto impone una condición sobre los posibles modos del campo que se pueden propagar, dado que la componente tangencial del campo eléctrico y la normal del campo magnético se anulan en la superficie de un conductor perfecto en reposo. La idea de Casimir consideró, tal como ocurre en mecánica clásica, que solo las diferencias de energía tienen un significado físico. Por lo tanto, al estudiar como variaba la energía de vacío del campo electromagnético al cambiar la separación, encontró que aparece una fuerza atractiva entre las placas. Debido que en la electrodinámica clásica la fuerza entre dos placas neutras es cero, este efecto tiene un carácter netamente cuántico, conocido con el nombre de *Efecto Casimir*, y su estudio teórico ha tomado un especial protagonismo durante los últimos 40 años, surgiendo extensiones naturales del problema.

Una de ellas es considerar que las placas no son estáticas, sino que tienen algún tipo de fluctuación, por ejemplo se trata de un espejo oscilando. En este caso las condiciones de borde pasan a ser dependientes del tiempo y ocurre un fenómeno análogo a la producción de pares en el vacío debido a la acción de un campo externo. En este caso la acción del campo está representada por la frontera que oscila, y por lo tanto realiza trabajo mecánico sobre el vacío, transfiriendo, en las condiciones apropiadas, la energía necesaria para que se creen partículas reales. Dado que en este caso las condiciones de borde son no estacionarias, a este fenómeno se le denomina *Efecto Casimir dinámico*.

Adicional a este fenómeno, también el movimiento de las condiciones de borde puede generar efectos disipativos que no sean debidos a la excitación de partículas del campo de vacío. Por ejemplo, si ahora consideramos dos placas en movimiento relativo con velocidad constante en una dirección paralela a su superficie, se producirá una excitación en los grados de libertad microscópicos de las placas. Lo anterior puede entenderse como una consecuencia del intercambio de fotones virtuales entre las dos superficies, generando una fricción de no contacto, ocurriendo un fenómeno que se conoce con el nombre de *fricción cuántica o fricción de Casimir*.

Referencias

- [1] Matthew D. Schwartz. Quantum Field Theory and the Standard Model. Cambridge University Press, 2014
- [2] C. D. Fosco, A. Giraldo, and F. D. Mazzitelli, Dynamical Casimir effect for semitransparent mirrors. *Phys. Rev. D*, **96**, 045004, August 2017.
- [3] Belén Farías, M. and Fosco, César D. and Lombardo, Fernando C. and Mazzitelli, Francisco D. and Rubio López, Adrián E. Functional approach to quantum friction: Effective action and dissipative force. *Phys. Rev. D*, **91**, 105020, May 2015.