

Potenciales Ópticos de Ondas Evanescentes en Óptica Atómica y Plasmónica Cuántica

Angela M. Guzmán

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

amguzmanh@unal.edu.co

RESUMEN:

El potencial de van der Waals/Casimir-Polder (vdW/CP) [1] describe la interacción de un átomo o molécula con una superficie a través del campo electromagnético de vacío. La óptica atómica y la plasmónica tienen como componente clave la generación de ondas evanescentes en interfaces entre dos dieléctricos y metal/dieléctrico, mediante la reflexión total interna de un láser o en una configuración Kretschmann [2]. En un espejo atómico, la onda evanescente produce un potencial óptico repulsivo que sumado a la interacción de vdW/CP crea una pared de potencial reflectante cuyo máximo depende de la potencia del láser. La medición del máximo del potencial provee información sobre el potencial de vdW/CP [3]. La plasmónica cuántica [4] involucra el estudio de la interacción cuántica de la luz con nanoestructuras con interfaces dieléctrico / metal. El campo evanescente en la vecindad de estructuras plasmónicas micro y submicrométricas puede confinarse a distancias inferiores a la longitud de onda de la luz y monitorearse para generar micropotenciales superficiales para átomos ultrafríos a distancias inferiores a una micra [5]. En ambos casos, para obtener el máximo del pared de potencial se ha supuesto que el potencial de vdW/CP es independiente de la potencia del láser que genera la onda evanescente. Sin embargo, la dependencia del máximo del potencial con la potencia del láser observada experimentalmente puede explicarse teniendo en cuenta la fuerza entre el dipolo inducido por el láser en los átomos y su dipolo imagen [6]. A. Dogariú y sus colaboradores mostraron que la acción mecánica de la luz, o fuerza inducidas ópticamente sobre la punta de prueba de un microscopio de fuerza atómica puede ser usada para medir la topografía de campos electromagnéticos [7], en particular la de una onda evanescente, es decir, que la fuerza ejercida por una superficie sobre los átomos en presencia de una onda evanescente es diferente a la fuerza de vdW/CP debida al campo de vacío.

La cuantización estándar del campo electromagnético en el espacio libre, que típicamente toma la forma de una expansión en ondas planas homogéneas, no admite ondas evanescentes y no es válida en presencia de interfaces entre dieléctricos o entre dieléctrico y metal. Carniglia y Mandel [8] introdujeron un método de cuantización usando como base modos triplete (ondas incidente, reflejada y evanescente) que satisfacen las ecuaciones macroscópicas de Maxwell para medios continuos con condiciones de frontera apropiadas. Con un método similar, Y. O. Nakamura [9] introdujo la cuantización de plasmones de superficie no-radiativos en una base de dobletes de ondas evanescentes propagándose a lo largo de una interfaz dieléctrico-metal y acopladas con ondas electrónicas de densidad en el metal. El cálculo del potencial óptico producido por una onda evanescente se realiza comúnmente en la aproximación local, lo que reduce los efectos de los modos triplete (o doblete) a los de una onda evanescente individual. Siguiendo la formulación original del cálculo de la fuerza de radiación resonante [10], exploramos aquí efectos no locales de los modos triplete en la interacción átomo-superficie que puedan conllevar una modificación de la interacción de vdW/CP.

Referencias

- [1] H. B.G. Casimir and D. Polder, *Phys. Rev.* 73, 360 (1948)
- [2] N. Bartolo et al., *Physical Review A* 93, 042111 (2016)
- [3] A. Landragin et. al. *PRL* 77, 1464 (1996)
- [4] L. Piazza et al. *Nature Communications* 6, 6407 (2015)
- [5] C. Stehle et al., *Nature Photonics* 5, 494 (2011)
- [6] A.M. Guzmán, *Proc. SPIE*, Vol 5622, p. 348-353 (2004); *Frontiers in Optics 2004*, documento FThQ4. OSA (2004).
- [7] D. C. Kohlgraf-Owens, S. Sukhov and A. Dogariú, *Optics and Photonics News*, December 2012, p 39.
- [8] C. K. Carniglia y L. Mandel, *Phys Rev D* 3 (2), 280 - 296 (1971)
- [9] Y. O. Nakamura, *Progress of Theoretical Physics*, Vol. 70(4), 908-919 (1983)
- [10] R. J. Cook, *Phys. Rev. Lett.* 44, 976 (1980)