

Ondas Evanescentes en Óptica Atómica y Plasmónica Cuántica

Angela M. Guzmán

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

amguzmanh@unal.edu.co

RESUMEN:

Las ondas evanescentes pueden actuar como espejos atómicos y reflejar átomos ultrafríos (a temperaturas de los nanoKelvin), o confinarlos cerca de superficies metálicas como en la trampa de doble onda-evanescente [1]. Por ello son un componente clave de la óptica atómica y parte esencial de la plasmónica. 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 [2].

La plasmónica cuántica [3] involucra el estudio de la interacción cuántica de la luz con nanoestructuras con interfaces dieléctrico / metal. A escala nanométrica la naturaleza cuántica de las ondas evanescentes cobra relevancia; sin embargo, 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. Dado que las ondas evanescentes en esas interfaces se originan en interacciones microscópicas entre luz y materia, podría parecer en principio que para cuantizar una onda evanescente se requiere una descripción cuántica del material y su interacción con el campo electromagnético. Carniglia y Mandel [4] introdujeron un procedimiento alternativo, donde el campo electromagnético, incluyendo la onda evanescente, se trata efectivamente como una onda libre, mediante la solución de las ecuaciones macroscópicas de Maxwell para medios continuos con condiciones de frontera apropiadas. Con un método similar, Y. O. Nakamura [5] introdujo la cuantización de plasmones de superficie no-radiativos cuya naturaleza onda-partícula fue demostrada recientemente [6]. Para interfaces entre dieléctricos los modos electromagnéticos consisten en un triplete de ondas: onda incidente, reflejada y onda evanescente; para plasmones en un doblete de ondas propagándose en una interfaz dieléctrico-metal con amplitud decayendo exponencialmente con la distancia a la interfaz. Los modos triplete (modificados apropiadamente) han sido utilizados recientemente para calcular el efecto de los láseres usados para generar plasmones en configuración Kretschmann sobre la interacción Casimir Polder. [7]

Utilizamos aquí los modos triplete (o doblete) en vez de una onda evanescente individual [8] para describir la interacción átomo-superficie, lo que resulta en términos adicionales en el potencial óptico que pueden ser interpretados como una modificación de la interacción de Casimir Polder debida a la estructura modal del campo.

Referencias

- [1] M. Hammes et al., Phys. Rev. Lett. 90 (17) 173001 (2003)
- [2] C. Stehle et al., Nature Photonics 5, 494 (2011)
- [3] L. Piazza et al. Nature Communications 6, 6407 (2015)
- [4] C. K. Carniglia y L. Mandel, Phys Rev D 3 (2), 280 - 296 (1971)
- [5] Y. O. Nakamura, Progress of Theoretical Physics, Vol. 70(4), 908-919 (1983)
- [6] M. S. Tame et al. Nature Physics 9, 329-340 (2013)
- [7] N. Bartolo et al., Physical Review A 93, 042111 (2016)
- [8] A. M. Guzmán, Proc. SPIE, Vol. 5622, 348 - 353, (2004); Frontiers in Optics 2004, documento FThQ4. OSA (2004)