

# Evaluación de la calidad visual con una lente intraocular multifocal antes de su implantación quirúrgica.

**Anna Giner<sup>1</sup>, Mikel Aldaba<sup>1</sup>, Sergio O. Luque<sup>2</sup>, Maria Borrat<sup>3</sup>, Toni Salvadó<sup>3</sup>,  
Montserrat Arjona<sup>1</sup>, Jaume Pujol<sup>1</sup>**

1. CD6 (Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas), Universitat Politècnica de Catalunya (Rambla Sant Nebridi, 10, 08222 Terrassa, Barcelona)
2. 10Lens S.L.U (Calle Júpiter 11, Loc.10, 08228 Terrassa, Barcelona)
3. Hospital Universitari Mútua de Terrassa (Placa del Dr. Robert, 5, 08221 Terrassa, Barcelona)

**Resumen:** Uno de los métodos usados para la corrección de la presbicia es la implantación quirúrgica de una lente intraocular multifocal (LIOM). Este tipo de lentes pueden comprometer la calidad visual del paciente pero hasta ahora solo se podía evaluar después de su implantación. En este trabajo evaluamos la utilidad de un nuevo instrumento clínico para determinar la calidad visual de un paciente con una LIOM antes de que sea implantada.

La presbicia es el defecto visual relacionado con la edad que se basa en la pérdida de la capacidad del ojo de enfocar objetos cercanos [1]. Dado que la presbicia cada vez afecta a más población, la búsqueda de como corregirla o solucionarla es un tema de gran interés. Uno de los métodos usados para su corrección es la implantación quirúrgica de una lente intraocular multifocal (LIOM) [2].

Recientemente, se ha empezado a comercializar un nuevo instrumento clínico denominado VirtIOL (IOLens S.L.U) que permite determinar la calidad visual de un paciente con una LIOM antes de su implantación. Dadas las ventajas que podría aportar en el campo clínico, el objetivo de este estudio ha sido realizar una primera evaluación de la utilidad del VirtIOL para estimar la calidad visual que tendrá el paciente una vez implantado.

Para llevar a cabo este estudio se midieron la Agudeza Visual (AV) y Sensibilidad al Contraste (SC) de 10 pacientes que iban a ser implantados con una LIOM en un ojo, y que ya llevaban implantada otra LIOM en el otro ojo. Todas las medidas se hicieron para visión lejana y cercana y sin dilatar. La AV fue medida a través de una carta de optotipo de Bailey Lovie de sistema decimal, y la SC fue obtenida con el test CSV1000.

El estudio se dividió en dos sesiones. En la primera sesión el paciente ya tenía un ojo implantado con la lente multifocal MPlus (Lentis® MPlus Oculentis®) y el otro ojo aún sin implantar. Al ojo no implantado se midieron la AV y la SC cuando observaba a través del VirtIOL con la lente MPlus introducida en el ojo artificial del instrumento y al ojo implantado se le evaluaba la calidad visual también a través del VirtIOL pero introduciendo una lente intraocular monofocal (ARTISAN® OPHTEC) en el ojo artificial. En la segunda sesión, se midieron las AVs y las SCs de ambos ojos a ojo desnudo. Además, durante la primera sesión se hizo una comparación subjetiva de la percepción visual al observar una letra y una luz puntual entre el ojo implantado y el no implantado. Los valores comparativos estaban comprendidos entre 0 y 5, siendo 0 diferentes y 5 iguales.

Dado que la distribución de los datos no era normal, todos los resultados de las diferencias entre la primera y la segunda sesión para cada ojo se han expresado como mediana y diferencia entre cuartiles ( $M_e$  (Q3, Q1)) y han sido los siguientes: las diferencias entre AV en visión lejana y en visión cercana han sido: 0.10(0.20, 0.00) y 0.10(0.23, 0.08) en el ojo implantado en la segunda sesión y 0.00(0.20, 0.00) y 0.00(0.03, 0.00) en el ojo implantado desde la primera sesión. En el caso de cada una de las cuatro frecuencias en las que se ha evaluado la sensibilidad al contraste a 3, 6, 12 y 18 ciclos/º han sido: 0.37(0.46, -0.15), 0.39(1.42, 0.00), 0.60(1.08, 0.00) y 0.47(0.51, 0.023), respectivamente, para el ojo implantado en la segunda sesión y 0.15(0.39, -0.04), 0.26(0.71, -0.08), 0.61 (1.08, 0.00) y 0.24(0.51, 0.00) para el ojo implantado desde la primera sesión. En el caso de la comparación subjetiva de la percepción visual fue: 3.00 (4.00, 3.00) y 2.00 (3.00, 2.00) para visión lejana y cercana respectivamente comparando una letra, y de  $3.00 \pm (4.00, 2.00)$  y  $2.00 (3.00, 2.00)$  en la comparación de una luz puntual.

A partir de estos resultados podemos decir que el nuevo instrumento VirtIOL es una herramienta útil para evaluar la calidad visual del paciente con una LIOM antes de la implantación. Probablemente las diferencias encontradas entre el implante virtual y el real están asociadas a los posibles problemas de opacificación del cristalino habituales en el rango de edad en el que se encuentran los pacientes.

## Referencias

- [1]. Glasser A, Campbell MCW. "Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age." Vision Res, 38 (2): 209 – 29 (1998).
- [2] Orchowky, M., Simpson, M.; *Multifocal intraocular lenses; Capítulo 3, "Lentes intraoculares Bifocales, multifocales y acomodativas en cirugía del cristalino"*, 1ª Edición, SECOIR, MAC LINE, S.L (2007).

# Degenerate parametric oscillation in membrane cavity optomechanics

Carlos Sánchez-Muñoz<sup>1</sup>, Mónica Benito<sup>2</sup>, and Carlos Navarrete-Benlloch<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Dep. de Física Teórica de la Materia Condensada, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, Spain.*

<sup>2</sup> *Instituto de Ciencia de Materiales, CSIC, Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain.*

<sup>3</sup> *Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-str. 1, 85748 Garching, Germany.*

**Resumen:** Modern quantum technologies offer a window into physical models that seemed untestable not long ago. We show that optomechanical cavities are currently operated in a regime in which one of such elusive models, the degenerate parametric oscillator, can be implemented via proper multi-chromatic drivings. Holding the paradigm of a dissipative quantum phase transition whose associated spontaneously broken symmetry is discrete, this is among the most relevant fundamental models in the field of open system dynamics.

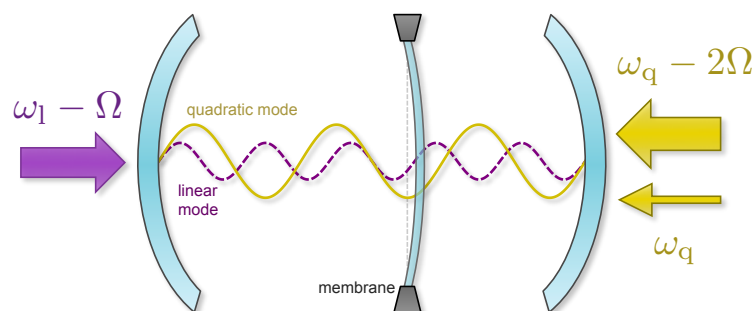
Together with lasing, degenerate parametric oscillation has possibly the best-studied quantum optical dissipative model. The main motivation for studying such a model came from nonlinear optics, in particular from the possibility of implementing it in optical parametric oscillators [1]: cavities containing a second order nonlinear crystal that, when pumped with a laser at frequency  $\omega_p$ , are capable of generating a field at the subharmonic frequency  $\omega_p/2$  through parametric down-conversion. Defining the annihilation operator  $a$  for photons in the subharmonic mode, the model is formulated as the following evolution equation for its state  $\rho$ :

$$\dot{\rho} = [\sigma(a^{\dagger 2} - a^2), \rho] + \gamma(2a\rho a^{\dagger} - a^{\dagger}a\rho - \rho a^{\dagger}a) + \Gamma(2a^2\rho a^{\dagger 2} - a^{\dagger 2}a^2\rho - \rho a^{\dagger 2}a^2), \quad (1)$$

where the first and last terms describe, respectively, coherent exchange and irreversible loss of photon pairs into the pumping laser, while the second one accounts for damping through the mirrors.

Unfortunately, in optical implementations the  $\omega_p/2$  degenerate down-conversion has to compete with non-degenerate processes in which the photon pairs are generated at frequencies  $\omega_1$  and  $\omega_2$  such that  $\omega_p = \omega_1 + \omega_2$  (energy conservation), and it is simple to show that phase-matching (momentum conservation) always gives preference to one of these processes above the phase transition. In other words, despite the great deal of work invested on this system, degenerate optical parametric oscillation does not exist in reality.

In this work we prove that modern quantum technologies in which a mechanical degree of freedom is dispersively coupled to the light field of a cavity, allow for a realistic implementation of this long-awaited model. We focus on a system consisting of an oscillating dielectric membrane embedded in an optical cavity, see Fig. 1, and show how the conditions under which these setups are currently operated [2,3], together with the proper multi-chromatic driving, make the experimental analysis of degenerate parametric oscillation accessible with present technology.



**Fig. 1.-** Setup proposed for the observation of degenerate parametric oscillation in a mechanical degree of freedom. The membrane is dispersively coupled to two driven cavity modes. One of them, denoted by ‘linear’ because its frequency depends linearly on the membrane’s displacement ( $\omega_l$  is its bare value), tries to cool down the membrane’s fundamental mode (with oscillation frequency  $\Omega$ ) close to its quantum mechanical ground state, hence controlling the rate  $\gamma$  in Eq. (1). The other mode, denoted by ‘quadratic’ because in this case its frequency varies quadratically with the membrane’s displacement, contains two tones, one at the resonant frequency  $\omega_q$  and another at the two-phonon sideband  $\omega_q - 2\Omega$ . The combination of these two tones induces the coherent and incoherent two-phonon processes needed for degenerate parametric oscillation, and, through their power, they allow for an independent tuning of  $\Gamma$  and  $\sigma$  in Eq. (1).

## Referencias

- [1] P. Meystre and D. F. Walls (eds.), *Nonclassical Effects in Quantum Optics* (American Institute of Physics, 1991).
- [2] J. D. Thompson et al., “Strong dispersive coupling of a cavity to a micromechanical membrane”, *Nature* **452**, 72 (2008).
- [3] M. Karuza et al., “Tunable linear and quadratic coupling for a membrane within a cavity”, *J. Opt.* **15**, 025704 (2013).