Enfriamiento Optomecánico con Parámetros Dependientes del Tiempo

Pablo Enrique Yanes Thomas

22 de enero de 2016

Objeto de Estudio

Se estudió el enfriamiento de un sistema optomecánico compuesto por un tambor mecánico acoplado a una cavidad optica mediante un laser. En particular se trató el caso donde la frecuencia natural del tambor es una función periódica del tiempo.

Sistemas Optomecánicos

Interacción entre un sistema mecánico y un sistema óptico, hay varios tipos posibles:

- Espejos suspendidos
- Microresonadores
- Objetos Suspendidos

Se trató con un sistema del primer tipo.

El Sistema

Se estudió un sistema equivalente a una cavidad de Fabry-Perót con uno de los espejos sujetos a un resorte. Este se acopla de manera paramétrica al campo electromagnético de la cavidad. Se estudió un régimen donde el acoplamiento es débil.

Estudios Anteriores

El sitema se ha estudiado antes [1], sin embargo la dependencia temporal no se tomó en cuenta durante la aproximación de Markov. Existe un procedimiento que sí toma esto en cuenta y lleva a una mejor descripción [2]. Se siguió este procedimeitno y se llegó a una mejor ecuación maestra para describir este sistema particular.

Base de Decaimiento

Base de vectores propios del operador de Lindblad que se obtiene en la ecuación:

$$\mathbf{L}_a\rho = -\frac{A}{2}(\nu+1)[a^\dagger a\rho + \rho a^\dagger a - 2a\rho a^\dagger] - \frac{A}{2}(\nu)[aa^\dagger\rho + \rho aa^\dagger - 2a^\dagger\rho a]. \tag{1}$$

Estos son de la forma:

$$a^{\dagger l}\frac{(-1)^n}{(\nu+1)^{l+1}} : L_n^l[\frac{a^\dagger a}{\nu+1}]e^{-[\frac{a^\dagger a}{\nu+1}]} : \quad l \geq 0, \tag{2}$$

$$\frac{(-1)^n}{(\nu+1)^{|l|+1}} : L_n^{|l|}[\frac{a^\dagger a}{\nu+1}]e^{-[\frac{a^\dagger a}{\nu+1}]} : a^{|l|} \quad l \leq 0, \tag{3}$$

Oscilador Armónico Dependiente del Tiempo

Se resuelve clásicamente mediante teoría de Floquet[3]. En este trabajo se trató el caso donde la frecuencia natural es de la forma:

$$k(t) = \nu_0 + \epsilon cos(2\omega t). \tag{4}$$

La solución clásica es

$$f(t) = e^{i\omega t} + \frac{\epsilon}{16} e^{3i\omega t} \tag{5}$$

Operadores de Floquet

Equivalentes a los operadores de escalera del oscilador armónico para el caso donde la frecuencia natural del oscilador es una función periódica del tiempo. Dependen de la solución clásica del oscilador mecánico dependiente del tiempo. Estos son

$$\Gamma(t) = \frac{1}{2i}(\dot{f}(t)\sqrt{\frac{2}{\hbar m}}\hat{x} - f(t)\sqrt{\frac{\hbar}{2m}}\hat{p}), \tag{6}$$

y su complejo conjugado

Se tiene un mejor modelo de disipación al sustituir operadores de Floquet en la ecuación (1) y por tener la misma algebra esta queda resuelta por la base (2). La ecuación resultante es

$$\dot{\rho} = \frac{\gamma}{2}(N+1)(2\Gamma\rho\Gamma^{\dagger} - \Gamma^{\dagger}\Gamma\rho - \rho\Gamma^{\dagger}\Gamma) + \frac{\gamma}{2}N(2\Gamma^{\dagger}\rho\Gamma - \Gamma\Gamma^{\dagger}\rho - \rho\Gamma\Gamma^{\dagger}) \tag{7}$$

Marc Bienert, Pablo Barberis-Blostein.
Optomechanical laser cooling with mechanical modulation.
Physical Review Letters A, 2015.

Sigmund Kohler, Thomas Dittrich† , Peter Hänggi.
Floquet-markov description of the parametrically driven, dissipative harmonic quantum oscillator.
Phys.Rev. E55, 30 Sep 1998.

M. Ward.
Supplement: Floquet Theory and the Mathieu's Equation.