Construcción y Caracterización de una Fuente de Pares de Fotones a Partir de un Cristal PPKTP

Juan Sebastián Vargas[1]

Departamento de Física
Universidad de los Andes

November 30, 2017

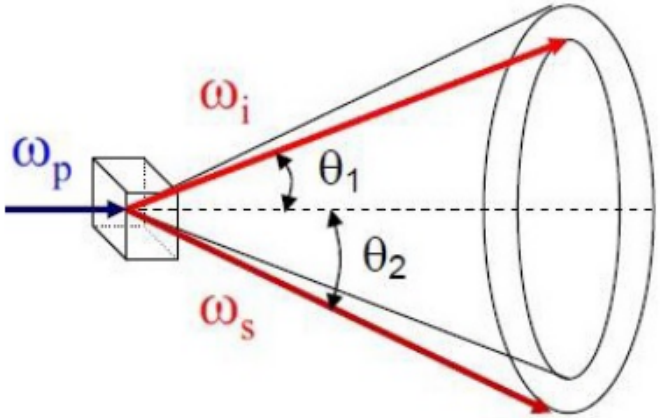
Producción Pares Correlacionados

En los últimos años, uno de los métodos predilectos de producción de pares de fotones ha sido el **SPDC** (*Spontaneous Parametric Down-Conversión*) mediante el uso de cristales (no lineales), como por ejemplo: el **BBO** (*Beta Barium Borate*), el **KDP** (*Potassium Dihydrogen Phosphate*) y el **PPKTP** (*Periodically Poled Potassium Titanyl Phosphate*).

Breve Estado del Arte...

El **SPDC** es un proceso (cuántico) en el que al bombardear un medio (opticamente no lineal) con un fotón de cierta frecuencia, se producen "espontaneamente" dos fotones de menor frecuencia[2]. Dicho proceso satisface:

$$\omega_p = \omega_i + \omega_s \quad \text{y} \quad k_p = k_i + k_s + \frac{2\pi}{\Lambda(T)}$$



Halmitoniano

$$\hat{H} = \epsilon_0 \int_V d^3r \chi^{(2)} \hat{E}_p^{(+)} \hat{E}_s^{(-)} \hat{E}_i^{(-)} + H.c.$$

$$E_p^{(+)} = E_0 e^{i(k_p z - \omega_p t)} \qquad \hat{E}_j^{(-)} = -i\sqrt{\frac{\hbar\omega_j}{2\epsilon_0 V}} \hat{a}_j^\dagger e^{-i(k_j z - \omega_j t)}.$$

Al asumir que E_p y E_j viajan en dirrección z

Evolución Temporal

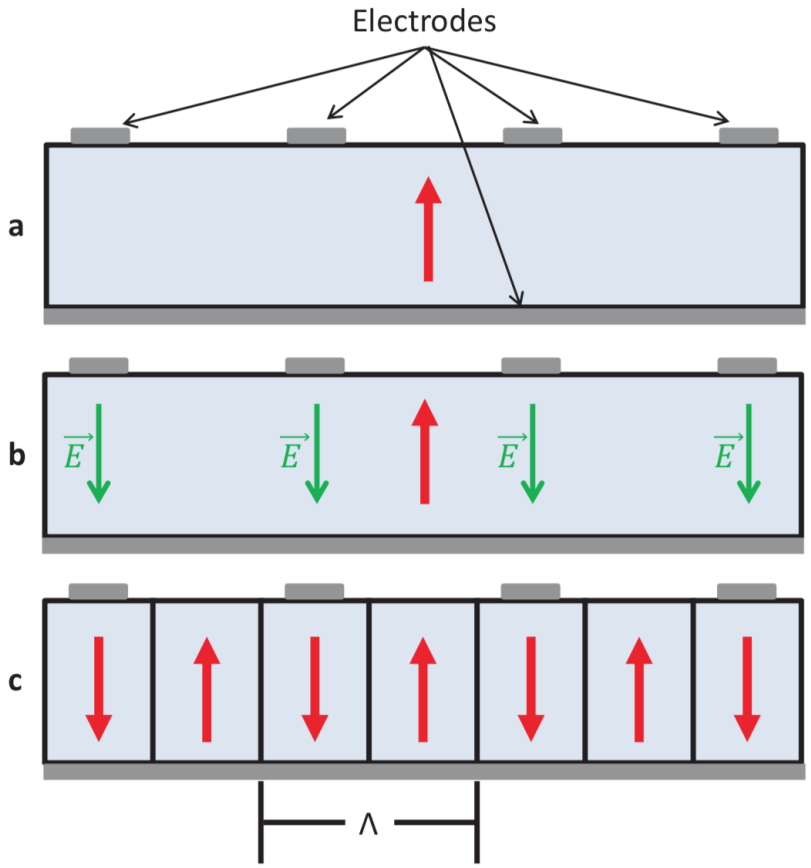
$$|\psi(t)\rangle = |\text{vac}\rangle + \frac{1}{i\hbar}\int_0^t dt' \hat{H}(t')|\text{vac}\rangle.$$

$$|\psi(t)\rangle \sim \frac{iE_0\sqrt{\omega_s\omega_i}}{2}\chi^{(2)}e^{i\frac{\Delta\omega}{2}t}e^{i\frac{\Delta k}{2}L_z}\delta\left(\frac{\Delta\omega}{2}\right)\text{sinc}\left(\frac{\Delta k L_z}{2}\right)|1\rangle_s|1\rangle_i.$$

Recuperamos las condiciones que enunciamos al inicio
$\omega_p = \omega_i + \omega_s$ y $k_p = k_i + k_s$

Quasi-phasematching

Para que el SPDC ocurra necesitamos que Δk sea cercana a 0, y si $\chi^{(2)}$ tiene un comportamiento 'extraño'.



Quasi-phasematching

Si este $\chi^{(2)}$ lo describimos asi:

$$\chi^{(2)}(z) = \chi_0^{(2)} \operatorname{sgn}\left(\cos \frac{2\pi z}{\Lambda}\right)$$

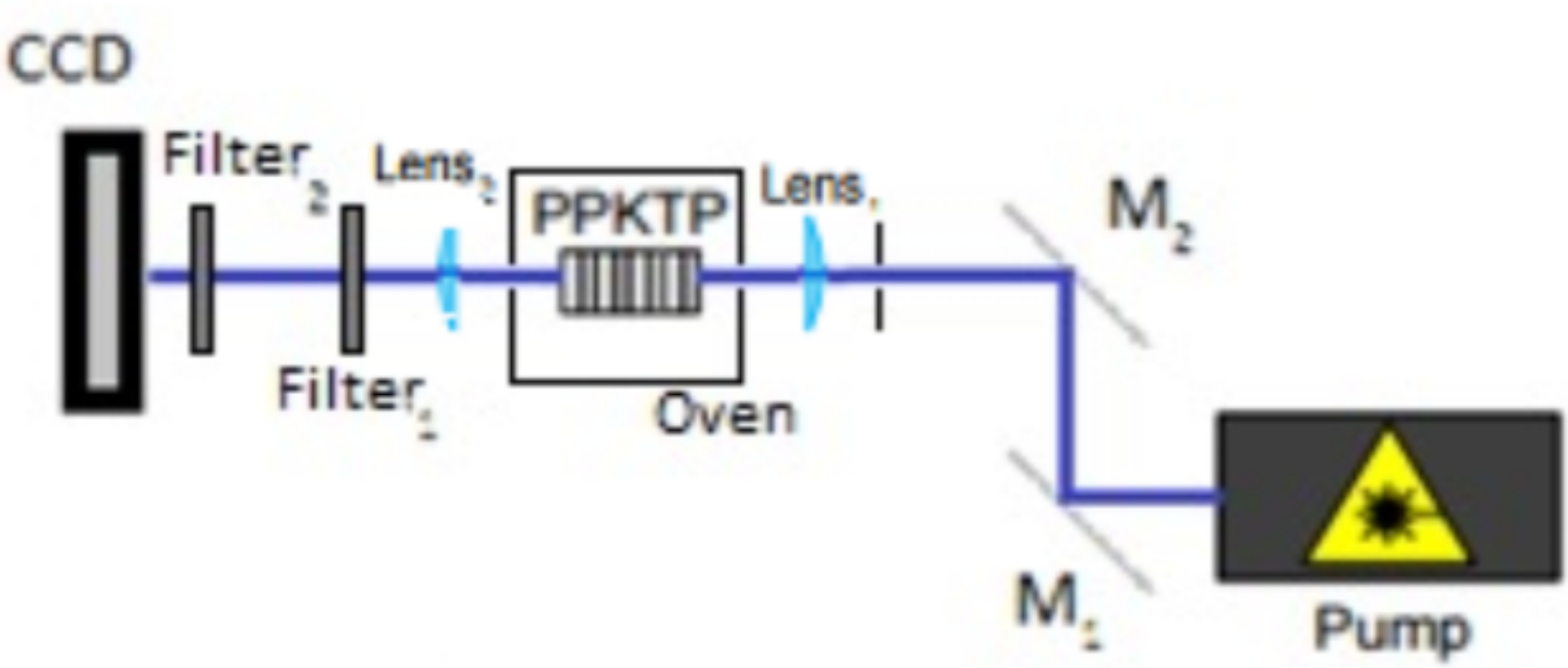
Ahora si obtenemos la condicion del inicio: $k_p = k_i + k_s + \frac{2\pi}{\Lambda(T)}$

Con base en estas ideas, se pueden clasificar los cristales de acuerdo a:

- El tipo de polarización que tiene el haz producido:Tipo 0, Tipo I y Tipo II [1].
- El perfil espacial del haz producido (Distribución de intensidad en el espacio): colineal y no colineal [1].
- Su respuesta a los cambios de temperatura, $\Lambda(T)$ [3] y [4].

Montajes Experimentales y Métodos

En la universidad de los Andes se habia iniciado el trabajo con un cristal PPKTP, el montaje que se uso para observar los anillos de Luz de la salida del cristal fue:



Cesar Milan

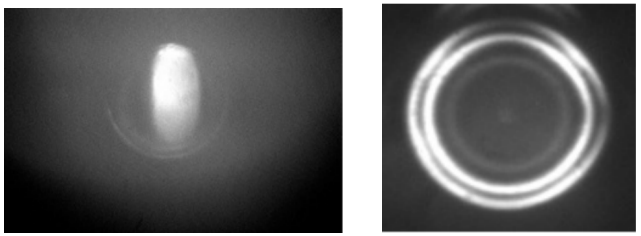


Figure: Imágenes tomadas de [1], perfil espacial a temperatura ambiente y perfil espacial a $40^o C$.

Tambien se han realizado medidas a mayores temperaturas, se utilizo el montaje[2]:

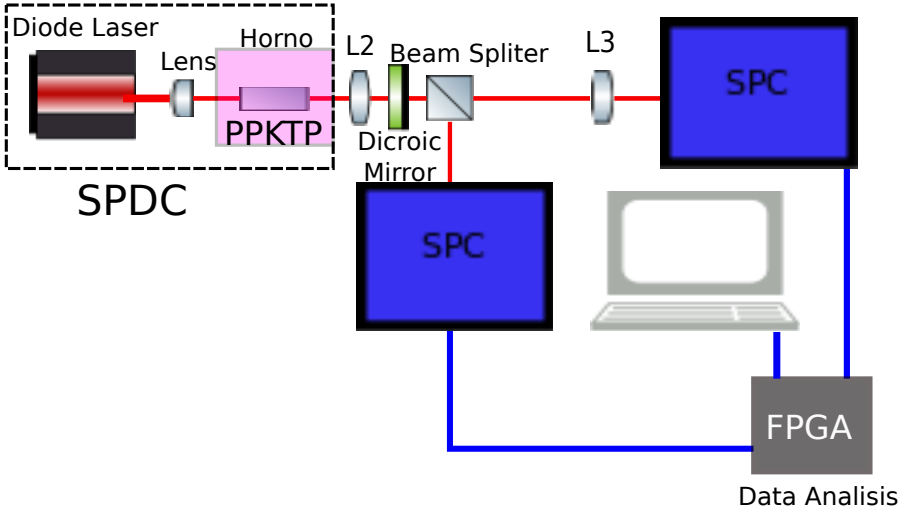


Figure: Montaje General

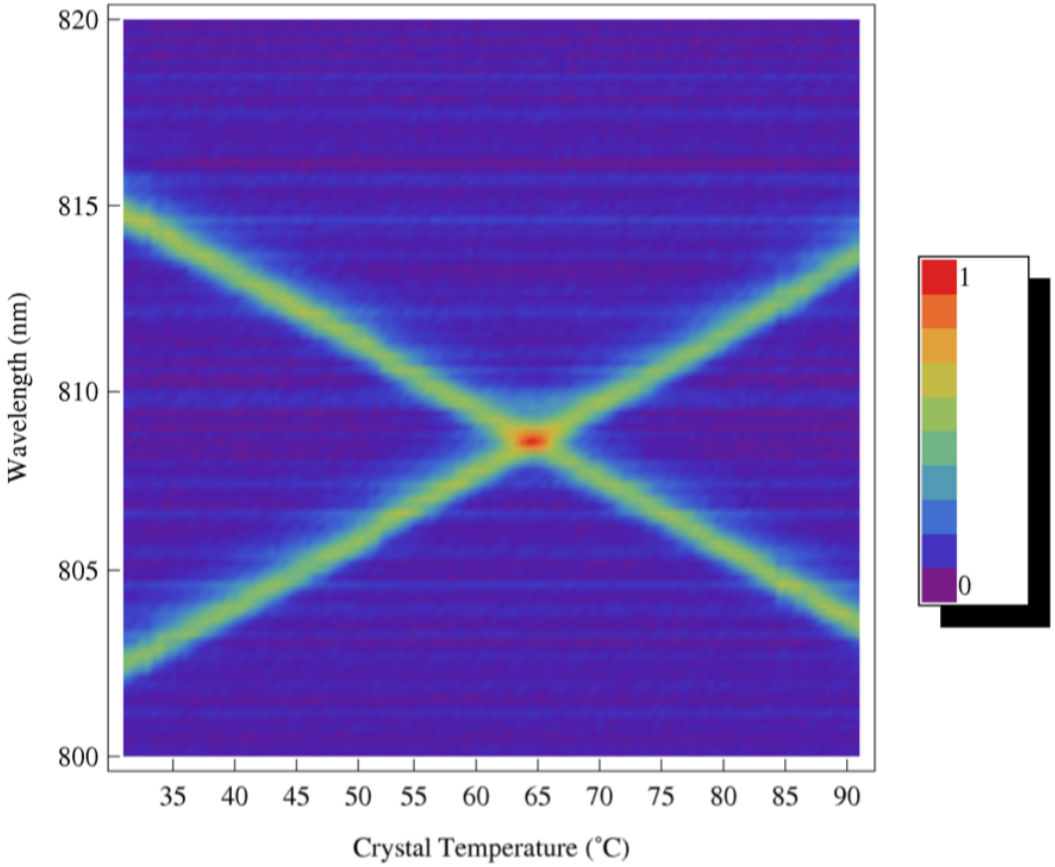


Figure: Mediciones reportadas en [2]

Montaje Experimental y Métodos: El horno y el Cristal

El cristal tiene unas dimensiones de $1 \times 2 \times 10mm^3$, para obtener la máxima eficiencia se debe concentrar la máxima intensidad sobre el cristal. Se utiliza una lente de $100mm$ de longitud focal.

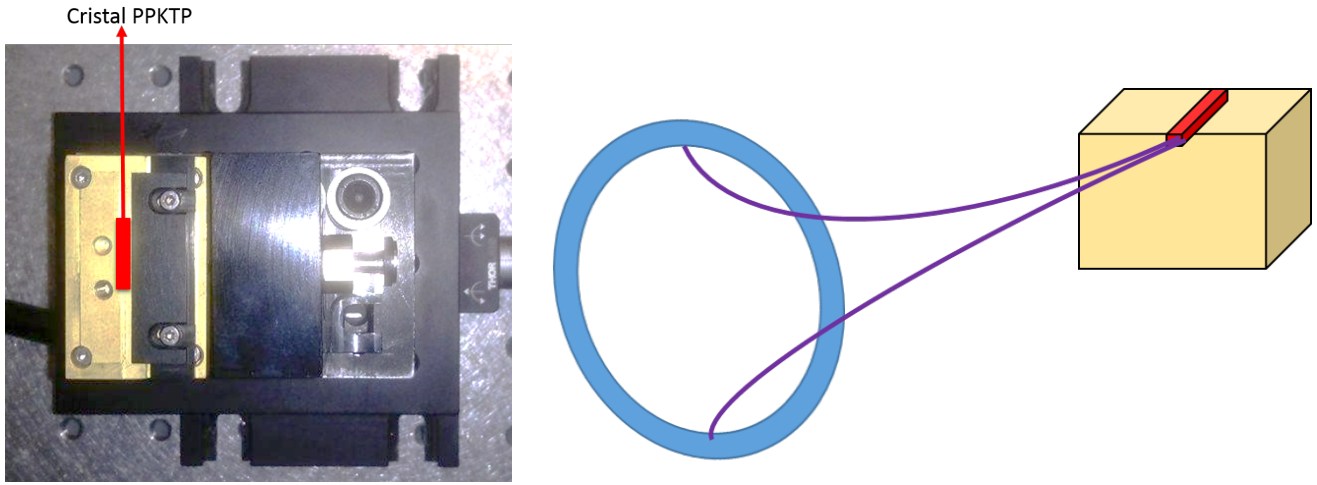


Figure: Fotografía del horno de pruebas e ilustración del enfoque del haz sobre el cristal

Montaje Experimental y Métodos: El Horno

Medición de la temperatura del horno donde se aloja el cristal, se observa un máximo estable de $133,75^{o}C$, ideal para llevar a cabo los objetivos propuestos en este trabajo.

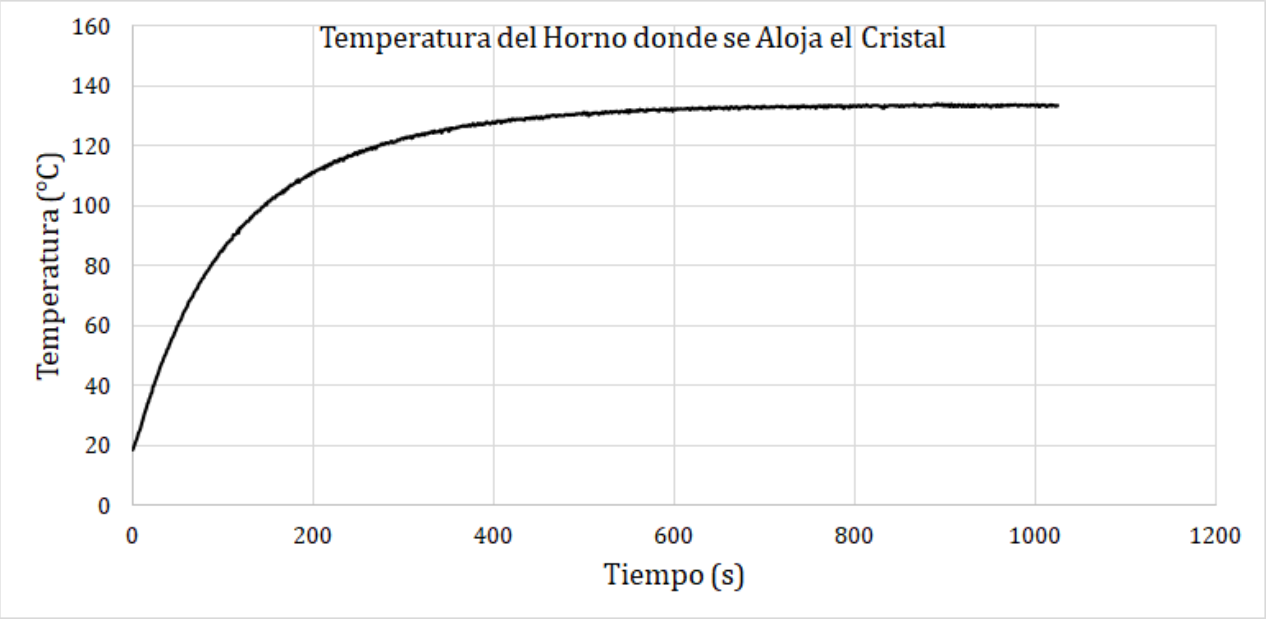


Figure: Obtención de la temperatura ideal. Agradecimientos Jonny Tenorio. Grupo de Óptica Cuántica. Universidad de los Andes.

Reporte Mediciones: Últimos avances.

Luego de una mejor alineación y de usar una lente más adecuada (200mm), se pudieron obtener las siguiente imágenes[1].

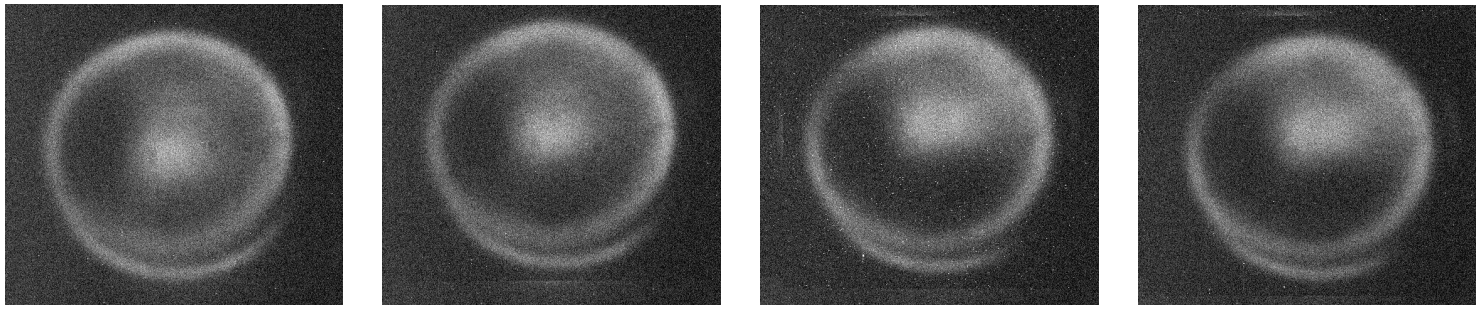


Figure: Mediciones a temperatura ambiente $18^o C$.

C. D. Villan
Caracterización teórica y experimental de la luz producida por un cristal PPKTP.
Universidad de los Andes.

D. R. Hamel
Realization of novel entangled photon sources using periodically poled materials .
University of Waterloo, Ontario, Canadá.

W. H. Peeters and M. P. van Exter
Optical characterization of periodically-poled KTiOPO4.
OSA Vol 16, No. 10. (2008)

A. Fedrizzi, T. Herbst, A. Poppe, T. Jennewein and A. Zeilinger
A wavelength-tunable fiber-coupled source of narrowband entangled photons.
OSA Vol 15, No. 23. (2007)