



# MEDICIÓN DE LA TRANSFORMADA FRACCIONAL DE FOURIER

Pablo Enrique Salazar Granados\*, Alejandra Catalina Valencia González, José Ricardo Mejía Mora y Jose Alejandro Gutiérrez Cifuentes

Laboratorio de Óptica Cuántica, Universidad de los Andes, A.A. 4976, Bogota, D.C., Colombia

E-mail: p.salazarg@uniandes.edu.co

## Introducción

La Transformada Fraccional de Fourier (FrFT) es una generalización de la clásica Transformada de Fourier que permite analizar señales en dominios intermedios en el espacio de fase. Esta herramienta matemática ha encontrado aplicaciones importantes en óptica, procesamiento de señales y sistemas de imágenes, donde proporciona un marco unificado para describir la propagación de la luz a través de sistemas ópticos. En este trabajo, se presenta la implementación experimental de la FrFT en una mesa óptica, utilizando lentes y elementos difractivos para realizar mediciones precisas de transformaciones fraccionales de dos haces gaussianos.

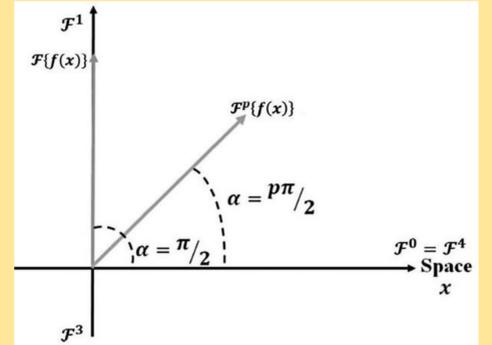
## Marco teórico

### TRANSFORMADA FRACCIONAL DE FOURIER

Se basa en concatenar  $a$  veces la transformada de Fourier, transformando de  $p$  a  $q$  en " $a$  pasos". Esto permite transformar  $p$  a una superposición de  $q$  y  $p$  en el espacio de fase.

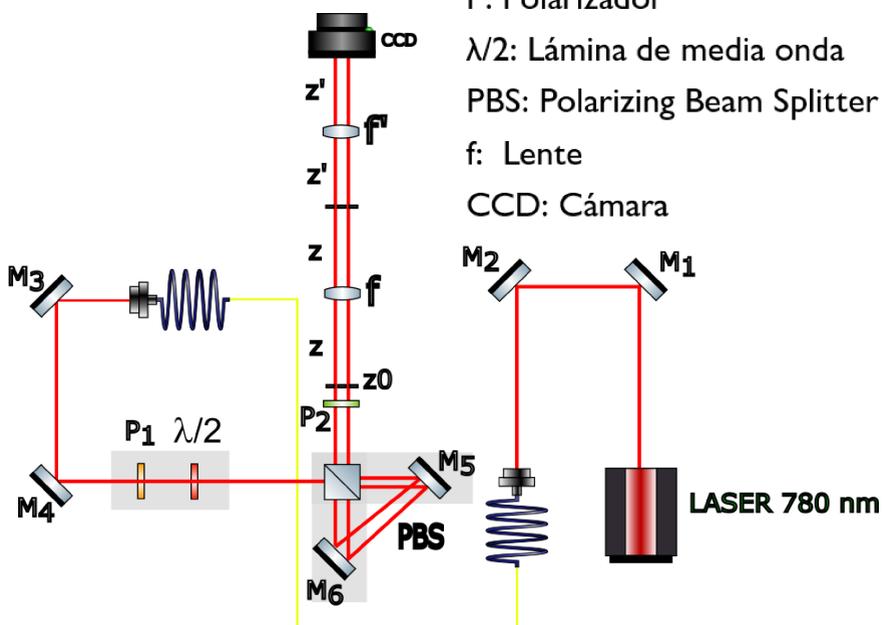
$$F^a\{f(x)\} := \underbrace{(F \circ F \circ \dots \circ F)}_a\{f(x)\} = g_a(p\hbar)$$

Experimentalmente para los haces de luz transformados, se debe escalar el eje de superposición por un factor  $\frac{2\pi}{\lambda f_1}$ , esto asegura que nuestro eje tenga unidades de momento.



## Transformada Fraccional en el montaje óptico

Fig. 1. Montaje experimental para la medición de la transformada fraccional de Fourier.



M: Espejo  
P: Polarizador  
 $\lambda/2$ : Lámina de media onda  
PBS: Polarizing Beam Splitter  
f: Lente  
CCD: Cámara

## Parámetros para variar

Cambiando la lente del montaje obtenemos los parámetros para medir la transformada fraccional.

$$\theta = a\pi/2$$

$$f, f' = \frac{f_1}{\sin(\theta)}$$

$$z, z' = \tan(\theta/2)f_1$$

$$f_1 := \text{lente } 250 \text{ mm}$$

f (mm)	f' (mm)	$\theta$ (rad)	z (cm)	z' (cm)
1000	-	0.253	3.18	0
750	-	0.340	4.29	0
500	-	0.524	6.70	0
400	-	0.675	8.78	0
300	-	0.985	13.42	0
250	-	$\pi/2$	25.00	0
250	1000	1.823	25.00	3.18
250	750	1.911	25.00	4.29
250	500	2.094	25.00	6.70
250	400	2.246	25.00	8.78
250	300	2.556	25.00	13.42

Tabla I. Valores para  $z$  y  $\theta$  para diferentes transformadas fraccionales de Fourier.

## Resultados

### Transformada de Fourier para $\theta = 0$

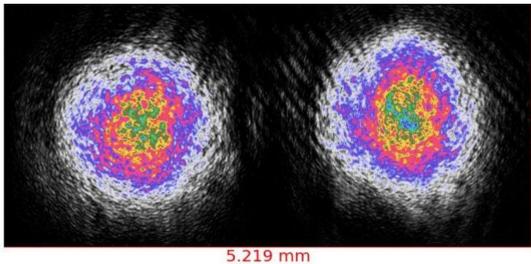


Fig. 2. Imagen cámara CCD transformada para  $\theta = 0$ , sin lente.

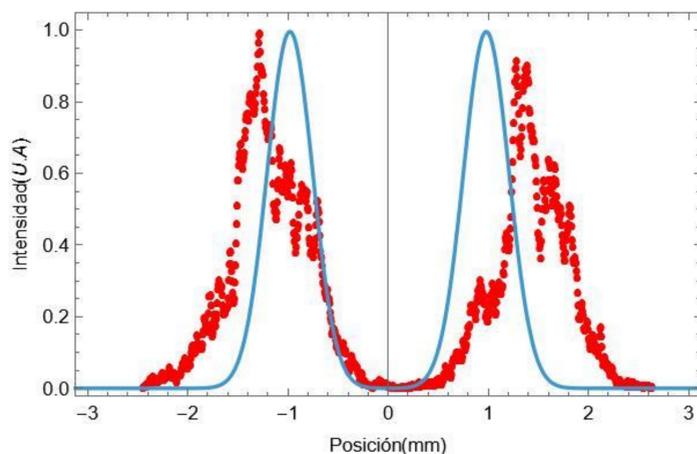


Fig. 3. Transformada experimental para  $\theta = 0$  comparada con la función teórica para  $\theta = 0$ .

### Transformada de Fourier para $\theta = \frac{\pi}{2}$

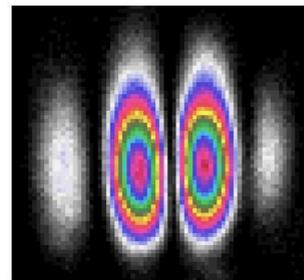


Fig. 4. Imagen cámara CCD transformada para  $\theta = \frac{\pi}{2}$ , lente 250 mm.

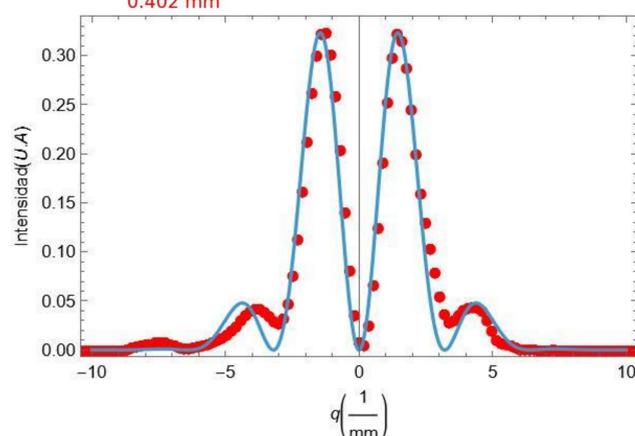


Fig. 5. Transformada experimental para  $\theta = \frac{\pi}{2}$  comparada con la función teórica para  $\theta = \frac{\pi}{2}$ .

## Trabajo a futuro

Medir mayor cantidad de ángulos para lograr diferentes transformadas fraccionales de Fourier.

## Referencias

- [1]: Pedro Enrique Piñeros Lourenco. Emulating the Wigner function of an odd cat state by means of classical light fields. 2023.
- [2]: Sebastián Menjura, Reconstruction of the Wigner function for a cat state using a classical Gaussian Beam. 2023
- [3]: Santiago Usuga, Medición óptica de la transformada fraccional de Fourier. 2024