

Medida de coherencia de un fotón anunciado

M.F. Morris ¹, M.E. Villalobos ², y M. Núñez *

* Profesora asistente, Departamento de Física, Universidad de los Andes
¹Departamento de Física, Univ. de Los Andes, 111711 Bogotá, Colombia.

¹mf.morris@uniandes.edu.co
²me.villalobos@uniandes.edu.co



Abstract

Se realizó un estudio sobre la medición de la función de coherencia $g^{(2)}(\tau)$ de un fotón anunciado. En este caso se usa una fuente de un fotón SPDC de tipo II colineal, junto con un arreglo de divisores de haz y dos posibles detectores de coincidencias: FPGA y Q_{tools} que permiten diferentes ventanas de tiempo. Para esto, se tiene una fuente de dos fotones entrelazados con polarización perpendicular, lo que posibilita la división de los fotones y así tener un fotón que anuncia en el idler la llegada de un fotón en el signal. Se exponen mediciones experimentales esperadas de la función de correlación temporal de un fotón anunciado con un interferómetro Hanbury Brown and Twiss, y la influencia del delay de coincidencias en la profundidad de la gráfica de la $g^{(2)}(\tau)$.

1. Introducción

¿Cómo se puede mejorar los métodos de comunicación, teniendo en la cuenta la seguridad y las nuevas tecnologías de la información?
 ¿Cómo se puede obtener solo un fotón?

- * El interferómetro de intensidades de Hanbury Brown y Twiss permite determinar la coherencia de un par de haces de luz en términos de la corriente producida por los fotones de los haces[1].
- * **SPDC:** Una fuente de *spontaneous parametric down-conversion* SPDC de tipo II es una fuente de pares correlacionados probabilística[2]. ¿Cómo funciona? ¿Qué problemas hay?

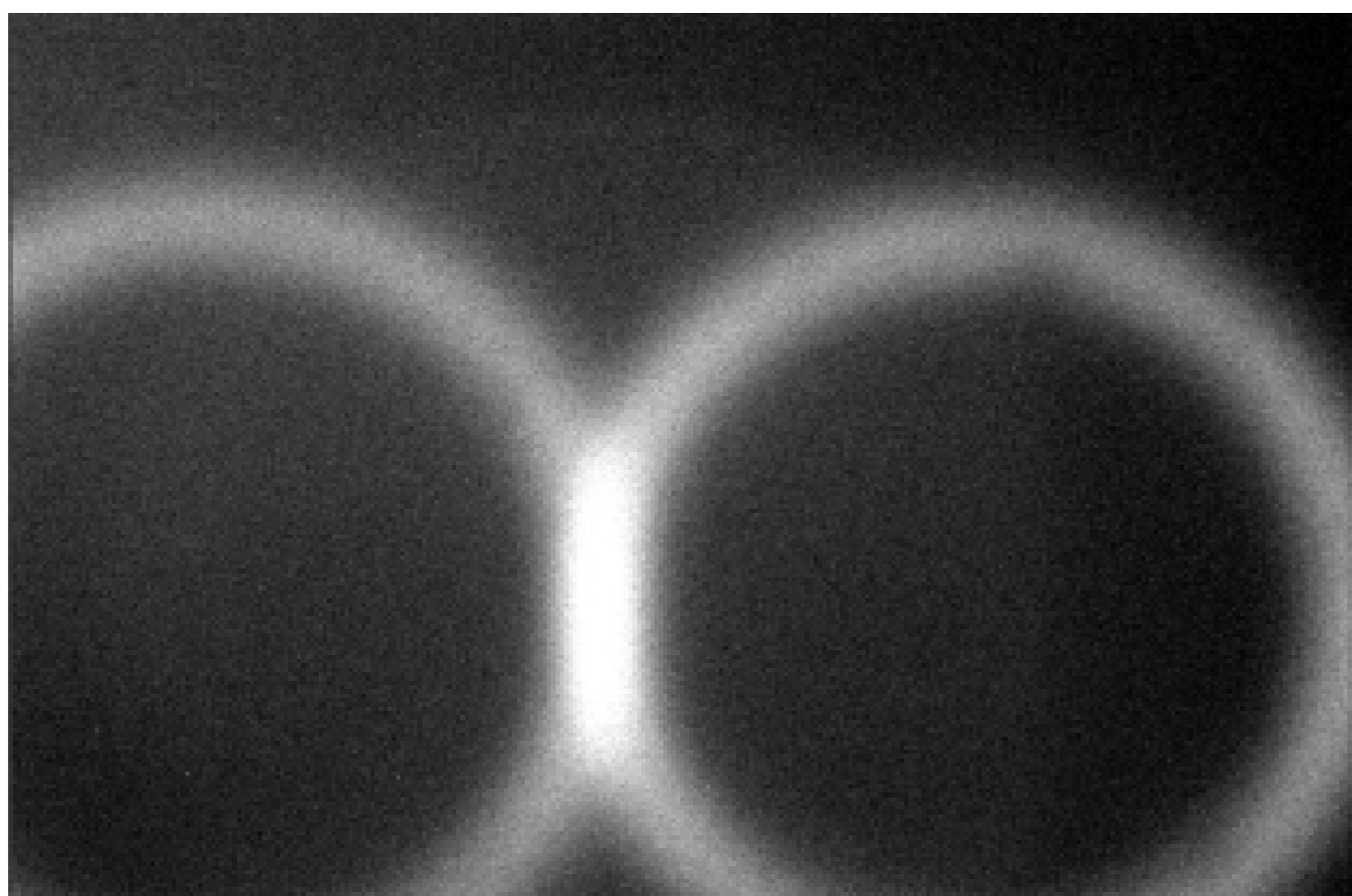


Figure 1: Anillos en donde en la intersección se encuentran los pares de fotones entrelazados perpendicularmente por una fuente SPDC. Figura tomada de [3].

- * La confiabilidad del anuncio se mide con la correlación temporal entre las dos señales entrelazadas perpendicularmente polarizadas del SPDC tipo II, la cual se mide como

$$g_{si}^{(2)}(t, \tau) \equiv \frac{\langle \hat{E}_s^\dagger(t+\tau) \hat{E}_i^\dagger(t) \hat{E}_i(t) \hat{E}_s(t+\tau) \rangle}{\langle \hat{E}_s^\dagger(t+\tau) \hat{E}_s(t+\tau) \rangle \langle \hat{E}_i^\dagger(t) \hat{E}_i(t) \rangle}, \quad (1)$$

- * Las señales *signal* e *idler* corresponden a s e i .
- * La función $g^{(2)}(\tau)$ es proporcional a la tasa de coincidencias encontrada en los detectores de s, i :

$$\bar{g}_{si}^{(2)}(\tau) \equiv \frac{N_{si}(\tau)}{R^2(0)}, \quad (2)$$

- * $R^2(0)$ es el producto de la tasa de conteos de cada detector, y $N_{si}(\tau)$ es la cantidad de conteos simultáneos entre el detector del signal y el detector del idler.

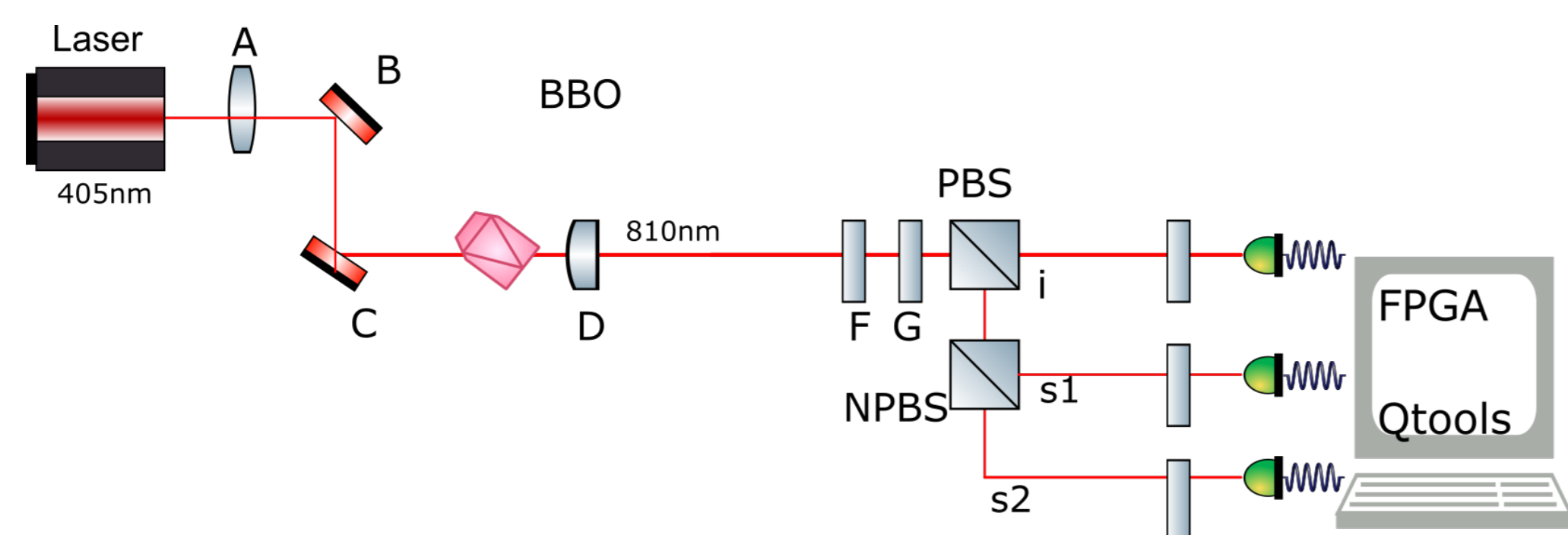


Figure 2: Montaje experimental propuesto. En el esquema se plantea el uso de un láser a 405 nm, lentes dicroicos **B C** que permiten filtrar longitudes de onda no deseadas, un lente colimador **D** que dirige el haz saliente del **BBO** hacia los filtros ópticos **F G**. Se divide el haz en un divisor de haz polarizado (PBS), donde la señal *idler* (i) sirve como anunciante. El haz signal se divide en un divisor de haz no polarizado (NPBS), dando como resultado los rayos **S1** y **S2** que se detectan en los fotodetectores.

- * El montaje experimental de la figura 2 se basa en la propuesta de Bocquillon[4]. Se usa un interferómetro HBT para realizar la medición de la tasa de coincidencias.
- * Los sistemas de detección de fotones, FPGA y Q_{tools} , tienen presiones temporales distintas (9 ns y 81 ps, respectivamente). Con el montaje se busca determinar cómo afectan estos tiempos a las mediciones.

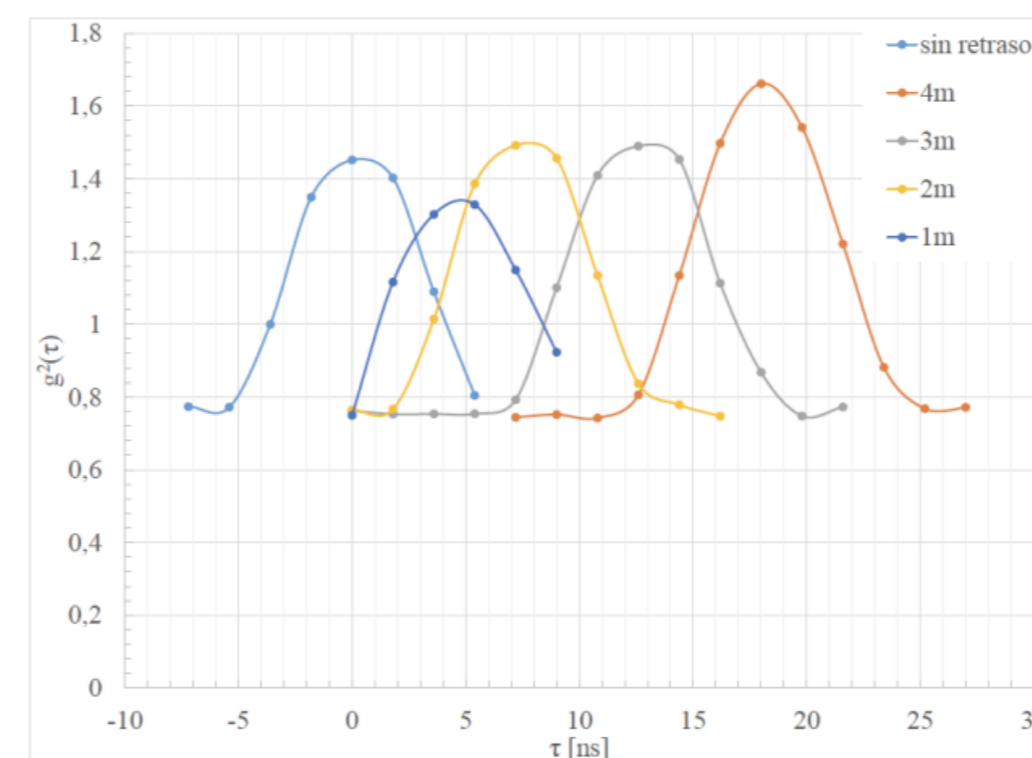


Figure 3: $g^{(2)}(\tau)$ de pares de fotones medida con FPGA. Tomado de [3].

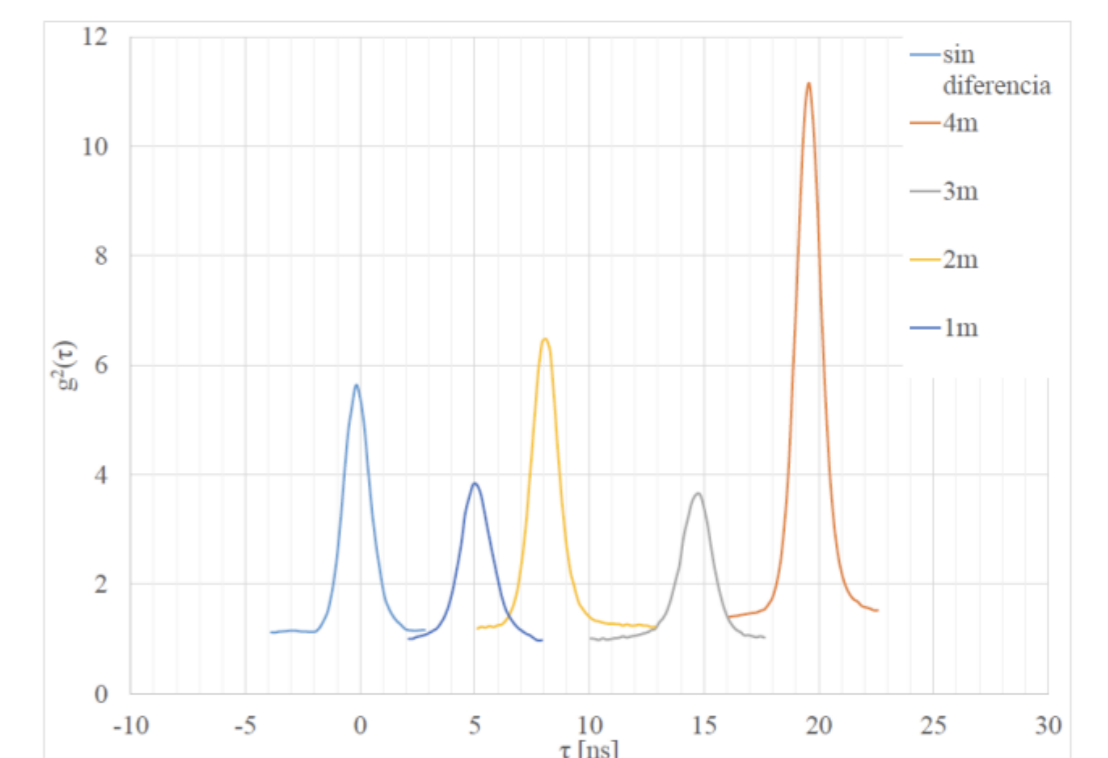


Figure 4: $g^{(2)}(\tau)$ de pares de fotones medida con Q_{tools} . Tomado de [3].

2. Single photon

- * Buscando métodos más seguros para comunicar, manipular y medir información.
- * El SPDC y el interferómetro de HBT \rightarrow coincidencias condicionadas para la $g^{(2)}(\tau)$.

$$g_c^{(2)}(t_1, t_2 | t_i) \equiv \frac{\langle \hat{E}_s^\dagger(t_1) \hat{E}_s^\dagger(t_2) \hat{E}_s(t_2) \hat{E}_s(t_1) \rangle_{pm}}{\langle \hat{E}_s^\dagger(t_1) \hat{E}_s(t_1) \rangle_{pm} \langle \hat{E}_s^\dagger(t_2) \hat{E}_s(t_2) \rangle_{pm}} \quad (3)$$

- * La función $g^{(2)}(\tau)$ es proporcional a la tasa de triples coincidencias en los detectores $S1, S2$ e I :

$$\bar{g}_c^{(2)}(\tau) \equiv \frac{N_{si}^{(2)}(\tau) R(0)}{[N_{si}(0) N_{si}(\tau)]} \quad (4)$$

- * En donde la tasa de triples coincidencias es $N^{(2)}(\tau)$, a la tasa de detecciones del *idler* es $R(0)$ y N_{si} es la tasa de coincidencias en el signal e idler a tiempo 0 y τ .

3. Resultados esperados

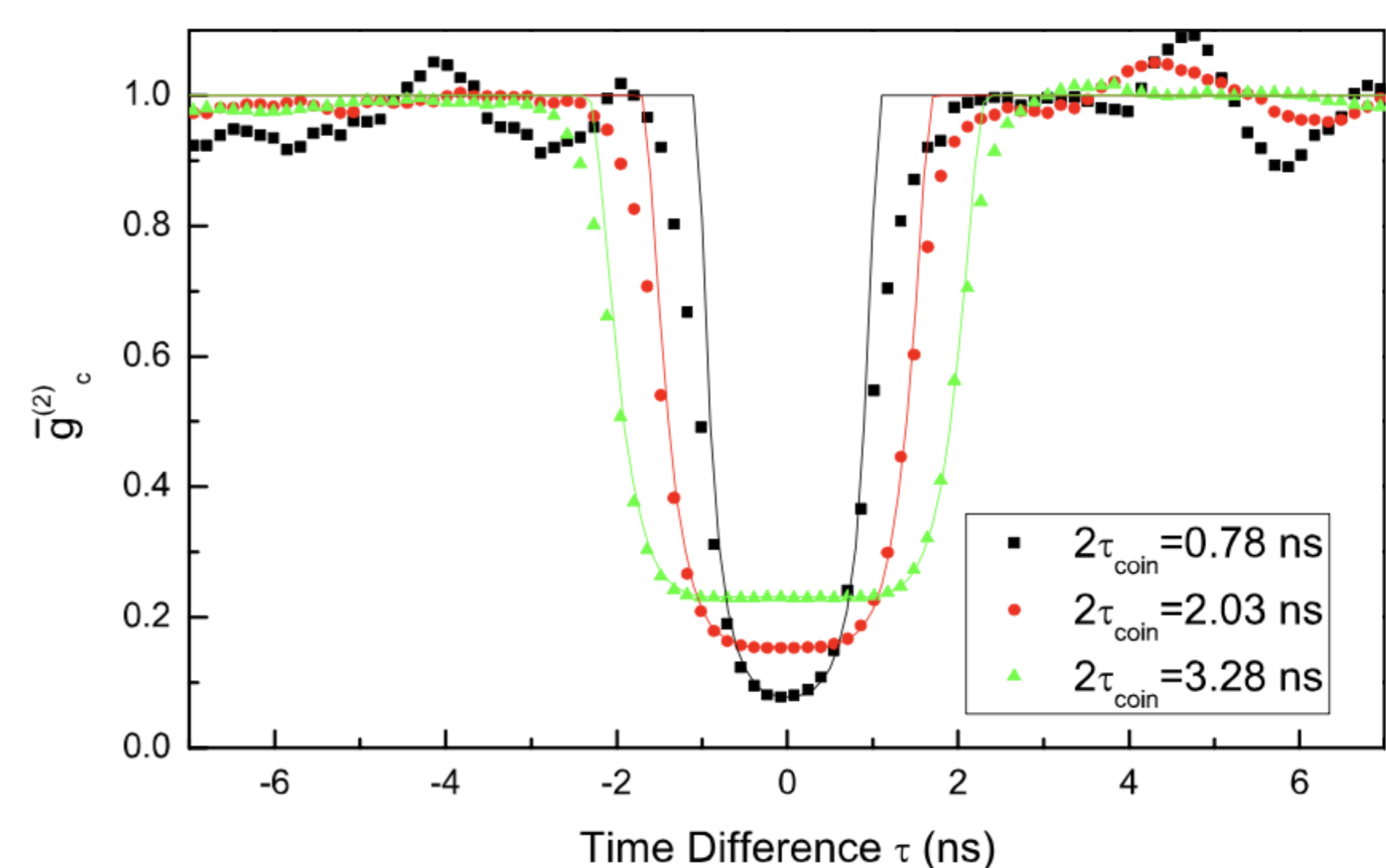


Figure 5: Correlación temporal de segundo grado obtenida por Bocquillon[4]. Se evidencian distintas profundidades del sumidero asociado con la detección de un fotón. Estas profundidades se asocian con distintas ventanas temporales para la detección de coincidencias τ_{coin} .

- * La profundidad que se encuentra para $\tau = 0$ es debido a que para un solo fotón anunciado no se espera triples coincidencias.
- * Los cambios en la ventana de coincidencias, τ_{coin} , dan ejemplo de la variación esperada al cambiar el sistema de detección de fotones.

References

- [1] M. Fox, *Quantum Optics. An Introduction*. Oxford University Press, 2006.
- [2] M. D. Eisaman, J. Fan, A. Migdall, and S. V. Polyakov, "Invited review article: Single-photon sources and detectors," *Review of Scientific Instruments*, vol. 82, no. 7, p. 071101, 2011. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1063/1.3610677>
- [3] J. González, J. Cabrera, and M. Núñez, "Caracterización de retrasos temporales de luz en pares de fotones correlacionados," May 2019. [Online]. Available: https://optica.uniandes.edu.co/images/PDF/LabIntermedio/proyecto_final_intermedio_jp2019.pdf
- [4] E. Bocquillon, C. Couteau, M. Razavi, R. Laflamme, and G. Weihs, "Coherence measures for heralded single-photon sources," *Phys. Rev. A*, vol. 79, p. 035801, Mar 2009. [Online]. Available: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevA.79.035801>