

SANTANDER, 19-23 DE SEPTIEMBRE DE 2011

XXXIII

21^o
Encuentro
Ibérico para
la Enseñanza
de la Física

Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física

tomo IV

Astrofísica
Física de Plasmas
Física de la Materia Blanda
Física Médica
Información Cuántica

PUBliCan

Ediciones
del Observatorio de Cantabria



XXXIII Reunión Bienal
de la
Real Sociedad Española de Física

21.º Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física



Reunión bienal de la
Sociedad Española
de Física

21^o Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física

M.^a Teresa Barriuso Pérez (Editora)

XXXIII Reunión Bienal
de la
Real Sociedad Española de Física
21.^{er} Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física

Santander, 19-23 de septiembre de 2011

RESÚMENES DE LAS COMUNICACIONES

[TOMO IV]

ASTROFÍSICA, FÍSICA DE PLASMAS

FÍSICA DE LA MATERIA BLANDA

FÍSICA MÉDICA, INFORMACIÓN CUÁNTICA

PubliCan



Ediciones

Universidad de Cantabria

Real Sociedad Española de Física. Reunión Bienal (33ª : 2011 : Santander)

XXXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física ; 21er Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física. -- Santander : PubliCan, Ediciones de la Universidad de Cantabria, 2011.

Reuniones celebradas en el Palacio de la Magdalena de Santander del 19 al 23 de septiembre de 2011.

ISBN 978-84-86116-40-8 (O.C.)

ISBN 978-84-86116-41-5 (T.1)

ISBN 978-84-86116-42-2 (T.2)

ISBN 978-84-86116-43-9 (T.3)

ISBN 978-84-86116-44-6 (T.4)

Física-- Congresos.

Física-- Didáctica-- Congresos.

Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física (21º : 2011 : Santander)

53(063)

53:37.02(063)

Esta edición es propiedad de PubliCan - EDICIONES DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Consejo Editorial de PubliCan - Ediciones de la Universidad de Cantabria:

Presidente: Gonzalo Capellán de Miguel

Área de Ciencias Biomédicas: Jesús González Macías

Área de Ciencias Experimentales: M.ª Teresa Barriuso Pérez

Área de Ciencias Humanas: Fidel Ángel Gómez Pérez

Área de Ingeniería: Luis Villegas Cabredo

Área de Ciencias Sociales: Concepción López Fernández y Juan Baró Pazos

Secretaría Editorial: Belmar Gándara Sancho

© Mª Teresa Barriuso Pérez (ed.)

© PubliCan - Ediciones de la Universidad de Cantabria

Avda. de los Castros, s/n. 39005 Santander

Tlfo. y Fax: 942 201 087

www.libreriauc.es

ISBN: 978-84-86116-40-8 (obra completa)

ISBN: 978-84-86116-44-6

DL: S. 1.171-2011

Impreso de España - *Printed in Spain*

Imprenta KADMOS

SALAMANCA

Efectos de la Radiación de Punto Cero en Experimentos de Comunicación Cuántica con fotones producidos en el proceso de Conversión Paramétrica a la Baja

A. Casado¹, S. Guerra², J. Plácido³

¹Departamento de Física Aplicada III, Universidad de Sevilla; acasado@us.es.

²Centro Asociado de la Universidad Nacional de Educación a Distancia de Las Palmas de Gran Canaria.

³Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

La función de Wigner de la Óptica Cuántica es una herramienta que permite estudiar los efectos de la Radiación de Punto Cero (ZPF) en experimentos de Comunicación Cuántica con fotones, producidos generalmente a partir del proceso de Conversión Paramétrica a la Baja (PDC). Los ingredientes que proporciona la Representación de Wigner en el marco de Heisenberg¹ (WRHP) de cara a una reinterpretación de los resultados de la Información Cuántica en el campo de la Óptica son la intervención del ZPF en las fuentes de radiación (cristales no lineales), en los elementos ópticos presentes en cada experimento, y en su posterior sustracción en el proceso de detección. Sólo con la consideración de estos aspectos hemos analizado en trabajos previos el efecto del ZPF en la Criptografía Cuántica², en la medida de los estados de la base de Bell³ y generación de estados hiperentrelazados⁴, y en la actualidad, en el Teletransporte Cuántico, estados multifotónicos, etc...

En este trabajo exponemos los aspectos básicos de esta descripción y mostramos los últimos avances conseguidos en esta línea de investigación, fundamentados en el triple papel que ejerce el ZPF en cualquier experimento de Comunicación Cuántica con fotones:

- a) Las amplitudes del ZPF asociadas a cada modo del campo de vacío constituyen el elemento básico en la descripción del bit cuántico, y del entrelazamiento cuántico^{1, 2}. Por otro lado, la consideración de un mayor número de grados de libertad en los estados hiperentrelazados, necesario para la medida completa de los estados de la base de Bell, está ligada a la extracción (amplificación) de un mayor número de conjuntos independientes de modos de punto cero a la entrada del cristal no lineal.
- b) La intervención del ZPF a través de los canales vacíos de los elementos ópticos que forman parte de los analizadores (divisores de haz, separadores de polarización) introduce un ruido que justifica la limitación en la cantidad de información que se puede extraer en cada experimento, en relación a los conjuntos de modos de punto cero en los que está “contenida” la información.
- c) Finalmente, la sustracción de las fluctuaciones del ZPF en el proceso de detección, básico en las predicciones de las correlaciones cuánticas y su posterior comprobación experimental, refleja el papel esencial que juega de nuevo el ZPF como umbral de detección.

Con estos elementos, la explicación de los fenómenos más representativos de la Comunicación Cuántica, como la Criptografía o el Teletransporte, se basa en el uso que se haga de las propiedades de correlación existentes entre las amplitudes del campo eléctrico de los haces que intervienen en cada experimento, las cuales se modifican al atravesar los distintos elementos ópticos.

Aun siendo un formalismo puramente cuántico, este estudio aporta una serie de ventajas que pueden usarse de modo complementario a la descripción usual en el espacio de Hilbert, para una mejor comprensión de los aspectos esenciales de la comunicación cuántica con fotones. Éstas son:

1. Enfatiza las propiedades ondulatorias de la luz frente al concepto de fotón como corpúsculo⁵.
2. El entrelazamiento de fotones (en espacios de Hilbert de cualquier dimensión), y su empleo en experimentos de Comunicación Cuántica, tiene una interpretación sencilla en términos de haces cuyas amplitudes están correlacionadas a partir del ZPF que interviene en la fuente de radiación, y que es amplificado en el proceso PDC.
3. Permite establecer qué aspectos de los experimentos son describibles siguiendo las ecuaciones de la Óptica Clásica, y delimitar la frontera existente entre las Teorías de Variables Ocultas Locales y la Mecánica Cuántica.
4. Proporciona una herramienta para analizar la plausibilidad de las hipótesis adicionales en el contraste experimental de Desigualdades de Bell (necesarias en el contexto de la Distribución Cuántica de Clave).
5. Establece un nexo formal entre la Teoría de la Óptica Estocástica (OE) y la Óptica Cuántica (OC), en base al papel similar que las fluctuaciones del ZPF tiene en ambas teorías⁶.

REFERENCIAS

1. Casado A., Marshall T. W., y Santos E., *J. Opt. Soc. Am. B* **15**, 1572 (1998).
2. Casado A., Guerra S. y Plácido J., *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **41**, 045501 (7pp) (2008).
3. Casado A., Guerra S. y Plácido J., *Advances in Mathematical Physics* **2010**, ID 501521 (11pp) (2010).
4. Casado A., Guerra S. y Plácido J., en las Actas de la XXXII Reunión Bienal de la RESF (Ciudad Real), 519-520 (2009).
5. Santos E., en *The Nature of Light. What is a Photon?* CRC Press, Capítulo 11, 63–173 (2008).
6. Santos E., arxiv: quant-ph/0204020 (17pp) (2002).