



ICFO – Institut de ciències fotòniques

Quantum information for ultrasecure
communications

Gerard Castro

La imatge de la portada ha estat extreta de: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/ICFO -
_Parc_Mediterrani_de_la_Tecnologia.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/ICFO_-_Parc_Mediterrani_de_la_Tecnologia.JPG)

1. Introducció

Durant gran part del mes de juliol he realitzat l'estada del segon any de Joves i Ciència a un centre de recerca local, l'ICFO. L'Institut de Ciències Fotòniques, fundat l'any 2002 pel Govern de Catalunya i la Universitat Politècnica de Catalunya, és un centre d'investigació d'excel·lència que es dedica a l'estudi de les ciències i tecnologies que involucren la llum. En el meu cas, he dut a terme un projecte sobre un dels efectes més sorprenents de la mecànica quàntica, la no-localitat quàntica, i sobre les seves aplicacions.

A més, he pogut viure de primera mà l'experiència professional d'un científic, fet que, a part del tema tractat i els conceptes introduïts, ha incrementat les meves ganes de treballar en aquest àmbit. Així doncs, i d'entrada, m'agradaria agrair a Joves i Ciència i als científics involucrats en aquest projecte per haver fet possible una experiència de tal magnitud.

2. Fitxa tècnica

Centre: Institut de Ciències Fotòniques (ICFO).

Adreça: Parc Mediterrani de la Tecnologia, Av. Carl Friedrich Gauss, 3; Castelldefels, Barcelona, Espanya, 08860.

Línies d'investigació: Teoria d'informació quàntica.

Departament: Òptica quàntica.

Científics al càrrec: Prof. Dr. Antonio Acín, Alejandro Máttar, Alexia Salavrakos.

Projecte: "Quantum information for ultrasecure communications".

Període de realització de l'estada: Del 6 al 28 de juliol.

3. Objectius del projecte

El projecte que he realitzat tenia com a principal prioritat estudiar la no-localitat quàntica i les seves aplicacions. Abans, però, es pretenia introduir tot el bagatge necessari matemàtic (àlgebra lineal, matrius...) per tal de, posteriorment, tractar els postulats que regeixen aquesta mecànica. Un cop habituats, i mirant les coses des d'un paradigma allunyat del clàssic, es procedeix a veure aquest fenomen i tractar les aplicacions reals que podria tenir des d'un nivell quantitatiu però també fàcil d'entendre.

4. Activitats realitzades

Durant la meva estada, i junt amb la meva companya, vàrem realitzar un treball plenament teòric que es complementava amb programes que verificaven i reforçaven els conceptes explicats. Treballant en un horari flexible però complet (de 9:30h a

19:00h aproximadament), podríem dividir el projecte en les tres setmanes que va durar.

Així doncs, la primera setmana vam començar amb la lectura d'un fragment d'un llibre i d'un article on, d'una manera visual i divulgativa, presentava la idiosincràsia de la no-localitat i de la mecànica quàntica en general (exposant el principi d'indistingibilitat). Posteriorment, vam rebre una sèrie de classes impartides pel doctorant Alejandro Máttar que, complementades amb els corresponents problemes, ens introduïen els aspectes que cal saber d'àlgebra lineal.

Va ser a partir de la segona setmana que vam treballar els postulats de la mecànica quàntica (introduïts amb les classes de, també doctorant, l'Alexia Salavrakos i l'Alejandro), junt amb problemes que els involucraven, i sempre recolzats dels conceptes que s'impartien a través de la lectura del llibre "Quantum Computation and Quantum Information" (de Nielsen i Chuang). També es presentà la dinàmica que segueix un sistema entrellaçat i les seves conseqüències com a exemple d'un sistema no-local.

Finalment, durant la tercera i última setmana, vam tractar el teorema de Bell, veient com refutava la paradoxa EPR, la desigualtat de CHSH, i la representació de vectors a l'esfera de Bloch (procediment que, tal com la notació de Dirac, vaig trobar realment útil). Per últim, vam analitzar les aplicacions del fenomen protagonista del projecte de manera simplificada mitjançant circuits quàntics. Concretament vam parlar de la teleportació quàntica i de la criptografia quàntica (que al cap i a la fi era el pretext del projecte per introduir-nos en les procel·loses aigües d'aquest món tan fascinant).

Cal remarcar que els programes van ésser creats amb MatLab durant aquesta setmana i consistien en trobar el valor de la desigualtat CHSH d'un estat que la violava i en determinar el valor de l'estat que produïa una màxima violació d'aquesta (valor altament conegut entre els físics quàntics, $2\sqrt{2}$).

5. Valoració del projecte

Si ara hagués de tornar a escollir quin projecte realitzar, no dubtaria ni un instant en triar el què acabo de cursar. Potser per la immersió que ha suposat en una atmosfera tan professional, a les espatlles de científics i investigadors brillants; potser pel bell però entenedor tractament matemàtic d'una branca de la física que sempre m'havia apassionat; potser per l'atenció i la paciència que els professors han demostrat... en definitiva, són molts aspectes que fan que valori aquesta estada molt positivament i la recomani a qualsevol que estigui interessat en un camp tan fascinant com aquest. Concloc, així, com al principi, agraint a tothom que ha col·laborat en què aquesta estada es fes realitat. Gràcies!