



Resumen

La idea de este bloque es repasar / introducir conceptos de Mecánica Cuántica relevantes para entender aspectos fundamentales de la Teoría de Información Cuántica. Igualmente queremos que en estas charlas aprendan conceptos básicos como qubit, entrelazamiento, correlaciones cuánticas, etc. que servirán para entender los temas que se van a discutir en el resto de los bloques de charlas.

Cronograma / Programa

Clase I: Revisión de Aspectos de Mecánica Cuántica

- **Preliminares históricos y experimentos:** Radiación de Cuerpo Negro, Efecto Fotoeléctrico, Modelo Atómico de Bohr, Experimento de Franck-Hertz, Experimento de Stern-Gerlach.
- **Repaso de Mecánica Clásica:** Coordenadas Generalizadas, Lagrangiano y ecuación de Lagrange, Función Energía (o Energía Generalizada), coordenadas canónicas, Hamiltoniano y ecuaciones canónicas de movimiento, corchetes de Poisson.
- **Postulados de la Mecánica Cuántica:** Estados (puros) como vectores de un espacio de Hilbert \mathcal{H} , Principio de Superposición, Observables y espacio de operadores $\mathcal{B}(\mathcal{H})$, valores de expectación, mediciones proyectivas, evolución unitaria y ecuación de Schrödinger, operador evolución $\mathbb{U}(t)$.
- **Cuantización Canónica** (Primera Cuantización).
- **Espacios de Hilbert:** Espacios vectoriales, espacios normados, y sus propiedades, vectores y bases para espacios de Hilbert, operadores lineales actuando sobre \mathcal{H} .
- **Estados Mezcla y Operadores Densidad:** Estados puros vs. estados mezcla, operadores densidad y sus propiedades.
- **Sistemas de Dos Niveles:** Ejemplos de sistemas de dos niveles,

Clase 2: 'Paradoja' Einstein-Podolsky-Rosen y Entrelazamiento

- **Sistemas multipartitos:** Estados Puros y estados mezcla multipartitos, producto de Kronecker (producto tensorial), sistemas bipartitos de qubits, representación de Fano-Bloch.
- **'Paradoja' EPR y No-Localidad:** Completitud de la Mecánica Cuántica, artículos EPR y respuesta de Bohr, Variables Ocultas y Mecánica de Bohm, Desigualdades de Bell, Schrödinger y el Entrelazamiento.
- **Medidas de Entrelazamiento:** Negatividad, Concurrencia y medidas entrópicas.

Clase 3: Correlaciones Cuánticas en Sistemas Bipartitos

- **Clasicalidad y Cuanticidad:** Estados separables y entrelazados, estados $A(B)$ -clásicos, estados clásicos y estados producto.
- **Mediciones locales unipartitas:** Discordia Cuántica y Discordias Geométricas.
- **Mediciones locales bipartitas:** Alteración Inducida por Mediciones (MID), Alteración Inducida por Mediciones Mejorada (AMID), Correlaciones Cuánticas Localmente Aseguibles (LAQC).
- **Otras correlaciones cuánticas.**

Clase 4: Sistemas Cuánticos Abiertos

- **Evolución Temporal:** Operadores densidad y ecuación Liouville-von Neumann.
- **Interacción Sistema-Entorno:** Aproximación de Born-Markov.
- **Ecuaciones Maestras:** Ecuación de Lindblad, ecuaciones maestras tipo Lindblad.
- **Canales Cuánticos:** Representación de Suma de Operadores, Operadores de Kraus.
- **Ejemplos de Canales Decoherentes:** Amortiguamiento de Amplitud y de fase, despolarización, otros.

Clase 5: Tópicos Avanzados

Por definir.

Literatura Recomendada

A continuación les dejo una lista de referencias importantes para que puedan consultar en caso de estar interesados en profundizar.

- **Mecánica Clásica:** Los libros de Walter Greiner [6, 7] son excelentes, con algo de historia y muchos ejemplos resueltos. Adicionalmente, el texto de Thornton & Marion [21] explica muy bien la derivación de la ecuación de Lagrange a partir de la II Ley de Newton usando coordenadas generalizadas. Por supuesto, la referencia obligada es el Goldstein, Saffko & Poole [5].
- **Mecánica Cuántica:** Como libros introductorios, el de Gasiorowicz [3] es muy bueno y está el introductorio de W. Greiner [8], Merzbacher [12] y la referencia obligada de Cohen-Tannoudji, Diu & Lalöe [1].
- **Información Cuántica:** El libro de referencia estándar es el Nielsen & Chuang [16]. Sin embargo, también hay otros libros excelentes, entre los que siento preferencia por el Vedral [22] y muy particularmente le tengo aprecio al Nakahara & Ohmi [15], que fue el primer libro del área por el que estudié.
- **Reviews:** Hay algunos reviews que merecen la pena leer. Uno de ellos es el escrito por los Horodecki sobre entrelazamiento [10] y otro escrito por Modi et al. sobre correlaciones cuánticas [13]. Por su utilidad y la importancia de esta familia de estados, el trabajo de Quesada, Al-Qasimi y James sobre estados X es otro texto a revisar [19].
- **Discordias:** La Discordia Cuántica fue introducida por Ollivier y Zurek [17] y por Henderson y Vedral [9] de forma independiente. Respecto a las discordias geométricas, está la de distancia de Hilbert-Schmidt [2], distancia traza [18] y distancia de Bures [20].
- **Otras correlaciones cuánticas:** Alteración Inducida por Mediciones (MID) fue introducida por Luo [11], mientras que su versión optimizada fue desarrollada por Girolami, Paternostro y Adesso [4]. Por su parte, las LAQC fueron definidas por Mundarain y Ladrón de Guevara [14].

Referencias

- [1] Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu, and Franck Lalöe. *Quantum mechanics*. Wiley, New York, NY, EEUU, 1977.
- [2] B. Dakić, V. Vedral, and Č. Brukner. Necessary and sufficient condition for nonzero quantum discord. *Phys. Rev. Lett.*, 105:190502, 11 2010. arXiv:1004.0190.
- [3] S. Gasiorowicz. *Quantum Physics, 3rd Edition*. Wiley, 2003.
- [4] D. Girolami, M. Paternostro, and G. Adesso. Faithful nonclassicality indicators and extremal quantum correlations in two-qubit states. *J. Phys. A: Math. Theor.*, 44(35):352002, 2011.
- [5] Herbert Goldstein, Charles P. Poole, and John L. Saffko. *Classical mechanics*. Addison-Wesley, 3rd edition edition, 2002.
- [6] W. Greiner. *Classical Mechanics: Point Particles and Relativity*. Classical Theoretical Physics. Springer New York, 2006.

- [7] W. Greiner and D.A. Bromley. *Classical Mechanics: Systems of Particles and Hamiltonian Dynamics*. Number v. 1 in Classical theoretical physics. Springer, 2003.
- [8] Walter Greiner. *Quantum Mechanics: An Introduction*. Physics and Astronomy. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Alemania, 2000.
- [9] L. Henderson and V. Vedral. Classical, quantum and total correlations. *J. Phys. A*, 34(35):6899–6905, aug 2001. arXiv:quant-ph/0105028.
- [10] R. Horodecki, P. Horodecki, M. Horodecki, and K. Horodecki. Quantum entanglement. *Rev. Mod. Phys.*, 81:865–942, 6 2009. arXiv:quant-ph/0702225.
- [11] S. Luo. Using measurement-induced disturbance to characterize correlations as classical or quantum. *Phys. Rev. A*, 77:022301, Feb 2008.
- [12] Eugen Merzbacher. *Quantum Mechanics, 3rd Edition*. Wiley India Pvt. Limited, New Delhi, India, 2011.
- [13] K. Modi, A. Brodutch, H. Cable, T. Paterek, and V. Vedral. The classical-quantum boundary for correlations: Discord and related measures. *Rev. Mod. Phys.*, 84:1655–1707, Nov 2012. arXiv:1112.6238.
- [14] D.F. Mundarain and M.L.L. de Guevara. Local available quantum correlations. *Quantum Inf Process*, 14:4493–4510, 10 2015.
- [15] M. Nakahara and T. Ohmi. *Quantum Computing: From Linear Algebra to Physical Realizations*. CRC Press, 2008.
- [16] M.A. Nielsen and I.L. Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition*. Cambridge University Press, 2010.
- [17] H. Ollivier and W.H. Zurek. Quantum discord: A measure of the quantumness of correlations. *Phys. Rev. Lett.*, 88:017901–017904, 12 2001. arXiv:quant-ph/0105072.
- [18] F. M. Paula, T. R. de Oliveira, and M. S. Sarandy. Geometric quantum discord through the Schatten 1-norm. *Phys. Rev. A*, 87:064101, Jun 2013.
- [19] N. Quesada, A. Al-Qasimi, and D.F.V. James. Quantum properties and dynamics of x states. *J Mod Opt*, 59(15):1322–1329, 2012. arXiv:1207.3689.
- [20] D Spehner and M Orszag. Geometric quantum discord with bures distance. *New Journal of Physics*, 15(10):103001, Oct 2013.
- [21] S.T. Thornton and J.B. Marion. *Classical Dynamics of Particles and Systems*. Brooks/Cole, 2007.
- [22] V. Vedral. *Introduction to Quantum Information Science*. Oxford University Press, 2006.