



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
Vicerrectorado Académico

1. Departamento: *FÍSICA*

2. Asignatura: **INFORMACIÓN CUÁNTICA EN SISTEMAS BIOLÓGICOS**

3. Código de la asignatura: FS-7452

No. de unidades-créditos: 4

No. de horas semanales: Teoría 4 Práctica 1 Laboratorio 0

4. Fecha de entrada en vigencia de este programa: Septiembre de 2016

5. Requisitos: *Ser* estudiante del plan de maestría o del doctorado en Física de la USB, o los que asigne cualquier otra coordinación de postgrado, si el estudiante es de biología o ingeniería de la USB o de cualquier otra Universidad.

6. OBJETIVO GENERAL:

Formar a los estudiantes con los conceptos y herramientas básicas necesarias para el entendimiento y análisis de los procesos cuánticos de transferencia de información en los sistemas biológicos, haciendo especial énfasis en genética.

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Al finalizar el curso el estudiante tendrá competencias para:

1. Entender los fundamentos básicos físicos y matemáticos de la teoría de información cuántica.
2. Entender los conceptos básicos de genética y biología celular.
3. Dominar algunos de los procesos básicos de la transferencia de información cuántica desde el ADN a las proteínas, y sus limitantes en términos de la capacidad del canal de comunicación cuántico.
4. Dominar las diferencias consistentes entre los modelados clásicos y cuánticos existentes para el entendimiento de las mutaciones, tumores y el cáncer.
5. Dominar las diferentes definiciones y aplicaciones de la coherencia cuántica en sistemas biológicos.
6. Conocer y mostrar dominio de los trabajos más relevantes en el área de la Teoría de Información Cuántica en Sistemas Biológicos.
7. Dominar el enfoque de la corrección de errores cuánticos en genética, y sus aplicaciones a la computación cuántica con ADN.

8. CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

1.- FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA DE INFORMACIÓN CUÁNTICA: Espacios vectoriales, espacios vectoriales duales, matrices de Pauli, descomposición espectral, producto tensorial, qubits. Comunicaciones cuánticas bipartitas, representación de Bloch. Formalismo de la matriz densidad. Trazas parciales. Estados clásicos, cuánticos, producto y entrelazados. Estados puros y estados mixtos. Destilación. Teorema de la no-clonación. Clonación local de sistemas entrelazados. Sistemas multipartitos GHZ y W. Estados N-partitos con qudits. Medidas de entrelazamiento (sistemas bipartitos y multipartitos). Clasificación de las mediciones. Proyecciones y valores esperados. Localidad y realidad. Paradoja de EPR. Variables ocultas, Desigualdades y Teorema de Bell.

2.- FUNDAMENTOS DE LA COMUNICACIÓN CUÁNTICA: Elementos de las comunicaciones cuánticas. Teorema de la comunicación directa: Entropías de Shannon, von Neumann y Rény. Teorema de Holevo. Información Mutua. Información Coherente. Capacidad de un canal cuántico. Fidelidad del canal. Decoherencia Markoviana y No-Markoviana en canales de comunicación cuántica: ecuación maestra para sistemas abiertos, operadores de Krauss, canales cuánticos con memoria y sin memoria, canales cuánticos con dos entornos independientes, y con dos entornos distintos. Cálculo de la capacidad del canal en el contexto de los diferentes tipos de decoherencia.

3.-ELEMENTOS DE COMUNICACIÓN CUÁNTICA: Compuertas cuánticas de un qubit, compuertas controladas y generación de entrelazamiento, compuertas cuánticas universales. Alfabeto cuántico. Distribución de claves cuánticas (QKD), públicas o privadas. Protocolos de Codificación densa y Teleportación.

4.- CORRECCION DE ERRORES CUÁNTICOS: Corrección clásica y cuántica de errores. Código cuántico de tres qubit para el error Bit-Flip y el Phase-Flip. Discretización de errores. Códigos estabilizadores de corrección cuántica de errores. Computación cuántica basada en medidas.

5.-FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA Y BIOLOGÍA: Aplicaciones de las leyes de la termodinámica en biología, biomoléculas, bioenergía, reacciones bioquímicas.

6.- GENÉTICA CELULAR: Fundamentos de la Genética Celular. Modelaje Mecánico Cuántico del ADN, de las Mutaciones, Tumores y Cáncer. Flujos de Información Cuántica. Teoría de Juegos Cuánticos Clásicos y Cuánticos

7.- COHERENCIA CUÁNTICA EN SISTEMAS BIOLÓGICOS: Definiciones de coherencia cuántica, importancia de la coherencia cuántica en el contexto de las correlaciones cuánticas. Medidas de la coherencia cuántica en sistemas multipartitos. Correlaciones en qudits, y relaciones con los codones en el ADN.

8.- COMPUTACIÓN CUÁNTICA CON ADN: Estudio, y simulación de protocolos clásicos y cuánticos

9. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS, DIDACTICAS O DE DESARROLLO DE LA ASIGNATURA.

Se recomiendan las siguientes:

1. Clases magistrales
2. Sesiones de Ejercicios y/o Problemas
3. Talleres y/o seminarios
4. Investigaciones
5. Presentaciones
6. Simulaciones computarizadas

10. ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN.

Se recomiendan las siguientes:

1. Pruebas escritas y/o verbales
2. Investigación de los objetivos del curso en la literatura existente, y preferiblemente la más reciente.
3. Ejercicios, tareas y/o asignaciones para realizar fuera del aula.
4. Presentaciones orales ponderadas
- 5.

Las evaluaciones de pregrado y postgrado serán distintas, preservando siempre que al estudiante de postgrado se le deberá exigir mayor dominio, creatividad y e investigación en el área.

11. FUENTES DE INFORMACIÓN:

1.- Ivan B. Djordjevic, “Quantum Biological Information Theory”, Springer International Publishing (2016) (este libro es el libro de texto del curso, y además contiene muchas referencias importantes en el área)

2.- Sandor Imre and Laszlo Gyongyosi “ADVANCED QUANTUM COMMUNICATIONS: An Engineering Approach”, John Wiley and Sons, INC., Publication, (2013)

3.- Mark M. Wilde, “Quantum Information Theory”, Cambridge University Press, (2013)

4.- M. A. Nielsen y I. L. Chuang, Quantum computation and quantum information, Cambridge University Press, (2010)

5.- Mikio Nakahara and Tetsuo Ohmi, “Quantum Computing, from Linear Algebra to Physical Realizations”. CRC Express. (2008)

6.- Abbott Derek, C. Davies Paul, and Pati-Arun editors, “Quantum-Aspects of Life”, Imperial College Press (2008)

7.- Mark Broom, and Jan Rychtar, “Game-Theoretical Models in Biology”, (Chapman & Hall_CRC Mathematical and Computational Biology) Chapman & Hall (2013)

8.- H. Lodish, A. Berk, C. A. Kaiser, M. Krieger, A. Bretscher, H. Ploegh, A. Amon, M. P. Scott, “Molecular cell biology”, 7th edn. W. H. Freeman, New York (2012)

9.- G. Karp, “Cell and molecular biology: concepts and experiments”, 5th edn. Wiley, New York (2007)