Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

PROGRAMA DE ESTUDIOS

1/D

UNIDAD:	DIVISIÓN	
IZTAPALAPA	**CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**	
NIVEL: **Maestría**	EN **Posgrado en XXXXX**	
CLAVE: **xxxxxx**	UNIDAD DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE: **Ciencias de la Información**	TRIM: **III o IV**
HORAS TEORÍA: **4.5**	SERIACIÓN **AUTORIZACIÓN**	CRÉDITOS: **9**
HORAS PRÁCTICA: **0**		OPT/OBL: **OPT.**

OBJETIVO(S): Que el/la estudiante aprenda los elementos básicos procedimentales y conceptuales de la teoría de la información tanto clásica como cuántica, y su aplicación a problemas físicos y químicos. Proporcionar elementos para que la/el estudiante pueda entender el estado del arte de las ciencias de la información en sistemas cuánticos y hacia dónde se dirigen las tendencias de la investigación en este campo.

CONTENIDO SINTÉTICO:

1. Fundamentos de la Teoría de la información (2 semanas).
   - 1.1. Entropía de Shannon discreta y medidas de información y distancias estadística basadas en ésta (relativa, conjunta, condicional, mutua).
   - 1.2. Otras medidas de información discreta (Renyi, Tsallis, Fisher, Sharma-Mittal).
   - 1.3. Entropía de Shannon en variables continuas y medidas de información y distancias estadísticas basadas en esta.
   - 1.4. Comparación de medidas entrópicas.
   - 1.5. Diferencia entre la entropía de Shannon y la entropía de Boltzmann.
   - 1.6. Medidas de complejidad estadística en variables continuas.
2. Conceptos relevantes de mecánica cuántica (2 semanas).
   - 2.1. Principios fundamentales: incertidumbre, indistinguibilidad, (anti)simetría, exclusión, doble ocupación, localidad contra no-localidad.
   - 2.2. Operadores, no conmutatividad, ecuación de Schrodinger.
   - 2.3. Principio y método variacional. Simetría de la función de onda. Concepto de interacciones y correlación como recurso físico.
   - 2.4. Representaciones: Espacios de posición y de momentos. La transformada de Fourier. Química Cuántica en el espacio de momentos.
   - 2.5. Superposición, coherencia y de-coherencia.
   - 2.6. Sistemas discretos y sistemas continuos.
   - 2.7. Problema de dos y más partículas.
   - 2.8. h. Entrelazamiento entre estados y entre partículas. Entrelazamiento orbital y entrelazamiento
   - 2.9. posición-momento.
   - 2.10. Correlación electrónica y entrelazamiento cuántico.
3. Conceptos relevantes del formalismo de la matriz densidad (1 semana).
   - 3.1. Diferencias y semejanzas entre el operador de la densidad y la matriz de la densidad.
   - 3.2. Densidades e interpretación de la función de onda en términos probabilísticos.
   - 3.3. Propiedades del operador densidad: hermiticidad, traza, positividad, idempotencia, descomposición e interpretación.
   - 3.4. Estados puros y estados mezcla.

3.5. Medidas proyectivas y medidas generalizadas: von Neumann y POVM.
3.6. Sistemas compuestos.

4. Entrelazamiento cuántico (2 semanas).
   4.1. Operaciones de traza y traza parcial: operadores densidad.
   4.2. Sistemas compuestos bi- y multipartitos: matriz densidad reducida.
   4.3. Estados puros separables y entrelazados: descomposición de Schmidt y purificación.
   4.4. Función de onda: combinación lineal vs mezcla estadística de estados.
   4.5. El rango de una matriz densidad para describir estados puros o estados mezcla.
   4.6. Entrelazamiento cuántico
   4.7. Testigos (medidas) de entrelazamiento.

A partir de la semana 8, se sugiere abarcar dos temas de los numerales 5, 6, 7 y 8, como aplicaciones de los conceptos previamente discutidos en el curso:

5. Aplicaciones de la teoría de la información cuántica (I). Entrelazamiento cuántico (2 semanas).
   5.1. Clasificación de los estados cuánticos de los sistemas bipartitos.
   5.2. Medidas de entrelazamiento de sistemas bipartitos: Pureza, entropía de Shannon versus entropía de von Neumann, entropía relativa cuántica.
   5.3. Información mutua cuántica.
   5.4. Entropía condicional cuántica e información coherente.
   5.5. Entropia lineal, Renyi y Tsallis cuánticas.
   5.6. Entrelazamiento de estados puros de sistemas bipartitos.
   5.7. Entrelazamiento de estados mezcla de sistemas bipartitos.
   5.8. Medidas de entrelazamiento de sistemas multipartitos (sistemas de partículas indistinguibles, sistemas multi-fermiónicos).
   5.9. Sistemas atómicos y moleculares
   5.10. Procesos fisicoquímicos.
6. Aplicaciones de la teoría de la información cuántica (II). Principio de incertidumbre (2 semanas).
   6.1. El principio de incertidumbre: Formulación en términos de desviaciones estándares y formulaciones entrópicas. El principio de incertidumbre en la información cuántica.
   6.2. Sistemas con múltiples partículas: Medidas de complejidad y la información mútua.
   6.3. Distribuciones de fase: Información cuántica con variables continuas. Las funciones de Wigner y de Husimi. Química Cuántica en el espacio fase.
   6.4. Aplicaciones: Átomos y moléculas, sistemas cuánticos confinados, hilos cuánticos y puntos cuánticos. Potenciales y control cuántico. Sistemas cuánticos abiertos.
7. Aplicaciones de la teoría de la información cuántica (III). Qubits (2 semanas).
   7.1. El qubit: la esfera de Bloch, información de un qubit.
   7.2. Implementaciones físicas de un qubit: estados y evolución temporal.
   7.3. La matriz densidad de un qubit: estados puros, estados mezcla y evolución temporal.
   7.4. Fidelidad.
   7.5. Sistemas de dos o más qubits.
   7.6. Operaciones locales y comunicación clásica (LOCC).
8. Aplicaciones de la teoría de la información clásica (2 semanas).
   8.1. Sistemas cuánticos con potencial central: oscilador armónico, gravitacional, electrostático.
   8.2. Sistemas hidrogenoides: medidas entrópicas, relaciones de incertidumbre, medidas de complejidad.
   8.3. Sistemas atómicos polielectrónicos: medidas entrópicas, relaciones de incertidumbre, medidas de complejidad.
   8.4. Sistemas moleculares: medidas entrópicas, relaciones de incertidumbre, medidas de complejidad.
   8.5. Procesos fisicoquímicos: reacciones químicas elementales, etc.

MODALIDADES DE CONDUCCIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE:

Exposición que realizará el profesor en la que enfatizará los aspectos más importantes de cada tema, haciendo ver que existe una unidad dentro de cada uno de ellos. Asesorías por parte del profesor para el desarrollo de un proyecto de investigación relacionado con la segunda parte del curso.

MODALIDADES DE EVALUACIÓN:

Evaluaciones periódicas, tareas y ejercicios a juicio del profesor. Proyecto final, presentado en la forma de un artículo y posible exposición. La modalidad particular de evaluación se le comunicará a los alumnos al inicio del curso en forma detallada.

Evaluación de recuperación:
La UEA no tiene evaluación de recuperación.

BIBLIOGRAFÍA NECESARIA O RECOMENDABLE:

1. T. M. Cover and J. A. Thomas, Elements of Information Theory, 2nd Ed., John Wiley & Sons, New Jersey, 2006.
2. M. A. Nielsen and I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press, New York, 2010.
3. C. E. Shannon, A Mathematical Theory of Communication, Bell Syst. Tech. J., 27, 379 (1948).
4. E. Davidson, Reduced Density Matrices in Quantum Chemistry, Elsevier, 2012.
5. V. Vedral, Introduction to Quantum Information Science. (Oxford U.P., Oxford, 2006)
6. D. Bouwsmeester, A. Eckert y A. Zeilinger (eds.), The Physics of Quantum Information (Springer,
7. Berlin, 2000).
8. D.C. Marinescu, Classical and Quantum Information (Academic Press,
9. Quantum mechanics and quantum information : a guide through the quantum world, Fayngold, M. and Fayngold, V. (Wiley-VCH, 2013)
10. T. L. Curtright, D. B. Fairlie, C. K. Zachos, A Concise Treatise on Quantum Mechanics in Phase Space, World Scientific, Hackensack, NJ 2014.
11. S. L. Braunstein, P. van Loock, Rev. Mod. Phys. 2005, 77, 513.