

TEORÍA DE INFORMACIÓN PARA FÍSICOS

PROGRAMA 2022-1

NOMBRE DEL CURSO: Teoría de la Información para Físicos

CÓDIGO DEL CURSO: FISI 3080/FISI 4080

UNIDAD ACADÉMICA: Departamento de Física

PERÍODO ACADÉMICO: 2022-1

PROFESOR CLASE MAGISTRAL: Alonso Botero Mejía (abotero@uniandes.edu.co)

HORARIO Y UBICACIONES: Por determinar Martes y jueves, 14:00-15:15, salón 0-404. En caso de que se deba hacer la clase de forma virtual, o para cualquier reunión extra, se usará este enlace de Zoom

I Objetivos

Los objetivos principales del curso son:

- Introducir al estudiante a los resultados principales y herramientas matemáticas de la teoría de la información clásica, con énfasis en aplicaciones físicas.
- Introducir al estudiante a los elementos básicos de la teoría de la información cuántica

II Contenido por Módulos

El curso está dividido en tres módulos de aproximadamente cinco semanas cada uno. Al final de cada módulo habrá un examen parcial. Es responsabilidad del estudiante preparar los temas asistiendo a clase y haciendo las lecturas complementarias correspondientes.

1. **Probabilidad, Inferencia y Grandes números** Probabilidad e Incertidumbre. Enfoque Bayesiano de la probabilidad. Inferencia. Análisis Estadístico. Entropía como medida de incertidumbre. Método de máxima entropía. Validación de hipótesis. Detección y discriminación. Teoría de la decisión. Comparación de Modelos (Navaja de Occam).
2. **Teoría de Shannon clásica** Equipartición asintótica y tipicidad. Teorema de la fuente. Compresión de información. Códigos Simbólicos y Códigos de Huffman. Variables correlacionadas. Entropía condicional e información mutua. Teorema del canal ruidoso. Cómputo de capacidades de canal. Códigos lineales.
3. **Información cuántica y teoría cuántica de Shannon** Estados cuánticos y probabilidades. Enredamiento. Mediciones generalizadas. Canales cuánticos. Detección y discriminación cuántica. Información clásica vs. información cuántica. Compresión cuántica (teorema de Schumacher). Información clásica a través de canales cuánticos. Información cuántica a través de canales cuánticos. Comunicación cuántica asistida por enredamiento..

III Metodología

La metodología consiste en una combinación de actividades individuales fuera del horario de clase y actividades en clase:

Estudio individual de los temas: para irse desarrollando de manera autónoma por el estudiante a lo largo del semestre en paralelo con el programa, según las lecturas del programa detallado.

Clase Magistral: De asistencia obligatoria. Se expone la teoría de los temas, se discuten ejemplos y técnicas necesarias para resolver problemas, y se resuelven interrogantes generales sobre los aspectos teóricos. Las clases serán presenciales, aunque es posible que en situaciones excepcionales relacionadas con la pandemia sea necesario reprogramar algunas clases en modalidad virtual (en tal caso se enviará un aviso por correo electrónico)

Tareas Se asignan aproximadamente cada tres clases (total 8 al semestre). Para ser entregadas en la plataforma de Bloque Neon en archivo pdf. Los archivos de las tareas deben ser completamente legibles, ya sea escaneadas (ojo: no foto) o en formato electrónico (LaTeX o tableta a mano). Tareas escritas a mano deben ser con letra ordenada y legible.

Exámenes parciales Uno por cada módulo, en modalidad de examen para la casa.

Trabajo Final Para irse desarrollando durante la segunda parte del semestre y entregar al final del semestre, en forma de documento escrito y presentación. Los criterios para la elaboración del documento escrito dependerán de si el estudiante toma el curso como electiva de pregrado (3 créditos) o posgrado (4 créditos).

IV Evaluación

El porcentaje de las distintas actividades será:

- Tres exámenes parciales (20 % c/u)
- Tareas (20 %)
- Trabajo final (20 %)

V Bibliografía

Textos guías del curso:

- David J.C. MacKay (M) *Information Theory, Inference and Learning Algorithms.*, (Cambridge, 2003) versión electrónica disponible en <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/mackay/itila/book.html>
- E. T. Jaynes (J) *Probability: The Logic of Science*, (Cambridge, 2003)
- J. Preskill (P) *Physics 219 Lecture Notes* <http://theory.caltech.edu/~preskill/ph219/index.html>

PROGRAMA DETALLADO

Sem	Fecha	Clase	Lecturas	Temas	Actividades
1	Ma	25-Jan	1	M: 1.1-1.4	Introducción
	Ju	27-Jan	2	J: 1.1-1.7 J: 21-2.4 M: 2.1-2.2	Probabilidad e Incertidumbre. Reglas de la probabilidad
2	Ma	1-Feb	3		Teorema de Bayes. Inferencia bayesiana. Independencia condicional
	Ju	3-Feb	4	M: 2.4	Variables aleatorias. Distribuciones de probabilidad. Momentos de una distribución. Entropía de una distribución.
3	Ma	8-Feb	5	M:2.3, 3.1-3.5 J:3.1-3.7,4.1-4.2	Muestreo estadístico y estimación de parámetros. Prueba de hipótesis
	Ju	10-Feb	6	M:36 J:13.7-13.8	Detección y discriminación. Funciones de costo. Reglas de decisión
4	Ma	15-Feb	7	M:28 J:20	Comparación de modelos (navaja de Occam)
	Ju	17-Feb	8	Notas	Procesos intercambiables. Procesos i.i.d. Distribuciones de frecuencias. Concentración
5	Ma	22-Feb	9	Notas	Cumulantes. Función característica. Teorema del límite central
	Ju	24-Feb	10	Notas	Grandes desviaciones y tasas asintóticas. Entropía y entropía relativa como tasas asintóticas
6	Ma	1-Mar	11	Notas	Método de máxima entropía y conexión con la física estadística
	Ju	3-Mar	12	M:4.1-4.2	Medida de información de una variable aleatoria. Compresión de información.
7	Ma	8-Mar	13	M:4.3-4.6	Tipicidad y equipartición asintótica. Teorema de la fuente de Shannon
	Ju	10-Mar	14	M: 5.1-5.3	Códigos simbólicos. Desigualdad de Kraft. Longitud esperada.
8	Ma	15-Mar	15	M:5.4-5.6	Teorema de Shannon para códigos simbólicos. Codificación óptima. Código de Huffman.
	Ju	17-Mar	16	M:8.1-8.2, 9.1	Variables correlacionadas. Entropía condicional e Información mutua
SEMANA DE RECESO DEL 22 AL 26 DE MARZO					
9	Ma	29-Mar	17	M:9.2-9.7	Canales ruidosos. Teorema de Shannon del canal ruidoso: planteamiento y consecuencias
	Ju	31-Mar	18	M:9.8-10.5	Teorema de Shannon del canal ruidoso: demostración
10	Ma	5-Apr	19	M:10.6, 11.1-11.3	Cómputo de capacidades de canal. Canales gaussianos
	Ju	7-Apr	20	M:11.4 M:13.1-13.5	Código lineales.
SEMANA SANTA DEL 29 DE MARZO AL 2 DE ABRIL					
11	Ma	19-Apr	21	P: 2.1-2.3	Axiomas de la mecánica cuántica. Estados y Ensembles cuánticos. Operadores de densidad
	Ju	21-Apr	22	P:2.4-2.6	Estados enredados. Descomposición de Schmidt. Medidas de distancia entre estados cuánticos
12	Ma	26-Apr	23	P:3.1	Medición en mecánica cuántica. Mediciones generalizadas. Evolución de estados cuánticos
	Ju	28-Apr	24	P:3.2-3.4	Operaciones cuánticas. Canales cuánticos.
13	Ma	3-May	25	P:4.1, 4.5	Enredamiento y no-localidad. Criptografía cuántica
	Ju	5-May	26	P:4.4	Codificación densa y teleportación
14	Ma	10-May	27	P:10.2-10.3	Información cuántica y compresión de Schumacher
	Ju	12-May	28	P: 10.6	Capacidad clásica de una canal cuántico. Información accesible. Información de Holevo
15	Ma	17-May	27	P:10.8	Capacidad clásica asistida por enredamiento de una canal cuántico. Información mutua cuántica
	Ju	19-May	29	P:10.7	Capacidad cuántica de una canal cuántico. Información coherente
16	Ma	24-May	30	P:7.1-7.3	Corrección de error cuántica
	Ju	26-May			Actividades finales