



Universidad Nacional de Córdoba



Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

VISTO

La Resolución CD N° 209/2017 que regula el funcionamiento de los Cursos de Posgrado de la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación; y

CONSIDERANDO

Que en su Artículo 5º, la misma establece que los cursos aprobados en una carrera de doctorado conservan su validez por 3 años, lapso durante el cual no requieren revisión;

Que el Consejo de Posgrado ha evaluado las demás propuestas de cursos de posgrado para el primer cuatrimestre del año 2019;

Por ello,

EL CONSEJO DIRECTIVO
DE LA FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA, FÍSICA Y COMPUTACIÓN

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º: Aprobar para el Doctorado en Matemática los siguientes cursos de posgrado con el número de créditos consignado en cada caso.

Curso de Posgrado	Número de créditos
Control optimal de ecuaciones en derivadas parciales	3 créditos
Estructuras geométricas en grupos de Lie	3 créditos
Introducción a las álgebras de Hopf	3 créditos
Introducción al aprendizaje automático con python	3 créditos
Modelos de dimensión reducida	3 créditos
Teoría de códigos algebraicos	3 créditos
Teoría de conjuntos	3 créditos

Handwritten signature and initials



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

ARTÍCULO 2º: Aprobar para el Doctorado en Astronomía los siguientes cursos de posgrado con el número de créditos consignado en cada caso.

Curso de Posgrado	Número de créditos
Introducción al aprendizaje automático con python	3 créditos
Los voids cósmicos, el void local y las propiedades de las galaxias	3 créditos
Métodos numéricos para sistemas dinámicos	3 créditos
Modelos de dimensión reducida	3 créditos

ARTÍCULO 3º: Aprobar para el Doctorado en Física los siguientes cursos de posgrado con el número de créditos consignado en cada caso.

Curso de Posgrado	Número de créditos
Electrodeposición de metales: Principios y aplicaciones prácticas	3 créditos
Introducción al aprendizaje automático con python	1 crédito
Métodos de hiperpolarización y preservación de señales de resonancia magnética nuclear	3 créditos
Métodos numéricos para sistemas dinámicos	3 créditos
Modelos de dimensión reducida	3 créditos
Propiedades termo-mecánicas de membranas lipídicas	3 créditos
Química de materiales inorgánicos	3 créditos
Relatividad general II: agujeros negros	3 créditos

M
dk
RE
B

EXP-UNC: 0061383/2018

ARTÍCULO 4º: Aprobar para el Doctorado en Ciencias de la Computación los siguientes cursos de posgrado con el número de créditos consignado en cada caso.

Curso de Posgrado	Número de créditos
Introducción al aprendizaje automático con python	1 crédito
Modelos de dimensión reducida	3 créditos
Procesamiento automático de diálogo	3 créditos

ARTÍCULO 5º: Establecer como objetivos, contenidos, programas, bibliografía, modalidades de evaluación y otras especificaciones de los cursos de posgrado aprobados, los provistos en el Anexo que forma parte de la presente.

ARTÍCULO 6º: Notifíquese, publíquese y archívese.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA, FÍSICA Y COMPUTACIÓN A DIEZ DÍAS DEL MES DE DICIEMBRE DE DOS MIL DIECIOCHO.

RESOLUCIÓN CD N° 446/2018

pc



Dra. SILVIA PATRICIA SILVETTI
SECRETARIA GENERAL
FaMAF



Dra. Ing. MIRTA IRIONDO
DECANA
FaMAF



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

Anexo

[Handwritten signature]
df
PC
[Handwritten signature]



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Control optimal de ecuaciones en derivadas parciales		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas.		
CARRERA/S: Doctorado en Matemática		

FUNDAMENTOS

Existe una gran variedad de problemas que pueden modelarse por medio de ecuaciones en derivadas parciales con ciertas condiciones iniciales, forzantes y constantes. En varias aplicaciones uno desea saber como controlar las condiciones iniciales, forzantes y constantes a fin de obtener una solución que sea óptima para el problema en cuestión.

OBJETIVOS

En este curso se darán herramientas de teoría de optimización y reformulación de ecuaciones en derivadas parciales que servirán para que el alumno pueda entender y formular problemas matemáticos de este tipo para luego hallar una solución de los mismos. En este curso el estudiante logrará:

- obtener herramientas de teoría de optimización y ecuaciones diferenciales parciales para resolver los problemas en cuestión,
- entender y formular problemas matemáticos de este tipo,
- hallar una solución y/o condiciones variacionales de los mismos e
- interpretar los resultados obtenidos.

PROGRAMA

Unidad 1: Aplicaciones

Problemas de calor con control en la frontera. Problemas de calor con control distribuído. Problemas de diseño óptimo.

Unidad 2: Análisis funcional y espacios de Sobolev

Espacios de Hilbert y Banach. Espacios de Sobolev. Soluciones débiles de ecuaciones elípticas y parabólicas. Diferenciabilidad de Gâteaux y Fréchet.

Unidad 3: Existencia de controles optimales

Existencia para problemas lineales-cuadráticos. Existencia para problemas no lineales. Aplicaciones. Problema reducido y problema adjunto.

Unidad 4: Condiciones de optimalidad

Optimalidad para problemas simples. Optimalidad para problemas con restricciones en el control. Optimalidad para problemas con restricciones generales. Condiciones de regularidad de las restricciones. Condiciones de Karush-Kuhn-Tucker.

PRÁCTICAS

Resolver guías con ejercicios sobre el curso.

Handwritten notes:
df
PC
[Signature]



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica:

- Optimization with PDE constraints. M. Hinze, R. Pinnau, M. Ulbrich and S. Ulbrich. Springer Science & Business Media. 2008.
- Optimal Control of Partial Differential Equations. P. Philip. Lecture notes Department of Mathematics, Ludwig-Maximilians University Munich, Germany. 2009.

Bibliografía complementaria:

- Perturbation analysis of optimization problems. F. Bonnans and A. Shapiro. Springer Science & Business Media. 2000.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

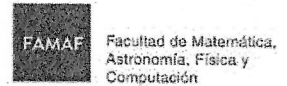
La evaluación consistirá de la entrega de dos (2) trabajos con ejercicios teórico-prácticos resueltos, que se aprobarán con un 60% de ejercicios resueltos correctamente.

El examen final consistirá de una evaluación escrita sobre contenidos teórico-prácticos.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Para el cursado se requieren conocimientos de cálculo en varias variables, ecuaciones en derivadas parciales y análisis funcional.

Handwritten notes:
→
df
PC
[Signature]



EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Estructuras geométricas en grupos de Lie		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica.		
CARRERA/S: Doctorado en Matemática		

FUNDAMENTOS

Al finalizar la materia, los estudiantes estarán en condiciones de realizar una segunda especialidad sobre Variedades Homogéneas, como así también cursos más especializados sobre algunos de los temas vistos o sobre otros temas que necesiten nociones básicas de grupos de Lie o de variedades riemannianas como requisito.

OBJETIVOS

Introducir al estudiante a los nociones básicas de álgebras de Lie, grupos de Lie y variedades riemannianas, con especial énfasis en curvatura de Ricci y la evolución de estructuras geométricas, incluyendo estructuras complejas, simplécticas y G_2 .

PROGRAMA

Unidad 1: Álgebras y grupos de Lie.

Definición de álgebra de Lie y ejemplos. Ideales. Producto semidirecto. Álgebras de Lie solubles y el Teorema de Lie. Álgebras de Lie nilpotentes y el Teorema de Engel. Álgebras de Lie semisimples. Forma de Killing. Variedades diferenciables. Campos diferenciables. Grupos de Lie. Campos invariantes a izquierda. El álgebra de Lie de un grupo de Lie. Homomorfismos. Subgrupos de Lie. Grupos de Lie simplemente conexos. Subgrupos cerrados. La representación adjunta. Automorfismos y derivaciones de formas bilineales. Formas invariantes a izquierda. Diferencial de formas. Operador estrella de Hodge. Laplaciano.

Unidad 2: Variedades riemannianas.

Variedad riemanniana: definición y ejemplos. Conexión de Levi-Civita. Tensor de curvatura. Curvatura seccional. Curvatura de Ricci. Curvatura escalar. Isometrías.

Unidad 3: Estructuras geométricas en grupos de Lie

Métricas Riemannianas. Curvatura. Estructuras complejas y métricas hermitianas. Estructuras simplécticas y métricas casi-Kähler. Estructuras G_2 . Flujos geométricos y sus solitones. El método de variar corchetes. Solitones algebraicos.

PRÁCTICAS

Se seguirá una guía de ejercicios.

BIBLIOGRAFÍA

- A. Knapp, Lie groups beyond an introduction, Prog. Math 210 (2002), Birkhäuser.
F. Warner, Foundations of differentiable manifolds and Lie groups, Springer-Verlag (1983).
M. do Carmo, Riemannian geometry, Birkhäuser (1992).
J. Lauret, Variedades homogéneas, Notas de curso (en preparación).

JP
PE



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

El examen final consistirá en una evaluación escrita sobre contenidos teóricos y prácticos de la materia.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Nociones básicas de variedades diferenciables y estructuras algebraicas.

Handwritten notes and signatures on the left margin, including the letters "SP" and "PG" and a large signature.



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Introducción a las álgebras de Hopf		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 30 horas de práctica.		
CARRERA/S: Doctorado en Matemática		

FUNDAMENTOS

El concepto de álgebra de Hopf generaliza simultáneamente las nociones de grupo y álgebra de Lie. Tiene su origen en trabajos de Cartier sobre grupos algebraicos en característica positiva e independientemente de Borel en la axiomatización de resultados de Hopf sobre la cohomología de grupos de Lie. Tras la primera etapa de trabajos pioneros de Milnor, Moore, Hochschild, Kostant, G. I. Kac y otros, y una segunda de exploración de los fundamentos y nociones esenciales, por Sweedler, Larson, Radford y otros, alcanza su madurez con el descubrimiento de los grupos cuánticos por Drinfeld y Jimbo. A través de estos últimos se comprendieron diversas aplicaciones de las álgebras de Hopf en física teórica y topología de baja dimensión, así como su íntima relación con la teoría de Lie. Actualmente se estudian vigorosamente, tanto la clasificación de aquéllas de dimensión finita o crecimiento moderado, como diversos aspectos homológicos, versiones analíticas, etc.

OBJETIVOS

El curso presentará una introducción a las álgebras de Hopf sobre un cuerpo k , con especial énfasis en el caso de dimensión finita. Se desarrollarán las nociones básicas concernientes a su estructura. Se estudiarán también su teoría de representaciones y la construcción de distintas familias de ejemplos.

PROGRAMA

Unidad 1: Nociones básicas

Álgebras y coálgebras sobre un cuerpo. Definiciones y ejemplos. Categoría de comódulos sobre una coálgebra. Álgebras de Hopf. Definiciones y propiedades básicas. Ejemplos. Álgebras de Taft. Ejemplos provenientes de factorizaciones exactas en grupos finitos.

Unidad 2: Teoremas fundamentales

Integrales. Teorema Fundamental de los módulos de Hopf. Álgebras de Hopf de dimensión finita. Teorema de Maschke. Fórmula de Radford para la potencia cuarta de la antípoda. Teorema de Larson-Radford sobre el cuadrado de la antípoda. Teorema de Nichols-Zoeller.

Unidad 3: Relaciones con categorías tensoriales

La categoría de representaciones de un álgebra de Hopf. Categorías tensoriales. Álgebras de Hopf cuasitriangulares y categorías trenzadas. Doble de Drinfeld. Módulos de Yetter-Drinfeld. Álgebras en categorías monoidales. Álgebras de Hopf en categorías trenzadas. Biproducto de Majid-Radford.

Unidad 4: Grupos cuánticos

El grupo cuántico $U_q(\mathfrak{sl}(2))$. El dual de Sweedler y el grupo cuántico $O_q(\mathfrak{sl}(2))$. Generalización a $\mathfrak{sl}(n)$. La construcción FRT. Variantes de dimensión finita cuando q es raíz

Handwritten signature

*SR
PE*



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

de 1. La noción de álgebra de Nichols.

PRÁCTICAS

Una clase semanal de dos horas de discusión de ejercicios bajo la supervisión del docente a cargo de las clases teóricas.

BIBLIOGRAFÍA

1. S. Dăscălescu, C. Nastăsescu, S. Raianu, Hopf Algebras. An Introduction. Monographs and Textbooks in Pure and Applied Mathematics 235, Marcel Dekker, New York, 2001.
2. C. Kassel, Quantum Groups, Graduate Texts in Mathematics 155, Springer, Berlin, 1995.
3. S. Montgomery, Hopf algebras and their actions on rings, CMBS Reg. Conf. Ser. in Math. 82, Am. Math. Soc., Providence, 1993.
4. D. E. Radford, Hopf algebras. Series on Knots and Everything 49. Hackensack, NJ: World Scientific xxii, 559 p., 2012.
5. Hans-Jürgen Schneider, Lectures on Hopf algebras, Trabajos de Matemática 31/95, FaMAF, 1995.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Los requisitos para aprobar la materia serán los siguientes:

- Resolución de una lista de ejercicios prácticos que se entregará a cada alumno con anterioridad a la finalización del curso.
- Evaluación oral sobre los temas desarrollados en la materia.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos básicos de estructuras algebraicas.

M
df
pc
B



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Introducción al aprendizaje automático con python		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: s/carrera
CARGA HORARIA: 30 horas de teoría y 30 horas de práctica.		
CARRERA/S: Doctorado en Matemática y Doctorado en Astronomía, 3 créditos. Doctorado en Física y Doctorado en Ciencias de la Computación, 1 crédito.		

FUNDAMENTOS

Este curso introduce al alumno a los tópicos de Machine Learning haciendo hincapié en las técnicas más que en las definiciones estadísticas de los métodos. El curso va a comenzar con una discusión sobre las diferencias entre Machine Learning y el análisis multivariado clásico e introduce el toolkit scikit de python. Se discutirán los temas centrales del área, como son reducción de dimensionalidad, armado de databases, creación de clasificadores y métodos de clustering y cómputo de errores y medidas de desempeño.

OBJETIVOS

Se pretende que el alumno se familiarice con los conceptos de clasificación y clustering, y con los principales métodos de implementación en python, y los problemas que se pueden presentar en un grupo de datos real, para los cuales hay que modificar o cambiar el modelo básico.

PROGRAMA

Unidad 1: Capítulo I:

Como dar a una computadora la habilidad de aprender de los datos. Tres formas de aprendizaje por computadora. Notación y terminología técnica. Uso de Python.

Unidad 2: Capítulo II:

Un tour por algoritmos de clasificación, Regresión logística, Support vector machines, árboles de decisión. K vecinos más cercanos. Uso de Python.

Unidad 3: Capítulo III:

Armado de conjuntos de datos. Preprocesamiento. Manejo de datos faltantes. Imputación. Outliers. Datos categóricos, etiquetas. Selección de características. Uso de Python.

Unidad 4: Capítulo VI:

Técnicas de clustering, trabajando con datos sin etiqueta. Comparación con clasificación. Definición de k-means, árboles jerárquicos y agrupamiento basado en densidad, tres familias de algoritmos de clustering que agrupan objetos basados en similaridad.

PRÁCTICAS

Se implementarán ejercicios de Python. Se utilizará el laboratorio de Computación para realizar los trabajos.

Handwritten signatures and initials:
A
PC



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Python Machine Learning Sebastian Raschka. Packt 2015.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Pattern Classification Duda, R., Hart, P, Stork, D. Wiley 2002.

Pattern Recognition and Machine Learning, C. Bishop, Springer 2006.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Exámenes parciales: Dos trabajos prácticos presentados en forma escrita, con implementación de software y una presentación final oral.

Examen final: Examen presencial escrito sobre los temas discutidos en clase, con implementación de software.

REGULARIDAD

Para regularizar se deberá

1. cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas, prácticas, o de laboratorio.
2. aprobar al menos el 60% de los Trabajos Prácticos o de Laboratorio.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Estadística, modelos probabilísticos básicos, conocimientos básicos de python.

cf
PC



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Modelos de dimensión reducida		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas.		
CARRERA/S: Doctorado en Matemática, Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física, Doctorado en Ciencias de la Computación		

FUNDAMENTOS
Un problema que aparece en muchas aplicaciones es el costo computacional para resolver problemas complejos, en particular parametrizados, en cualquier tiempo relevante - particular en tiempo real. Incluso usando computación en paralelo. En los últimos años usando técnicas de teoría de aproximaciones se ha probado cómo aproximar dichos problemas con una precisión arbitrariamente algo de forma casi óptima para evaluaciones tiempo real usando una descomposición offline-online. En la primera se entrena el modelo de interés para encontrar una base casi óptima de cualquier precisión requerida, incluyendo modelos "lossless". Esta base se usa luego en la etapa online para predecir, evaluar y analizar datos con una cantidad mínima de operaciones, que en muchos casos lleva a evaluaciones en tiempo real para problemas cuya evaluación directa sería prohibitiva, incluso usando super-computadoras. El enfoque es llamado de bases reducidas. Entre sus ventajas se incluye que el entrenamiento offline es paralelizable, de complejidad computacional constante, y evaluaciones con la precisión dada requiere un número casi mínimo, en un sentido riguroso, de operaciones. Las aplicaciones son múltiples, por ejemplo compresión de datos, modelos predictivos y análisis de datos para problemas grandes.

OBJETIVOS
Algunos objetivos del programa incluyen: <ul style="list-style-type: none">- Introducción a teoría de aproximación y modelos reducidos.- Algoritmos de optimización y complejidad computacional.- Modelos predictivos y análisis de datos para problemas complejos.- Aplicaciones a áreas tales como simulaciones en biología, física, modelos económicos, visión computacional y otros.

PROGRAMA
Unidad 1: Modelos reducidos Descomposición de Valores Singulares. Análisis de Componentes Principales. Bases Reducidas. Estimaciones de tasas de convergencia. Técnicas computacionales y complejidad. Ejemplos.
Unidad 2: Modelos predictivos. Predicción versus representación. Interpolación y proyección. Métodos espectrales, cuadraturas Gaussianas y la constante de Lebesgue. El Método de Interpolación Empírica. Ejemplos.
Unidad 3: Dimensiones altas El problema de la maldición de dimensionalidad. Modelos anidados. Representaciones para

Handwritten marks and signatures on the left side of the page, including a large 'A' and some illegible scribbles.



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

dimensiones altas y problemas de datos grandes. Redes de Smolyak. Ejemplos.

Unidad 4: Aplicaciones: resolvedores numéricos.

Ecuaciones en derivadas parciales. Métodos de colocación. Aplicaciones a ecuaciones elípticas, y dependientes del tiempo. Métodos certificados.

Unidad 5: Aplicaciones: compresión de datos

Aplicaciones a datos grandes. Paralelización, entrenamiento y validación.

Unidad 6: Análisis de datos.

Búsquedas, filtros y reconocimiento de datos. Estimación de parámetros. Métodos frecuentistas y Bayesianos. Evaluación rápida y precisa de probabilidades. Aplicaciones a detección de ondas gravitacionales y visión computacional.

Unidad 7: Modelos reducidos no lineales

Aprendizaje via variedades. Reducciones de dimensiones espectrales. Datos en altas dimensiones. Encontrando la dimensión intrínseca. Ejemplos básicos.

PRÁCTICAS

Las actividades prácticas constan de tareas y un proyecto de aplicación innovativo a desarrollar durante todo el curso, ya sea por estudiante o en equipos. La evaluación de las tareas se desarrollará durante las clases, en forma de presentaciones y discusiones. De forma similar, cada proyecto presentará de forma regular durante el curso el avance del mismo y dificultades, y recibirá consejos para resolver los últimos. Cada proyecto deberá entregar informes periódicos y uno final.

BIBLIOGRAFÍA

Projection Matrices, Generalized Inverse Matrices, and Singular Value Decomposition. Authors: Yanai, Haruo, Takeuchi, Kei, Takane, Yoshio. ISBN 978-1-4419-9887-3

Approximation Theory and Approximation Practice (Applied Mathematics), by Lloyd N. Trefethen. ISBN-13: 978-1611972399. ISBN-10: 1611972396

Reduced Order Methods for Modeling and Computational Reduction (MS&A), Alfio Quarteroni and Gianluigi Rozza (editors). ISBN-13: 978-3319020891. ISBN-10: 3319020897

Certified Reduced Basis Methods for Parametrized Partial Differential Equations (SpringerBriefs in Mathematics), by Jan S. Hestaven, GianLuigi Rozza and Benjamin Stamm. ISBN-13: 978-3319224695. ISBN-10: 3319224697

Reduced Basis Methods for Partial Differential Equations: An Introduction (UNITEXT Book 92), by Alfio Quarteroni, Andrea Manzoni and Federico Negri. ISBN-13: 978-3319154305. ISBN-10: 3319154303

Open Problems in Spectral Dimensionality Reduction, by Strange, Harry, Zwiggelaar, Reyer. ISBN 978-3-319-03943-5

[Handwritten signature and initials]



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

Nonlinear Dimensionality Reduction (Information Science and Statistics), by John A. Lee and Michel Verleysen. ISBN-13: 978-0387393506. ISBN-10: 9780387393506

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Para obtener la regularidad el estudiante debe atender el 80% de las clases y presentar los informes parciales y el final del proyecto elegido. Para aprobar el estudiante debe presentar periódicamente la tarea y el proyecto elegido en las clases asignadas y los informes parciales y finales del proyecto y demostrar por medio de un examen final un conocimiento sólido de los temas enseñados.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Capacidad de programar en un lenguaje a elección del estudiante.

↑

dp
pe

↑



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Teoría de códigos algebraicos		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 65 horas.		
CARRERA/S: Doctorado en Matemática		

FUNDAMENTOS

La Teoría de Códigos es parte de la Teoría de la Información inaugurada por Claude Shannon en 1948. Al enviar mensajes por canales de transmisión, siempre existen errores debidos a ruidos, interferencias, etc. Además del diseño de canales con buenas propiedades de transmisión, que es tarea de los ingenieros, se pretende minimizar los errores a partir del diseño de buenos códigos. El objetivo básico de la teoría es que el código utilizado para codificar el mensaje original pueda ser capaz de detectar y corregir la mayor cantidad de errores posibles. El diseño y estudio de dichos códigos es el área de la teoría de códigos autocorrectores. El estudio de familias de códigos con buenos parámetros y algoritmos eficientes de codificación y decodificación son parte central de la teoría.

La teoría se basa en técnicas de álgebra lineal sobre cuerpos finitos para los códigos lineales. Para los códigos cíclicos se utilizan polinomios, ciclotomía, teoría de cuerpos. Existen muchas conexiones con objetos combinatorios como diseños, arreglos, grafos regulares, esquemas de asociación, geometrías finitas, etc. Códigos más avanzados utilizan anillos finitos en lugar de cuerpos finitos. Existen también mucha interrelación con la teoría de números (códigos residuos cuadráticos, uso de curvas elípticas para determinación de espectros, relación entre lattices y códigos y las formas modulares asociadas..) Todo esto forma parte de la teoría algebraica de códigos, en contrapartida con la teoría de los códigos geométricos que utilizan curvas algebraicas para definir los códigos y que no será tratado aquí.

OBJETIVOS

Los objetivos generales del curso son:

- Introducir al alumno a la teoría de códigos.
- Mostrar la conexión con otras áreas (combinatoria, álgebra conmutativa, teoría de números)
- Que el alumno aprenda a trabajar con cuerpos finitos, sus construcciones y propiedades, y la de los polinomios irreducibles sobre cuerpos finitos. Aprender a trabajar con conjuntos y polinomios ciclotómicos.
- Que el alumno se familiarice con las familias de códigos más importantes y reconozca sus propiedades más salientes. Por ejemplo: 1) Lineales (Hamming, Golay, Reed-Muller), 2) Cíclicos (BCH, Reed-Solomon, QR), 3) códigos más generales (Goppa, alternantes, sobre anillos).
- Identificar códigos con propiedades especiales como códigos MDS, códigos perfectos, códigos autoduales.
- Que el alumno conozca los resultados más importantes de la teoría como el Teorema de Delsarte, Identidades de MacWilliams, Teorema de Gleason, etc.

A
df
PC
B

EXP-UNC: 0061383/2018

PROGRAMA

Unidad 1: CÓDIGOS LINEALES

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE CÓDIGOS. Códigos lineales y no lineales. Parámetros principales y relativos. Longitud, dimensión, distancia, pesos. Cotas. Ejemplos. Operaciones y construcciones. Codificación y decodificación. Equivalencias de códigos.

CAPÍTULO 2: CÓDIGOS LINEALES. Matrices generadoras y de paridad. Códigos duales. Cotas (Singleton, Hamming, Gilbert-Varshamov, Griesmer). Códigos de Hamming y de Golay. Códigos de Reed-Muller. Códigos especiales (autoduales, MDS; perfectos). [Decodificación por síndrome].

CAPÍTULO 3: ESPECTRO DE CÓDIGOS LINEALES. Pesos, distribución y espectro. Caracteres. Polinomios enumeradores de peso. Identidades de MacWilliams. Polinomios de Krawtchouk.

Unidad 2: CUERPOS FINITOS Y POLINOMIOS

CAPÍTULO 4: CUERPOS FINITOS. Extensiones de cuerpos. Cuerpos finitos. Caracterización. Subcuerpos. Grupo multiplicativo. Clausura algebraica. Automorfismo de Frobenius. Funciones norma y traza. Teorema restricción/dualidad/traza de Delsarte.

CAPÍTULO 5: POLINOMIOS SOBRE CUERPOS FINITOS Y CICLOTOMÍA. Polinomios irreducibles y minimales. Número de polinomios irreducibles. Orden de un polinomio. Raíces de la unidad sobre F_q . Conjuntos ciclotómicos. Factorización de x^n-1 sobre F_q . Polinomios ciclotómicos. Criterio de irreducibilidad de polinomios ciclotómicos

Unidad 3: CÓDIGOS CÍCLICOS

CAPÍTULO 6: Definición y ejemplos. Códigos cíclicos como ideales de anillos de polinomios. Polinomio generador y de chequeo, duales. Códigos de Hamming y Golay como cíclicos. Ceros de códigos cíclicos. Idempotentes. Códigos cíclicos primitivos, multiplicadores. Cota de BCH para la distancia mínima. Métodos de decodificación (Meggit). Códigos afínmente invariantes.

CAPÍTULO 7 - FAMILIAS DE CÓDIGOS CÍCLICOS

Códigos BCH primitivos. Códigos BCH en sentido estrecho. Códigos BCH binarios. Códigos Decodificación de BCH's (algoritmos de PGZ, BM, S y SG). Códigos de Reed-Solomon (RS). Códigos de residuos cuadráticos (QR). [Códigos de Melas y Zetterberg].

Unidad 4: OTROS CÓDIGOS

CAPÍTULO 8. OTROS CÓDIGOS. Códigos de evaluación (BCH y RS). Códigos alternantes. Códigos de Goppa clásicos (rationales). Códigos RS generalizados (GRS-codes). Códigos no lineales famosos: Nordstrom-Robinson, Kerdock, Preparata. [Códigos de Goethals]

CAPÍTULO 9: CÓDIGOS SOBRE ANILLOS. Códigos Z_4 -lineales. Mapa de Gray. Distancias de Lee, Hamming y Euclídea. Enumeradores de pesos. Códigos binarios a partir de Z_4 -códigos lineales. Códigos cíclicos sobre Z_4 . Factorización de x^n-1 sobre Z_4 , lema de Hensel. [El paper HKCSS'94].

M
DR
PC



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

PRÁCTICAS

Resolución de ejercicios prácticos que serán discutidos entre todos. Entrega de ejercicios resueltos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA BASICA

[1] W. Cary Huffman, Vera Pless. Fundamentals of error-correcting codes. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

[2] F. J. MacWilliams, N. J. A. Sloane. The theory of error-correcting codes I & II. North-Holland Mathematical Library, Vol. 16. North-Holland Publishing Co., Amsterdam-New York-Oxford, 1977.

[3] Steven Roman. Coding and information theory. Graduate Texts in Mathematics, 134. Springer-Verlag, New York, 1992.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

[4] Peter Cameron, Jacob van Lint. Designs, graphs, codes and their links. London Mathematical Society student texts, Cambridge University, 1996

[5] Wolfgang Ebeling. Lattices and codes: a course partially based on lectures by Hirzebruch. Advanced lectures in mathematics. Vieweg, 2002

[6] Rudolf Lidl, Harald Niederreiter. Introduction do finite fields and their applications. Cambridge University, 1994

[7] Rudolf Lidl, Harald Niederreiter. Finite Fields. Cambridge University, 1997.

[8] Gary Mullen, Daniel Panario. Handbook of finite fields

[9] Gabriele Nebe, Eric Rains, Neil Sloane. Self-dual codes and invariant theory. Berlin, Springer, 2006.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

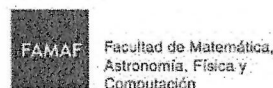
REGULARIDAD: Asistencia regular a clase (80%) + entrega de ejercicios resueltos.

APROBACION: Proyecto: estudio de un tema y exposición oral del mismo. Examen escrito (podría ser take-home) y examen oral.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

El curso es autocontenido, pero se requiere manejo de álgebra y en menor medida de combinatoria. Contenidos de las materias Álgebra I, II y III y Estructuras algebraicas de Licenciatura en Matemática de la FAMAF.

Handwritten signature and initials.



EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Teoría de Conjuntos		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica.		
CARRERA/S: Doctorado en Matemática		

<p>FUNDAMENTOS</p> <p>La Teoría de Conjuntos (TC) tiene un doble rol en la matemática: es a la vez su fundamento y dentro de ella es un área de investigación vigente.</p> <p>En su primera faceta, surgió de entre varios enfoques alternativos (teoría de tipos y el intuicionismo) como respuesta a las contradicciones internas (antinomias) que sacudieron las bases de la matemática a principios del siglo XX. Con el tiempo se estableció como la opción que más se ajustaba a la práctica matemática usual, cristalizándose en la Teoría Axiomática de Conjuntos que tiene como base a los axiomas de de Zermelo y Fraenkel con Elección (ZF + C = ZFC).</p> <p>Ésta es un área de vacancia en nuestro país pero sin embargo atrae mucho interés entre los alumnos. En modo más importante, resulta esencial para la formación integral en Matemática conocer el desarrollo de sus nociones en el ámbito de ZFC, y en el caso de la tarea de investigación, conocer dónde pueden surgir problemas donde las hipótesis conjuntistas tengan alguna relevancia.</p>
--

<p>OBJETIVOS</p> <p>El objetivo de este curso es presentar la axiomática ZFC, con bastante énfasis en la resolución de problemas de manera que los alumnos adquieran destreza en los temas básicos del área, a la vez que se expongan a resultados más avanzados, como a algunas nociones de cardinales grandes y al Axioma de Martin, preliminar para la técnica de forcing.</p>
--

<p>PROGRAMA</p> <p>Unidad 1: Teoría de conjuntos básica Presentación axiomática de la Teoría de Conjuntos. Teoría de Zermelo-Fraenkel. Axioma de Elección (AC). Representación de construcciones matemáticas usando conjuntos. La categoría de los conjuntos parcialmente ordenados (posets). Ordinales y cardinales. Aritmética cardinal. Cofinalidad. Teorema de König. Equivalencias de AC: Teorema del buen orden y Lema de Zorn. Relaciones bien fundadas. Inducción generalizada. Construcciones recursivas sobre conjuntos bien fundados. La jerarquía acumulativa de conjuntos.</p> <p>Unidad 2: Cardinales característicos del continuo y el Axioma de Martin (MA). Dominancia de sucesiones enteras. Cardinal de familias no acotadas. Familias casi disjuntas maximales. Cardinales característicos \mathfrak{a} y \mathfrak{b}. Teorema de Solomon $\mathfrak{a} \geq \mathfrak{b}$. Anticadenas y conjuntos densos en posets. Condición de cadenas contables (ccc). Filtros, Filtros genéricos. Axioma de Martin (MA). Aplicaciones de MA a los cardinales característicos.</p>
--

Handwritten notes and signatures in the left margin, including a large 'A' and some illegible scribbles.

EXP-UNC: 0061383/2018

Unidad 3: Cardinales grandes

Subconjuntos cerrados y no acotados (club) de ordinales. Cardinales inaccesibles y de Mahlo. Cardinales medibles. Cardinales medibles a valores reales. Ultrafiltros, u.filtros σ -completos. Ultraproductos.

Unidad 4: Modelos de la Teoría de Conjuntos

Repaso de las nociones de modelo de primer orden y satisfacción. Relativización. Fallas de absolutiz en modelos no transitivos. Absolutiz de par, unión y sucesor. Lemas de validez de axiomas en clases Estudio de los axiomas de ZFC que valen en los distintos conjuntos $V(\alpha)$.

PRÁCTICAS

Resolución de ejercicios presentados con el apunte de la materia y durante la clase. Habrá horarios de consulta disponibles para evacuar dudas.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía Básica:

- [1] R. CIGNOLI , "Teoría axiomática de conjuntos: Una introducción", Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (2016).
- [2] F. Drake, "Set Theory: An Introduction to Large Cardinals", North-Holland Publishing Company (1974).
- [3] T. Jech, "Set Theory", Springer-Verlag (2006) edición del milenio (3ra).
- [4] W. Just, M. Weese, "Discovering Modern Set Theory. I", Grad. Studies in Mathematics 8, American Mathematical Society (1996).
- [5] W. Just, M. Weese, "Discovering Modern Set Theory. II", Grad. Studies in Mathematics 18, American Mathematical Society (1997).
- [6] K. Kunen, "Set Theory", College Publications (2011).
- [7] J. Palumbo, Forcing and independence in set theory, Webpage (2009). UCLA Logic Center Summer School for Undergraduates.

Bibliografía complementaria:

- [1] A.A. Fraenkel, "Abstract Set Theory", North-Holland, Amsterdam (1961), segunda edición.
- [2] P. Halmos, "Naive Set Theory", Springer (1960).
- [3] A. Kanamori, "The Higher Infinite: Large Cardinals in Set Theory from Their Beginnings", Springer Berlin Heidelberg (2008).
- [4] K. Kunen, "Set theory: An Introduction to Independence Proofs", Elsevier Science, Amsterdam, Lausanne, New York (1980).
- [5] Y. Moschovakis, "Notes on Set Theory", Springer-Verlag (1994).
- [6] I. Neeman, Topics in set theory, forcing, Webpage (2011). Course lecture notes <http://www.math.ucla.edu/~ineeman/223s.1.11s/223s-spring11-lecture-notes-6-5.pdf>.

Handwritten notes:
P
↓
PS
↓
B



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

CONDICIONES PARA OBTENER LA REGULARIDAD

Regularidad: Se requiere un 80% de asistencia a las clases teóricas.

CONDICIONES PARA APROBAR

Los alumnos deberán resolver una lista de aproximadamente diez ejercicios y exponer un tema en clase.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Contenidos de las materias Topología, Funciones Reales, Estructuras Algebraicas de la Licenciatura en Matemática de la FAMAF, o de Introducción a la Lógica y Lógica de la Licenciatura en Ciencias de la Computación de la FAMAF.

JA
PS



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Los voids cósmicos, el void local y las propiedades de las galaxias		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas.		
CARRERA/S: Doctorado en Astronomía		

FUNDAMENTOS

Los motivos que justifican el dictado del curso están basados en la gran relevancia que han adquirido los voids cósmicos en el estudio del Universo a gran escala, debido a que son candidatos a poner en jaque o confirmar la validez del modelo cosmológico estándar.

Las observaciones del void local arrojan un número de galaxias menor al esperado de acuerdo al modelo cosmológico más aceptado. Esto posiciona al estudio y búsqueda de galaxias en la zona de avoidance como protagonista a la hora de poner a prueba el modelo de Universo, que actualmente es la base de la gran mayoría de los estudios de astronomía extragaláctica y cosmología.

Desde el punto de vista de la dinámica, el estudio de los campos de velocidades en el entorno a los voids es conveniente para describir de manera simple la formación y evolución de la estructura a gran escala del Universo. Además, el origen de la velocidad peculiar del grupo local no está completamente comprendido. En este contexto, el estudio del efecto de la expansión y movimientos del void local en las velocidades peculiares de las galaxias vecinas podría aportar al conocimiento de la dinámica del grupo local y de nuestra galaxia.

OBJETIVOS

Los objetivos del curso consisten en que el alumno adquiera una visión completa y unificada de la distribución y dinámica de las mayores estructuras que conforman el Universo observado, tales como cúmulos, voids, filamentos y paredes. En particular, se pretende que el alumno sea capaz de comprender la evolución de las grandes estructuras del Universo local en términos del void local, en una representación global que comprenda tanto la acreción de galaxias hacia los cúmulos como la expansión del void local.

Por otro lado, los voids cósmicos constituyen verdaderos laboratorios donde se pone de manifiesto la evolución de las galaxias en un ambiente prístino. Se espera que el alumno adquiera herramientas que le permitan resolver problemas relacionados con el efecto del void local en la formación y evolución de las galaxias, como así también en sus propiedades observacionales.

PROGRAMA

Unidad 1: Voids cósmicos

Definición. Propiedades generales. Perfiles de densidad: perfil interno y de las paredes que los rodean. Función de distribución espacial, correlaciones. Volumen ocupado por voids y distribución de tamaños. Métodos y algoritmos de búsqueda e identificación. Comparaciones, ventajas e inconvenientes de los más utilizados.

Unidad 2: Dinámica de voids

Dinámica interna. Expansión y colapso de voids cósmicos: procesos "void_in_void" y "void-in-cloud". Bimodalidad en la evolución de voids. Relación de la dinámica de los voids

Handwritten notes and signatures:

- A large handwritten arrow pointing upwards.
- Handwritten initials "df" and "PC" next to a signature.



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

con las estructuras circundantes. Dinámica global: movimiento del void como un todo. Velocidad de los voids en un contexto de estructuras a gran escala vecinas como grupos y cúmulos de galaxias. Interpretación de los movimientos de las galaxias en términos de las velocidades de los grupos y cúmulos, conjuntamente con la expansión y desplazamientos de voids.

Unidad 3: Propiedades de las galaxias pobladoras de voids y de sus entornos.

Grupos de galaxias en voids y regiones de baja densidad global. Propiedades de grupos de galaxias en voids: masas viriales, distribución espacial, radios viriales. Propiedades de galaxias en grupos en regiones de baja densidad global: colores, luminosidades, tasas de formación estelar, brillos superficiales, núcleos activos. Interacciones y pares de galaxias en voids.

Unidad 4: Void local

Representación del Universo local con sus componentes a gran escala: grupo local, cúmulos vecinos, void local. Galaxias conocidas en el void local. Desafíos observacionales. Efecto de la expansión del void local en la dinámica de las galaxias, en particular la Vía Láctea. Campo de velocidades peculiares observacionales en el entorno al grupo local. Velocidad peculiar del grupo local y de nuestra Galaxia. Movimientos de corriente a gran escala en el Universo local. Interpretaciones más aceptadas de la velocidad del grupo local de galaxias. El rol del void local en la dinámica del Universo cercano y en las propiedades de las galaxias.

PRÁCTICAS

Se realizarán trabajos de investigación que serán parte de la evaluación final.

BIBLIOGRAFÍA

Se utilizarán principalmente artículos publicados en revistas internacionales con referato (MNRAS, ApJ, Nature, A&A, etc).

Los temas básicos de estructura a gran escala del Universo se basarán en "Large scale structure of the Universe" P.J.E. Peebles (Princeton University Press, 1980), Cosmological Physics, John Peacock (Cambridge University Press, 1998)

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

La evaluación consistirá en un examen final individual y abarcativo del contenido del curso y en la realización de un trabajo práctico de investigación sobre temas afines al contenido del curso.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Ser estudiante de doctorado en astronomía o física.

Handwritten notes:
df
PE
(with a large flourish below)



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Métodos numéricos para sistemas dinámicos		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica.		
CARRERA/S: Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física		

FUNDAMENTOS

La familiaridad con los sistemas dinámicos, tanto a nivel teórico como práctico, es fundamental para comprender muchos desarrollos recientes no sólo en el área de la dinámica clásica, sino también en otras áreas de la física como la mecánica cuántica o la mecánica estadística, y poder realizar aportes a los mismos.

OBJETIVOS

Los contenidos teóricos del presente curso surgen como una prolongación natural de los temas abarcados por algunas materias de las Licenciaturas en Física y Astronomía, principalmente Mecánica y Métodos Matemáticos de la Física; asimismo sus contenidos prácticos son en parte, una prolongación a éstas áreas de los abarcados por la materia Métodos Numéricos. El objetivo es proveer al estudiante de los recursos conceptuales y operativos indispensables para abordar la literatura científica actual (tanto la específica del área como la que hace uso de sus herramientas) con un razonable nivel de capacidad teórica y práctica, y en particular proveer el conocimiento y las herramientas computacionales indispensables para trabajar en la práctica con sistemas dinámicos. Esto último incluye el desarrollo, a lo largo del curso, de un conjunto de rutinas de cálculo probadas y estandarizadas, para cada uno de los principales temas a desarrollar.

PROGRAMA

Unidad 1: Soluciones de estado estacionario

Sistemas dinámicos de tiempo continuo autónomos y no-autónomos; relación entre los mismos. Sistemas de tiempo discreto. Conjuntos límite: puntos de equilibrio, soluciones periódicas y cuasi-periódicas; caos y poder predictivo.

Unidad 2: Mapas de Poincaré

El mapa de Poincaré para sistemas autónomos y no-autónomos. Conjuntos límite de mapas de Poincaré. Mapas de orden superior. Algoritmos: selección de un hiperplano y localización de cruces; interpolación, bisección, Newton-Raphson y método de Henon.

Unidad 3: Estabilidad

Autovalores y multiplicadores característicos; la ecuación variacional; puntos de equilibrio. Exponentes de Lyapunov: definición; puntos de equilibrio y puntos fijos; subespacios de perturbación; conjuntos límite no-caóticos y atractores caóticos. Algoritmos: autovalores, multiplicadores característicos y exponentes de Lyapunov.

Unidad 4: Integración

Tipos de algoritmos. Errores locales y globales, estabilidad numérica. Ecuaciones stiff. Consideraciones prácticas: paso y orden variables; ecuaciones implícitas; errores. Integración

Handwritten notes and signatures in the left margin, including a large 'D' and some illegible scribbles.



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

de sistemas caóticos. Algoritmos: Runge-Kutta, Adams-Bashfort, Adams-Moulton, Gear, Bulirsch-Stoer; control de error.

Unidad 5: Localización de conjuntos límite

Fuerza bruta vs. Newton-Raphson. Puntos de equilibrio, puntos fijos, órbitas cerradas. Soluciones periódicas de sistemas autónomos y no-autónomos. Soluciones 2-periódicas: diferencias finitas, balance espectral. Soluciones caóticas.

Unidad 6: Variedades estables e inestables

Definiciones y teoría: sistemas de tiempo continuo, trayectorias homoclínicas y heteroclínicas, Teorema de Silnikov; sistemas de tiempo discreto, órbitas homoclínicas, Teorema de Smale-Birkhoff. Algoritmos para la reconstrucción de variedades.

Unidad 7: Dimensión

Definiciones; dimensión de capacidad, de información, de correlación, de k-ésimo vecino y de Lyapunov. Algoritmos para el cálculo de dimensiones. Reconstrucción de atractores.

Unidad 8: Diagramas de bifurcación

Definiciones y teoría. Algoritmos: fuerza bruta, transitorios, histéresis y artefactos; continuación, la función de continuación, puntos de retorno y estabilidad, integración.

PRÁCTICAS

Desarrollo y testeado de algoritmos y rutinas de cálculo numérico específicas para los diversos temas del curso.

Lugar: misma aula de las clases teóricas, utilizando los equipos de los propios alumnos.

Modo de supervisión: presencial, por el docente a cargo.

Evaluación: integrada a los tres Trabajos Prácticos de regularidad.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- T. S. Parker and L. O. Chua, Practical Numerical Algorithms for Chaotic Systems. Springer-Verlag, New York, 1989.
- F. Verhulst, Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. Springer-Verlag, Berlin, 1990.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling and B. P. Flannery, Numerical Recipes 2nd. Edition. Cambridge University Press, New York, 1992.
- J. Lichtenberg y M. A. Leiberman, Regular and Stochastic Motion. Springer-Verlag, New York, 1983.
- H. Goldstein, Mecánica Clásica, Segunda Edición. Editorial Reverté, Barcelona, 1998.
- L. D. Landau y E. M. Lifshitz, Mechanics, Tercera Edición. Pergamon Press, Oxford, 1978

df
PC
B



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

- Para la regularidad: aprobar dos de tres Trabajos Prácticos (nota mínima: 6).
- Para la aprobación: aprobar un examen final teórico-práctico individual.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Contenidos de las materias Mecánica y Métodos Matemáticos de la Física (plan viejo de Lic. en Física o Astronomía) o Mecánica y Métodos Matemáticos de la Física II (plan nuevo de Lic. en Física o Astronomía).

Se requiere práctica en la programación, aunque no se exige un lenguaje de programación específico.

JP
RC



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Electrodeposición de metales: Principios y aplicaciones prácticas		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 30 horas de práctica.		
CARRERA/S: Doctorado en Física		

FUNDAMENTOS

El principal objetivo del curso es la aplicación de métodos electroquímicos al estudio de sistemas químicos y a la producción de materiales con propiedades catalíticas y/o magnéticas. Estas aplicaciones requieren de un entendimiento de los principios fundamentales de las reacciones en el electrodo y de las propiedades eléctricas de las interfaces electrodo-solución. Una rama importante de la electroquímica es la electrodeposición. En esta línea, la comprensión de los procesos que ocurren en la superficie y en el seno de los materiales que se preparan es de suma importancia para su posterior aplicación.

OBJETIVOS

El objetivo del curso es mostrar un marco conceptual unificado e interdisciplinario que permita una mejor comprensión de las reacciones y metodologías a aplicar en la electrodeposición de nanoestructuras, multicapas, filmes finos, gruesos y su posterior caracterización. Se comenzará con temas básicos de la electroquímica para luego focalizarse en las reacciones de deposición/disolución, presentando mecanismos de nucleación y crecimiento de un cristal. Se estudiarán las características particulares de diferentes microestructuras obtenidas por electrodeposición, tales como láminas delgadas, nanohilos, nanopartículas y su relación con las propiedades magnéticas observadas.

PROGRAMA

Unidad 1: Descripción de los modelos de doble capa electroquímica

- Modelo (simplificado) de Debye-Hückel.
- Modelo de la doble capa compacta de Helmholtz.
- Modelo de la carga difusa de Gouy-Chapman.
- Modelo de Stern. Modelo de la triple capa de Grahame

Unidad 2: Cinética y mecanismo de electrodeposición

- Cinética de transferencia de carga :Ecuación de Butler-Volmer. Ecuación de Tafel
- Influencia del transporte de masa sobre la cinética del electrodo. Derivación cinética de la ecuación de Nernst. Corriente límite difusional.
- Derivación cinética de la ecuación de Cottrell
- Reacciones multietapas. Control mixto (difusional- carga, difusional-migración iónica).

Unidad 3: Modelos de nucleación y crecimiento.

- Fundamentos de la electrocristalización de metales. Dinámica atómica.
- Adsorción localizada (2D). Deposición sub-potencial (UPD).
- Formación y crecimiento de un cristal. Energía de formación de un cluster, 3D ó 2D.
- Mecanismos de nucleación bi (2D) ó tridimensional (3D). Derivación de tamaño crítico y

Handwritten notes and signatures on the left margin, including a large 'A' and some illegible scribbles.

EXP-UNC: 0061383/2018

energía libre crítica de un cluster.

- Ley de Avrami, Nucleación instantánea o progresiva. Velocidad de nucleación 2D,3D. Crecimiento de núcleos independientes o interactuantes.
- Formación de monocapas y multicapas, (2D). Nucleación-coalescencia, (3D). Mecanismos de deposición. Volmer-Weber, Frank Var der Merwe and Stranski –Krastanov.
- Derivación de los modelos teóricos de nucleación y crecimiento 2D y 3D. Nucleación 2D y crecimiento con control cinético (Modelo Bewick,Fleischman and Thirsk). Nucleación 3D y crecimiento controlado por difusión (Modelo Scharifker-Hill , y modelo Scharifker-Mostany).
- Modelo de crecimiento de nanohilos (1D) ordenados en membranas porosas.
- Ajuste de curvas experimentales a modelos teóricos adimensionales de nucleación y crecimiento.

Unidad 4: Método Monte Carlo

Método Monte Carlo. Principios Básicos. Consideraciones estadísticas. Caminata Aleatoria. Integración Monte Carlo. Ejemplo de simulaciones. Cristales de Spin. Método de Metrópolis. Simulación por Monte Carlo de la nucleación y el crecimiento de un cristal.

Unidad 5: Microestructuras

Elementos de una microestructura. Dimensionalidad. Estructuras cristalinas y amorfas. Fases. Cristalografía. Textura cristalográfica. Morfología y distribuciones de tamaño y espacial de las fases. El problema del sustrato. Tensiones internas. Microestructura y propiedades de superficies. Técnicas experimentales para la caracterización de microestructuras electrodepositadas.

Unidad 6: Propiedades sensibles a la estructura.

Nanopartículas, Nanohilos, láminas delgadas y gruesas magnéticas. Relación proceso-microestructura-propiedades. Propiedades de histéresis magnética, de transporte de carga/spin y mecánicas de nanoestructuras electrodepositadas. Estabilidad de las microestructuras.

Unidad 7: Práctico de laboratorio. Síntesis de materiales por electrodeposición y su caracterización

Diferentes métodos electroquímicos: Potenciostáticos y/o Galvanostáticos, serán estudiados y discutidos previamente para luego ser aplicados en la síntesis de un material (metal, óxido metálico, etc) por electrodeposición. La posterior caracterización vía electroquímica y la evaluación de sus propiedades magnéticas y/o catalíticas completarán el práctico de laboratorio. Presentación escrita y oral de un informe de laboratorio.

PRÁCTICAS

Tema VII: Práctico de laboratorio. Síntesis de materiales por electrodeposición y su caracterización.

Diferentes métodos electroquímicos: Potenciostáticos y/o Galvanostáticos, serán estudiados y discutidos previamente para luego ser aplicados en la síntesis de un material (metal, óxido metálico, etc.) por electrodeposición. Su posterior caracterización vía electroquímica y la evaluación de sus propiedades magnéticas y/o catalíticas completarán el práctico de laboratorio. Presentación escrita y oral de un informe de laboratorio.

Handwritten notes:
es
df
PC
[Signature]



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

BIBLIOGRAFÍA

1. Modern Electrochemistry. Volume 1. Ionics. Volume 2A. Fundamentals of Electrodeics. John O'M. Bockris and Amulya K.N.Reddy, and Maria Gamboa-Aldeco Second edition. Kluwer Academic Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2002.
2. Interfacial Electrochemistry. Elisabeth Santos and Wolfgang Schmickler. Second edition. Oxford University Press. 2010.
3. Fundamentals of Electrochemical deposition. Milan Paunovic, Mordechai Schlesinger. Wiley Intersciences. John Wiley & Sons, INC., second edition, 2006.
4. Electrochemical Phase Formation and Growth .E. Budevski , G. Staikov, W.J.Lorenz. VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-69451 Weinheim (Federal Republic of Germany), 1996.
5. Electrocrystallization. Fundamentals of Nucleation and Growth. Alexander Milchev. Kluwer Academic Publishers :New York-Moscow,2002.
6. Theoretical and experimental studies of multiple nucleation. B.R. Scharifker and G Hills,. Electrochim. Acta 28(7) (1983) 879-889.
7. Modeling the Growth of Nanowire Arrays in Porous Membrane Templates. S. Blanco, R. Vargas, J. Mostany, b C. Borrás and B. R. Scharifker, Journal of The Electrochemical Society, 161 (8) (2014) E3341-E3347.
8. Stability of microstructure in metallic systems, J.W. Martin, R.D. Doherty, B. Cantor, (1997) Cambridge University Press, UK.
9. Introducción a la Ciencia y la Ingeniería de los Materiales. William D. Callister Jr. Ed. Reverte Buenos Aires. 2002.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

El desarrollo experimental y defensa (escrita y oral) de un trabajo realizado en laboratorio y un examen final individual que abarcará los temas tratados durante el curso. Las preguntas se realizan en forma escrita e involucran el conocimiento de los conceptos fundamentales y sus aplicaciones a casos concretos.

Durante el dictado del curso se entregará regularmente cuestionarios de los distintos temas tratados, que deberán ser completados en un 80%.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Este curso está orientado a alumnos de post-grado en disciplinas de las ciencias exactas, físicas y naturales. Se requieren conocimientos básicos de química, físico química y física de los materiales.

A
df
PE
As

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Métodos de hiperpolarización y preservación de señales de resonancia magnética nuclear		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	Nº DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas.		
CARRERA/S: Doctorado en Física		

FUNDAMENTOS

La resonancia magnética nuclear es una técnica experimental versátil, no invasiva y no destructiva con aplicaciones en el área de la medicina, la física, la química, ciencia de los materiales entre otros. Sin embargo, la técnica sufre dos grandes desventajas: baja sensibilidad al momento de la detección y tiempos de relajación cortos que no permiten observar procesos lentos. En las últimas dos décadas se ha avanzado mucho en el desarrollo de numerosas y variadas técnicas de hiperpolarización de la señal de resonancia magnética, algunas de las cuales ya están más que instaladas como una herramienta frecuente de la técnica. Por otro lado, también ha avanzado mucho el campo de la resonancia magnética del estado singlete que proporciona los medios por los cuales es posible extender los tiempos de relajación. Todas estas técnicas son novedosas en el área y su estudio en conjunto proporcionan las herramientas para el desarrollo de la resonancia magnética actual.

OBJETIVOS

El objetivo del curso es introducir a los alumnos, con conocimientos previos de resonancia magnética nuclear, en herramientas más novedosas y actuales de la técnica. Se desarrollarán técnicas de hiperpolarización tales como: polarización nuclear dinámica; polarización inducida por parahidrógeno y polarización inducida por luz. Se estudiarán, además, diferentes métodos de prolongar la señal de RMN. Finalmente, se avanzará en cómo los conceptos de hiperpolarización de la señal y prolongación de los tiempos de relajación pueden ser combinados generando nuevos campos de aplicación de la técnica de resonancia magnética nuclear

PROGRAMA**Unidad 1: Hiperpolarización de la señal de Resonancia Magnética Nuclear.**

Introducción y motivación

Unidad 2: Polarización Nuclear Dinámica, DNP

- a. Efecto Sólido
- b. Efecto Cruzado.
- c. Efecto Overhauser.
- d. Utilización de la señal hiperpolarizada para espectros de alta resolución.
- e. Aplicaciones.

Unidad 3: Polarización Inducida por Rotor Cuántico, QRIP.

- a. Aspectos Teóricos.
- b. Aspectos Experimentales

Handwritten notes and signatures:

- df
- pc
- ls

EXP-UNC: 0061383/2018

Unidad 4: Polarización Inducida por parahidrógeno, PHIP.

- a. Introducción. Molécula de Hidrógeno, isómeros de espín.
- b. Descripción estadística de la molécula de Hidrógeno.
- c. Preparación de parahidrógeno enriquecido.
- d. Generación en procesos con catalización heterogénea.
- e. Generación en procesos con catalización homogénea.
- f. Técnica de amplificación de la señal por intercambio reversible, SABRE.
- g. Dependencia de la técnica PHIP con el campo magnético.
- h. Aplicaciones.

Unidad 5: Polarización inducida por luz.

- a. Bombeo óptico de RMN, OP.
 1. Bombeo óptico de gases nobles
 2. Bombeo óptico de semiconductores
- b. Polarización Nuclear Óptica, ONP. Centros NV- en cristales de diamantes.
- c. Polarización nuclear dinámica inducida químicamente, CIDNP.

Unidad 6: Transformada Inversa de Laplace aplicada a la RMN.

- a. Transformada inversa de Laplace en 1d
- b. Transformada inversa de Laplace multidimensional
- c. Transformada inversa de Laplace con señal hiperpolarizada

Unidad 7: Estados de Vida Media Larga, LLS.

- a. Estados singletes nucleares y orden singlete. Propiedades de relajación del orden singlete. Orden singlete y equivalencia magnética.
- b. Metodologías para manipular el orden singlete en sistemas de dos espines $\frac{1}{2}$. Ciclos de campos magnéticos. Secuencias de pulsos de rf.
- c. Técnicas para el filtrado del orden singlete.
- d. Orden singlete en señales hiperpolarizadas.

PRÁCTICAS

Se va a desarrollar un trabajo práctico en el laboratorio del Lanais.

BIBLIOGRAFÍA

- Hyperpolarization Methods in NMR Spectroscopy. Topics in Current Chemistry, Volume 388. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2012).
- Hyperpolarized magnetic resonance in chemistry. Magnetic Resonance in Chemistry 56, 565–565 (2018). Special Issue.
- Morozova, O. B., Yurkovskaya, A. V., Vieth, H.-M., Sosnovsky, D. V. & Ivanov, K. L. Light-induced spin hyperpolarisation in condensed phase. Molecular Physics 115, 2907–2943 (2017).
- Acosta, R. H., Blümler, P., Münnemann, K. & Spiess, H.-W. Mixture and dissolution of laser polarized noble gases: Spectroscopic and imaging applications. Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy 66, 40–69 (2012).
- Lilly Thankamony, A. S., Wittmann, J. J., Kaushik, M. & Corzilius, B. Dynamic nuclear polarization for sensitivity enhancement in modern solid-state NMR. Progress in Nuclear

df
pc
ls



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

Magnetic Resonance Spectroscopy 102–103, 120–195 (2017).

- Levitt, M. H. Singlet Nuclear Magnetic Resonance. Annu. Rev. Phys. Chem. 63, 89–105 (2012).
- Pileio, G. Singlet NMR methodology in two-spin-1/2 systems. Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy 98–99, 1–19 (2017).

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

CONDICIONES PARA OBTENER LA REGULARIDAD

Asistencia al 70% de clases teóricas. Desarrollo y presentación de problemas asignados.

FORMA DE EVALUACIÓN

Se deberá rendir un examen final oral. El mismo consistirá en un coloquio en el que se evalúen los temas abordados en la materia, más la exposición de un trabajo de investigación publicado con el que se profundice en la aplicación de alguna de las técnicas de hiperpolarización estudiadas.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Mecánica Cuántica II; Resonancia Magnética Nuclear

Handwritten notes:
A
JF
PC
A



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Propiedades termo-mecánicas de membranas lipídicas		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 70 horas.		
CARRERA/S: Doctorado en Física		

FUNDAMENTOS

Los lípidos son moléculas que cumplen un rol fundamental en los seres vivos. Su capacidad de formar estructuras autoensambladas en solventes acuosos da origen a diferentes estructuras liotrópicas. En particular, las fases lamelares constituyen la base de las membranas biológicas, o simplemente membranas lipídicas. Su compatibilidad biológica convierte a dichas estructuras como pilares básicos para la formulación de nano-transportadores de compuestos activos tanto para uso farmacéutico como cosmético, transfectores de material genético, medios de contrastes para diferentes técnicas de diagnóstico por imágenes, etc. Las aplicaciones tecnológicas de liposomas o vesículas unilamelares y multilamelares han despertado un alto interés en comprender y caracterizar las propiedades físico-químicas de estos sistemas. En los últimos años se ha desarrollado un particular interés en la posibilidad de incorporar drogas y compuestos activos a través de la piel utilizando liposomas ultraflexibles, ultradeformables o transfersomas. Estos nano-transportadores son formulados de manera de lograr propiedades elásticas sobresalientes, y de poseer una alta deformabilidad que facilite la penetración a través de la dermis y epidermis (barreras semipermeables de la piel). Se ha instalado una discusión en el plano académico sobre la eficiencia de dichas formulaciones, su capacidad de sobrevivir al estrés hidrodinámico, hasta qué capa penetran, etc. Otro problema es cómo caracterizar estos sistemas a nivel laboratorio, de manera de asegurar la performance posterior en la aplicación. Un parámetro fundamental es la constante elástica de flexión de la membrana. El problema que se ha manifestado claramente en diversos artículos es que diferentes técnicas de caracterización acusan diferentes valores de dicha constante. A su vez, no está clara todavía la relación entre dicha constante de flexión y la "deformabilidad" que se observa en experimentos de extrusión. Utilizando la técnica de relaxometría magnética nuclear, recientemente observamos la posibilidad de un límite de súper-elasticidad en el cual la membrana puede llegar a la ruptura bajo la acción de sus fluctuaciones térmicas naturales. Un ingrediente fundamental en todos los aspectos mencionados atañe sin dudas a las propiedades termo-mecánicas de estas estructuras lamelares autoensambladas, la dependencia de las propiedades elásticas con los aditivos agregados para exacerbar dichas propiedades, etc. En este contexto, el curso propone una revisión de los aspectos más importantes sobre dichas propiedades, fundamentalmente basado en trabajos seminales de la escuela francesa y alemana de los años 70-90, en contraste con tópicos específicos de la actualidad. Los conceptos a explorar en el curso brindan una base sólida para la comprensión del comportamiento de éstos sistemas, con una mirada desde la teoría del continuo exitosamente utilizada en la descripción de diferentes mesofases líquido-cristalinas, así como la teoría elástica propuesta por Helfrich.

OBJETIVOS

- Brindar conocimientos sobre la descripción de una membrana como un sistema

Handwritten signature and initials:
 A large handwritten mark resembling a stylized 'A' or '1' is on the left.
 Below it, the initials 'df' and 'RE' are written vertically.
 At the bottom, there is a large, sweeping handwritten signature.

EXP-UNC: 0061383/2018

líquido-cristalino.

- Profundizar en las propiedades termodinámicas y elásticas de modelos de membrana.
- Analizar las causas que pueden producir inestabilidad en la membrana por agregado de aditivos.

PROGRAMA

Unidad 1: Sistemas mesomórficos

Cristales líquidos. Fase nemática, esméctica y colestérica. Propiedades básicas de un nemático. Propiedades de un esméctico. Sistemas lamelares. Diferencias entre sistemas unilamelares y multilamelares.

Unidad 2: Membranas lipídicas

Lípidos y fosfolípidos. Mesophases liotrópicas formadas por lípidos. Características. Bicapas lipídicas. Vesículas multilamelares y unilamelares. Liposomas. Propiedades.

Unidad 3: Propiedades elásticas de las membranas lipídicas

Posibles deformaciones. Módulos elásticos. Compresión y tensión. Modelos de curvatura. Acoplamiento entre curvatura y deformaciones elásticas. Acoplamiento entre curvatura y densidad. Constante elástica de flexión. Rigidez. Teoría elástica de Helfrich. Energía elástica de curvatura. Sistemas lamelares conectados y desconectados. Sistemas unilamelares y multilamelares. Compresibilidad esméctica en sistemas multilamelares. Deformación de vesículas esféricas bajo la acción de un campo magnético. Deformación por presión.

Unidad 4: Propiedades termodinámicas y termo-mecánicas

Ecuaciones de estado. Expansividad. Transiciones de fase L-alfa a L-beta. Efectos pre-transicionales. Modelo termodinámico de una membrana ideal. Fluctuaciones térmicas de la membrana. Desarrollo armónico de la energía elástica de curvatura. Fluctuaciones de forma en un vesícula y teorema de equipartición: amplitud de los modos y su dependencia con el módulo elástico de flexión. Rigidez efectiva. Modelo de Brochard y Lennon. Modos amortiguados y propagantes.

Unidad 5: Inestabilidades de curvatura en membranas

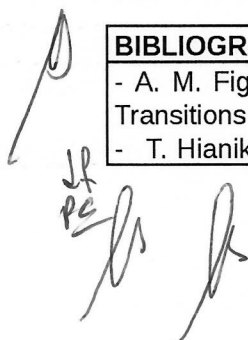
Rigidez y curvatura espontánea. Tensión superficial. Estabilidad de sistemas autoensamblados. Efecto de impurezas o aditivos. Rigidez efectiva. Fluctuaciones de densidad y acoplamiento con modos de curvatura. Estabilidad frente a fluctuaciones. Condición de estabilidad. Polimorfismos y transiciones estructurales. Transformaciones topológicas, crenación. Efecto de colesterol y detergentes. Aspectos cinéticos y estructurales.

PRÁCTICAS

Resolución de problemas deber que serán discutidos en clase.

BIBLIOGRAFÍA

- A. M. Figueiredo Neto y S. R. A. Salinas, The Physics of Lyotropic Liquid Crystals: Phase Transitions and Structural Properties, Oxford (2010).
- T. Hianik, V. I. Passechnik, Bilayer Lipid Membranes. Structure and Mechanical Properties,





Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

- Springer (1995).
- W. Helfrich, Elastic properties of lipid bilayers: theory and possible experiments, Z. Naturforsch. 28c, 693 (1973).
 - W. Helfrich, Lipid bilayer spheres: deformation and birefringence in magnetic fields, Phts. Lett. 43a, 409 (1973).
 - E. A. Evans, Bending resistance and chemically induced moments in membrane bilayers, Biophys. J. 14, 923 (1974).
 - F. Brochard y J.-F. Lennon, Frequency spectrum of the flicker phenomenon in erythrocytes, J. Phys. (París) 36, 1035 (1975).
 - D. Lichtenberg, R. J. Robson y E. A. Dennis, Biophys. Biochem. Acta 737, 285 (1983).
 - S. Leibler, Curvature instability in membranes, J. Phys. (París) 47, 507 (1986).
 - W. Helfrich, Size distribution of vesicles: the role of the effective rigidity of membranes, J. Phys. (París) 47, 321 (1986).
 - E. Sackmann, H.-P. Duwe y H. Engelhardt, Membrane Bending Elasticity and its Role for Shape Fluctuations and Shape Transformations of Cells and Vesicles, Faraday Discuss. Chem. Soc. 81, 281 (1986).
 - I. Szleifer, D. Kramer y A. Ben-Shaul, Molecular theory of curvature elasticity in surfactant films, J. Chem. Phys. 92, 6800 (1990).
 - S. A. Safran, P. Pincus y D. Andelman, Theory of spontaneous vesicle formation in surfactant mixtures, Science 248, 354 (1990).
 - E. Sackmann, Physical basis of self-organization and function of membranes: physics of vesicles, en "Handbook of biological physics", Elsevier (1995).
 - U. Seifert, Configurations of fluid membranes and vesicles, Adv. Phys. 46, 13 (1997).
 - P. Méléard, C. Gerbeaud, T. Pott y otros, Bending elasticities of model membranes: influence of temperature and sterol content, Biophys. J. 72, 2616 (1997).
 - R. Goetz, G. Gompper y R. Lipowsky, Mobility and Elasticity of Self-Assembled Membranes, Phys. Rev. Letters 82, 221 (1998).
 - H. Ohvo-Rekila, B. Ramstedt, P. Leppima y otro, Cholesterol interactions with phospholipids in membranes, Prog. Lipid. Res. 41, 66 (2002).
 - I. Bivas y P. Méléard, Bending elasticity and bending fluctuations in lipid bilayer containing an additive, Phys. Rev. E 67, 012901 (2003).
 - S. B. Rochal, V. L. Lorman y G. Mnnessier, Viscoelastic dynamics of spherical composite vesicles, Phys. Rev. E 71, 021905 (2005).
 - R. Dimova, Recent developments in the field of bending rigidity measurements on membranes, Adv. Colloid Interface Sci. 208, 225 (2014)

entre otros artículos.

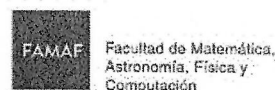
MODALIDAD DE EVALUACIÓN

La regularidad se logra con el 80% de asistencia a las clases y la realización del 100% de los prácticos. Para la aprobación del curso el alumno deberá aprobar un examen escrito.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Licenciatura en Física.

dh
pe
[Handwritten signatures]



EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Química de materiales inorgánicos		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 24 horas de práctica.		
CARRERA/S: Doctorado en Física		

FUNDAMENTOS

Fundamentos: Los sólidos inorgánicos han tenido un fuerte impacto en el área de materiales en las últimas décadas. Es así que de este subconjunto de materiales han surgido entre otros, materiales ferroeléctricos, superconductores de alta temperatura crítica, materiales magnetorresistentes, materiales magnetoeléctricos, etc. En este curso se dictarán los fundamentos químicos para clasificar y entender las estructuras de estos sólidos, sus propiedades y en ciertos casos las relaciones entre las propiedades y sus estructuras.

OBJETIVOS

Los objetivos de este curso son realizar una descripción de las estructuras cristalinas de compuestos sólidos inorgánicos, basada en los principios de la cristalografía (empaquetamientos compactos, sitios intersticiales, etc.) y de la química inorgánica, principalmente usando las configuraciones electrónicas de los iones que constituyen el sólido, de la teoría del campo de los ligandos (para los metales de transición), de los radios iónicos, relaciones de radios iónicos de cationes respecto de aniones, efecto de electrones no enlazantes, etc., para explicar las estructuras cristalinas de compuestos sólidos inorgánicos más conocidos. Se realiza una clasificación de dichas estructuras en familias estructurales (Sal de roca, rutilo, fluorita, blenda, wurtzita, espinelas, perovskitas, etc.). Se analizan dichas estructuras en función de los empaquetamientos compactos y la ocupación de sitios intersticiales. Se analiza cada una de estas estructuras desde el punto de vista de la cristalografía. Se dan fundamentos básicos de cristalografía de rayos x de polvos. Se dan nociones de difracción de neutrones de polvos. Se enseñan los distintos factores que afectan las estructuras cristalinas: Fórmula general, valencias y números de coordinación. Tipo de enlace: covalente, iónico, metálico, molecular. Tamaños atómicos e iónicos. Regla de la suma de valencia. Efecto de electrones no-enlazantes. Efecto de electrones d: distorsión de Jahn-Teller, efecto de par no-enlazante, etc.

Finalmente se analizan los distintos tipos de sólidos inorgánicos, relacionando sus estructuras con sus propiedades: materiales ferroeléctricos, antiferroeléctricos, magnéticos, magnetorresistentes, multiferroicos, etc. Se analizan estructuras y propiedades de materiales inorgánicos de alto impacto tecnológico en los últimos años.

PROGRAMA**Unidad 1: Química de los compuestos de coordinación**

Número de coordinación y simetría. Tipos de ligantes. Estructura, isomería y nomenclatura de los compuestos de coordinación. Estructura electrónica de los complejos de metales de transición: teorías del campo cristalino (TCC) y del campo ligando (TCL). Separación de los orbitales d por acción de campos electrostáticos. Propiedades magnéticas y teoría del campo cristalino. Complejos octaédricos con distorsión cuadrada o tetragonal. Espectros de absorción. La serie espectroquímica. Efecto Jahn-Teller. Efectos estructurales y

Handwritten notes and signatures:

sf
pe

[Signature]

EXP-UNC: 0061383/2018

termodinámicos de las separaciones producidas por el campo cristalino: Energía de hidratación, energía de complejación y energía reticular. Teoría de los orbitales moleculares (TOM). Complejos sin enlaces pi y con enlaces pi. Complejos no-octaédricos. Complejos cuadrados de iones d8. Comparación de las teorías TOM Y TCC.

Unidad 2: Cristalografía de rayos x de polvos

Celda unidad y sistemas cristalinos. Elementos de simetría. Simetría puntual y grupos puntuales. Simetría espacial y grupos espaciales. Elementos de simetría espacial: centrados de red, ejes tornillo y planos de deslizamiento. Redes de Bravais. Planos cristalinos. Índices de Miller. Espaciamiento interplanar. Ausencias sistemáticas. Multiplicidades. Contenido de la celda unidad y densidad. Cristales y la difracción de rayos x. Ecuación de Bragg. Difracción de rayos x de polvos. Intensidad de los picos de difracción. Dispersión de rayos x por electrones y átomos. Dispersión por una red de átomos regularmente espaciada. Dispersión por un cristal. Ecuación de intensidades. Factores de polarización, de velocidad y de Lorentz, de temperatura isotrópicos y anisotrópicos, de dispersión atómico, de estructura, de multiplicidad y de absorción. Indexado (asignación de índices de Miller) de un patrón de difracción. Refinamiento de los parámetros de la celda unidad. Programas de computación para autoindexado y refinamiento de la celda unidad. Operaciones de simetría puntual. Grupos puntuales. Operaciones de simetría espacial. Grupos espaciales. Notación internacional y de Schoenflies. Representación de grupos puntuales. Ejemplos de simetría puntual en moléculas: posiciones generales y espaciales. Grupos centrosimétricos y no centrosimétricos. Los 32 grupos puntuales cristalográficos. Grupos espaciales. Grupos simórficos y no-simórficos. Algunos ejemplos de grupos espaciales: P1 (Triclínico), C2 (Monoclínico), C2/m (monoclínico), P2221 (Ortorrómbico), F222 (Ortorrómbico), I41 (Tetragonal). Uso de las Tablas Internacionales de Cristalografía. Grupos espaciales y estructuras cristalinas: estructuras de perovskita (Pm3m), rutilo (P42/mnm) y sal de roca (Fm3m). Refinamiento de estructuras cristalinas a partir de datos de difracción de polvos: Análisis Rietveld. Extracción de intensidades de un patrón de difracción de polvos. Generación de una ficha de difracción de las "Powder Diffraction Files".

Unidad 3: Cristalografía

Descripción de estructuras cristalinas. Estructuras de empaquetamiento compacto. Empaquetamiento cúbico compacto. Empaquetamiento hexagonal compacto. Materiales que pueden ser descriptos como estructuras de empaquetamiento compacto: metales, aleaciones, estructuras iónicas, redes covalentes y estructuras moleculares. Estructuras de poliedros encadenados. Sitios intersticiales tetraédricos y octaédricos. Estructuras de compuestos binarios y ternarios descriptas en función de empaquetamientos compactos y sitios intersticiales: sal de roca (NaCl), blenda de zinc (ZnS), antifluorita (Na2O), wurtzita (ZnS), arseniuro de níquel (NiAs), cloruro de cesio (CsCl), rutilo (TiO2), CdI2, CdCl2, Cs2O, perovskita (ABO3) y silicatos. Estructura de perovskita y su relación con los cupratos superconductores de alta Tc.

Unidad 4: Algunos factores que influyen las estructuras cristalinas de sólidos inorgánicos

Fórmula general, valencias y números de coordinación. Tipo de enlace: covalente, iónico, metálico, molecular. Tamaños atómicos e iónicos. Estructuras iónicas: principios generales.



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

Regla de la valencia electrostática de Pauling. Regla de la relación de radios. Relación de radios de frontera y estructuras distorsionadas. Energía de la red cristalina. Ciclo de Born-Haber y cálculos termoquímicos. Valencia y longitud de enlace: regla de la suma de valencia. Efecto de electrones no-enlazantes. Efecto de electrones d: distorsión de Jahn-Teller, coordinación plana-cuadrada y coordinación tetraédrica. Efecto de par no-enlazante.

Unidad 5: El enlace químico en sólidos inorgánicos

Metales, aislantes y semiconductores. Estructura electrónica de sólidos: teoría de bandas. Estructura de bandas de metales, aislantes y semiconductores. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Semiconductores tipo n y p. Semiconductores de valencia controlada. Aplicaciones de semiconductores. Estructura de bandas de sólidos inorgánicos. Color en sólidos inorgánicos. Materiales dieléctricos. Ferroelectricidad, piroelectricidad y piezoelectricidad. Relaciones entre ferroelectricidad, piroelectricidad y piezoelectricidad. Aplicaciones

Unidad 6: Propiedades magnéticas de los sólidos inorgánicos.

Comportamiento de sustancias en un campo magnético. Efecto de la temperatura: leyes de Curie y Curie-Weiss. Paramagnetismo, ferromagnetismo y antiferromagnetismo. Cálculo de momentos magnéticos. Mecanismos de ordenamiento ferro- y antiferromagnético: superintercambio. Ejemplos de materiales magnéticos: Óxidos de metales de transición, espinelas, granates y perovskitas. Multiferroicidad. Magnetorresistencia. Aplicaciones

PRÁCTICAS

Trabajo Práctico Nro. 1: Programa VESTA.

Se realizarán dibujos de distintas estructuras cristalinas con el programa de libre acceso VESTA (Visualization for Electronic and Structural Analysis) para la generación de dibujos de estructuras cristalinas (el programa se baja gratuitamente de: <http://jp-minerals.org/vesta/en/>).

Trabajo Práctico Nro. 2: Difracción de Rayos X de polvos.

Trabajo Práctico Nro. 2a: Se realizará un experimento de difracción de rayos x en el difractómetro de rayos x de Polvos X'Pert Pro que posee el grupo de Química de Nuevos Materiales, del Departamento de Físico Química. Se analizará un compuesto binario cúbico AX desconocido, se realizará el autoindexado de la celda de manera manual, el cálculo de los parámetros de red y la determinación de la Red de Bravais. Se realizará además el refinamiento de parámetros de red con el programa FULLPROF y la identificación de la sustancia utilizando la base de datos PDF (Powder Diffraction Files).

Trabajo Práctico Nro. 2b: Se trabajará con un patrón de difracción tomado para un compuesto ternario $A_xB_yO_z$. Se realizará el autoindexado con el programa TREOR90 (que forma parte del paquete de programas que viene con la interface WINPLOTR). Se determinarán los parámetros de red y se refinarán con el programa FULLPROF (también incorporado en WINPLOTR). Se identificará la sustancia cristalina utilizando la base de datos Powder Diffraction Files (PDF). Se realizará la determinación del Grupo Espacial.

Trabajo Práctico Nro. 2c: Análisis Rietveld. Se darán nociones elementales sobre la metodología para refinar estructuras cristalinas por Análisis Rietveld por medio del uso del programa FULLPROF. Se incluye en esto el uso de las bases de datos Inorganic Crystal

Handwritten signatures and initials:
A large handwritten mark resembling a stylized 'S' or 'B'.
Below it, the initials 'df' and 'PE' are written.
At the bottom, there is another large handwritten signature.

EXP-UNC: 0061383/2018

Structure Database (ICSD) y de las Powder Diffraction Files (PDF).

Trabajo Práctico Nro. 3: Uso del programa LATTICE para el cálculo de la energía de red de sustancias cristalinas iónicas.

Se utilizará el programa LATTICE, desarrollado por el Dr. Luis Reinaudi, del Departamento de Química Teórica y Computacional de la FCQ, para calcular la Energía de la Red cristalina de diversos compuestos sólidos cristalinos iónicos. Se analizarán las tendencias, dentro de las diversas familias estructurales.

Trabajo Práctico Nro. 4: Síntesis de Materiales Magnéticos

Se realizará la síntesis, refinamiento de la estructura cristalina y caracterización de propiedades magnéticas de Granates de hierro. Se sintetizarán los granates $Y_xGd_{3-x}Fe_5O_{12}$ (para $x = 0, 1$ y 2). Se realizará DRX de polvos para la determinación de sus parámetros de red y se realizarán mediciones de sus propiedades magnéticas.

Trabajo Práctico Nro. 5: Síntesis del Superconductor de alta temperatura $YBa_2Cu_3O_7$ y determinación de su diamagnetismo por medio de levitación de un imán.

Se realizará la síntesis del superconductor de alta temperatura $YBa_2Cu_3O_7$, su caracterización por medio de DRX de polvos y la verificación de su diamagnetismo por medio de levitación de un imán.

Todos los trabajos prácticos se realizarán en el laboratorio de nuevos materiales inorgánicos, del Departamento de Físicoquímica, de la Facultad de Ciencias Químicas, bajo la supervisión del Dr. Raúl E. Carbonio.

BIBLIOGRAFÍA

- "Química Inorgánica: Principios de Estructura y Reactividad". J. E. Huheey, E. A. Keiter y R. L. Keiter; Oxford University Press (1997).
- "Inorganic Chemistry". P. Atkins, T. Overton, J. Rourke, M. Weller and F. Armstrong. Oxford University Press. 5th Edition. (2010).
- "Inorganic Structural Chemistry". U. Müller. Wiley. (1992).
- "Solid State Chemistry and its Applications". A. R. West. John Wiley & Sons. (1992). G. Burns and A. M. Glazer.
- "Space Groups for Solid State Scientists". Second Edition. Academic Press, Inc. (1990).
- "International Tables for Crystallography". T. Hann (Editor).
Vol. A: Space Group Symmetry. (1989).
Vol. C: Mathematical, Physical and Chemical Tables. (1992).
- "X-ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials". H. P. Klug and L. E. Alexander. John Wiley & Sons. Second Edition. (1974).

df
RE





Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

- "Química del Estado Sólido: Una Introducción". L. Smart y E. Moore, Addison Wesley Iberoamericana (1995).
- "Structure and Bonding in Crystalline Materials". G. S. Rohrer. Cambridge University Press (2001).
- "Magnetic Materials". N. Spalding. Cambridge University Press. (2003).
- "Modern Magnetic Materials: Principles and Applications". R. C. O'Handley. John Wiley & Sons, Inc. (2000).

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Regularidad: Aprobar 4 de los 5 trabajos prácticos. La evaluación consiste en la presentación de un informe escrito para cada trabajo práctico. Aprobación: Deberán aprobar un examen final individual.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Estar inscripto en el Doctorado en Física de FAMAF

df
pe

ls



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Relatividad general II: agujeros negros		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	N° DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 60 horas.		
CARRERA/S: Doctorado en Física		

FUNDAMENTOS

Los objetivos propuestos son indispensables para preparar al alumno para desarrollar tareas de investigación en relatividad general.

OBJETIVOS

Conocer en detalle las soluciones estacionarias de agujeros negros en relatividad general dentro de la familia de Kerr-Newman, sus extensiones maximales y diagramas de Penrose, y las leyes termodinámicas asociadas. Adquirir conocimientos en áreas de geometría diferenciable tales como integración en variedades, hipersuperficies, y congruencias de geodésicas.

PROGRAMA

Unidad 1: Subvariedades / aplicaciones a relatividad general

Nociones elementales de topología. Submersiones, immersiones y embeddings; subvariedades embedded. Pull-backs de tensores $(0,k)$. Hipersuperficies espaciales y temporales: métrica inducida y curvatura extrínseca, relaciones de Gauss-Codazzi. Formulación de valores iniciales en Relatividad General. Hipersuperficies nulas, generadores. Horizontes de Killing.

Unidad 2: Integración / aplicaciones a relatividad general

Formas diferenciales: producto exterior, derivada exterior, propiedades, conmutación con pull-back; integración de formas; variedades con borde: teorema de Stokes, teorema de Gauss en variedades (semi)Riemannianas. Campos vectoriales de Killing y cantidades conservadas. Integrales de Komar. Formulación Lagrangiana de RG.

Unidad 3: Agujeros negros esféricamente simétricos

Extensión de Kruskal de la solución de Schwarzschild; horizontes de Killing, gravedad de superficie; solución de Reissner-Nordström, su extensión maximal, horizonte de Cauchy, infinitos internos; soluciones de múltiples agujeros negros cargados extremos. Integrales de Komar, carga y masa. Congruencias de geodésicas temporales y nulas, expansión, shear y twist. Superficies atrapadas. Solución de Vaidya.

Unidad 4: Agujeros negros rotantes

Teoremas de unicidad; solución de Kerr; ergoesfera, proceso de Penrose; extensión maximal; horizonte de Cauchy. Curvas cerradas temporales y causalidad.

Unidad 5: Termodinámica de agujeros negros

Ley cero; fórmula de Smarr; primera ley; segunda ley (teorema del área); radiación de Hawking.

M
df
PE
ls



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

PRÁCTICAS

Se confeccionó una guía de 80 problemas. Se propone consultas en horarios de oficina, al margen de las 60 horas de clases teóricas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A Course in Point Set Topology; J. Conway, UTM, Springer
- [2] Introduction to smooth manifolds; John T. Lee, GTM, Springer
- [3] Geometry, Topology and Physics; M. Nakahara, Graduate Students Series in Physics, IoP.
- [4] General Relativity; R. Wald, Chicago University Press.
- [5] Numerical Relativity: Solving Einstein's Equations on the Computer; Baumgarte T.W., Sha-piro S.L., CUP (2010)
- [6] A Relativist's Toolkit, The Mathematics of Black-Hole Mechanics; Eric Poisson, CUP (2004)
- [7] P. K. Townsend, Black holes: Lecture notes, gr-qc 9707012.
- [8] Geometría Extrínseca, apuntes, G. Dotti.
- [9] Geometría semi-Riemanniana, apuntes, G. Dotti.
- [10] Juan A. Valiente Kroon, Conformal Methods in General Relativity, Cambridge University Press (2016).

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Regularidad: entregar lista de ejercicios resueltos. Aprobación: por medio de examen final.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Haber cursado el curso de posgrado "Relatividad General"

df
pc



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

TÍTULO: Procesamiento automático de diálogo		
AÑO: 2019	CUATRIMESTRE: primero	Nº DE CRÉDITOS: 3
CARGA HORARIA: 30 horas de teoría y 30 horas de práctica.		
CARRERA/S: Doctorado en Ciencias de la Computación		

FUNDAMENTOS

Curso basado en proyectos centrado en el diseño y desarrollo de algoritmos y sistemas para una comprensión automática robusta del diálogo humano. Se basa en conceptos teóricos de lingüística, de procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje automático. Un sistema de procesamiento automático de diálogo analiza y emula conversaciones humanas contextualizadas en un entorno que puede ser real (tal es el caso para los robots), virtual (como por ejemplo, un videojuego) o mixto (como son las redes sociales, la web en general y los sistemas de e-learning en particular). Tal sistema no sólo debe ser capaz de comprender el lenguaje natural generado por humanos sino también debe ser consciente del contexto de la conversación y de los cambios que ocurren en el mismo. Existen distintos tipos de diálogo; podríamos clasificarlos en diálogos de socialización (del inglés, small-talk), diálogos de argumentación o negociación (posiblemente adversaria como en un juicio) y diálogo colaborativo orientado a tareas (del inglés, task oriented). En este curso nos enfocamos en diálogos orientados a tareas que co-ocurren con una tarea con un objetivo medible. Por ejemplo, resolver un ejercicio de programación mientras se conversa con un tutor o conversar con un robot para sacar una foto de un lugar no accesible para nosotros.

OBJETIVOS

El objetivo de este curso es introducir a los estudiantes al área de procesamiento automático de diálogo. Se incluirán clases especiales sobre proyectos de investigación en desarrollo, presentación de resultados de investigación y conexiones con la industria. Los temas incluyen análisis temporal de turnos, acciones y metas de un diálogo, representación e inferencia sobre el contexto de una conversación, inferencia orientada a metas, semántica léxica, representaciones distribuidas de significado, predicción de pedidos de clarificación, teoría de la cortesía, análisis semántico, análisis de sentimientos en conversaciones, aprendizaje profundo por refuerzos, aprendizaje profundo generativo seq2seq.

PROGRAMA

Unidad 1: Introducción

Definiciones introductorias. Historia y evolución del área. Técnicas y enfoques metodológicos. Modelos y Algoritmos. Ambigüedad. Lenguaje, pensamiento y entendimiento. Test de Turing.

Unidad 2: Nociones básicas de procesamiento de turnos de un diálogo

Expresiones regulares. Tokenización. Normalización. Stemming y Lematización. Segmentación de unidades semánticas. Turnos. Pares de adyacencia. Segmentación de hablantes. Distancia de edición: Definición, Algoritmos, Pesos. Alineación. N-gramas y Modelado de lenguaje: Definición, Probabilidades, Perplejidad, Smoothing, Interpolación.

Handwritten signatures and initials: a large stylized signature, and smaller initials 'df', 'PC', and another signature.



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

Unidad 3: Clasificación de turnos de un diálogo.

Métodos supervisados: Clasificador, Aprendizaje, Modelo de Lenguaje. Precisión, exhaustividad y F-measure. Análisis de Sentimientos: Algoritmos, lexicon, perfil de los hablantes, librerías. Conjuntos de test, desarrollo y evaluación, crosvalidación, tests de significancia estadística. Selección de características. Proyecto de clasificación automática de turnos sobre un corpus de diálogo docente-estudiante.

Unidad 4: Modelos profundos y secuenciales

Redes neuronales recurrentes (RNN). Modelado a nivel de palabra y a nivel de carácter. Generación de palabras con RNN de caracteres. Generación de turnos con Long short term memory (LSTM). Word embeddings. Operaciones. Debiasing. Frameworks de aprendizaje profundo (por ejemplo, Keras). Proyecto de enriquecer un corpus pequeño con word embeddings (por ejemplo, emojiify). Análisis de un sistema de diálogo que usa word embeddings (por ejemplo, Weobot).

Unidad 5: Sistemas de diálogo y Chatbots

Discurso y diálogo. Resolución de referencias. Co-referencia. Pronombres. Coherencia. Grounding. Implicatura conversacional. Actos del habla. Presuposiciones. Pedidos de clarificación. Interpretación basada en planes. Interpretación basada en características. Estructura y gestión del diálogo. Evaluación de sistemas de diálogo

PRÁCTICAS

Se realizarán 3 trabajos prácticos individuales supervisados (emojiify, generación de lenguaje a nivel de carácter y trigger word detection) presencialmente en horario de clase. También se armará un desafío conjunto para todos los estudiantes. El desafío será de clasificación de turnos del diálogo para tratar de maximizar una métrica F1. Los estudiantes deberán presentar dos informes de este desafío en grupos de 3. Uno al proponer la metodología a usar y otro al finalizar el curso.

BIBLIOGRAFÍA

Speech and Language Processing (3rd ed.). 2019. Dan Jurafsky and James H. Martin.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Para regularizar se requieren 3 trabajos prácticos obligatorios individuales corregidos por el docente que requieran programación. Para aprobar se requiere participar de desafío grupal (grupos de 1, 2 o 3 estudiantes) que requerirá un proyecto de programación y entregar 2 informes evaluados por el docente, uno metodológico y otro de resultados.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Contenidos de las materias Algoritmos y estructuras de datos II, Paradigmas de programación e Ingeniería de software I de la Licenciatura en Ciencias de la Computación de la FAMAF.

df
PE
ls