

**AÑO ACADÉMICO: 2019**

DEPARTAMENTO Y/O DELEGACIÓN:	Departamento de Matemática
PROGRAMA DE LA CÁTEDRA:	Métodos matemáticos en mecánica
OBLIGATORIA/OPTATIVA	Optativa
CARRERA/S A LA QUE PERTENECE Y/O SE OFRECE:	Licenciatura en Matemática, Profesorado en Matemática, Ingeniería eléctrica, Ingeniería mecánica, Ingeniería electrónica, Ingeniería química, Ingeniería en petróleo
ÁREA: Análisis	ORIENTACIÓN:
PLAN DE ESTUDIOS - ORDENANZA N°	187/98 (Mod 0290/09) y 0688/16, 1467/14, 0807/97, 0806/97, 0802/97, 0803/97 Y 0804/97, respectivamente
CARGA HORARIA SEMANAL:	8 hs. semanales
CARGA HORARIA TOTAL:	128 hs.
RÉGIMEN:	Cuatrimestral
CUATRIMESTRE:	Segundo
EQUIPO DE CATEDRA:	
<u>Apellido y Nombres</u>	<u>Cargo</u>
Dr. Palacios Amaya, Maximiliano Alejandro	PAD-3

ASIGNATURAS CORRELATIVAS:

Licenciatura en Matemática (187/98):

- REGULAR: CÁLCULO NUMÉRICO, CÁLCULO III Y GEOMETRÍA ANALÍTICA
- APROBADA: CÁLCULO I Y ÁLGEBRA I

Licenciatura en Matemática (688/16):

- REGULAR: ANÁLISIS MATEMÁTICO III Y ÁLGEBRA LINEAL I
- APROBADA: ANÁLISIS MATEMÁTICO I Y ÁLGEBRA I

Profesorado Universitario en Matemática (1467/14):

- REGULAR: CÁLCULO III Y INTRODUCCIÓN AL ÁLGEBRA LINEAL
- APROBADA: INFORMÁTICA EDUCATIVA, CÁLCULO I Y ÁLGEBRA I

Ingeniería Eléctrica, Mecánica, Electrónica, Química, en Petróleo (0807/97, 0806/97, 0802/97, 0803/97, 0804/97):

- REGULAR: ANÁLISIS MATEMÁTICO II Y ÁLGEBRA Y GEOMETRÍA II
  - APROBADA: ANÁLISIS MATEMÁTICO I Y ÁLGEBRA Y GEOMETRÍA I
- 

## 1. FUNDAMENTACIÓN:

Dentro de los problemas que involucran la resolución de ecuaciones diferenciales, un caso de gran interés para las ciencias de la ingeniería, la matemática y la física, son los de la mecánica clásica. Estos problemas suelen describirse mediante algún sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias (SEDO) donde variables físicas dependientes del tiempo se ven involucradas. Por un lado, en este curso (Módulo 1) se abordará la fundamentación teórica de la física que describe el movimiento de partículas utilizando la mecánica de Newton, la mecánica lagrangiana y la mecánica hamiltoniana, en los formalismos matemáticos correspondientes. Se desarrollarán diversas herramientas de análisis numérico que se emplean para su resolución. Esto resulta crucial dado que sólo en casos muy particulares un SEDO puede integrarse en forma analítica. Por otro lado (particularmente en el Módulo 2), entre las estrategias de integración numérica, se hará un particular énfasis en los métodos que preservan la estructura simpléctica de los sistemas hamiltonianos.

## 2. OBJETIVOS:

Se pretende que el(la) alumno(a):

- Adquiera conocimientos elementales de la mecánica clásica, particularmente en sus formalismos lagrangiano y hamiltoniano para la resolución de problemas físicos de dinámica, de fuerzas centrales y de oscilaciones.
- Adquiera conocimientos de una serie de técnicas numéricas básicas para la resolución de problemas que involucran cálculo diferencial e integral; resolución de sistemas ecuaciones diferenciales ordinarias.
- Sea capaz de analizar los errores inherentes a cada método y realizar un estudio completo de la convergencia de la solución.
- Adquiera habilidades de programación: implementación de los algoritmos de programación correspondientes a cada método estudiado.

## 3. CONTENIDOS PROGRAMA SINTÉTICO :

Mecánica de Newton. Formalismos lagrangiano y hamiltoniano. Resolución de problemas de dinámica clásicos (fuerzas centrales y oscilaciones) mediante distintos métodos numéricos. Análisis de errores y convergencia. Integradores simplécticos. Análisis de error Backward. Altas oscilaciones y comportamiento de la ecuación de onda.

## 4. CONTENIDO PROGRAMA ANALÍTICO:

### MÓDULO 1

#### Unidad 1: Principios elementales de la física y resolución numérica

Mecánica newtoniana. Vínculos. Principio de D'Alembert y ecuaciones de Lagrange. Potenciales dependientes de velocidad y funciones de disipación. Aplicaciones de la formulación lagrangiana y resolución numérica con los métodos de Euler y de Runge-Kutta.

#### Unidad 2: Principios variacionales y ecuaciones de Lagrange

Principio de Hamilton. Técnicas del cálculo variacional. Ecuaciones de Lagrange. Teoremas de conservación y propiedades de simetría. Teorema de Noether. Aplicaciones a problemas de fuerzas centrales y oscilaciones.

#### Unidad 3: Introducción al formalismo Hamiltoniano

Transformaciones de Legendre y ecuaciones de Hamilton del movimiento. Coordenadas cíclicas y teoremas de conservación. Principio de mínima acción. Transformaciones canónicas de las ecuaciones. Ejemplo: oscilador armónico.

### MÓDULO 2

#### Unidad 4: Sistemas hamiltonianos

Derivación desde las ecuaciones de Lagrange. Conservación de la energía y primeras integrales, ejemplos. Transformaciones simplécticas. Teorema de Poincaré. Funciones generatrices. Ecuaciones diferenciales de Hamilton-Jacobi.

#### Unidad 5: Integradores geométricos

Esquemas básicos de integración simpléctica. Métodos de Runge-Kutta y Euler simplécticos. El adjunto de un método. Composición de métodos. Métodos de splitting. Integradores basados en funciones generatrices. Integradores variacionales.

#### Unidad 6: Análisis del error "Backward"

Ecuación diferencial modificada. Hamiltoniano modificado para integradores simplécticos. Casi conservación de la energía total. Contraejemplo: integrador de Takahashi-Imada. Existencia de un hamiltoniano global modificado. Sistemas hamiltonianos completamente integrables. Crecimiento lineal del error para sistemas integrables.

## 5. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA Y DE CONSULTA:

- Herbert Goldstein, *Classical Mechanics*, and Cambridge Addison-Wesley. Massachusetts, 1950.
- Arnold, Vladimir Igorevich. *Mathematical methods of classical mechanics*. Vol. 60. Springer Science & Business Media, 1978.
- Marion, Jerry B. *Classical dynamics of particles and systems*. Academic Press, 1965.
- Hairer Ernst, Wanner Gerhard y Lubich Christian, *Geometric Numerical Integration. Structure-Preserving Algorithms for Ordinary Differential Equations*. Springer Series in Computational Mathematics. Volume 31, 2006.

## 6. PROPUESTA METODOLÓGICA:

Los temas abordados en la materia se desarrollarán tanto en el aula donde se desarrollarán los elementos teóricos, como en el laboratorio de informática donde se fomentará la utilización de las computadoras para la implementación de los métodos numéricos. La práctica en el laboratorio de informática permitirá que el alumno desarrolle las habilidades de programación que se requieren en el curso. Si bien se permitirá cualquier lenguaje de programación para resolver los problemas, se le facilitará al alumno las implementaciones de los métodos desarrollados en teoría en los lenguajes de programación Python y Octave. Estos lenguajes poseen una gran cantidad de librerías de código abierto de altas prestaciones y son utilizadas en el ámbito académico y en proyectos científicos y tecnológicos.

La estructura general de las clases tendrá el siguiente esquema:

1. Desarrollo del tema con fundamentación teórica por parte del docente
2. Resolución de un problema ejemplo por parte del docente
3. Presentación de la implementación del método numérico para la resolución del problema.
4. Espacio para realizar consultas, conjeturas y responder a dudas acerca del tema presentado como también de las herramientas necesarias para su tratamiento.
5. Asignación de ejercicios prácticos relacionados con el tema de estudio.
6. Resolución de los ejercicios en computadora o papel por parte de los alumnos en forma individual o grupal.

## 7. EVALUACIÓN Y CONDICIONES DE ACREDITACIÓN:

**ALUMNOS PROMOCIONALES.** Se considerará promocionada la materia con la aprobación de dos parciales individuales y escritos con una nota igual o superior al 8 sobre 10 en cada parcial, además de la entrega y aprobación de los trabajos prácticos con nota igual o superior a 8 sobre 10. La desaprobación de un parcial o la falta de entrega de una práctica en tiempo y forma implicará la pérdida automática de la oportunidad de promoción.

**ALUMNOS REGULARES:** La evaluación consistirá en dos parciales de carácter teórico/práctico, cada uno con su correspondiente recuperatorio. Para aprobar, el alumno deberá obtener una nota igual o superior a 6 sobre 10 en cada uno de los parciales o sus respectivos recuperatorios.

**ALUMNOS LIBRES:** Los alumnos que no hayan regularizado la materia podrán rendir en calidad de libre. El examen libre consta de dos partes, una oral y otra escrita en el cual se evaluarán todos los contenidos del programa analítico ya expuesto. Para aprobar la materia, el alumno deberá aprobar ambas partes (la oral y la escrita) con una nota mínima de 4 (cuatro), siendo la nota final, un promedio de ambas instancias.

## 8. DISTRIBUCIÓN HORARIA:

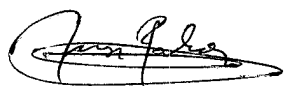
HORAS TEÓRICAS: 4 horas semanales

HORAS PRÁCTICAS: 4 horas semanales

**9. CRONOGRAMA TENTATIVO:**

MES	UNIDAD
Agosto	1 y 2
Septiembre	3
Octubre	4 y 5
Noviembre	6

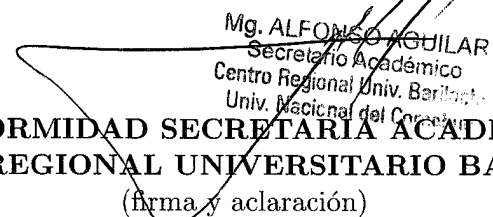
Primer Parcial: 26 de septiembre  
 Recuperatorio del Primer Parcial: 3 de octubre  
 Segundo Parcial: 14 de noviembre  
 Recuperatorio del Segundo Parcial: 21 de noviembre



**Maximiliano Pablos**  
**PROFESOR**  
 (firma y aclaración)



**CONFORMIDAD DEL DEPARTAMENTO**  
 (firma y aclaración)



Mg. ALFONSO AGUILAR  
 Secretario Académico  
 Centro Regional Univ. Bariloche  
 Univ. Nacional del Comahue

**CONFORMIDAD SECRETARÍA ACADÉMICA**  
**CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO BARILOCHE**  
 (firma y aclaración)