



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



Universidad Autónoma del Estado de México • Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales

# **Universidad Autónoma del Estado de México**

## **Licenciatura en Física 2003**

**Programa de Estudios:**

**Procesos Estocásticos**



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



Universidad Autónoma del Estado de México • Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales

## I. Datos de identificación

Licenciatura **Física 2003**

Unidad de aprendizaje **Procesos Estocásticos** Clave

Carga académica **4** **2** **6** **10**

Horas teóricas

Horas prácticas

Total de horas

Créditos

Período escolar en que se ubica **1** **2** **3** **4** **5** **6** **7** **8** **9**

Seriación **Física Estadística** **Ninguna**

UA Antecedente

UA Consecuente

### Tipo de Unidad de Aprendizaje

Curso ☐ Curso taller ☒

Seminario ☐ Taller ☐

Laboratorio ☐ Práctica profesional ☐

Otro tipo (especificar)

### Modalidad educativa

Escolarizada. Sistema rígido ☐ No escolarizada. Sistema virtual ☐

Escolarizada. Sistema flexible ☒ No escolarizada. Sistema a distancia ☐

No escolarizada. Sistema abierto ☐ Mixta (especificar)

### Formación común

Biología 2003 ☐ Biotecnología 2010 ☐

Matemáticas 2003 ☐

### Formación equivalente

#### Unidad de Aprendizaje

Biología 2003

Biotecnología 2010

Matemáticas 2003



## II. Presentación

En la naturaleza y en procesos de interés práctico aparecen fenómenos que no obedecen leyes deterministas sino que presentan comportamientos aleatorios. En este sentido un proceso estocástico es la abstracción matemática de un proceso empírico que es gobernada por leyes de probabilidad.

Se puede considerar que hasta finales del siglo XIX la ciencia era dominada por ecuaciones diferenciales que modelaban fenómenos naturales y cuyas soluciones eran deterministas. Esto significaba que a partir de un conjunto robusto de condiciones iniciales era posible predecir el comportamiento futuro. Es a principios del siglo pasado que con el surgimiento de la mecánica cuántica y del concepto de caos, se han asentado las bases para una nueva física basada en conceptos de probabilidad y estadística.

El interés por fluctuaciones, procesos y métodos estocásticos se ha incrementado en las últimas décadas y sus aplicaciones han sido en múltiples áreas de interés no sólo en matemáticas, física y química sino también en otras áreas como la economía. La razón de este interés radica en el estudio de sistemas que se encuentren sometidos a fuerzas externas fluctuantes o al llamado ruido. En este sentido una aplicación importante del estudio de un proceso estocástico en física fue publicado por A. Einstein respecto al movimiento Browniano, el cual fundamentó la estructura atómica y molecular de la materia, dando no sólo las bases de procesos de transporte en fluidos sino las herramientas para el estudio de procesos de difusión y de reacción difusión.

La metodología aquí planteada será partir de conceptos de probabilidad para integrarlos a la construcción y aplicación de las ecuaciones estocásticas fundamentales, a saber, las ecuaciones Maestras, tipo Fokker-Planck y Langevin. Se revisarán procesos Markovianos y también aquellos que comprenden efectos de memoria. Las ecuaciones Maestras y Fokker Planck son descritas en el espacio fase, mientras que la de Langevin es en el espacio de momentos y coordenadas generalizadas. Todas ellas describen ecuaciones diferenciales dinámicas siendo de interés que el discente estudie, proponga y aplique soluciones con condiciones de iniciales o de frontera determinados, como en el caso de estados estacionarios.

Es importante mencionar que las Líneas de Generación y Aplicación innovadora del Conocimiento que se desarrollan al interior del departamento de física permiten que los alumnos realicen investigación documental en temáticas de frontera aplicando los conocimientos aquí revisados y con asesoría permanente.

**UAEM**Universidad Autónoma  
del Estado de México

Universidad Autónoma del Estado de México • Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales

### III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

Núcleo de formación:	Integral
Área Curricular:	Física Teórica Clásica
Carácter de la UA:	Optativa

### IV. Objetivos de la formación profesional.

#### Objetivos del programa educativo:

Formar especialistas con conocimientos de la Física teórica, experimental y computacional que les permitan participar en la generación, aplicación y difusión de los mismos, colaborando en la solución de problemas de índole social y natural que requieran del conocimiento científico.

#### Objetivos del núcleo de formación:

Proporcionar una visión integradora de carácter interdisciplinario, multidisciplinario y transdisciplinario para adquirir conocimientos específicos de su interés en los diversos escenarios donde tiene lugar la profesión del Físico.

#### Objetivos del área curricular o disciplinaria:

Proporcionar los modelos teóricos que permitan la solución de problemas que involucren fenómenos macroscópicos de la Física.

### V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Construir ecuaciones diferenciales estocásticas, así como sus métodos de solución para modelar fenómenos aleatorios dependientes del tiempo.

### VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización

#### Unidad 1. Variables estocásticas y el azar en física a la materia condensada

**Objetivo:** Dará un recorrido por los inicios históricos de los procesos estocásticos en física (movimiento Browniano, procesos “birth-death”, ruido en sistemas electrónicos, Transformaciones de Fourier en procesos estacionarios, ejemplo de la cuerda vibrante)

##### 1.1 Probabilidad, probabilidad conjunta y condicionada



UAEM

Universidad Autónoma  
del Estado de México



Universidad Autónoma del Estado de México • Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales

- 1.2 Valores promedio, correlaciones y covarianzas
- 1.3 Teoría de cumulantes
- 1.4 Funciones de distribución Gaussiana y de Poisson.
- 1.5 Límites de secuencias de variables estocásticas.
- 1.6 Teorema del Límite central
- 1.7 La Teoría de Einstein del movimiento Browniano.

## **Unidad 2.** Procesos markovianos

**Objetivo:** Será capaz de manejar los conceptos como:

- 2.1 Procesos de Markov
- 2.2 Ec. de Chapman-Kolmogorov
- 2.3 Casos estacionarios
- 2.4 Cadenas de Markov (casos discreto y continuo)
- 2.5 Ito vs Stratonovich
- 2.6 Ejemplos básicos de procesos de Markov

## **Unidad 3.** Reacciones química

- 3.1 Cinemática y dinámica de reacciones químicas
- 3.2 Soluciones estacionarias
- 3.3 Sistemas abiertos
- 3.4 Reacciones simples y compuestas.

## **Unidad 4.** Ecuación estocásticas soluciones y aplicaciones

- 4.1 Ec. de Langevin para movimiento Browniano
  - Proceso de Ornstein-Uhlenbeck
  - Caso Nolineal para una variable
  - Caso Nolineal multivariable
  - Soluciones por simulación
- 4.2 Ecuación de Fokker Planck
  - Una variable
  - Multivariable



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



Universidad Autónoma del Estado de México • Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales

Desarrollo de Kramers-Moyal

Condiciones de frontera

Soluciones estacionarias

Método Adiabático de eliminación de variables

Aplicaciones como: movimiento Browniano tridimensional, unidimensional en presencia de Potencial, en presencia de fuerza externa.

#### 4.3 Ecuaciones Maestras y procesos intermitentes

Método de desarrollo para la formulación de ecs. Maestras

Aproximación de ruido lineal

Difusión (en campos externos y en medios inhomogéneos)

Límite de Smoluchowski

Inestabilidad

Sistemas biestables

#### 4.4 Fluctuaciones en sistemas continuos.

#### 4.5 Fundamentos de la Termodinámica Mesoscópica.

#### 4.6 Elementos de comportamiento estocástico en sistemas cuánticos.

### VII. Sistema de Evaluación

1. Ejercicios y tareas 75%
2. Exposiciones y participación en clase 25%

### VIII. Acervo Bibliográfico

Mathematical Methods for Physicists, A concise introduction, T. L. Chow, Cambridge University Press, 2000.

Teoría de Probabilidades, V.H. Zaharov, B.A. Sevastiánov y V.P. Chistiakov, Ed. Mir, 1985.

Stochastic Processes in Physics and Chemistry, N.G. Van Kampen, North-Holland Personal Library, Amsterdam, 2003.

Handbook of Stochastic Methods for Physics, Chemistry and Natural Sciences, C. W. Gardiner, Springer-Verlag, NY, 2004.

The Fokker-Planck equation Methods of solutions and applications, H. Risken, Springer-Verlag, Berlín 1989..