

PROGRAMA DE CURSO MECÁNICA CLÁSICA

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Física (DFI)					
Nombre del curso	Mecánica clásica	Código	FI3111	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Classical Mechanics</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X	Electivo			
Requisitos	FI3001: Vibraciones y Ondas					

B. Propósito del curso:

El curso Mecánica Clásica tiene como propósito que los y las estudiantes utilicen los principios variacionales, teoría Hamiltoniana, formalismo de Hamilton-Jacobi, transformaciones canónicas e invariantes adiabáticos, para obtener las ecuaciones de movimiento y cantidades conservadas que describen fenómenos mecánicos, de forma cualitativa y cuantitativa.

Asimismo, los y las estudiantes predicen el comportamiento de ciertos sistemas dinámicos (por ejemplo, problemas de dos o más cuerpos, sólidos rígidos, osciladores, etc.), caracterizando sus trayectorias, configuraciones de equilibrio, tipo de estabilidad, resonancias, y espacio de fase.

La metodología para este curso considera clases expositivas y la resolución de problemas en tareas y ejercicios.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Aplicar los conceptos básicos de la física para la descripción y modelamiento de fenómenos en las diversas áreas de la disciplina.

CE2: Formular y resolver ecuaciones que permiten describir y predecir el comportamiento de sistemas físicos, utilizando herramientas matemáticas y/o numéricas.

CE4: Evaluar la relevancia de los distintos factores que intervienen en la descripción de un fenómeno físico.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Utiliza los principios variacionales, la teoría Hamiltoniana, el formalismo de Hamilton-Jacobi y las transformaciones canónicas e invariantes adiabáticos, para obtener las ecuaciones de movimiento y cantidades conservadas que describen fenómenos mecánicos.
CE1, CE4	RA2: Predice el comportamiento de ciertos sistemas dinámicos (por ejemplo, problemas de dos o más cuerpos, sólidos rígidos, osciladores, etc.), caracterizando sus trayectorias, configuraciones de equilibrio, tipo de estabilidad, resonancias, y espacio de fase.
Competencias genéricas	Resultado de aprendizaje
CG3	RA3: Resuelve, de forma autónoma, problemas, preferentemente, en formato tareas y/o ejercicios, basándose en sus capacidades al utilizar con pertinencia, conceptos y principios de la mecánica clásica.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA3	Ecuaciones de Movimiento y Teoría Lagrangiana	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Principio de mínima acción y deducción de ecuaciones de Euler-Lagrange. 1.2. Leyes de conservación y su relación a las simetrías del problema. 1.3. Reducción por simetría (formalismo de Routh). 1.4. Fuerzas centrales y aplicación a cuerpos celestes (estudio del problema de tres cuerpos reducidos).		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Describe el movimiento de partículas y sistemas de partículas, considerando el principio de mínima acción. Deriva ecuaciones con un número mínimo de variables en ejemplos como péndulos dobles, usando la reducción por simetría. Relaciona simetrías de un problema con las leyes de conservación, considerando las propiedades del lagrangiano. Predice el movimiento de sistemas dinámicos (péndulos, sistemas de dos cuerpos o más, trompos, osciladores acoplados, entre otros), aplicando las leyes 	

<p>1.5. Caracterización de la colisión (<i>scattering</i>) entre partículas.</p> <p>1.6. Ejemplos de aplicaciones: estudio de sistemas simples tales como péndulos dobles, problema de cuerpos celestes y clasificación de orbitas, péndulos esféricos, ecuaciones de movimiento de sistemas no inerciales, <i>scattering</i> de Rutherford, puntos de equilibrio de Lagrange, circuito eléctrico simple.</p> <p>1.7. Mecánica de sólido rígido:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tensor de Inercia, definición, propiedades, energía cinética y Momento Angular. -Ejes principales de Inercia. -Ecuaciones de Euler. -Ángulos de Euler. -Ejemplos de aplicaciones: dinámica y estabilidad del trompo, sistemas no inerciales tales como el péndulo de Foucault, el giróscopo como brújula, entre otros. 	<p>de conservación.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Describe la interacción entre partículas (secciones eficaces), usando ejemplos de colisión entre partículas, de fenómenos y conceptos de física nuclear (Rutherford), entre otros. 6. Resuelve ecuaciones de movimiento en problemas de fuerzas centrales, considerando el ejemplo de la dinámica de cuerpos celestes. 7. Utiliza las ecuaciones y ángulos de Euler y tensores de inercia, en la descripción del comportamiento de sólidos mediante ejemplos. 8. Trabaja en los ejercicios y tareas, de forma autónoma, considerando su autoaprendizaje al momento de desarrollar la actividad.
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>[1]: capítulos 1-3. [2]: capítulos 1-3.</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3	Oscilaciones e Inestabilidades	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Inestabilidades genéricas. Criterios de Lyapunov y asintóticos.</p> <p>2.2. Osciladores forzados con disipación.</p> <p>2.3. Resonancia paramétrica.</p> <p>2.4. Osciladores no lineales y resonancia.</p> <p>2.5. Sistemas forzados con oscilaciones rápidas.</p> <p>2.6. Ejemplos de aplicaciones en ciencia básica e ingeniería: estabilidad de moléculas, sistemas mecánicos simples, circuitos eléctricos, puentes, aviones, autos, funcionamiento del columpio, estabilización por efecto de oscilaciones rápidas, etc.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usa herramientas de la mecánica clásica y teoría de sistemas dinámicos en la descripción de fenómenos físicos, asociados a ejemplos de ciencia básica e ingeniería. 2. Determina, en forma analítica o numérica, la estabilidad e inestabilidad de sistemas mecánicos y otros (alas de avión, puentes, láseres), considerando perturbaciones, cambios en la energía, emergencia de equilibrios y dinámica de modos críticos. 3. Resuelve problemas de oscilaciones, prediciendo frecuencias de vibración y estudio de estabilidad en sistemas como circuitos eléctricos, péndulos forzados, entre otros. 4. Resuelve ecuaciones diferenciales con coeficientes dependientes del tiempo. 5. Trabaja en la resolución de problemas asociados a ejercicios y tareas, de forma autónoma, considerando su autoaprendizaje al momento de desarrollar la actividad. 	
Bibliografía de la unidad		<p>[1]: capítulo 6.</p> <p>[2]: capítulo 6.</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA3	Descripción Canónica de la Mecánica	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1.Ecuaciones de Hamilton. 3.2.Paréntesis de Poisson. 3.3.Transformaciones canónicas y teorema de Liouville. 3.4.Ecuaciones de Hamilton-Jacobi. 3.5.Separación de variables e invariantes adiabáticos. 3.6.Teoría básica del caos y teorema Kolmogorov-Arnold-Moser. 3.7.Ejemplos de aplicaciones como sistemas mecánicos simples.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Construye las ecuaciones de Hamilton y el hamiltoniano, a partir del langrangiano, de transformaciones de Legendre y el principio de mínima acción. 2. Resuelve, por métodos algebraicos basados en paréntesis de Poisson, problemas mecánicos, considerando ejemplos como el oscilador armónico simple. 3. Demuestra equivalencias entre sistemas físicos, utilizando transformaciones canónicas. 4. Asocia la evolución temporal y rotaciones como transformaciones de tipo canónicas. 5. Determina que el volumen del espacio de fase se conserva en la evolución, debido a las propiedades de las transformaciones canónicas. 6. Escribe la ecuación de Hamilton-Jacobi, considerando las transformaciones canónicas. 7. Resuelve problemas mecánicos simples, usando el método de separación de variables e invariantes adiabáticos. 8. Identifica y describe comportamientos caóticos, considerando las sensibilidades a las condiciones iniciales, caracterizadas por el exponente de Lyapunov, en ejemplos de péndulos dobles, problemas de tres cuerpos, entre otros. 9. Determina si un sistema Hamiltoniano es integrable o no, considerando sus cantidades conservadas y transformaciones canónicas y reconociendo las diferencias cualitativas entre estos. 10. Reconoce que ejemplos como partícula libre, osciladores armónicos, fuerzas centrales, son integrables. 11. Trabaja en los ejercicios y tareas, de forma autónoma, considerando su autoaprendizaje al momento de desarrollar la actividad. 	
Bibliografía de la unidad		[1]: capítulo 7. [2]: capítulos 8-10.	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clases expositivas apoyadas por medios audio visuales.
- Resolución de problemas a través de tareas y ejercicios.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera las siguientes instancias de evaluación:

- Controles escritos (2)
- Tareas máximo de tres problemas (semanales o quincenales).
- Examen.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- (1) Landau, L. y E. Lifchitz, E. (2005). **Mecánica**. Pergamom Press 13 Ed.
- (2) Goldstein, H. (2001) **Mecánica Clásica**, Adison-Wesley 3da Ed.

Bibliografía complementaria:

- (3) Marion, J.B. (2003). *Classical dynamics of particles and systems*. Cengage Learning: Quinta Edición.
- (4) Fetter, A.L. & J.D. Walecka (16 de diciembre de 2003). *Theoretical Mechanics of particles and continua*. McGraw-Hill: Dover Publications.
- (5) Ott, E. (2002). *Chaos in Dynamical Systems*. Cambridge University Press: segunda edición.
- (6) Steven H. Strogatz (2015), *Nonlinear Dynamics and Chaos*. Westview Press: segunda edición.
- (7) José, J.V. (1998). *Classical Dynamics: A Contemporary Approach*.
- (8) Rajeev, S.G. (2013). *Advanced Mechanics: From Euler's Determinism to Arnold's Chaos*. OUP Oxford: primera edición.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2021
Elaborado por:	Marcel Clerc, Felipe Barra
Validado por:	Validación CTD del Departamento de Física
Revisado por:	Área de Gestión Curricular