



## Programa de VIBRACIONES Y ONDAS

### 1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Vibraciones y ondas

### 2. CRÉDITOS

10 créditos

### 3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

#### Objetivos Generales:

Los objetivos generales de Vibraciones y Ondas son que el estudiante adquiera una comprensión profunda de los fundamentos y aplicaciones de las vibraciones mecánicas, así como de la física ondulatoria. Se plantea un análogo eléctrico para poder generalizar el estudio a circuitos eléctricos. Estos estudios abordan una introducción a la acústica y a la óptica. Este trabajo proporciona al futuro ingeniero una herramienta moderna para comprender un gran número de fenómenos de la física aplicada bajo un mismo formalismo.

#### Objetivos Específicos de aprendizaje:

1. Uso de notación compleja para describir oscilaciones armónicas.
2. Desarrollo de ecuaciones en pequeñas oscilaciones.
3. Cálculo de valores medios en notación compleja.
4. Determinación de puntos de equilibrio y su estabilidad.
5. Distinción de regímenes de Movimiento Natural de Oscilador Armónico Amortiguado.
6. Cálculo de amplitudes en Movimiento Forzado del Oscilador Armónico Amortiguado.
7. Cálculo de potencia en resonancias mecánicas.
8. Cálculo de impedancias mecánicas.
9. Descripción de modos normales: cálculo de frecuencias y relación de amplitudes.
10. Uso de modos normales para hallar leyes horarias a partir de condiciones iniciales.



11. Descripción de fenómeno de Batido.
12. Escribir ecuación de ondas clásica.
13. Planteo y resolución de condiciones de borde.
14. Construcción de representaciones gráficas para hallar frecuencia de modos normales.
15. Desarrollo en serie de Fourier para el movimiento de una cuerda tensa con extremos fijos.
16. Escribir energía de vibración de una cuerda tensa.
17. Cálculo de amplitudes de una cuerda tensa forzada armónicamente.
18. Extensión de conceptos de cuerda tensa a oscilaciones longitudinales en barras y tubos con gases.
19. Escribir ecuación de movimiento de una membrana rectangular.
20. Cálculo modos normales en membrana rectangular.
21. Escribir solución general de la ecuación de ondas clásica.
22. Cálculo de ondas de propagación.
23. Escribir ondas armónicas monocromáticas.
24. Comparación entre ondas viajeras y ondas estacionarias.
25. Cálculo de coeficientes de reflexión y transmisión.
26. Cálculo de flujo medio de energía y planteo de la conservación de la energía.
27. Cálculo de velocidad de fase y de grupo a partir de relaciones de dispersión.
28. Escribir ecuaciones constitutivas y de onda tridimensionales en Acústica y Óptica.
29. Escribir ondas planas y ondas esféricas monocromáticas.
30. Cálculo de fuerza y flujo medio de energía: intensidad de una onda.
31. Cálculo modos de propagación y relaciones de dispersión en guías de ondas rectangulares.
32. Suma de ondas en una pantalla plana y cálculo de flujo medio de energía.

#### **4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

Esta Unidad Curricular prevé actividad sincrónica de 3 hs de clase de teórico y 2 hs de clase de práctico por semana durante 15 semanas. En las clases de teórico se introducen los fundamentos de la Unidad Curricular, junto con ejemplos de aplicación de los mismos, y fomentando la participación de los estudiantes. En las clases de práctico se resuelven



ejercicios planteados previamente, para que los estudiantes los piensen con anterioridad. Los ejercicios pueden ser resueltos por el docente o por los estudiantes, dejando espacio para que estos consulten dudas a los docentes. Se procura que las clases prácticas se dicten en modalidades que favorezcan la participación, el trabajo en grupo y la realización de los ejercicios propuestos bajo la guía y supervisión del docente. Se utiliza el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) de la Facultad de Ingeniería como apoyo al desarrollo del curso. Se fomenta la utilización de los foros virtuales de consulta, tanto para realizar preguntas como para contestar aquellas planteadas por los compañeros, bajo la supervisión de los docentes. Se ponen a disposición de los estudiantes diversos materiales en formato virtual (clases grabadas, visualización de situaciones planteadas en los ejercicios, apuntes y otros materiales de interés). En particular, se garantiza el acceso a un gran número de evaluaciones anteriores con sus correspondientes soluciones. Se prevé además una dedicación no presencial del estudiante de 5 hs por semana durante 15 semanas de repaso del teórico y resolución de ejercicios. En total se estiman diez horas de dedicación semanal del estudiante.

## 5. TEMARIO

1. Oscilaciones con un Grado de Libertad. Introducción a las Oscilaciones y las Ondas. Movimiento Armónico Simple. Representación compleja del Movimiento Armónico Simple. Ejemplo de Osciladores Armónicos Simples. Aproximación de Pequeñas Oscilaciones. Energía de Vibración. Equilibrio estable e inestable. Movimiento Natural del Oscilador Armónico Amortiguado. Ecuación general de las oscilaciones amortiguadas y forzadas (armónicamente) con un grado de libertad. Solución particular y general. Resonancia mecánica. Potencia suministrada. Impedancia mecánica. Ancho de banda. Filtros mecánicos. Aislación de Vibraciones.

2. Oscilaciones con varios Grados de Libertad. Sistemas simples con dos grados de libertad. Péndulos acoplados. Modos normales. Superposición de modos normales. Condiciones iniciales. Batidos. Absorbedor de Vibraciones. Sistemas con  $N$  grados de libertad. Cálculo de los modos normales. Pasaje al límite continuo.

3. Sistemas continuos unidimensionales. Ecuación de movimiento para las oscilaciones transversales de una cuerda elástica. Condiciones de borde y modos normales en cuerdas. Series de Fourier. Balance energético. Vibraciones forzadas de una cuerda tensa. Vibraciones longitudinales de barras. Vibraciones de columnas de gases. Sistemas continuos bidimensionales. Ecuación de vibración de una membrana tensa. Modos normales de una membrana rectangular.

4. Ondas Unidimensionales. Soluciones de la ecuación de ondas (unidimensional) sin condiciones de borde. Ondas de propagación. Ondas armónicas o monocromáticas. Cambio de medio. Reflexión y transmisión. Transporte de energía. Pulsos de onda. Dispersión: velocidad de fase y de grupo. Ancho de banda y Dispersión de un Pulso



Gaussiano.

5. Ondas en Tres Dimensiones: Acústica y Óptica. Ecuación de ondas acústicas. Ondas planas y ondas esféricas. Ondas armónicas. Frentes de onda. Fuerza y Flujo de Potencia de una Onda. Guías de Ondas. Ecuación de ondas electromagnéticas. Reflexión y Transmisión de Ondas Planas en una Interfaz Plana.

6. Interferencia y difracción. Principio de Huyghens-Fresnel. Experimento de Young. Interferencia a través de N rendijas. Difracción por una rendija única.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
1 Oscilaciones con un Grado de Libertad.	(1, 2 y 3)	(5),(9)
2 Oscilaciones con varios Grados de Libertad.	(1, 2 y 3)	(5),(9)
3 Sistemas continuos unidimensionales.	(1, 2 y 3)	(5),(9)
4. Ondas Unidimensionales.	(1, 2 y 3)	(5),(6),(7),(8)
5. Ondas en Tres Dimensiones.	(2 y 3)	(5),(6),(7),(8)
6. Interferencia y Difracción.	(3 y 4)	(5),(6),(8)

### 6.1 Básica

1. Vibraciones y Ondas. A. P. French, MIT (Ed. Reverté: 1974) ISBN 9788429140989.
2. Ondas. F. S. Crawford, Berkeley Physics Course vol. 3, (Ed. Reverté: 1965 y 1994) ISBN 84-291-4023-9.
3. Fundamentos de Acústica. L. E. Kinsler, (Ed. Limusa: 1999) ISBN 0-471-02933-5.
4. Óptica. E. Hecht & A. Zajac, (Ed. Addison – Wesley: 2000) ISBN 84-7829-025-7.

### 6.2 Complementaria

5. The Physics of Vibrations and Waves, H. J. Pain, (Ed. John Wiley and Sons: 2005) ISBN 0-470-01296-X.
6. Optical Physics, A. Lipson, S. G. Lipson & H. Lipson, (Ed. Cambridge: 2010) ISBN 13-978-0-521-49345-1.
7. Wave Motion, J. Billingham & A. C. King, (Ed. Cambridge: 2000) ISBN 0-521-63450-4.
8. Waves, C. A. Coulson, (Ed. Longman: 1977) ISBN 0-582-44954-5.
9. Mechanical Vibrations: Theory and Applications, S. Graham Kelly, (Ed: Cengage Learning: 2012) ISBN 13: 978-1-4390-6212-8.



## **7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS**

**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:** Cálculo Diferencial e Integral en Varias Variables, Álgebra Lineal de nivel introductorio, Mecánica y física en general de nivel introductorio.

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:**



**ANEXO A**  
**Para todas las Carreras**

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Física

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Semana 1	Introducción. Oscilador Armónico Simple. Representación compleja del MAS.
Semana 2	Aproximación de pequeñas oscilaciones. Equilibrio estable e inestable. Energía de Vibración y Movimiento Natural del Oscilador Armónico Amortiguado. Solución particular y general.
Semana 3	Ecuación general de las oscilaciones amortiguadas y forzadas (armónicamente) con un grado de libertad. Resonancia mecánica. Potencia suministrada. Impedancia mecánica. Ancho de banda. Respuesta de un sistema amortiguado a una excitación periódica. Filtros mecánicos.
Semana 4	Sistemas simples con 2 grados de libertad. Péndulos acoplados. Modos normales. Superposición de modos normales. Condiciones iniciales. Batidos.
Semana 5	Sistemas con N grados de libertad. Cálculo de los modos normales. Sistemas continuos unidimensionales.
Semana 6	Ecuación de movimiento para las oscilaciones transversales de una cuerda elástica. Balance energético.
Semana 7	Condiciones de borde y modos normales en cuerdas. Condiciones iniciales, desarrollo en series de Fourier. Vibraciones forzadas de una cuerda tensa. Vibraciones longitudinales en barras.
Semana 8	Sistemas continuos bidimensionales. Ecuación de vibraciones de una membrana tensa. Modos normales de una membrana rectangular.
Semana 9	Soluciones de la ecuación de ondas (unidimensional) sin condiciones de borde. Ondas de propagación. Ondas monocromáticas.
Semana 10	Cambio de medio. Reflexión y transmisión.
Semana 11	Pulsos de onda. Dispersión: velocidad de fase y de grupo. Transporte de energía y cantidad de movimiento.



Semana 12	Dispersión de un pulso gaussiano. Ecuación de ondas acústicas. Ondas en tubos. Ecuación de ondas tridimensionales y ecuación de Helmholtz.
Semana 13	Solución de ondas planas. Ondas esféricas.
Semana 14	Principio de Huygens-Fresnel. Interferencia y difracción. Ondas electromagnéticas y ópticas.
Semana 15	Reflexión y Refracción en una Interfaz Plana

### **A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

Los estudiantes se evalúan mediante dos parciales, los cuales se realizan, el primero luego de la séptima semana de clases, y el segundo, una vez finalizado el curso. En estos parciales se le plantean ejercicios de desarrollo que el estudiante debe resolver con claridad. Sumando los resultados de los parciales se puede obtener un total de 100 puntos: un máximo de 40 puntos en el primer parcial y un máximo de 60 puntos en el segundo. Los parciales no tienen un puntaje mínimo exigible. Se prevé la posibilidad de obtener hasta un máximo de 10 puntos adicionales por la realización de actividades de carácter opcional. La realización o no de estas actividades, así como su formato, será definida por el cuerpo docente en cada edición del curso y comunicada con la debida antelación. La exoneración del examen final se logra acumulando como mínimo 60 puntos. La ganancia del curso se logra acumulando como mínimo 25 puntos. Quien no llegue a 25 puntos deberá recurrir. La inasistencia a un parcial no inhabilita al estudiante a aprobar o exonerar el curso.

En el examen final del curso, se podrán incluir tanto ejercicios de desarrollo como preguntas conceptuales. El nivel de suficiencia se alcanza resolviendo correctamente un ejercicio y al menos la mitad del examen.

En ambas instancias se podrán incluir preguntas que evalúen conceptos básicos de la Unidad Curricular.

### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

La unidad curricular admite calidad de libre.

### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Cupos mínimos: no tiene  
Cupos máximos: no tiene