



Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales  
Departamento: Física  
Area: Area Unica - Física

(Programa del año 2021)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
MECANICA DEL CONTINUO	LIC.EN FISICA	015/06	2021	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
VIDALES, ANA MARIA	Prof. Responsable	P.Tit. Exc	40 Hs
DE ROSAS, JUAN PABLO	Auxiliar de Práctico	A.1ra Semi	20 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	3 Hs	5 Hs	Hs	8 Hs

Tipificación	Periodo
C - Teoría con prácticas de aula	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
05/04/2021	08/07/2021	14	112

### IV - Fundamentación

La asignatura es una introducción a la Mecánica del Continuo y la Física de Fluidos. Se brindan los conocimientos básicos vinculados a: la descripción y análisis de cuerpos no rígidos en movimiento, la descripción y análisis de la deformación de los cuerpos y sus causas, la descripción y análisis de los fluidos en movimiento, y nociones básicas de métodos numéricos de solución de las ecuaciones de la física de medios continuos.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

El objetivo principal de la asignatura es abordar el análisis y descripción de estados de movimiento de sólidos deformables y fluidos, modelándolos como materiales continuos. Se capacita a los/las alumnos/nas en el manejo de las herramientas del Análisis Tensorial que permiten describir la deformación, el estado de esfuerzo, las ecuaciones de movimiento y de conservación para los materiales continuos. Se introduce además al estudiante en el manejo de un programa de cálculo simbólico (como el Mathematica) y en la implementación de métodos numéricos para solucionar las ecuaciones de la física de medios continuos.

Cabe aclarar que este es un programa pensado para desarrollarse aún en una posible fase NO presencial de cursada y con una eventual posibilidad de presencia de los alumnos y el profesor por al menos dos 2 semanas.

El crédito horario asignado consta de horas teóricas efectivas a dictarse vía plataforma virtual "on-line", con eventuales consultas presenciales, y el crédito horario de trabajos prácticos corresponde a las consultas vía plataforma digital y/o correo electrónico entre profesores y alumnos. El total de 14 semanas será completado a lo largo del desarrollo de clases pautadas durante el período declarado arriba ya sea bajo la hipótesis de un aislamiento social preventivo que dure hasta la finalización

del dictado de la presente asignatura o con un paulatino retorno a la presencialidad.

Estos objetivos serán logrados en la medida que el dictado no presencial de la asignatura lo permita, dejando fundamentalmente en el alumno los conceptos básicos que le permitan desarrollarlos con seguridad en el futuro, si así lo necesite.

## VI - Contenidos

### Tema I: Introducción y Análisis Tensorial

El medio continuo como modelo para la descripción de materiales. Hipótesis del continuo. Álgebra de tensores. La notación indicial. Índices libres. Símbolo de permutación. Delta de Kronecker. El tensor como transformación lineal.

Componentes un tensor. Operaciones básicas con tensores. Tensores ortogonales. Transformación entre dos sistemas coordenados cartesianos. Tensores simétricos y antisimétricos. El vector dual. Direcciones principales y valores principales de un tensor. Invariantes principales de un tensor. Funciones tensoriales de un escalar. Campos escalares, vectoriales y tensoriales.

Gradiente y divergencia de un campo tensorial. Descripción de los tensores en coordenadas curvilíneas.

### Tema II: Cinemática del continuo

Cinemática del continuo. Descripción material y espacial. Derivada material. Aceleración de una partícula en el continuo.

Campo de desplazamiento. Movimiento del continuo como un cuerpo rígido. Ecuación de movimiento. Ecuación de continuidad. Balance de energía.

### Tema III: Deformación

a) Campo de desplazamiento. Descripción de las deformaciones y rotaciones infinitesimales. Tensor deformación infinitesimal  $E$ . Significado de las componentes de  $E$  y de sus valores principales. Tensor rotación infinitesimal.

b) Razón temporal de cambio de un elemento material, el tensor gradiente de velocidades. El tensor razón temporal de cambio del tensor deformación  $D$ .

c) Significado de las componentes de  $D$  y de sus valores principales. El tensor spin. Ecuación de conservación de la masa. Condiciones de compatibilidad para  $E$  y  $D$ .

d) Deformaciones finitas. Tensor gradiente de deformación. Teorema de descomposición polar. El tensor de deformación de Cauchy-Green  $C$ . Significado de las componentes de  $C$ . Tensores de deformación de Euler y Lagrange.

### Tema IV: Esfuerzo y ecuaciones de movimiento

a) Fuerzas de volumen y de superficie. Vector esfuerzo. Estado de esfuerzo. Tensor esfuerzo  $T$ . Significado de las componentes de  $T$ . Valores principales de  $T$ . Esfuerzo normal y esfuerzo de corte. Estado de esfuerzo plano. Simetría del tensor esfuerzo.

b) Ecuaciones de movimiento. Condiciones de contorno para  $T$ . Teorema de conservación de la energía y energía asociada al estado de esfuerzo.

### Tema V: Sólido lineal elástico

a) Especificación de las propiedades de un material. Descripción de las propiedades mecánicas de un sólido. Módulos de Young, razón de Poisson, módulo de corte y módulo de volumen.

b) Sólido elástico de Hooke. Tensor isotrópico. Ecuación constitutiva de el sólido lineal e isotrópico. Coeficientes de Lamé.

c) Ecuación de Navier. Problemas elastodinámicos: ondas elásticas. Problemas elastoestáticos: compresión y torsión de una barra.

### Tema VI: Fluidos

a) Fluidos. Fluidos en movimiento tipo cuerpo rígido. Ecuaciones de la hidroestática. Condición de incompresibilidad. Fluido Newtoniano. Ecuación constitutiva de un fluido newtoniano. Ecuaciones de Navier-Stokes. Condiciones de contorno.

b) Similaridad dinámica y número de Reynolds. Condición de flujo laminar y turbulento. Flujos incompresibles. Flujos estacionarios. Distintos tipos de flujo: flujo plano de Couette, flujo plano de Poiseuille, flujo de Couette.

c) El vector vorticidad y los flujos irrotacionales. Flujo irrotacional de un fluido no viscoso, incompresible y homogéneo. Flujos irrotacionales como soluciones de la ecuación de Navier-Stokes. Fluidos no-newtonianos. Concepto de capa límite.

### Tema VII: métodos numéricos (opcional, de acuerdo a la disponibilidad de tiempo y horas presenciales)

Solución numérica de las ecuaciones de la física de medios continuos. Dinámica de fluidos computacional, diferentes

métodos de solución. Métodos de diferencia finita. Discretización temporal de términos de evolución temporal. Discretización espacial de términos de evolución espacial. Aplicación al flujo laminar en un canal.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

Se realiza un práctico de problemas por cada uno de los temas en que se organiza la asignatura:

Práctico N° 1: álgebra y cálculo de tensores.

Práctico N° 2: cinemática del continuo.

Práctico N° 3: descripción de la deformación.

Práctico N° 4: esfuerzo y ecuaciones de movimiento.

Práctico N° 5: sólido elástico.

Práctico N° 6: fluidos.

Práctico N° 7: métodos numéricos. Siempre que podamos volver a las clases presenciales, al menos 14 días.

## VIII - Regimen de Aprobación

La asignatura se regulariza aprobando dos parciales con una nota mínima correspondiente a la aprobación del 70% de los problemas propuestos. La modalidad será con parcial personalizado y evaluación a distancia o, de ser posible, mediante un parcial presencial.

Adicionalmente, se solicita que el alumno presente (de manera digital) en una fecha determinada alguno de los prácticos realizados.

Las recuperaciones de los parciales se realizan de acuerdo a la normativa vigente en la universidad.

La asignatura se aprueba rindiendo un examen final con modalidad a pautar entre profesores y alumnos de acuerdo a los regímenes de evaluación (presencial o no) permitidos en la UNSL.

## IX - Bibliografía Básica

[1] Lai W. M, Rubin D. y Krempel E, Introduction to Continuum Mechanics, Ed. Butterworth Heinemann, 4a edición (2010).

[2] Laudrop B., Physics of Continuous Matter, 2a. Edición, CRC Press (2011).

## X - Bibliografía Complementaria

[1] Reddy J. N. An Introduction to Continuum Mechanics, Cambridge University Press, 2a edición (2013).

[2] Kundu P. K. y Cohen I. M. Fluid Mechanics, Academic Press (2002).

[3] Cengel Y. A. y Cimbala J. M. Mecánica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones, Mac Graw Hill (México), segunda edición (2012).

## XI - Resumen de Objetivos

Ver arriba.

## XII - Resumen del Programa

Revisión del álgebra de tensores.

El medio continuo como modelo de descripción de materiales.

Cinemática del continuo.

Descripción material y descripción espacial.

Descripción del movimiento de un cuerpo rígido.

Descripción de la deformación y la rotación infinitesimal. Cambio temporal de la deformación. Ecuación de continuidad.

Deformación finita. Teorema de descomposición polar.

Estado de esfuerzo de un material. Tensor esfuerzo.

Ecuaciones de movimiento. Ecuación de conservación de la energía. Descripción del sólido elástico isotrópico y lineal.

Ecuaciones constitutivas. Problemas elastoestáticos y elastodinámicos.

Fluidos. Fluido newtoniano. Ecuaciones de Navier-Stokes. Distintos tipos de flujo. Vorticidad. Capa límite.

Métodos numéricos de solución de ecuaciones de la física de medios continuos.

### **XIII - Imprevistos**

Todas las posibles circunstancias devenidas de las disposiciones de aislamiento social preventivo realizadas por la UNSL, el Ministerio de Educación y el Gobierno Nacional y Provincial.

### **XIV - Otros**