

Carrera INGENIERIA MECÁNICA		
Asignatura [3024] Mecánica General		
Ciclo Tecnologías básicas		
Año académico 3		
Responsable / Jefe de cátedra Víctor A. Bettachini vbettachini@unlam.edu.ar		
Carga horaria semanal 4	Carga horaria total 64	Créditos
Modalidad: mixta (presencial/virtual)		
Correlativas anteriores [3022] Matemática Avanzada [1031] Física I		Correlativas posteriores [3022] Elementos de Máquinas [3028] Mecánica de Fluidos [3029] Estabilidad III
Conocimientos necesarios Ninguno no dictado en correlativas anteriores		

Nombre	Cargo
Víctor A. Bettachini	Profesor Adjunto

Descripción de la asignatura

Esta asignatura provee al alumno de herramientas para modelar sistemas mecánicos como conjunto de cuerpos rígidos, calcular la correspondiente dinámica y esfuerzos de componentes del sistema. Para este fin emplea las ecuaciones de Euler-Lagrange en sistemas de partículas y cuerpos rígidos. En estos también se analizan vibraciones libres y forzadas, a través de la linealización de ecuaciones de movimiento. La aplicación de estas herramientas de la mecánica analítica se sistematiza con código en el lenguaje de programación Python. Asume así la asignatura dos objetivos simultáneos, uno el conferir los conocimientos básicos de la mecánica analítica (también llamada racional o clásica), y el otro sistematizar su aplicación con la herramienta computacional.

El alumno podrá conjugar el cálculo simbólico con el numérico y las capacidades de representación gráficos de la herramienta informática para describir la dinámica y vibraciones de sistemas mecánicos que pueda modelar bajo los supuestos de rigidez de sus componentes. Se discuten las limitaciones que imponen estos supuestos, que podrá trascender en asignaturas posteriores con técnicas computacionales más complejas, por ejemplo elementos finitos.

Metodología de enseñanza

En este espacio curricular se utiliza una modalidad de clase invertida, a excepción del primer encuentro en donde se aborda la modalidad de trabajo y se establece cuáles son los requerimientos que implica para el estudiante la cursada bajo esta modalidad. A diferencia del enfoque tradicional para la enseñanza de la ingeniería, se emplea la mayoría del encuentro sincrónico entre el cuerpo docente y el alumnado en que este último aproveche al primero como mentor y consejero al momento de abordar un conjunto de problemáticas que se le presentan como representativas de la temática a abordar, y también para

responder sus dudas sobre la teoría que sustenta alguna técnica de resolución. El docente actúa como tutor guiando el trabajo del alumno hacia la resolución de las problemáticas siguiendo sus propios tiempos.

Cada nueva temática se presenta en un Cuaderno Jupyter (Jupyter Notebook). Este formato no solo puede, como el de documento de un procesador de texto o programa de presentaciones, incluir texto, ilustraciones y ecuaciones matemáticas, sino que también permite intercalar y ejecutar el código informático. Esto implica que cada resolución de un problema se realiza escribiendo código en el lenguaje de programación general Python. El alumno lo explotará para realizar toda operación de matemática simbólica que requiera. Así como en la educación media se deja de realizar cálculos de aritmética en papel en favor del uso de una calculadora, una vez que el alumno universitario aprobó sus cursos de álgebra y análisis matemático no se justifica el derroche de tiempo y esfuerzo en calcular manualmente lo que la computadora puede, más rápido y con menor margen para el error.

Al tratar una nueva temática en la asignatura el correspondiente cuaderno Jupyter expone una problemática que no puede abordarse exclusivamente con los conocimientos previos. A continuación presenta la teoría que posibilitará la resolución del problema antes irresoluble, y luego se procede a la misma. Se intercalan citas a la bibliografía donde se desarrolle con más profundidad la teoría o se resuelvan problemas similares. Se asume que la calidad del material bibliográfico de renombre, probado y corregido en ediciones sucesivas siempre será superior en términos de calidad y profundidad a una exposición en pizarrón limitada por el tiempo de clase y por la habilidad en el dibujo a mano alzada. Complementando a los cuadernos una guía de ejercicios pauta como aplicar las nuevas herramientas aprendidas.

El foco del esfuerzo del estudiante se desplaza de las tareas monótonas de la mecánica analítica a un correcto modelado de variados sistemas mecánicos a través de simplificaciones geométricas. El sistema de ecuaciones diferenciales de su dinámica y/o esfuerzos los genera un código basado en funciones de la biblioteca de cálculo simbólico Sympy. Funciones de las bibliotecas Scipy y Numpy las resuelven por integración numérica. Y se los analiza gráficamente haciendo uso de funciones de la biblioteca matplotlib. Por medio de este enfoque se incita al alumno a estudiar el resultado obtenido, pudiendo determinar su veracidad contrastándolo con casos particulares cuyo resultado es conocido, así como también con las propiedades físicas discutidas en los cuadernos presentados.

El esfuerzo del estudiante también es reenforcado desde otras tareas monótonas que sufre en un curso tradicional que no tienen relación con el cálculo. A diferencia de la tradicional transcripción de pizarrón a papel o de papel a papel de idénticos cálculos o procedimientos en forma repetida de un ejercicio al sucesivo, el código es fácilmente duplicable y modificable sin necesidad de volver a escribirle en su totalidad. Esto se denomina “reutilización de código”, que es otro de los aspectos cruciales de la educación basada en código. Basta que el alumno realice ligeras modificaciones sobre el código que recibió de ejemplo para resolver problemas similares en la guía de ejercicios .

Como herramienta de comunicación entre alumnado y cuerpo docente se adopta el sistema Teams de la firma Microsoft (<https://teams.microsoft.com/>) al que está abonado la UNLaM y que cumple aquí tres funciones:

- Publicación de material: enlaces a código en GitHub, videos, bibliografía
- Medio de comunicación asincrónica
- Bitácora de la producción del alumno: resolución de ejercitación semanal y trabajos prácticos integradores ambos objetos de evaluación

Para cada cursada cuatrimestral se crea lo que en la terminología del sistema se denomina un “grupo”. Quedando a disposición del estudiante el grupo en que cursó como referencia futura. Por clase se crean sendos “canales” que contienen:

- El material de teoría: cuadernos Jupyter con resúmenes de los conceptos, ilustración de estos con ejemplos y citas a bibliografía.
- Guía de ejercicios
- Al menos un cuaderno Jupyter de la resolución un ejercicio tipo o de la guía de ejercicios.
- La fecha de entrega e instrucción para su carga como cuadernos de Jupyter. Estos se gestionan como “tarefas” en la jerga de este sistema.

El sistema Teams permite la comunicación fuera de horario de horario de clase, así como un mecanismo sencillo para mantener una clase en línea por teleconferencia en caso de tal eventualidad. A toda hora, y en forma ordenada por temática, los alumnos pueden realizar consultas o los docentes publicar nuevo material o aclaraciones. Todos los suscriptos al grupo tienen una notificación cada vez que algo de esto sucede en la aplicación para teléfono celular de Teams. El acceso público de cada ronda de preguntas y respuestas permite evitar duplicar esfuerzos y sirven como complemento a la documentación confeccionada por el cuerpo docente para presentar cada temática.

A fines de evitar cualquier necesidad de instalación o configuración de software tanto para la unidad académica como para los alumnos los Cuadernos Jupyter se editan y ejecutan en el sistema Colaboratory de la firma Google (<https://colab.research.google.com/>). Este permite editar y/o comentar en forma conjunta y/o remota un mismo cuaderno facilitando así la colaboración entre pares para la resolución de problemas y su corrección por parte del cuerpo docente, que además puede incluir notas y ayudas para los diferentes enfoques y obstáculos que cada alumno encuentre.

Una descripción detallada de la metodología seguida en esta asignatura se expone en

- Bettachini, V.A y Palazzo, E. (2021) *Experiencia de un curso de mecánica racional basado en código*. Actas Congreso Argentino y Latinoamericano de Ingeniería: CADI CLADI CAEDI 2021, pág. 268, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería.
<https://repositoriocyt.unlam.edu.ar/bitstream/123456789/799/1/Experiencia%20de%20un%20curso%20de%20mec%C3%A1nica%20racional%20basado%20en%20c%C3%B3digo.pdf>
- Bettachini V.A. (2021) *Experiencia de un curso de mecánica racional basado en*

código. Presentación oral. ExpoProyecto 2021, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de la Matanza.

<https://youtu.be/UKgCO3KwuOE>

Objetivos de aprendizaje

Instruir a los alumnos para que de manera autónoma puedan:

1. **Modelar un sistema mecánico como un conjunto de cuerpos rígidos** identificando simplificaciones que permitan analizarle con las herramientas del área de la física denominada como mecánica analítica, racional o clásica.
2. **Escribir códigos de programación para estudiar dinámicas y esfuerzos** a la que están sometidos de componentes del modelo usando bibliotecas de:
 - a. cálculo simbólico, para generar **el sistema de ecuaciones diferenciales que las describen**,
 - b. cálculo numérico, que integren tales ecuaciones para **predecirles en función del tiempo**,
 - c. graficación, para **analizarlas** e interpretar que implican para la operación del sistema.
3. **Escribir códigos de programación para calcular modos y frecuencias normales de oscilación** del modelo para determinar ajustes de parámetros que eviten resonancias ante forzados externos.

Contenidos mínimos

Esta asignatura corresponde al tercer año de la carrera. Los “Contenidos Curriculares Básicos” para la misma se numeran en el Anexo I de:

- Resolución 1541/2021, Ministerio de Educación.
<https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/244498/20210518>

De los “Descriptor de Conocimiento” para el título de Ingeniero Mecánico ordenados en ese documento por “Bloques de Conocimiento” esta asignatura contribuye a los siguientes:

- Tecnologías básicas
 - Dinámica de sistemas mecánicos
 - Mecánica teórica y mecanismos
- Ciencias básicas de la ingeniería
 - Física: Mecánica

Bloque “Tecnologías básicas”

La asignatura tiene por misión fundamental permitir al alumno calcular la “Dinámica de sistemas mecánicos” como parte fundamente de la temática de “Mecánica teórica y mecanismos”.

Con los siguientes contenidos mínimos:

- Modelización de sistemas mecánicos para el cálculo computacional
- Cálculo simbólico computacional de ecuaciones de Euler-Lagrange
- Aplicación de la Integración numérica al sistema de ecuaciones de Euler-Lagrange
- Modificación de las ecuaciones de Euler-Lagrange para explicitar fuerzas de ligadura

y no conservativas

- Cuerpo rígido: cálculo computacional de su dinámica en las ecuaciones de Euler-Lagrange
- Análisis computacional de vibraciones en sistemas de partículas y/o de cuerpos rígidos

Bloque “Ciencias básicas de la ingeniería”

Para el descriptor “Física: mecánica” esta asignatura da un cierre a la formación del alumno en esta temática, iniciada en su primera asignatura de física, llevándola hasta un nivel avanzado del conocimiento científico sobre la temática de dinámica de sistemas de pocas partículas y/o cuerpos rígidos.

Con los siguientes contenidos mínimos:

- Ecuaciones de Euler-Lagrange
- El cuerpo rígido en el marco de las ecuaciones de Euler-Lagrange
- Vibraciones en sistemas de partículas y/o de cuerpos rígidos

Competencias a desarrollar

Genéricas

Las “Competencias de Egreso” comunes o “Genéricas” para las carreras de ingeniería se enumeran en la sección IV.2 del documento

- Pagani et al. (2018) *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina*, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI).
https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf

Competencias Tecnológicas

Entre las “Competencias Tecnológicas” explicitadas en ese documento esta asignatura aporta a formarles con el nivel de alcance indicado entre paréntesis, y que figuran allí numeradas como:

1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería (3, alto)
4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería (3, alto)
5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas (1, bajo)

Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

Se aporta al conocimiento de cómo realizar estas tres tareas para encarar problemáticas que puedan reducirse a cuerpos perfectamente rígidos. Si bien este enfoque no contempla deformaciones en sólidos, temática de asignaturas posteriores, se provee una fuerte base

teórica-práctica para luego incorporar al análisis tal comportamiento.

Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería

El énfasis puesto en esta asignatura en utilizar un lenguaje de programación general, en contraposición a un paquete de software específico, le confiere al alumno una capacidad efectiva de aplicar tal herramienta a cualquier rama de su labor ingenieril. Lo que aprende para la modelización, cálculo y representación es generalizable a todo aspecto académico y profesional de carácter técnico en que se desempeñe en el futuro.

Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas

El aporte es indirecto a través de formar en el uso de herramientas contemporáneas (código y simulación numérica) que habilitan que las contribuciones en ambos ámbitos sean competitivas con la oferta actual.

Competencias sociales, políticas y actitudinales

Entre las “Competencias sociales, políticas y actitudinales” explicitadas en el previamente citado documento publicado por CONFEDI esta asignatura aporta a formar con el nivel de alcance indicado entre paréntesis a las que figuran allí numeradas como:

- 6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. (2, medio)
- 7. Comunicarse con efectividad. (2, medio)
- 9. Aprender en forma continua y autónoma (3, alto)

Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo

El mundo del trabajo incorporó en forma definitiva el trabajo deslocalizado tras el inicio en 2020 de confinamientos durante la pandemia de SARS-CoV-2. En esta asignatura los alumnos ponen en práctica el trabajo colaborativo concurrente y a distancia en documentos compartidos, los Cuadernos Jupyter a través del sistema Google Colaboratory (ver sección Metodología de Enseñanza). En el primer encuentro que tienen con el cuerpo docente se les instruye en esta modalidad de trabajo y se les anima no solo a que realicen el trabajo de resolución de problemáticas en equipos sino a que lo realicen en esta modalidad posibilitada hoy por la omnipresente conexión a Internet.

Comunicarse con efectividad

En la actualidad las comunicaciones en el ejercicio profesional de un ingeniero no se limitan a reuniones formales o distribución de comunicaciones por canales formales como memos, instructivos o correos electrónicos. Hoy día impera la inmediatez en las notificaciones. La omnipresencia de dispositivos móviles de comunicación conectados las 24 hs. a Internet posibilita la exigencia de que cada miembro de un equipo de trabajo pueda ser notificada de inmediato de cualquier información. Esta asignatura aporta a la práctica del alumno en esta realidad haciendo uso de un canal de comunicación asincrónica entre cuerpo docente y

alumnado a través de la aplicación móvil del sistema Teams (ver sección Metodología de Enseñanza)

Aprender en forma continua y autónoma

El alumno es llevado por la metodología de enseñanza utilizada a leer e intentar interpretar en forma autónoma el material que le introduce a nuevos conceptos de teoría. Al confrontarse a continuación con los problemas de la guía de ejercitación mide por su cuenta si tuvo éxito en ponerles en práctica. Evaluará por sí mismo el sí emprende una relectura del material, una vista de los videos que el cuerpo docente grabó como apoyo para estos casos, busca bibliografía alternativa o realiza a un docente una consulta en forma asincrónica o sincrónica. En el ámbito profesional solo la última opción se trastoca de consultar a un docente a hacerlo a un colega, por lo demás, son las mismas alternativas de las que dispondrá cuando emprenda actividades de formación continua en forma autónoma.

Específicas

Las “Actividades Profesionales Reservadas al título de Ingeniero Mecánico” figuran en el Anexo IV de:

- *Resolución 1541/2021*, Ministerio de Educación de la República Argentina.
<https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/244498/20210518>

De estas a la que la asignatura aporta es a la numerada como 1:

“Diseñar, proyectar y calcular máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos...”

Las correspondiente “Competencia Específica” para esta “Actividad Reservada” figura en el previamente citado documento publicado por la CONFEDI en su anexo I-16 con la numeración que figura a continuación. Esta asignatura aporta a la formación en la misma con el nivel de alcance indicado entre paréntesis:

1.1 Diseñar y desarrollar proyectos de máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos (2, medio)

El alcance de lo visto en la materia permite esbozar modelos útiles de la dinámica de máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos. Aprender a realizar estos modelos, y el cálculo de la dinámica de estos es la tarea principal de esta asignatura. Estos son un auxiliar útil para el diseño de proyectos de estos dispositivos, dentro de la simplificación de asumirlos como compuestos de componentes rígidos. Se entiendo que en muchos casos en que esto no sea suficiente para el proyecto en cuestión las competencias adquiridas en esta asignatura se completarán con las necesarias para contemplar cuestiones de deformaciones, durabilidad o eficiencia, que son tema de asignaturas correlativas posteriores.

Programa analítico	
Modelización de sistemas mecánicos para el cálculo computacional	Escritura de magnitudes vectoriales con la biblioteca SymPy para Python. Uso de la biblioteca SymPy para el cálculo simbólico automático de energías cinéticas. Identificación del menor número de grados de libertad requeridos para modelizar un sistema mecánico complejo como una construcción geométrica de posiciones relevantes, con el objetivo de estudiar una dinámica particular del mismo. Escritura de estas posiciones en función de coordenadas generalizadas. Uso de la biblioteca SymPy para el cálculo simbólico automático de energías potenciales y cinéticas.
Ecuaciones de Euler-Lagrange: aplicación y cálculo simbólico computacional	Escritura del código que genera las ecuaciones de Euler-Lagrange a partir de las expresiones de energía cinética y potencial para un sistema modelado. Definición de ligadura en un sistema mecánico. Escritura de funciones de coordenadas generalizadas que representan las relaciones de ligaduras.
Integración numérica del sistema de ecuaciones de Euler-Lagrange	Integración numérica de las ecuaciones de Euler-Lagrange con biblioteca SciPy de Python para obtener la dinámica del sistema. Representación de la dinámica para su análisis con el auxilio de la biblioteca matplotlib para Python.
Modificación de las ecuaciones de Euler-Lagrange para explicitar fuerzas de ligadura y no conservativas	Aplicación de multiplicadores de Lagrange para obtener fuerzas de ligadura y/no conservativas de las ecuaciones de Euler-Lagrange.
Cuerpo rígido: su dinámica en las ecuaciones de Euler-Lagrange	Concepto de cuerpo rígido y limitaciones de los modelos que pueden construirse con este supuesto. Momento de inercia de un cuerpo como parte del tensor de inercia. Cálculo del tensor de inercia para una orientación arbitraria de un cuerpo rígido en un marco de referencia. Orientación del cuerpo expresada en ángulos de Euler. El torque como producto de fuerzas externas aplicadas al cuerpo. Ecuaciones de Euler-Lagrange para dar cuenta de la orientación dinámica del cuerpo rígido respecto al marco de referencia.
Análisis de vibraciones en sistemas de cuerpos rígidos	Cálculo de modos y frecuencias normales de oscilación para sistemas compuestos por partículas puntuales y/o cuerpos rígidos. Vibración: conjunto de modos normales de oscilación. Ejemplificación del concepto de amortiguación y forzado en un sistema con un solo

grado de libertad. Cálculo simbólico automático de descomposición espectral en serie de Fourier del espectro de un forzado no armónicos.

Cálculo de oscilaciones amortiguadas y forzadas en sistemas compuestos por partículas puntuales y/o cuerpos rígidos.

Identificar parámetros que evitarían resonancias ante forzados externos.

Evaluación

Guía de ejercicios semanales

A modo de evaluación formativa el cuerpo docente revisa los Cuadernos Jupyter de las entregas vía Teams con una cadencia semanal. Se devuelven comentados si resta realizar una corrección para considerarlos completados. Es condición para la aprobación de la asignatura el que queden registrados en el sistema como completados al término de la cursada.

Evaluaciones sumativas

A modo de primer y segunda evaluación se presentan dos ejercicios integradores. En la semana 7 se envía el Cuaderno Jupyter con el enunciado vía Teams sobre las herramientas base de la mecánica analítica. De igual forma en la semana 14 se hace lo propio con sobre dinámica y esfuerzos en un sistema de cuerpos rígidos. Se pauta la entrega de la resolución de estos en el plazo de una semana, de igual forma que cualquier otro ejercicio.

Para el 1.er ejercicio el cuerpo docente asigna una calificación de 1 a 10 de acuerdo con una rúbrica de penalizaciones por errores cometidos considerados más graves los de mala interpretación de la base teórica que aquellos de procedimiento que conlleven a uno en el cálculo automatizado. En el caso del 2.o ejercicio se pide una defensa oral de lo realizado frente a una proyección del cuaderno con la resolución. Con posterioridad el cuerpo docente delibera una calificación de 1 a 10, nuevamente de acuerdo con la misma rúbrica de penalizaciones. Se cita a la recuperación de la semana 16 al alumno que hubiese calificado por debajo del 4 en alguno de estos ejercicios. Se le presenta en tal caso un Cuaderno Jupyter con el enunciado de un ejercicio integrador de la asignatura que debe resolver en el plazo de 2 hs en las computadoras del laboratorio. El cuerpo docente asigna al final el mismo una calificación de 1 a 10, nuevamente de acuerdo con una rúbrica de penalizaciones por errores cometidos.

Condiciones de aprobación

Si la calificación en ambos ejercicios integradores es 7 o más se considera promocionada la asignatura. Si en ambas es de 4 o más deberá obtenerse una calificación de 4 o más en un examen final para aprobar la asignatura. Si alguna fue inferior a 4 tal evaluación debe recuperarse, pudiéndose intentarse esto para solo una de las evaluaciones.

Primera evaluación	Semana 7 a 8	Ejercicio integrador	2 hs, una semana para la entrega
Segunda evaluación	Semana 14 a 15	Ejercicio integrador	2 hs, una semana para la entrega
Recuperatorio	Semana 16	Ejercicio integrador	2 hs, horario de encuentro sincrónico

Bibliografía obligatoria

Titulo	Autor	Editorial	Edición	Año
Mecánica teórica	Hertig, R.R.	El Ateneo (Buenos Aires, Argentina)	1.a, ISBN: 950-02-5207-1 (en biblioteca)	1970
Ondas	Crawford, F.S.	Reverté (Barcelona, Estado Español)	9.a, ISBN: 84-291-4023-9 (en biblioteca)	2003

Bibliografía complementaria recomendada

Titulo	Autor	Editorial	Edición	Año
Teoría y problemas de mecánica teórica: con una introducción a las Ecuaciones de Lagrange y Teoría Hamiltoniana	Spiegel, M.R.	McGraw-Hill (Madrid, Estado Español)	3.a, ISBN: 968-451-233-3 (en biblioteca)	1967
Variational Principles in Classical Mechanics	Cline, D.	University of Rochester River Campus Libraries (Rochester, Estados Unidos de América)	3.a, ISBN: 978-0-9988372-3-9 http://classicalmechanics.lib.rochester.edu	2021
Vibraciones y ondas	French, A.P.	Reverté (Barcelona, Estado Español)	1.a ISBN: 84-291-4098-0 (en biblioteca)	2001
Problemas de la mecánica teórica	Mesherski, I.	Mir (Moscú, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas)	1.a (en biblioteca)	1974
Introduction to Robotics: Mechanics and Control	Craig, J.J.	Addison-Wesley (Boston, Estados Unidos de América)	2.a, ISBN: 0-201-09528-9 (en biblioteca)	1989
Mecánica elemental	Roederer, J.G.	Editorial Universitaria de Buenos Aires (Buenos Aires, Argentina)	2.a, ISBN: 950-23-1225-2 (en biblioteca)	2010
Curso de física general. Tomo 1	Frish, S.; Timoreva, A.	MIR (Moscú, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas)	3.a (en biblioteca)	1977
Física universitaria, volumen 1	Moebs, W. et al.	Rice University (Houston, Estados Unidos de América)	1.a, ISBN: 978-1-711494-63-0	2021

		Unidos de América)	https://openstax.org/details/books/fisica-universitaria-volumen-1	
Principles of Mechanics	Alrasheed, S.	Springer Cham (Cham, Confederación Suiza)	1.a, ISBN: 978-3-030-15195-9 https://doi.org/10.1007/978-3-030-15195-9	2019

Otros recursos obligatorios

Repositorio de la asignatura en Microsoft GitHub	https://github.com/unlam/MecanicaAnaliticaComputacional
Equipo cuatrimestral en Microsoft Teams	https://teams.microsoft.com/l/team/19%3A2jryOq49TFUwZal27_F0jtGDWEeO3VIXjSJwUAl0PgU1%40thread.tacv2/conversations?groupId=ecc158b8-4a07-4b0e-8fcb-87fadbc66990&tenantId=659e1dba-b3cc-4dcc-8730-d23877e7ab7b Cada alumno ingresa con su cuenta @unlam.edu.ar
Google Colaboratory	https://colab.research.google.com/ Cada alumno debe generar una cuenta de Google para ejecutar cuadernos Jupyter en este sistema en línea. Existen alternativas igualmente gratuitas en caso de que éste sistema deje de serlo.
Veritasium en español (2025), video "El extraño principio de física que da forma a la realidad"	https://youtu.be/WQNiupNh0js

Otros recursos complementarios

SymPy's documentation	https://docs.sympy.org/latest/index.html
Matplotlib: Visualization with Python	https://matplotlib.org/
Numpy and Scipy Documentation	https://docs.scipy.org/doc/
Abramson, G. (2021) <i>Mecánica Clásica: notas de clases y videos</i> . Instituto Balseiro, Comisión Nacional de Energía Atómica -	https://www.ib.edu.ar/academicas/clases-en-linea/item/1437-mecanica-clasica.html

Universidad Nacional de Cuyo	
Vandiver, J.K. y Gossard, D. (2011) <i>Engineering Dynamics</i> . MIT OpenCourseWare	https://ocw.mit.edu/courses/2-003sc-engineering-dynamics-fall-2011/
González, H.G. et al. (2009) <i>Mecánica Lagrangiana</i> , Alqua	https://web.archive.org/web/20120704113607/http://forja.rediris.es/frs/download.php/1917/LAG-0_10_1.pdf
Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (2021) videos Mecánica Clásica 2021/2	https://youtube.com/playlist?list=PLNbPNPgqTfs7mbB2X-5hcG4MuqkErY8Ld

“Declaro que el presente programa de estudios de la asignatura, es el vigente para el ciclo lectivo, guarda consistencia con los contenidos mínimos del Plan de Estudios”

Firma

V.A. Bettachini

Aclaración

18 de agosto de 2025

Fecha

Anexo 1

Planificación de actividades							
Se ma na	Clase	Actividad	Tipo	Duraci ón estima da	Unid ad/ des	Modal idad	Plataf orma
1	Vecto rial	Presentación de la modalidad de clase invertida. Ayuda individual para el acceso al material digital. Instrucción individual en la escritura y ejecución de código para la resolución de las problemáticas presentadas en la guía de ejercicios. Los alumnos en forma autónoma proceden a la lectura/visión del material por parte de los alumnos sobre base teórica, y a la resolución problemáticas propuestas en la guía de ejercicios de la semana. Serán asistidos en ambas tareas en forma sincrónica y asincrónica por el cuerpo docente.	Resol ución abier ta de probl emas	4 sincr ónicas	Mod elizac ión	Presen cial	Teams, Colab, GitHub
2	Energí a	Los alumnos en forma autónoma proceden a la lectura/visión del material por parte de los alumnos sobre base teórica, y a la resolución problemáticas propuestas en la guía de ejercicios de la semana. Serán asistidos en ambas tareas en forma sincrónica y asincrónica por el cuerpo docente.	"	"	"	En línea	"
3	Euler- Lagra nge	"	"	"	Euler - Lagra nge	En línea	"
4	Ligad uras	"	"	"	"	Presen cial	"
5	Simul ación	"	"	"	Num érica	En línea	"
6	Fuerz as de ligadu ra	"	"	"	Fuerz as	"	"
7	No conse rvativ	Ídem semana 6. Se envía en forma individual el enunciado de un ejercicio integrador	"	"	"	"	"

	as						
8	Evaluación Euler-Lagrange	Discusión individual sobre el desempeño en la resolución tanto del ejercicio integrador como el de las guías de ejercicios.	Evaluación	3 hs sincrónicas	Evaluación	Presencial	"
9	Tensor de inercia	Ídem semana 2.	"	Ídem semana 1.	Cuerpo rígido	En línea	"
10	Tensor Inercia 2	"	"	"	"	"	"
11		"	"	"	"	"	"
12	Vibraciones 1GdL	Ídem. semana 7		"	"	"	"
13	Vibraciones NGdL	Ídem semana 2.		"	Vibraciones	Presencial	"
14	Vibraciones NGdL 2	"		"	"	En línea	"
15	Evaluación Rígido	Exposición oral ante cuerpo docente de la resolución del problema asignado.	Evaluación	Ídem semana 8.	Evaluación	Presencial	"
16	Recuperatorio	"	"	"	"	"	"