

LABORATORIO DE MECÁNICA

CLAVE: 0227	MODALIDAD: Laboratorio
SEGUNDO SEMESTRE	CARÁCTER: Obligatorio
CRÉDITOS: 6	REQUISITOS: Cálculo Dif. e Int. I, Geometría Analítica I, Álgebra Superior I

HORAS POR CLASE	PRÁCTICAS: 3
HORAS POR SEMANA	PRÁCTICAS: 6
HORAS POR SEMESTRE	PRÁCTICAS: 96

Objetivos

Desarrollo de la capacidad de investigación del estudiante en mecánica clásica.

Aprendizaje de los conceptos fundamentales del curso teórico correspondiente (Mecánica Vectorial), mediante experimentos.

Conocimiento de los principios físicos del funcionamiento y manejo del equipo con que cuenta el laboratorio.

Aprender a medir cantidades físicas (longitudes, tiempos, fuerzas, etc.), plantear experimentos y manejar los datos experimentales (errores, aproximaciones, gráficas, ajuste de curvas, etc.), utilizando calculadora y/o computadora personal (PC).

Metodología de la enseñanza

El estudiante resolverá problemas experimentales en la temática del curso, que serán escogidos por él con la asesoría del profesor.

Para realizar el paso anterior el estudiante habrá previamente aprendido a manejar el equipo existente en el laboratorio, relacionado con el experimento, y dominará los conceptos básicos de la materia.

La selección de los problemas a resolver tomará en cuenta la capacidad de realización de experimentos con que se cuenta en el laboratorio (ver **Lista de experimentos posibles**, adelante).

Siendo que en plan de estudios no existe ninguna asignatura dedicada exclusivamente a la temática del análisis e interpretación de datos experimentales, sus elementos serán proporcionados al alumno a lo largo de la realización de experimentos en los laboratorios que curse iniciando con el primero (que es el de mecánica) y de acuerdo con la secuencia siguiente:

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES	16 hrs
1. CIFRAS SIGNIFICATIVAS	
*1.1 Redondeo de cantidades a n cifras significativas	1/2 hr
*1.2 Notación científica en potencias de diez de cantidades con n cifras significativas	1/2 hr
2. DEFINICIÓN DE MEDICIÓN	
*2.2 Precisión en la medida	1/2 hr
*2.2 Exactitud en la medida	1/2 hr
3. ERROR EN LA MEDICIÓN DE UNA CANTIDAD FÍSICA	
*3.1 Errores sistemáticos	1/2 hr
*3.2 Errores accidentales	1/2 hr
4. ESTIMACIÓN DEL ERROR E INCERTIDUMBRE	
**4.1 Incertidumbre absoluta	1/4 hr
**4.2 Intervalo de incertidumbre	1/4 hr
**4.3 Incertidumbre relativa	1/4 hr
**4.4 Incertidumbre porcentual	1/4 hr

5. PROPAGACIÓN DE INCERTIDUMBRES	
**5.1 Incertidumbre en sumas y restas	1/3 hr
**5.2 Incertidumbre en productos y cocientes	1/3 hr
***5.3 Uso del cálculo para la determinación de incertidumbres	1/3 hr
6. REPORTE DE RESULTADOS EXPERIMENTALES	
*6.1 Valor experimental	1/3 hr
**6.2 Incertidumbre	1/3 hr
*6.3 Unidades	1/3 hr
7. ELEMENTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	
**7.1 Valor promedio	1/2 hr
**7.2 Desviación estándar	1/2 hr
***7.3 Histograma	1/2 hr
***7.4 Distribución normal o gaussiana	1/2 hr
8. TABULACIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES CON EL USO DE:	
*8.1 Unidades en el sistema internacional	1/4 hr
*8.2 Los criterios de cifras significativas o de incertidumbres	1/4 hr
9. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MODELOS FÍSICOS	
*9.1 Identificación de variables independientes y dependientes	1/3 hr
*9.2 Ejes coordenados y su correcta denominación con unidades del SI	1/3 hr
*9.3 Escalas apropiadas para los ejes coordenados	1/3 hr
10. GRÁFICA DE DATOS EXPERIMENTALES	
*10.1 Puntos experimentales e intervalos de incertidumbres	1/2 hr
**10.2 Cambios de variable	1/2 hr
**10.3 Ajuste de rectas y parábolas por el método visual	1/2 hr
**10.4 Ajuste de curvas por el método de los mínimos cuadrados	1/2 hr
*10.5 Incertidumbres de los parámetros de las curvas ajustadas	1/2 hr
11. MODELOS EMPÍRICOS, TEÓRICOS Y NUMÉRICOS	
11.1 Construcción de modelos empíricos	
**11.1.1 Interpolación y extrapolación	1/4 hr
**11.1.2 Intervalo de validez de un modelo empírico	1/4 hr
11.2 Construcción de modelos teóricos	
**11.2.1 Planteamiento de hipótesis	1/2 hr
**11.2.2 Derivación del comportamiento del sistema de acuerdo a las hipótesis	1/2 hr
**11.2.3 Su confrontación con el comportamiento experimental	1/2 hr
12. INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS NUMÉRICOS	
**12.1 El método de Euler	1/2 hr
**12.2 Aplicaciones del método de Euler a sistemas dinámicos	1/2 hr
**12.3 comparación del modelo numérico con resultados experimentales	1/2 hr

Observaciones:

El número de horas que se dedican al tratamiento de datos experimentales es una sexta parte de la duración total del curso de Laboratorio de Mecánica.

Los temas se introducen cuando se justifiquen en los experimentos propios de la materia.

Los temas marcados con (*) se aplican permanentemente durante todo el curso, con (**) cuando sea necesario y con (***) posiblemente sólo una vez.

Asimismo, se harán los experimentos conducentes para que el estudiante comprenda cuantitativamente la naturaleza de las aproximaciones que frecuentemente se realizan en los planteamientos teóricos (v.gr.: en qué medida se puede desprestigiar la masa del resorte en un oscilador armónico, o cuándo es válido aproximar $\sin x$ por x , según la precisión de los aparatos de medición). De particular importancia es que el alumno entienda la diferencia entre error experimental y la discrepancia con una teoría.

Se enseñará al estudiante a definir y controlar las variables independientes en un experimento, con el propósito de obtener resultados reproducibles, y para aprender a evaluar y reportar un experimento.

Se debe establecer un programa de simulaciones numéricas que permitan al estudiante dominar este campo.

Evaluación del curso

Mediante los reportes escritos de los experimentos realizados, en los que se calificará también su originalidad.

Temario

1. MEDICIÓN DE CANTIDADES BÁSICAS DE LA MECÁNICA

1.1 Medición de distancias grandes, utilizando los métodos de triangulación y de medición de paralaje indicando precisión, exactitud e incertidumbre de la medición. *Ejemplos:* a) utilizando elementos sencillos como una mira de construcción personal, un transportador de pizarrón, reglas de escritorio para trazar visuales y calcular ángulos por medio de funciones trigonométricas inversas; b) utilizando teodolitos o goniómetros verticales. *Recomendaciones:* medición de distancias a objetos lejanos inaccesibles sobre la Tierra; medición de la distancia Tierra-Luna; medición del diámetro de la Luna; medición del diámetro del Sol.

1.2 Medición de distancias pequeñas, empleando el vernier, el tornillo micrométrico y el interferómetro. *Ejemplos:* a) Utilizando instrumentos contruidos localmente. Un vernier de madera o cartoncillo con escalas contruidas en casa, o en el laboratorio por medio de escuadras y compás. Un tornillo micrométrico contruido en el laboratorio con un tornillo de paso adecuado, y una escala circular trazada y dividida por métodos geométricos estándar; b) usando un interferómetro de Michelson o Fabry-Perot. *Recomendaciones:* medición de espesores pequeños, como los de tarjetas u hojas de papel de distintos tipos, de cabellos o de alambres delgados de cobre de distintos calibres, que puedan ser comparados con los de AWG y que puedan ser utilizados posteriormente en otros (módulo de Young, difracción de Fraunhofer). Comparar la precisión y la exactitud que se alcanzan con los dos instrumentos.

2. MEDICIÓN DE FRECUENCIA Y TIEMPO

2.1 Mediciones de tiempo. Reloj de péndulo. Péndulo segundero. Construcción del segundo “natural” basado en un estándar terrestre. Reloj de cuarzo. Reloj atómico.

2.1 Mediciones de frecuencia.

Ejemplos: a) observar, utilizando instrumentos contruidos localmente y un reloj comercial de cuarzo, el cambio en el período de un péndulo al cambiar de altitud; b) medir la frecuencia de una cuerda vibrante con un diapason; c) comparar las frecuencias de dos cuerdas vibrantes midiendo su batimiento.

3. MEDICIÓN DE MASA, VOLUMEN Y DENSIDAD

Báscula. Construir una tabla de densidades de materiales diversos.

Ejemplos: a) utilizando una báscula para equilibrar con distintos volúmenes de agua; b) midiendo volúmenes desplazados de agua; c) con un pesa cartas y utilizando el método basado en el principio de Arquímedes.

Recomendaciones: emplear la tabla de densidades para calcular aproximadamente las masas de la Tierra, la Luna y el Sol, con los datos obtenidos anteriormente para sus diámetros.

4. LA FUERZA COMO VECTOR

La polea como máquina para cambiar la dirección de una fuerza. Máquina de composición de fuerzas. La regla triangular.

Ejemplo: utilizar la báscula de dos poleas y tres pesas.

Recomendación: construir un aparato en el laboratorio y comprobar que las fuerzas se suman como vectores: a) por un método gráfico; b) por un método trigonométrico.

5. ESTÁTICA DEL CUERPO RÍGIDO. MEDICIÓN DE FUERZAS Y TORCAS

El material congruente con estos experimentos sería el siguiente:

- 5.1 Composición de fuerzas concurrentes.
- 5.2 Torca.
- 5.3 Torca de fuerzas concurrentes.
- 5.4 Composición de fuerzas aplicadas a un cuerpo rígido.
- 5.5 Composición coplanar de fuerzas.
- 5.6 Composición paralela de fuerzas.
- 5.7 Centro de masa.
- 5.8 Estática. Equilibrio de una partícula.
- 5.9 Estática. Equilibrio de un cuerpo rígido.

6. MOVIMIENTO DE PROYECTILES EN “VACÍO” Y EN MEDIOS RESISTIVOS

7 OSCILACIONES LINEALES Y TORCIONALES

8. PÉNDULO SIMPLE: OSCILACIONES PEQUEÑAS Y GRANDES

9. EXPLOSIONES Y COLISIONES “RÁPIDAS” Y “LENTAS”

10. SISTEMAS DE REFERENCIA: LA MESA ROTATORIA

11. DESARROLLO DE UN EXPERIMENTO CON TEMA LIBRE

Lista de experimentos posibles

La siguiente “Lista de experimentos posibles” se refiere a las prácticas experimentales que pueden realizarse y al equipo de medición que se puede diseñar y construir en el Laboratorio de Mecánica Clásica de la Facultad de Ciencias.

Esta lista es tentativa, en la medida en que nuevo equipo se incorpora continuamente al laboratorio.

Se recomienda que el profesor de laboratorio ponga atención a los experimentos del temario y los posibles, de manera que sepa las necesidades a cubrir construyendo o solicitando nuevo equipo.

MEDICIÓN DE CANTIDADES BÁSICAS

Medición de distancias microscópicas.

Medición de distancias astronómicas por paralaje.

Medición del tiempo.

CINEMÁTICA

Movimiento uniforme rectilíneo (con riel de aire).

Movimiento uniformemente acelerado (plano inclinado).

Movimiento circular uniforme.

Movimiento circular uniformemente acelerado.

Caída libre.

Movimiento de proyectiles: tiro parabólico en el aire; en la mesa de aire inclinada.

DINÁMICA DE PARTÍCULAS

Distribución de Gauss y propagación de incertidumbres.

Movimientos con fuerza constante (gravedad).

Movimientos con fuerza dependiente de la posición (resortes, imanes).

Movimientos con fuerza dependiente de la velocidad (resistencia del aire, frenado magnético).

Medición de la velocidad terminal y del coeficiente de resistencia del aire.

Definición cuantitativa operacional de la masa, “a la Mach”.

Movimiento relativo de dos partículas, en una y dos dimensiones.

Estudio de la tercera ley de Newton; colisiones lentas.

Colisiones elásticas, inelásticas y plásticas.

Colisiones entre dos partículas; centro de masa y su movimiento; conservación del momento lineal; energía cinética y su conservación.

Soluciones numéricas de la segunda ley de Newton (con calculadora y/o computadora personal) y su comparación con los datos experimentales.

Medición de impulsos y de fuerzas impulsivas.

ENERGÍA

Conversiones de energía potencial en cinética y viceversa (con resortes).

Conversiones de trabajo mecánico en energía cinética (con fuerzas elásticas o magnéticas).

Conservación de la energía mecánica.

Mediciones de la potencia mecánica.

Medición de la eficiencia mecánica (con un propulsor de hélice).

Medición de la eficiencia eléctrica (con un motor eléctrico de pilas).

Conservación de la energía en la dinámica de dos partículas; montaña rusa.

Pérdida de la energía por fricción, en una y dos dimensiones.

Medición de las fuerzas inerciales (Coriolis, centrífuga).

CUERPO RÍGIDO

Medición de velocidades angulares.

Medición de momentos de inercia.

Medición de torcas.

Composición de fuerzas concurrentes.

Torca de fuerzas concurrentes.

Composición de fuerzas aplicadas a un cuerpo rígido.

Composición coplanar de fuerzas.

Composición paralela de fuerzas.

Movimiento de rotación con torca constante y con torca variable.

Movimiento de mancuernas: pares de fuerzas, separación de los movimientos traslacional y rotacional.

Movimiento bajo torcas impulsivas.

Fuerzas inerciales.

Rodamiento de cuerpos en planos inclinados y en mesas giratorias.

Conservación del momento angular (con giróscopos).

Ejes de giro instantáneo.

Péndulo físico: oscilaciones pequeñas y grandes.

Equilibrio de torcas.

OSCILACIONES

Oscilaciones lineales y torsionales.

Oscilaciones lineales y no lineales.

Péndulo simple y péndulo físico.

Osciladores acoplados con dos y más masas. Sistemas no lineales. Caos.

El estudiante manejará y entenderá el funcionamiento de los siguientes dispositivos, existentes en el Laboratorio de Mecánica Clásica: vernier, tornillo micrométrico, cámara fotográfica, estroboscopio, video, fotocpuertas, cronómetros, sonar, riel de aire, mesa de aire, sensores de fuerzas (transductores), computadora personal y calculadoras programables (para captura de datos y control y manejo de experimentos), dinamómetros, balanza de precisión, balanza gravitatoria, microscopio viajero, fuente de poder, multímetros, generador de ondas.

Bibliografía básica

Baird, D.C., 1995, **Experimentación: una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos**, Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México.

- Garduño, R., 1988, **Manual de apoyo para el curso de Laboratorio de Física Clásica I**, editado por la Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Meiners, H.F., 1970, **Physics demonstration experiments, Vol. II**, The Ronald Press Co., USA.
- Oda, B., 1997, **Introducción al análisis gráfico de datos experimentales**, editado por la Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J., 1997, **Fundamentals of physics**, fifth edition, John Wiley & Sons, Inc., N.Y., USA.
- Alonso, M., Finn, J.E., 1995, **Física**, Addison-Wesley Iberoamericana, México.
- Ingard, U., Kraushaar, W.L., 1973, **Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas**, Editorial Reverté S.A., México.
- Eisberg, R.M., Lerner, S.L., 1984, **Física, Vol. 1**, McGraw-Hill, México.
- French, A.P., 1975, **Mecánica newtoniana**, Editorial Reverté, México.

Bibliografía complementaria

- Riveros, H.G., Rosas, L., 1991, **El método científico aplicado a las ciencias experimentales**, Editorial Trillas, México.
- Jones, E.R., Childers, R.L., 1993, **Contemporary College Physics**, Addison-Wesley Publishing Co., USA.
- Kirkpatrick, L.D., Wheeler, G.F., 1995, **Physics, a world view**, second edition, Saunders College Publishing, USA.
- Strelkov, S., 1978, **Mecánica**, Editorial MIR, Moscú.
- Kittel, C., Knight, W.D., Ruderman, M.A., **Berkeley Physics Course, Vol. 1: Mechanics**, McGraw-Hill, USA.

Bibliografía actualizada sobre análisis e interpretación de datos experimentales

- Preston, D.W., Dietz, E.R., 1991, **Art of experimental physics**, ed. John Wiley & Sons, USA.
- Dunlap, R.A., 1988, **Experimental physics**, Oxford University Press, GB.
- Staudenmaier, H.M., 1995, **Physics experiments using PCs: A guide for instructors and students**, ed. Springer Verlag, Alemania.
- Lyons, L., 1992, **A practical guide to data analysis for physical science students**, ed. Cambridge University Press, GB.
- Cooke, C., 1996, **An introduction to experimental physics**, ed. Taylor & Francis, USA.
- Baird, D.C., 1995, **An introduction to measurement theory and experiment design**, 3a edición, ed. Prentice Hall, USA.
- Bevington, P.R., Robinson, D.K., 1992, **Data reduction and error analysis for the physical sciences (book and disc)**, 2a edición, ed. McGraw Hill, USA.
- Taylor, J.R., 1997, **An introduction to error analysis: The study of uncertainties in physical measurements**, 2a edición, ed. University Science Books, USA.
- Campbell, P.D.Q., 1995, **An introduction to measurement and calibration** ed. Industrial Pr., USA.
- Bentley, J.P., 1995, **Principles of measurement systems**, 3a edición, ed. Longman Publishing Group, GB.

Publicaciones de la Organisation Internationale de Métrologie Légale:

- V2, 1993, **International vocabulary of basic and general terms in metrology** (bilingüe francés-inglés).
- P15, 1989, **Guide to calibration**.
- P17, 1995, **Guide to the expression of uncertainty in measurement**.