

# Programa de Física General I

## Primer semestre - Años 2013 y 2014

I - **Introducción:** qué es la Física, áreas de la Física y ubicación de la Mecánica Newtoniana en este contexto, métodos de la Física y relación de la Física con otras Ciencias. **Mediciones y unidades:** magnitudes fundamentales y sus correspondientes unidades; Sistema Internacional de Unidades (MKSC) y conversión a otros sistemas; múltiplos y submúltiplos de las unidades fundamentales; unidades derivadas. **Breve repaso de trigonometría:** medida de ángulos en radianes; funciones seno y coseno; algunas igualdades trigonométricas útiles.

II - **Vectores:** magnitudes escalares y vectoriales: definición de vector: módulo, dirección y sentido. Vector opuesto de uno dado. Vector nulo.: Sistemas de referencia cartesianos y componentes de un vector. Determinación del módulo a partir de las componentes. Cosenos directores y determinación de dirección y sentido en términos de las componentes. **Operaciones con vectores:** Definición del vector **suma** de otros dos vectores. Componentes del vector suma en términos de las componentes de los vectores sumandos. Sumas de más vectores. Propiedades de la suma de vectores. **Diferencia** de dos vectores: definición y propiedades. **Multiplicación de un vector por un número real** (escalar): definición y expresión en componentes. Vectores unitarios o versores. **Versores canónicos.** **Descomposición canónica** de un vector. **Producto escalar** de dos vectores: Notación. Definición geométrica. Proyección escalar de un vector en la dirección y sentido de otro vector. Propiedades del producto escalar. Productos escalares de los versores canónicos. Expresión del **producto escalar en términos de las componentes** de los vectores factores. Cálculo del ángulo entre dos vectores dados. **Producto vectorial** de dos vectores: Notación. Definición geométrica. Propiedades. Productos vectoriales de los versores canónicos. Descomposición canónica del vector producto **vectorial en términos de las componentes** de los vectores factores. **Regla práctica** para obtener la descomposición canónica del vector producto vectorial.

III - **Cinemática en una dimensión:** Vectores en una dimensión y números reales. Definición de **Cinemática.** Movimientos de **traslación y rotación.** Definición de partícula. Utilidad de su estudio. Movimiento de una partícula en tres dimensiones: **vector posición y vector desplazamiento.** Breve comentario sobre elección de **sistemas de referencia.** Movimiento rectilíneo: **velocidad media.** Unidades de velocidad. Caso de movimiento uniforme: cálculo de la

velocidad media en distintos intervalos de tiempo. Caso de movimiento uniformemente acelerado: cálculos de las velocidades medias en distintos intervalos de tiempo. **Velocidad instantánea**: interpretación gráfica. Definición de **derivada de una función**. Principales propiedades de la derivada. Derivadas de funciones polinómicas: cálculo por definición. Cálculo de la velocidad media para posición que varía en forma lineal con el tiempo. Comparación de velocidad media y velocidad instantánea en este caso. Gráficas de la posición y la velocidad como funciones del tiempo. Lo mismo para una posición que varía cuadráticamente con el tiempo. **Aceleración media y aceleración instantánea**. Definición de la derivada segunda de una función. Unidades de aceleración. Cálculo de la aceleración instantánea para posición que varía en forma lineal con el tiempo. Gráfica de la aceleración instantánea como función del tiempo. **Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)**. Lo mismo para posición que varía en forma cuadrática con el tiempo. **Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)**. Movimiento acelerado y movimiento retardado. Determinación de velocidad y posición a partir de la aceleración. Noción de integral indefinida y uso de las condiciones iniciales para determinar constantes. **MRU**: Gráficas de aceleración, velocidad y posición como funciones del tiempo. Ejemplos de aplicación. Problemas de encuentro. **MRUA**: Determinación de velocidad y posición a partir de la aceleración. Gráficas de aceleración, velocidad y posición como funciones del tiempo. Problemas de aplicación. Caso particular de movimiento rectilíneo bajo la aceleración de la gravedad. Caída libre y tiro vertical. Ejemplos de aplicación. Problemas de encuentro.

**IV - Cinemática del movimiento curvilíneo**: Generalidades. Vector posición y vector desplazamiento. Vector velocidad media y vector velocidad instantánea. Dirección y sentido del vector velocidad instantánea. Vector aceleración media y vector aceleración instantánea. Dirección y sentido del vector aceleración instantánea. Movimiento curvilíneo con vector aceleración constante. Movimiento en el plano. Definición de trayectoria. **Tiro oblicuo**: Dependencia temporal de las componentes X y Y de los vectores posición, velocidad y aceleración. **Independencia de la evolución de las componentes según los ejes X e Y**. Ecuación para la trayectoria. Altura máxima, tiempo de vuelo y alcance. Consideraciones de simetría. **Movimiento circular**: Definición. Vector velocidad lineal. Vector velocidad angular: relación de su única componente (perpendicular al plano) con el módulo de la velocidad lineal. Componentes tangencial y normal (o centrípeta) del vector aceleración. Su relación con el cambio en módulo y con el cambio en dirección y sentido del vector velocidad lineal respectivamente. Aceleración angular. Definición de **movimiento circular uniforme (MCU)**. Ecuaciones para ángulo barrido, velocidad angular y aceleración angular en el MCU. Período y frecuencia. **Movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA)**: Definición y ecuaciones para ángulo, velocidad angular y aceleración angular como funciones del tiempo. Ejemplos de MCU y MCUA. Relaciones vectoriales en el movimiento circular.

V - **Dinámica de una partícula:** masa gravitatoria y masa inercial. **Definición de vector cantidad de movimiento (o momentum) lineal.** Unidades. Definición de partícula libre. **Primera Ley de Movimiento de Newton (definición de sistema de referencia inercial).** **Ejemplos de aplicación.** **Movimiento relativo de traslación.** Transformaciones de Galileo. Movimiento relativo de sistemas inerciales. **Segunda Ley de Movimiento.** Concepto de Fuerza y discusión de su utilidad. Fuerzas fundamentales y fuerzas macroscópicas o fenomenológicas. Unidades de fuerza. Igualdad de la fuerza medida por distintos observadores inerciales (principio de relatividad de Galileo). **Tercera Ley de Movimiento.** **Pares acción-reacción.** Conservación del vector cantidad de movimiento total de un par de partículas aisladas. **Estática:** definición. Diferencia entre equilibrio y reposo. **Una fuerza fundamental: la fuerza gravitatoria.** Peso de una partícula en términos de la constante universal  $G$ . Definición de  $g$ . Su variación con la altitud y con la latitud. **Ejemplos de fuerzas fenomenológicas: Tensión** en una cuerda. **Fuerza de contacto** entre sólidos. Descomposición en componentes. Fuerza de contacto como suma vectorial de la fuerza normal y la fuerza de roce o de fricción. Discusión de la **fuerza normal**. Discusión de la **fuerza de roce**. Valor crítico de la fuerza externa y coeficiente de fricción estático. Comportamiento de la fuerza de roce por debajo del valor crítico. Fuerza de fricción dinámica. Su descripción en términos del coeficiente de fricción dinámico o cinético. Problemas de aplicación. Fuerza elástica. Ley de Hooke y constante de un resorte. **Dinámica del movimiento circular uniforme.** **Definición de integral definida de Riemann como límite de sumas de Riemann.** Relación con el área de la región entre la gráfica y el eje de las abscisas. Ejemplo de cálculo de la integral usando su definición. Principales propiedades de la integral definida. Regla de Barrow para el cálculo de integrales definidas. **Vector impulso** de una fuerza. Relación entre impulso de la fuerza resultante y cambio del vector cantidad de movimiento lineal de la partícula sobre la cual actúa.

VI- **Observadores en movimiento relativo de rotación:** Repaso de movimiento relativo de traslación. Ejemplo de aplicación. Movimiento relativo de rotación uniforme. Deducción de las transformaciones de posición, velocidad y aceleración. **Aceleración centrífuga y aceleración de Coriolis.** "Fuerzas" ficticias. **Movimiento con respecto a un observador fijo en la superficie terrestre.** Aceleración de la gravedad medida: corrección debida a la aceleración centrífuga. Desviación de una partícula en caída libre debida a la aceleración centrífuga. Desviación de una partícula en caída libre debida a la aceleración de Coriolis. Desviación de una partícula que se mueve en el plano tangente a la superficie terrestre debida a la aceleración de Coriolis. Sentido de rotación de los huracanes en ambos hemisferios. Discusión de afirmaciones erradas acerca del sentido de rotación del agua en un lavatorio. Péndulo de Foucault. **Cálculo explícito** de las desviaciones de partículas en caída libre a causa de las aceleraciones centrífuga y de Coriolis. Comentario sobre órdenes de magnitud de estos efectos. Péndulo de Foucault.

**VII - Trabajo y energía:** Comentario sobre la utilidad de esos conceptos. **Trabajo** de una fuerza en el caso simple de movimiento rectilíneo y fuerza constante con dirección y sentido iguales a los del vector desplazamiento. Unidades de trabajo. Trabajo de una fuerza en el caso de movimiento rectilíneo y fuerza constante en dirección y sentido arbitrarios. Trabajo de una fuerza en el caso de movimiento rectilíneo y fuerza variable. Ejemplo: trabajo de la fuerza elástica. **Definición general de trabajo** para fuerza variable y trayectoria curvilínea. Definición de **potencia instantánea y media**. Unidades de potencia. Ejemplo de aplicación. Definición de **energía cinética** de una partícula. **Teorema trabajo-energía cinética**. Ejemplo: energía cinética de una partícula unida a un resorte. Región admisible para su movimiento. **Fuerzas conservativas. Energía potencial:** Trabajo de una fuerza constante. Caso particular de la fuerza peso. **Definición general de fuerza conservativa**. Determinación de la energía potencial en el caso de una fuerza constante. Selección de la constante arbitraria (cero de la energía potencial). Caso particular del peso. **Una fuerza conservativa variable: energía potencial de una partícula unida a un resorte**. Trabajo de una fuerza conservativa en una trayectoria cíclica. La fuerza de fricción como ejemplo de fuerza no conservativa. **Energía mecánica**. Conservación de la energía mecánica y origen del término fuerza conservativa. Ejemplo de aplicación: movimiento en una montaña rusa con un loop circular. Relación entre fuerza conservativa y energía potencial. **Análisis de curvas de energía potencial**. Identificación de **puntos de equilibrio de distintos tipos, puntos de retorno y barreras de potencial**. Comentario sobre efecto túnel en Mecánica Cuántica. Energía potencial de una masa unida a una varilla que gira. Energía potencial gravitatoria. Velocidad de escape. Velocidad de inserción de un satélite. **Movimiento bajo la acción de fuerzas no conservativas**. Variación de la energía mecánica. Ejemplos de aplicación.

**VIII - Movimiento Oscilatorio:** Definición y ejemplos. Movimiento armónico simple (MAS). Expresiones de la posición, la velocidad y la aceleración en el MAS. Período, frecuencia y frecuencia angular de un MAS. Determinación de amplitud y fase inicial a partir de las condiciones iniciales del movimiento. Análisis de las gráficas de la posición, la velocidad y la aceleración. Definición de la constante de restitución ( $k$ ) como combinación de la frecuencia angular y la masa. Fuerza aplicada en términos de  $k$ . Energía cinética, energía potencial y energía mecánica en el MAS. Análisis de las gráficas correspondientes. Ecuación diferencial que caracteriza al MAS. Otros modos de escribir la solución  $x(t)$ . Ejemplo de aplicación de todos los aspectos del MAS estudiados. **Oscilaciones verticales**. Desplazamiento del punto de equilibrio y ecuación de movimiento en el sistema desplazado. Posición, velocidad y aceleración como funciones del tiempo en el sistema original. **Péndulo simple**. Ecuación general de movimiento. Caso de pequeños apartamientos del equilibrio. **Oscilaciones amortiguadas**. Ecuación general. Soluciones para amortiguamiento débil, fuerte y crítico.

**Oscilaciones forzadas.** Ecuación general. Solución para forzado periódico y amortiguamiento débil. Resonancia en amplitud.

**IX - Sistemas de partículas:** Introducción general. Definición de la **posición del centro de masa**. Principales propiedades de la posición del centro de masa. Consideraciones de simetría. Ejemplos. **Velocidad del centro de masa.** Vector cantidad de movimiento del sistema en términos de la masa total y la velocidad del sistema de masa en el caso de sistemas cerrados (masa total constante). **Aceleración del centro de masa. Movimiento traslacional de un sistema de partículas.** Fuerzas internas y externas (definición). Ecuación de movimiento para la traslación: su independencia de las fuerzas internas. Caso particular de un sistema aislado. El sistema centro de masa (C) como sistema de referencia inercial. Anulación del vector cantidad de movimiento en este sistema. Sistema de dos partículas aisladas: masa reducida. Ejemplo: oscilaciones de dos cuerpos unidos a los extremos de un resorte. **Consideraciones energéticas para un sistema general:** Energía propia. Energía total. Sus variaciones. Casos en que se conservan. Energía interna. Relación entre energía propia y energía interna. **Problemas de colisión:** Definición y leyes generales de conservación. Dispersiones vs. reacciones. Colisiones elásticas e inelásticas. Variación de la energía cinética en colisiones inelásticas. Coeficiente Q. Reacciones endo- y exoenergéticas. Ejemplos de aplicación: Colisión elástica de dos sistemas de igual masa total. Péndulo de Newton. Desintegración de un cuerpo en caída libre: trayectoria del centro de masa. Desintegración de un cuerpo en reposo en el sistema de laboratorio (L): coincidencia de los sistemas L y C para este problema. Colisión plástica: el péndulo balístico. Variación de la energía cinética en este problema. **Dinámica de rotación: Vector cantidad de movimiento angular (o impulso angular)** de una partícula. **Torque** de una fuerza. Relación entre torque y variación del momento angular. El movimiento circular uniforme revisitado. Fuerzas centrales y conservación del vector cantidad de movimiento angular. Vector cantidad de movimiento angular de un sistema de partículas. Relación entre la variación del vector cantidad de movimiento angular y el torque de las fuerzas externas (condición de validez). Relación entre impulso angular con respecto a un punto fijo en un sistema inercial e impulso angular medido con respecto al centro de masa del sistema. Relación entre torques de las fuerzas externas con respecto a los mismos puntos. Ecuación de rotación alrededor de un eje que pasa por el centro de masa. Su validez general (aun cuando el centro de masa esté acelerado).

**X - Cuerpo rígido:** definición. **Momento de inercia** de un cuerpo rígido compuesto por una cantidad numerable de partículas. Comentario sobre ejes principales de inercia. Ejemplos. Relación entre vector momento angular y vector velocidad angular durante la rotación alrededor de un eje principal de inercia. Relación válida entre componentes para rotación alrededor de otros ejes. **Teorema de Steiner:** demostración y ejemplos. Radio de giro. **Cuerpo rígido con distribución continua de masa:** Cálculo de la posición del centro de masa como una integral múltiple. Expresión en términos de la densidad. Ejemplo en

una dimensión. Cálculo del momento de inercia para distribución continua de masa. Ejemplo en una dimensión. **Equilibrio de un cuerpo rígido:** condiciones de equilibrio traslacional y rotacional. Arbitrariedad de elección del punto de cálculo de torques para un cuerpo rígido en equilibrio. Ejemplo de aplicación. **Ecuación general para el movimiento de rotación** de un cuerpo rígido. Conservación de impulso angular en caso de torque nulo. Algunos ejemplos de aplicación: Rotación de un disco alrededor de un eje fijo que pasa por su centro de masa. Rotación y traslación combinadas (roto-traslación): el yo-yo. Energía cinética de rotación de un cuerpo rígido. Energía cinética total para movimiento de roto-traslación. Energía total (o mecánica) de un cuerpo rígido. Ejemplo de aplicación: rodadura sin deslizamiento ( análisis en sistema de laboratorio y en la visión del eje instantáneo de rotación). Movimiento giroscópico: giróscopo en suspensión cardánica. giróscopo girando alrededor de un eje horizontal con torque debido a su peso y precesión. Trompo: cálculo aproximado (para velocidad angular alrededor de un eje que pasa por el centro de masa mucho mayor que la velocidad angular de precesión) de la relación entre ambas velocidades angulares.

## **Bibliografía sugerida**

Las siguientes son sólo sugerencias. No se trata de una bibliografía de uso obligatorio ni de una excluyente. Los estudiantes deben consultar estos y otros libros disponibles en las bibliotecas de la UNLP y decidir cuál o cuáles entre ellos les resultan más útiles. Sugerencia: no comprar hasta haber decidido cuál es el libro más afín.

### **Para temas de Matemática:**

S. Lang, Cálculo I, Ed. Fondo Educativo Latinoamericano.  
L. Santaló, Vectores y Tensores con sus Aplicaciones, Ed. EUDEBA.

### **Para Mecánica Newtoniana:**

M. Alonso y E. Finn, Física - Vol. I: Mecánica, Ed. Fondo Educativo Latinoamericano.  
M. Alonso y E. Finn, Física, Addison-Wesley Latinoamericana  
D. Halliday and R. Resnick, Fundamentals of Physics, 9th Edition, Ed. J. Wiley and Sons.

### **Para una visión original y profunda:**

R. Feynman, R. Leighton and M. Sands, The Feynman Lectures on Physics, Vol. I: Mechanics, Ed. Addison-Wesley.

Carlos María Naón

Eve Mariel Santangelo