

---

## Prefacio

---

La idea de este libro es introducir al lector en las teorías modernas de gravitación, comenzando con la Física de Galileo y Newton y culminando con la Relatividad General propuesta por Einstein. El libro está dirigido a profesores y estudiantes de la escuela secundaria. Sin embargo, hay algunas partes del libro que resultarán más complicadas, tanto por la dificultad conceptual como por el cálculo matemático requerido. Si bien en algunas secciones se utilizan algunos elementos del cálculo diferencial e integral, no es necesario poseer conocimientos del mismo para seguir los razonamientos propuestos. En las partes en las cuales se utiliza el cálculo diferencial, se dan los resultados para aquellos lectores no familiarizados con este tipo de herramientas matemáticas. Para guiar al lector, hemos dividido la dificultad en tres niveles:

Nivel 1. Conocimientos que suponemos ya adquiridos por los alumnos en la escuela secundaria (no necesariamente técnica) o de nivel equivalente.

Nivel 2. Conocimientos nuevos para los alumnos de la escuela secundaria con algún grado de dificultad matemática o conceptual.

Nivel 3. Sólo para docentes.

El primer capítulo es una introducción histórica donde además se discuten algunos problemas sencillos de cinemática como el tiro oblicuo y el tiro vertical, y la relatividad del movimiento comparando el enfoque de la física aristotélica con el enfoque de la física de Galileo. También se describen los problemas conceptuales de la física newtoniana que llevaron a la formulación de la teoría de la Relatividad. Todo este capítulo corresponde al nivel 1.

En el segundo capítulo se establecen las bases de la teoría mecánica de Newton y se realizan un par de ejercicios de aplicación. El énfasis está puesto en la resolución de problemas a partir de la conservación de la energía, el impulso y el impulso angular. Este enfoque es diferente del que generalmente se utiliza, donde este tipo de problemas se resuelve a partir de las ecuaciones dinámicas y las ecuaciones de movimiento. El lector encontrará que este nuevo enfoque permite resolver los problemas de manera más sencilla. Todo el capítulo, menos la subsección 2.5, corresponde al nivel 1. La subsección 2.5 requiere algún conocimiento de cálculo diferencial, y por lo tanto lo consideramos de un nivel 2.

El capítulo 3 está dedicado a la ley de Newton de la gravitación universal. Se describen algunos aspectos sencillos como el movimiento parabólico y las fuerzas de marea. Todo el capítulo, menos la sección 8, corresponde a un nivel 1. La sección 8 (tal vez conceptualmente la más importante y novedosa de este capítulo) está dedicada al cálculo del potencial gravitatorio y de los campos gravitatorios. En la sección 8.4 se dan ejemplos donde se calculan campos gravitatorios a partir del principio de superposición para distintas configuraciones de masa. Esto requiere del conocimiento del cálculo vectorial (a nivel de escuela secundaria); sin embargo, el álgebra puede ser un tanto complicada y por lo tanto consideramos que corresponde a un nivel 2.

El capítulo 4 está dedicado al movimiento en un campo gravitatorio. Se describen con mucho cuidado las posibles trayectorias (circunferencias, parábolas, elipses, etc.) de un cuerpo en el campo gravitatorio en función de las constantes de movimiento del problema: energía y momento angular. También se desarrolla el movimiento de un cuerpo en una órbita con una pequeña perturbación respecto de una órbita circular. Por la dificultad matemática y conceptual del capítulo lo consideramos de nivel 2.

El capítulo 5 está dedicado al estudio de sistemas no inerciales. Esto es necesario para comprender en los capítulos siguientes la necesidad de utilizar geometrías no euclídeas en la teoría de la relatividad general. Se dan ejemplos, tanto en sistemas acelerados linealmente como en sistemas rotantes. Por la dificultad matemática para tratar sistemas rotantes, consideramos las secciones 1 y 2 (sistemas linealmente acelerados) de nivel 1, y la sección 3 (sistemas rotantes) de nivel 2. Finalmente, en la sección 4 se introduce el principio de equivalencia y, por su dificultad conceptual, se considera esta sección de nivel 2.

El capítulo 6 está dedicado a la teoría de la Relatividad Especial. En particular, se discute la medición de tiempos y longitudes desde dos sistemas inerciales, uno de los cuales se mueve con velocidad constante respecto del otro. Se muestran ejemplos para comprender estos conceptos. También se describe el efecto Doppler relativista. Finalmente en la sección 1.12 se discute la geometría en un disco rotante, paso previo para entender la utilización de geometrías no euclídeas en la teoría de la Relatividad. Este capítulo no presenta dificultades matemáticas pero sí dificultades conceptuales; por lo tanto lo consideramos de nivel 2.

En el capítulo 7 se lleva a cabo una breve introducción a las geometrías no euclídeas. En la sección 1 (considerada de nivel 1) se repasan los principios de la geometría euclídea. En la sección 2 se describen algunos conceptos de las geometrías no euclídeas, poniendo énfasis en la diferencia con la geometría euclídea. Por la dificultad conceptual consideramos a la sección 2 de nivel 2.

Finalmente, en el capítulo 8 se describen las bases de la teoría de la Relatividad General, así como algunas consecuencias de la misma, como la deflexión de la luz y el corrimiento al rojo en un campo gravitatorio. También se discuten las nociones de tiempo y espacio en Relatividad General. Las secciones 1 y 2 son consideradas de nivel 2 por su dificultad matemática y conceptual. La sección 3 describe el corrimiento del perihelio de un planeta a partir de la corrección relativista en la expresión newtoniana de la trayectoria. La dificultad matemática es importante en esta sección, y por lo tanto consideramos que puede ser completamente comprendida sólo por docentes (nivel 3); sin embargo, el significado físico de los resultados obtenidos sí se considera accesible para los estudiantes de nivel medio.

Susana Landau  
Claudio Simeone