

Objetivos del capítulo

- Establecer las definiciones generales de la mecánica y sus divisiones.
- Mencionar elementos históricos de la mecánica.
- Analizar los conceptos de partícula y cuerpo rígido y las leyes de Newton.
- Definir los sistemas de unidades usados frecuentemente en mecánica.
- Dar recomendaciones generales para la solución de problemas y la presentación de resultados en forma de cifras significativas.

1.1 Definiciones de la mecánica

La *física* es la ciencia que da explicación de todos los fenómenos que suceden a nuestro alrededor, así como en el universo en general. Es por tanto una ciencia muy amplia, tanto teórica como experimental, que estudia las propiedades del espacio, el tiempo, la materia y la energía, así como las interacciones entre estos.

La *mecánica* se define como la ciencia física que estudia el estado de reposo o de movimiento de los cuerpos sometidos a fuerzas. Las leyes de la mecánica, como teorías científicas, interpretan fenómenos físicos que se observan experimentalmente y rigen el comportamiento, en general, de gases, de líquidos y de cuerpos sólidos. Sus principios encuentran aplicación en astronomía para explicar el movimiento de los cuerpos celestes, en física para interpretar los fenómenos relacionados con la velocidad y la aceleración y en ingeniería para el estudio de las máquinas y las estructuras. La mecánica se divide en mecánica cuántica, mecánica relativista y mecánica clásica.

La *mecánica cuántica* estudia el movimiento de las partículas elementales o cuantos, los cuales no se pueden describir con las mismas teorías aplicables a los cuerpos macroscópicos contemplados usualmente por la mecánica en general. La *mecánica relativista*, por su parte, analiza el comportamiento de los cuerpos con velocidades cercanas a la de la luz. Y la denominada *mecánica clásica* se encarga del estudio de los cuerpos que se desplazan a velocidades bajas comparadas con la de la luz.

Para su simplificación, el estudio de la mecánica clásica, o simplemente mecánica, se divide a su vez en tres ramas: mecánica de los cuerpos rígidos, mecánica de los cuerpos deformables y mecánica de los fluidos.

La *mecánica de los cuerpos rígidos* analiza la interacción entre los cuerpos y las fuerzas aplicadas, considerando que dichos cuerpos no sufren alteración en su forma al ser sometidos a la acción de las mencionadas fuerzas. Es por lo que, en sentido generalizado, la mecánica de los cuerpos rígidos solo considera las fuerzas externas al cuerpo, sin tener en cuenta las fuerzas internas o resistentes que se generan. La mecánica de los cuerpos rígidos se subdivide a su vez en *estática*, la cual estudia las condiciones en que un cuerpo se mantiene en estado de reposo, y en *dinámica*, la cual analiza las situaciones de movimiento de los cuerpos sometidos a fuerzas.

En el estudio de la *mecánica de los cuerpos deformables* se tienen en cuenta tanto las distribuciones de las fuerzas internas resistentes ocasionadas por la aplicación de las fuerzas externas como las deformaciones que se produzcan en el material. La mecánica de los cuerpos deformables también se denomina mecánica de materiales o resistencia de materiales.

Finalmente, la *mecánica de los fluidos* es la rama de la mecánica que se ocupa de los líquidos y gases en reposo o en movimiento.

1.2 Breve reseña histórica

Aunque no se conocen con exactitud los inicios de la mecánica como disciplina, su historia está ligada a la necesidad del hombre del uso de herramientas cada vez más elaboradas.

A Arquímedes de Siracusa (287-212 a. C.) se le atribuye el ser el creador de la mecánica, al establecer las leyes de la palanca y al desarrollar sistemas de poleas o polipastos utilizando su ventaja mecánica para levantar grandes pesos con fuerzas relativamente pequeñas. Se dice, además, que Arquímedes inventó la catapulta y un sistema de espejos para concentrar los rayos solares, los cuales utilizó como maquinaria de guerra. También dio lugar a la hidrostática mediante el denominado principio de Arquímedes, al establecer la relación entre el empuje experimentado por un cuerpo sumergido en un líquido y el volumen desalojado.

Leonardo da Vinci (1452-1519) tomó el trabajo de Arquímedes sobre las palancas para adicionarle el concepto de *momento* y utilizarlo en el equilibrio de cuerpos rígidos.

Simón Stevin (1548-1620) representó la fuerza como un vector y mostró cómo sumar dos fuerzas mediante la construcción de un paralelogramo, tomando su diagonal como la resultante, lo cual se denomina ley del paralelogramo, para la suma de dos fuerzas. Stevin ideó también el método del trabajo virtual para el análisis del equilibrio de cuerpos rígidos.

Galileo Galilei (1564-1642) contribuyó al desarrollo de la dinámica con el descubrimiento de la ley del péndulo y los estudios sobre la caída de los cuerpos. Se ingenió la forma de medir el tiempo mediante su propio pulso debido a la falta de relojes en su época.

Christian Huygens (1629-1695) continuó los trabajos de Galileo con péndulos y en 1656 patentó el primer reloj de péndulo, que permitió medir el tiempo con más precisión, lo cual era necesario para poder avanzar en el estudio de la dinámica. Dedujo también la ley de la fuerza centrífuga en un movimiento circular uniforme.

Isaac Newton (1642-1727), mediante el enunciado de las denominadas leyes del movimiento y ley de la gravitación universal, dio impulso a la mecánica clásica y a lo que se conoce como mecánica newtoniana.

Albert Einstein (1879-1955), mediante sus teorías de relatividad especial (1905) y de relatividad general (1912), crea la mecánica relativista, en la que, a diferencia de la mencionada mecánica newtoniana, los conceptos de espacio, tiempo y masa no son independientes y absolutos, sino relativos y dependientes de la velocidad. Esas nuevas concepciones logran dar predicciones más precisas de los movimientos de cuerpos cercanos a la velocidad de la luz, no obtenidas antes mediante la mecánica newtoniana.

Max Planck (1858-1947), físico alemán considerado como el fundador de la mecánica cuántica, recibió por sus teorías el Premio Nobel de Física en 1918. El campo de estudio de la mecánica cuántica está relacionado con partículas elementales en sistemas con espacios de dimensiones a escala atómica.

1.3 Concepto de partícula y cuerpo rígido

En mecánica el término *partícula* se utiliza para referirse o bien a un punto donde actúan una o varias fuerzas, o bien a un cuerpo rígido modelado como una masa puntual cuando las fuerzas aplicadas solo intentan producir acciones de traslación. Tal puede ser el caso de un sistema de fuerzas concurrentes en un punto de un cuerpo rígido con solo posibilidades de traslación, para lo cual se simplifica su análisis si se representa al cuerpo como una partícula o punto donde se concentran las fuerzas.

Un cuerpo rígido se considera formado por muchas partículas separadas entre sí por distancias constantes, aun bajo la acción de fuerzas. Si se aplican fuerzas en más de una partícula de un cuerpo rígido, estas tienden a producir efectos tanto de traslación como de rotación, debidos a los respectivos momentos, causados por la separación existente entre las líneas de acción de las fuerzas.

1.4 Leyes de Newton

El estudio de la mecánica está fundamentado principalmente en las denominadas leyes de Newton o leyes del movimiento de Newton, compuestas por tres leyes, además de la ley de la gravitación, y enunciadas así:

1. *Primera ley de Newton:* si la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre una partícula es igual a cero, la partícula permanecerá en reposo si inicialmente estaba en reposo o se moverá con rapidez constante si inicialmente estaba en movimiento.
2. *Segunda ley de Newton:* si la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre una partícula es diferente de cero, la partícula se moverá con una aceleración proporcional a la magnitud de la resultante y en la dirección de esta. Si se designa por \vec{F} la fuerza, m la masa y \vec{a} la aceleración, la segunda ley de Newton se expresa en forma de ecuación así: $\vec{F} = m\vec{a}$.
3. *Tercera ley de Newton o principio de acción y reacción:* contempla el fenómeno de interacción entre dos cuerpos en contacto, al declarar la presencia de dos fuerzas denominadas de acción y de reacción, las cuales tienen la misma magnitud y la misma línea de acción, aunque sentidos contrarios.
4. *Ley de la gravitación de Newton:* establece que la atracción mutua entre dos partículas de masas m_1 y m_2 , separadas una distancia d , está dada por una fuerza F , la cual es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, o sea que:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

F = fuerza de atracción entre las dos partículas.

m_1 y m_2 = masas de las partículas.

d = distancia que las separa.

G = constante de gravitación.

1.5 Sistemas de unidades

Los sistemas de unidades utilizados en mecánica cuentan con elementos para medir las cuatro cantidades básicas: la longitud, la masa, el tiempo y la fuerza, las cuales no son independientes, sino que están relacionadas entre sí mediante la segunda ley del movimiento de Newton, expresada por la ecuación $\vec{F} = m\vec{a}$.

El sistema de unidades utilizado en la mayoría de los países del mundo ha sido el Sistema Métrico Decimal, aunque desde 1960 su nombre oficial es Sistema Internacional de Unidades (SI). Los países de habla inglesa que todavía no han adoptado el sistema SI, entre los cuales se encuentra Estados Unidos, utilizan el denominado sistema FPS (*foot-pound-second system*).

1.5.1 Sistema Internacional de Unidades

En el sistema SI, la longitud se mide en metros (m), el tiempo en segundos (s) y la masa en kilogramos (kg). La unidad de fuerza se denomina Newton (N) y es una unidad derivada teniendo en cuenta la ecuación $\vec{F} = m\vec{a}$ y se define como la fuerza requerida para dar a una masa de 1 kg una aceleración de 1 m/s², o sea:

$$1 \text{ N} = (1 \text{ kg})(1 \text{ m/s}^2) = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$$

El peso W de un cuerpo de masa de 1 kg o la fuerza de la gravedad con aceleración g que actúa sobre él, expresado en N, está dado así:

$$W = mg = (1 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 9.81 \text{ N}$$

Los múltiplos y submúltiplos en el sistema SI más usados se pueden determinar al aplicar los prefijos dados en la tabla 1.1, por ejemplo:

$$1 \text{ kilómetro (km)} = 10^3 \text{ m} = 1\,000 \text{ m}$$

$$1 \text{ kilonewton (kN)} = 10^3 \text{ N} = 1\,000 \text{ N}$$

$$1 \text{ milímetro (mm)} = 10^{-3} \text{ m} = 0.001 \text{ m}$$

Tabla 1.1 Múltiplos y submúltiplos del Sistema Internacional de Unidades (SI)

Factor	Forma exponencial	Prefijo	Símbolo
1 000 000 000	10 ⁹	giga	G
1 000 000	10 ⁶	mega	M
1 000	10 ³	kilo	k
0.001	10 ⁻³	mili	m
0.000001	10 ⁻⁶	micro	μ
0.000000001	10 ⁻⁹	nano	n

1.5.2 Sistema de uso común en los Estados Unidos

En el sistema de uso común en los Estados Unidos (el sistema FPS), la longitud se mide en pies (ft), el tiempo en segundos (s) y la fuerza en libras (lb). La unidad de

masa, denominada slug, es una unidad derivada con base en la ecuación $\vec{F} = m\vec{a}$ y está definida como la cantidad de materia acelerada 1 ft/s^2 cuando se somete a una fuerza de 1 lb , así:

$$1 \text{ slug} = \frac{1 \text{ lb}}{1 \text{ ft/s}^2}$$

Como múltiplos y submúltiplos en el sistema FPS de empleo frecuente se pueden mencionar los siguientes:

$$1 \text{ milla (mi)} = 5\,280 \text{ pies (ft)}$$

$$1 \text{ kilolibra (kip)} = 1\,000 \text{ libras (lb)}$$

$$1 \text{ pulgada (in)} = 1/12 \text{ pies (ft)}$$

$$1 \text{ tonelada (tn)} = 2\,000 \text{ libras (lb)}$$

1.5.3 Conversión de unidades

Con el fin de convertir unidades de un sistema a otro, es necesario tener en cuenta las anotaciones presentadas a continuación. Por definición, la unidad de longitud en el sistema FPS está expresada así:

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

De la anterior se deriva:

$$1 \text{ in} = 1/12 \text{ ft} = 1/12 (0.3048 \text{ m}) = 0.0254 \text{ m}$$

O sea que:

$$1 \text{ in} = 25.4 \text{ mm}$$

$$1 \text{ mi} = 5\,280 \text{ ft} = (5\,280)(0.3048 \text{ m}) = 1\,609 \text{ m}$$

$$1 \text{ mi} = 1.609 \text{ km}$$

En cuanto a la definición de unidad de masa, en el sistema FPS se tiene:

$$1 \text{ lb masa} = 0.4536 \text{ kg}$$

La unidad de fuerza se define como el peso de una libra de masa 0.4536 kg a la aceleración de la gravedad de 9.807 m/s^2 , o sea:

$$1 \text{ lb} = (0.4536 \text{ kg})(9.807 \text{ m/s}^2) = 4.448 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

Por lo tanto:

$$1 \text{ lb} = 4.448 \text{ N}$$

1.6 Cálculos numéricos y cifras significativas

Los resultados de cálculos numéricos se expresan mediante el número de cifras significativas adecuadas, al tener en cuenta que los valores relacionados con cualquier tipo de medición pueden involucrar errores, que dependen del grado de exactitud del instrumento de medición. Si se compara, por ejemplo, la medida tomada con una regla común con valores mínimos de 1 mm o con un micrómetro cuya precisión puede ser de ± 0.01 mm, la medida tomada con el micrómetro es más exacta, o sea, tiene menos error.

La exactitud de un valor medido se expresa al escribir el número además del símbolo \pm , seguido de un segundo número que indica el error o incertidumbre. Afirmar que el diámetro de una pieza cilíndrica es 18.24 ± 0.02 mm quiere decir que el valor real se puede encontrar entre 18.22 mm como límite inferior y 18.26 mm como cota superior.

Las cifras significativas cumplen con el objetivo de dar información certera proveniente de medidas al indicar el error o las incertidumbres asociadas. Estas comprenden los dígitos significativos que se encuentran hacia la derecha, a partir del primer dígito no nulo; por ejemplo, los números 4.30 y 0.0430 cuentan cada uno con tres cifras significativas.

En ingeniería el redondeo de números es válido para ajustar los resultados a un determinado número de cifras significativas, que, conforme a la experiencia, se ha convenido en expresarlos solo con tres cifras significativas. Por lo tanto, las respuestas en este texto serán dadas, en lo posible, con base en dicha regla, de modo que es conveniente también, al realizar los cálculos en computador o calculadoras de bolsillo, que el número de cifras significativas del resultado final de la respuesta se limite a tres.

Como reglas de redondeo se pueden adoptar las dos siguientes:

1. Si el dígito no significativo que sigue al último dígito significativo es mayor o menor que 5, se redondea el último dígito significativo hacia arriba o hacia abajo, respectivamente, así: 4.372 a 4.37 y 4.376 a 4.38.
2. Si el dígito no significativo que sigue al último dígito significativo es igual a 5, entonces el último dígito significativo se redondea siempre hacia un número par. Así se consigue que en promedio la mitad de estos redondeos sea hacia arriba y la otra mitad hacia abajo. Por ejemplo: 4.375 a 4.38 y 4.365 a 4.36.

1.7 Procedimiento para la solución de problemas

El punto de partida para la solución de problemas constituye el entendimiento de los principios básicos de la mecánica y las leyes que de ellos se desprenden. Tanto la destreza en la solución de problemas como el aprendizaje de dichos principios solo se adquieren al ejercitarse, para lo cual resulta recomendable primero realizar una revisión cuidadosa de los ejemplos resueltos y después resolver el mayor número posible de los problemas propuestos.

Es necesario tener presente que para abordar un problema se debe partir de una situación física real de este, la cual debe representarse en una hoja de trabajo como un diseño sencillo a mano alzada. Es importante proceder de manera ordenada y limpia para evitar confusiones y, en la medida de lo posible, organizar los datos en tablas.

Posteriormente, se dibujarán uno o varios diagramas de cuerpo libre, con el fin de aislar cada uno de los elementos e identificar las fuerzas externas que actúan sobre cada uno de ellos. La geometría del problema es importante, por lo que de las relaciones trigonométricas se desprende la solución matemática.