Leyes de Newton

Sea $\vec{p} = m\vec{v}$ el momentum lineal de una partícula.m es la masa (inercial) y $\vec{v}$ la velocidad.

1) Principio de Inercia. Todo cuerpo que se mueve libremente(no está sometido a una fuerza) se mueve en una línea recta(o está en reposo).

2) Sea $\vec{F}$ una fuerza actuando sobre una partícula. Se tiene

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}\,, \text{para}\, m\, \text{constante}$$

3) Acción y Reacción: La fuerza que ejerce una partícula 1 sobre una partícula 2 es igual y opuesta a la fuerza que ejerce la partícula 2 sobre la partícula 1.

El momentum lineal total de un sistema de N partículas está dado por

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^{N} \vec{p}_i = \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{v_i}$$

Un resultado importante es la conservación de $\vec{P}$ si sobre las N partículas no actúan fuerzas externas(sistema aislado).

Energía Cinética

La energía cinética de una partícula está dada por:

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m}, v = |\vec{v}\,|\,, p = |\vec{p}\,|$$

Para la mayoría de la fuerzas que se utilizan en mecánica existen funciones del punto del espacio $U_i(\vec{x})$ llamada Energía potencial correspondiente a la fuerza $\vec{F}_i$ tal que se conserva la energía mecánica total:

$$E = K + \sum_i U_i(\vec{x})$$

Las fuerzas para las que existe la función U se llaman fuerzas conservativas.
Más adelante mencionaremos los resultados de la Termodinámica, que estudia los fenómenos que involucran transferencia de calor. En ella se descubrió que el calor es una nueva forma de energía, que no proviene de fuerzas conservativas.
Agregando el calor a las formas de energía se llega al enunciado general del
Principio de Conservación de la Energía
La suma total de todas las energías del universo se conserva.

Fuerza elástica

Si se deforma levemente un cuerpo de su posición de equilibrio mecánico, aparecerá una fuerza elástica que tratará de restaurar el equilibrio. Para una desviación pequeña x media a partir de la posición de equilibrio $x = 0$, la fuerza está dada por la Ley de Hooke:

$$F = -kx \, , \, k \text{ es la constante del resorte}$$

La energía potencial correspondiente a esta fuerza es:

$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

Una partícula de masa m atada al extremo del resorte realizará un movimiento periódico, llamado armónico simple con una frecuencia angular:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ley de Gravitación Universal

La fuerza gravitacional entre dos masas m_1 y m_2 , llamadas masas gravitacionales, separadas por una distancia r es

$$F_{12} = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}\widehat{r_{12}}$$

$G = 6.67 \times 10^{-11} Nm^2/\mathrm{kg}^2$ es la constante de gravitación de Newton, $\widehat{r_{12}}$ es el vector unitario con origen en la partícula 1 y que apunta a la partícula 2.

La energía potencial gravitacional está dada por:

$$U = -G\frac{m_1 m_2}{r}$$

La ley de gravitación universal de Newton permite explicar los movimientos de planetas y estrellas y es válida en un amplio rango.

A partir de 1916 ha sido reemplazada por la Relatividad General de Einstein.

Observación 1. Experimentos muy precisos muestran que masa inercial=masa gravitacional.

Leyes de Kepler

A partir de la ley de Gravitación y de las leyes de la mecánica se obtienen las leyes de Kepler del movimiento planetario:

1) Los planetas se mueven en elipses, con el Sol en uno de los focos.

2) La línea que une el planeta con el Sol, barre áreas iguales en tiempos iguales. Esta ley se deduce de la conservación del momentum angular $\vec{L}$, lo cual se deriva del carácter central de la fuerza:

$$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v} = \text{constante}$$

3)El cuadrado de los períodos de los planetas es proporcional al cubo de la distancia media al Sol.
Demostraremos esta ley para órbitas circulares:
La segunda ley de Newton da:

$$m\frac{v^2}{r} = G\frac{Mm}{r^2}$$

pero $v = \frac{2\pi r}{T}$, donde T es el período. Se tiene:

$$\frac{4\pi^2}{GM} r^3 = T^2$$

Velocidad de escape

Consideremos un cuerpo celeste esférico de masa M y radio R. Si disparamos una partícula radialmente hacia afuera con velocidad v_0, se tiene la conservación de la energía:

$$E = \frac{1}{2}mv_0^2 - G\frac{Mm}{R} = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{Mm}{r}$$

Si se impone que la partícula escape a $r = \infty$, debemos pedir que v sea cero en infinito. Por lo tanto $E = 0$. Esto es:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

v_0 es la velocidad de escape. Para la Tierra vale: $v_0 = 11.3\,\mathrm{km}/s$.

La velocidad de escape reviste vital importancia cuando discutamos la posibilidad de atmósfera en un cuerpo celeste. A una temperatura T dada, siempre existe una proporción de moléculas que supera la velocidad de escape y se va del cuerpo celeste. Esta fuga de moléculas se acentúa al aumentar la temperatura o al disminuir M y es particularmente relevante para moléculas de masa pequeña.