the general science journal

Una Nueva Formulación de la Mecánica Clásica

Alejandro A. Torassa

Buenos Aires, Argentina, E-mail: atorassa@gmail.com

Resumen. Este trabajo expone una nueva dinámica que puede ser formulada para todos los sistemas de referencia, inerciales y no inerciales.

Keywords: mecánica clásica, dinámica, fuerza, interacción, masa, aceleración, sistema de referencia inercial, sistema de referencia no inercial.

Introducción

Es sabido que la mecánica clásica no puede formular la dinámica de Newton para todos los sistemas de referencia, debido a que ésta no siempre conserva su forma al ser pasada de un sistema de referencia a otro. Si admitimos, por ejemplo, que la dinámica de Newton es válida para un sistema de referencia, entonces no podemos admitir que sea válida para otro sistema de referencia acelerado con respecto al primero, porque el comportamiento de los cuerpos puntuales para el segundo sistema de referencia es distinto a lo establecido por la dinámica de Newton.

La mecánica clásica soluciona esta dificultad, distinguiendo a los sistemas de referencia: en sistemas de referencia inerciales, para los cuales se formula la dinámica de Newton, y en sistemas de referencia no inerciales, para los cuales no se formula la dinámica de Newton; contradiciendo con esta solución, al principio de relatividad general, que afirma: todos los sistemas de referencia obtendrán las mismas leyes naturales.

Sin embargo, este trabajo soluciona la dificultad expuesta de la mecánica clásica de una manera diferente, exponiendo una nueva dinámica que puede ser formulada para todos los sistemas de referencia, inerciales y no inerciales, ya que la misma conserva siempre su forma al ser pasada de un sistema de referencia a otro; o sea, este trabajo expone una nueva dinámica acorde con el principio de relatividad general.

En este trabajo, la nueva dinámica será expuesta en el contexto de la mecánica clásica de los cuerpos puntuales.

Mecánica Clásica

En la mecánica clásica de los cuerpos puntuales, este trabajo considera que todos los cuerpos en el universo son cuerpos puntuales y asume que todo sistema de referencia está ligado a un cuerpo puntual. Por lo tanto, en este trabajo se puede asumir que todos los sistemas de referencia en el universo no están rotando.

Cinemática

Si los sistemas de referencia no están rotando, entonces los ejes de dos sistemas de referencia S y S' permanecerán siempre fijos entre sí. Por lo tanto, se puede convenir, para facilitar los cálculos, que los ejes de los sistemas de referencia S y S' tengan la misma orientación entre sí, según como muestra la Figura 1.

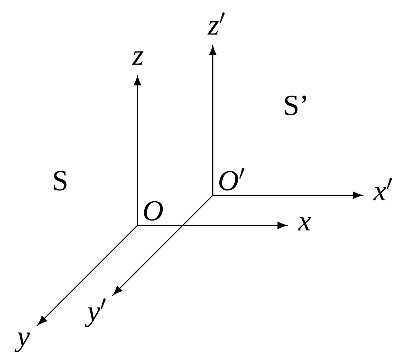

Figura 1

Se puede pasar de las coordenadas x, y, z, t del sistema de referencia S a las coordenadas x', y', z', t' del sistema de referencia S' cuyo origen de coordenadas O' se encuentra en la posición $x_{o'}$, $y_{o'}$, $z_{o'}$ con respecto al sistema de referencia S, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$x' = x - x_{o'}$$
$$y' = y - y_{o'}$$
$$z' = z - z_{o'}$$
$$t' = t$$

De estas ecuaciones, se deduce como se transforman las velocidades y las aceleraciones del sistema de referencia S al sistema de referencia S', que en forma vectorial pueden ser expresadas como sigue:

$$\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{v}_{o'}$$
$$\mathbf{a}' = \mathbf{a} - \mathbf{a}_{o'}$$

donde $\mathbf{v}_{o'}$ y $\mathbf{a}_{o'}$ son la velocidad y la aceleración respectivamente del sistema de referencia S' con respecto al sistema de referencia S.

La Nueva Dinámica

Primera definición: La fuerza $\mathbf{F}$ que actúa sobre un cuerpo puntual es una magnitud vectorial y representa la interacción entre los cuerpos puntuales.

La transformación de las fuerzas de un sistema de referencia a otro, está dada por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{F}' = \mathbf{F}$$

Segunda definición: La masa m que tiene un cuerpo puntual es una magnitud escalar y representa una constante característica del cuerpo puntual.

La transformación de las masas de un sistema de referencia a otro, está dada por la siguiente ecuación:

$$m' = m$$

Tercera definición: La aceleración inercial $\mathbf{a}_a^\circ$ de un cuerpo puntual A es la aceleración real $\mathbf{a}_a$ del cuerpo puntual A con respecto al sistema de referencia universal S$^\circ$ (el sistema de referencia universal S$^\circ$ es un sistema de referencia que está ligado a un cuerpo puntual sobre el cual ninguna fuerza está actuando y que es usado como un sistema de referencia universal)

La transformación de las aceleraciones inerciales de un sistema de referencia a otro, está dada por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{a}^{\circ\prime} = \mathbf{a}^\circ$$

Primer principio: Un cuerpo puntual puede tener cualquier estado de movimiento.

Segundo principio: La suma de todas las fuerzas $\sum \mathbf{F}_a$ que actúan sobre un cuerpo puntual A de masa m_a produce una aceleración inercial $\mathbf{a}_a^\circ$ según la siguiente ecuación:

$$\sum \mathbf{F}_a = m_a \mathbf{a}_a^\circ$$

Ecuación de Movimiento

La ecuación que determina la aceleración real $\mathbf{a}_a$ de un cuerpo puntual A con respecto a un sistema de referencia S ligado a un cuerpo puntual S puede ser calculada de la siguiente manera: a partir de la tercera definición de la nueva dinámica y utilizando las transformaciones de las aceleraciones inerciales y reales (Apéndice I) se deduce que la aceleración inercial $\mathbf{a}_a^\circ$ y la aceleración real $\mathbf{a}_a$ del cuerpo puntual A están relacionadas con la aceleración inercial $\mathbf{a}_s^\circ$ y la aceleración real $\mathbf{a}_s$ del cuerpo puntual S según la siguiente ecuación:

$$\mathbf{a}_a^\circ - \mathbf{a}_a = \mathbf{a}_s^\circ - \mathbf{a}_s$$

Despejando $\mathbf{a}_a$ y como la aceleración real $\mathbf{a}_s$ del cuerpo puntual S con respecto al sistema de referencia S siempre es igual a cero, se obtiene:

$$\mathbf{a}_a = \mathbf{a}_a^\circ - \mathbf{a}_s^\circ$$

Por último, reemplazando $\mathbf{a}_a^\circ$ y $\mathbf{a}_s^\circ$ según el segundo principio de la nueva dinámica, entonces queda:

$$\mathbf{a}_a = \frac{\sum \mathbf{F}_a}{m_a} - \frac{\sum \mathbf{F}_s}{m_s}$$

Por lo tanto, la aceleración real $\mathbf{a}_a$ de un cuerpo puntual A con respecto a un sistema de referencia S ligado a un cuerpo puntual S estará determinada por la ecuación anterior; donde $\sum \mathbf{F}_a$ es la suma de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo puntual A, m_a es la masa del cuerpo puntual A, $\sum \mathbf{F}_s$ es la suma de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo puntual S y m_s es la masa del cuerpo puntual S.

Conclusiones

A diferencia de lo que establece la primera y segunda ley de Newton, de la ecuación anterior se deduce que la aceleración real del cuerpo puntual A con respecto al sistema de referencia S no depende solamente de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo puntual A sino que también depende de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo puntual S donde se halla ligado el sistema de referencia S. O sea, para el sistema de referencia S el cuerpo puntual A puede tener una aceleración real aun si sobre el cuerpo puntual A no actúa fuerza alguna y también para el sistema de referencia S el cuerpo puntual A puede no tener una aceleración real (estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme) aun si sobre el cuerpo puntual A actúa una fuerza no equilibrada.

Por otro lado, de la ecuación anterior también se deduce que la segunda ley Newton será válida para el sistema de referencia S solamente si la suma de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo puntual S es igual a cero. Por lo tanto, el sistema de referencia S será un sistema de referencia inercial si la suma de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo puntual S es igual a cero pero será un sistema de referencia no inercial si la suma de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo puntual S no es igual a cero.

Además, se notará que por medio de la nueva dinámica un sistema de referencia no inercial podrá describir el comportamiento (movimiento) de un cuerpo puntual exactamente de la misma forma que lo hace un sistema referencia inercial y sin necesidad de introducir fuerzas ficticias (conocidas como pseudofuerzas, fuerzas inerciales o fuerzas no inerciales).

Por último, se notará también que la nueva dinámica seguiría siendo válida aun si la tercera ley de Newton no fuese válida.

Apéndice I

A partir de la tercera definición de la nueva dinámica se deduce que las aceleraciones inerciales y reales de dos cuerpos puntuales A y B con respecto al sistema de referencia universal S° están determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$\mathbf{a}_a^\circ = \mathbf{a}_a \tag{1}$$
$$\mathbf{a}_b^\circ = \mathbf{a}_b \tag{2}$$

o sea:

$$\mathbf{a}_a^\circ - \mathbf{a}_a = 0 \tag{3}$$
$$\mathbf{a}_b^\circ - \mathbf{a}_b = 0 \tag{4}$$

Igualando las ecuaciones (3) y (4), se obtiene:

$$\mathbf{a}_a^\circ - \mathbf{a}_a = \mathbf{a}_b^\circ - \mathbf{a}_b \tag{5}$$

Si se pasa la ecuación anterior (5) del sistema de referencia universal S° a otro sistema de referencia S' (inercial o no inercial) utilizando la transformación de las aceleraciones inerciales ($\mathbf{a}^{\circ\prime} = \mathbf{a}^\circ$) y la transformación de las aceleraciones reales ($\mathbf{a}' = \mathbf{a} - \mathbf{a}_{o'}$), se deduce:

$$\mathbf{a}_a^{\circ\prime} - \mathbf{a}_a{}' = \mathbf{a}_b^{\circ\prime} - \mathbf{a}_b{}' \tag{6}$$

Ahora, como la ecuación (6) tiene la misma forma que la ecuación (5) entonces se puede establecer que para cualquier sistema de referencia (inercial o no inercial) la aceleración inercial $\mathbf{a}_a^\circ$ y la aceleración real $\mathbf{a}_a$ de un cuerpo puntual A están relacionadas con la aceleración inercial $\mathbf{a}_b^\circ$ y la aceleración real $\mathbf{a}_b$ de otro cuerpo puntual B según la ecuación (5).

Apéndice II

En el segundo principio de la nueva dinámica, la siguiente ecuación: $\sum \mathbf{F}_a = m_a \mathbf{a}_a^\circ$ se obtiene a partir de la ecuación original: $\sum \mathbf{F}_a = d(m_a \mathbf{v}_a^\circ)/dt$ (donde $\mathbf{v}_a^\circ$ es la velocidad inercial del cuerpo puntual A; o sea, $\mathbf{v}_a^\circ$ es la velocidad real del cuerpo puntual A con respecto al sistema de referencia universal S°)

Bibliografía

A. Einstein, *Sobre la Teoría de la Relatividad Especial y General*.

E. Mach, *La Ciencia de la Mecánica*.

H. Goldstein, *Mecánica Clásica*.