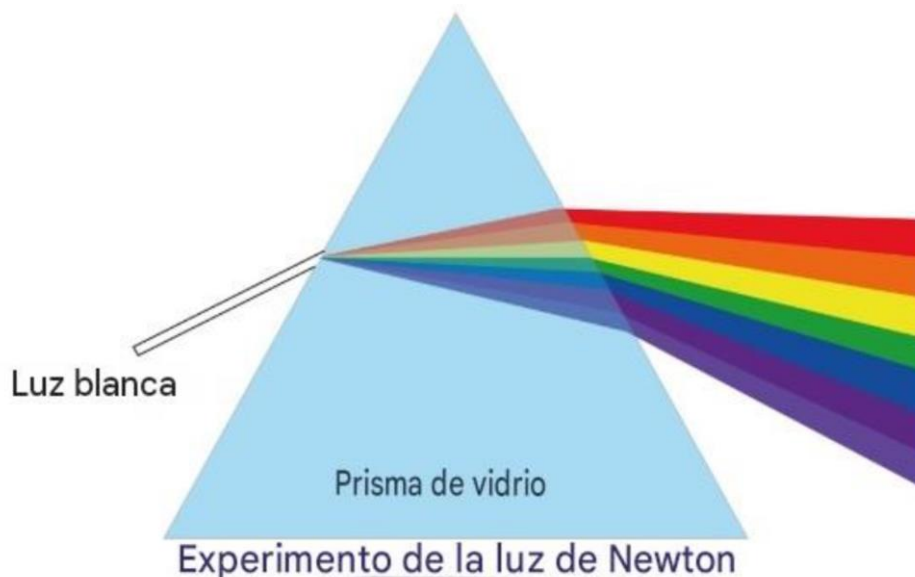


Legado de Newton, como soporte para la física moderna



Por: Gonzalo Duque-Escobar*

Portada: Descomposición de la luz mediante prisma. Fuente: Jaouad Maha.

...

Isaac Newton asentó las bases de la física clásica, las matemáticas modernas y la óptica en su obra cumbre, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687). Este científico nacido en una familia campesina, de carácter reservado y profundamente religioso, que también dedicó décadas a la **alquimia** y la teología, estudió en la Universidad de Cambridge, donde floreció su genio científico, y luego de haber elegido **presidente de la Royal Society**, ejerció como director de la Casa de Moneda de Inglaterra.

Para **Isaac Newton**, el espacio y el tiempo eran **absolutos, independientes e inmutables**. En su **concepción, mientras el tiempo absoluto** fluye de manera uniforme en todo el universo, sin importar lo que ocurra en el exterior ni quién lo mida, **el espacio absoluto** es como un escenario físico gigante y vacío que siempre permanece fijo, inmóvil y ajeno a los objetos que contiene.

Veamos por separado el aporte del brillante científico inglés que revolucionó nuestra comprensión del universo.

...

1- Ley de Gravitación Universal: Formuló que la atracción entre dos cuerpos depende de sus masas y la distancia que los separa unificando la mecánica terrestre con el movimiento planetario.

Esta ley formulada por Sir Isaac Newton en 1687, establece que toda partícula de materia en el universo atrae a cualquier otra partícula con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

Matemáticamente se expresa como:

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

donde F es la fuerza gravitacional, m_1 y m_2 son las masas de los cuerpos, r es la distancia entre sus centros de masa, y G es la constante de gravitación universal ($6.674 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg}^2$).

Puntos clave del concepto:

- **Atracción universal:** No solo aplica a planetas o estrellas; cualquier objeto con masa ejerce y experimenta esta atracción, desde una manzana hasta una galaxia.
- **Efecto de la distancia:** La fuerza disminuye rápidamente al aumentar la distancia. Si la distancia entre dos cuerpos se duplica, la atracción gravitacional se reduce a la cuarta parte.
- **Alcance e intensidad:** Es una fuerza de alcance infinito, aunque es la más débil de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Solo se vuelve evidente cuando al menos uno de los cuerpos tiene una masa gigantesca, como la Tierra.

Importancia histórica y científica:

El avance revolucionario de Newton fue unificar la física terrestre con la celeste. Demostró que la misma fuerza que hace caer una manzana de un árbol es la que mantiene a la Luna en órbita alrededor de la Tierra y a los planetas girando en torno al Sol. Este hallazgo permitió explicar las mareas oceánicas, la esfericidad de los planetas y predecir órbitas celestes con precisión matemática, sentando las bases de la mecánica clásica por más de dos siglos.

...

2- Las Tres Leyes del Movimiento:

- **Primera Ley: Ley de la Inercia.** Todo cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a menos que una fuerza neta externa actúe sobre él. La inercia es la resistencia que ofrece la materia a modificar su estado de movimiento. *Ejemplo:* Los pasajeros de un vehículo se desplazan hacia adelante cuando el conductor frena bruscamente, debido a la tendencia de su masa a mantener la velocidad previa.
- **Segunda Ley: Ley Fundamental de la Dinámica o de Fuerza y Aceleración.** ($F = m \cdot a$). La aceleración que adquiere un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza neta aplicada e inversamente proporcional a su masa. Define cuantitativamente la fuerza y establece el cambio en la cantidad de movimiento respecto al tiempo. *Efecto:* A mayor masa del objeto, se requiere una fuerza superior para lograr la misma aceleración.
- **Tercera Ley: Principio de Acción y Reacción.** Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B (acción), el cuerpo B ejerce simultáneamente una fuerza de igual magnitud y sentido opuesto sobre el cuerpo A (reacción). *Aplicación:* Los cohetes espaciales expulsan gases a alta presión hacia abajo (acción), lo que impulsa la nave hacia arriba (reacción).

La trascendencia Científica de estas tres leyes que transformaron la comprensión del universo físico al unificar los fenómenos cotidianos con los astronómicos radica en que permitieron calcular trayectorias

balísticas, diseñar maquinaria e infraestructuras, y comprender las fuerzas dinámicas que rigen el cosmos, vigentes hoy en la mayoría de aplicaciones de la ingeniería.

...

3- El **cálculo infinitesimal**, desarrollado de forma independiente por Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz en el siglo XVII, es la rama de las matemáticas que estudia el cambio continuo y la acumulación. A diferencia del álgebra y la geometría elementales, que analizan situaciones estáticas o promedios globales, el cálculo permite examinar cómo varían las cantidades en instantes o porciones infinitamente pequeñas (infinitésimos). Se divide principalmente en dos áreas complementarias unidas por el **Teorema Fundamental del Cálculo**:

- **Cálculo Diferencial**, que Analiza la tasa de cambio instantánea. y cuya herramienta principal es la **derivada**, que geoméricamente representa la pendiente de la recta tangente a una curva en un punto específico.
- **Cálculo Integral**, herramienta que suma infinitas cantidades infinitamente pequeñas para calcular áreas, volúmenes, longitudes o acumulaciones totales bajo una curva.

El cálculo es el lenguaje matemático fundamental de la ciencia, la ingeniería y la economía moderna. Sus aplicaciones principales incluyen:

- **Física y Mecánica**: Determinar la velocidad y aceleración instantánea de un objeto, calcular órbitas planetarias o modelar campos electromagnéticos.
- **Ingeniería**: Diseñar estructuras estables analizando la distribución de cargas, modelar el flujo de fluidos, optimizar circuitos eléctricos y predecir la resistencia de materiales.
- **Modelado Natural y Tecnológico**: Estudiar el ritmo de crecimiento de poblaciones biológicas, la propagación de epidemias, la transferencia de calor y el comportamiento de redes de transporte.
- **Economía y Finanzas**: Encontrar el punto de máximo beneficio o mínimo costo para una empresa mediante la optimización de funciones marginales.

En definitiva, sirve para comprender, predecir y optimizar cualquier sistema real cuya dinámica dependa del tiempo, del espacio o de variables en constante evolución.

...

4- Óptica y Naturaleza de la Luz: Demostró con prismas que la luz blanca es una mezcla heterogénea de todos los colores del espectro visible. Inventó además el **telescopio de reflexión** (telescopio newtoniano), que utiliza espejos en lugar de lentes para evitar la aberración cromática.

Respecto a la Descomposición del color y el espectro, en contra de la creencia de su época, que sostenía que el vidrio coloreaba la luz blanca pura, Newton demostró con prismas que la **luz blanca es heterogénea**: una mezcla heterogénea de todos los colores del espectro visible.

Con el **experimento del prisma**, en el que hizo pasar un rayo de luz solar a través de un prisma de vidrio, refractándolo dividió el rayo luminoso en los colores del arcoíris. Dicho experimento fue crucial, ya que para probar que los colores son componentes primarios e inalterables de la luz, primero hizo pasar un único color

monocromático por un segundo prisma sin que sufriera más cambios, y posteriormente reunió el espectro completo usando una lente para recomponer la luz blanca,

Sobre la Teoría Corpuscular de la Luz, Newton propuso que ella está formada por **corpúsculos** (partículas ligerísimas) emitidos a gran velocidad por fuentes luminosas. Esta hipótesis explicaba de manera intuitiva la propagación rectilínea de la luz y la formación de sombras nítidas. y sobre refracción y reflexión, explicó la reflexión como el rebote de partículas contra superficies, y la refracción como la atracción ejercida por un medio más denso sobre dichos corpúsculos, alterando su velocidad.

Añádase la innovación en la astronomía, ya que al inventar en 1668 el telescopio reflector, utilizando un espejo cóncavo en lugar de lentes, pudo corregir la **aberración cromática** (la distorsión de color inevitable en las lentes de vidrio de los telescopios refractores), gracias a esta innovación que cambió drásticamente el diseño de los grandes observatorios astronómicos hasta la actualidad.

...

5- Mecánica de Fluidos y Termodinámica: Estableció la **Ley de Enfriamiento de Newton** (que describe cómo los cuerpos pierden calor en un entorno) y formalizó el comportamiento de los fluidos viscosos (fluidos newtonianos).

Isaac Newton realizó contribuciones fundamentales en la mecánica de fluidos y la termodinámica, sentando las bases cuantitativas para el estudio del transporte de cantidad de movimiento y de energía térmica.

En los *Principia* (1687), Newton definió por primera vez la resistencia interna de un fluido en movimiento. Postuló que el esfuerzo cortante ejercido entre capas adyacentes de un fluido es directamente proporcional al gradiente de velocidad perpendicular al flujo (dv/dy):

$$T = u (dv/dy)$$

Allí, T es el esfuerzo cortante y u representa la **viscosidad dinámica**.

- **Fluidos Newtonianos:** Aquellos que mantienen una viscosidad constante ante cambios en la tasa de deformación (como el agua o el aire).
- **Mecánica continua:** Esta formulación permitió clasificar el comportamiento de los fluidos y dio origen a las ecuaciones modernas de la hidrodinámica.

Con la Ley de Enfriamiento de Newton (Termodinámica) de 1701, formuló de manera explícita el principio que rige la transferencia de calor por convección entre un cuerpo y su entorno. Estableció que la tasa de pérdida de calor de un cuerpo es proporcional a la diferencia de temperatura entre su superficie (T) y el medio ambiente (T_{env}):

- **Comportamiento exponencial:** La resolución de esta ecuación diferencial demuestra que la temperatura de un cuerpo decrece de forma exponencial con el tiempo hasta alcanzar el equilibrio térmico.

La Trascendencia e Impacto de ambos aportes es que resultaron decisivos para el desarrollo de la ingeniería moderna: la ley de viscosidad es esencial para el diseño de tuberías, aerodinámica y bombeo de fluidos, mientras que la ley de enfriamiento es fundamental en la climatización, la metalurgia y la caracterización de intercambiadores de calor.

**

* Profesor de la Universidad Nacional de Colombia, Ingeniero Civil con estudios de posgrado en Geotecnia, Geofísica y Economía. Web: <https://sites.google.com/unal.edu.co/godues1>

Documento del Observatorio Astronómico de Manizales- OAM, adscrito a la U.N. de Colombia. Manizales, junio 15 de 2023. Act. 2026.

Fuentes Bibliográficas:

- [Cultura & Astronomía \(C&A\)](#). Duque Escobar, Gonzalo (2007) [Objeto de aprendizaje – Teaching Resource]. U. N. de Colombia.
- [Guía astronómica](#). Duque Escobar, Gonzalo (2020); OAM - Universidad Nacional de Colombia.
- [Isaac Newton: de Grecia al Renacimiento](#). Duque Escobar, Gonzalo (2020) Observatorio Astronómico de Manizales OAM-U.N. de Colombia.
- [La concepción del tiempo en Aristóteles](#). Vidal Arenas, Jorge Byzantion Nea Hellás, núm. 34, 2015, pp. 323-340 Universidad de Chile Santiago, Chile.
- [La cosmología científica desde la antigüedad griega hasta Copérnico](#). Juan Carlos Moreno-Ortiz & Carlos Rolando Palacios Céspedes (2021).
- [Manual de geología para ingenieros](#). Duque Escobar, Gonzalo (2003. Act 2022) Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- [Never at Rest: A Biography of Isaac Newton](#). Westfall, R. S. (1980). Cambridge University Press.
- [Newton, el alquimista breve revisión de un largo camino de más de tres décadas](#). Sandra Silva Clavero. Scripta Philosophiæ Naturalis 18 (2020)-
- [Philosophiæ naturalis principia mathematica](#). Newton, I. (1687) J. Societatis Regiæ ac Typis J. Streater. (Obra original en latín)
- [Principios matemáticos de la filosofía natural \(Principia\)](#). Sir Isaac Newton, 1687 Traducción: Eloy Rada. Lectulandia.com.
- [Protagonistas de la astronomía](#), Por: Claudia Torres Arango, Miembro del Observatorio astronómico de Manizales OAM y Profesora del Contexto de Astronomía. Manizales, Conferencia en Junio de 2020.
- [Sobre el concepto de leyes de la naturaleza en Isaac Newton](#). Orozco-Echeverri, Sergio Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia, 2016, U. El Bosque Bogotá.
- [The Principia: Mathematical principles of natural philosophy](#). Newton, I. (1999). (I. B. Cohen & A. Whitman, Trads.). University of California Press. (Obra original publicada en 1687).

