

# **¿ES POSIBLE EL MOVIMIENTO PERPETUO?**



*“El secreto en la vida no es dar respuesta a viejas preguntas, sino hacernos nuevas preguntas para encontrar nuevos caminos”*

**ALBERT EINSTEIN**



# Índice

<b>Introducción .....</b>	<b>9</b>
La Física hasta en la sopa.....	11
 <b>Capítulo 1 .....</b>	 <b>15</b>
<b>Las reglas de la temperatura</b>	
Primera ley de la termodinámica: conservación .....	16
Segunda ley de la termodinámica: entropía .....	19
Tercera ley de la termodinámica: cero absoluto .....	22
Ley cero: Equilibrio.....	23
 <b>Capítulo 2 .....</b>	 <b>25</b>
<b>¿Qué es el movimiento perpetuo?</b>	
Máquinas de primera especie .....	27
Máquinas de segunda especie.....	28
 <b>Capítulo 3 .....</b>	 <b>31</b>
<b>El príncipe de las ciencias</b>	
Leyes del movimiento .....	32
Ley gravitacional .....	35
 <b>Capítulo 4 .....</b>	 <b>39</b>
<b>Rebeldías científicas del Genio Despeinado</b>	
La teoría de la relatividad general y especial.....	40
Espacio y tiempo: Un romance relativo .....	44

<b>Capítulo 5.....</b>	<b>47</b>
<b>Big Bang y datos interesantes</b>	
Materia oscura y energía oscura.....	51
Agujeros negros.....	54
Antimateria .....	58
 <b>Capítulo 6.....</b>	 <b>61</b>
<b>Viajando por dimensiones</b>	
El mundo cuántico .....	62
Experimento de la doble rendija.....	63
El gato que está vivo y muerto a la vez.....	64
Entrelazamiento cuántico .....	66
La cuarta dimensión.....	67
 <b>Glosario .....</b>	 <b>69</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>75</b>







## Introducción

*“Todas las verdades son fáciles de entender una vez descubiertas; la cuestión es descubrirlas”*

***Galileo Galilei (1564 - 1642)***

Este libro pretende divulgar conocimientos sobre la Física especialmente a través de explicaciones y definiciones sencillas de los conceptos más importantes de esta ciencia. También, cómo se ha desarrollado la Física en los últimos siglos y comprender los pensamientos de aquellos grandes científicos de toda la historia como Isaac Newton y Albert Einstein.

Como se acaba de mencionar, la Física está en constante evolución y esto le beneficia a expandir las ramificaciones dentro de esta ciencia. Actualmente se conoce a la Física desde dos enfoques. La primera es la Física clásica que se centra en aspectos como mecánica, acústica, termodinámica, electromagnetismo y óptica. Y la segunda es la tan aclamada Física Moderna que discute temas nucleares, cuántica, relativistas y atómicas. Existen muchos temas relacionados en la Física, pero en el libro

abordaremos los relacionados a nuestra problemática y aquellos temas que les podría interesar a jóvenes lectores. La ciencia de la termodinámica, que estudia el movimiento de calor dentro y fuera de un sistema, es muy importante para poder contestar el enigma de la perpetuidad.

Haciendo una breve síntesis de los capítulos del libro podemos describir el movimiento perpetuo a el funcionamiento de un sistema que al iniciarlo pueda continuar funcionando para siempre sin ninguna fuente de energía externa. Para entender mejor este concepto podemos expresarlo como una máquina que se mueve en línea recta, esta máquina para comenzar a moverse sola necesitó un impulso, pero no exige nuevamente una fuente de energía externa para seguir avanzando. Este pensamiento de un móvil perpetuo ha cautivado a muchos científicos porque con esta maquinaria se podría llegar a tener una posible creación de energía infinita. A este punto estarás pensando ¿si es posible eso por qué al menos lo siguen intentando crear? Una gran máquina de energía infinita ayudaría a todo el planeta y podría salvar a mucha gente.

Lamentablemente, no es posible crear una máquina de movimiento perpetuo, pero sí existe en alguna parte del universo o tal vez en todas partes un movimiento eterno. En el libro explicaremos las razones por las que no se pueden desarrollar inventos así (las leyes de la termodinámica) y también muchos datos interesantes de

temas muy interesantes como los agujeros de gusano o la conexión entre el espacio y el tiempo.

## **La Física hasta en la sopa**

Te has preguntado cuál de las ciencias es la más importante. Algunos dirían Química, Matemáticas, o Filosofía, pero en realidad todas las ciencias se necesitan entre sí para existir. En especial la Física como, por ejemplo: se conecta en lo analítico con matemáticas, también en Química al calcular el tamaño, movimiento y aceleración de una partícula o Filosofía al buscar el origen del universo y la razón de nuestra existencia. La Física se encuentra desde lo más pequeño que existe hasta en lo más grande. Hay teoremas, leyes o axiomas que se han debatido por siglos como las leyes de Newton, las leyes de la Termodinámica, las leyes de Kepler del Movimiento Planetario entre otras más. Este debate constante hecho por la curiosidad de los científicos nos ayuda a mejorar constantemente como sociedad.

Cuando somos niños lo primero que hacemos es preguntar y usar nuestra curiosidad para buscar problemas y por consiguiente soluciones en nuestra gran aventura del diario vivir. Nosotros nos regimos ante la naturaleza y aprovechamos lo que nos da. Comencemos desde la acción más simple del ser humano, caminar, aquella acción que nuestros padres insistían con ansias y nos impulsaban a hacerlo cuando somos bebés. La primera ley de Newton:

inercia. Al ser recién nacidos los seres humanos no tenemos suficiente fuerza y equilibrio para caminar, pero con la práctica usan potencia en las piernas. Podemos compararlo analógicamente con la primera ley de Newton que menciona que todo queda en un estado natural ya sea de movimiento o reposo hasta que una fuerza externa lo cambie. La determinación de un bebé para aprender a caminar impulsado por su curiosidad y la energía que tiene le ayudó para avanzar y alcanzar su meta.

Otro momento que ocurre en el diario vivir es cuando hacemos la necesidad básica y diaria de comer. Imaginemos una sencilla pero deliciosa sopa, recién salida de la olla. Encontramos la segunda ley de la termodinámica: entropía. La sopa recién sacada de la olla se encuentra muy caliente así que se espera un momento para no quemarse la lengua. Nosotros hacemos esto como si fuese un proceso obvio, y sí lo es, nos ayuda a controlar que tan caliente esté según la temperatura que más nos guste. Pero esto también se vincula directamente con la segunda ley de la termodinámica. En todo sistema o transformación de energía siempre se emite a todas direcciones de forma natural una pequeña cantidad de energía, a esto se lo llama entropía. La entropía de la sopa es que fluye su calor al exterior. Siempre va a fluir calor de un cuerpo caliente a un cuerpo más frío a menos que tenga ayuda externa. ¡Logramos encontrar Física hasta en la sopa!





# CAPÍTULO 1

## Las reglas de la temperatura

*"La Física es un edificio inmenso que  
sobrepasa las fuerzas de un solo hombre"*  
*Émilie du Châtelet (1706 - 1749)*

Existen muchas leyes de la naturaleza que rigen en el universo, entre ellas están las leyes de la temperatura o mejor conocida como las leyes de la termodinámica. Estas son 3 leyes y una ley que sostiene las otras.

Antes de comenzar cabe recalcar que son muchos los personajes importantes que experimentaron y describieron este nuevo campo de la Física llamado termodinámica. Algunos son Benjamin Thompson, James Joule, Émilie du Châtelet, Sadi Carnot, Rudolf Clausius, William Thomson, William Rankin y otros más.

Gracias a las leyes de la termodinámica podemos entender más el universo. Conocer la definición de "entropía" y la segunda ley de la termodinámica fue vital ya que conduciría al concepto de flecha del tiempo. Además, entender la tercera ley de la termodinámica nos dará una explicación certera si existe el movimiento perpetuo.

En el transcurso de este capítulo 1 usaremos tres situaciones que nos ayudarán a comprender mejor las tres principales leyes de la termodinámica. La primera es de nuestro día a día, cuando usamos los electrodomésticos del hogar que son cargados por la luz del sol ¿cómo se puede obtener energía a través de la luz solar? La segunda situación es de una ciudad ficticia, en esta existe un gran volcán y hubo una erupción que hizo expulsar mucha lava caliente, ¿por qué el calor generalmente se transporta de una temperatura mayor a una menor? La tercera situación es imaginarse en un frío extremo, ¿cómo reaccionaría la materia ante algo insoportablemente frío?

### **Primera ley de la termodinámica: conservación**

Comencemos con la primera situación, estamos en una mansión súper moderna que requiere mucha energía. Esta misma casa tiene su propio sistema avanzado de energía renovable. Pero ¿cómo funciona este sistema? La primera ley de la termodinámica establece que la energía total de un sistema físico aislado permanece constante en el tiempo, es decir, la energía ni se crea ni se destruye solo se transforma. Investigando esta mansión encontramos grandes paneles solares encima de los techados. ¡Ahí está! Existen muchos tipos de energía y en este caso estamos usando la energía lumínica para convertir en los paneles solares a energía potencial eléctrica. La energía potencial es aquella que está almacenada para su futuro uso. Esto lo



empezaron a investigar los científicos a finales del siglo XVIII y tiempo más tarde James Joule, William Rankine, Benjamin Thompson y sus colegas enuncian esta ley con las otras leyes de la termodinámica.

Thompson fue el primero en utilizar el término termodinámica en 1849 para tratar a la fuerza del calor. Un año después Joule, Rankine y Thompson publicaron cada uno lo que pensaban acerca del primer principio de la termodinámica. Los tres estuvieron de acuerdo acerca de la relación entre el calor y el trabajo. El trabajo es la energía que un sistema transfiere al exterior. Por lo tanto, el primer principio se puede describir con la siguiente ecuación:  $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ .

$\Delta Q$  = Calor agregado en un sistema

$\Delta U$  = Cambio en la energía interna de un sistema

$\Delta W$  = Trabajo realizado por el sistema

Es decir que el calor transferido en un sistema es igual al cambio de energía interna el trabajo que produce. Esto se calcula con una misma unidad de medida que generalmente es Joule haciendo honor al científico.

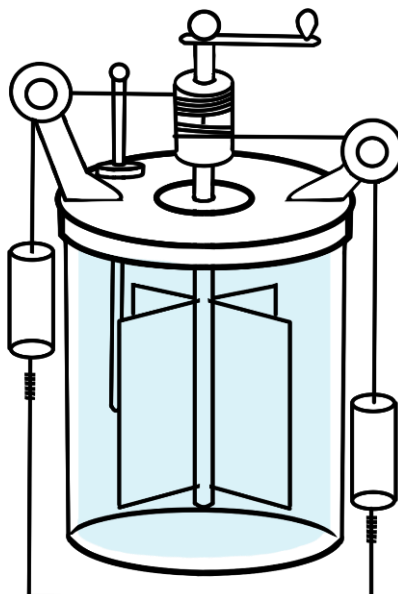
Como un dato curioso, a finales del siglo XVII los científicos todavía no usaban la palabra energía como tal sino usaban el concepto *vis viva* o fuerza viva. No fue hasta que Thomas Young en Gran Bretaña se acuñó el término de "energía" en 1802, pero los científicos James Joule y William Rankine usaron "fuerza viva" hasta en el año 1850 que la palabra energía al fin adquirió un pleno significado.

Joule tuvo un gran impacto en la historia, llegando al punto de tener una unidad de medida nombrada por su apellido. Joule descubrió mientras experimentaba que el calor es una forma de energía y esto fue una base que apoyó a los científicos. Muchos físicos publicaron en sus artículos este experimento ya que pretendía con perfección el hecho de la conservación de la energía.

“Se ve, por tanto, que la *fuerza viva* puede ser convertida en calor y que el calor puede ser convertido en *fuerza viva*”

**James Joule**

Este experimento consistía en una rueda con paletas dentro de un tanque lleno de agua. El movimiento de la rueda con paletas es provocado por el descenso de una pesa y esto elevaba la temperatura del agua demostrando que se puede calcular la cantidad de calor que se podía generar mediante trabajo mecánico.



“La ciencia hace de los objetos más comunes algo precioso”

**William Rankine**

Según el primer principio de la termodinámica, cualquier cambio de la energía interna en un sistema siempre será igual a la diferencia entre el calor y el trabajo. Esto lo podemos entender al mover las variables en la ecuación:

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

William Rankine también fue un hombre que destacó porque él clasificó la energía en dos tipos: la energía almacenada y la energía de trabajo. Esto actualmente lo conocemos más como la energía potencial y el trabajo adquirido de un sistema producto del movimiento. Esta clasificación de Rankine ayudó a analizar la energía desde todas sus fases, es decir, del reposo y movimiento.

Todos estos grandes científicos concluyeron que la primera ley de la termodinámica también se puede describir que la energía total del universo es constante, por lo tanto, las transferencias de energía entrante y salida coinciden para mantener el equilibrio.

## **Segunda ley de la termodinámica: entropía**

Todo sería muy fácil si hasta ahí se acabaran las leyes de la termodinámica, pero algo todavía no se comprendía en aquella época. Cuando Sadi Carnot analizaban los datos existía un porcentaje de energía que no se mostraba en el trabajo, es decir, que no lograban una máquina ideal 100%

funcional. Los datos obtenidos eran cuando en el siglo XIX fue una innovación las máquinas de vapor. Ahí es donde entra al juego la segunda ley de la termodinámica.

En 1850, Rudolf Clausius escribió la formulación del segundo principio de la termodinámica en una parte cuando mencionó que el calor por sí solo no puede fluir de un cuerpo más frío a uno más caliente. Clausius nunca dijo que no se puede transportar el calor de un cuerpo más frío a uno más caliente, sino que para hacer esta transferencia de calor es necesario una ayuda externa.

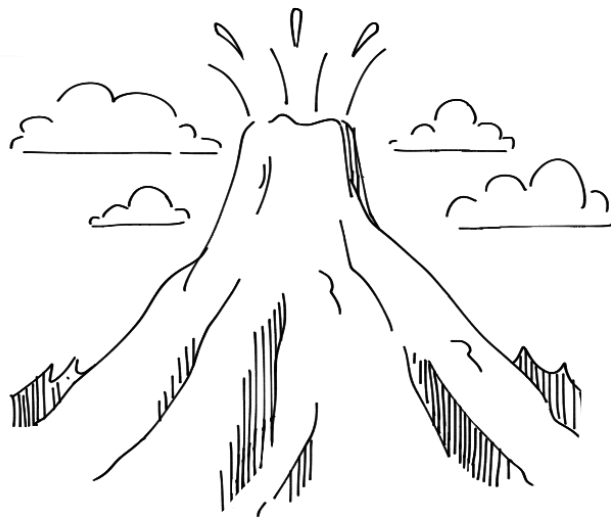
Luego en 1865, Clausius acuñó la palabra entropía que proviene del griego de palabras parecidas a intrínseco y dirección para describir el flujo unidireccional de calor. Fue una idea relativamente acertada pero más tarde concluirían que el término entropía abarcaría mucho más. Hoy en día conocemos la entropía una medida del grado de disipación energética o, más precisamente del grado de aleatoriedad. Esta disipación energética se lo puede traducir a la transferencia de calor.

“He acuñado deliberadamente la palabra entropía para que sea lo más parecida posible a la palabra energía”

**Rudolf Clausius**

Planteemos nuestra segunda situación más detallada. Nos encontramos observando una isla que en el centro hay un volcán por erupcionar. El segundo principio de la

termodinámica describe que la energía tiende a disiparse a través de procesos como son la fricción del aire, desgaste de materia o por transferencia de calor. En este caso del volcán se muestra que la energía térmica del interior de la Tierra se transfiere hacia el exterior, donde la temperatura es menor, ejemplificando así esta segunda ley de la termodinámica.



“La entropía del universo tiende a un máximo” Este enunciado tiene un grande grado de relatividad, debido a eso, hay muchas personas que interpretan la entropía como una metáfora que relata el destino de todas las cosas. Este concepto a veces se expresa como una medida de caos ya que a la larga todo será consumido por el caos que realiza el tiempo naturalmente.

“Dentro de un periodo finito de tiempo, la Tierra volverá a ser inhabitable para la especie humana”

**William Thomson**

La ecuación de entropía teniendo en cuenta al universo como sistema es:  $\Delta S_{\text{universo}} > 0$

$\Delta S$  = a la entropía del universo

Esta ecuación describe que siempre y en todas circunstancias habrá, aunque sea mínimo, un grado de disipación de energía. Esto es vital para entender en el capítulo 2 si es posible el movimiento perpetuo.

### **Tercera ley de la termodinámica: cero absoluto**

El tercer principio de la termodinámica afirma que es imposible llegar a la magnitud mínima de temperatura en un número finito de pasos. La más baja temperatura es mayormente conocida como "el cero absoluto" que con unidades sería  $0^{\circ}$  Kelvin o también  $-273.15^{\circ}$  Celsius.

“A medida que los átomos se enfrían, comienzan a alcanzar el estado de energía más bajo posible”

**Lene Hau – Física danesa**

Un dato curioso acerca del cero absoluto es que cuando la temperatura es superior a los  $-273.15^{\circ}$  Celsius existe un movimiento de partículas, además que tiene un estado de energía. En cambio, cuando un lugar está en el cero absoluto en teoría no habría ningún movimiento de partículas y no existiría ningún tipo de energía.

Así conocemos nuestra tercera situación, que la materia en un espacio de frío extremo se extinguiría cuando las

partículas se dejen de mover. Pero si el cero absoluto es imposible entonces, ¿el movimiento de las partículas en el universo es verdaderamente perpetuo?

## Ley cero: Equilibrio

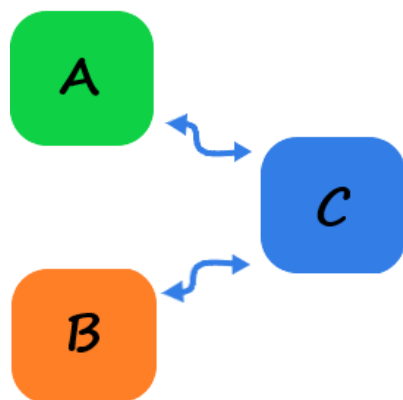
La ley que es la base de todos principios de la termodinámica es aquella que describe el equilibrio térmico entre sistemas.

“La naturaleza siempre tiende a actuar de la manera más sencilla”

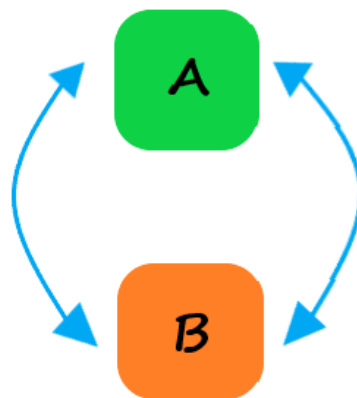
**Daniel Bernoulli**

Esto significa que si un sistema *A* tiene una temperatura que crea un equilibrio térmico con el sistema *C* y el sistema *B* también tiene un equilibrio térmico con el sistema *C*, obligatoriamente los sistemas *A* y *B* tienen un balance de temperatura.

$A = C$  y  $B = C$



$A = B$







## CAPÍTULO 2

### ¿Qué es el movimiento perpetuo?

*"La naturaleza es inexorable e inmutable:  
nunca quebranta las leyes que la rige."  
Galileo Galilei (1564 - 1642)*

Cuando hacemos ejercicio al alzar los brazos, flexionar las piernas y fortalecer nuestro cuerpo realizamos un movimiento. El movimiento siempre existe y depende de cuál es nuestro sistema de referencia. Esto último es la perspectiva de lo que vemos alguna materia. Veamos un ejemplo, estás durmiendo en la cama, desde un sistema de referencia de la cama, has estado en reposo en el origen. En cambio, si lo vemos desde un punto de vista desde el sol observamos que estamos en constante movimiento ya que el planeta Tierra orbita alrededor del sol.

El movimiento perpetuo es el que funciona para siempre, es decir, que no se detiene de ninguna forma natural.

En caso de tener una máquina de movimiento perpetuo podríamos llegar a tener una fuente de energía. Con energía infinita y renovable lograríamos un planeta sostenible y sustentable. Resolveríamos problemas

mundiales, tendríamos un desarrollo tecnológico exponencial. Desafortunadamente, esto solo se quedó como un sueño, es imposible crear un movimiento perpetuo y peor aún obtener energía infinita.

Como se explicaron anteriormente es debido a las leyes de la termodinámica que impiden una máquina de movimiento perpetuo totalmente funcional. Pero antes de explicar la clasificación de estos intentos de máquinas y porque no llegaron a funcionar hay que responder la gran pregunta. ¿Existe el movimiento perpetuo naturalmente?

La respuesta es sí. Entrevisté a un profesor del área de Física de la Unidad Educativa Particular Politécnico, este profesor me mencionó que en realidad la existencia de un movimiento perpetuo está presente en la agitación que tienen las partículas y los átomos. Este hecho se defiende con la tercera ley de la termodinámica ya que conocemos que es imposible llegar al cero absoluto, entonces siempre habrá un movimiento en las partículas. Quizás, su dinámica puede desacelerarse cuanto más cerca está del cero absoluto, pero nunca parará.

Estas máquinas podemos asimilarlas con los ciclos de las máquinas térmicas 100% funcionales que Sadi Carnot teorizó.

Los intentos de máquinas de movimiento perpetuo se clasifican en dos especies y cada una se relaciona con una ley de la termodinámica.

## Máquinas de primera especie

Las máquinas de primera especie son las que producen un trabajo sin ninguna fuente externa y que siempre trabaje. Estos móviles rompen el primer principio de la termodinámica porque es imposible crear energía de la nada.

En el internet podemos encontrar muchos videos que dicen "¡Lo logré, generador de energía para siempre!" Normalmente estos videos tienen títulos falsos y llegará a detenerse la máquina. Pero existen otros videos que realmente lo hacen para difundir conocimientos erróneos y confundir al público. Es importante conocer del tema para no creer que nosotros podamos crear un movimiento perpetuo.

Como un dato cómico, el humorista y actor de voz estadounidense Steven Wright una vez mencionó "The most difficult thing about building perpetual motion machines is figuring out where to hide the battery." Esto se lo traduce a español como: "La parte más complicada de hacer un móvil perpetuo es saber dónde ocultar las baterías" Haciendo referencia a la gente que se esfuerza solo para engañar a las personas con falsas esperanzas de máquinas de movimiento perpetuo.

 EL MOVIMIENTO PERPETUO

## **Máquinas de segunda especie**

Luego están las máquinas del segundo tipo que tratan de cómo un sistema cambia y transforma energía entre mecánica, eléctrica o de otra forma de energía sin perder nada en el proceso. Estos móviles violan la segunda ley de la termodinámica. Funcionaría en el caso que la entropía sea igual a cero.

Ya conocemos que la entropía no puede llegar a cero porque siempre va a haber un intercambio de energía térmica en el espacio.

“La producción de calor no basta para generar la potencia impulsora: es necesario que exista también frío”

**Sadi Carnot**

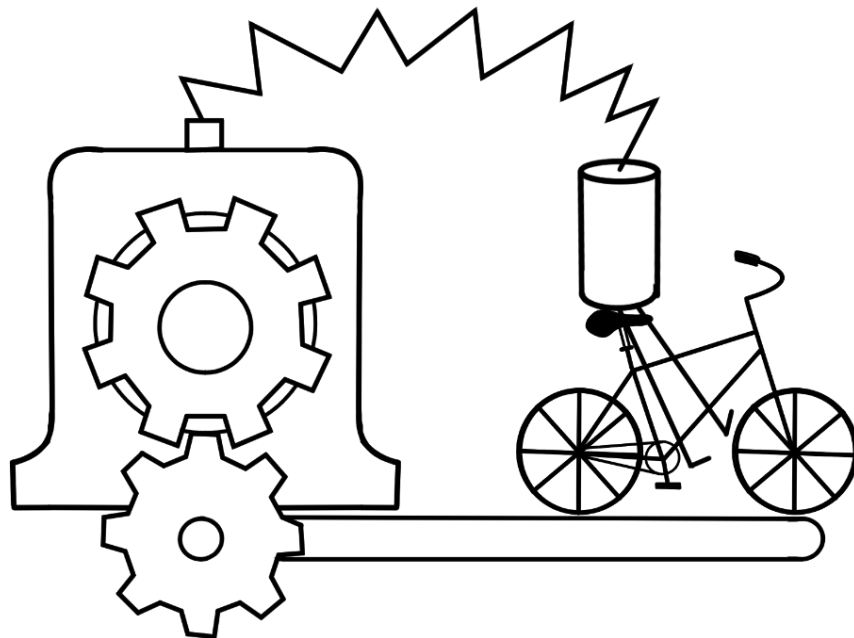
La máquina de segunda especie se parece a las primeras ideas de Carnot. En el siglo XIX, Sadi Carnot descubrió que para generar la máxima potencia posible no debía haber pérdidas de calor. En una máquina ideal todo el flujo de calor se transforma en movimiento aprovechable para no desperdiciar nada. Tras experimentos y teorías descubrió que es imposible

“La energía disponible es el principal objeto en juego en la lucha por la existencia y la evolución del mundo”

**Ludwing Boltzmann**

Para finalizar estos dos capítulos acerca de la energía, el calor y la materia vale la pena destacar que todos estos temas fueron estudiados entre la revolución industrial y después de eso. Los grandes científicos analizaron datos para beneficiar a la sociedad y desarrollando las nuevas tecnologías que en su época eran los mayores inventos de la historia como las máquinas de vapor que benefició a los ciudadanos en el transporte de ciudad a ciudad.

Así que lo único que nosotros podemos hacer perpetuo y debemos intentar es en creer siempre en el avance constante hacia lo eterno para evolucionar como comunidad y ayudar al planeta.





## CAPÍTULO 3

### El príncipe de las ciencias

*"Newton fue el mayor genio que ha existido y también el más afortunado, dado que solo se puede encontrar una vez un sistema que rija el mundo."*

***Joseph Louis Lagrange (1736 - 1813)***

Los dos científicos más conocidos por sus brillantes ideas son sin lugar a duda: Albert Einstein e Isaac Newton. Este último tuvo un gran impacto al innovar y describir muchas leyes que hasta hoy siguen vigentes.

Isaac Newton, un científico inglés, formuló en su libro "Principios matemáticos de la filosofía natural" las leyes del movimiento y la ley gravitacional. A inicios del siglo XX la ley gravitacional fue parcialmente modificada por la teoría de la relatividad de Albert Einstein.

Estos dos científicos son una gran inspiración para jóvenes porque demostraron que para comprender algo se debía ver de todas las formas posibles hasta encontrar la respuesta.

En este capítulo también se hablará de Gottfried Leibniz, que con Isaac Newton llevaron a otro nivel a la Física

Clásica. Gottfried Leibniz, científico alemán, destacó por su gran conocimiento en las Matemáticas, Física y la Filosofía. Desafortunadamente, fue acusado de plagio de las ideas de Newton y hasta en la actualidad se desconoce quién tuvo esas ideas primero, pero es importante reconocerlo por participar en un amplio abanico de proyectos con asombrosos científicos.

## **Leyes del movimiento**

Antes de la revolución científica, las personas desconocían el por qué los cuerpos se movían, cómo aceleraban y desaceleraban, por qué existe una atracción hacia abajo, es decir, al centro de la tierra. Todas estas preguntas se lograron contestar por completo en el libro de Isaac Newton que sintetizó los 144 años de revolución científica. Isaac Newton formuló 3 leyes del movimiento: ley de la inercia, ley de dinámica y la ley de la reacción y acción.

La primera ley trata que las cosas se mantienen en un estado de reposo o movimiento hasta que una fuerza externa provoque lo contrario. Esta es la ley que se encuentra en muchas situaciones de la vida cotidiana, como por ejemplo cuando un recogemos algún objeto. Otro momento es cuando estamos en una bicicleta y aquí vemos esta ley dos veces. Nos ponemos el casco de protección, agarramos la bicicleta y comenzamos a pedalear. Así dejó de estar en reposo a estar en un movimiento de avance por la fuerza que le da damos. Pero nos encontramos con un



obstáculo en el camino, una gran piedra, que esta fuerza proporciona una fuerza que detiene a la bicicleta y como la roca solo estuvo en contacto con la bicicleta y no con nosotros entonces nos caemos por el golpe de desequilibrio por esta fuerza nueva que dejó otra vez en reposo a la bicicleta. Existen muchos otros casos de la primera ley de Newton y es importante conocer que la fricción del aire y los objetos se clasifican una energía externa que puede detener movimientos.

“No hay ni más ni menos fuerza en el efecto que en la causa”

**Gottfried Leibniz**

Después tenemos al segundo principio del movimiento que trata del cambio proporcional. Con esta ley conocemos la relación que tiene la aceleración con la masa. Newton dijo que cuando un objeto se mueve el producto (multiplicación) de la masa por la velocidad es proporcional a la fuerza aplicada. Lo podemos entender con esta ecuación:

$$\Sigma F = ma$$

$\Sigma$  = Símbolo de sumatoria, total

F = Fuerza neta

m = Masa de un objeto

a = Aceleración

La ecuación sirve para comprender la conexión entre la masa y la aceleración. Cuanto menor sea la masa tendrá

una mayor aceleración y viceversa. Por ejemplo, tenemos dos aviones con propulsores exactamente igual, el primer avión está lleno de pasajeros, pero el segundo no está lleno porque es un avión privado para un famoso. Suponiendo que descartamos la fricción del aire y este avión va a ir a Galápagos, llegará primero el segundo avión. Esto es porque el primer avión que tiene una mayor cantidad de masa debido a los pasajeros y por esto tiene una baja aceleración. En cambio, el segundo avión al tener un mismo motor, pero una menor masa tiene una alta aceleración.

“El movimiento en realidad no es más que un cambio de lugar. Tal como lo experimentamos no es más que una relación”

**Gottfried Leibniz**

La tercera ley de Newton trata de la acción y reacción igual. Este principio establece que por cada acción existe una reacción igual y opuesta. Por ejemplo, cuando subimos una escalera portátil. Nosotros estamos usando fuerza en los pies para subir esta escalera y la escalera también está usando fuerza o sino se rompería y terminaríamos cayéndonos.

La realidad es que existen muchos escenarios en los que podemos encontrar las tres leyes del movimiento unidas, Aunque estas solo son válidas para los objetos macroscópicos (visibles a simple vista)

## Ley gravitacional

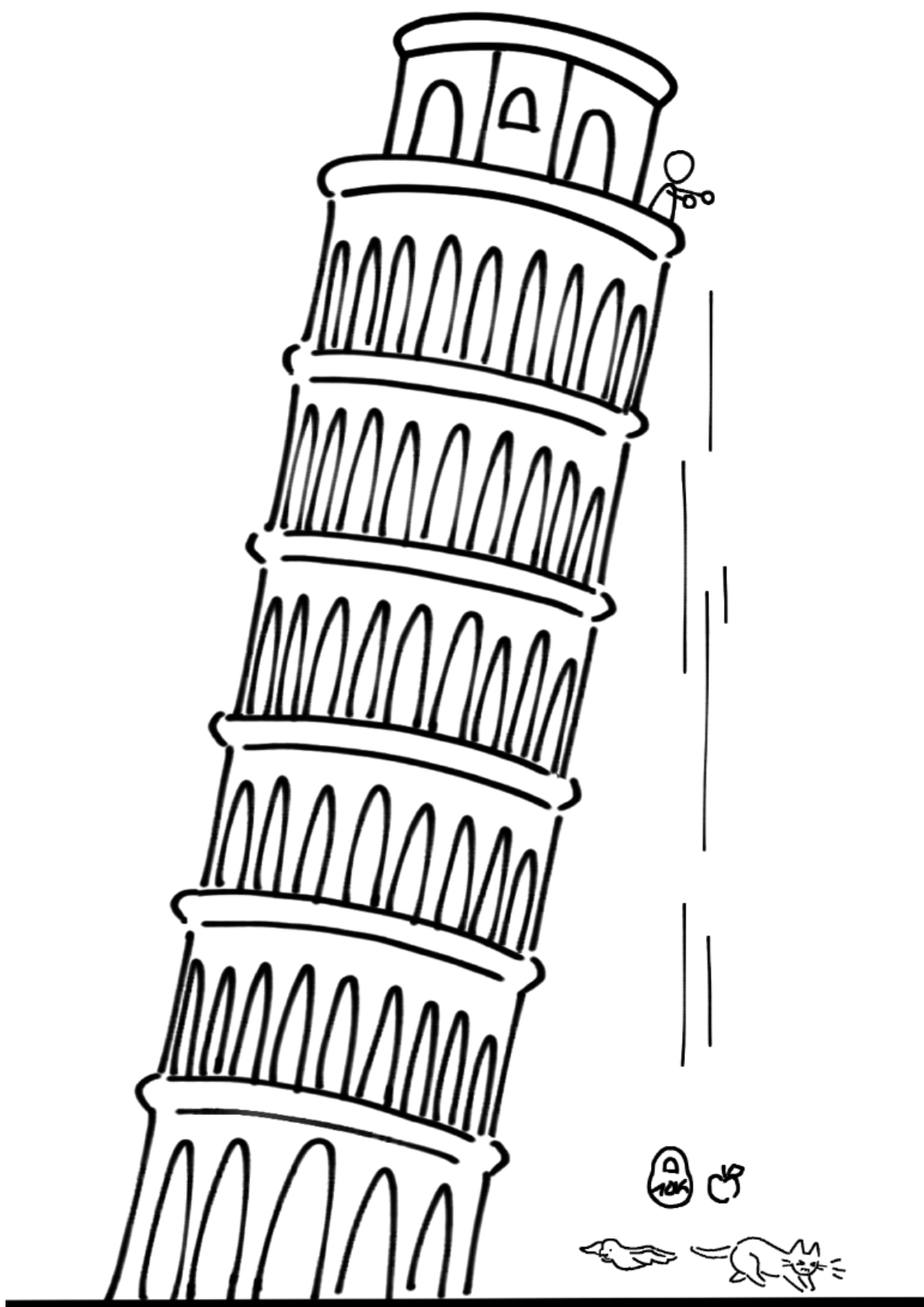
En 1687, fue presentada la ley de gravitación universal de Newton que con las leyes del movimiento marcó la base de la mecánica clásica.

Isaac Newton se preguntó, ¿por qué siempre los cuerpos caen al centro de la Tierra? Antes que Isaac Newton teorizaba acerca de la gravedad, las personas estaban de acuerdo con el filósofo Aristóteles que él creía que los cuerpos caían al suelo porque ese era su lugar natural. También, Aristóteles pensaba que la Tierra es el centro de todo, pero tras investigaciones de Galileo, Copérnico y Johannes Kepler en telescopios descubrieron que no es así. Además, que al observar las lunas de Júpiter o las fases de Venus descubrieron que no todo giraba alrededor del sol.

“¿Qué impide a las estrellas fijas caer unas sobre otras?”

**Isaac Newton**

Galileo cuestionó la teoría de que los cuerpos pesados caen al suelo más rápido que los cuerpos ligeros. Y con Giovanni Riccioli y Francesco Grimaldi demostraron que no es así. Estos científicos italianos tiraron desde una torre dos objetos, uno pesado y otro liviano. Al analizar los datos llegaron a una conclusión de la gravedad muy parecida a la que hoy conocemos de 9.81 metros sobre segundo al cuadrado.



Después de cuestionarse porque existe una atracción al centro de la Tierra Newton estableció con su ley que cada partícula atrae a cualquier otra partícula con una fuerza proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias entre sus centros. Esto quiere decir que la gravedad es una fuerza de atracción universal.

Newton explicó que toda materia ejerce esta fuerza a otra, pero la cantidad de fuerza es una relación entre la cantidad de masa que tiene. Cuanta más masa tiene mayor será su fuerza gravitacional como el sol. La fuerza gravitatoria puede expresarse con la siguiente ecuación:

$$F = (G m_1 m_2) / r^2$$

F = La fuerza de la gravedad

G = La constante de la gravedad

m<sub>1</sub> = Masa del primer cuerpo

m<sub>2</sub> = Masa del segundo cuerpo

r<sup>2</sup> = Distancia entre los centros de los dos cuerpos

“Si la Tierra dejara de atraer las aguas del mar, los mares se elevarían y fluirían hacia la Luna”

**Johannes Kepler**

Esta teoría fue tratada como verdadero hasta que fue reformulada en 1905 por el científico Albert Einstein ya que Newton se basaba en el supuesto de que la masa, el tiempo y la distancia eran constantes, en cambio al

conocer la teoría de la relatividad de Einstein. Conocemos que todo depende del sistema de referencia en el que se vea. Newton no se equivocó por completo, todas las leyes de Newton son muy eficientes para la mayoría de las actividades cotidianas, pero no puede explicar conceptos complejos como la masa, el tiempo y el espacio.

Algo muy interesante es que Newton predijo que usando una fuerza exacta podríamos orbitar alrededor del campo gravitatorio. Esto lo podemos ver en los satélites que están en el espacio exterior.

## CAPÍTULO 4

### Rebeldías científicas del genio despeinado

*"Si no lo puedes explicar con sencillez,  
es que no lo entiendes lo suficiente."  
Albert Einstein (1879 - 1955)*

Tras hablar de los asombrosos logros que realizó Isaac Newton aprenderemos de otro científico que influyó para las bases de la Física moderna: Albert Einstein.

Cabe resaltar que a Albert Einstein se lo relaciona con las extrañas características que descubrió acerca del espacio y tiempo, pero antes del siglo XX muchos otros científicos han apoyado a largo plazo las ideas de Albert Einstein.

Como por ejemplo está Galileo Galilei con su relatividad galileana. Galileo afirmó que es totalmente imposible conocer si una habitación está en reposo o en movimiento usando un ejemplo de un barco. Mencionó que un navegante nunca sabría si el barco está en reposo o avanzando a velocidad constante aun dejando caer un objeto.

Luego también está el físico neerlandés Hendrik Lorentz que con ecuación demostró que la velocidad de la luz en el espacio no se distorsiona y siempre es constante. Además,

que la masa, longitud y el tiempo a medida que se acercan a la constante velocidad de la luz cambian.

Después, el físico escocés James Clerk Maxwell formula ecuaciones que describen las ondas electromagnéticas y constante de la luz.

Estas tres cosas fueron vitales para que Albert Einstein publique la teoría de la relatividad especial en el año 1905 y posterior a eso, en el año 1915, publicar la teoría de la relatividad general que explica como existe una curva de espacio y tiempo por la gravedad.

## **La teoría de la relatividad general y especial**

Albert Einstein para declarar su teoría de la relatividad comenzó con la idea de que el movimiento no tiene significado sin un marco de referencia o sistema de referencia. La teoría es especial porque se refiere al momento especial de objetos que se mueven a velocidad constante uno respecto al otro (esto sería un marco de referencia inercial) Inercia significa que se encuentra en una velocidad constante, en algunas ocasiones puede estar en reposo o en otras tener una velocidad sin ninguna aceleración. El marco de referencia cambia porque haciendo un ejemplo de un tren que viaja a 120 kilómetros por hora y dos niños están jugando dentro del tren lanzando una pelotita. Cualquier persona que este afuera del tren puede ver que la pelotita que se lanza tienen una velocidad de 120 kilómetros más la velocidad con la que se



lanza el objeto, pero los niños verían simplemente la velocidad de la pelota mucho menor.

“Einstein, en su teoría de la relatividad especial, demostró que diferentes observadores en diferentes estados de movimiento ven realidades diferentes”

**Leonard Susskind – Físico estadounidense**

Teóricamente no es posible viajar más rápido que la luz en el vacío. Cambiando el escenario del tren, está un conductor de tren transportando mercadería a media noche, por ello enciende la luz delantera del tren. La luz es un caso muy especial porque siempre será igual a 300 000 kilómetros por segundo. Aunque se encienda la luz en un objeto en movimiento por muy alto que sea no afectará esta constante de velocidad.

Teniendo esta idea podemos crear una situación relativamente compleja. La situación comienza así, tu eres un astronauta que realizará un increíble experimento porque vas a viajar a una velocidad cercana a la luz por el espacio y yo me quedaré en la tierra. Después de tu exploración como astronauta regresas a la tierra y te das cuenta que las personas han envejecido ligeramente al más que tú. Esto se llama dilatación temporal ¿Cómo es esto posible?

Vamos a decir que tengo una visión a larga distancia que me ayuda a ver cómo te mueves en el cohete a la velocidad

de la luz. Y cuando observo esto, se enciende una luz dentro del cohete. Cuando se enciende esta luz comienza a viajar como la constante de la velocidad de la luz hacia abajo verticalmente para iluminar el cohete, cuando se ilumina por completo habrá durado un tiempo que le pondremos la variable " $t$ ". Yo al observar esto me doy cuenta que la luz viajó en un trayecto más de lo que se logró ver en el cohete, es decir, yo lo vi como una diagonal con longitud mayor a como se vio en la nave espacial verticalmente. Esto es debido a que el cohete también viajaba a la velocidad de la luz. Esto forma un triángulo rectángulo siendo la base la distancia que ha ocurrido que sería la constante de la velocidad multiplicado por " $t$ " y el cateto vertical es la altura del cohete. La hipotenusa de este triángulo es toda la distancia relativa que recorrió desde el punto de vista mío desde el planeta que es mayor en comparación a la altura del cohete (la luz verticalmente). Como sabemos que la velocidad de la luz es constante entonces concluimos que mi tiempo fue mayor a " $t$ " que es el de la nave espacial por eso yo envejecí más que el gran astronauta.

Otra forma de verlo es que cuando el cohete comienza a recorrer el vacío del espacio a una velocidad cercana a la luz podríamos decir que se crean dos dimensiones que se vuelven a conectar cuando se regresa al sistema referencial de la tierra. La primera dimensión es el de la

nave espacial y ocurre en un tiempo más corto que el de la segunda dimensión que es el de la Tierra.

Otra explicación resumida es que en la nave que se desplaza en una velocidad casi lumínica, se mide el tiempo con un reloj de luz dentro de la nave descubriendo que recorre una distancia relativamente corta en poco tiempo. Y la persona que observa la luz de la nave desde la Tierra ve que recorre una distancia relativamente mayor y por lo tanto en más tiempo. Todo esto ocurre aun midiendo la luz moviéndose a la misma velocidad constante.

La ecuación más famosa de Albert Einstein fue nombrada en la publicación que hizo de la teoría de la relatividad especial como un breve acompañante. La ecuación es la siguiente:

$$E = mc^2$$

E = La energía

m = Masa

$c^2$  = Constante de la luz al cuadrado.

Esto también se conoce como la ley de la equivalencia entre masa y energía porque si la energía es menor entonces la masa también disminuye y si la masa incrementa la energía hará lo mismo. Por ejemplo, cuanto más rápido viaje un objeto aumentará la energía cinética y mayor es también su masa. La constante de la luz ya es un número de velocidad inmenso, pero al cuadrado aumentaría mucho más. Por eso para que tenga un incremento de masa significativo necesitaría una inmensa

entrada de energía para lograrlo. Pero es igualmente al viceversa, teniendo una cantidad pequeña de masa al multiplicarse con la constante de la velocidad al cuadrado tendríamos una energía completamente descomunal.

Una inferencia de la relatividad especial es que espacio y tiempo siempre están enlazados en un continuo de cuatro dimensiones llamado espacio-tiempo y su posterior teoría de la relatividad general describe cómo se ve deformado el espacio-tiempo por los objetos masivos.

## **Espacio y tiempo: Un romance relativo**

Imagina que el espacio y tiempo son una pareja perfecta, un dúo inseparable. Einstein en su teoría de la relatividad general propuso que no son entidades separadas y rígidas como antes se pensaban. Estos dos están entrelazados que formando lo que se llama espacio-tiempo. En esto las dos se necesitan entre sí.

Cuando tenemos un objeto con masa inmensa como los planetas crea un campo gravitatorio, esto lo podemos interpretar como una pelota de pesada lo ponemos en una almohada y se distorsiona creando una ondulación debajo de este como huella. Esto mismo sucede con las estrellas y los planetas y esta curvatura alrededor lo sentimos como la gravedad.

“Solo cabe asombrarse al contemplar los misterios de la eternidad de la vida, de la maravillosa estructura de la realidad”

**Albert Einstein**

Así nos damos cuenta que el espacio no tiene una conexión simple con el tiempo, sino que llegan a tener una relación tan compleja que logra cambiar a una cuarta dimensión. Las tres dimensiones son del espacio que el filósofo René Descartes propuso ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) y la cuarta dimensión es que esto cambia pasando el tiempo.

Esto significa que las coordenadas del espacio - tiempo no se pueden medir con exactitud usando líneas rectas y ángulos; dependen de un gran análisis llamados formas no euclidianas de geometría.

Las formas euclidianas provienen a Euclides de Alejandría donde calculaban la geometría desde los tres ejes, pero el matemático alemán Hermann Minkowski propuso esta idea de interpretar la gravedad en cuatro dimensiones y esto ayudó a Albert Einstein a desarrollar su teoría de la relatividad general.

“A partir de este momento, el espacio y el tiempo por sí solos pasarán a segundo plano”

**Hermann Minkowski**



## CAPÍTULO 5

### Big Bang y datos interesantes

*"El misterio es la cosa más bonita que podemos experimentar. Es la fuente de todo arte y ciencia verdaderos."*

*Albert Einstein (1879 - 1955)*

El Big Bang, la teoría mejor aceptada acerca de la creación del todo. Esta teoría fue argumentada con todas las investigaciones de científicos como Johannes Kepler, Albert Einstein, Isaac Newton y Edwin Hubble. Pero la persona que lo sintetizó y teorizó sobre un átomo primitivo que a partir de una singularidad produjo la Gran Explosión para la creación del universo.

Georges Lemaître, sacerdote y científico belga, demostró matemáticamente que la teoría de la relatividad de Einstein comporta que el universo se expande, además Edwin Hubble proporcionó pruebas experimentales que las galaxias se separan y las más lejanas tienen una mayor velocidad. Con esta deducción podemos describir al universo en expansión con aceleración. Y al retroceder

llegaríamos que el universo tuvo que empezar a partir de un mismo punto, el átomo primitivo de Lemaître.

Algo muy interesante es que las personas suelen decir que se debe escoger entre el camino de la fe o el camino de la ciencia, pero esto no es cierto. Por ejemplo, esta teoría del átomo primitivo o del huevo cósmico para Lemaître, que era sacerdote, lo sentía como una idea que contradice su fe. Él declaró que tenía tanto interés de encontrar la verdad desde los puntos de vista como sacerdote y científico.

“Me pareció que había dos caminos hacia la verdad, y decidí seguir los dos.”

**Georges Lemaître**

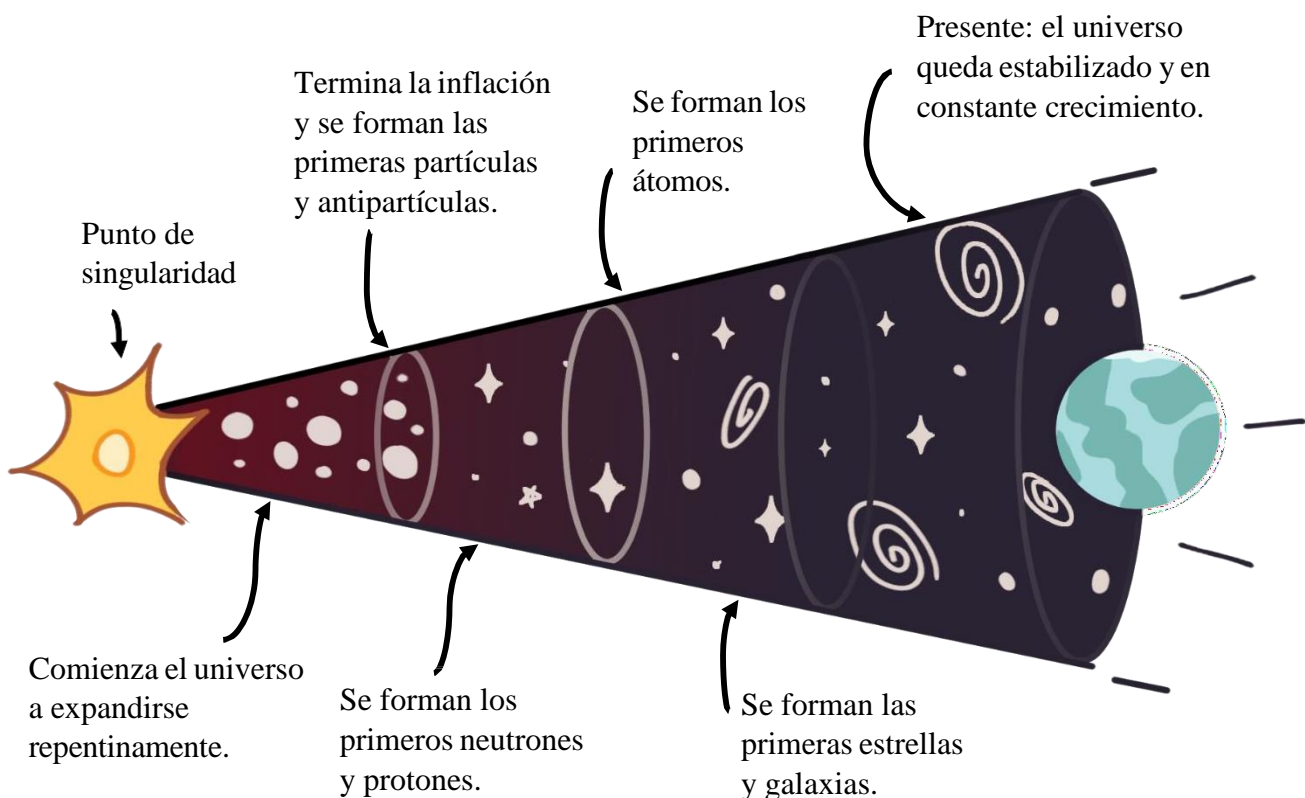
En verdad, Lemaître se inspiró de la teoría de la relatividad general de Einstein, aunque este último mismo había descartado la idea de una expansión o una contracción del universo debido a una falta de pruebas.

Como la teoría del Big Bang sigue siendo una teoría tiene otras que intentan contradecirlas, como por ejemplo la del estado estacionario. Edwin Hubble y Georges Lemaître tuvieron muchas discusiones con Fred Hoyle sobre la teoría del estado estacionario, que propone que el universo siempre ha existido. Y la materia se formaba continuamente en el vacío del espacio entre las galaxias a medida que estas se alejaban por lo tanto el universo



mantenía un equilibrio por la continua creación de materia y energía. Esta es la teoría de Fred Hoyle que algunos científicos están de acuerdo y en un programa de radio en 1949 Hoyle nombró su teoría como la rival del Big Bang y la Gran Explosión.

El físico, Alan Guth, fue el que a finales del siglo XX de desarrolló concluyendo la teoría del Big Bang sosteniendo que el universo evolucionó a partir de una singularidad (un momento y lugar del espacio-tiempo que es igual a 0) primigenia que creó el espacio infinitamente denso y caliente (el átomo primitivo) que se expandió rápidamente emitiendo grandes cantidades de calor hasta que llegó al punto de enfriarse y mantener el espacio del universo frío.



Según la teoría, desde el punto inicial infinitamente caliente y denso de la singularidad del átomo primitivo, el universo empezó a expandirse a una velocidad superior a la de la luz. Los científicos mencionan que posterior al Big Bang toda la energía era completamente pura y estaba unida con las cuatro fuerzas fundamentales (la gravedad, la fuerza electromagnética, la fuerza fuerte y la interacción débil). La gravedad fue la primera en separarse para que la materia y la energía se encontrasen en un equilibrio. Posterior a eso las cantidades de partículas y antipartículas intercambiaron continuamente masa por energía por colisiones de materia y antimateria. Por alguna razón la esto produjo que haya más cantidades de materia y antimateria (cuando la materia y la antimateria entran en contacto se crea una explosión por sus polaridades inversas). Esto al suceder en unas fracciones de segundos después del Big Bang se separó la fuerza electromagnética y la fuerza débil. El universo se enfrió lo suficiente para que las partículas fundamentales (fermiones) como el quark y los gluones se unieran para formar las partículas compuestas que están presentes en la estructura de un átomo. Y los átomos crearon las primeras estrellas y galaxias. Se cree que las primeras estrellas se formaron cientos de millones de años después de este suceso. También se dice que estas estrellas eran tan grandes y caliente como 30 a 300 millones de veces más grande que el sol y millones de veces más brillantes.

“El Big Bang no fue una explosión en el espacio, fue más bien una explosión del espacio.”

**Tamara Davis – Astrofísica australiana**

Poco a poco el universo se volvió relativamente más estable como lo conocemos ahora y sigue en expansión con billones de galaxias y a lo largo de miles de millones de años luz. Los científicos mencionan que es probable que se expanda para siempre, hasta que todo se estire a la nada.

## **Materia oscura y energía oscura**

Alguna vez te has preguntado: ¿Cómo es posible que la gravedad mantenga a billones de galaxias que tienen unos cien mil millones de planetas y estrellas?

Hoy en día estamos muy cerca de descubrir esa extraña materia invisible que fue nombrada materia oscura con los avances tecnológicos, pero aún hay muchas preguntas por resolver.

En 1933, el científico Fritz Zwicky hizo el sorprendente descubrimiento al demostrar que era necesaria la materia oscura cuando calculó que para un grupo de galaxias llamado Cúmulo de Coma se mantuviera unidas debían ser sostenidas por algo ya que la masa de sus galaxias no era mayor a la materia observable en forma de estrellas.

Posterior a eso, la astrónoma estadounidense Vera Rubin pudo demostrar con otro argumento la existencia de la materia oscura y es mientras observaba la galaxia de

Andrómeda. Al analizar la galaxia con su compareto Kent Ford descubrieron que el giro de la galaxia era un poco extraño ya que las velocidades de giro de los bordes de la galaxia eran iguales que en la velocidad del centro. Esto no debería ser posible porque teniendo un ejemplo. Los patinajes profesionales para aumentar la velocidad en los giros extienden horizontalmente los brazos para que la velocidad de los brazos la ayuda a impulsarse e ir más rápido. Lo mismo tuvo que haber sucedido con esta galaxia, pero había algo que la impedía aumentar la velocidad y es la posible materia oscura que no lo permite.

“Tiene que haber muchísima masa para que las estrellas orbiten tan deprisa, pero no podemos verla. A esa masa invisible la llamamos materia oscura.”

**Vera Rubin**

Tras muchas investigaciones determinaron que la materia ordinaria o la materia visible que son los átomos que forman las estrellas y planetas representan solamente un 4.9% del universo mientras la materia oscura constituye un 26.8% del universo y la energía oscura es 68.3% de la masa-energía contenida en el universo.

La energía oscura

La materia y energía oscura al ser un gran porcentaje debería ser fácil de encontrar, pero en realidad no se han encontrado pruebas directas que confirmen la existencia

de ninguna de las dos creando un gran enigma para la Física Moderna.

La energía oscura es una fuerza que permite la expansión del universo. Y con esto demostrarían que la expansión cósmica se acelera con el tiempo. Esto lo descubrieron cuando median las distancias de las supernovas, cuando median las supernovas cercanas y las lejanas se daban cuenta que su distancia era mayor a lo esperado demostrando que el universo crecía.

Esa fuerza misteriosa se llamó energía oscura. Los líderes científicos que se dedicaron a esta investigación fueron Saul Perlmutter, Brian Schmidt y Adam Riess. Estos tres científicos consideraron que la energía oscura sería una fuerza que trabaja en sentido contrario a la gravedad y separa la materia para la expansión del universo.

“Si os desconcierta lo que es la energía oscura, estáis en buena compañía.”

**Saul Perlmutter**

Como se mencionó anteriormente se cree que la energía oscura pertenece un aproximado de 68% de la masa-energía del universo lo que tendríamos grandes consecuencias porque demostraría que cada vez el universo se expande a una velocidad mayor produciendo que haya más energía oscura hasta que las galaxias se

alejen más deprisa que la luz y acaben desapareciendo de la vista.

Esto podría pasar luego con nuestra galaxia, la Vía Láctea, que lentamente se separen los planetas y las estrellas provocando un vacío sin nada cerca del planeta, dentro de billones de años. La materia oscura y la energía oscura, cosas que no ves, también importa.

Todas estas ideas comenzaron desde el siglo XVII cuando Isaac Newton desarrollaba su teoría de la gravedad, los astrónomos de la época se preguntaban si era posible esa materia oscura y que no se pudieran detectar por sus efectos gravitatorios. Esto también dio idea a los agujeros negros.

## **Agujeros negros**

En el siglo XIX se propuso la idea de una nebulosa oscura que en vez de reflejar la luz la absorbiera. Más tarde con la teoría de la relatividad de general definieron que la masa gravitatoria de un objeto deforma el espacio-tiempo. Si un objeto se comprime más allá de un cierto punto, se transforma en un agujero negro. La gravedad de un agujero negro, o singularidad, deforma tanto el espacio-tiempo que nada puede escapar a ella, ni siquiera la luz. Nadie sabe lo que ocurre más allá del límite u horizonte de sucesos de un agujero negro porque no es posible regresar después de ser absorbido por uno.

“El destino final de las estrellas masivas es colapsar tras un horizonte de sucesos y formar un agujero negro que tendrá una singularidad.”

**Stephen Hawking**

Existe una forma muy analítica de verlo y es con la "velocidad de escape". La velocidad de escape es la velocidad que necesita un objeto para salir de la órbita del planeta. Tengamos un ejemplo con la fórmula de Isaac Newton de la ley gravitacional:

$$F = (G m_1 m_2) / r^2$$

Esto describe que mayor será la fuerza atractiva de la gravedad cuanto más grande sea la masa de cada objeto y la fuerza atractiva será más débil cuanto más lejos están entre sí. El ejemplo comienza con una pelota de voley. Si lanzamos la pelota de voley hacia arriba llegará hasta un punto que sería el vértice, pero volvería a bajar porque le ganaría la fuerza de la gravedad. Si lanzamos la pelota de voley con una mayor velocidad entonces demoraría más en volver abajo pero igual no resistiría la fuerza de la gravedad. Caída libre de Galileo Galilei. Pero queremos saber cuánto es la velocidad necesaria para que el objeto salga del campo gravitatorio del planeta. A esta velocidad la llamamos velocidad de escape que la obtenemos igualando las dos energías. La energía cinética de la moneda y la atracción de la Tierra.

La energía cinética de la pelota es la siguiente:

$$E_P = \frac{1}{2}mv^2$$

$E_P$  = La energía cinética de la pelota

$m$  = Masa de la pelota

$v$  = La velocidad

La fórmula de la energía potencial gravitatoria con la que la Tierra atrae la pelota de voley es muy parecida a la fórmula de la ley gravitacional de Newton y es:

$$E_T = \frac{G M m}{R}$$

$E_T$  = Energía potencial gravitatoria de la Tierra con la pelota de voley.

$G$  = la constante de gravitación universal

$M$  = Masa de la Tierra

$m$  = Masa de la pelota de voley

$R$  = Radio de la Tierra

Al igualar estas dos ecuaciones tendríamos:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{G M m}{R}$$

$$v^2 = \frac{2 G M \cancel{m}}{R \cancel{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 G M}{R}}$$



Y listo, tenemos la velocidad de escape necesaria para salir de la órbita de la Tierra que si lo colocamos en la calculadora nos dará un resultado de aproximadamente 11.2 kilómetros por segundo (40 000 kilómetros por hora). Observando la ecuación nos percatamos que la gravedad es constante pero lo que puede cambiar es el radio y la masa de la Tierra. Vamos a jugar con la Tierra, pero sin cambiar la masa que tiene. Los experimentos que haremos es teniendo la misma masa de la Tierra, pero disminuyendo su radio. Cuando colocamos un radio menor va a aumentar la velocidad necesaria para salir de la Tierra, es decir, la velocidad de escape será mayor. Ahora imaginemos un radio tan pequeño que la velocidad de escape es mayor a la velocidad de la luz (300 000 kilómetros por segundo). Tendríamos un objeto completamente oscuro a su alrededor porque absorbe todo a su paso hasta la misma luz.

Acabamos de imaginar cómo se crearía un agujero negro con la masa de la Tierra. Es completamente imposible que suceda esto con la Tierra porque no hay ninguna forma para comprimir está a tal punto que sea del tamaño de un dedo, pero cuando una estrella masiva muere, colapsa, es incapaz de resistir su propia gravedad que produce una singularidad que absorba todo lo que se acerca llamándose agujero negro. La singularidad es ya tan densa que distorsiona el espacio-tiempo y ni la luz puede escapar de esto.

## **Materia y la antimateria**

En la década de 1920 se estuvo investigando si era posible que los electrones tuvieran cargas positivas.

En un artículo de 1928 Paul Dirac demostró que para los electrones es igualmente válido tener estados de energía positivos y negativos. Que un electrón tenga car positiva conlleva que reaccionaría exactamente lo contrario con lo que sucedería con un electrón de carga negativa. Es decir, cuando un electrón tiene carga negativa es atraído por el protón que tiene carga positiva, pero en esta situación que el electrón tiene una carga positiva será repelido por el protón. Dirax nombró a este electrón como antielectrón. En 1932, se le atribuye a Carl D. Anderson la confirmación de la existencia del antielectrón y lo renombró como positrón (el electrón feliz).

El descubrimiento de Anderson fue seguido por otros átomos y partículas de antimateria. Actualmente se denominan las antipartículas aquellas que se comporta inversamente a las partículas normales. Algo que no se puede comprender es porque domina la materia en vez de un equilibrio con la antimateria.

“Creo que el descubrimiento de la antimateria ha sido, quizá, el mayor salto de todos los grandes saltos en la física de nuestro siglo”

**Werner Heisenberg**

Hasta ahora los científicos han encontrado antipartículas en lugares muy lejanos. Tienen la teoría que el contacto de la antimateria con la materia provocaría un estallido que quizás sea en cadena.

“Los Físicos han empezado a pensar que quizá han estado mirando la simetría equivocada.”

**Ulrich Nierste – Físico teórico alemán**

Algo que no han comprendido es que la teoría del Big Bang menciona que cuando se creó el universo se esparcieron las partículas y las antipartículas, pero no se entiende porque no existe una simetría en esto. Al igual que el Yin y el Yang o la luna y el sol, la materia y la antimateria deberían de ser simétricos. La misma cantidad por igual. Los científicos siguen investigando para resolver este enigma con cuidado para no crear un estallido por colisiones de estas dos formas de materias.



## CAPÍTULO 6

### Viajando por dimensiones

*"Lo que observamos no es la naturaleza misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método para interrogarla."*  
**Werner Heisenberg (1901 - 1976)**

La Física Moderna se destaca por la relatividad que hay en las diversas situaciones. Todo depende de quién y cómo se lo mire. Hasta ahora hemos visto las cosas simples que tienen una misma ecuación en todas las formas.

Existen muchas paradojas increíbles que no tiene respuesta y hace a los mayores científicos pensar en una solución. Hay veces que la solución es una ley nueva o una propiedad nueva. En otras ocasiones simplemente son excepciones. Pero todas estas paradojas hacen imaginar todas las posibilidades que existen y te recuerda a una novela de ciencia ficción. Estas ideas impulsan a los científicos a seguir aprendiendo.

A continuación, visitaremos el mundo cuántico que es un incierto lugar con leyes diferentes y a la cuarta dimensión para entender la amplitud de nuestro universo.

## El mundo cuántico

Nuestro mundo es determinista y sigue las leyes que hemos descubierto a lo largo de la historia que establecen cómo debe evolucionar un sistema. Es más, todas esas cosas las aprendemos en el diario vivir como jugar con la pelota, comer, caminar, pensar y en el resto de acciones que hacemos en la vida cotidiana.

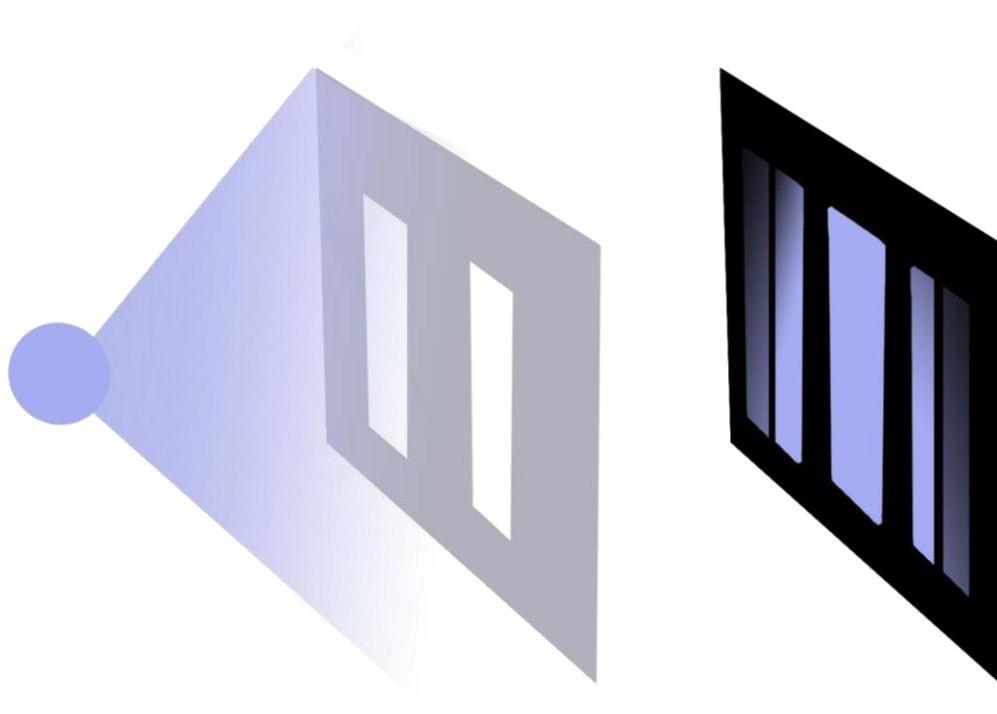
Los físicos diseñan experimentos para descubrir leyes que rigen por naturaleza para así conocer tanto como nuestro pasado y el futuro incierto de nuestro mundo. Dichos experimentos han dado lugar a la mecánica clásica. Sin embargo, a inicios del siglo XX se descubrió con incredulidad que la naturaleza, en su núcleo, no se comporta de ese modo. El mundo determinista que vemos todos los días es solo un promedio de lo que sucede en verdad. Nuestro mundo es ampliamente sesgado para mostrarnos una sola solución, en comparación al mundo cuántico donde todas las respuestas pueden ser correctas y superpuestas.

La teoría de la relatividad especial introdujo la importancia del observador y todos los debates acerca del mundo cuántico comenzó al descubrir que la luz y las partículas se comporta en formas desconocidas y la prueba definitiva para entenderlo fue brindado por el experimento de la doble rendija de Thomas Young, físico británico.

## Experimento de la doble rendija

El experimento de la doble rendija fue uno de los experimentos más importantes de los científicos para extender su conocimiento sobre el antes completamente desconocido mundo cuántico. La física moderna o la física cuántica se refiere a los desarrollos dentro de enfoques relativistas como lo es la cuántica. El experimento nos ayuda a comprender mejor sobre la indeterminación de la posición de un átomo y su conexión con el mundo cuántico. El experimento comienza colocando una lámina parada y colocando dos ranuras dejando un espacio para que se dispare un haz de partículas y se proyecten en una pantalla de detección detrás de la placa o lámina. Comprobando la primera vez, si lanzamos un haz de partículas detecta una incoherencia al decirnos que la partícula está en todas las partes posibles de llegada, es decir, que cada partícula pasa por ambas rendijas simultáneamente y se relaciona consigo misma. Posteriormente, se vuelve a hacer el experimento de la doble rendija, pero esta vez se revisa en cuál rendija pasa la partícula y se observa como desaparece el patrón de interferencia y solo escogió un camino el fotón. ¿Onda o partícula? El experimento de la doble rendija dice ambas.

Este experimento nos ayuda a comprender más la naturaleza del mundo cuántico que todo depende de la gran influencia que tiene el espectador en el comportamiento cuántico.



## **El gato que está vivo y muerto a la vez**

Según la teoría cuántica algo debe ser observado o medido para que una partícula exista en un lugar y en un solo estado. Hasta que no sea vista se puede decir que una partícula se encuentra en infinitas posibilidades, en todos los lugares y en todos los estados posible. Esto se lo llama superposición. Erwin Schrödinger comparó este fenómeno con el de un gato que esté vivo y muerto a la vez.

“Los propios átomos o partículas elementales no son reales; forman un mundo de potencialidades o posibilidades más que uno de cosas o hechos.”

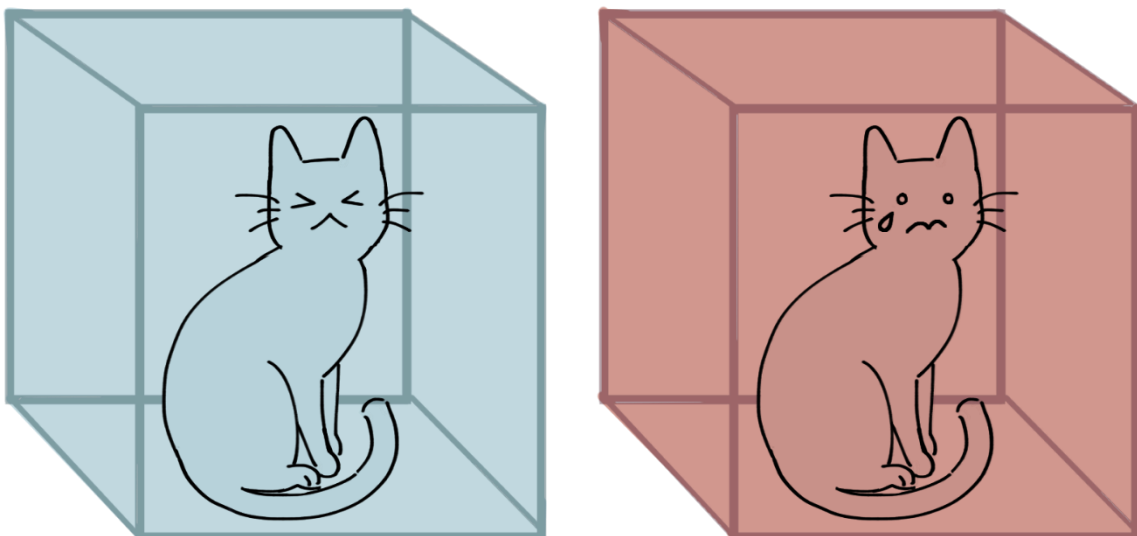
**Werner Heisenberg**



Ya sabemos con el experimento de la doble rendija puede ser una onda hasta que sea vista para llegar a ser una partícula, pero Schrödinger se preguntó: ¿Será posible que con un acontecimiento cuántico afecta a objetos físicos?

Schrödinger se imaginó a un gato dentro de una caja. La caja estaría completamente sellada para que nadie pudiese ver por adentro. Además, hay un veneno que se activa con un acontecimiento cuántico que tiene posibilidades del 50% en cada una de que suceda. La teoría cuántica describe que el gato estará vivo y muerto a la vez hasta que un observador lo mire.

Werner Heisenberg fue un gran investigador de la física cuántica y demostró que hay cosas que no podemos saber. Como por ejemplo en el caso del gato y del experimento de la doble rendija no existe forma de conocer las propiedades de una partícula superpuesta antes de estar definida. El mundo cuántico sigue siendo algo incierto en la actualidad.



## Entrelazamiento cuántico

Podríamos decir que el hijo de Albert Einstein fue la física moderna porque debido a sus artículos de la teoría de la relatividad general y especial condujo al mundo cuántico. Así mismo encontramos incongruencias en su teoría y es con el entrelazamiento cuántico. Esto es como un gran poder sobrehumano para comunicarnos.

La situación es la siguiente, tenemos dos partículas que las interactuamos entre si provocando que estén conectadas hasta que las vemos. Pero en vez de partículas lo hablaremos como una moneda. Tenemos una moneda que la partimos exactamente a la mitad de lo ancho, es decir dividiéndolo por el contorno haciendo que una parte de la moneda sea cara y la otra es sello.

Estos dos lados de la moneda las ponemos en un sobre cada una y las alejamos lo más posible. Entre muchas galaxias de distancia. Digamos que son un millón de kilómetros. El lado A y el lado B son completamente diferentes. El A puede ser cara o puede ser sello. Pero si A es cara entonces obligatoriamente el lado B será sello y viceversa. Entonces le pedimos a cada persona que abra su sobre al mismo tiempo. La primera persona abre el lado A y sale: ¡Sello! Y entonces la segunda persona también abrió su sobre y salió cara. Hasta que no se abrieran los sobres existía una superposición y cada lado tenía cara y sello al mismo tiempo, pero cuando se abrieron la indeterminación se detuvo haciendo que solo haya una respuesta. Esto

significa que los dos sobre estuvieron conectados y que el primero mandó una señal instantánea a una distancia de 1000000 kilómetros. Eso es muchísimo más que la velocidad de la luz.

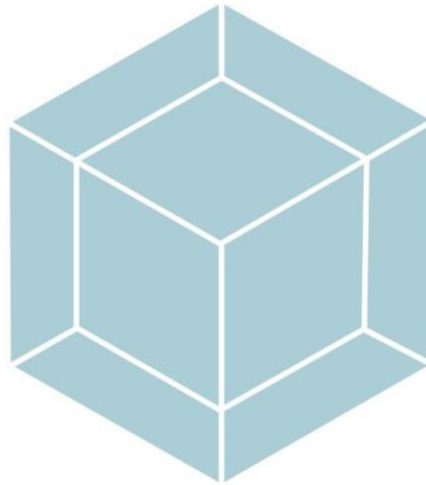
Según la teoría de la relatividad de Einstein es imposible viajar a la velocidad de la luz, pero una señal de partículas (la moneda) lo hizo. La misma teoría de la relatividad especial de Einstein contradijo al mundo cuántico. Así se creó la excepción de la teoría de la relatividad debido a las propiedades únicas del mundo cuántico.

## **La cuarta dimensión**

Por último, viajaremos a una última dimensión, a las dimensiones 1, 2, 3 y 4. Pero antes es necesario que conozcamos completamente la nuestra.

¿Alguna vez has escuchado el término de tres dimensiones? Quizás en algún momento hayas visto una película en 3D donde te brindan unas gafas especiales que te ayudan a ver la película con un volumen de las cosas. La primera dimensión es un punto en un plano, solo se puede mover en una línea, derecha o izquierda. La segunda dimensión es aquel plano cartesiano con dos ejes que nos enseñan en la escuela, el eje "x" y "y". Aquí la partícula se puede mover derecha, izquierda, adelante o atrás. Y la tercera dimensión es en la que vivimos sin contar el tiempo, podemos bajar y subir.

El cuadrado en la primera dimensión es una línea. En la segunda dimensión sería un cuadrado. En la tercera es un cubo y en la cuarta es una figura extraña muy difícil de imagina llamada hipercubo



La forma más sencilla de entender esto es convirtiéndonos en una hoja. Cuando somos una hoja estamos en un plano bidimensional (de dos dimensiones) y si atravesamos una esfera, nosotros solo veríamos la sombra de esta esfera creciendo y al final haciéndose pequeña. Por eso nosotros solo veríamos la sombra del hipercubo sin poder verla completa. Entonces al ser una dimensión completamente desconocida ¿Será posible escuchar seres vivos de las otras dimensiones y solo ver un fragmento de ellos? ¿Existirá algo más allá en el universo? ¿Hasta dónde los humanos podremos llegar a ver? ¿Cómo nos veríamos desde una cuarta dimensión?

Conocer acerca de las dimensiones son cosas que te dejan más preguntas que respuestas aumentando tu curiosidad a diferentes campos de la física.

## **Glosario:**

**Aceleración** - Tasas de variación de una velocidad. Está causada por una fuerza que produce un cambio en la dirección o velocidad del objeto.

**Agujero negro** - Objeto en el espacio que es tan denso que la luz no puede escapar de su campo gravitatorio.

**Antimateria** - Partículas y átomos que están hechos de antipartículas.

**Año luz** - Unidad de distancia que es la distancia recorrida por la luz en un año, equivalente a 9460billones de kilómetros.

**Antipartículas** - Partícula idéntica a una partícula ordinaria, pero con una carga eléctrica opuesta. A cada partícula le corresponde una antipartícula.

**Big Bang** - Suceso con el que se cree que empezó el universo, explotando a partir de una singularidad, hace unos 13800 millones de años.

**Campo** - Distribución de una fuerza a través del espacio-tiempo donde a cada punto se le puede dar un valor para esa fuerza. Un campo gravitatorio es un ejemplo de un

campo en el que la fuerza percibida en un punto concreto es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia hasta la fuente de la gravedad.

**Cero absoluto** - La temperatura más baja posible, 0 K o -273,15 °C.

**Dilatación del tiempo** - Fenómeno en el que dos objetos que se mueven en relación al otro, o en diferentes campos gravitatorios, experimentan un ritmo diferente del discurrir el tiempo.

**Energía** - Capacidad de un objeto o sistema para el trabajo mecánico. Existen muchas formas de energía, como la potencial (por ejemplo, una pila) y la cinética (del movimiento). La energía puede cambiar de forma, pero nunca crearse ni destruirse.

**Energía oscura** - Fuerza aún poco conocida que actúa inversamente a la gravedad, por lo tanto, hace que el universo se expanda. Es unas tres cuartas partes de toda la masa-energía del universo.

**Entrelazamiento** - En física cuántica, fenómeno por el cual las partículas están enlazadas de modo que un cambio en una afecta a la otra independientemente de la distancia que las separe.

**Entropía** - Medida de dispersión en un sistema que refleja el número de formas específicas en que puede organizarse un sistema.

**Espacio-tiempo** - Continuo resultante de la combinación de las tres dimensiones espaciales con una dimensión temporal.

**Fermión** - Partícula subatómica, como un electrón o un quark asociada a la masa.

**Fotón** - Partícula de luz que transfiere la fuerza electromagnética de un lugar a otro.

**Fricción** - Fuerza que resiste o detiene el movimiento de los objetos que están en contacto entre sí. Ejemplo: el aire.

**Fuerza electromagnética** - Una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, responsable de la transferencia de fotones en partículas.

**Fuerza nuclear débil** - Una de las cuatro fuerzas fundamentales, que actúa en el interior del núcleo atómico y es responsable de la desintegración beta.

**Fuerza nuclear fuerte** - Una de las cuatro fuerzas fundamentales, que mantiene unidos a los quarks para formar neutrones y protones.

**Fuerzas fundamentales** - Las cuatro fuerzas determinan el comportamiento de la materia.

**Galaxia** - Gran colección de estrellas y nubes de gas y polvo que se mantiene unida por la gravedad.

**Gravedad** - Una de las cuatro fuerzas fundamentales. Fuerza de atracción entre objetos con masa. También afecta a los fotones, carentes de masa. La relatividad general la describe como una curvatura del espacio-tiempo.

**Inercia** - Tendencia de un objeto en seguir en movimiento constante o reposo hasta que una fuerza actúe sobre él.

**Masa** - Cantidad de materia de un objeto medida por la fuerza requerida para acelerarlo.

**Materia** - Cualquier sustancia física. Todo nuestro mundo visible está hecho de materia.



**Materia oscura** - Materia invisible que únicamente se detecta por su efecto gravitatorio sobre la materia visible y que mantiene unidas las galaxias,

**Mecánica clásica** - Conjunto de leyes que describen el dinamismo y movimiento de los cuerpos bajo la acción de fuerzas.

**Mecánica cuántica** - Rama de la física que trata de las partículas subatómicas que se comportan como cuantos.

**Muerte térmica** - Posible estado final del universo en el que no existirán diferencias de temperatura en el espacio y no sería posible el trabajo mecánico.

**Onda gravitatoria** - Perturbación del espacio-tiempo que viaja a la velocidad de la luz, generada por la aceleración de la masa.

**Partícula** - Constituyente de la materia que puede tener velocidad, posición, masa, y carga eléctrica.

**Positrón** - Antipartícula correspondiente al electrón con la misma masa, pero con carga eléctrica positiva.

**Relatividad especial** - Teoría de Einstein que parte del principio de que tanto la velocidad de la luz como las leyes

de la física son las mismas para todos los observadores y excluye la posibilidad de un tiempo o un espacio absolutos.

**Relatividad general** - Descripción del espacio-tiempo en la que Einstein considera sistemas de referencia acelerados. La teoría de la relatividad general describe la gravedad como una curvatura del espacio-tiempo por efecto de la masa.

**Singularidad** - Un punto del espacio-tiempo con longitud cero.

**Supernova** - Resultado del colapso de una estrella masiva causante de una explosión que puede ser de miles de millones de veces más brillantes que el sol.

**Superposición** - En física cuántica, principio según el cual, hasta que se mide, una partícula (como un electrón) existe en todos sus estados posibles simultáneamente.

**Termodinámica** - Rama de la física que estudia el calor y su relación con la energía y el trabajo mecánico.

**Trabajo** - Energía transferida cuando una fuerza mueve un objeto en una dirección concreta.

## Bibliografías:

Alvarado, P. N. [@onerazana]. (s/f). *Carl Sagan: La mejor respuesta a un niño*. Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_YRd2EpqIG0](https://www.youtube.com/watch?v=_YRd2EpqIG0)

Andrews, J., Cawthra, J., Evatt, J., Gell, C., Gilbert, R., Harris, T., Mohun, J., Pyke, V., Stannard, D., & Warren Chadd, R. (2019). *El libro de la Física*. Penguin Random House.

CuriosaMente [@curiosamente]. (s/f). □ *Las Leyes de la Termodinámica: una explicación sencilla*. Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=ZLAoKBVglU8>

CuriosaMente [@curiosamente]. (s/f-a). □ *Las Leyes de la Termodinámica: una explicación sencilla*. Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=ZLAoKBVglU8>

Español, V. en [@VeritasiumES]. (s/f). *Pocos Entienden Esto de la Física Moderna*. Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=hRLMIFZWqnw>

Física Teórica IFT, I. [@IFTMadrid]. (s/f). *La Teoría de Cuerdas en 7 Minutos*. Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=yd1jx1DkXb4>

Molina Arrocha, P. (2024, Julio 4). Mecánica detrás de las máquinas de movimiento perpetuo [Archivo PDF].  
<http://hdl.handle.net/2117/412552>

QuantumFracture [@QuantumFracture]. (s/f). *El Trágico Final del Hotel Infinito*. Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=tchTqEeCfhY>

Santaolalla, J. (2023). *El Bosón de Higgs No Te Va a Hacer La Cama,; La Física Como Nunca Te La Han Contado*. Oceano.

Segundos, F. E. N. [@FISICAENSEGUNDOS]. (s/f). *La 4ta dimensión*. Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=3O0DV40B0rs>

Steckles, K., & Adams, N. (2024b). *El curioso mundo de los símbolos científicos: un directorio visual sobre su significado, aplicación e interpretación desde el punto de vista de la ciencia.*

TED-Ed, S. C. —. [@TEDEdEspanol]. (s/f). *¿Por qué las máquinas de movimiento perpetuo nunca funcionan? - Netta Schramm.*

Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de

<https://www.youtube.com/watch?v=ajR8dgMwycs>

Vlog, D. un [@dateunvlog]. (s/f). *HOY SÍ que vas a entender la ENTROPÍA.* Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de

<https://www.youtube.com/watch?v=ttjM-dMPddY>

Vlog, D. un [@dateunvlog]. (s/f-b). *HOY SÍ que vas a entender LA TEORÍA DE CUERDAS.* Youtube. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=EfJMrMFYH84>

Voltio, D. un [@DateunVoltio]. (s/f). *10 COSAS FUNDAMENTALES que tienes que saber sobre Física.* Youtube. Recuperado el 27

de agosto de 2024, de

<https://www.youtube.com/watch?v=lgC8hc6a8rM>