

## LA MATERIA Y EL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS



Galileo influyó con sus investigaciones el trabajo de la siguiente generación de científicos. Fueron ellos quienes conformaron el trabajo experimental en el sentido moderno.

En la época de Galileo, el pensamiento dominante se basaba en **Aristóteles**. Para los aristotélicos, la materia tenía características terrenales por eso tendía hacia el centro de la Tierra (considerado en ese momento el centro del Universo). En cambio, los cuerpos celestiales tendían a elevarse. Ciertas experiencias de Física realizadas por Galileo rompieron con ese paradigma.

Galileo intentó demostrar las características de la materia y el movimiento con diferentes experiencias

### Una mítica anécdota

El movimiento pendular de una lámpara de aceite que colgaba de la catedral de Pisa fue el disparador para comenzar con sus famosas experiencias sobre el movimiento de los cuerpos en el espacio y la materia.

El ir y venir de la lámpara de aceite rompía con la creencia aristotélica respecto de la materia pues la lámpara por momentos se elevaba y por momentos, descendía. El movimiento era cronometrado con sus propias pulsaciones.



### Los experimentos

Se han catalogado los experimentos de Galileo en tres tipos: reales, pensados e imaginarios.

**Reales** son los que efectivamente hizo

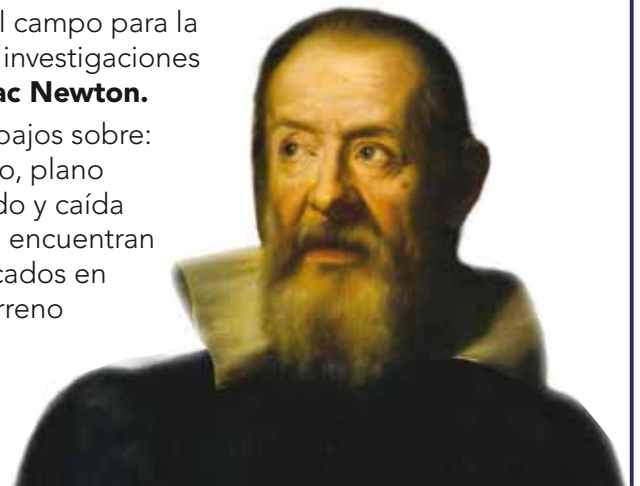
**Pensados** son los que no pueden realizarse por razones lógicas o por falta de equipo adecuado

**Imaginarios** son los que pudo haber realizado, pero no los hizo, tal vez convencido de lo que iba a ocurrir.

Galileo Galilei fue lo suficientemente inteligente para cuestionarse el saber común y preguntarse sobre lo cotidiano

El trabajo sobre movimiento y caída de los cuerpos de Galileo abrió el campo para las futuras investigaciones de **Isaac Newton**.

Los trabajos sobre: Péndulo, plano inclinado y caída libre se encuentran enmarcados en este terreno



## APORTES DE EL TELESCOPIO

### La nueva visión del cielo

No es claro cómo ni quién inventó el primer telescopio pero en setiembre de 1608, en la feria anual de Frankfurt aparece uno y ya para el 2 de octubre de 1608, el fabricante de anteojos Johann Lippcrshey, de la ciudad de Middleburg, solicitaba una licencia de treinta años al gobierno de los Países Bajos para fabricar telescopios que tenían una lente convexa y una cóncava y lograban aumentar siete veces el tamaño de los objetos.



A pesar de su reclamo, no obtuvo la licencia exclusiva porque aparecieron otros que se atribuían el invento.

El telescopio era un suceso y generaba la curiosidad de todo el mundo. Se enviaron aparatos como obsequio al rey de Francia y ya en 1609 se los podía encontrar en París.

Es para este año que llega el invento a Italia. Galileo cuenta en el "El mensajero de los astros", que él solo había leído descripciones del invento holandés y a partir de esta lectura desarrolló el aparato.

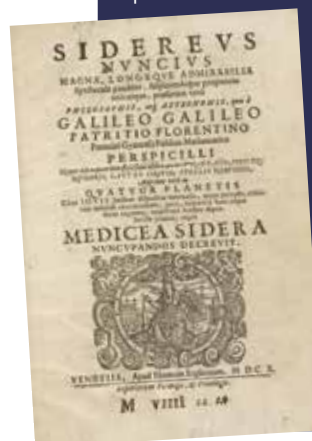
Galileo no inventó el telescopio pero apuntándolo al cielo comenzó el camino de la observación y permitió acercarse a objetos celestiales "que ningún mortal habla visto antes",

Según Koestler en el libro *los sonámbulos* "El 8 de agosto de 1609 Galileo invitó al senado veneciano a examinar su anteojo de larga vista en la torre de San Mareo y obtuvo un éxito espectacular; tres días después lo obsequió al senado junto con una carta donde explicaba que el Instrumento, que aumentaba nueve veces el tamaño de los objetos, tendría importancia extremada en la guerra. Hacía posible ver "velas y barcos" dos horas antes de que pudieran verse solo a simple vista si esos barcos se dirigieran a pleno velamen hacia puerto,". El senado de Venecia se apresuró a duplicar el salario de Galileo, que vino a ser entonces de mil escudos por año.

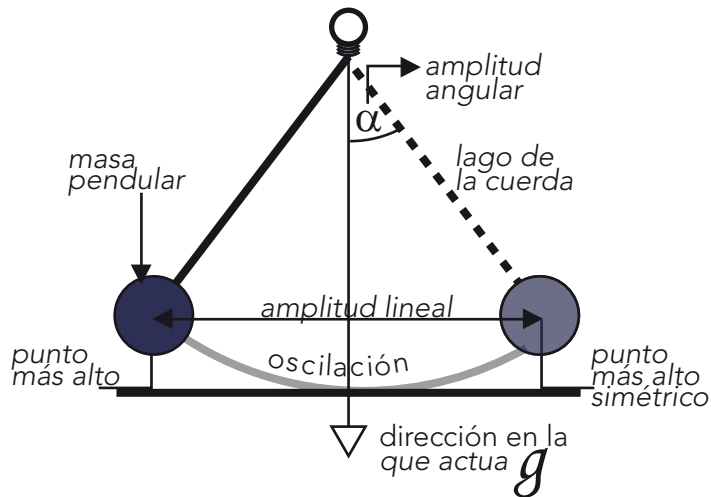
Galileo comenzó a mejorar el aparato y, según sus palabras - "sin ahorrar trabajo ni gastos, construí un instrumento tan superior que los objetos vistos a través de él aparecen aumentados casi mil veces y más de treinta veces más cerca de lo que se los ve con la sola facultad de la vista". Aunque parezca increíble, el aumento que había conseguido Galileo y con el que se fundó la astronomía moderna, hoy lo tiene cualquier sencillo telescopio.

### Un libro revolucionario

El mensajero de los astros, fue publicado en Venecia en marzo de 1610. Fue la primera publicación científica de Galileo. En ese pequeño libro de sólo veinticuatro hojas, Galileo volcó noticias sobre las observaciones de los cuerpos celestiales "que ningún mortal habla visto antes". El estilo era innovador ya que la comunicación con el lector era a través de un lenguaje sencillo. Galileo no fue el único en realizar observaciones con el telescopio pero fue el primero en publicar cuanto vio y en describirlo en un lenguaje que conmovió a todo el mundo.



## MATERIA Y MOVIMIENTO EL PÉNDULO



El movimiento del péndulo se basa en la **isocronía**: dos cuerpos oscilantes retornan al punto de equilibrio o central al mismo tiempo

El Péndulo fue el primer instrumento que podía medir intervalos de tiempo sin la presencia de elementos de la naturaleza como el agua, la arena o el Sol. Sólo se necesitaba la isocronía o armonía o ritmo de su movimiento.

**Galileo descubrió** que el periodo de oscilación es independiente de la amplitud (distancia máxima que se aleja el péndulo de la posición de equilibrio) y de la masa suspendida.

Pero entonces... de qué depende **Simplemente de la longitud del hilo y de la aceleración de la gravedad.**

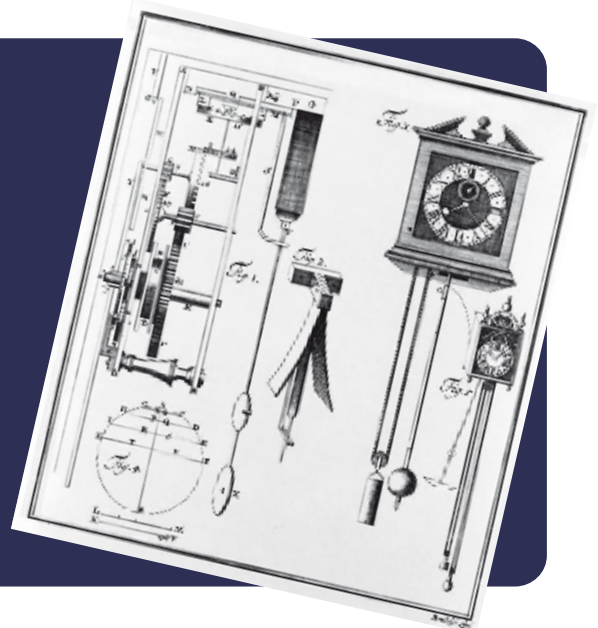
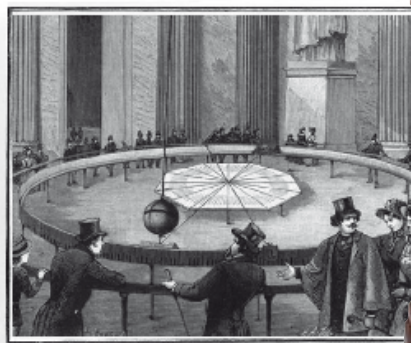
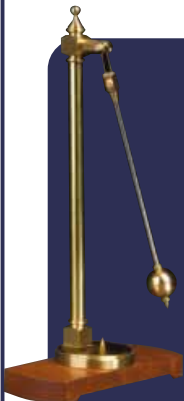
período de oscilación

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

l — largo de la cuerda  
g — aceleración de la gravedad

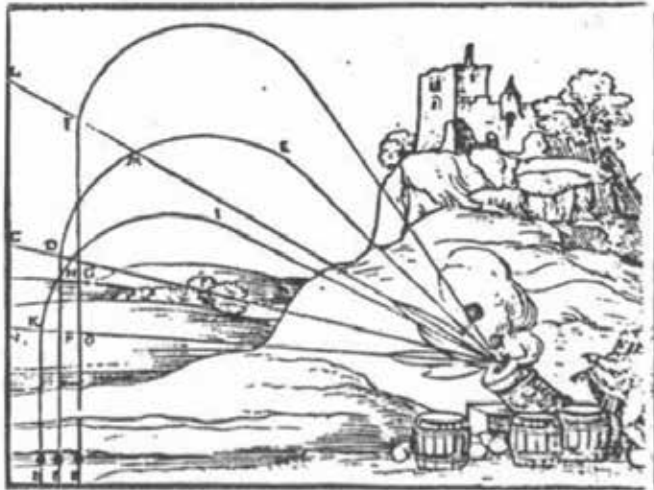
El período de oscilación es directamente proporcional al largo de la cuerda e inversamente proporcional a la aceleración de la gravedad es decir que la oscilación varía si la gravedad es más o menos intensa ej. en la Tierra según la latitud y la altitud. Por eso, un péndulo permite determinar con precisión la aceleración local de la gravedad.

Galileo retomó el tema del péndulo al final de su vida, cuando pudo desarrollar una aproximación cuantitativa y matemática que le permitió a sus discípulos construir modelos interpretando sus investigaciones.



Las experiencias galileanas con el péndulo fueron fundamentales para que, años después, **León Foucault** demostrara la rotación de la Tierra y **Christiaan Huygens** inventara el primer reloj a péndulo. Así el péndulo llegó a la vida cotidiana con su medición exacta del tiempo.

## MATERIA Y MOVIMIENTO PROYECTILES Y CAIDA LIBRE



La concepción aristotélica afirmaba que cualquier objeto lanzado se movía, impulsado por una fuerza interna llamada ímpetus, en línea recta hasta que la fuerza se desgastaba y entonces el objeto caía directamente al suelo.

Galileo observó que la bala de cañón cuyos proyectiles eran más grandes y con más fuerza, caían dibujando una parábola. Se trata de la combinación de dos movimientos:

- el que lanza el proyectil **en línea recta** con un movimiento uniformemente acelerado
- el de la fuerza de **gravedad** que empuja el proyectil **hacia abajo**.

La combinación determina una parábola. Galileo logró formular matemáticamente la trayectoria parabólica de los proyectiles.

## Caída Libre

A finales de 1500 se consideraba que los objetos pesados caían más rápido que los más ligeros. Para el aristotelismo, la velocidad de caída dependía del peso.

Galileo puso en tela de juicio la física aristotélica a través de un experimento mental:

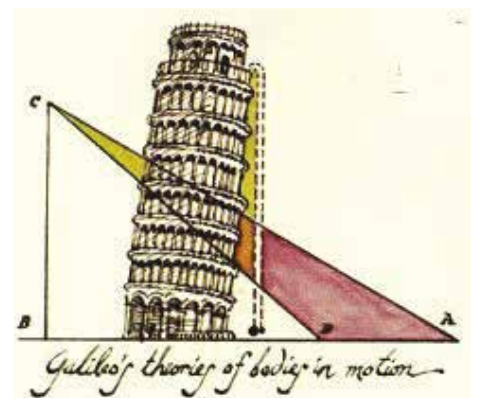
dos cuerpos del mismo material y de diferente tamaño, al caer juntos, forman uno mayor que cualquiera de los dos por separado. Incluso, caerían más velozmente que el cuerpo pesado solo.

Esto demuestra que Aristóteles había enunciado una contradicción al afirmar que si los cuerpos caen juntos, la ligereza del más pequeño debería hacer más lenta la caída del más grande; ambos caerían a una velocidad menor que la que tardaría el cuerpo más grande sólo.

**Galileo estableció que todos los cuerpos caen en el vacío con la misma aceleración.**

La ley que rige el camino recorrido por los cuerpos es la ley de gravedad que iba a ser propuesta por Newton unos años después.

El mito cuenta, que Galileo lanzó dos pesos distintos de la torre inclinada de Pisa para esta demostración.



Los aportes de Galileo al estudio del movimiento permitieron, a otros científicos, años después, enunciar la Ley de Caída libre de los cuerpos.

Galileo había demostrado la importancia de considerar a la naturaleza y no a la autoridad humana como juez final en materia de ciencia.

## MATERIA Y MOVIMIENTO PLANO INCLINADO

Medir velocidades en la caída libre no es sencillo, mucho menos si no se cuenta con herramientas suficientemente precisas.

A partir de esta dificultad, Galileo comienza a investigar diversas formas de **caída de los cuerpos** e intenta "ralentar" el movimiento para poder efectuar las mediciones.

Gracias a sus observaciones descubre que en el movimiento pendular, la velocidad con la que un objeto llega hasta el punto más bajo de su trayectoria, depende de la altura.

Su trabajo con el péndulo deriva en el armado de un dispositivo que le posibilite medir las velocidades en cada paso del recorrido y así nace el **plano inclinado**.

Los experimentos sobre el plano inclinado le permitieron realizar estudios más complejos y así refutar las teorías aristotélicas sobre la relación entre el peso y la velocidad en la caída y finalmente formular **el principio de aceleración uniforme**.

*Ignoratu motu ignoratur natura:* "Ignorar el movimiento es ignorar la naturaleza".  
Es por eso que para comprender la naturaleza es necesario explicar el fenómeno del movimiento.

### La experiencia:

Tomó una tabla de 12 "cubits" de largo y medio "cubit" de ancho (unos 6 metros por 25 centímetros). Realizó un surco derecho y poco pronunciado, hacia abajo por el centro. Luego inclinó el plano e hizo rodar bolas de latón, midiendo su descenso con un reloj de agua y lo comparó con la distancia que la bola había recorrido

El ingenioso aparato tenía, a intervalos regulares del recorrido, una serie de campanas que marcaban el paso de los proyectiles por cada punto. Permitían medir las diversas velocidades y compararlas entre ellas.



Galileo proclamó que la distancia es en realidad proporcional al cuadrado del tiempo  
- en el doble de tiempo, la bola llega cuatro veces más lejos -  
El motivo para que suceda esto es que está constantemente acelerado por la gravedad.



### Vincenzo Viviani

-5 de abril de 1622 /22 de septiembre de 1703-  
matemático y físico italiano.

Comenzó a trabajar con Galileo Galilei en 1632. Fue autor de su primera biografía y el narrador de algunas de las anécdotas más reconocidas sobre sus experimentos. Hoy muchas de ellas se los considera míticas.

Es Viviani quien cuenta sesenta años después la historia de la torre de Pisa. Resulta extraño, conociendo el carácter orgulloso y siempre dispuesto a la polémica de Galileo, que un experimento tan glorioso para él, no haya sido mencionado por él mismo en ninguna de sus obras.

## APORTES DE GALILEO GALILEI

Estos son sólo algunos de los desarrollos de Galileo, más allá de su gran aporte al progreso



- **La Bomba de agua**

Galileo perfeccionó el funcionamiento de la bomba de agua e intentó dar una explicación a este fenómeno pero fue su discípulo Torricelli quien experimentó y pudo descubrir el principio de la presión atmosférica (Galileo lo había intuido). También logró describir el vacío como un concepto físico.

- **El Termoscopio**

o termómetro de Galileo. Aparato para medir la temperatura.

- **Compás o sector**

Combinaba el compás clásico de dos brazos en ángulo recto con una escala entre ambos que daba la medida con otra serie de compases regulados con otras escalas de precisión.

El sector o compás combina aparatos ya conocidos en esa época para obtener uno nuevo que permitió precisar el disparo de los cañones.

- **El reloj de agua**

Mide el tiempo considerando el peso del agua líquida.

Un gran recipiente con agua que se vacía a través de un delgado tubo en un vaso. Se pesa el agua que se vierte, midiendo el tiempo transcurrido.

- **La Balanza hidroestática**

Basada en el principio enunciado por Arquímedes. Sirve para medir la densidad de los cuerpos.

- **La Palanca**

Cuando era profesor en la Universidad de Padua (1593), el senado le encargó un estudio sobre la colocación de remos en embarcaciones de la flota veneciana. Galileo consideró que el remo era una palanca y el agua el peso. Así dedujo cuál sería la posición correcta de los remos y el lugar de apoyo para que la embarcación se mueva a mayor velocidad.

- **El Termómetro de aire**

El primer termómetro de aire fue construido por colegas de Galileo, aunque se cree que en otros lugares de Europa también se había llegado al mismo aparato para medir el frío y el calor.