

FILOSOFÍA II: HISTORIA DE LA FILOSOFÍA

CRÉDITO II: PENSAMIENTO MODERNO

SEGUNDA PARTE.
LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA.
MATEMÁTICAS Y EXPERIMENTACIÓN.

ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN CURSO 2007-2008



Autor: José Vidal González Barredo

1	LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA.....	3
1.1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.2	LA REVOLUCIÓN COPERNICANA.....	4
1.2.1	<i>Evolución de la astronomía hasta el renacimiento.....</i>	<i>4</i>
1.2.1.1	Grecia Clásica.....	4
1.2.1.2	Helenismo.....	4
1.2.1.3	Pensamiento cristiano.....	5
1.2.2	<i>La Astronomía De Los Humanistas (Siglos XV y XVI).....</i>	<i>6</i>
1.2.3	<i>La Revolución Copernicana: Nicolás De Copérnico (1.473-1.543).....</i>	<i>6</i>
1.2.3.1	Intenciones de Copérnico y prólogo de Osiander.....	6
1.2.3.2	Críticas a la astronomía-cosmología anterior.....	6
1.2.3.3	El universo copernicano.....	6
1.2.3.4	Superación a las objeciones en contra del movimiento de la Tierra.....	8
1.2.3.5	Valoración del sistema copernicano.....	8
1.2.4	<i>Evolución Posterior.....</i>	<i>9</i>
1.2.4.1	La astronomía galileana.....	9
1.2.4.2	Giordano Bruno (1.548-1.600).....	10
1.2.4.3	Johanes Kepler (1.571-1.630).....	10
1.2.4.4	Newton (1.642-1.727).....	10
1.3	LA NUEVA FÍSICA GALILEANA.....	11
1.3.1	<i>Problemas que se le presentaban a la física aristotélica.....</i>	<i>11</i>
1.3.2	<i>Respuesta de Aristóteles.....</i>	<i>11</i>
1.3.3	<i>Evolución de la física aristotélica en el medievo.....</i>	<i>11</i>
1.3.4	<i>La física aristotélica y la física galileana.....</i>	<i>11</i>
1.3.5	<i>La dinámica galileana.....</i>	<i>12</i>
1.3.6	<i>Conclusiones.....</i>	<i>13</i>
1.3.7	<i>Galileo y el método experimental.....</i>	<i>13</i>

1 LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA.

1.1 Introducción.

La *revolución científica de los siglos XVI-XVII quiebra la visión científica que, fundamentada en la filosofía de Aristóteles, se había tenido hasta entonces, proporcionando:*

1. **Una nueva imagen del universo y la Naturaleza.** Hay **dos grandes giros**: en el terreno de la **cosmología** con la *eliminación de la visión geocentrista*; y en el terreno de la **física** la *superación de la física aristotélica*. Los protagonistas del primero son fundamentalmente **Copérnico y Kepler** y del segundo **Galileo Galilei**.
2. **Un nuevo método científico.** Esta revolución *no sólo* significa una *nueva teoría científica y filosófica* sino que también supone un *nuevo método científico: el método experimental*, donde tendrá un papel decisivo el valor que se le dará a la **experiencia** y a la **aplicación de las matemáticas a la física**.

Junto al **modelo aristotélico -organicista/biologicista-** y al nuevo **modelo mágico-natural** del Renacimiento, se constituirá un **nuevo modelo de interpretación de la naturaleza** que, a la larga, será el que se impondrá. Es el modelo de los impulsores de la revolución científica: el **modelo mecanicista**.

1.2 La Revolución Copernicana.

1.2.1 EVOLUCIÓN DE LA ASTRONOMÍA HASTA EL RENACIMIENTO

1.2.1.1 Grecia Clásica.

Todos los filósofos y científicos de la época defienden como única teoría válida la que afirmaba una Tierra geocéntrica y geostática, excepto:

1. Algunos *seguidores de los pitagóricos* como *Hicetas* y *Heráclides* -que defienden el movimiento de rotación- o *Filolao* -que defiende el movimiento de traslación entorno al Altar de Zeus-, y
2. *Aristarco de Samos* (s. III a. C.) -que es el *único realmente heliocentrista*-.

☞ Sin embargo estas teorías iban en contra de la física y el sentido común de la época por lo que **era razonable creer en la inmovilidad de la Tierra**. Había argumentos en contra de ambos tipos de movimiento:

1. *Físicos*: los efectos que tendría la fuerza centrífuga, ¿por qué no quedan atrás los objetos no solidarios con la Tierra, como las nubes, los pájaros, el aire...?, ¿Qué motor mueve la Tierra? Si la Tierra no está en el centro ¿por qué caen los cuerpos hacia su interior?
2. *Metafísicos*: la Tierra lugar del cambio y la imperfección no puede ser equiparable a un cuerpo celeste cuya característica es la perfección y la regularidad.

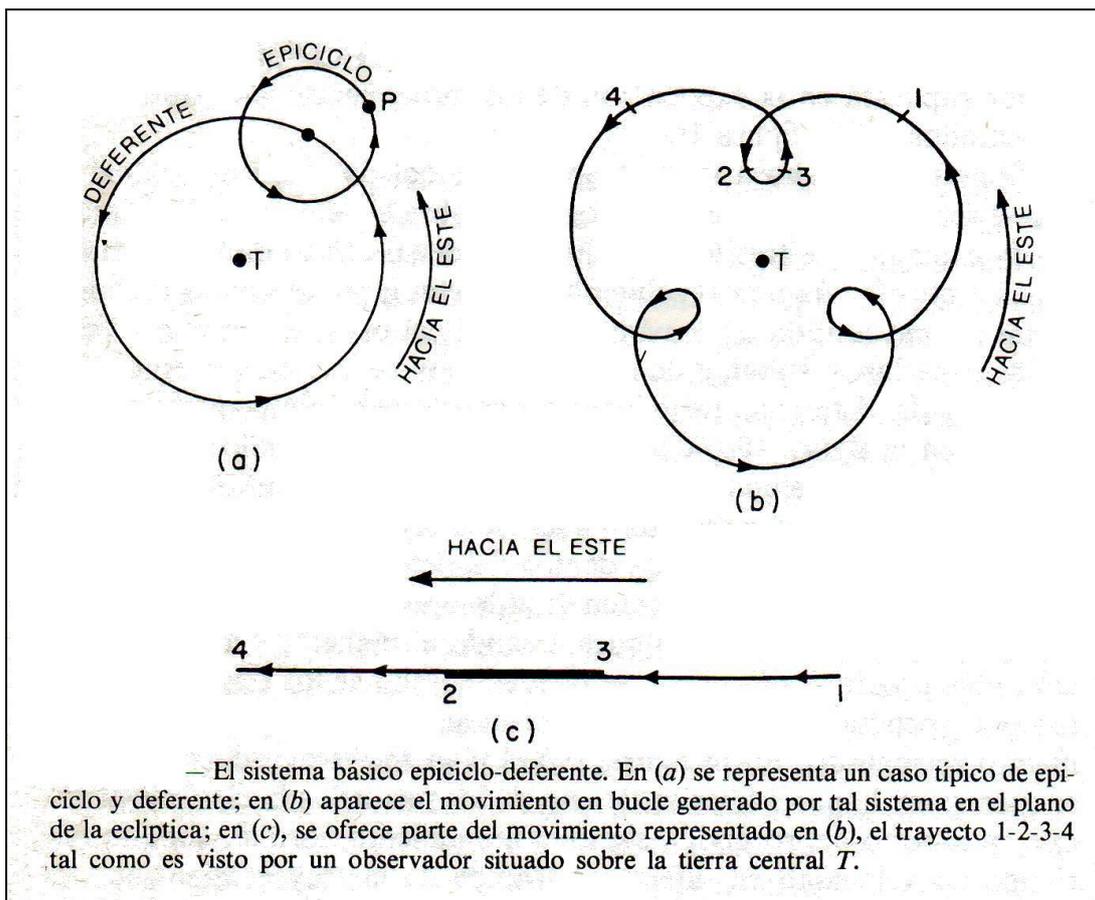
☞ **Pero había hechos que contradecían la teoría** como la *retrogradación de los planetas*, que no giraban en círculos perfectos sino en bucles, que *su velocidad no era uniforme* y que *cambiaban de brillo* -lo que era interpretado como un alejamiento o acercamiento respecto a la Tierra.

Aristóteles ofrece un sistema coherente y completo que integra los distintos elementos cosmológicos que prefiguraron los filósofos anteriores a él.

☞ Si bien en el ámbito *explicativo* era una buena respuesta no lo era así a nivel *predictivo* pues los errores persistían. Los *errores de predicción* afectan a la *aplicación práctica* que en esta época son la *confección de los calendarios*, la *aplicación a la agricultura y la navegación*.

1.2.1.2 Helenismo.

Para poder resolver estos fallos en las predicciones varios astrónomos entre ellos *Apolonio* (s. III a. C.), *Hiparco* (s. II d. C.) y *Ptolomeo* (s. III d. C.) *inventan unos recursos matemático-geométricos que les permiten afinar más los cálculos* aunque siempre de manera insatisfactoria. Estos recursos denominados el sistema de epiciclo-deferente y el ecuante pretenden, además, *explicar los fenómenos que contradecían la teoría pero sin violar los dogmas platónicos* de la circularidad y la uniformidad. Estos recursos se irán haciendo cada vez más complejos sin acabar de resolver completamente el problema.



Encontramos aquí **dos modos de hacer ciencia y entender las teorías científicas:**

EXPLICACIÓN FÍSICA	PREDICCIÓN MATEMÁTICA
Cosmología	Astronomía técnica
Realismo	Fenomenismo
Explicación de la realidad tal como es.	Dar cuenta de los fenómenos, no se pretende real, sino tan solo realizar tablas que permitan predecir lo más exactamente posible los movimientos planetarios.
Aristóteles	Apolonio, Hiparco y Ptolomeo

1.2.1.3 Pensamiento cristiano.

De los siglos V al XII hay un fuerte retroceso volviendo a una cosmología de carácter pseudomítico basada en algunos pasajes de la Biblia como la de *Cosmas Índicopleustes*. Se considera que la ciencia es un saber inútil, una peligrosa distracción. En las Escrituras están todos los saberes necesarios para la salvación.

Del siglo XIII en adelante la cosmología aristotélica cristianizada por Tomás de Aquino y Dante (*La divina Comedia*) se convierte en el dogma de fe de la Iglesia, criticarla es criticar el orden divino, ir en contra de las Escrituras.

1.2.2 LA ASTRONOMÍA DE LOS HUMANISTAS (SIGLOS XV Y XVI).

Se dedican fundamentalmente a *recuperar cosmologías más antiguas y a eliminar los errores de traducción* que persistían en las ya traducidas.

1.2.3 LA REVOLUCIÓN COPERNICANA: NICOLÁS DE COPÉRNICO (1.473-1.543).

Repasando los antiguos recupera la teoría pitagórica (Filolao). Hay que tener en cuenta los *factores extracientíficos y metafísicos* que le impulsan a defender la nueva teoría. Ideas pitagóricas y neoplatónicas que identifican al Sol con la luz y el conocimiento: *Metafísica de la Luz*.

En 1543 escribe *De Revolutionibus orbium coelestium* (De las revoluciones de los cuerpos celestes) donde expone sus teorías.



1.2.3.1 Intenciones de Copérnico y prólogo de Osiander.

En el Renacimiento cuando se buscaba una *explicación física del funcionamiento del universo* se recurría a la *cosmología aristotélica* que había sido cristianizada por la Escolástica. Cuando se buscaba *hacer predicciones lo más exactas posibles* se recurría a las *tablas de la astronomía técnica* de Ptolomeo.

Copérnico pretende unir la *intención realista* (cosmología) con la *necesidad de eficacia predictiva* (como mínimo como Ptolomeo) sin embargo el editor del libro (*Lucas Andreas Osiander*) por *miedo a la ira de los teólogos* lo presenta como un libro *fenomenista*, es decir, no pretendiendo ser un reflejo real del funcionamiento del universo sino un simple método predictivo.

1.2.3.2 Críticas a la astronomía-cosmología anterior.

Copérnico afirma que el sistema al que se ha llegado es *monstruoso e irracional*, que además está *falto de exactitud* y *utiliza el ecuante que viola los dogmas platónicos del movimiento celeste*.

☞ *Todos los errores provienen del geocentrismo* mientras que *el heliocentrismo simplifica los cálculos, es más exacto y además nos proporciona un universo perfectamente ordenado*.

1.2.3.3 El universo copernicano.

El Sol está en el centro y entorno al él giran el resto de los cuerpos celestes. La Luna a su vez gira en torno a la Tierra.

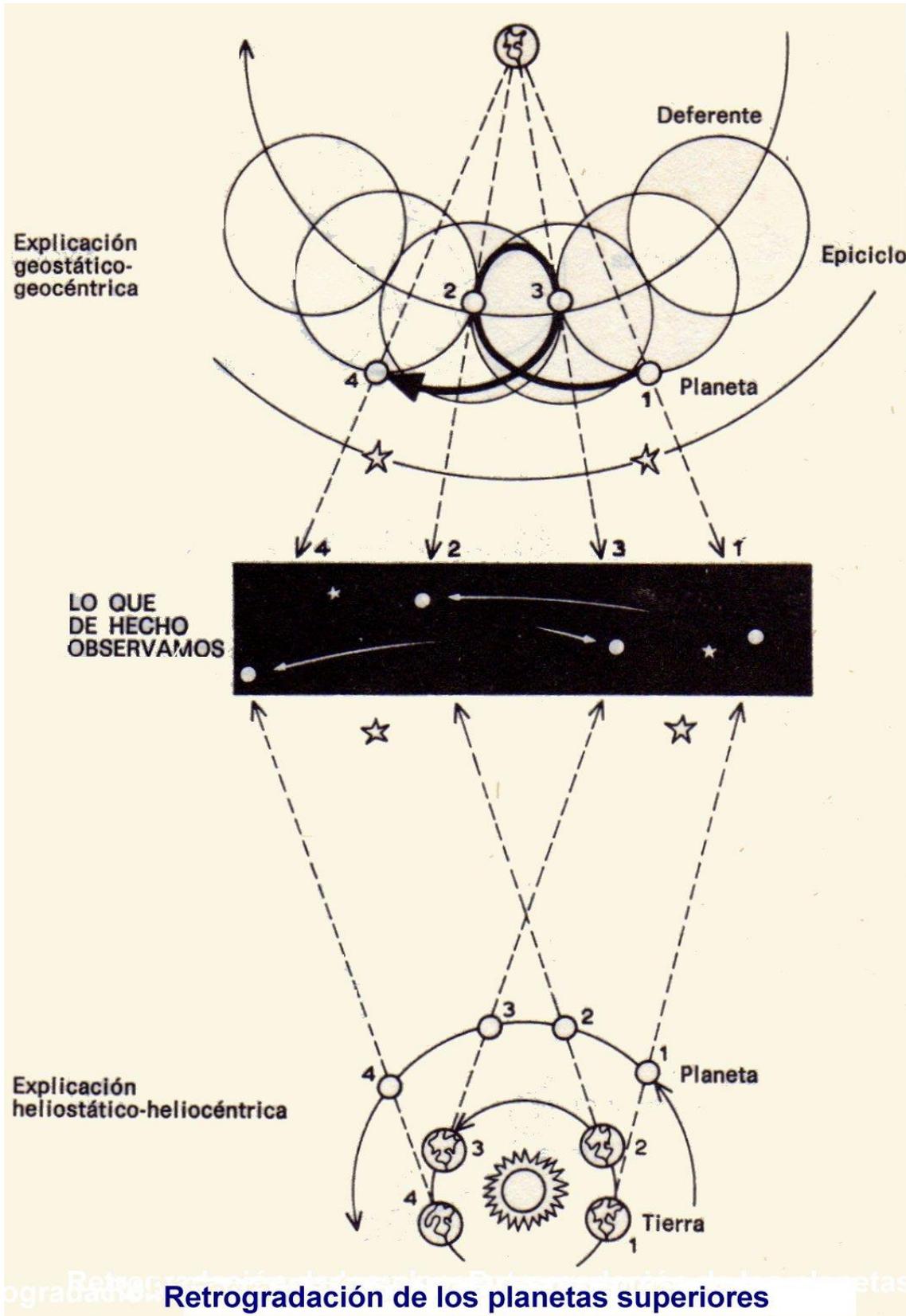
Las ventajas que ofrece son:

1. *La uniformización:*

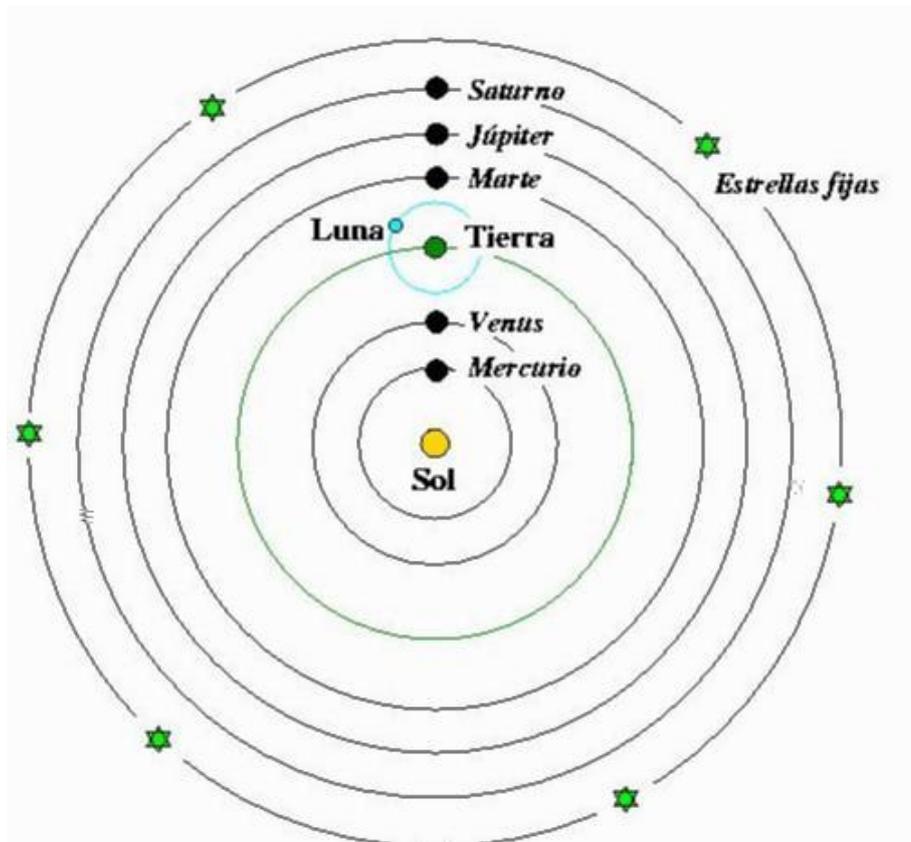
- a) *La duración del recorrido* está en relación con la distancia al Sol.
- b) No se pueden cambiar las órbitas independientemente.

c) Homogeneización del universo: todo se explica con las mismas leyes, *se elimina la dualidad entre el mundo sublunar y el mundo supralunar.*

2. *Elimina el fenómeno de retrogradación:* Es sólo un efecto óptico.



3. *La esfera de las estrellas fijas es inmóvil*: Es más fácil que se mueva el contenido que no el continente. Ahora pasa a ser el fondo, el punto de referencia.



1.2.3.4 Superación a las objeciones en contra del movimiento de la Tierra.

¿Cómo se puede mover? : De forma análoga a como lo hacen otros cuerpos celestes. Es un cuerpo celeste más.

¿Por qué no estalla por la fuerza centrífuga? : Más tendría que estallar la esfera de las estrellas fijas si se moviera pues su tamaño es muy superior.

¿Por qué no se quedan atrás los objetos no solidarios con la Tierra? : Haciendo un símil con una embarcación dice que participan del movimiento de la Tierra, son arrastrados por ella.

1.2.3.5 Valoración del sistema copernicano.

Es un astrónomo renacentista, ni ptolemaico, ni moderno:

➤ Aporta:

- ✓ Unifica el mundo sublunar y el supralunar: *rompe la dualidad de mundos.*
- ✓ *Plantea la necesidad de una nueva física* al no estar ya la Tierra en el centro del Universo.
- ✓ Entiende que el comportamiento de la naturaleza puede captarse mediante elementos matemáticos simples.

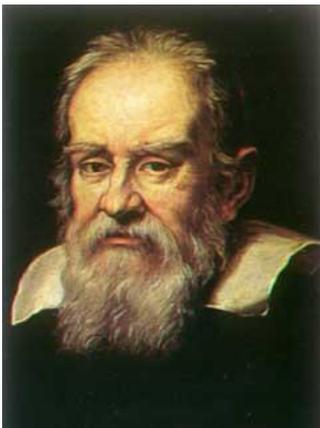
➤ **Mantiene:**

- ✓ La finitud del universo (aunque la amplía en 2.000 veces)
- ✓ Los dogmas platónicos del movimiento celeste.
- ✓ Las esferas cristalinas homocéntricas.
- ✓ El sistema de epiciclo y deferente.
- ✓ La distinción entre movimiento natural (circular) y movimiento violento (rectilíneo).

1.2.4 EVOLUCIÓN POSTERIOR.

Las teorías de Copérnico al principio no son condenadas pero a partir de principios del siglo XVII son perseguidas por la Iglesia. Sin embargo otros astrónomos profundizarán en su sistema y lo mejorarán.

1.2.4.1 La astronomía galileana.



Galileo Galilei (1.564-1.642) es contemporáneo de J. Kepler y como él **copernicano convencido**. Desea **poder demostrar la teoría copernicana**.

1. Uso del telescopio.

Lo transforma en **instrumento de investigación científica** - otros en él veían un mero juguete de feria-.

La **originalidad** de Galileo reside en **dirigirlo al cielo y entender el instrumento como una prolongación del sentido humano**.

2. Observaciones y consecuencias.

- a) **Aspecto terráqueo de la Luna:** No es una esfera cristalina y perfecta de éter. En ella, a través del telescopio, también podemos observar montañas y valles. Apoya la uniformidad del cosmos: no hay distinción entre mundo sublunar y supralunar.
- b) **Nebulosas:** no son dones de los dioses sino una aglomeración de estrellas.
- c) **Satélites de Júpiter:** Descubre cuatro y los bautiza con el nombre de planetas medicos. Representan **un sistema copernicano en reducido** no hay porque **creer que sólo hay un Sol y un centro**.

3. Persecución de sus ideas.

En **1622** es perseguido por defender el heliocentrismo tanto **por la Iglesia** (su teoría iba en contra de la cosmología aristotélica que era la que había sido aceptada por la Iglesia como oficial) como **por los astrólogos** (sus cálculos estaban hechos desde el geocentrismo y sin contar esos nuevos planetas).

En **1633 prohíben su obra, lo encarcelan y le obligan a abjurar** -jurar que sus teorías son falsas-.

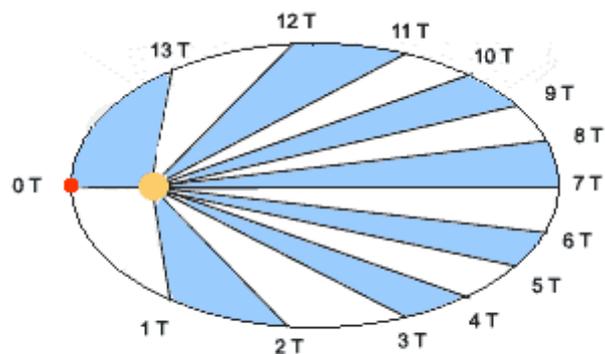
1.2.4.2 Giordano Bruno (1.548-1.600).

Afirma la infinitud del universo y la existencia de "muchos mundos". Es condenado y ejecutado por la Iglesia. *Influenciado por el paradigma mágico-natural.*

1.2.4.3 Johannes Kepler (1.571-1.630).



Rompe los dogmas platónicos del movimiento: las órbitas son elípticas (el Sol es uno de sus focos) y su movimiento no es uniforme sino que barre áreas iguales en tiempos iguales. *Influenciado por el paradigma mágico-natural.*



T = any unit of time (hour, day, week, etc.)

1.2.4.4 Newton (1.642-1.727).



Proporcionará coherencia a todo el nuevo sistema a través de su *ley de gravitación universal*.

1.3 La Nueva Física Galileana.

1.3.1 PROBLEMAS QUE SE LE PRESENTABAN A LA FÍSICA ARISTOTÉLICA.

Había de dos tipos, los derivados de:

1. **El cambio cosmológico: el heliocentrismo.** Si la Tierra ya no está en el centro toda la teoría del lugar natural ya no tiene sentido. Conceptos como arriba o abajo quedan cambiados. La idea de que los graves caen hacia el centro del universo ya no sirve.
2. **Las insuficiencias de la propia física aristotélica.** Era incapaz de dar una explicación satisfactoria de:
 - a. El **movimiento violento**: El cómo puede continuar el movimiento cuando, en ocasiones, no sigue el contacto entre la fuente del movimiento -motor- y el objeto -móvil-.
 - b. La **caída de los graves**: El porqué se aceleran así como se acercan al suelo.

1.3.2 RESPUESTA DE ARISTÓTELES.

1. El motor mueve al medio que se constituye en motor que mueve al objeto.
 - ☞ La **objeción**: es que el medio se constituye en motor y resistencia a la vez.
2. La **antiperístasis** (de origen platónico): El motor empuja al cuerpo, éste desplaza al aire que hay delante que se constituye en motor al pasar a la parte de atrás del cuerpo.
 - ☞ La **objeción**: ¿por qué se debilita el poder del medio?

1.3.3 EVOLUCIÓN DE LA FÍSICA ARISTOTÉLICA EN EL MEDIEVO.

1. **Teoría de la "Vis impressa"** de *Filopón de Alejandría*.

Crítica la antiperístasis. El impulsor imparte al cuerpo una fuerza -vis impressa- para que éste pueda seguir moviéndose. Esta fuerza no es cuantificable y se agota por sí misma. Se mantiene hasta el siglo XIII.

2. **Teoría del ímpetus** de *Nicolás de Oresme* y *Buridano* (*nominalistas* del siglo XIV).

Es similar a la anterior pero es cuantificable. Se agota por la resistencia del medio y la lucha contra la fuerza natural que le empuja hacía el centro del universo. Si no hubiera resistencia ese cuerpo se movería indefinidamente.

1.3.4 LA FÍSICA ARISTOTÉLICA Y LA FÍSICA GALILEANA.

1. **Ámbito de aplicación. Pérdida del carácter ontológico.**

La física de Galileo, a diferencia de la de Aristóteles, **no pretende explicar el "llegar a ser" de cada ente sólo teoriza y explica un tipo de cambio, en concreto, el cambio de**

lugar o movimiento local. No explica la constitución de los entes sino simplemente sus desplazamientos.

En **Aristóteles** la pregunta era: **¿Por qué se mueve?** La respuesta era la descripción de un proceso ontológico: **subsana una deficiencia:** El paso de la potencia (que es privación) al acto (que es perfección).

En **Galileo** la pregunta será: **¿Cómo se mueve?** La respuesta será encontrar la **proporción matemática que nos lo exprese o describa.** No pretende buscar el porqué solo describir cómo sucede.

2. De la física cualitativa a la física cuantitativa.

La forma galileana de entender la física está **influida** por los estudios que le proporcionaron el **conocimiento de Arquímedes y su aplicación de las matemáticas a la física.**

Junto a con **Kepler** y después **Descartes** **inicia una tendencia que definirá la modernidad: el expresar sus teorías en lenguaje matemático.**

Su **idea de la Naturaleza** queda expresada así en uno de sus textos:

"La filosofía está escrita en ese vasto libro que está siempre abierto ante nuestros ojos: me refiero al universo; pero no puede ser leído hasta que no hayamos aprendido el lenguaje y nos hayamos familiarizado con las letras con las que está escrito. **Está escrito en lenguaje matemático,** y las letras son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible entender una sola palabra"

Il Saggiatore, 1.623 (El ensayista)

En la **antigüedad** el lenguaje de la física es **cualitativo** (pesado, ligero).

En la **modernidad** el lenguaje de la física es **cuantitativo** (proporción matemática).

1.3.5 LA DINÁMICA GALILEANA.

Galileo da **una definición para cada tipo de movimiento expresable matemáticamente:**

1. Movimiento uniforme.

Definición: "Aquel en el que **las distancias recorridas** por el cuerpo en movimiento durante cualesquiera **intervalos de tiempo** son **iguales** entre sí".

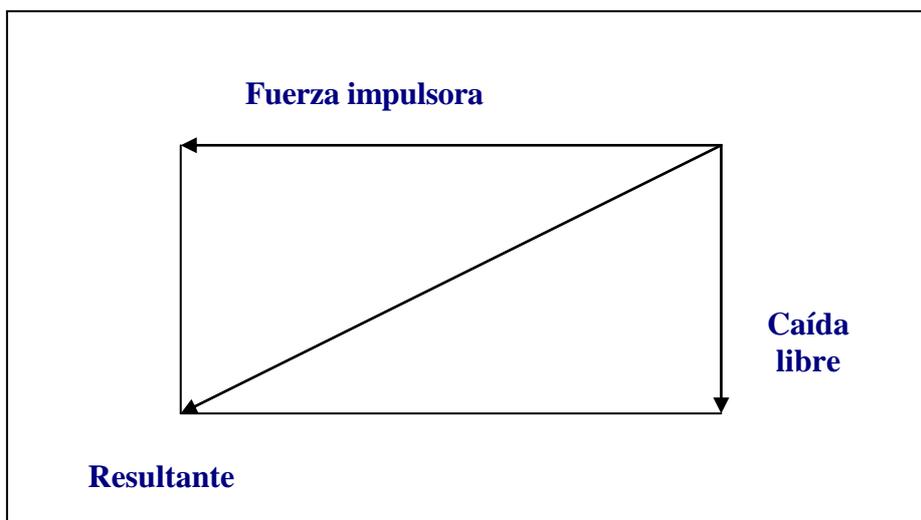
Proporción matemática: $v = e / t$

2. Movimiento uniformemente acelerado: Es el movimiento de **caída de libre de los cuerpos.**

Definición: "Se dice que un cuerpo está uniformemente acelerado cuando **partiendo del reposo** adquiere, durante **intervalos iguales, incrementos iguales** de velocidad"

Proporción matemática: $v = a \cdot t$

3. **Movimiento de proyectiles:** Es el **movimiento violento de Aristóteles**.



Lo teoriza como una **composición de fuerzas** entre el movimiento natural (la caída libre) y el movimiento violento (rectilíneo) de la fuerza impulsora.

1.3.6 CONCLUSIONES.

Galileo plantea una *nueva forma de hacer física* aunque sus teorías no tendrán un sentido completo hasta que sean integradas dentro de las de Newton y en concreto en su teoría gravitatoria.

Plantea el *principio de inercia "circular"*, el de la física clásica será el definido por Newton-Descartes que será *"rectilíneo"*.

1.3.7 GALILEO Y EL MÉTODO EXPERIMENTAL.

El nuevo método no consiste en experimentar a secas, sino en **establecer una conexión necesaria entre la matemática y la investigación empírica**.

Además del tratamiento matemático de los problemas exigió que sus ecuaciones fueran contrastables empíricamente.

Los **pasos a seguir** son:

1. **Resolución o análisis de las cualidades esenciales.** Consiste en reducir la multiforme variedad empírica de un fenómeno a unas pocas propiedades. *Abstraer aquellos elementos que son fundamentales para la resolución del problema.*
2. **Composición o síntesis.** *Componer una hipótesis matemática de la que se deduzcan una serie de consecuencias observables.* Estas hipótesis se construyen *de acuerdo con el principio de simplicidad que rige la naturaleza.*
3. **Experimento o comprobación.** Se trata de *comprobar si las consecuencias de la hipótesis son ciertas o no.*