

ANTECEDENTES HISTORICOS

Clase 3 cosmología hoy



Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

TALES DE MILETO (624--547 ADC)

- Predicción de una eclipse
- Propone el primer modelo cosmológico sin la presencia de dioses o figuras sobrenaturales
- El universo se rige por leyes objetivas. el hombre puede descubrir dichas leyes
- El universo es una isla
- El agua es la componente fundamental

ANAXIMANDER (611 -- 546 ADC)

- El universo está compuesto de un número de esferas. Las estrellas están más cerca que la Luna
- Está rodeado de una esfera de fuego
- La tierra es un cilindro (?)
- Primera versión esférica del universo

ANAXÁGORAS (500? -- 428 ADC)

- Los objetos celestiales no caen porque se sostienen por un remolino alrededor de la tierra
- Sugirió que eran parte de la tierra y fueron arrancados por este remolino
- Su brillo se debe al calor generado por la fricción al separarse de la tierra

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

ANAXIMENES (ASOCIADO DE ANAXIMANDER)

LAS ESTRELLAS ESTAN PEGADAS A UNA
ESFERA QUE ROTA EN TORNO A LA
TIERRA. ESTA IDEA PERDURA POR
SIGLOS

PITÁGORAS (570 -- 500 BC)

CUERPO, MENTE Y ESPÍRITU
FORMAS PERFECTAS: LA TIERRA ES UNA
ESFERA,
LAS ÓRBITAS DE LOS PLANETAS SON
CIRCULOS...

LA ARMONÍA DE LAS ESFERAS:
radiación gravitacional

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

PHILOLAUS (PUPILO DE PITAGORAS)

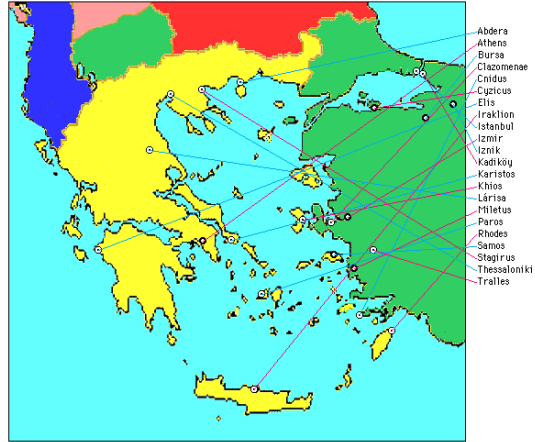
LA TIERRA ORBITA EN EL ESPACIO
ALREDEDOR DE UN PUNTO FIJO (NO
GIRA EN TORNO A SI MISMA !!)
Hay un fuego central (no es el Sol) que
esconde un objeto similar a la tierra: tikton...
La idea de espacio como algo
independiente de los objetos.

HERÁCLITO DE PONTUS (375 -- 310 ADC)

MERCURIO Y VENUS ORBITABAN
ALREDEDOR DEL SOL: SON LAS
ESTRELLAS DE LA MAÑANA Y DEL
ATARDECER

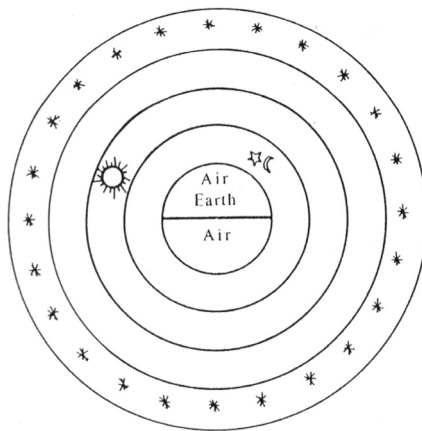
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Democrito de Abdera 460 – 370 AC



Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

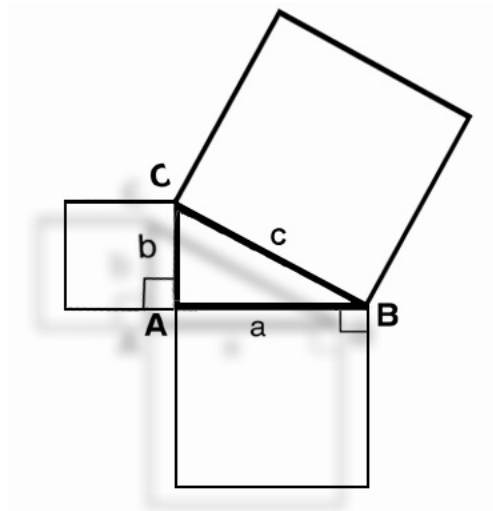
Universo de Demócrito



El universo de Democrito: La tierra es un disco plano que divide la esfera que lo contiene en dos partes iguales. Esta esfera yace inmersa en otra esfera que contiene a la luna y a la estrella de la mañana (venus), seguida de una esfera que contiene a el sol, otra para los planetas, y finalmente las estrellas.

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

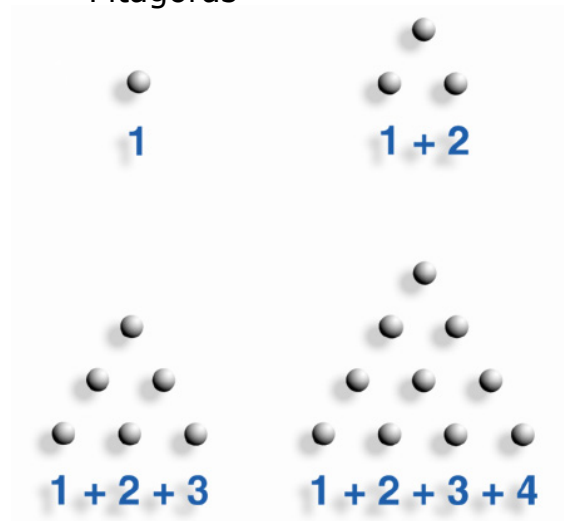
Pitágoras



La Geometría

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

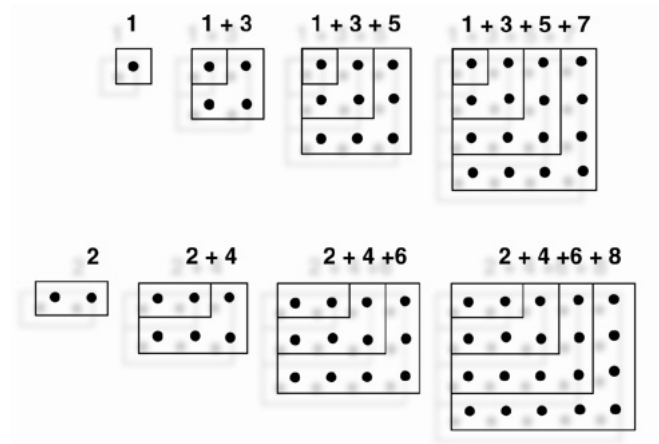
Pitágoras



Geometría y números

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

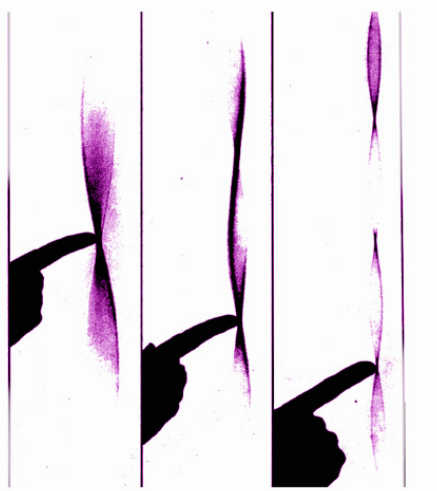
Pitágoras



Geometría y números

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

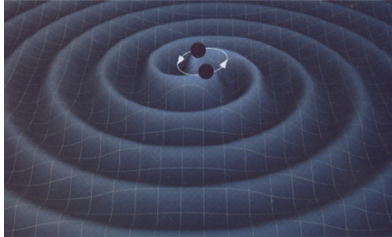
Pitágoras



Números
Armonía Musical
Esfera Celestial

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

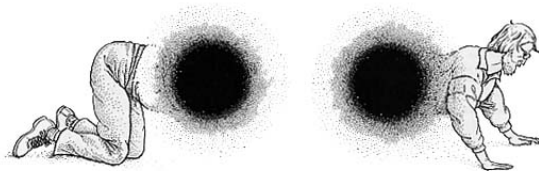
Ondas gravitacionales



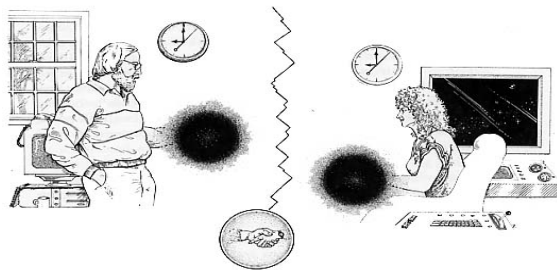
La armonía de las esferas propuesta por Pitágoras, tiene un paralelo en el modelo actual del espacio-tiempo. El espacio deja de ser una estructura rígida y responde al movimiento de los cuerpos masivos, oscilando de una forma determinada. Esta visión corresponde a las ondas gravitacionales que emergen de la teoría de la relatividad general de Einstein. Los esfuerzos permanentes realizados por grupos en distintas partes del planeta nos pone muy cerca de detectar estas radiaciones gravitacionales. Si son descubiertas, constituirán la prueba de fuego de la teoría de la gravitación de Einstein.

El sonido de los planetas

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

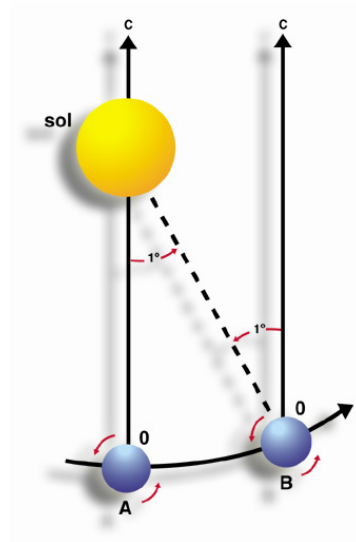


Las Ondas Gravitacionales deberían ser el equivalente actual de la armonía de las esferas propuesta por Pitágoras.



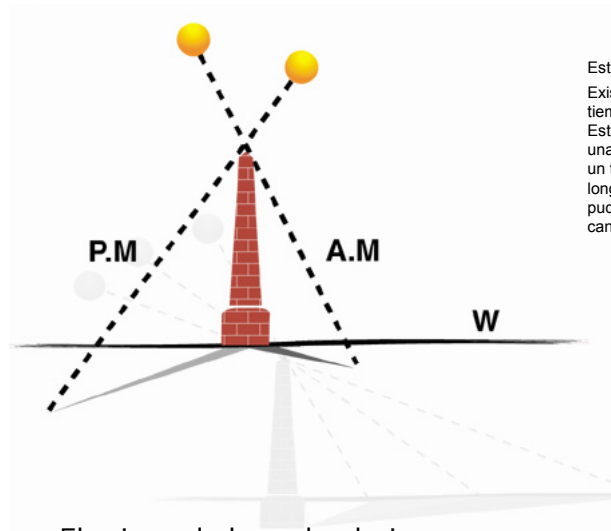
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Diferencia entre el día sideral y día solar



Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

La sombra: el reloj primitivo

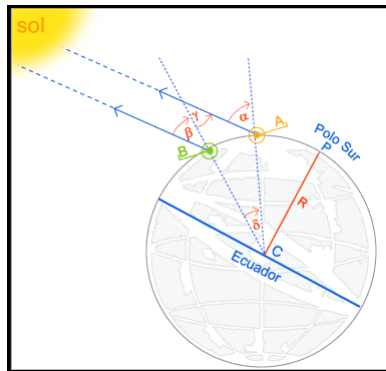


Este es el reloj más primitivo.
Existe un problema para uniformar los
tiempos de lugares con distinta longitud.
Esto se logró a comienzos de los 1900,
una vez que los trenes obligaron a tener
un tiempo. La determinación de la
longitud para que los navegantes
pudieran ubicar su posición fue un tema
candente en los años 1600.

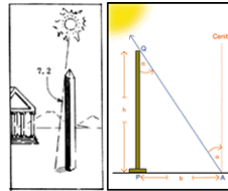
El origen de los calendarios

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Medición del Radio de la tierra



Eratóstenes



(276--194) Tenía a su cargo la Biblioteca de Alejandría. En dicho lugar se estudiaba medicina, matemáticas, astronomía y artes liberales.. Era un hombre muy culto pero no gozaba de prestigio entre sus pares por que se argumentaba que quien tiene conocimientos muy amplios éstos tienen poca profundidad.

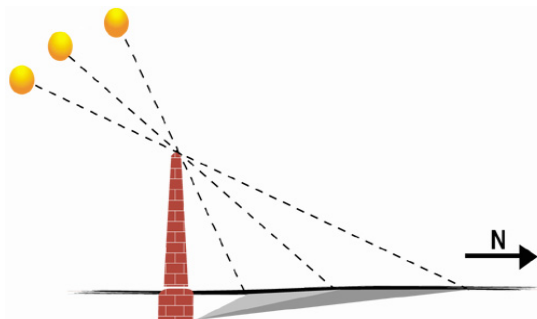
Obviamente sabía que la tierra era redonda y elaboró un programa para determinar su radio. Este ha sido nombrado como es uno de los experimentos más hermosos en la historia. Comparó dos ciudades ubicadas a 250.000 stadia, (1 stadia = 150 m), Alejandría y Syena (Aswad)

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

La sombra del Sol a lo largo del año: el origen del calendario

Las sombras permiten determinar la época del año. Otros eventos señalan los tiempos de siembra.

Períodos más largos requieren otros fenómenos como las fases de la Luna, los planetas como Venus en caso de los Mayas o la aparición (o desaparición) de una estrella en el horizonte. En el caso de Egipto, Sirio la estrella brillante en la constelación de Orión, aparecía justo antes de la salida del Sol, cuando el Nilo crecía. Se atribuía a Sirio la crecida del Nilo. Esto marcaba el comienzo del año de 365 días.



El origen de los calendarios

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Ubicación de los Mayas



Pueblo de origen desconocido.

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

CALENDARIO MAYA CALENDARIO SAGRADO

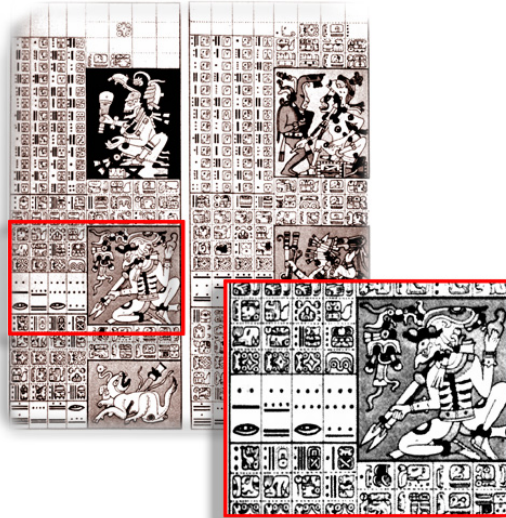
- 260 días, Enumerados del 1 al 13 seguido de 20 nombres
1- Febrero , 2- Marzo...

- CALENDARIO CIVIL
20 días agrupados en 18 meses

- Movimiento de Venus
- Inventaron los números con base 20
- Introdujeron el Cero

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Calendario Siglo XV



Las constelaciones del mes de Julio

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Equinoxio en Chichen Itza 22 septiembre 2000



Formación del cuerpo de una serpiente sobre la escalera de la pirámide "El Castillo de Kukulcan" sólo durante los equinoccio al amanecer y anochecer.

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Platón y Aristóteles



Fresco de Rafael, La escuela de Atenas, en los posentos del Papa julio I en el Vaticano.

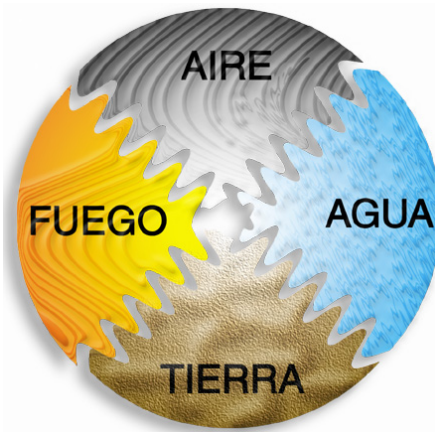
Se supone que aquel con un gran libro en sus manos es Pitágoras. Con un turbante aparece Averroes, el médico-filósofo. Aristóteles y Platón aparecen en el centro del fresco.

Platón (427–347). Las estrellas pertenecían al mundo real y ése no era del interés de Platón. Promovió otro modelo del universo con semiesferas. Su discípulo Eudoxus ideó un sistema de 4 esferas para cada planeta tales que con movimientos uniformes describían relativamente bien el movimiento observado de los planetas. Eudoxus fue asignado con esta tarea debido a que fue sorprendido por Platón resolviendo un problema práctico, cosa prohibida en la Academia.

Pilares de la Cultura Occidental

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

4 Elementos de Aristóteles



Aristóteles (384-322). Probablemente el mayor filósofo de todos los tiempos. Aceptó el modelo de Eudoxus y de las esferas. Su cosmología integra toda su filosofía. Dio explicaciones precisas porque se concentró en el aspecto físico.

El universo está compuesto de 4 elementos. Nunca se observan en su estado puro.

Cada elemento quiere adoptar su posición natural. Fuego y tierra se ubican en los extremos.

El movimiento de un objeto dependía del elemento más abundante. Luego, los objetos más pesados caen más rápido...

El mundo más allá de la Luna está gobernado por otras leyes. No corresponde a la misma materia del mundo nuestro, es el éter.

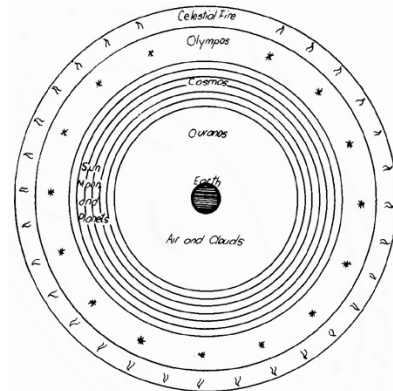
El éter es puro e inmutable. Tiene su movimiento propio, acorde a su naturaleza: movimiento circular. El movimiento circular es una necesidad filosófica en el sistema de Aristóteles.

El universo es finito, para que la velocidad de rotación no sea infinita, que es inconcebible en Aristóteles.

Una visión integrada del Universo

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Modelo geométrico del Universo



Aristóteles incorpora los cascarones celestiales

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

ARISTARCOS DE SAMOS (310 --230 ADC)

ÚLTIMO DISCÍPULO DE PITÁGORAS
LA TIERRA Y TODOS LOS PLANETAS
ORBITAN ALREDEDOR DEL SOL
EN SU ÉPOCA COMIENZA EL RECHAZO
AL PENSAMIENTO EMPÍRICO

PLATON (428 -- 347 ADC)

EL MUNDO DEBE SER UNA ESFERA
PERFECTA Y TODOS LOS MOVIMIENTOS
DEBEN OCURRIR EN CÍRCULOS
PERFECTOS CON RAPIDEZ UNIFORME

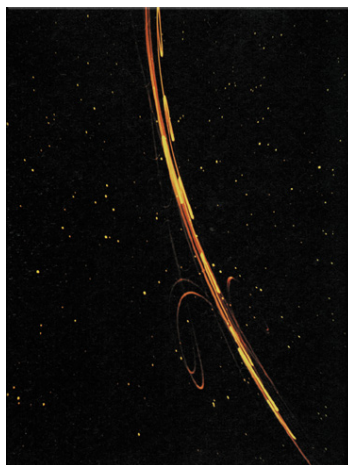
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

CREENCIAS VIGENTES AL AÑO 1500

- Un pensamiento basado en la autoridad y un rechazo a la evidencia empírica
- La aceptación del sistema geocéntrico
- El movimiento circular uniforme como base de los modelos astronómicos
- La idea de Aristóteles que los cuerpos tienden naturalmente a detenerse.

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

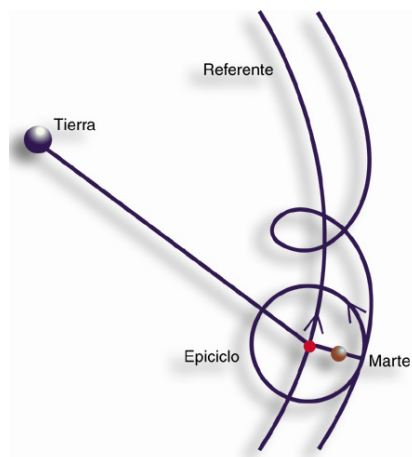
Movimiento de Marte



El enigma de la trayectoria de Marte

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Ptolomeo



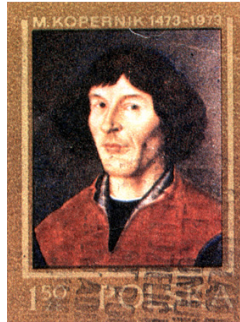
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Cronología

PTOLOMEO	300	GEOCÉNTRICO EL HOMBRE ES EL CENTRO DEL UNIVERSO.
COPERNICO	1500	SISTEMA HELIOCENTRICO
TYCHO BRAHE	1550	1er ASTRONOMO MODERNO
KEPLER	1600	LEYES DE MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS
GALILEO	1564-1642	SISTEMA HELIOCENTRICO
NEWTON	1643-1726	LEY DE GRAVITACION UNIVERSAL

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Nicolás Copérnico



A pesar que el sistema heliocéntrico realmente no tenía ventajas categóricas con respecto al sistema geocéntrico, terminó imponiéndose. Este hecho señala claramente el inicio de una nueva época en la historia universal. El sistema heliocéntrico pavimentó el camino para el establecimiento de la nueva unificación del movimiento planetario con la física terrestre. Este hecho marcará la caída del sistema aristotélico. Copérnico fue el instigador de la revolución científica.

Copérnico se situaba lejos de ser un revolucionario. Su intención era restituir fidedignamente los principios de Platón y Aristóteles del movimiento circular y uniforme en la descripción del movimiento de los planetas.

La diferencia entre Copérnico y Aristarco fueron los argumentos cuantitativos que Copérnico puso detrás de su teoría. Logró publicar tablas que daban la razón entre los radios de los planetas, por ejemplo.

El mantener la esfera celeste estática introdujo la posibilidad que las estrellas no estuviesen todas en un solo cascarón sino que se distribuyeran en un volumen.

Entre las objeciones a la teoría de Copérnico están:

La tierra es el centro del universo. No puede moverse. Por esta razón el libro de Copérnico fue puesto en el índice.

El poner a la Tierra en movimiento crea problemas en la cosmología autoconsistente de Aristóteles. ¿Cómo mover la Tierra que estaba hecha del material más pesado? Mover los cielos no era problema. Estaban compuesto del éter que es una sustancia ideal que no requiere esfuerzo moverla.

También está el paralaje, que C. logró responder acertadamente diciendo que las estrellas estaban muy lejanas.

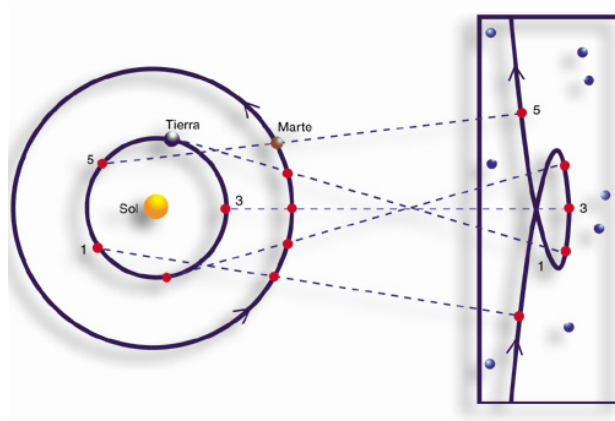
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

COPERNICO 1473--1543

- En Italia conoció los escritos de Aristarco y concibió la teoría Heliocéntrica
- En 1512 fue invitado a participar en la reforma del calendario. No aceptó.
- En 1512 escribió "De Revolutionibus". Lo terminó en 1530, pero fue publicado el día de su muerte.
- Permaneció atado al movimiento circular y velocidades constantes. Tuvo que recurrir a las ruedas dentro de ruedas de Ptolomeo.

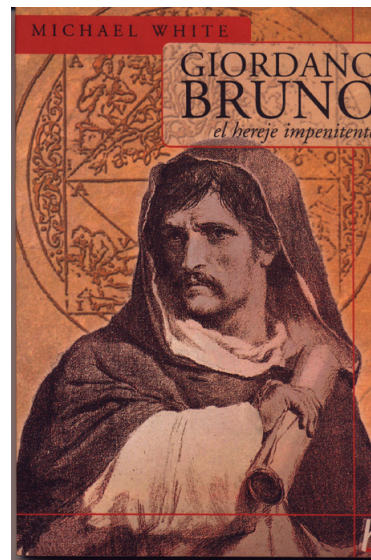
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Ptolomeo v/s Copérnico



Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Giordano Bruno
(Nola, Nápoles, 1548-Roma, 1600)
Filósofo, científico, erudito y místico.



Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Kepler



Inicialmente trabajó en la construcción de un sistema solar basado en las seis poliedros regulares. Esto le permitió ser conocido por Galileo y Brahe. Fue ayudante de Brahe y, a su muerte continuó con las observaciones de Brahe.

Quedó impresionado con el sistema heliocéntrico de Copérnico. Sin embargo al intentar ajustar la órbita de Marte en el sistema de Copérnico con velocidades uniformes, tardó 4 años en darse cuenta que era imposible. A pesar de apoyar con vehemencia el modelo de Copérnico tuvo que admitir la falla que ocurría en la descripción de Marte. Kepler concluyó que el modelo no era el adecuado.

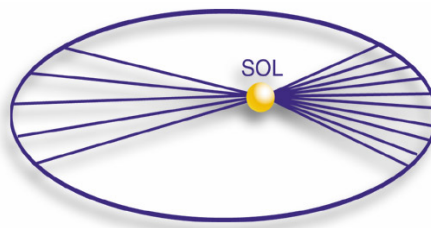
Después de años de labor concluyó que la trayectoria era un a elipse con uno de los focos centrado en el Sol.

Después vino la segunda ley, era necesario indicar cuánto demora el planeta en ir de un punto a otro en la elipse. Utilizando varios principios erróneos concluyó correctamente que el área barrida era una constante.

La tercera ley aparece debido a su creencia de que existía una ley simple que gobernaba el sistema solar. De hecho analizó la relación de los Pitagóricos y las notas musicales. Esta relación válida para todos los planetas es: el cuadrado del período es proporcional al cubo del radio de la órbita. La constante de proporcionalidad es la misma para todos los planetas.

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Leyes de Kepler



Orbitas elíptica
velocidad de un planeta

Hay un largo camino desde Tolomeo y su sistema geocéntrico pasando por el sistema heliocéntrico que utiliza las referencias los epiciclos y los ecuantos.

El punto final es la elipse. No queda duda que constituye la mejor descripción del sistema solar.

El sistema escolástico basado en circunferencias y movimientos uniformes no puede dar cuenta del comportamiento de los

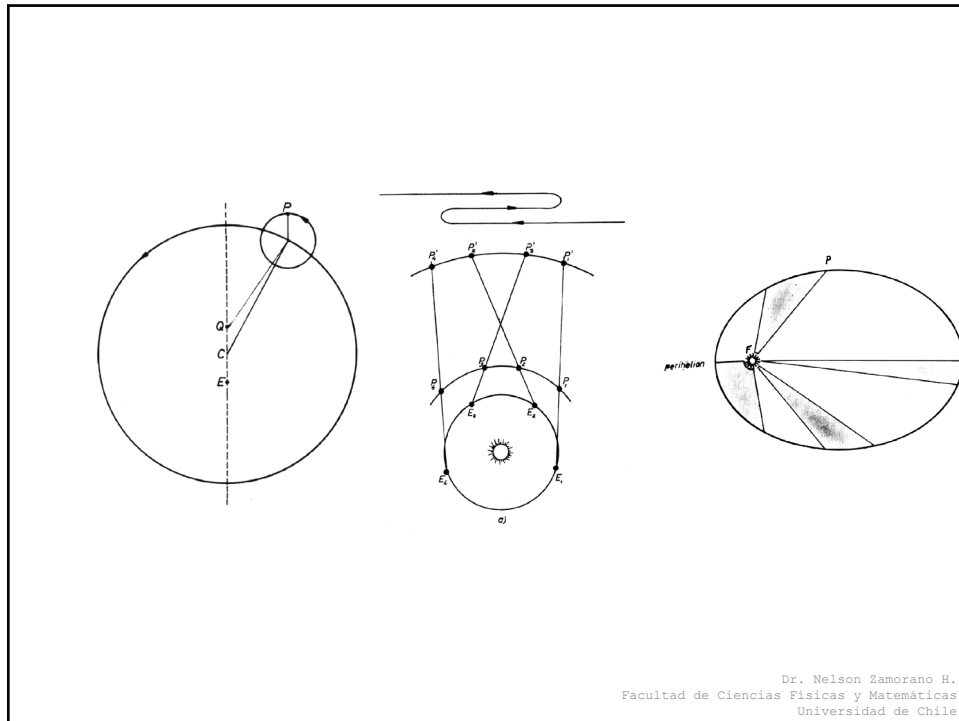
Planetas.

Cabe notar que Kepler encontró las armonías del sistema solar a partir de las observaciones. Falta un principio o una ley detrás de estos descubrimientos empíricos.

Destaca el nuevo espíritu de la época. La observación se constituye en la base de cualquier especulación filosófica.

Se impone un optimismo que impulsa a creer que la naturaleza puede ser entendida por nosotros y con las herramientas conocidas.

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile



Johanes Kepler

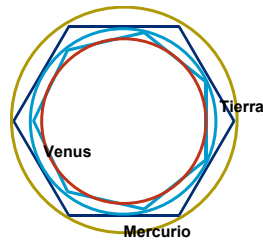
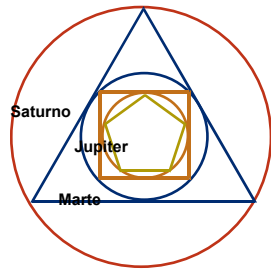
A los 22 años, Kepler se había trasladado a la ciudad de Graz en Austria proveniente de la Universidad de Tübingen en Alemania, para asumir la posición de profesor de Matemáticas en una escuela local, como el puesto de matemático oficial de la provincia de Styria.

En este lugar, Kepler, gran seguidor de Copérnico, intentó resolver los tres grandes enigmas de su tiempo acerca del sistema solar. Estos eran:

- ¿Por qué existen seis y sólo seis planetas? (incluye a la Tierra)
- ¿Qué es lo que determina el tamaño de sus órbitas? (Copérnico había medido el radio de las órbitas con respecto al radio de la Tierra. Sus valores se incluyen en la tabla siguiente. Existe un gran salto entre Marte y Júpiter.)
- ¿Cuál es el origen de sus velocidades? Sabemos que cambian a lo largo de la trayectoria, de allí la necesidad de incluir los epiciclos en el modelo de Ptolomeo y Copérnico.

¿Necesitamos más dimensiones?

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile



Johanes Kepler

Se resume a continuación un ejemplo ilustrativo de cómo las dimensiones adicionales pueden resolver (temporalmente) una anomalía que ocurre en la naturaleza.

Rápidamente se dio cuenta que este modelo no era una alternativa interesante.

Hay muchos polígonos regulares, de modo que no explica el número de los planetas.

Las razones entre los radios no eran buenas tampoco.

Sin embargo Kepler estaba convencido (erróneamente como veremos) que el tamaño de las órbitas y el número de planetas no era un accidente.

**La estructura del sistema solar y las características
De la órbita de los planetas no es arbitraria.**

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

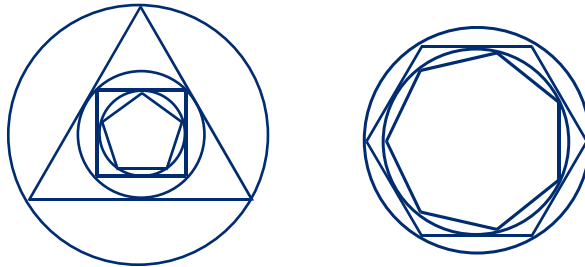
Johanes Kepler

Planetas	Radio de Órbita (Copérnico)	Razón
Saturno	9.17	Saturno / Jupiter 1.76
Jupiter	5.22	Jupiter / Marte 3.43
Marte	1.52	Marte /Tierra 1.52
Tierra	1.00	Tierra/ Venus 1.39
Venus	0.72	Venus/ Mercurio 1.89
Mercurio	0.38	

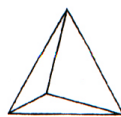
**Razones obtenidas con este modelo geométrico:
2,00 ; 1,41 ; 1,24 ; 1,15 ; 1,11**

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

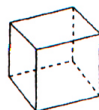
Johanes Kepler



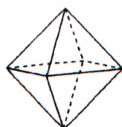
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile



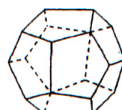
Tetrahedron



Cube



Octahedron



Dodecahedron



Icosahedron

Para lograr una explicación para el número de planetas y el valor de su radio, Kepler introdujo una tercera dimensión en este problema de Fijar las órbitas que viajan en un plano.

Hoy se hace algo similar: para intentar explicar por qué sólo existen seis y sólo seis quarks. ¿Qué determina el tamaño de éstas ?
¿Por qué interactúan con diferentes intensidad de fuerzas? ¿Por qué tienen la masa que tienen ?

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Johanes Kepler

Poliedro	Número de caras	Número de vértices	Radio de esfera externa	Radio de esfera interna	Razón
Tetraedro	4	4	$3\sqrt{6}/12$	$\sqrt{6}/12$	3.00
Cubo	6	8	$\sqrt{3}/2$	$1/2$	1.73
Octáedro	8	6	$1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{6}$	1.73
Dodecaedro	12	20	$(10+2\sqrt{5})^{1/2}/4$	$(250+110\sqrt{5})^{1/2}/20$	1.26
Icosaedro	20	12	$(\sqrt{15}+\sqrt{3})/4$	$(3\sqrt{3}+\sqrt{15})/12$	1.26

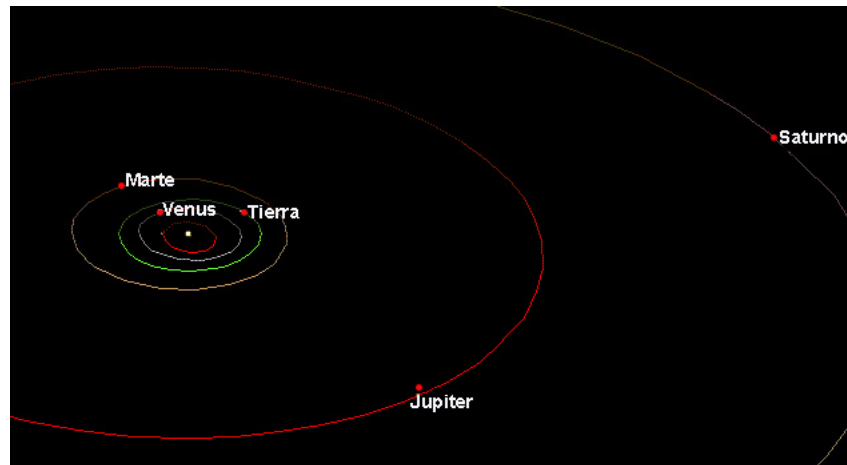
Saturno—Cubo
 Júpiter----Tetrahedro
 Marte-----Dodecaedro
 Tierra-----Icosaedro
 Venus-----Octahedro
 Mercurio

La esfera que representa la órbita de Saturno circunscribe un cubo. El esfera inscrita en este cubo representa Júpiter. La esfera de Júpiter circunscribe a tetrahedro, que representa a Marte,

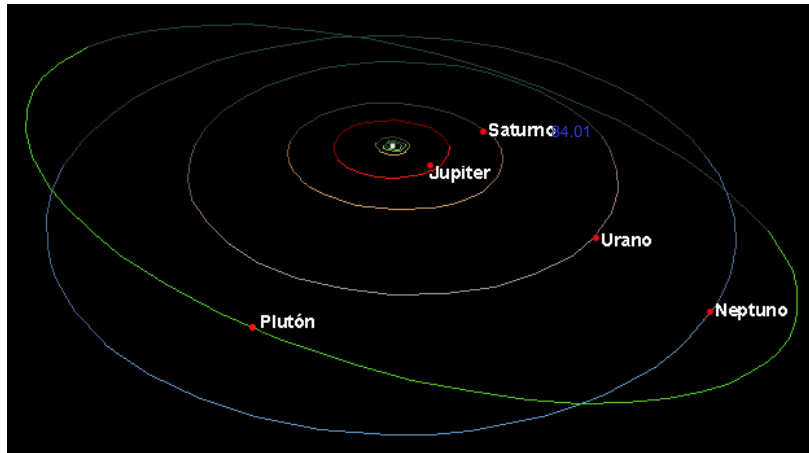
Razones obtenidas con este modelo geométrico:

1,73 ; 3,00 ; 1,26 ; 1,26 ; 1,73

Dr. Nelson Zamorano H.
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Universidad de Chile

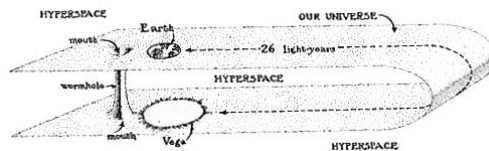


Dr. Nelson Zamorano H.
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Universidad de Chile



Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Ondas gravitacionales



Las Ondas Gravitacionales deberían ser el equivalente actual de la armonía de las esferas propuesta por Pitágoras.

El sonido de los planetas

Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile