



COSMOLOGÍA HOY

Antecedentes Históricos

Clase 3



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

COSMOLOGÍA HOY :: Antecedentes históricos :: Clase 3



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

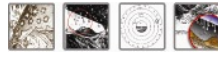
ANAXIMANDER (611 -- 546 ADC)

- 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

ARQUITAS, PARMÉNIDES

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.

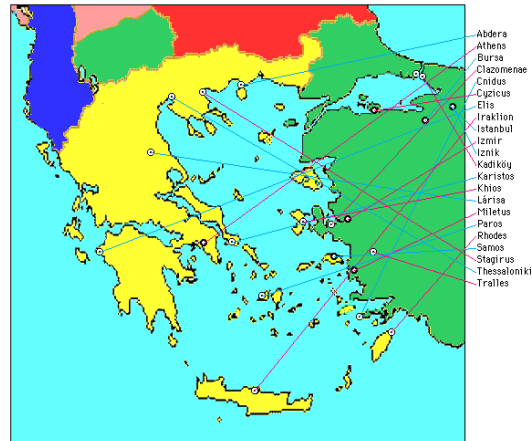
HERÁCLITO DE PONTUS (375 -- 310 ADC)

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



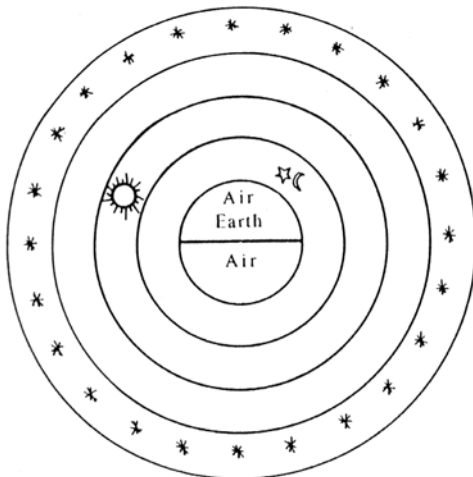
Democrito de Abdera 460 – 370 AC



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



Universo de Demócrito



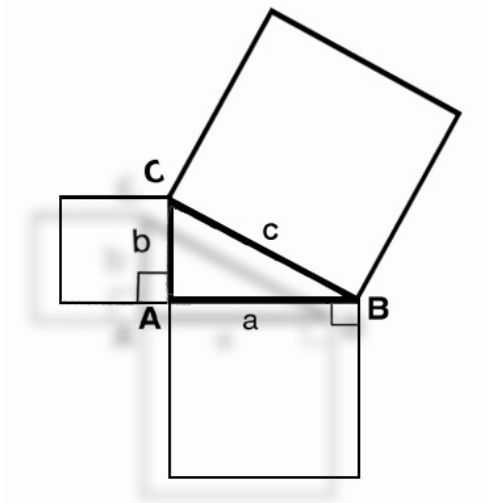
El universo de Democrito: La tierra es un disco plano que divide la esfera que lo contiene en dos partes iguales. Esta esfera yace inmersa en otra esfera que contiene a la luna y a la estrella de la mañana (venus), seguido de una esfera que contiene a el sol, otra para los planetas, y finalmente las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

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



Pitágoras

La Geometría

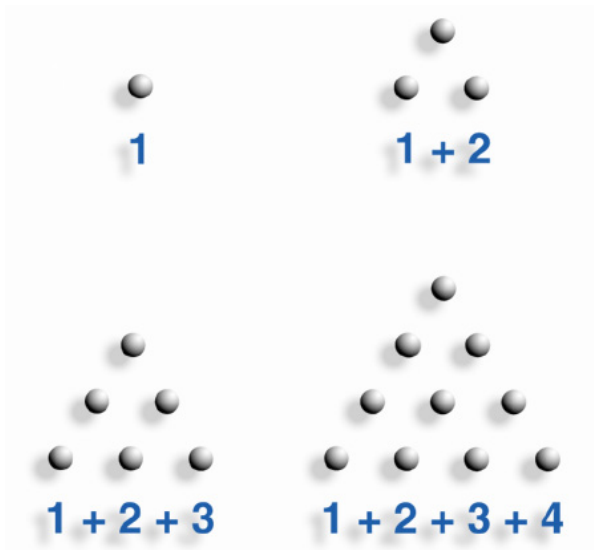


Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

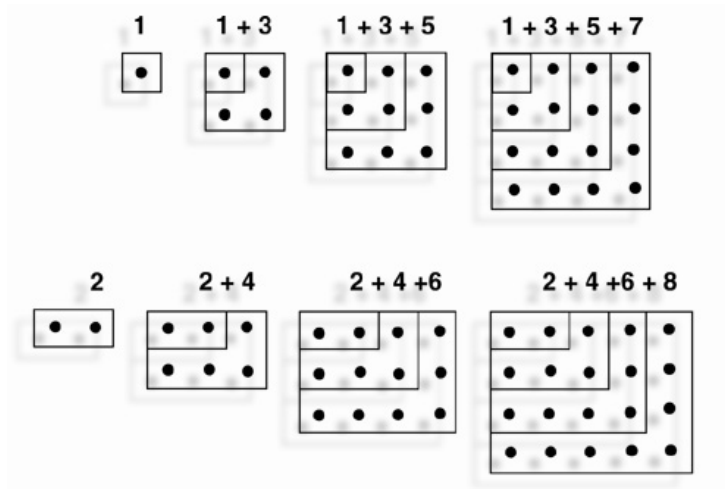


Pitágoras

Geometría y números



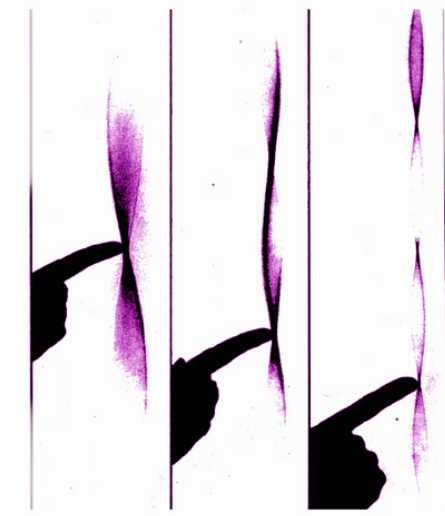
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile



Pitágoras

Geometría y números

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



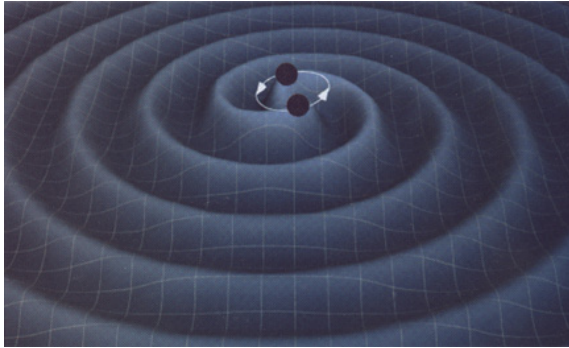
Pitágoras

Números
Armonía Musical
Esfera Celestial

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



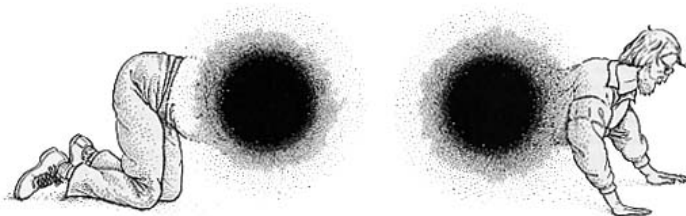
Ondas gravitacionales



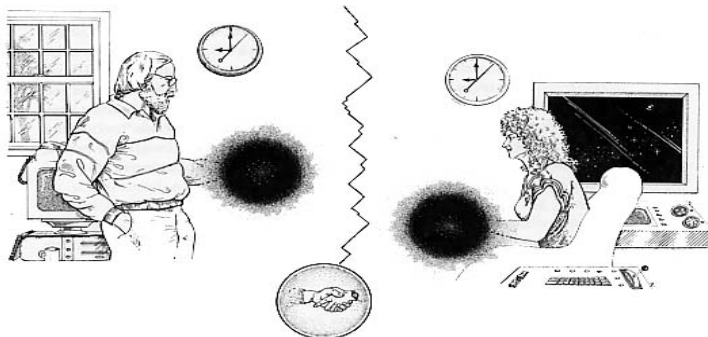
La armonía de las esferas propuesta por Pitágoras, tiene un paralelo en el modelo actual del espacio-tiempo. El espacio deja de ser una estructura rígida y responde al movimiento de los cuerpos masivos, oscilando de una forma determinada. Esta visión corresponde a las ondas gravitacionales que emergen 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



Platón y Aristóteles



Fresco de Rafael, La escuela de Atenas, en los aposentos 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.

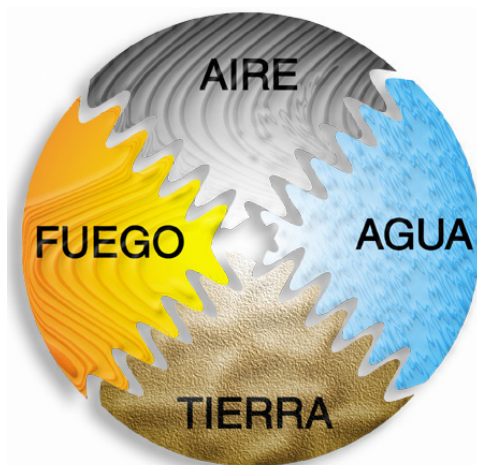
Platón (427--347) . Las estrellas pertenecían al mundo real y ése no era del interés de Platón. Promovió otro modelo del universo con semiesferas. Su discípulo Eudoxus ideó un sistema de 4 esferas para cada planeta tales que con movimientos uniformes describían relativamente bien el movimiento observado 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.

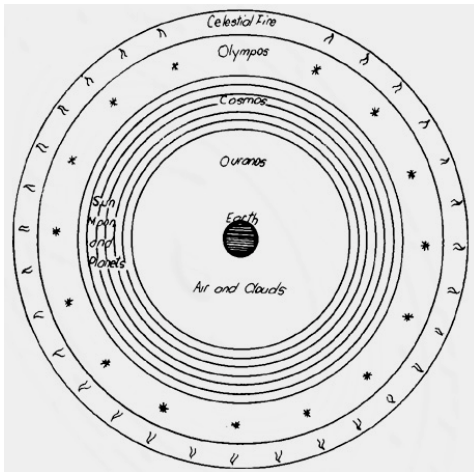
El universo es finito, para que la velocidad de rotación no sea infinita, que es inconcebible en Aristóteles.

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



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.

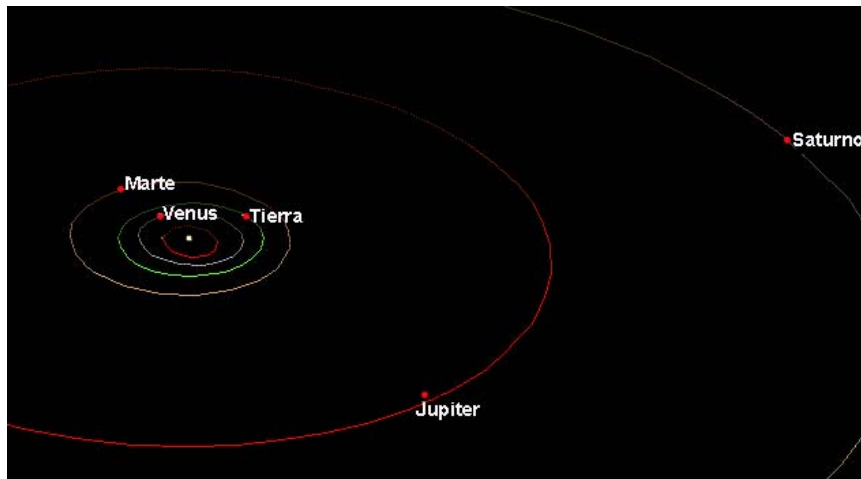
Quedó impresionado con el sistema heliocéntrico de Copérnico. Sin embargo al intentar ajustar la órbita de Marte en el sistema de copérnico con velocidades uniformes, tardó 4 años en darse cuenta que era imposible. A pesar de apoyar con vehemencia el modelo de Copérnico tuvo que admitir la falla que 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.

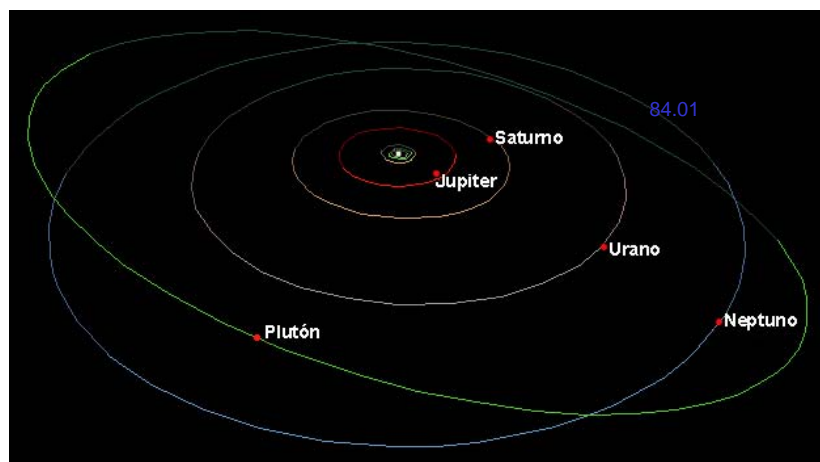
Después vino la segunda ley, era necesario indicar cuánto demora el planeta en ir de un punto a otro en la elipse. Utilizando varios principios erróneos concluyó correctamente que el área barrida era una constante.

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



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



Johanes Kepler

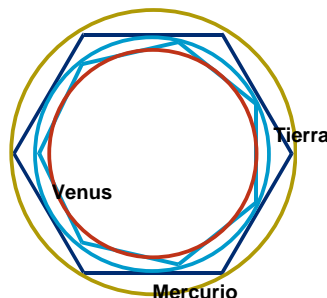
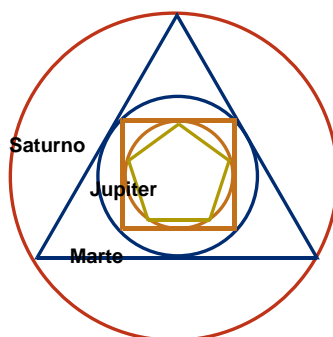
Planetas	Radio de Órbita (Copérnico)	Razón
Saturno	9.17	Saturno / Jupiter 1.76
Jupiter	5.22	Jupiter / Marte 3.43
Marte	1.52	Marte /Tierra 1.52
Tierra	1.00	Tierra/ Venus 1.39
Venus	0.72	Venus/ Mercurio 1.89
Mercurio	0.38	

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



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.

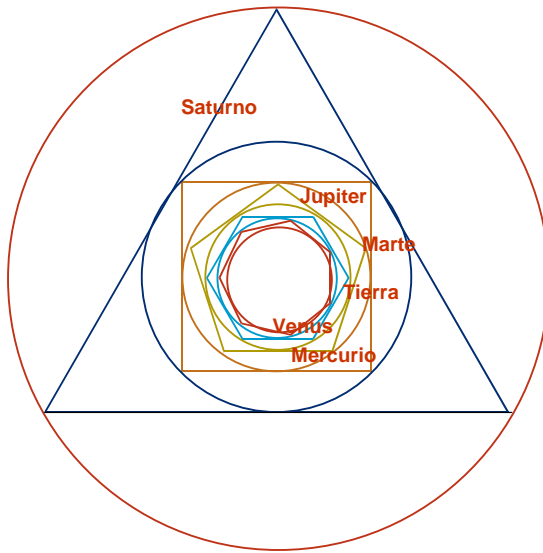
Sin embargo Kepler estaba convencido (erróneamente como veremos) que el tamaño de las órbitas y el número de planetas no era un accidente.

**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



¿Necesitamos más dimensiones?

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)

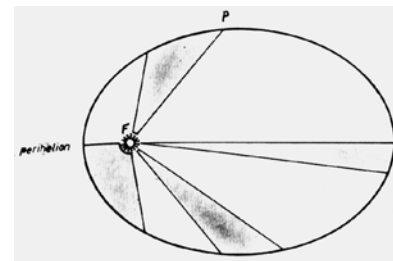
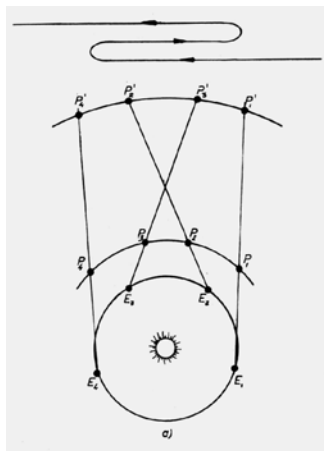
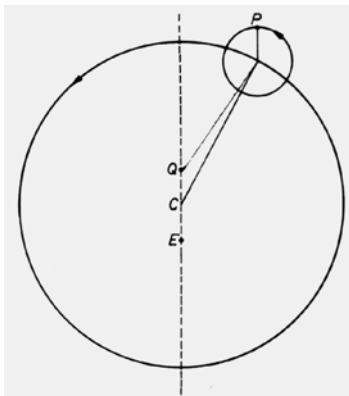
--¿Qué es lo que determina el tamaño de sus órbitas? (Copérnico había medido el radio de las órbitas con respecto al radio de la Tierra. Sus valores se incluyen en la tabla siguiente. Existe un gran salto entre Marte y Júpiter.)

-- ¿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.

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



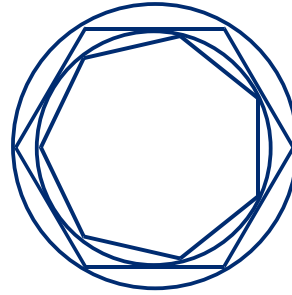
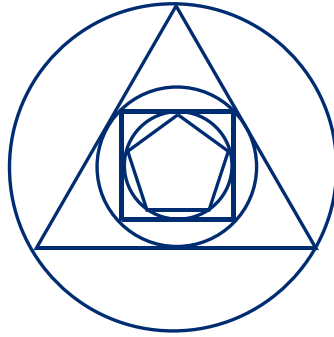
LAS FUERZAS QUE CONFIGURAN EL UNIVERSO



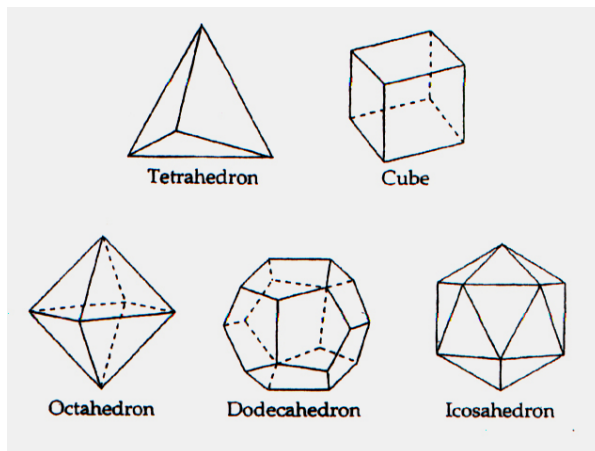
Dr. Nelson Zamorano H.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile



Johanes Kepler



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



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 éstos? ¿Por qué interactúan con distintas 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----Tetraedro
Marte-----Dodecaedro
Tierra-----Icosaedro
Venus-----Octahedro
Mercurio

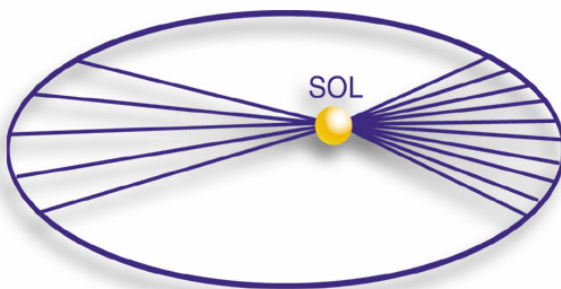
Razones obtenidas con este modelo geométrico:

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

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



Leyes de Kepler



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.

**Orbitas elíptica
velocidad de un planeta**

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