
TEMA 3a. LA REVOLUCIÓN COPERNICANA (I)



Tema 3: La revolución copernicana (I)

- 1. La ciencia durante la edad media**
- 2. La astronomía en tiempos de Copérnico**
- 3. El modelo heliocéntrico de Copérnico**
- 4. Ventajas del modelo heliocéntrico**
- 5. Problemas del modelo heliocéntrico**



1. La ciencia durante la Edad media.

La expresión **edad media** fue inventada por los humanistas del Renacimiento para referirse al milenio transcurrido desde su modelo de referencia.

Los estereotipos que la presentan como una época de represión* y coerción intelectual y moral que no aportó nada reseñable son una verdad a medias.

Se pintaba al profesor medieval como débil y servil de Aristóteles y los Padres de la Iglesia, algo que dentro de unos límites, no era cierto.

* Antonio Diéguez nos recuerda que Giordano Bruno fue quemado en 1600 y que el juicio a Galileo fue en 1633, por lo que el Renacimiento tenía bastante de represivo.



1. La ciencia durante la Edad media.

Casi no había doctrina, filosófica o teológica, que no fuera sometida a la crítica y escrutinio minuciosos por los estudiosos de la universidad medieval.

No obstante, no hubo ninguna gran figura como las que hubo antes y después: Arquímedes, Newton...

Pero se crearon centros de enseñanza e investigación autónomos e independiente de cortes y mecenas.



1. La ciencia durante la Edad media.

En las Universidades el saber racional se convirtió en un elemento imprescindible del orden social.

En ellas, las disciplinas matemáticas y las físicas se unían en las **ciencias medias**, incorporando las dos perspectivas pura de la primera y práctica de la segunda, separadas desde Grecia.

Así, se exigió que la astronomía obtuviese resultados precisos partiendo de supuestos reales, exigencia que está a la base de la revolución de Copérnico.

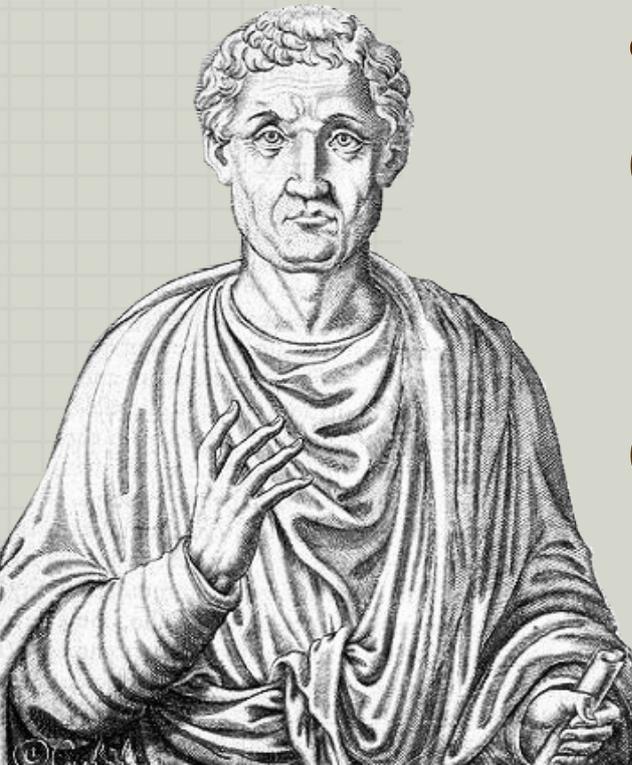
Aristóteles llamaba ciencias medias a aquellas que tenían más de físicas que de matemáticas, como podría ser su astronomía, aunque no la ptolemaica.



1. La ciencia durante la Edad media.

Alta edad media

⁽¹⁾ [Categorías y Peri hermeneias] de Aristóteles y el Isagogé de Porfirio



Boecio (s VI) tradujo varios tratados de lógica⁽¹⁾ y algunos rudimentos de geometría, astronomía y música evitando que se olvidara a Euclides, Ptolomeo, etc.

Isidoro de Sevilla (s VII) importante para la Iglesia, apenas aportó nada a la ciencia. Pensaba, por ejemplo, que la tierra tenía forma de rueda.

Beda el Venerable (s VIII) habló de un universo ordenado por causas y efectos identificables.

1. La ciencia durante la Edad media.

Alta edad media

⁽¹⁾ De las escuelas catedrales, precursoras de las universidades



Alcuino de York (s IX) estableció nuevos programas de estudio⁽¹⁾ alrededor de las **Siete Artes Liberales**:

- **trivium** o enseñanza literaria, que incluía la gramática, retórica y dialéctica
- **quadrivium** o enseñanza científica, que agrupaba la aritmética, geometría, astronomía y música.

Pero la ruptura del Imperio Franco dio paso a una nueva oleada de invasiones que pospusieron estas novedades a los siglos XII y XIII.

1. La ciencia durante la Edad media.

El Islam

En **astronomía** tradujeron el Almagesto de Ptolomeo, más con intención astrológica⁽¹⁾ que astronómica. Hicieron observatorios, instrumentos, tablas de observaciones, etc.

Tenían dos intenciones divergentes:

- Comentar, complementar y mejorar la obra, como hizo Al-Batānī (s IX)
- Subrayar las deficiencias del modelo basándose en las anomalías observadas

⁽¹⁾ La astrología, la supuesta influencia de los astros en las personas, era muy influyente desde antiguo y por entonces, igualmente científica que la astronomía.

1. La ciencia durante la Edad media.

El Islam

Pero lo más importante fue la tensión entre la astronomía ptolemaica y la cosmología aristotélica.

Ibn al-Haythan (**Alhazén**) escribió en el s XI su obra “**Dudas sobre Ptolomeo**”, en la que destacaba la violación de la uniformidad del movimiento⁽¹⁾.

Encajó los epiciclos de Ptolomeo en las esferas de Aristóteles, dando realismo a la idea, aunque sin eliminar el instrumentalismo original.

Aun así, se **unificaron los dos modelos.**

⁽¹⁾ Recordad los ecuanes

1. La ciencia durante la Edad media.

El Islam

Pero algunos **aristotélicos andalusíes*** no aceptaron esta “mezcla” y defendieron el modelo aristotélico de esferas homocéntrica, renunciando por ello a la mayor exactitud de epiciclos de ptolemaicos.

Pero a pesar de ser más “real” no podían competir en precisión y su intento no prosperó.

Con la caída de Bagdad (1258) en manos mongolas, **Hūlāgū Jān**, nieto de Gengis Jān, mandó construir un observatorio en Marāgha donde se desarrolló una gran actividad astronómica.

*En el siglo XII, el zaragozano Ibn Bayya (**Avempace**), el cordobés Ibn Rushd (**Averroes**) o en el siglo XIII el sevillano al-Bitrūgī (**Alpetragius**)

1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

La estabilidad política europea⁽¹⁾ de los s XI y XII dio lugar a un crecimiento económico y social que se apoyó en el desarrollo tecnológico⁽²⁾

Con el desarrollo de las ciudades, la educación sale de los conventos y se desarrollan centros como los de Oxford (que no tenía catedral), París o Bolonia

Había demanda de conocimiento, lo que hizo que se recuperara el saber antiguo.

⁽¹⁾ Las fuertes monarquías europeas aseguraron las fronteras y apaciguaron la violencia interna

⁽²⁾ Molino de agua, arado de ruedas, arnés de caballo, roturaciones, etc.

1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

Esta recuperación se hizo en dos oleadas:

- La **primera** (s X y XI) desde los enclaves islámicos en Europa, especialmente la península Ibérica y el sur de Italia. La selección de obras fue un tanto errática y las traducciones más bien mediocres.
- La **segunda** (s XII y XIII) fue más sistemática y de mayor calidad, con España como centro importante de las fuentes árabes e Italia de las griegas.

1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

Los estudiantes y sus maestros se organizaron al modo de los gremios en universidades para defender sus derechos y obtener protección.

En Bolonia se adquirió el estatus de universidad en 1150, en París en 1200 y en Oxford en 1220 ⁽¹⁾

El saber se concentró en estas universidades y el mayor esfuerzo se hizo recuperar el **saber antiguo**, en especial a Aristóteles y adaptarlo al cristianismo

⁽¹⁾ En España los pioneros fueron los maestros de Palencia en 1208 y los de Salamanca y Valladolid, en 1230.

1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

La adaptación era necesaria por que Aristóteles defendía un mundo eterno incompatible con la creación y un dios inmanente a la naturaleza, lo que entrañaba panteísmo.

Para Aristóteles, el alma era la **forma** inseparable de la **materia** y no una entidad autónoma, separable del cuerpo material.

Había mucha tela que cortar.



1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica



El traje se lo hicieron los dominicos **Alberto Magno** (1206-1280) y su discípulo **Tomás de Aquino** (1225-1274), añadiendo pinceladas platónicas para separar el mundo celeste del normal.

- **Alberto** tradujo, comentó y corrigió a Aristóteles. Escribió de medicina, astronomía, física...
- **Tomás** aclaró que razón y fe no se contradicen, aunque lleguen a distintas verdades y que se puede conocer a Dios por su obra, la naturaleza, además de por la revelación.

1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

En astronomía, el Almagesto y Sobre el Cielo fueron traducidos (XII) e incorporados a la universidad (XIII)

Los escolásticos no tenían una verdadera perspectiva histórica⁽¹⁾ y querían reconstruir la **antigüedad** como una sola cosa.

No distinguían lo helénico de la helenístico y el enfoque aristotélica y el ptolemaico les parecían partes del mismo sistema, más aún cuando conocían ambas obras a través del árabe, ya muy mezcladas.

⁽¹⁾ Hay que tener en cuenta que la obra de Aristóteles es del 350 aC mientras que el Almagesto data del 148 dC, es decir, se llevan casi 500 años. Si a esto le sumamos que pasaron 1100 años más hasta las universidades, la pérdida de perspectiva es comprensible.

1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

El modelo de las esferas, cualitativo y cosmológico, el de los epiciclos, cuantitativa y más astronómico.

Mientras Aristóteles buscaba la razón física, a Ptolomeo no le preocupaba construir un entramado mecánico para su edificio geométrico.

Ninguno de sus autores ser habría reconocido en la interpretación medieval.



1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

En cuanto a novedades, la **Teoría de las dos esferas** de **Johannes de Sacrobosco** (1195 – 1256) fue de lo poco que se hizo en esta época.

Sacrobosco buscó una adaptación coherente al mundo sublunar de Aristóteles, y planteó que la esfera de tierra era más pequeña y estaba descentrada sobre la de agua sobresaliendo de forma que permitía la vida sobre ella.

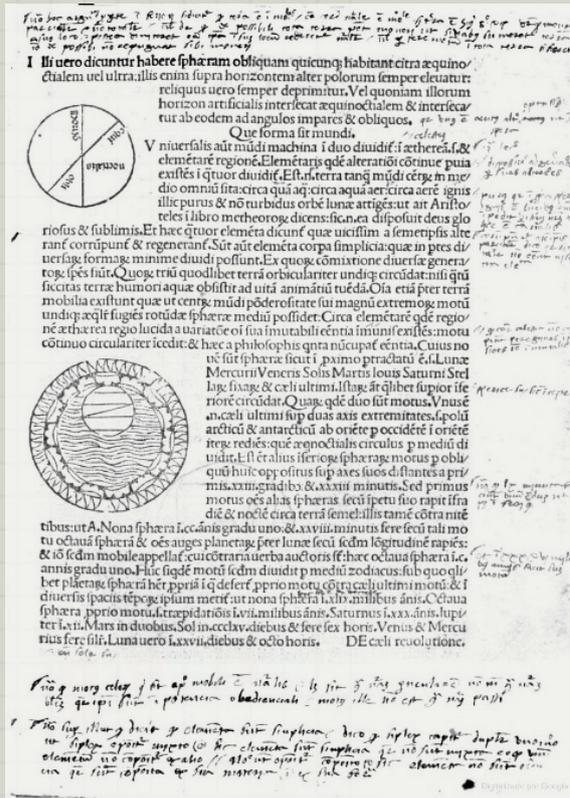
Sobre el mundo supralunar no aportó nada.



1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

Vemos que mantenía la estructura aristotélica de fuego, aire, agua y tierra, pero descentrando las dos últimas para que la tierra emerja.



1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

El problema del **movimiento** partía de la visión aristotélica y fue tratado partiendo de la vieja idea del **impetus** de Juan Filopón de Alejandría.

Nicolás de Oresme (1323-1382) criticó la argumentación de Aristóteles para defender una Tierra inmóvil, pero no para demostrar que se movía sino para poner a prueba al estagirita.

Habló de parada del Sol en tiempos de Josué, como de una forma de hablar, no como doctrina auténtica.

* Kuhn pone este ejemplo para mostrar la forma de pensar escolástica. En realidad, Nicolás de Oresme demostró que la Tierra podía girar sin que las cosas lanzadas al aire se desviaran al este por el giro terrestre, pero no lo pensó como tal, o al menos no lo plasmó.

Hizo lo mismo con lo que Aristóteles deducía del movimiento de las estrellas hablando del movimiento relativo al observador.



1. La ciencia durante la Edad media.

La escolástica

Jean Buridán (1300-1358) dice que el impetus es una cualidad motora ajena impresa en el móvil y que de no mediar resistencia se agotaría.

Aplica el impetus a las esferas. Dios las impregnó de impetus y como son puras y no tienen resistencia giran eternamente desde la creación. Hace una metáfora con un reloj al que Dios da cuerda.

Unifica cielos y tierra eliminando la distinción sub/supra lunar de Aristóteles

En [este enlace](#) hay un interesante artículo sobre Nicolás de Oresme y Jean Buridan

2. La astronomía en tiempos de Copérnico

El Renacimiento

Nicolás Copérnico vivió entre 1473 y 1543, en plena transición entre la Edad Media y la Moderna.

- En lo político, las naciones-estado reemplazaban el feudalismo.
- En lo religioso, se produce la Reforma Protestante cambiando la influencia de la Iglesia Romana.
- Gutenberg desarrolla la imprenta de tipos móviles
- Las grandes potencias como España o Portugal se embarcan en una época de **descubrimientos**.

2. La astronomía en tiempos de Copérnico

El Renacimiento

Estos descubrimientos geográficos hicieron patente que los antiguos ignoraban cosas muy importantes que los modernos eran capaces de averiguar.

Asimismo mostraron que la experiencia puede demostrar la falsedad de algunas teorías que se aceptaban a partir de argumentos especulativos* .

Así, el descubrimiento de América mostraba la falsedad de la teoría de las dos esferas de Sacrobosco

* Los descubrimientos ponen encima de la mesa el hecho de que los sabios de la antigüedad ignoraban muchas cosas.

2. La astronomía en tiempos de Copérnico

El Renacimiento

También se creía que en el ecuador la temperatura era tan alta que no podía haber vida.

Esto lo seguían defendiendo algunos filósofos, en base a la autoridad de Aristóteles y Ptolomeo, incluso a mediados del XVI, cuando los portugueses habían cruzado el ecuador hacía décadas.

Los descubrimientos también demandaban mapas y nuevos mecanismos de navegación.



2. La astronomía en tiempos de Copérnico

El Renacimiento

El despertar intelectual llevó al descubrimiento de las fuentes originales de obras como el Almagesto.

Georg Peurbach (1423-1461) recompuso el Almagesto a partir de fuentes árabes y su conclusión fue que para ser coherente necesitaba las fuentes originales.

Murió antes de hacerlo, pero su discípulo **Johannes Müller** (1436-1476) lo hizo, poniendo de manifiesto que incluso la forma original era inadecuada.



2. La astronomía en tiempos de Copérnico

El humanismo

El **humanismo** fue un movimiento intelectual que se gestó como respuesta a la educación universitaria basada en el aristotelismo escolástico.

Rechazaban la educación especializada de las ciencias y abogaban por un conocimiento del hombre a través de la retórica, poesía, moral, historia, etc⁽¹⁾

Sus fuentes eran los clásicos literarios y tenían una clara una posición anticientífica.

⁽¹⁾ Lo que hoy conocemos por estudios de humanidades

2. La astronomía en tiempos de Copérnico

El humanismo

Petrarca (1304-1374) se burlaba de la ciencia:

“Aunque todas estas cosas fueran verdaderas, no contribuirían en modo alguno a una vida feliz, pues ¿en qué nos ayuda familiarizarnos con la naturaleza de los animales, pájaros, peces y reptiles si seguimos ignorándolo todo respecto a la naturaleza de la especie humana, a la cual pertenecemos, y no sabemos, o no nos preocupamos por saber, de dónde venimos y hacia dónde vamos?”



2. La astronomía en tiempos de Copérnico

El humanismo

Este anticientifismo humanista, dominante fuera de las universidades de las que eran enemigos, conllevó un desarrollo de la misma dentro de éstas.

Lo que a su vez facilitó la **ruptura** con los conceptos básicos de la ciencia aristotélica y la búsqueda de nuevas regularidades en el universo.

La nueva postura supuso el redescubrimiento de Platón, un **neoplatonismo** que influyó en la ciencia de dos formas.



2. La astronomía en tiempos de Copérnico

El humanismo

Por una parte una búsqueda de la perfección de las matemáticas, lo que facilitó el desarrollo de una física que buscaba regularidades sencillas.

Por otra, una identificación de Dios con el Sol que permitiría un enfoque diferente a la astronomía, importante en Copérnico, pero muy marcado en Kepler:

“volvemos al sol que, en virtud de su dignidad y poder, es el único ser al que parece convenir el papel de digna morada del propio Dios, por no hablar del primer motor.” ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Cita de Kepler extraída de la “Revolución Copernicana” de Kuhn.



3. El modelo heliocéntrico de Copérnico

Nicolás Copérnico (1473-1543) fue canónigo, astrónomo, abogado y matemático, empezó a pensar a principios del siglo XVI que las teorías de Aristóteles y Ptolomeo sobre el movimiento de los cielos podían ser erróneas.

Posiblemente sus principales razones no fueron observacionales, sino de tipo **estético**, basadas en la perfección de la corriente neoplatónica humanista.

En especial la necesidad de mantener el movimiento circular uniforme incumplido por los ecuantos.

Fue uno de los 16 canónigos del capítulo catedralicio de Frauenburg, Weinberg dice que no fue sacerdote.

3. El modelo heliocéntrico de Copérnico

La Iglesia promovió el desarrollo de un nuevo calendario que afinara más el tiempo al estar desfasadas las estaciones más de 10 días.

- Por una parte, porque era la institución que marcaba la fecha.
- Por otra, para determinar con exactitud la Pascua de Resurrección⁽¹⁾

El papado pidió consejo a Copérnico quien propuso esperar para afinar más los cálculos

⁽¹⁾ El Domingo de Resurrección debe ser el primer domingo después de la primera luna llena de primavera.

Los judíos se burlaban de que la Iglesia no sabía calcular la fecha de su día más importante.

3. El modelo heliocéntrico de Copérnico

Finalmente, en 1582 un nuevo calendario entró en vigor mediante la bula *Inter Gravissimas* de Gregorio XII quedando como sigue:

Se mantenían años de 365 días con un bisiesto, pero:

1. No serían bisiestos los múltiplos de 100
2. Pero si lo serían los múltiplos de 400 ⁽¹⁾

El calendario gregoriano sustituyó al juliano (46 aC) progresivamente en el mundo⁽²⁾.

⁽¹⁾ Por ejemplo, el año 1900 debía ser bisiesto pero no lo fue por la regla 1

Sin embargo, el año 2000 no debería serlo por la regla 1, pero si por la 2 y por lo tanto, si lo fue.

⁽²⁾ Grecia fue el último en adaptarlo, así, el jueves 1 de marzo de 1923 vino después del 15 de febrero.

3. El modelo heliocéntrico de Copérnico

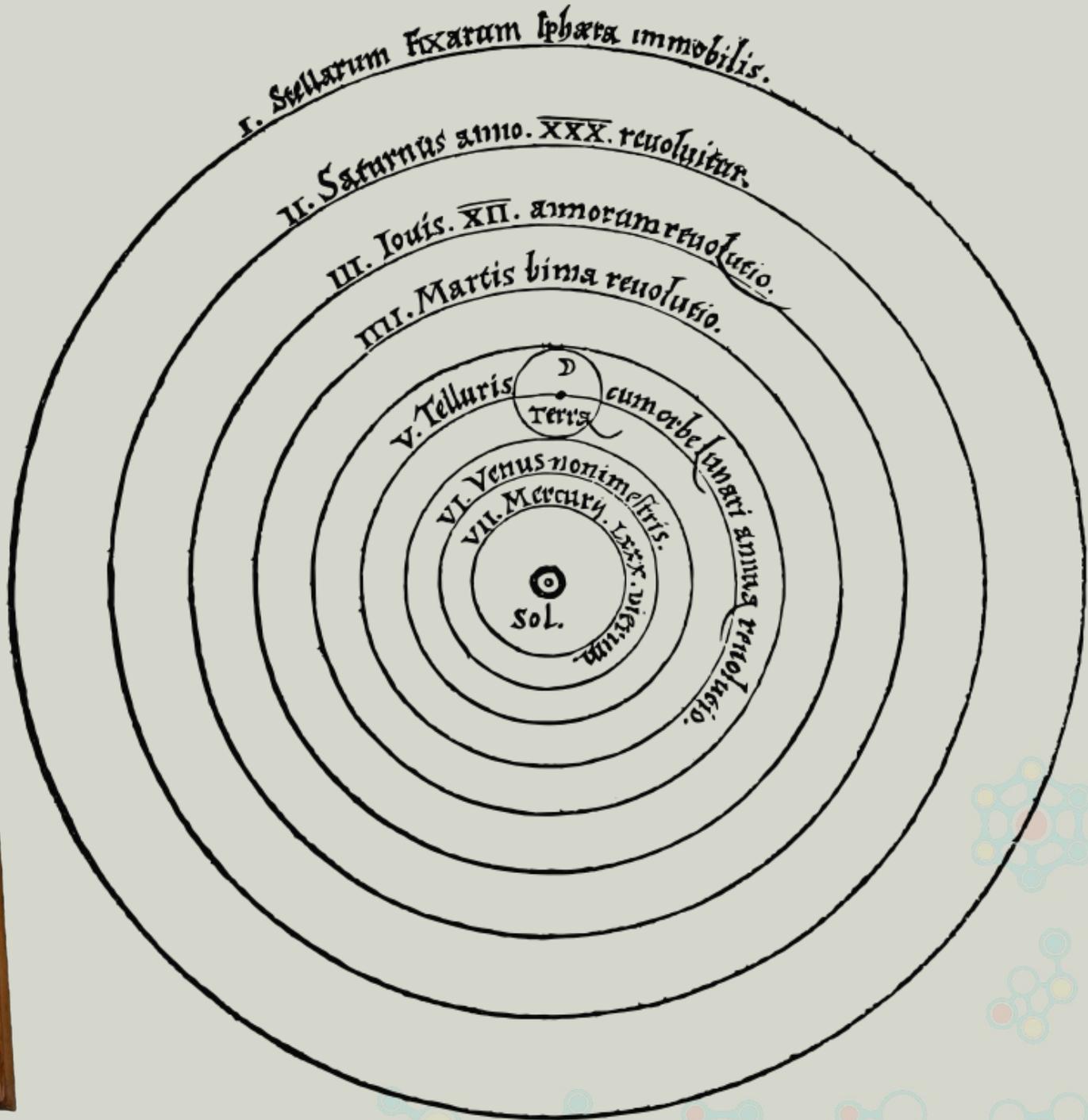
Copérnico propuso un modelo de ocho esferas⁽¹⁾:

- Los planetas, Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno giran alrededor del Sol en órbitas circulares con movimiento uniforme.
- El Sol está **cerca** ⁽²⁾ del centro de sus órbitas
- La Tierra gira sobre si misma con la Luna girando a su alrededor, a una distancia del Sol insignificante comparada con la de las estrellas.
- La esfera de las estrellas fijas exterior a las demás

⁽¹⁾ Weinberg afirma que no hay un acuerdo claro si consideraba las esferas como algo material o como meras trayectorias

⁽²⁾ A pesar de la perfección buscada, tenía que desplazar el Sol ligeramente del centro para que las medidas coincidieran con los cálculos

3. El modelo heliocéntrico de Copérnico



3. El modelo heliocéntrico de Copérnico

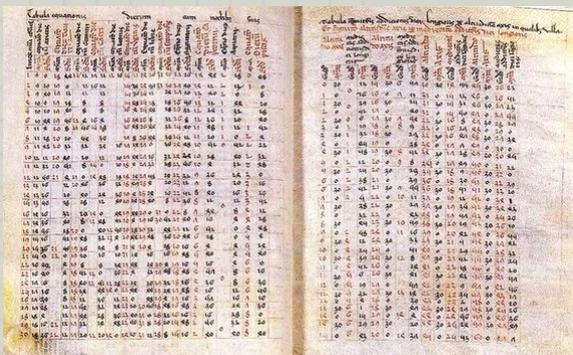
Las observaciones de este modelo coincidían con los datos con igual precisión que con el de Ptolomeo.

Antes de las medidas más precisas⁽¹⁾ de Tycho Brahe (1546-1601) ambos modelos eran igual de buenos, después, igual de malos⁽²⁾

Sin embargo, el modelo copernicano tenía ventajas respecto al geocéntrico, en lo referente a las retrogradaciones, brillos aparentes, orden de los planetas, etc.

⁽¹⁾ Las medidas usadas eran de las viejas tablas alfonsíes (1252) muchas veces erróneas. Las tablas pruténicas (1551) de Reinhold estaban calculadas con el modelo de Copérnico y eran más precisas.

⁽²⁾ Solís y Sellés p 360



Tablas alfonsíes

4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

Explica la **retrogradación** de los planetas de manera inmediata, sin necesidad de hipótesis *ad hoc*.

Desde la Tierra vemos Marte (p. ej) en relación al fondo de las estrellas fijas, esto es al Zodiaco.

Debido a la velocidad de traslación y del tamaño de las órbitas alrededor del Sol de ambos planetas, hay momentos en los que la Tierra “adelanta” a Marte.

Esto se visualiza como un retroceso de Marte.

⁽¹⁾ La Tierra se mueve 1,25 veces más deprisa que Marte alrededor del Sol.

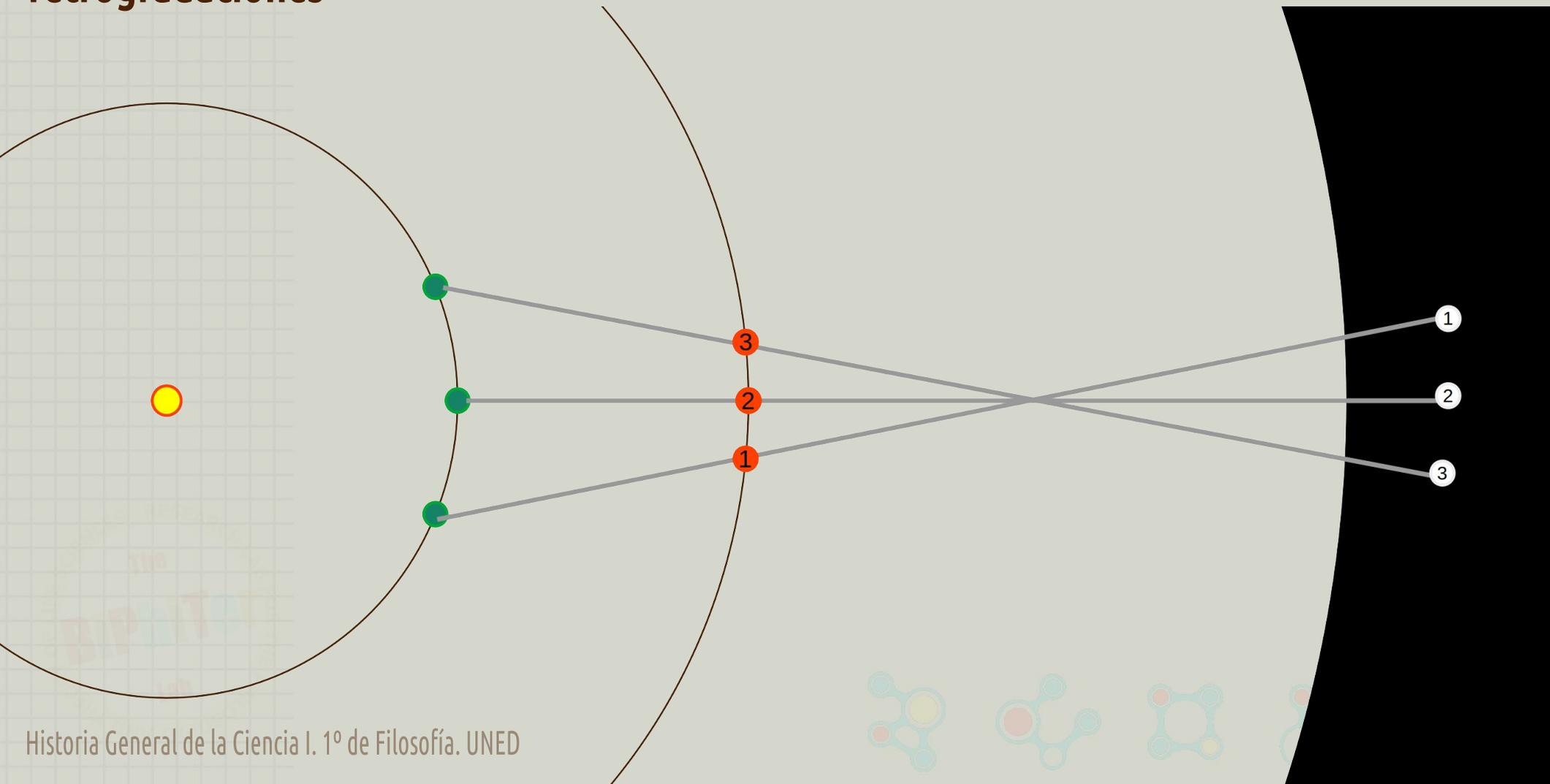
- Mercurio: 172.404 km/h
- Venus: 126.108 km/h
- Tierra: 107.244 km/h
- Marte: 86.868 km/h
- Júpiter: 47.016 km/h
- Saturno: 34.705 km/h
- Urano: 24.516 km/h
- Neptuno: 19.548 km/h



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

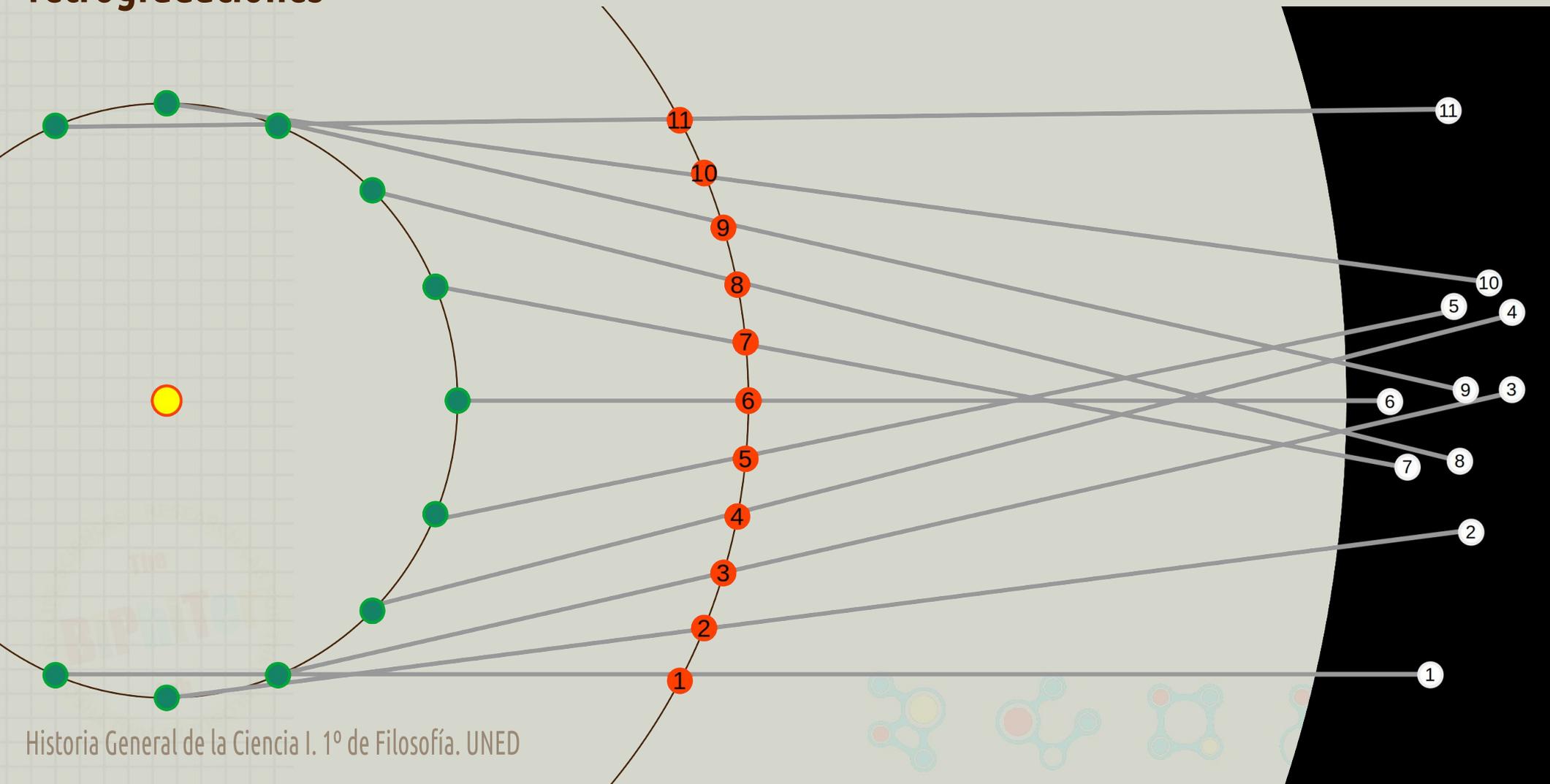
Cuando la Tierra “adelanta” a Marte, éste parece que retrocede respecto a la posición anterior



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

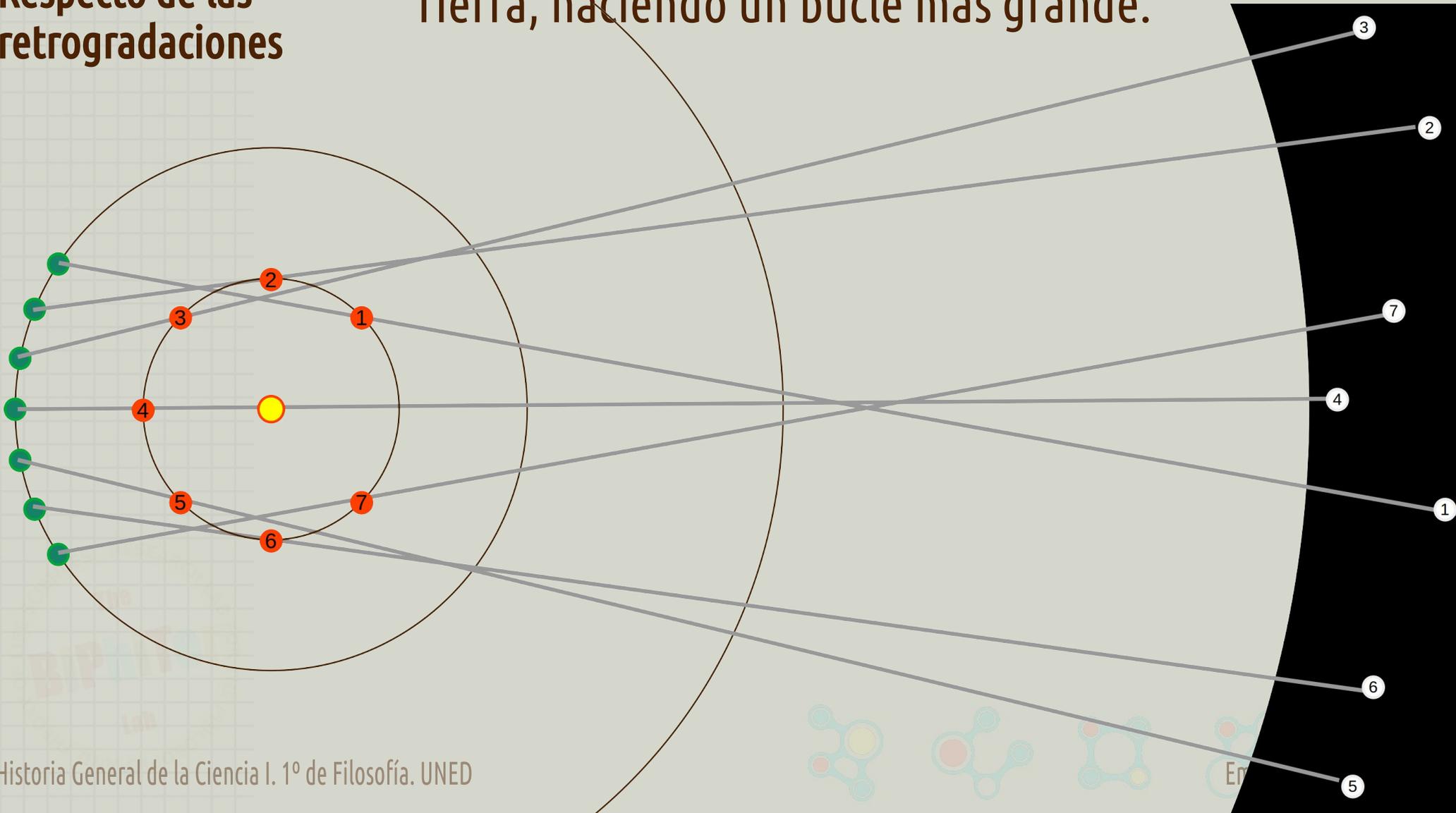
Visto en conjunto, Marte avanza hasta 4, retrocede entre 5 y 7 y vuelve a avanzar.



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

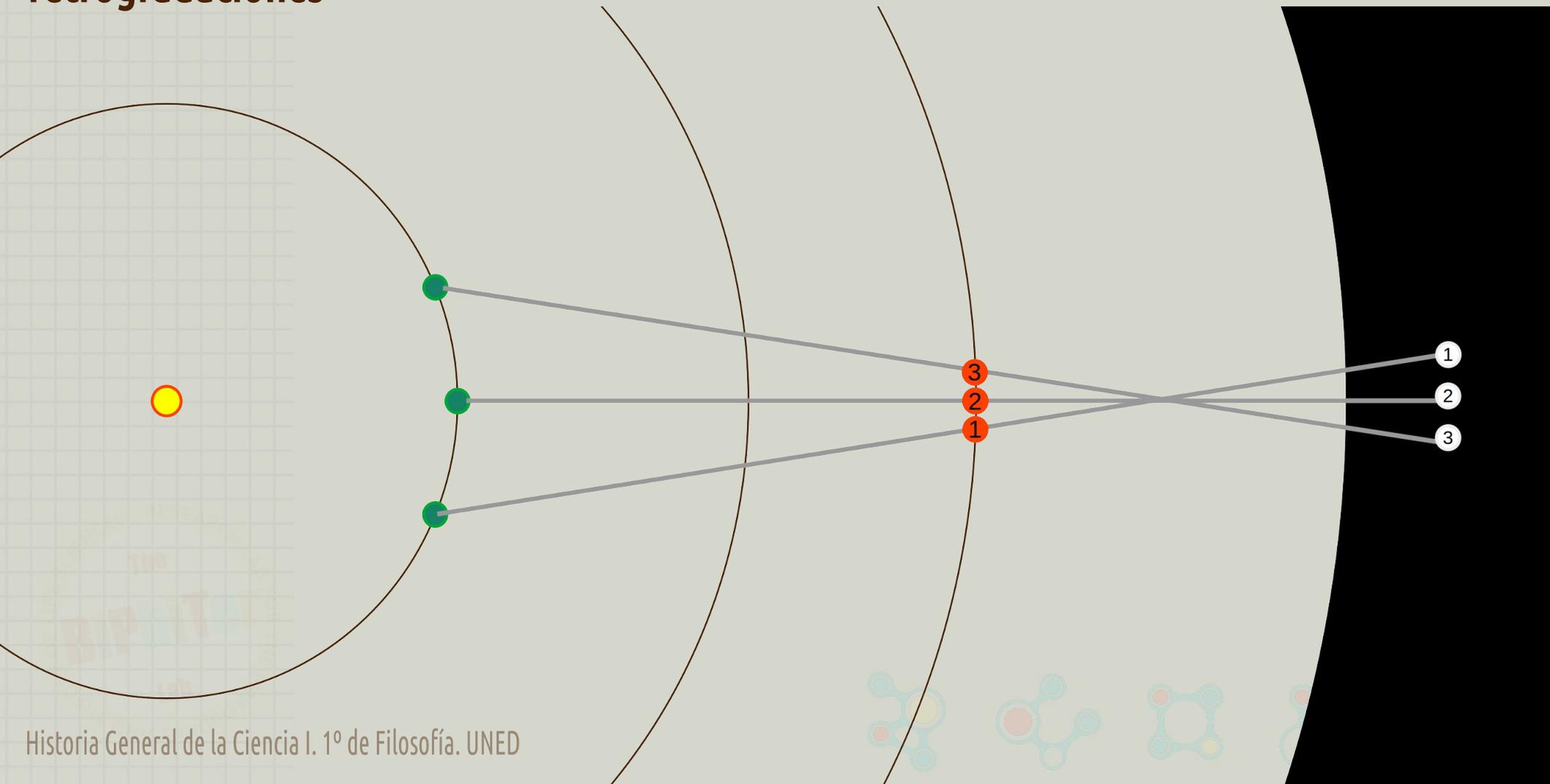
También explica las retrogradaciones de los planetas interiores, que ahora son los que se adelantan a la Tierra, haciendo un bucle más grande.



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

También explicaba que la retrogradación de Marte fuera mayor que la de Júpiter y ésta que la de Saturno, siendo la distancia a la Tierra la razón.



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

También aclaraba por qué los planetas superiores brillan más cuando están cerca de la **oposición** al Sol que cuando está en cerca de la **conjunción**.

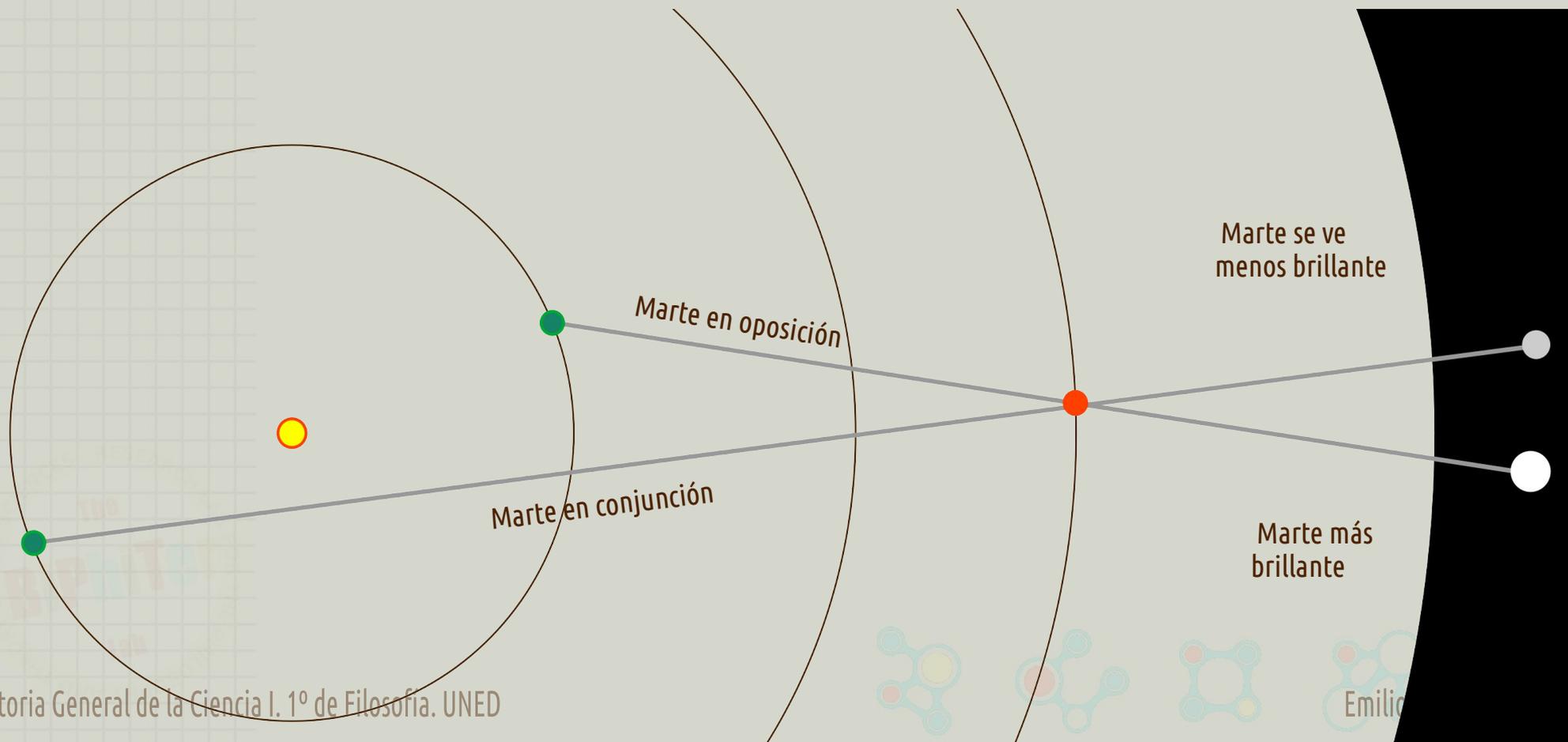
Se dice que un planeta está en oposición al Sol cuando está en sentido opuesto a este.

- Cuando a marte se le ve de noche, es porque está cerca de la oposición al Sol
- Cuando se le vería de día (se le ve al amanecer o al anocheecer) está cercano a la conjunción

4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

También aclaraba por qué los planetas superiores brillan más cuando están en oposición al Sol que cuando no lo están.



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

Marte siempre está a la misma distancia⁽¹⁾ del Sol

- Cuando vemos a Marte **cerca** del Sol es porque está próximo a a conjunción, no porque se acerque. En ese caso está más **lejos** de la Tierra.
- Cuando lo vemos **lejos**, es porque esta próximo a la oposición. En ese caso está más **cerca** de la Tierra.

⁽¹⁾ En realidad no porque las órbitas son elípticas, pero Copérnico no lo sabía y por otra parte la diferencia es despreciable.



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Marte cercano a la conjunción

Respecto de las retrogradaciones

Marte

Tipo: **Planeta**
Magnitud absoluta (p. medio): 3.35 (p. 17.1) (M. S. (C. A.))
Magnitud absoluta (V): 1.1
Magnitud media de oposición: -2.01
AR/Dec (J2000.0): 20h52m23.82s/-18°40'50.6"
AR/Dec (en fecha): 20h53m00.28s/-18°38'23.7"
HA/Dec: 19h20m15.18s/-18°27'11.8" (aparente)
Az./Alt.: +116°53'47.8"/+2°26'16.6" (aparente)
Gal. long./lat.: +28°12'57.8"/-34°47'44.4"
Supergal. long./lat.: -112°26'06.0"/+45°05'18.8"
Ecl. long./lat. (J2000.0): +310°20'40.2"/-1°04'21.5"
Ecl. long./lat. (en fecha): +310°29'38.9"/-1°04'25.2"
Oblicuidad eclíptica (en fecha): +23°26'16.2"
Luz mínima siguiente: 16h12m25.8s
Hora Aparente Sideral: 16h12m27.0s
Sale: 8h38m
Tránsito: 13h35m
Se pone: 18h32m
Angulo de paralaje: -45.71°
Constelación IAU: Cap
Eclíptico XYZ (VSOP87): 0.91974333/-1.0443707/-0.0444689
Distancia desde el sol: 1.392 UA (208.291 M km)
Distancia: 2.376 UA (355.511 M km)
Velocidad orbital: 26.307 km/s
Velocidad de rotación ecuatorial: 0.241 km/s
Diámetro aparente: +0°00'03.94"
Diámetro ecuatorial: 6792.4 km
Período sidéreo: 686.97 días (1.881 a)
Día sidéreo: 24h37m22.7s
Día solar medio: 24h39m35.2s
Período Sinódico: 779.95 días (2.135 a)
Angulo de fase: +1°16'26.9"
Elongación: +1°48'04.8"
Iluminado: 100.0%
Albedo: 0.150



Atmósfera [A]

Tierra, Madrid, 665 m

FOV 8.12°

18.2 FPS

2011-01-29 08:54:21 UTC+01:00

Fecha y hora

Fecha y hora

Día Juliano

2011 - 1 - 29

8 : 54 : 21

4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Marte en oposición (es de noche, es decir, el Sol está al otro lado)

Respecto de las retrogradaciones

Marte
Tipo: **Planeta**
M. Ch. (J2000.0): $1^{\text{h}} 54^{\text{m}} 54.565^{\text{s}}$ / $+22^{\circ} 05' 44.5''$
M. Ch. (en fecha): $1^{\text{h}} 54^{\text{m}} 54.565^{\text{s}}$ / $+22^{\circ} 05' 44.5''$
Magnitud media de oposición: -2.01
AR/Dec (J2000.0): $8^{\text{h}} 54^{\text{m}} 54.565^{\text{s}}$ / $+22^{\circ} 05' 44.5''$
AR/Dec (en fecha): $8^{\text{h}} 55^{\text{m}} 28.35^{\text{s}}$ / $+22^{\circ} 03' 31.8''$
HA/Dec: $23^{\text{h}} 20^{\text{m}} 11.52^{\text{s}}$ / $+22^{\circ} 03' 52.3''$ (aparente)
Az./Alt.: $+152^{\circ} 21' 25.9''$ / $+69^{\circ} 48' 17.9''$ (aparente)
Gal. long./lat.: $-155^{\circ} 30' 28.9''$ / $+36^{\circ} 29' 03.4''$
Supergal. long./lat.: $+65^{\circ} 04' 19.2''$ / $-42^{\circ} 07' 48.0''$
Ecl. long./lat. (J2000.0): $+129^{\circ} 58' 31.2''$ / $+4^{\circ} 31' 06.0''$
Ecl. long./lat. (en fecha): $+130^{\circ} 06' 40.8''$ / $+4^{\circ} 31' 09.3''$
Oblicuidad eclíptica (en fecha): $+23^{\circ} 26' 19.7''$
Luz mínima siguiente: $8^{\text{h}} 15^{\text{m}} 38.2^{\text{s}}$
Hora Aparente Sideral: $8^{\text{h}} 15^{\text{m}} 39.3^{\text{s}}$
Sale: $18^{\text{h}} 12^{\text{m}}$
Tránsito: $1^{\text{h}} 37^{\text{m}}$
Se pone: $9^{\text{h}} 03^{\text{m}}$
Angulo de paralaje: -22.40°
Constelación IAU: Cnc
Eclíptico XYZ (VSOP87): $-1.0427684/1.2747038/0.0523156$
Distancia desde el sol: 1.648 UA (246.495 M km)
Distancia: 0.664 UA (99.348 M km)
Velocidad orbital: 22.239 km/s
Velocidad de rotación ecuatorial: 0.241 km/s
Diámetro aparente: $25.0011''$
Diámetro ecuatorial: 6792.4 km
Período sidéreo: 686.97 días (1.881 a)
Día sidéreo: $24^{\text{h}} 37^{\text{m}} 22.7^{\text{s}}$
Día solar medio: $24^{\text{h}} 39^{\text{m}} 35.2^{\text{s}}$
Período Sinódico: 779.95 días (2.135 a)
Angulo de fase: $+2^{\circ} 47' 07.9''$
Elongación: $+175^{\circ} 20' 12.1''$
Iluminado: 99.9%
Albedo: 0.150



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Como curiosidad, el 11 de mayo de 2011 hubo una conjunción de 4 planetas con el Sol

Júpiter

Tipo: planeta
Magnitud: -2.07 (reducida a -0.44 por 12.47 Masas de aire)
Magnitud absoluta: -9.40
Magnitud media de oposición: -2.70
AR/Dec (J2000.0): 1h32m25.59s/+8°28'58.8"
AR/Dec (en fecha): 1h33m00.41s/+8°32'21.8"
HA/Dec: 17h51m04.63s/+8°39'57.9" (aparente)
Az./Alt.: +81°57'09.3"/+3°55'18.1" (aparente)
Gal. long./lat.: +139°56'36.2"/-53°01'46.5"
Supergal. long./lat.: -52°47'09.6"/-6°35'28.9"
Ecl. long./lat. (J2000.0): +24°30'41.0"/-1°05'30.4"
Ecl. long./lat. (en fecha): +24°39'56.2"/-1°05'27.8"
Oblicuidad eclíptica (en fecha): +23°26'15.4"
Luz mínima siguiente: 19h23m27.8s
Hora Aparente Sideral: 19h23m28.8s
Sale: 6h00m
Tránsito: 12h34m
Se pone: 19h07m
Angulo de paralaje: -49.69°
Constelación IAU: Psc
Eclíptico XYZ (VSOP87): 4.6650172/1.6493819/-0.1112419
Distancia desde el sol: 4.949 UA (740.399 M km)
Distancia: 5.841 UA (873.873 M km)
Velocidad orbital: 13.717 km/s
Velocidad de rotación ecuatorial: 12.572 km/s
Diámetro aparente: +0°00'33.75"
Diámetro ecuatorial: 142984.0 km
Período sidéreo: 4331.87 días (11.860 a)
Día sidéreo: 9h55m29.7s
Día solar medio: 9h55m33.1s
Período sidérico: 398.89 días (1.092 a)
Angulo de fase: +5°02'32.6"
Elongación: +25°30'56.0"
Iluminado: 99.8%
Albedo: 0.510

Tierra, Madrid, 665 m FOV 18.7° 18.2 FPS 2011-05-11 06:23:49 UTC+02:00

Fecha y hora Fecha y hora Día Juliano

2011 - 5 - 11 6 . 23 . 49

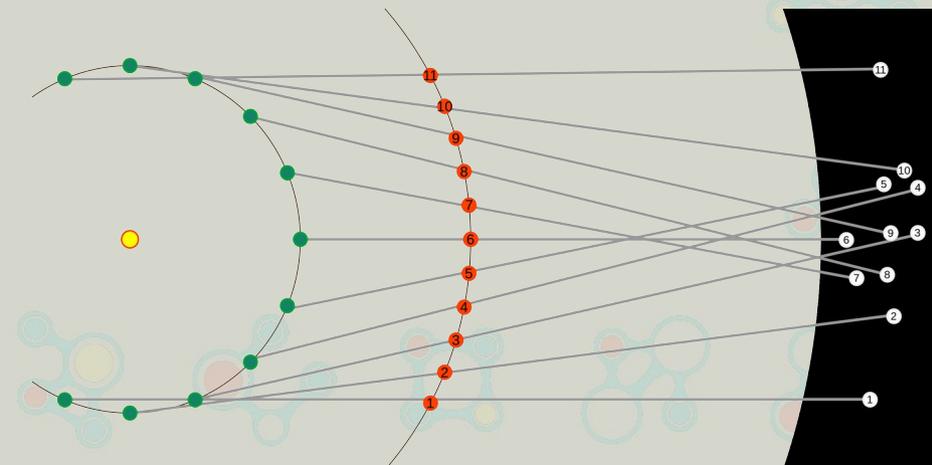
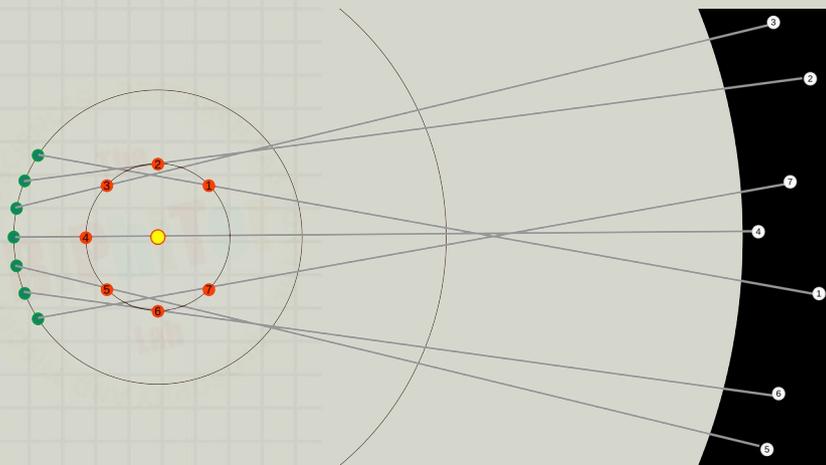
4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las retrogradaciones

El modelo copernicano también explica la distinta orientación de las retrogradaciones de los planetas superiores e inferiores

- Los superiores siempre retrogradan en oposición
- Los inferiores en conjunción

La razón es que es cuando están más cerca de la Tierra y es cuando se sobrepasan.



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las distancias relativas

Otro fenómeno que explica con sencillez es por qué Mercurio y Venus **nunca se ven alejados del Sol** ⁽¹⁾ mientras que los demás pueden estar alejados.

La razón estriba en su posición:

- Mercurio y Venus están en una órbita interior a la de la Tierra, por lo que tenderán a la conjunción.
- Marte, Júpiter y Saturno están exteriores, luego se les puede ver mirando en cualquier posición.

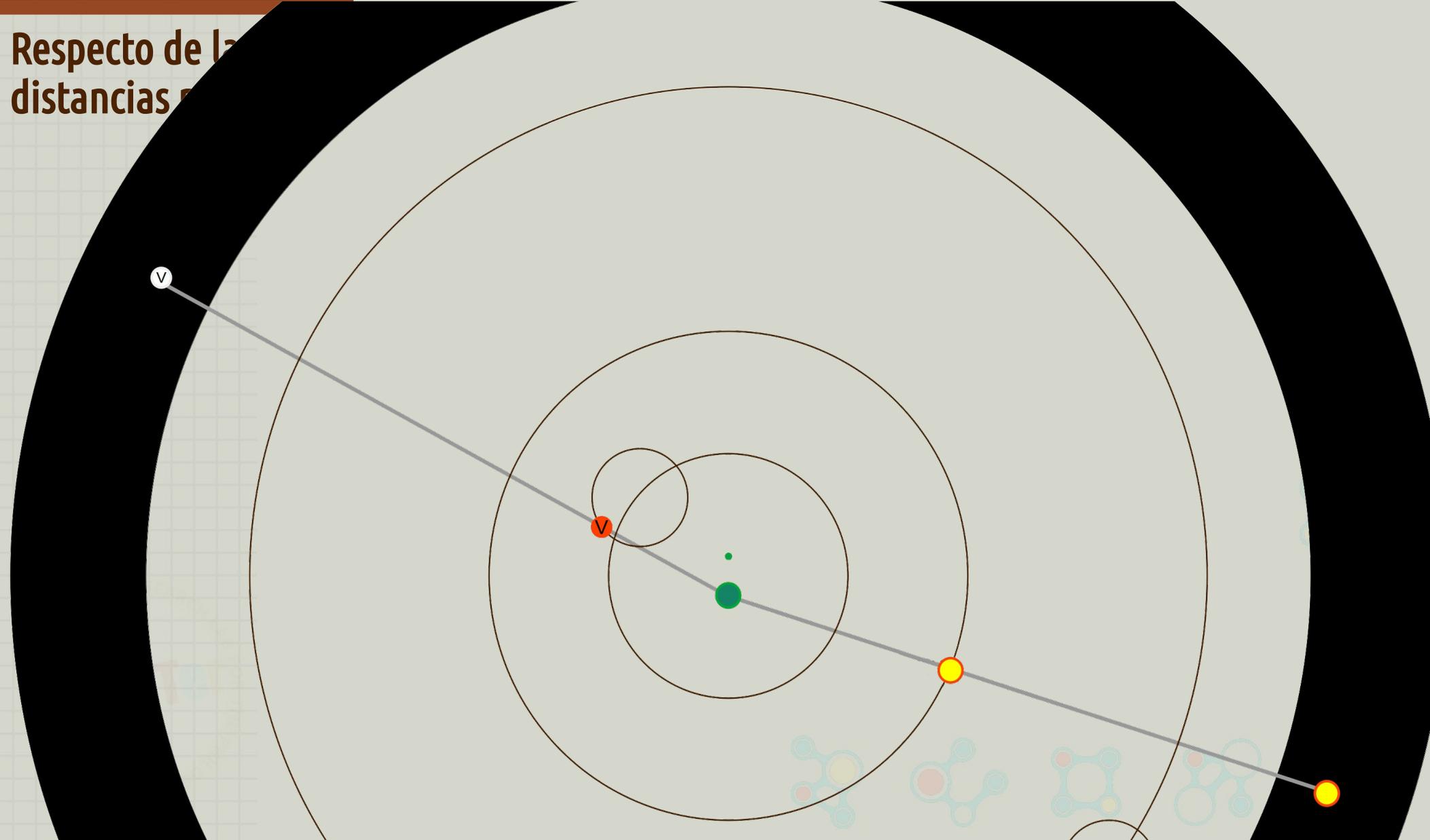
Ptolomeo lo permitía, aunque lo evitaba haciendo que el epiciclo de ambos fuera sincrónico con el Sol

⁽¹⁾ Por eso Venus y Mercurio siempre se ven al atardecer o al amanecer. De ahí el nombre de Venus de Lucero del Alba.

4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Respecto de las distancias

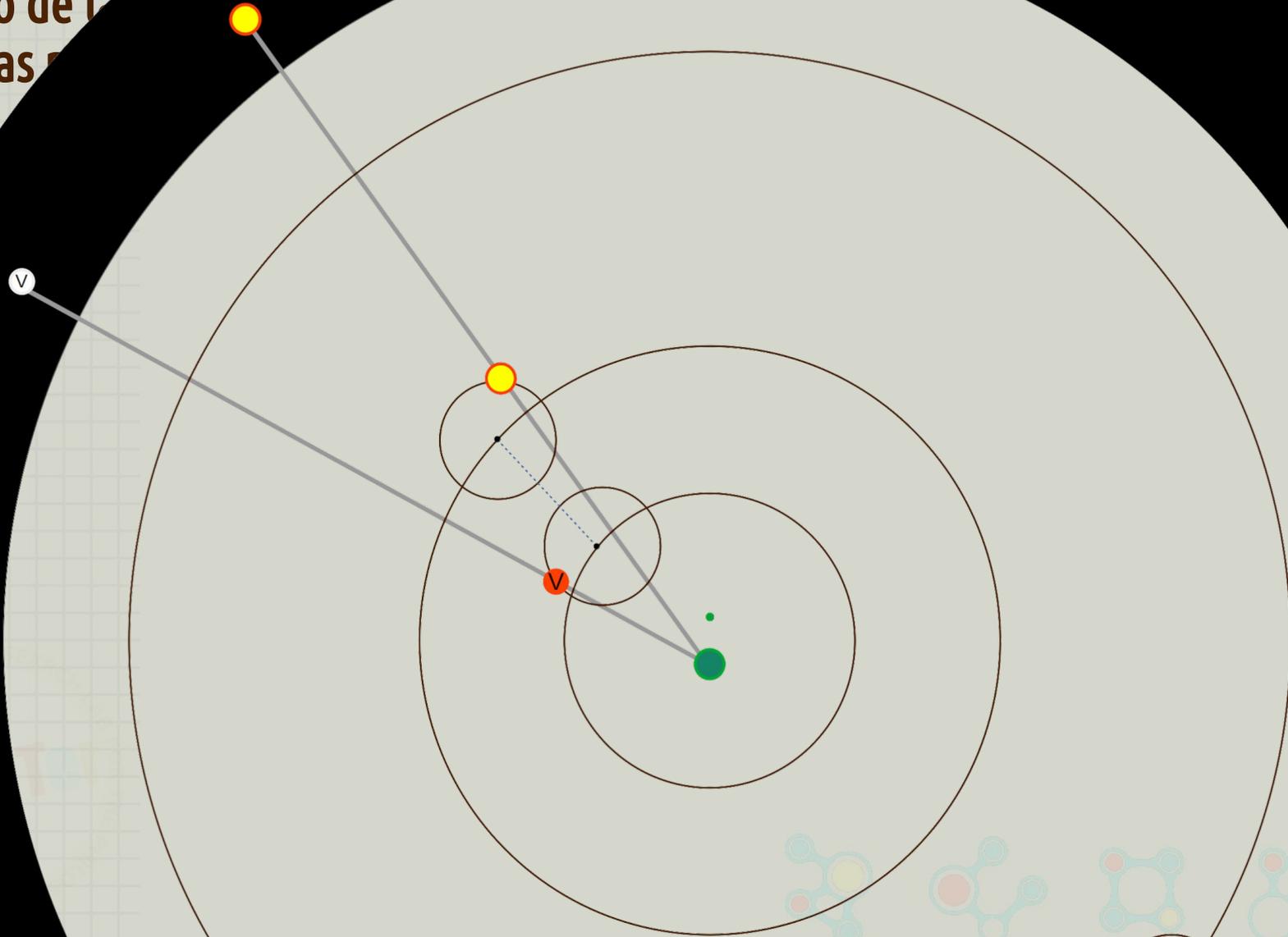
Según Ptolomeo, Venus podía verse lejos del Sol...



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

... salvo que se engarcan sus epiciclos

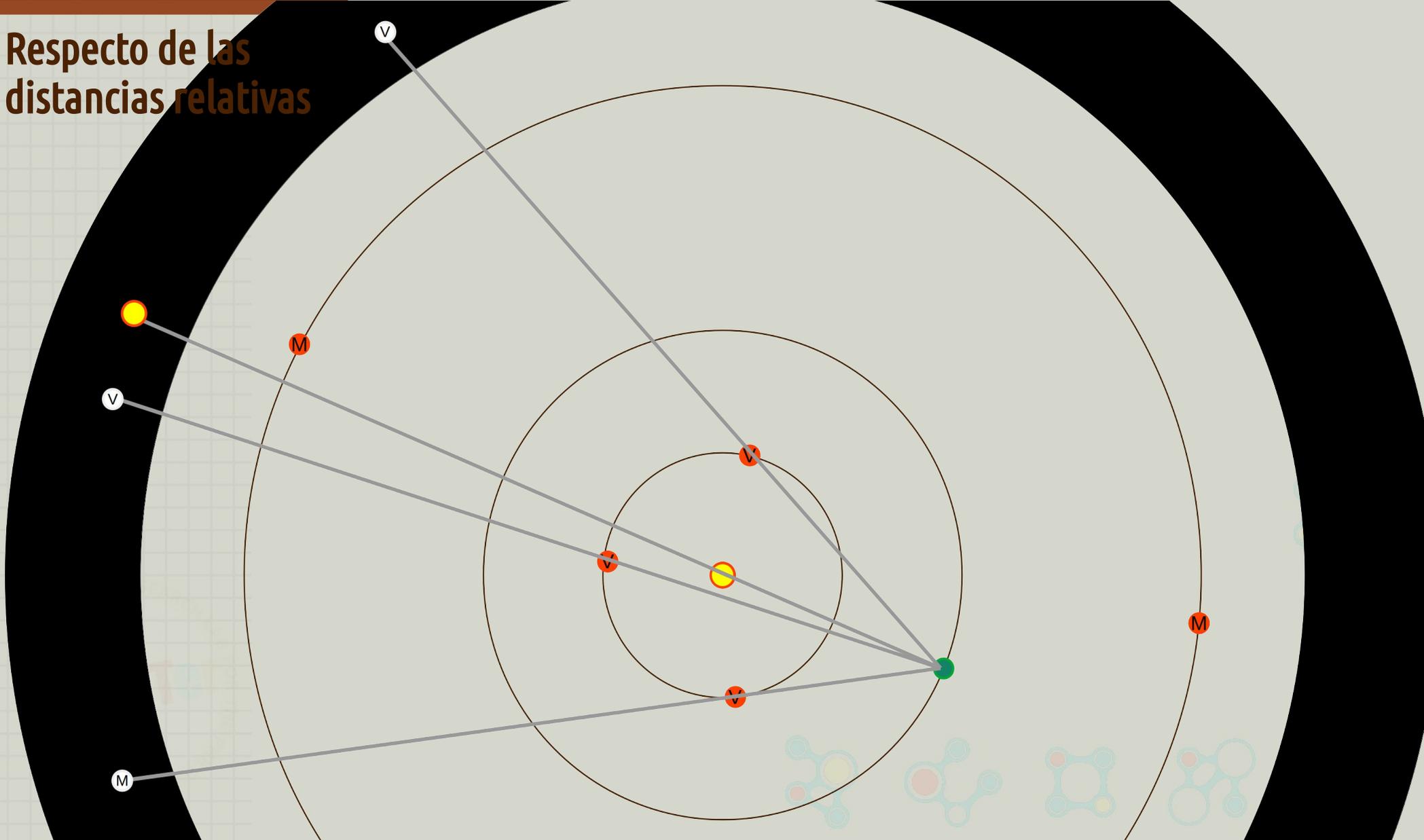
Respecto de las distancias



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Según Copérnico, Venus no puede oponerse al Sol

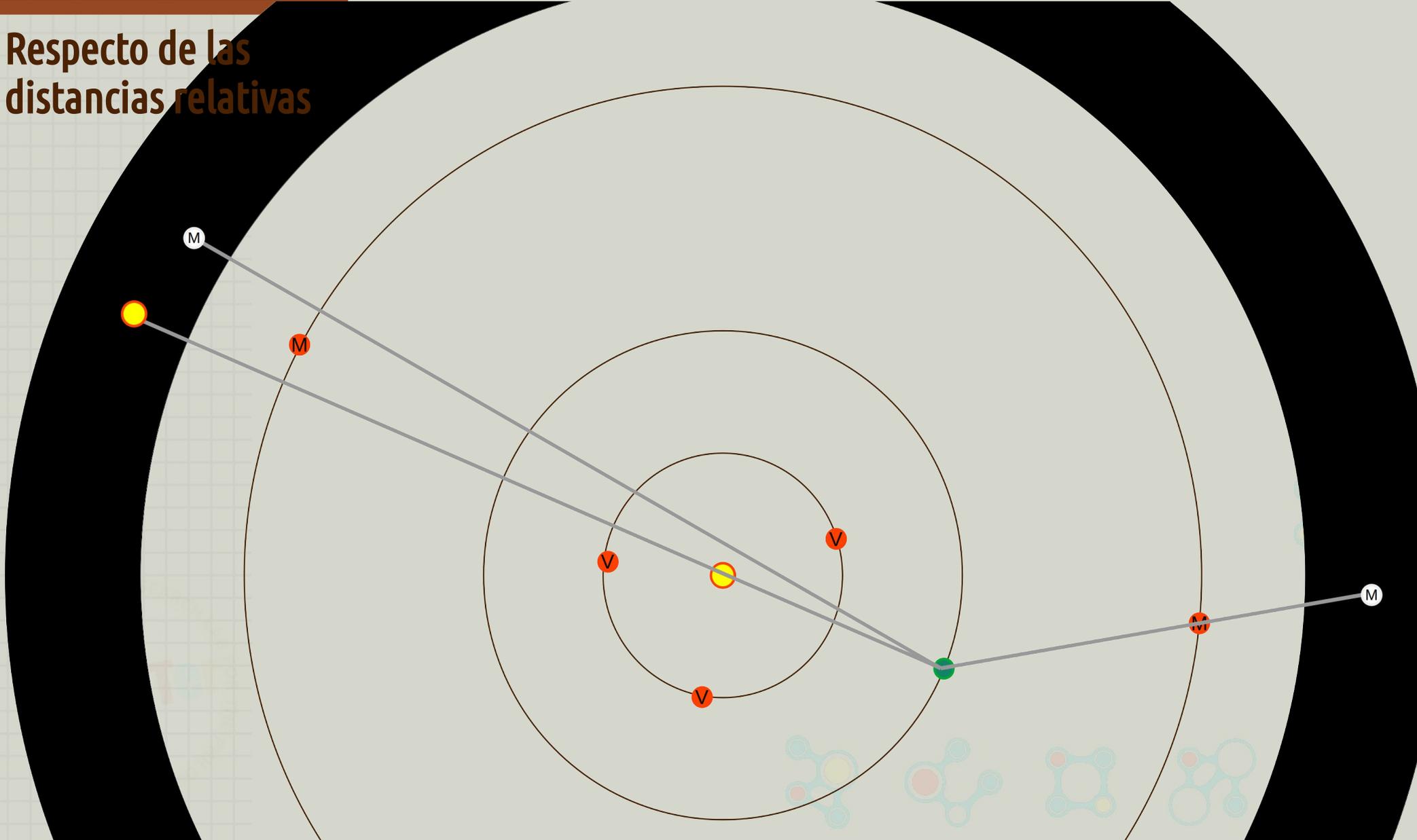
Respecto de las distancias relativas



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Pero Marte si.

Respecto de las distancias relativas



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

Sobre las posiciones de los planetas

Determina sin ambigüedad el **orden y los tamaños relativos** de las órbitas de los planetas, algo que para el modelo ptolemaico era arbitrario.

Eligiendo los tamaños de los deferentes y los de los epiciclos se podían modificar a capricho y el modelo se podría cuadrar con las observaciones.

Ptolomeo los ordenó por la duración de sus años.

Copérnico no calculó el radio de las órbitas, pero apuntó que se podía hacer. Después lo haría Kepler



4. Ventajas del modelo heliocéntrico

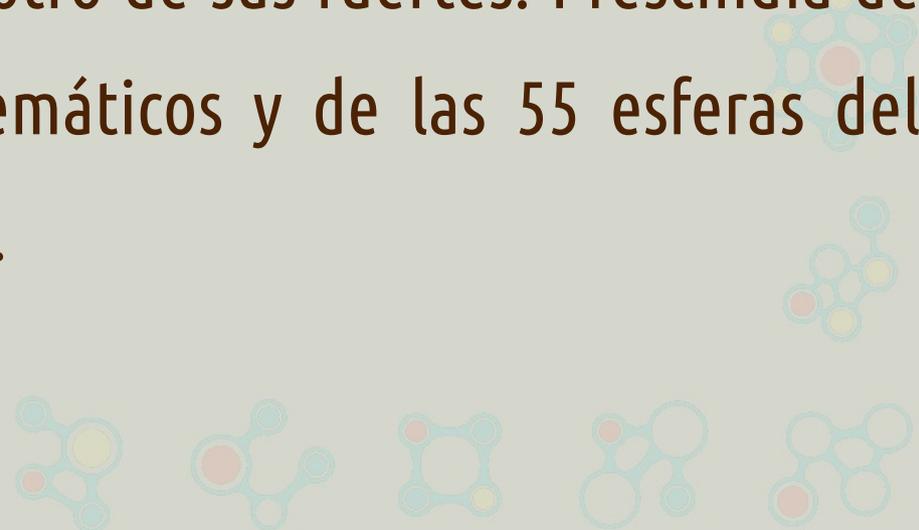
Sobre el movimiento uniforme

A pesar de ser el libro de Copérnico profundamente matemático, **no necesitaba de artificios geométricos** como los ecuantos.

Además, esto le permitía mantener el enfoque del **movimiento circular uniforme** como su perfección neoplatónica le indicaba.

La **simplicidad** era otro de sus fuertes. Prescindía de malabarismos matemáticos y de las 55 esferas del modelo aristotélico.

⁽¹⁾ Cuenta la leyenda que Alfonso X El Sabio al comprender el modelo de Ptolomeo dijo: «Si Dios Todopoderoso me hubiera consultado en el comienzo de la Creación, yo le habría aconsejado algo más sencillo»



5. Problemas del modelo heliocéntrico

El movimiento de la Tierra

El modelo heliocéntrico, a pesar de sus ventajas, tenía problemas, algunos no menores, que hicieron que no se aceptara hasta bastantes años después.

Entre ellos el de la **rotación de la Tierra**, en especial a la falta de percepción del movimiento.

Además, era incompatible con la física aceptada (los “movimientos naturales” de aristóteles), con algunos pasajes de la biblia y con la cosmovisión vigente



5. Problemas del modelo heliocéntrico

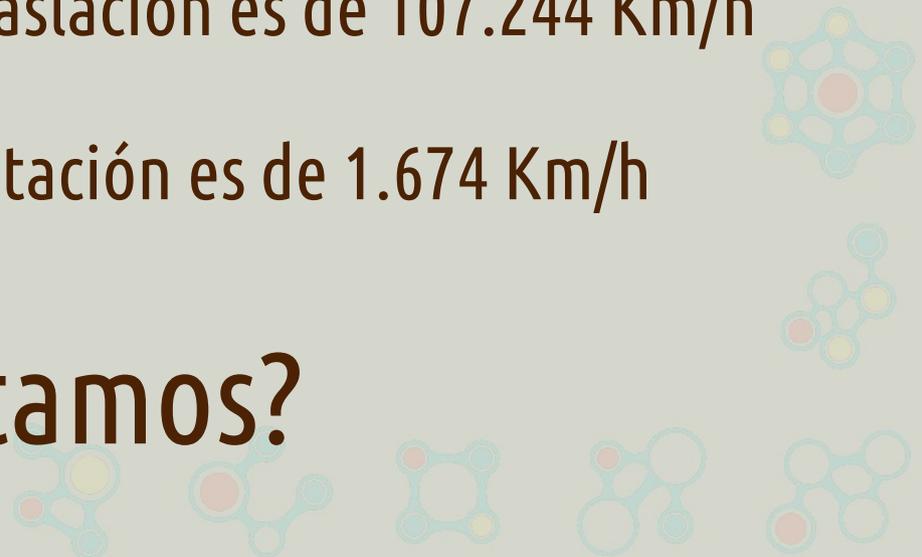
El movimiento de la Tierra

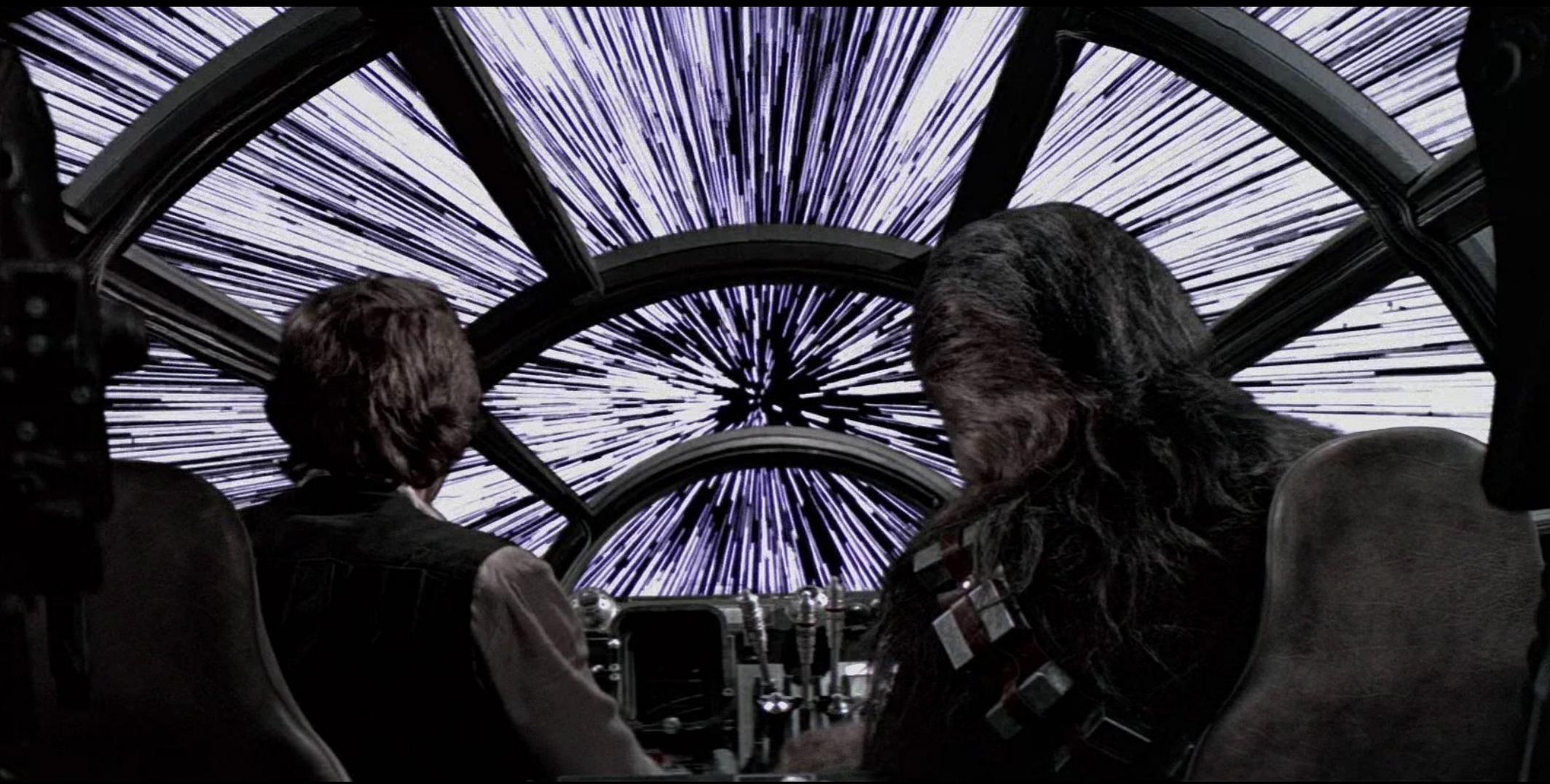
El modelo heliocéntrico, a pesar de sus ventajas, tenía problemas, algunos no menores, que hicieron que no se aceptara hasta bastantes años después.

Entre ellos el de la **rotación de la Tierra**, en especial a la falta de percepción del movimiento. Suponiendo una órbita circular...

- La velocidad de traslación es de 107.244 Km/h
- La velocidad de rotación es de 1.674 Km/h

¿Y no lo notamos?





5. Problemas del modelo heliocéntrico

El movimiento de la Tierra

Además, el que la Tierra girara era **incompatible** con la física aceptada hasta la fecha, es decir, los **movimientos naturales de Aristóteles**, que decían que la tierra es la más pesada y tiende al centro de universo.

Por no hablar de algunos pasajes de la biblia

“Sale el sol, y se pone el sol, y se apresura a volver al lugar de donde se levanta” Eclesiastés 1:5

O del paradigma (cosmovisión) vigente.



5. Problemas del modelo heliocéntrico

El paralaje estelar

El movimiento de traslación debería producir un **paralaje** ⁽¹⁾ en las estrellas, que no se observa

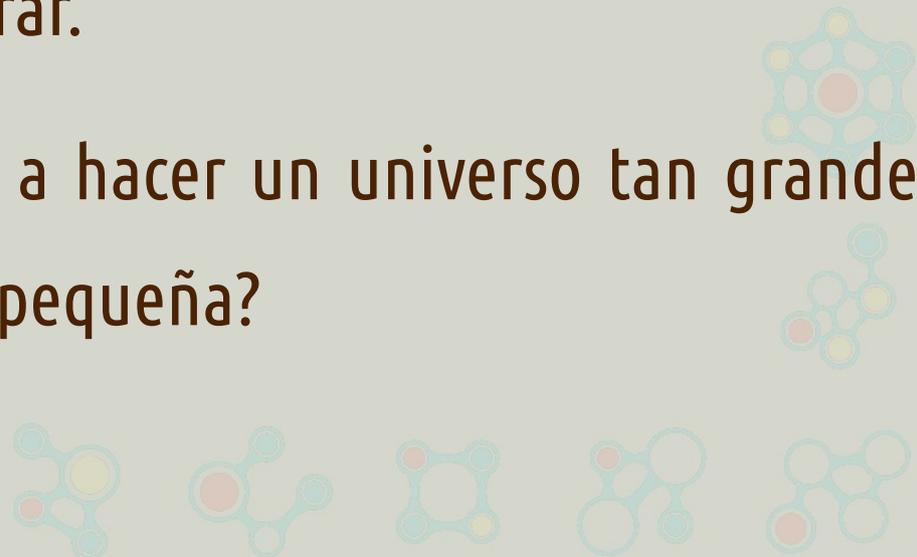
La explicación de Copérnico era que las estrellas están tan lejos que el ángulo es despreciable, e inobservable.

Pero esto hace un universo demasiado grande ⁽²⁾ para lo que se podía tolerar.

¿Para qué iba Dios a hacer un universo tan grande para una Tierra tan pequeña?

⁽¹⁾ Recordad que el paralaje es ángulo con el que se observa un objeto visto desde dos sitios.

⁽²⁾ Ya Ptolomeo afirmaba que la Tierra era al universo como el centro de una esfera a su superficie, pero para eliminar el paralaje era necesario más desproporción. El radio de la órbita terrestre era insignificante comparado con el universo.



5. Problemas del modelo heliocéntrico

Complejidades...

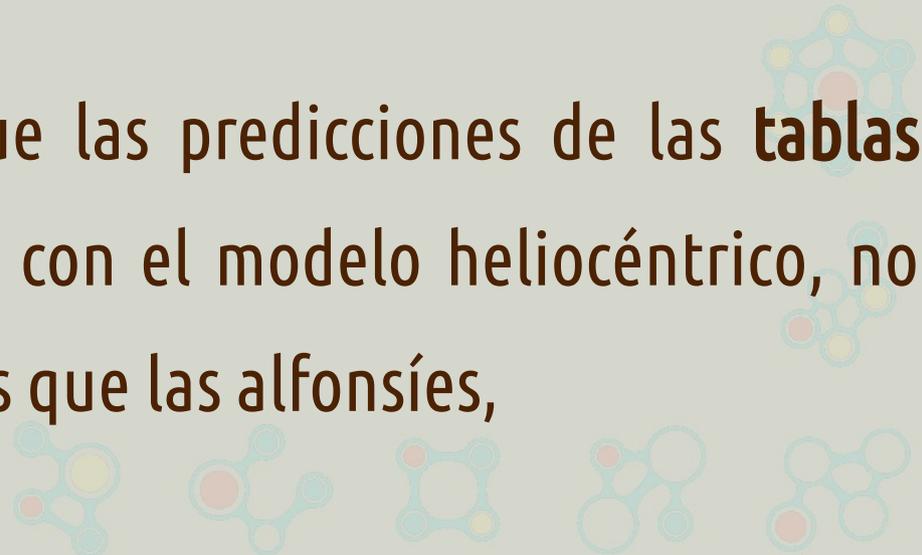
Para ajustar su sistema a los datos astronómicos, Copérnico introducía bastantes **epiciclos menores** y excéntricas, que pueden generar órbitas ovaladas y movimientos no uniformes.

Así, desde el punto de vista matemático, el sistema **ni era claramente más simple** que el de Ptolomeo, **ni hacía mejores predicciones** ⁽¹⁾

Ya hemos dicho que las predicciones de las **tablas pruténicas**, hechas con el modelo heliocéntrico, no eran mucho mejores que las alfonsíes,

⁽¹⁾ La predicción era muy importante, no solo por cuestiones astronómicas, sino también astrológicas.

Astrónomos como Kepler se ganaban la vida, en parte, mediante la venta de cartas astrales.



5. Problemas del modelo heliocéntrico

Complejidades...

También introduce un **tercer movimiento *ad hoc*** en la tierra para mantener constante la dirección de su eje de rotación hacia el norte.

Esto era porque suponía que la Tierra estaba engarzada en una órbita sólida, en un engranaje que la conectaba físicamente con las esferas.

