Utviklingen av vårt verdensbilde fra Ptolemeus til romobservatorier

Øyvind Grøn

Trondheim 10. oktober 2017

Himmelskiven fra Nebra er en tynn bronseskive med diameter på ca. 32 cm.
Skiven er datert ved hjelp av gjenstander den er funnet sammen med.
Den anslås å stamme fra ca. år 1.600 f.Kr..
Funnstedet er Nebra i Tyskland.

Trundholmsvognen

Figuren ble funnet på Sjælland i 1902 og er datert til eldre bronsealder – ca. 1350 f.Kr.

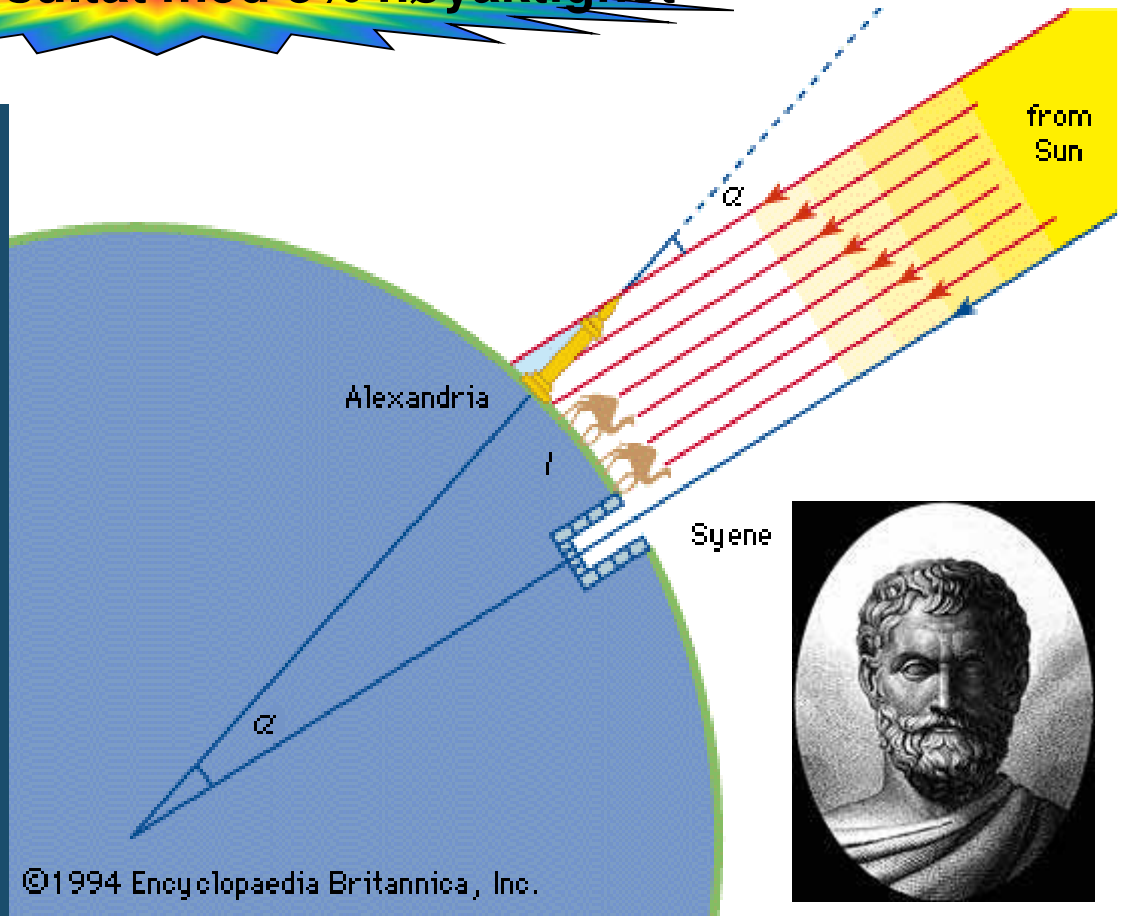
Sammen med andre arkeologiske funn, forteller solvognen om bronsealderens religion.
Solen var noe av det mest sentrale i religionen.
Bronsealderens mennesker forestilte seg at solen ble fraktet over himmelen om dagen.
Om morgenen førte en fisk solen til et skip som transporterte solen inntil middag.
Her tok solhesten over og førte solen videre til ettermiddagsskipet.
Om kvelden førte en slange solen til underverdenen, som lå under den flate jorden.
Her var solen mørk mens den ble transportert på nattskip tilbake til utgangspunktet.

Figuren viser det eldste kjente babylonske kosmiske kartet.
Det er fra omtrent 600 år før Kristus.
Det finnes inskripsjoner på babylonske leirtavler
med astronomiske nedtegnelser.
De eldste er fra 800 år før Kristus.

De gamle greske filosofene fra
fem hundre år og tidligere
mente at jorda er flat.
Pytagoras som levde fra 570 til
495 før kristus
sies å ha vært den første greske
filosofen
som uttalte at jorda er rund.
Men først i tiden fra 400 til 300
år før Kristus
ble det en vanlig oppfatning hos
grekerne at jorda er rund.

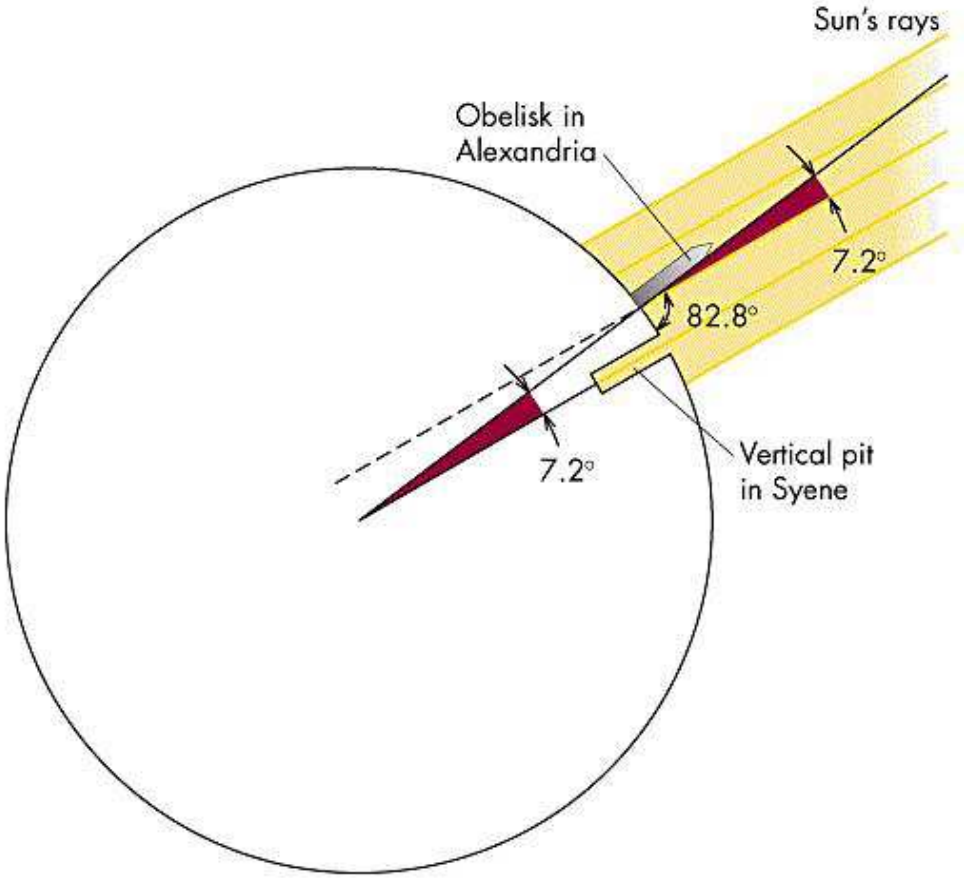
Moderne gjengivelse av globen
til grekeren Crates fra Mallus
fra omtrent 150 år før Kristus.

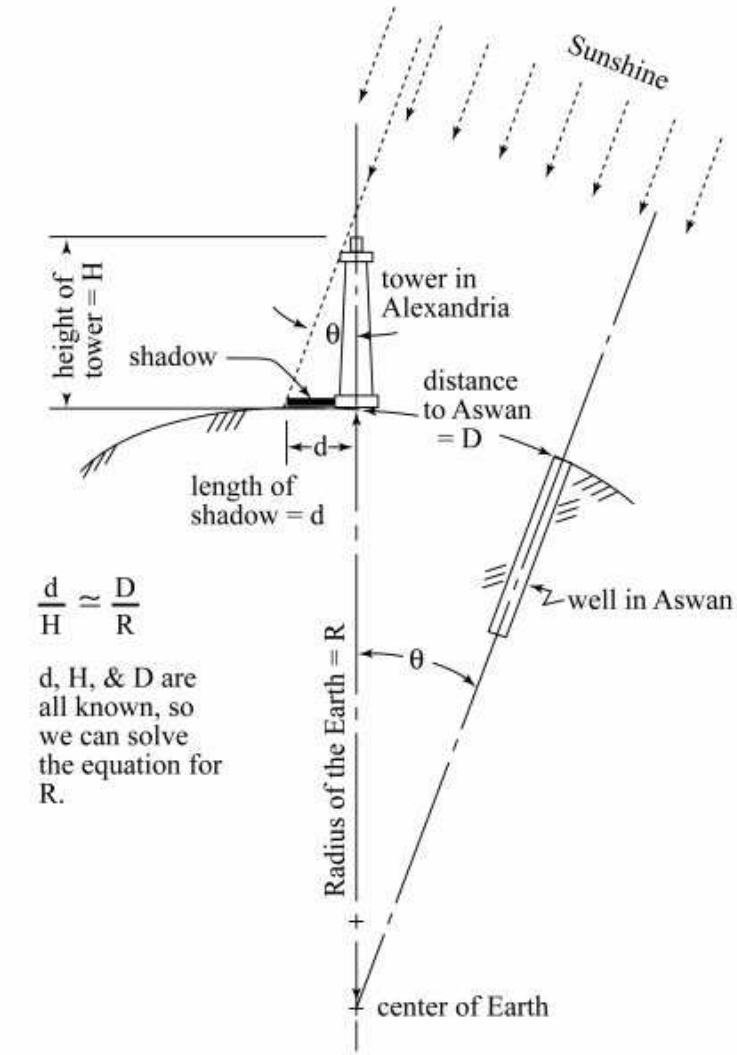
Fikk korrekt resultat med 5% nøyaktighet



Erathostenes (276 BC – 194 BC) måling av jordas radius.

Han brukte reisetiden til ”kongens vandrere, kamelene” til å måle avstanden mellom Alexandria og Syene (Aswan i Egypt) og antok at Alexandria er rett nord for Syene. Samtidig med at solstrålene var loddrette ved Syene, fikk han målt deres vinkel med loddlinjen ved Alexandria ved å måle lengden av skyggen av en obelisk med kjent høyde. Dermed kunne han beregne jordas radius (se neste side).





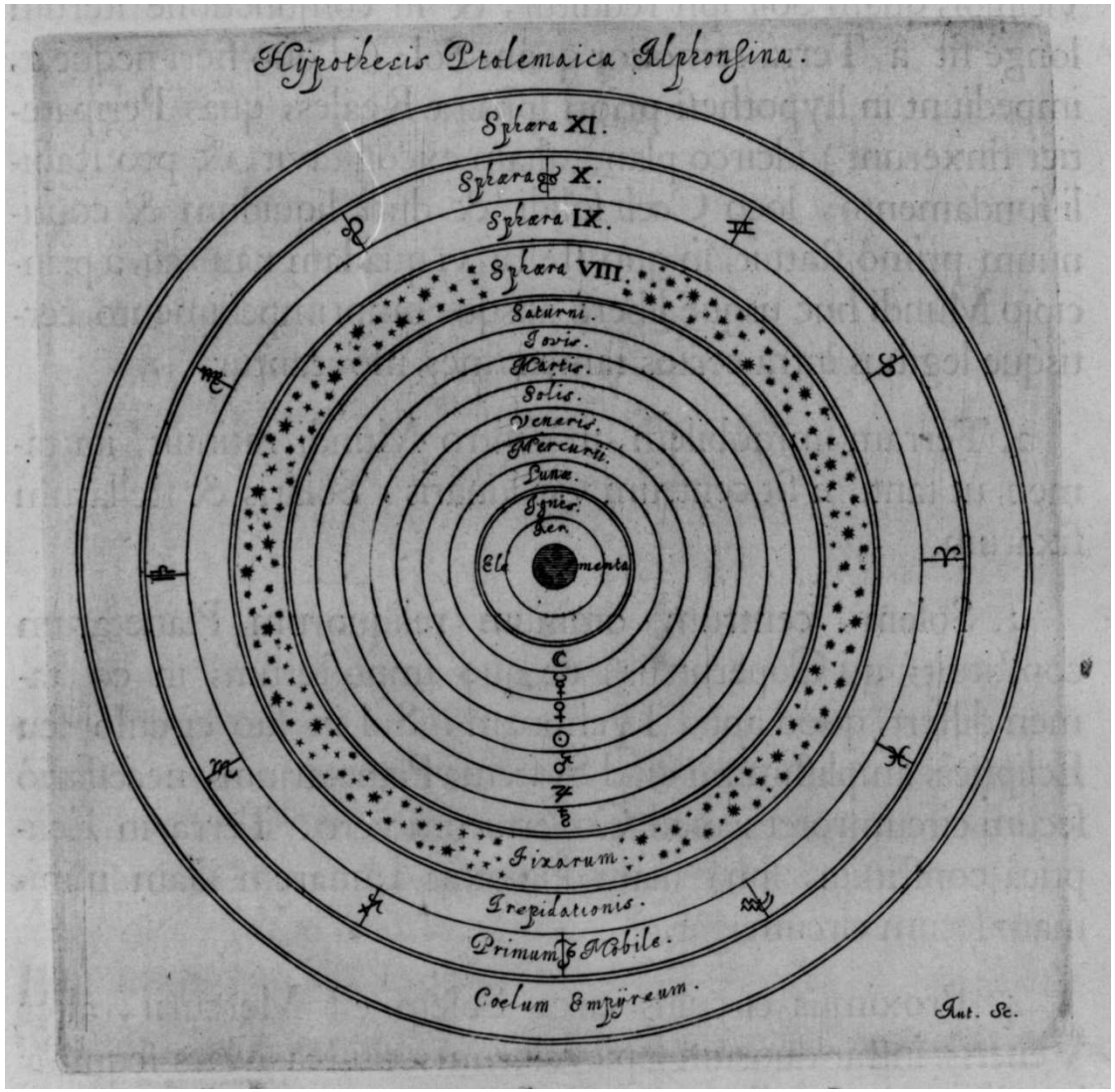
Erathostenes metode til å bestemme Jordas radius, r. Han kjente avstanden b = 800 km mellom Syene og Alexandria og målte vinkelen

(Erathostenes notater er gått tapt, så tallene her er reprodusert)

θ = 7,20 grader = 0,1256 radianer. Da er r = b/ θ = 800 km/0,1256 = 6370 km.

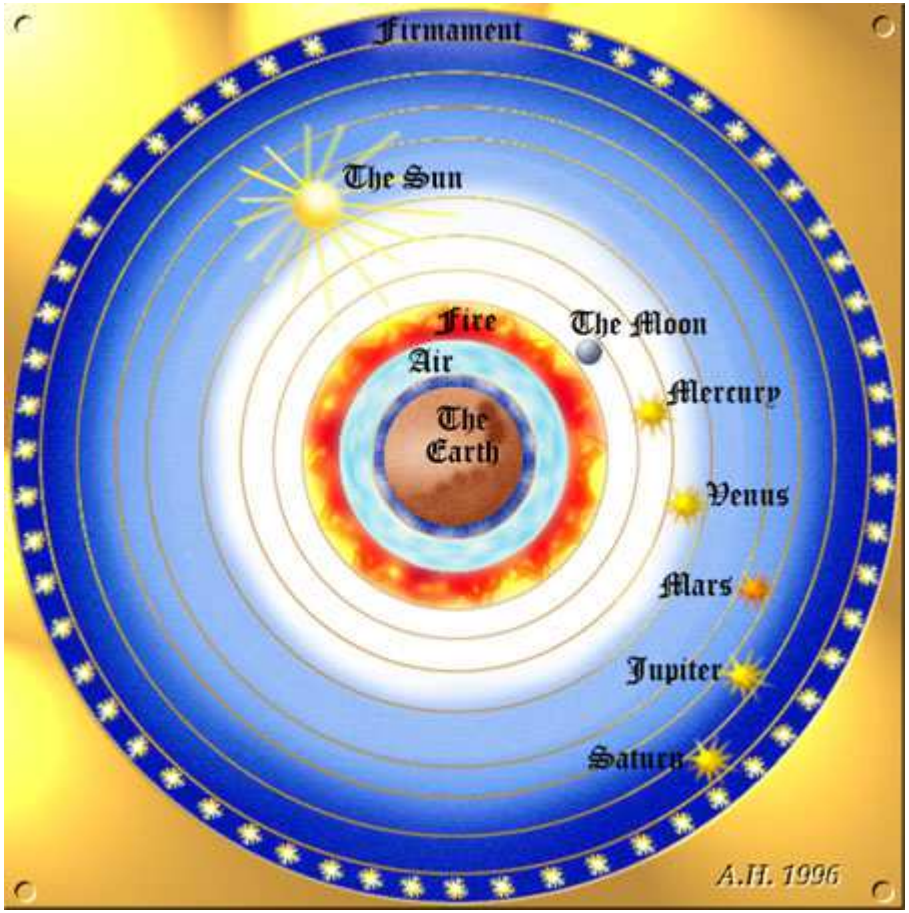
Den korrekte radien ved ekvator er 6378 km.

Det Ptolemeiske verdensbildet

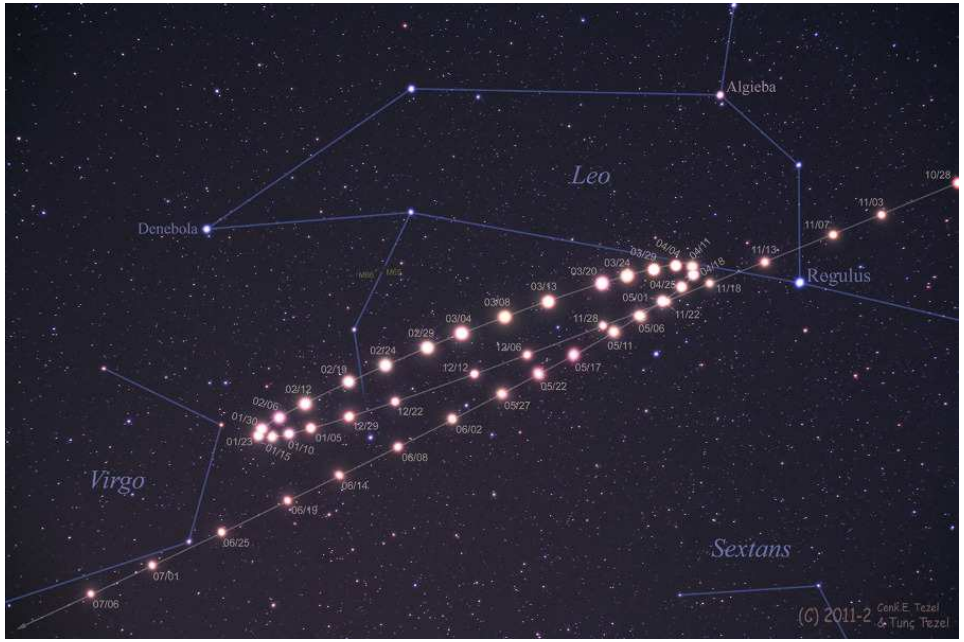


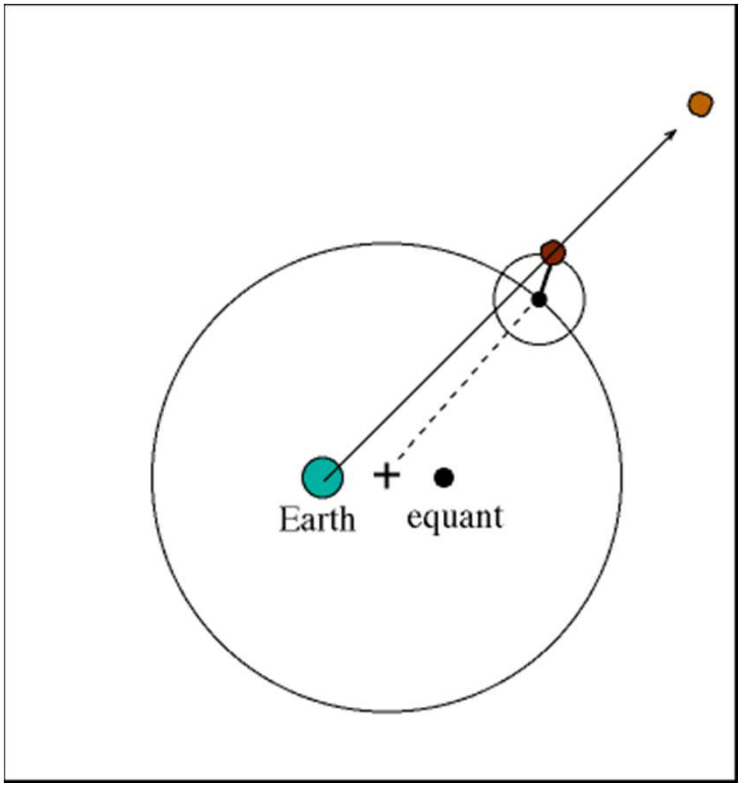
Klaudios Ptolemaios ca 90 - 170

Det Ptolemeiske verdensbildet, her tegnet av Johannes Hevelius,
ble presentert i boka Almagest. Ifølge dette verdensbildet var jorden i sentrum,
og Sola og de 7 kjente planetene beveget seg rundt Jorda.
Vår verden besto av 8 sfærer, en for hver av planetene og en stjernene var festet til.

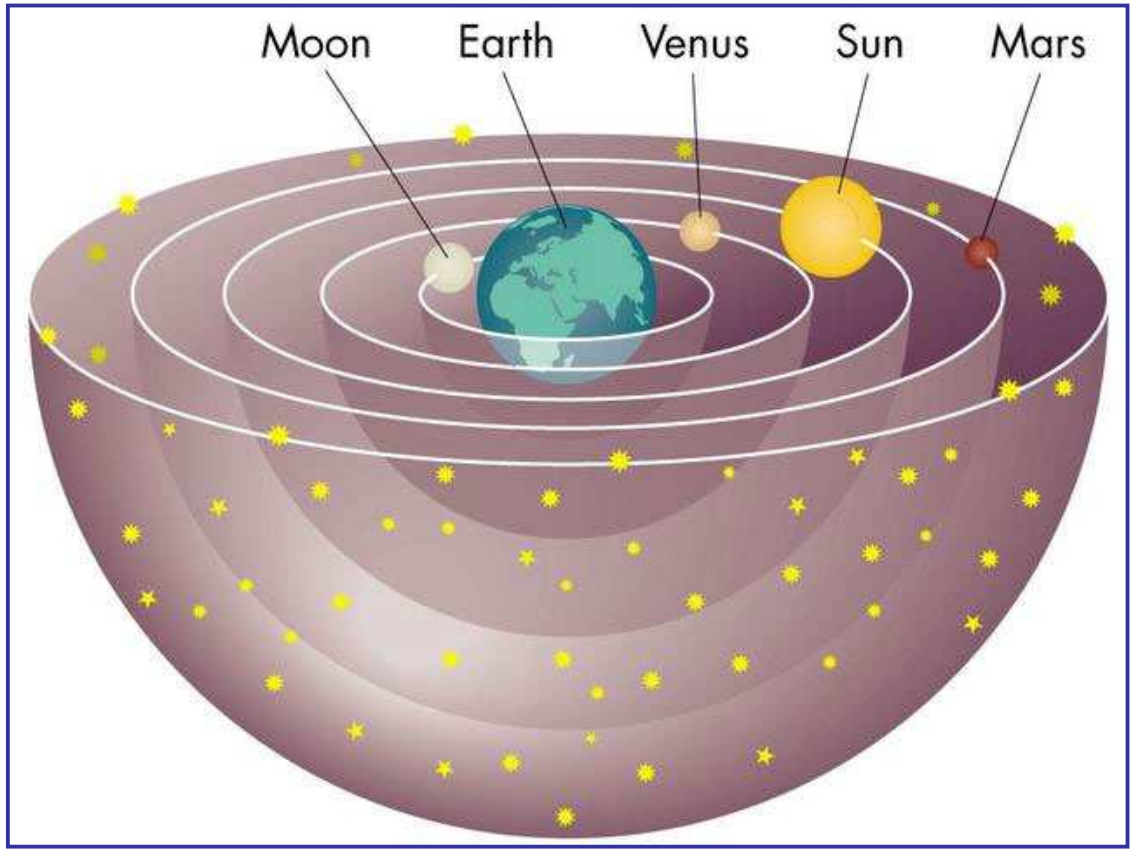

Firmament
The Sun
Fire
The Moon
Air
Mercury
The Earth
Venus
Mars
Jupiter
Saturn
A.H. 1996

Forklaring av retrograd bevegelse i det Ptolemeiske verdensbildet





Claudius Ptolemeus, 90 -170 AD: Jorda er i universets sentrum



Arabisk kosmologi i middelalderen

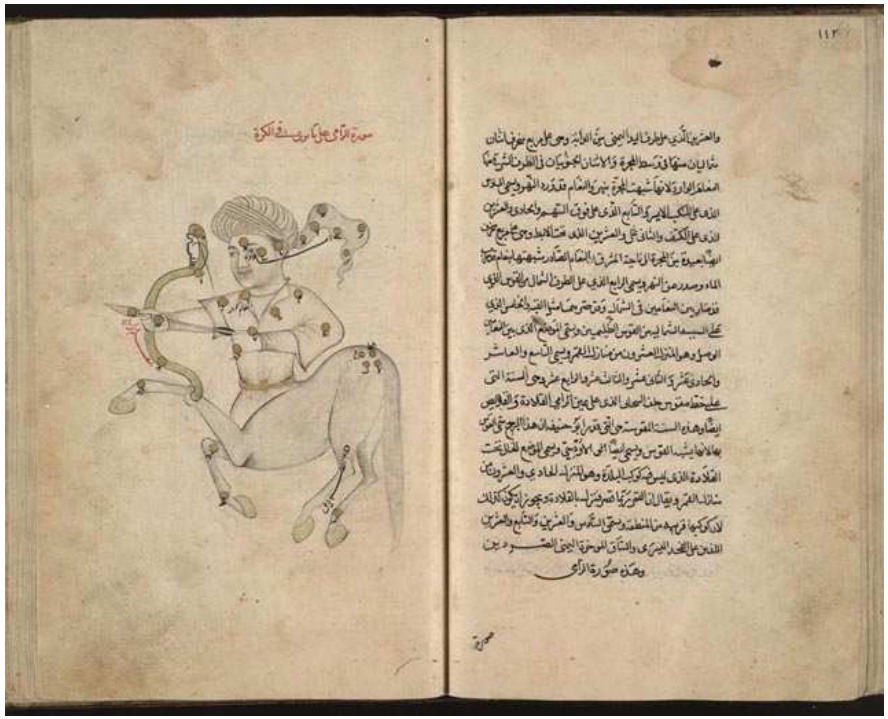
I den middelalderske islamske kultur ble verden delt i to:
Den usynlige guddommelige verden
som vi ikke har mulighet til å vite hvordan er,
og den synlige verden
som vi kan observere ved hjelp av våre fem sanser.

Omkring år 850 skrev al-Farhani en bok med tittelen
Et kompedium om stjernenes vitenskap.
Den summerte opp og kommenterte Ptolemeus sin Almagest
og inkluderte nyere målinger av solsystemets egenskaper.

Flere arabiske astronomer identifiserte i tiden fra år 900 til 1000 Melkeveien som et stort system av stjerner.

I år 964 utga Abd al-Rahman al-Sufi en bok med tittelen *Boken om fiksstjernene*.

Her er den første kjente beskrivelsen av Andromedagalaksen.



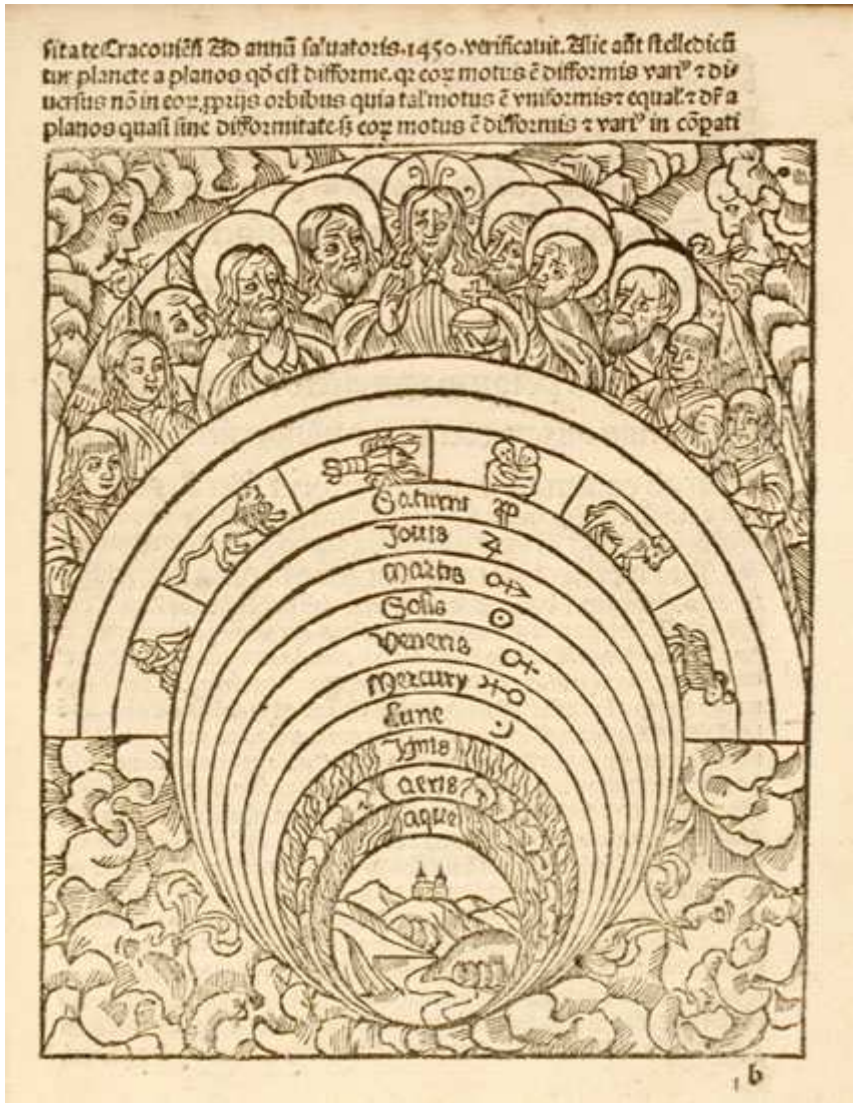
Fakhr al-Din al-Razi (1149 – 1209) argumenterer mot at Jorda er sentrum i verden,
og for at det eksisterer mange verdener.

Indiske astronomer hadde et heliosentrisk verdensbilde.
De mente at planetene går i bane rundt Sola.
På 1100-tallet var dette kjent
og ble videreført i den arabiske verden.
Det var på denne tiden en stor astronomisk aktivitet
der man forbedret både observasjonsdataene
og utviklet en modell av verden med Sola i sentrum.

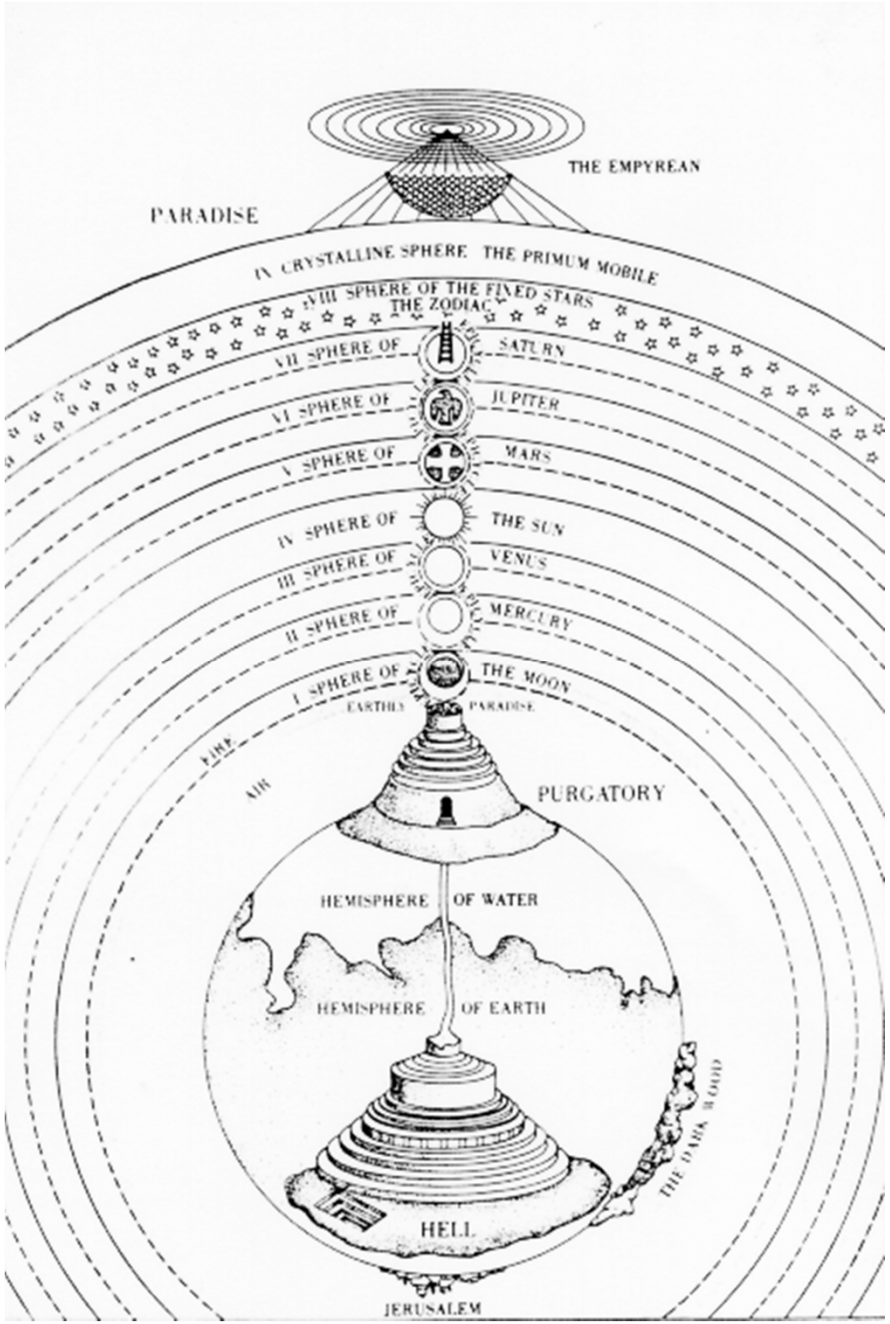
For videre lesing, se Wikipedia-artikkelen:
Cosmology in medieval Islam

Første utgave av Tractates De sphaera av Joanis de Sacrobosco (1195 – 1256), som opprinnelig het John Holywood, ble utgitt i1220.

GLOGOVIENSIS, JOHANNES. Introductorium Cōpendiosum in Tractatum Spere material mgri Joānis de Sacrobusto ... . [Cracow: Joh. Haller, April 28, 1506.]



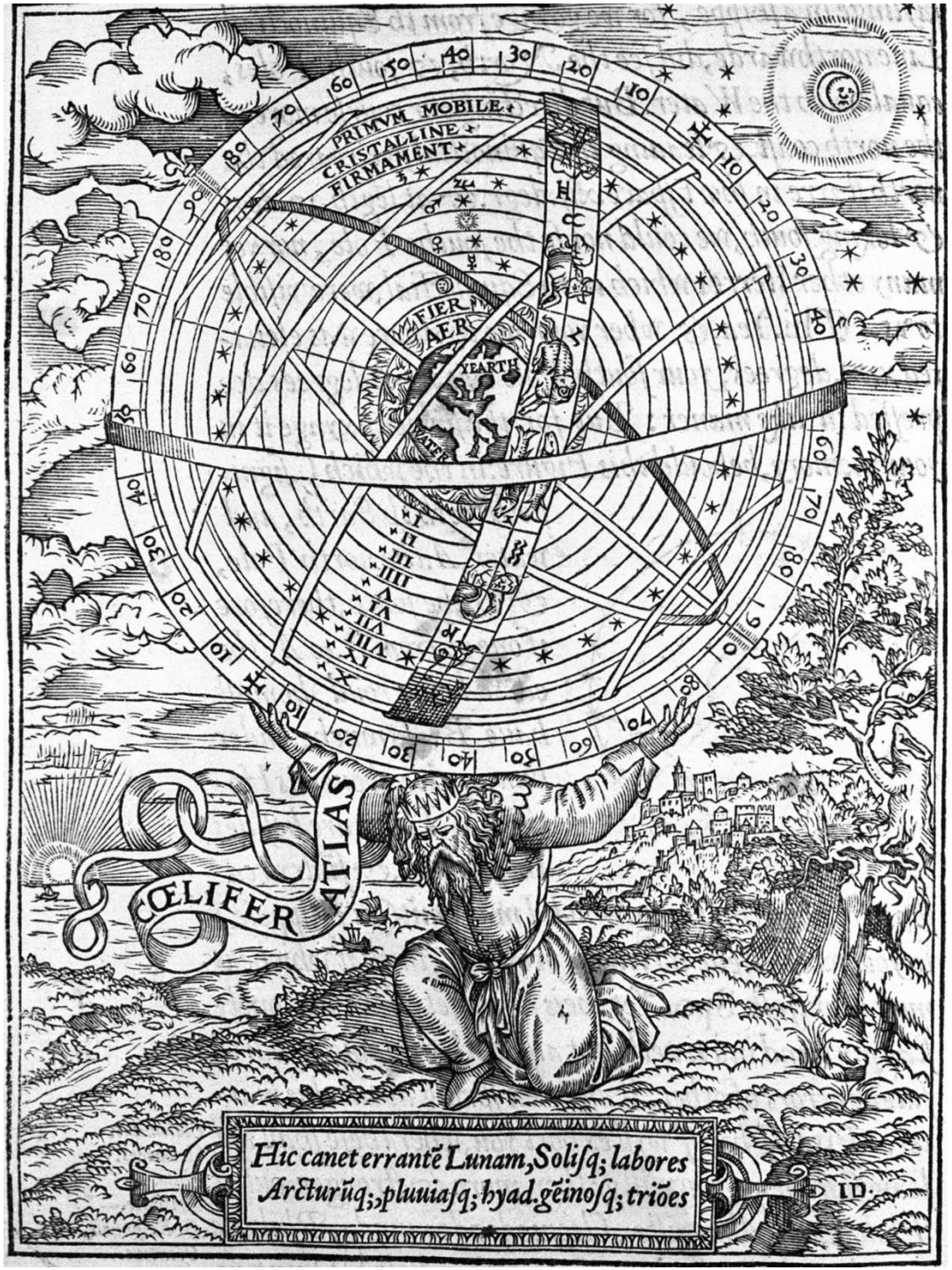
Dante's 'Divine Comedy' is an epic poem dealing with an allegorical vision of the afterlife and Catholic world-view. Based on the Aristotelian model, the Earth in the 'Divine Comedy' is at the center of the Universe, surrounded by whirling spheres made of transparent solid matter. Added to the Aristotelian eight spheres is a ninth sphere, the *primum mobile* or "first moved", the source of the movement of all the inner planetary spheres. Beyond the *primum mobile* lies the spiritual Universe, the mind of God or Empyrean heaven, thus this sphere marks the boundary between the natural and supernatural worlds.



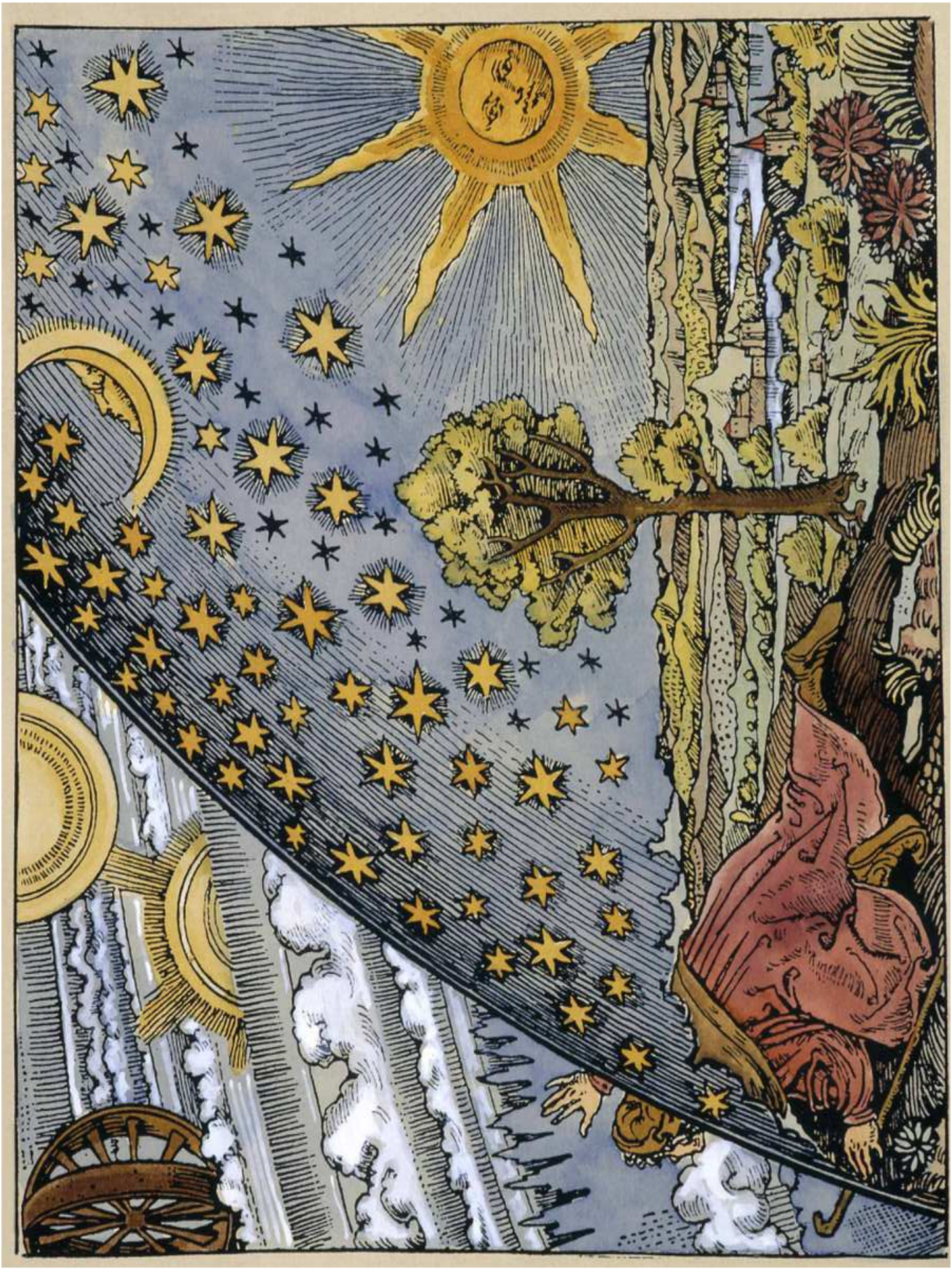
Kardinal Nicolaus Cusanus var også en betydningsfull naturfilosof og matematiker.

I sin bok «On Learned Ignorance» presenterer Cusanus nye ideer om universet: Han skriver at universet ikke har noe sentrum og ingen grenser. Gud er universets sentrum, og Gud er over alt. Jorda er ikke i ro. Men bevegelsen er ikke definert i forhold til et absolutt referanse-system, bare i forhold til andre legemer. Han undres på om det er innbyggere andre steder enn i solsystemet, og hevder at dette er et spørsmål vi ikke er i stand til å svare på.

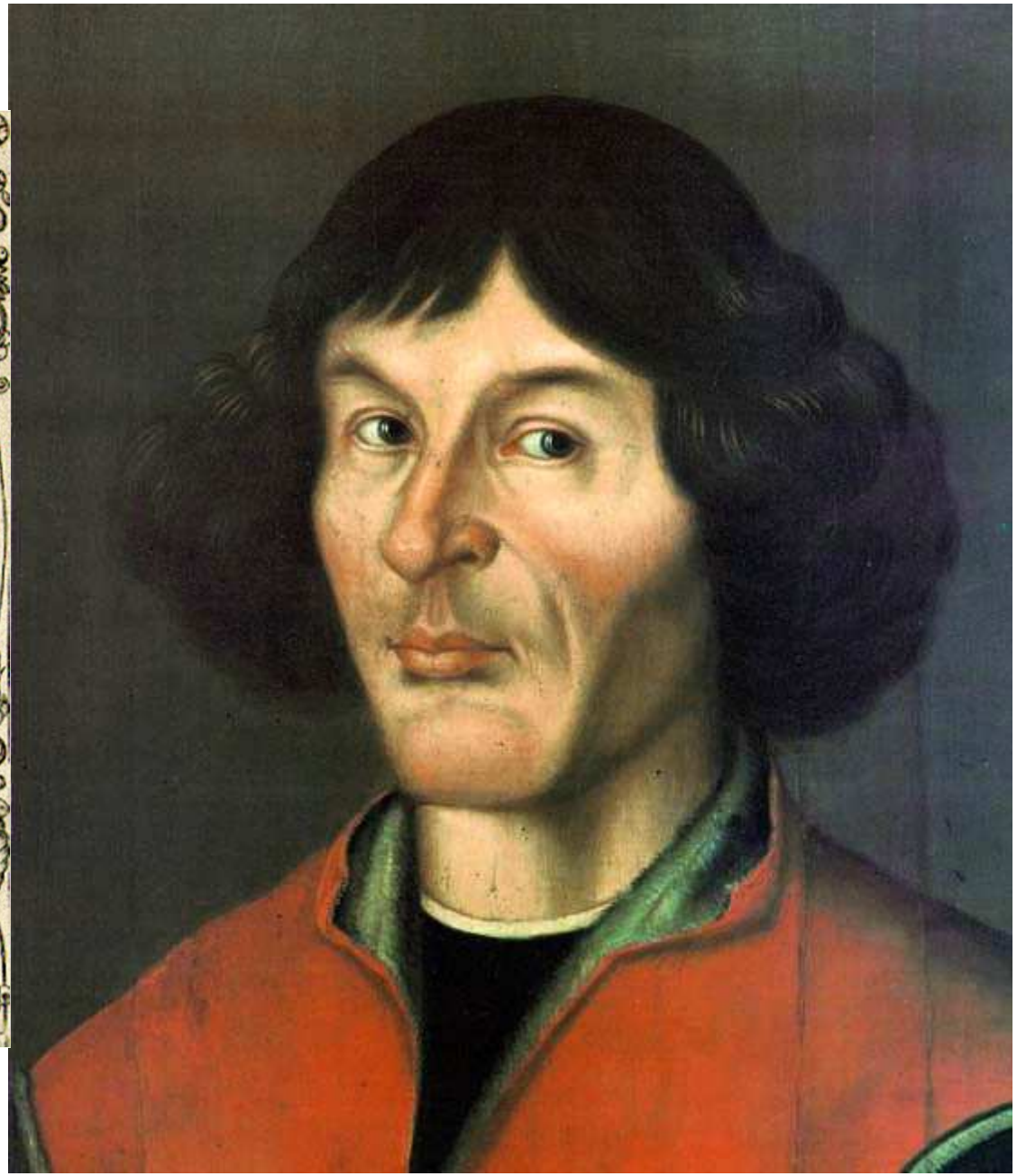
Nicolaus Cusanus 1401 – 1464



Guden Atlas bærer verden med Jorda i sentrum. Tegningen er fra William Cunningham: *The cosmographical Glasse* utgitt i London i 1559. Verset på bunnen er fra bok 1 i Virgils Aneid der Atlas omtales som lærer i astronomi.

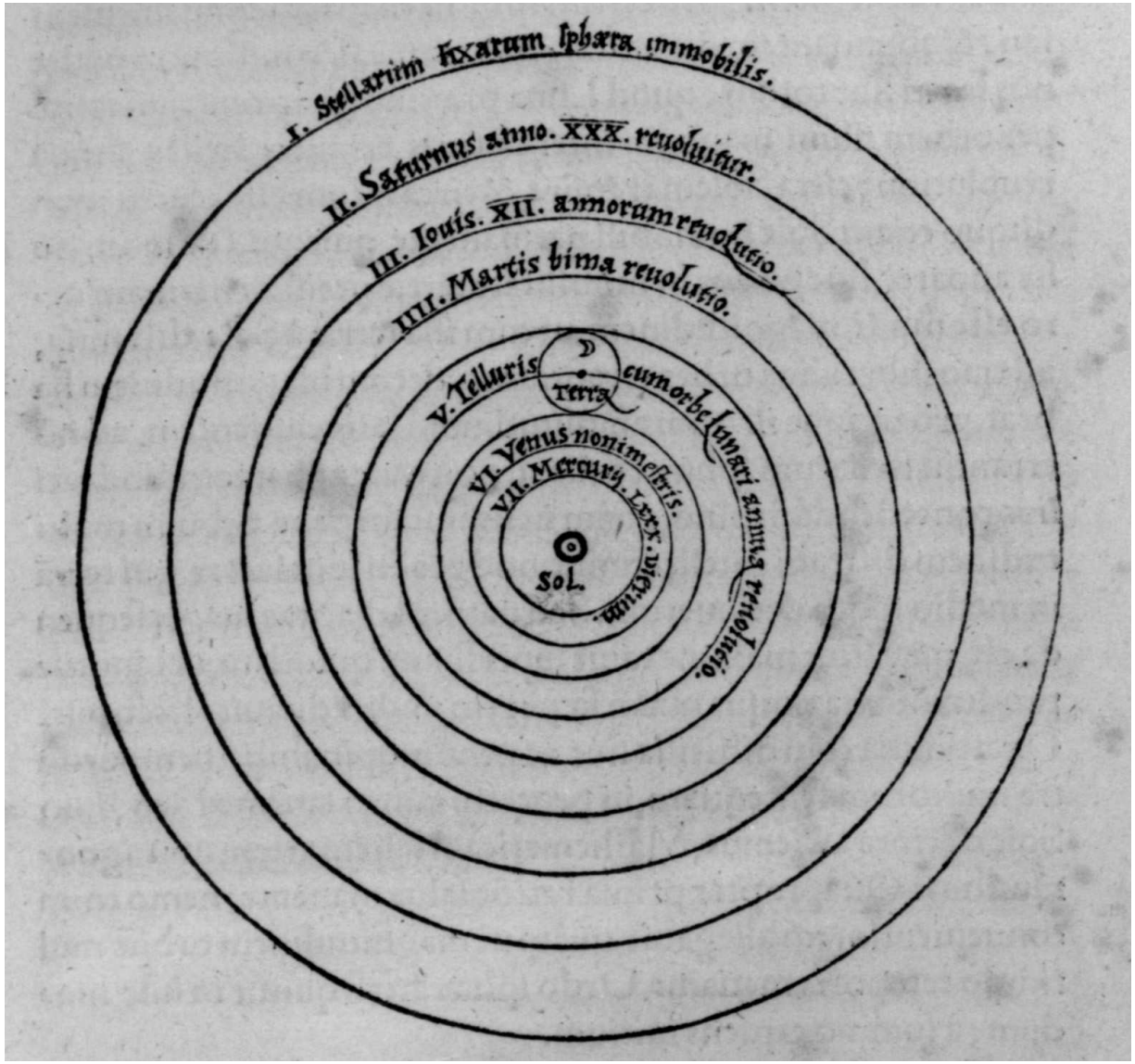


Portrett laget i 1597

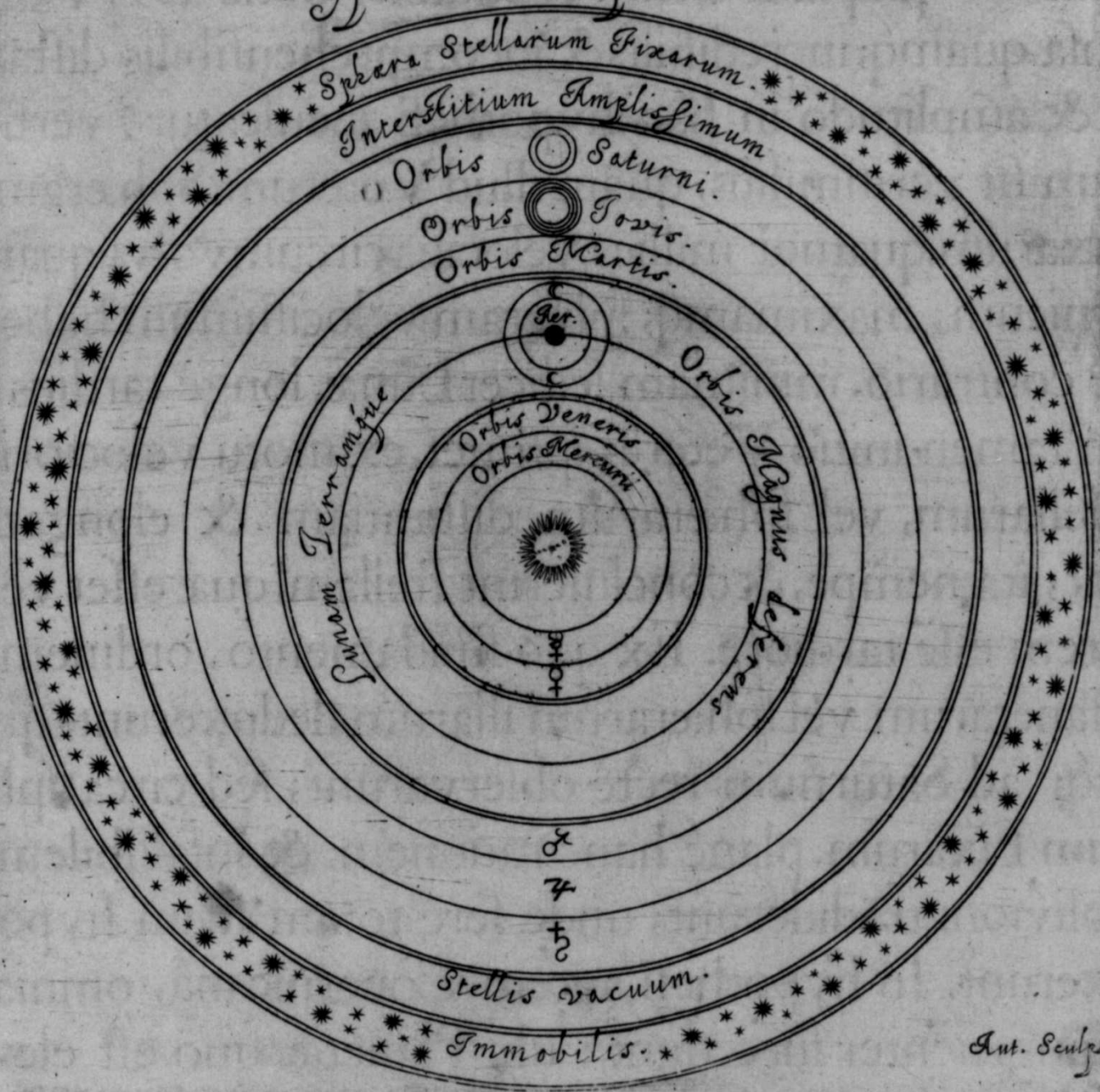


Nicolaus Copernicus 1473 – 1543

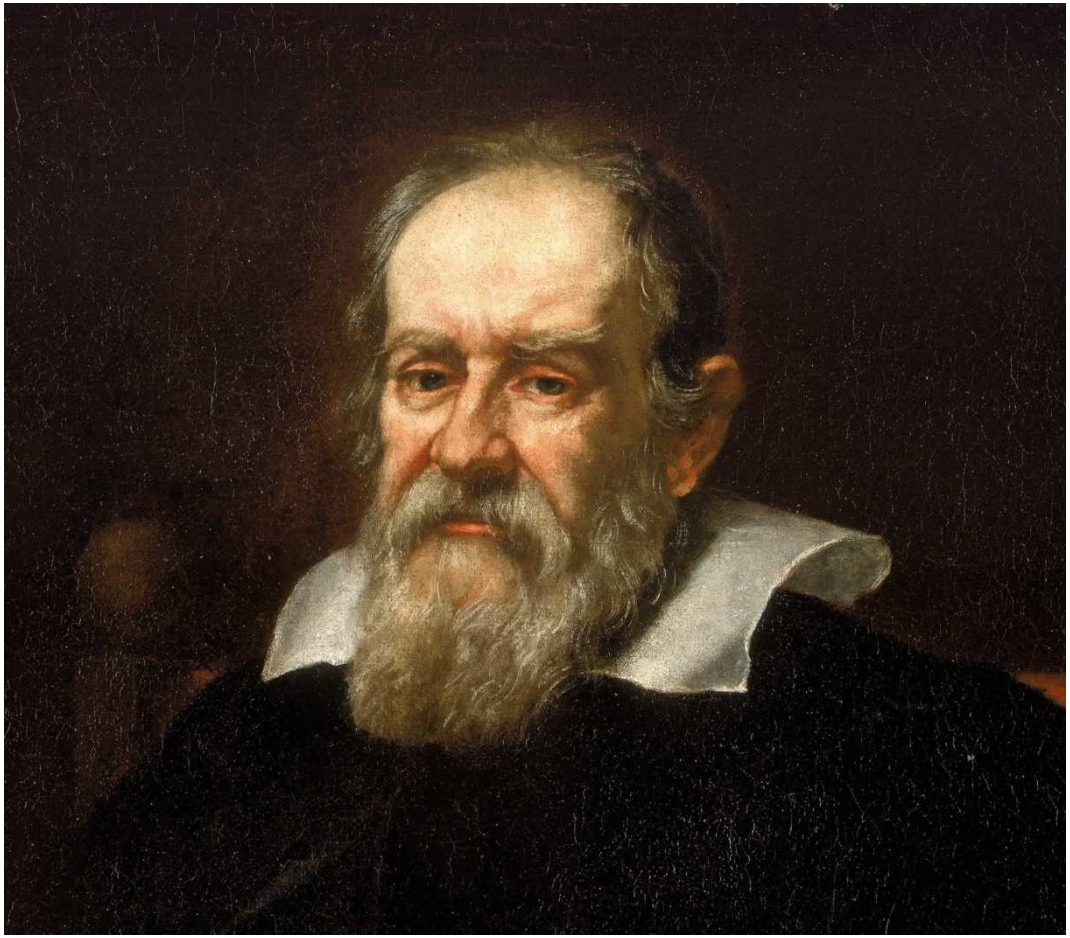
Jan Matejko (1838-1893): Copernicus konverserer med Gud



Tegning i en boken ***De revolutionibus orbium coelestium***
av Copernikus publisert i 1543.
Sola er i universets sentrum


Hypothecis Copernicana.
Sphæra Stellarum Fixarum.
Interstitium Amplissimum
Orbis Saturni.
Orbis Jovis.
Orbis Martis.
Ter.
Orbis Magnus descensus
Lunam Terramque
Orbis Veneris
Orbis Mercurii
Stellis vacuum.
Immobilis.
Aut. Sculps.

Tegning i en bok av Leonard Digges fra 1566.
Her er Jorda fortsatt i universets sentrum



Galileo Galilei (1564 – 1642)
Galilei var den første som brukte kikkert til å observere himmellegemene med.
Han oppdaget blant annet 4 av Jupiters måner
og forsvarte det Kopernikanske verdensbildet
der planetene beveger seg rundt sola.
Han publiserte sin *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems* i 1637.

DIALOGO
DI
GALILEO GALILEI LINCEO
MATEMATICO SOPRAORDINARIO

DELLO STVDIO DI PISA.

E Filosofo, e Matematico primario del

SERENISSIMO

GR. DVCA DI TOSCANA.

Doue ne i congressi di quattro giornate si discorre sopra i due

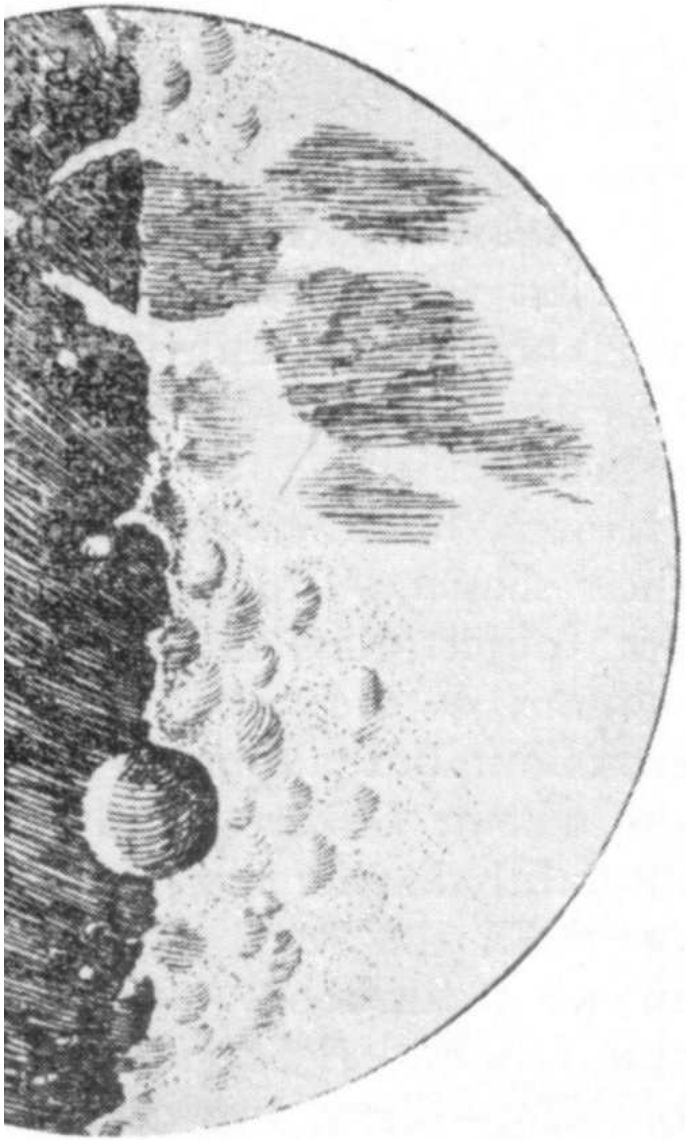
MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
TOLEMAICO, E COPERNICANO;

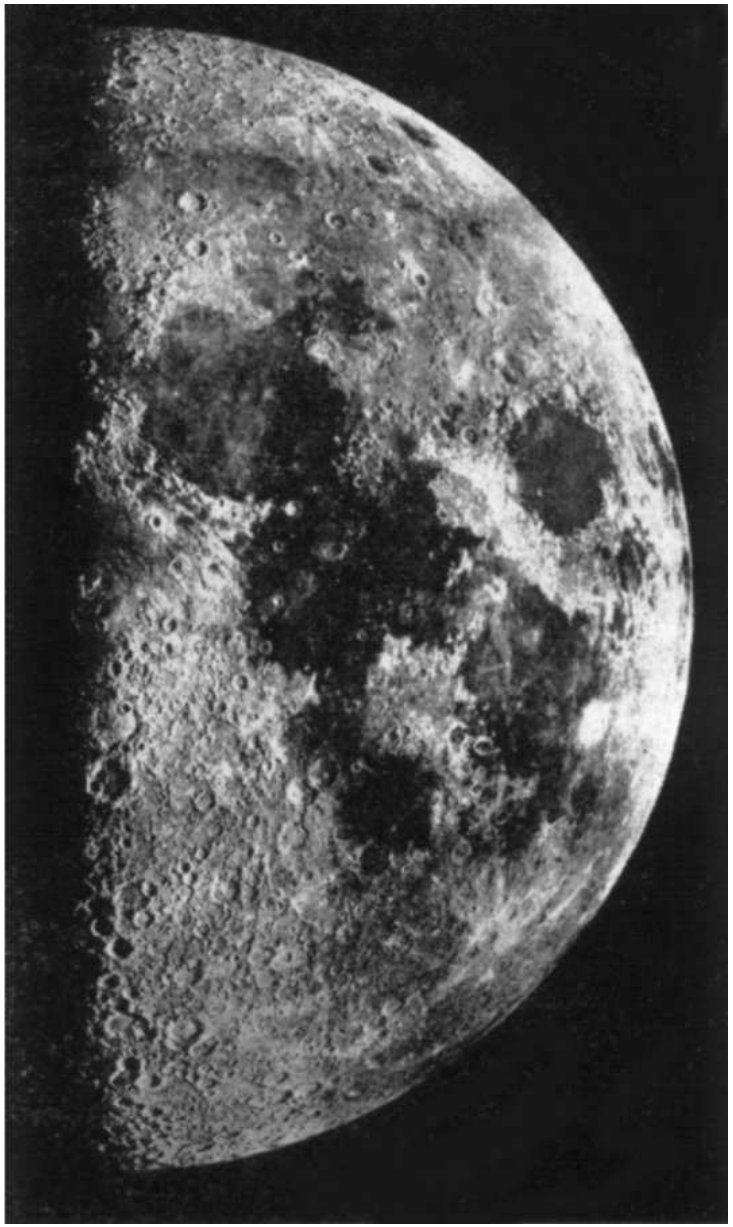
Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali tanto per l'vna, quanto per l'altra parte.

CON PRI VILEGI.

IN FIORENZA, Per Gio: Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SVPERIORI.

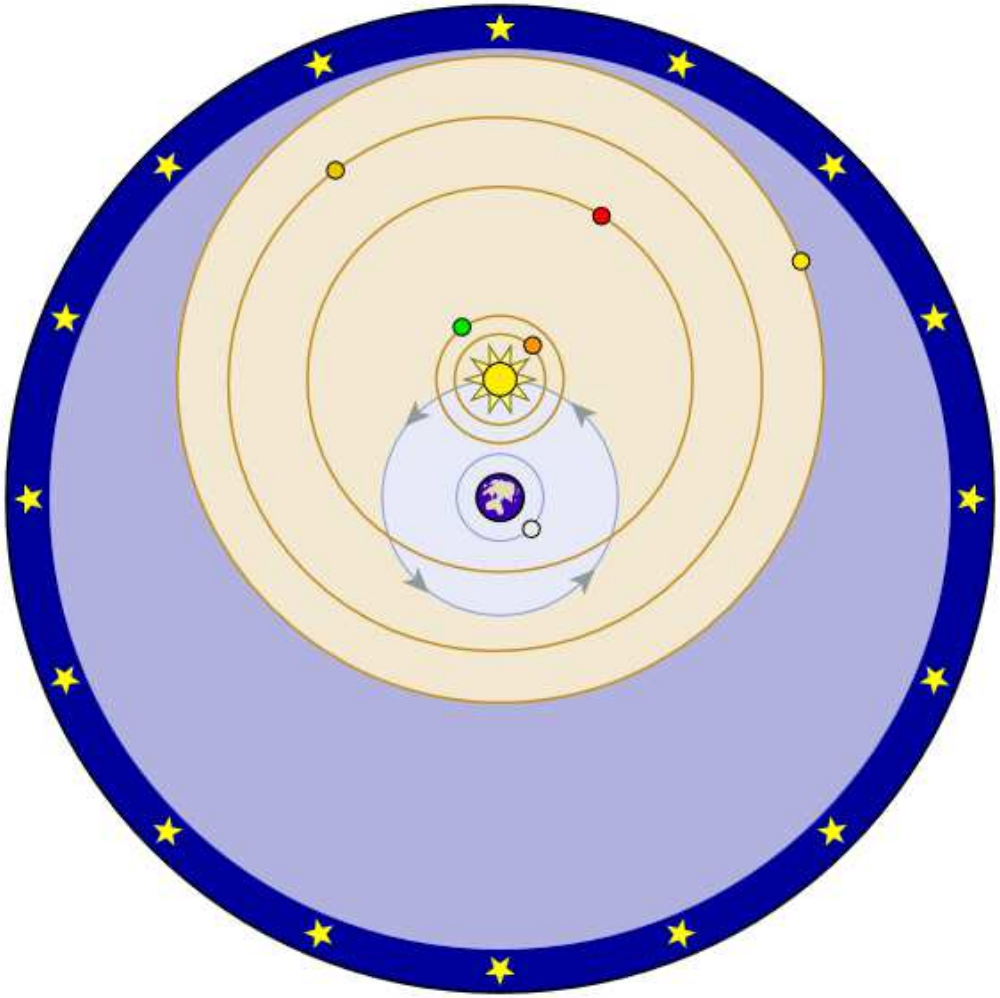




Tegning fra *Sendebud fra stjernene (1610)* og foto

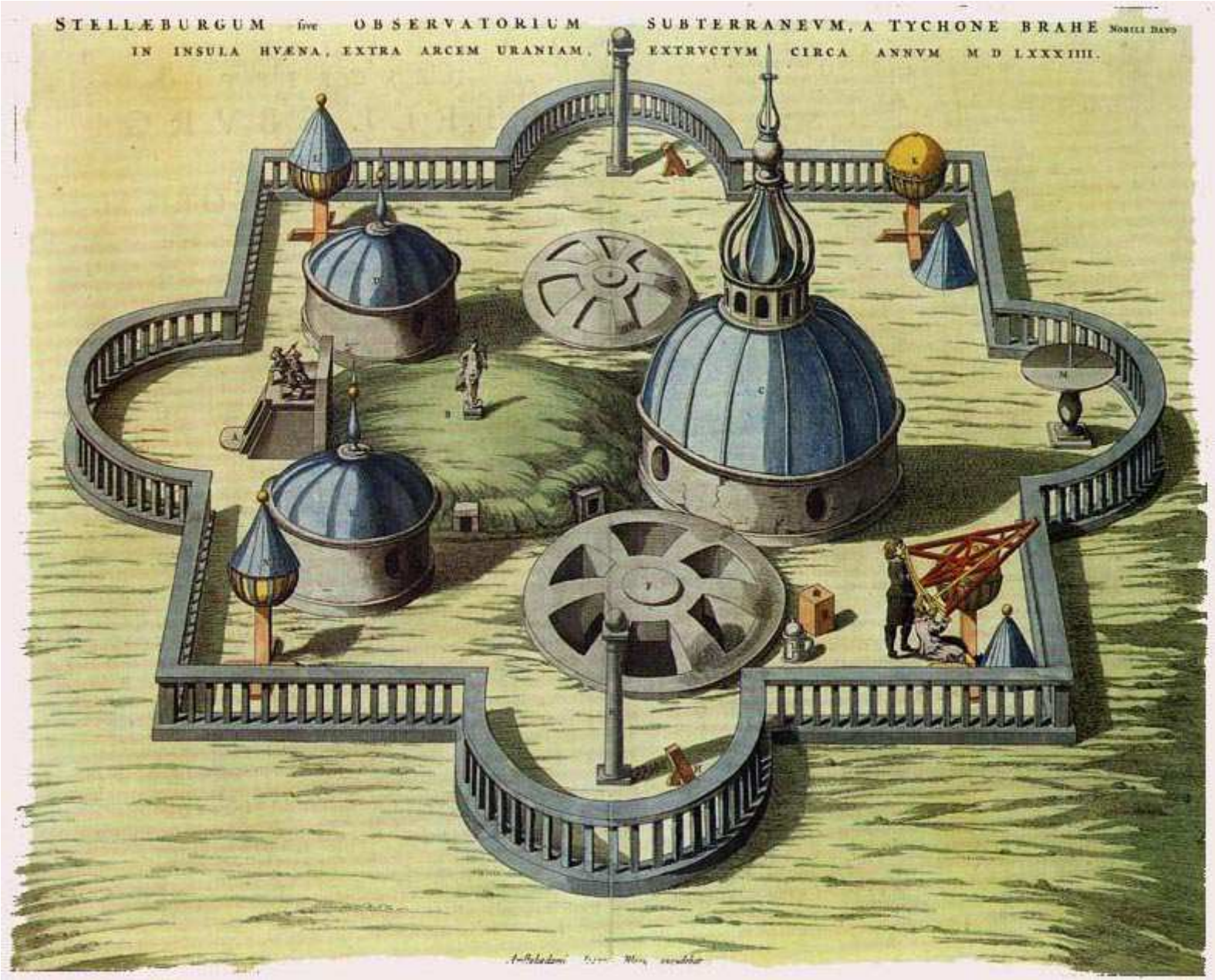
Galilei viser dogen_av Venezia hvordan han skal bruke teleskopet. Freske av Giuseppe Bertini

Tycho Brahe 1546-1601

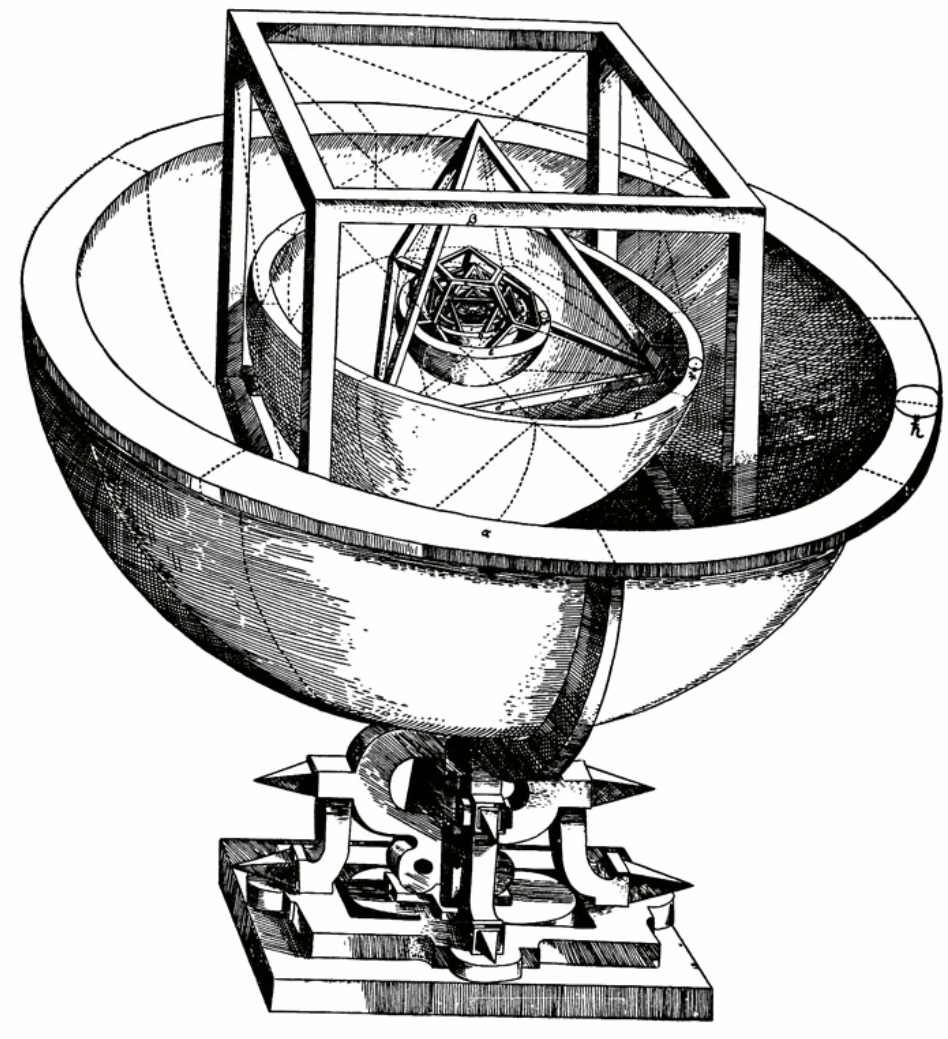


Figur som viser Tycho Brahes geosentriske system. Legemene på de blå feltene, dvs. Månen, sola og stjernene, beveger seg i bane rundt jorda. Legemene i det oransje området, dvs. Merkur, Venus, Mars, Jupiter og Saturn, beveger seg rundt sola.

Stjerneborg: Observatoriet til Tycho Brahe på øya Hven



Tegning av Tycho Brahes Stjerneborg laget av Willem Blaeu circa 1595

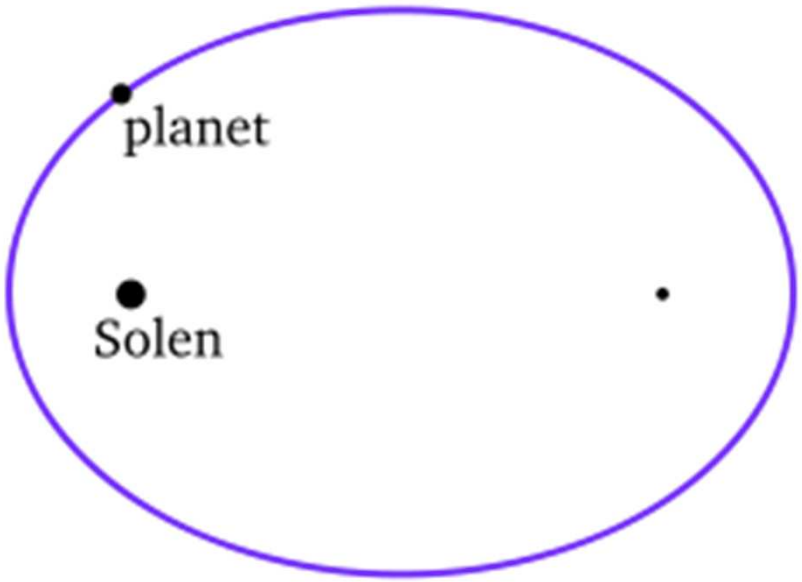


Keplers «platoniske» modell av solsystemet

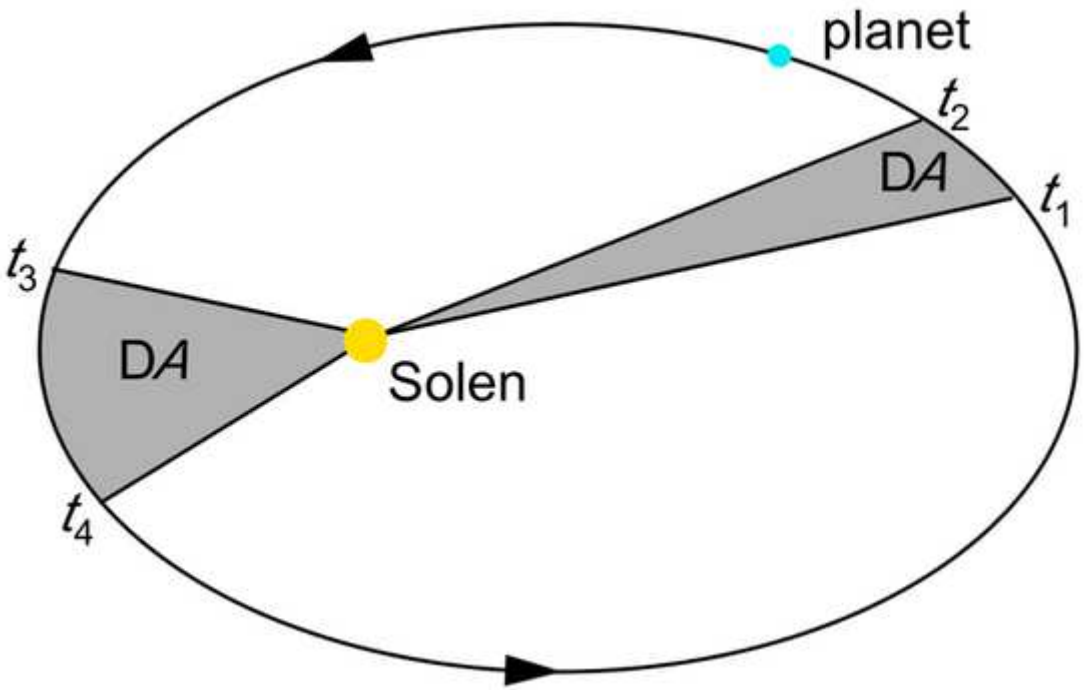
Johannes Kepler 1571-1630

Keplers lover

Keplers 1. lov
Planetene beveger seg i ellipsebaner med sola i den ene brennpunktet.



Keplers 2. lov
Den rette linjen mellom sola og planeten beskriver like store flater i like lange tidsrom.



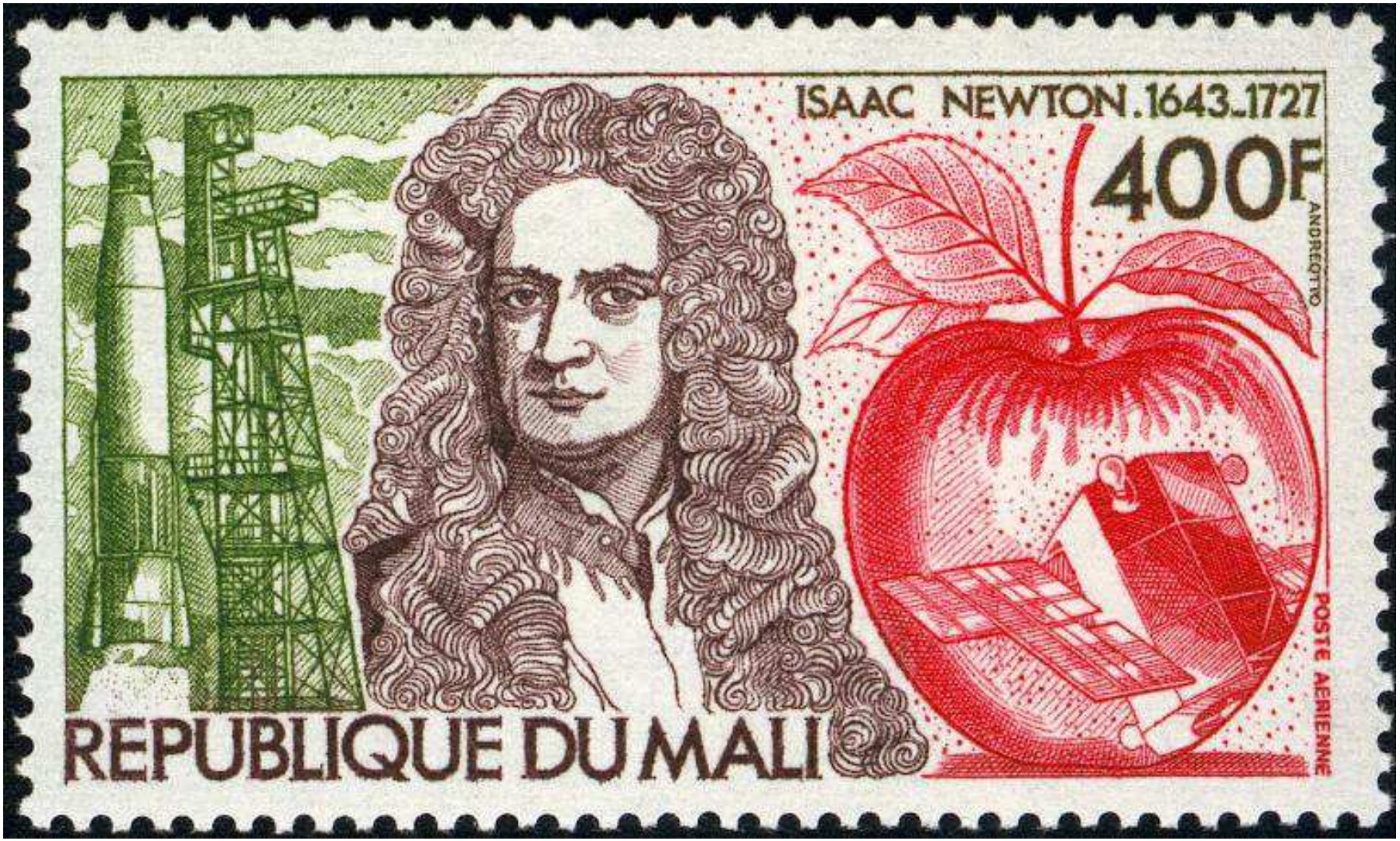
Keplers 3. lov
Kvadratet av omløpstidene til to planeter forholder seg til hverandre som tredje potens av middelavstandene fra sola.

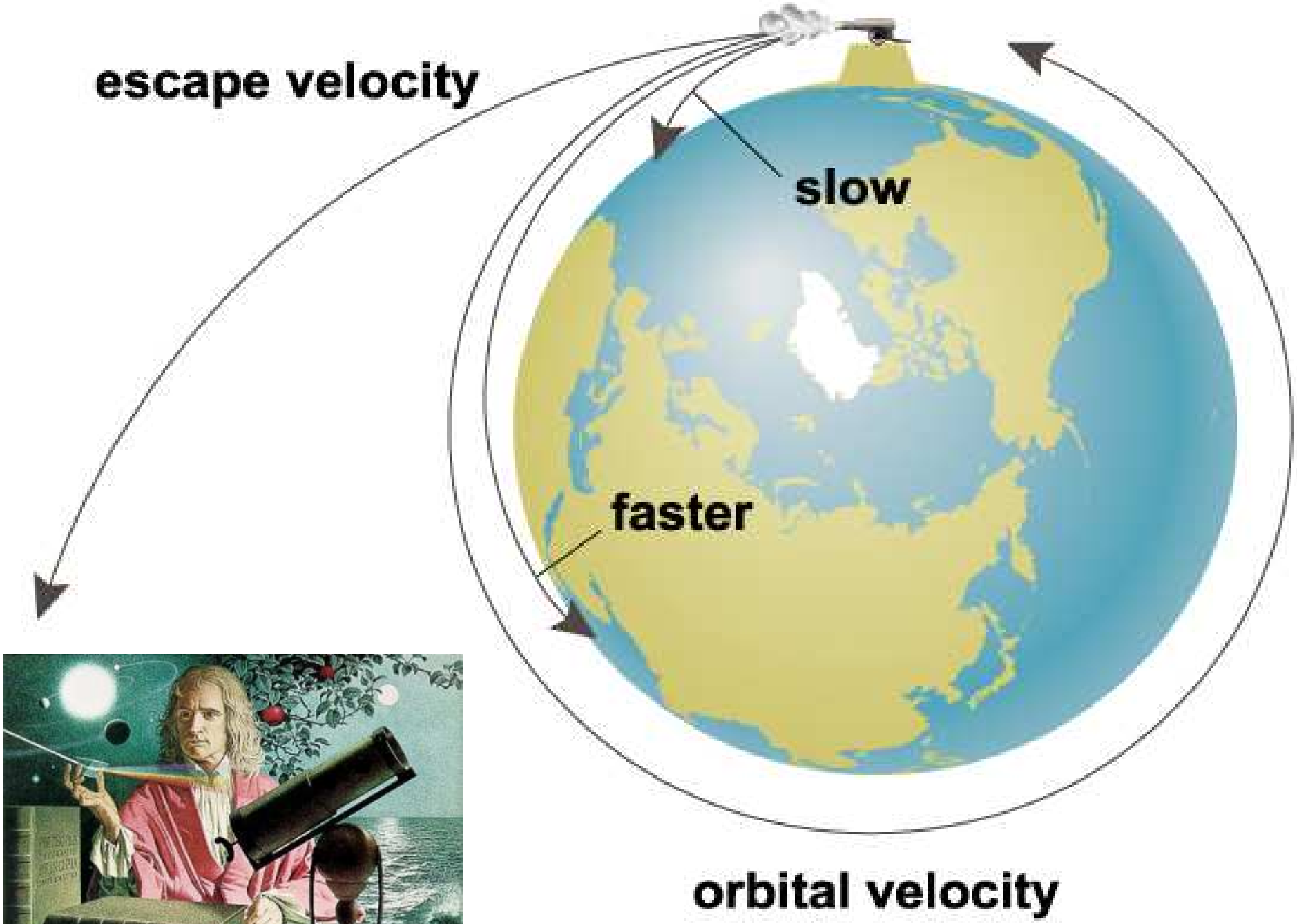
René Descartes 1596 – 1650

I Principia philosophia hevdet Descartes at universet ikke har noe sentrum og at det er uten grenser. Descartes erklærte at Solen er en stjerne .
Han mente at universet var skapt av Gud,
men at det senere har utviklet seg ifølge naturens lover.

Isaac Newton (1642-1727)

Newton publiserte Principia i 1687.
Han konstruerte her en dynamikk og en gravitasjonslov
som danner grunnlaget for den moderne fysikken.


ISAAC NEWTON.1643-1727
400F
ANDREOTTO
POSTE AERIENNE
REPUBLIQUE DU MALI

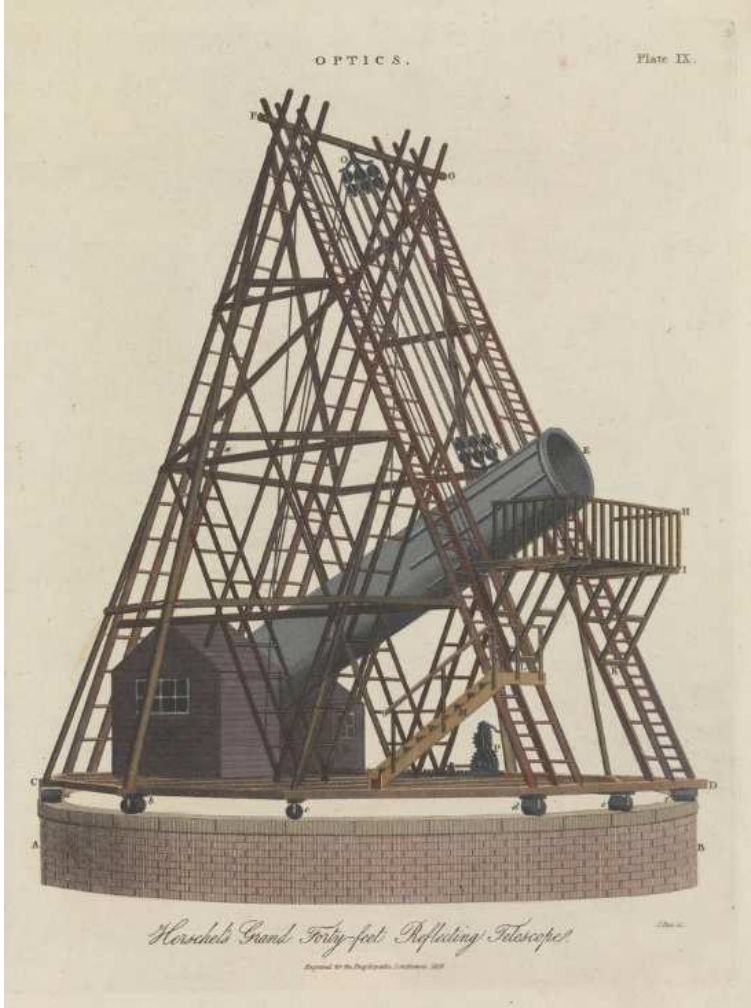

escape velocity
slow
faster
orbital velocity

Immanuel Kant 1724 – 1804

Kant innførte begrepet «øy-univers». Dette var «tåkene» som det var observert noen av på nattehimmelen. Kant mente at de var store ansamlinger av stjerner.
Han hevdet også at vårt solsystem befinner seg i et slikt øy-univers.

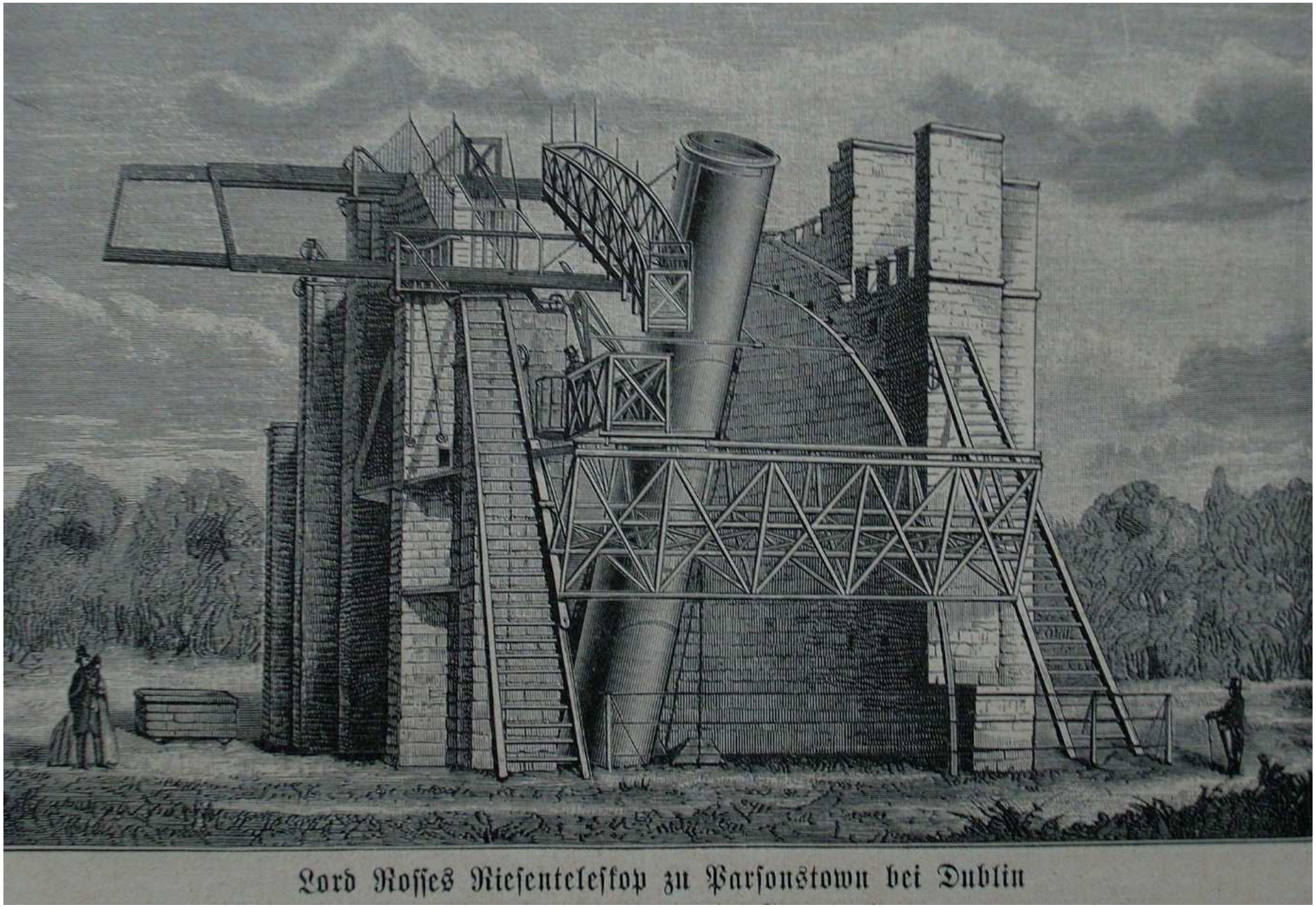
I årene fra 1799 til 1825 utarbeidet Laplace 5-binds verket *Mécanique Céleste.* Her tok han utgangspunkt i Newtons dynamikk og beskrev matematisk hvordan solsystemet var blitt dannet fra en stor roterende støvsky. Laplace introduserte en dynamisk beskrivelse av universet basert på fysikkens lover. Da Napoleon spurte ham hvorfor han ikke nevne Gud i sin beskrivelse av universet, svarte han: Jeg har ikke bruk for den hypotesen.

Pierre-Simon Laplace 1749 - 1827

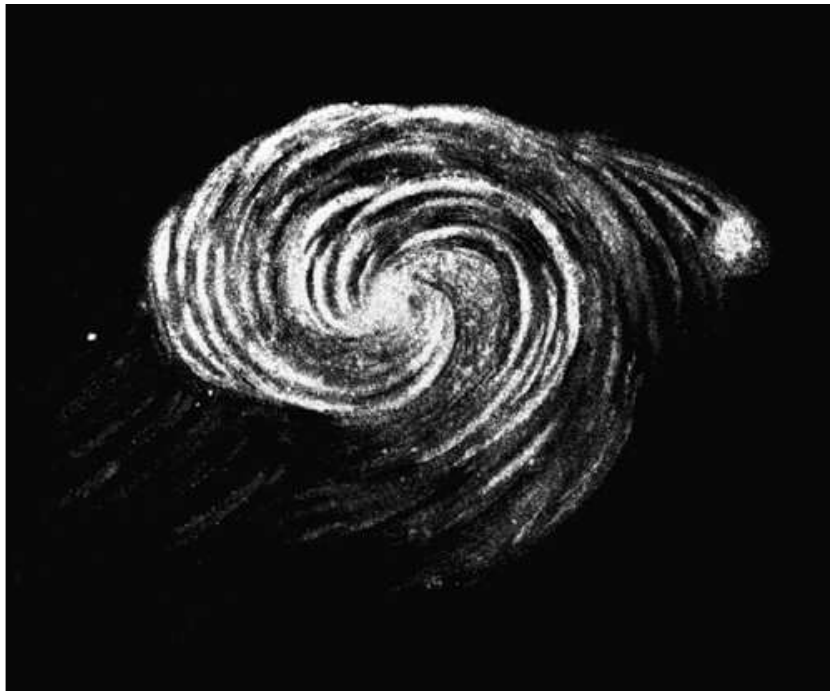


Frederick William Herschel 1738 - 1822

I 1781 oppdaget Herschel planeten Uranus.
Herschel konstruerte blant annet et speilteleskop med diameter på 1,3 meter og brennvidde på 40 fot (12 meter).
Med det oppdaget han en rekke nye objekter og identifiserte Melkeveien som en stor ansamling av stjerner blant utallige andre slike ansamlinger som ble kalt tåker på den tiden.

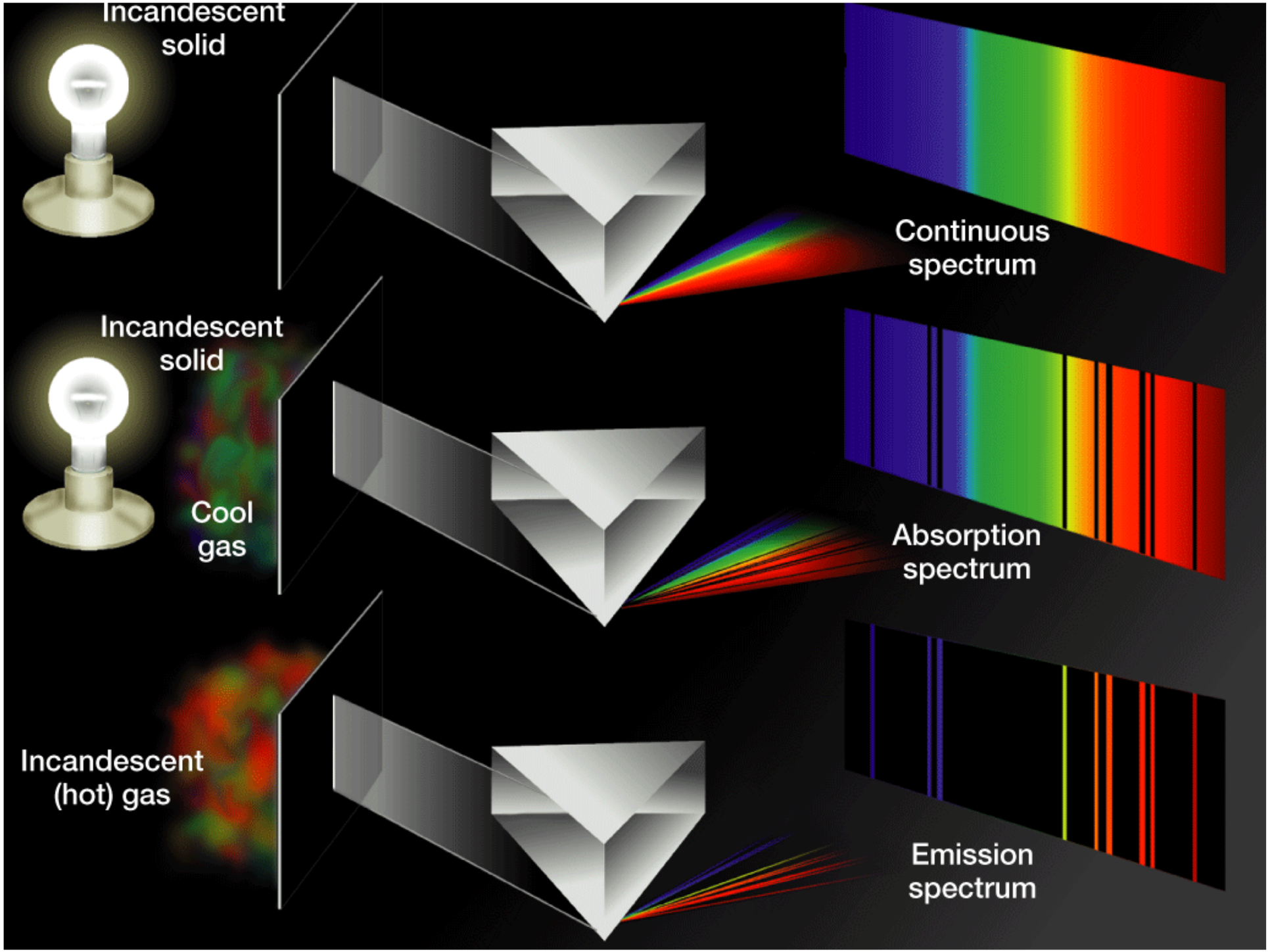


Lord Rosses teleskop, «Leviathan», med diameter på 1,8 m og brennvidde på 16 m.

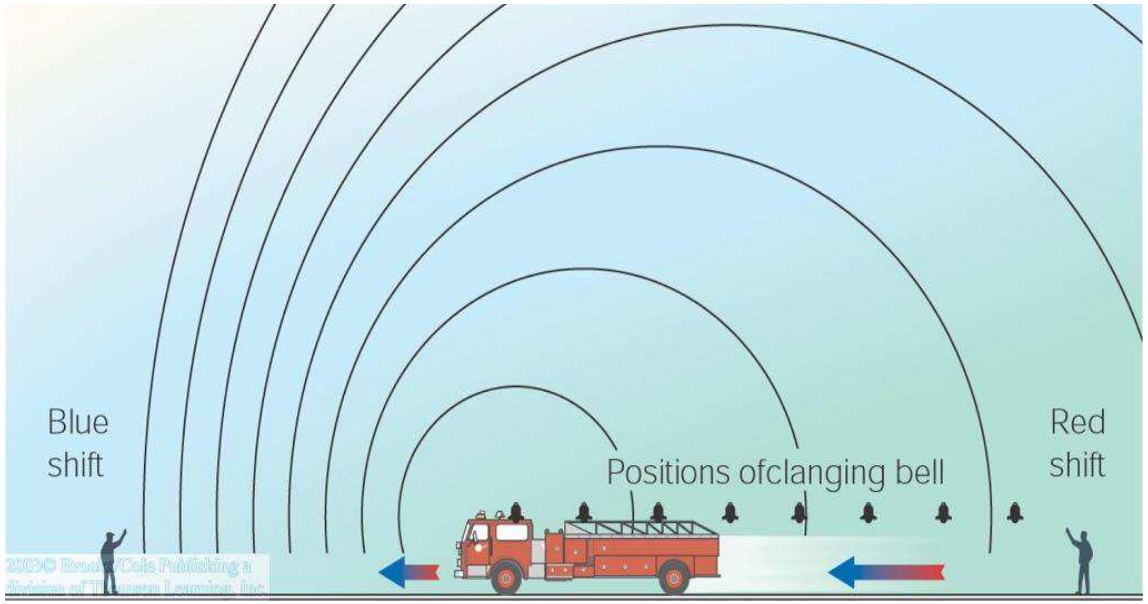


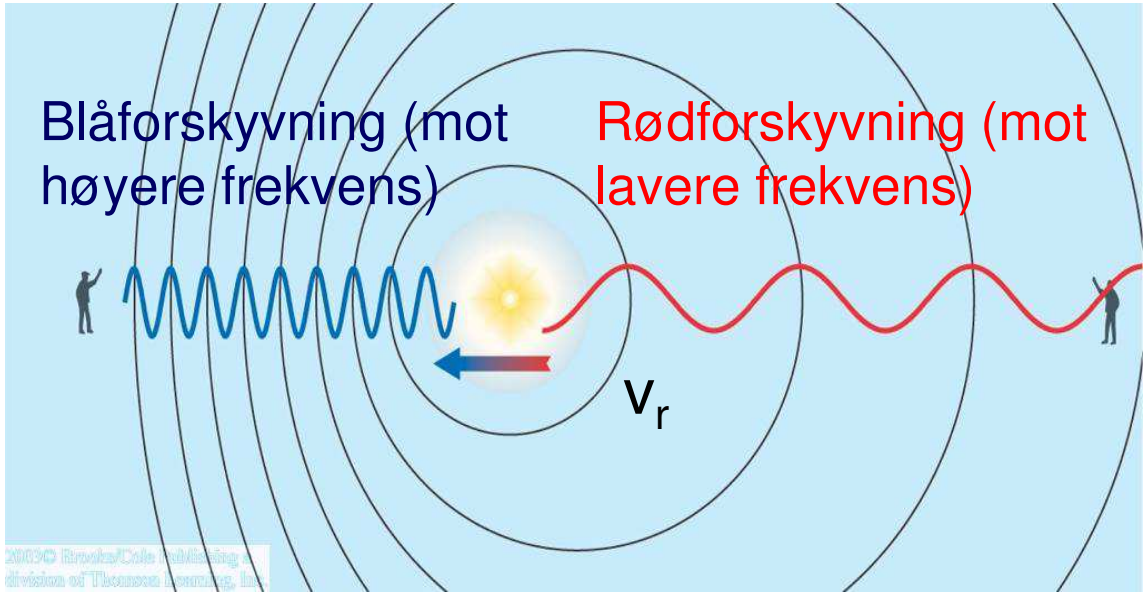
Lord Rosses tegning av tåken M51
slik den viste seg i hans 16 m teleskop.

Malstrømgalaksen M51
fotografert med Hubble romteleskopet.
Den er omtrent 30 millioner
lysår fra Solsystemet.


Incandescent solid
Continuous spectrum
Incandescent solid
Cool gas
Absorption spectrum
Incandescent (hot) gas
Emission spectrum

Dopplereffekten





Lyset fra en kilde i *bevegelse er* blå/rød forskjøvet med

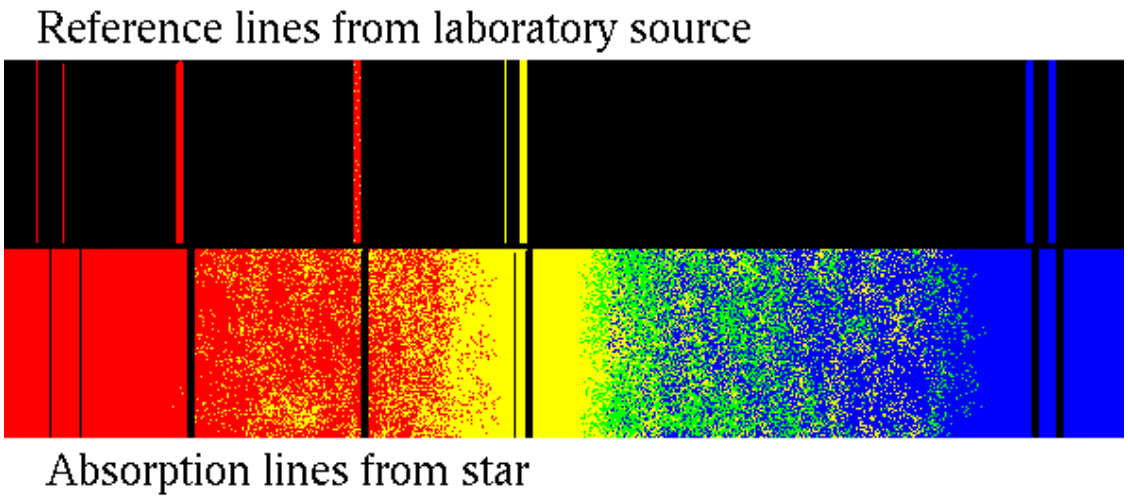
$$\Delta\lambda/\lambda_0 = v_r/c$$

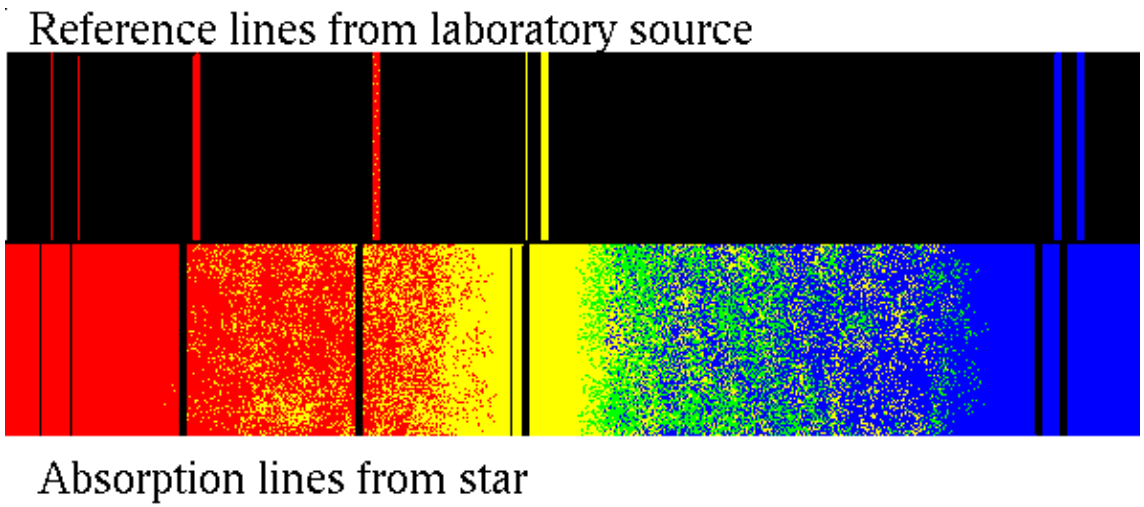
λ_0 = bølgelengden sendt ut av kilden når den er i ro

$\Delta\lambda$ = endringen av bølgelengden på grunn av Dopplereffekten

v_r = hastighet i synslinjen

Spektrallinjene forskyves mot blått lys når kilden beveger seg mot observatøren





Spektrallinjene forskyves mot rødt når kilden beveger seg vekk fra observatøren.

I 1912 rapporterte den amerikanske astronomen Vesto M. Slipher om resultatet av de første målingene av den radielle hastigheten til Andromedatåken ved å bruke en spektrograf til å måle dopplerforskyvningene av spektrallinjer. Han fant at den beveger seg mot Solsystemet med en hastighet på 300 km/s. I 1917 hadde Slipher gjort målinger av hastighetene og avstandene til 25 andre tåker (figur 3). Disse målingene dannet utgangspunktet for å finne en hastighet-avstand- sammenheng for kosmiske objekter.

Vesto Melvin Slipher

November 11, 1875 – November 8, 1969

RADIAL VELOCITIES OF TWENTY-FIVE SPIRAL NEBULÆ.

Nebula.	Vel.	Nebula.	Vel.
N.G.C. 221	− 300 km.	N.G.C. 4526	+ 580 km.
224	− 300	4565	+1100
598	− 260	4594	+1100
1023	+ 300	4649	+1090
1068	+1100	4736	+ 290
2683	+ 400	4826	+ 150
3031	− 30	5005	+ 900
3115	+ 600	5055	+ 450
3379	+ 780	5194	+ 270
3521	+ 730	5236	+ 500
3623	+ 800	5866	+ 650
3627	+ 650	7331	+ 500
4258	+ 500		

Sliphers måleresultater for hastighetene til 25 spiraltåker.
Positiv hastighet betyr bevegelse vekk fra oss.

Sliphers 1917-resultater bidro til å forandre menneskenes verdensbilde.
Før Slipher gjorde sine målinger og analyser mente man at hele verden er statisk og består av stjerner som er i ro.
Han skrev i 1917-artikkelen at i gjennomsnitt beveger de observerte spiraltåkene seg bort fra oss
med en hastighet på 500 km/s.
Dette tyder på at systemet av spiraltåker ekspanderer.

Med disse resultatene introduserte Slipher et nytt og revolusjonerende verdensbilde.
Fra å være et system av stjerner i ro,
er verden blitt et system av spiraltåker i bevegelse.

Fortsatt hang forestillingen om at Solsystemet var i sentrum av verden igjen. Nå var det Melkeveien – vår egen spiraltåke som var verden, og Herschel forestilte seg at Sola var i sentrum av Melkeveien.

I 1918 oppdaget Shapley at det ikke var tilfelle. Hans observasjoner og målinger viste at Sola befinner seg i utkanten av Melkeveien.

Dette var en ny degradering av menneskenes posisjon i universet.

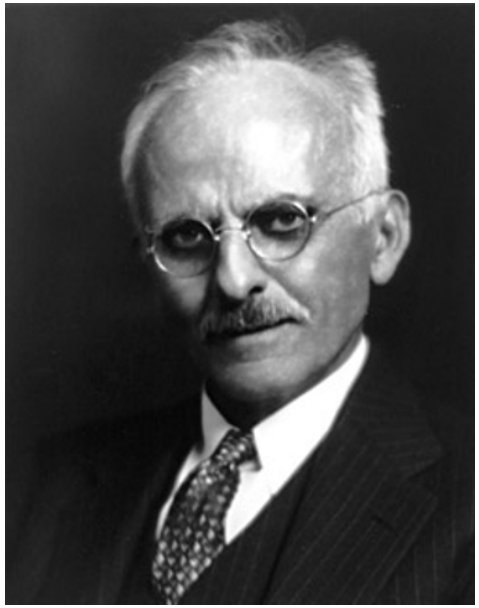
Det ledet til et nytt spørsmål:
Er Melkeveien hele universet?

Harlow Shapley 1885 – 1972

The great debate

Astronomiens såkalte Store diskusjon fant sted som en offentlig debatt den 26. april 1920. Den dreide seg om størrelsen av vårt univers, om de fjerne tåkene var inni vår egen galakse, Melkeveien, eller utenfor. To ledende astronomer, Harlow Shapley og Heber D. Curtis, diskuterte. Shapley mente at tåkene befant seg inni vår galakse, mens Curtis mente at de var langt utenfor. Shapley vant diskusjonen, men det var Curtis som hadde rett!

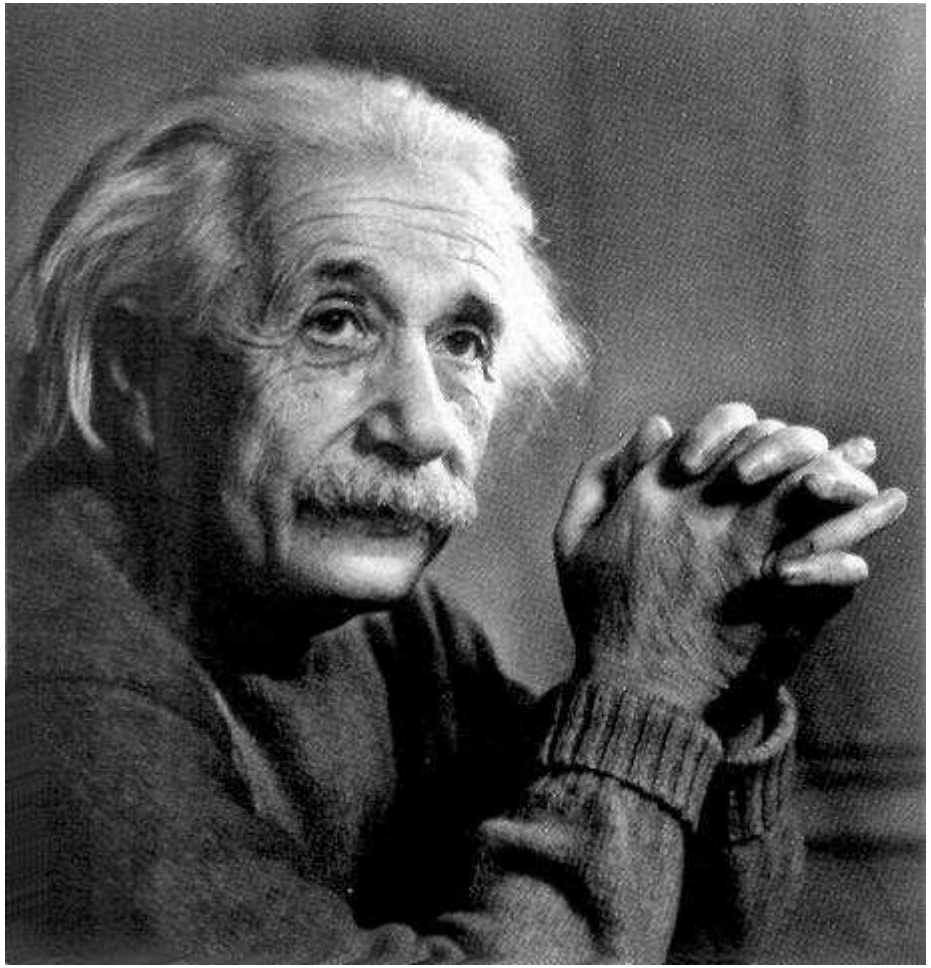
Harlow Shapley 1885 – 1972



Heber D. Curtis 1872 – 1942

Knut Lundmark 1889 – 1958

Knut Lundmark i Lund publiserte det første kosmiske hastighet avstand diagrammet i 1924.



Albert Einstein (1879 – 1955)

Einstein konstruerte i 1917 den første universmodellen som løsning av likningene i relativitetsteorien.
På denne tiden trodde man at fiksstjernene var i ro på himmelen.
Einstein konstruerte derfor en statisk universmodell.

Einstein – ikke helt i Horten, men ikke så langt fra

Albert Einstein om bord i Geologisk museums motorbåt «Steinbiten» 20. juni 1920.
Her sammen med professor i kjemi, Heinrich Goldschmidt og
professor i mineralogi og geologi, Jacob Schetelig.

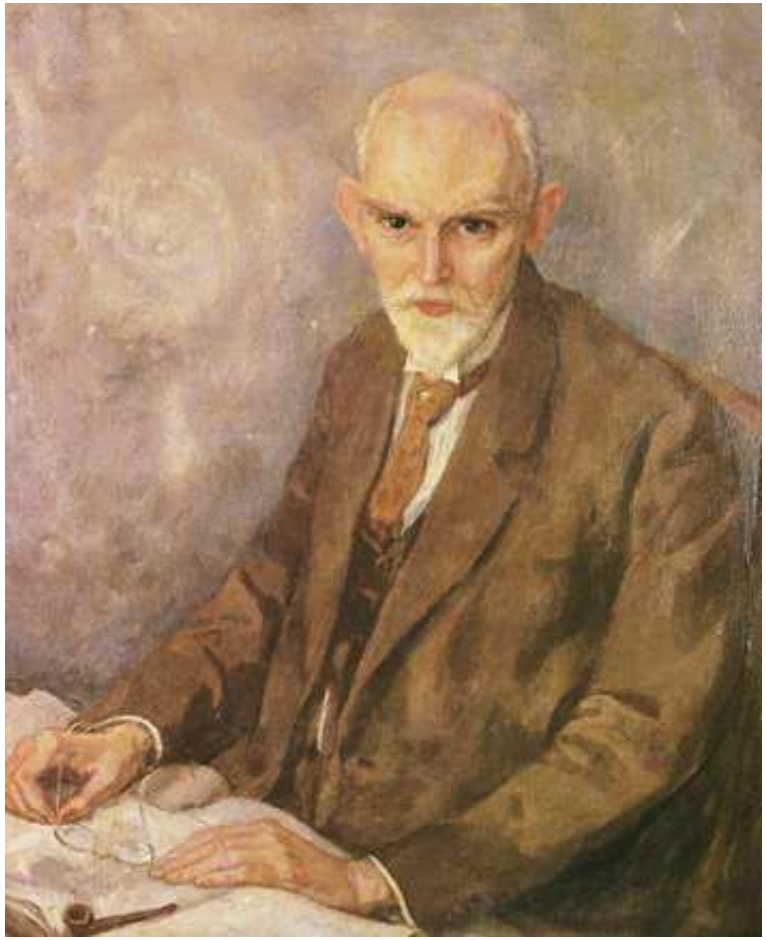
Geologen Victor Moritz Goldschmidt (t.v.) og Albert Einstein på en øy i Oslofjorden.

Den kosmologisk konstanten

Et statisk univers vil kollapse på grunn av tiltrekkende gravitasjon.
For å hindre dette postulerte Einstein at rommet har en iboende tendens til å ekspandere.
Dette beskrev han matematisk ved å introdusere en såkalt kosmologisk konstant i gravitasjonslikningene.
På den måten greide Einstein å konstruere en statisk universmodell.

I 1917 løste den hollandske astronomen Willem de Sitter Einsteins likninger for et tomt univers med kosmologisk konstant.

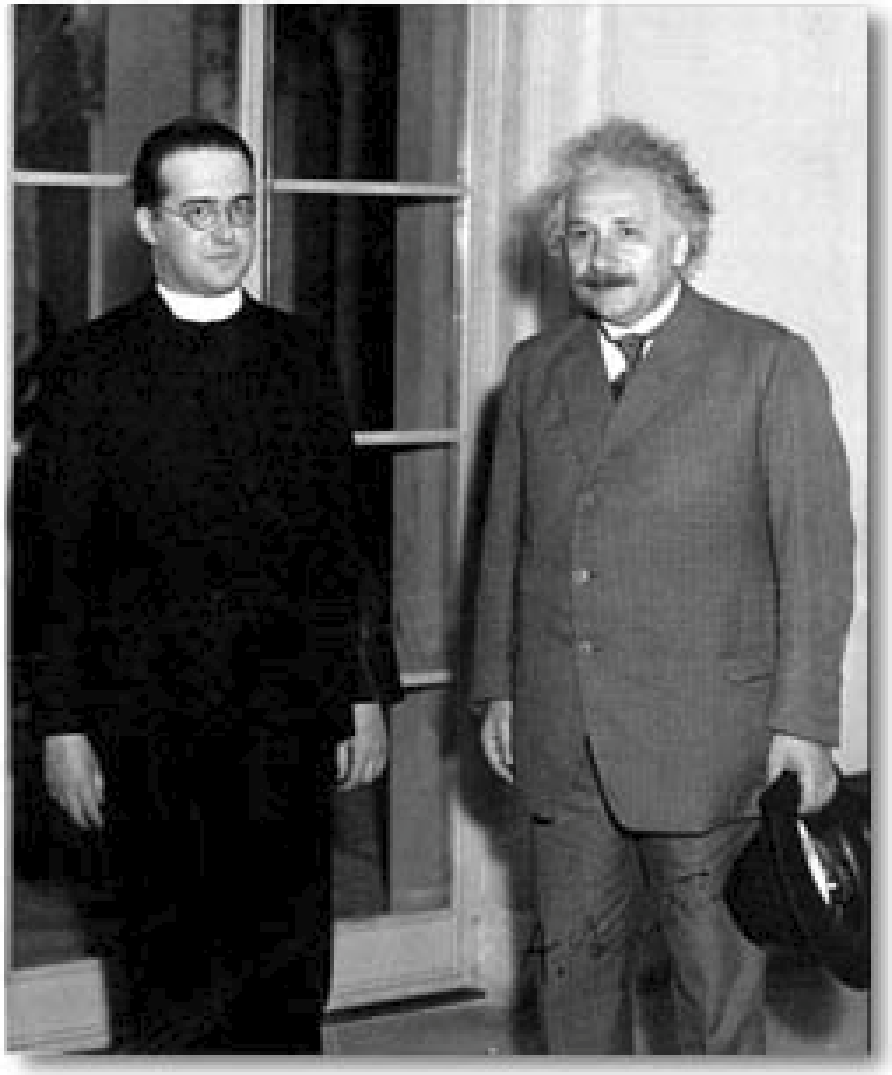
Denne løsningen har senere fått stor betydning i beskrivelsen av hvordan vårt univers oppsto.



Willem de Sitter 1892 – 1934

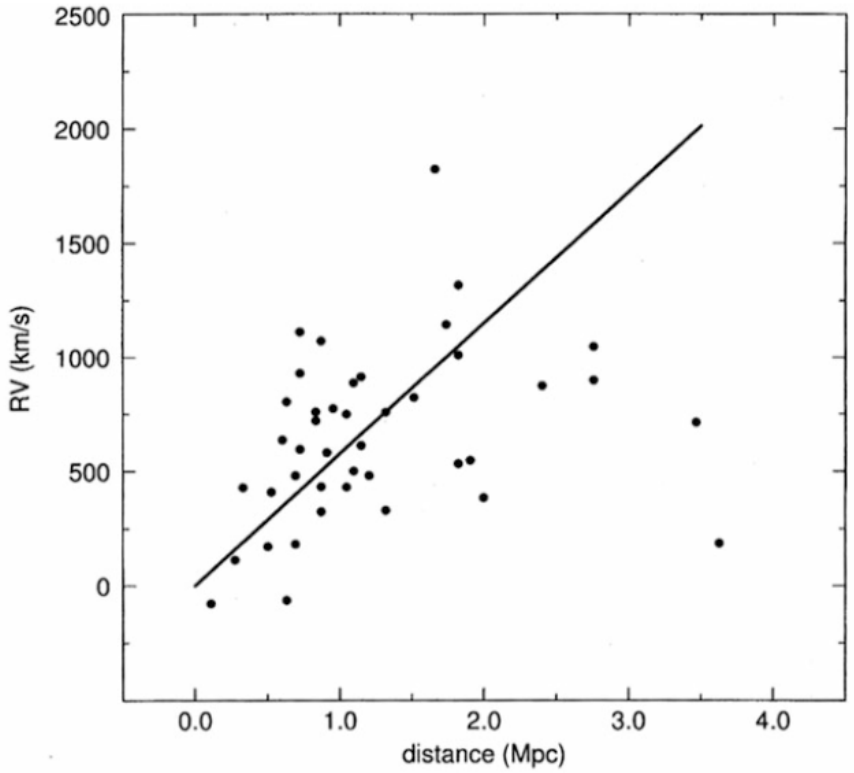
Alexander Friedmann 1888 - 1925

Friedmann viste i 1922 at likningene i relativitetsteorien har ekspanderende universmodeller som løsninger.



Georges Lemaitre (1894 – 1966) og Albert Einstein (1879 – 1955)

Lemaitre konstruerte i 1927 en ekspanderende modell for universet
som en løsning av likningene i Einsteins relativitetsteori.
Han viste også at observasjonsdata stemte med at spiralgalaksene beveger seg vekk
fra oss med en hastighet som er proporsjonal med avstanden.



Observasjonsdataene brukt av Lemaître og linjen som passer best med dataene.

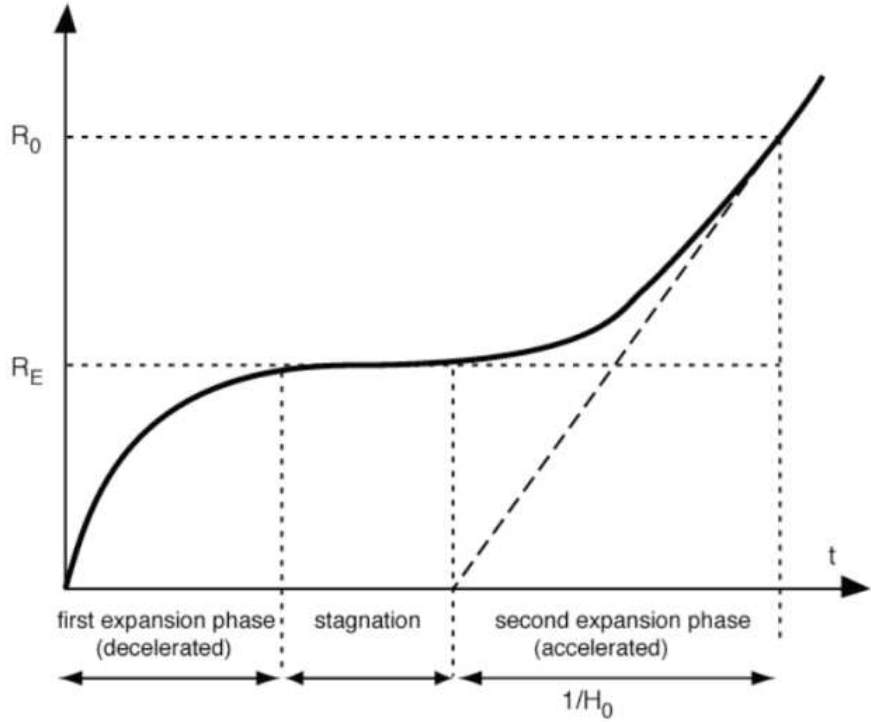
Lemaître estimerte avstanden, *l*, til tåkene med utgangspunkt i Hubbles antagelse om at de alle sendte ut stråling med samme intensitet. Avstandene kunne dermed beregnes ut fra hvor sterkt de lyste sett fra Jorda. Lemaître korrigerte så for Jordas bevegelse rundt Sola. På denne måten fant han (med dagens skrivemåte)

$$v = Hl$$

der H = 192 km/s per million lysår.

Med konstant ekspansjonsfart ville denne verdien av *H* innebære at Universet bare er 1,7 milliarder år gammelt.

I november 1931 publiserte Lemaître en artikkel med tittelen «L'expansion de l'espace» der han presenterte en ny universmodell som er forbausende lik den moderne standardmodellen for Universet.
Ekspansjonen fant sted i tre faser; først en periode med rask ekspansjon, så en periode med langsom ekspansjon, fulgt av en tredje periode med akselerert ekspansjon.
Dette universet kan være mye eldre enn «Hubblealderen», noe som løste aldersproblemet på grunn av den for store verdien av H_0.



Hvordan de kosmiske avstandene endres som funksjon av tiden i Lemaîtres universmodell.

Edwin Hubble 1889 – 1953

Hubble annonserte i 1929 at rødforskyvningen til spiralgalakser er proporsjonal med deres avstand fra oss. Dette ble tolket som at de har en hastighet vekk fra oss proporsjonal med avstanden og ble senere kalt *Hubbles lov*.

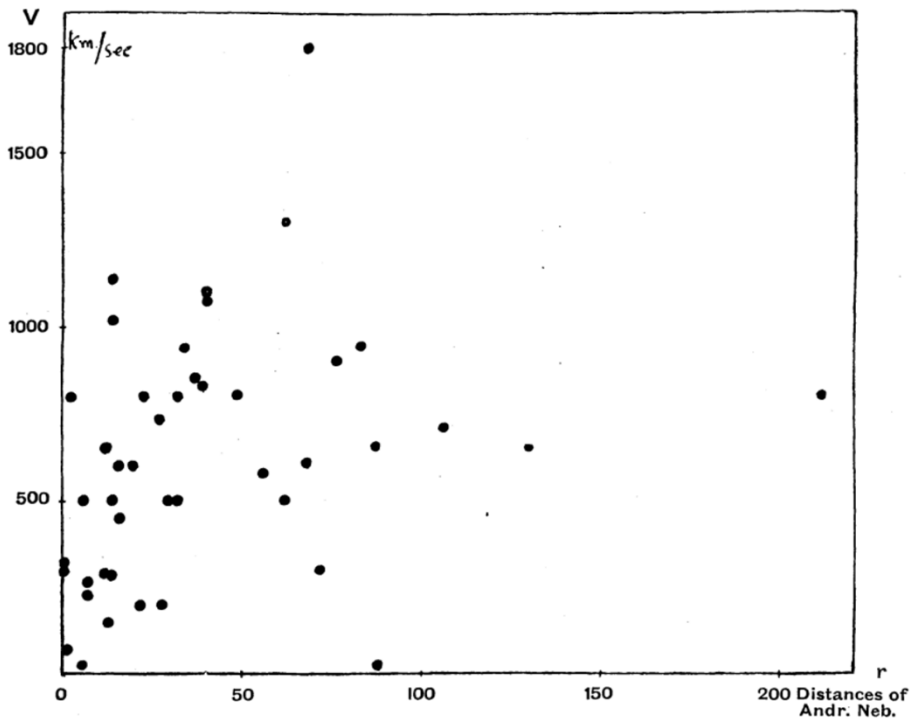


FIG. 5.—Relation between the relative distances (the unit is the distance of the Andromeda nebula) and the measured radial velocities of spiral nebulæ.

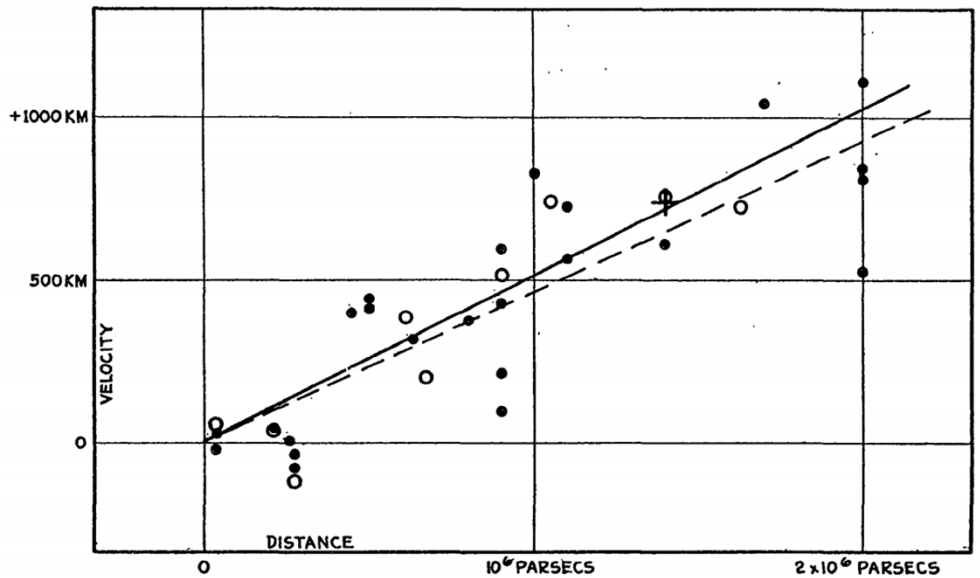
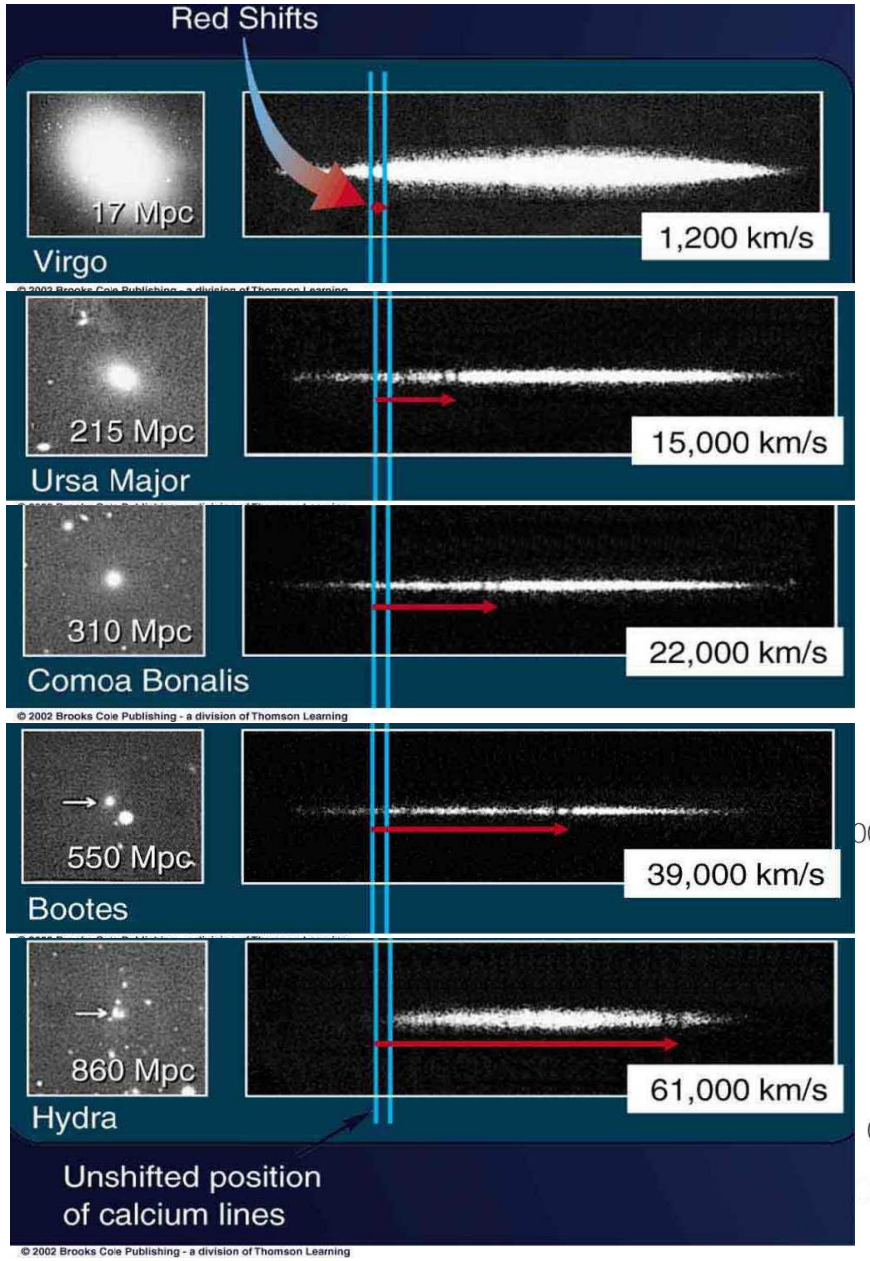


FIGURE 1

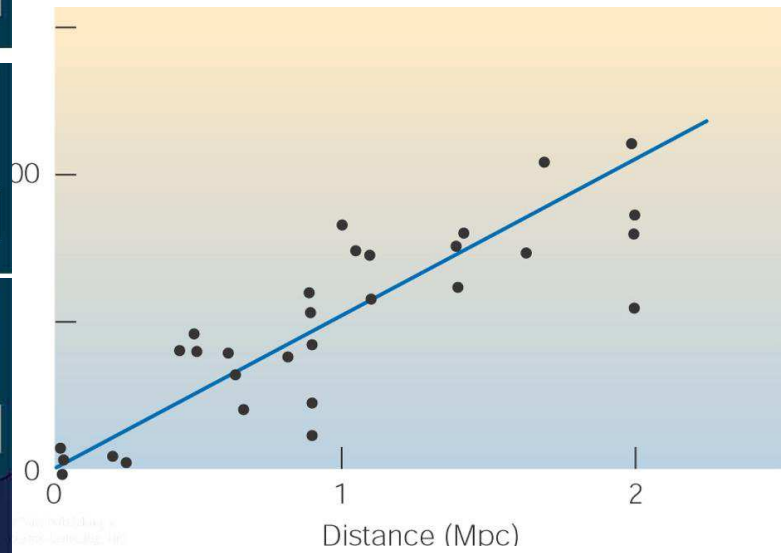
Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

Til venstre: Observasjonsdataene til Lundmark. Til høyre: Observasjonsdataene som Hubble brukte, og linjen som passer best med dataene og som H er beregnet fra.

Hubble's Lov



Fjerne galakser fjerner seg fra oss med en hastighet som er proporsjonal med avstanden.



période de la lumière reçue et δt_1 peut encore être considéré comme la période d'une lumière émise dans les mêmes conditions dans le voisinage de l'observateur. En effet, la période de la lumière émise dans des conditions physiques semblables doit être partout la même lorsqu'elle est exprimée en temps propre.

$$\frac{v}{c} = \frac{\delta t_2}{\delta t_1} - 1 = \frac{R_2}{R_1} - 1 \qquad (22)$$

mesure donc l'effet Doppler apparent dû à la variation du rayon de l'univers. *Il est égal à l'excès sur l'unité du rapport des rayons de l'univers à l'instant où la lumière est reçue et à l'instant où elle est émise.* v est la vitesse de l'observateur qui produirait le même effet. Lorsque la source est suffisamment proche nous pouvons écrire approximativement

$$\frac{v}{c} = \frac{R_2 - R_1}{R_1} = \frac{dR}{R} = \frac{R'}{R}\,dt = \frac{R'}{R}\,r$$

où r est la distance de la source. Nous avons donc

$$\frac{R'}{R} = \frac{v}{cr} \qquad (23)$$

Les vitesses radiales de 43 nébuleuses extra-galactiques sont données par Strömberg [1].

La grandeur apparente m de ces nébuleuses se trouve dans le travail de Hubble. Il est possible d'en déduire leur distance, car Hubble a montré que les nébuleuses extra-galactiques sont de grandeurs absolues sensiblement égales (grandeur — 15,2 à 10 parsecs, les écarts individuels pouvant atteindre deux grandeurs en plus ou en moins), la distance r exprimée en parsecs est donc donnée par la formule $\log r = 0{,}2m + 4{,}04$.

On trouve une distance de l'ordre de 10^6 parsecs, variant de quelques dixièmes à 3,3 millions de parsecs. L'erreur probable résultant de la dispersion en grandeur absolue est d'ailleurs considérable. Pour une différence de grandeur absolue de deux grandeurs en plus ou en moins, la distance passe de 0,4 à 2,5 fois la distance calculée. De plus, l'erreur à craindre est proportionnelle à la distance. On peut admettre que pour une distance d'un million de parsecs, l'erreur résultant de la dispersion en grandeur est du même ordre que celle résultant de la dispersion en vitesse. En effet, une différence d'éclat d'une grandeur correspond à une vitesse propre de 300 Km. égale à la vitesse propre du soleil par rapport aux nébuleuses. On peut espérer éviter une erreur systématique en donnant aux observations un poids proportionnel à $\frac{1}{\sqrt{1+r^2}}$, où r est la distance en millions de parsecs.

[1] Analysis of radial velocities of globular clusters and non galactic nebulae. *Ap. J.* Vol. 61, p. 353, 1925. *Mt Wilson Contr.* N° 292.

Utilisant les 42 nébuleuses figurant dans les listes de Hubble et de Strömberg [1], et tenant compte de la vitesse propre du soleil (300 Km. dans la direction $\alpha = 315°$, $\delta = 62°$), on trouve une distance moyenne de 0,95 millions de parsecs et une vitesse radiale de 600 Km./sec, soit 625 Km./sec à 10^6 parsecs [2].

Nous adoptons donc

$$\frac{R'}{R} = \frac{v}{rc} = \frac{625 \times 10^5}{10^6 \times 3{,}08 \times 10^{18} \times 3 \times 10^{10}} = 0{,}68 \times 10^{-27}\ \mathrm{cm}^{-1} \qquad (24)$$

Cette relation nous permet de calculer R_0. Nous avons en effet par (16)

$$\frac{R'}{R} = \frac{1}{R_0\sqrt{3}}\sqrt{1 - 3y^2 + 2y^3} \qquad (25)$$

où nous avons posé

$$y = \frac{R_0}{R} \qquad (26)$$

D'autre part, d'après (18) et (26),

$$R_0^2 = R_\varepsilon^2\, y^3 \qquad (27)$$

et donc

$$3\left(\frac{R'}{R}\right)^2 R_\varepsilon^2 = \frac{1 - 3y^2 + 2y^3}{y^3} \qquad (28)$$

Introduisant les valeurs numériques de $\frac{R'}{R}$ (24) et de R_ε (19), il vient :

$$y = 0{,}0465.$$

On a alors :

$$R = R_\varepsilon\sqrt{y} = 0{,}215\ R_\varepsilon = 1{,}83 \times 10^{28}\ \mathrm{cm.} = 6 \times 10^5\ \text{parsecs}$$

$$R_0 = Ry = R_\varepsilon\, y^{\frac{3}{2}} = 8{,}5 \times 10^{26}\ \mathrm{cm.} = 2{,}7 \times 10^6\ \text{parsecs}$$

$$= 9 \times 10^6\ \text{années de lumière.}$$

[1] Il n'est pas tenu compte de N. G. C. 5194 qui est associé à N. G. C. 5195. La réduction des nuées de Magellan serait sans influence sur le résultat.

[2] En ne donnant pas de poids aux observations, la vitesse tangentielle (0,9 Km./sec à $1{,}16 \times 10^6$ parsecs, 575 Km./sec à 10^6 parsecs. Certains auteurs ont cherché à mettre en évidence la relation entre v et r et n'ont obtenu qu'une faible corrélation entre ces deux grandeurs. L'erreur dans la détermination des distances individuelles est du même ordre de grandeur que l'intervalle que couvrent les observations et la vitesse propre des nébuleuses (en tenant compte des directions) est grande (300 Km./sec. d'après Strömberg), il semble donc que ces résultats ne soient ni pour ni contre l'interprétation relativistique de l'effet Doppler. Tout ce que l'imprécision des observations permet de faire est de supposer v proportionnel à r et d'essayer d'éviter une erreur systématique dans la détermination du rapport v/r. LUNDMARK. The determination of the curvature of space time in de Sitter's world M. N., vol. 84, p. 747, 1924, et STRÖMBERG, *l. c.*

Avsnittene i Lemaîtres 1927 artikkel som ikke kom med i den engelske oversettelsen publisert i 1931. Her er antydet at avsnittene ble sensurert bort

Hvorfor ble teksten som dreide seg av testen av hastighet-avstand-relasjonen, droppet?

Det har kommet flere forslag til svar. Jean-Pierre Luminet skrev at artikkelen var oversatt av Eddington. Sidney van den Bergh spekulerte på om denne redigeringen av artikkelen ble gjort for å hindre Lemaîtres artikkel i å underminere Hubbles prioritetskrav når det gjelder oppdagelsen av hastighet-avstand-relasjonen. David Block antydet at Hubble selv hadde hatt en finger med i spillet for å sikre at æren for oppdagelsen skulle tilfalle ham selv og Mount Wilson-observatoriet. Robert Smith lurte på om avsnittene ble fjernet i oversettelsen som et ledd i standard redaksjonell praksis ved MNRAS.

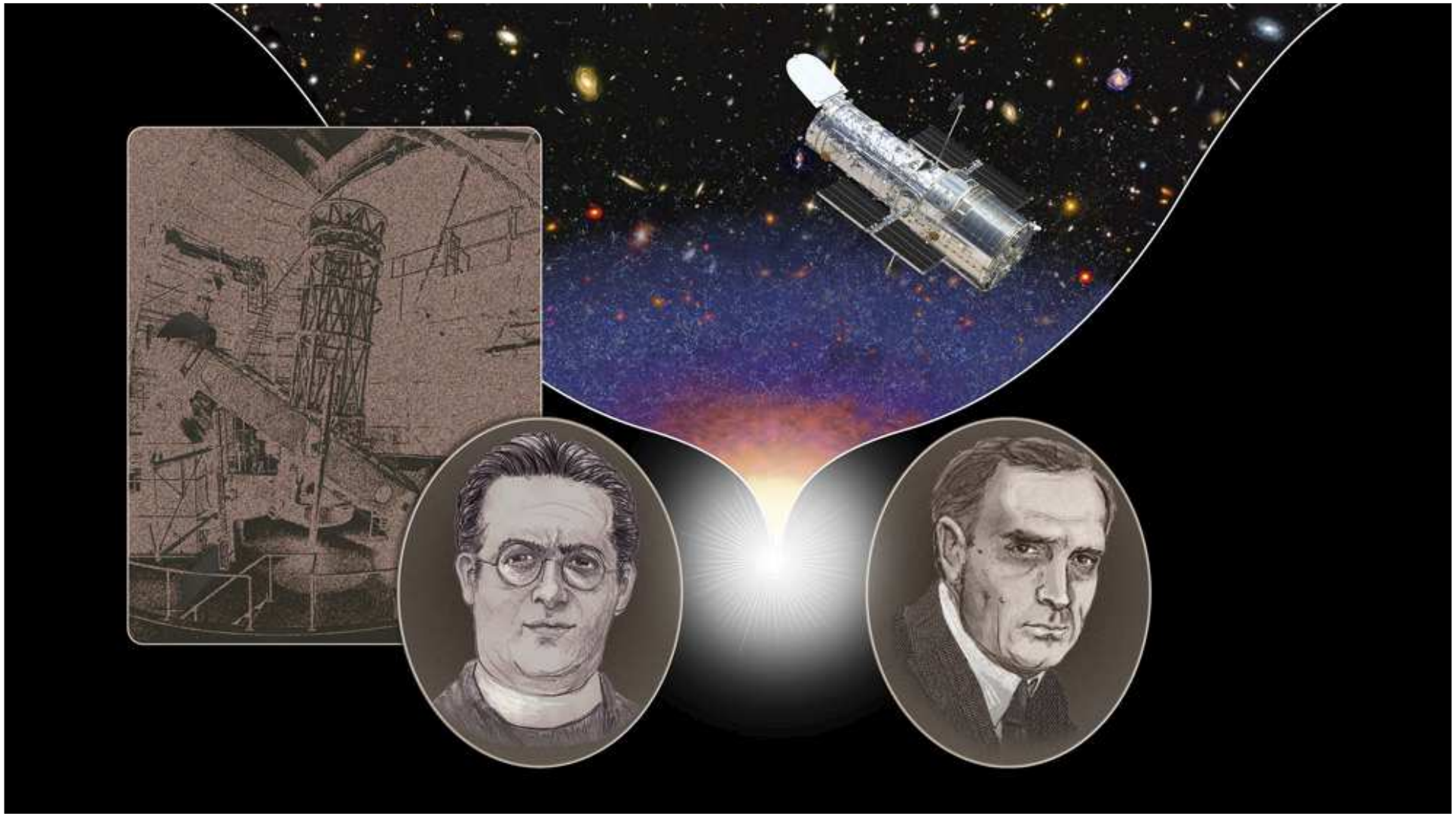
Ikke noe av dette er korrekt.

Spørsmålet om hvorfor observasjonsdelen av Lemaîtres artikkel ikke kom med i den engelske oversettelsen, ble besvart i en artikkel av Mario Livio publisert 10. november 2011 i Nature. Livio fikk tak i både brevet fra sekretæren William Marshall Smart i MNRAS til Lemaître og Lemaîtres svar. Det går her frem at *det er Lemaître selv som har oversatt artikkelen fra fransk til engelsk*, og at han ikke har vært utsatt for noe press av noe slag for å utelate den delen av den franske teksten som ikke kom med i den engelske utgaven. I første del av sitt brev til Smart skriver Lemaître: «Kjære dr. Smart! ….Jeg sender deg en oversettelse av artikkelen. Jeg fant det ikke tilrådelig å trykke på nytt den foreløpige diskusjonen av radielle hastigheter som opplagt ikke er av interesse nå…»

Universets begynnelse

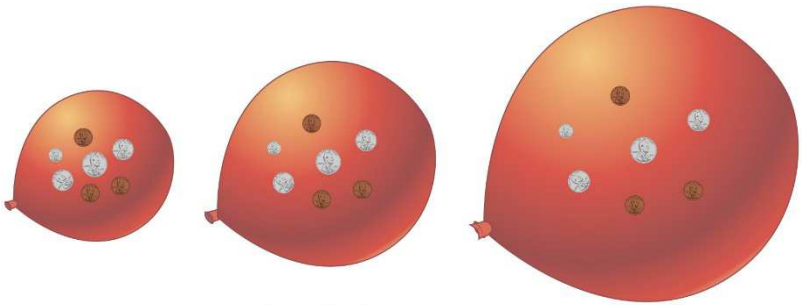
Tidlig i 1931 diskuterte Lemaître universets ekspansjon og beskrev utviklingen av det ekspanderende univers fra en begynnelsestilstand – at universet ble til for en endelig tid siden. Dette var revolusjonerende. Noen tok avstand fra det: En belgisk prest lanserte en universmodell der Universet ble skapt for et endelig antall år siden! For enkelte hadde det litt vel mye karakter av en skapelsesberetning. Ikke desto mindre kom resultatet ut av likningene i Einsteins relativitetsteori.

Lemaître utviklet raskt nye og revolusjonerende tanker om starten på Universets tilblivelse. I 1931 skrev han også en liten, men visjonær artikkel publisert 7. mars 1931 i Nature med tittelen «Verdens begynnelse fra en kvantemekanisk synsvinkel». Her tok han både kvanteteorien og relativitetsteorien i betraktning i beskrivelsen av hvordan Universet kan ha oppstått.

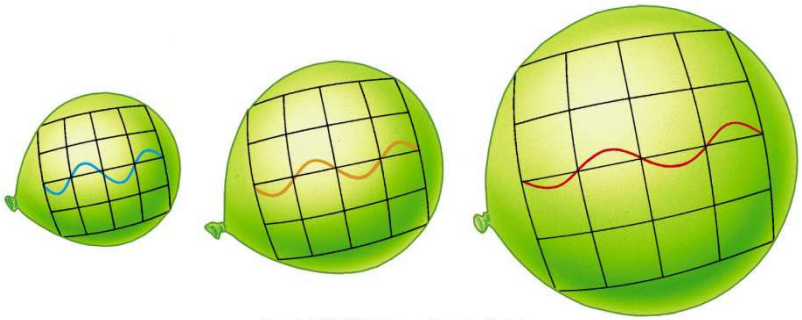


Alexander Friedmann, Carl Wilhelm Wirtz, Georges H. Lemaître, Vesto Slipher, Knut E. Lundmark og Edwin Hubble bidro alle til oppdagelsen av Universets ekspansjon. Skulle to personer fremheves måtte det bli Lemaître og Hubble, og skulle bare én nevnes ville jeg velge Lemaître.

Universets ekspansjon



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

- Universet ekspanderer, men galaksene ekspanderer ikke.

- Den kosmiske rød-forskyvningen skyldes at lysbølgene strekkes siden rommet ekspanderer når de beveger seg fra sender til mottaker.

George Gamow (1904-1968)

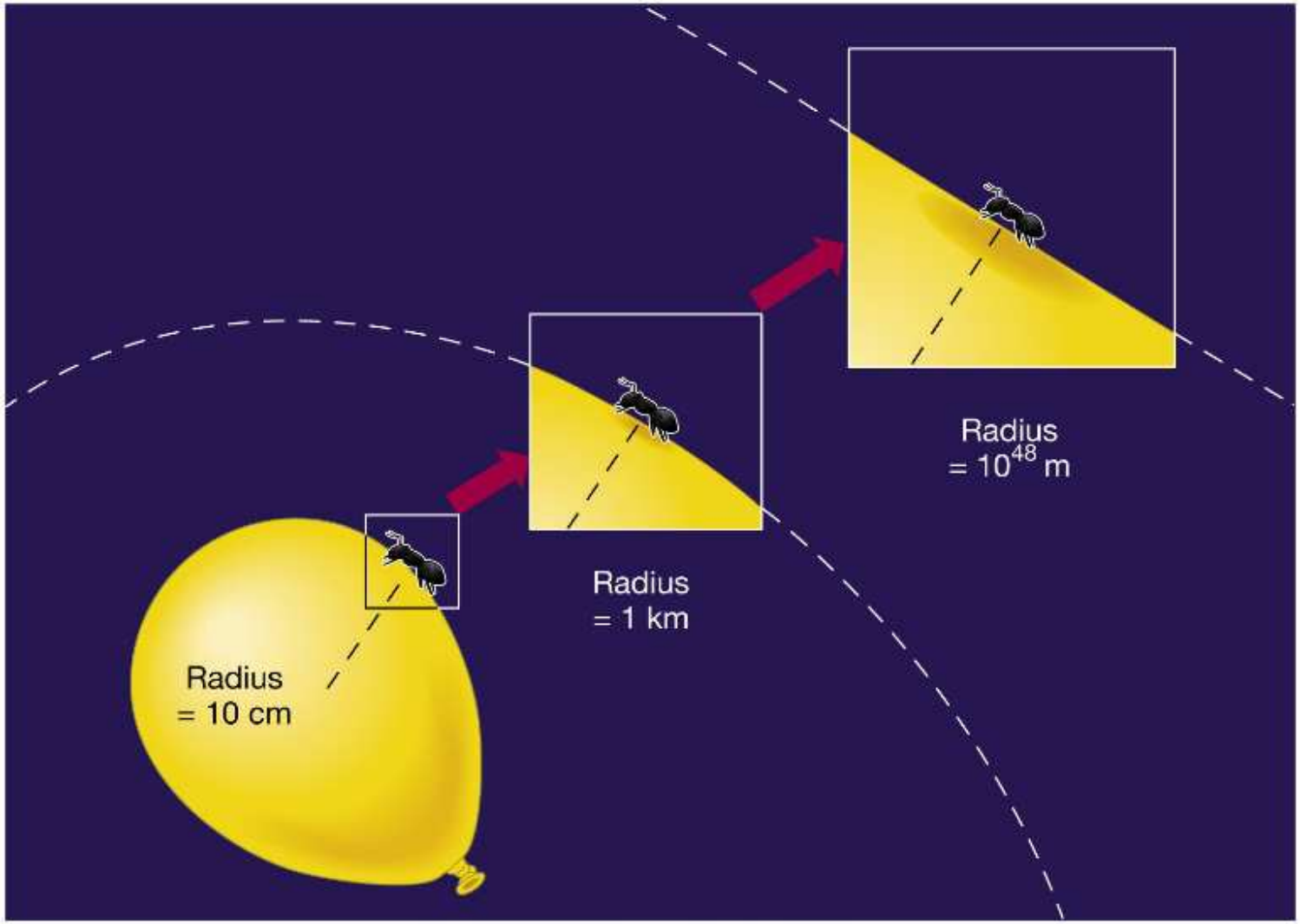
Forutsa i 1948 eksistensen av den kosmiske mikrobølgebakgrunnsstrålingen
som en konsekvens av hendelser like etter Big Bang.
Strålingen ble oppdaget i 1965 av Penzias og Wilson.

Etter oppdagelsen av den kosmiske mikrobølgebakgrunnsstrålingen i 1965 ble teorien om at universet har oppstått fra en enorm kosmisk eksplosjon, kalt Big Bang av Fred Hoyle, tatt mer på alvor.

Men først i 1980 kom det forslag om hvordan denne eksplosjonen oppsto.

Hypotesen var at universet har oppstått som en kvantefluktuasjon der det gikk inn i en tilstand med ekstremt høy tetthet av vakuumenergi. Denne tilstanden varte i 10^{-33} sekund – en nesten utenkelig kort tid – og ble kalt universets *inflasjonsfase*.

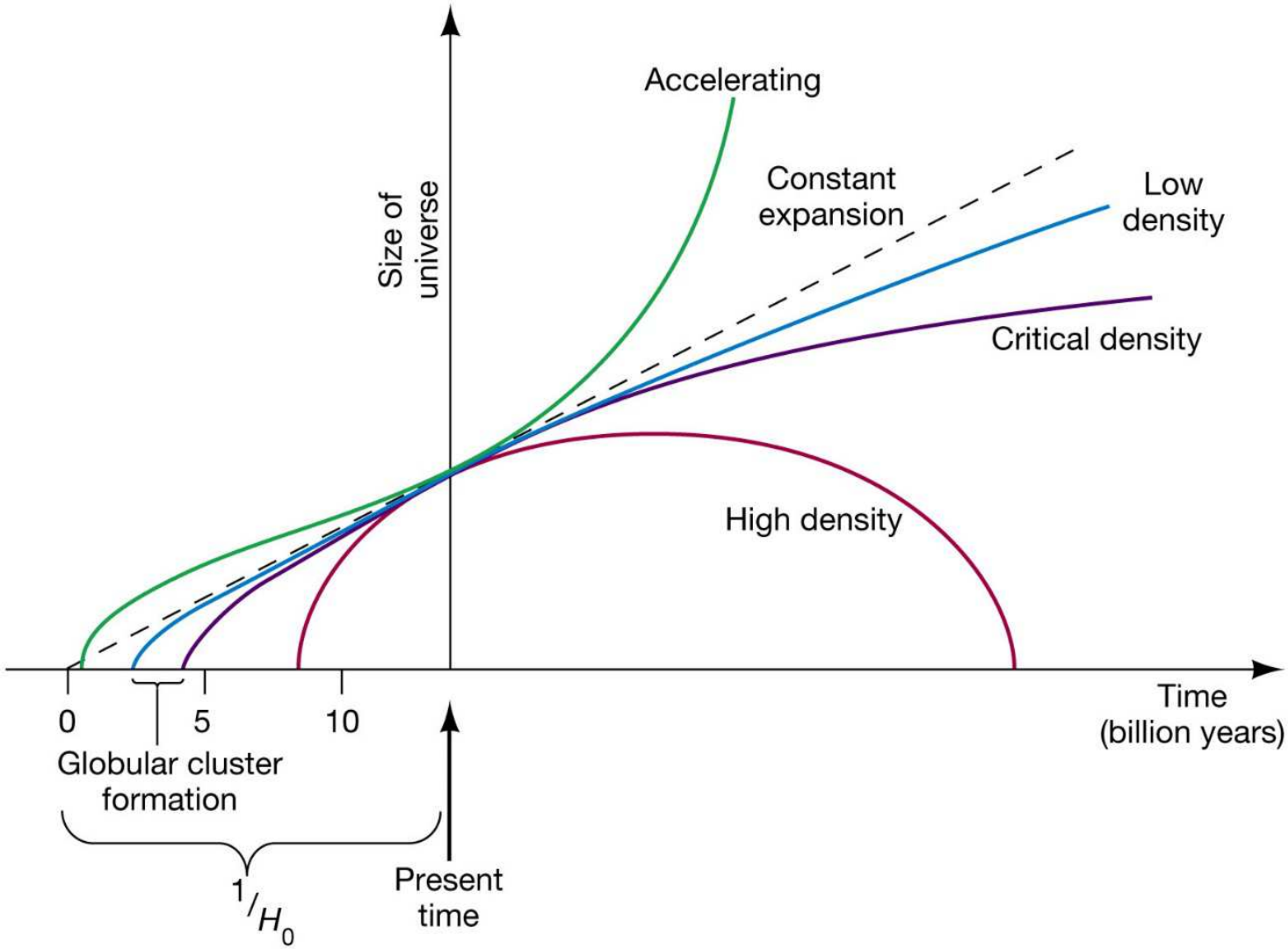
Man kan vise matematisk at dersom det ikke er mulig å måle fart i forhold til vakuumenergien,
så vil den forårsake frastøtende gravitasjon.
Denne frastøtende gravitasjonen forårsaket en enorm kosmisk eksplosjon – selve Big Bang hendelsen.
Big Bang eksplosjonen er universets
Voldsomme fartsøkning på grunn av frastøtende gravitasjon under inflasjonsfasen.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

- Den voldsomme ekspansjonen gjør at universet ser flatt ut.
- Men det er ikke sikkert at det er flatt.

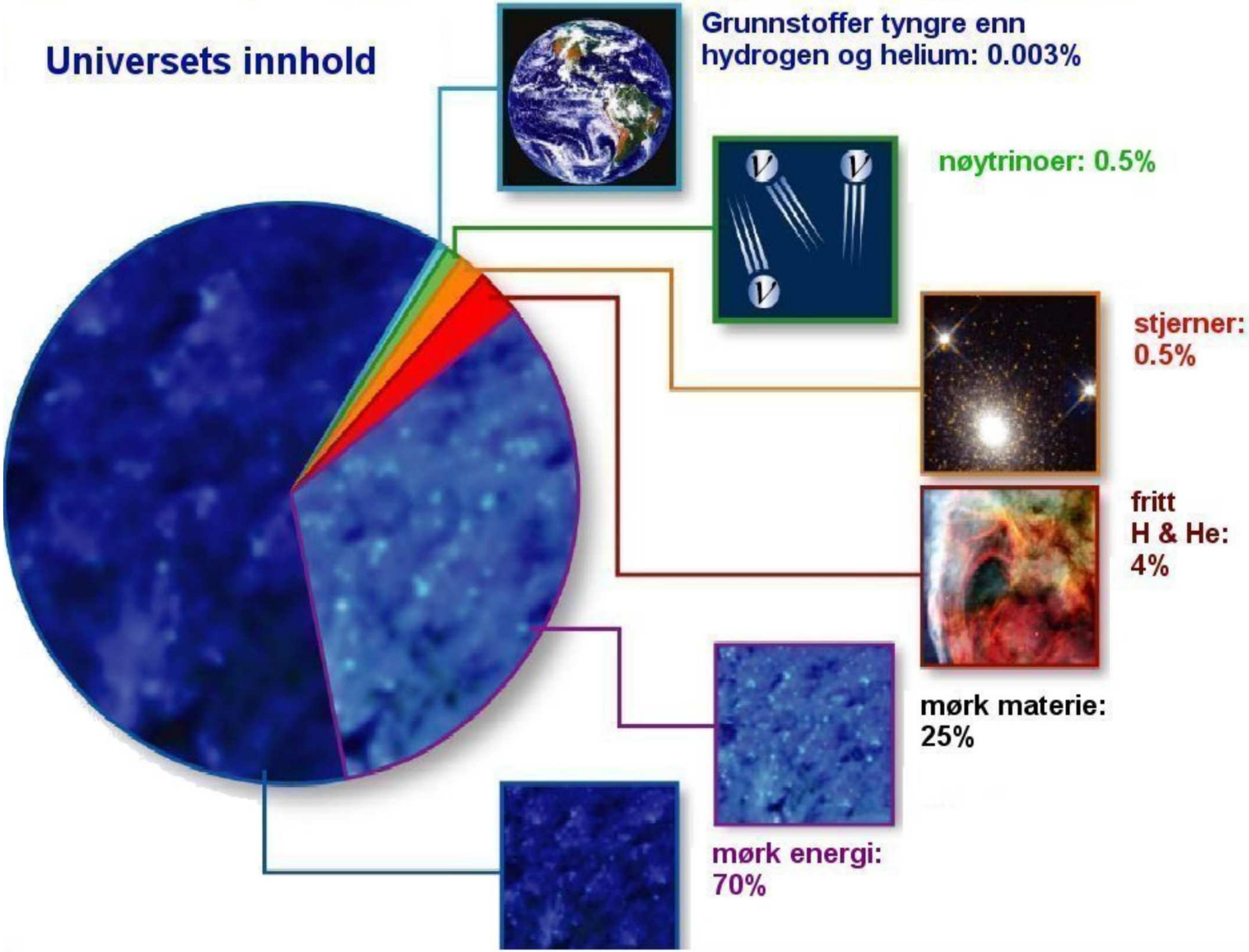
I 1998 ble det oppdaget at universets ekspansjon øker farten

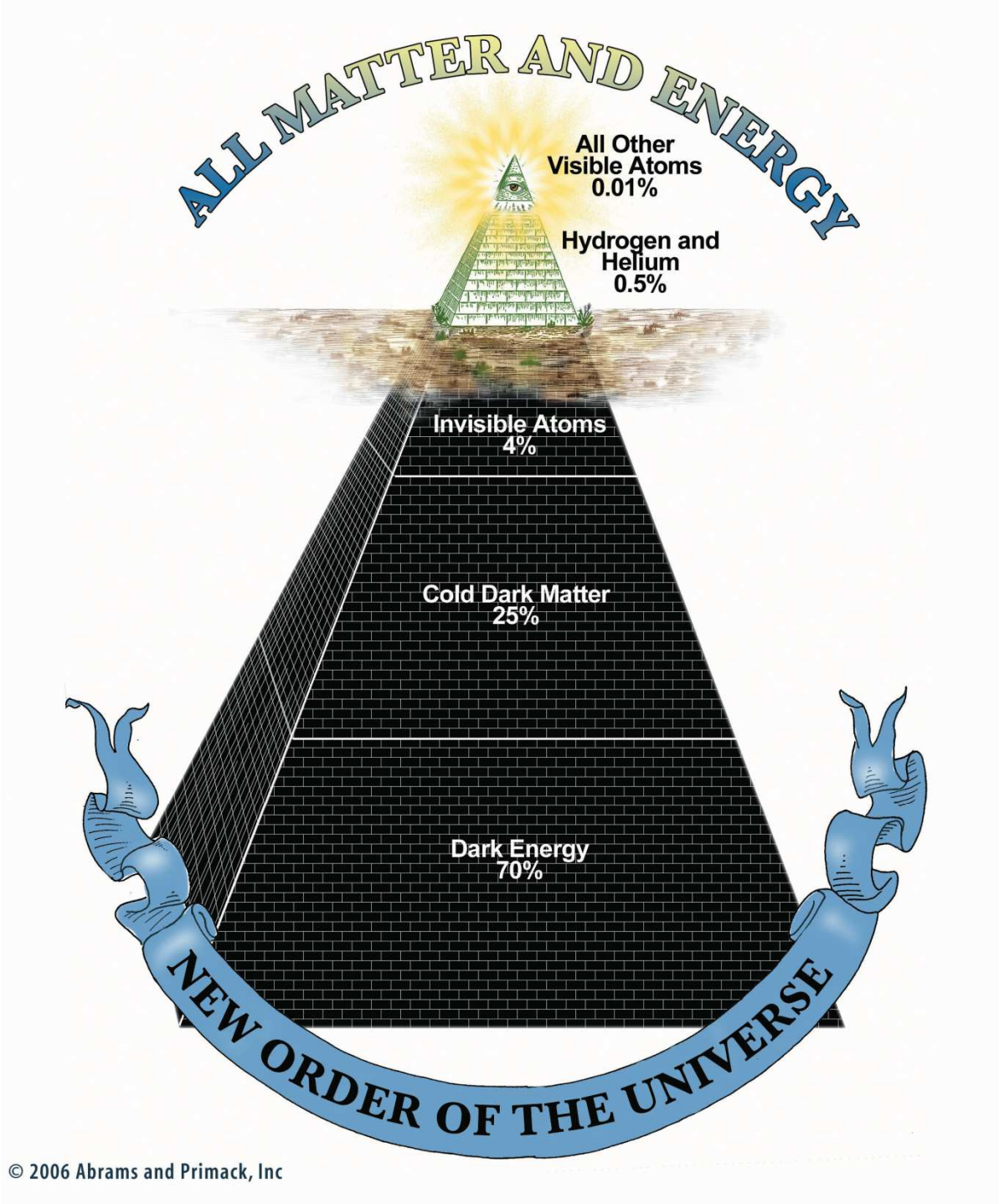


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Den øverse grønne kurven ser ut til å stemme best med hvordan avstandene i universet endres med tiden.

Universets innhold





© 2006 Abrams and Primack, Inc