نجوم مقدماتی

رضا رضایی
reza.rezaei@sharif.edu

سر فصل ها (۱)

دستگاه مختصات، معادله زمان

نجوم رصدی: تلسکوپ ها، دید، قطبش

تابش و خطوط طیفی

مکانیک سماوی در منظومه شمسی: سیارات و نیروهای کشندی

ساختار و تحول ستاره ها، طیف ستاره ها، رشته اصلی

خورشید

تشکیل عناصر سنگین در ستاره ها

ستاره های دوتایی

ستاره های متراکم: کوتوله های سفید و ستاره های نوترونی

ابر نو اختر ها و پالسارها

سر فصل ها (۲)

خوشه های ستاره ای

محیط میان ستاره ای

ابر های مولکولی، جرم بحرانی، و ستاره زایی

کهکشان راه شیری

کوازارها و کهکشانهای فعال

ماده تاریک

منابع اصلی

- The Physical Universe: an introduction to astronomy, F. Shu, 1982
- Fundamental Astronomy, H. Karttunen et al., Springer, 2007

منابع کمکی

- Astrophysical concepts, M. Harwit, Springer, 2006
- Boehm-Vitense E. Introduction to stellar astrophysics, CUP, 1989

منابع پیشرفته

- The physics of astrophysics, F. Shu, 1991
- High energy astrophysics, M.S. Longair, CUP, 2011
- The Sun: an introduction, M. Stix, Springer, 2006
- Physics of the interstellar and intergalactic medium, B. Draine, 2011

منابع گسترده

منابع گسترده شامل مجله ها، کتابهای عمومی نجومی، اخترفیزیک ستاره ای، محیط میان ستار ای، کهکشانها و ساختارهای بزرگ مقیاس

Primary Journals

A&A (= Astronomy and Astrophysics)

ApJ (= Astrophysical Journal)

AJ (= Astronomical Journal)

MNRAS (= Monthly Notices of the Royal Astronomical Society)

PASP (= Publications of the Astronomical Society of the Pacific)

PASJ (= Publication of the Astronomical Society of Japan)

Nature

Science

General Astronomy and Astrophysics

F. Shu, The Physical Universe: an introduction to astronomy, 1982

H. Karttunen et al., Fundamental Astronomy, Springer, 2007

M. Harwit, Astrophysical concepts, Springer, 2006

Caroll, B.W., Ostlie, D.A.: Modern Astrophysics, Addison-Wesley 1996

Unsöld, A., Baschek, B.: The New Cosmos, Springer Verlag 2001

Schneider, P.: Extragalaktische Astronomie und Kosmologie, Springer 2006

Padmanabhan, T: Theoretical Astrophysics I, II, III, Cambridge University Press 2000ff

Kuyper, G., Middlehurst, B. (eds): Stars and Stellar Systems, I, II, III, University of Chicago Press 1963

Audouze, J., Israel, G.: Cambridge Atlas of Astronomy, Cambridge University Press, 1985

Hoskin, M.: Illustrated History of Astronomy, Cambridge Univ. Press 1997

Stellar Astrophysics

Böhm-Vitense, E.: Stellar Astrophysics I, II, III, Cambridge University Press 1997

Kippenhahn, R., Weigert, A.: Stellar Structure and Evolution, A&A Library, Springer Verlag, Berlin 1990

Schwarzschild, M: Structure and Evolution of the Stars, Dover Publications, New York, 1958

Mihalas, D.: Stellar Atmospheres, Freeman, San Francisco 1970

Bowers, R., Deeming, T.: Astrophysics I, Jones&Bartlett, Boston, 1984

A.C. Phillips: The Physics of Stars, Wiley, Chichester 1994

Prialnik, D.: Stellar Structure and Evolution, Cambridge 2000

Arnett, D.: Supernovae and Nucleosynthesis, Princeton University Press, 1996

Shapiro, S., Teukolsky, S.: Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars, Wiley, New York 1983

Interstellar Medium and Plasmas

Spitzer, L.: Physical Processes in the Interstellar Medium, Wiley, New York, 1987

Bowers, R., Deeming, T.: Astrophysics II, Jones&Bartlett, Boston, 1984

Scheffler, H., Elsässer, H.: Physics of the Galaxy and Interstellar Matter, Springer, Berlin, 1988

Dopita, M.A., Sutherland, R.S.: Astrophysics of the Diffuse Universe, Springer, Heidelberg, 2003

Draine, B., Physics of the interstellar and intergalactic medium, 2011

Dyson, J.E., Williams, D.A.: The Physics of te Interstellar Medium, Institute of Physics Publishing, Bristol, 1997

Osterbrock, D.: Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, University Science Books, Mill Valley, California, 1989

Rybicki, G., Lightman, A.: Radiation Processes in Astrophysics, Wiley, New York, 1979

Burton, W., Elmegreen, B., Genzel, R: The Galactic Interstellar Medium, Saas Fee Course 1991. Springer Verlag, Berlin

Galaxies

Binney, J., Merrifield, M.: Galactic Astronomy, Princeton University Press, 1998

Sparke, L., Gallagher, J.: Galaxies in the Universe, Cambridge University Press, 2000

Binney, J., Tremaine, S.: Galactic Dynamics, Princeton Univ. Press, 1987

Tinsley, B.M., in: Fund. of Cosm. Physics, Vol.5, p.287, 1980

Pagel, B.: Nucleosynthesis and Chemical Evolution of Galaxies, Cambridge University Press 1997

Peterson, B.: Active Galactic Nuclei, Cambridge University Press, 1997

Longair, M.: High Energy Astrophysics, Cambridge University Press 1992

Large Scale Structure and Cosmology

Sandage, A., Kron, R., Longair, M.: The Deep Universe, Springer Verlag 1995

Peebles, P.J.E.: The Physical Universe, Princeton Univ. Press, 1993

Boerner, G.: The Early Universe, Springer Verlag 2003

Padmanabhan, T.: Structure Formation in the Universe, Cambridge Univ. Press, 1993

Dodelson, S.: Modern Cosmology, Academic Press 2003

Peacock, J.: Cosmological Physics, Cambridge University Press 1999

Longair, M.: Galaxy Formation, Springer Verlag 1998

پرسشهای بنیادی بسیاری در اخترفیزیک وجود دارند

- Formation of stars and planets
- Extra solar planets, search and characterization
- Population III stars
- Physics of Supernovae
- Nature of gamma−ray bursts
- The cosmic recycling process (stars-gas-chemical elements)
- Formation and evolution of galaxies
- Supermassive black holes and active galaxy nuclei
- Nature of dark matter
- Formation of structure in the universe
- Dark Energy and cosmological constant
- Inflation and phase transitions in the early universe
- .....

تقسیم نمره ها

میان ترم	۷
پایان ترم	۷
تمرین + کوییز	۵
فعالیت در کلاس	۱
پروژه	۲
جمع	۲۰

شنبه و دوشنبه
۱۷:۰۰ الی ۱۸:۳۰

کلاس مجازی

درس کارشناسی

نیمسال اول

پیشنیاز: فیزیک دو

لینک فایل های کلاس

https://drive.google.com/drive/folders/1KUTttBWqWGPaHVq0iXDtGKAPmgw2zC2n?usp=sharing

شنبه و دوشنبه
۱۷:۰۰ الی ۱۸:۳۰

ایمیل:

reza.rezaei@sharif.edu

کد استاد: ۲۴۰۲۱۱

کلاس درس

https://vc.sharif.edu/ch/reza.rezaei

لینک فایل های کلاس

https://drive.google.com/drive/folders/1KUTttBWqWGPaHVq0iXDtGKAPmgw2zC2n?usp=sharing

حل تمرین: خانم صبا پاشایی

sabapashaei@yahoo.com

https://vclass.ecourse.sharif.edu/ch/rezaei-ta

کلاس تمرین

جمع نمره کلاس تمرین (تمرین + کوییز) = ۵ نمره

زمان کلاس تمرین: با توافق با استاد تمرین

حضور در کلاس تمرین الزامی است

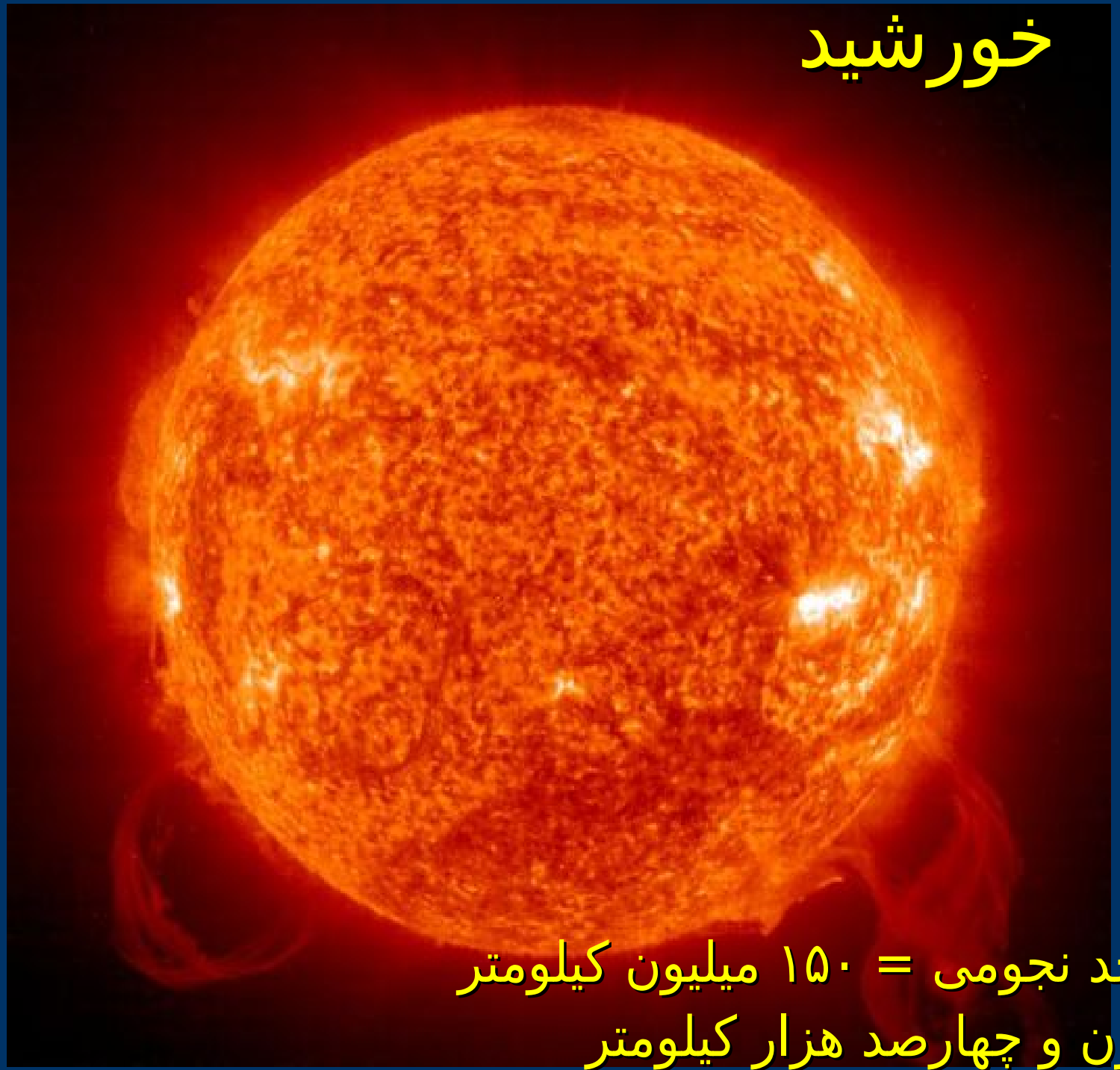
نجوم چیست؟

“astron” = star

“nomos” = law

Astronomy is the science of stars and clusters of stars, galaxies and clusters of galaxies, planets, “dwarf planets” and their satellites, asteroids and comets, interstellar gas and dust (and anything else in the Universe).

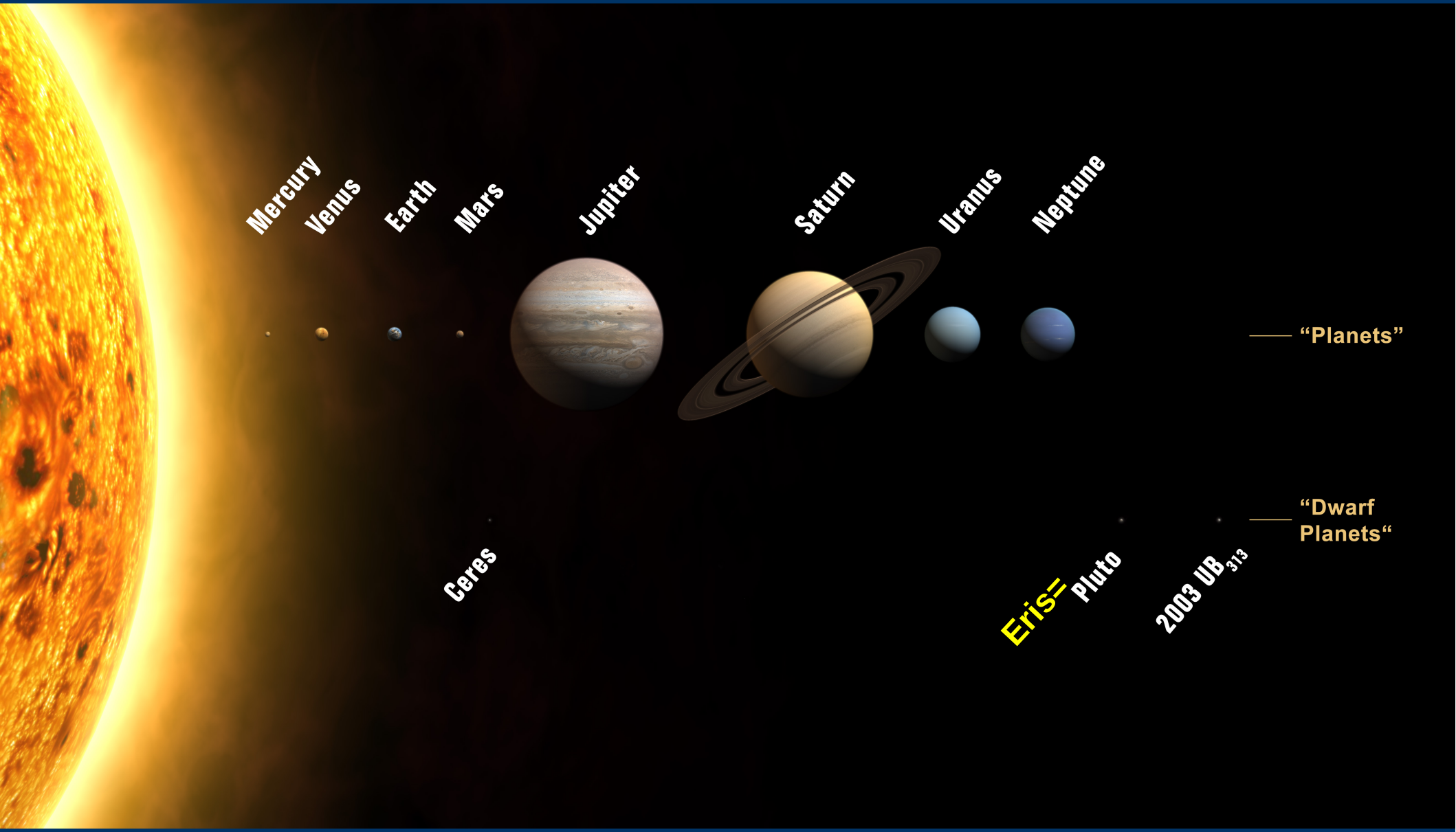
خورشید



فاصله = یک واحد نجومی = ۱۵۰ میلیون کیلومتر

قطر = یک میلیون و چهارصد هزار کیلومتر

منظومه شمسی


Mercury
Venus
Earth
Mars
Jupiter
Saturn
Uranus
Neptune
"Planets"
Ceres
Eris
Pluto
2003 UB313
"Dwarf Planets"

قطر = ۱۳ هزار کیلومتر

دنباله دار هیل-باپ
قطر هسته: ده کیلومتر
دنباله: صد میلیون کیلومتر

خوشه ستاره ای: پروین
فاصله: ۴۳۰ سال نوری
پهنا: ۱۵ سال نوری

گاز و غبار: سحابی مرداب

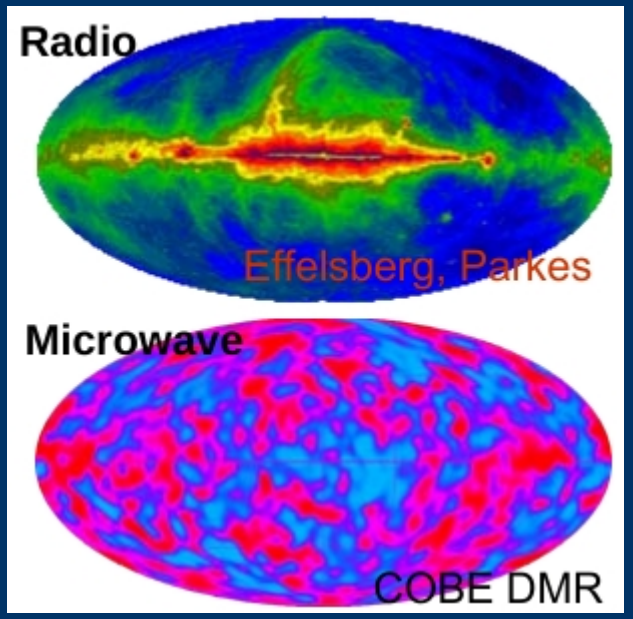
فاصله: ۵۰۰۰ سال نوری

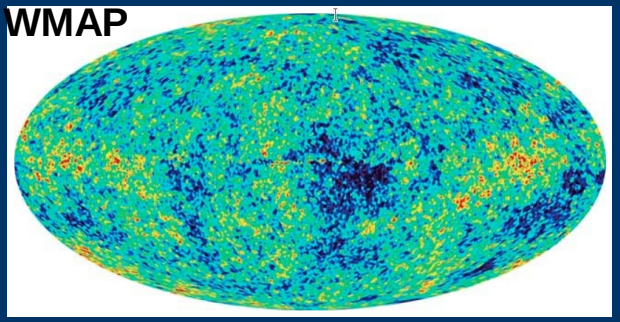
ابعاد: ۵۰ سال نوری

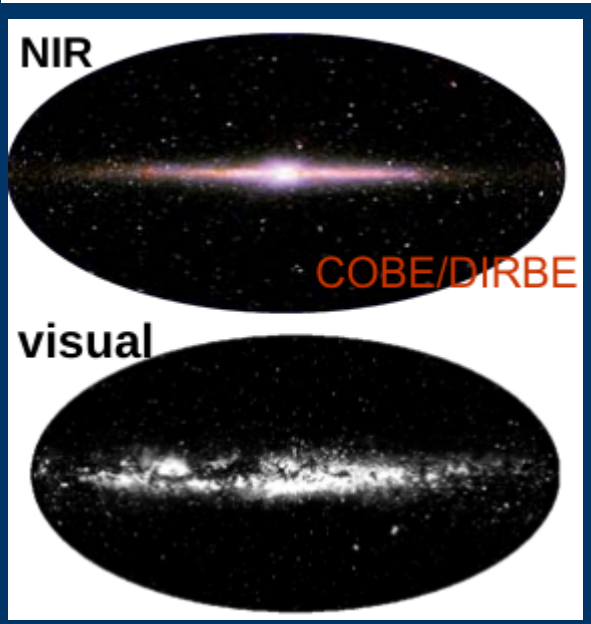
کهکشان آندرومدا

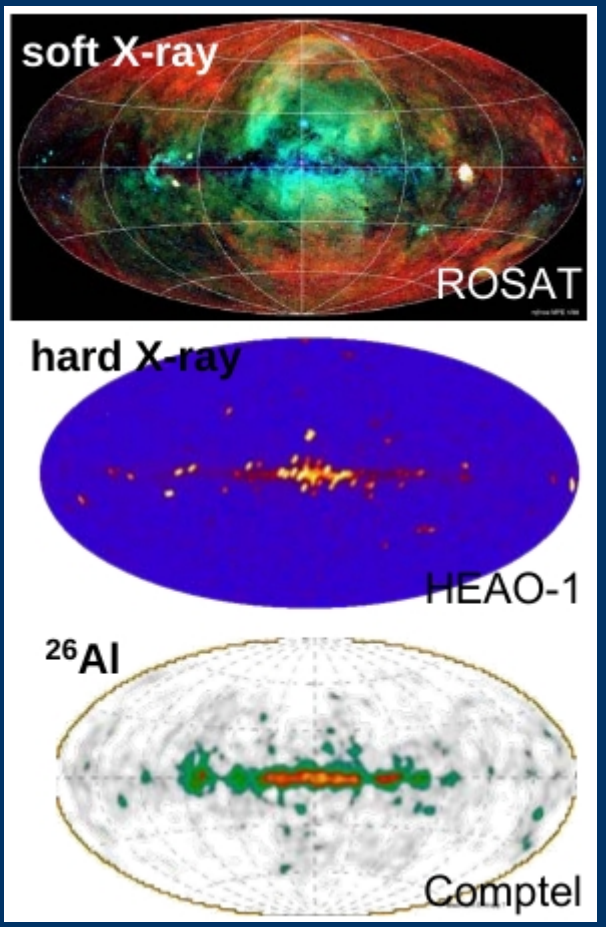
فاصله: ۲/۲ میلیون سال نوری
قطر: ۸۰ هزار سال نوری

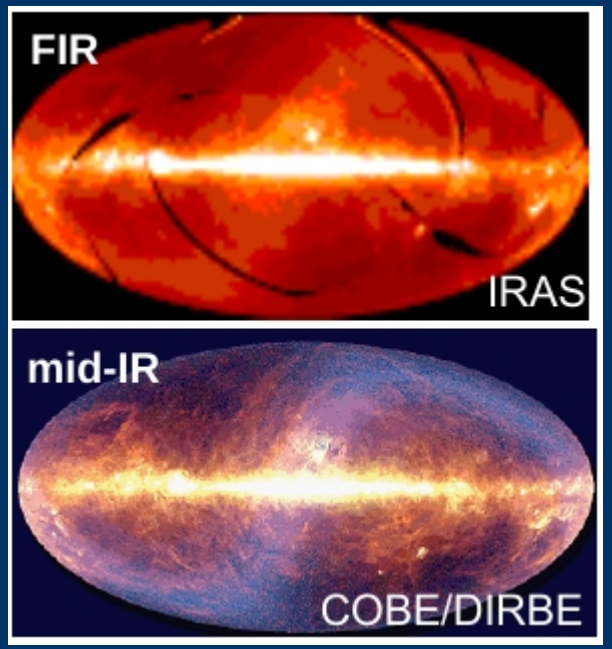
خوشه کهکشانی: کما
Coma Cluster
فاصله: ۳۲۰ میلیون سال نوری
ابعاد: ده میلیون سال نوری

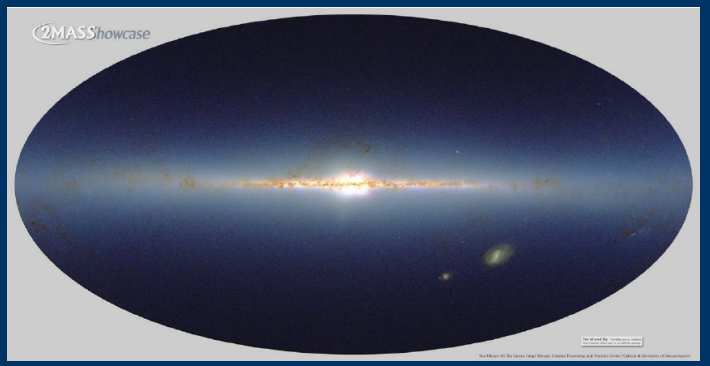

Radio
Effelsberg, Parkes
Microwave
COBE DMR

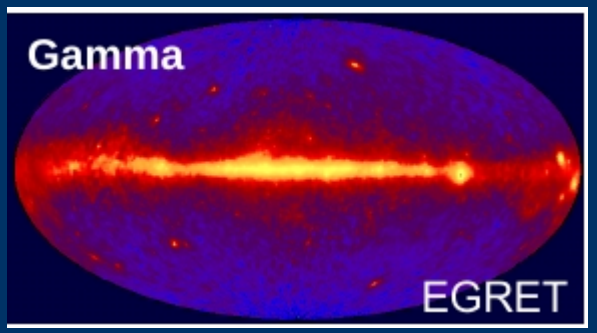

WMAP


NIR
COBE/DIRBE
visual


soft X-ray
ROSAT
hard X-ray
HEAO-1
26Al
Comptel


FIR
IRAS
mid-IR
COBE/DIRBE


2MASS Showcase


Gamma
EGRET

علم چیست؟

مطالعه سیستماتیک عالم

جمع آوری حقایق علمی

حدس یک توضیح
(حدس= فــرضیه)

تست فرضیه

به روز رسانی فرضیه

چرا نجوم و اختر فیزیک جالب و مهم هستند؟

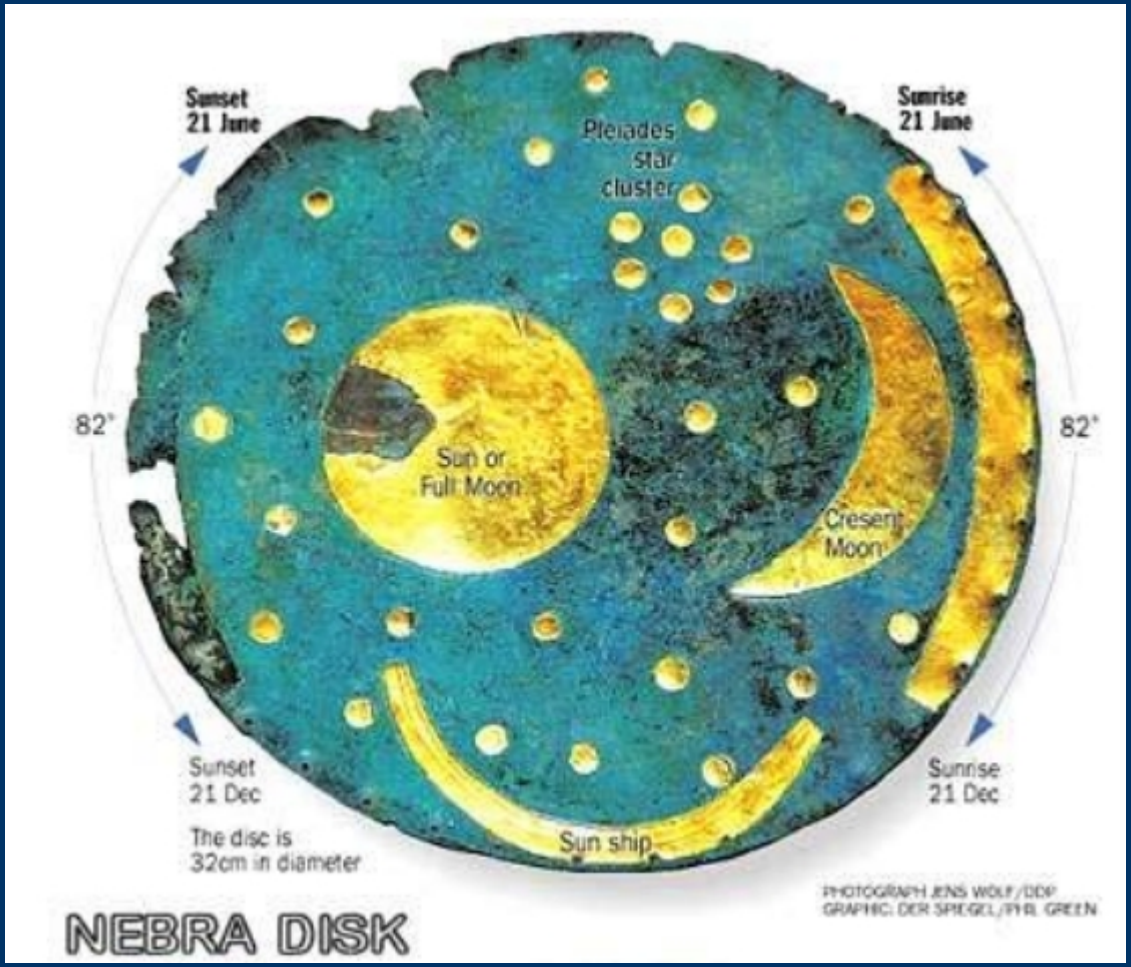
از نظر تاریخی از قدیمی ترین دانشهاست

کاربرد عملی: تقویم (کشاورزی)، جهت یابی پیش از جی پی اس، آب و هوای فضایی
اهمیت از منظر فلسفه/مذهب

قدیمی ترین تقویم ها حدود ۴۰۰۰ سال قبل در مصر = نجوم جدی

اولین نقشه نجومی تقریبا در قرن دهم

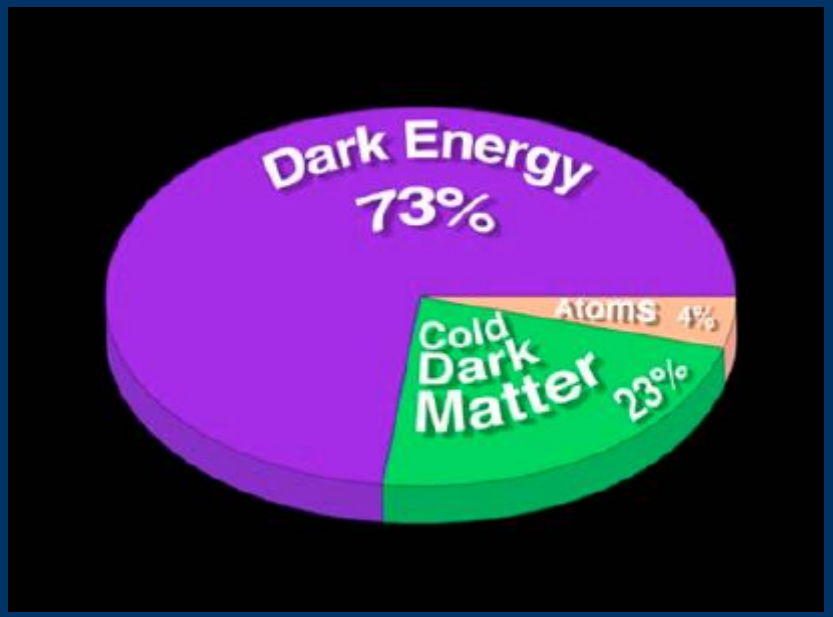
نجوم مدرن: قرن شانزدهم با تیکو براهه، کوپرنیک، کپلر و غیره آغاز شد



قدیمی ترین نقشه آسمان از برنز با ۳۶۰۰ سال قدمت

نقشه قرن دهم چینی ها از آسمان

سهم اخترفیزیک در فیزیک بنیادی



ماده تاریک

امواج گرانشی

جرم دار شدن نوترینو

در اخترفیزیک بیشتر اطلاعات از طیف الکترومغناطیس بدست می آید.

مقدار کمی هم از رصد پرتوهای کیهانی و نوترینو ها

پرسش های اساسی

منجمان چه چیز هایی آموخته اند؟

آنها چگونه این چیز ها را آموخته اند؟

واحد طول: متر، واحد نجومی، سال نوری، پارسک

یک واحد نجومی (AU) ≡ فاصله زمین تا خورشید

$= 1.5\times10^{11}\,\mathrm{meters}$

$= 150$ million kilometers

1 light year (ly) ≡ مسافت طی شده توسط نور طی یک سال

$= 9.5\times10^{15}\,\mathrm{meters}$

$= 63{,}000\ \mathrm{AU}$

1 pc = 3.26 ly

واحد زمان: ثانیه و سال

$1\ \text{year} \equiv$ زمان چرخش زمین دور خورشید

$= 365\ 1/4\ \text{days} = 3.2 \times 10^{7}\ \text{seconds}$

عمر یک منجم $\approx 1.2 \times 10^{9}\ \text{seconds} \approx 40\ \text{years}$

عمر زمین $= 4.6 \times 10^{9}\ \text{years}$

عمر عالم $\approx$ ۱۳ میلیارد سال

واحد جرم: کیلوگرم

$$\text{Mass of astronomer} = 70\ \text{kg}$$

$$\text{Mass of Earth} = 6 \times 10^{24}\ \text{kg}$$

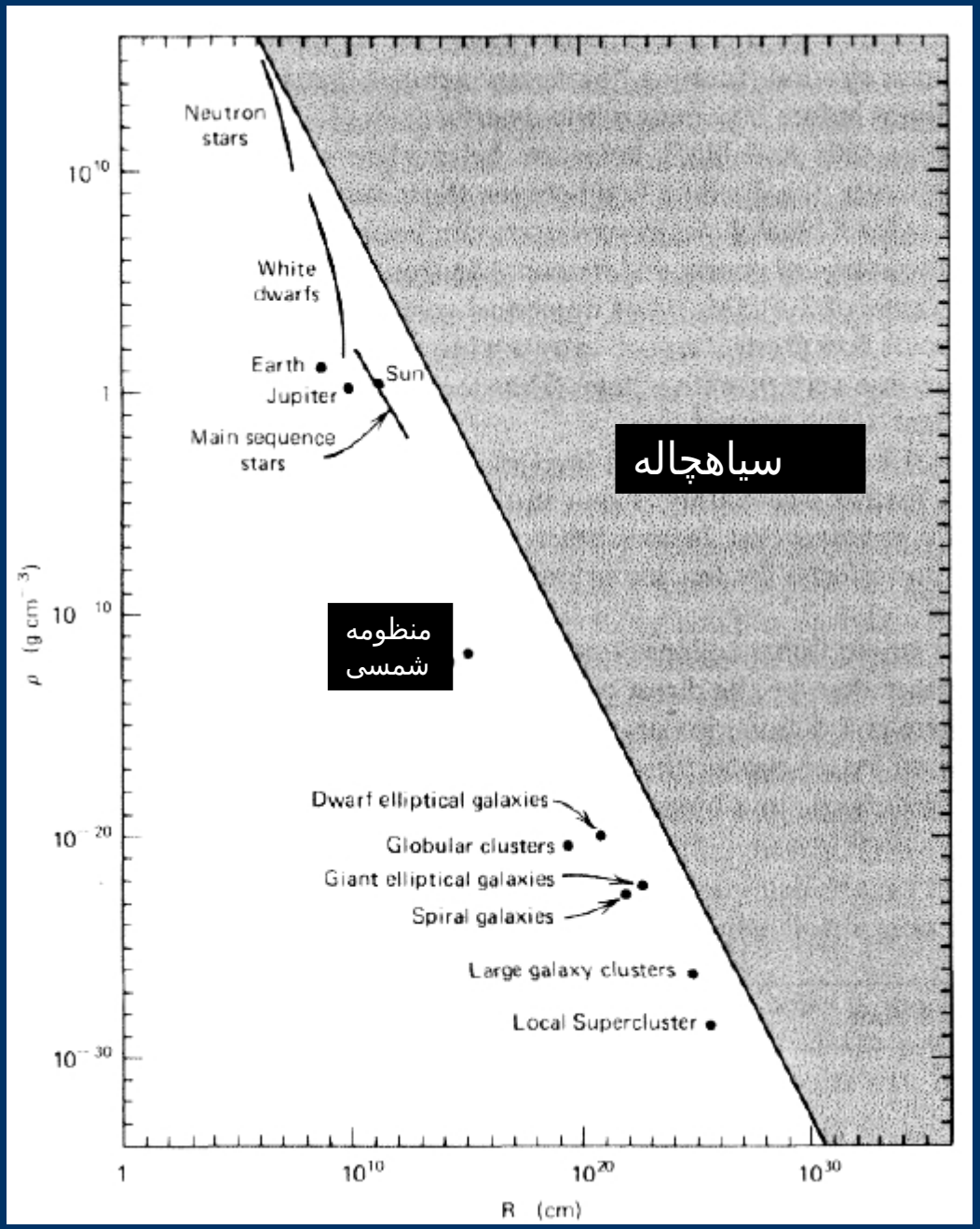
$$\text{Mass of Sun} = 2 \times 10^{30}\ \text{kg}$$
$$= 330,000 \times \text{mass of Earth}$$

نگاهی به ابعاد و جرمها در عالم

Object	length [m]
Electron	$2.8\ 10^{-15}$
Bohr-Radius	$5.3\ 10^{-11}$
ISM dust	$3\ 10^{-7}$
Blue whale	$3\ 10^{+1}$
Comet (core)	$5.5\ 10^{+3}$
Neutron star radius	$1\ 10^{+4}$
Solar radius	$7\ 10^{+8}$
Astronomical Unit	$1.5\ 10^{11}$
Lightyear	$9.46\ 10^{15}$
Parsec	$3.08\ 10^{16}$
next star	$4\ 10^{16}$
globular cluster	$4\ 10^{18}$
Milky Way Galaxy	$8\ 10^{20}$
Distance M 31	$2\ 10^{22}$
Diameter Virgo	$1\ 10^{23}$
Distance Virgo	$7\ 10^{23}$
Universe	$1\ 10^{27}$

Object	mass [kg]
Electron	$9.11\ 10^{-31}$
Proton	$1.67\ 10^{-27}$
Z_0	$1.60\ 10^{-25}$
Planck mass	$2.1\ 10^{-8}$
Tyrannosaurus Rex	10^{5}
Comet	$1\ 10^{13}$
Mountain	$3\ 10^{14}$
Planetoid	$3\ 10^{19}$
Earth moon	$7.3\ 10^{22}$
Earth	$6.0\ 10^{24}$
Jupiter	$1.9\ 10^{27}$
Sun	$2.0\ 10^{30}$
Globular Cluster	$1\ 10^{36}$
Milky Way galaxy	$2\ 10^{42}$
Coma galaxy cluster	$2\ 10^{45}$
Universe	$4\ 10^{51}$

نگاهی به ابعاد و جرمها در عالم



from Shapiro, Teukolsky:
Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars

کره سماوی

مفاهیم اساسی در کره سماوی

کره سماوی به ۸۸ منطقه تقسیم شده است

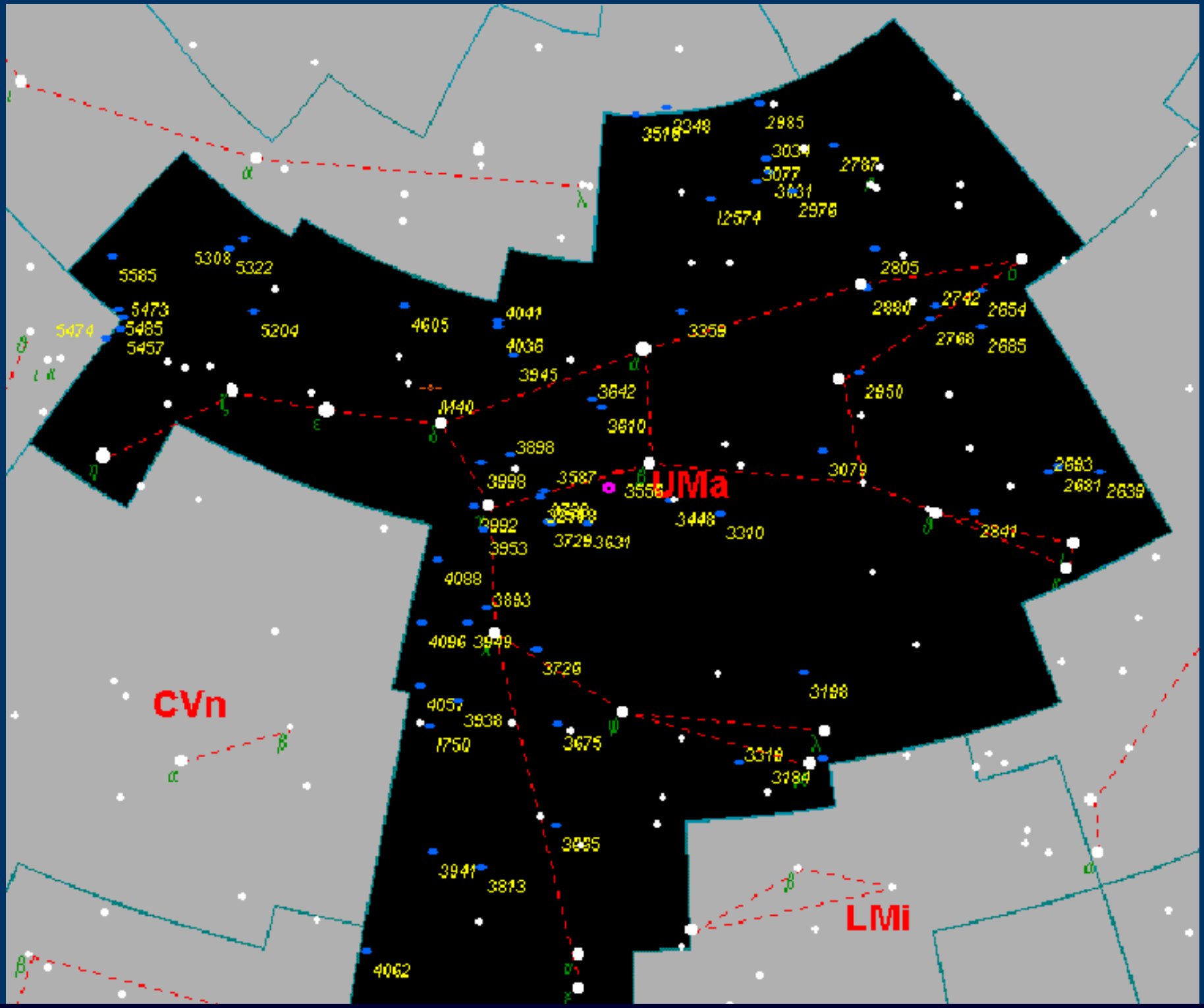
میتوان فرض کرد که ستاره ها به کره سماوی چسبیده اند

کره سماوی روزی یک بار حول قطب های سماوی دوران می کند

خورشید حرکت غرب به شرق در کره سماوی دارد و سالی یک بار دوران می کند

ماه نسبت به ستاره ها از غرب به شرق حرکت می کند و طی یک ماه دوران می کند

آسمان به ۸۸ صورت فلکی تقسیم شده است


UMa
CVn
LMi
3516
3348
2985
3034
2787
3077
3631
2976
12574
2805
2742
2654
2890
2768
2685
2950
3359
5308
5322
5585
5473
5485
5457
5474
5204
4605
4041
4036
3945
3642
3610
M40
3898
3998
3587
3556
3079
2683
2681
2639
3448
3310
2841
2992
3953
3729
3631
4088
3883
4096
3949
3729
3198
4057
3938
1750
3675
3319
3184
3955
3941
3813
4062

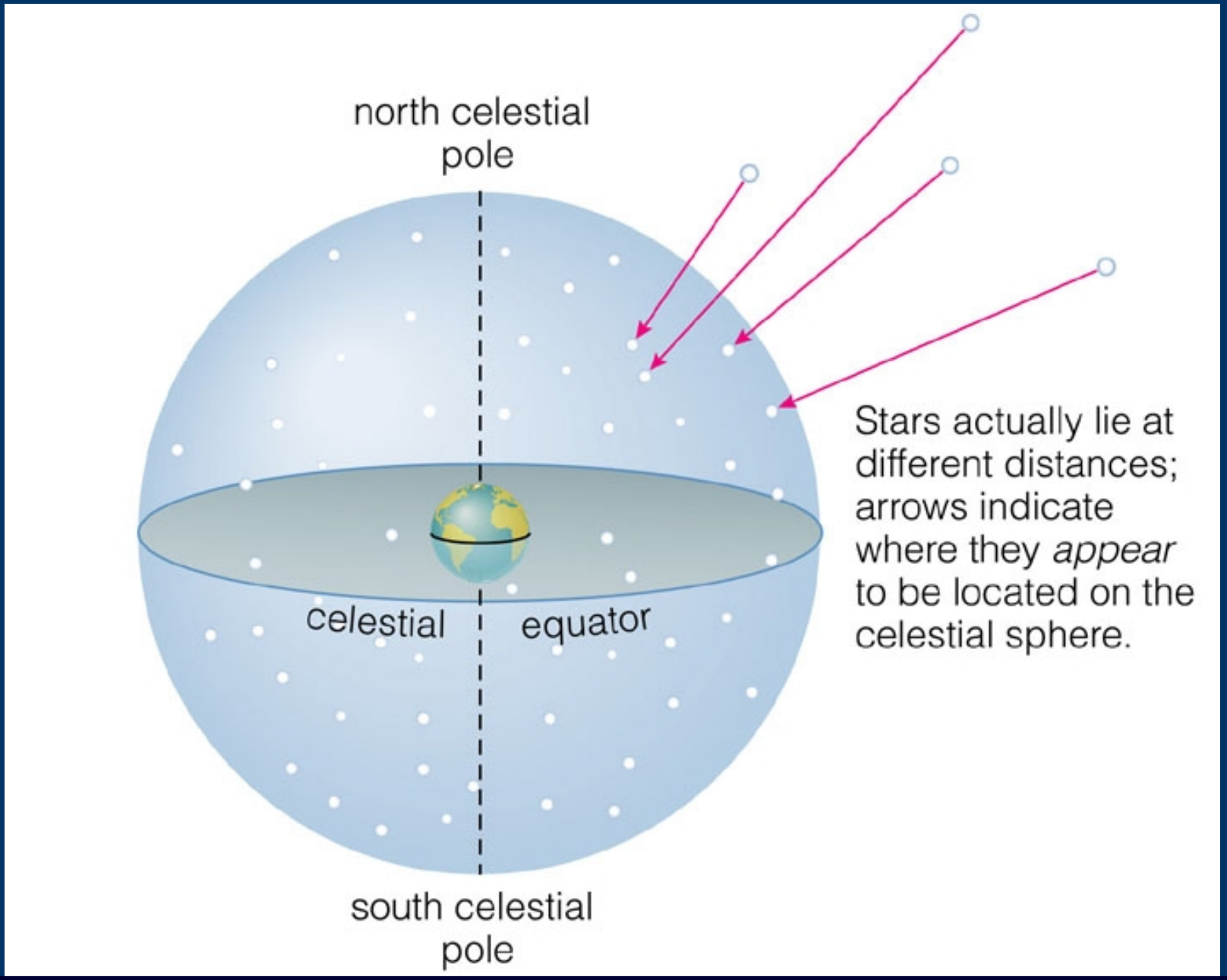
ستاره ها به کره سماوی چسبیده اند

اندازه گیری فاصله ستاره ها دشوار است

می توان تصور کرد که تمام ستاره ها فاصله واحدی از زمین دارند و روی کره واحدی قرار دارند

مکان ستاره ها روی کره سماوی معلوم و قابل اندازه گیری است هرچند فاصله نامعلوم باشد

کره سماوی یک کره فرضی است که زمین مرکز آن است



نقاط ویژه در کره سماوی

قطب شمال سماوی = نقطه ای که درست بالای قطب شمال زمین است

قطب جنوب سماوی

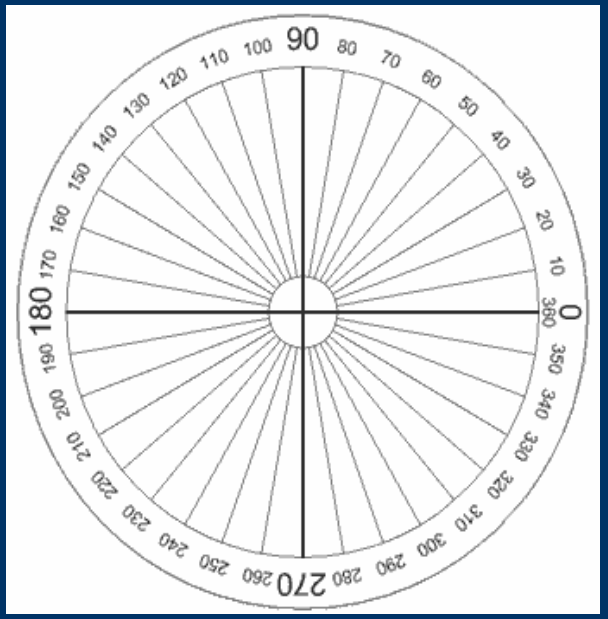
استوای سماوی = دایره ای به موازات استوای زمین

اندازه گیری فاصله در کره سماوی

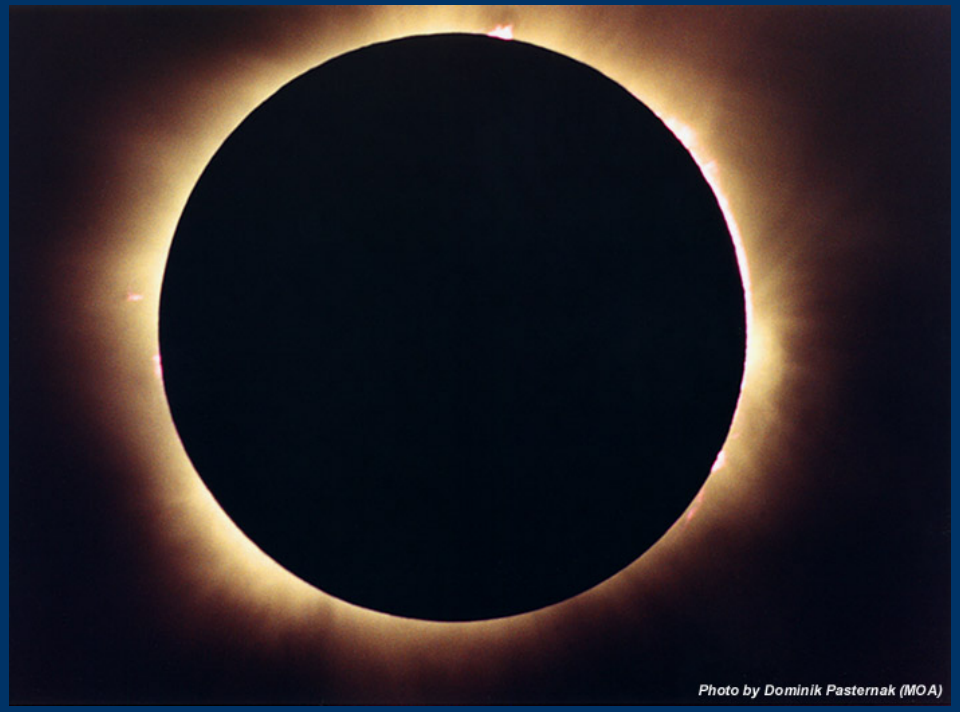
360 degrees in a circle

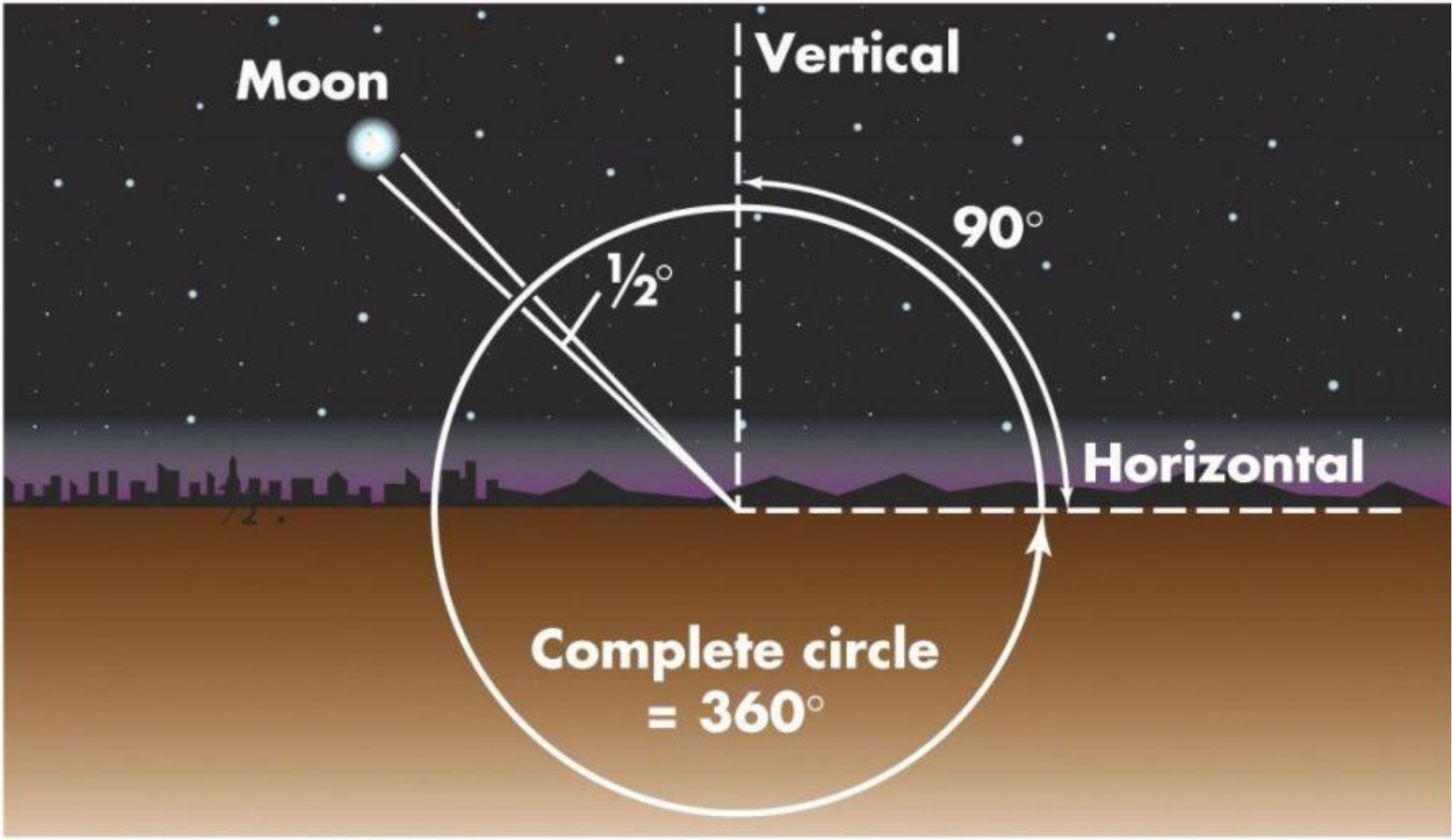
60 arcminutes in a degree

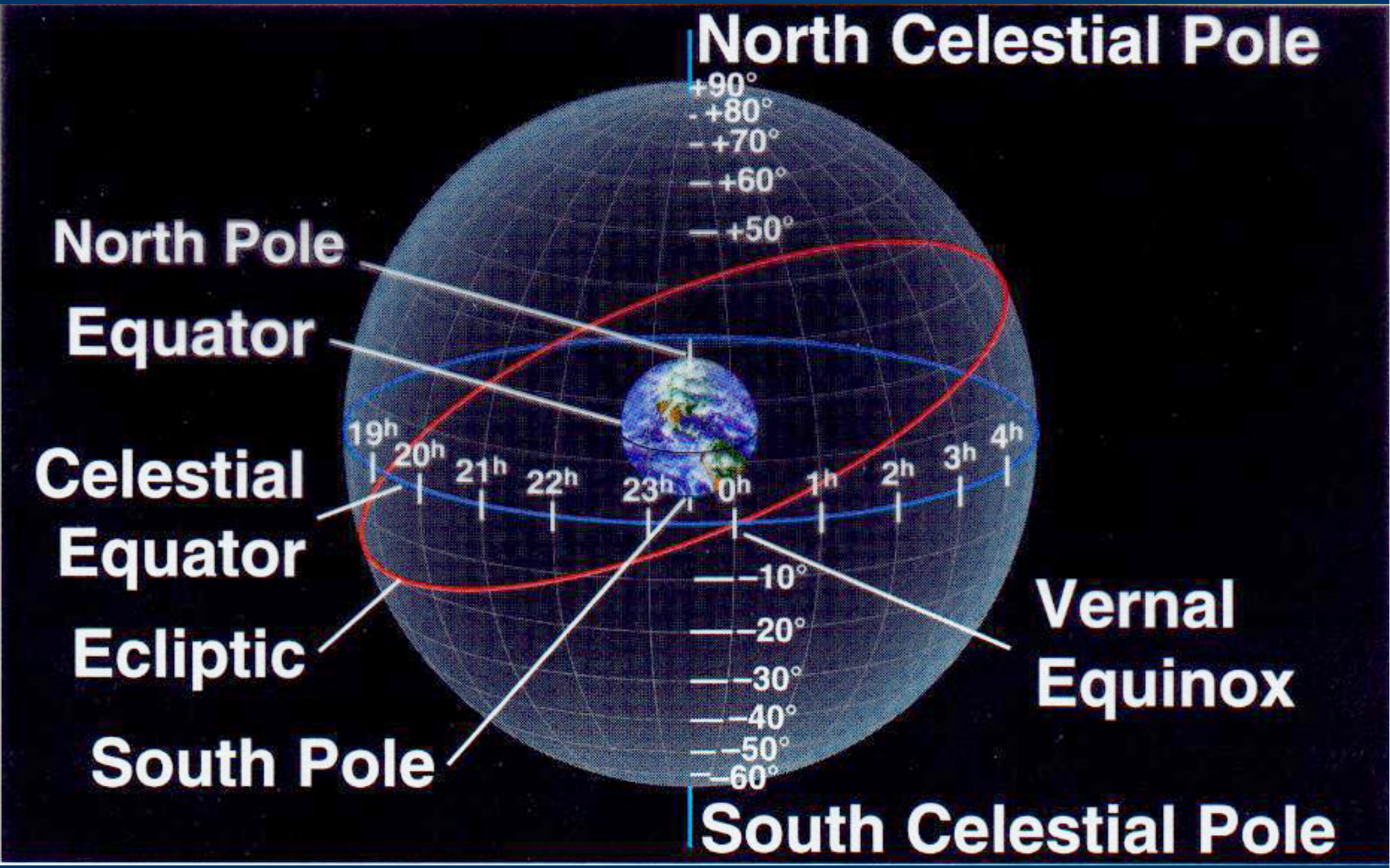
60 arcseconds in an arcminute



اندازه ماه و خورشید = نیم درجه




Moon
Vertical
90°
½°
Horizontal
Complete circle
= 360°


North Celestial Pole
+90°
+80°
+70°
+60°
+50°
North Pole
Equator
19h
20h
21h
22h
23h
0h
1h
2h
3h
4h
Celestial Equator
Ecliptic
South Pole
−10°
−20°
−30°
−40°
−50°
−60°
Vernal Equinox
South Celestial Pole

کره سماوی حول قطب سماوی روزی یکبار دوران می کند

مشاهده: ستاره ها، خورشید، ماه به شکل پادساعتگرد گرد قطب سماوی دوران میکنند

اجسام در نزدیکی استوای سماوی از شرق طلوع و از غرب غروب میکنند

نجوم مقدماتی، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف رضا رضایی، ۱۳۹۹ یک

توضیح دوران یک روزه ستاره ها

فرضیه اول

(Ptolemy, 2nd century):

زمین ساکن است، ستاره ها به کره ای چسبیده اند که روزی یکبار گرد زمین دوران می کند

غلط

فرضیه دوم

(Copernicus, 16th cent.):

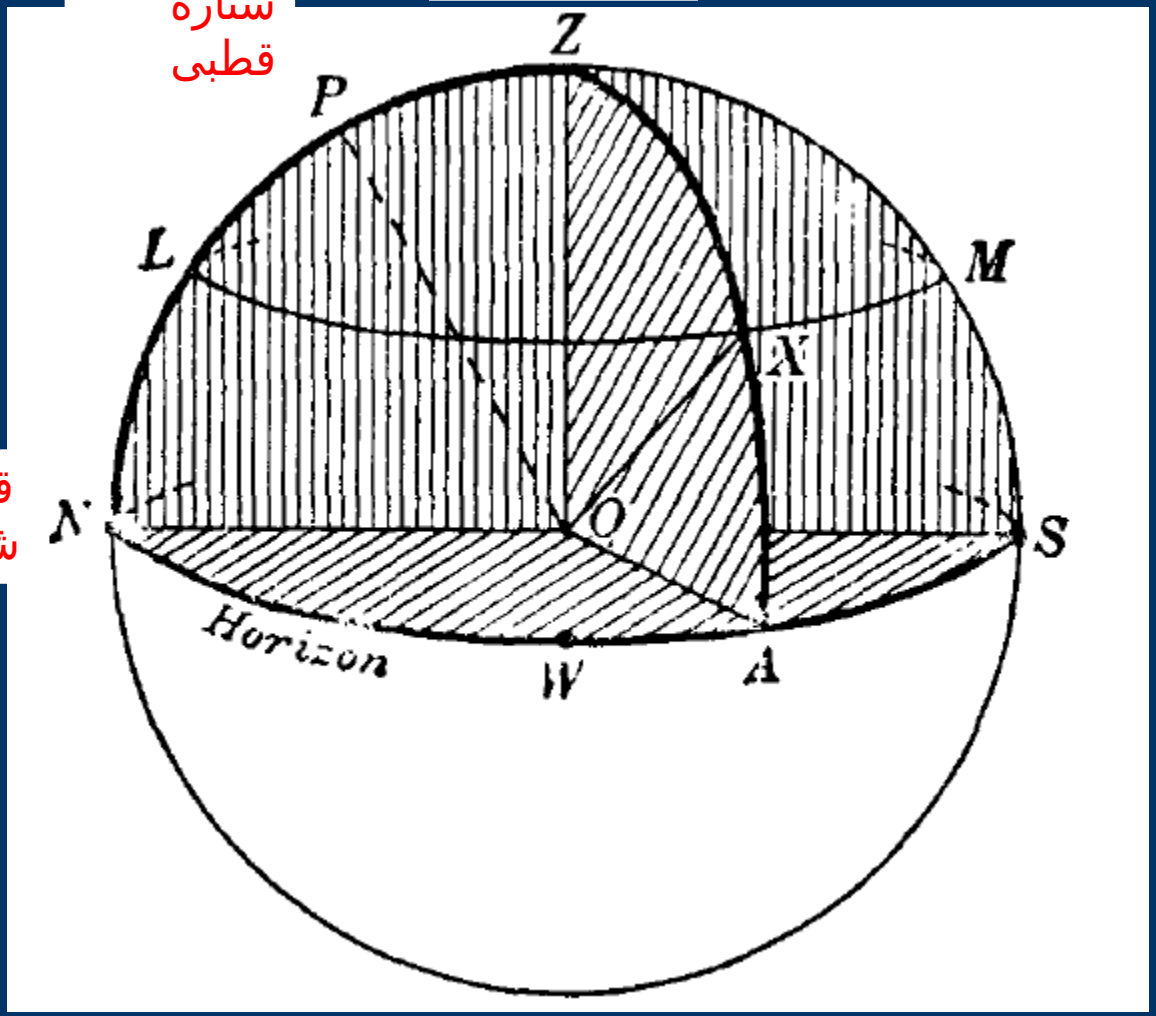
ستاره ها ساکن اند، زمین حول محوش روزی یک بار دوران می کند

صحیح

دستگاه مختصات افقی

شمال سماوی = ستاره قطبی

سرسو



قطب شمال

PZX = NA : سمت φ

سمت و ارتفاع

Altitude , Azimuth

NAS: افق‌سماوی

ZAX : بخشی‌از یک دایره عظیمه

AX : ارتفاع a

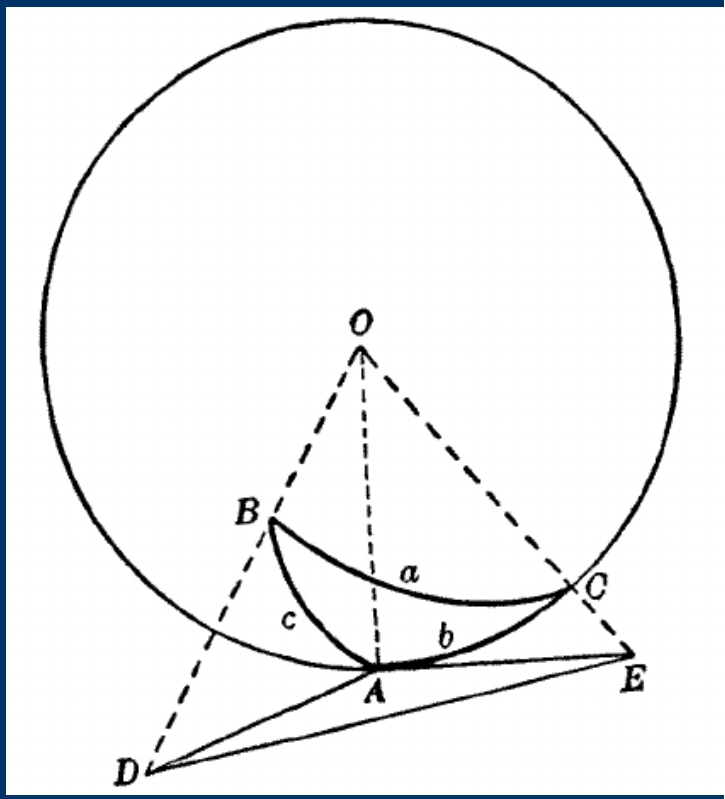
ZX : زاویه سرسو z

ZA = 90 degree

Z = 90 - a

LXM : بخشی‌از یک دایره صغیره

اثبات رابطه کسینوس



$DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2\ AD\ AE\ CosA$

$DE^2 = OD^2 + OE^2 - 2\ OD\ OE\ Cos\ a$

$2\ OD\ OE\ Cos\ a = (OD^2 - AD^2) + (OE^2 - AE^2) + 2\ AD\ AE\ Cos\ A$

$OD^2 - AD^2 = OA^2$
$OE^2 - AE^2 = OA^2$

$OD\ OE\ Cos\ a = OA2 + AD\ AE\ Cos\ A$

$OA/OD = Cos\ b$
$OA/OE = Cos\ c$

$AD/OD = Sin\ b$
$AE/OE = Sin\ c$

$$Cos\ a = Cos\ b\ Cos\ c + Sin\ b\ Sin\ c\ Cos\ A$$

$$\text{Cos } a = \text{Cos } b \text{ Cos } c + \text{Sin } b \text{ Sin } c \text{ Cos } A$$

در حد زوایای کوچک داریم

$$1-a^2/2 = (1-b^2/2)(1-c^2/2) + b.c.\ \text{Cos}A$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2\ b\ c\ \text{Cos}\ A$$

فاصله زاویه ای دو نقطه روی کره

θ_1, φ_1

θ_2, φ_2

$$\text{Cos } \alpha = \text{Cos } \theta_1 \text{ Cos } \theta_2 + \text{Sin } \theta_1 \text{ Sin } \theta_2 \text{ Cos } (\varphi_2 - \varphi_1)$$

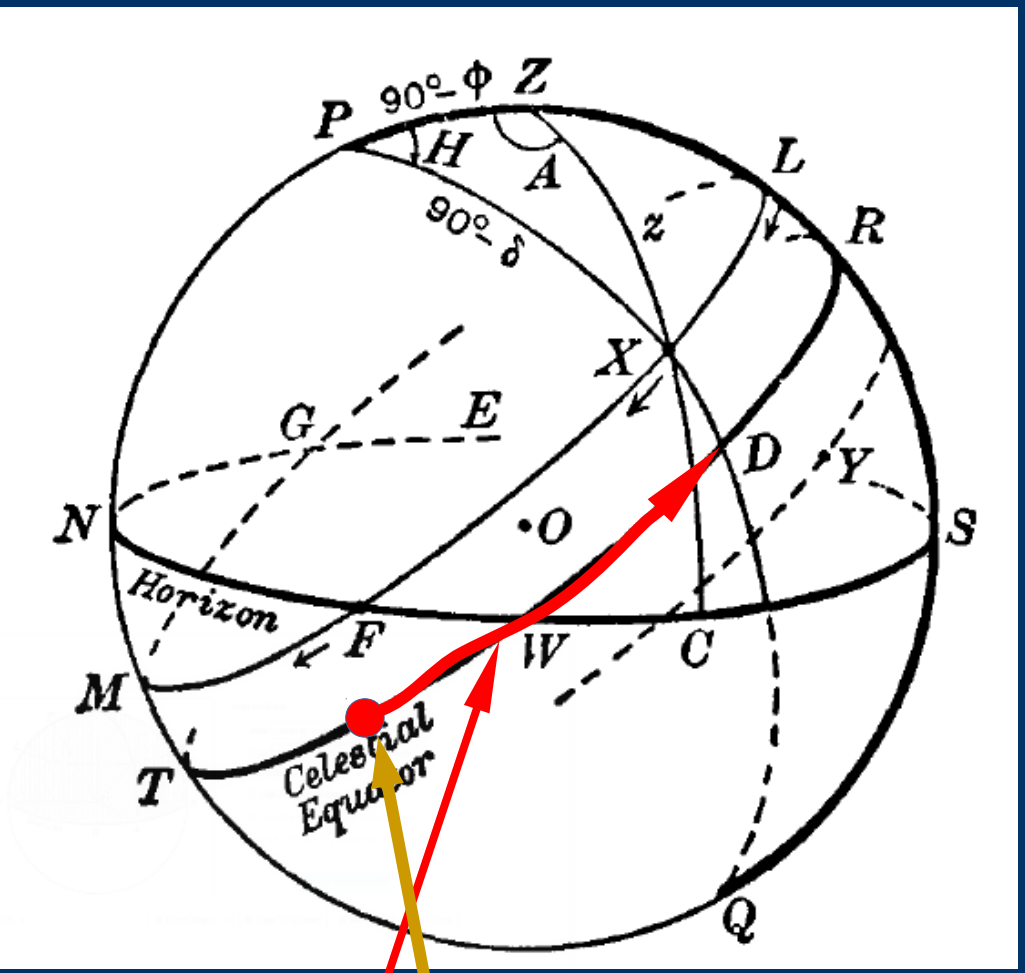
مثال: فاصله زاویه ای دو نقطه که در دستگاه مختصات افقی سمت و ارتفاع زیر را دارند حساب کنید

Lat1 = +41.9
Long1 = 12.5 E

Lat2 = +32.2
Long2 = 111.0 W

α = 89.5 degree

دستگاه استوایی - ۱



استوای آسمان = امتداد استوای زمین

قطب آسمان = امتداد محور دوران زمین

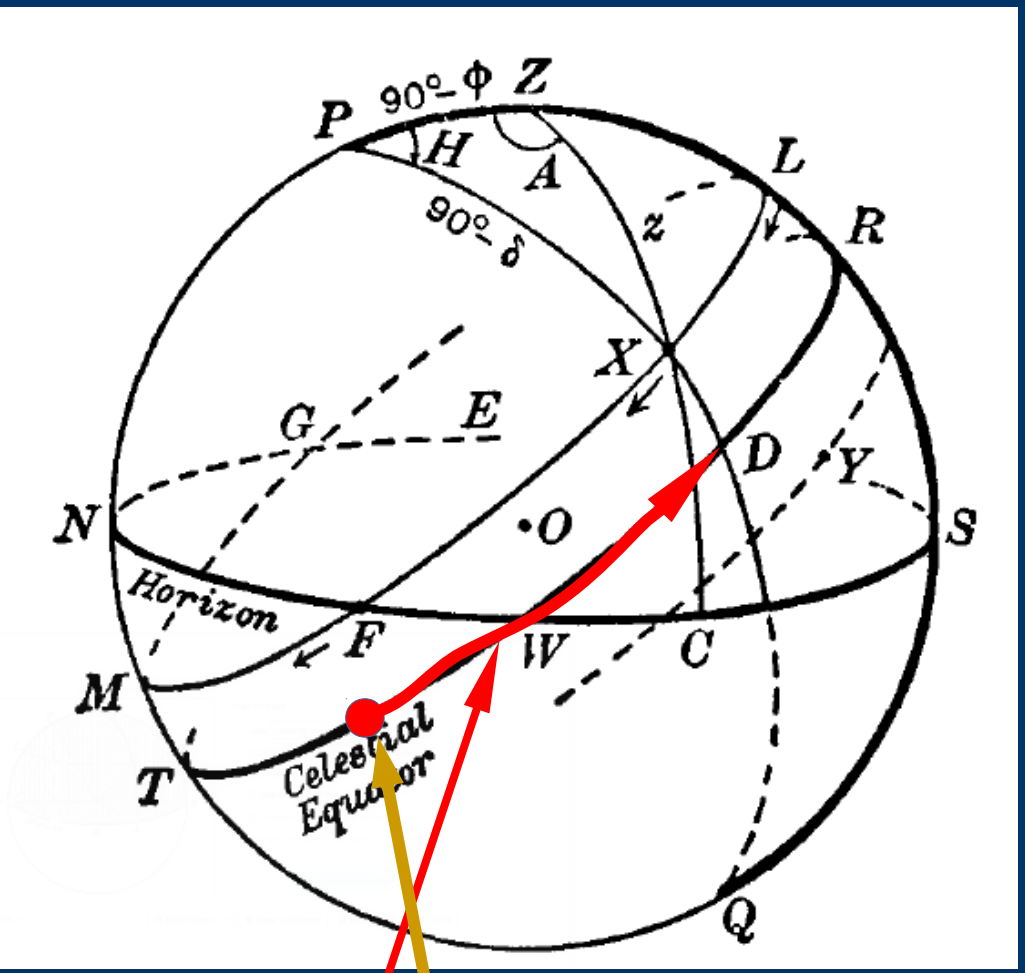
نصف النهار = نیم دایره ای که از قطب شمال و جنوب عبور کند

نصف النهار ناظر	PZQ :
نصف النهار جسم	PXQ :
استوای سماوی	TDR :
افق ناظر	NWS :
دایره صغیره مسیر ستاره در آسمان	LXM :

بعد

گاما حمل

دستگاه استوایی- ۲



استوای آسمان = امتداد استوای زمین

قطب آسمان = امتداد محور دوران زمین

نصف النهار = نیم دایره ای که از قطب شمال و جنوب عبور کند

میل XD : declination δ

زاویه ساعتی RD : hour angle H

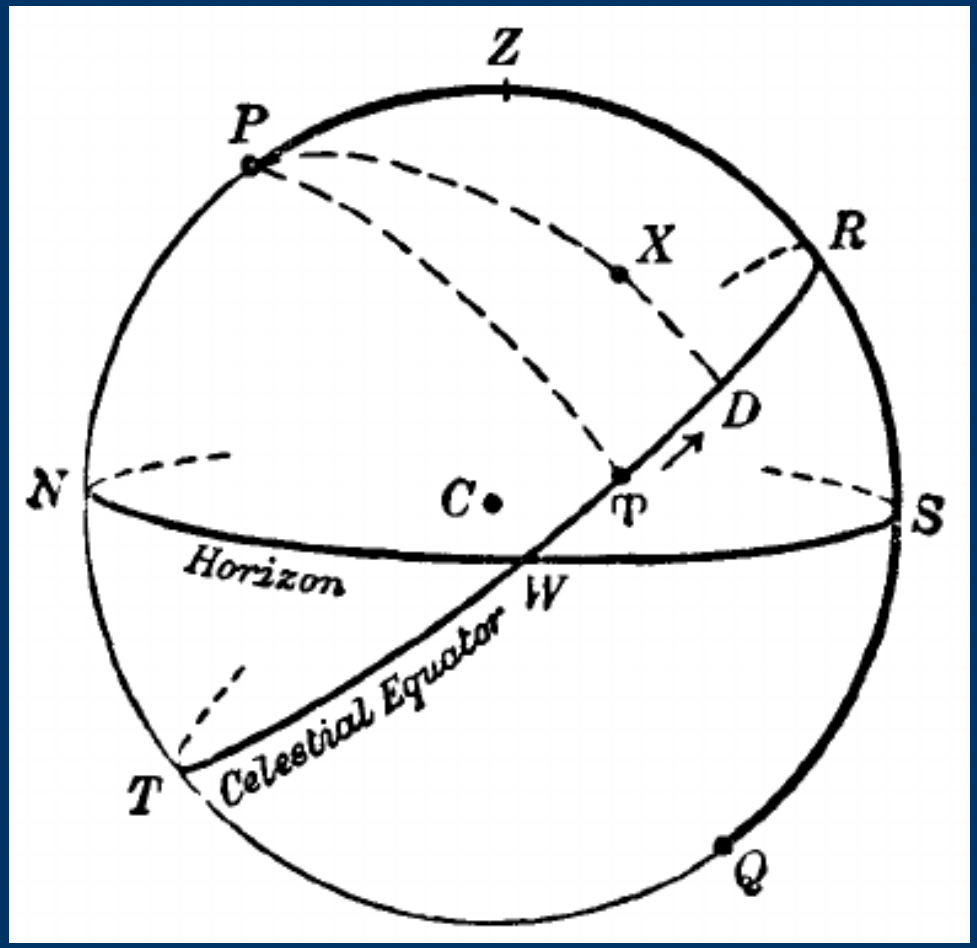
زاویه ساعتی زاویه نصف النهار ناظر تا پای جسم در راستای غرب است

بعد فاصله گاما حمل تا پای جسم در جهت شرق است

میل فاصله جسم از استوای سماوی روی نصف النهار جسم است

بعد

گاما حمل



دستگاه استوایی- ۳

α: 0-24 h

-90 < δ < +90

γ: گاما حمل نقطه **اعتدال بهاری** است

مختصات خورشید؟ دایره البروج

RD: زاویه ساعتی ستاره

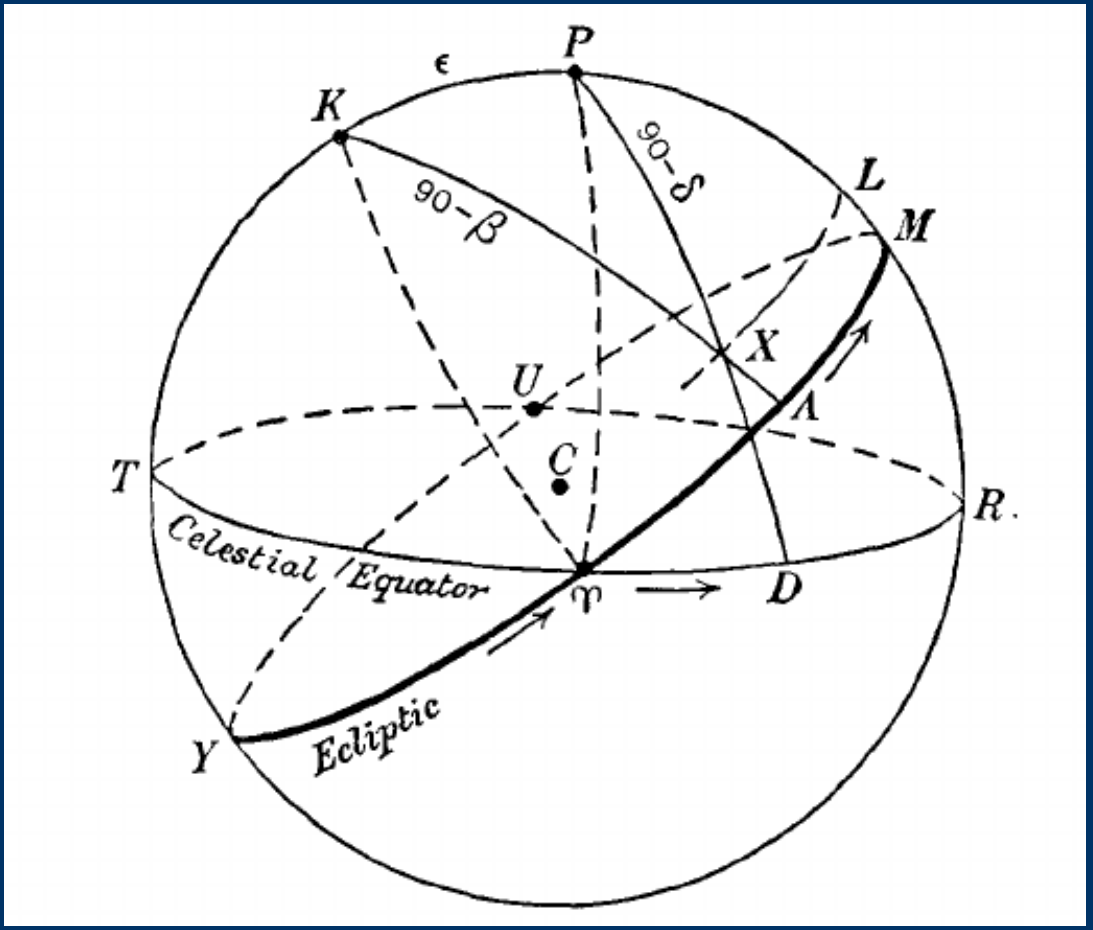
Rγ: زاویه ساعتی گاما حمل

بعد زاویه بین نصف النهار های گاما حمل و ستاره است

زمان نجومی = زاویه ساعتی گاما حمل

شبانه روز نجومی: زمانی که طول می کشد تا ستاره ها یک دوران کامل انجام دهند

دستگاه استوایی- ۴



فصل ها

اعتدال بهاری و پاییزی

انقلاب تابستانی و زمستانی

دایره البروج :♈γM

خورشید روی دایره البروج نسبت به ستاره ها از غرب به شرق حرکت می کند

زاویه بین دایره البروج و استوای سماوی = ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه

علت وجود فصل ها: انحراف محور دوران زمین نسبت به محور مداری زمین

منطقه البروج : مجموعه صورتهای فلکی که خورشید از میان آنها عبور می کند

نور منطقه البروجی چیست؟

© R.R.

زمان

روز : بازه زمانی بین دو ظهر

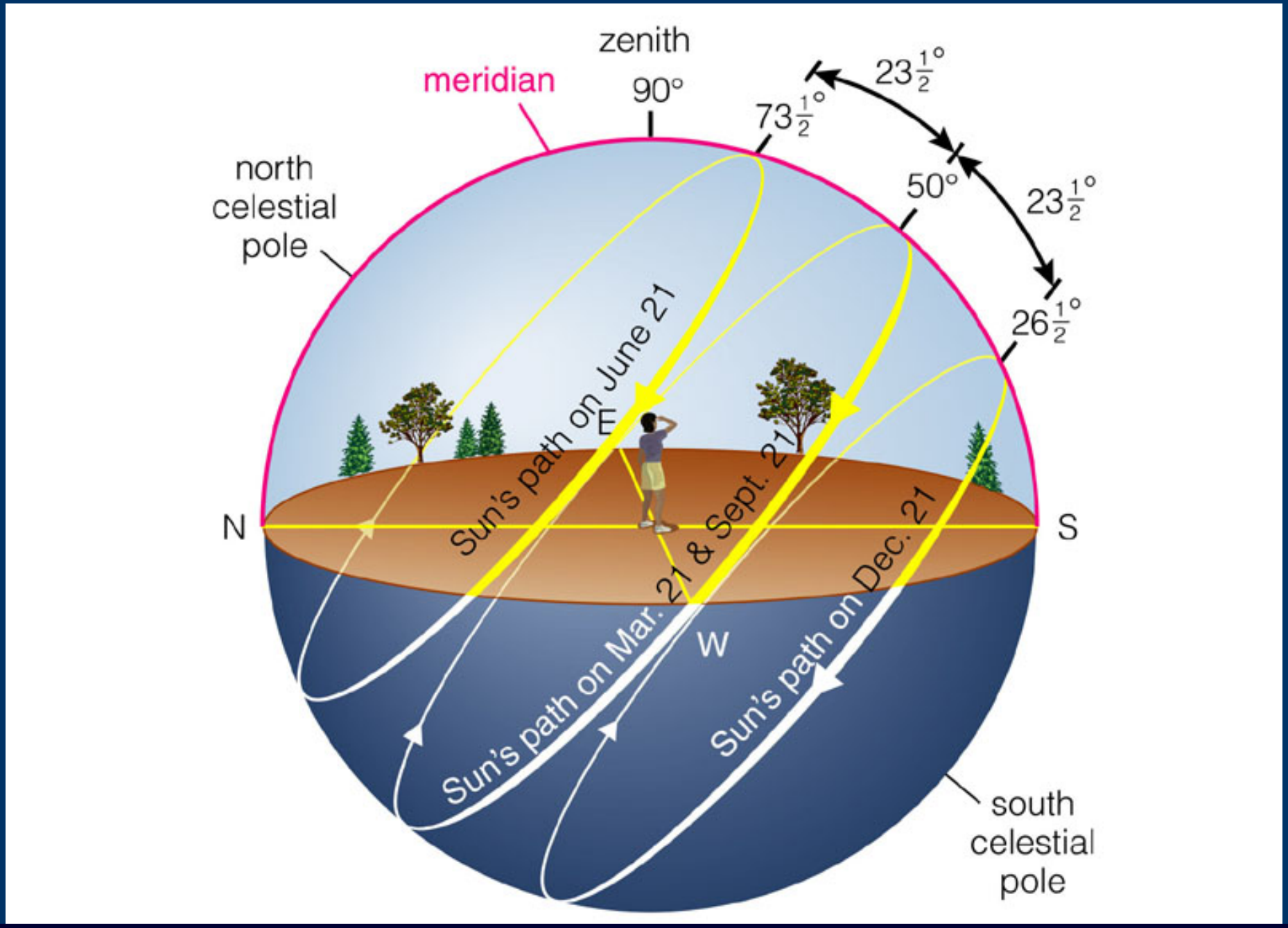
سال: بازه زمانی بین دو اعتدال بهاری

ماه: زمان بین دو ماه نو

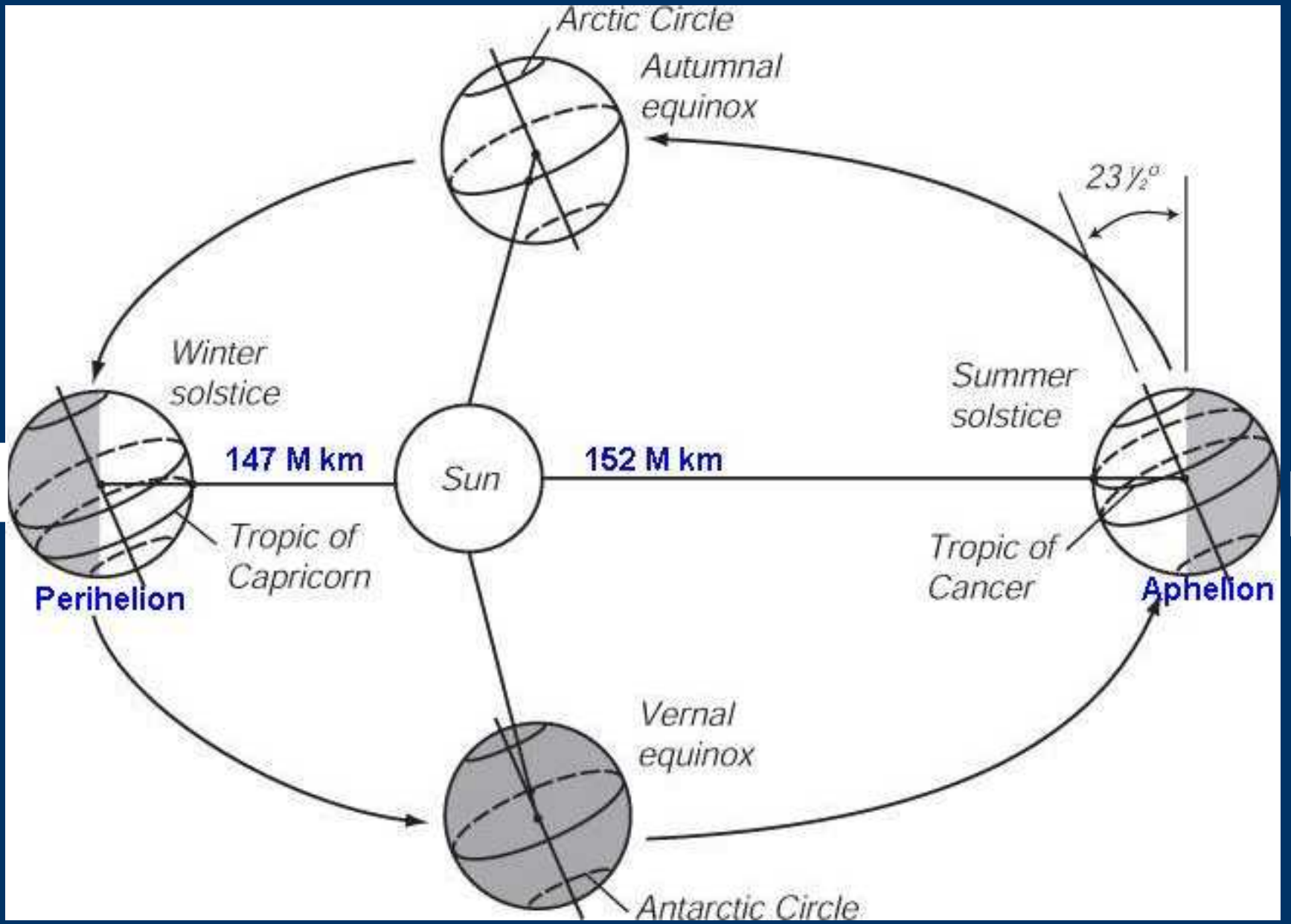
چرا تابستان گرم تر است؟

طول روز بیشتر است
خورشید به سرسو نزدیک تر است

حرکت ظاهری خورشید در فصل های مختلف



آیا در تابستان زمین به خورشید نزدیک تر است؟



حضیض

اوج

فصل ها، تقویم

خورشید روی دایره البروج نسبت به ستاره ها از غرب به شرق حرکت می کند. چرا؟

شبانه روز نجومی

مبنای اندازه گیری زمان می تواند دوران زمین حول محور خود، دوران زمین حول خورشید و یا ساعتهای اتمی باشد. روز نجومی مدت زمانی است که گاما حمل دو بار نصف النهار مرجع ناظر را قطع کند. طول شبانه روز نجومی که به آهنگ دوران زمین بستگی دارد، به آهستگی در حال افزایش است. شبانه روز خورشیدی مدت زمان بین دو عبور خورشید از نصف النهار است. شبانه روز خورشیدی سه دقیقه و ۵۶/۵۶ ثانیه طولانی تر از شبانه روز نجومی است. در نتیجه تعداد روزهای سال بر مبنای روز نجومی یک روز بیشتر است تا بر مبنای روز خورشیدی

برای سیاره ای که در جهت حرکت مداری دوران کند

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_*} - \frac{1}{P}$$

دوره تناوب حرکت انتقالی زمین حول خورشید

$$\frac{P}{\tau_*} - \frac{P}{\tau} = 1$$

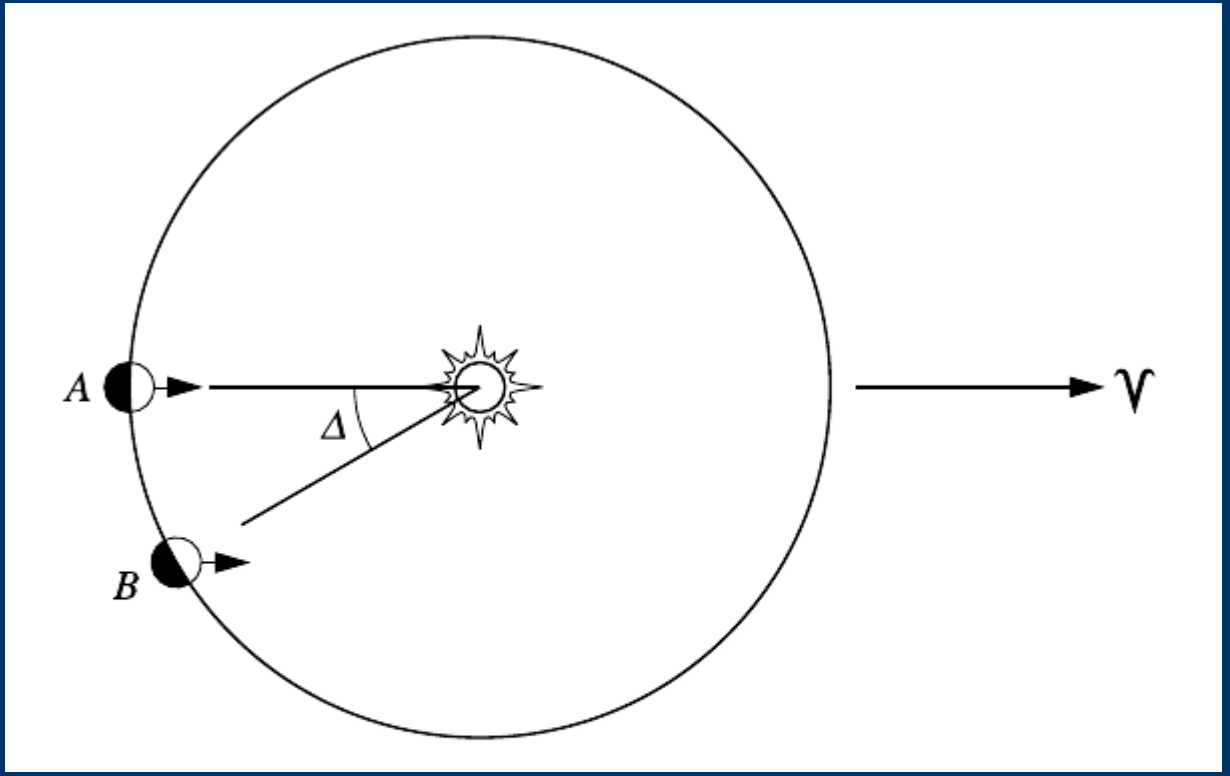
شبانه روز نجومی

شبانه روز خورشیدی

اختلاف شبانه روز نجومی و خورشیدی

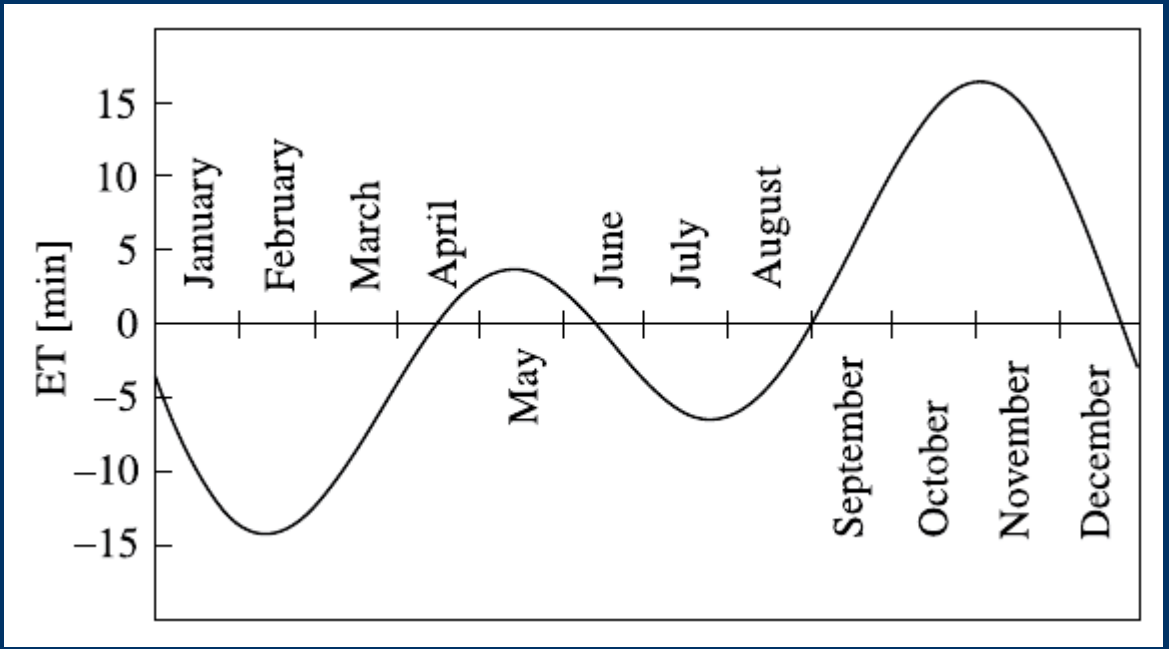
$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_*} + \frac{1}{P}$$

برای سیاره ای که مثل زهره درخلاف جهت حرکت مداری دوران کند



معادله زمان

شبانه روز خورشیدی متوسط با تعریف حرکت خورشید متوسط با یک سرعت ثابت در بین زمینه ستاره ها بدست می اید که مبنای شبانه روز قراردادی است. بر این مبنا یک سال ۳۶۵/۲۴۲۲ روز است. بر این مبنا معادله زمان اختلاف بین زمان خورشیدی و زمان خورشیدی متوسط است



توضیح حرکت خورشید

فرضیه اول

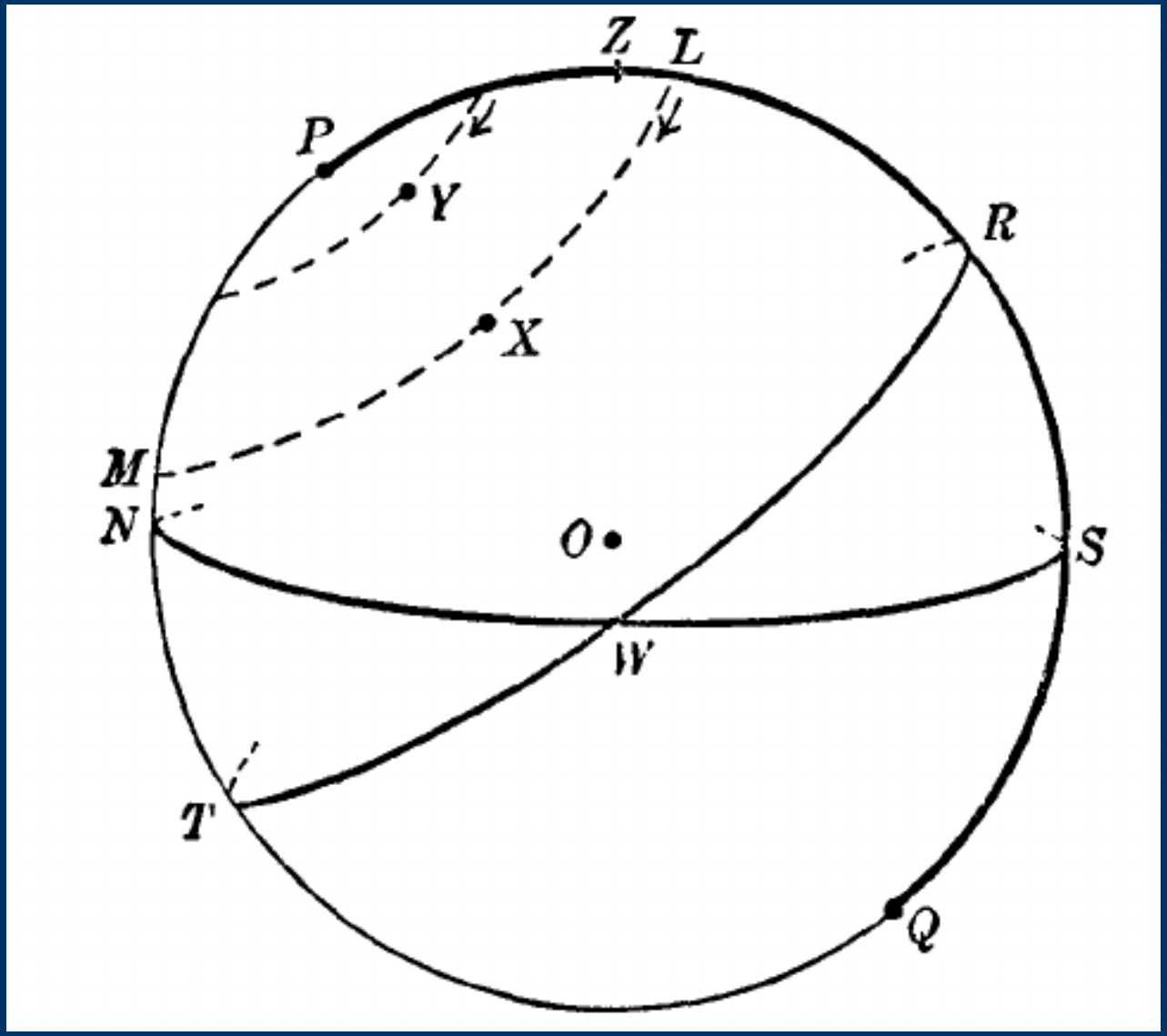
خورشید روی کره سماوی با آهنگی قدری کندتر از ستاره ها دوران می کند

غلط

فرضیه دوم

زمین سالی یک بار گرد خورشید دوران می کند (کپرنیک)

صحیح



ستارگان حول قطبی

همواره بالای افق هستند

ماه در کره سماوی نسبت به ستاره ها از غرب به شرق حرکت می کند

توضیح حرکت ماه

فرضیه دوم

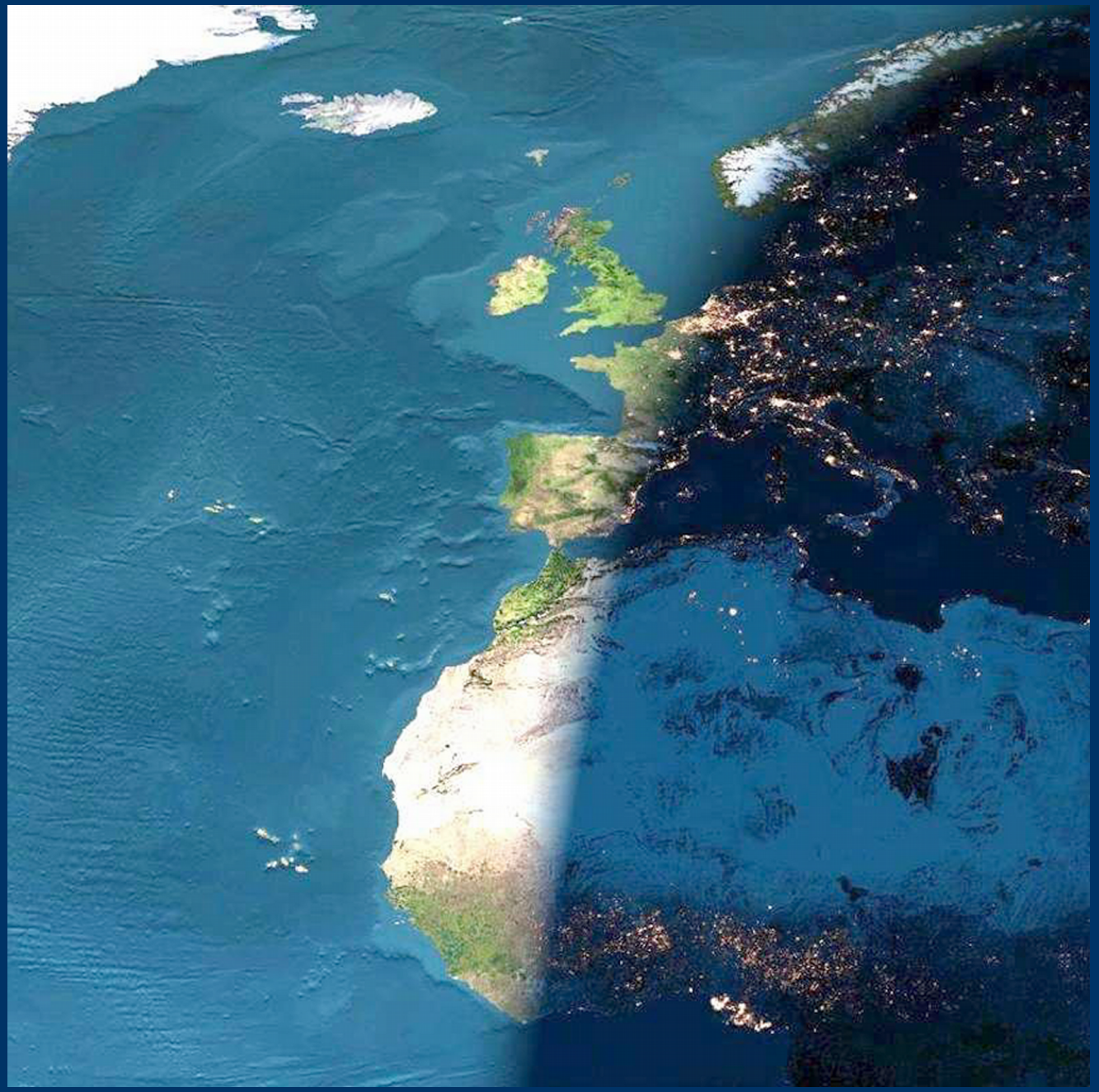
ماه در هر ۲۷/۳ روز یک بار گرد زمین دوران می کند (کپرنیک)

صحیح

فرضیه اول

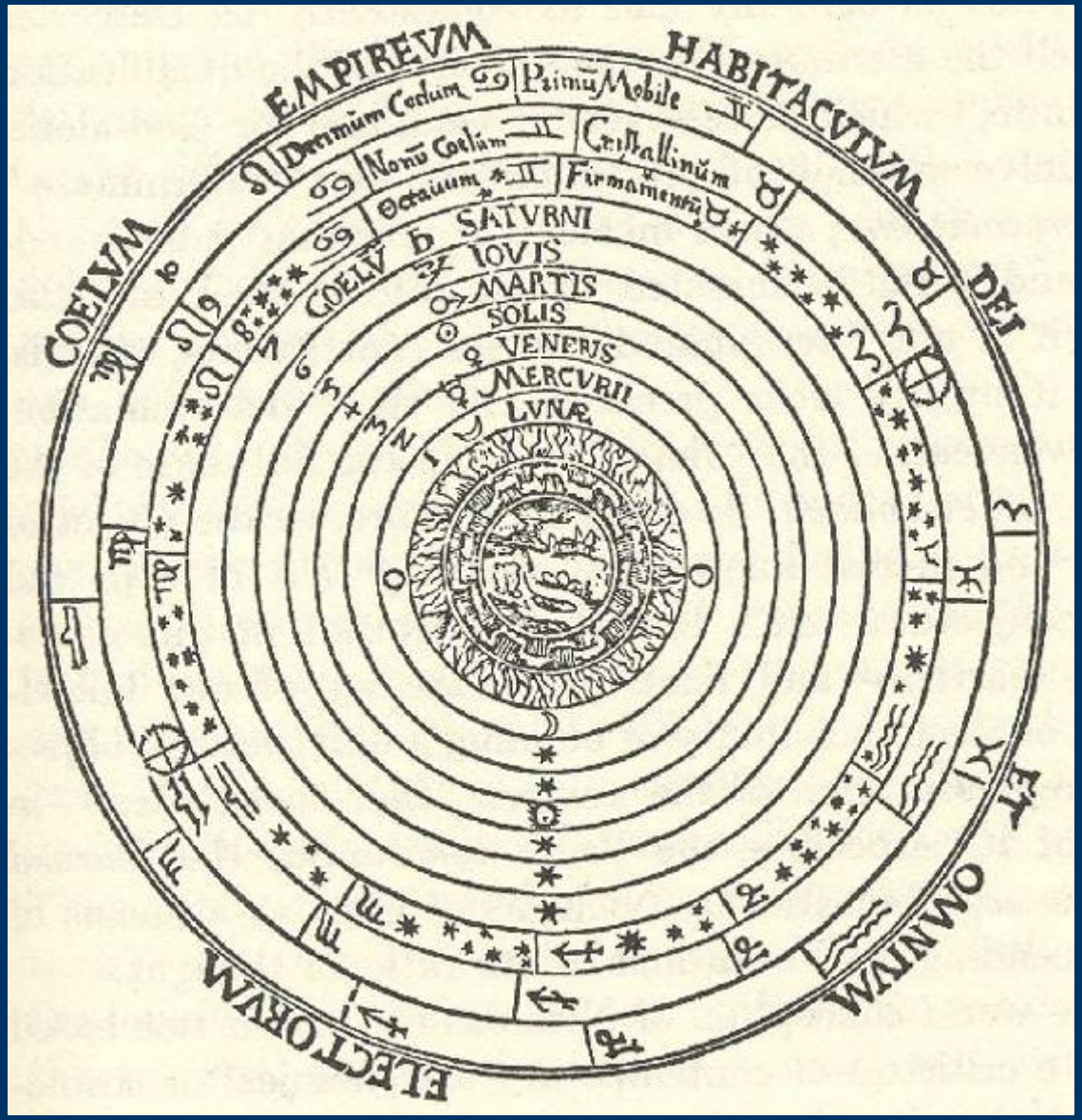
ماه روی کره سماوی با آهنگی خیلی کندتر از ستاره ها دوران می کند

غلط



ساختار زمین مرکزی

اعتقاد به زمین مرکزی تا قرن شانزده ادامه داشت

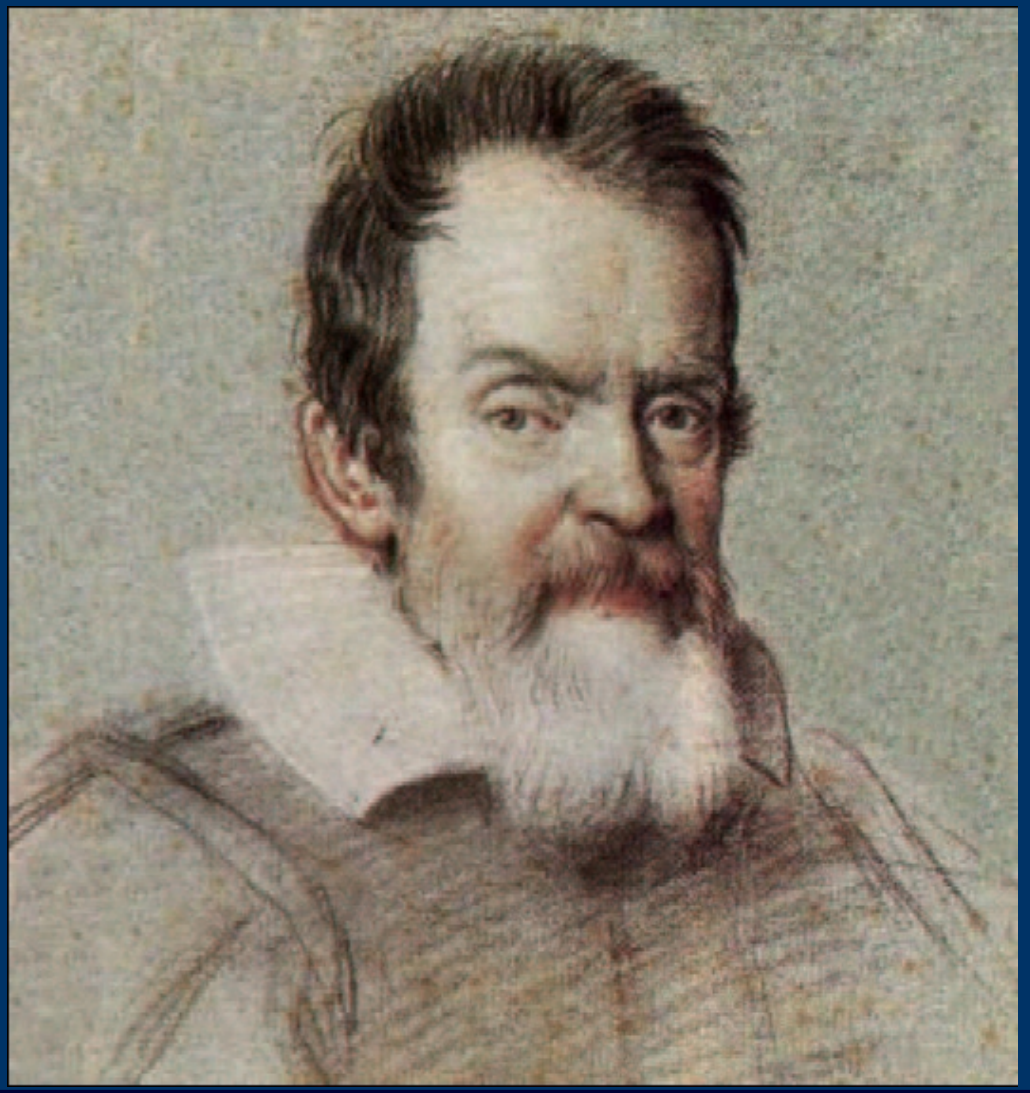


Cosmographia, first published 1524

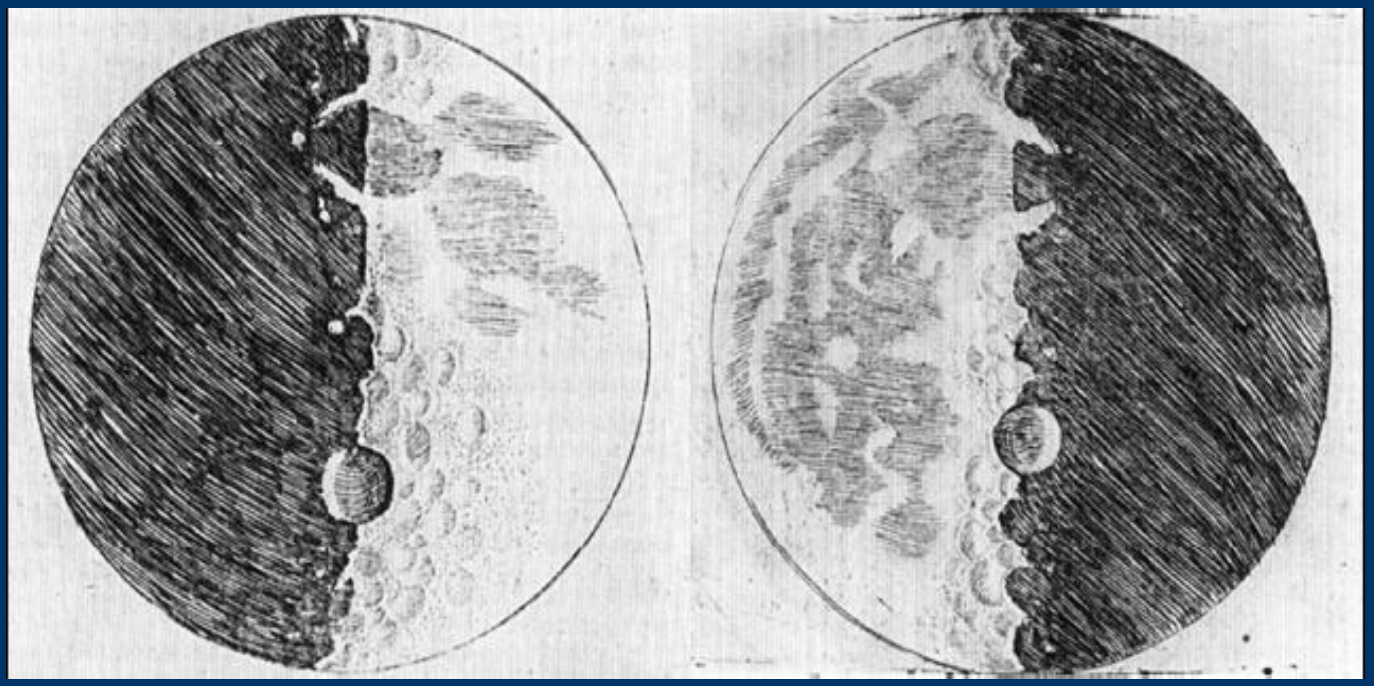
گالیله

Galileo Galilei (1564-1642): Italian

Galileo was among the first to observe the sky with a telescope (1609).



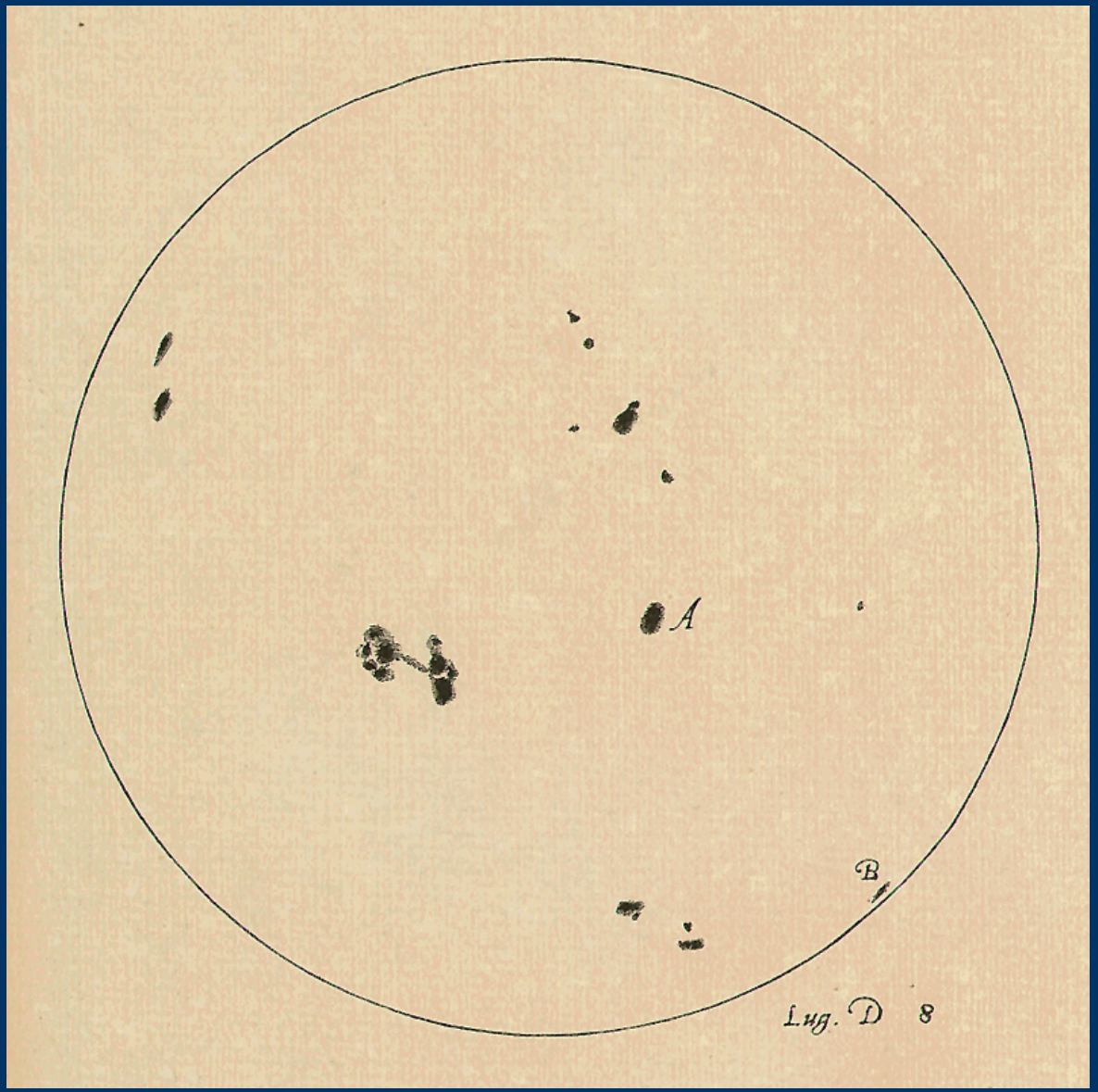
رصد کوههای ماه توسط گالیله



ماه یک کره کامل نیست

رصد لکه های خورشید

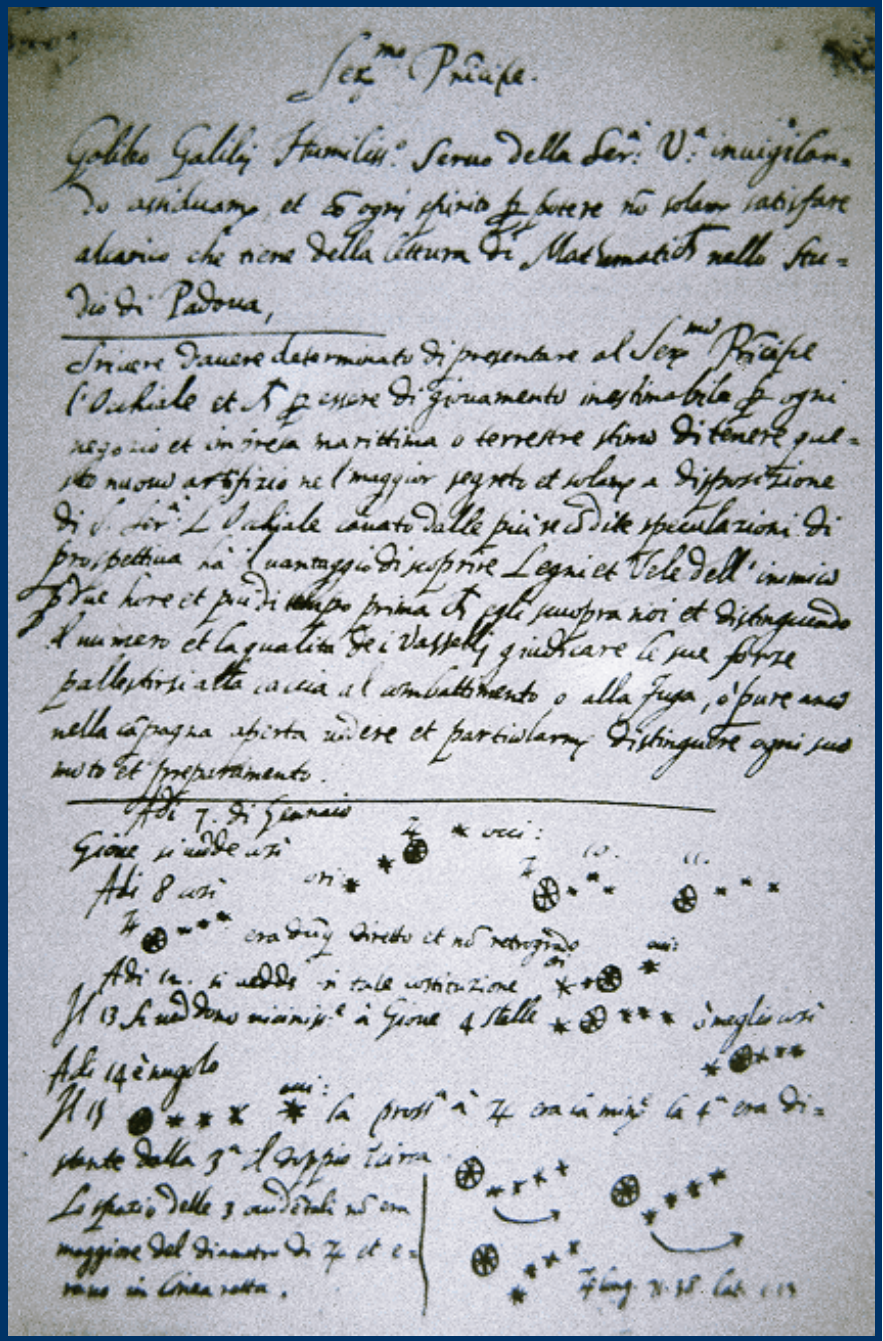
- The Sun is not perfect.
- Motion of sunspots indicates that the Sun is rotating.
- If the Sun rotates, why not the Earth?



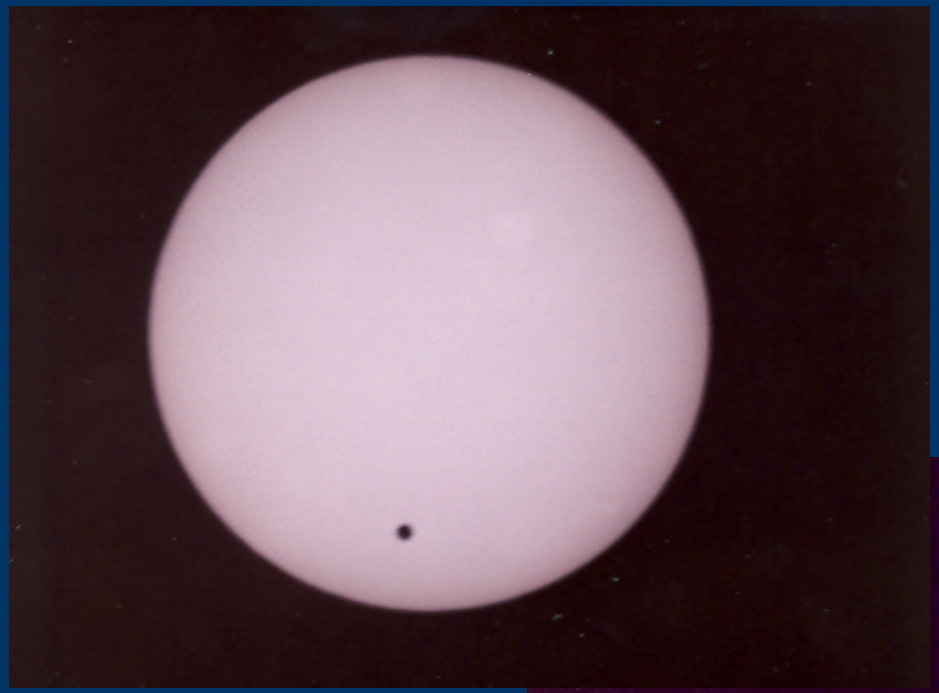
گالیله: مشتری قمر های خودش را دارد

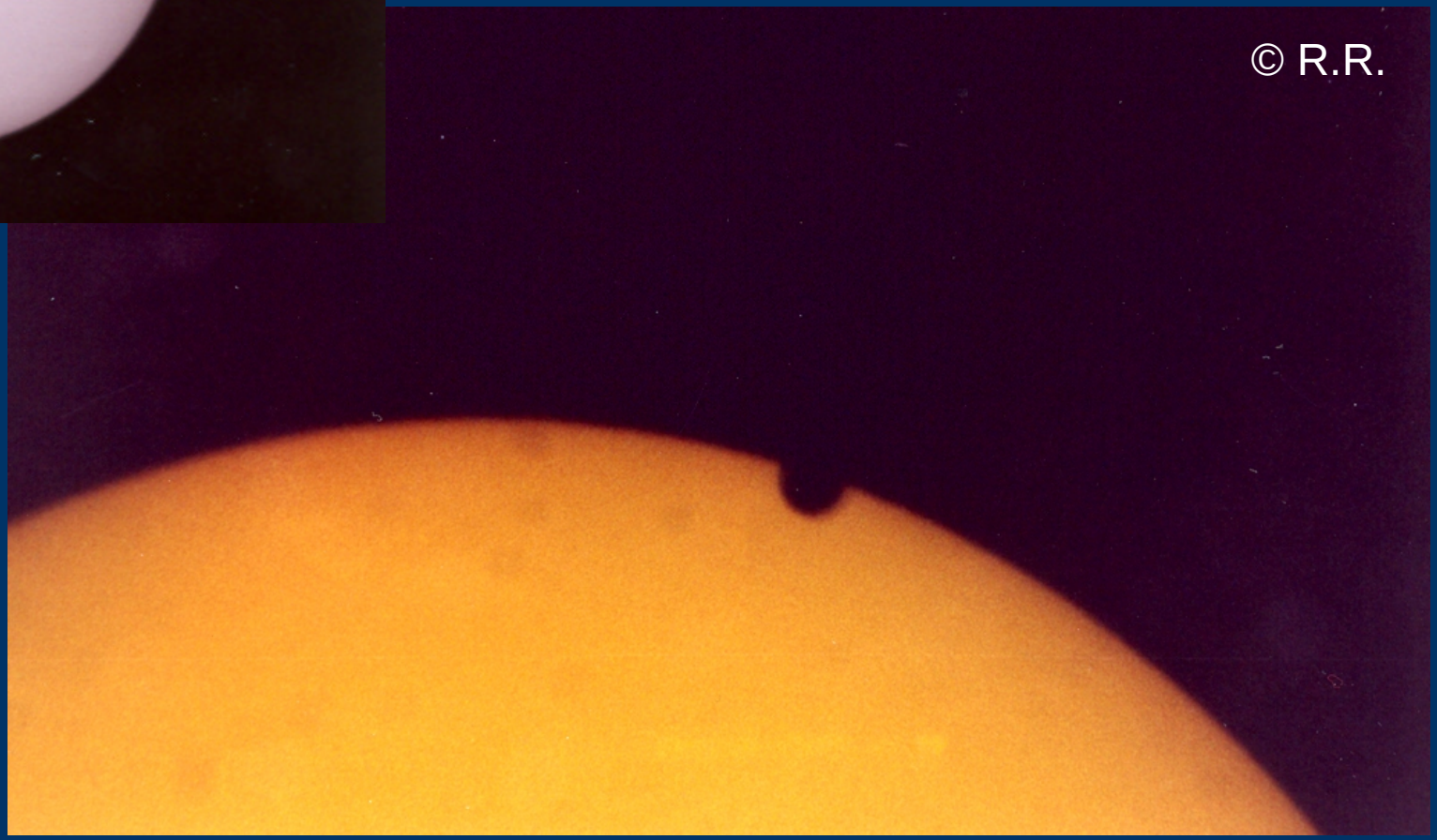
Four “Galilean” moons of Jupiter: Io, Europa, Ganymede, & Callisto.

The Earth is **NOT** the center of all orbits in the universe.



گذر زهره

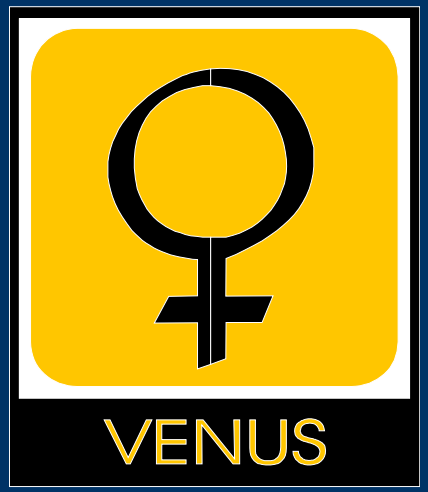




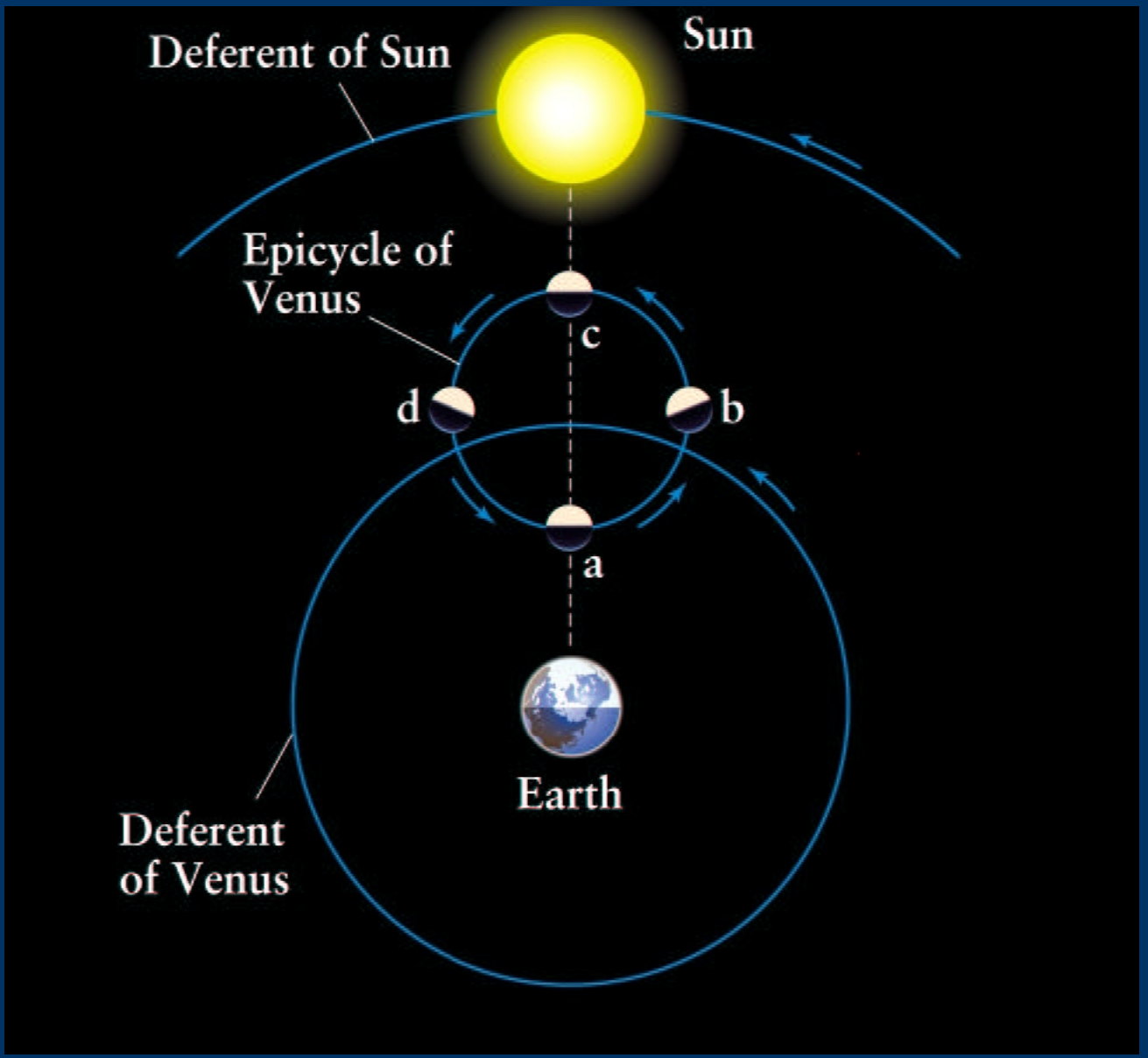
اهله زهره

زهره در تمام فاز ها دیده می شود.
وقتی کامل است اندازه کوچک تری دارد

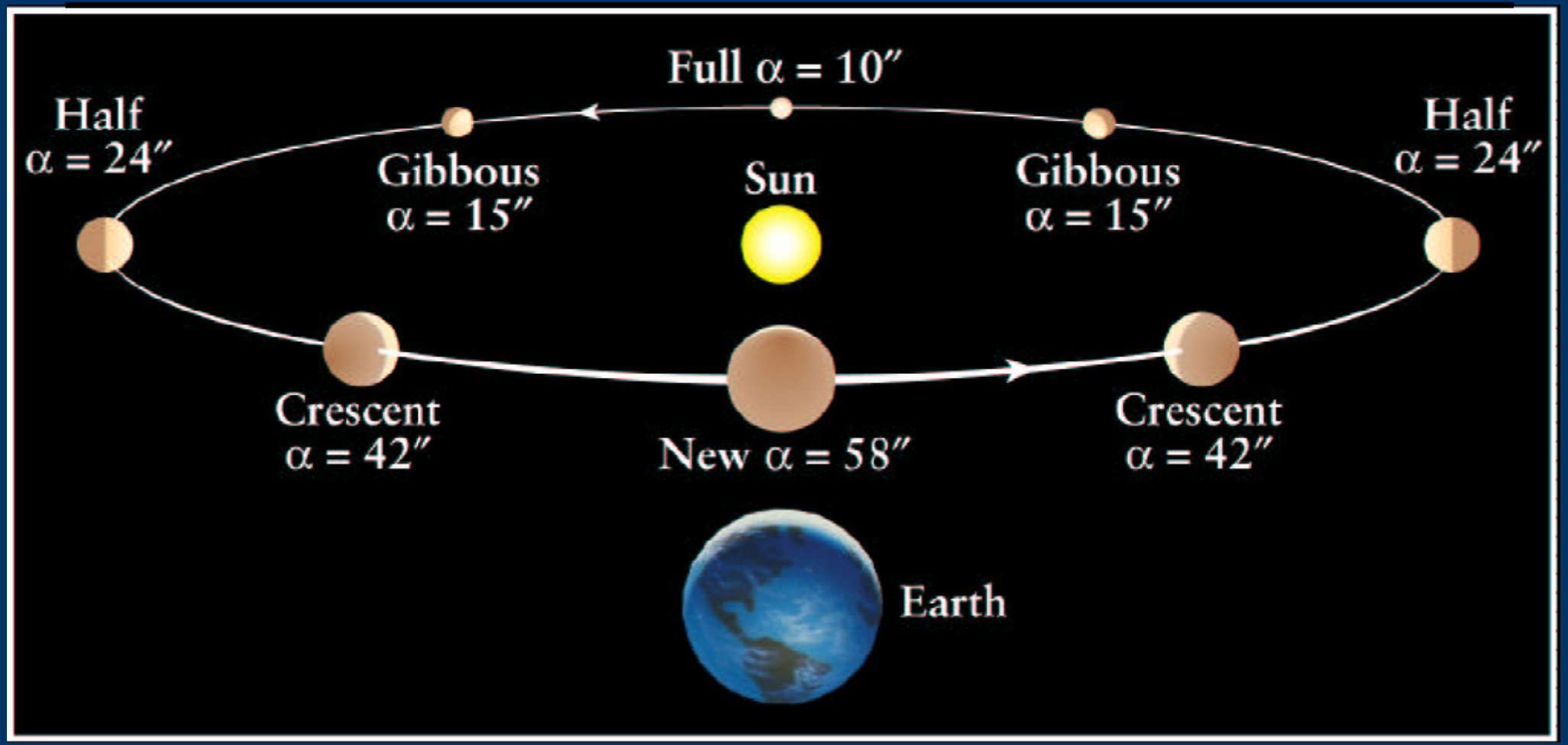
فاز زهره در مدل زمین مرکزی بطلمیوس



در این مدل قرص کامل سیاره دیده نمی شود

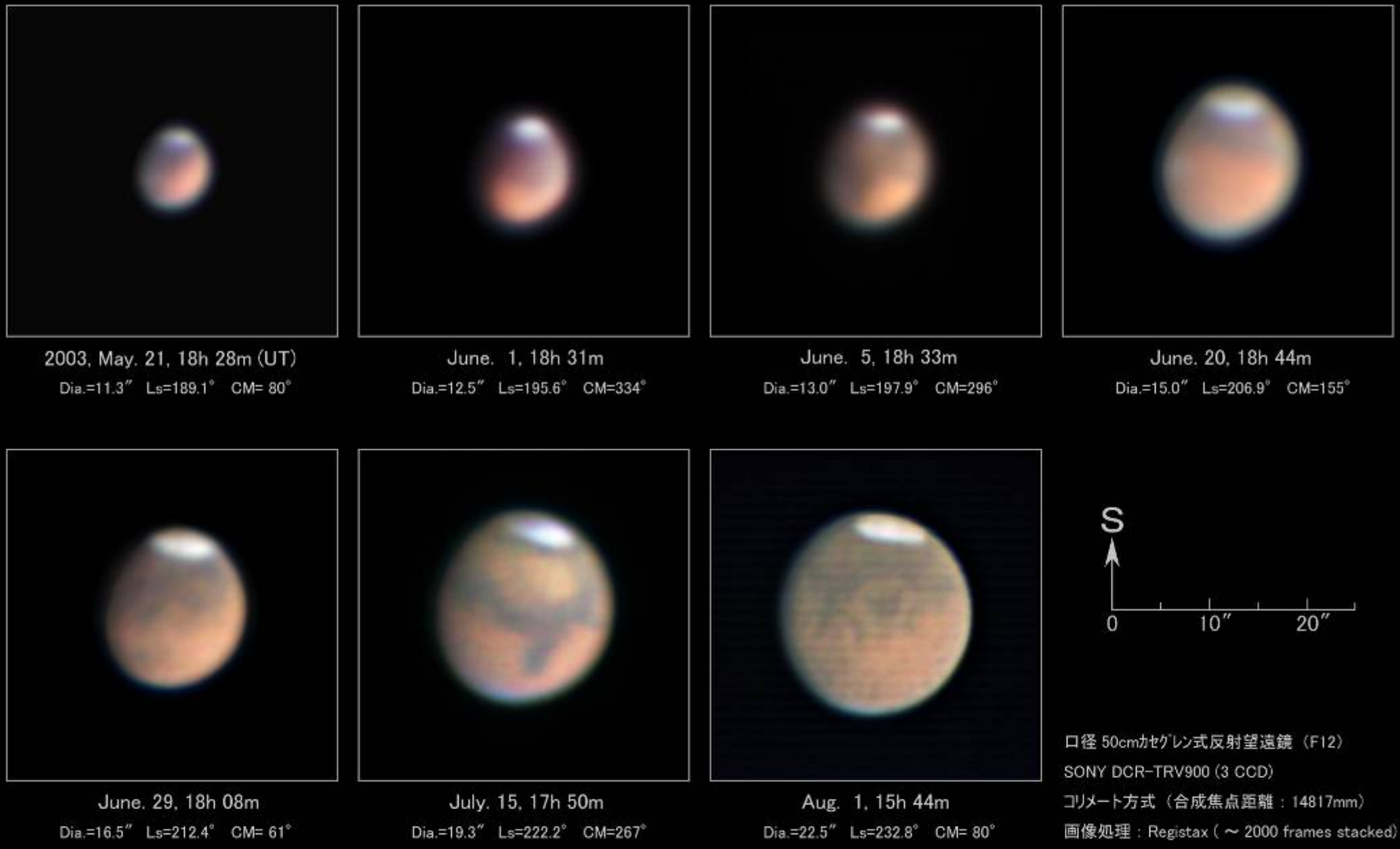


فاز زهره در مدل خورشید مرکزی



زهره در تمام فاز ها دیده می شود. وقتی کامل است اندازه کوچک تری دارد

آیا مریخ و مشتری هم اهله دارند؟
عطارد چطور؟


2003, May. 21, 18h 28m (UT)
Dia.=11.3″ Ls=189.1° CM= 80°
June. 1, 18h 31m
Dia.=12.5″ Ls=195.6° CM=334°
June. 5, 18h 33m
Dia.=13.0″ Ls=197.9° CM=296°
June. 20, 18h 44m
Dia.=15.0″ Ls=206.9° CM=155°
June. 29, 18h 08m
Dia.=16.5″ Ls=212.4° CM= 61°
July. 15, 17h 50m
Dia.=19.3″ Ls=222.2° CM=267°
Aug. 1, 15h 44m
Dia.=22.5″ Ls=232.8° CM= 80°
S
0
10″
20″
口径 50cmカセグレン式反射望遠鏡 (F12)
SONY DCR-TRV900 (3 CCD)
コリメート方式 (合成焦点距離 : 14817mm)
画像処理 : Registax (～ 2000 frames stacked)
H. Fukushima and K. Takasaki
国立天文台 天文情報公開センター (NAOJ)

آیا این تصویر واقعی است؟