

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ.
ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ
КООРДИНАТ.

РОЛЬ КРИВИЗНЫ ЗЕМЛИ В ПОВСЕДНЕВНОЙ
ЖИЗНИ И ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ИЗМЕРЕНИЯ

Лекция по дисциплине «Геодезия»

Схема лекции

- 1) Основные понятия астрономии. Системы координат на небесной сфере.
- 2) Исторические трактовки движения небесных тел и его современное объяснение.
- 3) Роль географических координат в повседневной жизни
- 4) Роль кривизны Земли в повседневной жизни и её влияние на измерения
- 5) Влияние экспозиции склонов

Системы координат в астрономии

- Эклиптическая система координат (эклиптические широта и долгота), применялась в прошлом, применяется в астрономии для расчета орбиты Луны и в астрологии
- Первая экваториальная система координат (склонение (реже полярное расстояние) и часовой угол)
- Вторая экваториальная система координат (склонение (реже полярное расстояние) и прямое восхождение), применяется в астрометрии
- Горизонтальная система координат (высота над математическим горизонтом или зенитное расстояние и азимут)

Эклиптические координаты

- *Эклиптической широтой* β светила называется дуга круга широты от эклиптики до светила, или угол между плоскостью эклиптики и направлением на светило. Эклиптические широты отсчитываются в пределах от 0° до $+90^\circ$ к северному полюсу эклиптики и от 0° до -90° к южному полюсу эклиптики.
- *Эклиптической долготой* λ светила называется дуга эклиптики от точки весеннего равноденствия до круга широты светила, или угол между направлением на точку весеннего равноденствия и плоскостью круга широты светила. Эклиптические долготы отсчитываются в сторону видимого годового движения Солнца по эклиптике, то есть к востоку от точки весеннего равноденствия в пределах от 0° до 360° .

Первая экваториальная система координат

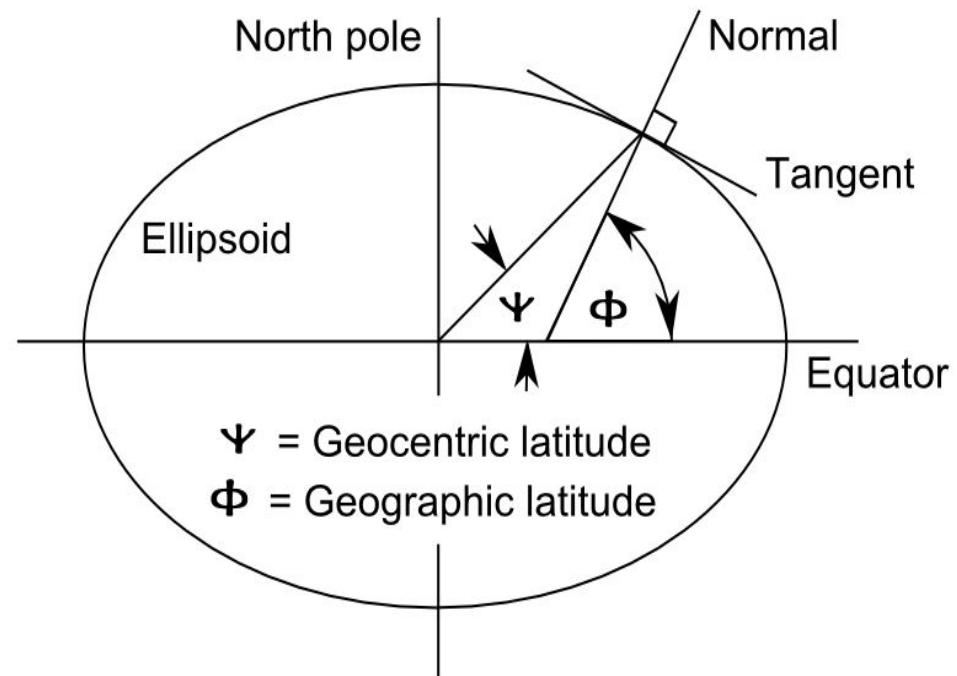
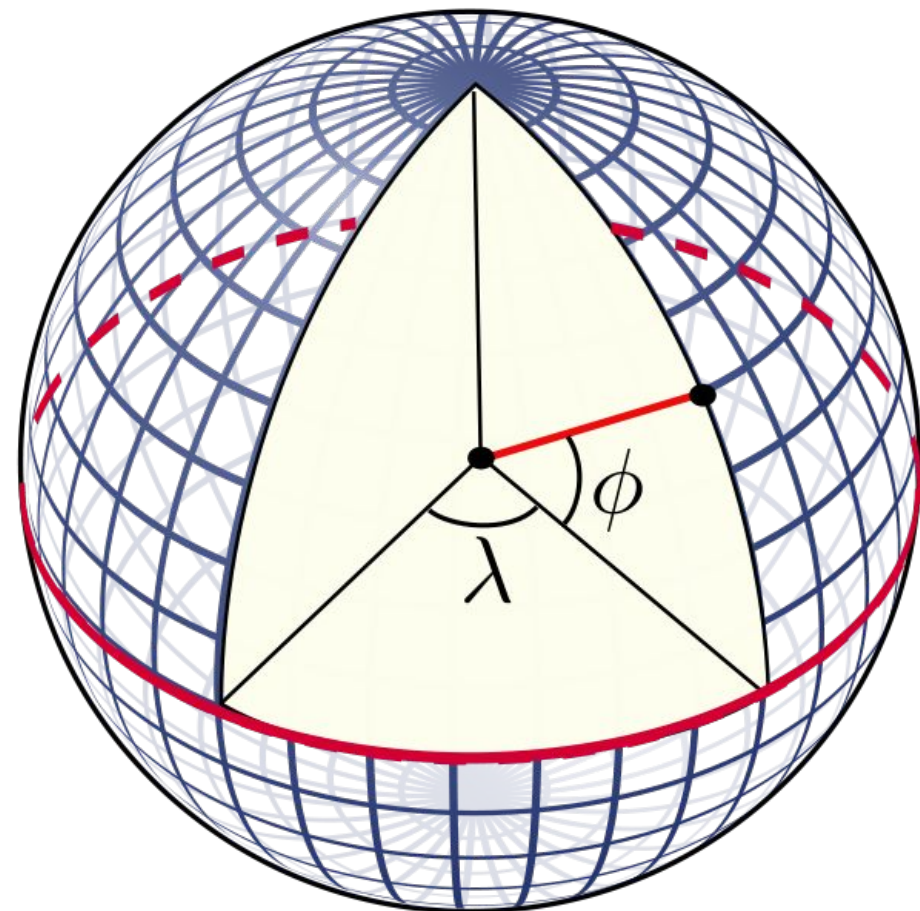
- *Склонением δ* светила называется дуга круга склонения от небесного экватора до светила, или угол между плоскостью небесного экватора и направлением на светило. Склонения отсчитываются в пределах от 0° до $+90^\circ$ к северному полюсу мира и от 0° до -90° к южному полюсу мира.
- *Полярным расстоянием p* светила называется дуга круга склонения от северного полюса мира до светила, или угол между осью мира и направлением на светило. Полярные расстояния отсчитываются в пределах от 0° до 180° от северного полюса мира к южному.
- *Часовым углом t* светила называется дуга небесного экватора от верхней точки небесного экватора (то есть точки пересечения небесного экватора с небесным меридианом) до круга склонения светила, или двугранный угол между плоскостями небесного меридиана и круга склонения светила. Часовые углы отсчитываются в сторону суточного вращения небесной сферы, то есть к западу от верхней точки небесного экватора, в пределах от 0° до 360° (в градусной мере) или от 0^h до 24^h (в часовой мере). Иногда часовые углы отсчитываются от 0° до $+180^\circ$ (от 0^h до $+12^h$) к западу и от 0° до -180° (от 0^h до -12^h) к востоку.

Вторая экваториальная система координат

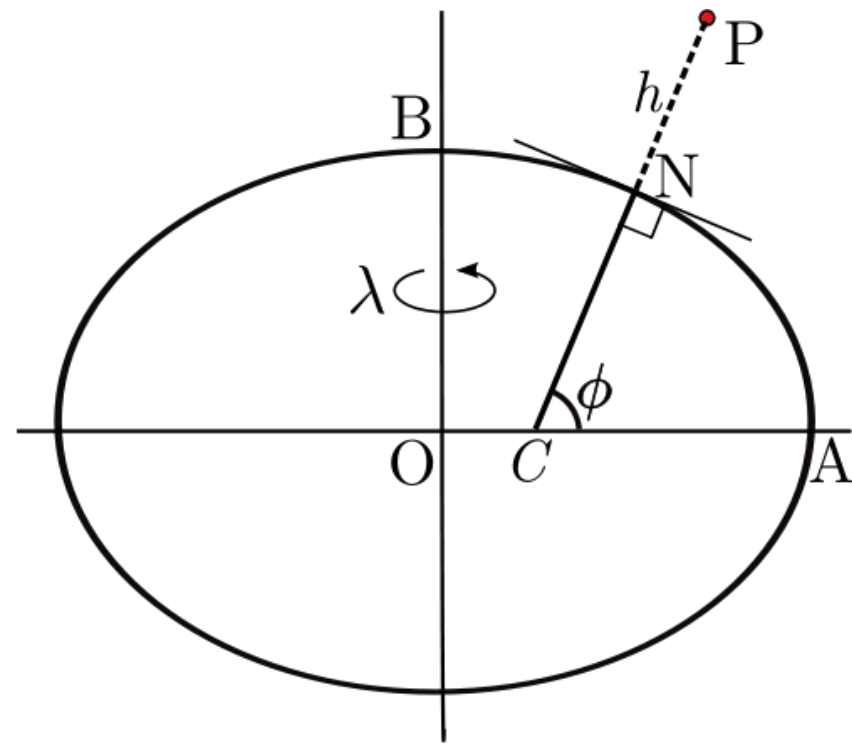
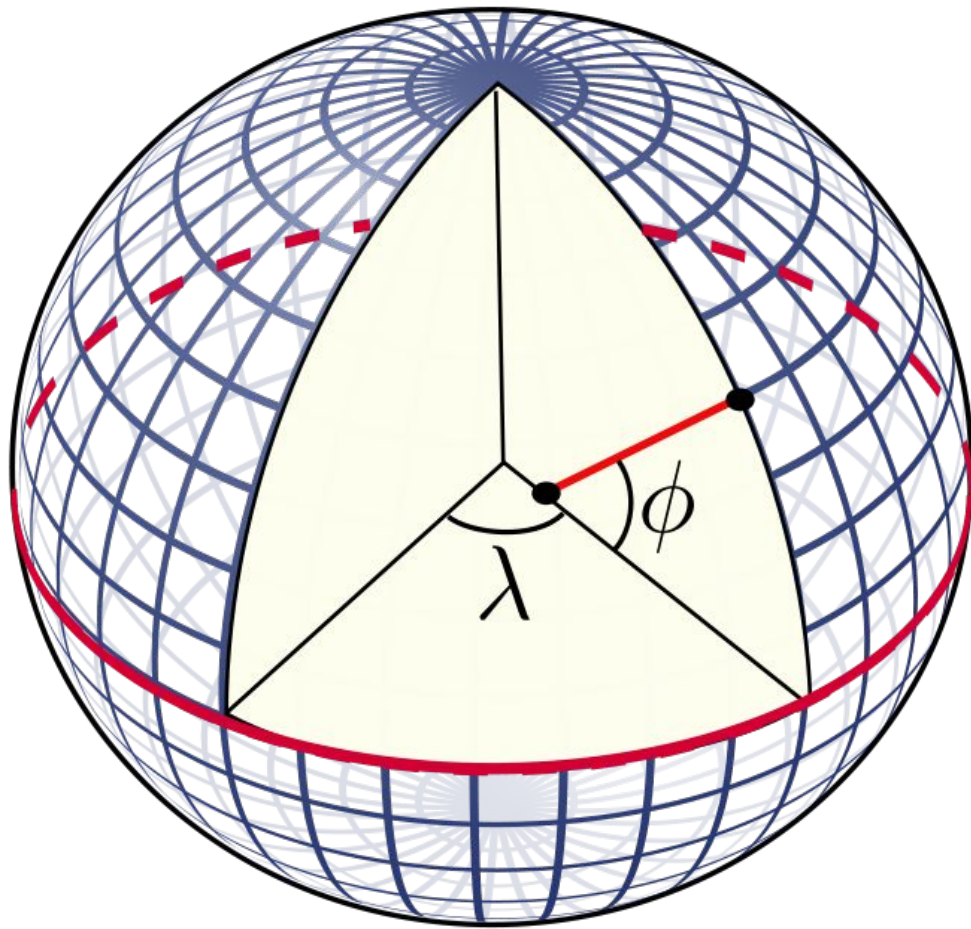
- **Прямым восхождением** (RA , α) светила называется дуга небесного экватора от точки весеннего равноденствия до круга склонения светила, или угол между направлением на точку весеннего равноденствия и плоскостью круга склонения светила. Прямые восхождения отсчитываются в сторону, противоположную суточному вращению небесной сферы, в пределах от 0° до 360° (в градусной мере) или от $0h$ до $24h$ (в часовой мере).
- RA — астрономический эквивалент земной долготы. И RA и долгота измеряют угол восток-запад вдоль экватора; обе меры берут отсчёт от нулевого пункта на экваторе. Для долготы, нулевой пункт — нулевой меридиан; для RA нулевой отметкой является место на небе, где Солнце пересекает небесный экватор в весеннее равноденствие.
- **Склонение** (δ) в астрономии — одна из двух координат экваториальной системы координат. Равняется угловому расстоянию на небесной сфере от плоскости небесного экватора до светила и обычно выражается в градусах, минутах и секундах дуги. Склонение положительно к северу от небесного экватора и отрицательно к югу.

Геоцентрические координаты:

λ - долгота, ϕ -широта

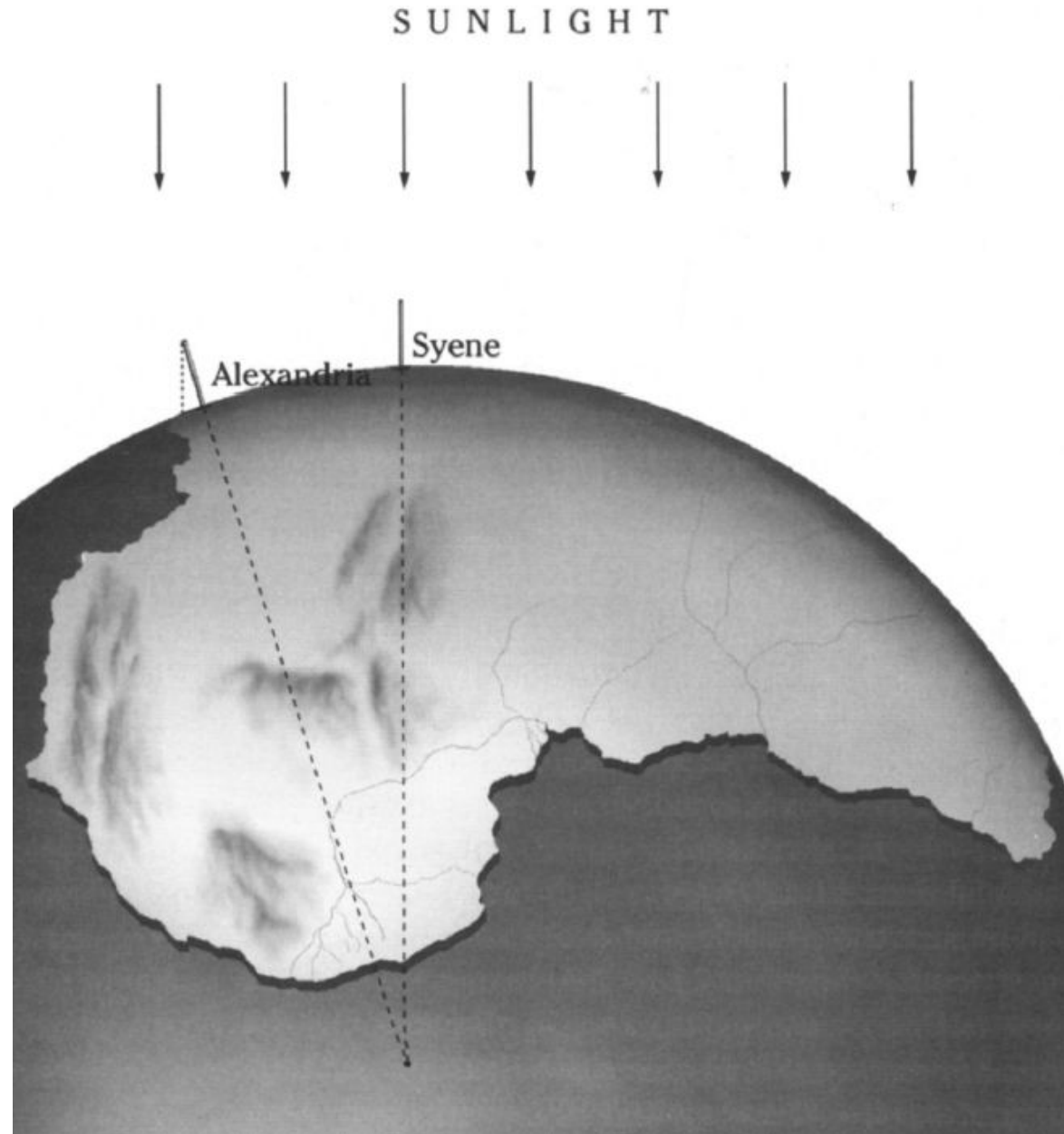


Геодезические координаты



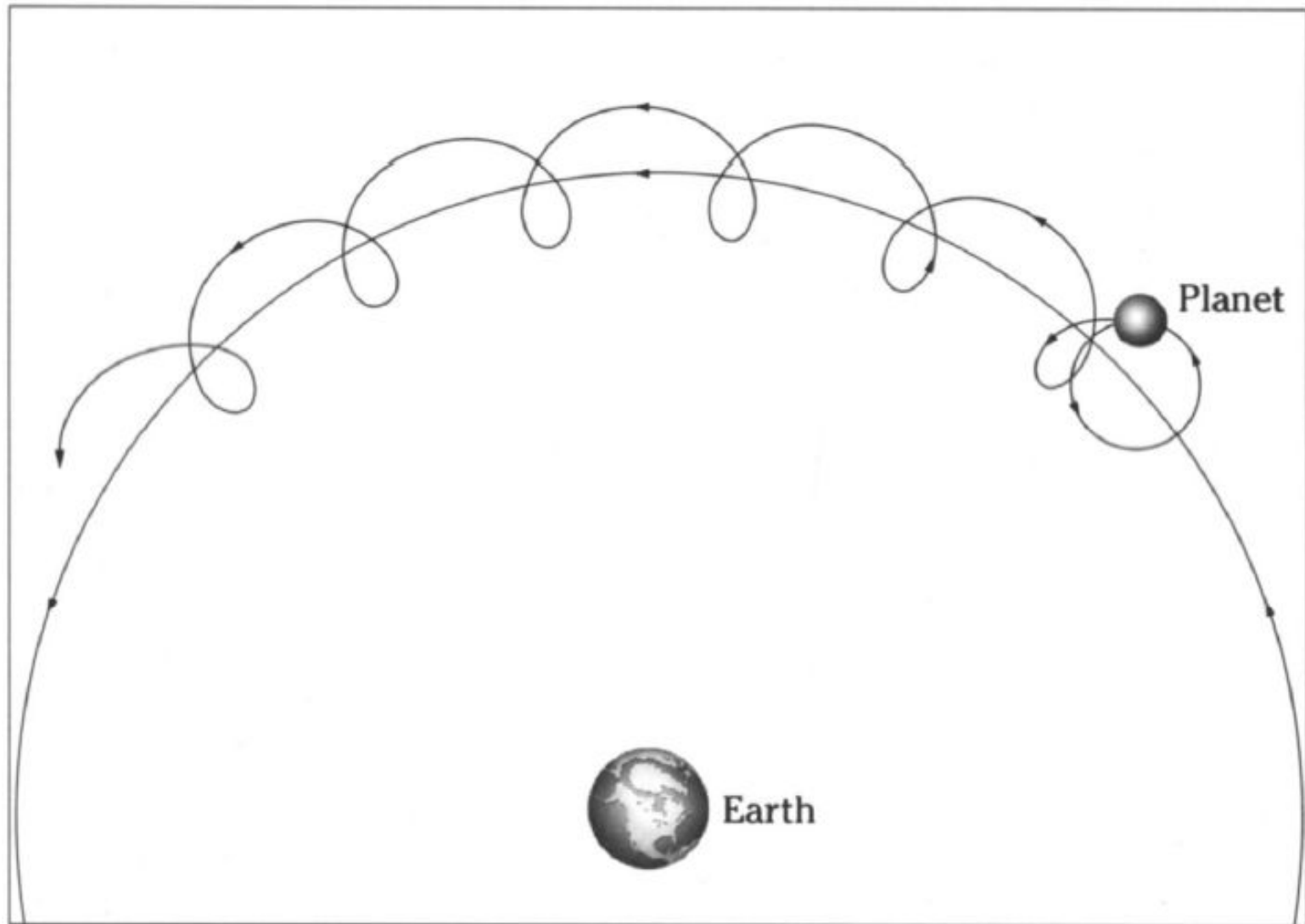
Угол падения солнечных лучей в Сиене и Александрии

из книги «Astronomy Through the
Ages» Роберта Уильсона (Robert
Wilson)

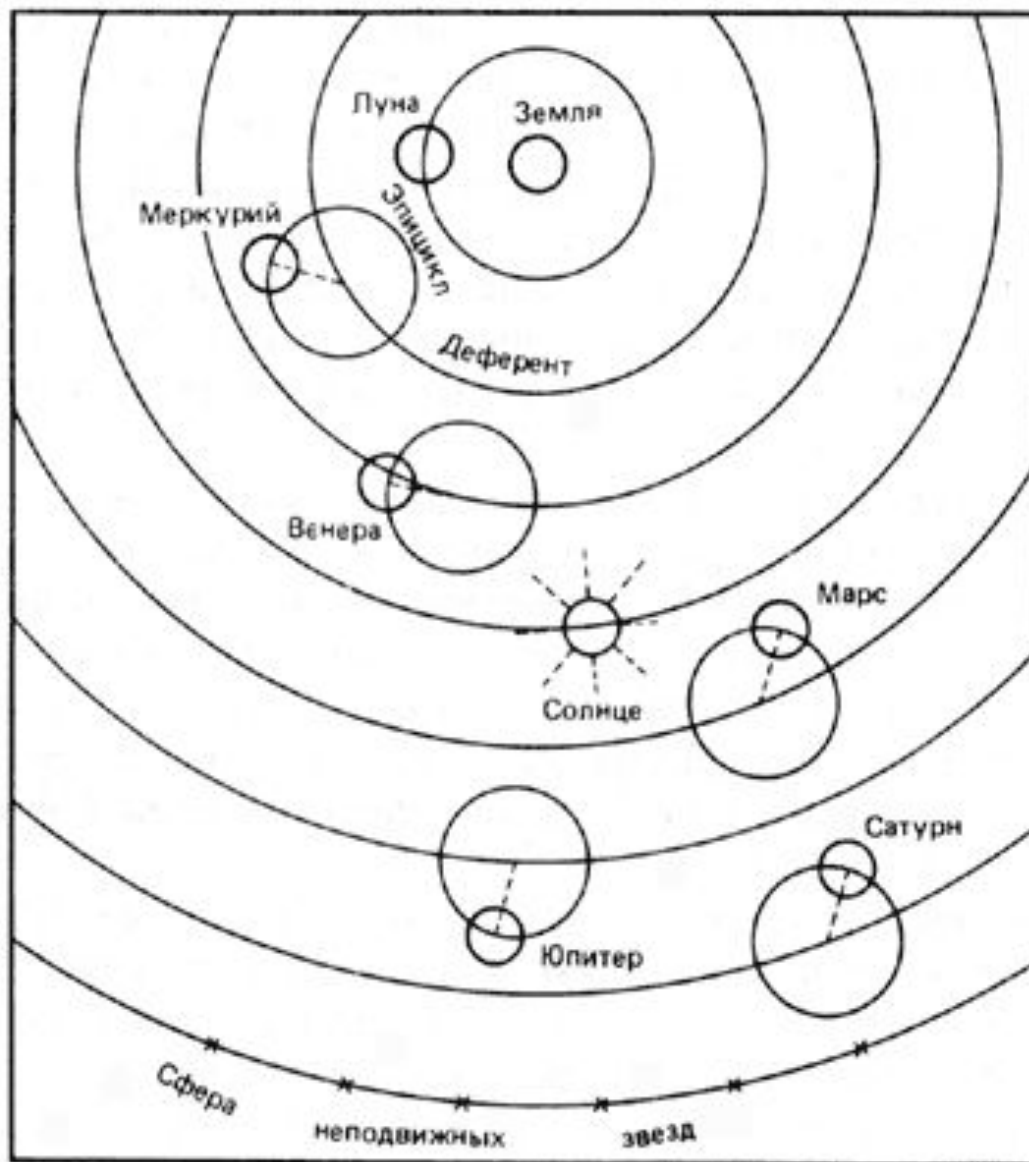


Общий вид эпициклов по Птолемею

из книги «Astronomy Through the Ages» Роберта Уильсона (Robert Wilson)



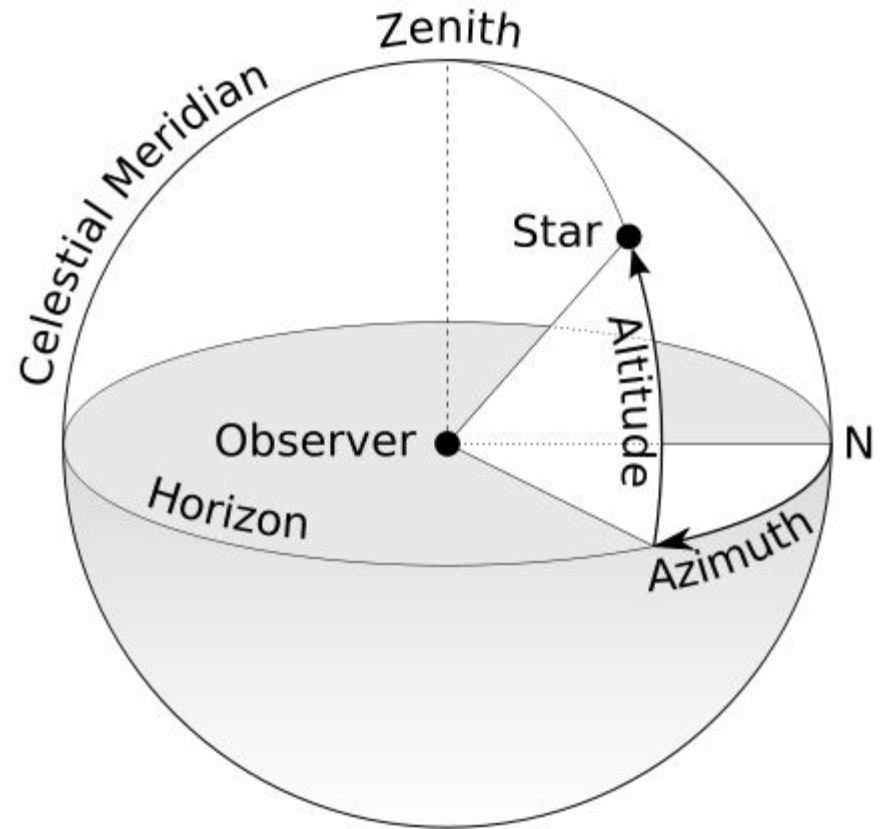
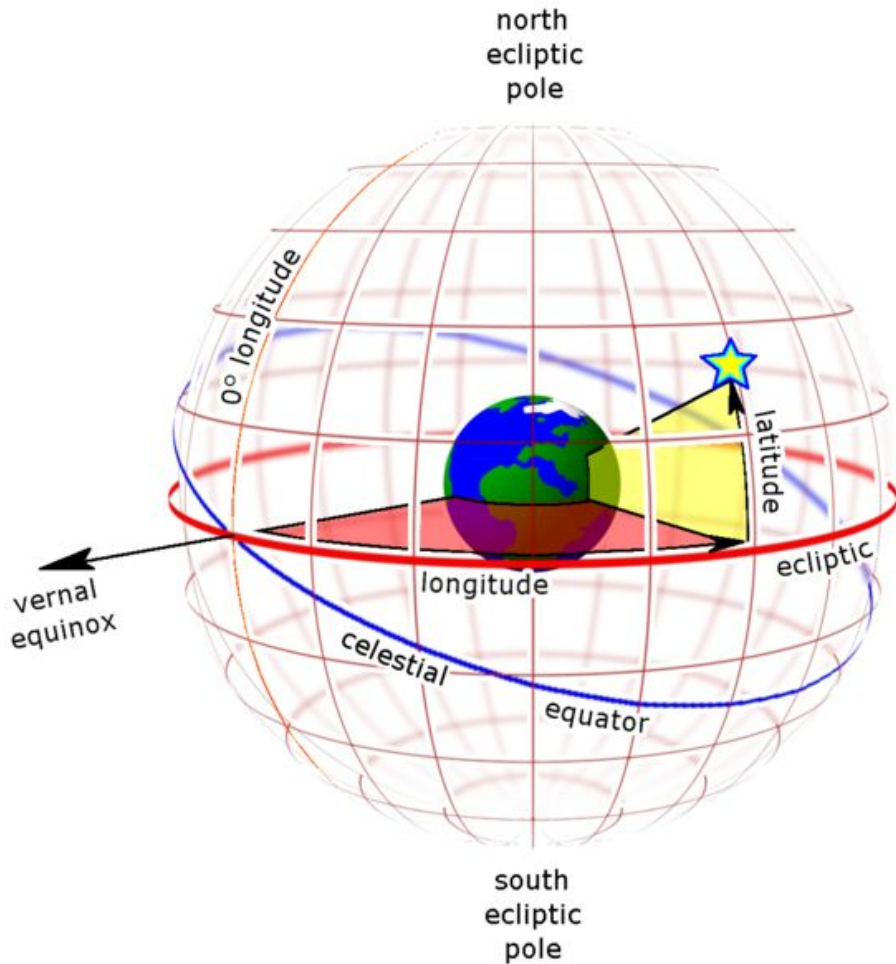
Эпициклы и деференты у Птолемея



Эклиптическая и горизонтальная системы

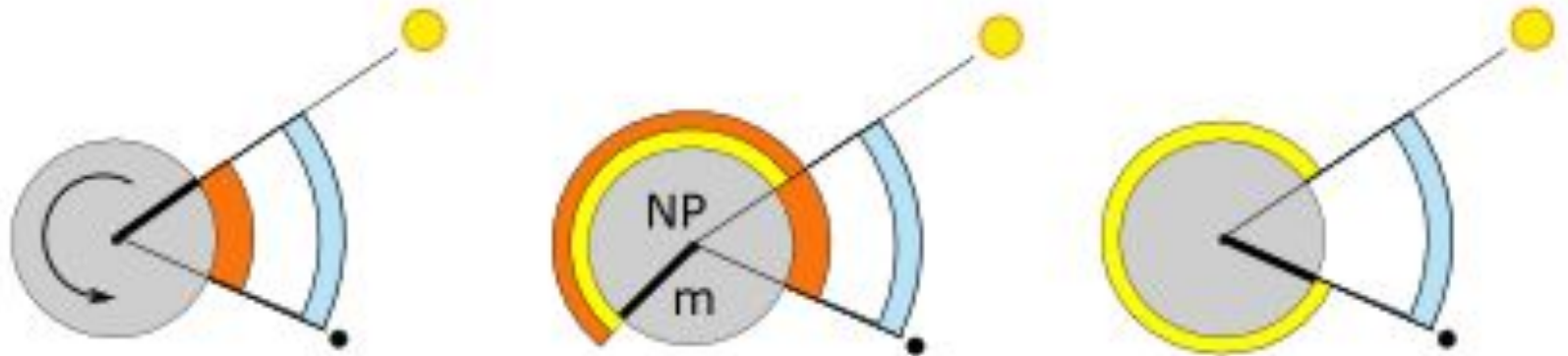
координат

<http://en.wikipedia.org>



Вторая экваториальная система координат

<http://en.wikipedia.org>

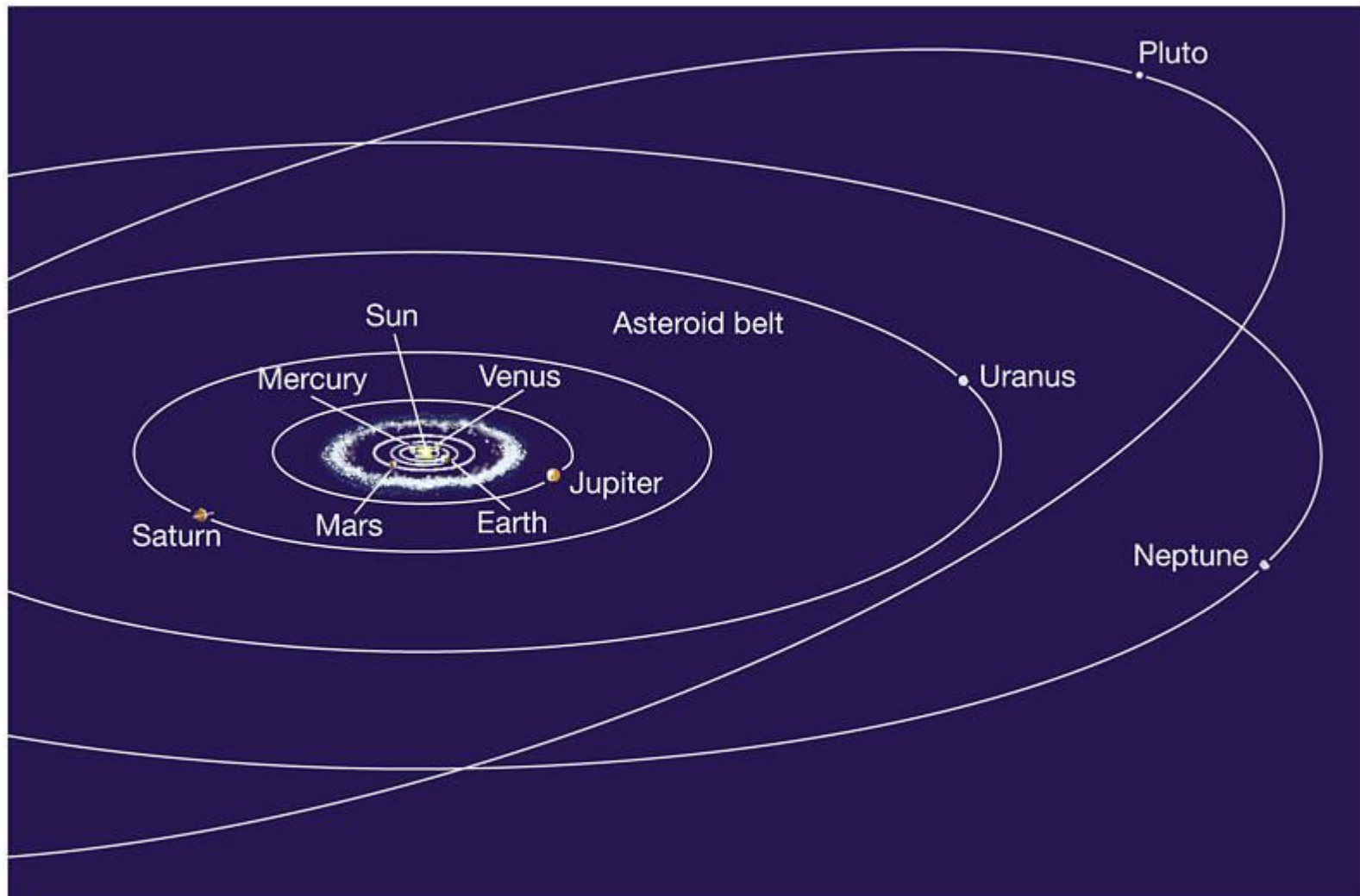


● A star ○ The Earth

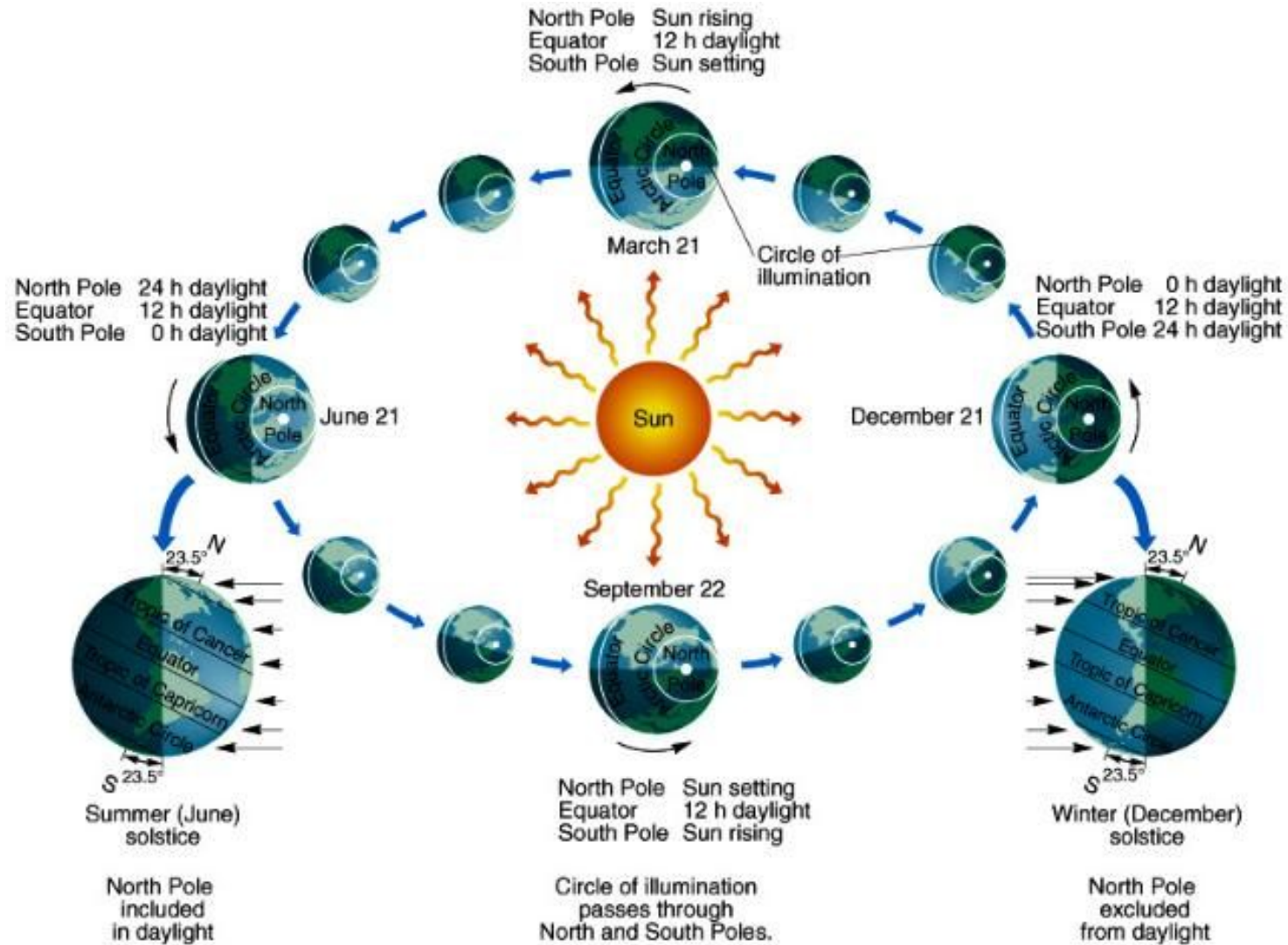
- The vernal equinox point
- m The observer's meridian
- NP The North Pole

- Hour angle (HA)
- Sidereal time (LST)
- Right ascension (RA)

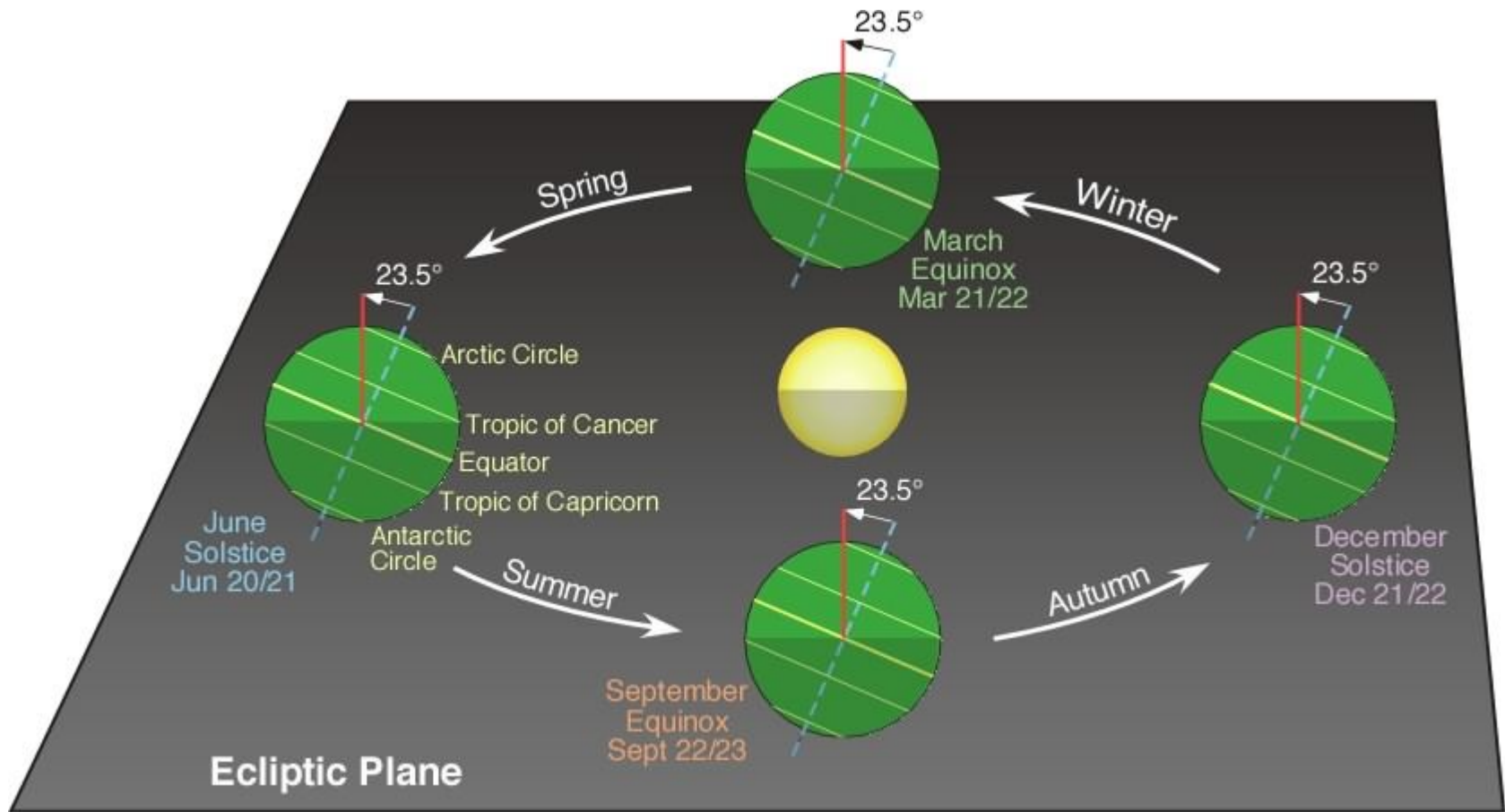
Планеты и плоскость эклиптики



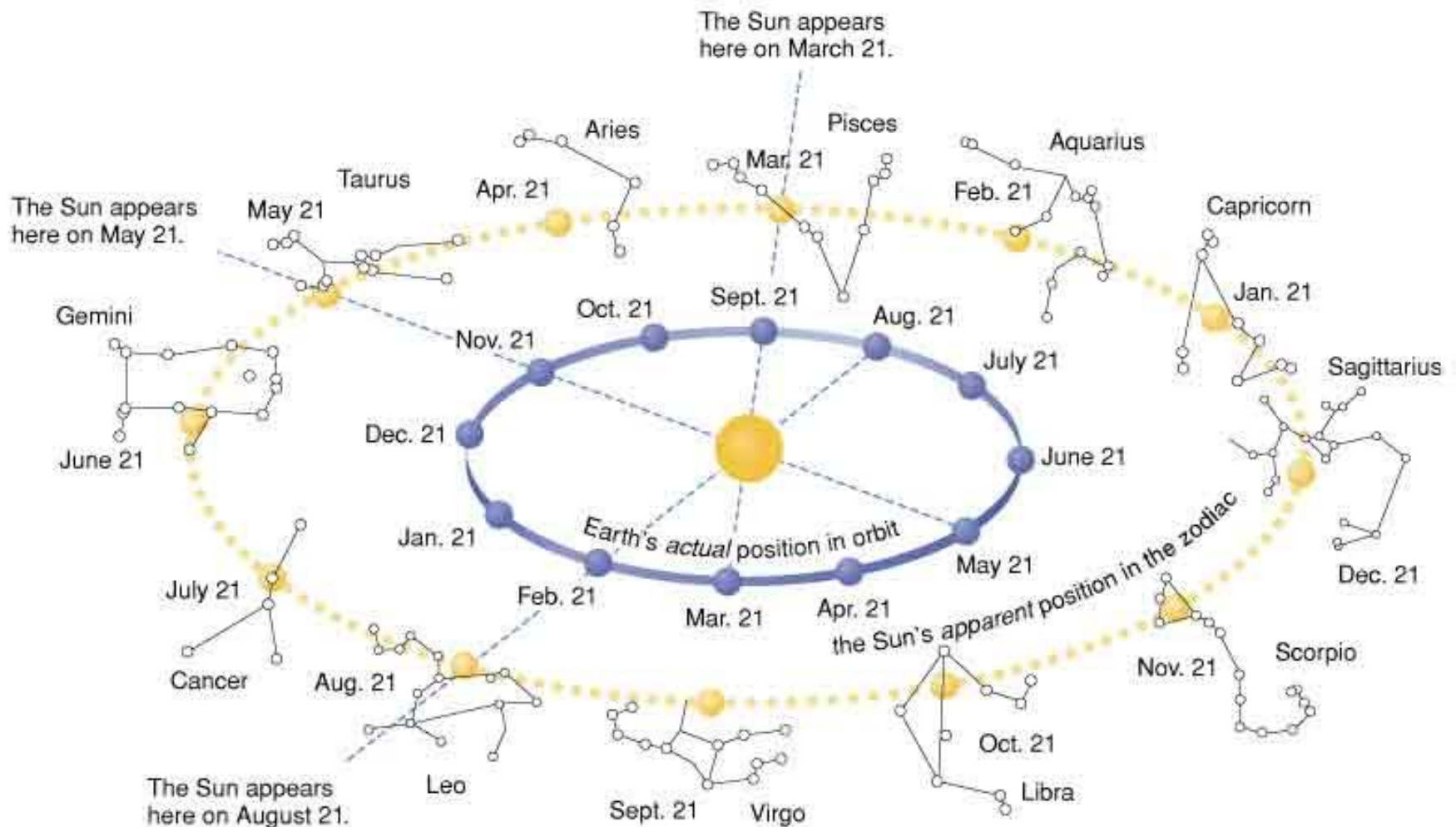
Годовое вращение Земли



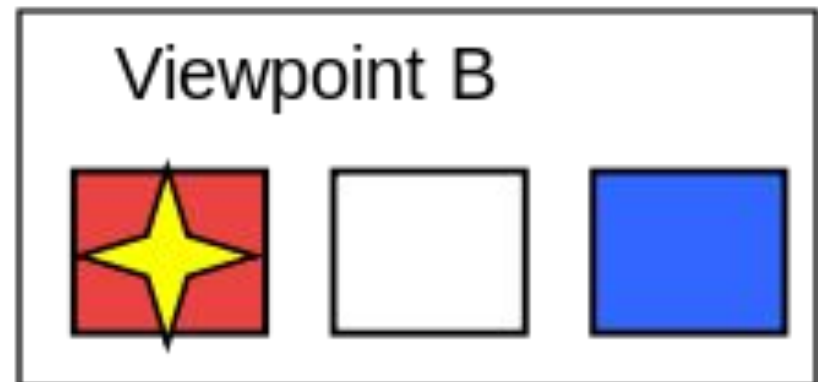
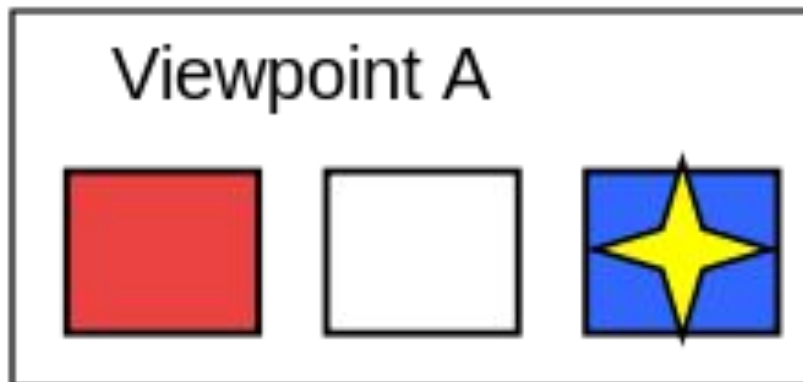
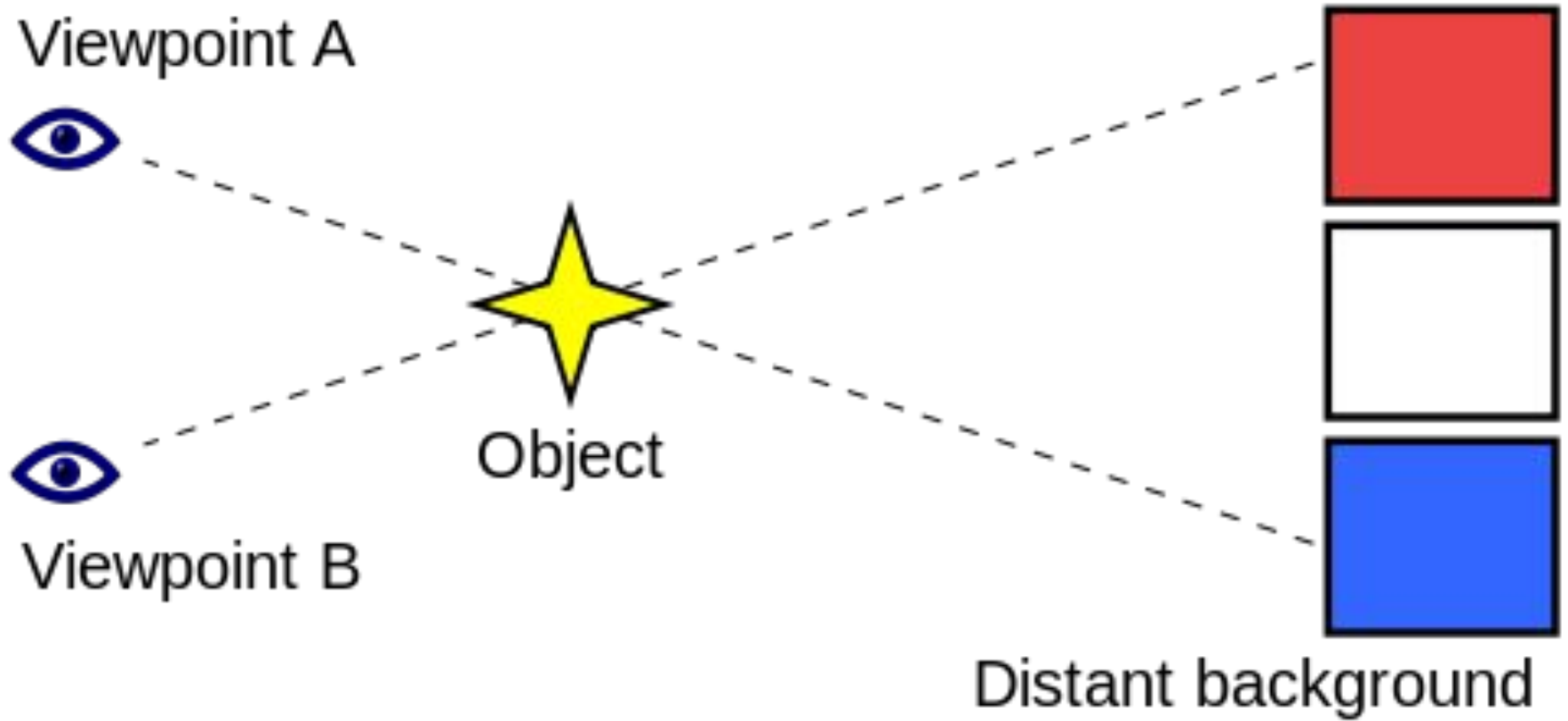
Годовое вращение Земли



Годовое вращение Земли

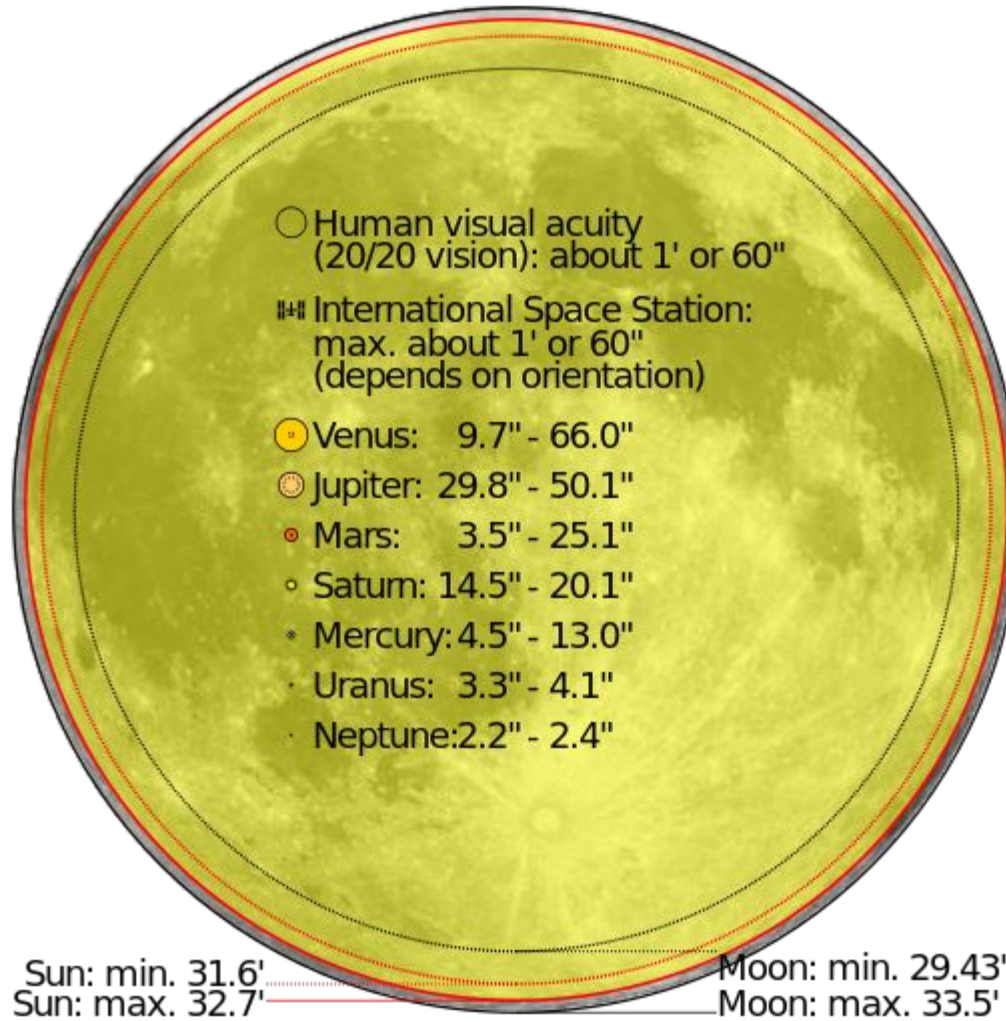


Схематическое определение параллакса

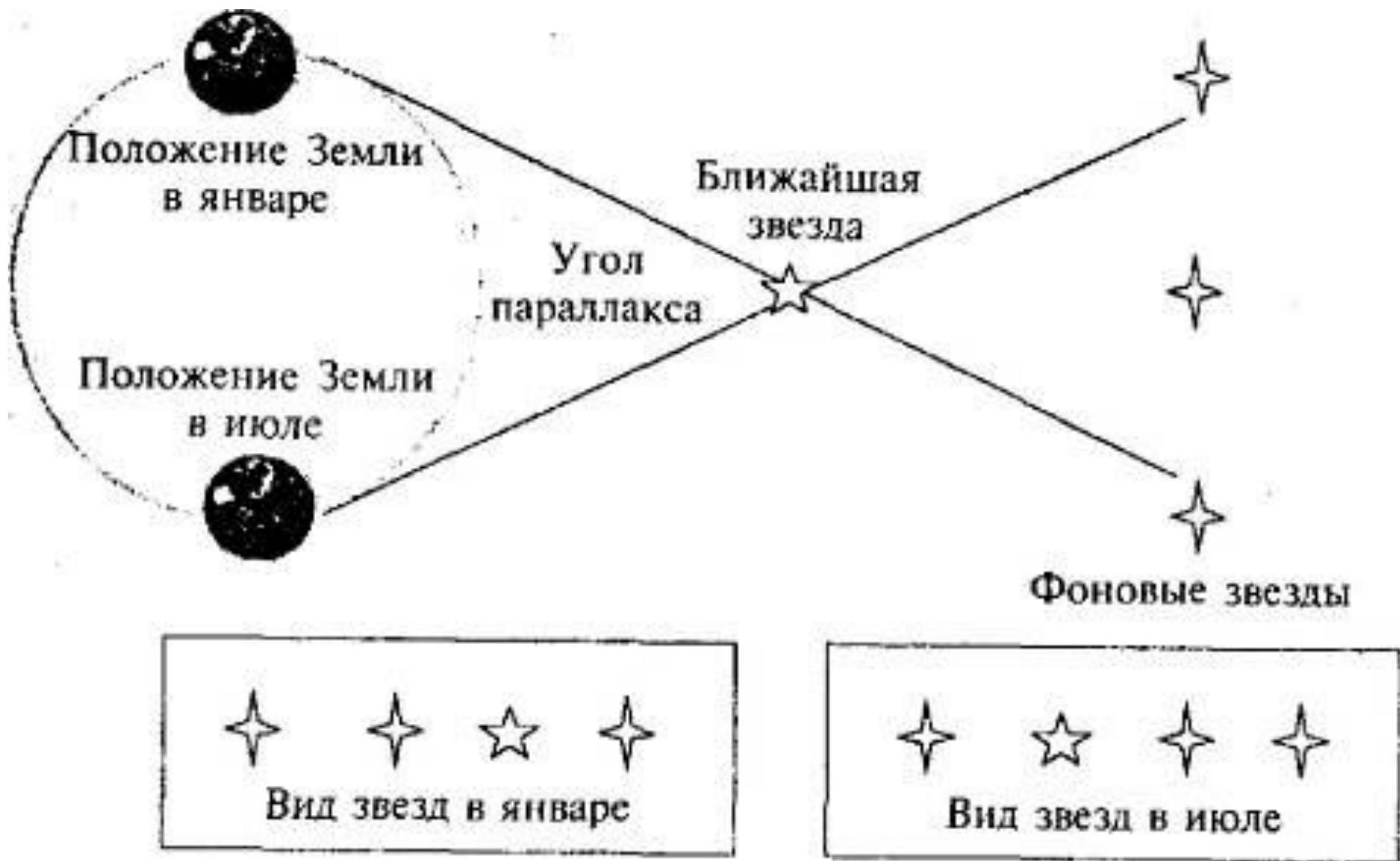


Угловые размеры небесных тел

wikipedia.org



Годовой параллакс



Продолжительность года на 1 января 2000

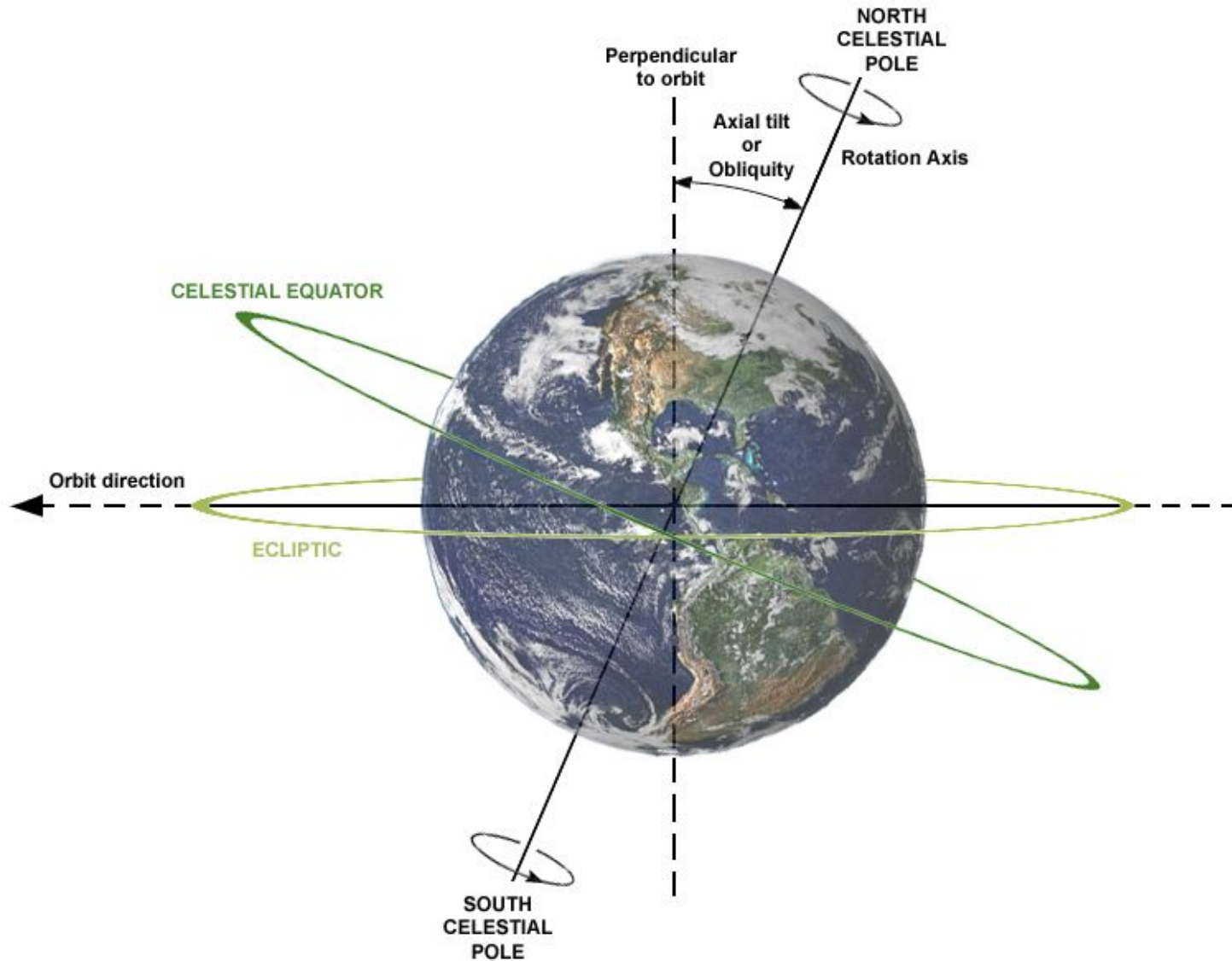
- Сидерический год 365.256363004 суток
- Тропический год 365,2421897 суток
- Разница составляет 20 минут 24,5128 секунды

Маятник Фуко (1851)

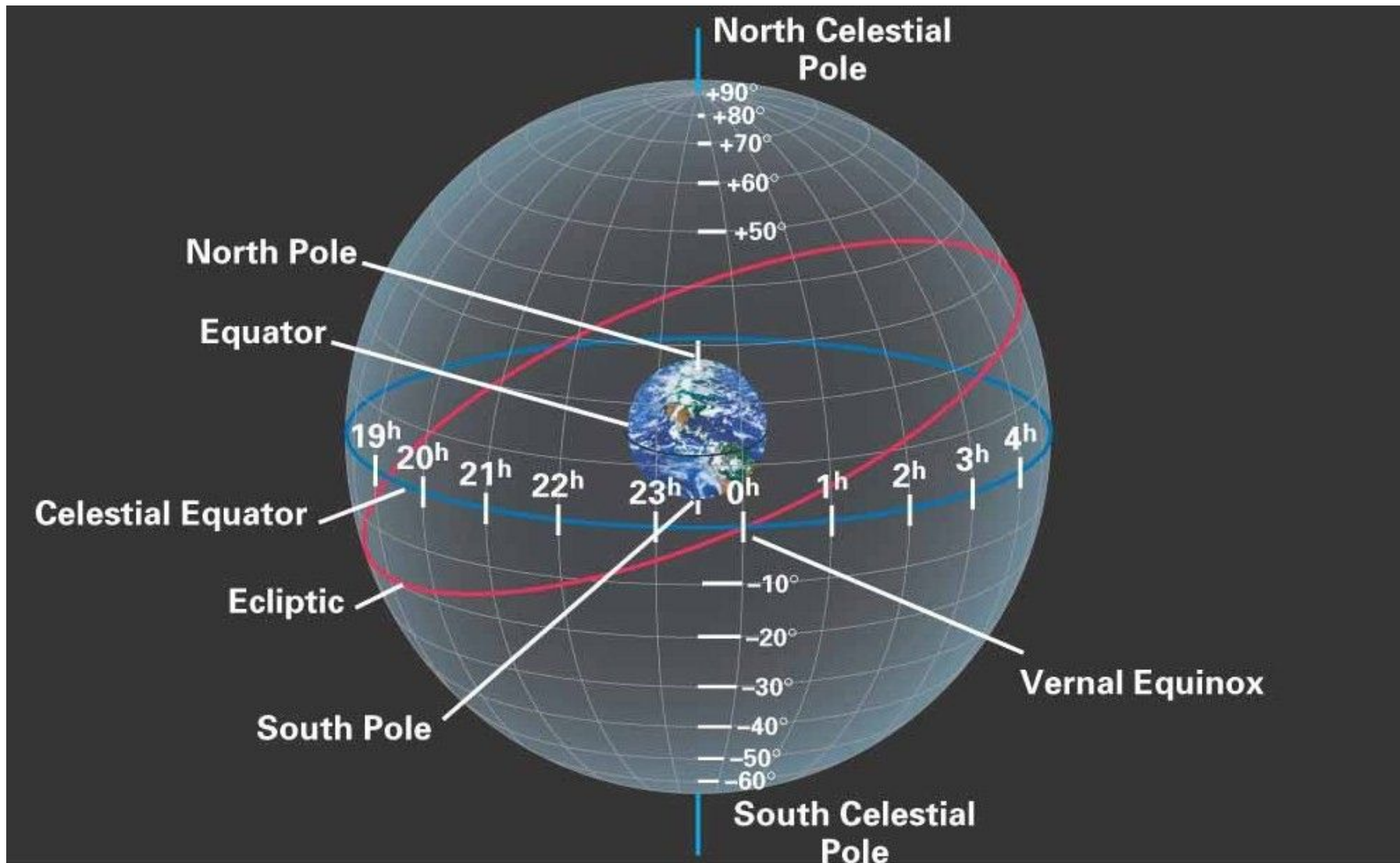


Небесный экватор и плоскость эклиптики

wikipedia.org

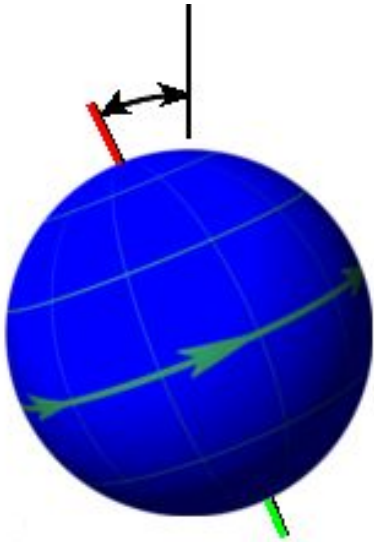


Соотношение Земли и небесной сферы

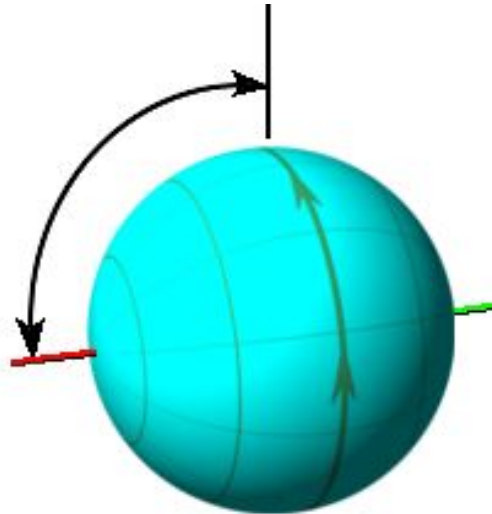


Сравнение наклонов оси вращения разных планет

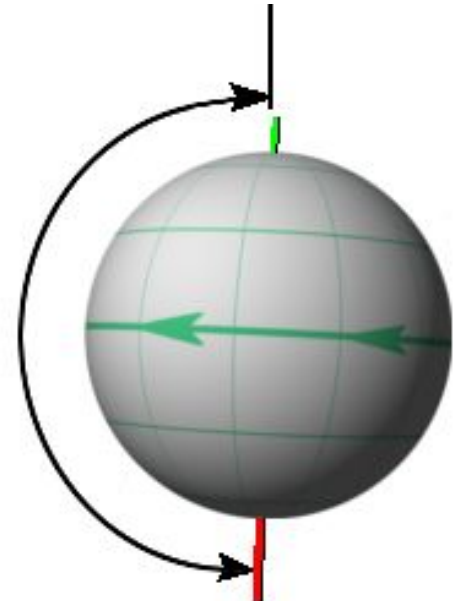
<http://en.wikipedia.org>



Earth: 23°



Uranus: 97°

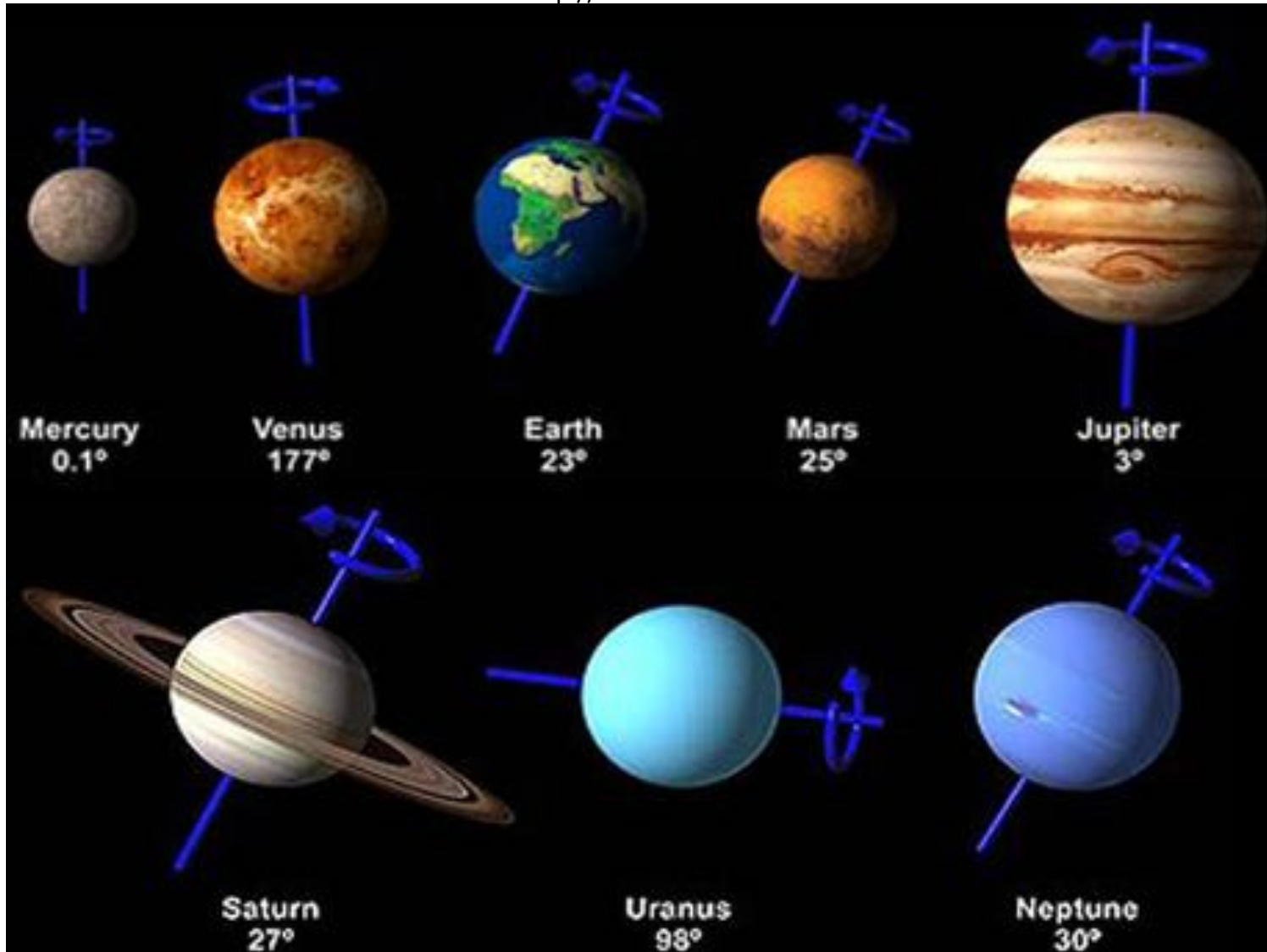


Venus: 177°

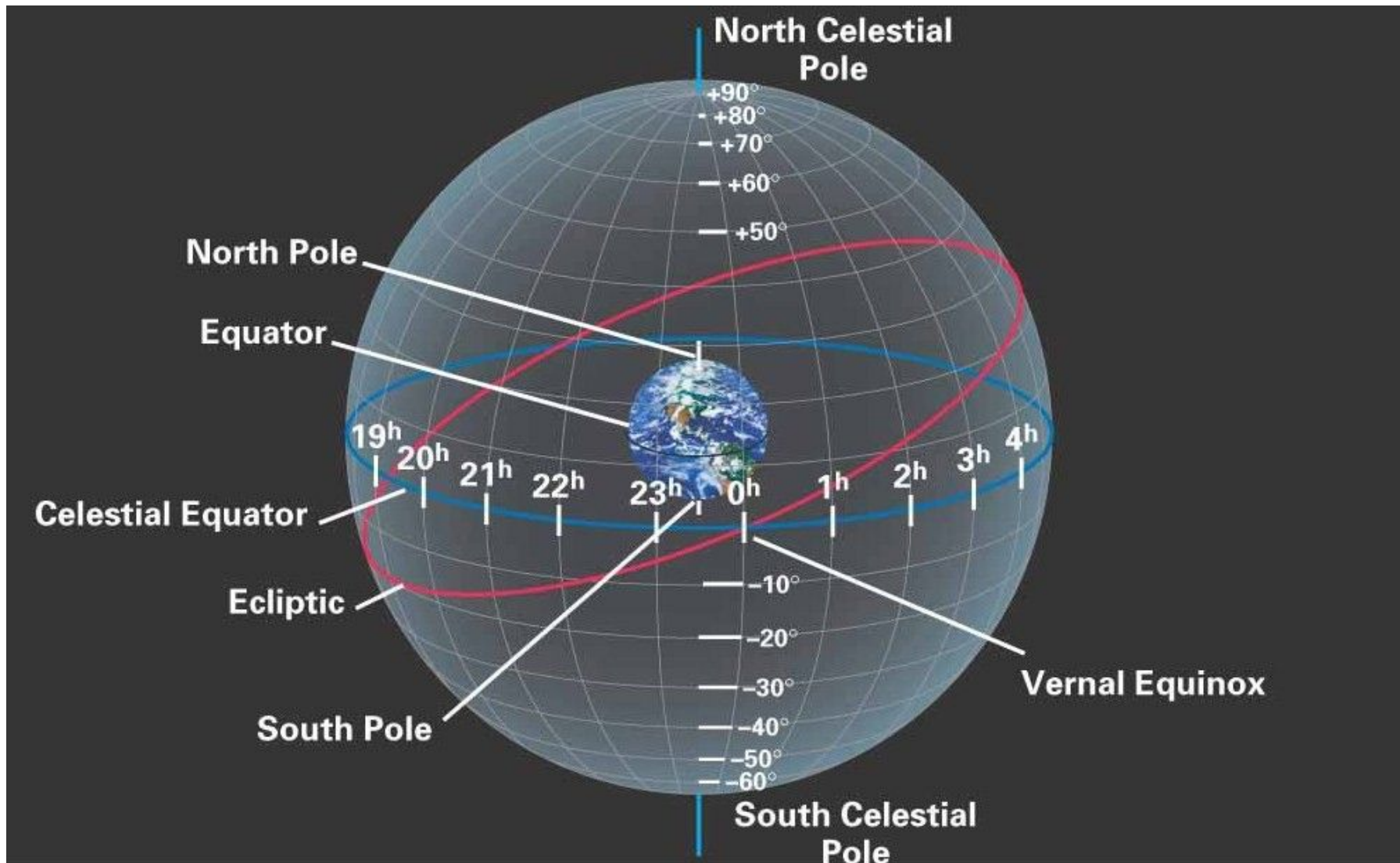


Сравнение наклонов оси вращения разных планет

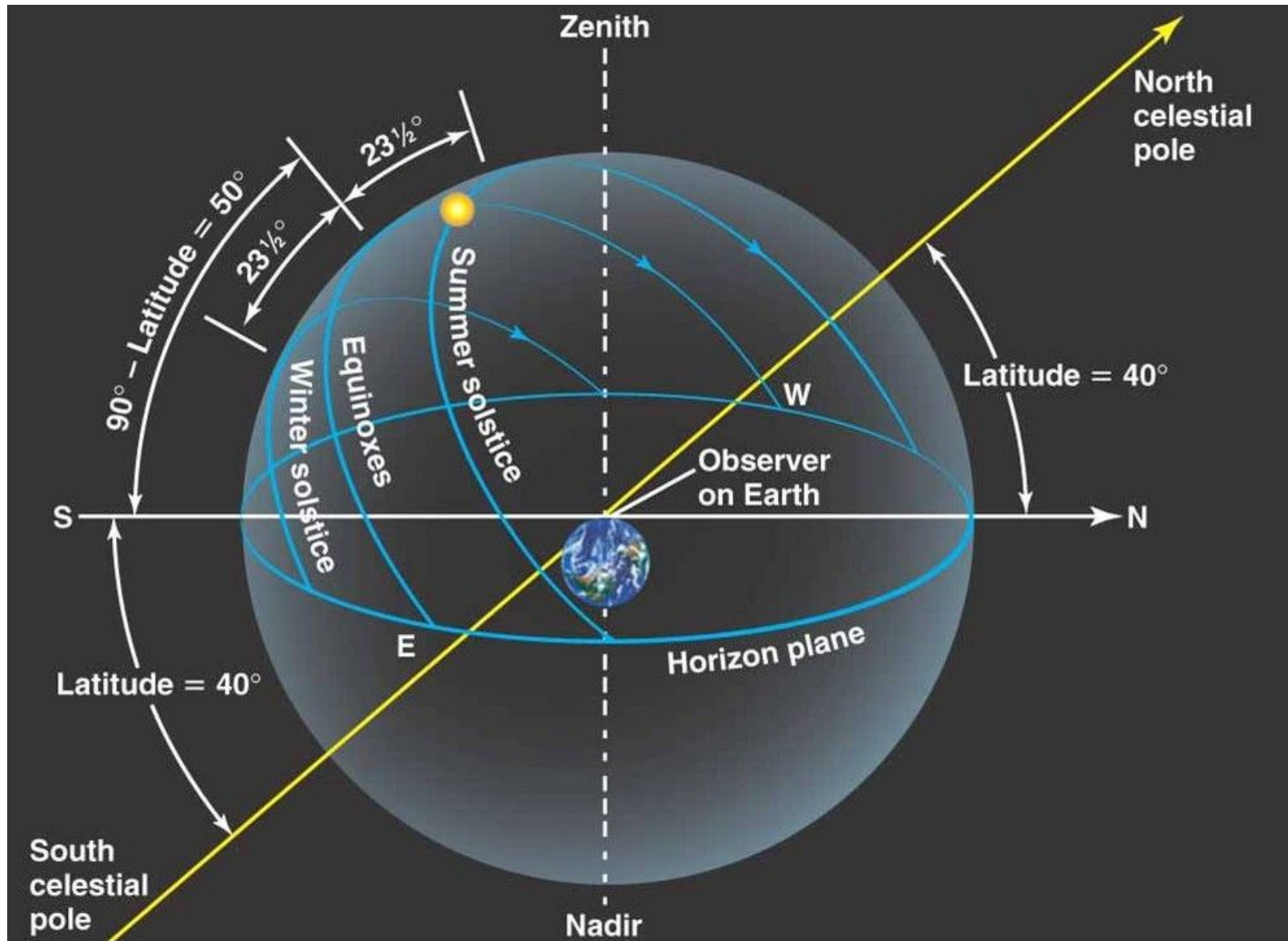
<http://www.redshift-live.com>



Соотношение Земли и небесной сферы

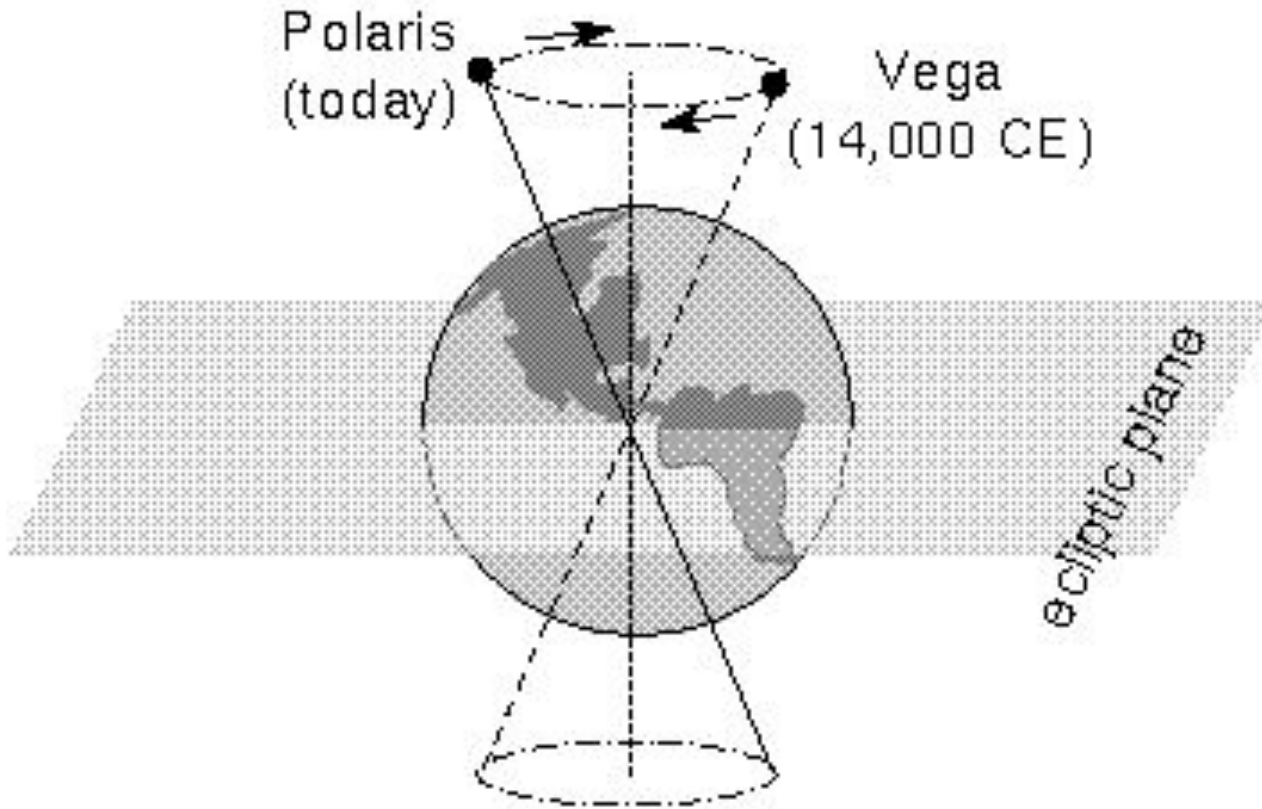


Физический смысл широты



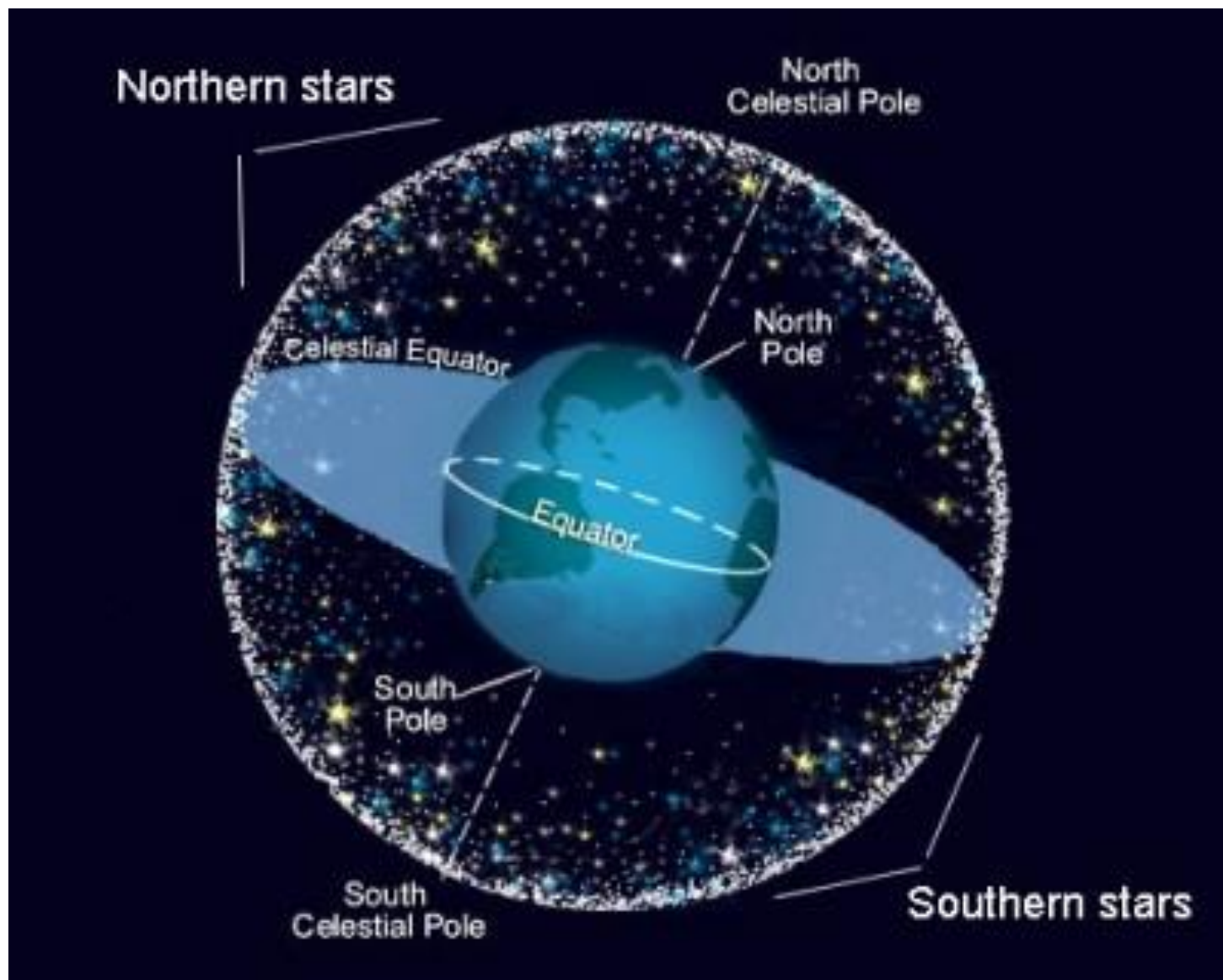
Схематическое изображение прецессии земной оси

<http://www.astronomynotes.com>

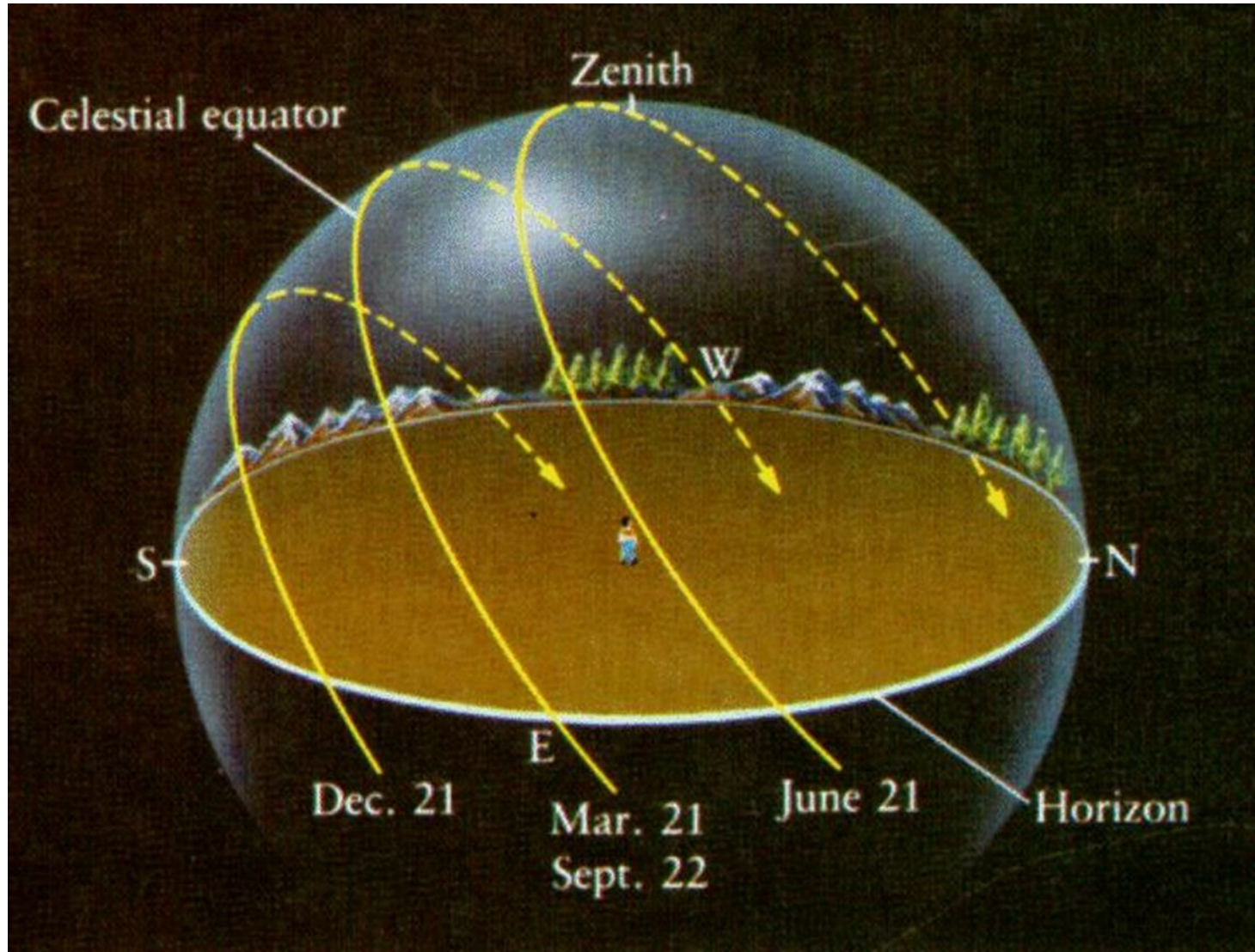


The Earth's rotation axis precesses (wobbles) with a period of 26,000 years.

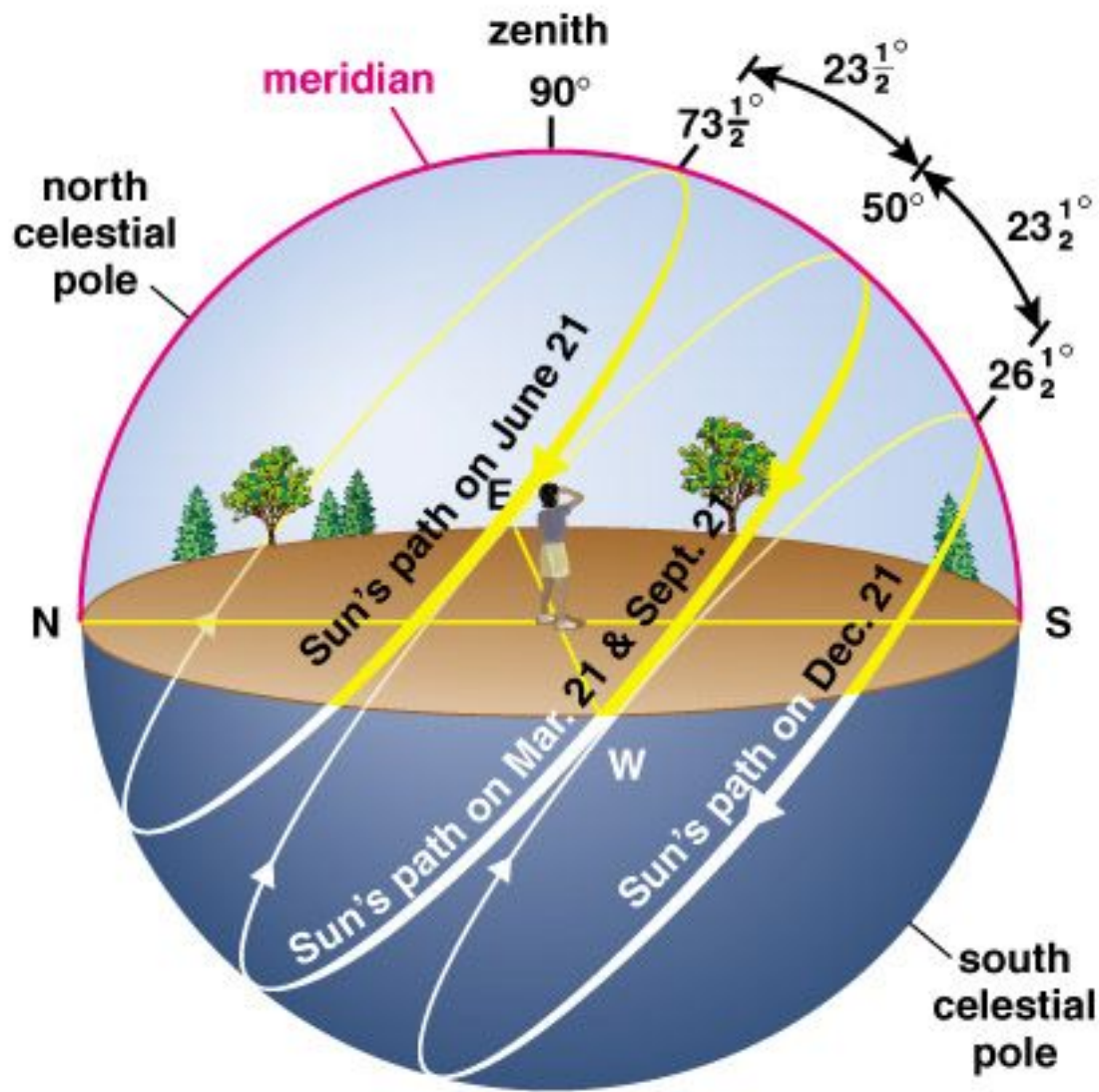
Общая схема звёздного неба



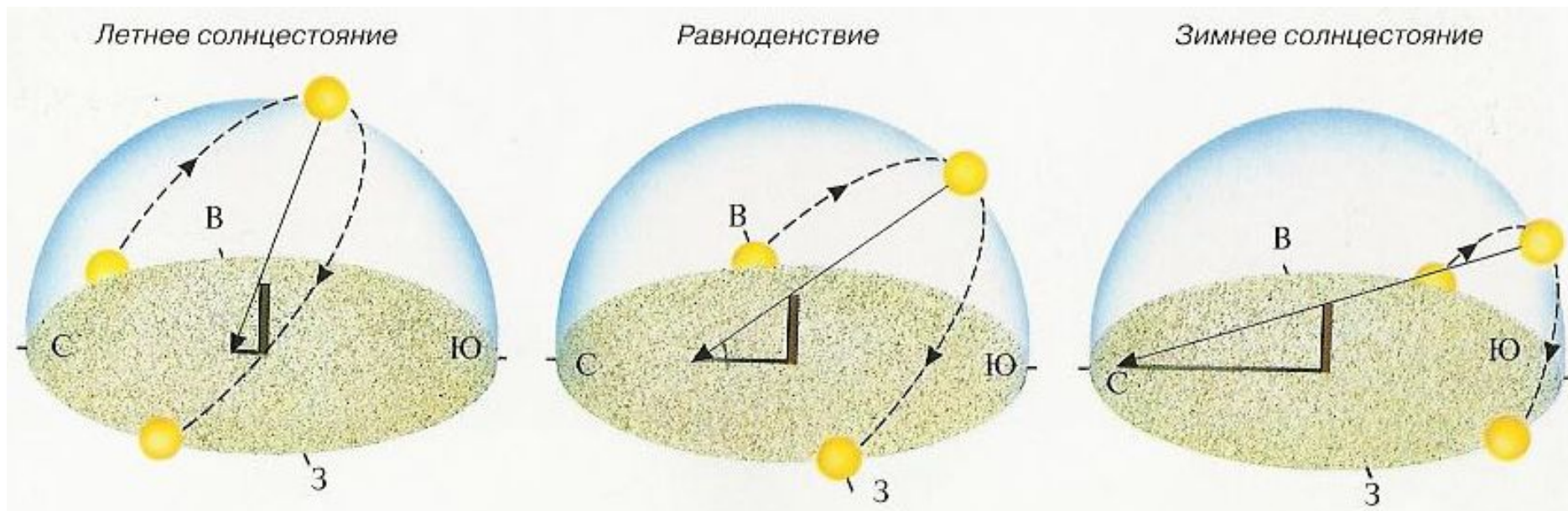
Положение небесного экватора в Северном полушарии



Путь Солнца по небу в Северном полушарии

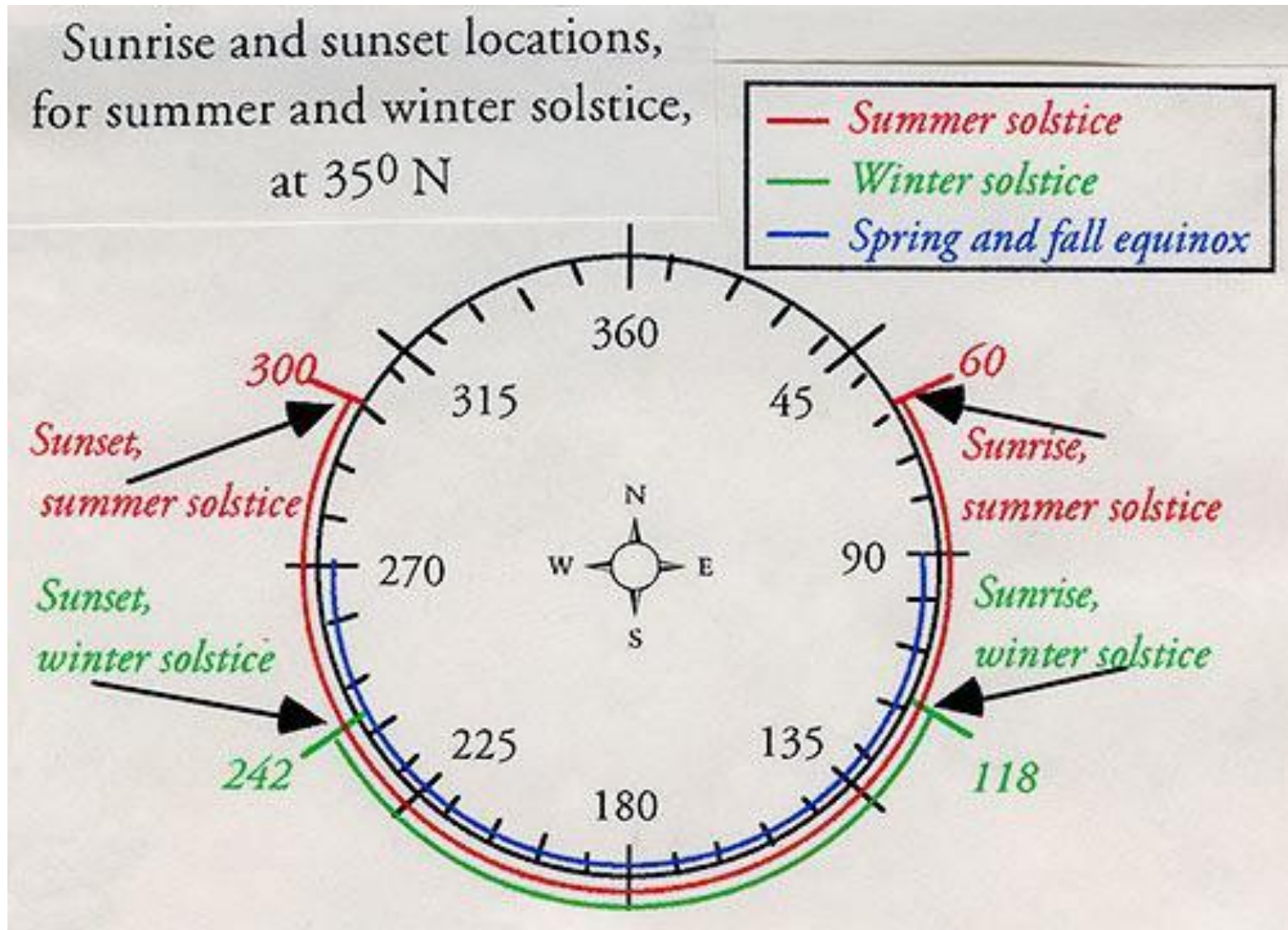


Положение Солнца и теней в разное время года



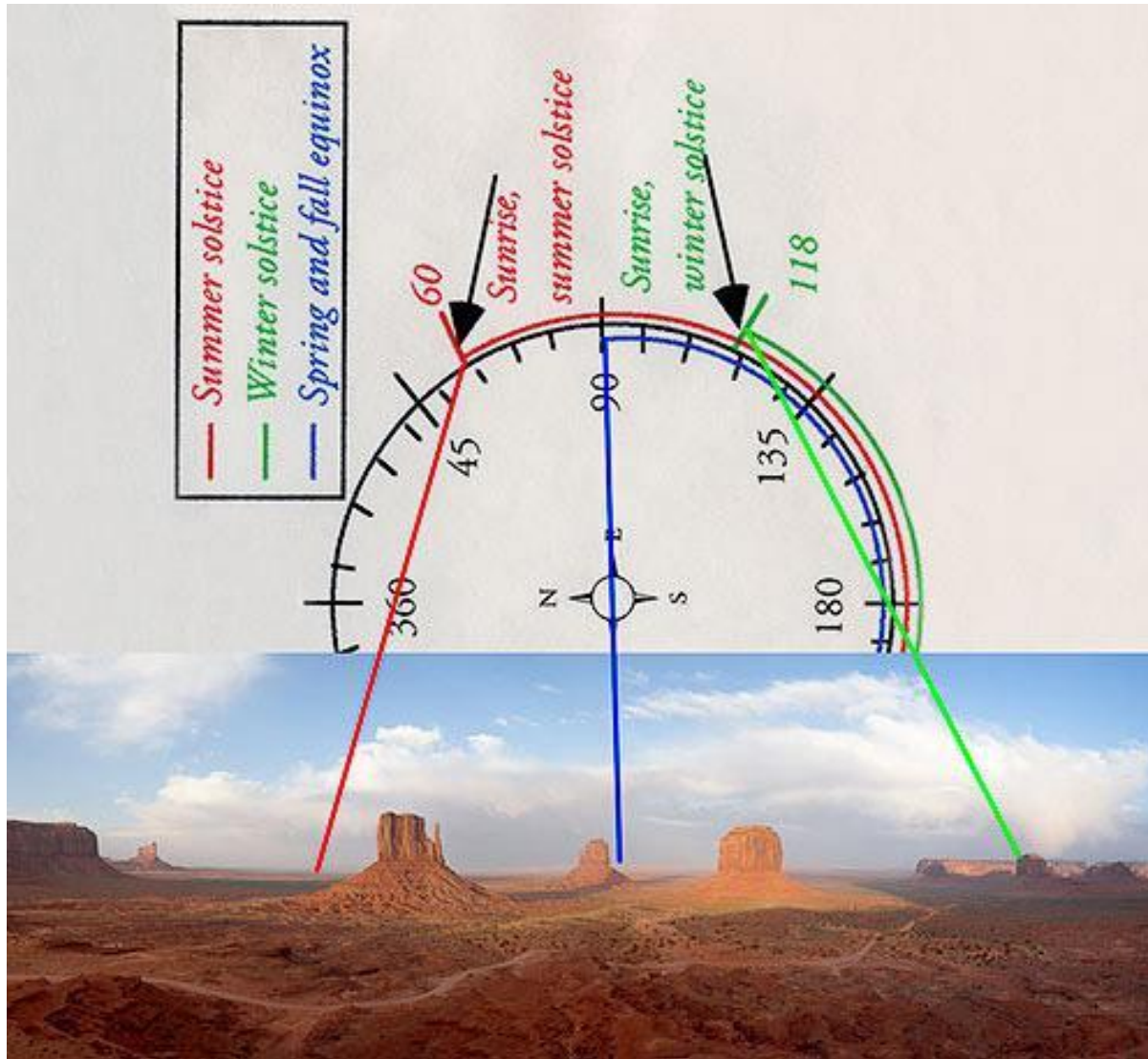
Азимуты восхода и заката Солнца для наблюдателя на 35° с.ш.

<http://www.naturephotographers.net/>



Годовое смещение точек восхода в Долине монументов (Аризона США)

<http://www.naturephotographers.net/>



Восхода в Долине монументов 21 июля

<http://www.naturephotographers.net/>



Восхода в Долине монументов 21 декабря

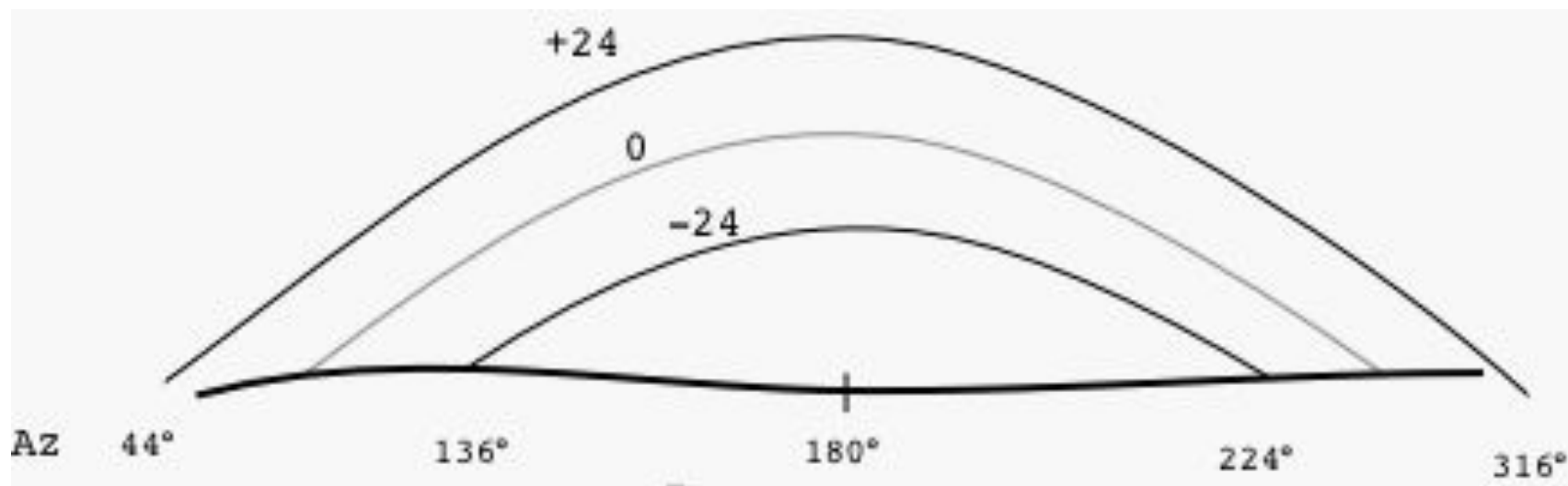
<http://www.naturephotographers.net/>



Положение Солнца для наблюдателя на 56° с.ш.:

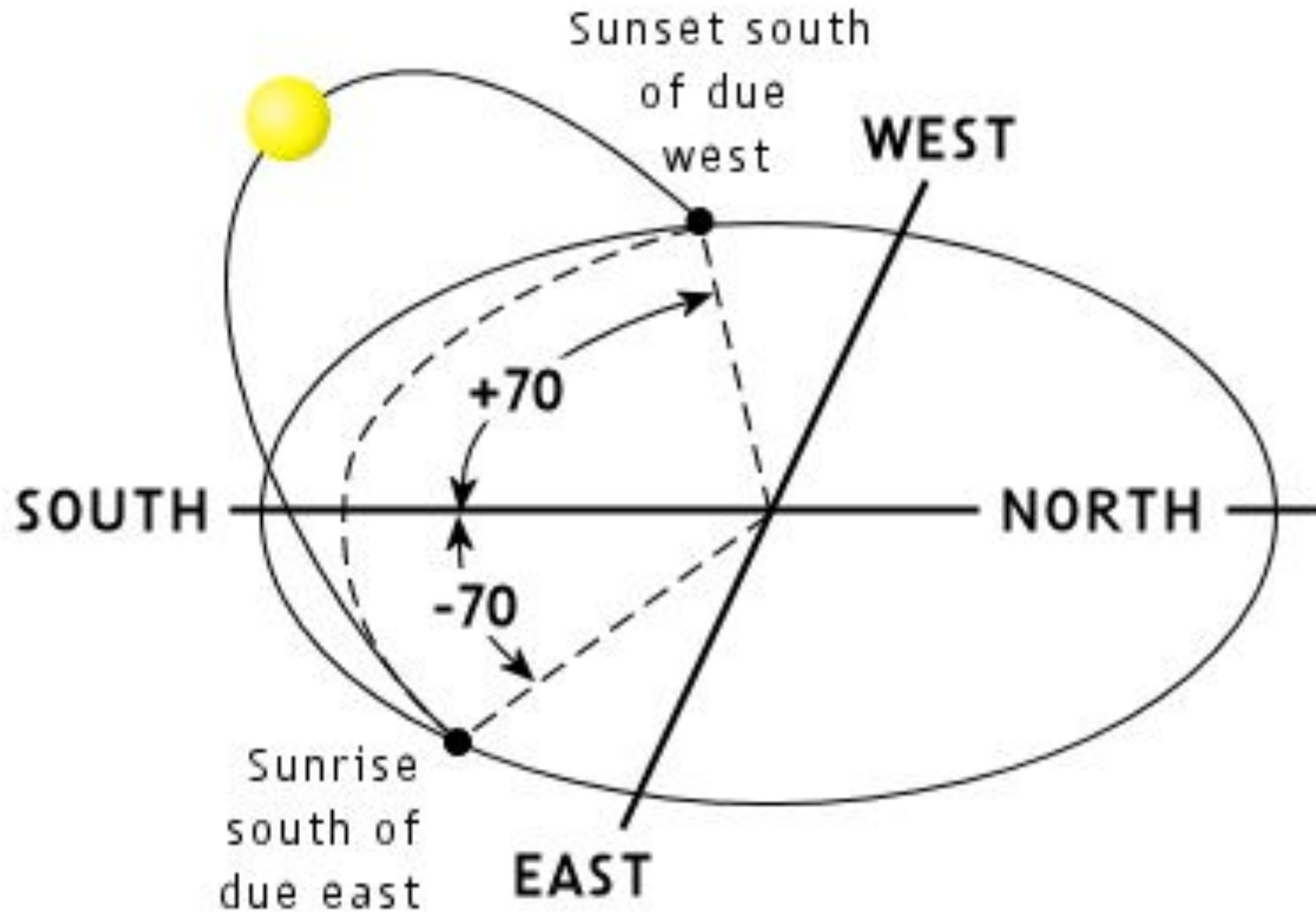
вверху – летнее солнцестояние, внизу – зимнее солнцестояние, посередине –
равноденствия.

wikipedia.org



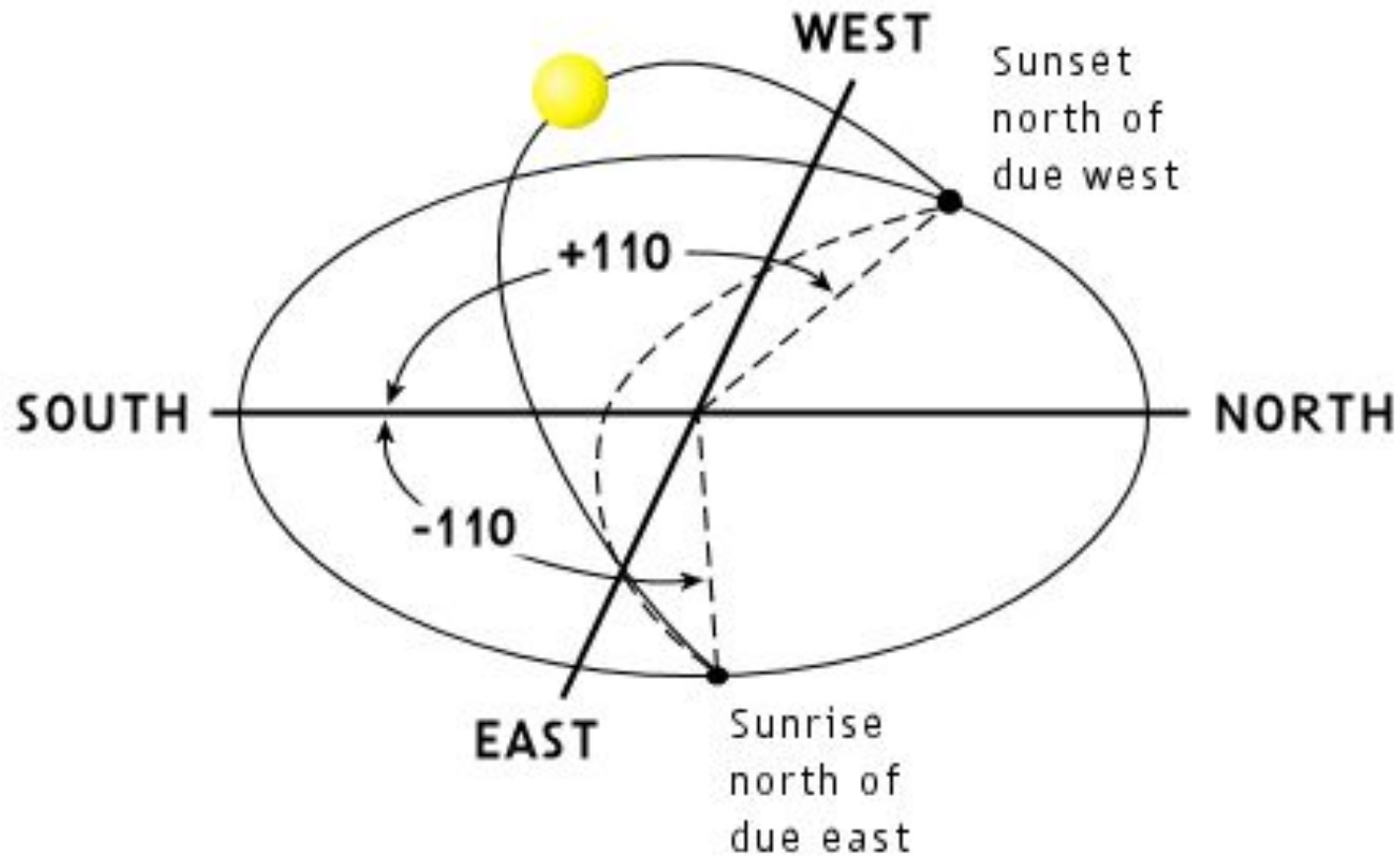
Положение Солнца для наблюдателя средних широт в зимнее солнцестояние

<http://www.solarplots.info/>

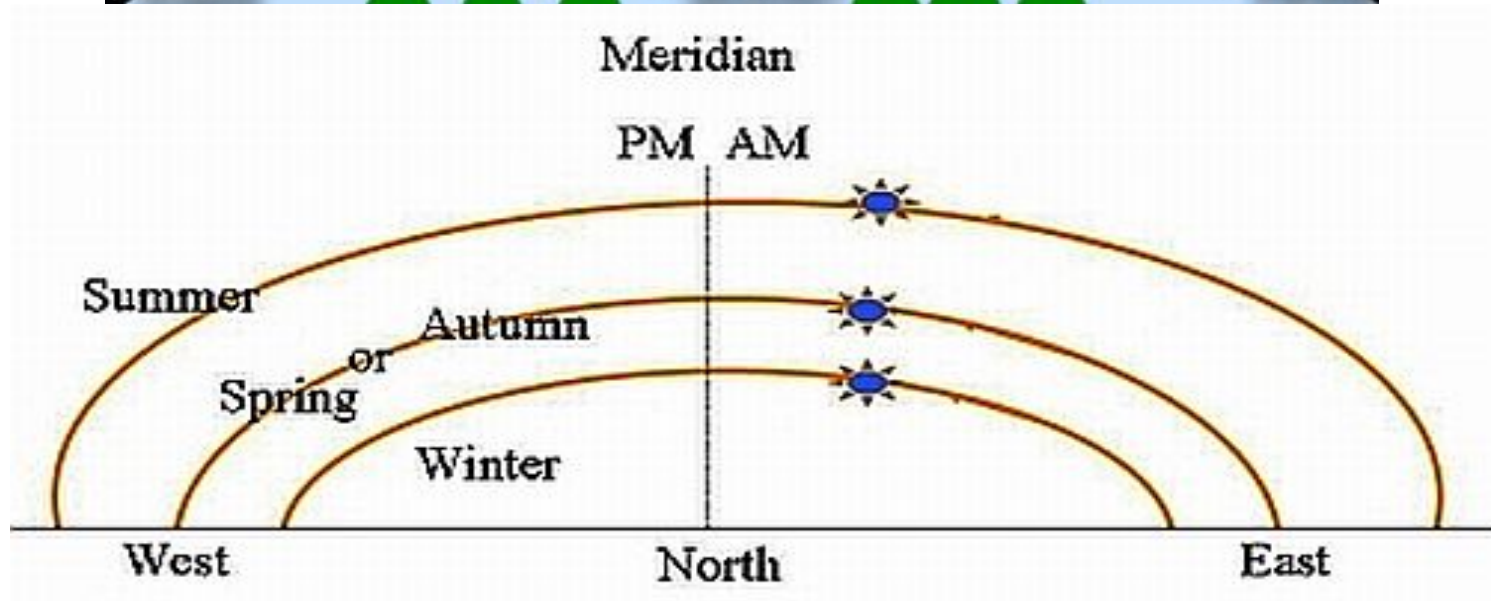
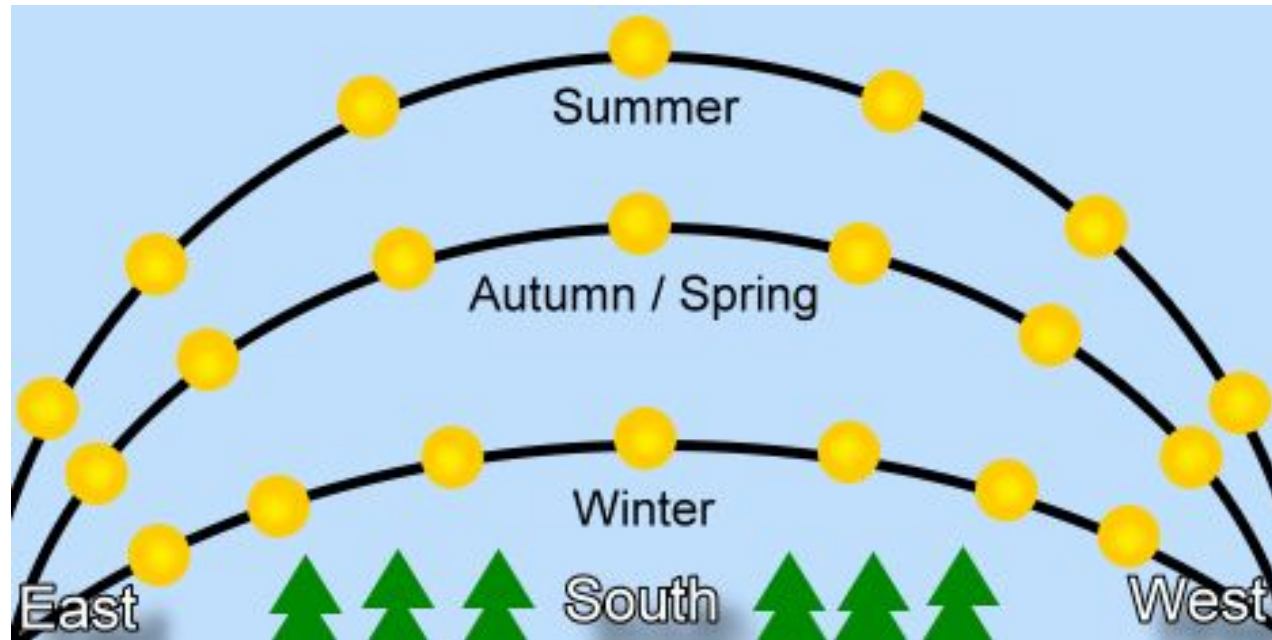


Положение Солнца для наблюдателя средних широт в летнее СОЛНЦЕСТОЯНИЕ

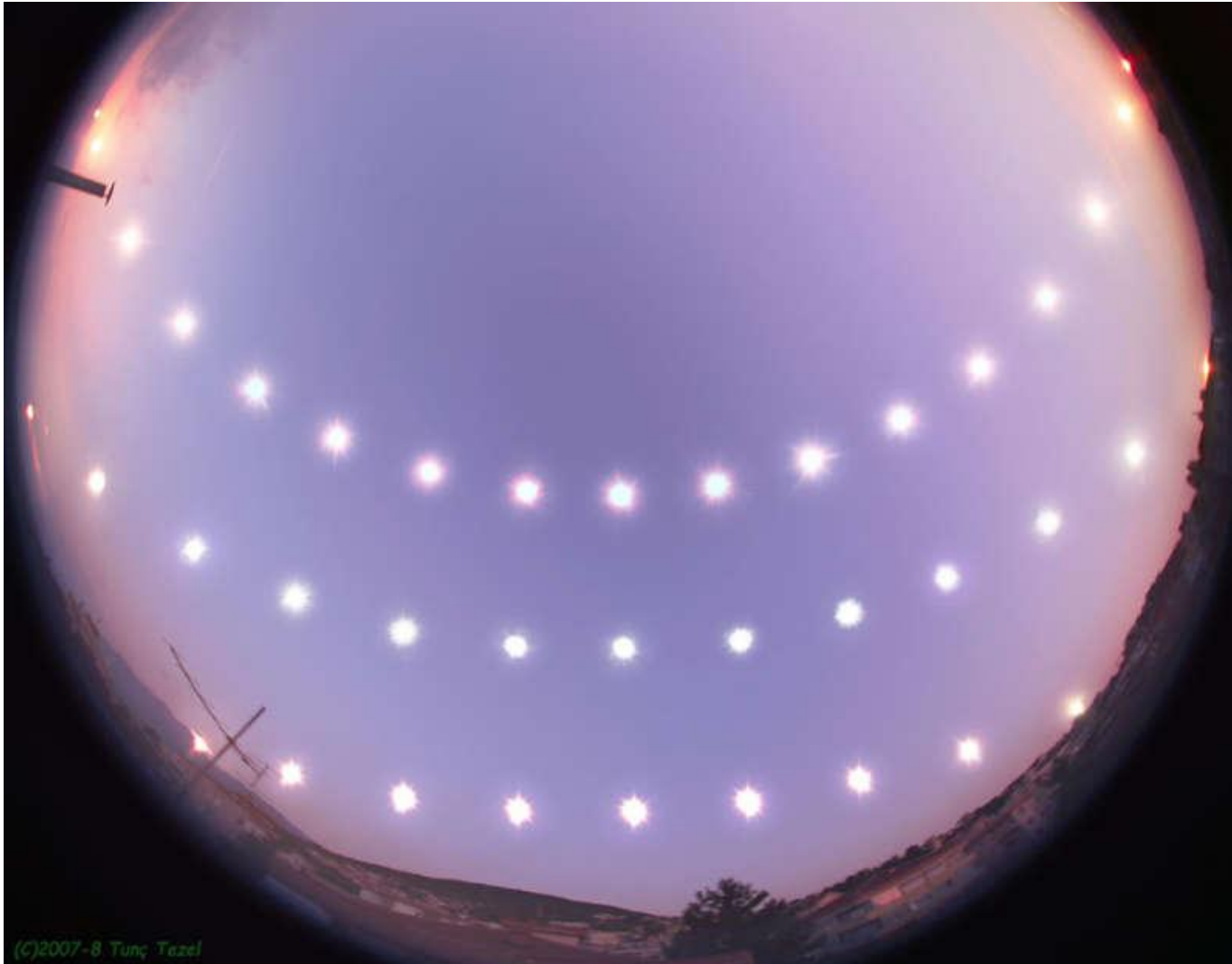
<http://www.solarplots.info/>



Путь Солнца по небу в разное время года в северном (вверху) и южном (внизу) полушарии



Движение Солнца в летнее солнцестояние (вверху), весеннее равноденствие
(в середине) и зимнее солнцестояние (внизу)
(съемка камерой рыбий глаз в декабре 2007 – июне 2008, Бурса, Турция)
Tunc Tesel <http://www.twanight.org/>



Движение Солнца в день зимнего солнцестояния

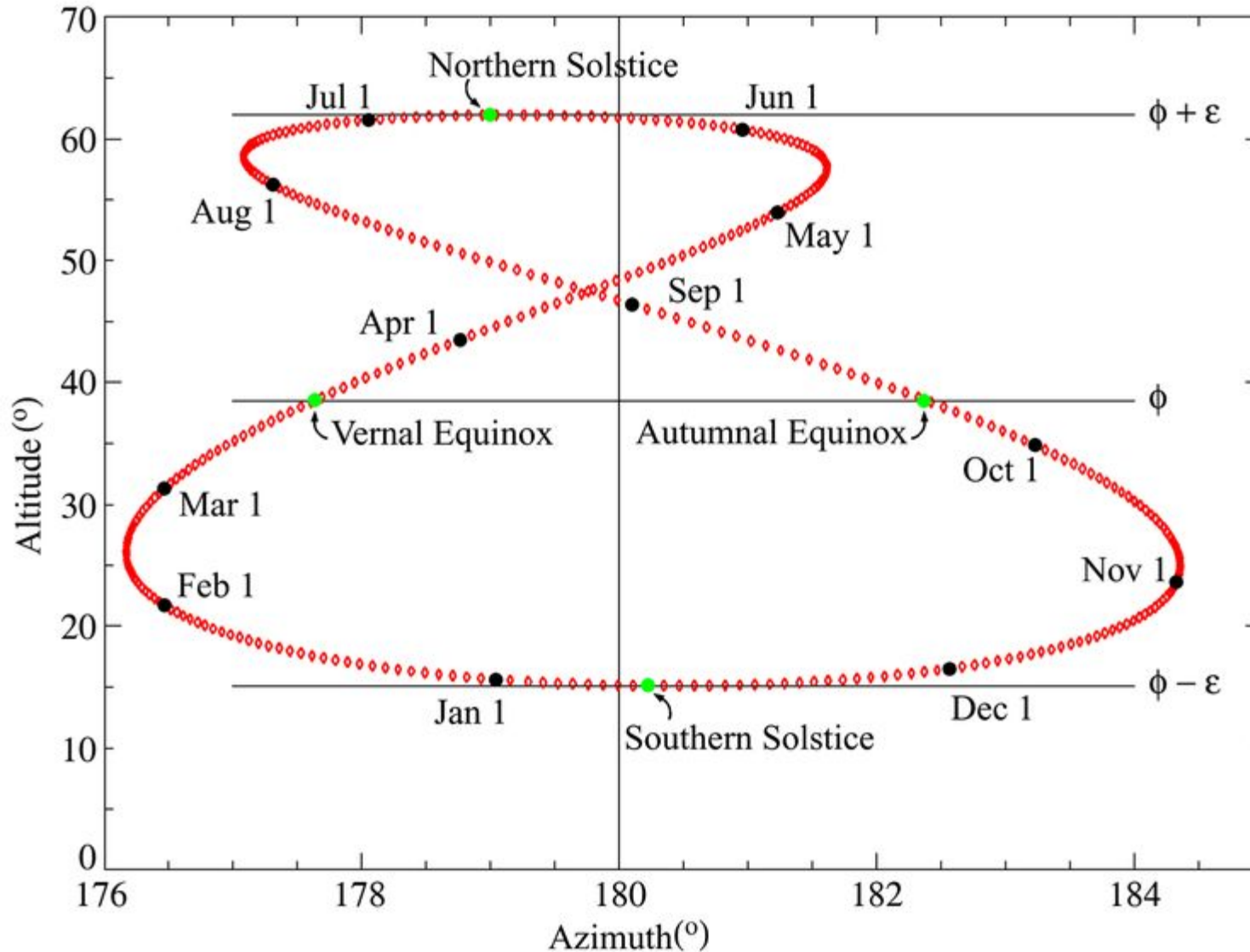
(монтаж из 43 снимков сделанных в 2005 году в Санта-Севера, Италия, в направлении на Тирренское море)

Danilo Pivato <http://www.danilopivato.com/>



Схема солнечной аналеммы для Гринвичской обсерватории (Великобритания)

wikipedia.org



Солнечные analeммы

(монтажи из серии снимков)

Anthony Ayiomamitis <http://www.perseus.gr>

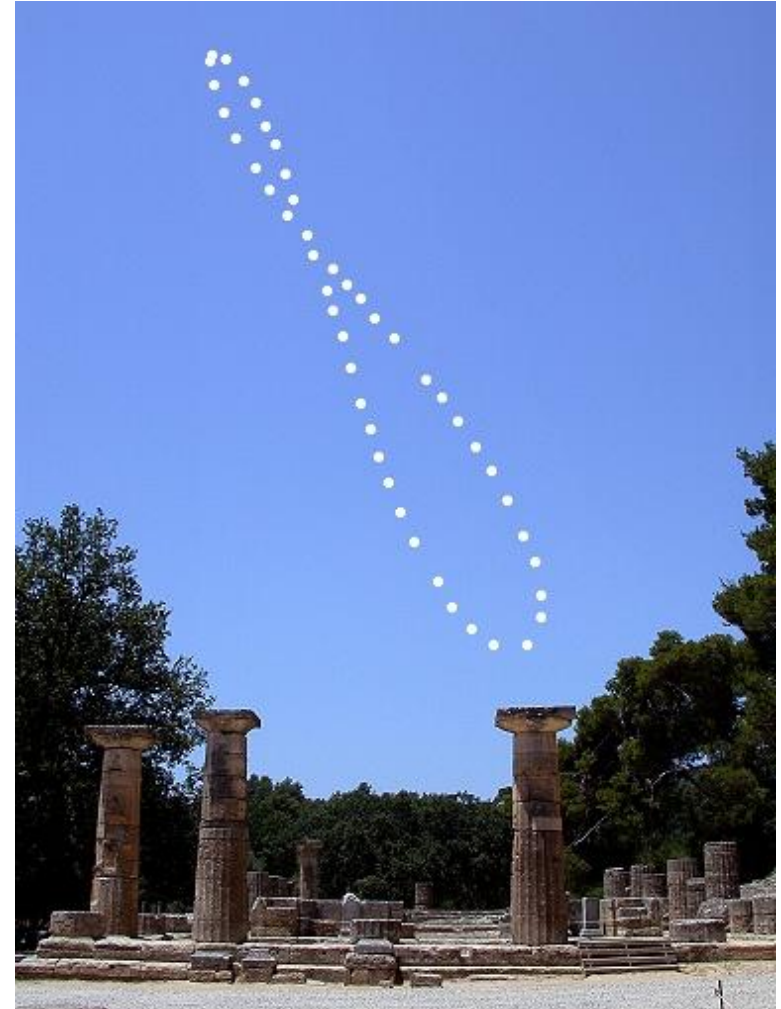
Древний Коринф 9:00

7.01.03-20.12.03

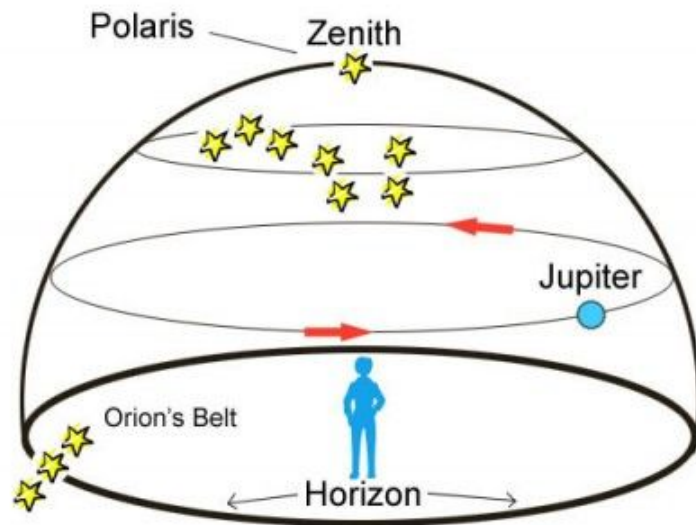


Древняя Олимпия 11:00

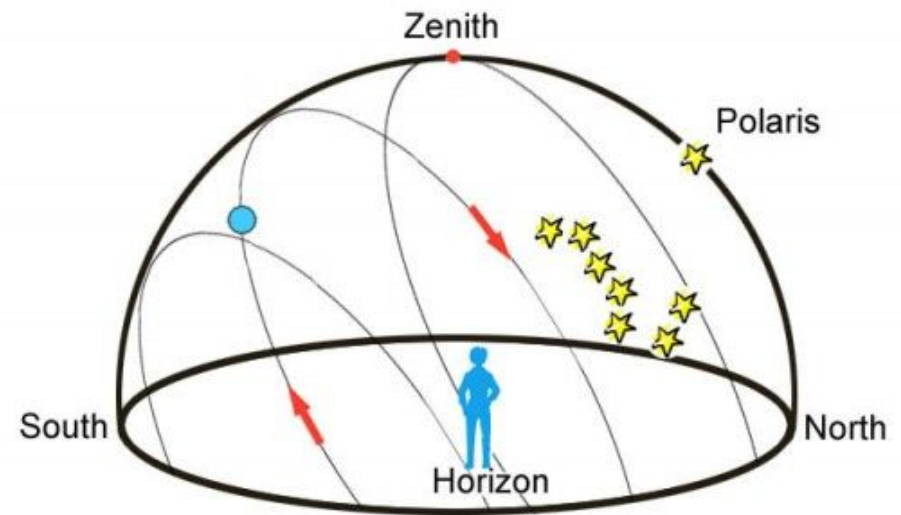
30.03.03 – 24.03.04



Вращение звездного неба на Северном полюсе (справа) и в средних широтах (слева)

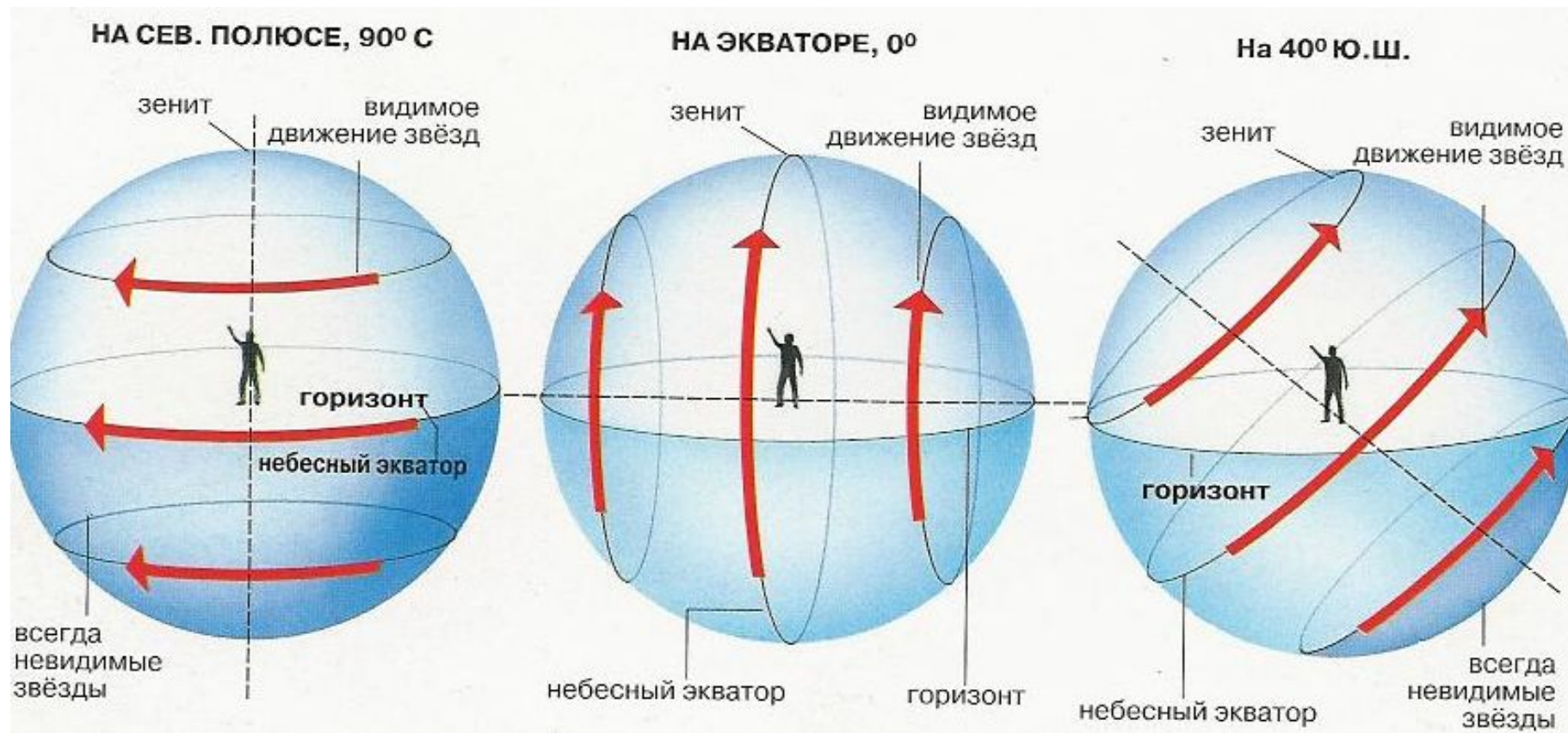


North Pole

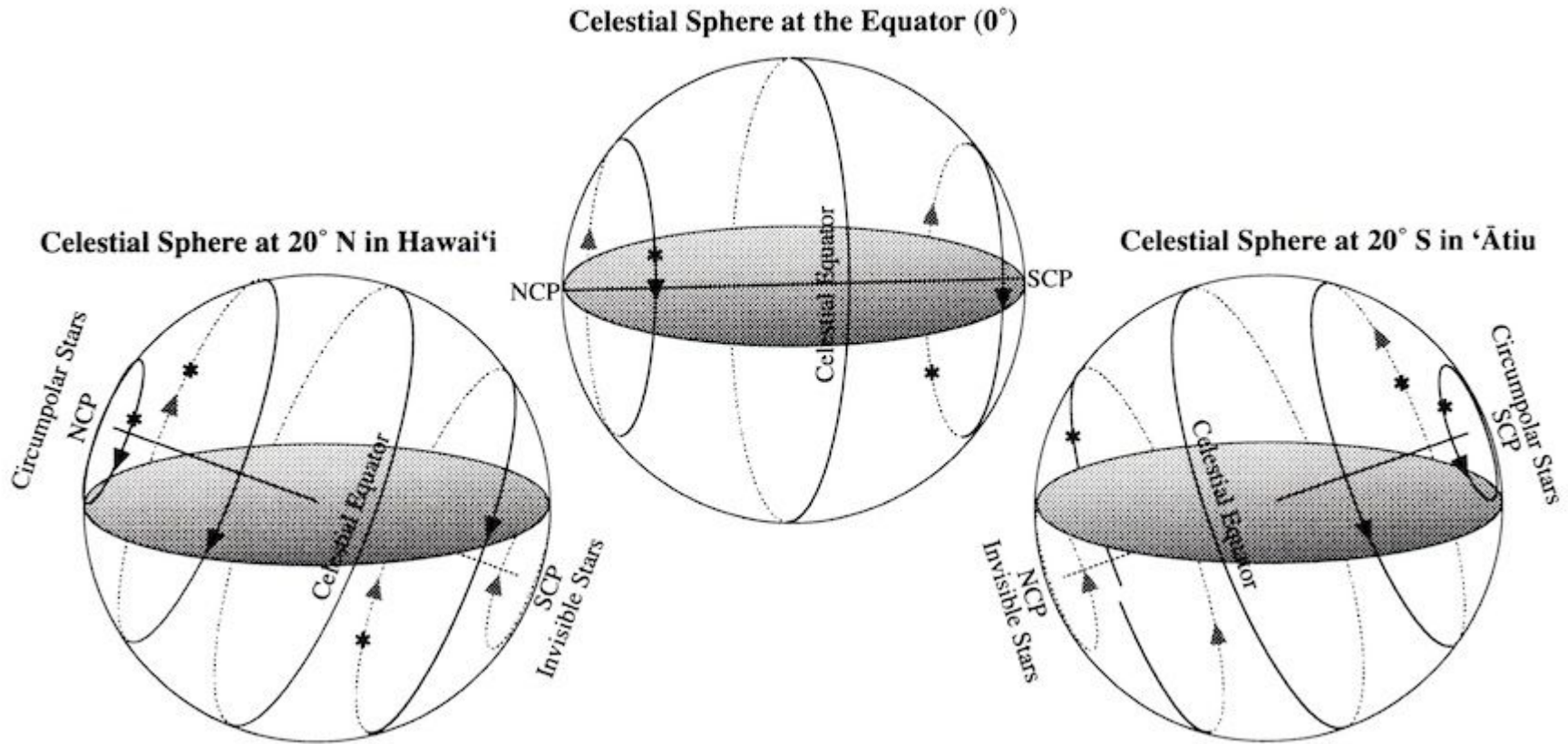


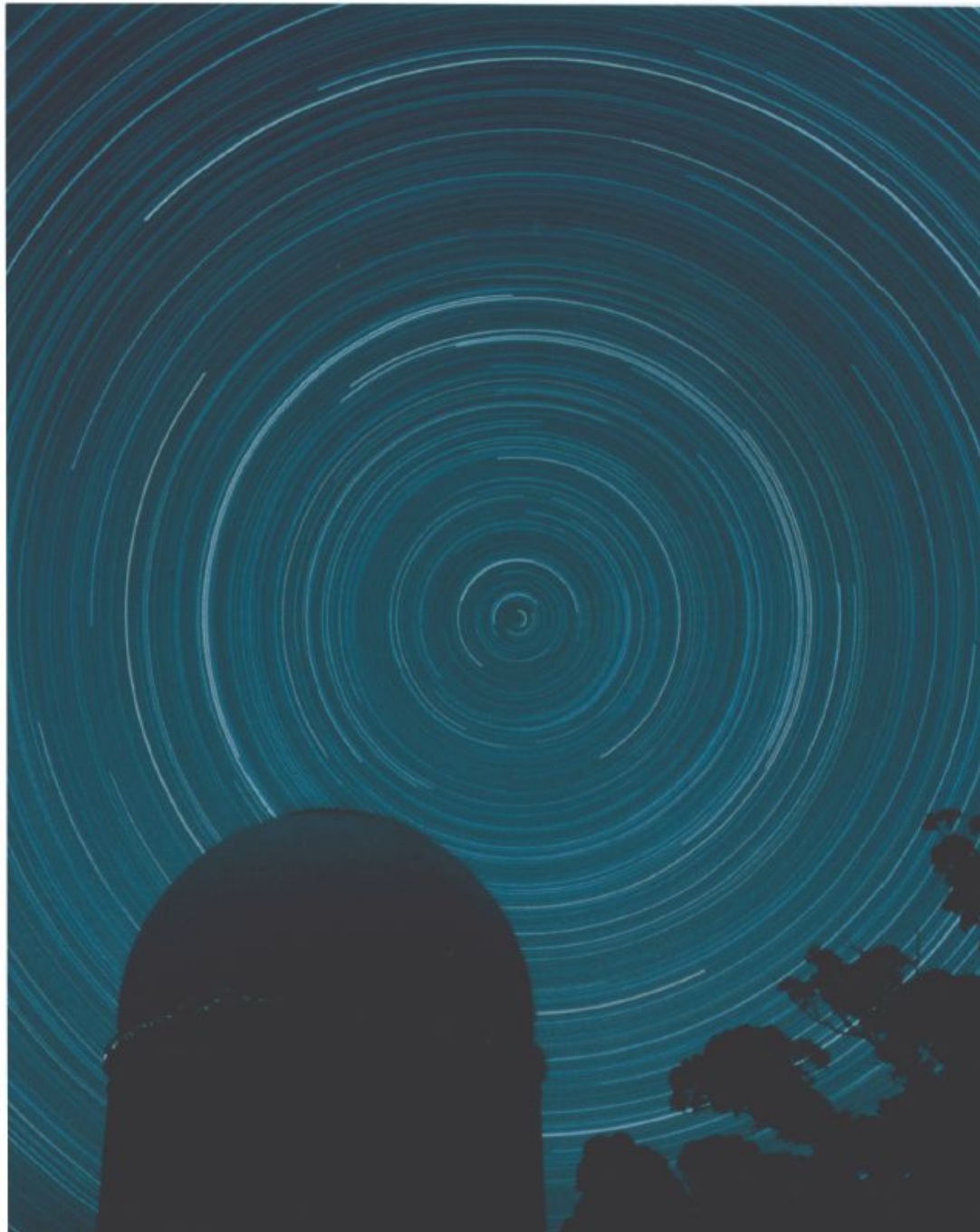
Mid-latitudes

Характер вращения звёздного неба на разных широтах



Вращение звездного неба на экваторе и в низких широтах





**Фото с длительной
экспозицией на горе
Сайлент Спрингс,
Австралия (31°ю.ш.)**

из книги «Astronomy Through the
Ages» Роберта Уильсона (Robert
Wilson)

Звёздное небо над вулканами Паринакота (6348 м) и Померапe (6282 м),
граница Чили и Боливии Stéphane Guisard <http://sguisard.astrosurf.com/>



© Stéphane Guisard

Звёздное небо Южного полушария (Патагония)

Stéphane Guisard <http://sguisard.astrosurf.com/>



Звёздное небо Южного полушария (Патагония) при долгой ЭКПОЗИЦИИ

Stéphane Guisard <http://sguisard.astrosurf.com>



© Stéphane Guisard

Трофимов М.Е.

Стефан Гусард на съёмках в Чили

Kwon o Chul

<http://www.twanight.org/>



Star trail, различные варианты съёмок

Chris Bray, <http://www.chrisbray.net>



Multiple Stacked



Single Exposure

Фото северного небесного полюса с горы Чимборазо, Эквадор (1,5° ю.ш.)

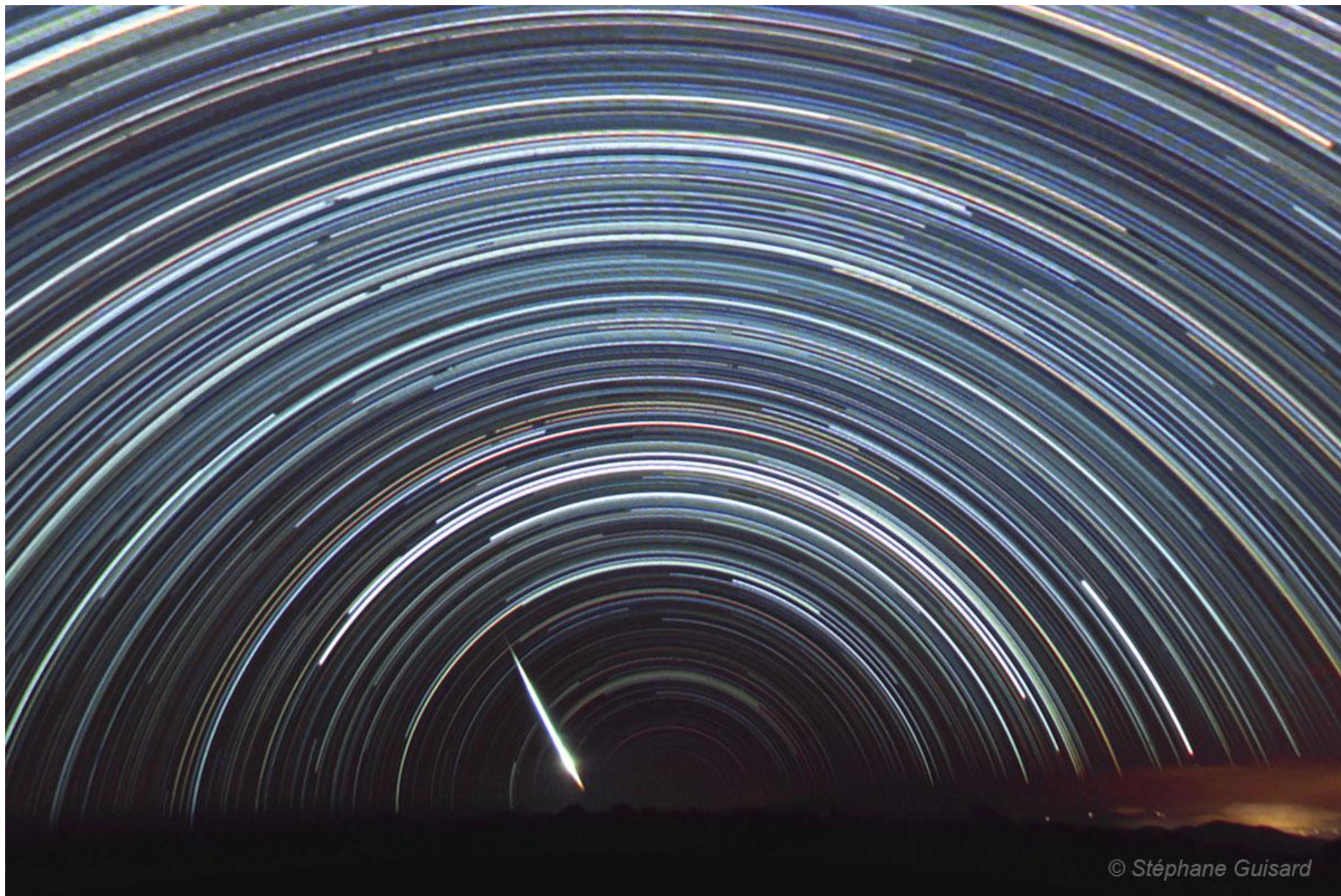
Stéphane Guisard <http://sguisard.astrosurf.com/>



© Stéphane Guisard

Фото южного небесного полюса с горы Чимборазо, Эквадор (1,5° ю.ш.)

Stéphane Guisard <http://sguisard.astrosurf.com/>



© Stéphane Guisard

Long exposure фото небесного экватора с горы Чимборазо, Эквадор (1,5° ю.ш.)

Stéphane Guisard <http://sguisard.astrosurf.com/>



© Stéphane Guisard

**Фото с длительной
экспозицией через
камеру «рыбий
глаз» с горы
Чимборазо, Эквадор**

Stéphane Guisard

<http://sguisard.astrosurf.com/>

© Stéphane Guisard

Long exposure фото одного из небесных полюсов с горы
Килиманджаро (3° ю.ш., 5895 м)

Kwon o Chul
<http://www.twanight.org/>



© KWON, O CHUL

Панорамный вид на гору Килиманджаро (3° ю.ш.)

Kwon o Chul

<http://www.twanight.org/>



Квонг о Чул на фоне горы Килиманджаро (3° ю.ш.)

Kwon o Chul

<http://www.twanight.org/>



Фото северного небесного полюса в Тикале, Гватемала (17° ю.ш.)

Stéphane Guisard <http://sguisard.astrosurf.com/>



Фото с длительной экспозицией с горы Бромо, Индонезия (8° ю.ш.)

Daniel Leong
<http://500px.com/danielleong81>



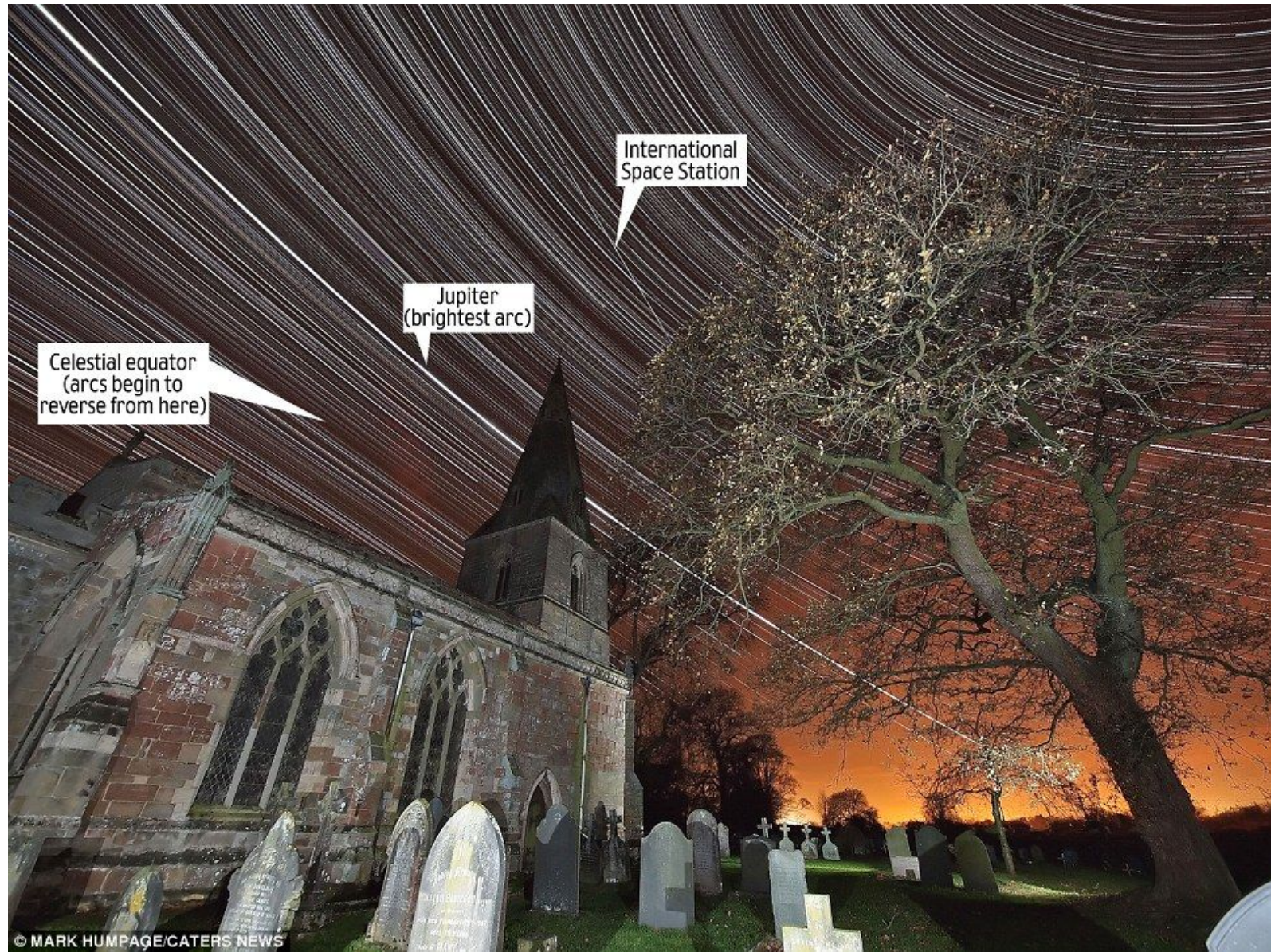
Фото с длительной экспозицией с горы Бромо, Индонезия (8° ю.ш.)

Daniel Leong
<http://500px.com/danielleong81>



Long exposure фото звездного неба в Мистертоне, Великобритания (53,5° с.ш.)

Mark Humpage <http://www.dailymail.co.uk>



Трофимов М.Е.

Вид на северный небесный полюс с горы Мауна Кеа (20° с.ш.)

Peater Meuchaud, <http://apod.nasa.gov/>



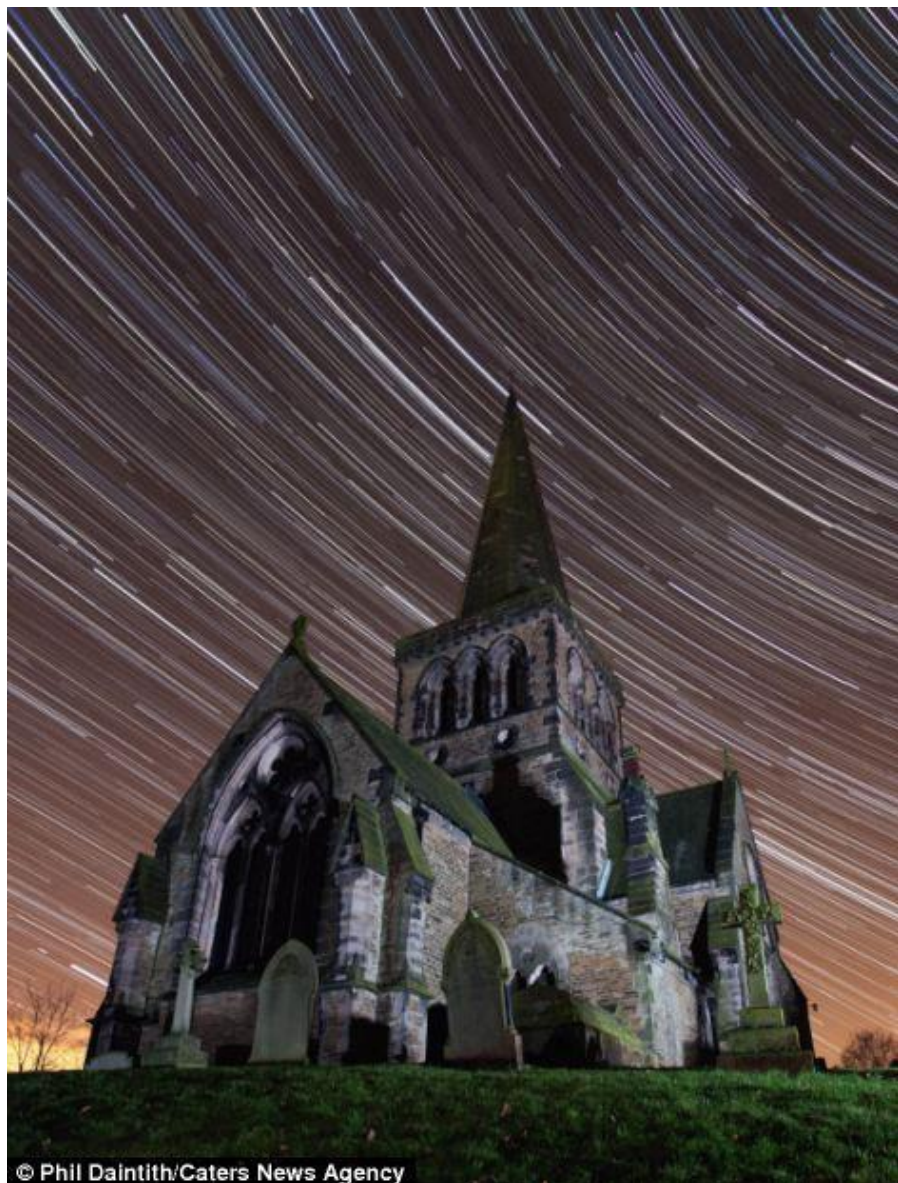
Положение небесного на экваторе (слева) и в средних широтах (справа)

Kwon o Chul <http://www.twanight.org/>, Phil Daintith <http://www.dailymail.co.uk>



Startrails в Манчестере (слева, 53,5 с.ш.) и Сиднее (справа, 34 ю.ш.)

Phil Daintith <http://www.dailymail.co.uk>, Chris Bray, <http://www.chrisbray.net>



© Phil Daintith/Caters News Agency



www.ChrisBray.net

Фото с пятнадцатичасовой экспозицией через объектив «рыбий глаз» (Австралия)

Lincoln Harrison
<http://www.lincolnharrison.com/>



Фото с пятнадцатичасовой экспозицией (Австралия)

Lincoln Harrison
<http://www.lincolnharrison.com/>



Фото с длительной экспозицией (Австралия)

Lincoln Harrison

<http://www.lincolnharrison.com/>



Фото с длительной экспозицией (Австралия)

Lincoln Harrison

<http://www.lincolnharrison.com/>



www.lincolnharrison.com

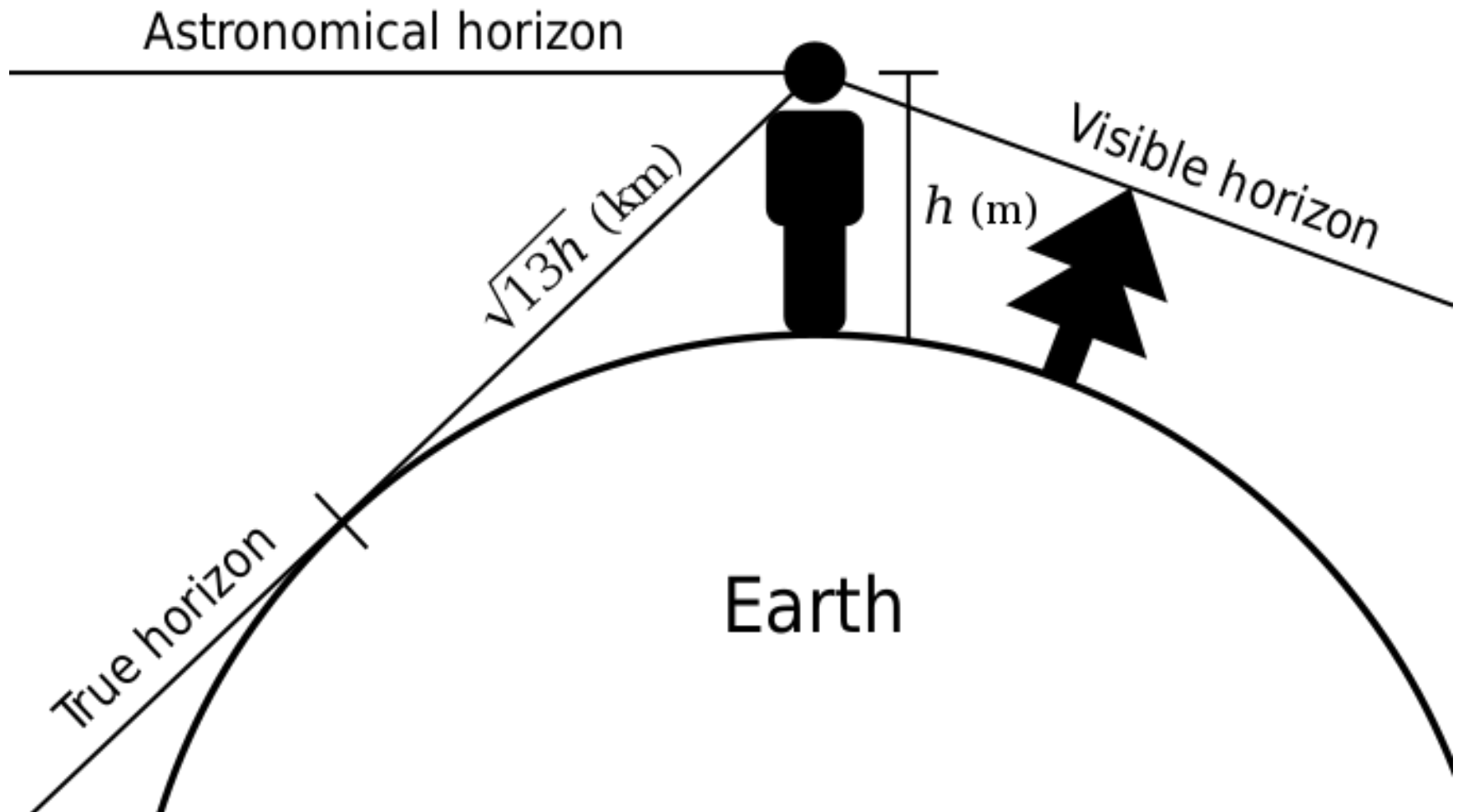
Фото с длительной экспозицией (Эльбрус, вид на полярную звезду,
в углу заход Луны)



Некоторые эффекты кривизны земной поверхности

- Изменение дальности горизонта в зависимости от высоты
- Сумма углов достаточно большого треугольника больше 180°
- Невозможность изображения достаточно большого участка земной поверхности без значительных искажений
- Различие длины дуги в зависимости от высоты над земной поверхностью

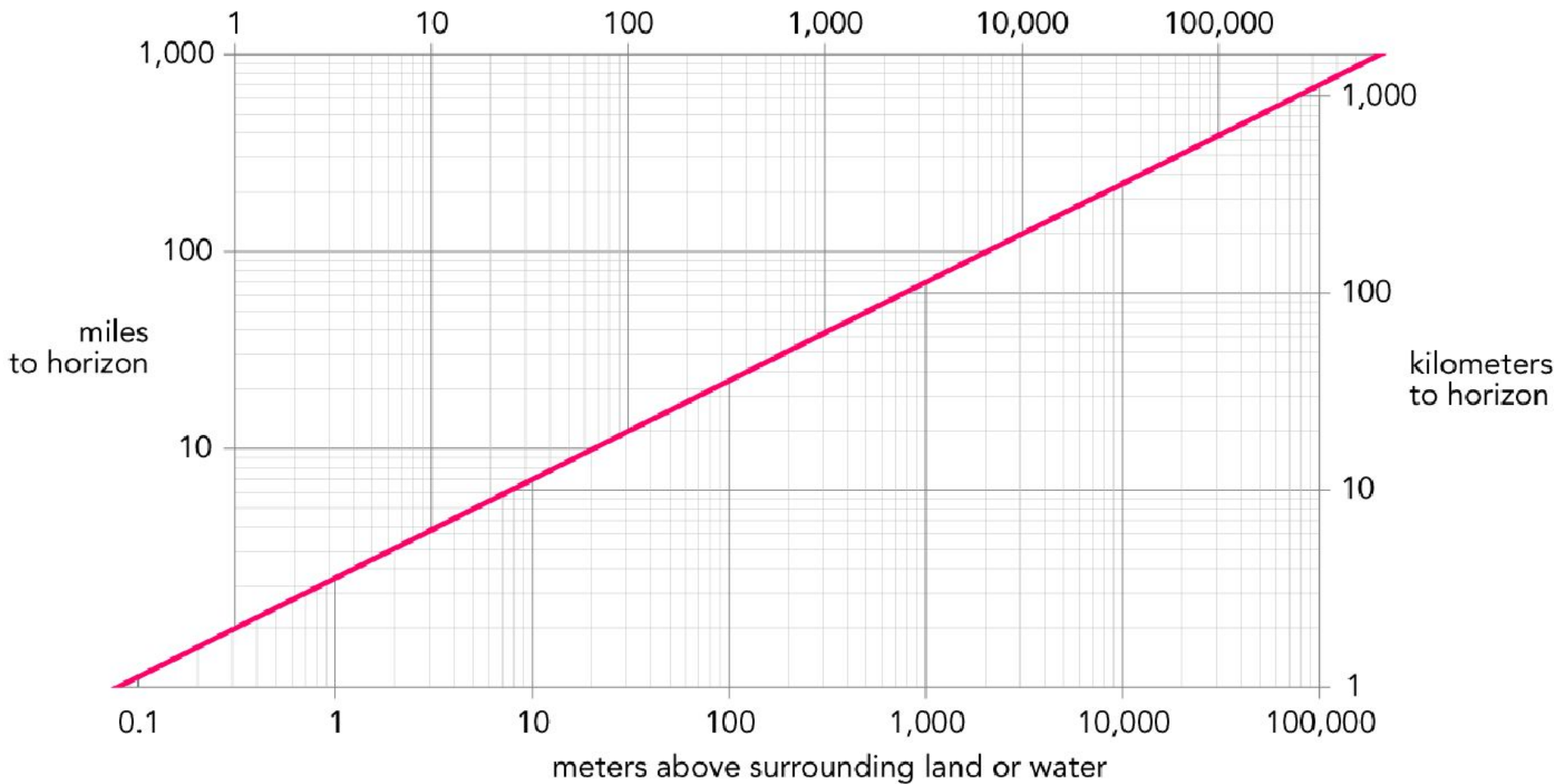
Три вида горизонта



Зависимость дальности горизонта от высоты

Высота над уровнем моря, м	Дальность видимого горизонта, км	Высота над уровнем моря, м	Дальность видимого горизонта, км	Высота над уровнем моря, м	Дальность видимого горизонта, км
0,5	2,6	20	17	300	64
1	3,7	30	20	500	83
1,5	4,5	40	23	1000	120
1,6	4,7	50	26	1500	140
1,8	5	60	29	2000	170
2	5,3	70	31	2500	190
3	6,4	80	33	3000	200
5	8,3	90	35	5000	260
7	9,8	100	37	10 000	370
8	11	150	45	15 000	460
10	12	200	53	100 000	1200

Зависимость дальности горизонта от высоты



Верхний мираж



Нижний мираж

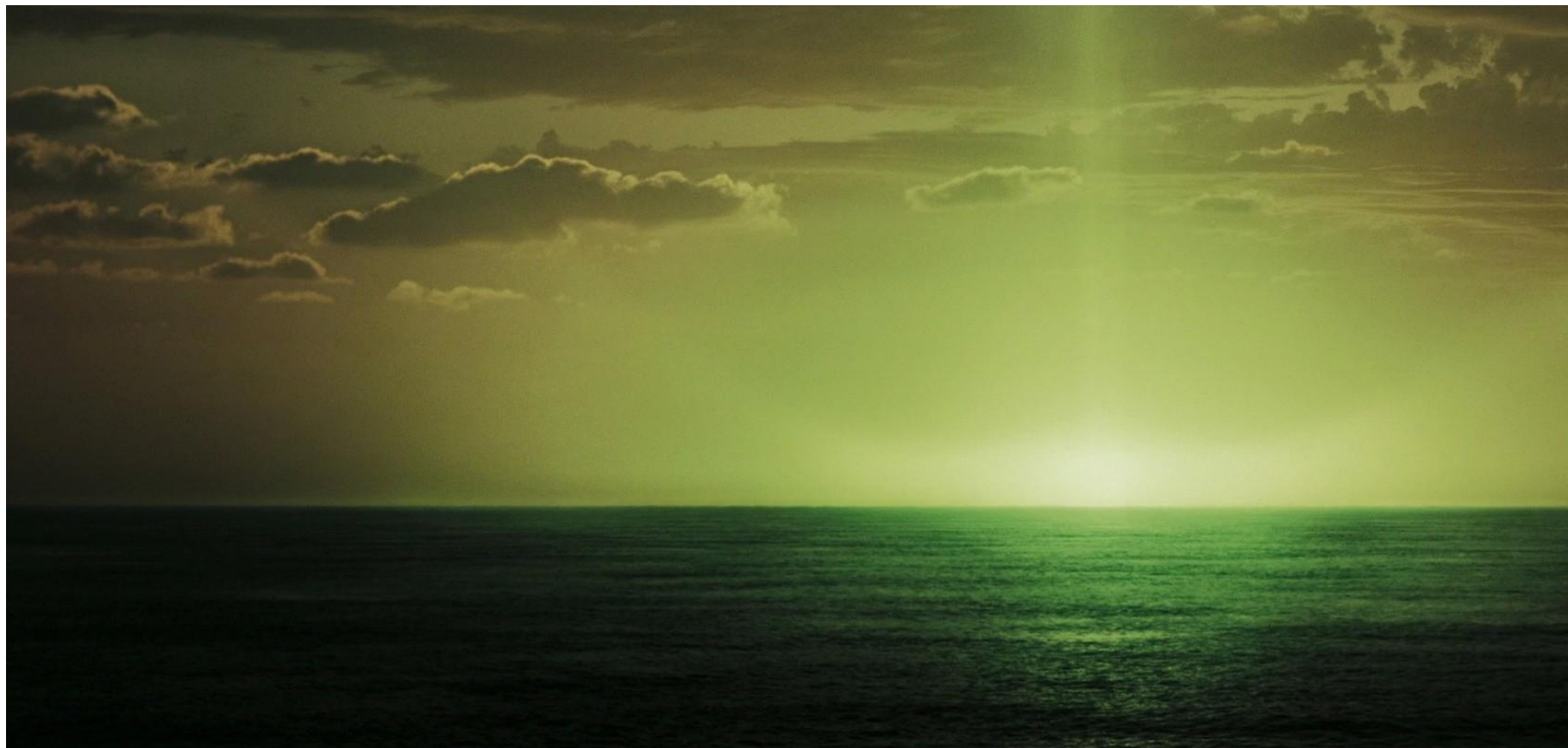


Фата Моргана



Зелёная вспышка

http://pirates.wikia.com/wiki/Green_Flash

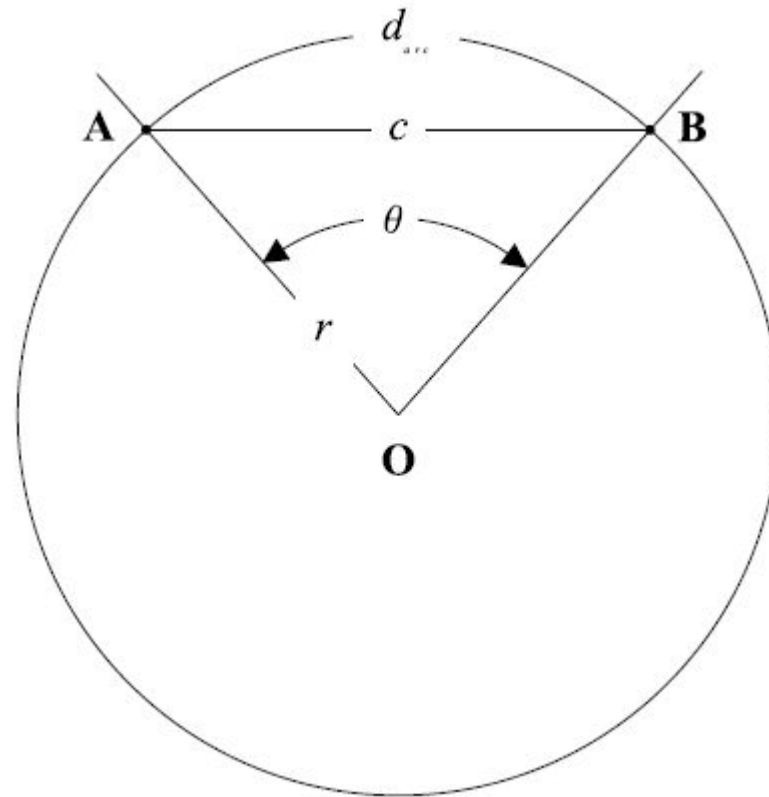


«Золотой час» в Бангкоке

<http://en.wikipedia.org>



Дуга и хорда соединяющие точки на земной поверхности



Зависимость длины хорды от длины дуги на земной поверхности
(значения в метрах)

d_{arc}	1 500	10 000	100 000	1 000 000
c	1499.9999965	9 999.998975	99 998.976	998,976.098
c/d_{arc}	0.999999998	0.999999898	0.99998975	0.998976

Общий вид моста Verrazano Narrows (Нью-Йорк)



Схематическое изображение моста Verrazano Narrows (Нью-Йорк)

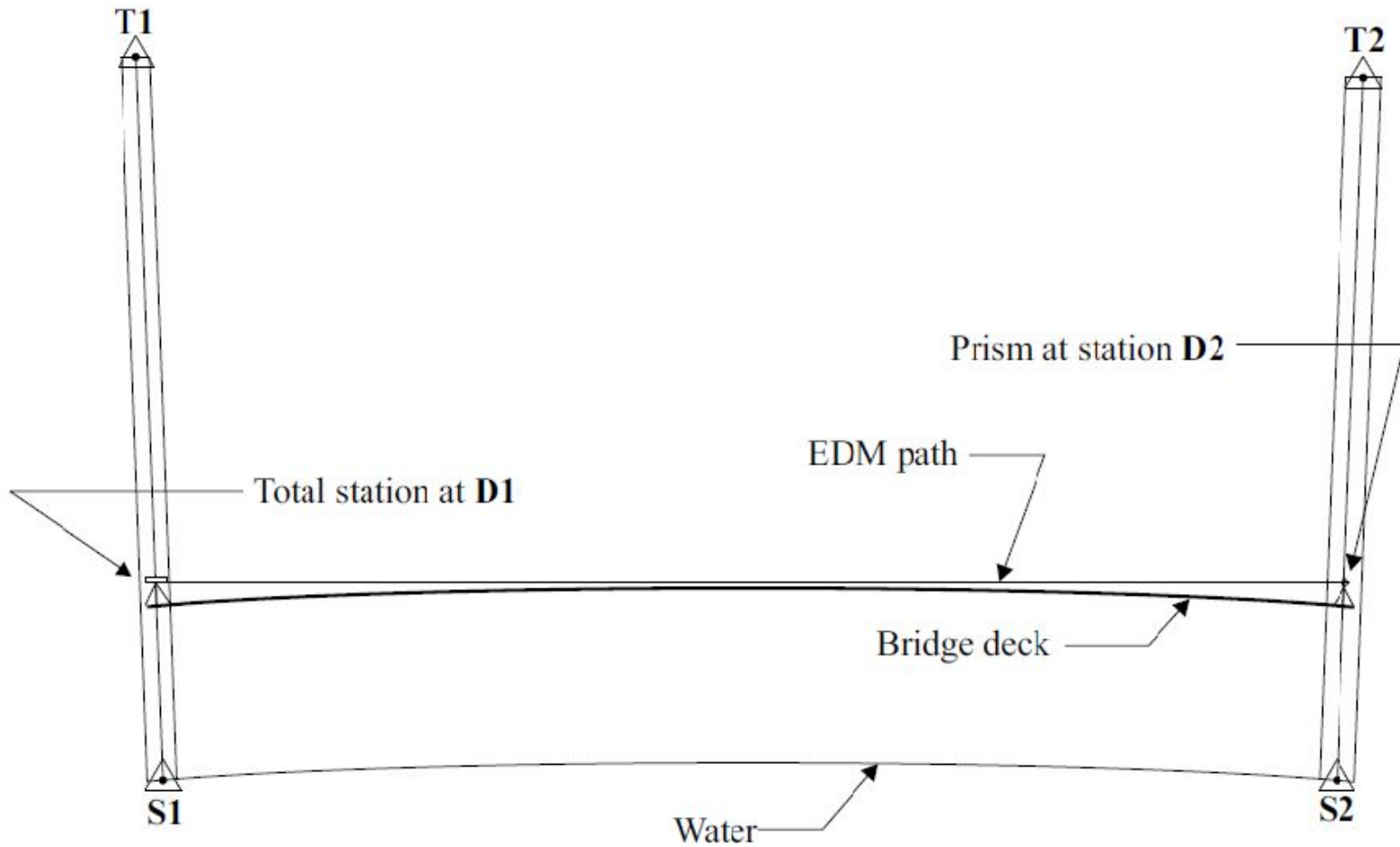


Схема климатов Аристотеля

wikipedia.org

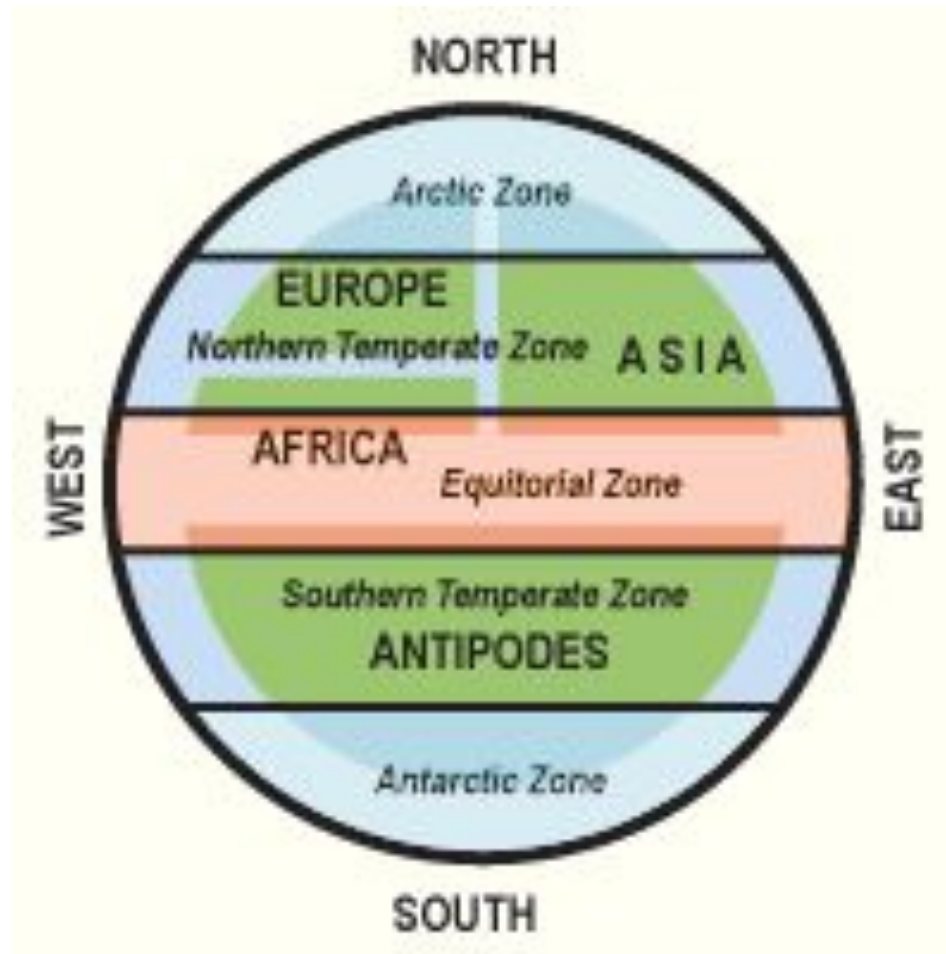
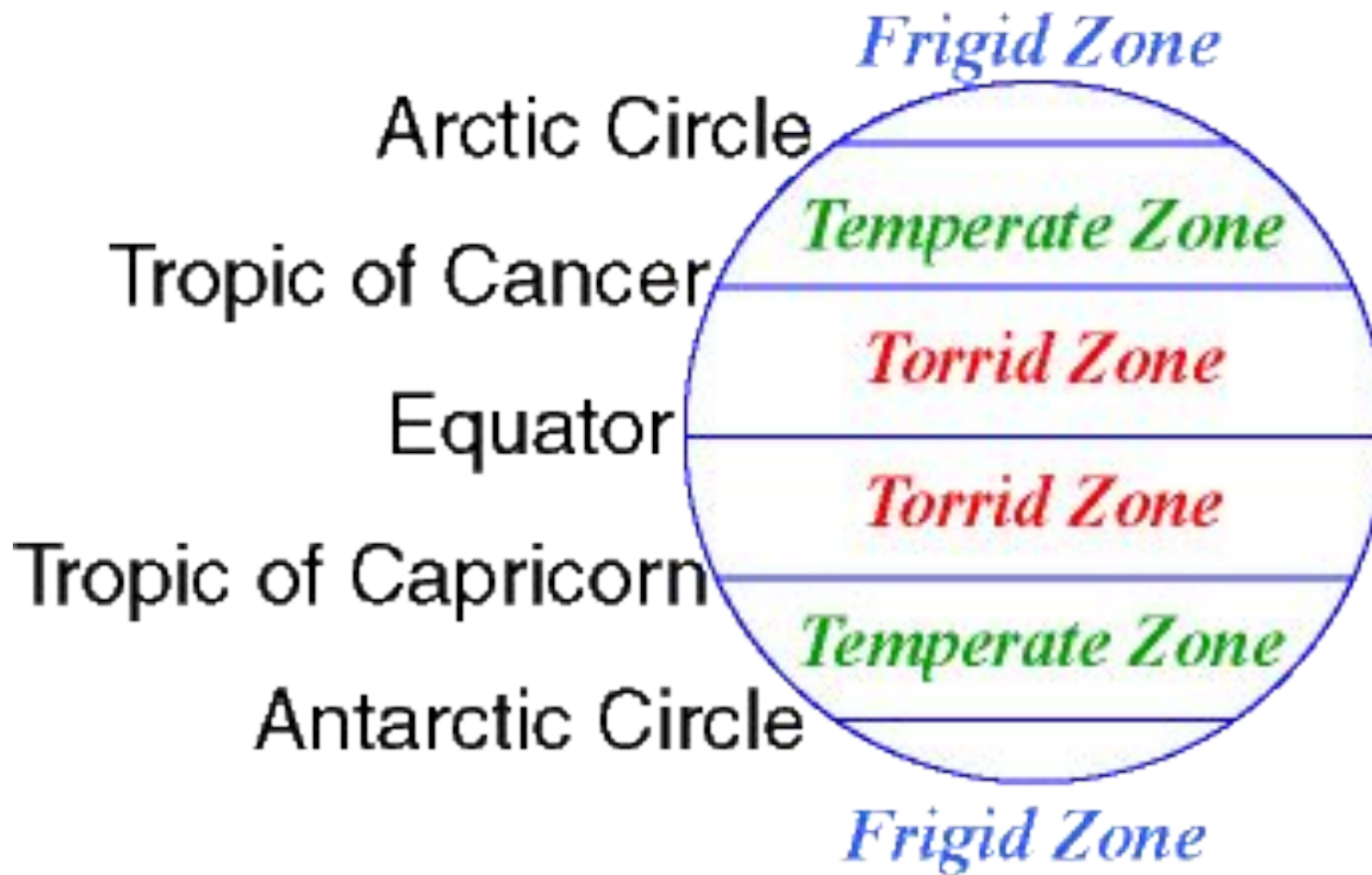


Схема климатов Аристотеля

wikipedia.org



Copyright 1999 by Matt T. Rosenberg

Связь широт с атмосферной циркуляцией

wikipedia.org

