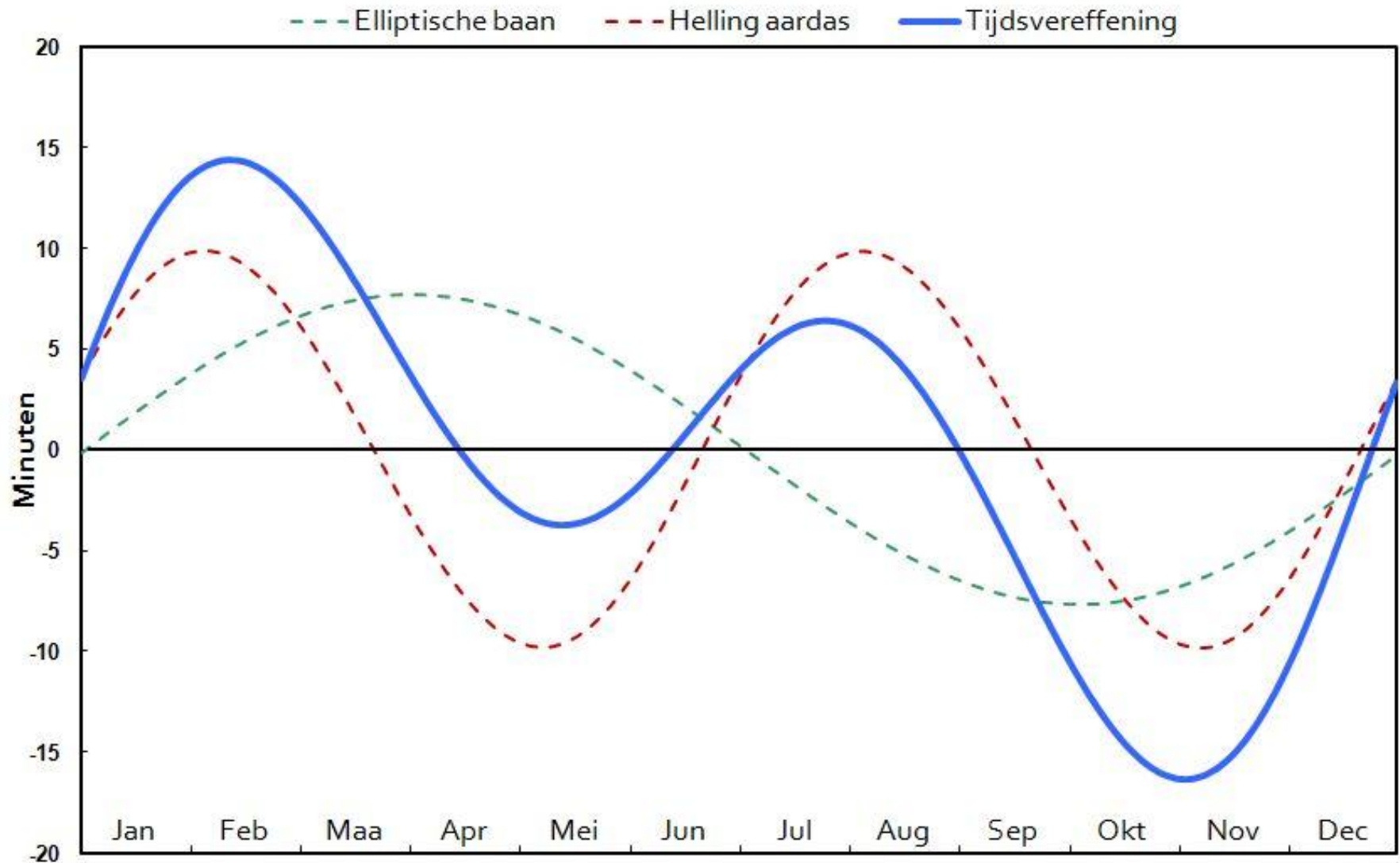


# Небесная сфера

# Уравнение времени

— разница между средним солнечным временем (ССВ) и истинным солнечным временем (ИСВ), то есть  $УВ = ССВ - ИСВ$ .

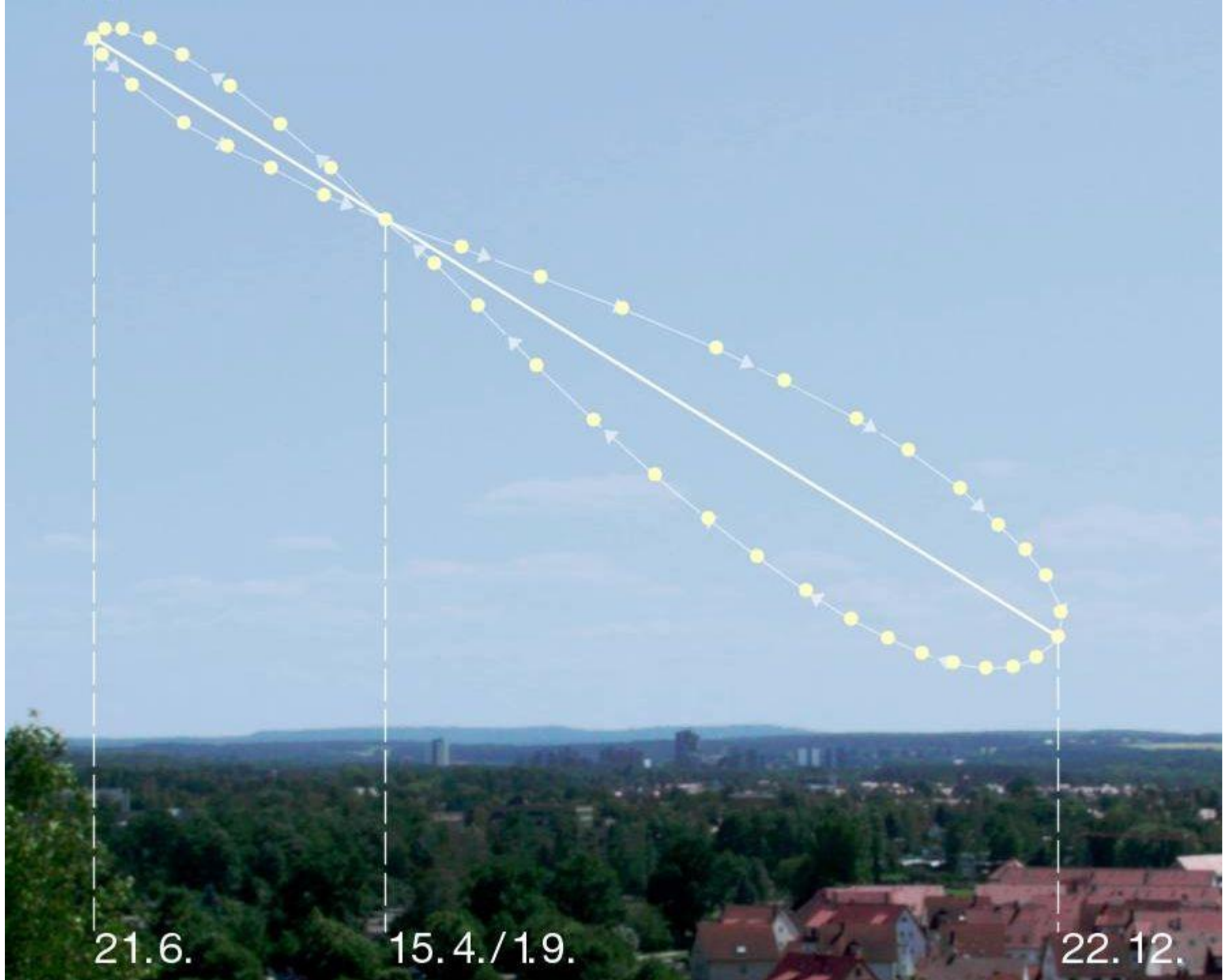
Эта разница в каждый конкретный момент времени одинакова для наблюдателя в любой точке Земли. Уравнение времени можно узнать из специализированных астрономических изданий, астрономических программ или вычислить по формуле.



- График уравнения времени (синяя линия) и двух его составляющих при определении этого уравнения как  $УВ = ССВ - ИСВ$

# Аналемма

- **Анале́мма** (греч. ἀνάλημμα, «основа, фундамент») — кривая, соединяющая ряд последовательных положений центральной звезды планетной системы (в нашем случае — Солнца) на небосводе одной из планет этой системы в одно и то же время суток в течение года.



- Форма analeммы на небосводе Земли имеет вид «восьмёрки» и определяется наклоном земной оси к плоскости эклиптики, эллиптичностью земной орбиты и ориентацией земной оси относительно главных осей эллипса земной орбиты.
- Наивысшее положение солнца на analeмме (точнее — имеющее наибольшее склонение) соответствует летнему солнцестоянию, наинизшее (с наименьшим склонением) — зимнему.
- Положение в перекрестии «восьмёрки» солнце занимает два раза в год, в середине апреля и в конце августа. Эти даты не совпадают с весенним и осенним равноденствием, а сдвинуты к лету (в южном полушарии к зиме), что связано с эллиптичностью земной орбиты.
- Вследствие эллиптичности земной орбиты, положения солнца вблизи верхнего экстремума расположены теснее, а вблизи нижнего — реже. Это связано с тем, что вблизи зимнего солнцестояния Земля движется по орбите быстрее, так как она проходит перигелий в начале января, а вблизи летнего — медленнее (афелий в начале июля).
- Поскольку солнцестояния опережают дни прохождений перигелия и афелия примерно на две недели, «восьмёрка» analeммы слегка асимметрична — восточная и западная половины несколько различаются.



08:00:00 UT+2  
Feb 02/02 - Dec 01/02  
Tholos,  
Ancient Delphi, Greece



09:00:00 UT+2  
Jan 07/03 - Dec 20/03  
Temple of Apollo,  
Ancient Corinth, Greece



10:00:00 UT+2  
Jan 07/03 - Dec 20/03  
Hephaisteion,  
Athens, Greece



11:00:00 UT+2  
Mar 30/03 - Mar 24/04  
Temple of Hera,  
Ancient Olympia, Greece



12:00:00 UT+2  
Mar 30/03 - Mar 24/04  
Temple of Olympian Zeus,  
Athens, Greece



12:28:16 UT+2  
Jan 12/02 - Dec 21/02  
Parthenon,  
Athens, Greece



13:00:00 UT+2  
Jan 06/04 - Dec 20/04  
Temple of Poseidon,  
Sounion, Greece



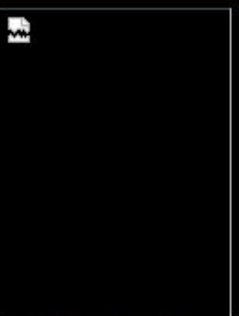
14:00:00 UT+2  
Jan 06/04 - Dec 20/04  
Temple of Aphaia,  
Isle of Aegina, Greece



15:00:00 UT+2  
Jan 07/03 - Dec 20/03  
Erechtheion,  
Athens, Greece



16:00:00 UT+2  
Jan 07/03 - Dec 20/03  
Temple of Zeus,  
Ancient Nemea, Greece



17:00:00 UT+2  
Jan 22/11 - Nov 02/11  
(In Progress)  
Eleventh Attempt



# Задача 1пр

Вам дано изображение, представляющее собой наложение снимков Солнца, сделанных в течение года в одно и то же время суток в некоторой местности. Определите широту места и примерное время съемки. Объясните, почему образованная изображениями Солнца фигура имеет такую форму.





**Image Details****Analemma with the Temple of Apollo (550-540 BC) at Ancient Corinth****Imaging Details****Body:**

Sun

**Mass:**

332,900 x Earth

**Mean Eq Diameter:**

109.1 x Earth

**Distance:**

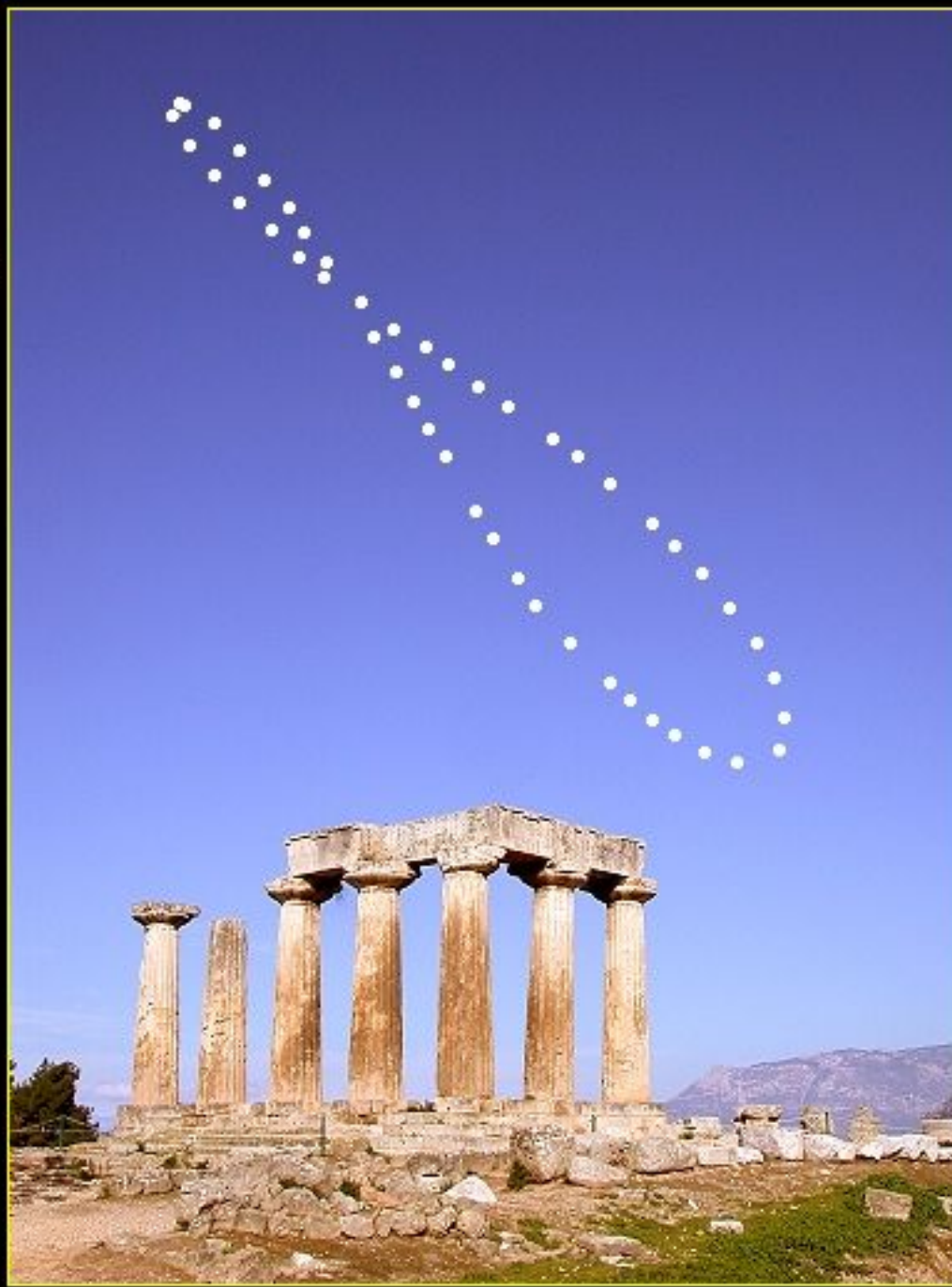
147 million km

**RA / Dec:**18h 45m 13s /  
-23° 02'**Diameter:**

32.53'

**Magnitude:**

-26.8

**Date:**Jan 07, 2003 - Dec 20, 2003  
09:00:00 UT+2**Location:**

Athens, Greece

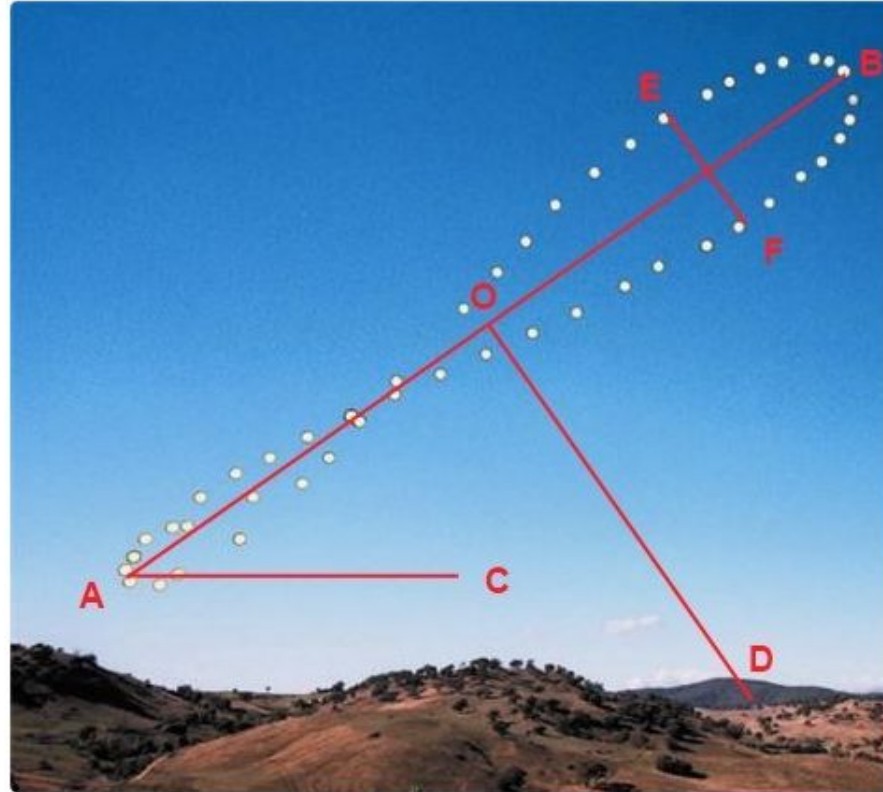
**Equipment:**Canon A-1  
Canon FD 24 mm @ f/11  
Fuji Super HQ 200  
Baadar Solar Filter ND5**Exposures:**1/60 sec  
47 multiple exposures +  
1 foreground exposure**Software:**

Photoshop V6

**Processing:**Levels  
Brightness/Contrast  
Layers  
Resampling (25%)  
JPG Compression

Фото-загадка: что изображено на фотографии, где на Земле это снято и в какое время суток?



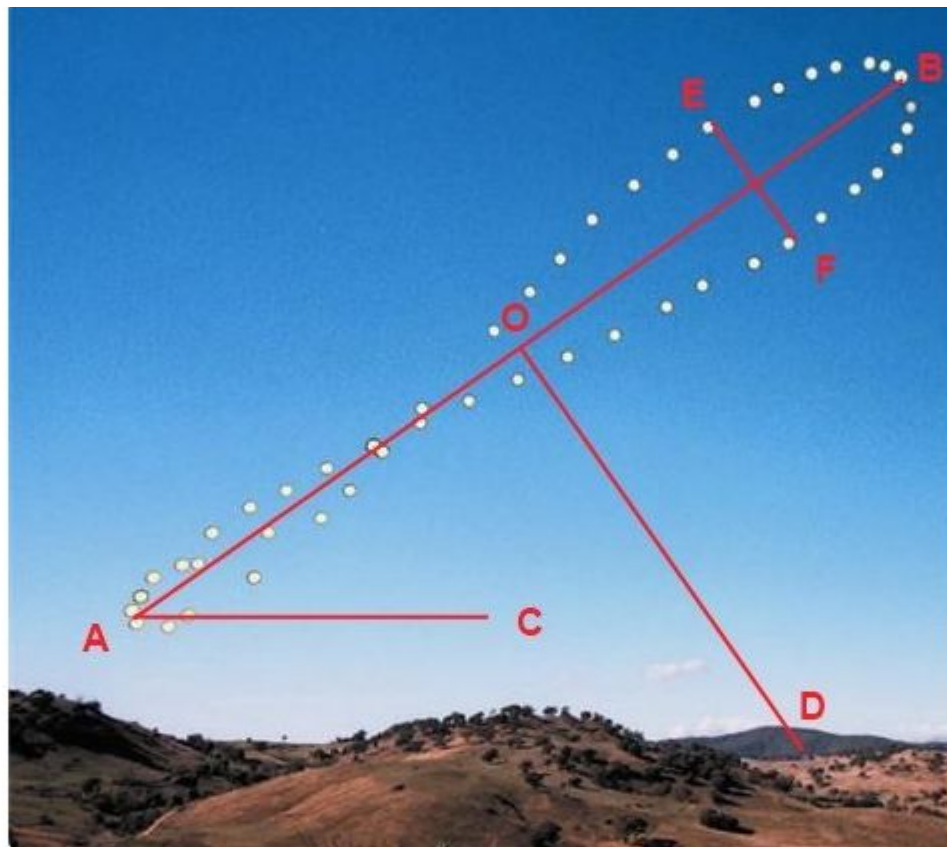


Дополнен 6 лет назад

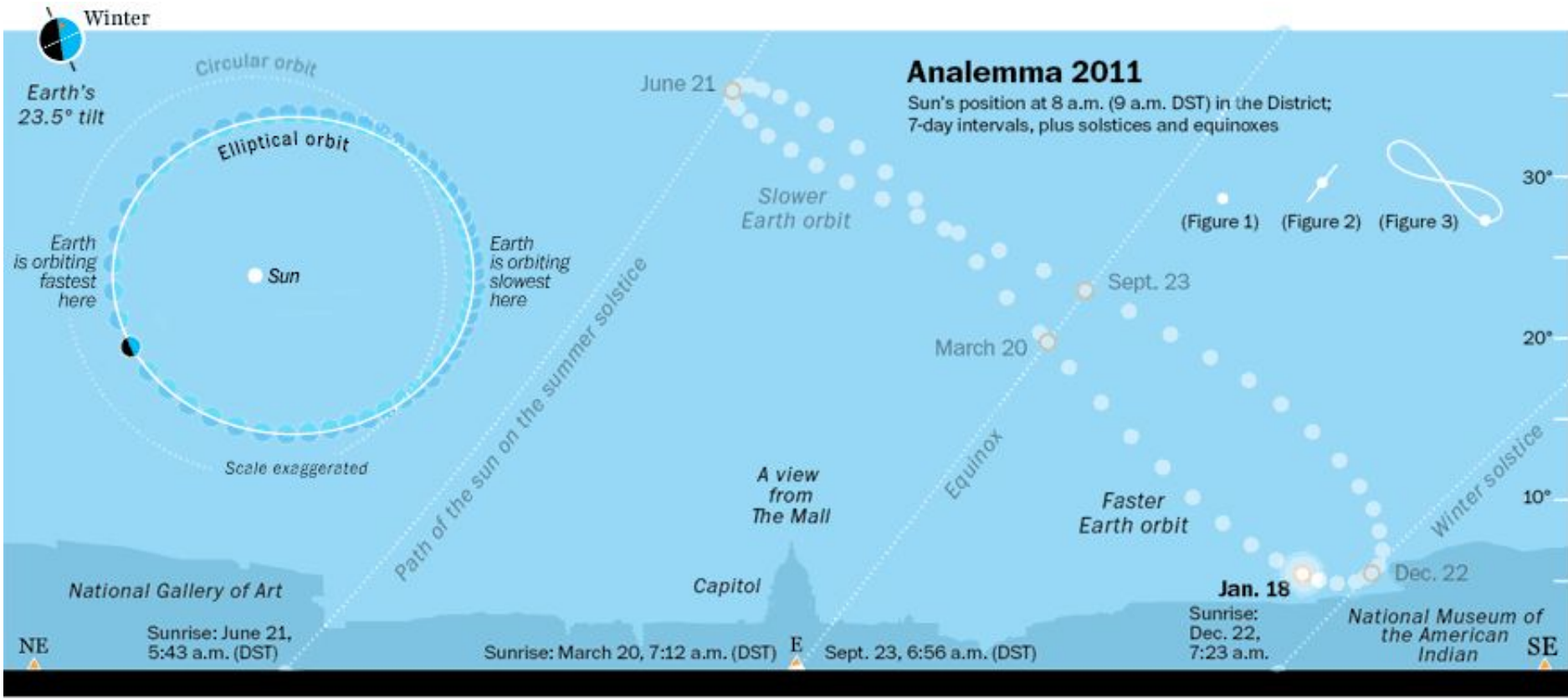
А теперь - правильный ответ. Аналемма висит малой петлей вниз, значит фотография сделана в южном полушарии. И это утренняя аналемма, поскольку наклонена вправо относительно полуденной (вертикальной).  
Ремарка: утренняя аналемма в северном полушарии наклонена влево.

Теперь - широта места съемки. Она определяется наклоном аналеммы. Для простоты я обозначил на рисунке несколько отрезков. Угол САВ составил 35 градусов, значит это примерно 35 градусов южной широты (опять же, надо помнить, что углы на фотографиях могут быть существенно искажены).  
Долготу по снимку определить невозможно, поэтому это может быть любая холмистая местность на 35 параллели южного полушария: Австралия, ЮАР или Аргентина. В данном случае я просто знаю, где это, поскольку снимок был подписан. ) Это Бетанга (штат Виктория, Австралия), расположенный по координатам -36.1, 147.1. Фотография сделана неким товарищем Robert Price.





Ну и наконец - осталось определить местное время, когда делался снимок. Для его определения мы опустим из середины аналеммы перпендикуляр к аналемме OD до уровня горизонта, и сравним длину этого отрезка с самой широкой частью аналеммы EF, которая, как известно, составляет около 30 минут. OD 3.28 раза длиннее чем EF, значит эта аналемма снята спустя  $3.28 \cdot 30 = 98$  минут после 6 часов среднего местного солнечного времени, то есть около 07:40. Подчеркиваю - речь не про административное время, которое в этой местности UTC+10 зимой (Australian Eastern Standard Time, полдень в Бетанге смещен на 12 минут) и UTC+11 летом (Australian Eastern Daylight Time, полдень смещен на 1 час 12 минут) . То есть по административному времени фотографии Солнца делались около 07:50 зимой (март-октябрь) и около 08:50 летом (октябрь-март).



Earth's 23.5° tilt

Circular orbit

Elliptical orbit

Earth is orbiting fastest here

Sun

Earth is orbiting slowest here

Scale exaggerated

Path of the sun on the summer solstice

**Analemma 2011**

Sun's position at 8 a.m. (9 a.m. DST) in the District; 7-day intervals, plus solstices and equinoxes

Slower Earth orbit

(Figure 1) (Figure 2) (Figure 3)

Sept. 23

March 20

Faster Earth orbit

Winter solstice

Jan. 18

Dec. 22

National Museum of the American Indian

A view from The Mall

Capitol

National Gallery of Art

NE

Sunrise: June 21, 5:43 a.m. (DST)

Sunrise: March 20, 7:12 a.m. (DST)

Sept. 23, 6:56 a.m. (DST)

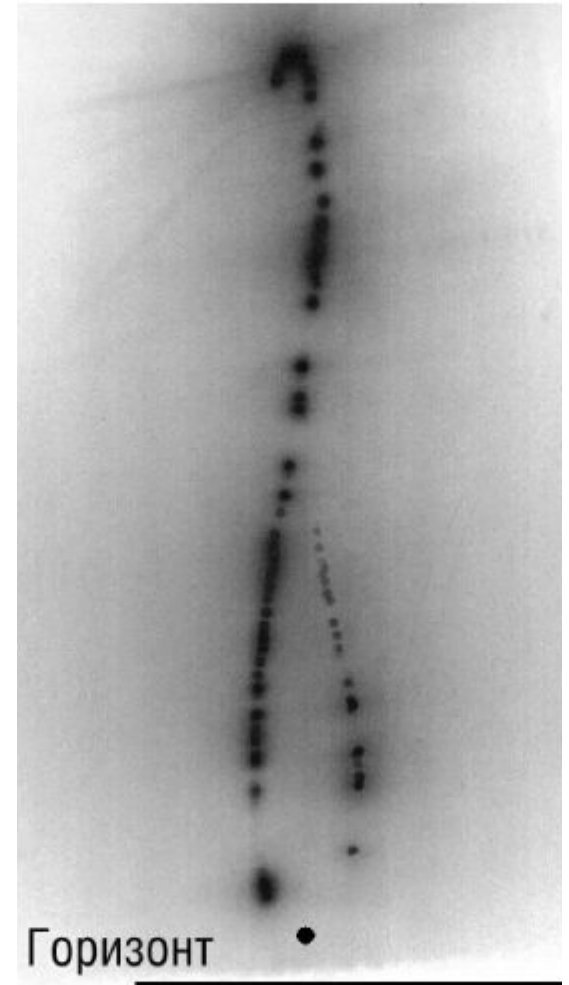
Sunrise: Dec. 22, 7:23 a.m.

SE



# Задача 3 пр

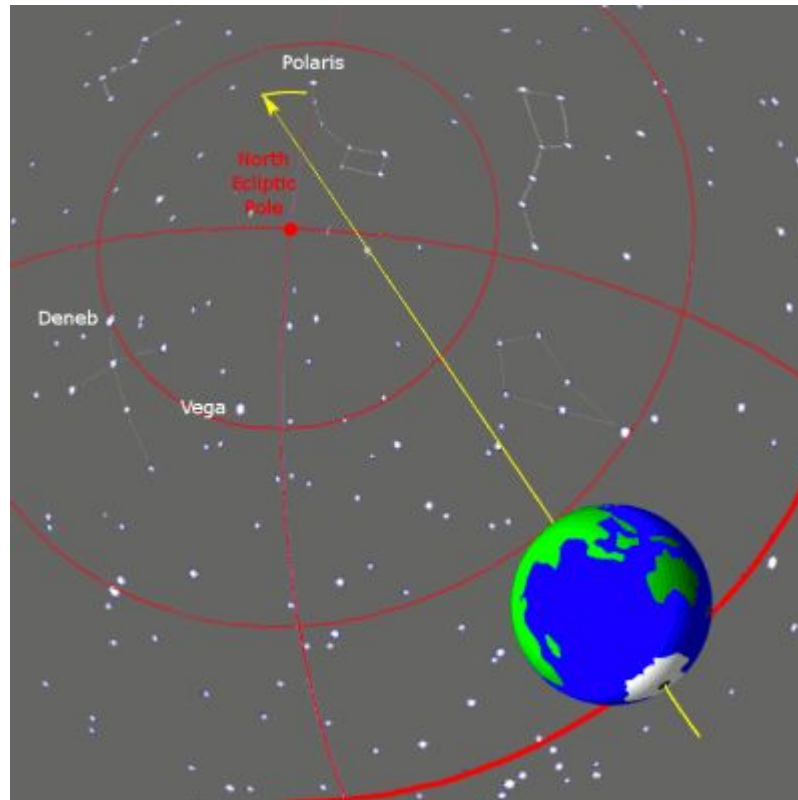
- На фото изображена аналемма. Положение горизонта указано. Определите широту места. Обозначьте положения Солнца в дни солнцестояний, равноденствий, покажите направление перемещения Солнца.



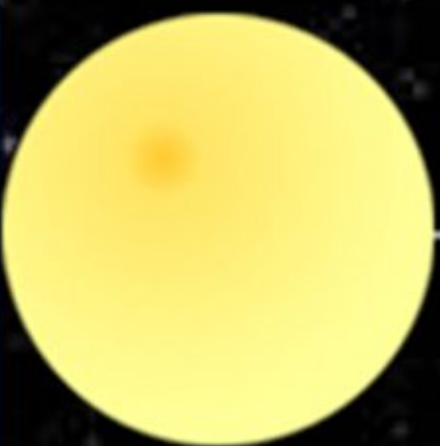


# Прецессия

- **Прецессия** — явление, при котором ось вращения тела меняет своё направление в пространстве.



# Прецессия земной оси



И. Ньютон



Гиппарх