

# Элементы сферической астрономии

Миронова Светлана Михайловна  
22 сентября 2020



# Сферическая астрономия

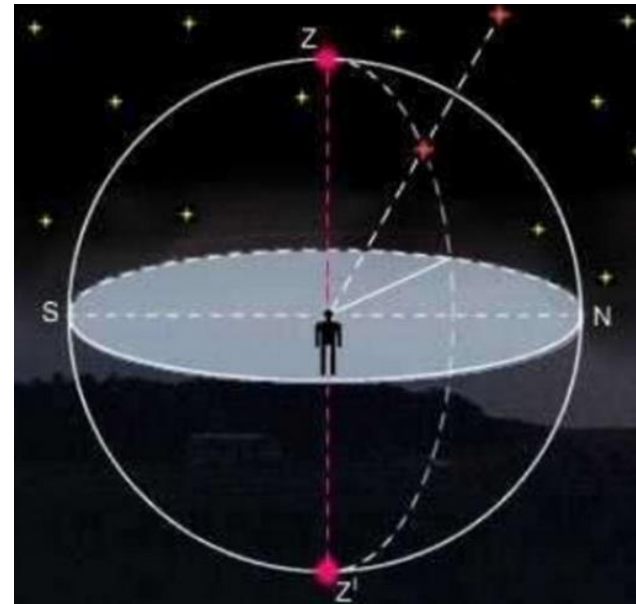
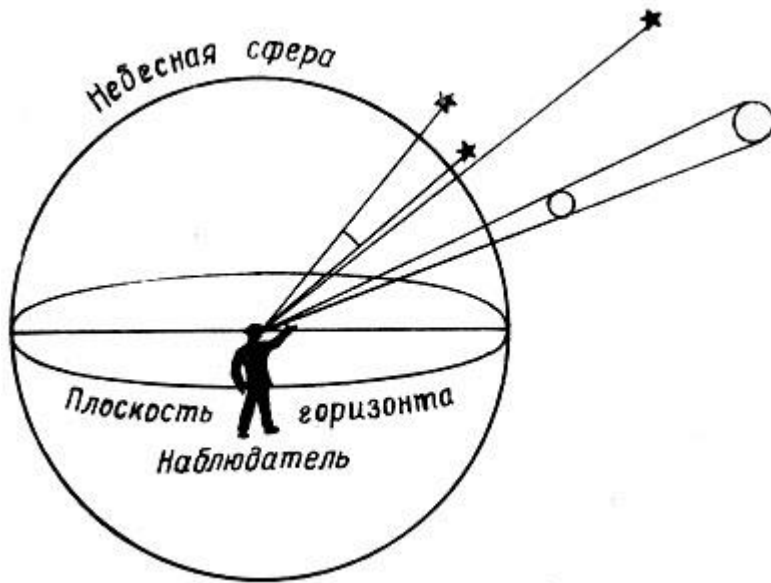
- самый древний раздел астрономии
- предсказывает положение небесных тел в определённую дату в определённом месте

Литература:

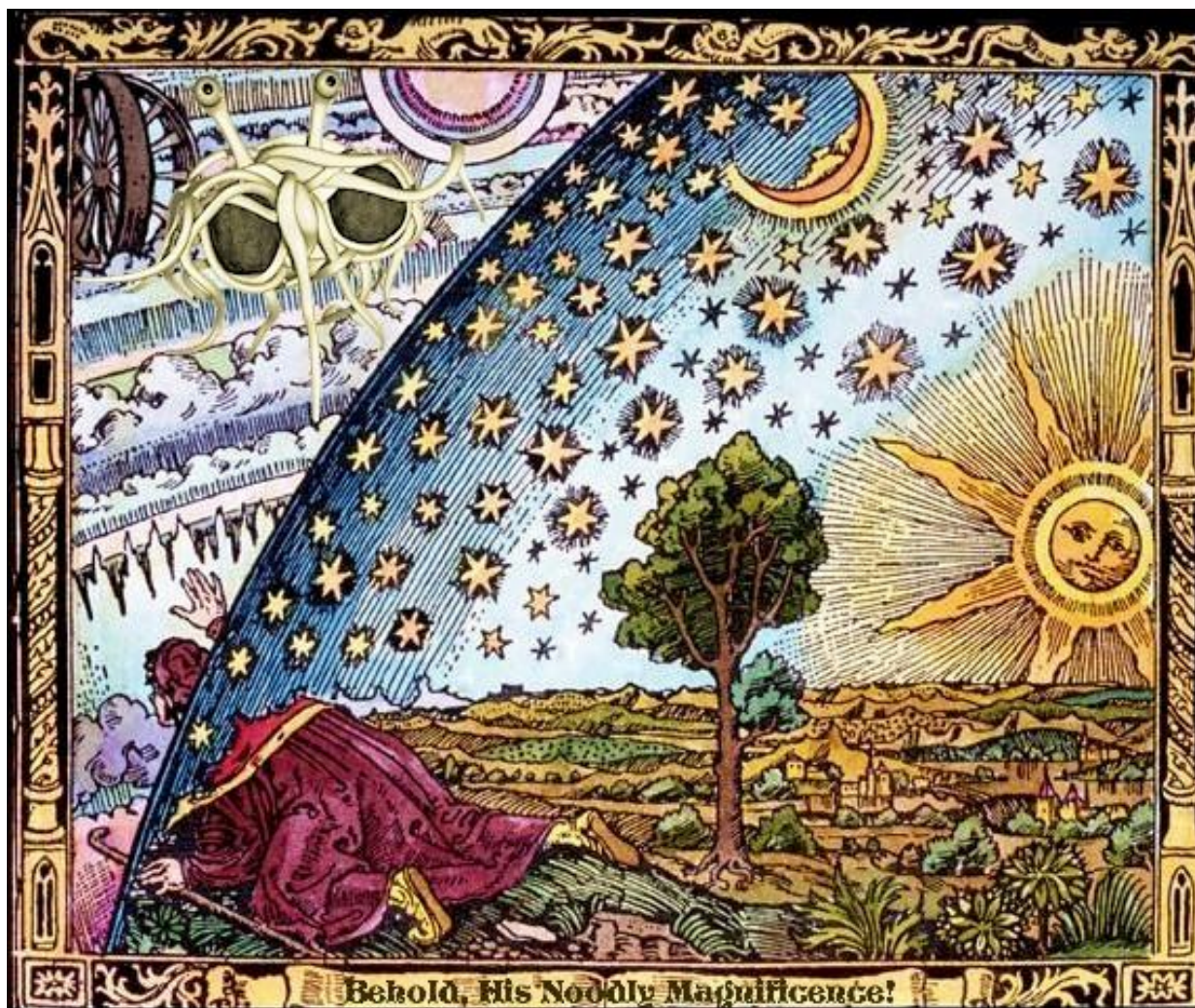
1. Жаров «Сферическая астрономия»

[http://iaaras.ru/media/library/zharov\\_sf.pdf](http://iaaras.ru/media/library/zharov_sf.pdf)

# Небесная сфера



# Небесная сфера



# Горизонтальная система координат

$O$  – наблюдатель

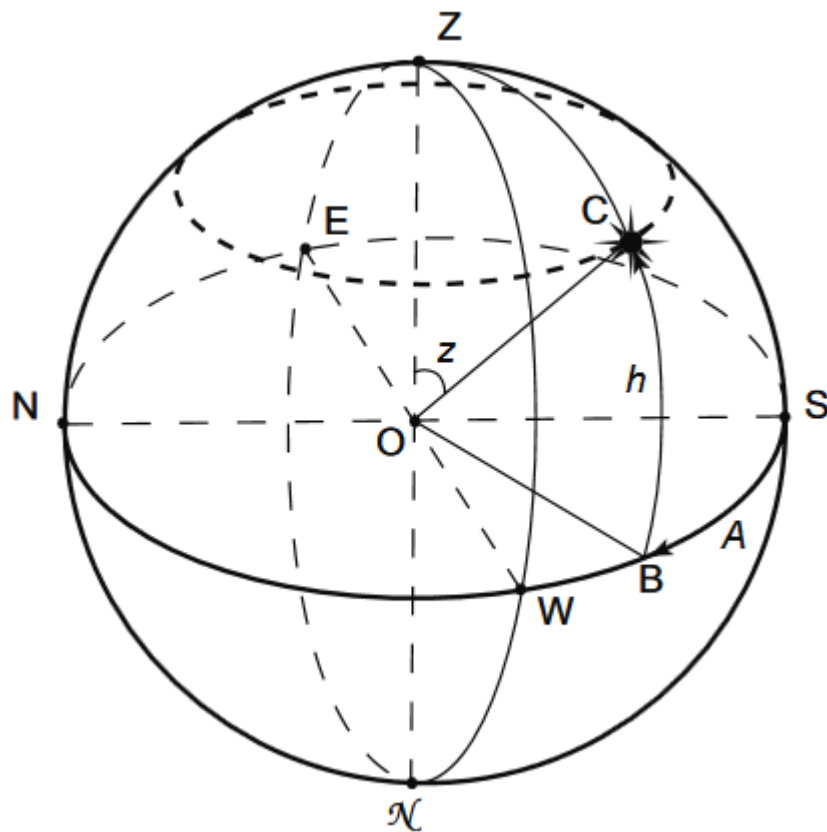
$Z, N$  – зенит и надир

$ZN$  – отвесная линия

$ESNW$  – плоскость горизонта

Координаты звезды  $C$ :

- $ZC$  – зенитное расстояние  $z$
- $CB$  – высота  $h$
- $SB$  – азимут  $A$



# Горизонтальная система координат (определения)

**Отвѣсная лі́ния** — прямая, совпадающая с направлением нити отвеса в месте наблюдения.

**Зенит** — верхняя точка пересечения отвесной линии с небесной сферой

**Надир** — нижняя точка пересечения отвесной линии с небесной сферой

**Математический горизонт** — плоскость, перпендикулярная отвесной линии.





# Горизонтальная система координат (определения)

**Зенитное расстояние ( $z$ )** — угол между зенитом и звездой

**Высота ( $h$ )** — угол между математическим горизонтом и звездой

**Азимут** — угол между точкой юга ( $S$ ) и проекцией звезды на математический горизонт  
(отсчитывается по часовой стрелке, то есть на запад ( $W$ )).

# Экваториальная система координат

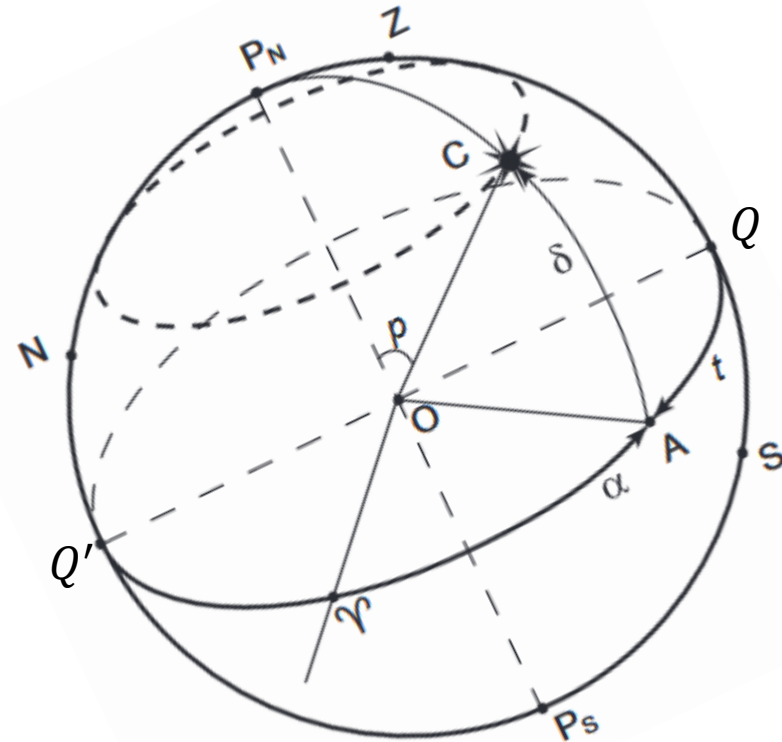
$P_N, P_S$  — северный и южный полюса мира

$P_N P_S$  — ось мира

$\Upsilon$  — точка весеннего равноденствия

Координаты звезды  $C$ :

- $\Upsilon A$  — прямое восхождение  $\alpha$   
 $QA$  — часовой угол  $t$
- $AC$  — склонение  $\delta$   
 $P_N C$  — полярное расстояние  $p$







# Экваториальная система координат (определения)

**Ось мира** — прямая, параллельная оси вращения Земли

**Северный полюс мира** — одна из точек пересечения оси мира с небесной сферой

(вращение Земли происходит против часовой стрелки)

**Небесный экватор** — плоскость, перпендикулярная оси мира

**Эклиптика** — видимый годичный путь Солнца

**Точка весеннего равноденствия** — одна из точек пересечения эклиптики с небесным экватором

# Экваториальная система координат (определения)

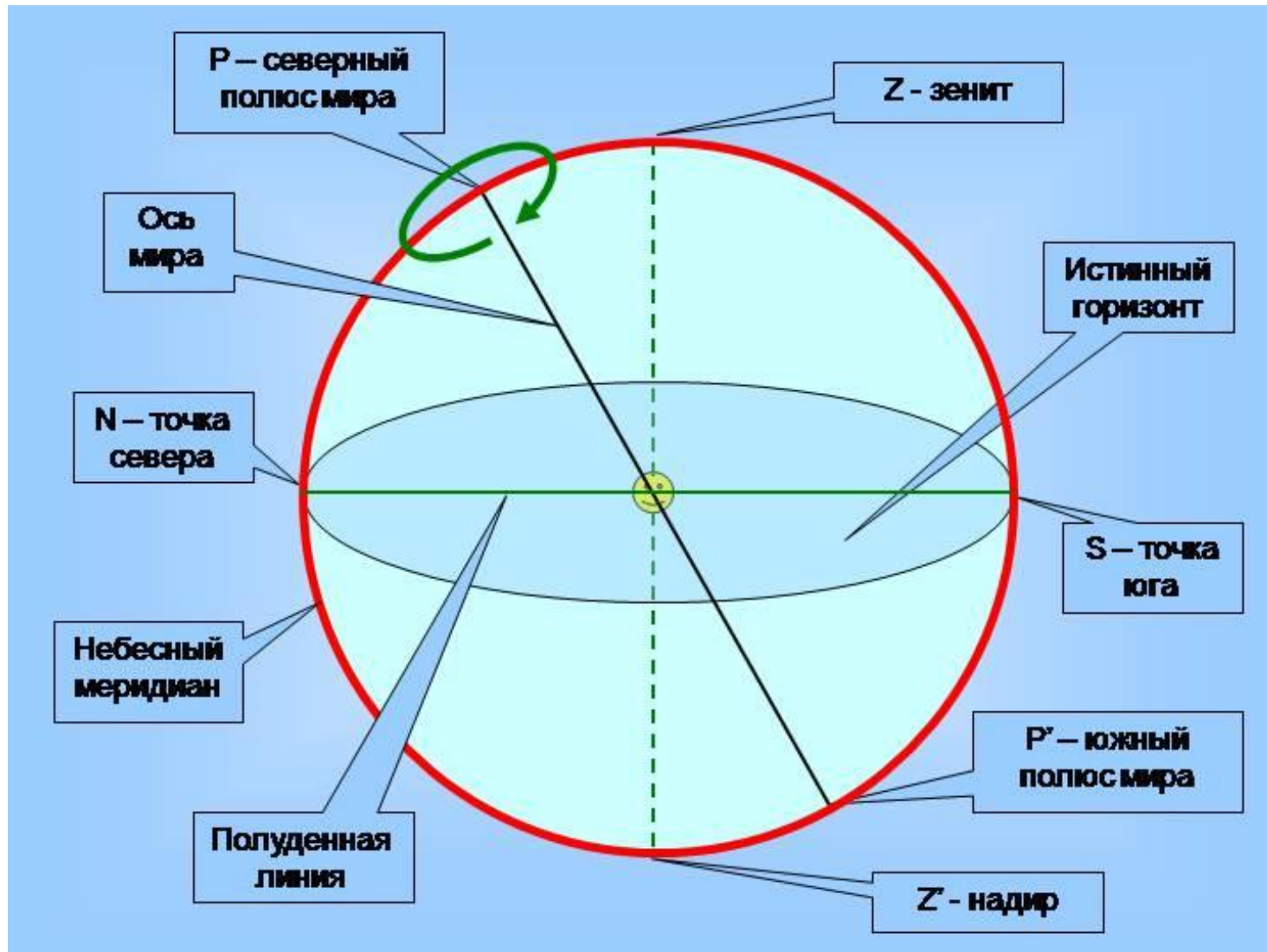
**Склонение ( $\delta$ )** — угол между небесным экватором и звездой

**Полярное расстояние ( $p$ )** — угол между северным полюсом мира и звездой

**Часовой угол ( $t$ )** — угол между  $Q$  и проекцией звезды на небесный экватор

**Прямое восхождение ( $\alpha$ )** — угол между точкой весеннего равноденствия и проекцией звезды на небесный экватор

# Горизонтальная и экваториальная системы координат



# Сферический треугольник

Это фигура, состоящая из трёх точек и трёх дуг **больших кругов**

- Сферический дефект:  
$$a + b + c < 2\pi$$
- Сферический избыток:  
$$\pi < A + B + C < 3\pi$$

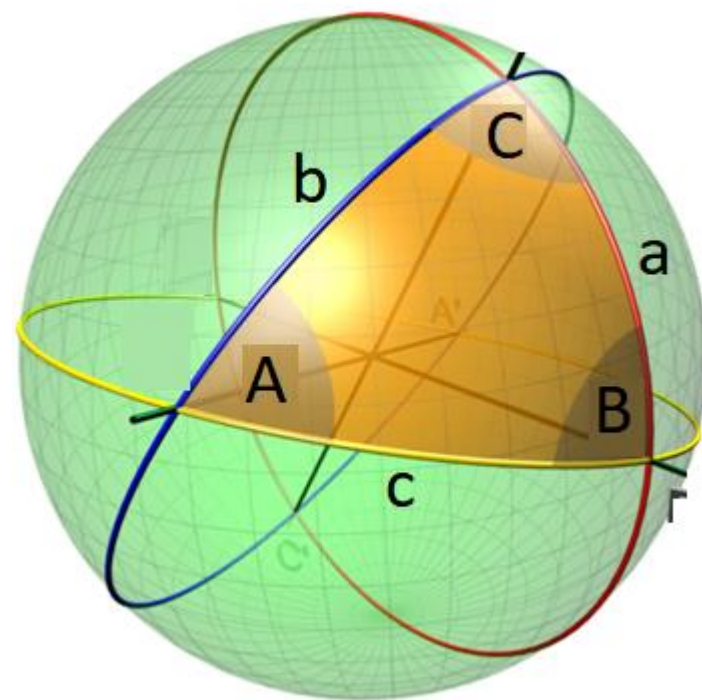


Рисунок: Сферический треугольник ABC

# Основные формулы сферической геометрии



Сферическая теорема косинусов

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Сферическая теорема синусов

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

Формула пяти элементов

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

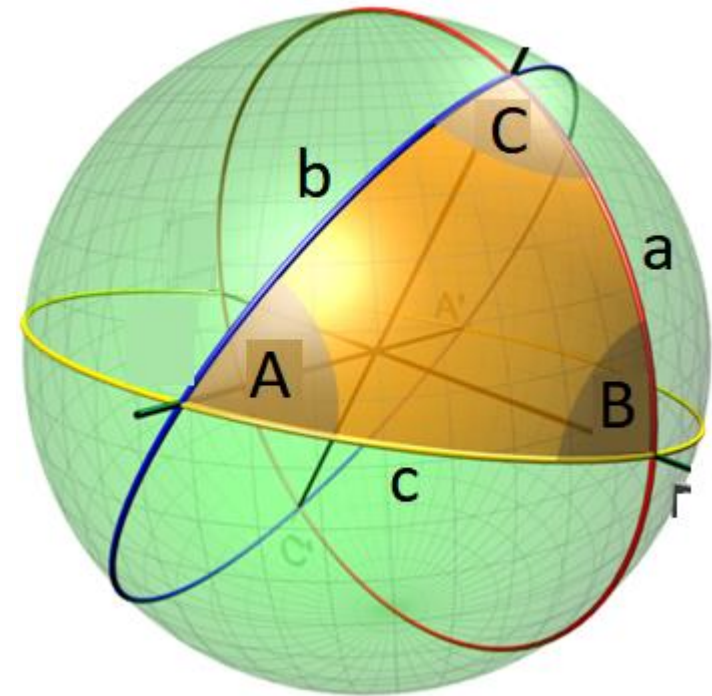


Рисунок: Сферический треугольник ABC

# Переход между горизонтальной и экваториальной системами координат

Г → Э

$$\begin{cases} \cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t \\ \sin z \sin A = \cos \delta \sin t \\ \sin z \cos A = -\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t \end{cases}$$

Э → Г

$$\begin{cases} \cos \delta \cos t = \cos z \cos \varphi + \sin z \sin \varphi \cos A \\ \cos \delta \sin t = \sin z \sin A \\ \sin \delta = \cos z \sin \varphi - \sin z \cos \varphi \cos A \end{cases}$$

(вывод формул можно посмотреть в <http://www.astronet.ru/db/msg/1190817/node16.html>)

