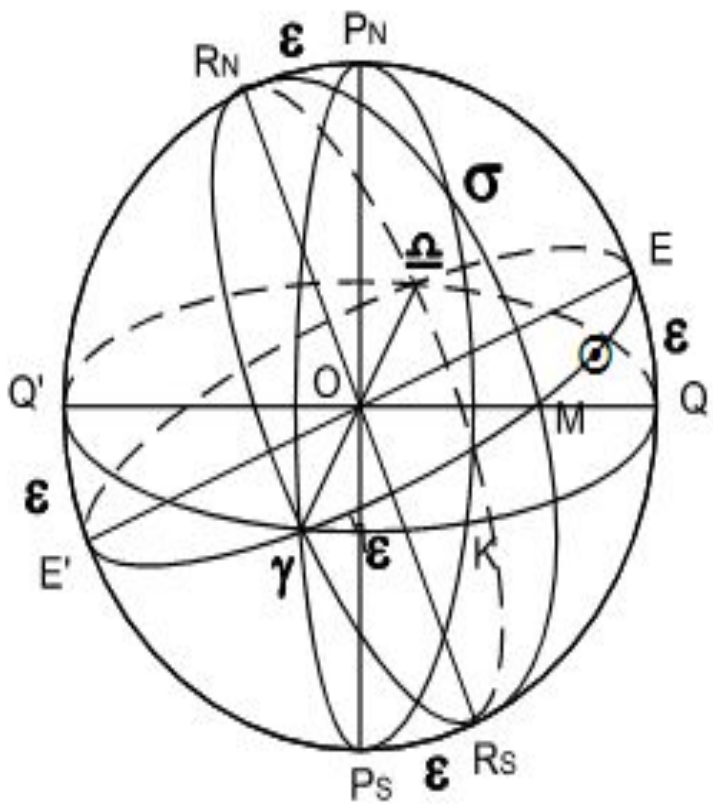
Геодезическая астрономия

Лекция №3. Системы координат

Понятие об эклиптике

В первом приближении орбита Земли может быть принята за плоскую кривую - эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце. Плоскость эллипса, принимаемого за орбиту Земли, называется плоскостью **эклиптики**.



В сферической астрономии принято говорить о **видимом годичном движении Солнца.** Большой круг EγE'♎, по которому происходит видимое движение Солнца в течение года, называется **эклиптикой**. Плоскость эклиптики наклонена к плоскости небесного экватора на угол, примерно равный 23.5 ^{0}. На рис. 4 показаны:

γ – точка весеннего равноденствия;

♎ – точка осеннего равноденствия;

E – точка летнего солнцестояния; E' – точка зимнего солнцестояния; $R_N R_S$ – ось эклиптики; R_N - северный полюс эклиптики; R_S - южный полюс эклиптики; e - наклон эклиптики к экватору.

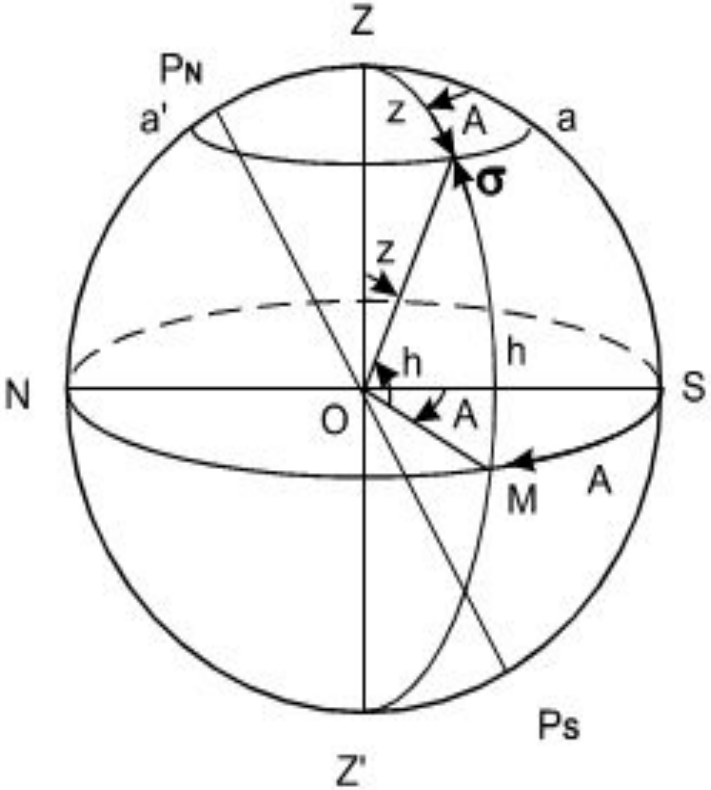
Системы сферических координат

Для определения сферической системы координат на сфере выбирают два взаимно перпендикулярных больших круга, один из которых называют **основным,** а другой - **начальным** кругом системы.

- В геодезической астрономии используются следующие системы сферических координат:
- 1) **горизонтальная** система координат**;**
- 2) **первая и вторая экваториальные** системы координат;
- 3) **географическая** система координат**.**

Название систем обычно соответствует названию больших кругов, принятых за основной.

Горизонтальная система координат



Основной круг в этой системе - **астрономический горизонт** SMN. Его геометрические полюса - Z (зенит) и Z' (надир).

Начальный круг системы - **небесный меридиан** ZSZ'N.

Начальная точка системы - **точка юга** S.

Определяющий круг системы - **вертикал** ZσZ'.

Первая координата горизонтальной системы – **высота** h, угол между плоскостью горизонта и направлением на светило ∠MOσ, или дуга вертикала от горизонта до светила ∪Mσ. Высота отсчитывается от горизонта и может принимать значения $-90^0 \le h \le 90^0$.

Иногда вместо высоты h используется **зенитное расстояние** - угол между отвесной линией и направлением на светило ∠ZOs.

$z = 90^0 - h$. Зенитное расстояние светила отсчитывается от зенита и может принимать значения $0^0 \le z \le 180^0$.

Вторая координата горизонтальной системы – **азимут** – двугранный угол SZZ's между плоскостью небесного меридиана (начального круга) и плоскостью вертикала светила, обозначаемый буквой A:

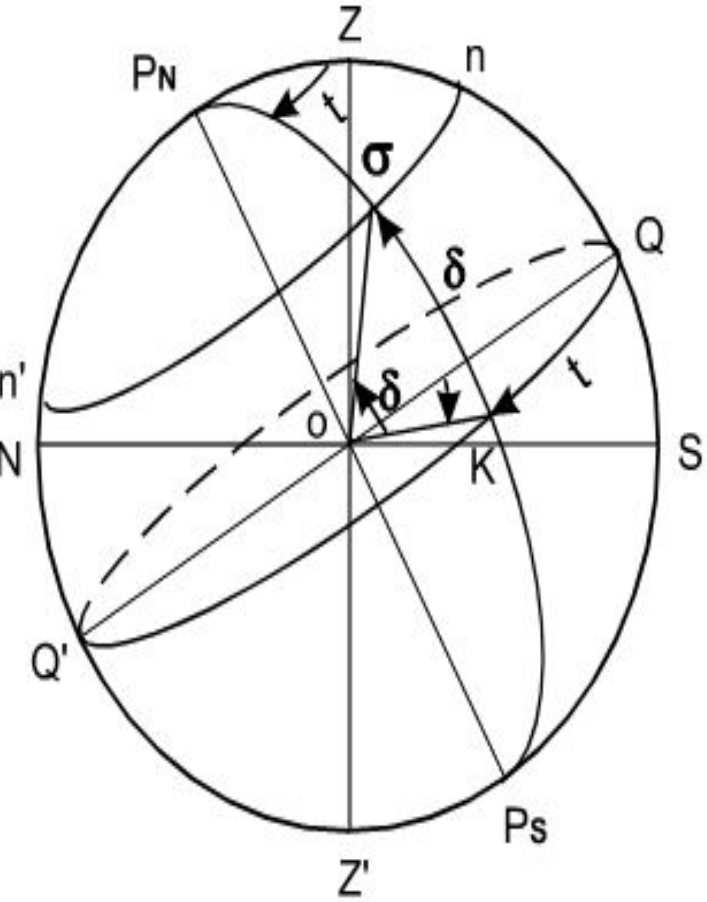
A = двугр.угол SZZ's = $\angle$SOM = $\cup$SM = сф.угол SZM.

В астрономии азимуты отсчитываются от точки юга S по ходу часовой стрелки в пределах $0^0 \leq A \leq 360^0$.

Вследствие суточного вращения небесной сферы горизонтальные координаты светила меняются в течение суток. Поэтому, фиксируя положение светил в этой системе координат, нужно отмечать момент времени, к которому относятся координаты h, z, A.

В горизонтальной системе координат ориентируются геодезические инструменты и выполняются измерения.

Первая экваториальная система координат



Первая экваториальная система координат показана на рис. 6.

Основной круг первой экваториальной системы координат есть **небесный экватор** Q'KQ. Геометрические полюса небесного экватора - северный и южный полюсы мира, P_N и P_S.

Начальный круг системы - **небесный меридиан** $P_NQ'P_SQ$.

Начальная точка системы – верхняя точка экватора Q.

Определяющий круг системы – круг склонения $P_N\sigma P_S$.

Первая координата первой экваториальной системы - **склонение** светила δ, угол между плоскостью небесного экватора и направлением на светило $\angle K O \sigma$, или дуга круга склонения $\smile K\sigma$. Склонение отсчитывается от экватора к полюсам и может принимать значения

$$-90^0 \leq \delta \leq 90^0.$$

Иногда используется величина $\Delta = 90^0 - \delta$, где $0^0 \leq \Delta \leq 180^0$, называемая **полярным расстоянием**.

Склонение не зависит ни от суточного вращения Земли, ни от географических координат пункта наблюдения ϕ, λ.

Вторая координата первой экваториальной системы – **часовой угол** светила t – двугранный угол между плоскостями небесного меридиана и круга склонения светила, или сферический угол при северном полюсе мира:

$$t = \text{дв.угол } QP_NP_S\sigma = \text{сф.угол } QP_N\sigma = \cup QK = \angle QOK.$$

Часовой угол отсчитывается от верхней точки экватора Q в направлении суточного вращения небесной сферы от 0^0 до 360^0, $0^0 \le t \le 360^0$.

Часовой угол часто выражают в часовой мере, $0^h \le t \le 24^h$.

Градусы и часы связаны соотношениями:

$$360^0 = 24^h,\ 15^0 = 1^h,\ 15' = 1^m,\ 15'' = 1^s.$$

Вследствие видимого суточного движения небесной сферы часовые углы светил постоянно изменяются. Часовой угол t отсчитывается от небесного меридиана, положение которого определяется направлением отвеса (ZZ') в данном пункте и, следовательно, зависит от географических координат пункта наблюдения на Земле.

Вторая экваториальная система координат

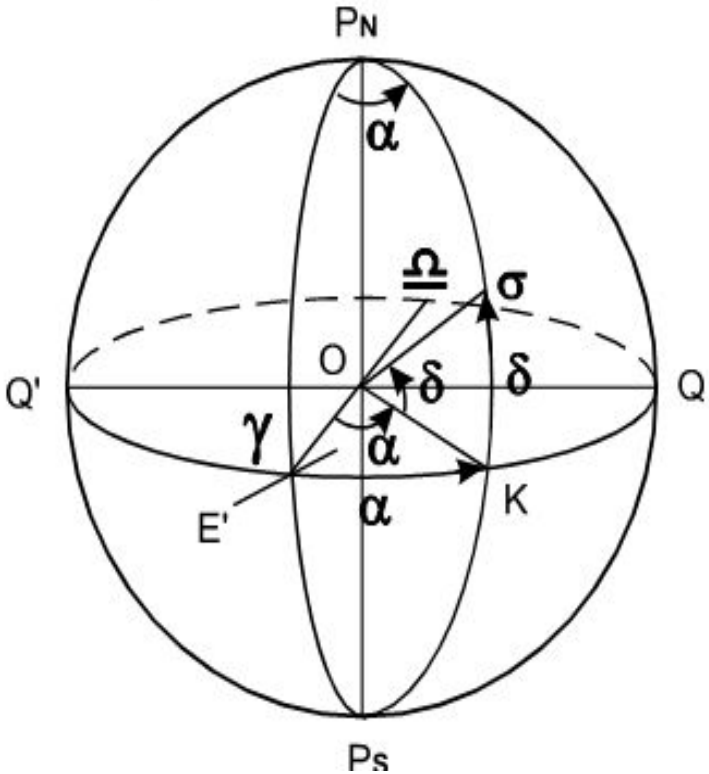
Основной круг второй экваториальной системы - **небесный экватор** $Q\gamma Q'$.

Начальный круг системы - круг склонений точки весеннего равноденствия $P_N\gamma P_S$, называемый **колюром равноденствий.**

Начальная точка системы – **точка весеннего равноденствия** γ.

Определяющий круг системы – круг склонения $P_N\sigma P_S$.

Первая координата - склонение светила δ.



Вторая координата - прямое восхождение α, двугранный угол между плоскостями колюра равноденствия и круга склонения светила, или сферический угол $\gamma P_N\sigma$, или дуга экватора γK:

α =дв.угол $\gamma P_N P_S\sigma$ = сф.угол $\gamma P_N\sigma$ = $\smile\gamma K$ = $= \angle\gamma OK$.

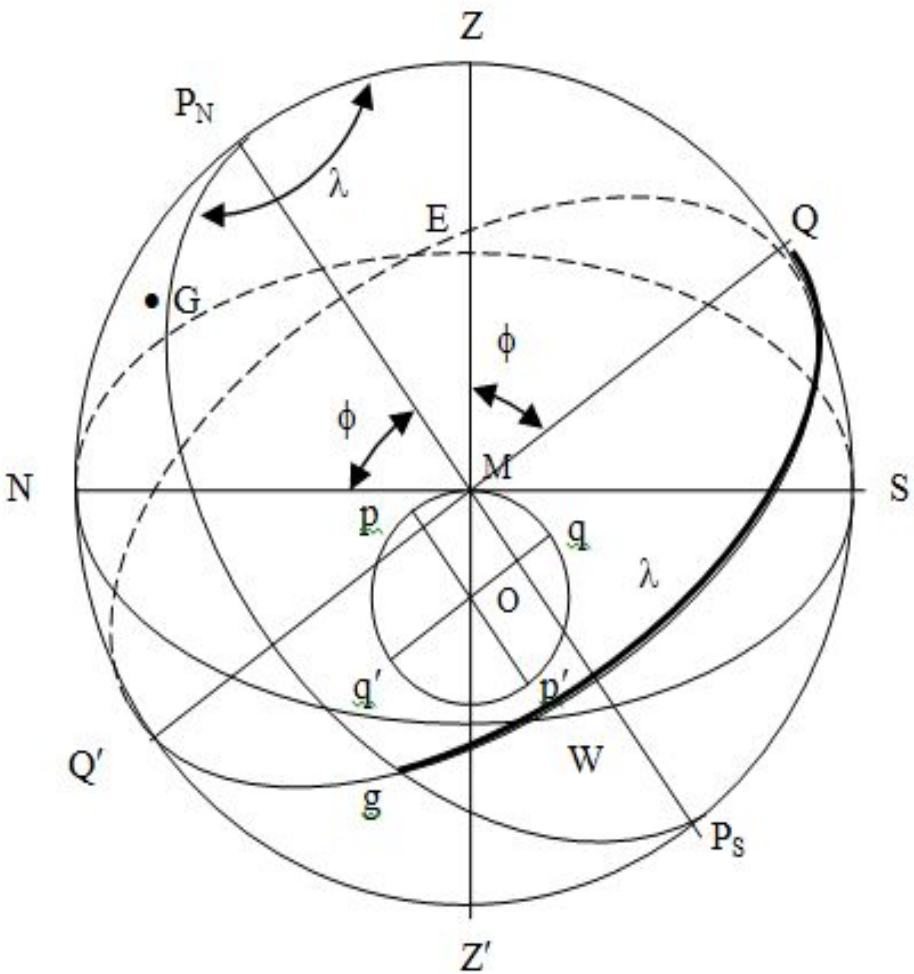
Прямое восхождение α выражается в часовой мере и отсчитывается от точки γ против хода часовой стрелки в направлении, противоположном видимому суточному движению светил,

$$0^h \le \alpha \le 24^h.$$

Во второй экваториальной системе координаты a и d не зависят от суточного вращения светил. Так как эта система не связана ни с горизонтом, ни с меридианом, то a и d не зависят от положения точки наблюдения на Земле, то есть от географических координат f и l.

При выполнении астрономо-геодезических работ координаты светил a и d должны быть известны. Они используются при обработке результатов наблюдений, а также для вычисления таблиц координат A и h, называемых эфемеридами, с помощью которых можно отыскать астрономическим теодолитом светило в любой заданный момент времени. Экваториальные координаты светил a и d определяются из специальных наблюдений на астрономических обсерваториях и публикуются в звездных каталогах.

Географическая система координат



Если спроектировать точку M земной поверхности на небесную сферу по направлению отвесной линии ZZ’ (рис.8), то сферические координаты зенита Z этой точки называются **географическими** координатами: **географической широтой** ϕ и **географической долготой** λ.

В географической системе координат задается положение пунктов на поверхности Земли. Географические координаты могут быть астрономическими, геодезическими и геоцентрическими. Методами геодезической астрономии определяют астрономические координаты.

- **Основной круг** астрономической географической системы – **земной экватор**.
- Плоскость астрономического меридиана, проходящего через произвольную точку земной поверхности, содержит отвесную линию в данной точке и параллельна оси вращения Земли.
- **Начальный меридиан** – **начальный круг** системы координат – проходит через Гринвичскую обсерваторию (согласно международному соглашению 1883г).
- **Начальная точка** астрономической географической системы координат – точка пересечения начального меридиана с плоскостью экватора.
- В геодезической астрономии определяются астрономические широта и долгота, f и l, а также астрономический азимут направления A.

- **Астрономическая широта** f есть угол между плоскостью экватора и отвесной линией в данной точке. Широта отсчитывается от экватора к северному полюсу от 0^0 до $+90^0$ и к южному полюсу от 0^0 до -90^0.
- **Астрономическая долгота** l – двугранный угол между плоскостями начального и текущего астрономических меридианов. Долгота отсчитывается от гринвичского меридиана к востоку (l_E- восточная долгота) и к западу (l_W- западная долгота) от 0^0 до 180^0 или, в часовой мере, от 0 до 12 часов (12^h). Иногда долготу считают в одну сторону от 0 до 360^0 или, в часовой мере, от 0 до 24 часов.
- **Астрономический азимут направления** A – двугранный угол между плоскостью астрономического меридиана и плоскостью, проходящей через отвесную линию и точку, на которую измеряется направление.