

# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат



SkyGlobe



(c) 2003

mez@karelia.ru

1

# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат

**Небесная сфера** - воображаемая сфера произвольного радиуса с центром в произвольной точке пространства, на поверхности которой расположены светила, так как они видны из данной точки

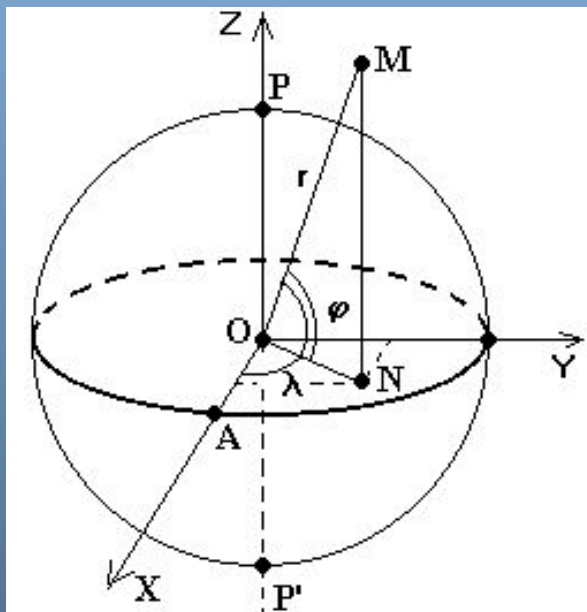
SkyGlobe



## Сферические системы координат (с.к.):

- Географические координаты
- Горизонтальная с.к.
- Экваториальная с.к. (1-я и 2-я)
- Эклиптикальная (эклиптическая) с.к.
- Галактическая с.к.

**Какое движение (физическая основа) задает систему координат?**

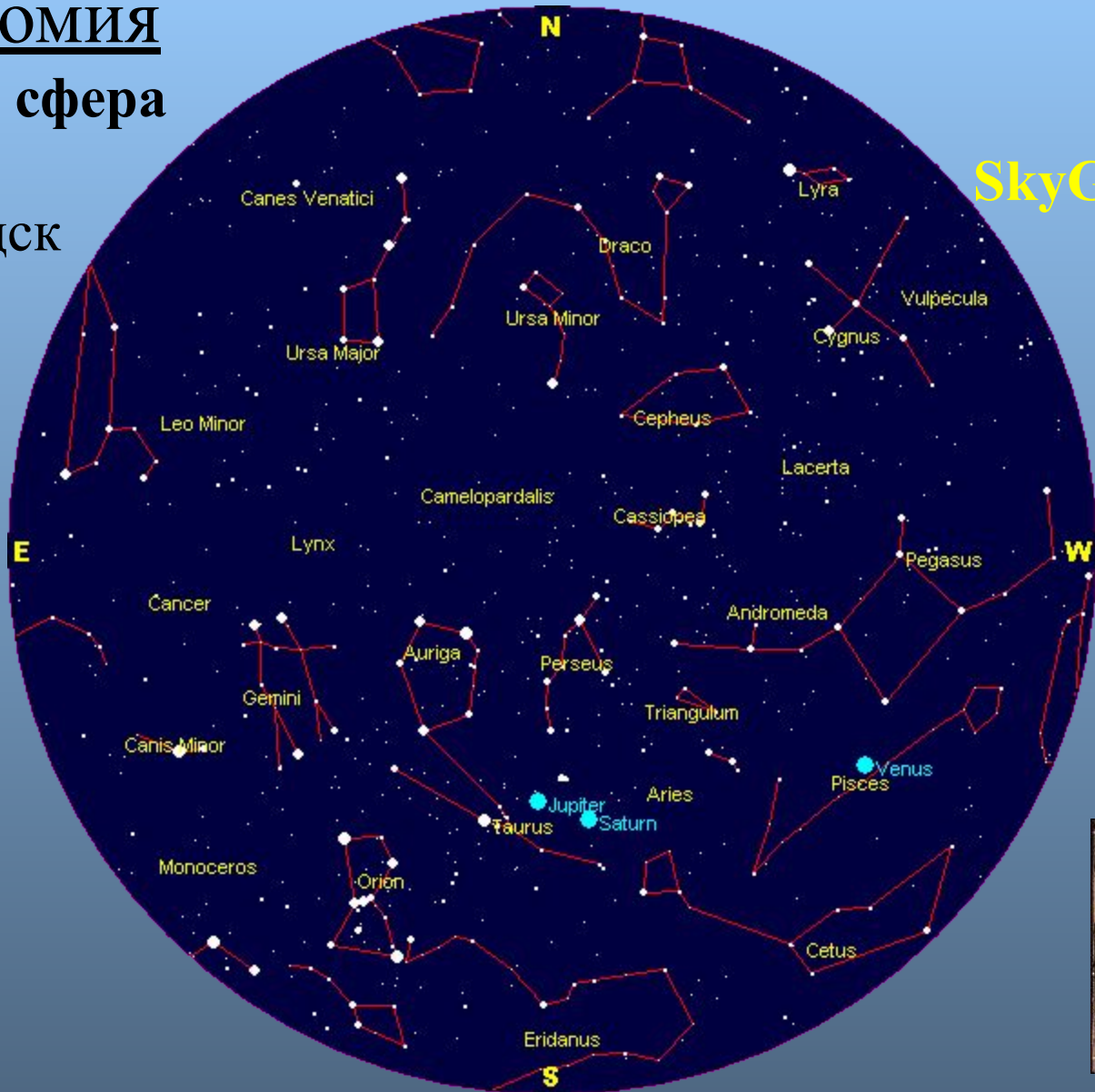


# Астрономия

## Небесная сфера



Петрозаводск  
21.02.2001  
18:30 МСК



SkyGlobe

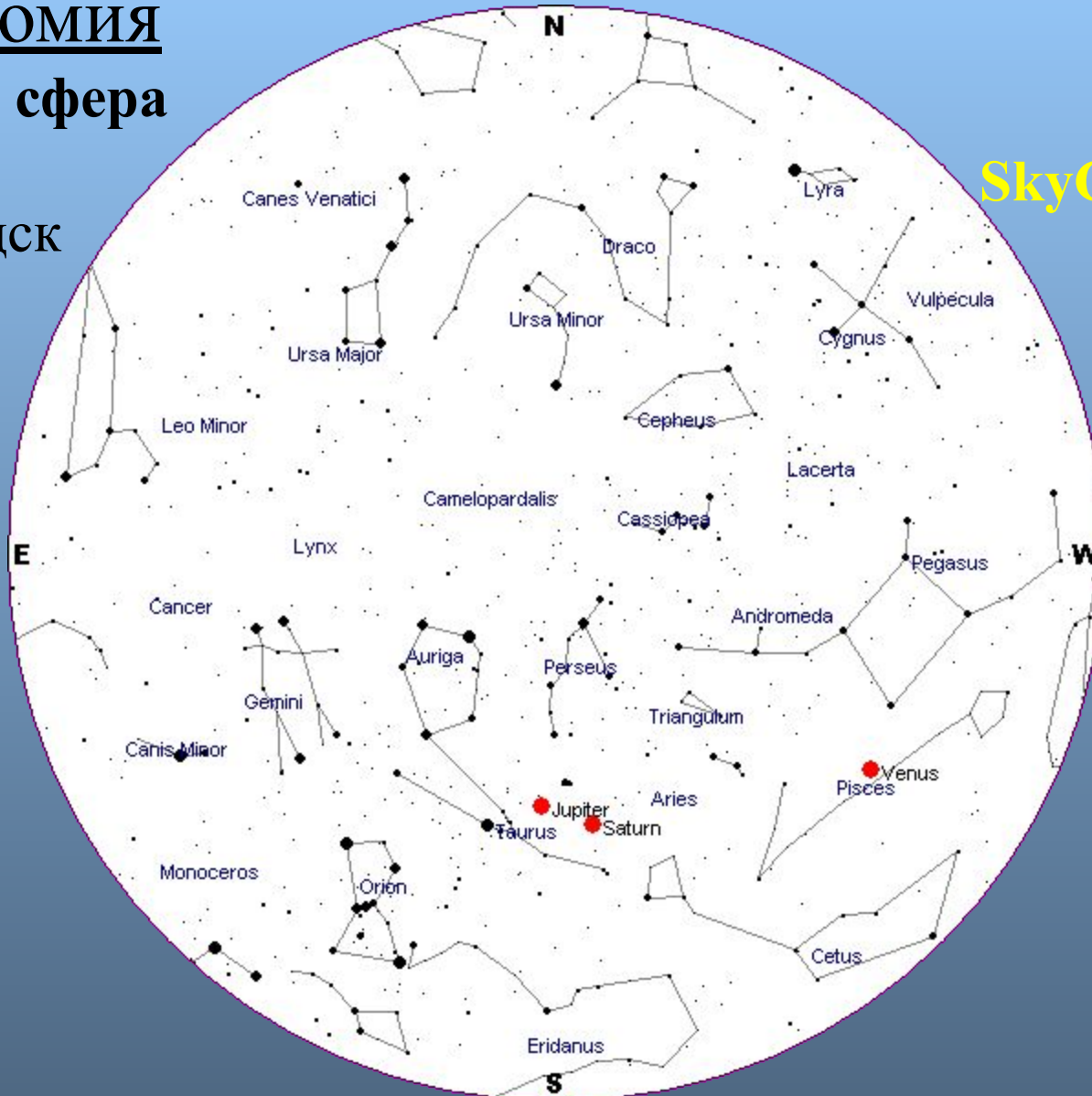


# Астрономия Небесная сфера



Петрозаводск  
21.02.2001  
18:30 МСК

SkyGlobe

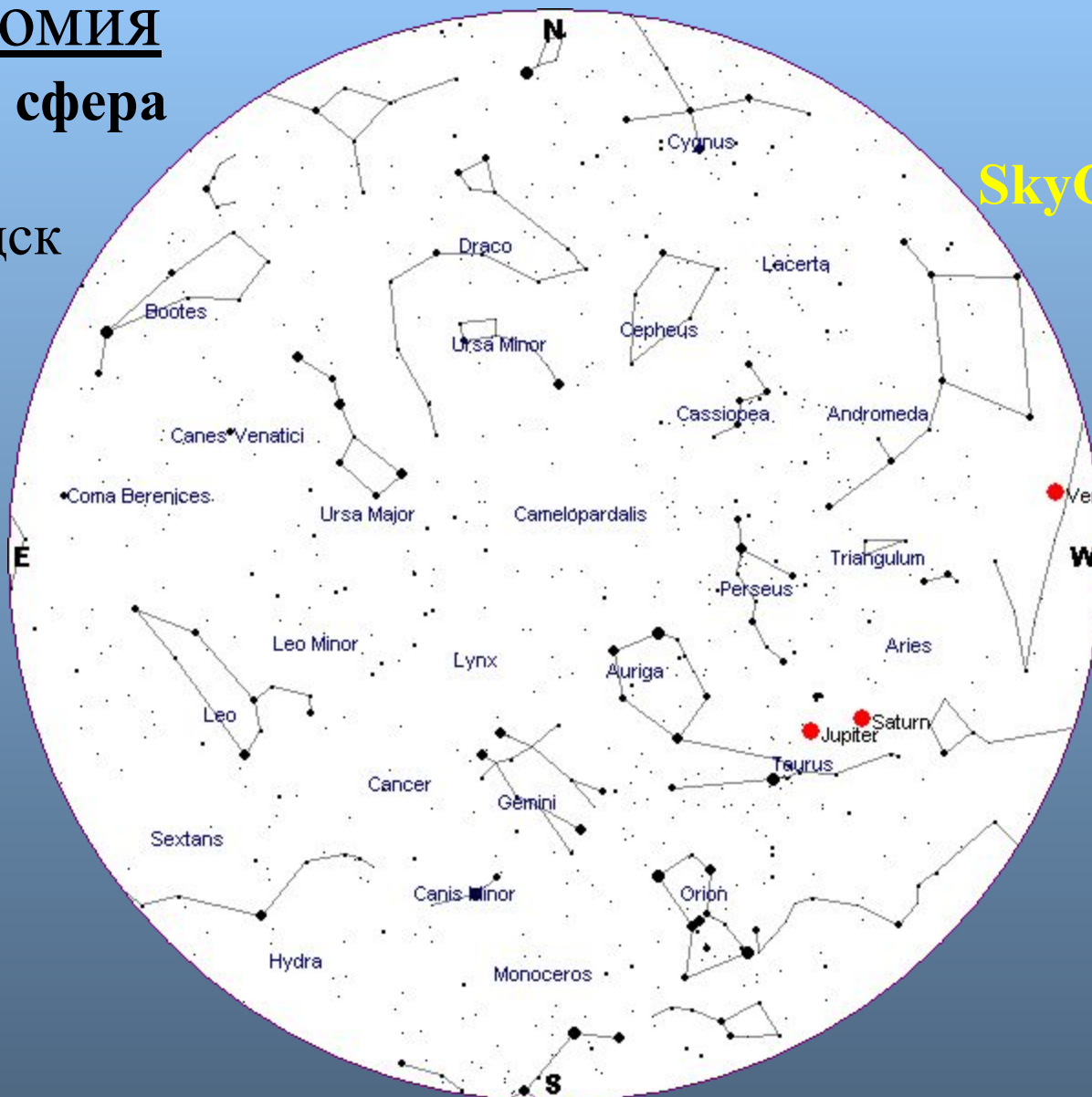


# Астрономия Небесная сфера



Петрозаводск  
21.02.2001  
21:30 МСК

SkyGlobe



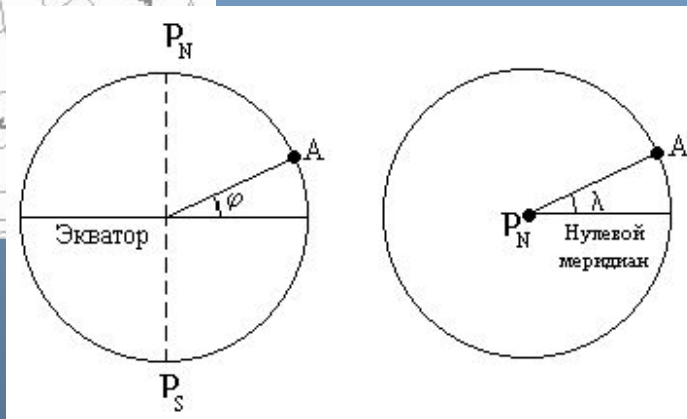
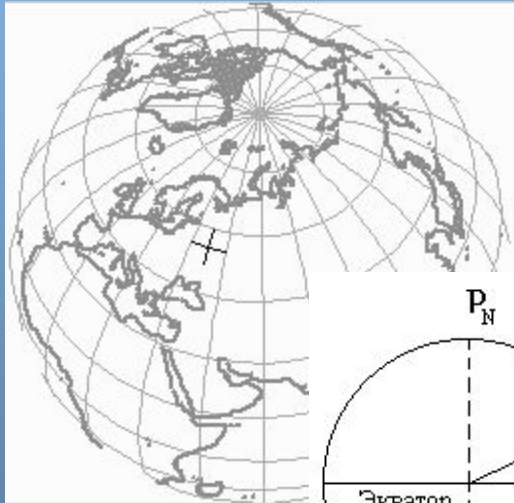
# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат

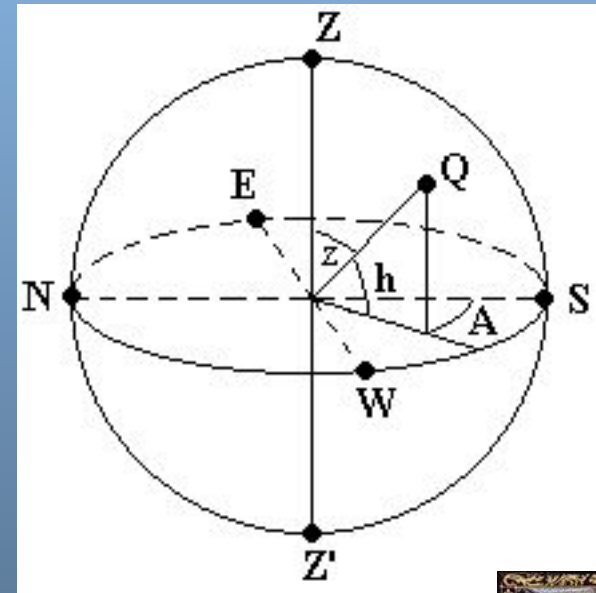


SkyGlobe

### Географические координаты



### Горизонтальная с.к.



### Географические с.к.

### Применение GPS

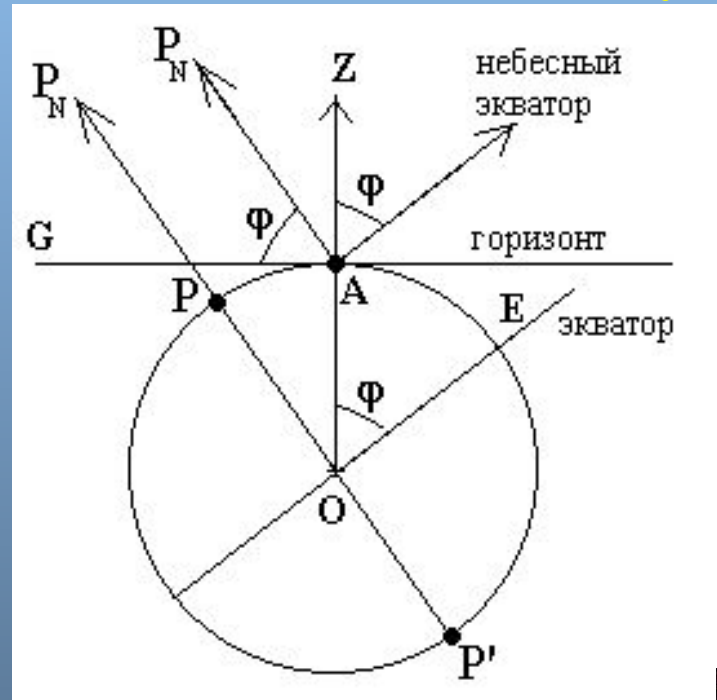
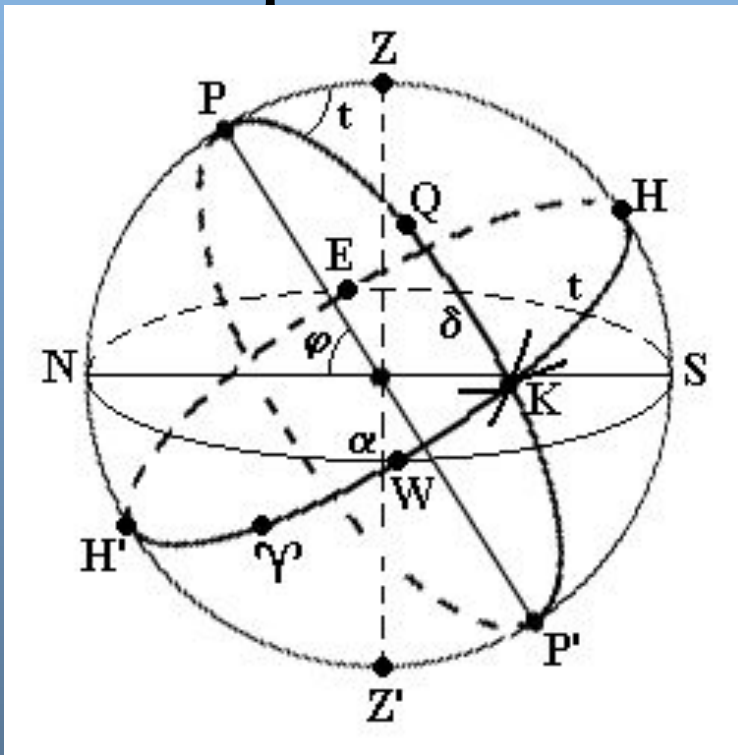


# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат

### Экваториальная с.к.

SkyGlobe



$\alpha$  – прямое восхождение  
( $t$  – часовой угол)  
 $\delta$  – склонение

Теорема о высоте  
полюса мира



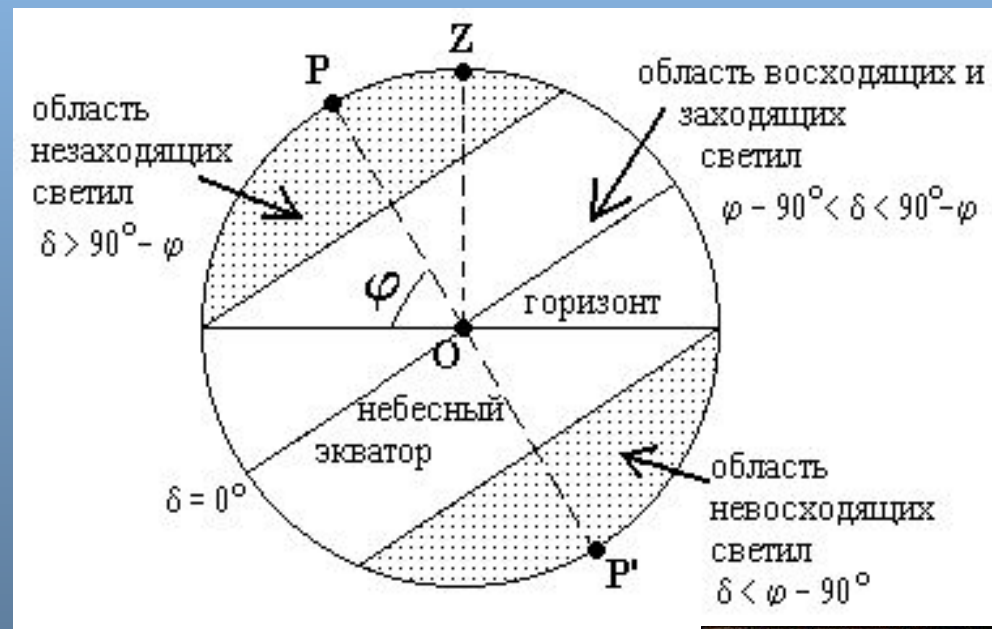
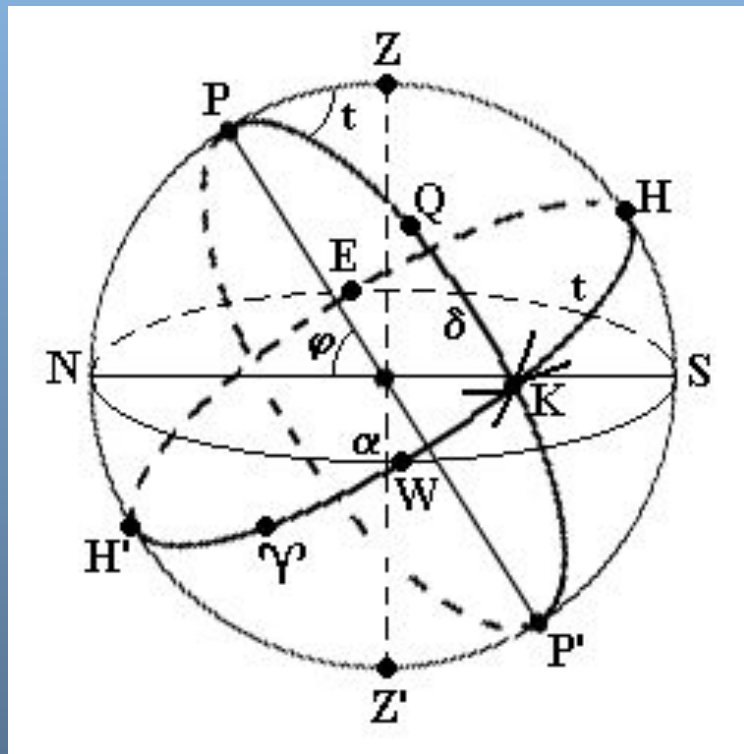
# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат



### Экваториальная с.к.

SkyGlobe



### Движение светил



$\alpha$  – прямое восхождение  
 $\delta$  – склонение



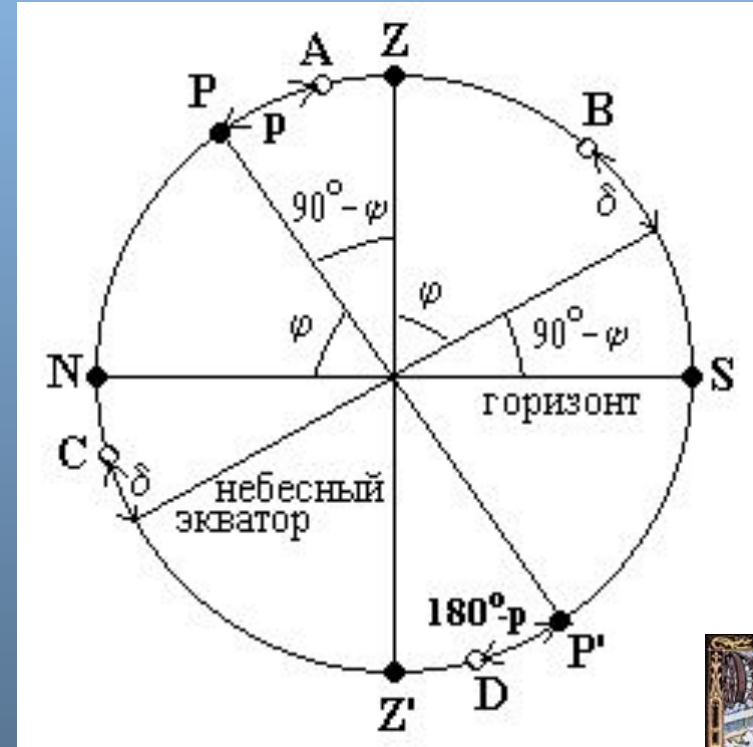
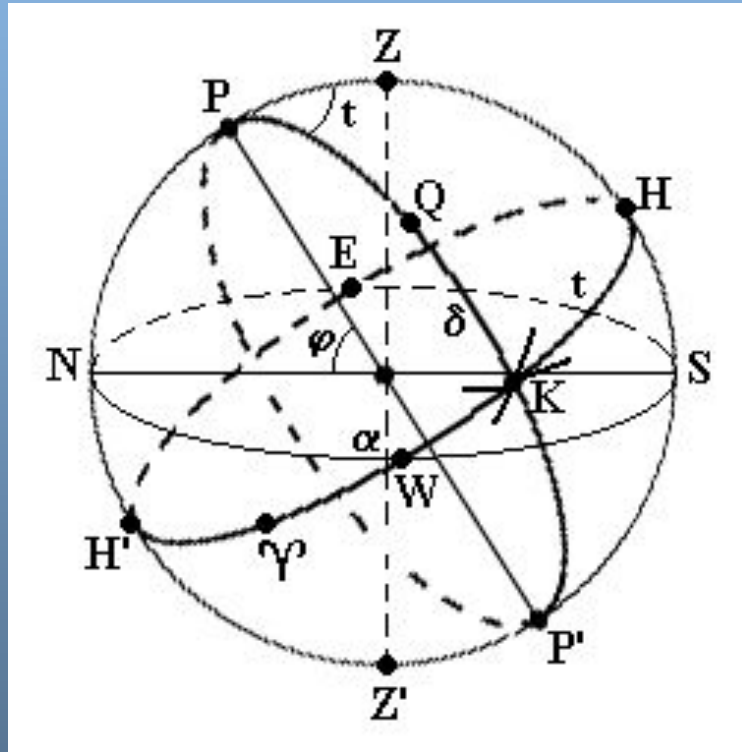
# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат



### Экваториальная с.к.

SkyGlobe



$\alpha$  – прямое восхождение  
 $\delta$  – склонение

Кульминации светил



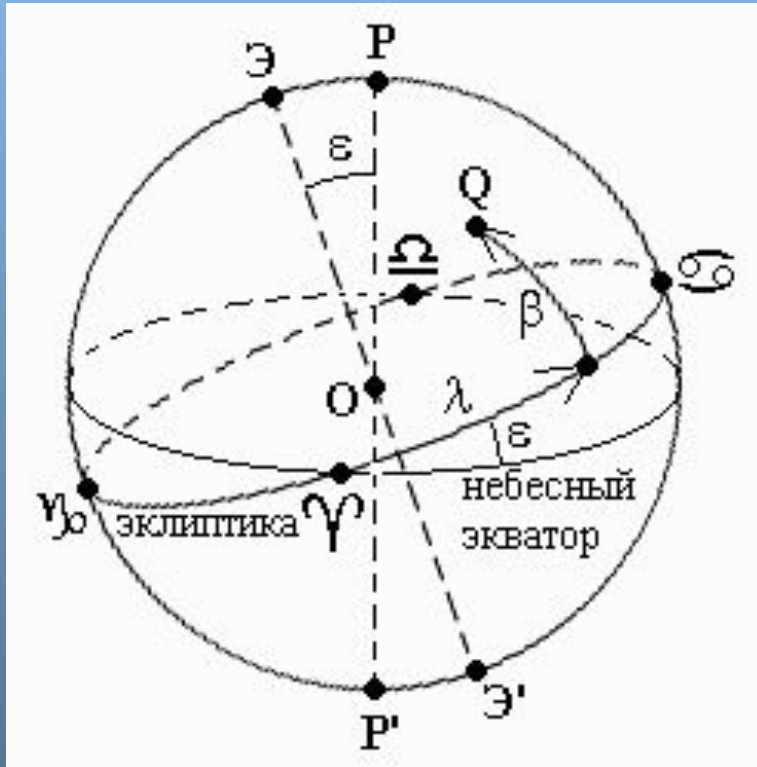
# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат



### Эклиптическая (эклиптикальная) с.к.

SkyGlobe



♈ - точка весеннего  
равноденствия

♏ - точка осеннего  
равноденствия

β - эклиптикальная  
широта

λ - эклиптикальная  
долгота

♌ - точка летнего  
солнцестояния

♐ - точка зимнего  
солнцестояния



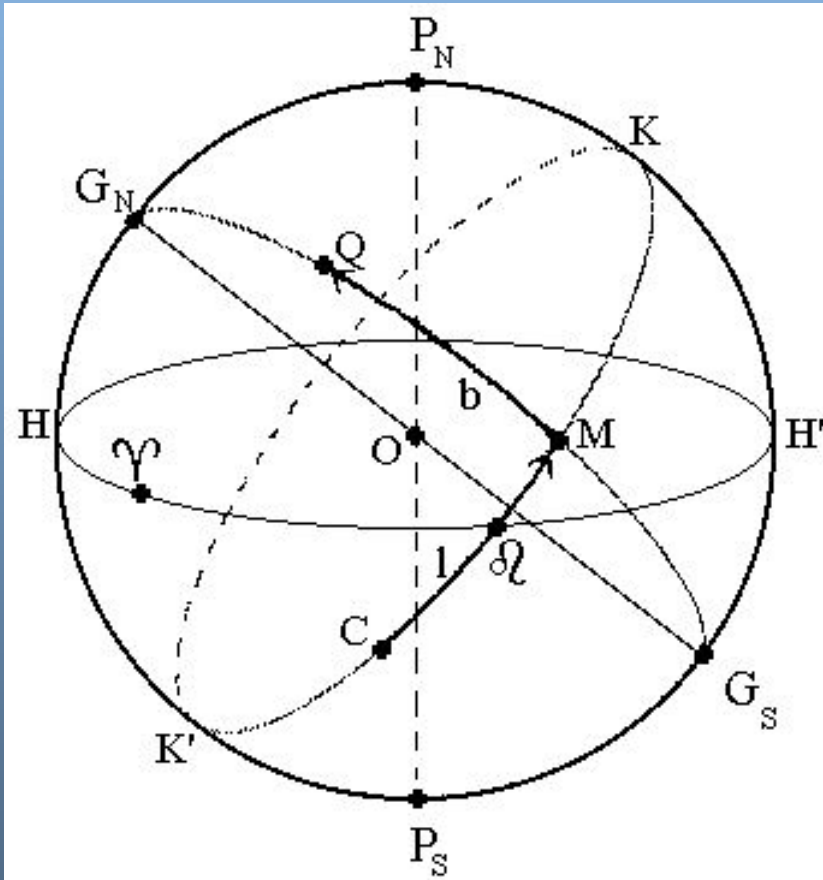
# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат



### Галактическая с.к.

SkyGlobe



$\gamma$  - точка весеннего  
равноденствия



# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат



SkyGlobe

### Солнечная система в галактической с.к.

Движение вокруг центра Галактики

апекс:  $l = 90^\circ$ ,  $b = 0^\circ$ , линейная скорость  $\sim 230$  км/с, угловая скорость  $0''.0053/\text{год}$ ,  
период  $\sim 2.5 \cdot 10^8$  лет

Движение относительно ярких звезд (до  $6^m$ ) - стандартное движение Солнца  
апекс:  $\alpha = 271^\circ$ ,  $\delta = +30^\circ$ , скорость  $19.4$  км/с =  $0.0112$  а.е./сутки  $\sim 4.15$  а.е./год

Движение относительно ближайших звезд - основное движение Солнца  
апекс:  $\alpha = 265^\circ$ ,  $\delta = +21^\circ$ , скорость  $15.5$  км/с  $\sim 3.27$  а.е./год

Движение относительно межзвездного газа  
апекс:  $\alpha = 258^\circ$ ,  $\delta = -17^\circ$ , скорость  $22-25$  км/с

Движение относительно фона реликтового излучения  $2.73$  К  
апекс:  $\lambda = 264.7 \pm 0.8$ ,  $\beta = 48.2 \pm 0.5$ , скорость  $369 \pm 11$  км/с

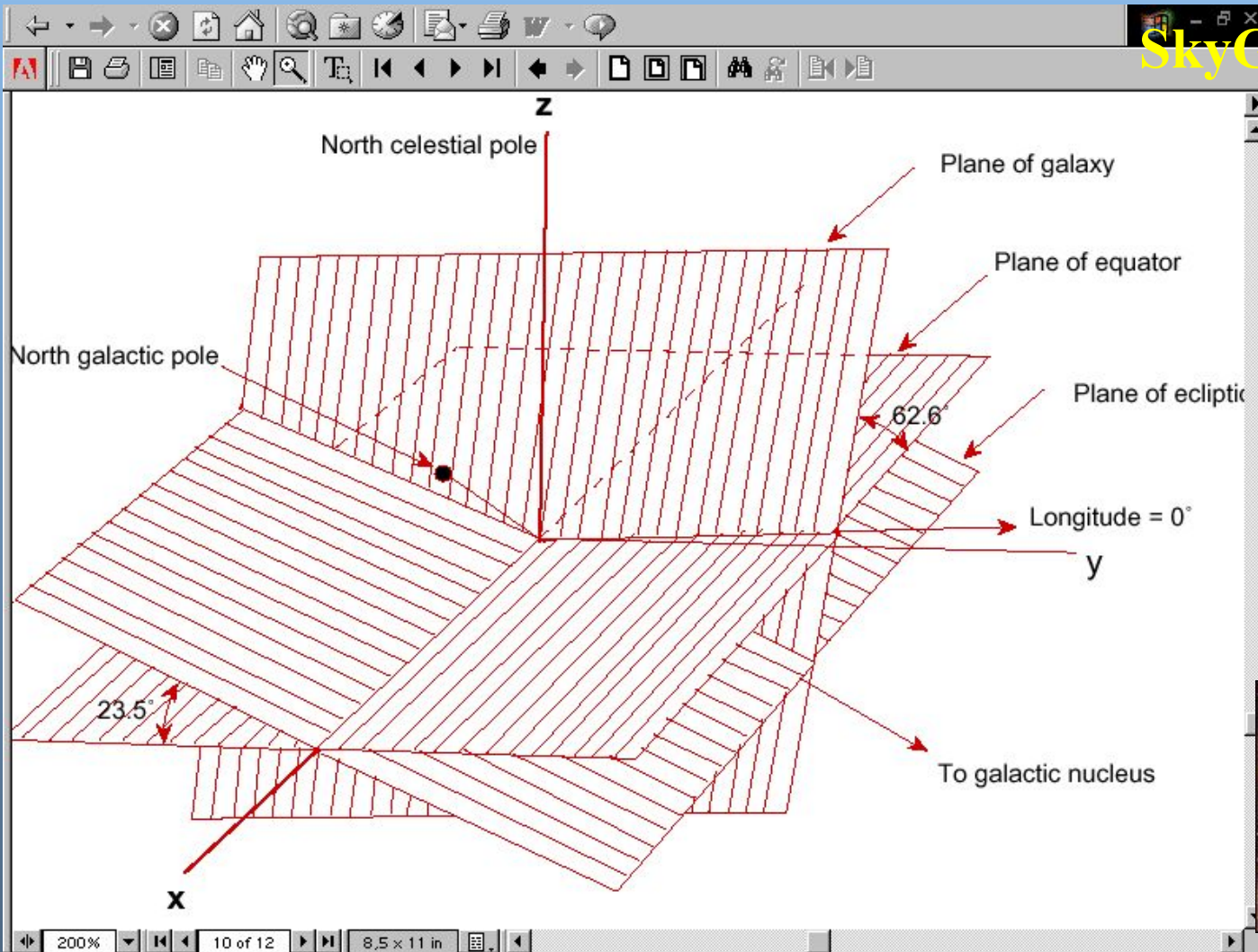


# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат

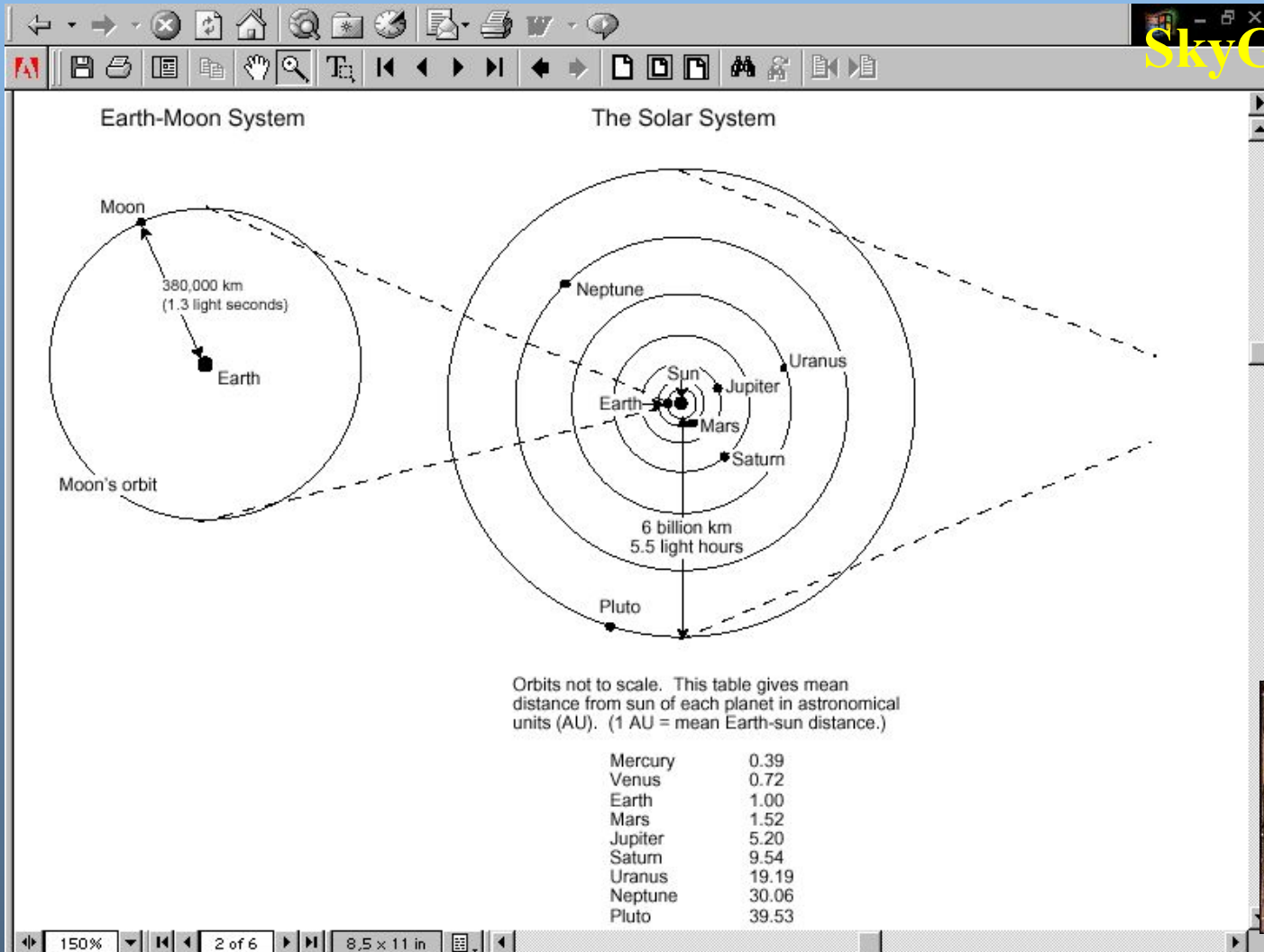


SkyGlobe



# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат

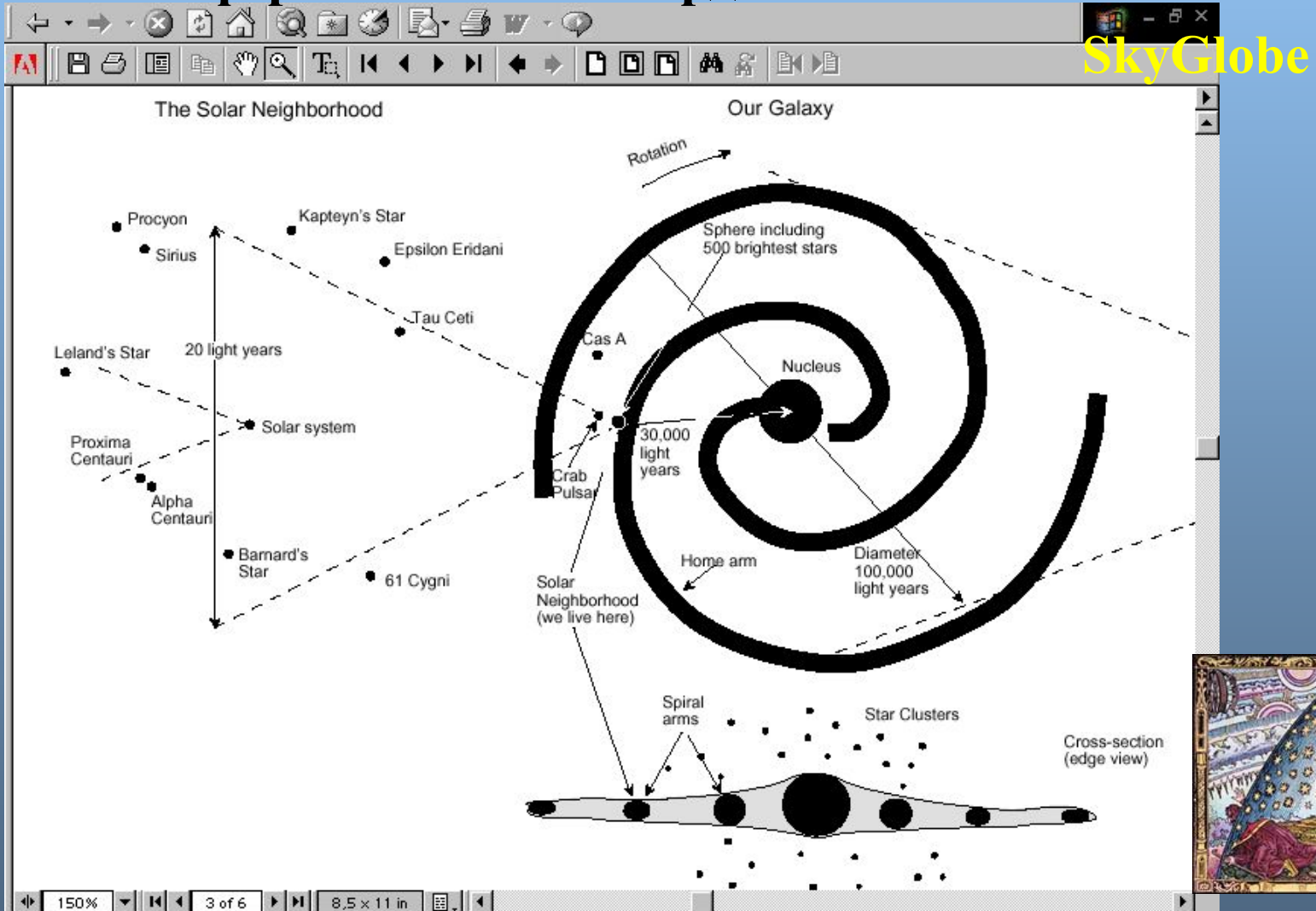


SkyGlobe



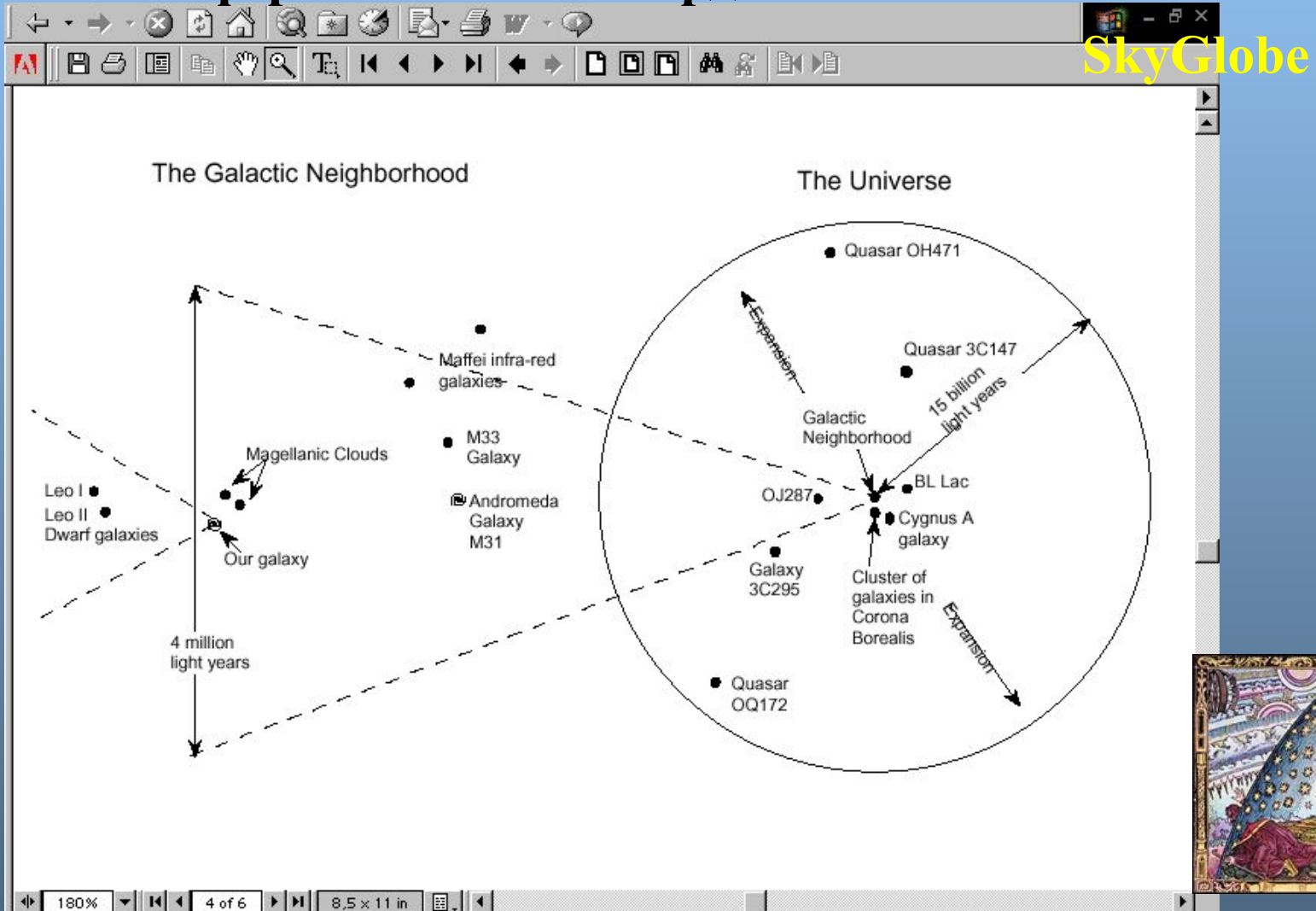
# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат



# Астрономия

## Небесная сфера - системы координат





# Астрономия

## Методы астрономических исследований



- Наблюдения и их особенности, эффекты селекции
- Экспериментальная астрономия: на Земле и в космосе
- Методы получения сведений о положении, движении и физических процессах в астрономических системах



# Астрономия



**Факторы, искажающие положение светил на небесной сфере - от наблюдений к каталогу**

- **Наблюдатель находится на движущемся небесном теле, число движений велико, вклад их в искажение различен: вращение Земли вокруг оси, вокруг З. Вокруг ц.м. системы Земля-Луна, обращение вокруг Солнца, движение вместе с Солнечной системой вокруг центра Галактики, движение относительно локальной группы звезд, неравномерности в перечисленных движениях и т.д.;**
- **Собственные движения наблюдаемых тел;**
- **Физические эффекты, в т.ч. являющиеся следствием движений и относительного расположения: рефракция, абберация, гравитационные линзы.**

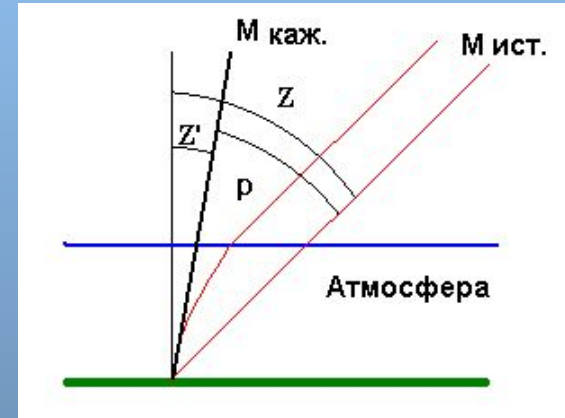


# Астрономия

## Факторы, искажающие положение светил на небесной сфере



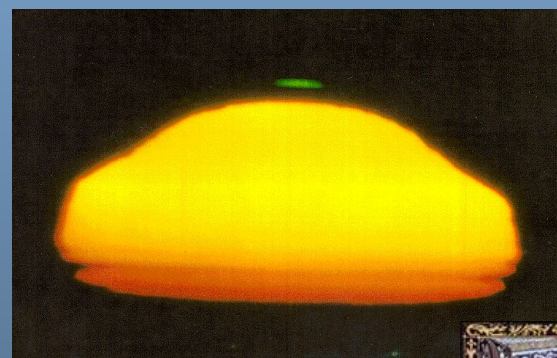
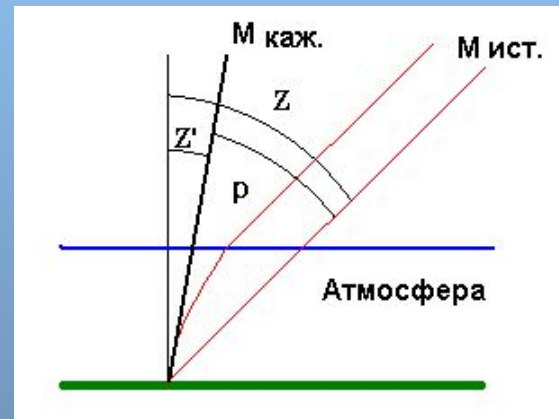
- Рефракция
- Суточный параллакс
- Годичный параллакс
- Аберрация
  - суточная аберрация
  - годичная аберрация
- Прецессия
- Нутация
- Собственные движения светил



# Астрономия

## Факторы, искажающие положение светил на небесной сфере

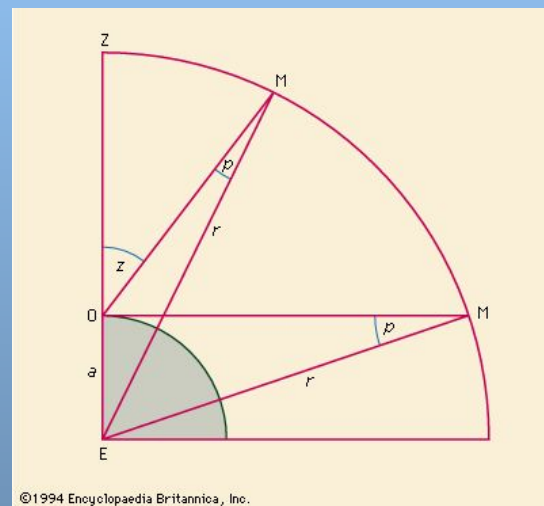
- Рефракция - от 0 до 35' ( ' - угловая минута)



# Астрономия

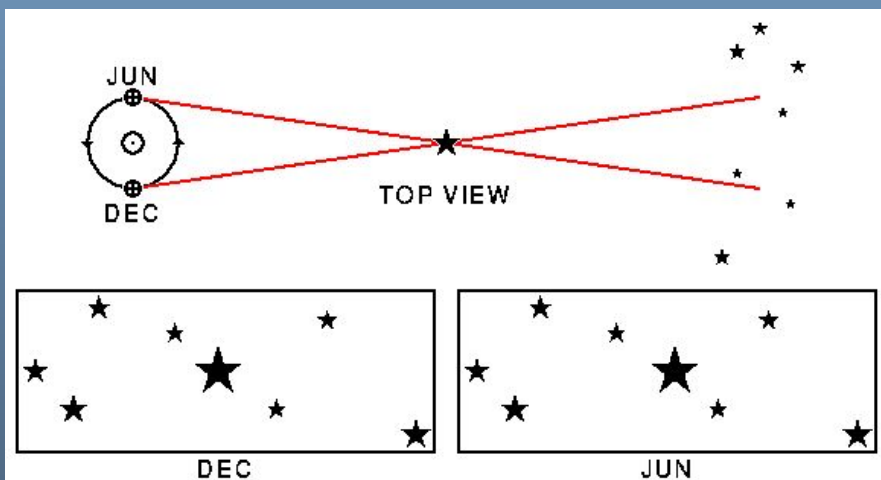
## Факторы, искажающие положение светил на небесной сфере

- **Суточный параллакс** - база в треугольнике экваториальный радиус Земли
- **Годичный параллакс** - база в треугольнике средний радиус орбиты Земли



©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Искажения зависят от расстояния:  
сут. п. Л. 57'; С. 8'',79; зв.0'',00004  
год.п. Проксима Центавра 0'',762

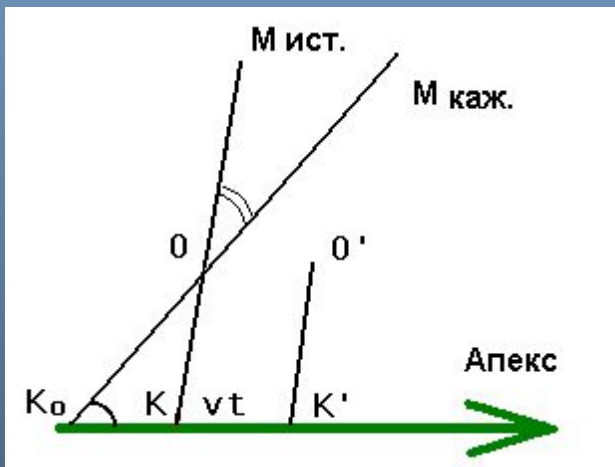


# Астрономия



## Факторы, искажающие положение светил на небесной сфере

- **Аберрация** - для всех светил, независимо от расстояния, связана с движением самого наблюдателя
  - **суточная аберрация** - вращение Земли,  $V_{\text{экв}}=0,46$  км/с, при  $\delta > 80$  в сутки  $0'',319$
  - **годовая аберрация** - движение Земли вокруг Солнца (Брадлей, 1728),  $V_z=29,8$  км/с в год  $k=\pm 20'',496$
  - **любая другая составляющая движения наблюдателя**



# Астрономия

## Факторы, искажающие положение светил на небесной сфере

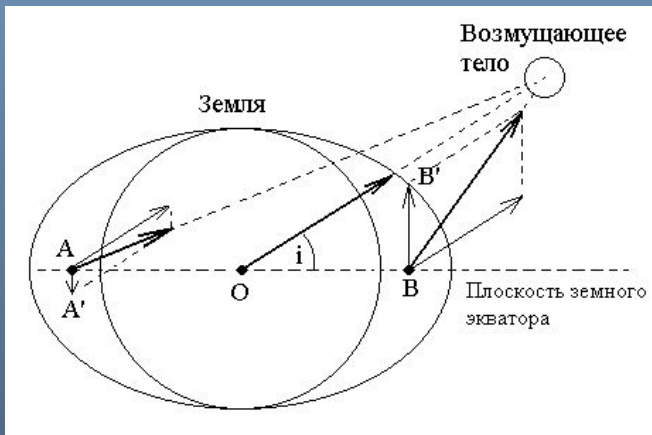
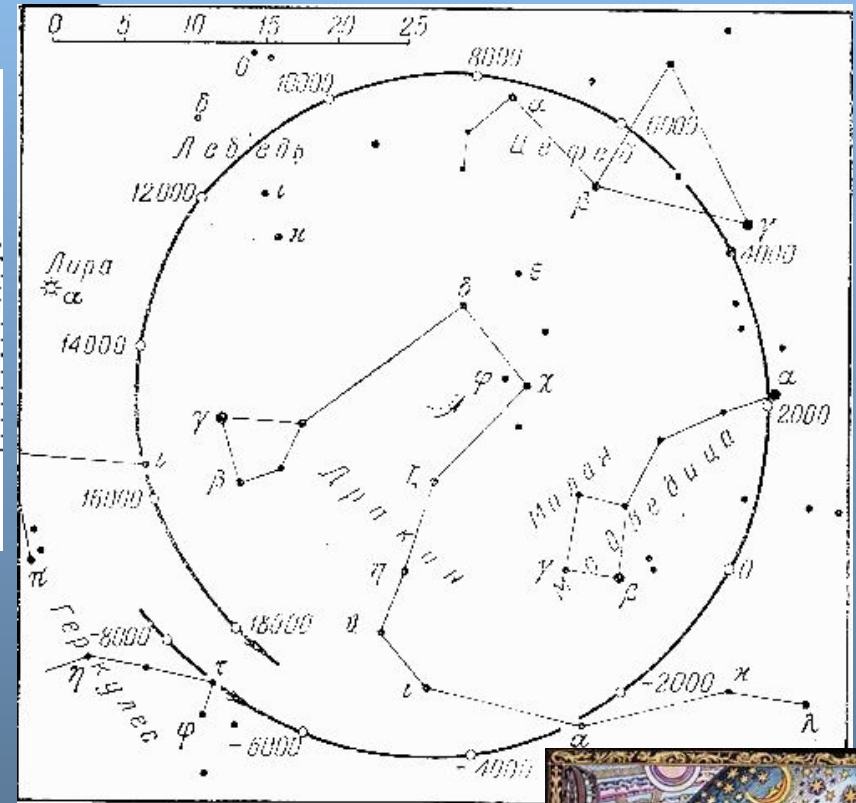
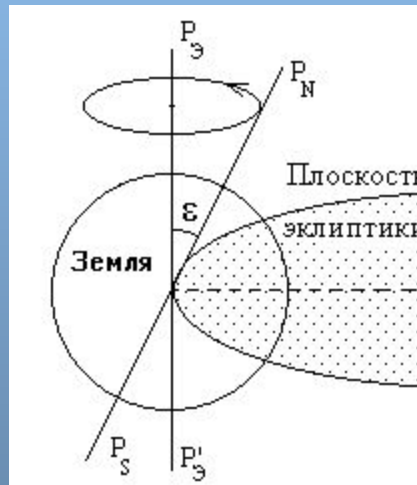


- **Прецессия**

- в год  $50''$ ,26;
- период 26000 лет

- **Нутация**

- в год  $3''$ ,11;
- период 18,61 лет



# Астрономия

## Факторы, искажающие положение светил на небесной сфере



- **Собственные движения наблюдаемых светил:** планеты, звезды, внегалактические объекты

Звезда «Летящая» Барнарда - в год  $10''{,}27$

& Большой Медведицы - в год  $0''{,}36$

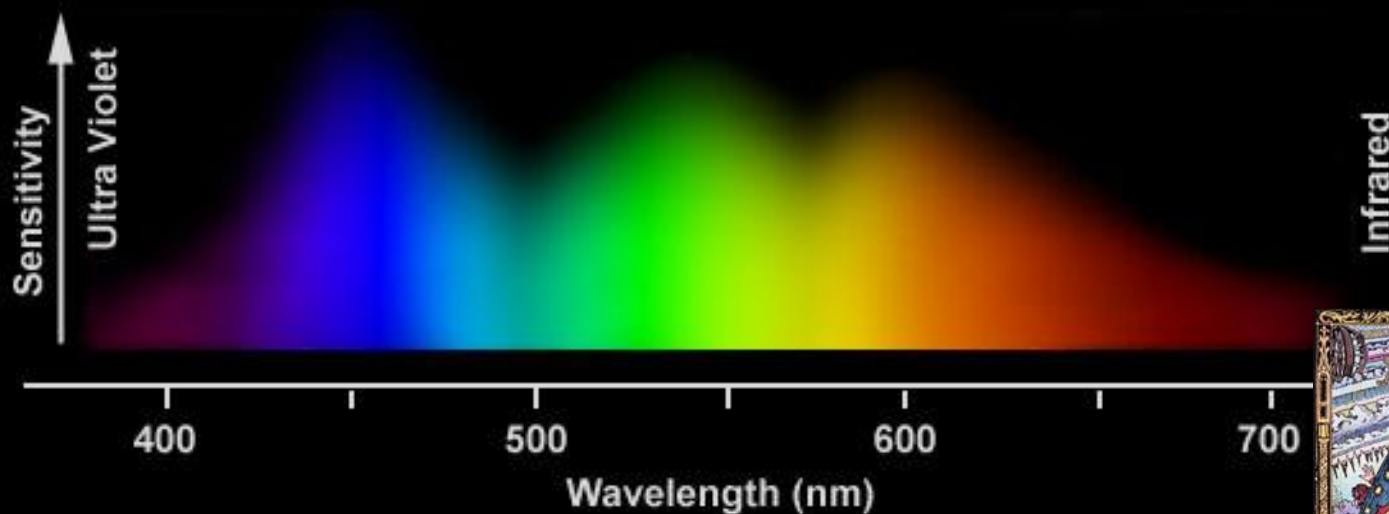
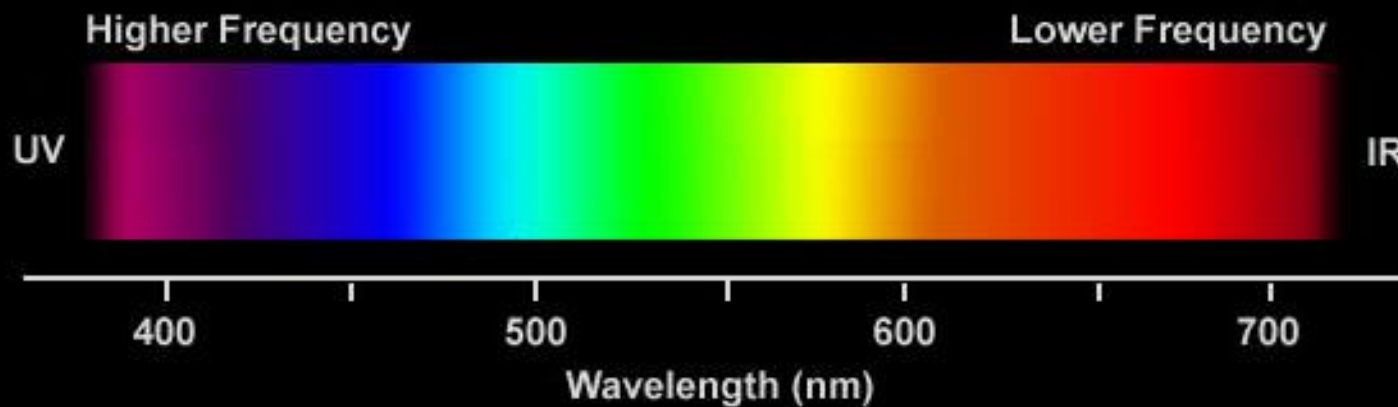
& Льва - в год (по склонению) -  $0''{,}004$





# Астрономия

## Оптические «обманы» - физика и физиология



# Астрономия

## Оптические «обманы» - физика и физиология

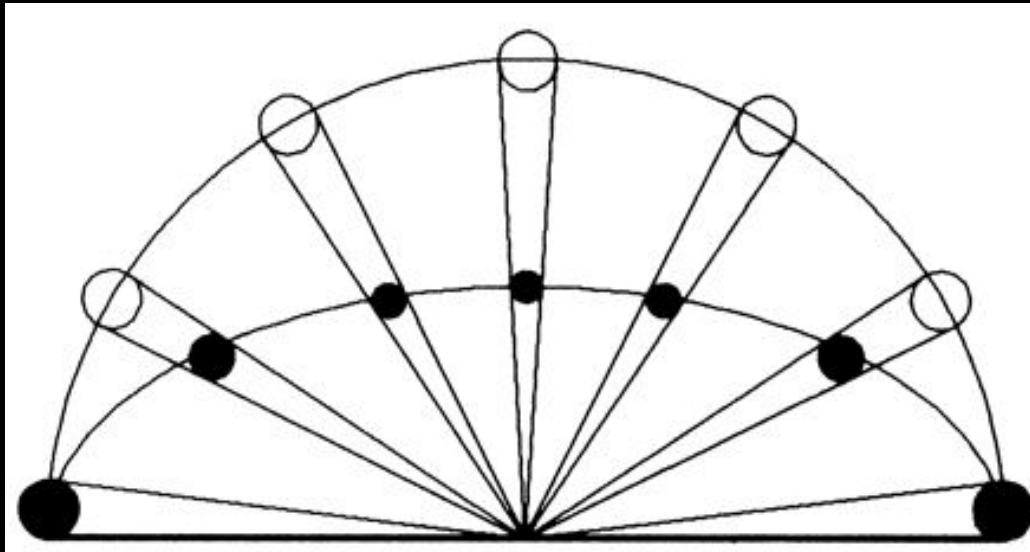
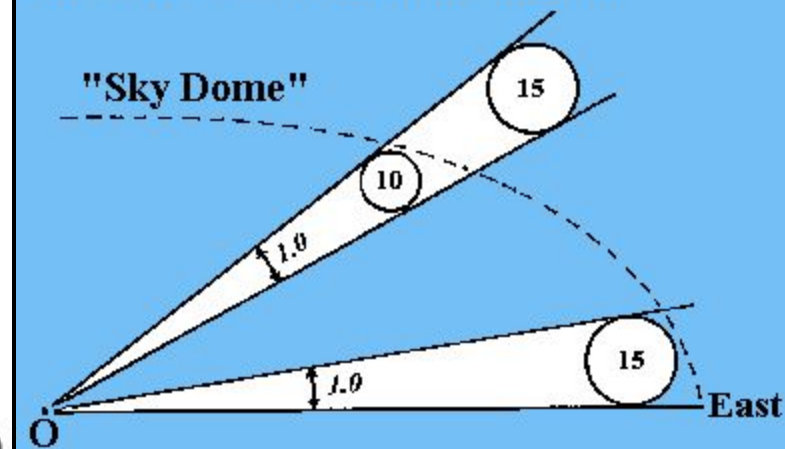


FIGURE 5 Conventional Diagram



Кажущаяся большая Луна у горизонта, из-за кажущейся сплюснутости небесной сферы:  
разная способность человека оценивать вертикальные и горизонтальные расстояния, отсюда - ошибки в определении угловых высот

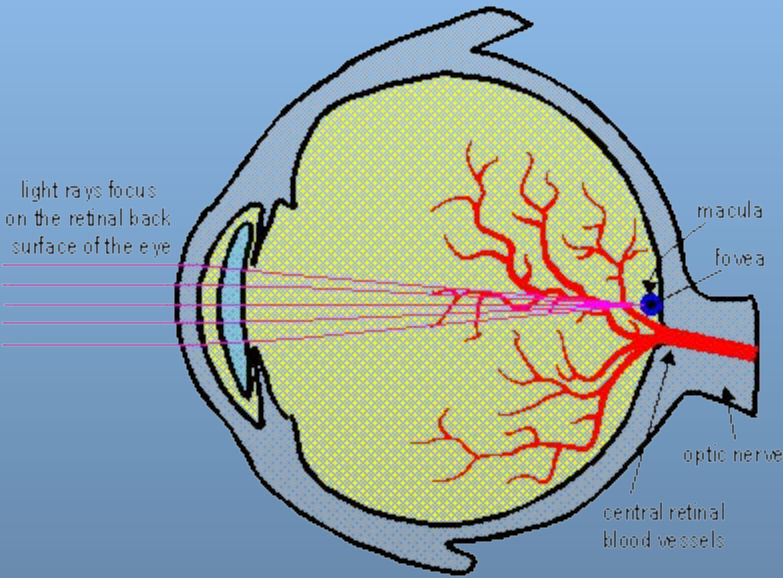
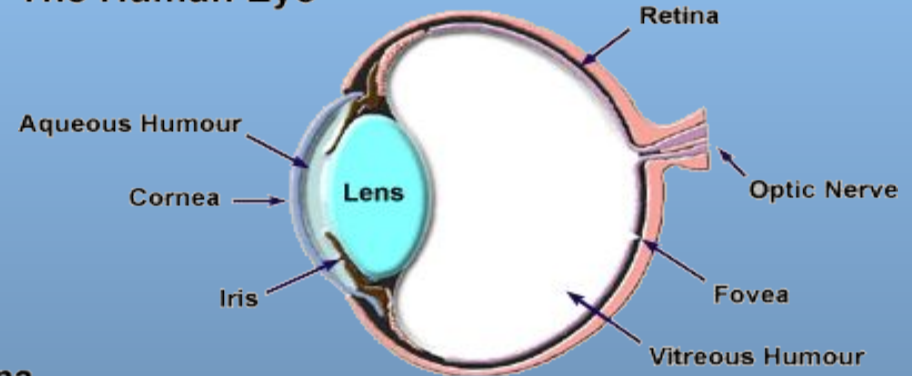


# Астрономия

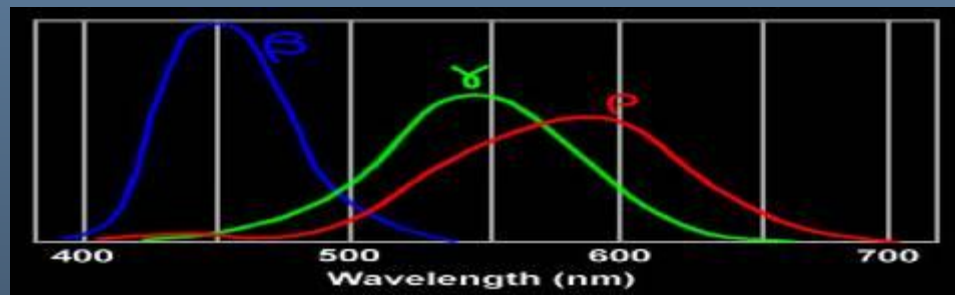
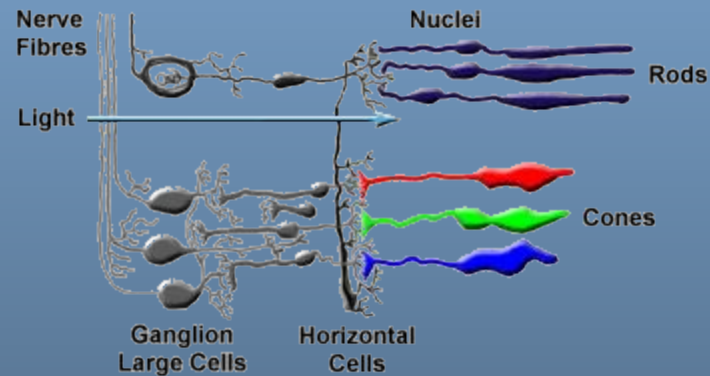
## Оптические «обманы» - физика и физиология



The Human Eye



The Retina



# Астрономия

## Оптические «обманы» - физика и физиология



<http://www.sandlotscience.com/Moonillusion/moonillusion1.htm>

Роль «текстуры» - рельсы

Роль «текстуры» - тень и шарик

Роль «текстуры» - параллели

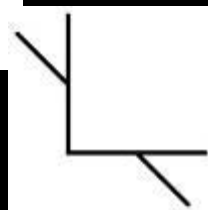
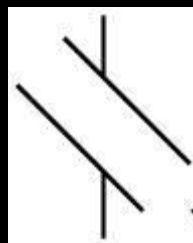
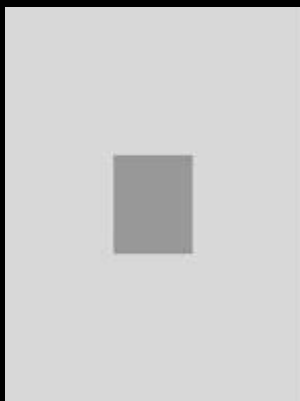
Роль «текстуры» - тень и шарик

Роль «контура» - BananaCard



# Астрономия

## Оптические «обманы» - физика и физиология



Роль «текстуры»- рельсы

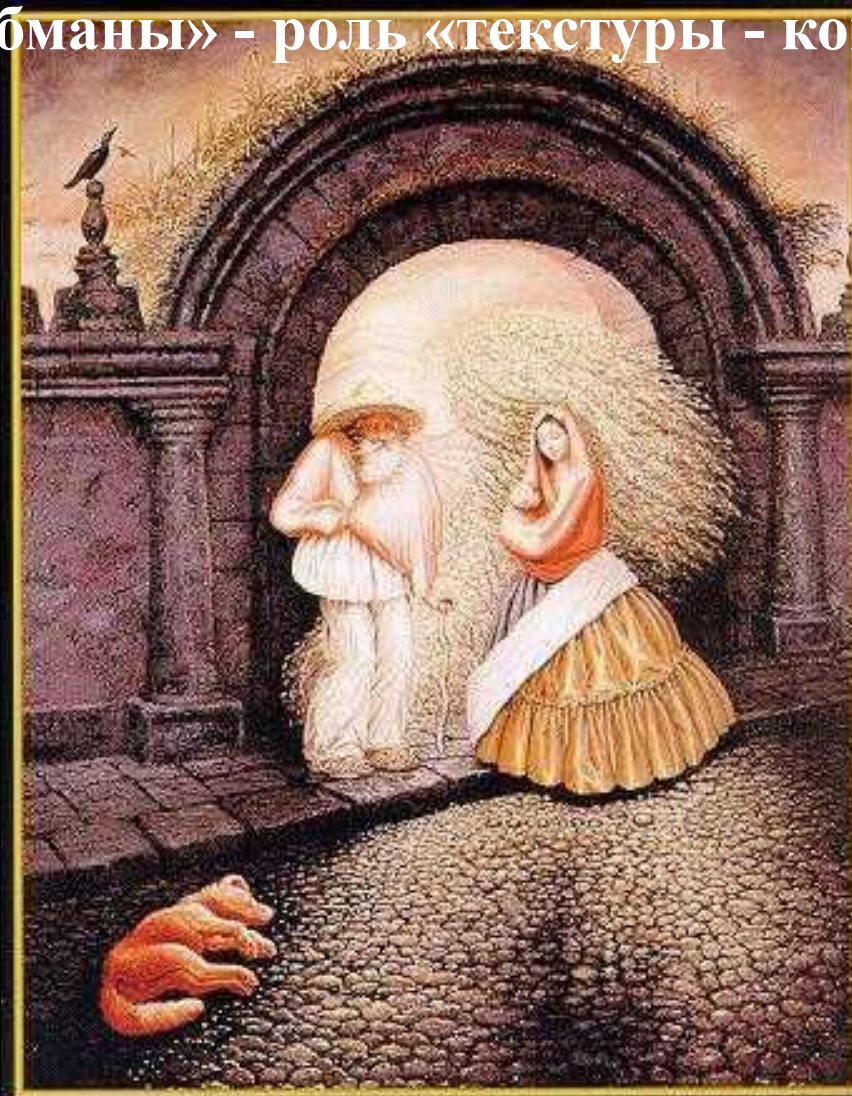
Роль «текстуры» - тень и шарик

Роль «текстуры» - параллели



# Астрономия

## Оптические «обманы» - роль «текстуры - контекста»



# Астрономия

## Методы определения расстояний



# Астрономия

## Методы определения расстояний



### Moon measure

Scientists using telescopes in Texas, Hawaii, France, Germany and Australia have determined the distance between the Moon and Earth to within one inch. A look at how the measurement is made:

- 1 Telescope beams laser at moon
- 2 Mirrors left by Apollo astronauts and one unmanned Soviet mission reflect laser beam
- 3 Laser returns to same telescope 2.6 seconds later
- 4 The distance can be calculated by marking the time it takes for the laser pulse to make the round trip, a technique called laser ranging

The Moon is 1.25 billion feet or 15 billion inches away, give or take an inch

Source: University of Michigan

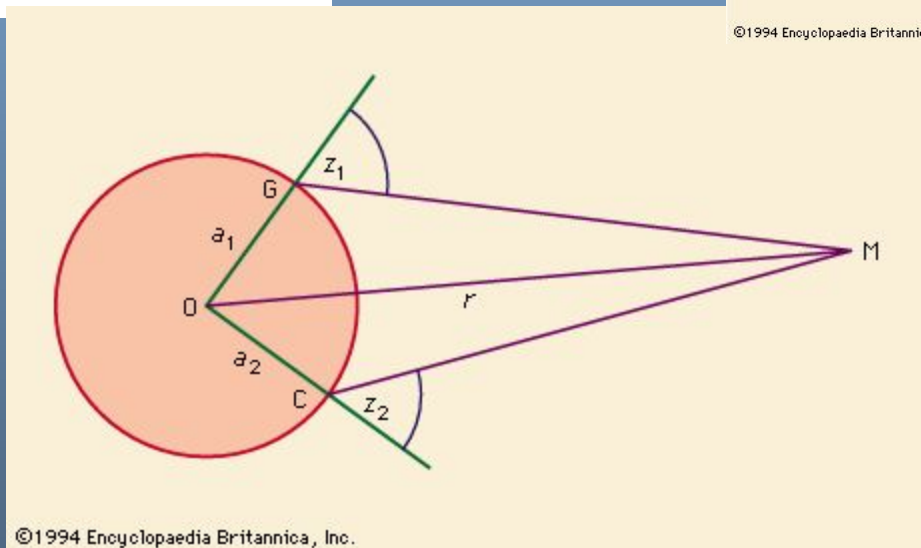
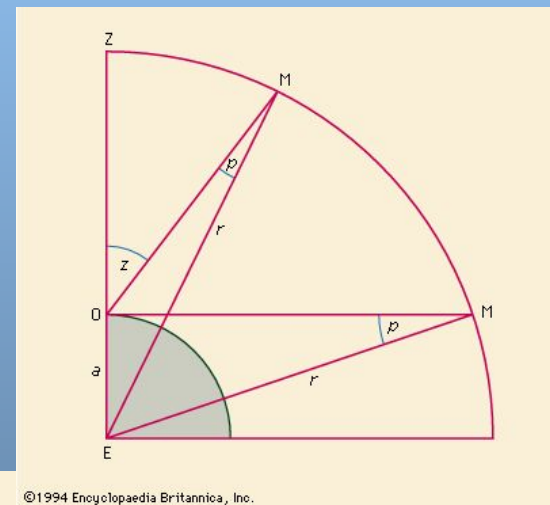
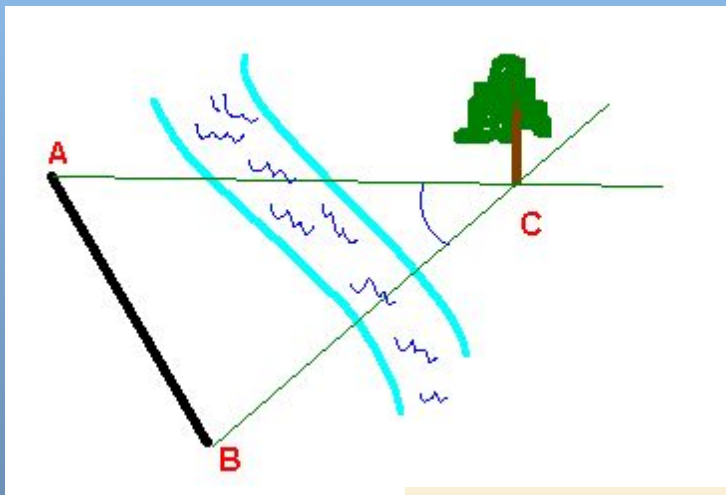
AP/Justin Gilbert





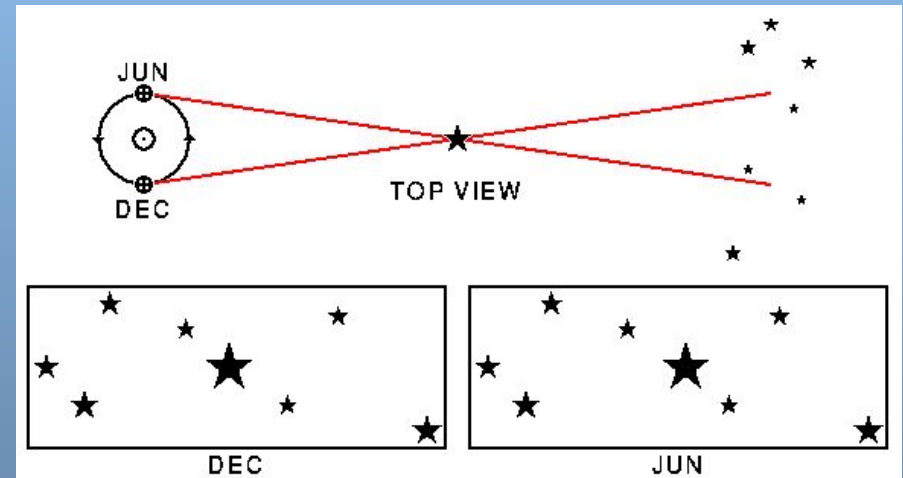
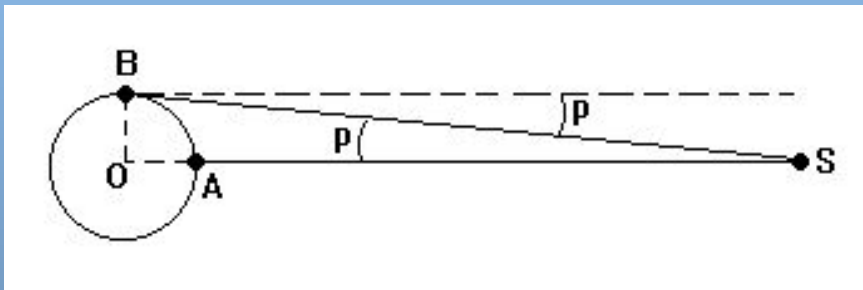
# Астрономия

## Методы определения расстояний - параллакс



# Астрономия

## Методы определения расстояний - параллакс

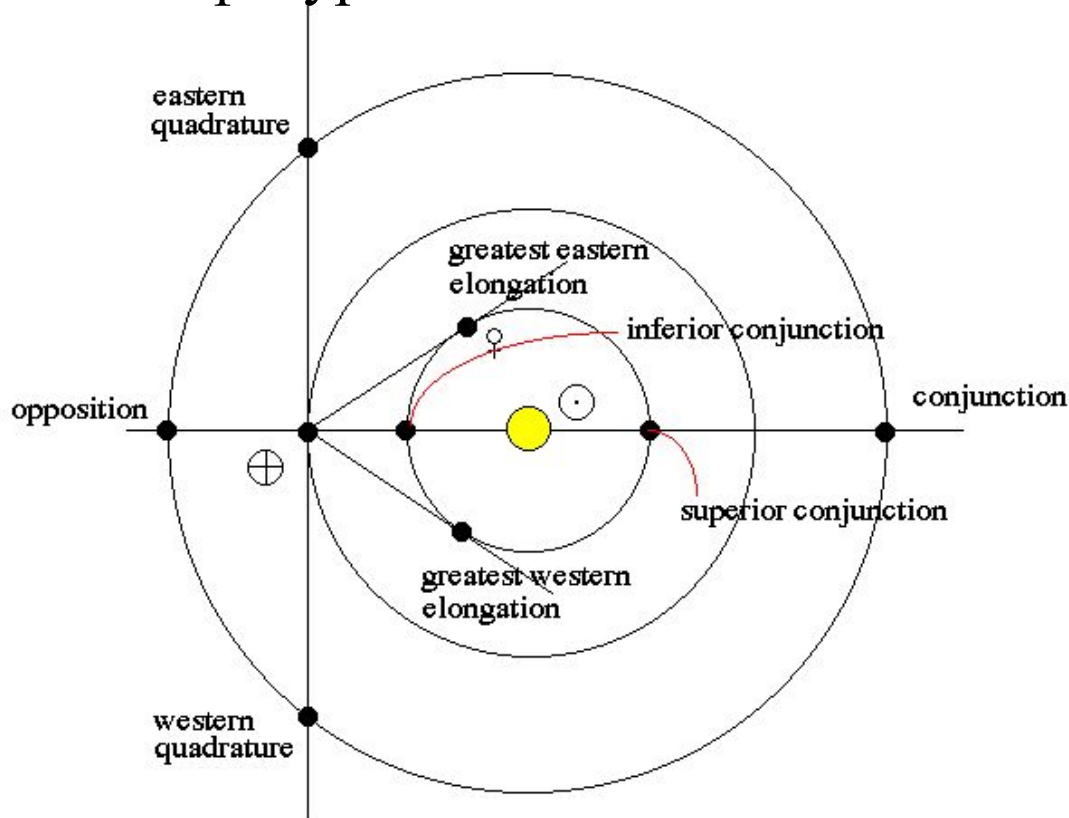


# Астрономия

## Методы определения расстояний - небесная механика



### Конфигурации планет



3-й закон Кеплера:

$$T_1^2 / T_2^2 = a_1^3 / a_2^3$$

Уравнение синодического движения:

$$1/S = 1/T - 1/T_3$$

(для нижних планет);

$$1/S = 1/T_3 - 1/T$$

(для верхних планет)



# Астрономия



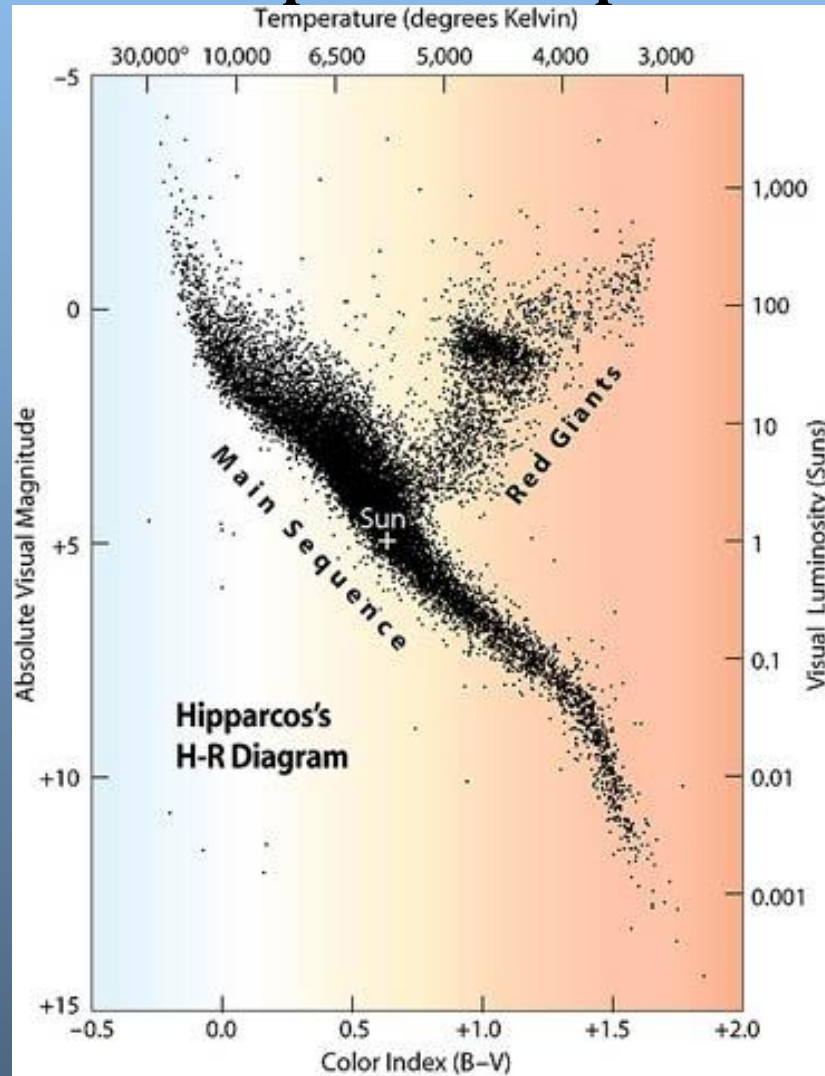
## Методы определения расстояний - фотометрия

- **Фотометрия** - применение закона освещенности:  $E \sim 1/r^2$  ;
- Звездная величина **m**- "блеск" светила, т.е. освещенность, которую создает светило в месте его наблюдения. "Звездная величина - это взятый со знаком минус логарифм по основанию 2,512 от освещенности, создаваемой данным светилом на площадке, перпендикулярной к лучу", 2.512 из соображения, чтобы интервал 5 звездных величин давал разность в блеске (освещенности) ровно в 100 раз: ( $E_m/E_{m+1} = 2,512$ ;  $E_m/E_{m+5} = 100$ ) Звезда **0<sup>m</sup>** создает освещенность  $2,78 \cdot 10^{-6}$  люкс, или во всем видимом спектре  $10^6$  кв/см<sup>2</sup>сек или только в зеленой линии -  $10^3$  кв/см<sup>2</sup>сек).
- Абсолютная звездная величина **M** - звездная величина, которую имело бы светило, находясь на расстоянии 10 пк (32,6 св.лет) от наблюдателя. Т.о. при сравнении абсолютных звездных величин светил сравниваются их светимости. Зная видимые звездные величины и степень поглощения света межзвездной средой можно определять расстояния до светил:  
 $m_1 - m_2 = -2.5 \cdot \lg E_1/E_2$ ;  
 $\lg r = 1 + 0,2 \cdot (m-M)$ ; **M** - из диаграммы Герцшпрунга-Рессела,  
**m**- из наблюдений.



# Астрономия

## Методы определения расстояний - фотометрия +



$\lg r = 1 + 0,2*(m-M)$ ;  $M$   
- из диаграммы  
Герцшпрунга-Рессела,  
 $m$ - из наблюдений.

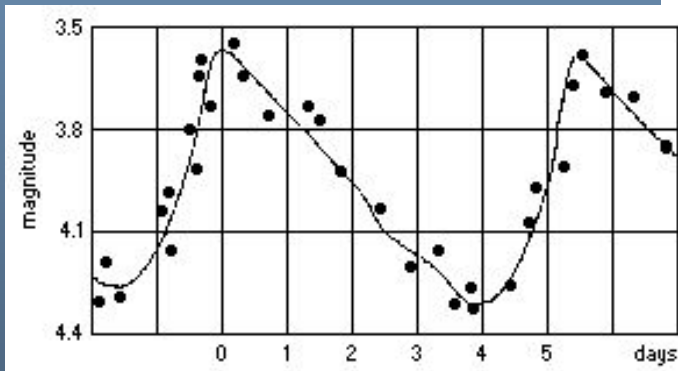
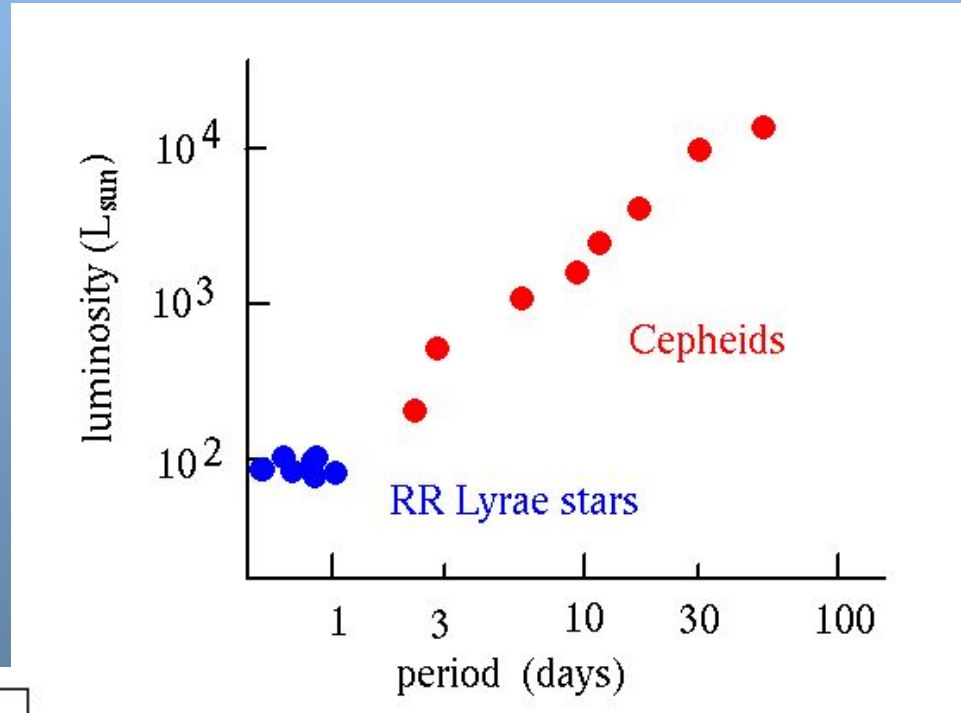
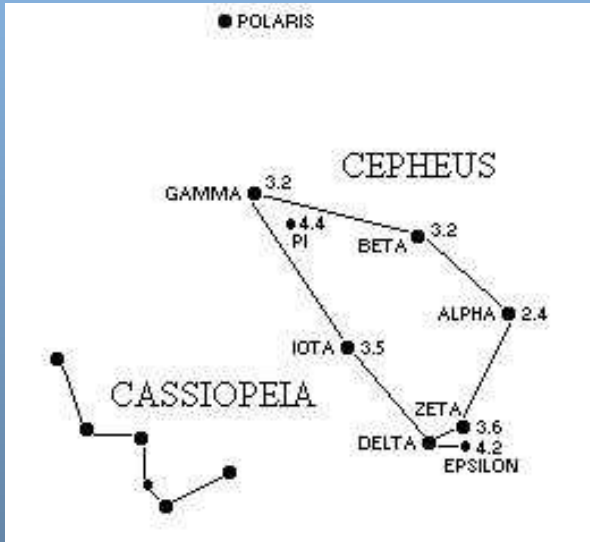


# Астрономия

## Методы определения расстояний - фотометрия +

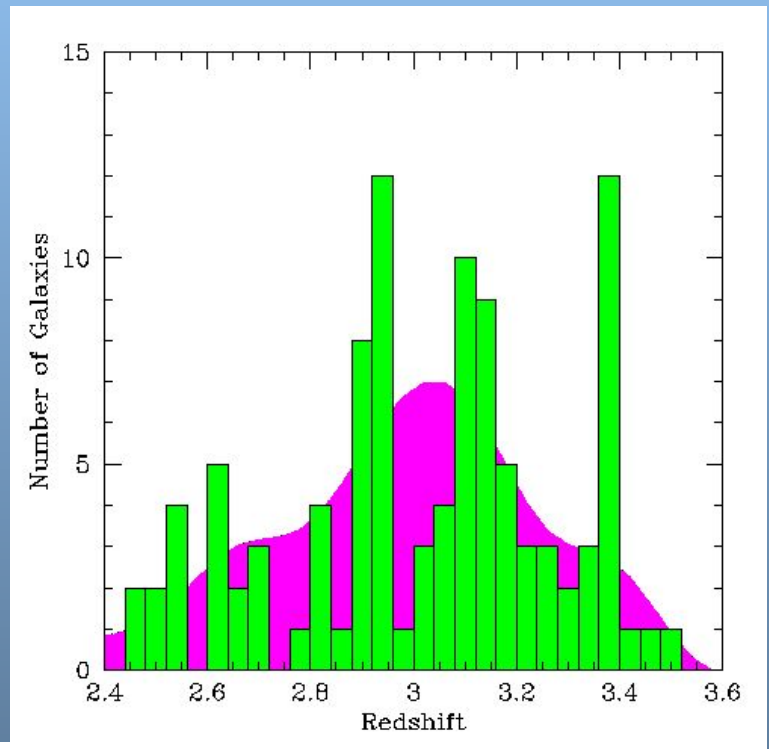
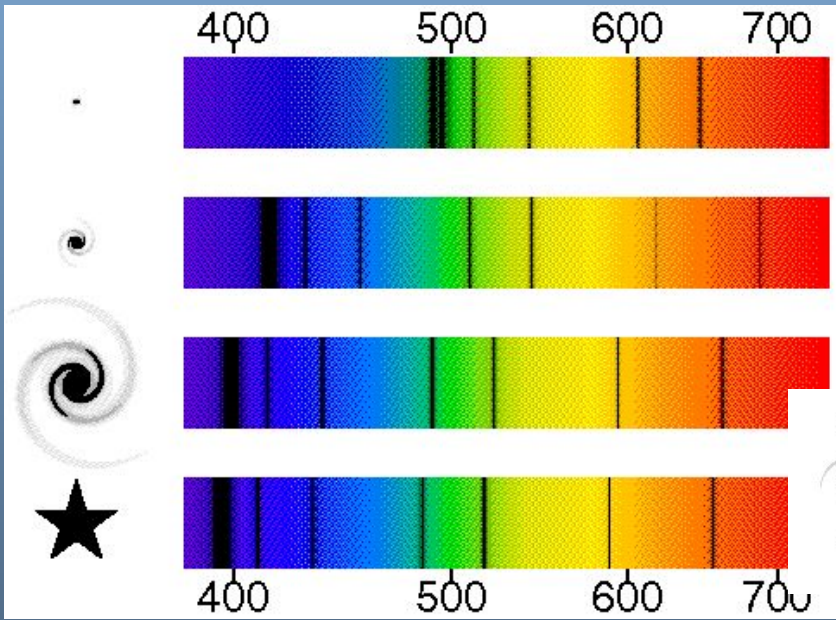
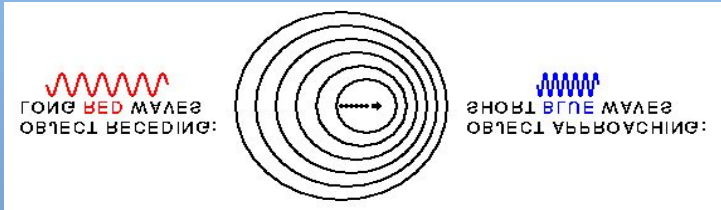


### Цефеиды



# Астрономия

## Методы определения расстояний - красное смещение

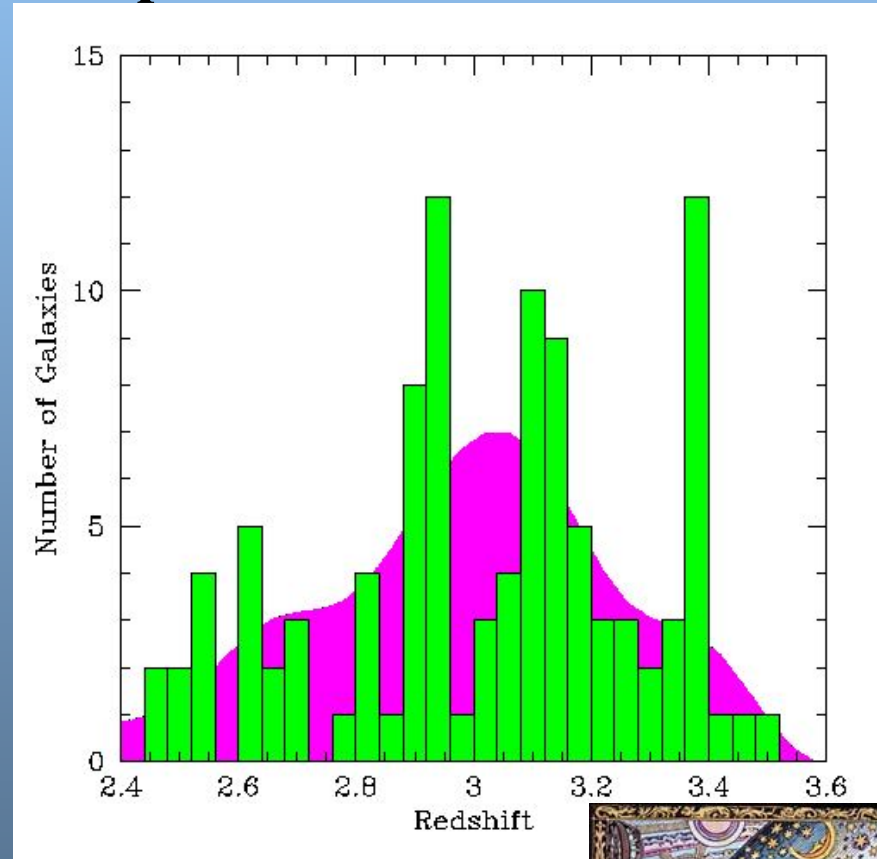


# Астрономия

## Методы определения расстояний - красное смещение



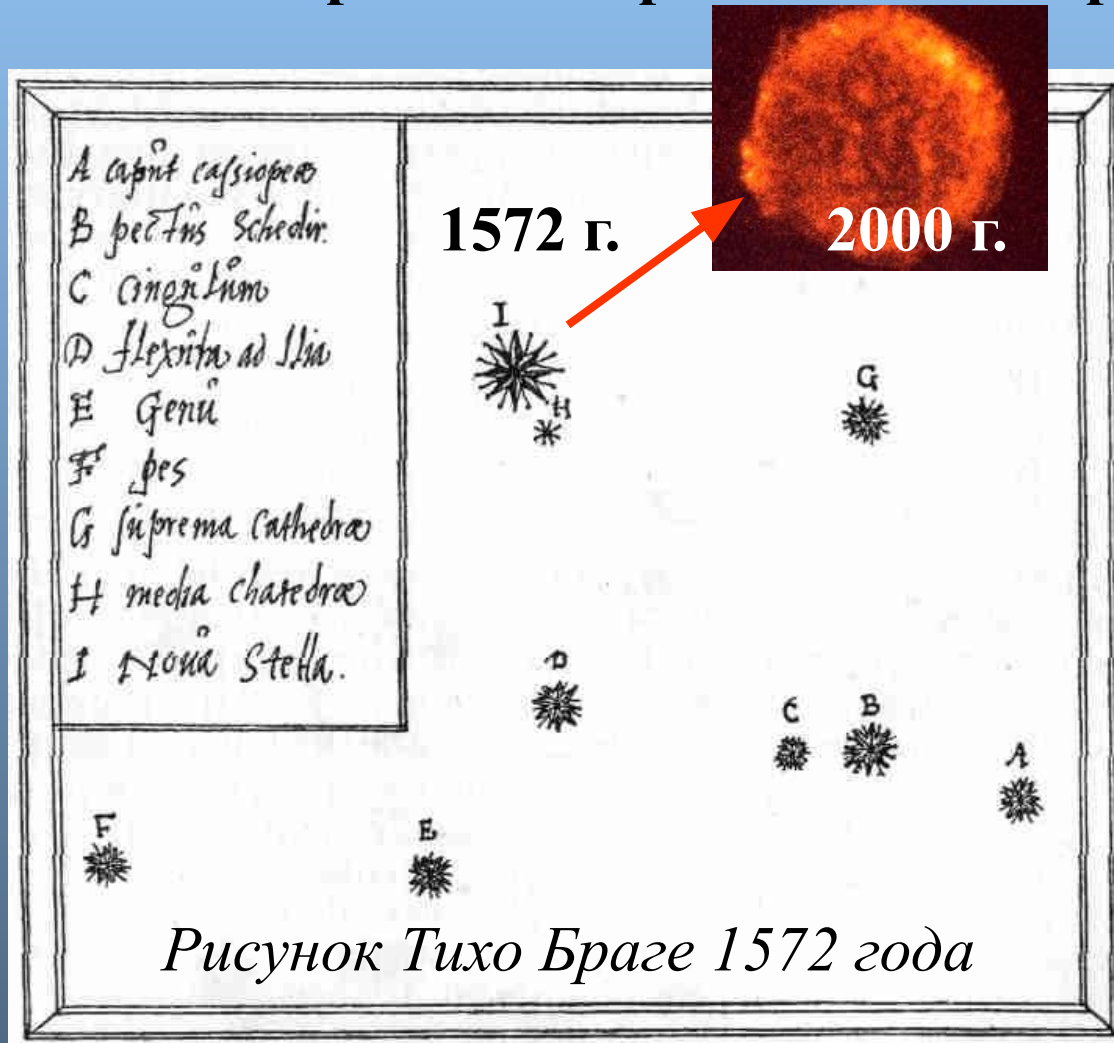
Постоянная Хаббла - коэффициент пропорциональности между скоростью удаления внегалактических объектов и расстоянием до них. Точно на сегодня не определена и разными исследователями принимается равной от 55 до 140 км/с на Мпс.





# Астрономия

## Методы определения расстояний - характерные детали



*Рисунок Тихо Браге 1572 года*

Наблюдение за  
расширением  
оболочки Сверхновой  
Звезды,  
которую наблюдал  
Тихо Браге  
11 ноября 1572 года в  
созвездии  
Кассиопея

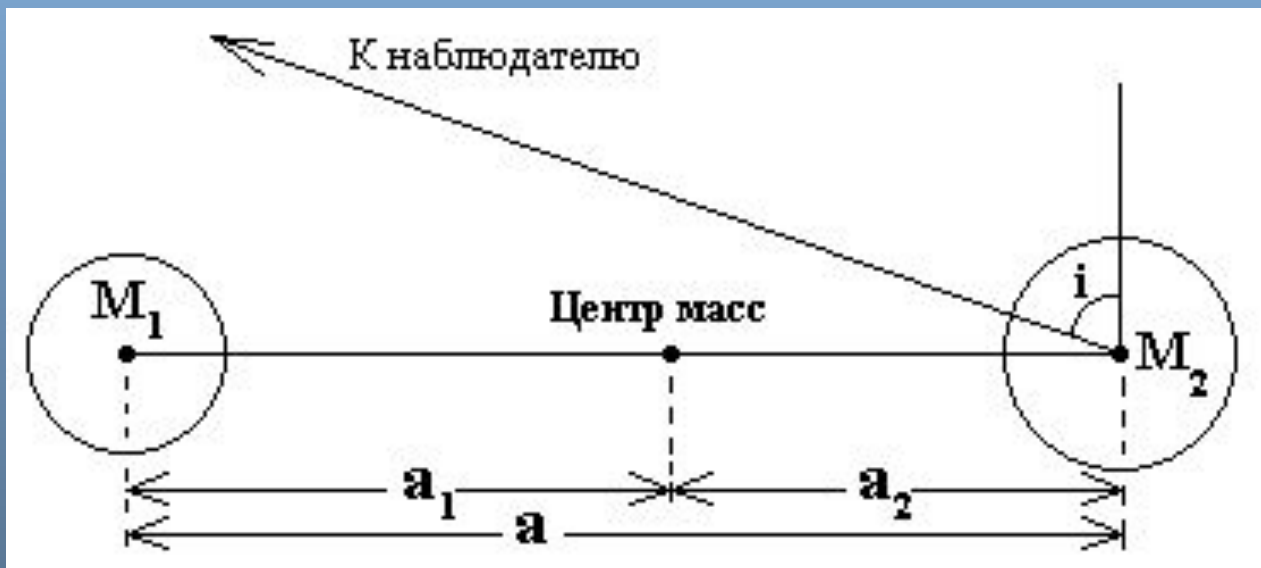


# Астрономия

## Методы определения масс

Из 3-го закона Кеплера

$$M_1 * a_1 - M_2 * a_2 = 0$$



# Астрономия

## Время и календарь



Универсальный календарь-конвертер

<http://emr.cs.uiuc.edu/home/reingold> Универсальный календарь-конвертер

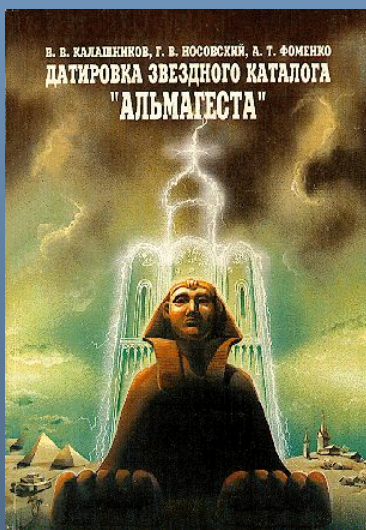
<http://emr.cs.uiuc.edu/home/reingold/>

Время и его измерение, история <http://physics.nist.gov/>

другой вариант календаря-конвертера <http://www.fourmilab.ch/documents/calendar/>

Время сейчас <http://www.time.gov/>

## Дискуссия по глобальной хронологии А.Т.Фоменко



1) Новая хронология мировой истории

<http://www.univer.omsk.su/foreign/fom/fomr.htm>

2) Нескалигерова история

<http://rts.kiam.ru/history/>

3) Новая хронология

<http://www.newchrono.ru/>



# Астрономия

## Время и календарь



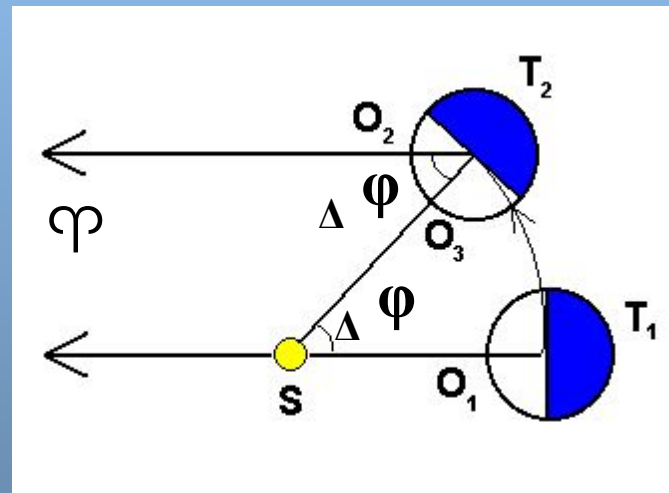
Время сейчас <http://www.time.gov/>

**Сутки** [\*] - интервал времени между двумя последовательными одноименными кульминациями {\*}

[**звездные**] - {точки весеннего равноденствия}

[**истинные солнечные**] {истинного Солнца}  
[**средние (солнечные)**] {"среднего" Солнца}

“Среднее” Солнце - воображаемая (вычисляемая) точка, равномерно движущаяся по небесному экватору и завершающая по нему полный оборот за один тропический год.



$$\Delta \varphi \sim 1^0; \quad 1^0 \sim 4^m$$



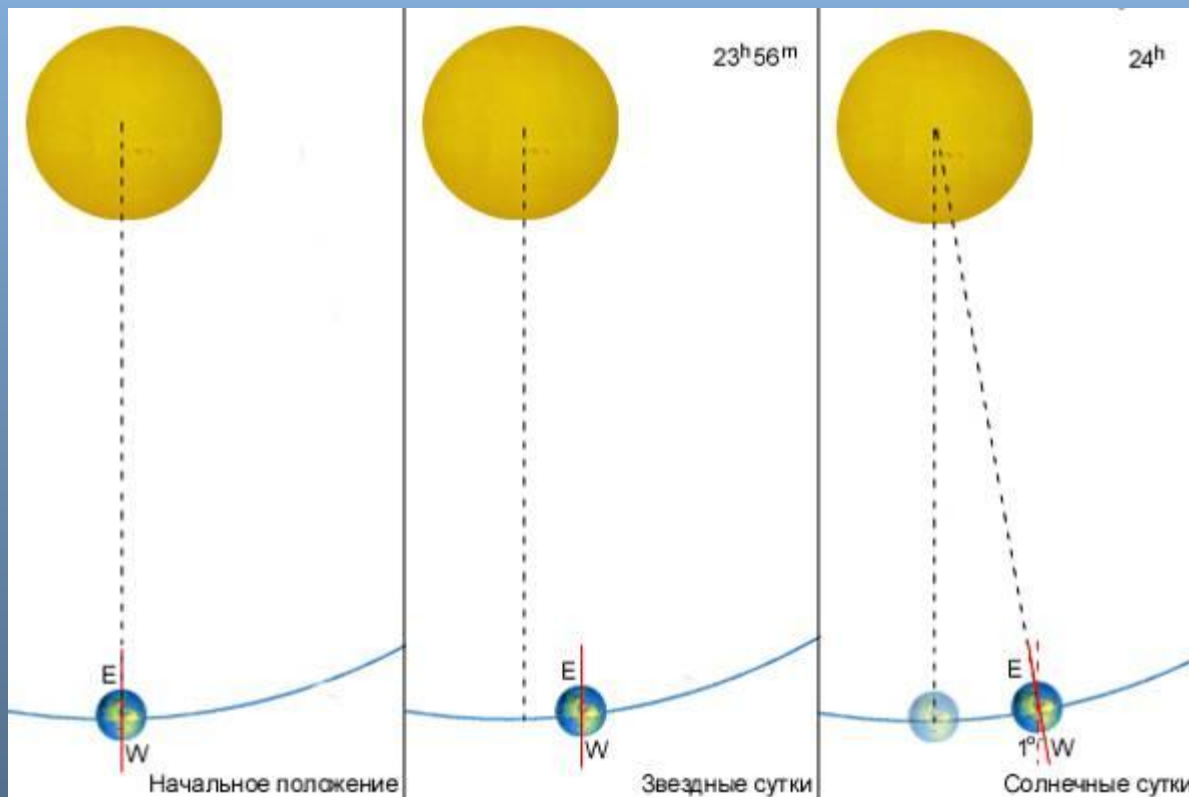
# Астрономия

## Время и календарь



Время и его измерение, история

<http://physics.nist.gov/>



# Астрономия

## Время и календарь



**Сутки** [\*] - интервал времени между двумя последовательными одноименными кульминациями {\*}

[**истинные солнечные**]

{истинного Солнца}

[**средние (солнечные)**]

{“среднего” Солнца} **Точка весеннего равноденствия**

“Среднее” Солнце - воображаемая (вычисляемая) точка, равномерно движущаяся по небесному экватору и завершающая по нему полный оборот за один тропический год.

Время сейчас <http://www.time.gov/>

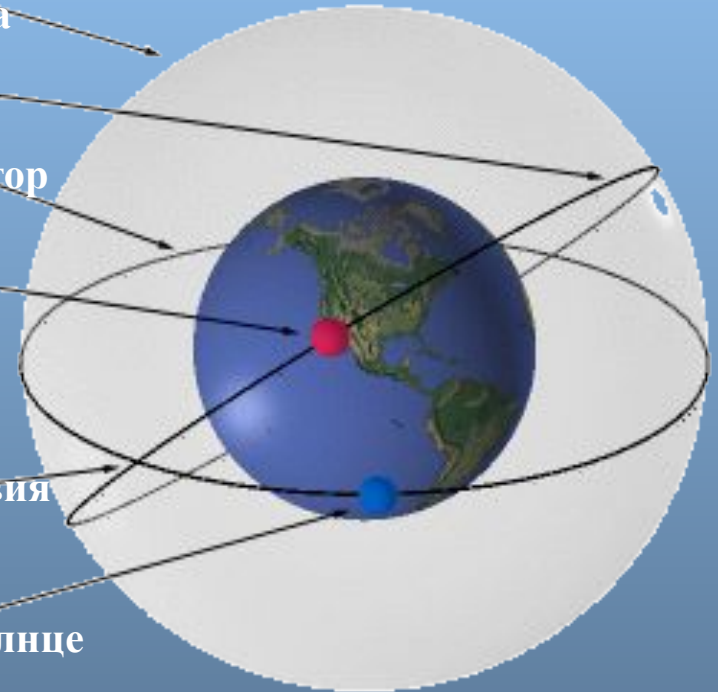
Небесная сфера

Эклиптика

Небесный экватор

Истинное Солнце

Среднее Солнце



# Астрономия

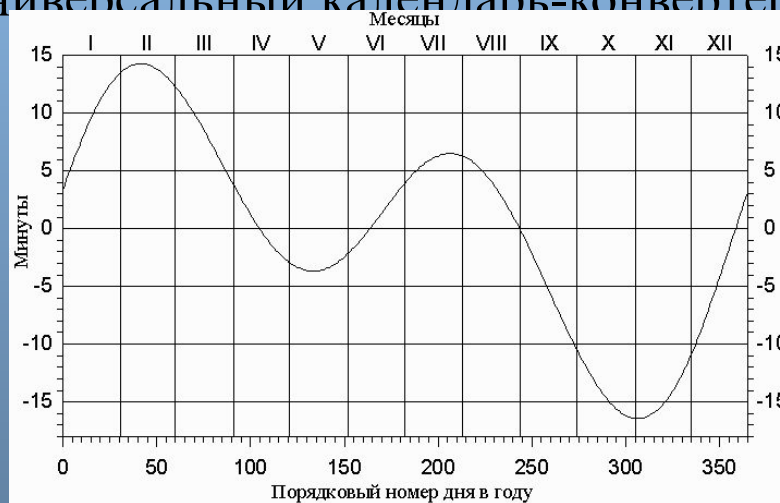
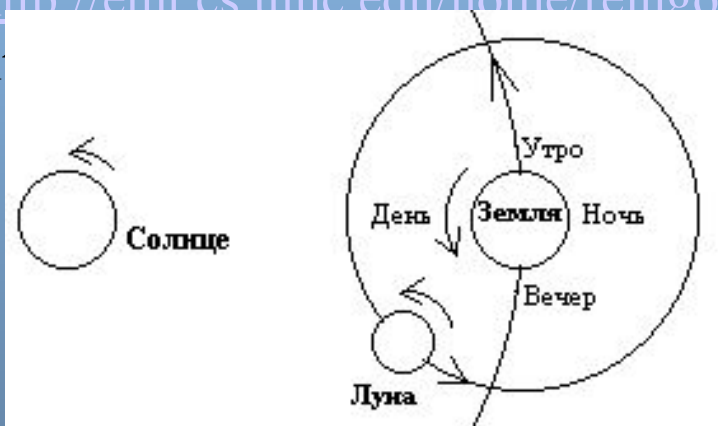
## Время и календарь



Время сейчас <http://www.time.gov/>

Универсальный календарь-конвертер

<http://emr.cs.uiuc.edu/home/reingold/> Универсальный календарь-конвертер



**JD** - Юлианские дни, в 1583 году,

Ж.Скалигер: **JD** = 1.0 в полдень 1.01.4713 г. до н.э.

На Гринвичском меридиане, т.е. **GMT** = 12<sup>h</sup>, так, в полдень GMT 28.02.2001 наступил **JD**=2 451 969



# Астрономия

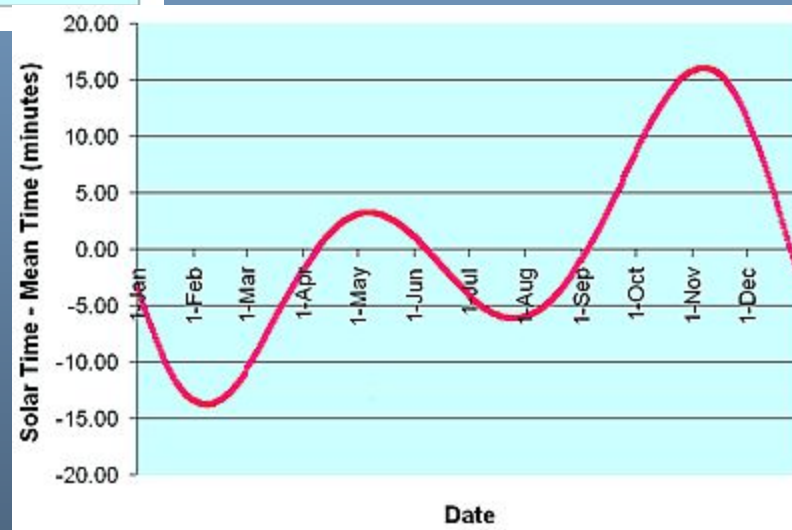
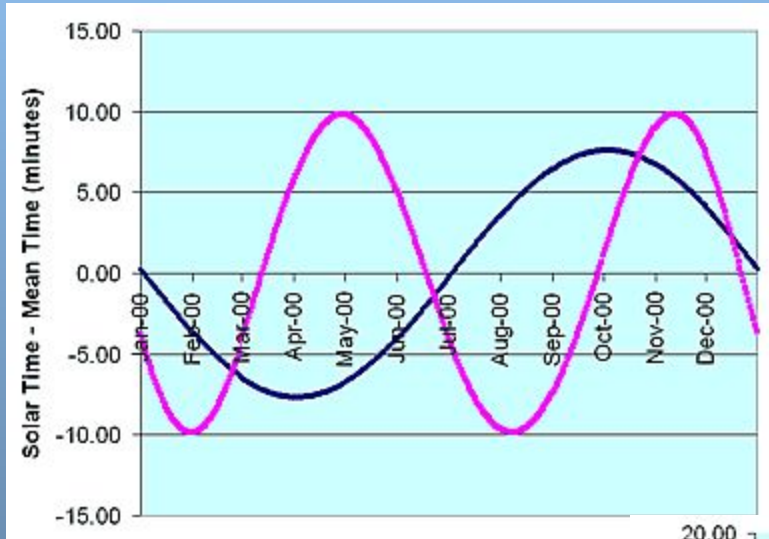
## Время и календарь



Время сейчас <http://www.time.gov/>

Вариации неравномерности времени из-за наклона оси Земли к эклиптике, (лиловая линия), и неравномерности движения Земли по эллиптической орбите (синяя линия).

Уравнение времени - сумма этих двух эффектов.





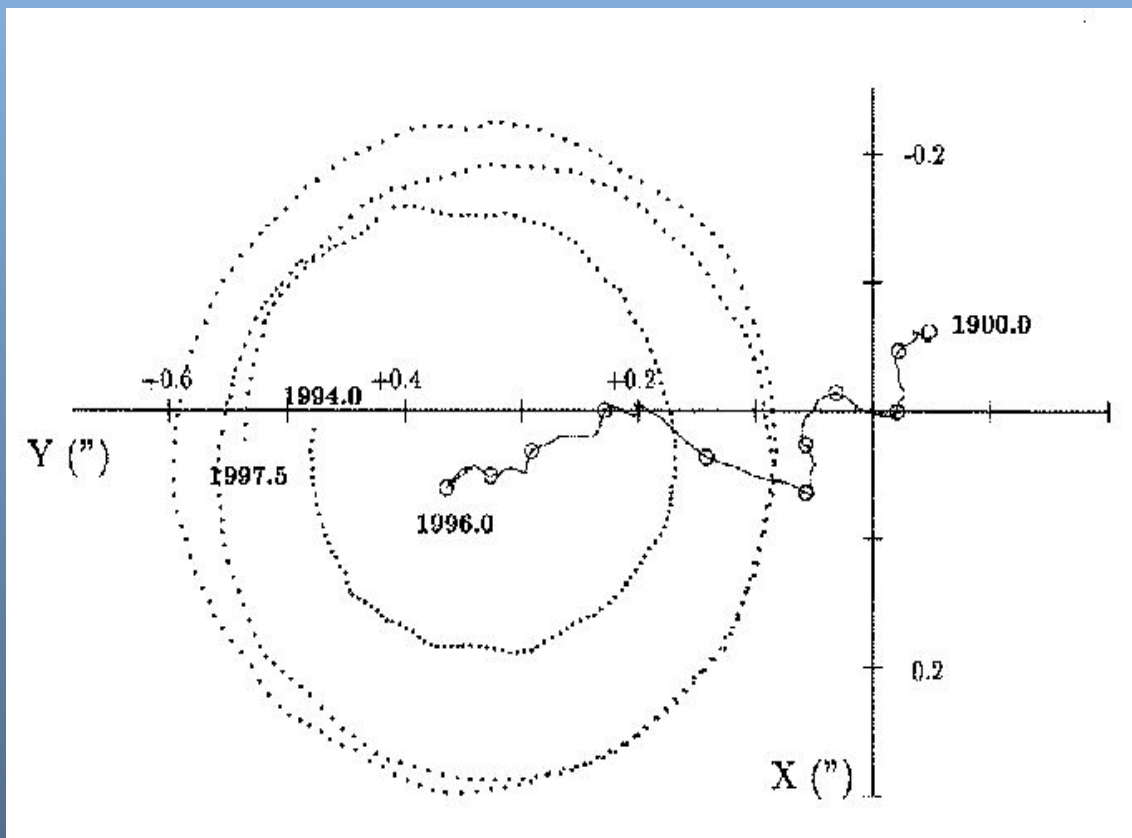
# Астрономия

## Время и календарь



Время и его измерение, история

<http://physics.nist.gov/>

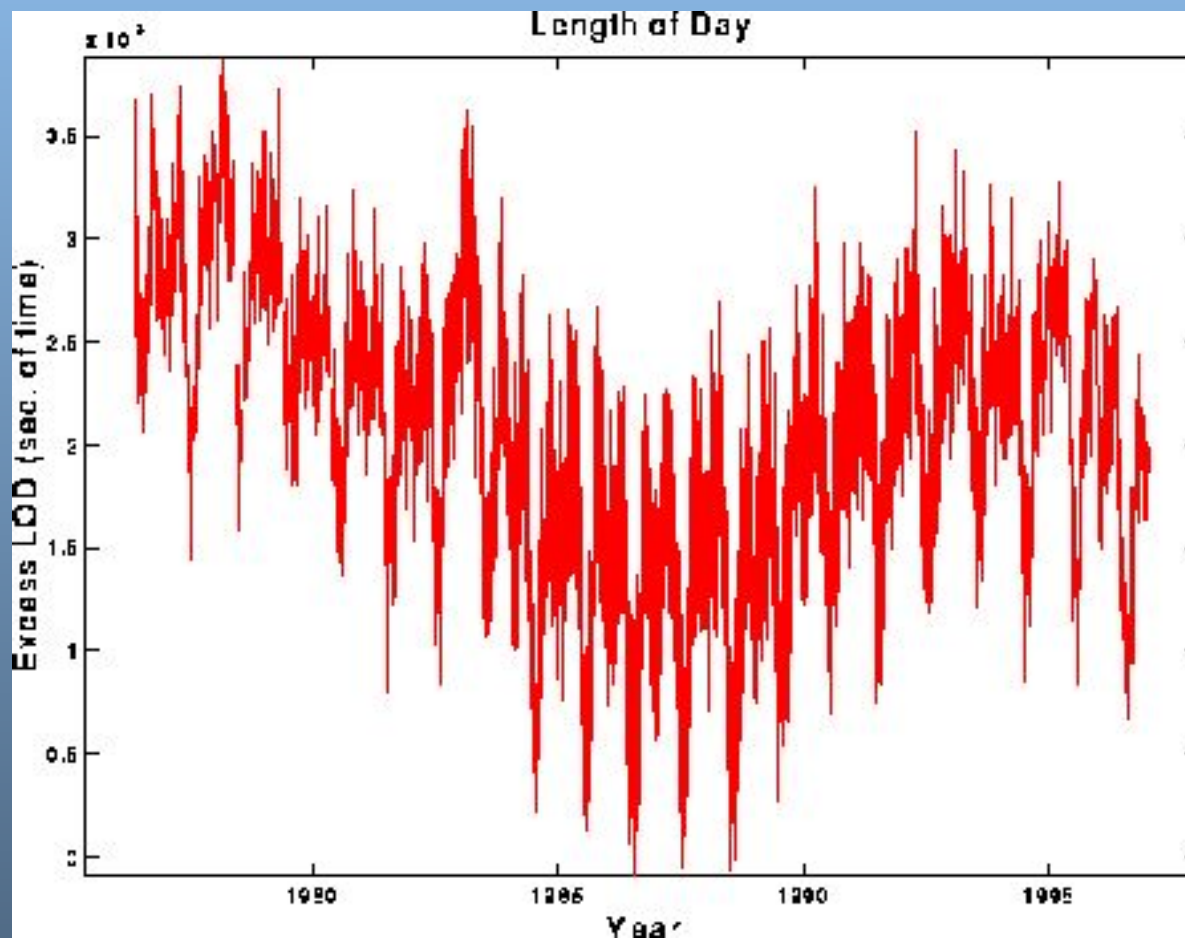


# Астрономия

## Время и календарь

Время и его измерение, история

<http://physics.nist.gov/>



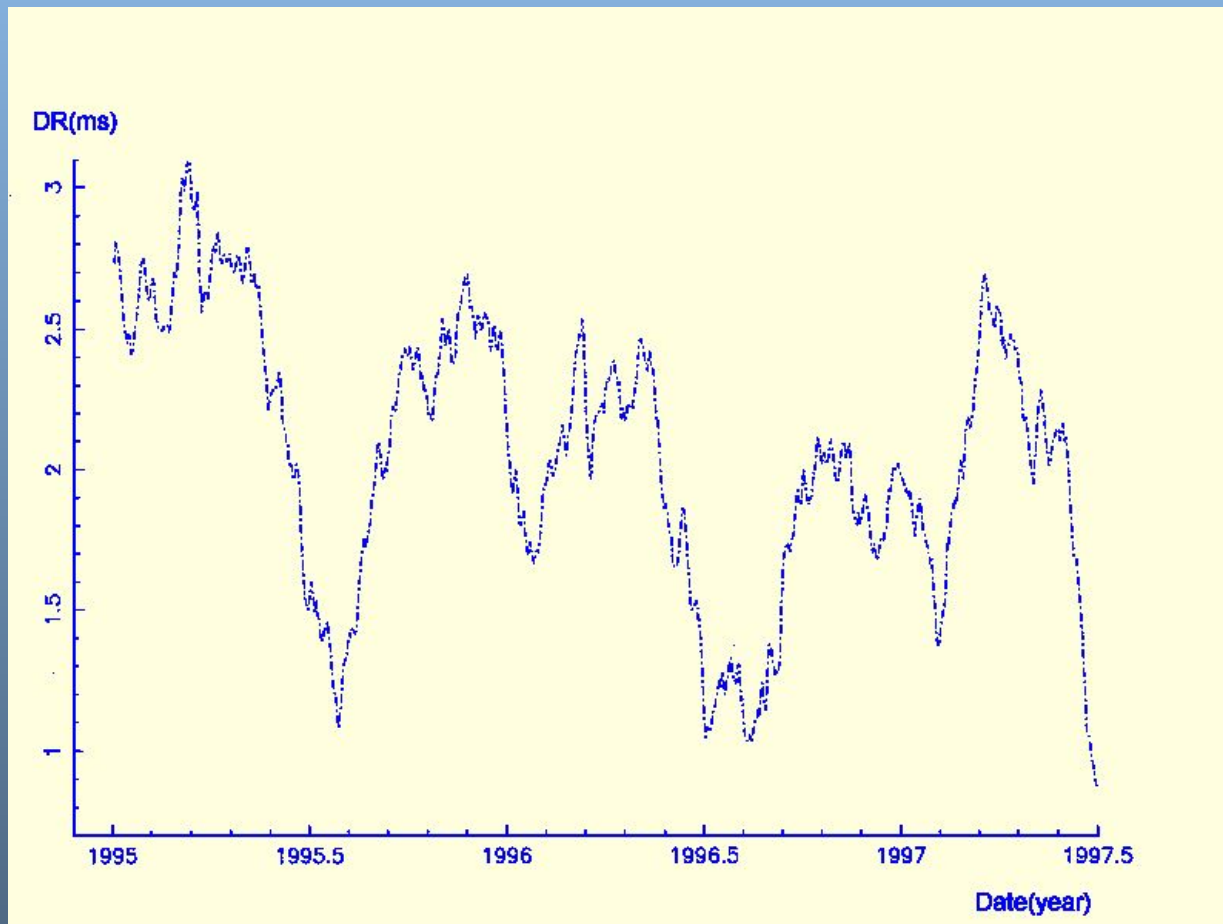
# Астрономия

## Время и календарь



Время и его измерение, история

<http://physics.nist.gov/>

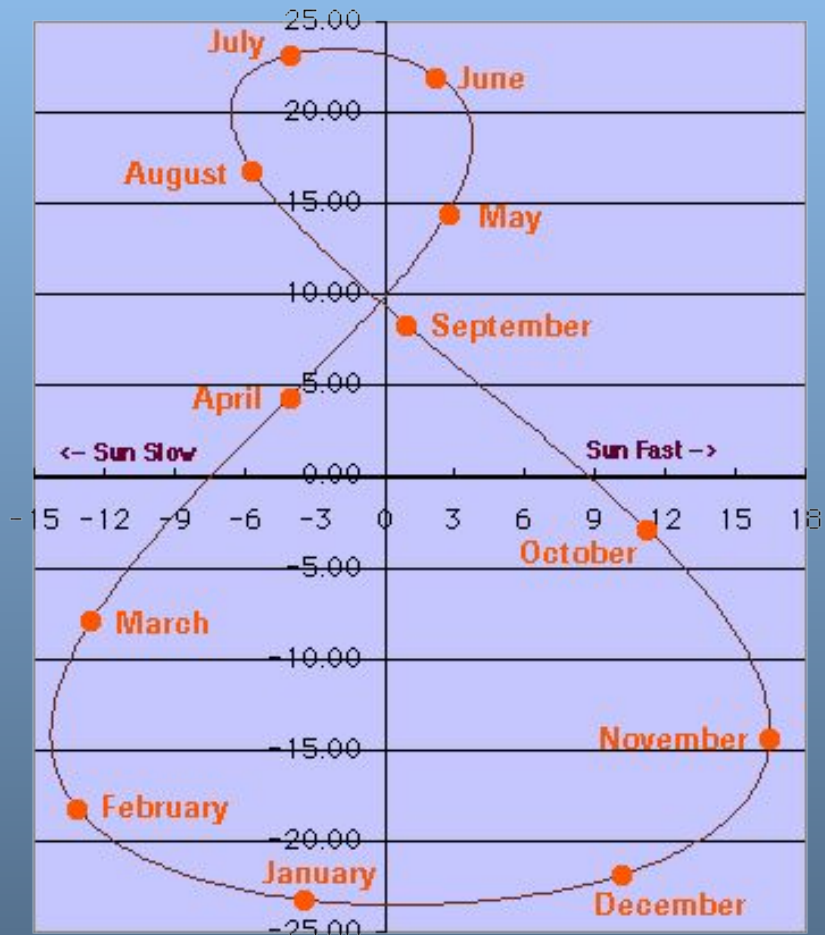


# Астрономия

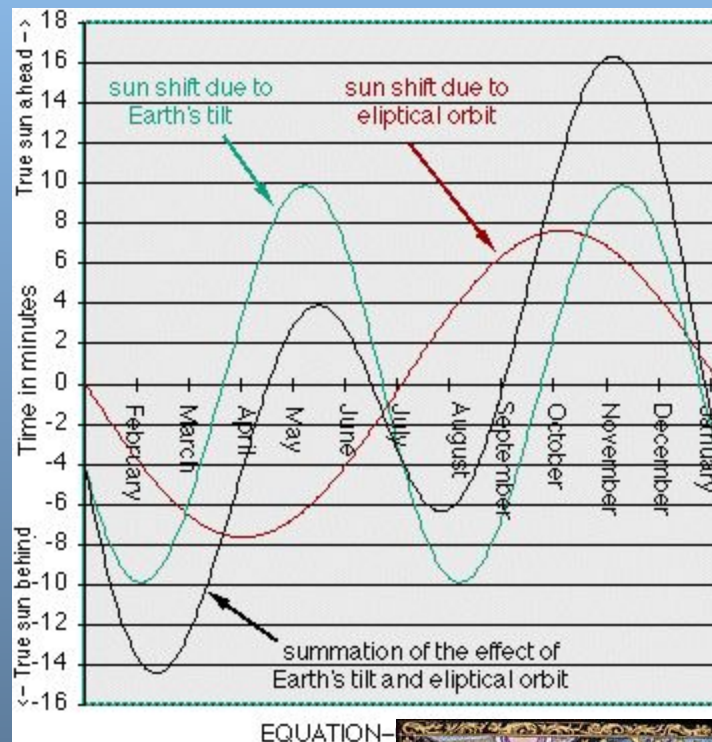
## Время и календарь



Время сейчас <http://www.time.gov/>



Аналема Солнца



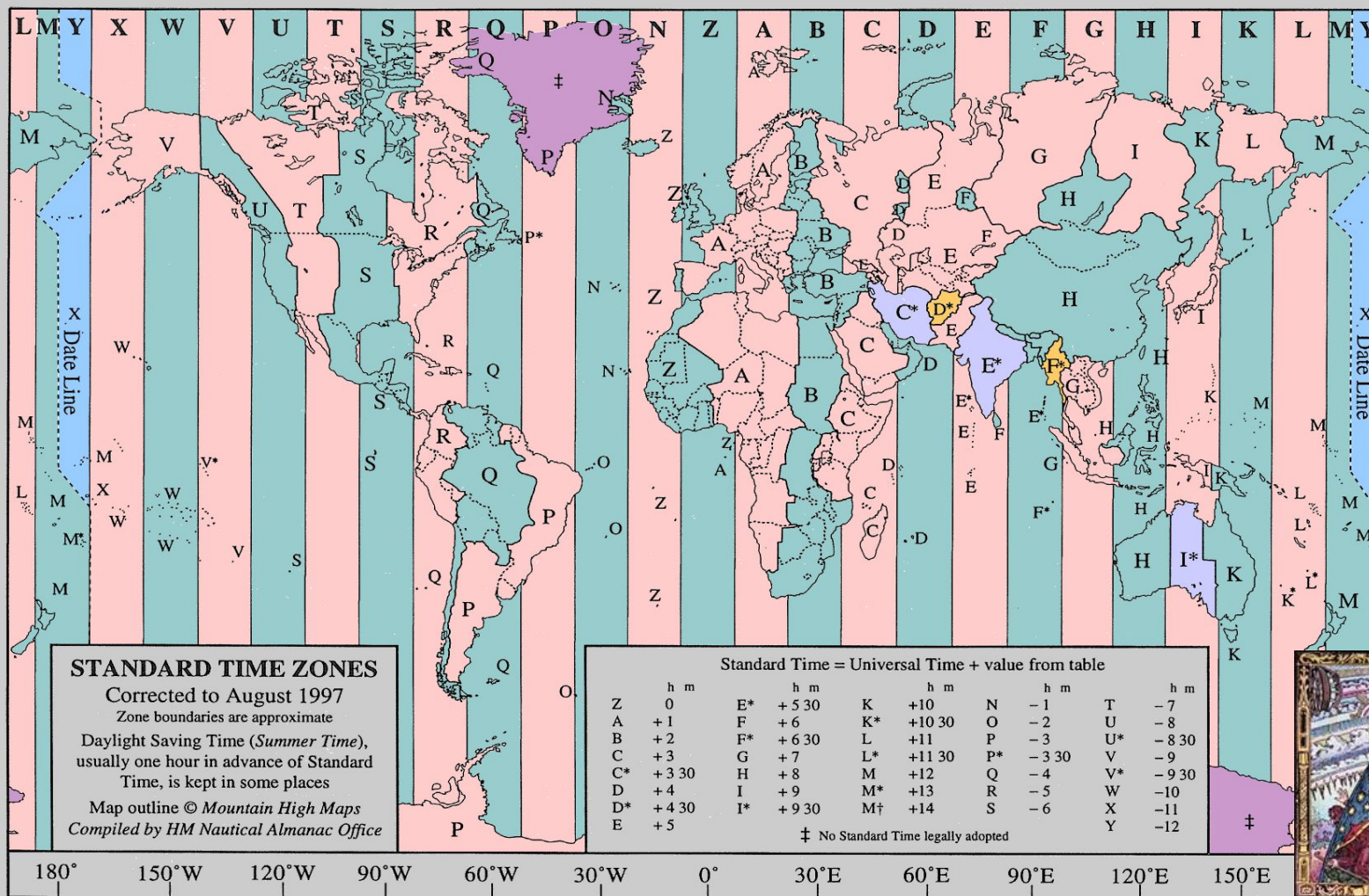
Уравнение времени - сумма двух эффектов.



# Астрономия

## Время и календарь

Время сейчас <http://www.time.gov/>

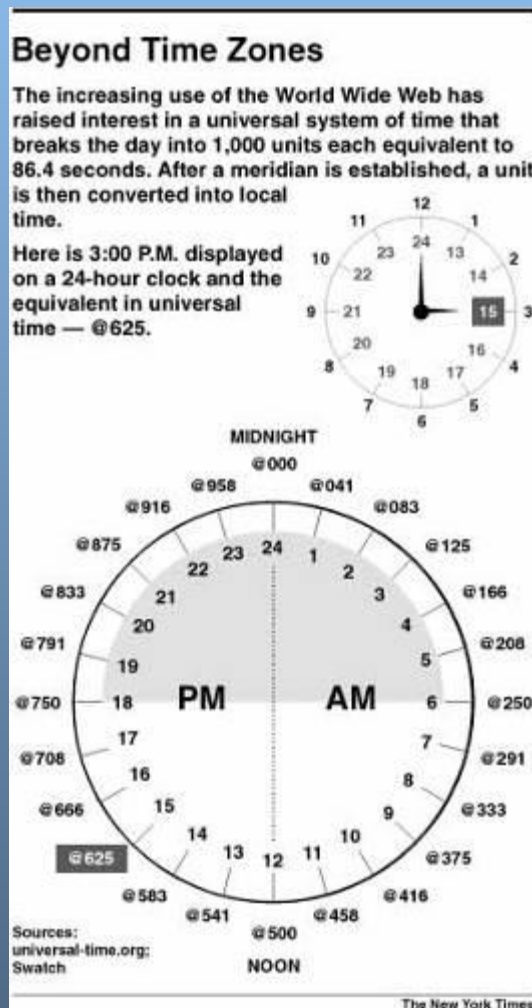


# Астрономия

## Время и календарь



Время сейчас <http://www.time.gov/>



AM - ante meridiem (до полудня)  
PM - post meridiem (после полудня)  
GMT или UT - Всемирное время,  
Гринвичское среднее время  
ET - эфемеридное время,  
IAT - атомное время

Поясное время - с 1884 года,  
уточненные часовые пояса - с 1981 г,  
декретное время (+1 час) - с 1930 г,  
летнее время (+1 час) - с 1981 г.



# Астрономия

Небесная механика

## Законы Кеплера и возмущения



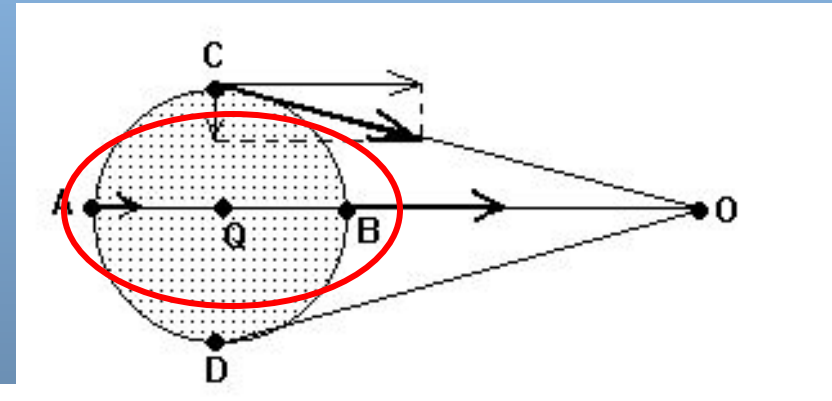
Время сейчас <http://www.time.gov/>

3) Задача N-тел

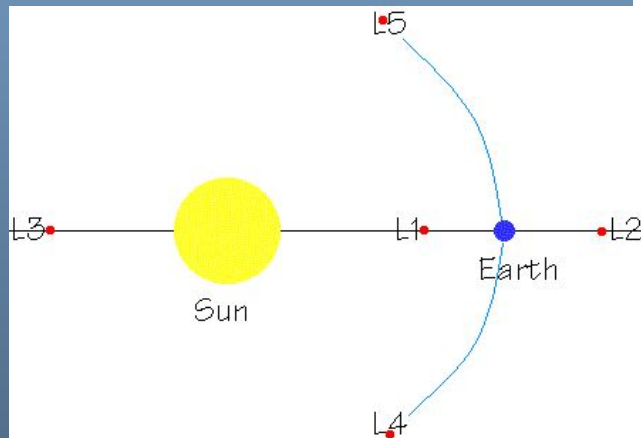
2) задача 3-х тел

1) задача 2-х тел 1)

задача 2-х тел (1-2)



Возмущенное движение



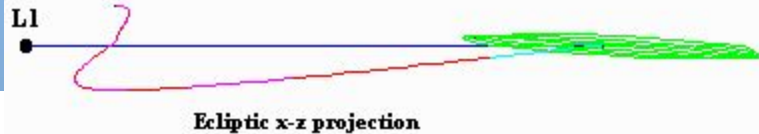
Частное решение:  
точки Лагранжа  
АСЕ, СОНО...



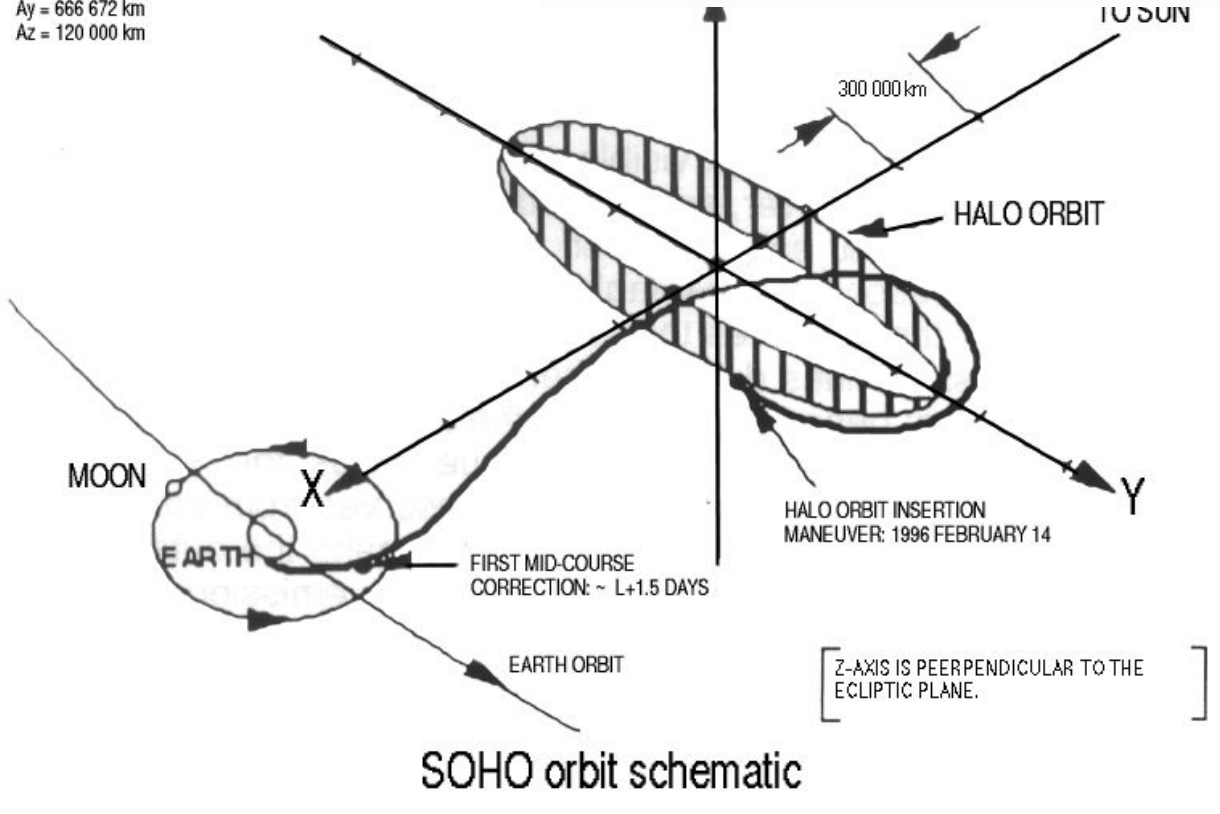
# Астрономия

## Небесная механика

### Законы Кеплера и возмущения



Nominal orbital parameters:  
Ax = 206 448 km  
Ay = 666 672 km  
Az = 120 000 km



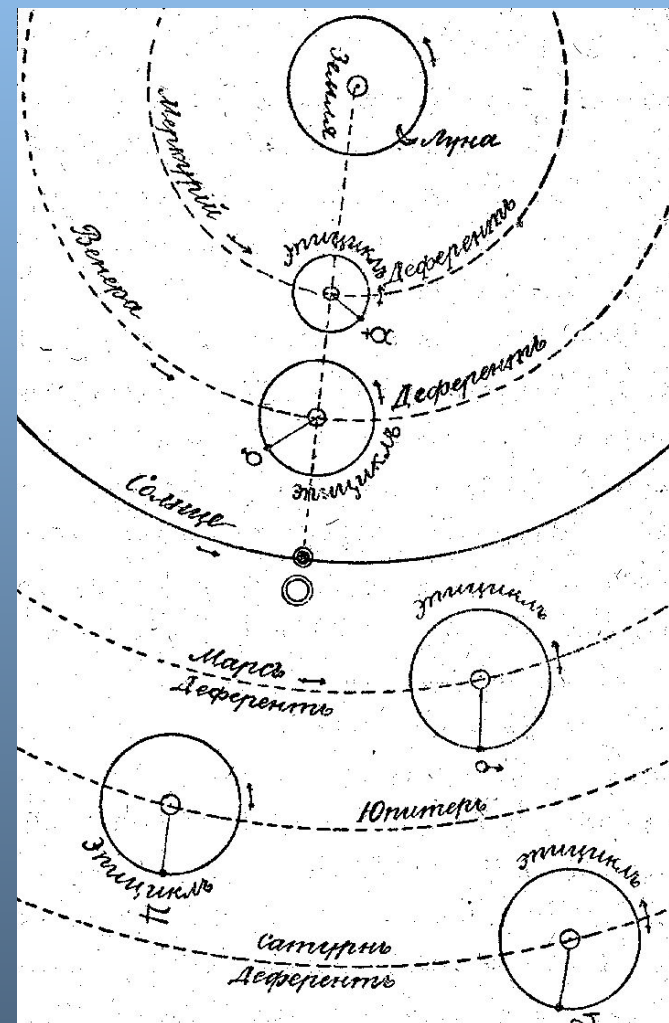
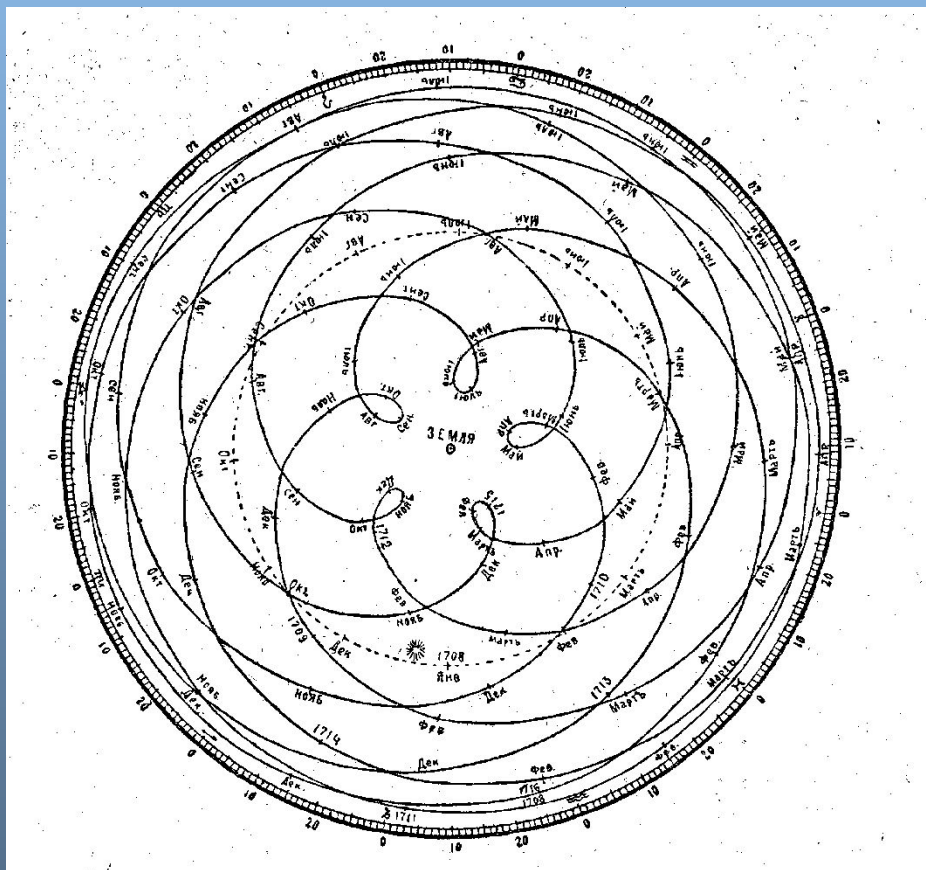
Частное решение:  
точки Лагранжа  
АСЕ, СОНО...





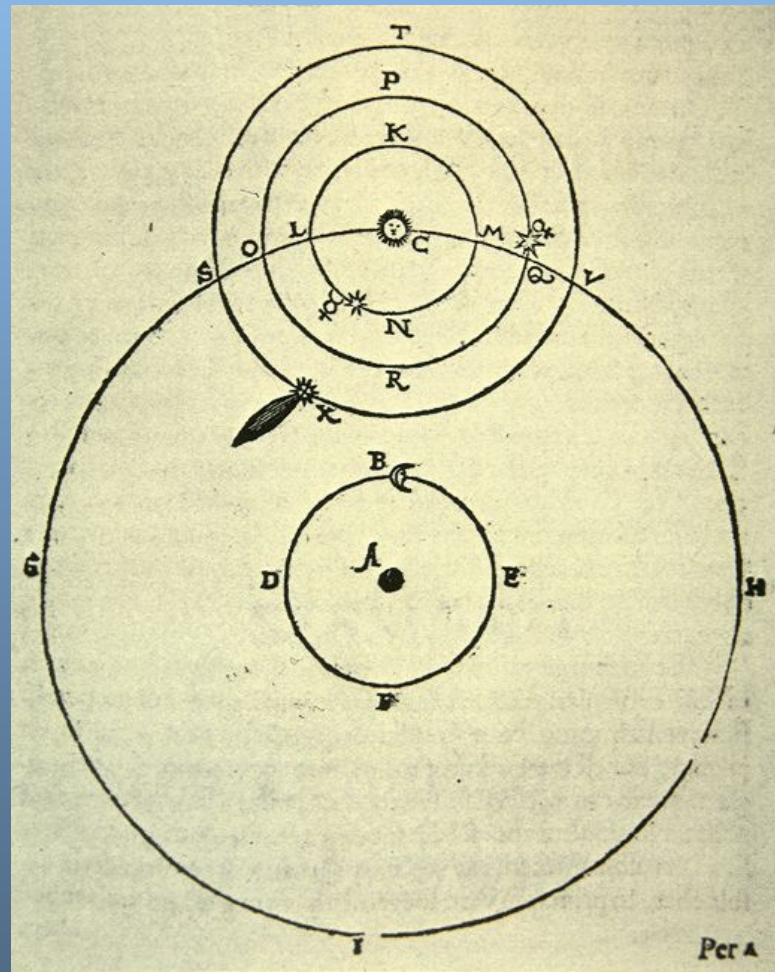
# Астрономия

## История астрономии - геоцентрическая система



# Астрономия

## История астрономии - Тихо Браге



# Астрономия

## История астрономии - Исаак Ньютон



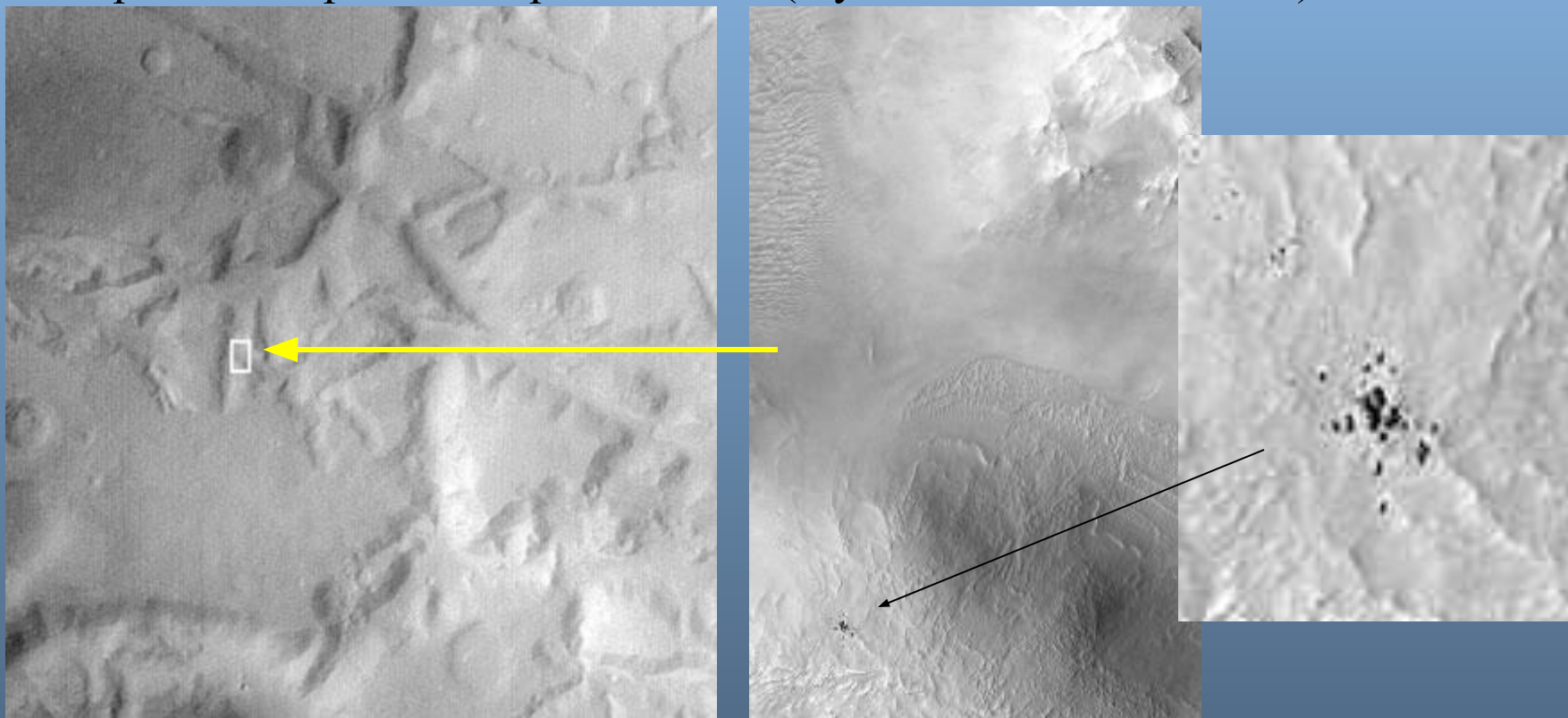
# Астрономия

## AstroNews - новости астрономии

Сообщение о работе студентов, изучающих снимки с Марса, полученных с аппарата **Mars Global Surveyer (MGS)**, на которых изображены странные черные камни (mysterious black boulders)



MGS  
Марс



# Астрономия

## AstroNews - новости астрономии

Сообщение о работе студентов, изучающих снимки с Марса, полученных с аппарата **Mars Global Surveyor (MGS)**, на которых изображены странные черные камни (mysterious black boulders)



MGS  
Марс

