

## 0 Угловые измерения на небе

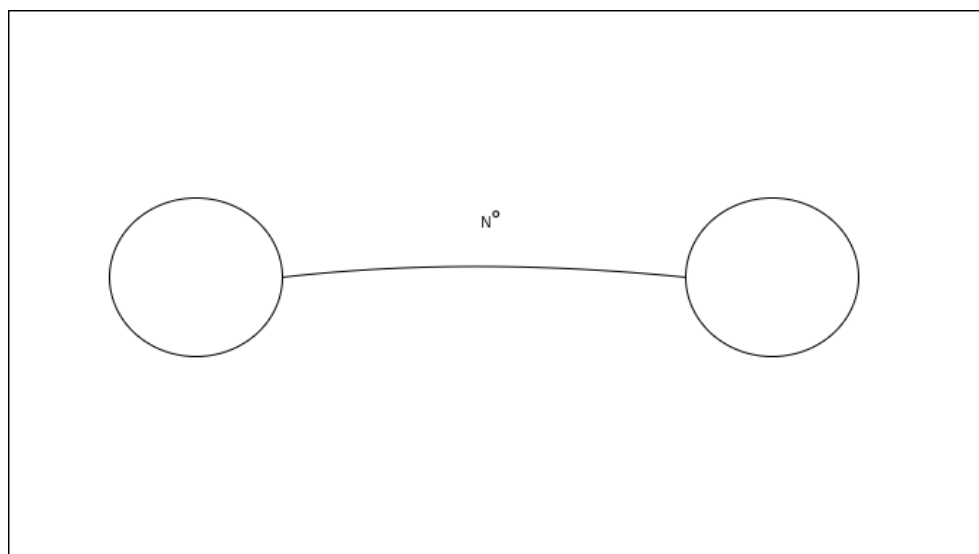
### 0.1 Угловые расстояния между небесными объектами

Чаще всего мы измеряем расстояние между объектами в пространстве, как например между двумя планетами:



Но существуют ли ещё какие-то способы обозначить, как один объект находится, относительно другого? - Да!

Представим, что мы наблюдаем эти два объекта в телескоп. Тогда очень интуитивным становится не линейное, а угловое расстояние между объектами.

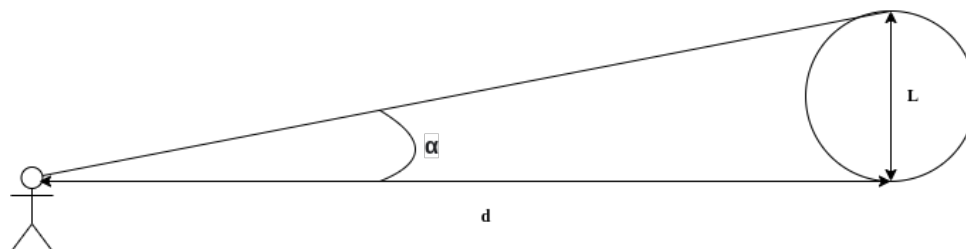


Таким образом, помимо измерения линейного расстояния от одного тела до другого, можно также посчитать видимое угловое расстояние между ними

### 0.2 Угловые размеры объекта и их связь с линейными

Размеры тела, также как и расстояние между телами легко измерить в градусах, минутах или секундах. Так, например, угловой размер Солнца  $\approx 31'59''$  примерно равен угловому размеру Луны, при этом, очевидно, линейные размеры у них разные.

**Теорема 1.** Связь между угловыми и линейными размерами легко находится из прямоугольного треугольника



Пусть угол  $\alpha$  - угловой размер объекта, а  $L$  - линейный.  $d$  - расстояние до тела. Тогда справедлива формула

$$\tan \alpha = \frac{L}{d}$$

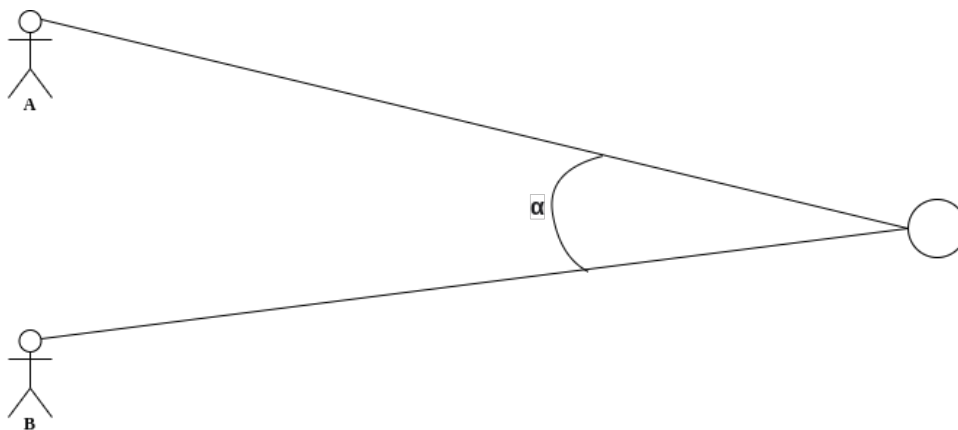
При малых углах

$$\alpha = \frac{L}{d}$$

На практике уже при  $30^\circ \tan \alpha \approx \alpha$

## 1 Параллакс и геометрические способы измерения расстояний

**Определение. Параллакс** — изменение видимого положения объекта относительно удалённого фона в зависимости от положения наблюдателя.



Зная расстояние между точками  $A$  и  $B$  ( $L$ ) и угол  $\alpha$ , можно узнать расстояние до объекта

$$d = \frac{L}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

**Определение. Суточный параллакс** — разница в направлениях на одно и то же светило из центра масс Земли (геоцентрическое направление) и из заданной точки на поверхности Земли (топоцентрическое направление).

Этот угол зависит от высоты светила над горизонтом, максимальное его значение достигается при нулевой высоте (когда светило наблюдается прямо на горизонте). Такая величина называется горизонтальным параллаксом. База параллакса при этом равна радиусу Земли (около 6400 км).

**Определение. Годичный параллакс** — изменение направления на объект (например, звезду), связанное с движением Земли вокруг Солнца. Величина параллакса равна углу, под которым со звезды видна большая полуось земной орбиты (перпендикулярная лучу зрения).

Годичные параллаксы являются показателями расстояний до звёзд. Расстояние до объекта, годичный параллакс которого равен 1 угловой секунде, называется **парсек**

*Пример.* Условие задачи: Как связан парсек и астрономическая единица?

Парсек - расстояние, с которого орбита земли имеет угловой размер  $1''$

$$1p.s. = \frac{L}{2 \sin 0.5'}$$

$$2 \sin 0.5' \approx 4,8 \cdot 10^{-6}$$

$$1p.s. = 206265a.u.$$

## 2 Связь градусов и радиан

**Теорема 2.** Формулы связи угла в градусах и радианах

$$\frac{\alpha\pi}{180} = \text{рад}$$

$$\frac{\alpha 180}{\pi} = \text{градусы}$$

## 3 Задачи

*Упражнение 1.* Определите расстояние между Нептуном и объектом пояса Койпера 2003 QX113 (радиус круговой орбиты 50 а.е.), когда последний находится в западной квадратуре по отношению к Нептуну.

.э'в 07

*Упражнение 2.* На какое расстояние нужно отдалиться от Земли, чтобы её видимый угловой размер стал равен размеру лунного диска на земном небе? Радиус Луны считайте равным 1737 км, радиус Земли – 6371 км, расстояние от Земли до Луны – 384 400 км. Выразите ответ в километрах и в диаметрах Земли.

1.41 м.ж.н.г.м. 111 э.м.н.э.х.ч.м.н.т.р.о.р.я

*Упражнение 3.* Ярчайшая двойная звезда ночного неба; её светимость в 25 раз превышает светимость Солнца. Является одной из ближайших к Земле звёзд, годичный параллакс этой звезды равен  $0,379''$ . Находится в созвездии Большого пса. Назовите звезду. Выразите расстояние до этой звезды в световых годах и в астрономических единицах.

С.и.р.и.с. 2.64 п.к

*Упражнение 4.* Юпитер находится в, так называемой, восточной квадратуре при наблюдении с Земли (ситуация, при которой угол между направлениями на Солнце и на Юпитер составляет  $90^\circ$ ), определите, чему равно расстояние между Землёй и Юпитером. Орбиты планет считать круговыми.

5.103 а.е.

*Упражнение 5.* Чему равен 1 пк в световых годах?

3,26156

## 4 Hard

*Упражнение 6.* Видимые размеры спиральной галактики NGC 6744 составляют  $20' \times 12'$ . Предполагая, что диск галактики идеально круглый, определите угол между лучом зрения и плоскостью диска галактики.

40 град.с.в

*Упражнение 7.* Астрономическая обсерватория будущего построена на одном из карликовых тел Солнечной системы, обращающемся вокруг Солнца по круговой орбите. Астрометрические измерения одной звезды показали, что в своем движении относительно более далеких звезд в этой области неба она описывает окружность радиусом  $0.5$  с периодом 200 лет. Определите расстояние до этой звезды. Известно, что звезда не входит в состав какой-либо двойной или кратной системы.

68.4 п.к