

Восточно-Сибирский университет технологий и управления  
*Технологический колледж— Астрономия*

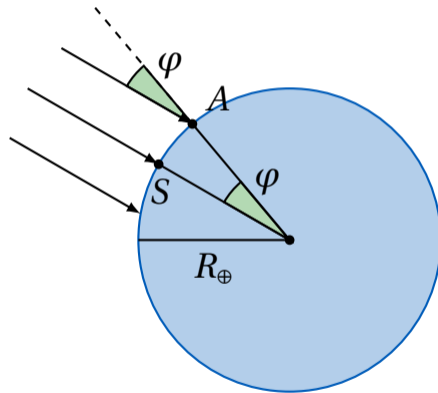
## Лекция 5

### Методы астрономических исследований

Улан-Удэ / 2018

## Опыт Эратосфена

Расстояние между Сиеной  $S$  и Александрией  $A$  соответствовало длине дуги в 5000 стадий. Измерив угол 22 июня 240г между центром Солнца в Александрии и зенитом, получив  $7^{\circ}12'$ , а в Сиене в это время Солнце находилось в зените (так как освещало дно самого глубокого колодца).

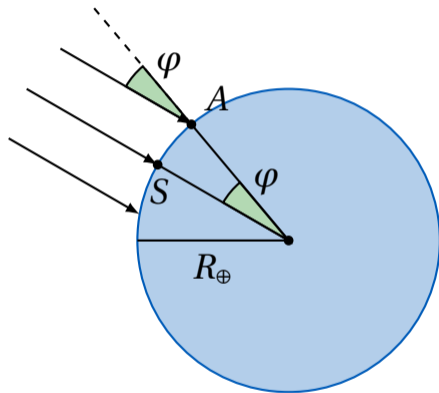


## Опыт Эратосфена

Считая, что Солнце от Земли очень далеко, а потому приходящие на Землю лучи параллельны, Эратосфен вычислил длину окружности земного шара по формуле

$$\frac{L}{5000} = \frac{360^\circ}{7^\circ 12'}$$

получив  $L = 250000$  сажень = 40000 км (более точно, получил 39690 км).

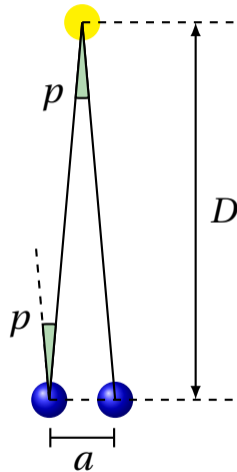


Откуда  $R_{\oplus} = 6311$  км

При определении расстояний до небесных тел мы не можем выполнять прямые измерения, и поэтому для этой цели используют различные косвенные методы

Изменение направления на предмет при перемещении наблюдателя называют **параллаксом**.

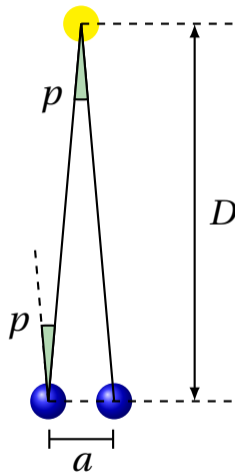
Расстояние между точками, из которых производится наблюдение, называют **базисом**



$$D = \frac{a}{p}$$

$a$  – базис,

$p = [\text{рад}]$  – параллакс

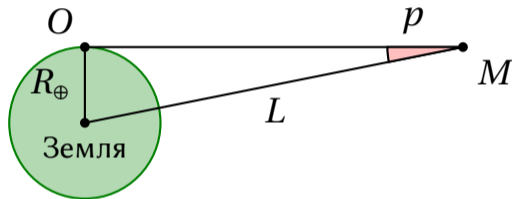


### Суточный параллакс светила

Угол между направлениями, по которым светило  $M$  было бы видно из центра Земли и из какой-нибудь точки на ее поверхности

$$\frac{R_{\oplus}}{L} = \sin p = p = [\text{рад}]$$

$p$  – горизонтальный параллакс



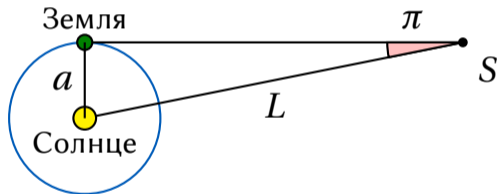
$$L = \frac{R_{\oplus}}{p} = \frac{206265'' \cdot R_{\oplus}}{p''}$$

**Годичный параллакс  $\pi$** 

Угол, под которым со звезды был бы виден средний радиус земной орбиты при условии, что направление на звезду перпендикулярно к радиусу

$$L = \frac{a}{\sin \pi} = \frac{a}{\pi} = \frac{206265'' \cdot a}{\pi''}$$

$a$  – большая полуось орбиты Земли.



В астрономии, помимо километров, приняты следующие единицы расстояний:

**астрономическая единица (а.е.)** – среднее расстояние Земли от Солнца;

**парсек (пк)** – расстояние, соответствующее годичному параллаксу в 1”;

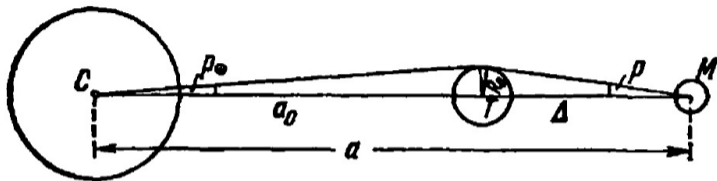
**световой год** – расстояние, которое свет проходит за один год, распространяясь со скоростью около 300 000 км/с.

Если астрономическую единицу принять равной 149 600 000 км, то

$1 \text{ пк} = 30,86 \cdot 10^{12} \text{ км} = 206\,265 \text{ а.е.} = 3,26 \text{ свет. года};$

$1 \text{ световой год} = 9,460 \cdot 10^{12} \text{ км} = 63\,240 \text{ а.е.} = 0,3067 \text{ пк}.$



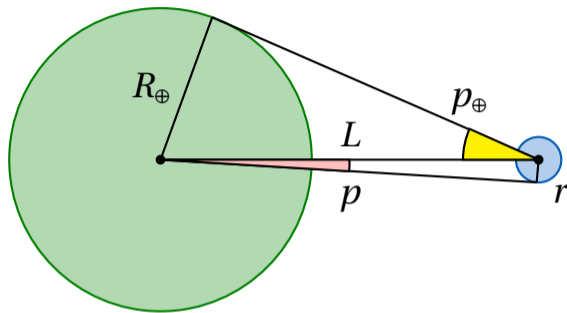


$$p_{\odot} = \left[ \frac{a}{a_{\odot}} (1 - e) - 1 \right] p$$

$$p_{\odot} = 8,794148'' \quad 1 \text{ a.e.} = 149\,597\,870 \text{ км}$$

Угол, под которым с Земли виден диск светила, называется его **угловым диаметром**.

$\rho$  – угловой радиус светила  $M$ ;  
 $L$  – расстояние между центрами светила и Земли;  
 $p$  горизонтальный экваториальный параллакс светила;  
 $R_{\oplus}$  и  $r$  – линейные радиусы Земли и светила  $M$ .



$$r = \frac{\sin p}{\sin \rho_{\oplus}} R_{\oplus}, \quad r = \frac{p}{\rho_{\oplus}} R_{\oplus}$$

**Светимость звезды**

полная мощность, излучаемая с поверхности звезды

$$L = \frac{W}{t}$$

$W$  – энергия;  $t$  – время

Солнечная светимость

$$L_{\odot} = 3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$$

Светимость ближайшей к нам звезды – Проксима Центавра

$$L = (8 \pm 4) \cdot 10^5 L_{\odot}$$

### *Видимая яркость (освещенность) небесного светила $E$*

мощность излучения объекта, приходящаяся на единичную площадь в месте расположения наблюдателя.

$$E = \frac{L}{4\pi d^2}$$

$d$  – расстояние до звезды.

Видимая яркость Солнца, выраженная в абсолютных величинах, составляет  $1387 \text{ Вт/м}^2$

По историческим причинам, для описания яркости звёзд пользуются понятием **видимой звездной величины**

Гиппарх объединил самые яркие звезды в группу «звезд первой величины», менее яркие – в звезды второй и т.д.

**Видимая яркость звезды первой величины примерно в 100 раз больше чем видимая яркость звезды шестой величины**

Отличие на 1 звездную величину соответствует различию интенсивности в  $\sqrt[5]{100} \approx 2.512$  раз.

$$E_m = E_1 q^{m-1}, \quad q = \frac{1}{\sqrt[5]{100}} = 10^{-0,4} \approx \frac{1}{2,512}$$

Опорной яркостью может служить яркость Веги ( $0.03^m$ )

## Формула Погсона

$$m_1 - m_2 = -2,512 \cdot \lg \left( \frac{E_{m1}}{E_{m2}} \right)$$

Видимой звездной величиной называется отсчитываемый от некоторого нуль-пункта десятичный логарифм освещенности, создаваемой данным объектом в месте наблюдения, умноженный на коэффициент -2,512.

$$\frac{E_{m1}}{E_{m2}} = 2,512^{-(m_1 - m_2)}$$

## Видимые звездные величины

Объект	$m$	Объект	$m$
Сириус с расстояния 1 а.е.	$-30.30^m$	Сириус	$-1.47^m$
Солнце с Земли	$-26.74^m$	Луна в полнолуние	$-12.74^m$
Предел наблюдения невооруж. глазом	$7 - 8^m$	Венера	$-3.82^m$
Полярная звезда	$1.97^m$	тум. Андромеды	$3.44^m$
Уран	$5.32^m$	Предел наблюдения на телескопе Хаббл	$30^m$

**Абсолютная звездная величина  $M$** 

видимая звездная величина для наблюдателя, находящегося на расстоянии 10 парсек.

$$0,4(m - M) = \lg \frac{E_0}{E}, \quad \frac{E_0}{E} = \frac{d^2}{10}$$

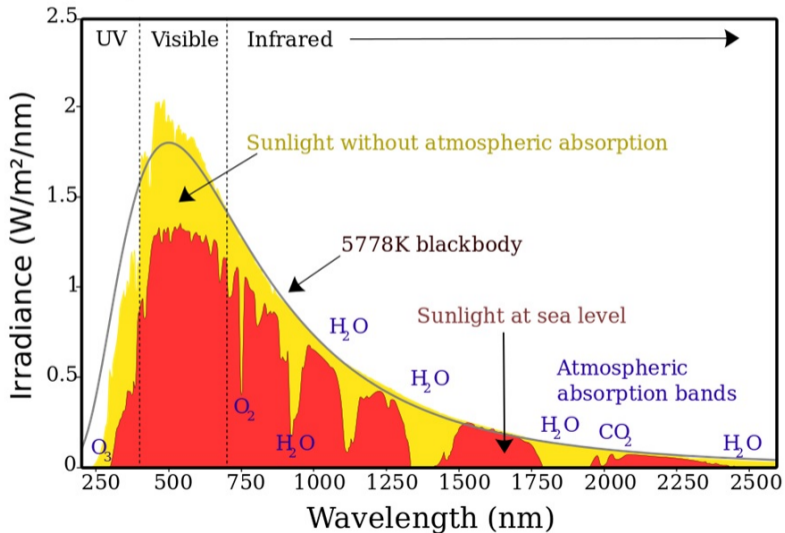
$$0,4(m - M) = 2 \lg d - 2, \quad M = m + 5 - 5 \lg d$$

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi, \quad \Leftarrow \quad d = \frac{1}{\pi} = [\text{парсек}]$$

$$M = -2.512 \cdot \lg \left[ \left( \frac{d}{10} \right)^2 \frac{E}{E_0} \right] = -5.024 \lg \left( \frac{d}{10} \right) + m$$



## Spectrum of Solar Radiation (Earth)



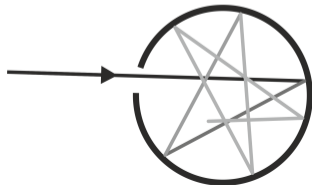
## Абсолютно черное тело (АЧТ)

Тело, способное поглощать полностью при любой температуре все падающее на него излучение любой частоты

$$a_{\omega, T}^{\text{АЧТ}} \equiv 1$$

## Серое тело

$$a_{\omega, T} = \text{const} < 1, \quad a \neq f(\omega, T)$$



### *Закон Стефана-Больцмана*

Энергетическая светимость черного тела пропорциональна четвертой степени его термодинамической температуры

$$L_e = \sigma T^4$$

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – постоянная Стефана-Больцмана

## Закон смещения Вина

Длина волны  $\lambda_{max}$ , соответствующая максимальному значению спектральной плотности энергетической светимости черного тела, обратно пропорциональна его термодинамической температуре

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

$b = 2,9 \cdot 10^{-3}$  м·К – постоянная Вина.

$\lambda_{max}$  — это **не максимальная длина волны** (максимальная длина волны не ограничена, т.е. равна бесконечности)