

АСТРОМЕТРИЯ

Галушина
Татьяна Юрьевна



Литература

- Ковалевский Ж. Современная астрометрия. Фрязино. «Век 2», 2004, - 480 с.
- Куимов К.В. Современная астрометрия // [Земля и Вселенная](#) : Журнал. — М., 2003. — № 5. — С. 23—34.
- Подобед В.В., Нестеров В.В. Общая астрометрия. М.: Наука, 1982.
- Блажко С.Н. Курс практической астрономии. М.: Ф.-М., 1989.
- Подобед В.В. Фундаментальная астрометрия. М.: Наука, 1985.
- Основы эфемеридной астрономии. Абалакин В. К., Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1979, стр. 448.
- Витязев В.В. Анализ астрометрических каталогов с помощью сферических функций.— СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2017. 224 с.
- Островский А. Б. Учебная практика по астрометрии. Учебно-методическое пособие для студентов 2-го курса. Екатеринбург. 2015 2

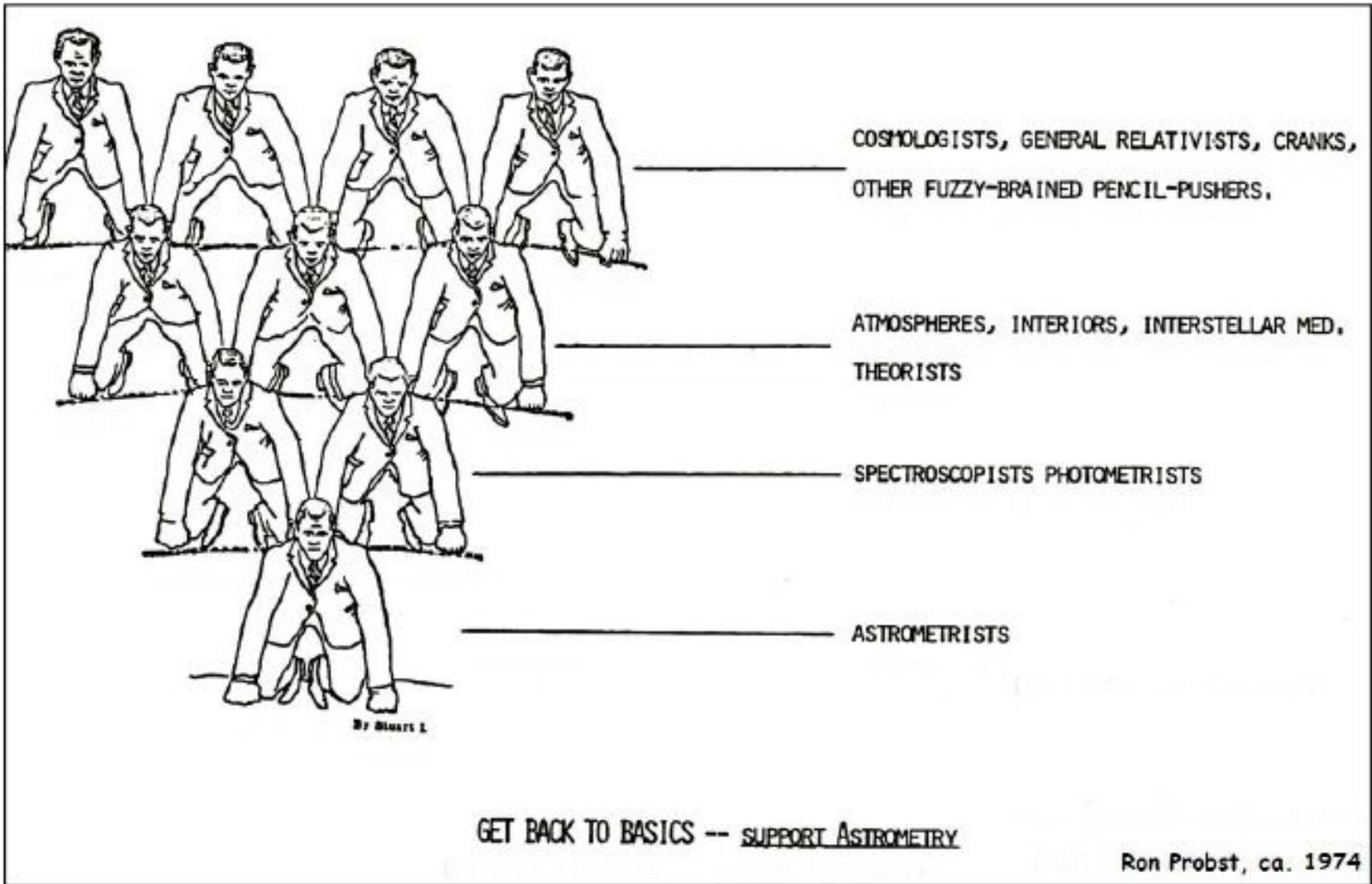
Глава 1. Предмет астрометрии

- Что собой представляет астрометрия?
- Каковы ее цели и ее место в астрономии?
- Какими средствами эти цели достигаются?



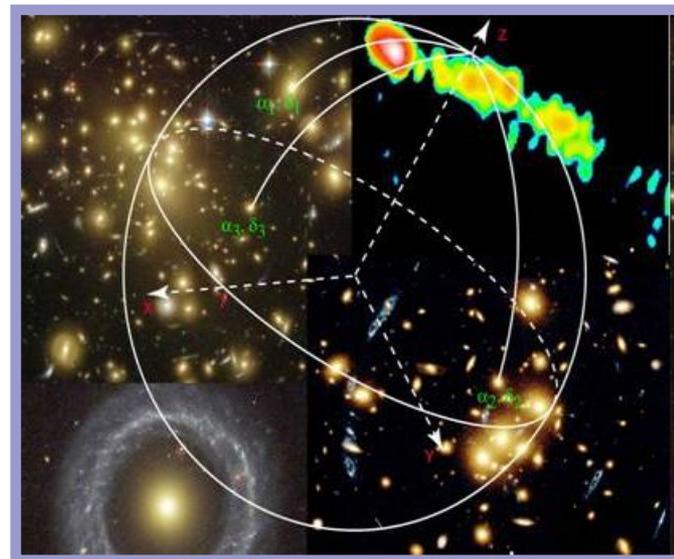
§ 1. Место астрометрии в астрономии

- **Астрометрия** (от др.-греч. ἄστρον — «звезда» и μετρέω — «измеряю») — это часть астрономии, которая занимается наблюдениями небесных тел и определением их положений в пространстве, а также их размеров и формы.
- Основная задача астрометрии это высокоточное определение местоположения объектов и векторов их скоростей в какой-то определенный момент времени. Полное описание этих двух величин дают 6 астрометрических параметров:
 - Небесные экваториальные координаты: прямое восхождение (α) и склонение (δ);
 - Собственные движения ($\mu\alpha$, $\mu\delta$);
 - Параллаксы;
 - Лучевые скорости.
- Зная эти параметры можно определить абсолютную светимость, массу, возраст, местонахождение объекта.



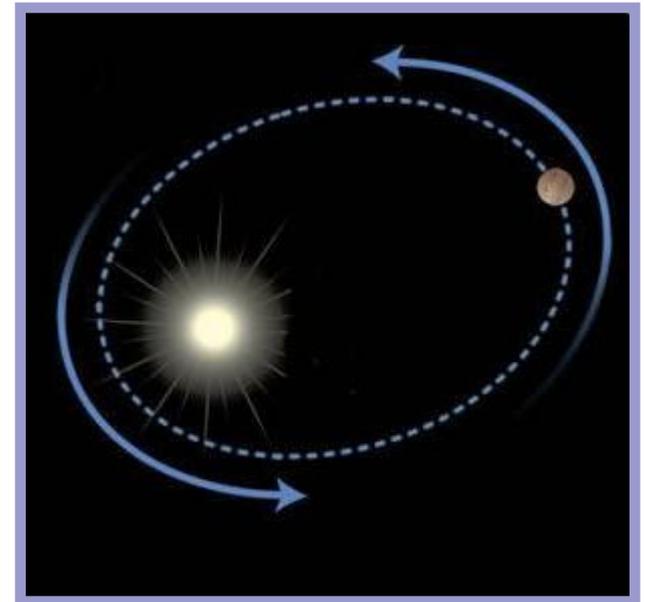
Основные задачи астрометрии

- **Реализация систем координат**, т.е. привязка их к выбранным небесным телам, является задачей астрометрии.
- **Реализация шкал времени** (разработка часов и методов их сличения, определение единицы времени) является комплексной задачей, которая решается не только астрономами, но и специалистами в области атомной, лазерной физики, электроники и т.д.
- **Измерение движения тел**



Цель астрометрии

- В общем случае координаты небесных тел изменяются со временем.
- Поэтому **главной целью астрометрии** является измерение движения тел.
- Если эти движения измерены, то их анализ осуществляется двумя существенно различающимися методами:
 1. *кинематический подход,*
 2. *динамический подход.*



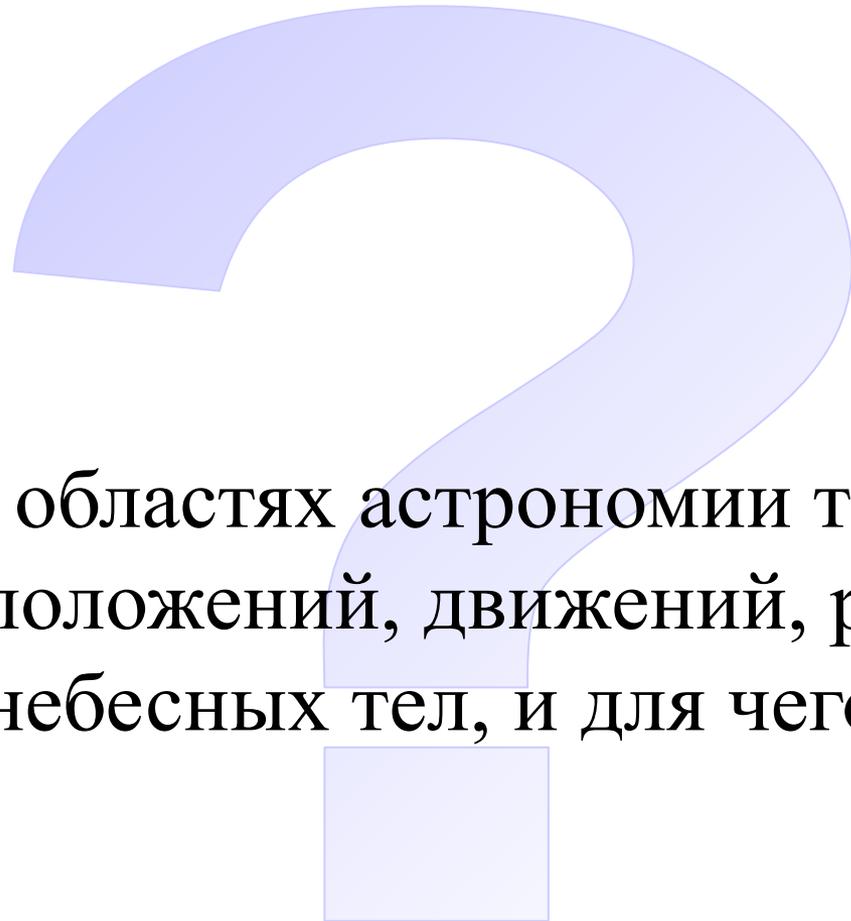
Определения

- Астрометрия является наблюдательной основой для получения научных результатов.
- **Астрометрия** – это применение некоторых методов, которые можно назвать *астрометрическими методами*, для определения геометрических, кинематических и динамических свойств небесных тел во Вселенной.
- **Астрометрия** - раздел науки, который изучает кинематические и геометрические характеристики Вселенной.



§ 2. Объекты астрометрии

- В самом общем виде все, что как-то распределено во Вселенной, движется или имеет размеры или форму и доступно для измерений, находится в сфере интересов астрометрии при условии, что научный интерес лежит за пределами простого описания.
- В течение первой половины двадцатого столетия некоторые астрономы говорили, что любое наблюдение является капиталом, который будет ценным и в будущем.
- Сейчас это уже не так. Наблюдение должно иметь целью решение определенной проблемы.



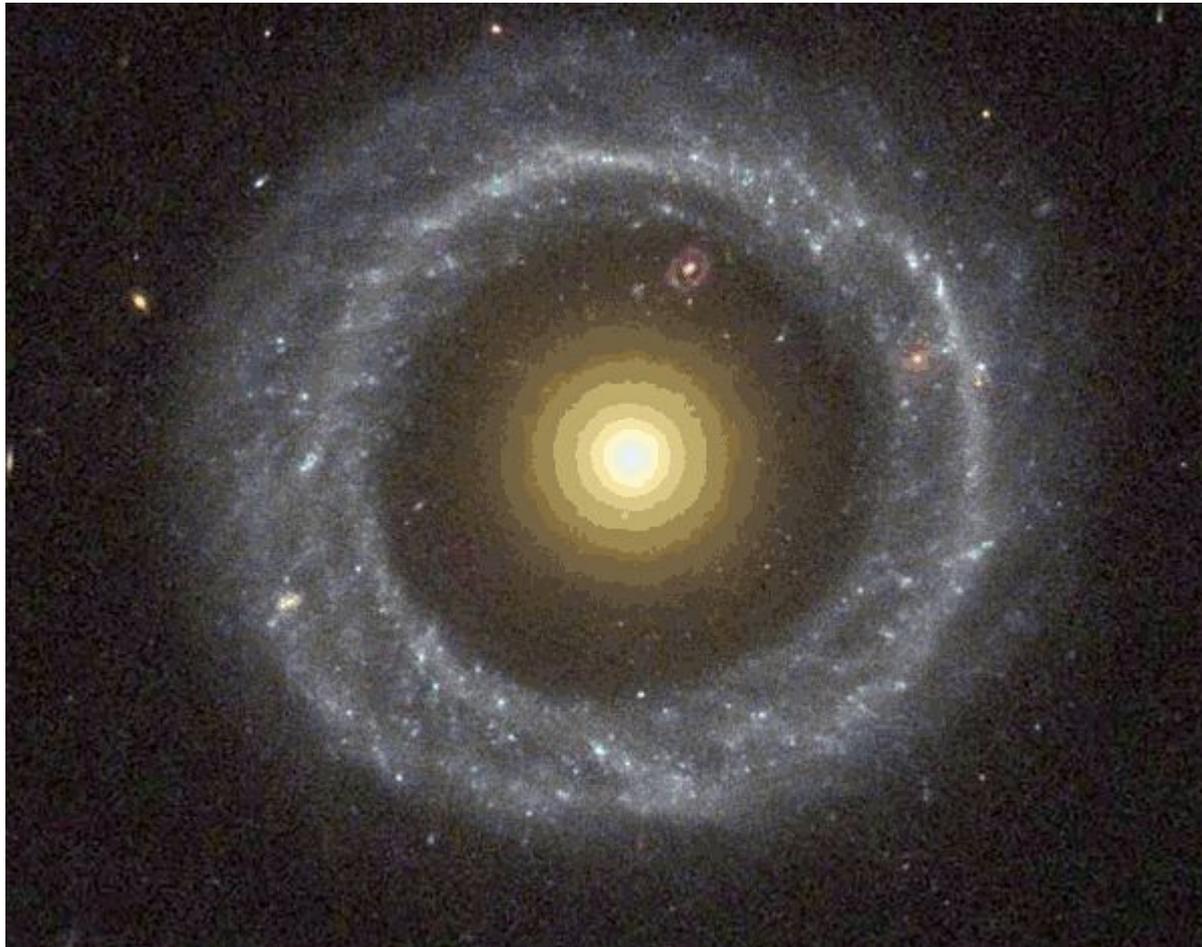
-
- В каких областях астрономии требуется знание положений, движений, размеров и формы небесных тел, и для чего?

Объекты астрометрии

1. Внегалактические объекты
2. Звезды
3. Объекты в Солнечной системе
4. Система Земля-Луна
5. Определение координат пунктов земной поверхности, разработка методов навигации



2.1. Внегалактические объекты

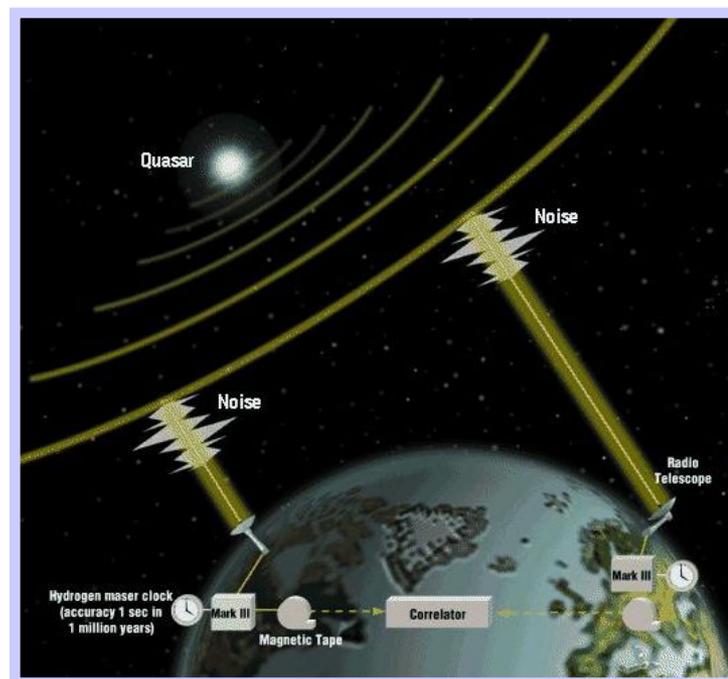


Фундаментальная астрометрия

- **Фундаментальная астрометрия** — учение об инерциальных системах отсчета в астрономии, т. е. о системах, обладающих только прямолинейным и равномерным движением без вращения.
- Основу для создания таких систем в 20 веке давали нам измерения сферических координат, собственных движений и параллаксов звезд, а также установление системы **фундаментальных постоянных** астрономии — величин, позволяющих учитывать закономерные изменения координат со временем.

РСДБ-наблюдения

- Революционный прорыв в увеличении точности наблюдений небесных тел был сделан **методом радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами** (РСДБ¹-наблюдения).



¹Радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами (РСДБ, англ. Very Long Baseline Interferometry, VLBI)

Квazarы

- **Квazarы** являются идеальными реперными точками для определения небесной системы отчета.



Квazar. Галактика NGC 4319 и квazar Маркарян 205. Автор - R. Knacke (Penn State Erie) et al., Hubble Heritage Team, NASA

Квazar (англ. quasar — сокращение от QUASi stellAR radio source — «квazизвёздный радиоисточник») — класс внегалактических объектов, отличающихся очень высокой светимостью и настолько малым угловым размером, что в течение нескольких лет после открытия их не удавалось отличить от «точечных источников» — звёзд.

- Другая задача астрометрии – это наблюдение и описание распределения галактик во Вселенной.
- Описание крупномасштабных структур необходимо для понимания ранних стадий жизни Вселенной, когда эти структуры формировались.



Hubble Space Telescope (телескоп Хаббл)



Кадры из фильма "Вселенная глазами телескопа Хаббл.

2.2. Звезды

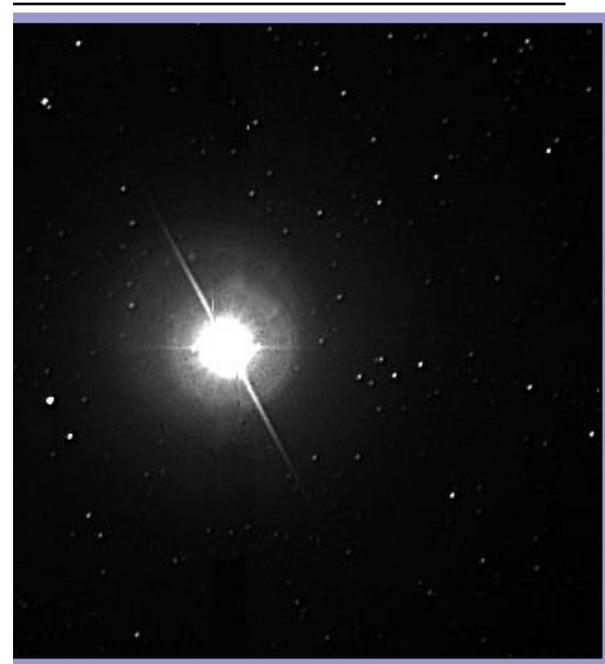
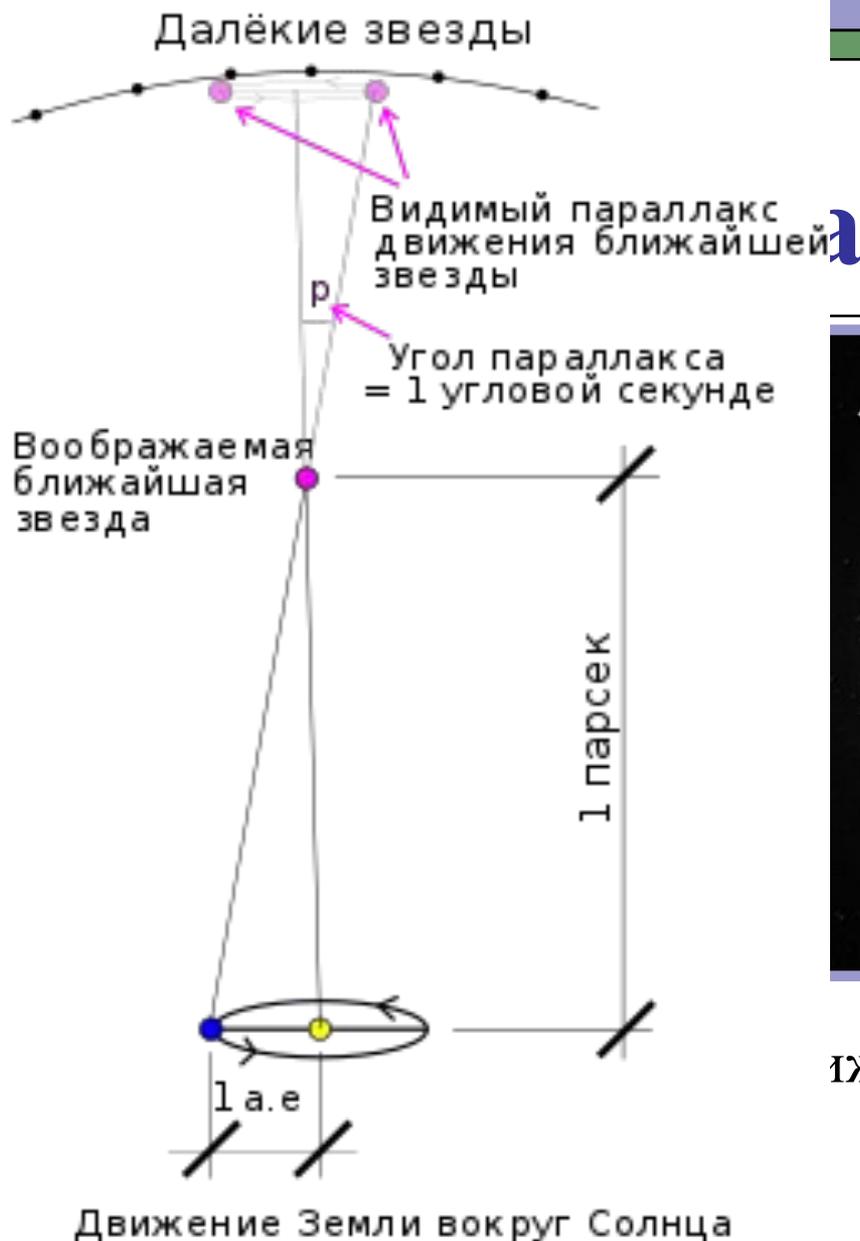
- Существует множество причин для определения видимых кинематических свойств звезд. Можно выделить три основных области применения:
 1. Звездная астрофизика;
 2. Кинематика и динамика групп звезд;
 3. Системы отсчета в астрометрии.



Звезды

Некоторые
определяют
астрометрические

- параллакс
- орбитальных и кратных
- видимые двойные
- собственные
- открытие звезд по их

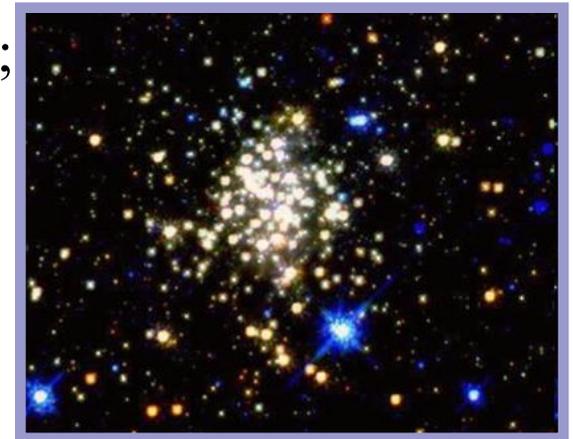


движению.

Звездная астрофизика

Среди следствий знания расстояний до звезд наиболее важным является следствие, согласно которому измеренные значения параметров могут быть выражены в физических единицах, используемых в лабораториях. Только при этом условии можно получить необходимые ограничения на физические модели звезд, включая их внутреннее строение и эволюцию. Среди таких параметров выделим:

- **блеск звезд** в широкополосных или узкополосных фотометрических системах;
- **видимые диаметры звезд**;
- **видимый размер орбиты** двойной звезды;
- **собственные движения** звезд, которые можно выразить в километрах в секунду в картинной плоскости.





Кинематика и динамика групп звезд

Важное значение имеют собственные движения, а также лучевые скорости звезд. Они позволяют нам изучать движения звезд в скоплениях, обнаружить звездные ассоциации, проанализировать движения внутри Галактики и получить соотношения между кинематическими и астрофизическими свойствами звезд, которые приводят к пониманию эволюции Галактики.

- Интерпретация кинематических свойств скоплений приводит к изучению силовых полей, которые сохраняют их от разрушения, а также эволюции скоплений во времени.
- Аналогичным образом, будучи входными параметрами при исследовании динамики Галактики, собственные движения и лучевые скорости звезд являются основными наблюдательными данными для определения строения Галактики, галактического гравитационного поля и эволюции Галактики.



Системы отсчета в астрометрии

- Чтобы корректно решить астрометрические задачи, нужно иметь надежную и доступную небесную систему отсчета.
- Для материализации такой системы мы должны построить систему координат, задаваемую положениями выбранных реперных точек на небе, которыми могут быть звезды, галактики или квазары.
- **Задача астрометрии** – обеспечение потребителей такой системой координат и ее поддержание с помощью измерения движения опорных звезд.

Задача

- Суточный параллакс Солнца $p_0 = 8''.8$, а видимый угловой радиус Солнца $r_Q = 16' 01''$. Во сколько раз радиус Солнца больше радиуса Земли?
-
- Решение: Так как параллакс Солнца есть ни что иное, как угловой радиус Земли, видимый с Солнца,
- следовательно, радиус Солнца во столько же раз больше радиуса Земли, во сколько его угловой диаметр больше параллакса
- $R_Q/R_{\oplus} = r_Q / p_0 = 961''/8''.8 = 109.2.$