Методы астрономических исследований

Доктор физ-мат.наук А.В.ЗАСОВ

Все эпохальные достижения астрономии связаны с возрастанием возможностей астрономических наблюдений

УМК «АСТРОНОМИЯ» 10–11 классы

https://www.lbz.ru/books/981/

АВТОРЫ: Засов Анатолий Владимирович, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета МГУ, зав. Отделом Внегалактической астрономии ГАИШ МГУ, лауреат Госпремии РФ;

Сурдин Владимир Георгиевич, кандидат физ.-мат. наук, доцент физического факультета МГУ, старший научный сотрудник ГАИШ МГУ, почетный работник образования г.Москвы.



Учебник



Примерная рабочая программа



эволюции. Включает разноуровневые задания, проектные работы.

перерабатывать информацию, используя современные ИКТ.

Методическое пособие для учителя

Учебник разработан в соответствии с авторской программой курса астрономии, отражающей современные представления о строении Вселенной. Особое внимание уделяется описанию физической картины мира и его

Учащиеся на практике овладевают методами научного познания природы, учатся моделировать астрономические явления, получать, анализировать и

По учебнику можно работать как в классах с углубленным изучением предметов

физико-математического цикла, так и в классах гуманитарного профиля.

Готовится к изданию

АВТОРЫ: Татарников Андрей Михайлович, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ГАИШ МГУ; Татарникова Анна Александровна, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ГАИШ МГУ; Фадеев Евгений Николаевич, младший научный сотрудник Астрономического центра Физического института им. П. Н. Лебедева РАН.



Задачник

В издании представлено более 500 задач по курсу астрономии для 10—11 классов, для большей части которых даны ответы.

Задачник по содержанию и структуре соответствует учебнику А.В. Засова, В.Г. Сурдина «Астрономия. 10—11 кл.» .

Каждая глава задачника состоит из небольшого теоретического введения, нескольких задач с подробным решением и ответом и задач для самостоятельного решения, которые представлены на трех уровнях сложности.

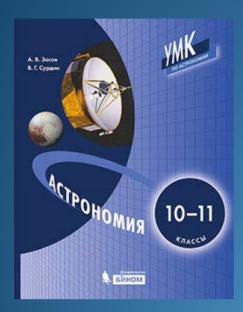
Задачник можно использовать как для текущей работы на уроке астрономии, так и для подготовки к решению задачи 24 ЕГЭ по физике.





АСТРОНОМИЯ. 10-11 КЛАСС

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНИКА



Формат: 70×90/16 Страниц: 304

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. Астрономия: её задачи и возможности	2
Чем занимается астрономия Этапы развития астрономии Космическая деятельность человечества Пространственные масштабы изучаемой Вселенной Основные выводы к главе 1 Задания и упражнения	11 16 26 31 33
ГЛАВА 2. Видимые движения небесных тел	35
5. Небо диевное и почное 6. Созвездия и астеризмы 7. Карта заведдного неба 8. Наблюдаемые движения звёзд, планет, Солица и Луны 9. Системы небесных координат 10. Время и календарь 11. Движение планет 12. Затмения Луны и Солица 0сновные выводы к глане 2 3адания и упражнения	36 42 46 62 71 73 79
ГЛАВА 3. Движение космических тел	
под действием сил гравитации	81
13. Геоцентрическая система мира	82
14. Система Коперника 15. Движение планет вокруг Солнца. Законы Кеплера	88
16. Закон всемирного тяготения	90
17. Орбиты космических тел	91
18. Небесная механика и орбиты космических аппаратов	96
	101
Задания и упражнения	102
ГЛАВА 4. Солнечная система	103
	104
20. Планеты-карлики и малые тела Солнечной системы	132
298	

Условные обозначения, рубрики

- Материал повышенной сложности
- Задания повышенной сложности
- Работаем с дополнительным источником информации

Метеоры, метеориты и астероидная опасность За Экзопланеты Основные выводы к главе 4 Задания и упражнения		142 148 155 155
ГЛАВА 5. Методы астрономических исследований		157 158
24. Телескопы 25. Шкала электромагнитных волн		160 168
Bнеатмоеферные астрономические наблюдения Cнектральный аналия Oeновные выводы к главе 5		170 172 175
Задания и упражиения		176
ГЛАВА 6. Солнце и звёзды		177
28. Солнце как звезда 29. Атмосфера Солнца и солнечный ветер		$\frac{178}{183}$
30. Солнечная активность		189
31. Звёзды как газовые шары		193 201
33. Эволюция Солнца и звёзд		209
34. Переменные звёзды		221
Основные выводы к главе 6		228
Задания и упражнения	• • • •	229
ГЛАВА 7. Галактики		231
35. Наша Галактика — Млечный Путь		232
36. Движение звёзд и вращение Галактики		238
37. Межавёздная среда и формирование звёзд		241
38. Многообразие галактик		255 268
Основные выводы к главе 7		269
ондания и упражиения		205
ГЛАВА 8. Эволюция Вселенной		271
39. Необратимые изменения во Вселенной		272
40. Расширение Вселенной		273
41. Модели расширяющейся Вселенной		277
		299

Фоновое электромагнитное реликтовое излучение	
 Основные выводы к главе 8 Задания и упражнения	286
Приложение	288





Какими бывают астрономические измерения

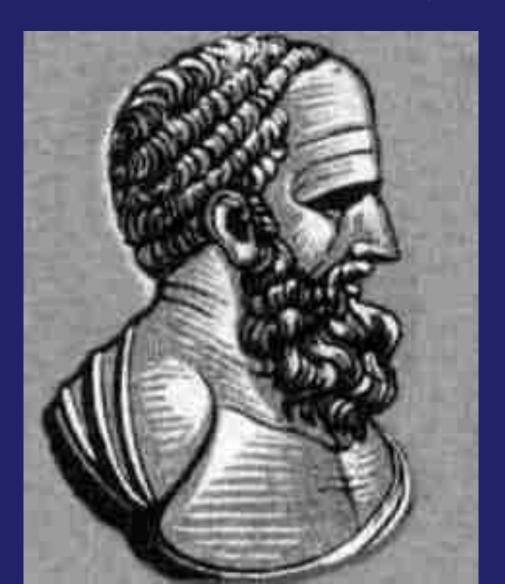
- Угломерные
- Фотометрические
- Спектральные
- Локационные (оптика, радио) для тел солнечной системы.

УГЛОМЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- Угловые расстояния между объектами
- Угловые размеры тел
- Небесные координаты

Первые измерения в астрономии

Гиппарх, ІІв до н.э.



Открыл прецессию (медленное перемещение точки равноденствия)

Первым составил «таблицу хорд» (эквивалент таблицы синусов)

Ввел понятие эпициклов в описании движения Луны и Солнца

Измерил координаты ок. 800 звезд

Дал первые оценки блеска звезд

Определил продолжительность года с ошибкой всего 6 мин.

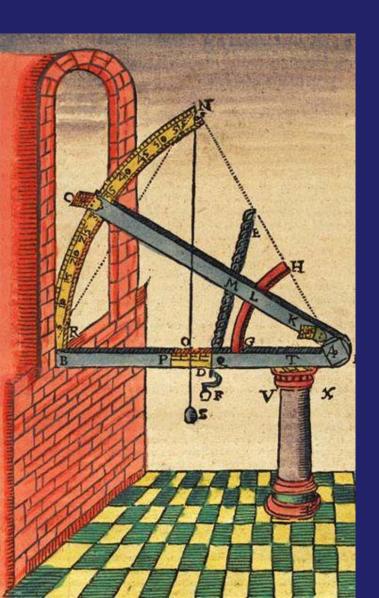
Определил расстояние до Луны (59 земных радиусов)

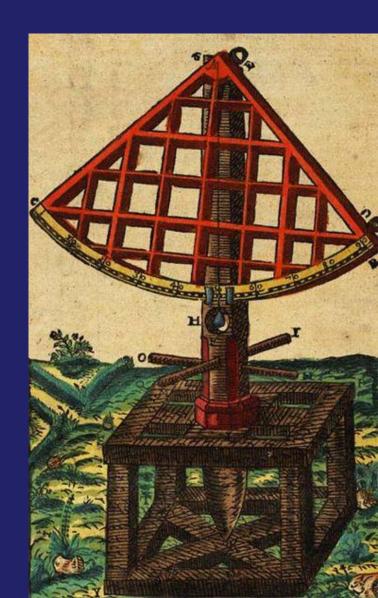
ЗАЧЕМ ВСЕ ЭТО НУЖНО?

Плиний Старший (римский историк, I век) о Гиппархе:

• «Он определил места и яркость многих звёзд, чтобы можно было разобрать, не исчезают ли они, не появляются ли вновь, не движутся ли они, меняются ли в яркости. Он оставил потомкам небо в наследство, если найдётся тот, кто примет это наследство»

Точность измерения координат – 2 угл.мин.дуги Секстант и квадрант Тихо Браге

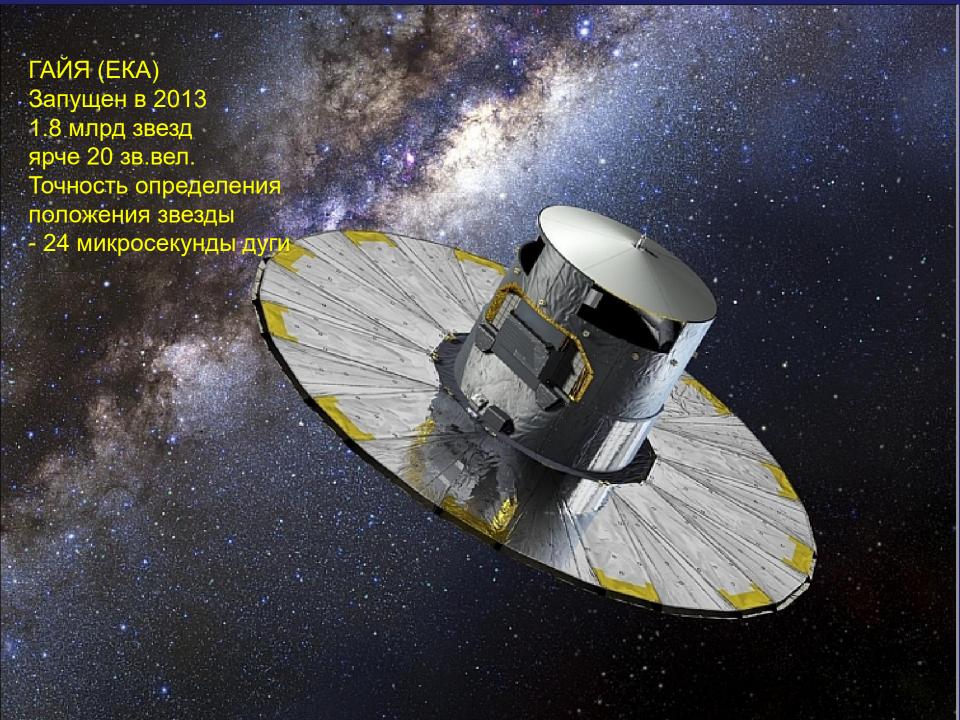




ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ

- Основа всех методов определения расстояний
- измерение параллакса
- (для тел солнечной системы время распространения отраженного сигнала)





ФОТОМЕТРИЯ

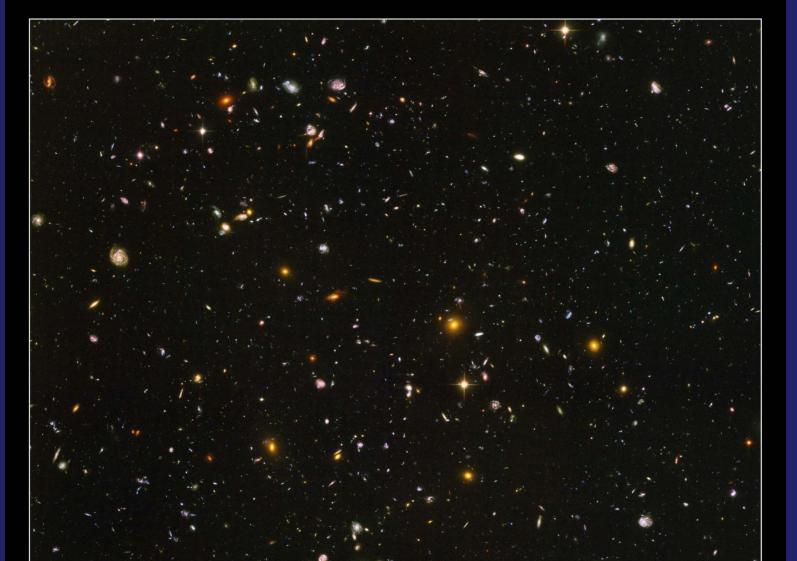
Задачи:

Измерить или сравнить светимости источников и/или проследить изменение приходящего потока со временем

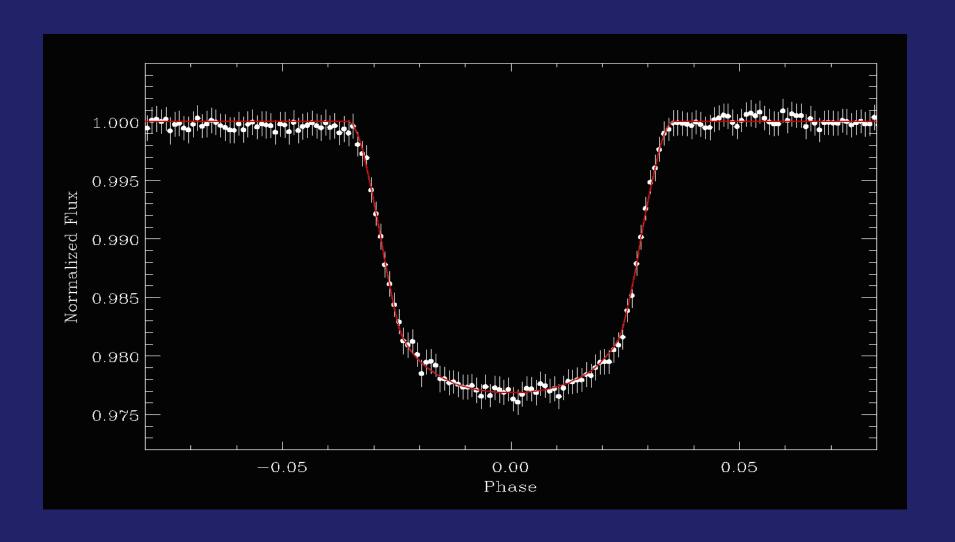


Достигнутые фотометрические пределы:

•Слабые звезды и галактики – до 30 звездной величины.

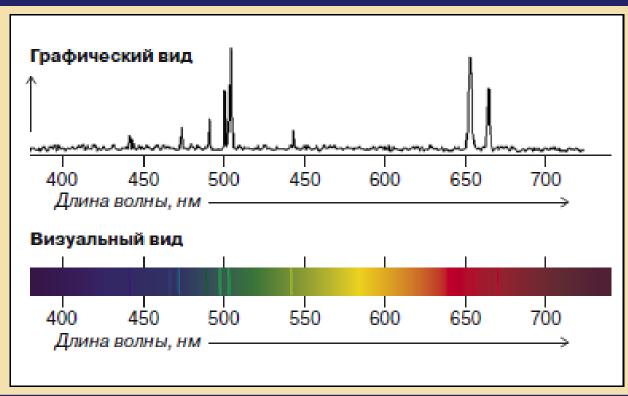


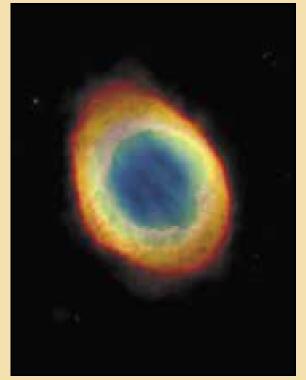
Космическая обсерватория Co-rot

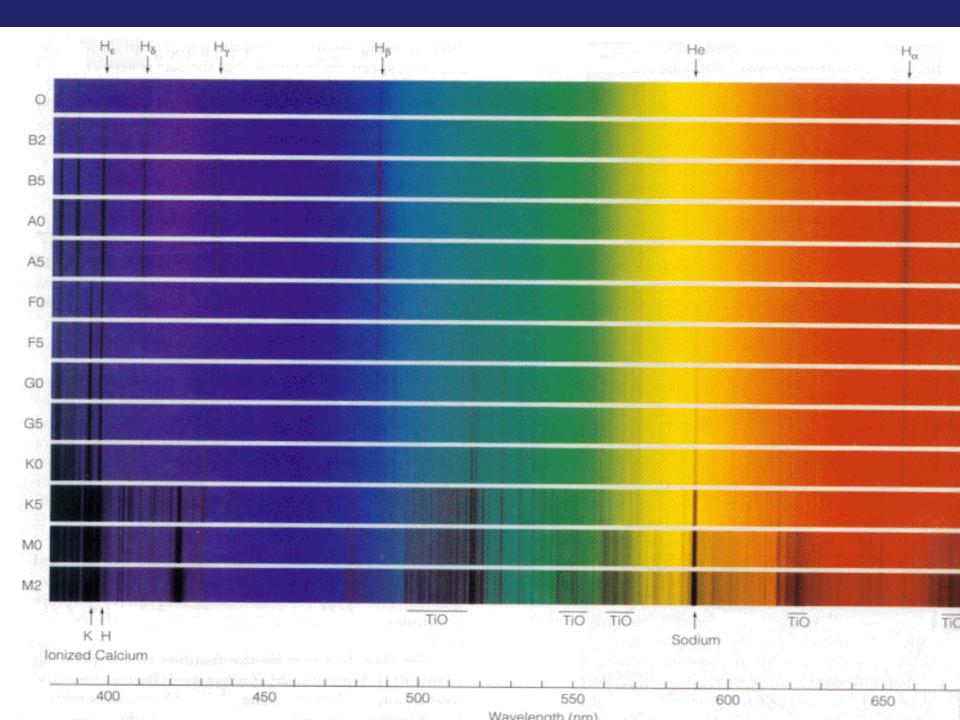


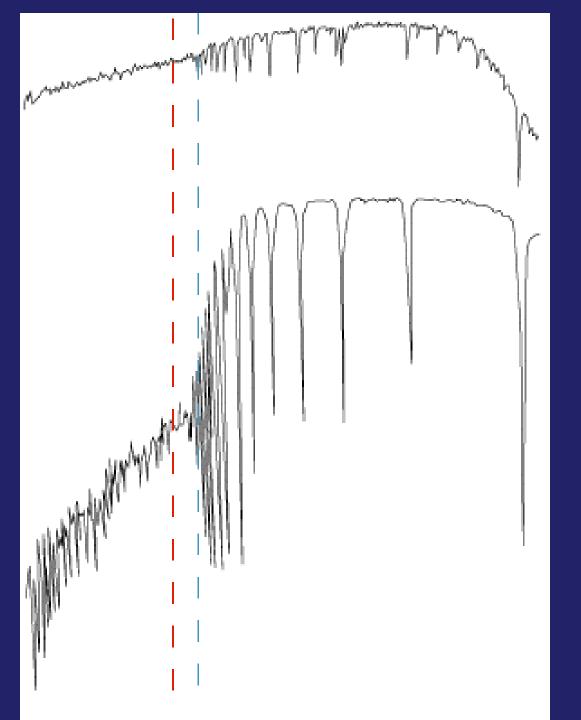
Спектральные наблюдения

- Оценка скоростей движения источника вдоль луча зрения (эффект Доплера)
- Оценка физического состояния (температуры, плотности, давления) излучающего вещества
- Оценка химического состава излучающего вещества
- Оценка магнитной индукции в области, заполненной излучающей плазмой

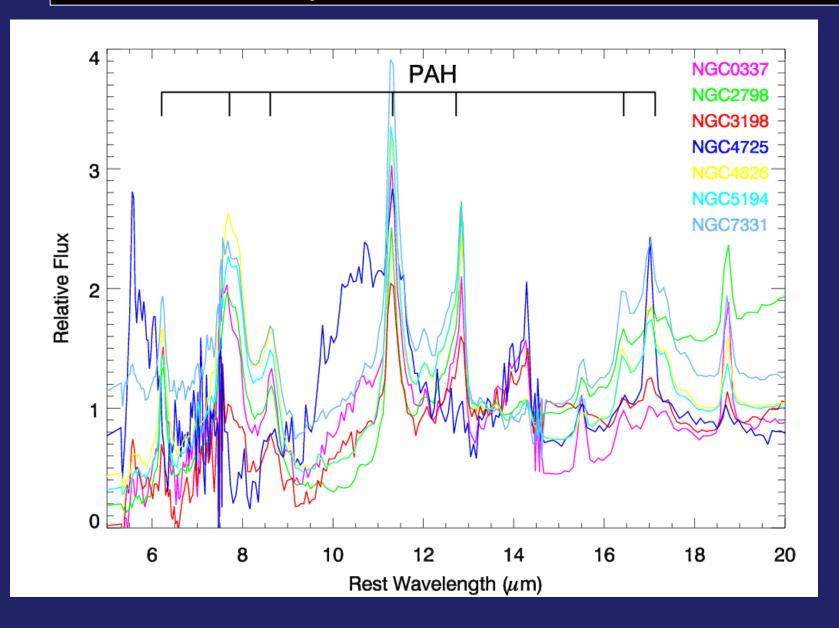








Линии полиароматичных углеводородов в спектрах далеких галактик

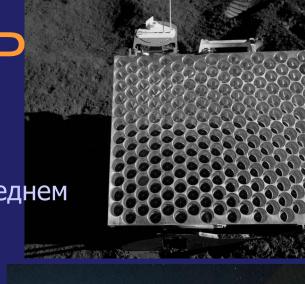


ЛОКАЦИЯ ЛУНЬ

Apache **Point** Observatory Lunar Laser-ranging Operation (работа с 2005г. телескоп 3.5 м, Нью Мехико, США)

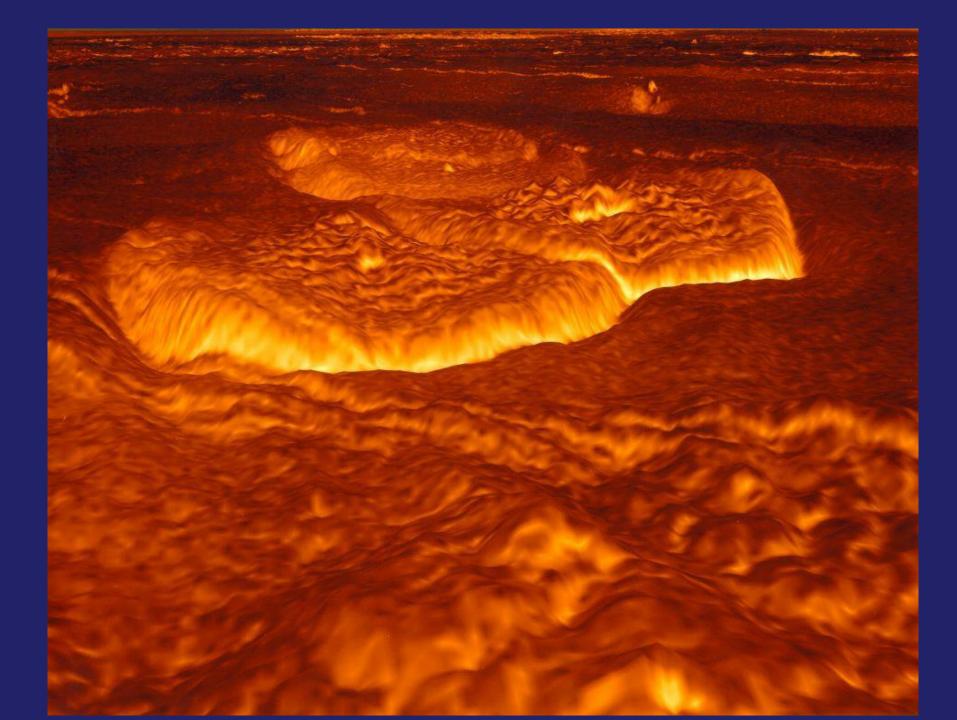
•Импульс 10⁻⁷с,

возвращается в среднем
 фотона/импульс



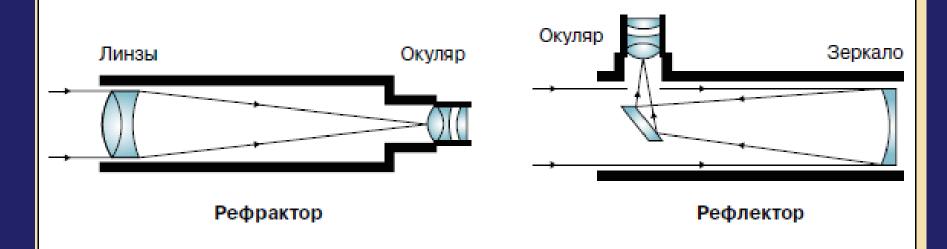


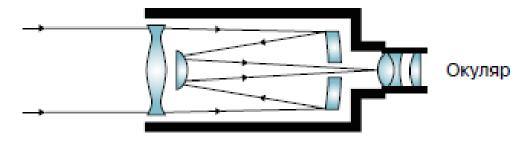
Отражатели: два на Луноходах, три – оставлены астронавтами



НАЗЕМНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ

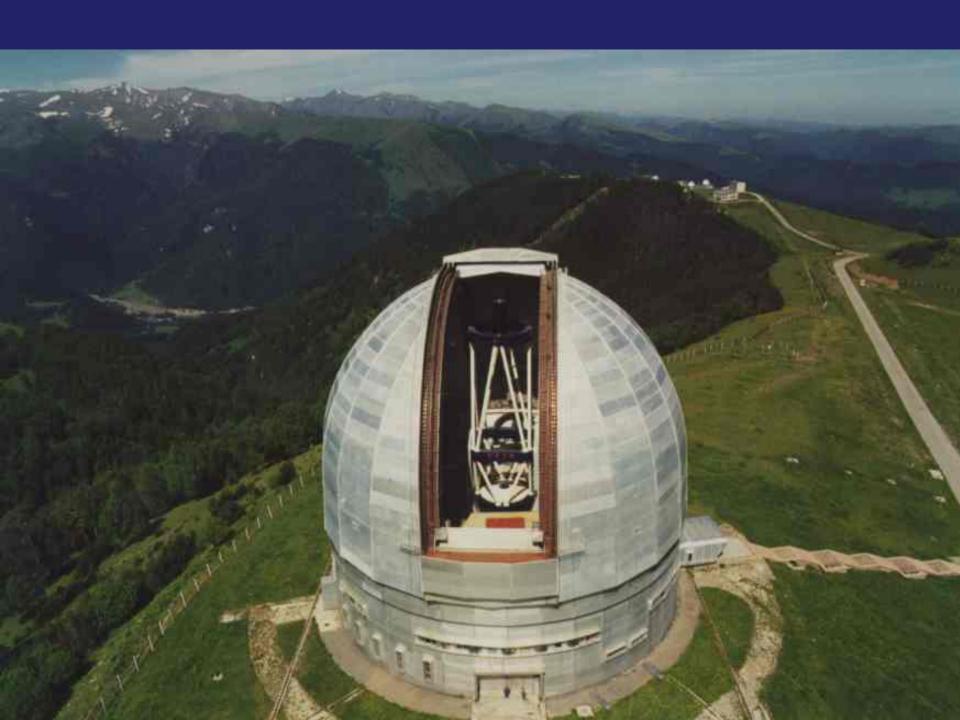
Типы телескопов



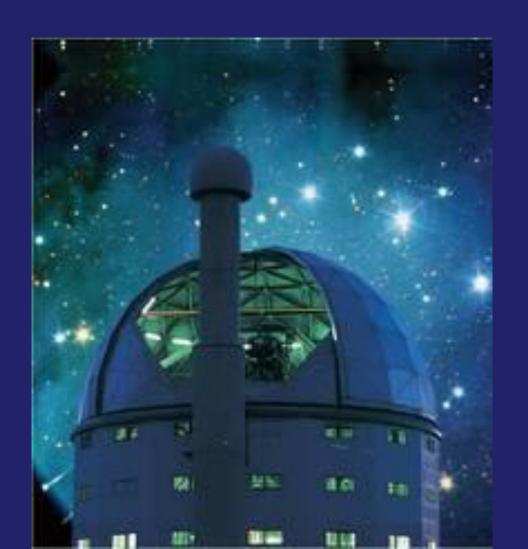


Катадиоптрический (зеркально-линзовый)

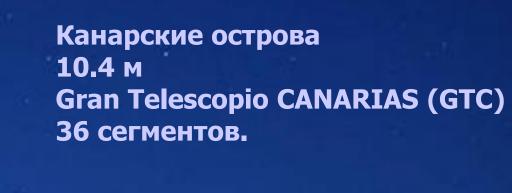




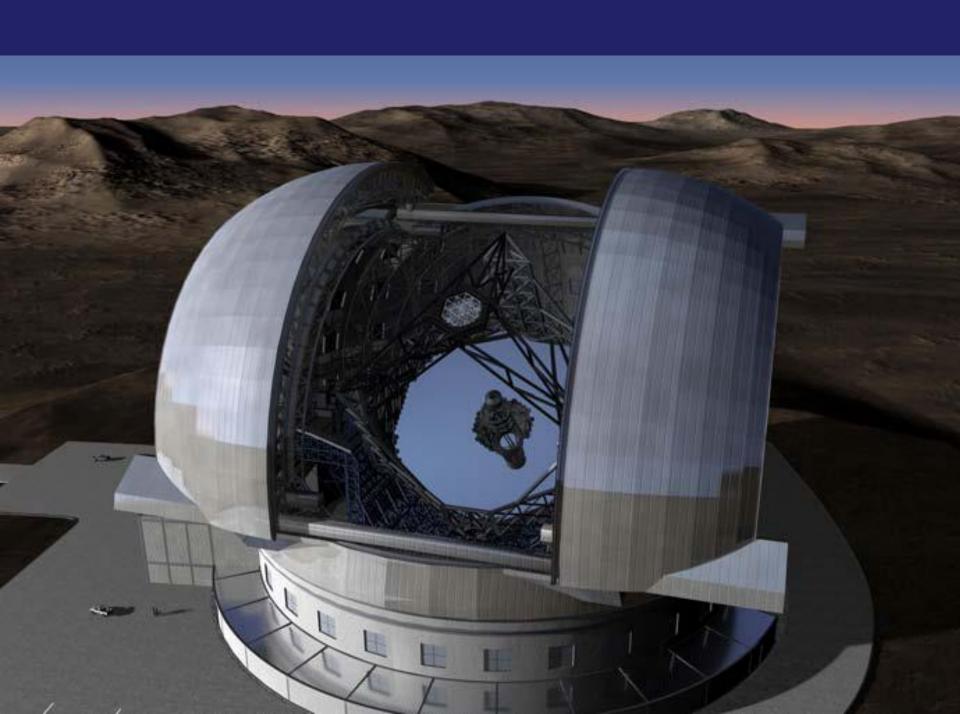
Южно-африканский большой телескоп (SALT). 9.8x11m



КОНСОРЦИУМ South Africa, the United States, Germany, Poland, India, the United Kingdom and New Zealand (91 шестиугольных зеркал размером 1.2 м)







Телескопы системы МАСТЕР разбросаны по миру, но наблюдать можно из ГАИШ



• Сеть телескопов-роботов МАСТЕР: мониторинг космоса и автоматическая регистрация вспышечных явлений (оптическое послесвечение гамма-вспышек, Сверхновые звёзды и пр.)

Что ограничивает точность угломерных и фотометрических и спектральных измерений?

Для высокой точности измерений требуется высокое угловое разрешение телескопа. Его ограничивает:

- Дифракция света на краях объектива (радиоантенны).
- Атмосферная турбулентность
- Качество изготовления объектива

Три пути повышения разрешающей способности

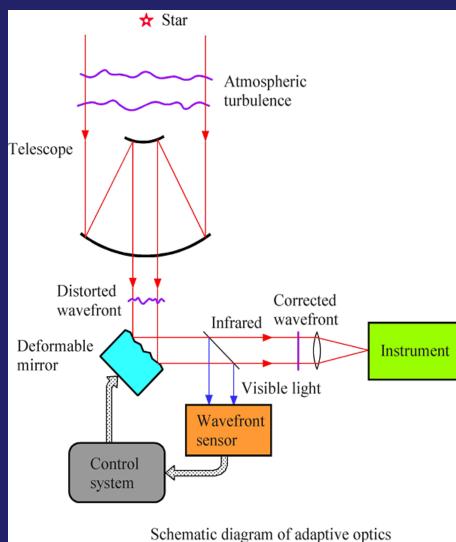
• Создание космических обсерваторий

 Использование техники интерференционных наблюдений

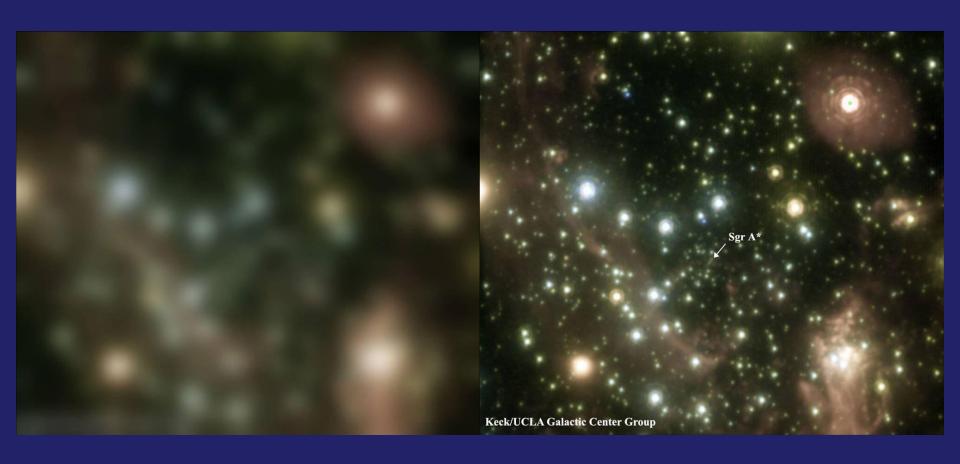
• Использование адаптивной оптики

Адаптивная оптика





Центр Галактики



(Т-п им. Кека, ближний ИК)

НАЗЕМНЫЕ РАДИОТЕЛЕСКОПЫ

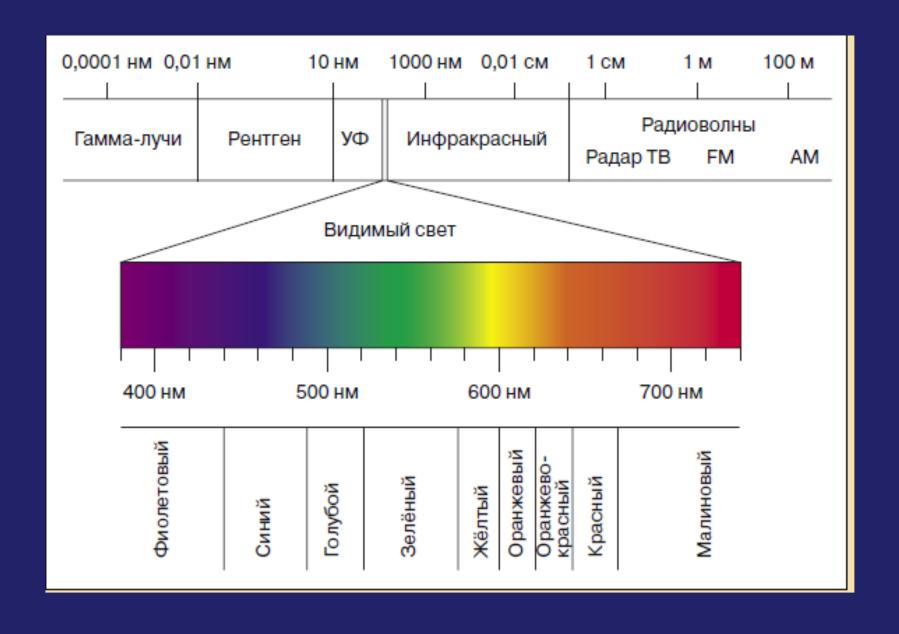


FAST





КОСМИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ





Size of Hubble eXtreme Deep Field on the Sky





Космический телескоп им. Хаббла (НАСА), 1990-?





Радиоастрон

Начало пробных наблюдений: март 2012 г.

- Антенна 10м
- Апогей орбиты- 350 тыс.км
- Угл. разрешение-
- 5-7 микросекунд

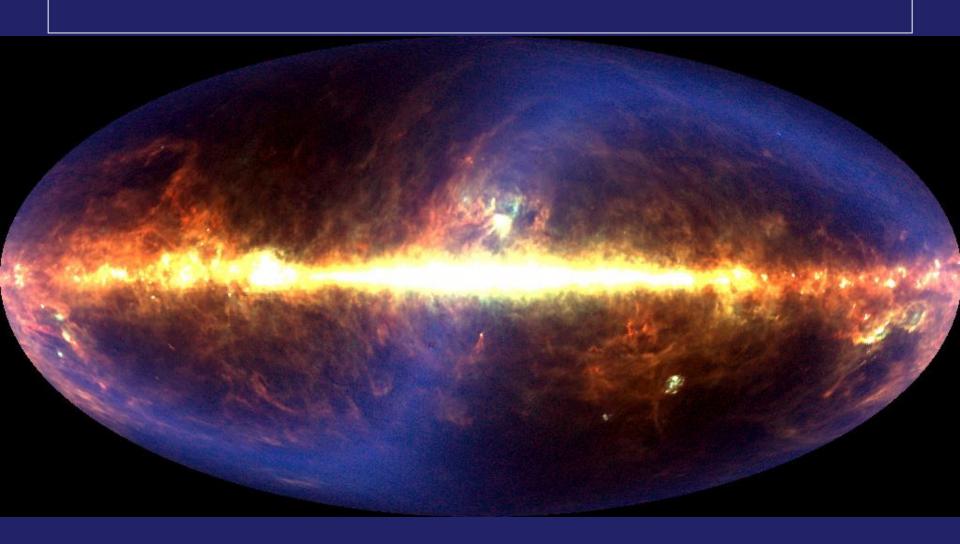


Что такое 7 мксек?

- Это толщина спички, наблюдаемой с расстояния 25 тысяч километров
- Или толщина тонкого волоса (50 мкм) с расстояния 1500 км

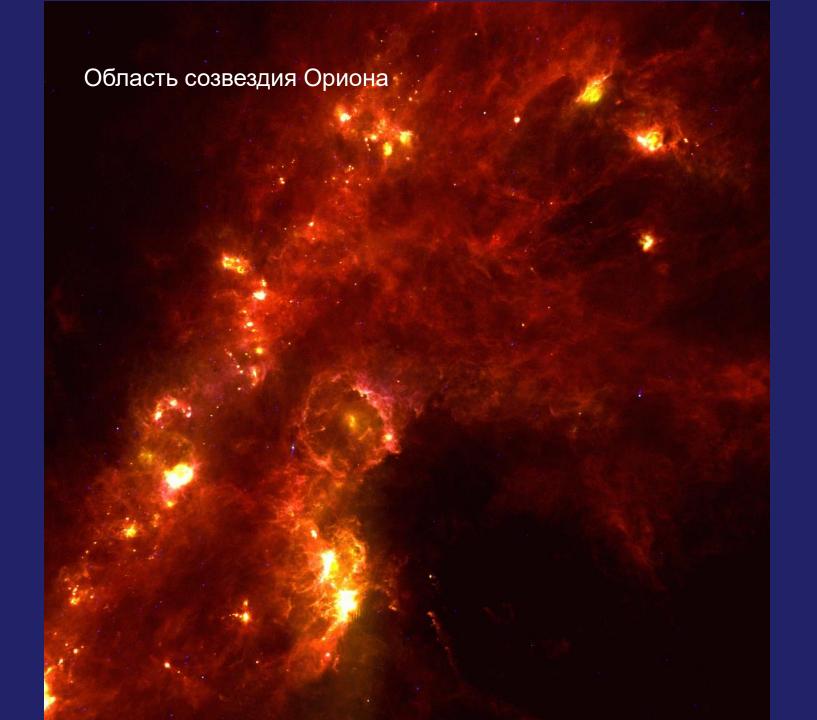
Зачем нужна такая точность?

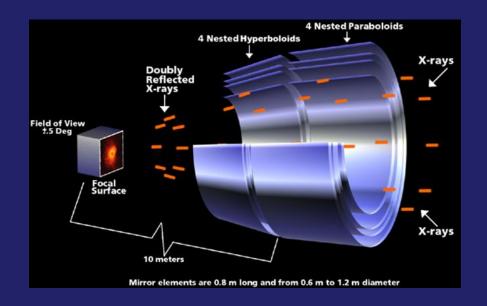
Всё ИК небо. 60-120 мкм

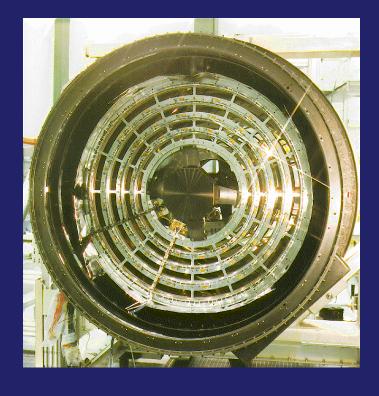


Самые многочисленные источники далекого инфракрасного излучения на небе – это:

- Облака холодной пыли в разреженном межзвездном пространстве нашей Галактики
- Пыль в межзвездной среде других галактик
- Активные ядра галактик







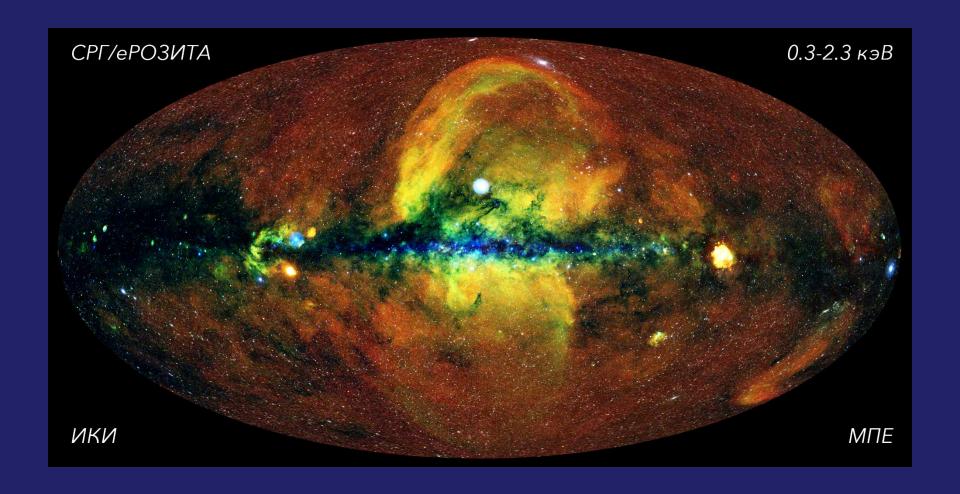


Угловое разрешение современных рентгеновских телескопов (Chandra) 1 сек. дуги

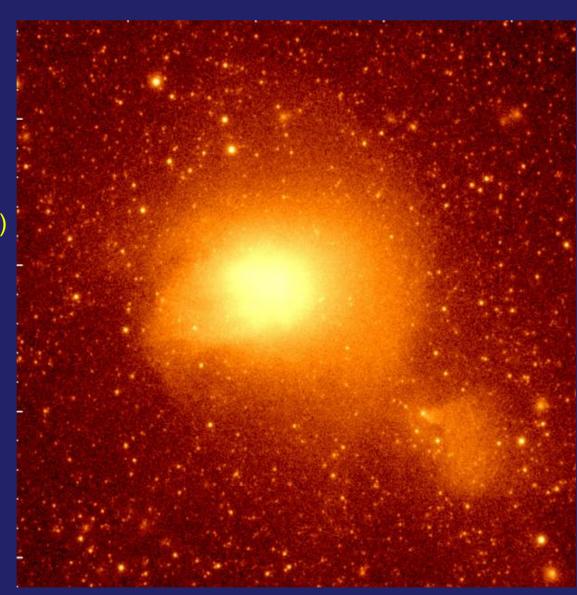


Обсерватория Спектр-Рентген-Гамма



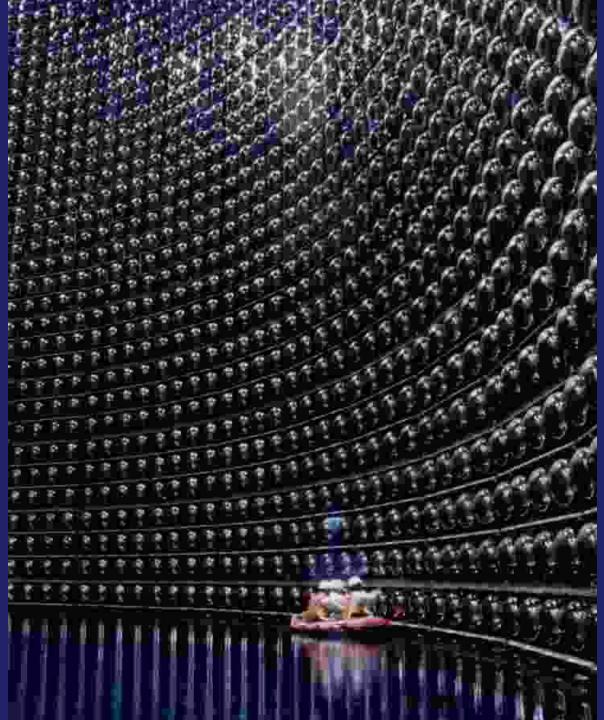


Обсерватория СРГ Область скопления галактик «Кома». Размер – 2х2 градуса (10х10 миллионов световых лет)

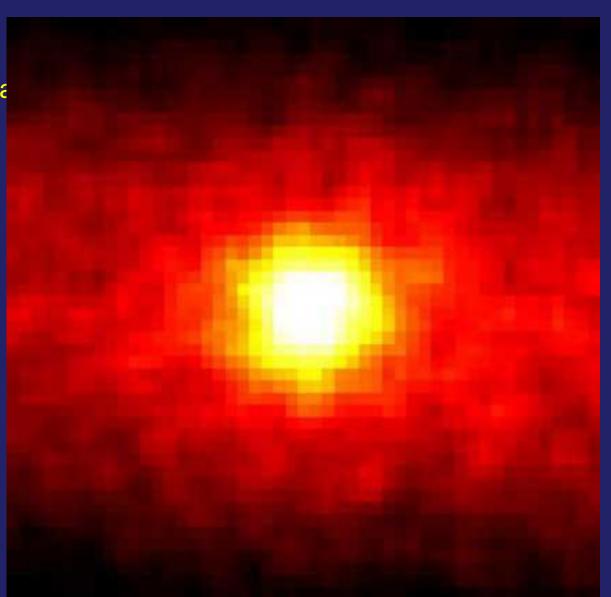


Самый разреженный газ:

- Слабое излучение принимается от газа, заполняющего скопление галактик. Его плотность всего 10⁻²⁷ г/см^{3.}
- При такой плотности в объеме всего земного шара содержится около 1 грамма газа!



Нейтринная обсерватория СуперКамиоканда (Япония) Изображение Солнца в нейтринных лучах.



Периодический характер процессов резко увеличивает точность измерений

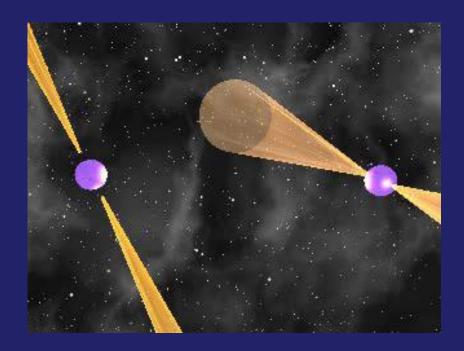
- Амплитуда изменения лучевой скорости
 до 1-3 м/с
- Амплитуда изменения яркости звезды десятые доли процента

СТАЛО ВОЗМОЖНЫМ МАССОВОЕ ОТКРЫТИЕ ЭКЗОПЛЕНЕТ

Самые точные измерения периодов, скоростей и масс: это радиопульсары

- Двойной радиопульсар PSR J0737-3039
- Открыт в 2003г
- P1=22.6993786 мсек
- P2=2.77346077c
- M1=1.337 Msun
- M2=1.250 Msun

Расстояние между пульсарами
— 800 тыс.км, период — 2.4 часа



Пульсар Халса-Тэйлора (в двойной системе)

Расстояние — 21 св. год Р= 59.0999792988 мсек

- M1= 1.4414±0.0002Msun
- M2= 1.3867±0.0002Msun

Период меняется

с периодичностью

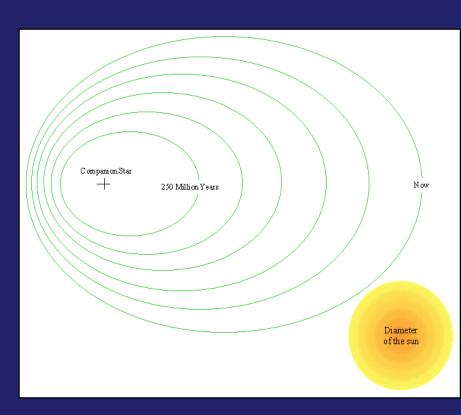
Т=7.75 часа, уменьшается

На 76 мксек за год

из-за сокращения

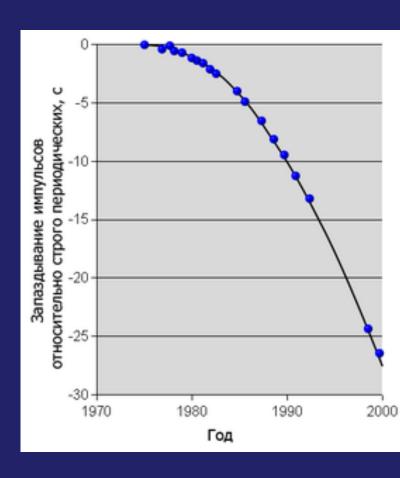
большой полуоси орбиты

на 1 см/день



Излучение гравитационных волн

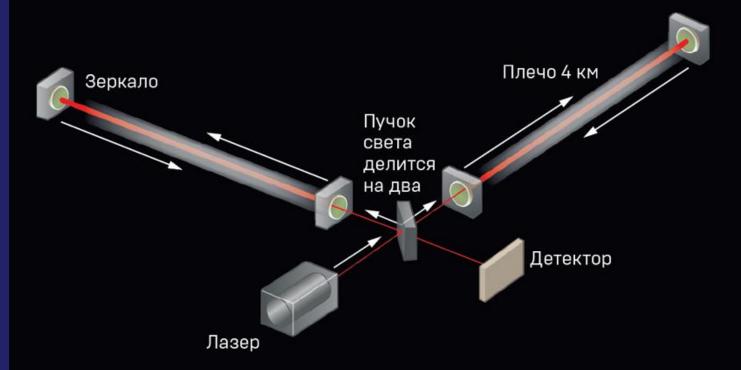
СТОЛКНОВЕНИЕ 3ВЕЗД- ЧЕРЕЗ 300 МЛН ЛЕТ.



Сплошная кривая – предсказания Общей теории относительности

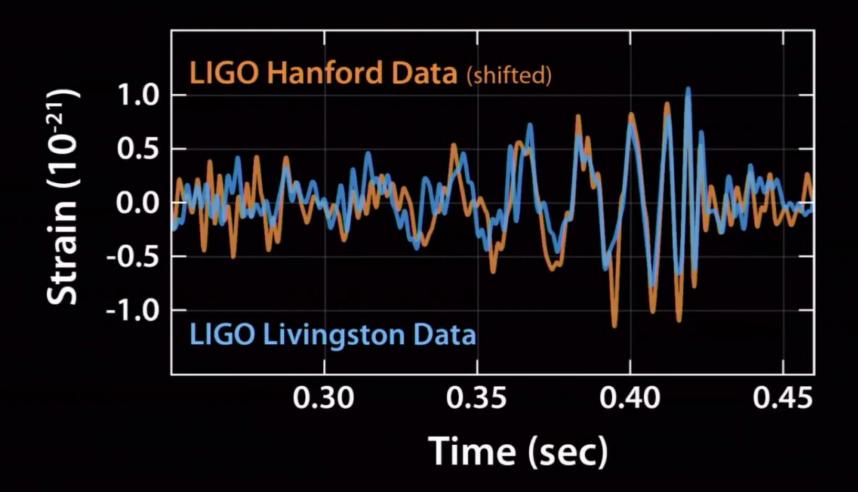
YCTAHOBKA LIGO

В интерферометре луч делится на два луча с идентичными характеристиками. Пройдя длинные плечи и отразившись от зеркал, лучи возвращаются на полупрозрачное зеркало и интерферируют.



Луч света — это электромагнитная волна, которая имеет амплитуду и фазу. Если два луча, отправившиеся в разные плечи интерферометра, приходят в противофазе (в простейшем случае там, где у одной волны максимум амплитуды, у другой — минимум), то они гасятся и на детектор свет не падает.

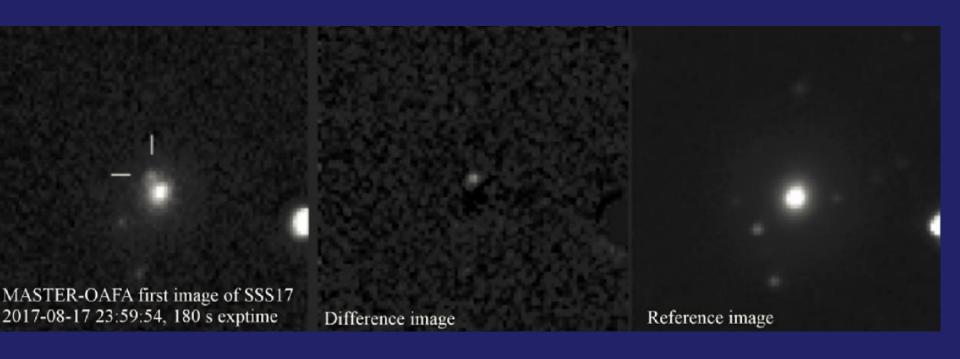
Открытие гравитационных волн было выполнено путем их прямого детектирования 14 сентября 2015 года. Форма сигнала совпадает с предсказанием общей теории относительности для слияния чёрных дыр с массами 36 и 29 солнечных. Возникшая чёрная дыра имеет массу 62 массы Солнца. Излучённая за десятые доли секунды в слиянии энергия эквивалент 3 солнечных масс.



17 августа 2017 : сенсация

- Всплеск гравитационного излучения от сливающихся нейтронных звёзд (продолжительность~ 100 сек).
- (LIGO-1, LIGO-2, VIRGO).
- Через 2 с короткий гамма-всплеск (Fermi, Integral).

MACTEP kilonova in NGC 4993



ЧТО ОЗНАЧАЕТ ВЫРАЖЕНИЕ «АСТРОНОМИЯ СТАЛА МНОГОКАНАЛЬНОЙ»?

Какие типы излучения, приходящего из космоса, регистрируются современными методами?

- Электромагнитное излучение в гигантском интервале длин волн
 - -от гамма-лучей до радиоволн
- Потоки заряженных частиц (космические лучи)
- Нейтрино различных энергий
- Гравитационные волны