

Глаз и телескоп

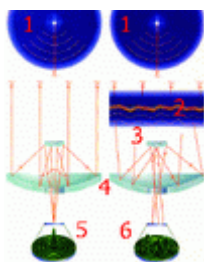
Доктор технических наук А.Голубев

Чем больше света "соберет" оптический прибор, тем менее яркие и более далекие объекты он "увидит". Именно поэтому зеркала телескопов становятся все больше и больше. Посмотрим, насколько современный 8-метровый телескоп (см. рис. слева) "зорче" человеческого глаза. В сумерках зрачок расширяется до диаметра 0,5 см. Его площадь, через которую проходит световой поток, - около 0,2 см² ($S = \pi r^2 = \pi/4 d^2$). Площадь главного зеркала телескопа диаметром 8 м - 480 000 см². Телескоп соберет во столько раз больше света, во сколько его площадь больше площади зрачка, то есть в $2,4 \times 10^5$ - $2,5 \times 10^6$ - в два с половиной миллиона раз! Известный ирландский астроном Уильям Парсонс (лорд Росс) в 1845 году построил рефлектор (см. рис. справа) длиной 16 м с зеркалом диаметром 182 см, поставленным под небольшим углом к оптической оси телескопа (такую конструкцию предложили М. В. Ломоносов и независимо от него английский астроном Уильям Гершель). Изображение формировалось вблизи края трубы, наблюдатель рассматривал его в окуляр или невооруженным глазом, стоя на платформе. С помощью этого рефлектора Парсонс установил спиральную структуру многих галактик.

Наиболее распространенные схемы телескопов-рефлекторов: а - Ньютона, b - Грегори, с - Кассегрена, d - Ломоносова-Гершеля. (изображение слева). Первый телескоп-рефлектор длиной около 16 м изготовил Исаак Ньютон в 1668 году. Его главное зеркало имело диаметр 1,5 дюйма (3,7 см) и было сделано из специальной "зеркальной" бронзы, рецепт которой составил сам Ньютон, - сплава меди, олова и мышьяка. (на изображении справа).

- 1- СЛАБАЯ ЗВЕЗДА
- 2- ЯРКАЯ ЗВЕЗДА
- 3- ТУРБУЛЕНТНЫЙ СЛОЙ
- 4- ОДНА ОБЛАСТЬ ТУРБУЛЕНТНОСТИ
- 5- РАЗНЫЕ ОБЛАСТИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ
- 6- ИСКУССТВЕННАЯ ЗВЕЗДА
- 7- ЛАЗЕРНЫЕ ЛУЧИ (подписи и пояснения к рисунку выше)

Чтобы увидеть слабый объект, астрономы используют более яркие звезды для измерения атмосферной турбулентности (1). Этот метод, однако, работает только в том случае, когда яркая звезда находится достаточно близко от наблюдаемого объекта. Если она находится далеко, то свет от объекта и от звезды проходит через области с различной степенью турбулентности (2). Так как звезд, могущих служить в качестве опорных, немного, то метод можно применять лишь на небольших участках неба. Один из путей преодоления этого ограничения заключается в создании искусственной опорной звезды при помощи направляемого вверх лазерного луча (3). Используя "решетку" из таких лазерных маяков, астрономы могут "заполнить светом" все поле зрения (4). Близко расположенная звезда, однако, требуется, чтобы навести телескоп на объект.(см. изображ. слева вверху)

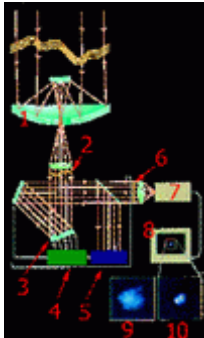


1- сферический волновой фронт

- 2- турбулентный слой
- 3- искаженный волновой фронт
- 4- телескоп
- 5- сфокусированное изображение
- 6- расфокусированное изображение

Качество изображения удаленной звезды зависит от степени сохранения сферической формы волнового фронта приходящего света. Если все участки волнового фронта могут быть сфокусированы в одной точке, мы получаем качественное точечное изображение (слева). Однако атмосферная турбулентность искажает фронт волны случайным образом, что приводит к расфокусировке в фокальной плоскости и к размытию изображения (справа).

Как работает адаптивная оптика.



- 1- ТЕЛЕСКОП
- 2- ИСКАЖЕННЫЙ ВОЛНОВОЙ ФРОНТ
- 3- ДЕФОРМИРУЕМОЕ ЗЕРКАЛО
- 4- КОРРЕКТОР
- 5- ДАТЧИК ВОЛНОВОГО ФРОНТА
- 6- ИСПРАВЛЕННЫЙ ВОЛНОВОЙ ФРОНТ
- 7- ФОТОПРИЕМНИК
- 8- УЛУЧШЕННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ
- 9- ИЗОБРАЖЕНИЕ ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДЫ БЕЗ КОРРЕКЦИИ
- 10- ИЗОБРАЖЕНИЕ ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДЫ С КОРРЕКЦИЕЙ

Адаптивная оптика может компенсировать искажения фронта световой волны от звезды. Сначала оптическая система телескопа собирает приходящий свет и формирует из него узкий параллельный пучок. Этот пучок отражается от гибкого зеркала и от второго (плоского) зеркала, предназначенного для коррекции случайных смещений изображения. Далее пучок расщепляется на две части светоделительной пластинкой. Одна из них отражается от пластинки и поступает на датчик волнового фронта, измеряющий степень искажения каждого участка фронта волны. Сигнал от датчика приходит в процессор, управляющий гибким зеркалом и зеркалом, корректирующим смещения изображения. Поэтому вторая часть пучка, прошедшая через светоделитель, оказывается свободной от искажений волнового фронта и стабильной по положению. Этот скорректированный пучок направляется на фото- или видеокамеру, регистрирующую изображение, свободное от искажений.



1-СЛОЙ ПАРОВ НАТРИЯ 2- ВЫСОТА 9 КМ 3- ГЛАВНОЕ ЗЕРКАЛО (8 М) (а) Геометрия лазерных опорных звезд для мультисопряженной адаптивной оптической системы в телескопе Джемини-южный. Пять лазерных опорных звезд создаются на высоте 90 км в мезосферном облаке натрия. Три гибких зеркала, для которых расстояния фазового сопряжения составляют 0, 4,5 и 9,0 км соответственно, корректируют атмосферную турбулентность в пределах квадратного поля зрения, диагональ которого равна 1,6 угловой минуты, что примерно в три раза превышает диаметр поля зрения, в котором может быть осуществлена коррекция при использовании одной опорной звезды и одного гибкого зеркала. (б) Световые пятна от пучков на высоте 9 км. Огибающая суммарного пучка получается в результате наложения всех пятен в пределах 1,6-минутного поля зрения. Осевое пятно соответствует пучку от звезды, находящейся в бесконечности. Пять лазерных звезд формируют пять круглых пятен (обозначенных пунктирными линиями). Их центры смещены относительно друг друга в соответствии с крестообразной конфигурацией лазерных звезд. Пятна от этих звезд используются для заполнения объема турбулентной среды на высоте, до которой производится коррекция турбулентности.



Схема VLT-интерферометра с двумя телескопами. Изображения одного и того же объекта строятся в кудэ-фокусах обоих телескопов, и в один из них вводится оптическая задержка, чтобы пучки рекомбинировали при нулевой разности хода.

Список литературы

Для подготовки данной работы были использованы материалы с сайта <http://www.astrogalaxy.ru>