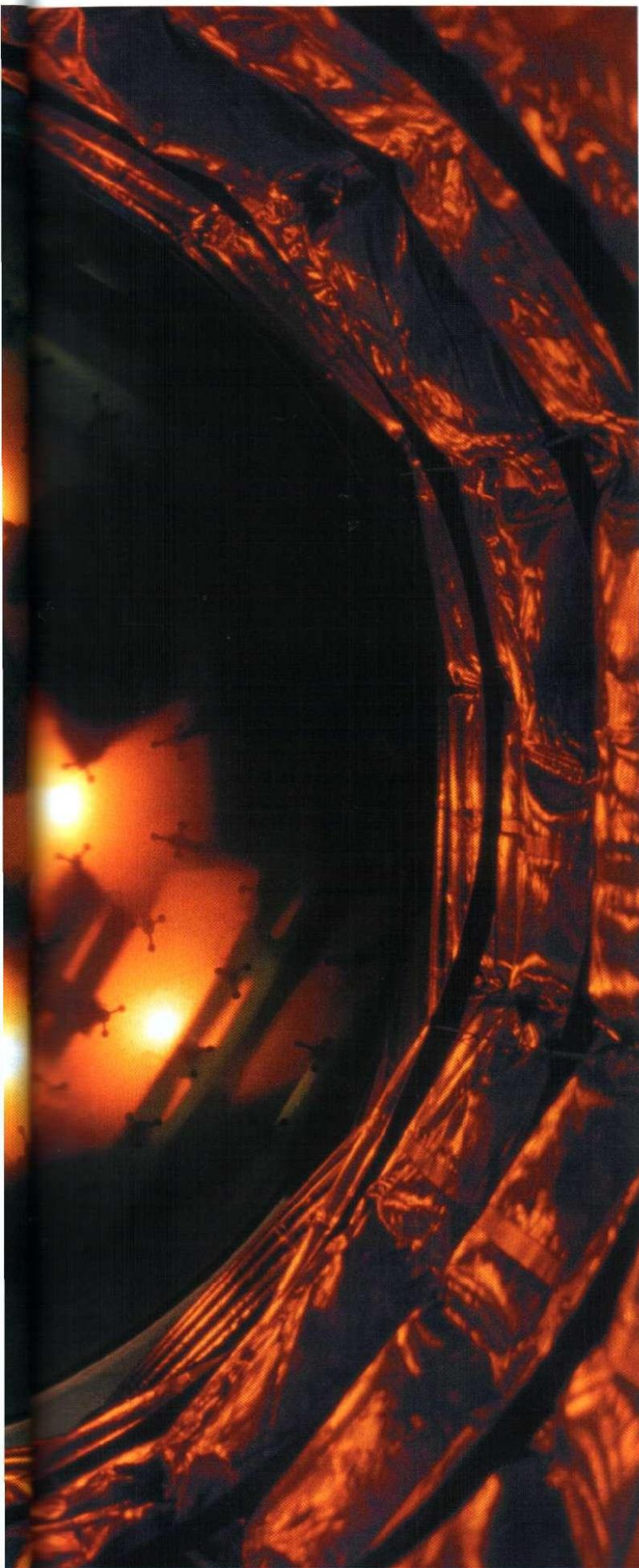


Телескопы: от стекол к лазерам

АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВ

Инженеры контролируют процесс изготовления параболического зеркала диаметром 8,2 метра для одного из четырех телескопов системы VLT Европейской Южной обсерватории в Чили



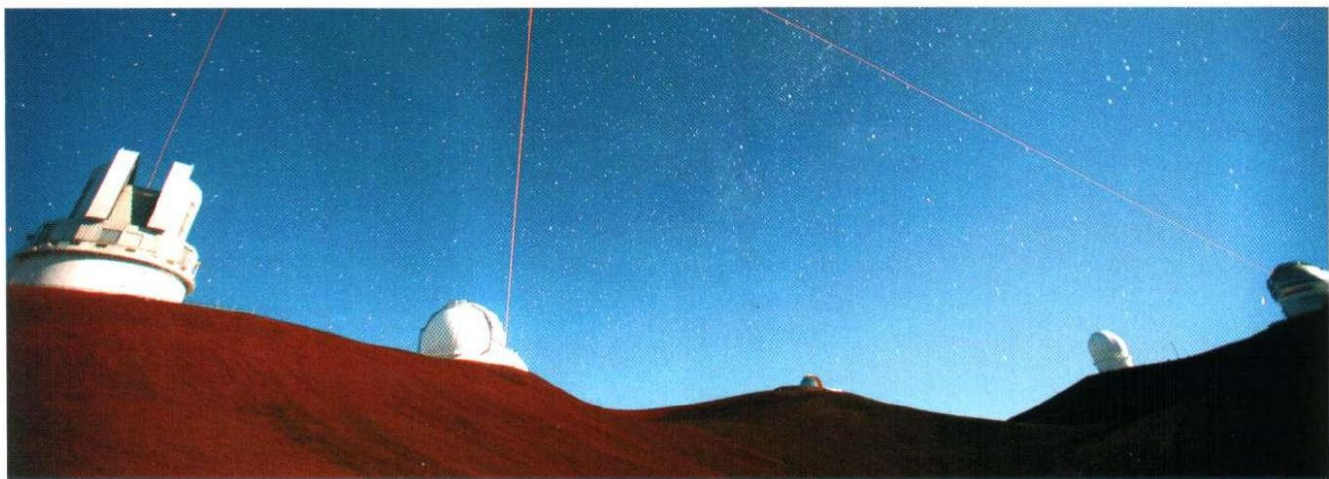
Ровно 400 лет назад Галилео Галилей, разработавший особый способ шлифовки линз специально для астрономических наблюдений, создал первый телескоп. В наши дни ему на смену благодаря череде технологических революций пришли огромные инструменты с гибкими сегментированными зеркалами, зажигающие в небе искусственные звезды.

Гавайские острова, вершина горы Мауна-Кеа, 4145 метров над уровнем моря. Для пребывания на такой высоте требуется акклиматизация. На фоне меркнувшей вечерней зари четкими силуэтами выделяются два огромных сферических купола. На одном из них медленно поднимается белое «забрало» шириной с трехполосное шоссе. Внутри — темнота. Вдруг прямо оттуда вверх бьет лазерный луч и зажигает в темнеющем небе искусственную звезду. Это включилась система адаптивной оптики на 10-метровом телескопе Кека. Она позволяет ему не чувствовать атмосферных помех и работать так, словно он находится в открытом космосе...

Впечатляющая картина? Увы, на самом деле если вы случайно окажетесь рядом, то не заметите ничего особенно эффектного. Луч лазера виден лишь на снимках с длительной экспозицией — 15—20 минут. Это в фантастических фильмах бластеры стреляют ослепительными лучами. А в чистом горном воздухе, где почти нет пыли, лазерному лучу не на чем рассеиваться, и он незамеченным пронизывает тропосферу и стратосферу. Лишь у самой границы космического пространства, на высоте 95 километров, он неожиданно встречает препятствие. Здесь, в мезосфере, есть 5-километровый слой с повышенным содержанием электрически нейтральных атомов натрия. Лазер как раз настроен на их линию поглощения, 589 нанометров. Возбужденные атомы начинают светиться желтым цветом, хорошо знакомым по уличному освещению больших городов, — это и есть искусственная звезда.

Ее тоже не видно простым глазом. При звездной величине 9,5^m она в 20 раз слабее нашего порога восприятия. Но по сравнению с человеческим глазом телескоп Кека собирает в 2 миллиона раз больше света, и для него это ярчайшее светило. Среди триллионов видимых ему галактик и звезд столь ярких объектов лишь сотни тысяч. По виду искусственной звезды специальная аппаратура выявляет и корректирует искажения, вносимые земной атмосферой. Для этого служит особое гибкое зеркало, от которого по пути к приемнику излучения отражается собранный телескопом свет. По командам компьютера его форма меняется сотни раз в секунду, фактически синхронно с флуктуациями атмосферы. И хотя подвижки не превышают нескольких микрон, их достаточно для компенсации искажений. Звезды для телескопа перестают мерцать. ▶

SP/LEAST NEWS



TETSUJIRU FUSE/SUBARU TELESCOPE NAOS

РАБОТА СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ

Натриевые лазеры обсерватории Мауна-Кеа (вверху) создают в небе искусственные звезды (1). Их свет управляет гибкими зеркалами (3), компенсирующими атмосферные помехи



ПО ДАННЫМ BOSTON MICROMACHINES CORP.

Такая адаптивная оптика, на ходу приспособливающаяся к условиям наблюдений, — одно из последних достижений телескопостроения. Без нее рост диаметра телескопов свыше 1—2 метров не увеличивает числа различимых деталей космических объектов: мешает дрожание земной атмосферы. Орбитальный телескоп Хаббла, запущенный в 1991 году, несмотря на скромный диаметр (2,4 метра), получил удивительные снимки космоса и совершил множество открытий как раз потому, что не испытывал атмосферных помех. Но «Хаббл» стоил миллиарды долларов — в тысячи раз дороже адаптивной оптики для куда более крупного наземного телескопа. Вся дальнейшая история телескопостроения являет собой непрерывную гонку за размерами: чем больше диаметр объектива, тем больше света слабых объектов он собирает и тем мельче детали, которые можно в них различить.

Правда, адаптивная оптика способна компенсировать атмосферные искажения лишь рядом с яркой опорной звездой. Первое время это сильно ограничивало применение метода — таких звезд на небе немного. Искусственную «натриевую» звезду, которую можно поместить рядом с любым небесным объектом, теоретики придумали только в 1985 году. Чуть больше года понадобилось астрономам, чтобы собрать аппаратуру и опробовать новую методику на небольших телескопах обсерватории Мауна-Кеа. А когда результаты были опубликованы, выяснилось, что американское министерство обороны ведет такие же исследования под грифом «совершенно секретно». Пришлось военным раскрывать свои наработки, правда, сделали они это лишь на пятый год после экспериментов в обсерватории Мауна-Кеа.

Появление адаптивной оптики — одно из последних крупных событий в истории телескопостроения, и оно как нельзя лучше иллюстрирует характерную черту этой

КАК БЫЛ ИЗОБРЕТЕН ТЕЛЕСКОП

Часто говорят, что Галилей изобрел телескоп. Но хорошо документировано появление зрительной трубы в Голландии за год до работ Галилея. Нередко можно слышать, что Галилей первым использовал трубу для астрономических наблюдений. И это тоже неверно. Однако анализ хронологии полутора лет (от появления зрительной трубы до публикации Галилеем своих открытий) показывает, что он был первым телескопостроителем, то есть первым создал оптический прибор специально для астрономических наблюдений (и разработал технологию шлифовки линз для него), и случилось это ровно 400 лет назад, в конце осени 1609 года. И, конечно, Галилею принадлежит честь первых открытий с помощью нового инструмента.

АВГУСТ — СЕНТЯБРЬ 1608

На Франкфуртской ярмарке некий голландец (возможно, это был Захариас Янсен) пытается продать германскому аристократу Хансу Филиппу Фуксу фон Бимбаху зрительную трубу. Не купив ее из-за трещины в линзе, фон Бимбах сообщает об устройстве своему другу, немецкому астроному Симону Мариусу. Тот пытается

воспроизвести инструмент по описанию, но терпит неудачу из-за низкого качества линз.

25—30 СЕНТЯБРЯ 1608

Голландский мастер Ханс Липперсхей из Мидделбурга прибывает в Гаагу для демонстрации своего изобретения — устройства, «при помощи которого далекие предметы видны так, будто находятся рядом». В это

время в Гааге идут сложные переговоры между Голландской Республикой, Испанией и Францией. Главы всех делегаций сразу понимают военное значение изобретения. Печатное сообщение о нем широко распространяется.

2 ОКТЯБРЯ 1608

Голландский парламент требует прибор для независимой проверки. ►

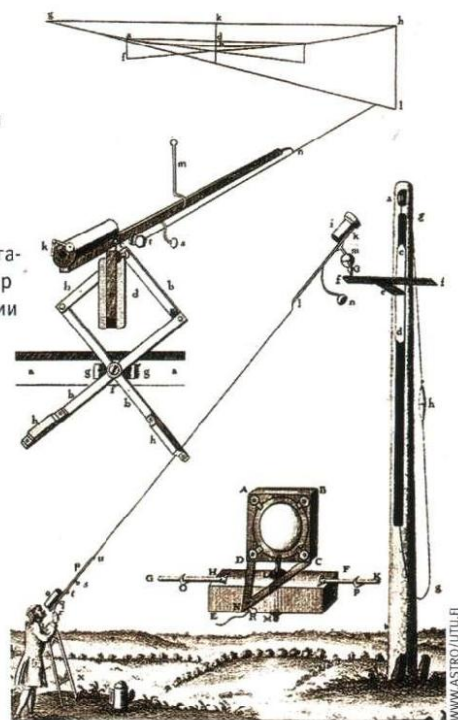
сферы деятельности: ключевые достижения, кардинально менявшие возможности инструментов, часто бывали внешне малозаметны.

ЦВЕТНЫЕ КАЕМКИ

Ровно 400 лет назад, осенью 1609 года, профессор Падуанского университета Галилео Галилей проводил все свободное время за шлифовкой линз. Узнав об изобретенной в Голландии «волшебной трубе», нехитром устройстве из двух линз, позволяющем втрое приближать далекие объекты, он всего за несколько месяцев радикально усовершенствовал оптическое приспособление. Подзорные трубы голландских мастеров делались из очковых стекол, имели диаметр 2—3 сантиметра и давали увеличение в 3—6 раз. Галилей же добился 20-кратного увеличения при вдвое большей светособирающей площади объектива. Для этого ему пришлось разработать собственную технологию шлифовки линз, которую он долго держал в секрете, чтобы конкуренты не собрали урожай открытий, делавшихся с помощью нового замечательного инструмента: лунные кратеры и солнечные пятна, спутники Юпитера и кольца Сатурна, фазы Венеры и звезды Млечного Пути.

Но даже у лучшего из телескопов Галилея диаметр объектива составлял всего 37 миллиметров, и при фокусном расстоянии 980 миллиметров он давал очень бледное изображение. Это не мешало наблюдать Луну, планеты и звездные скопления, но увидеть в него туманности было затруднительно. Увеличить светосилу не позволяла хроматическая аберрация. Лучи разного цвета по-разному преломляются в стекле и фокусируются на разных расстояниях от объектива, отчего изображения объектов, построенные простой линзой, всегда окрашены по краям и тем сильнее, чем резче преломляются лучи в объективе. Поэтому с увеличением диаметра объектива астрономам приходилось увеличивать и его фокусное расстояние, а значит, длину телескопа. Предела разумного достиг польский астроном Ян Гевелий, построивший в начале 1670-х годов гигантский инструмент длиной 45 метров. Объектив и окуляр крепились к составным деревянным доскам, которые на канатах подвешивались на вертикальной мачте. Конструкция шаталась и вибрировала от ветра. Наводить ее на объект помогал ассистент-матрос, имевший опыт работы с корабельными снастями. Чтобы не отставать от суточного вращения неба и следить за выбранной звездой, наблюдатель должен был со скоростью 10 см/мин поворачивать свой конец телескопа. А на другом его конце стоял объектив

Воздушный телескоп Гюйгенса (1684 год). Объектив на мачте поворачивался веревкой, которая одновременно помогала удерживать окуляр на нужном расстоянии



диаметром всего 20 сантиметров. Еще немного дальше по пути гигантизма продвинулся Гюйгенс. В 1686 году он устанавливал объектив диаметром 22 сантиметра на высоком столбе, а сам располагался в 65 метрах позади него на земле и рассматривал построенное в воздухе изображение через окуляр, укрепленный на штативе.

БРОНЗА С МЫШЬЯКОМ

Исаак Ньютон пытался избавиться от хроматической аберрации, но пришел к выводу, что в линзовом телескопе-рефракторе сделать это невозможно. Будущее за зеркальными телескопами-рефлекторами, решил он. Поскольку зеркало отражает лучи всех цветов одинаково, рефлектор полностью избавлен от хроматизма. Ньютон оказался одновременно прав и неправ. Действительно, начиная с XVIII века все крупнейшие телескопы были рефлекторами, однако рефракторам еще предстояло расцвет в XIX веке.

Разработав хорошо полирующийся сорт бронзы с добавлением мышьяка, Ньютон в 1668 году сам изготовил ▶



Реплика первого телескопа-рефрактора Галилея

▶ Обсуждается, выдать ли изобретателю тридцатилетний патент или назначить пенсию. Специальная комиссия предлагает усовершенствовать прибор, чтобы смотреть в него двумя глазами, на что Липперсхею выделяют 300 флоринов с условием сохранить устройство прибора в тайне.

14—17 ОКТЯБРЯ 1608

Оптики Захариас Янсен и Якоб Метиус

оспаривают приоритет Липперсхея, утверждая, что тоже делают такие инструменты. Причем Метиус свое устройство не показывает, а по косвенным данным это была оптическая игрушка, втайне купленная у детей Янсена. В итоге патент на изобретение никому не выдается.

НОЯБРЬ 1608

В Венеции сообщение о подзорной трубе

получает теолог, политик и ученый Паоло Сарпи, друг и покровитель Галилея. Он рассылает письма с просьбой подтвердить сведения и сообщить подробности.

15 ДЕКАБРЯ 1608

Липперсхея представляет парламенту бинокля и вскоре получает еще 300 флоринов и заказ на два таких же устройства, одно из которых предназначалось королю

Франции Генриху IV, в ком голландцы видели важного союзника.

13 ФЕВРАЛЯ 1609

Липперсхея сдает два бинокля, получает последние 300 флоринов, и больше о нем ничего не известно.

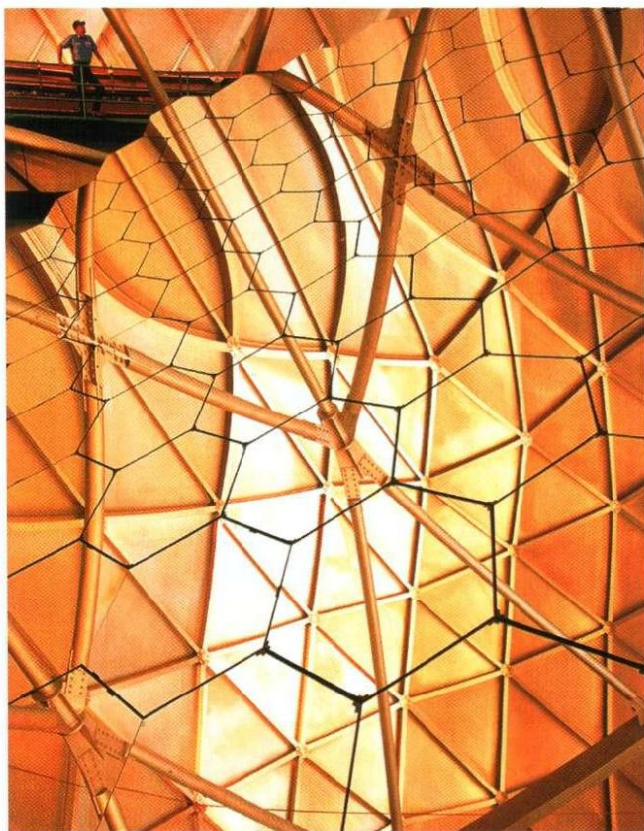
2 АПРЕЛЯ 1609

Папский нунций в Брюсселе после охоты с нидерландским главкомандующим Морицем

Оранским описывает инструмент, через который едва различимые на горизонте башни можно рассмотреть в деталях и определить порядок их расположения.

КОНЕЦ АПРЕЛЯ 1609

В Париже изготавливают и продают 3-кратные подзорные трубы. Экземпляр подзорной трубы прислан из Брюсселя к папскому двору в Риме. ▶



Сегментированное сферическое зеркало телескопа Хобби-Эббери (1996 год) размером 11х9,8 метра

рефлектор диаметром 33 миллиметра и длиной 15 сантиметров, который не уступал по возможностям метровой галилеевой трубе. За следующие 100 лет металлические зеркала рефлекторов достигли диаметра 126 сантиметров — таков был крупнейший телескоп Уильяма Гершеля с трубой длиной 12 метров, построенный на рубеже XVIII и XIX веков. Однако этот гигант, как оказалось, не превосходил по своим качествам инструменты меньшего размера. Он был слишком тяжел в обращении, а зеркало, судя по всему, не сохраняло идеальную форму из-за деформаций, вызванных перепадами температуры и собственной тяжестью.

Возрождение рефлекторов началось после того, как математик Леонард Эйлер рассчитал в 1747 году конструкцию двухлинзового объектива из стекла разных сортов. Вопреки Ньютону такие объективы почти лишены хроматизма и до

сих пор широко применяются в биноклях и подзорных трубах. С ними рефлекторы становились гораздо привлекательнее. Во-первых, резко сокращалась длина трубы. Во-вторых, линзы были дешевле металлических зеркал — и по стоимости материала, и по сложности обработки. В-третьих, рефлектор был практически вечным инструментом, поскольку линзы не портились со временем, тогда как зеркало мутнело, и его приходилось полировать, а значит, заново придавать ему точную форму. Наконец, рефлекторы были менее чувствительны к погрешностям в юстировке оптики, что было особенно важно в XIX веке, когда основные исследования велись в области астрометрии и небесной механики и требовали точных угломерных работ. Например, именно с помощью ахроматического Дерптского рефлектора диаметром 24 сантиметра Василий Яковлевич Струве, будущий директор Пулковской обсерватории, впервые измерил расстояние до звезд методом геометрического параллакса.

Диаметры рефлекторов росли на протяжении всего XIX века, пока в 1897 году в Йоркской обсерватории не вступил в строй телескоп диаметром 102 сантиметра, и поныне крупнейший в своем классе. Попытка построить рефлектор диаметром 125 сантиметров для Парижской выставки 1900 года потерпела полное фиаско. Пригибание линз под собственной тяжестью положило предел росту рефлекторов. Но и металлические рефлекторы со времен Гершеля не показывали прогресса: большие зеркала оказывались дорогими, тяжелыми и ненадежными. Так, например, не принес серьезных научных результатов построенный в 1845 году в Ирландии огромный рефлектор «Левиафан» с металлическим зеркалом диаметром 183 сантиметра. Для развития телескопостроения требовались новые технологии.

ПОДСЛЕПОВАТЫЙ ЦАРЬ-ТЕЛЕСКОП

Почву для нового рывка заложили в середине XIX века немецкий химик Юстус Либих и французский физик Жан Бернар Леон Фуко. Либих открыл метод серебрения стекла, позволяющий многократно обновлять отражающее покрытие без трудоемкой полировки, а Фуко разработал эффективный метод контроля поверхности зеркала в процессе его изготовления.

Первые крупные телескопы со стеклянными зеркалами появляются уже в 80-х годах XIX века, но все свои возможности они раскрывают в XX веке, когда американские обсерватории перехватывают лидерство у европейских. В 1908 году в обсерватории Маунт-Вилсон начинает работать 60-дюймовый (1,5 метра) рефлектор. Не проходит и 10 лет, как рядом с ним возводится 100-дюймовый (2,54 метра) телескоп Хукера — тот самый, на котором Эдвин Хаббл впоследствии измерил расстояния до соседних галактик и, сопоставив их со спектрами, вывел свой знаменитый космологический закон. А когда в 1948 году в обсерватории Маунт-Паломар вводится в строй огромный ▶

▶ МАЙ 1609

Четверо иезуитов, в числе которых известные ученые, знакомые с Галилеем, начинают астрономические наблюдения с доставленной в Рим подзорной трубой.

ЛЕТО 1609

Симон Мариус добывает наконец качественные линзы, собирает зрительную трубу и начинает свои астрономические наблюдения.

19 ИЮЛЯ 1609

В Венеции Галилей узнает о подзорной трубе от Паоло Сарпи.

26 ИЮЛЯ 1609

Английский ученый Томас Хэрриот наблюдает Луну в 6-кратную голландскую подзорную трубу и делает первые зарисовки ее поверхности.

КОНЕЦ ИЮЛЯ —

НАЧАЛО АВГУСТА 1609
Неизвестный приезжий торговец демонстрирует

подзорную трубу сначала в Падуе, потом в Венеции, где просит за нее 1000 дукатов. Галилей возвращается в Падую, разминувшись с торговцем. Паоло Сарпи отговаривает венецианских сенаторов от покупки, говоря, что Галилей сможет сделать прибор лучше.

НАЧАЛО АВГУСТА 1609

Вставив две выпуклые линзы в свинцовую трубу, Галилео Галилей

создает свой первый 3-кратный телескоп.

СЕРЕДИНА АВГУСТА 1609

Галилей работает над усовершенствованием телескопа.

21—26 АВГУСТА 1609

Галилей возвращается в Венецию с новым 8-кратным телескопом и с колокольни демонстрирует его возможности: паруса кораблей видны за два часа до прибытия в порт.

ОСЕНЬ 1609

Галилей конструирует новый 20-кратный телескоп. Качество очковых стекол для этого оказывается недостаточным, и он сам отработывает технологию шлифовки линз на специальном станке.

30 НОЯБРЯ —

18 ДЕКАБРЯ 1609
Галилей изучает Луну в новый 20-кратный телескоп. ▶

инструмент с 5-метровым параболическим зеркалом, многие специалисты считают его размер предельно возможным. Более крупное зеркало станет гнаться под собственной тяжестью при поворотах инструмента или попросту окажется слишком тяжелым, чтобы смонтировать его на подвижном инструменте.

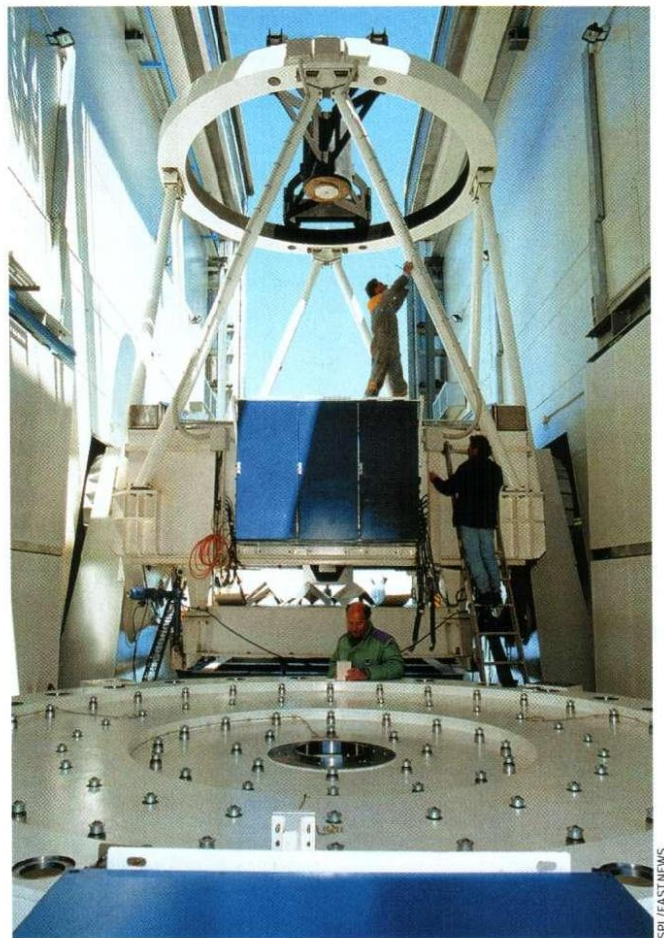
И все же Советский Союз решает переиграть Америку и в 1975 году строит рекордный Большой телескоп азимутальный (БТА) с 6-метровым сферическим зеркалом толщиной 65 сантиметров. Это было весьма авантюрное предприятие, если учесть, что крупнейший советский телескоп того времени имел диаметр лишь 2,6 метра. Проект едва не закончился полным провалом. Качество изображения у нового гиганта оказалось не выше, чем у 2-метрового инструмента. Поэтому три года спустя главное зеркало пришлось заменить новым, после чего качество изображения заметно выросло, но все равно уступало паломарскому телескопу. Американские астрономы посмеивались над этой гигантоманией: у русских есть царь-колокол, который не звонит, царь-пушка, которая не стреляет, и царь-телескоп, который не видит.

ФАСЕТОЧНЫЕ ГЛАЗА ЗЕМЛИ

Опыт БТА довольно характерен для истории телескопостроения. Всякий раз, когда инструменты подходили к пределу возможностей определенной технологии, кто-то безуспешно пытался пойти чуть дальше, ничего принципиально не меняя. Вспомните парижский рефрактор и рефлектор «Левиафан». Для преодоления 5-метрового рубежа требовались новые подходы, но, располагая формально крупнейшим телескопом в мире, в СССР уже не стали их развивать.

Первая из революционно новых технологий была опробована в 1979 году, когда в Аризоне заработал многозеркальный телескоп Уиппла (Fred Lawrence Whipple Multiple Mirror Telescope, MMT). На общей монтажке было установлено сразу шесть относительно небольших телескопов диаметром 1,8 метра каждый. Компьютер контролировал их взаимное расположение и сводил все шесть пучков собранного света в общий фокус. В результате получался инструмент, эквивалентный 4,5-метровому телескопу по светособирающей площади и 6,5-метровому по разрешающей способности.

Давно замечено, что стоимость телескопа с монолитным зеркалом растет примерно как куб его диаметра. Значит, собрав большой инструмент из шести маленьких, можно сэкономить от половины до трех четвертей стоимости и одновременно избежать колоссальных технических трудностей и рисков, связанных с изготовлением одного огромного объектива. Работа первого многозеркального телескопа не была беспроблемной, точность сведения пучков периодически оказывалась недостаточной, но отработанная на нем технология



78 подвижных актуаторов 3,5-метрового итальянского Национального телескопа «Галилео» (Telescopio Nazionale Galileo, TNG, 1998)

стала впоследствии широко применяться. Достаточно сказать, что она использована в нынешнем мировом рекордсмене — Большом бинокулярном телескопе (Large Binocular Telescope, LBT), состоящем из двух 8,4-метровых инструментов, установленных на одной монтажке.

Есть и другая многозеркальная технология, в которой одно большое зеркало составляется из множества пригнанных друг к другу сегментов, обычно шестиугольной формы. Она хороша для телескопов со сферическими зеркалами, ▶

▶ ДЕКАБРЬ 1609 — МАРТ 1610

Галилей изготавливает около десятка телескопов по заказам высших духовных и светских персон. Иногда отправляются только пара линз и инструкция по их установке. За это время изготовлено около 300 линз, но лишь несколько десятков из них оказались достаточно качественными и пошли в дело. Телескопы Галилея — самые совершенные для своего времени, но продает он их только

своим покровителям, а не конкурентам — астрономам и оптикам. Вежливый отказ получает даже император Рудольф II, при дворе которого работает большой поклонник Галилея — астроном Иоганн Кеплер.

7 ЯНВАРЯ 1610

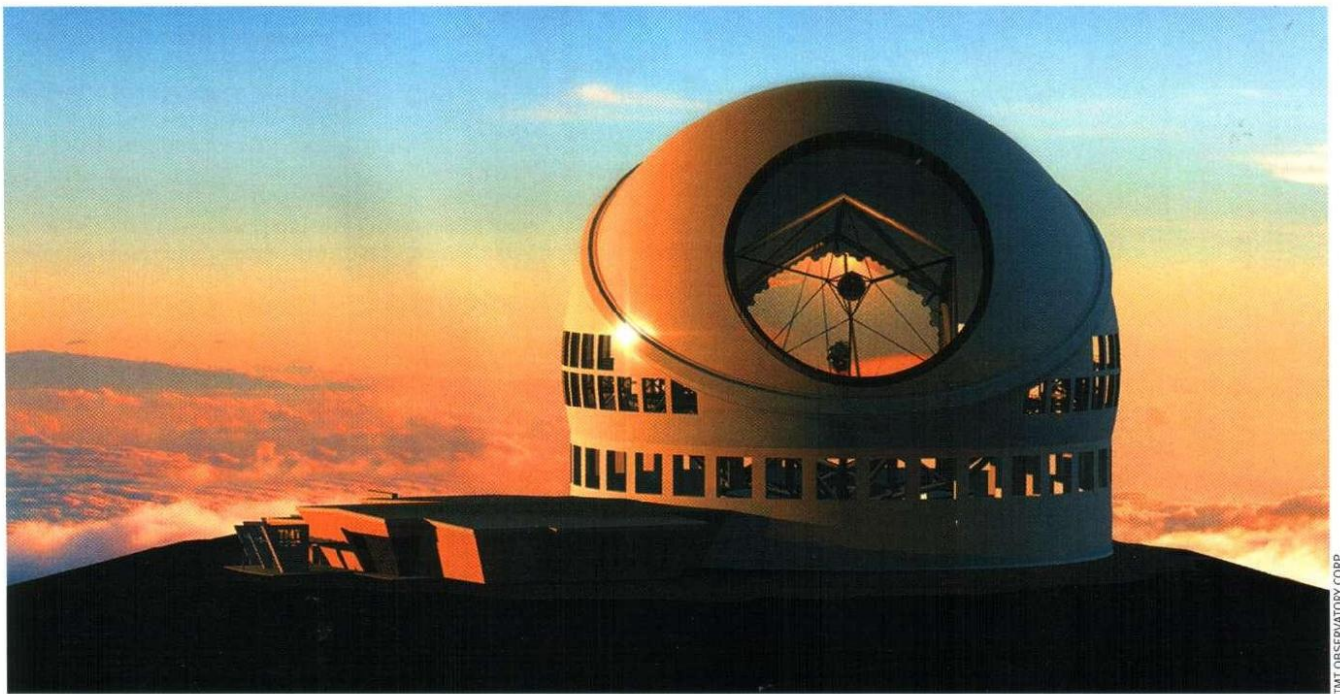
Галилей открывает четыре спутника Юпитера и называет их звездами Медичи в честь своего будущего патрона герцога Тосканского. Впоследствии, однако,

их стали называть галилеевыми спутниками, а имена каждому из них в отдельности дал Симон Мариус, который оспаривал у Галилея приоритет наблюдения Юпитера в телескоп.

13 МАРТА 1610

Выходит из печати «Звездный вестник» — книга, в которой Галилей излагает свои астрономические открытия, но не раскрывает детали конструкции и изготовления телескопа.

Анализируя хронологию появления и распространения телескопа, историк Энджел Слутер из Университета Калифорнии в Беркли еще в 1997 году усомнился в том, что Галилей узнал о подзорной трубе лишь в июле 1609-го, как он сам пишет об этом в «Звездном вестнике». Информация о голландском изобретении быстро и широко распространялась по Европе с октября 1608 года. В том же году ее получил близкий друг Галилея, Паоло Сарпи. Через несколько месяцев прибор доставляют ученым-иезуитам в Риме, с которыми Галилей состоял в переписке. Наконец, рекомендация Сарпи не приобретает подзорную трубу у заезжего торговца, а подождать, пока Галилей сделает получше, плохо стыкуется с утверждением, будто сам Галилей только что узнал о существовании оптического прибора. Да и его быстрый успех в воспроизведении и совершенствовании голландской трубы наводит на мысль, что он знал о ней гораздо раньше, но по каким-то причинам ему было нежелательно об этом сообщать.



Согласно проекту, так будет выглядеть башня 30-метрового телескопа TMT в 2018 году

поскольку в этом случае все сегменты оказываются совершенно одинаковыми и их можно изготавливать буквально на конвейере. Например, в телескопе Хобби-Эбери, а также в его копии — Большом Южно-Африканском телескопе (SALT) сферические зеркала размером 11х9,8 метра составлены из 91 сегмента — на сегодня это рекордная величина. Зеркала 10-метровых телескопов Кека на Гавайях, возглавлявших рейтинг крупнейших телескопов мира с 1993 по 2007 год, тоже многосегментные: каждое составлено из 36 шестиугольных фрагментов. Так что сегодня Земля вглядывается в космос фасеточными глазами.

ОТ ЖЕСТКОСТИ К УПРАВЛЯЕМОСТИ

Как стало ясно из упоминания о Большом бинокулярном телескопе, перешагнуть 6-метровый барьер удалось и цельным зеркалам. Для этого надо было просто перестать полагаться на жесткость материала и поручить поддержание формы зеркала компьютеру. Тонкое (10—15 сантиметров) зеркало укладывается тыльной стороной на десятки или даже сотни подвижных опор — актуаторов. Их положение регулируется с нанометровой точностью так, чтобы при всех тепловых и упругих напряжениях, возникающих в зеркале, его форма не отклонялась от расчетной. Впервые такая активная оптика была опробована в 1988 году на небольшом Северном оптическом телескопе (Nordic Optical Telescope, 2,56 метра), а еще через год — в Чили на Телескопе новых технологий (New Technology Telescope, NTT, 3,6 метра). Оба инструмента принадлежат Европейскому Союзу, который, обкатав на них активную оптику, применил ее для создания своего главного наблюдательного ресурса — системы VLT (Very Large Telescope, Очень большой телескоп), четверки 8-метровых телескопов, установленных в Чили.

Консорциум американских университетов, объединенных в проекте «Магеллан», также использовал активную оптику при создании двух телескопов, носящих имена астронома Вальтера Бааде и филантропа Ландона Клея. Особенность этих инструментов — рекордно короткое фокусное расстояние главного зеркала: всего на четверть больше диаметра, составляющего 6,5 метра. Зеркало толщиной около 10 сантиметров отливали во вращающейся печи, чтобы, застывая, оно под действием центробежных сил само приняло форму параболоида. Внутри

заготовка была армирована специальной решеткой, контролирующей тепловые деформации, а тыльной стороной зеркало опирается на систему из 104 актуаторов, поддерживающих правильность его формы при любых поворотах телескопа.

А в рамках проекта «Магеллан» уже началось создание гигантского многозеркального телескопа, в котором будет семь зеркал, каждое диаметром 8,4 метра. Собирая свет в общий фокус, они будут эквивалентны по площади зеркалу диаметром 22 метра, а по разрешению — 25-метровому телескопу. Интересно, что шесть зеркал, располагаемых, по проекту, вокруг центрального, будут иметь асимметричную параболическую форму, чтобы собирать свет на оптической оси, проходящей заметно в стороне от самих зеркал. По плану этот Гигантский телескоп (Giant Magellan Telescope, GMT) должен войти в строй к 2018 году. Но весьма вероятно, что к тому времени он уже не будет рекордным.

Дело в том, что другой консорциум американских и канадских университетов работает над проектом 30-метрового телескопа (Thirty Meter Telescope, TMT) с объективом из 492 шестиугольных зеркал размером 1,4 метра каждое. Его ввод в строй также ожидается в 2018 году. Но опередить всех может еще более амбициозный проект по созданию Европейского чрезвычайно большого телескопа (European Extremely Large Telescope, E-ELT) диаметром 42 метра. Предполагается, что его зеркало будет состоять из тысячи шестиугольных сегментов размером 1,4 метра и толщиной 5 сантиметров. Форма их будет поддерживаться системой активной оптики. И, конечно, такой инструмент просто лишен смысла без адаптивной оптики, компенсирующей турбулентность атмосферы. Зато с ее использованием он будет вполне способен непосредственно исследовать планеты у других звезд. Финансирование работ по этому проекту было одобрено Европейским союзом в этом году, после того как был отвергнут слишком рискованный проект OWL (Overwhelmingly Large Telescope, Ошеломляюще большой телескоп), предполагавший создание сразу 100-метрового телескопа. В самом деле, пока просто непонятно, не столкнутся ли создатели столь крупных установок с новыми принципиальными проблемами, которые не удастся преодолеть на существующем уровне технологий. Как-никак вся история телескопостроения говорит о том, что рост инструментов должен быть постепенным. ●