

падает яркость. Видимый диаметр солнечного диска около $0,5^\circ$, точнее – $32'$, диаметр его изображения на экране простой камеры-обскуры составит $F/107$. При размере камеры в 100 м диаметр изображения солнечного диска будет около 1 м. Сюда придет свет, прошедший сквозь отверстие объектива диаметром 1,2 см, значит, освещенность ослабнет почти в 10 тысяч раз. Не слишком ли тусклым будет изображение? Как известно, освещенность земной поверхности Солнцем составляет 10^5 лк; следовательно, освещенность нашего изображения будет около 10 лк. Это в десятки раз больше, чем когда Луна освещает Землю в полнолуние. Без особого труда можно различать буквы в тексте, а ведь размер солнечных пятен на метровом изображении его диска будет около 1 см – такие детали трудно будет не заметить.

Итог: теоретически древние греки могли бы использовать классическую обскуру для изучения поверхности Солнца!

Опыт

Для проверки наших теоретических представлений о качестве изображения в камере-обскуре мы поставили опыт: заменили объектив у фотоаппарата «Зенит» кусочком фольги с булавочным отверстием и сфотографировали с помощью этого «объектива» специально изготовленную таб-

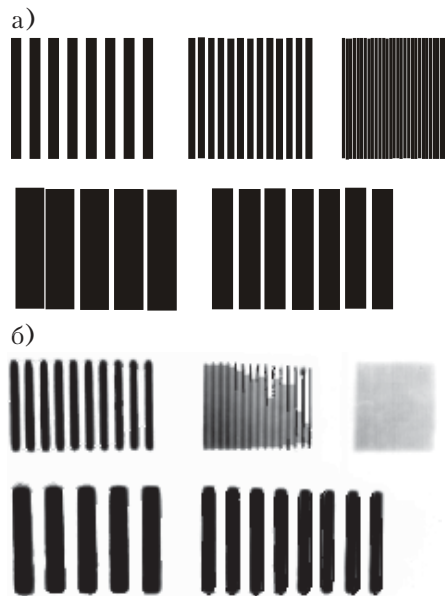


Рис. 7. Тестовая таблица (а) и ее изображение (б), сфотографированное камерой-обскурой на основе фотоаппарата «Зенит» ($D = 0,42$ мм, $F = 4,6$ см)

лицу (рис. 7). Расстояние от таблицы до отверстия было 30 см, а от отверстия до пленки – 4,6 см. Мы испытали три отверстия с диаметрами 170, 420 и 840 мкм. Таблица освещалась настольной лампой, чувствительность фотопленки была 64 ед., а экспозиции составляли от нескольких секунд до нескольких минут в зависимости от диаметра отверстия. Сделав отпечатки с негативов, мы определили по видимости линий таблицы на фотографиях предельный угол разрешения камеры. Он оказался даже немного меньше расчетного, что, по-видимому, объясняется очень высокой контрастностью исходного изображения и его линейным характером: прямые линии легче выявляются среди шумов изображения, чем точки. В целом же наша простая теория, как видим, вполне согласуется с экспериментом.

Убедившись в этом, мы решили, что пора наблюдать Солнце и попытаться с помощью камеры-обскуры увидеть на нем пятна. Эксперимент был поставлен 19 мая 1998 года в Астрономическом институте им. П.К.Штернберга (МГУ) при любезном содействии старшего научного сотрудника отдела исследования Солнца И.Ф.Никулина. Создать камеру длиной 100 и даже 50 метров нам, к сожалению, не удалось. Мы использовали в качестве корпуса обскуры трубу вертикального солнечного телескопа длиной 17 м. Зеркальный объектив этого инструмента находится в его нижней части, поэтому труба до объектива представляет просто светозащищенный объем без оптических элементов. Удобно и то, что система плоских зеркал (целостат) перед трубой телескопа постоянно поддерживает направление его оптической оси на Солнце. Входное отверстие трубы мы закрыли плотной крышечкой с круглой дырочкой диаметром 5 мм. В нижней части трубы на листе белой бумаги мы увидели яркое изображение Солнца диаметром 16 см с хорошо различимой группой из двух пятен. Это был момент торжества – солнечный телескоп-обскура действует!

Последующее изучение Солнца в нормальный оптический инструмент показало, что в этот день на поверхности нашего светила действительно были пятна: группа из двух больших пятен с размерами $15''$ и $17''$, разделенных расстоянием в $1'$, а также

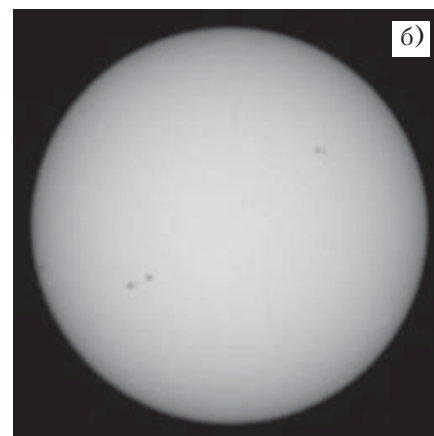
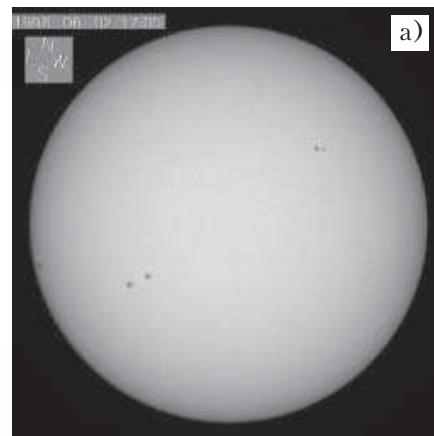


Рис. 8. Изображения поверхности Солнца, полученные 2 июня 1998 года с помощью оптического телескопа (а) и камеры-обскуры (б)

несколько маленьких с размерами $3 - 5''$. Маленьких пятен с помощью обскуры мы не заметили, а два больших пятна (впрочем, вполне рядовых для Солнца) были весьма отчетливо видны по отдельности. Мы продолжили наблюдения и в последующие дни, отмечая по движению пятен вращение Солнца. На фото на рисунке 8 показана поверхность Солнца в день 2 июня 1998 года, сфотографированная с помощью солнечного телескопа (а) и полученная на экране нашего телескопа-обскуры (б).

Галилей и Фабрициус открыли солнечные пятна лишь после изобретения оптического телескопа, хотя, как мы теперь видим, такая возможность существовала еще во время египетских пирамид. Быть может, эта мысль натолкнет читателей «Кванта» на размышления о неиспользованных возможностях нашего времени? Кстати, Фабрициусу, когда он открыл солнечные пятна, было немногим более 20 лет.

