



Лех Манкиевич
Центр теоретической физики Польской академии наук, Варшава,
Глобальная Интеллектуальная Сеть Роботизированных Телескопов GLORIA
<http://www.gloria-project.eu/>

Павел Рудави
Астрономический институт Вроцлавского университета

Ручная камера-обскура (Camera Obscura) для наблюдения прохождения Венеры, затмений и других феноменов, происходящих на Солнце

Солнце, ближайшая к нам звезда, иногда позволяет наблюдать впечатляющие астрономические явления: затмения, образование больших пятен и полей солнечных вспышек, или прохождения внутренних планет (Венеры и Меркурия) между Солнцем и Землей. Утром 6 июня 2012 года мы сможем наблюдать прохождение Венеры по солнечному диску. Прохождение Венеры – довольно редкое событие (следующего придётся ждать до 2117 года), поэтому не удивительно, что предстоящее событие представляет большой интерес. **К сожалению, наблюдения Солнца не только нелегки, но и небезопасны. На Солнце не посмотришь невооруженным глазом, и вы ни при каких обстоятельствах не должны смотреть на него через бинокль или телескоп без соответствующего фильтра, если вы не хотите сразу и навсегда лишиться зрения!** Некоторые магазины предлагают специальные очки для наблюдения затмений, однако, из-за минимального диаметра видимой Венеры (менее 1"), они не очень пригодны для наблюдения планетных прохождений. Поэтому, для тех, кто хотел бы наблюдать прохождение Венеры с помощью своего собственного наблюдательного прибора мы подготовили описание изготовления простой камеры-обскуры (или камеры с точечным отверстием) для наблюдения различных явлений, происходящих на Солнце.

Наблюдайте с удовольствием!

1. Необходимые материалы

Для того, чтобы самим изготовить камеру-обскуру, вам понадобятся:

- Почтовый тубус для пересылок, чем длиннее тем лучше, но чтобы при этом вы смогли легко держать его в руках. Тубус можно также заказать по интернету или приобрести в канцелярских магазинах.
- 2 листа черного картона формата А4.
- Лист кальки.
- Картонная папка.
- Тонкая игла.
- Острый нож для бумаги, ножницы, циркуль, клей, черная изоляционная лента.
- Ловкие руки и немного терпения.



Рис. 1. Инструменты, которые понадобятся для изготовления камеры обскуры.

2. Инструкция

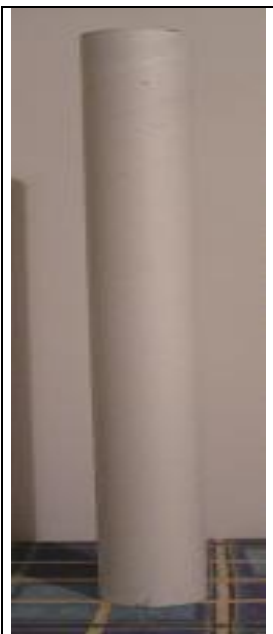


Рис. 2. Почтовый тубус

Снимите обе крышки с почтового тубуса. Вставьте диск из черного картона в одну из них и надежно закрепите его края с помощью черной изоляционной ленты. Возьмите тонкую иглу и сделайте небольшое сквозное отверстие в крышке и в диске. Диаметр отверстия должен быть приблизительно равен 0,2-0,5 мм, но не более 1 мм. Затем поместите крышку обратно в свое положение в тубусе. После удаления иглы стоит посмотреть в трубу с другого конца - свет должен попадать в трубу только через маленькое отверстие. Мы вставляем иглу в отверстие каждый раз, когда не используем наш прибор, так как в противном случае отверстие может деформироваться само по себе.

Теперь возьмите вторую крышку и прорежьте в ней круглое окошко с диаметром, равным приблизительно 2/3 крышки. Затем вырежьте из кальки круг с диаметром, равным диаметру крышки и осторожно склейте их вместе, стараясь не испачкать окошко клеем. Это будет нашим фокусирующим экраном. Вставьте эту конструкцию обратно в другой конец тубуса.



Рис. 3. Небольшое отверстие в крышке сделано тонкой иглой.



Рис. 4. Крышка с отверстием, готовая к установке (обратите внимание, насколько тщательно края картона приклеены черной изолентой).



Рис. 5. Вырежьте во второй крышке круглое окошко.



Рис.6. Наклейте фокусирующий экран из кальки.

Наша камера-обскура практически готова. Тем не менее, для того, чтобы выполнять наши наблюдения Солнца, она должна быть оснащена подходящей диафрагмой, защищающей голову наблюдателя от яркого солнечного света. Для этого, возьмите картонную папку и вырежьте круги в обеих "крыльях" папки. Диаметр круга должна быть немного меньше наружного диаметра тубуса. Теперь установите папку на тубус на расстоянии около 20 см от экрана фокусировки. Для придания жесткости диафрагмы немного раздвиньте крылья папки друг от друга.

Используя изоленту, сделайте из второго листа черного картона трубу и наденьте ее над фокусирующим экраном. Это дополнительное покрытие сделает изображение Солнца более четким.



Рис. 7. На обложке - первое отверстие в папке.



Рис. 8. Труба из чёрного картона готова к установке на фокусирующий экран для дополнительной защиты от солнечного света.



Рис. 9. Камера-обскура готова к наблюдениям.

3. Наблюдения

Теперь наша камера-обскура готова для наблюдений Солнца. Как именно проводить наблюдения? Просто наведите отверстие на Солнце и дайте ему перебросить изображение нашей звезды на фокусирующий экран. Листочек кальки защитит ваши глаза от прямых солнечных лучей, а черная картонная трубка предоставит

дополнительную защиту от рассеянного света, который сделает изображение на фокусирующем экране более четким.

Несмотря на кажущуюся легкость нахождения Солнца, поймать его в точечное отверстие не так просто, поэтому мы советуем вам попрактиковать наблюдения Солнечного диска до 6 июня, чтобы получить некоторый опыт. Конечно, ваши наблюдения будут гораздо более комфортными, если вы будете прислоняться к удобной стене или установите камеру на столб или штатив.



Рис. 10. Наблюдения. Наведите отверстие на Солнце и смотрите на его изображение на фокусирующем экране.

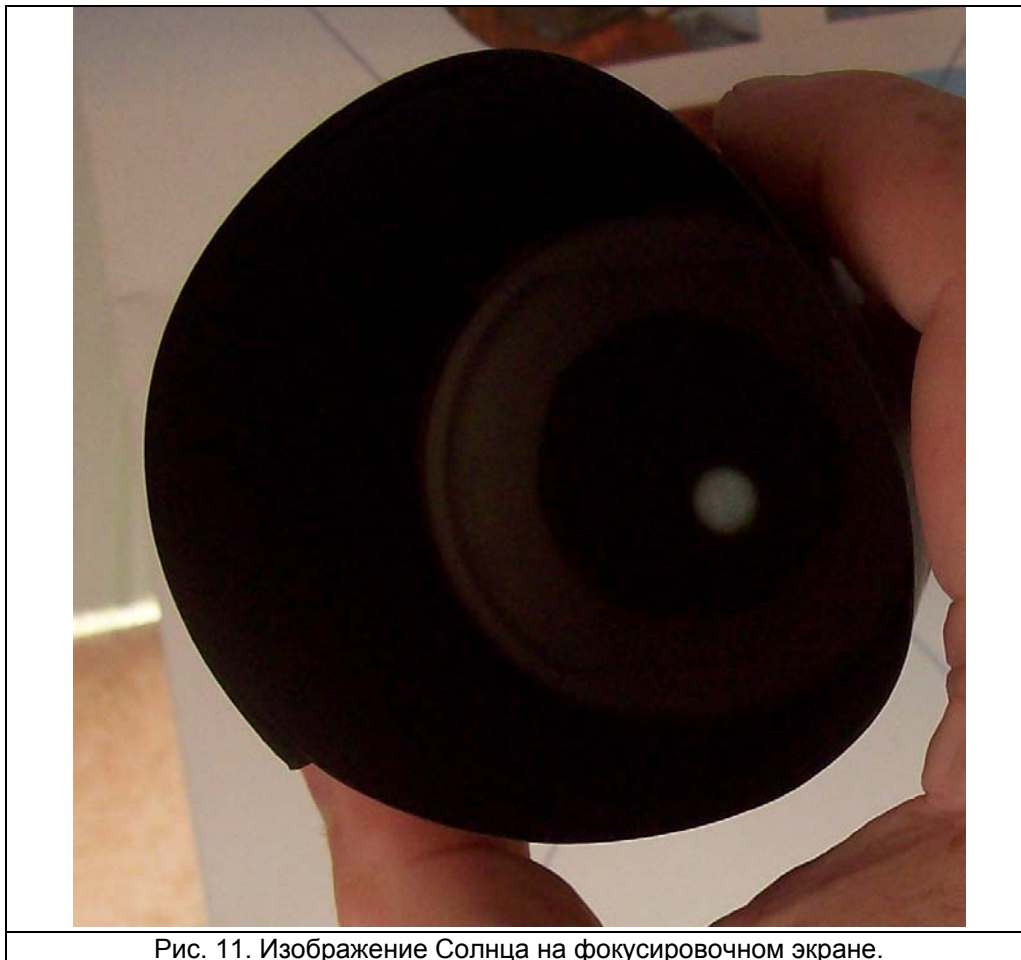
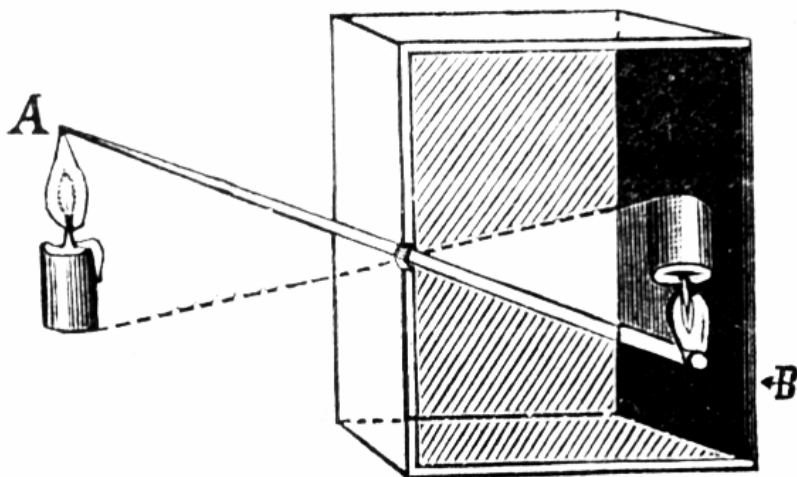


Рис. 11. Изображение Солнца на фокусирующем экране.

4. Как это работает?

Каков же принцип работы камеры-обскуры?

Согласно принципам геометрической оптики, лучи света распространяются прямолинейно во всех направлениях от каждой точки наблюдаемого объекта (Солнца, в данном случае). При отсутствии влияния среды, сквозь которую распространяется свет (в частности, рефракции, вызываемой атмосферой Земли), его лучи приходят к наблюдателю по прямым линиям. В случае такого простого инструмента, как камера-обскура, мы можем, пренебрегая наличием земной атмосферы, с достаточной точностью считать идущие от Солнца световые лучи прямолинейными.



Если мы поместим непрозрачную диафрагму с небольшим отверстием на пути световых лучей, то отдельные световые лучи от каждой части наблюдаемого объекта (например, солнечного диска) попадут на разные части экрана, расположенного за диафрагмой. В результате, мы получим действительное, уменьшенное, перевернутое, а также относительно четкое изображение наблюдаемого объекта.

- Относительно четкое, потому что каждый крошечный кусочек изображения, которое вы видите, соответствует сравнительно небольшой части Солнца (благодаря малой величине отверстия). Изображение могло бы быть абсолютно четким, если бы отверстие было бесконечно маленьким, а свет не обладал бы волновыми свойствами, что не проявлялось бы в дифракции на краях диафрагмы.

- Действительное, потому что образ на экране состоит из настоящих световых лучей, испускаемых наблюдаемым объектом.

- Перевернутое, потому что луч из верхней части диска, проходя через маленькое отверстие, расположенное на оси объект–отверстие–экран, попадает в нижнюю часть экрана.

- Уменьшенное, потому что расстояние между объектом и отверстием (то есть фактически от Солнца до Земли) гораздо больше, чем расстояние между отверстием и экраном камеры-обскуры. Принцип подобия треугольников показывает, что диаметр изображения будет во столько раз меньше диаметра Солнца, во сколько раз расстояние между экраном и отверстием меньше, чем расстояние от Земли до Солнца.

Поскольку каждый элемент изображения создается отдельным лучом света, изображение, созданное камерой-обскурой, обладает бесконечной глубиной резкости (причём по всему полю!) и полностью лишено оптических искажений. Если наблюдаемый объект – это Солнце и Венера, которая проходит по его диску, мы получим на экране ясную картину солнечного диска с черной точкой планеты.

Таким образом, выбор правильного диаметра отверстия имеет решающее значение для качества получаемого изображения. Большое отверстие (около 1 мм и

более) дает яркую картинку, которая, тем не менее, будет сильно размыта или даже совсем расфокусирована, потому что каждая крошечная точка на экране будет получать множество лучей света, идущего от различных частей наблюдаемого объекта. С другой стороны, при очень маленьком отверстии (менее 0,1 мм), начинает явственно проявляться волновая природа света, вызывая сильные дифракционные эффекты. Таким образом, размер отверстия лучше всего выбирать методом проб и ошибок.