

Видимый горизонт и солнечные часы

Роза М. Рос (Rosa M. Ros)

Международный астрономический союз, Политехнический университет Каталонии (Барселона, Испания)

Вступление

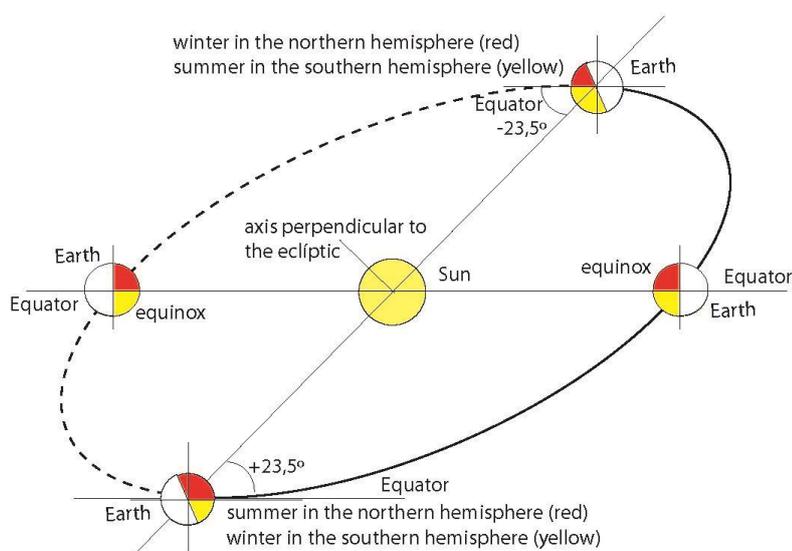
Изучение горизонта существенно облегчает студентам их первые шаги при обучении в образовательном центре. Простая модель, которую нужно сделать в каждом центре, позволит легко освоить и понять азы астрономии. Модель также сможет представить самые простые экваториальные солнечные часы, и из нее мы можно будет сделать другие модели часов (горизонтальные и вертикальные)

Цели

- Понять суточное и годовое движение Солнца.
- Понять движение небесного свода.
- Понять конструкцию элементарных солнечных часов.

Земля вращается вокруг Солнца и вокруг своей оси

Общеизвестно, что Земля вращается вокруг своей оси, и это приводит к смене дня и ночи. Ось вращения астрономы древности называли осью Земли, т.к. казалось, что небо движется вокруг этой оси (дневное и ночное небо). Но Земля движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. Как первое допущение, мы можем предположить, что это круговое движение (т.к. эксцентриситет эллипса почти ноль, то орбита получается почти круговая).



Зима в Северном полушарии (красным)

Лето в Южном полушарии (желтым)

Равноденствие.

Перпендикуляр к плоскости эклиптики

Лето в Северном полушарии (красным)

Зима в Южном полушарии (желтым)

Рис. 1. Схема орбиты Земли. Угол между земным экватором и плоскостью эклиптики 23.5° . Угол между земной осью вращения и перпендикуляром к плоскости эклиптики также 23.5° .

Земле требуется один год, чтобы сделать полный оборот вокруг Солнца. И она совершает его в плоскости эклиптики, или другими словами в плоскости своей орбиты, которая не перпендикулярна земной оси вращения, а находится под углом. И этот угол между земной осью вращения и перпендикуляром к плоскости эклиптики равен 23.5° . Точно также, угол между плоскостью земного экватора и плоскостью эклиптики равен 23.5° (рис. 1). Этот угол и является причиной смены времен года. Для наглядного представления этого явления мы сконструируем небольшую модель (рис. 2).

Нам понадобятся четыре сферы, которые будут представлять модель Земли. И светящаяся лампочка, которую нужно поместить в центр, она будет представлять Солнце. На сферах нужно нарисовать земную поверхность, главное обозначив экватор и полюса. Затем, мы задаем значения расстояний, в зависимости от размера этих сфер. В нашем случае мы используем модели с диаметром 8 см. Возьмем небольшую квадратную скатерть или бумагу с диагональю 25 см. Четыре сферы мы разместим крестообразно (одна напротив другой, как на рис. 2). И поднимем их с помощью палочек на высоту 3, 15, 25 и 15 см соответственно. Эти цифры мы рассчитали исходя из того, что угол между плоскостью экватора и плоскостью эклиптики должен составлять порядка 23° .



Рис. 2а, 2б и 2с. Расположение четырех сфер, представляющих Землю и в центре лампочка, представляющая Солнце. Очень важно установить правильное взаимное положение, чтобы линия от центра Солнца к центру Земли была под углом 23° по отношению к полу, который и представляет плоскость экватора.

Помещаем эту модель в темную комнату и включаем лампочку (вместо лампочки можно использовать и свечу, главное соблюдать правильное соотношение по высоте). Очевидно, что на Северное полушарие сферы в позиции А попадает больше света, чем на Северное полушарие в позиции С (рис.3). В тоже время Южное полушарие лучше освещено у сферы С, чем у сферы А. У сфер В и D оба полушария освещены одинаково, что соответствует весеннему и осеннему равноденствию. Про более освещенный участок Земли мы говорим, что там лето, про менее освещенный, что зима. Из наблюдения можем сделать вывод: когда Земля в позиции А, то наступает

лето в Северном полушарии и зима в Южном полушарии. Когда Земля в позиции С, то наступает зима в Северном полушарии и лето в Южном.



Рис. 3. Модель движения Земли по орбите, которая объясняет смену времен года. Когда Земля в позиции А, то наступает лето в Северном полушарии и зима в Южном. Когда Земля по позиции С, то наступает зима в Северном полушарии и лето в Южном. А при положении Земли в позиции В и D оба полушария освещаются одинаково и наступает равноденствие, когда день равен ночи.

Эта модель открывает много возможностей для обучения. Можно представить какого-нибудь человека, который живет в одном из полушарий, и посмотреть, как он видит солнце на разной высоте в зависимости от сезона. Например, представим, что человек живет в Северном полушарии. Когда Земля в позиции А, то человек видит Солнце на 23.5° выше экваториальной плоскости (рис. 4а). Тем не менее, если он в том же Северном полушарии, а Земля в позиции С, то он видит солнце ниже экватора на -23.5° (рис. 4б). А когда он в позиции В и D, то видит солнце точно на экваторе, т.е. 0° .



Рис. 4а. В позиции А лето в Северном полушарии, и Солнце на 23.5° выше экватора. А в Южном полушарии зима.



Рис. 4б. В позиции С в Северном полушарии зима, и Солнце на 23.5° ниже экватора. В то же время в Южном полушарии лето.

Параллельная Земля

Позицию, которую мы используем в предыдущей модели, можно назвать «Земля со стороны». Её не легко наблюдать, находясь в своем городе, и даже кажется, что это невозможно. Ведь мы «приклеены» к Земле и не можем оторваться и увидеть её со стороны, как астронавт из иллюминатора космического корабля. Но есть простой способ, который позволит нам посмотреть на нашу Землю со стороны и увидеть освещенные участки день за днем и час за часом. Давайте используем для этого параллельную Землю. Это глобус, который будет освещаться так же, как и Земля, настоящим Солнцем.

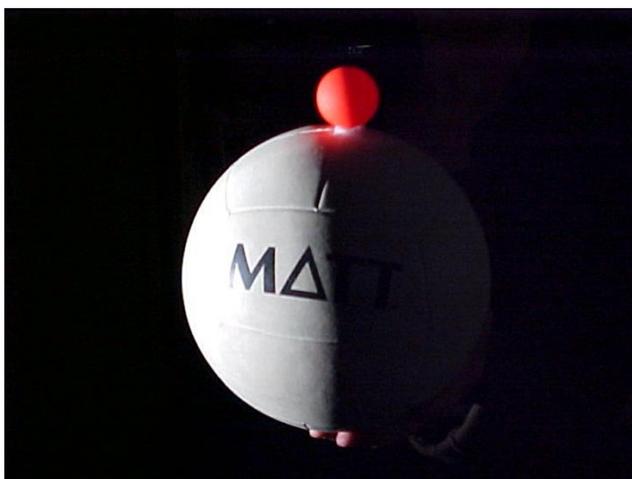


Рис. 5. Прожектор одинаково освещает две сферы, что образует одинаковые участки тени и света.

Прожектор, освещающий две сферы, дает на них одинаковые участки света и тени (рис.5). Поэтому, если мы сориентируем глобус в точном соответствии с положением нашей планеты, то сможем наблюдать за ней со стороны, как астронавт, находящийся гораздо дальше МКС.

Мы будем использовать обычный глобус, у которого уберем подставку и поставим его на стакан так, чтобы наклон его оси совместить с земной осью (используем компас, чтобы правильно выстроить направление Север-Юг). Так же мы знаем, что наш город должен быть наверху глобуса. Потому что в любой точке мира, где бы мы ни жили, если мы будем двигаться в любом направлении на многие километры, то земля всегда будет под нашими ногами. Так что наше расположение всегда наверху.

С помощью компаса определяем направление Север-Юг, по которому выставляем ось Земли и наш город размещаем на самом верху глобуса (рис. ба). Чтобы убедиться, что глобус расположен правильно, вы можете поставить карандаш вертикально на точку вашего города. Если карандаш упадет, то нужно еще подкорректировать положение глобуса. Когда ваш город будет точно сверху, то карандаш будет стоять устойчиво. Мы проиллюстрируем это с помощью фигурки, которую поставим на место нашего нахождения (рис. бб).

С помощью кусочков пластилина мы обозначаем границу света-тени и наблюдаем, как час за часом эта линия медленно движется по поверхности глобуса и в какой-то момент

наступает ночь. Можно поставить небольшие палочки, как гномон (стрелка солнечных часов) и смотреть, как их тени ведут себя в течении дня. Так мы можем наглядно увидеть, что меняется при вращении Земли (рис. 6б).



Рис. 6а. Глобус со стандартной подставкой, не может служить моделью. Идеальная модель, это глобус, расположенный на улице в стакане, правильно ориентированный, с вашим городом наверху.

Рис. 6б. Можно поставить фигурку, чтобы обозначить наше местонахождение. Кусочками пластилина отметить линию раздела между светлыми и темными участками. С течением времени линия будет сдвигаться. Также можно поставить палочки и изучать их тень.



Рис. 7а. Когда Северный полюс находится в солнечной части, то значит в Северном полушарии лето, и мы наблюдаем феномен полуденного солнца. В Южном полушарии, Южный полюс находится в тени, поэтому там зима.

Рис. 7б. На Северном полюсе ночь, значит в Северном полушарии зима. В Южном полушарии Южный полюс освещен, поэтому там лето.

Рис. 7с. Линия, разделяющая день и ночь, проходит через оба полюса, поэтому это первый день весны или первый день осени.

Самое интересное - это визуализировать движение и увидеть, как линия света и тени (смены дня и ночи) меняет свое положение в течении года. Так можно убедиться, что летом (рис. 7а), зимой (рис. 7б) и в периоды равноденствия (рис. 7с) положение этой линии такое же, как мы наблюдали в модели с четырьмя сферами (рис. 3).

После изучения этих двух моделей, мы считаем, что необходимо познакомиться с «реальной» моделью. Моделью, которая сможет дать представление о движении звезд относительно горизонта, с позиции наблюдателя, который «привязан» к определенному месту на Земле. Мы сделаем модель с видимым для наблюдателя горизонтом, **НАСТОЯЩУЮ МОДЕЛЬ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ.**

Наблюдение

Преподаватели разных наук (механики, физики, химии, биологии и т.д.) склонны говорить, что невозможно обучать их предмету в учебных заведениях полноценно, если нет лаборатории. В этом смысле, учителям астрономии повезло, т.к. у них всегда есть астрономическая лаборатория. Во всех учреждениях и школах есть место, где учащиеся играют: открытая площадки или двор. И они могут служить не только для игр, но и быть астрономическими лабораториями, где у обучающихся будет возможность проверить и применить знания астрономии на практике.



Рис. 8. Классическая модель небесной сферы

Проблема, которая может возникнуть у учащегося, который использует школьный двор для практических занятий по астрономии, это отсутствие связи между объяснениями учителя на модели небесной сферы внутри класса и реальной ситуацией за пределами школьного класса. Когда учитель рассказывает о меридианах и параллелях или координатах места, приводя примеры на доске, в тексте или показывая на модели, как на рис. 8, это кажется не сложным, и ученики обычно понимают это без проблем. Ведь предметы и обозначения, которые у них перед глазами, уже знакомы и аналогичны тем, которые они изучали на географии (рис. 9).

Проблемы начинаются, когда они смотрят на небо и на нем нет линий. Невозможно увидеть ось вращения и действительно нелегко найти хоть что-то знакомое в небе. Принципиальное различие в том, где находится ученик. В классе, когда он получал новую информацию, он наблюдал небесную сферу со стороны. Поэтому сейчас ему сложно перестроиться и применить эти знания, находясь внутри небесной сферы (рис. 10).

Очевидно, что, увидев такие проблемы, мы начали думать, как изменить презентацию информации в классе. Чтобы сделать ее более понятной, нужно изложить ее с позиции наблюдателя сферы изнутри. Но если представить небесную сферу только с позиции внутреннего наблюдателя, то будет не практично. Ученики ведь должны быть способны читать астрономические книги и понимать соответствующие абстракции небесной сферы с позиции внешнего наблюдателя, как это принято в научных книгах. Приняв это все во внимание, мы задумались о модели, которая совместила бы в себе обе позиции, предоставив лучший охват горизонта и сделав «линии на небе видимыми».

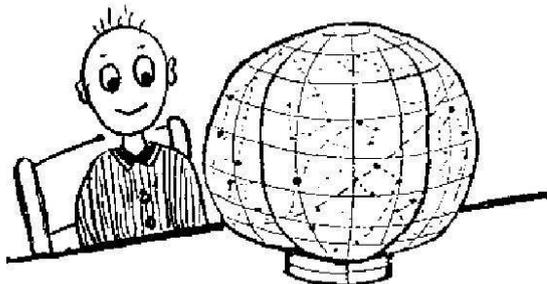


Рис. 9. Небесная сфера со стороны

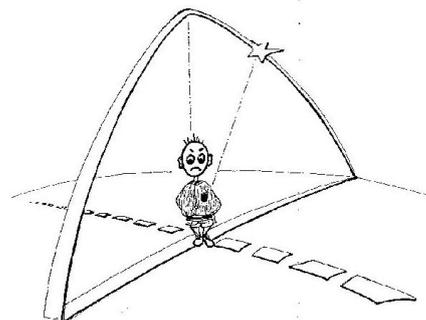


Рис. 10. Небесная сфера глазами внутреннего наблюдателя

Модель видимого горизонта

Начинаем мы с того, что делаем фотографию видимого горизонта. Не сложно сделать несколько фотографий с помощью фотоаппарата на штативе из любого места школьного двора (если здания не мешают) или с любого балкона, откуда хорошо виден горизонт. (Место, где стоял штатив мы пометим мелом или краской). Очень важно выбрать хорошее место, т.к. идея в том, что в этом месте будет размещаться модель во время каждого наблюдения. Делая каждый снимок, необходимо немного заступать на участок предыдущего снимка, чтобы потом эти общие (повторяющиеся) зоны наложить друг на друга и получить непрерывную цепь фотографий горизонта.



Рис. 11. Видимый горизонт

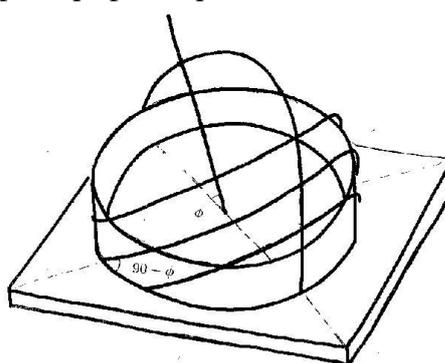


Рис. 12. Модель с горизонтом и полярной осью

Когда у нас есть все фотографии, мы их соединяем. Располагая последовательно одну за другой и формируем цилиндр. Закрепляем его на квадратной деревянной основе и ставим на место, с которого мы делали снимки (рис. 11). Очень важно расположить фотографии согласно реальному горизонту.

Потом мы вставляем земную ось вращения. Определив широту этого места, мы можем вставить проволоку с соответствующим наклоном (широтой) в модель (рис. 12).

Зная широту, можно установить ось вращения модели. Т.к. модель сориентирована в соответствии с видимым горизонтом, то используем удлиненную проволоку, чтобы увидеть настоящую ось, обозначить Южный полюс и также представить, где находится Юг (рис. 13). Конечно, легко обозначаем Север и Северный полюс. Потом мы можем нарисовать линию Север-Юг на модели и на том месте, откуда мы делали фотографии (определяя направление Север-Юг стандартным образом). Это очень важно, ведь каждый раз, используя модель, нам нужно будет ориентировать ее по сторонам света. И уже обозначенная линия Север-Юг очень упростит работу. (Направление можем определить по компасу)

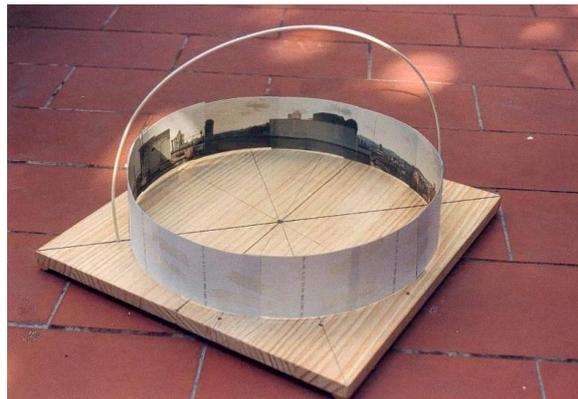
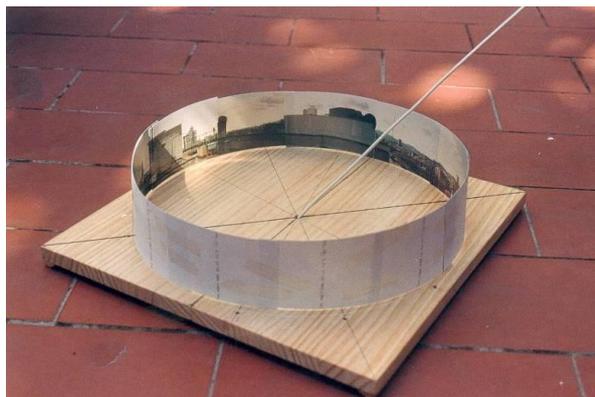


Рис. 13. Модель круга горизонта с полярной осью Рис. 14. Модель с меридианом данной точки

Следующий шаг, это разместить меридиан для данного места. Его очень легко определить, но его нелегко понять и представить (может потому, что у каждого он свой). Закрепляем проволоку, чтобы она проходила с Севера на Юг и соприкасалась с осью вращения Земли (рис. 14). Данная проволока - это визуализация меридиана для места положения модели. Также она помогает нам легко представить, как идет линия меридиана в небе. Она начинается от определенного места (или здания) реальной местности, которое ученики так же видят на фото своей модели. Проходит над их головами. И идет к месту окончания, которое будет одинаково на местности и на фотографии.

Процесс размещения экватора более сложный. Конечно, можно его провести с Запада на Восток. Это будет просто, но с педагогической точки зрения нерационально. В образовательных целях удобнее опять же использовать фотосъемку. Ставим фотоаппарат на штативе на то же самое место, с которого мы делали первые снимки горизонта. (Для этого мы помечали это место краской, чтобы при необходимости опять его использовать). И с помощью закрепленной на штативе камеры мы делаем снимки восхода и заката в первый день весны и осени. Тогда у нас будет две фотографии с точными ориентирами восточного и западного направления у модели и для реального горизонта.

Устанавливаем экватор из проволоки перпендикулярно земной оси вращения. Прикрепляем его с восточной и западной стороны (на линии в горизонтальной плоскости, которая перпендикулярна линии Север-Юг). Тем не менее не легко расположить эту проволоку по отношению к проволоке, которая изображает ось вращения, потому что она наклонная. Остается вопрос, какой наклон использовать. Мы сделаем четыре или пять фотографий рассветов в первый день весны или осени. Фотографировать солнце опасно, когда оно высоко в небе, но безопасно во время

рассветов и закатов, когда атмосфера Земли выступает в качестве фильтра. Мы будем использовать все фотографии и подходящую компьютерную программу, чтобы совместить их (используя исходный горизонт), и мы сможем определить наклон самого Солнца над горизонтом. Фотографии будут использованы, чтобы представить точный наклон проволоки, символизирующей экватор на модели (рис. 15). Используя фотографии восточной и западной точки, можно проследить угол наклона экватора по положению Солнца и поставить проволоку в соответствии с ним. Мы знаем точки крепления и угол наклона, поэтому закрепляем проволоку экватора на подставке и на пересечении с меридианом (рис. 16).

Принимая во внимание, что Солнце - это обычная звезда (Солнце самая важная звезда для нас, т.к. она самая близкая, но его поведение не отличается от других звезд), мы можем узнать наклон движения звезд, когда они появляются и исчезают за горизонтом. Чтобы это сделать, нам нужно только сделать две фотографии этих мгновений около восточной и западной точки (рис. 17).

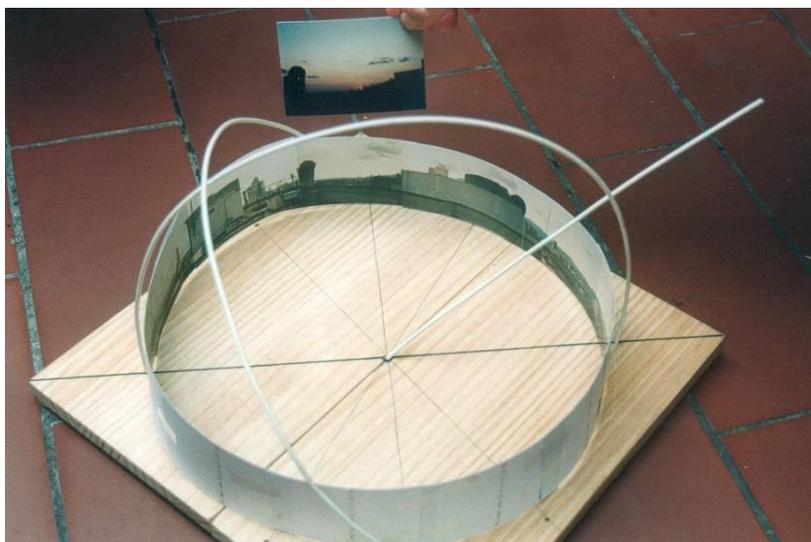


Рис. 15. Точка заката весеннего или осеннего равноденствия

Эти фотографии, упомянутые в предыдущем абзаце, возможно не получится сделать в городе, где находится школа. Нам нужно будет выехать в сельскую местность или на природу, где не помешает световое загрязнение, и делать фотографии на однообъективный зеркальный фотоаппарат. Поставить его на штатив и использовать спусковой тросик. Около 10 минут выдержки будет достаточно. Очень важно, чтобы фотоаппарат стоял параллельно горизонту (проверьте его положение по уровню).



Рис. 16. След восхода Солнца

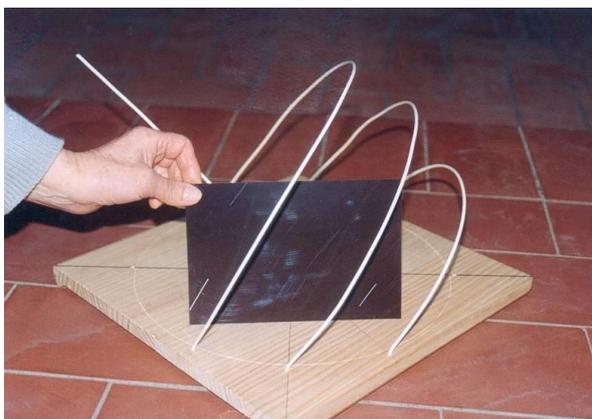


Рис. 17. Следы звезд на востоке

Используйте эту возможность, чтобы составить небольшое портфолио из фотографий. Например, вы можете сделать снимок участка неба одного из полюсов на выдержке 15 минут, следующий снимок – захватив участок неба выше полюса (вдоль местного меридиана), далее следуя по меридиану сделать третий снимок и последующие, пока не достигнете горизонта с другой стороны. Идея в том, чтобы сфотографировать весь меридиан с Севера на Юг, проходящий над нашими головами. Очевидно, что меридиан места, где мы сейчас делаем фотографии, не такой же, как в школе, но ученики легко поймут эту небольшую разницу.

Когда у нас будут все снимки, мы можем выстроить полосу меридиана из них. Благодаря этой полосе, ученики лучше поймут движение небесной сферы вокруг земной оси вращения. Интересно, что на фотографиях траектории звезд будут отличаться по длине, хотя выдержка одинаковая. Около полюсов траектории будут самыми короткими, а на экваторе самыми длинными. Также будет отличаться форма. На экваторе траектории движения звезд будут образовывать прямые линии. На участках около полюсов траектории будут вогнутыми кривыми над экватором и выпуклыми ниже экватора. Если мы распечатаем фотографии достаточно большого формата, то мы можем сложить их в полосу над головами студентов, что позволит им лучше представить и понять движение сферы.

Используя две фотографии восточного и западного направления, можно узнать угол наклона звездного следа по отношению к экватору, и это позволит расположить экватор без проблем. Мы знаем точки, где его нужно закрепить и знаем наклон, и проволоку можно прикрепить к деревянной подставке и местному меридиану (рис. 17).

Довольно легко поставить полоску с фотографиями местного меридиана на модели. Достаточно распечатать их и сделать отверстие в точке, обозначающей полюс, чтобы наша проволока оси вращения прошла через него. Обратите внимание, что проволока обозначающая экватор соответствует прямым линиям звездных следов на фотографиях (рис. 18).

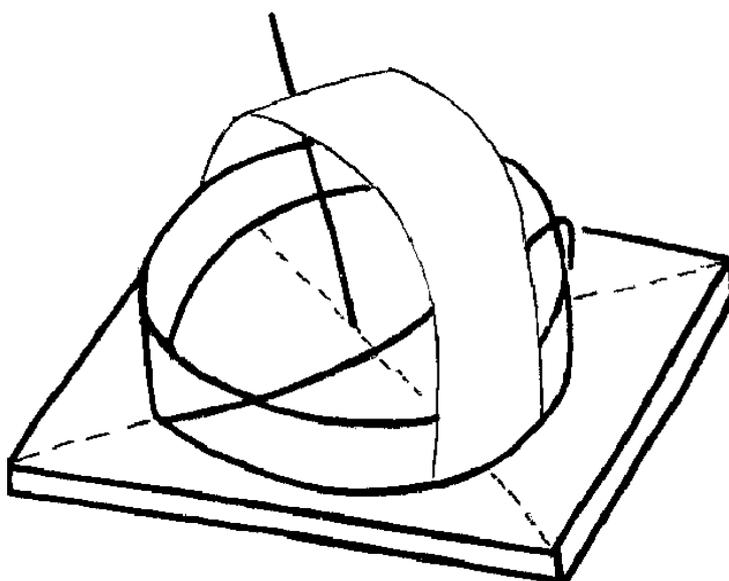


Рис. 18. Фотографии местного меридиана

С помощью этой модели мы даем ученикам возможность увидеть небесную сферу с двух позиций: изнутри и снаружи.

Если мы сделаем фотографии Солнца на рассвете и закате в первый день зимы и лета, то ученики смогут увидеть, что его положение очень отличается. И разница просто удивительная. Вы также можете установить параллели: тропик Рака и тропик Козерога с помощью фотографий, которые демонстрируют наклон экватора, ведь наклон у параллелей такой же. С помощью простого транспортира, можно определить, что внутренний угол между тропиком Рака и экватором около 23° . И такой же угол образуется между экватором и тропиком Козерога (рис. 19 и 20).

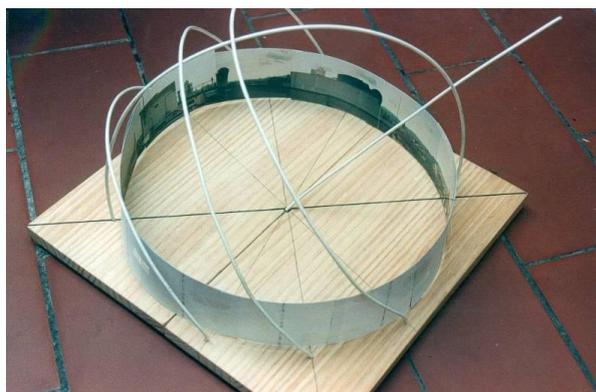


Рис. 19. Траектории Солнца в первый день каждого сезона. Точки рассвета и заката не совпадают, за исключением двух дней: равноденствия.

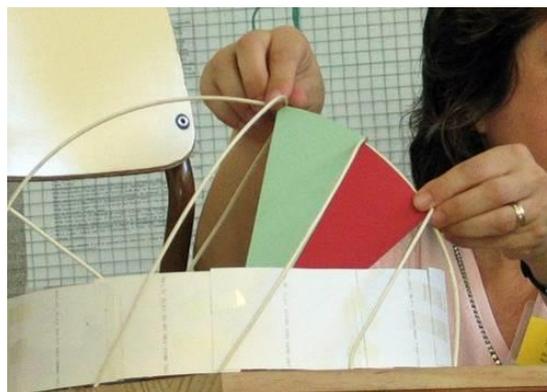


Рис. 20. Угол между двумя траекториями в первый день двух последовательных сезонов 23.5°

Ученикам будет интересно увидеть, что рассветы и закаты не всегда совпадают с Востоком и Западом соответственно. Во многих книгах написано, что Солнце встает на Востоке и садится на Западе. Ученики смогут убедиться, что это правильно только дважды в году и неправильно все оставшиеся дни (рис. 19 и 20).

Таким образом, ученики видят на практике сферу одновременно изнутри (реальную сферу) и снаружи (модель). Благодаря модели, они лучше поймут окружающую их среду и любые вопросы, связанные с ней, будет легче решить. Они также смогут показывать области, который соответствуют движению Солнца (между параллелями на модели) и представлять их в небе и над местным горизонтом своего города. Ориентирование станет их коньком.

Солнечные часы

Есть также другие способы использования данной модели. Она не что иное, как большие солнечные часы. На ней можно просто и понятно объяснить устройство солнечных часов, учитывая только горизонт и движение Солнца. Начнем с того, что ось вращения Земли становится указателем, стрелкой часов.

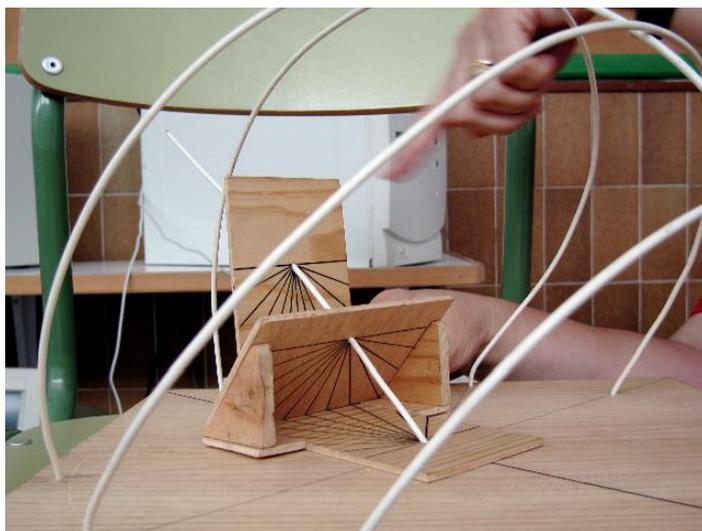


Рис. 21. Модель больших солнечных часов. Мы рассмотрим три типа.

Если мы установим плоскость в соответствии с плоскостью экватора и разместим фонарик на тропик Рака, то увидим тень от указателя (провода, которая представляет ось вращения Земли) на плоскости экваториального квадранта. А если мы передвинем фонарик на тропик Козерога, то тень упадет на участок ниже плоскости. Понятно, что при размещении фонарика на экваторе, тени не будет. Таким образом легко удостовериться, что летом и весной экваториальные часы показывают время на плоскости часов, зимой и осенью на плоскости под ними и два дня в году (дни равноденствия) они не работают.

Принимая во внимание экваториальную плоскость, вертикальную и горизонтальную (ориентированных с Востока на Запад) мы можем увидеть, что фонарик указывает на одинаковое время в этих трех квадрантах (рис. 21). Также мы можем увидеть утреннее и дневное время с помощью одного и того же указателя (ось вращения Земли). Очевидно, что время одинаково на всех трех часах. И легко определить, в какой части нам нужно прописать утреннее и дневное время для каждого часа. (Все учителя в какой-то момент испытывали трудности с плохо обозначенными часами, но используя эту модель такого больше не повторится).

Передвигая фонарик вдоль тропика Козерога и Рака не сложно увидеть, что поток света от фонаря создает разные конические сечения на плоскости. В первом случае (первый день лета), это почти круг, и закрытая область явно меньше той, что появляется во втором случае. Когда идем по другой параллели (первый день зимы), то сечение овальное, и закрытая область намного больше. Отсюда ученики могут понять, что радиация сильнее в первом случае, т.к. летом температура поверхности выше, и

количество часов солнечного излучения больше. Естественное последствие – это то, что летом теплее, чем зимой (рис. 22)

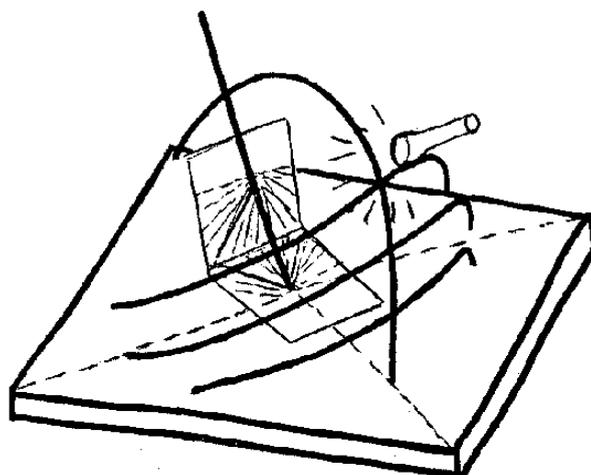


Рис. 22. Часы и сезоны

Мы воспользуемся возможностью упомянуть некоторые моменты, которые нужно знать при конструировании солнечных часов.

Экваториальные часы сделать очень легко. Нужно просто поставить гномон (стрелку часов) в соответствии с земной осью вращения, т.е. выставить направление Север-Юг (компас поможет в этом), и высота над плоскостью горизонта должна быть равна широте вашего места (рис. 23 и 24). Гномон часов любой широты всегда будет размещен в одном направлении.

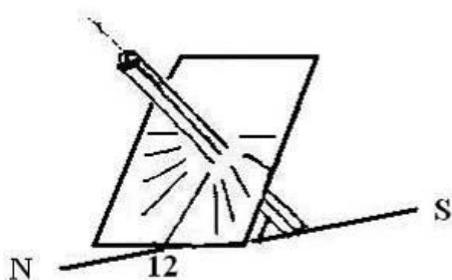


Рис. 23. Экваториальные часы в Северном полушарии

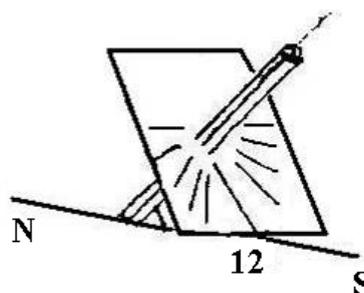


Рис. 24. Экваториальные часы в Южном полушарии

Линии циферблата экваториальных часов нарисованы под углами 15 градусов (рис. 25а и 25b), потому что Солнце проходит 360 градусов за 24 часа. Если мы разделим 360 на 24, то получим 15 градусов в 1 час.

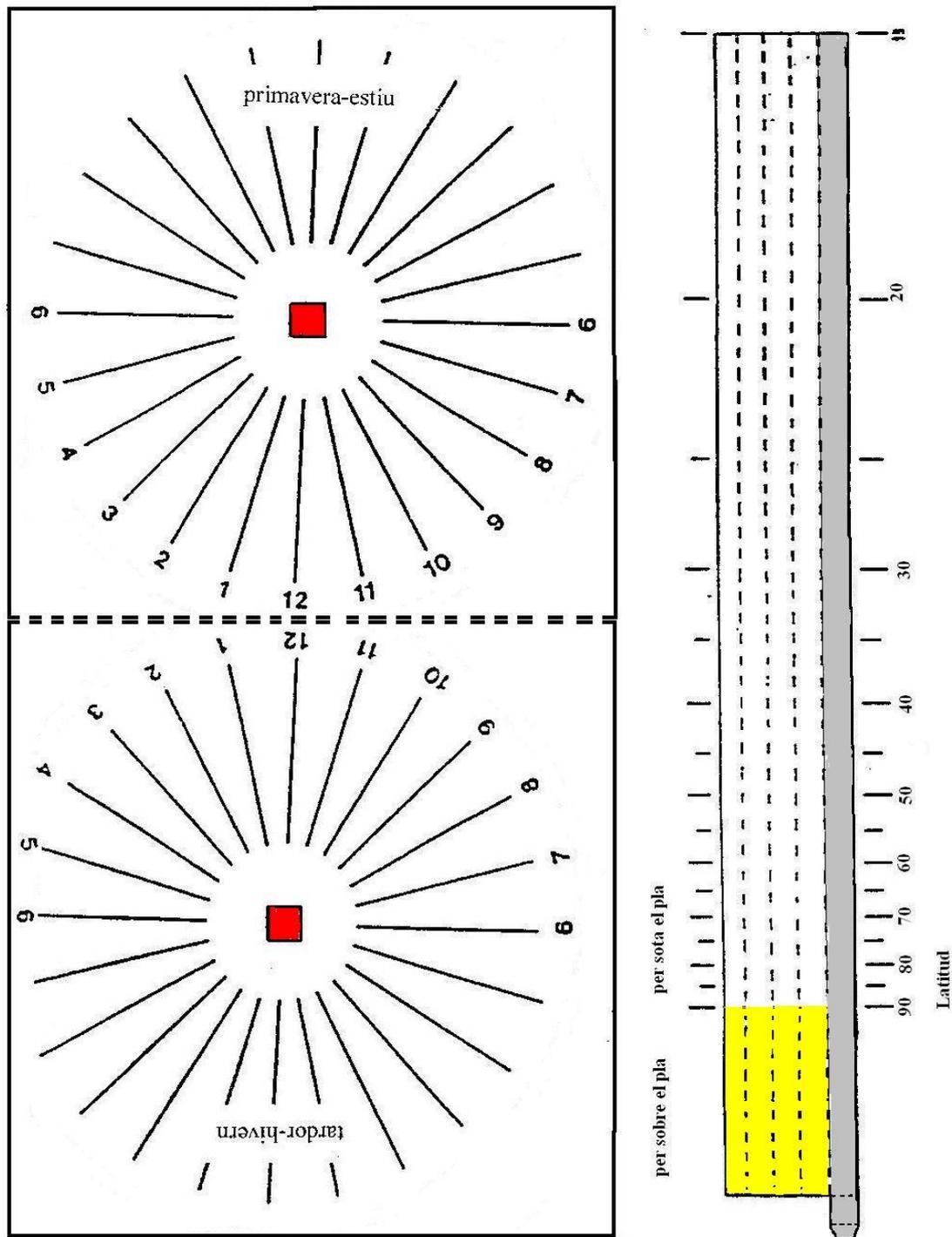


Рис. 25а и 25б. Шаблон экваториальных часов

Линии на циферблате горизонтальных или вертикальных часов получаются путем проекции линий экваториальных часов, просто учитывая широту места (рис. 26а, 26б, 26с и 26д).

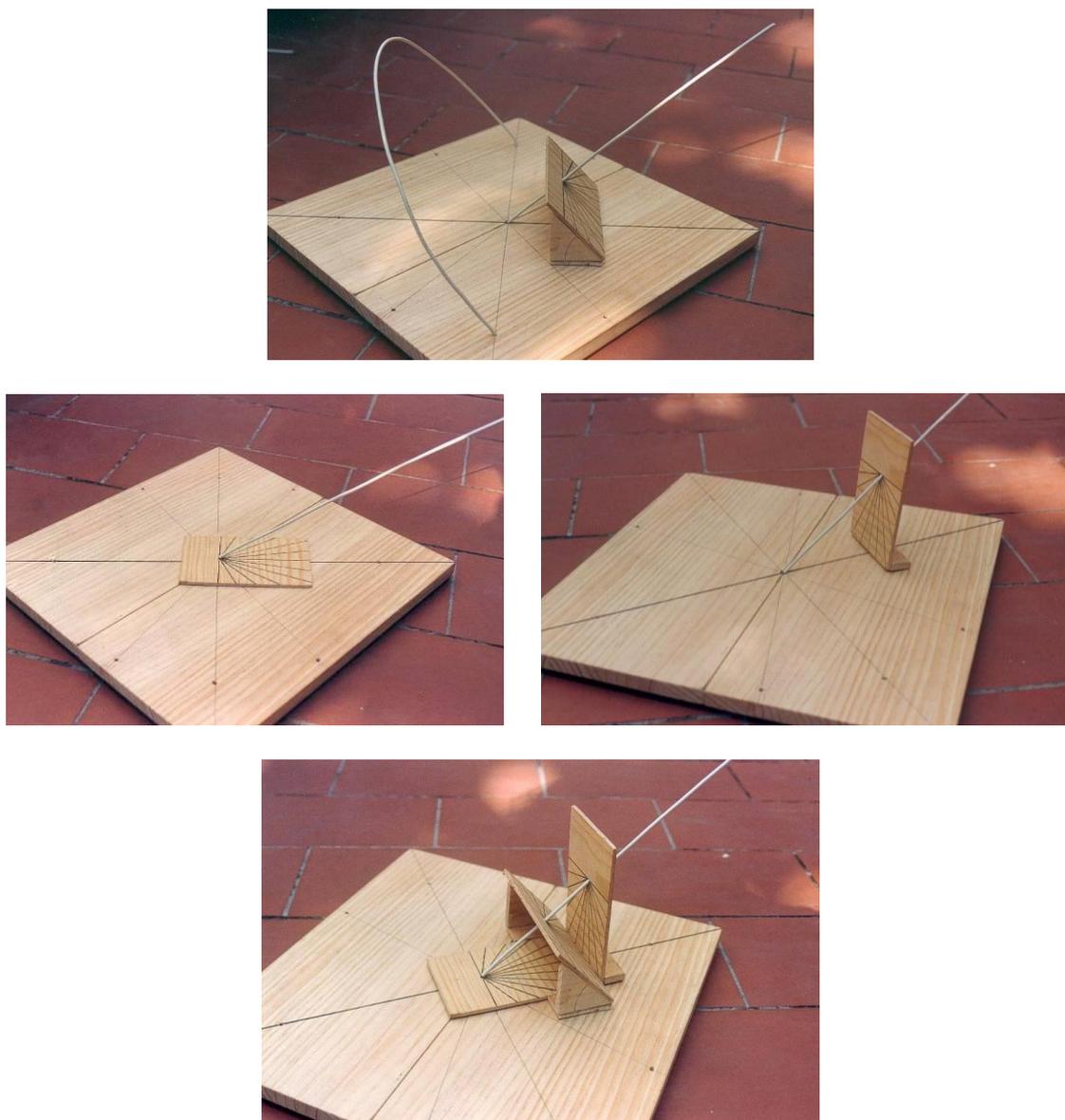


Рис. 26а, 26б, 26с и 26д. Несколько снимков часов

Солнечное время и время по наручным часам

Солнечные часы показывают солнечное время, которое не совпадает с временем на ваших часах. Нужно произвести несколько коррекций:

Коррекция часового пояса (долготы)

Земля разделена на 24 часовых пояса начиная от нулевого меридиана или гринвичского меридиана. Чтобы произвести коррекцию по часовому поясу нужно знать местную долготу и долготу «стандартного» меридиана. Знак «+» у тех, кто восточнее и знак «-», если западнее. Нам нужно посчитать и выразить в часах, минутах и секундах (1 градус = 4 минуты).

Коррекция летнего времени

Почти во всех странах есть летнее и зимнее время (с целью эффективного использования светлого времени суток). Обычно 1 час прибавляется летом.

Правительство каждой страны самостоятельно решает необходимость сезонного перевода часов.

Уравнение временной коррекции

Согласно закону Кеплера, Земля вращается вокруг Солнца по эллипсу. Для механических часов это не создает проблем. Механические часы показывают среднее время в течение всего года. Уравнение времени – это разница между истинным солнечным временем и средним временем. Оно представлено в таблице 1.

день	Янв	Фев р	М ар	Апр	М ай	Июн ь	Июл ь	Авг	Сент	Окт	Ноя б	Дек
1	+3m 33s	+13m 35s	+12m 22s	+3m 54s	-2m 54s	-2m 12s	+3m 50s	+6m 21s	+0m 2s	-10m 18s	-16m 24s	-11m 1s
6	+5m 50s	+14m 5s	+11m 17s	+2m 27s	-3m 23s	-1m 22s	+4m 45s	+5m 54s	-1m 23s	-11m 51s	-16m 22s	-9m 1s
11	+7m 55s	+14m 14s	+10m 3s	+1m 4s	-3m 38s	-0m 23s	+5m 29s	+5m 13s	-3m 21s	-13m 14s	-15m 31s	-6m 49s
16	+9m 45s	+14m 4s	+8m 40s	-0m 11s	-3m 40s	+0m 39s	+6m 3s	+4m 17s	-5m 7s	-14m 56s	-15m 15s	-4m 27s
21	+11m 18s	+13m 37s	+7m 12s	-1m 17s	-3m 27s	+1m 44s	+6m 24s	+3m 10s	-6m 54s	-15m 21s	-14m 10s	-1m 58s
26	+12m 32s	+12m 54s	+5m 42s	-2m 12s	-3m	+2m 49s	+6m 32s	+1m 50s	-8m 38s	-16m 1s	-12m 44s	+0m 31s
31	+13m 26s		+4m 12s		-2m 21s		+6m 24s	+0m 21s		-16m 22s		+2m 57s

Таблица 1. Уравнение времени (m – минуты, s - секунды)

Солнечное время + Все коррекции = Время на наручных часах

Пример 1: Барселона (Испания), 24-ое мая.

Коррекция	Комментарий	Результат
1. Часовой пояс	Барселона находится в гринвичском часовом поясе	-8.7 мин.
2. Летнее время	В мае действует летнее время +1 час	+ 60 мин.
3. Уравнение вр.	Находим в таблице на дату 24 мая	-3.6 мин.
Всего		+47.7 мин.

Например, в 12:00 солнечного времени, наши наручные часы покажут:
(Солнечное время) 12ч + 47.7 мин = 12ч 47.7 мин (на наручных часах)

Пример 2: Талса, Оклахома (США), 16-ое ноября.

Коррекция	Комментарий	Результат
1. Часовой пояс	Стандартный меридиан Талсы 90°	+24 мин.
2. Летнее время	В ноябре его нет	
3. Уравнение вр.	Находим в таблице на дату 24 мая	-15.3 мин.
Всего		+ 8.7 мин.

Например, в 12:00 солнечного времени, наши наручные часы покажут:
(Солнечное время) 12ч. + 8.7 мин. = 12ч. 8.7 мин. (на наручных часах)

Ориентирование

Другой сложностью для учеников может стать ориентирование. В общем курсе Астрономии мы обязаны выработать у них умение ориентироваться. Возможно наши ученики никогда больше не будут изучать Астрономию. Но есть минимум, которым они должны обладать при окончании курса, это: умение определять, где Север; знать, что траектория Солнца проходит над южной частью горизонта; знать, что планеты движутся через горизонт; и, что самое важное, научиться определять различные географические особенности своего города. Например, над горизонтом Барселоны (рис. 27а и 27b) ученики рассматривают различные варианты расположения Солнца, Луны и некоторых созвездий на горизонте. Две горы, которые мы видим, находятся в противоположных друг от друга направлениях, но это ничего не значит для учеников, и у них обычно возникают проблемы при определении, какие рисунки реальны, а какие нет. Они знают теорию, но если они не могут представить вероятные варианты, то значит не хватает практики.

Использование модели, сконструированной специально для того, чтобы устранить обозначенные выше недостатки, оказалось даже более эффективно при объяснении многих тем по ориентированию на видимом горизонте, чем изначально ожидалось.

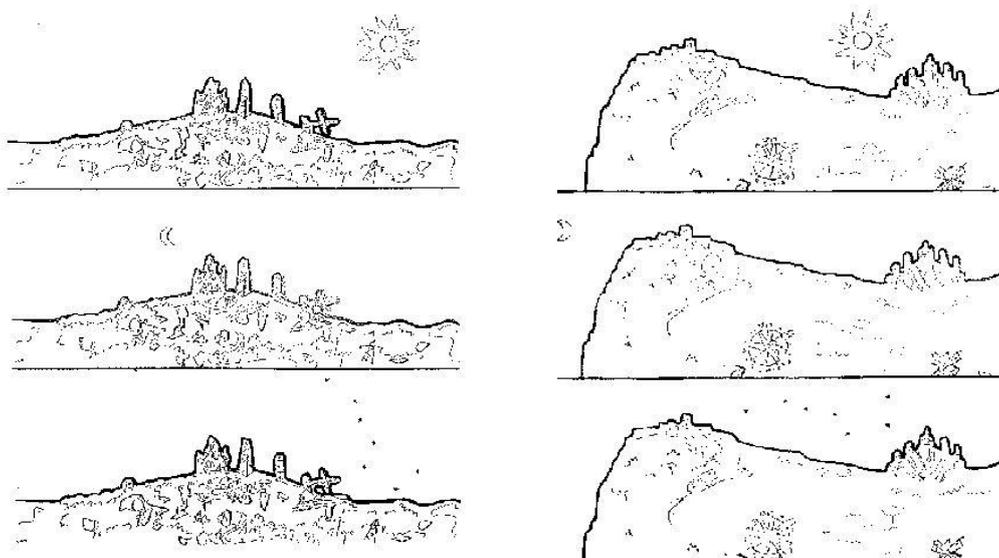


Рис. 27а. Северо-восточный горизонт Барселоны

Рис. 27b. Юго-западный горизонт Барселоны

Стоит отметить, что эта модель полезна при объяснении местного положения небесной сферы в течение дня и ночи. Она действительно помогает лучше понять движение Солнца (и других ближайших объектов Солнечной системы). Используя предложенную модель, ученики поймут, что яркая звезда в полярной стороне не может быть планетой.

Хорошей инвестицией в будущее станет крупномасштабная модель. В этом случае, ученики и даже взрослые смогут зайти в нее и проверить положение Солнца по отношению к экватору и параллелям, которые соответствуют первому дню летнего и зимнего солнцестояния (рис 28а). Некоторые научные музеи уже построили себе модель такого типа (рис. 28b).



Рис. 28а. Модель учеников начальной школы



Рис. 28b. Крупномасштабная модель в Научном парке в Гранаде

Поработав с этой моделью, ученики открывают для себя вещи, которые раньше не могли представить. Например, становится очевидно, что восход и закат Солнца не перпендикулярны горизонту, только если вы не находитесь на экваторе.

Список литературы

- Alemany, C., Ros, R.M., *Parallel Earth*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, EU-UNAWA, Barcelona, 2012
- Lanciano, N., *Strumenti per i giardino del cielo*, Edizioni junior, Spaggiari Eds, Roma, 2016
- Ros, R.M., *De l'intérieur et de l'extérieur*, Les Cahiers Clairaut, 95, p.1-5, Orsay, 2001.
- Ros, R.M., *Laboratorio de Astronomía*, Tribuna de Astronomía, 154, p.18-29, 1998.
- Ros, R.M., *Sunrise and sunset positions change every day*, Proceedings of 6th EAAE International Summer School, 177, 188, Barcelona, 2002.
- Ros, R.M., Capell, A., Colom, J., *El planisferio y 40 actividades más*, Antares, Barcelona, 2005.
- Ros, R.M., Lanciano, N., *El horizonte en la Astronomía*, *Astronomía Astrofotografía y Astronáutica*, 76, p.12-20, 1995.