

Звездный, солнечный и лунный демонстратор

Роза М. Рос (Rosa M. Ros), Фрэнсис Бертомью (Francis Berthomieu)

Международный астрономический союз, Политехнический университет Каталонии (Барселона, Испания), CLEA (Ницца, Франция)

Вступление

В этой работе представлен простой метод, как объяснить наблюдаемые из разных точек Земли движения звезд, Солнца и Луны. В результате мы сконструируем простую модель, которая позволит продемонстрировать наблюдения за их передвижением на различных географических широтах.

Цели

- Понять видимое движение звезд на разных географических широтах.
- Понять видимое движение Солнца на разных географических широтах.
- Понять движение Луны и смену ее фаз на разных географических широтах.

Необходимость демонстратора

Не легко объяснить, как происходят видимые движения Солнца, Луны и звезд так, чтобы ученики могли это представить. Они знают, что каждый день Солнце встает и садится, но очень удивляются, когда узнают, что каждый день оно встает и садится в разных точках. Или, что солнечная траектория меняется в зависимости от географической широты места. Демонстратор просто и наглядно объяснит феномен полуночного Солнца и проход Солнцем зенита. И особенно, демонстратор будет полезен при объяснении движения на различных географических широтах.

Легко запомнить, как выглядит каждое созвездие, выучив миф о нем и запомнив геометрические правила по его нахождению на небе. Но это работает только тогда, когда вы находитесь в одном и том же месте на Земле. Из-за движения Небесной сферы, наблюдатель, который живет около Северного полюса, может видеть все звезды Северного полушария. А тот, кто живет около Южного полюса – все звезды Южного полушария. А что видит наблюдатель, который живет на другой широте?

Звездный демонстратор: почему есть невосходящие звезды?

Ситуация усложняется, когда наблюдатель живет в зоне, которая не находится на одном из двух полюсов. На деле, это более частая ситуация для большинства наблюдателей. В этом случае, звезды делятся на три категории в зависимости от их видимости (для каждой широты): незаходящие звезды, восходящие и заходящие звезды, невосходящие звезды (рис. 1). Мы все когда-то испытывали удивление, обнаружив, что человек живущий в Северном полушарии, может видеть некоторые звезды Южного полушария. Это похоже на удивление, вызванное феноменом полуденного Солнца.

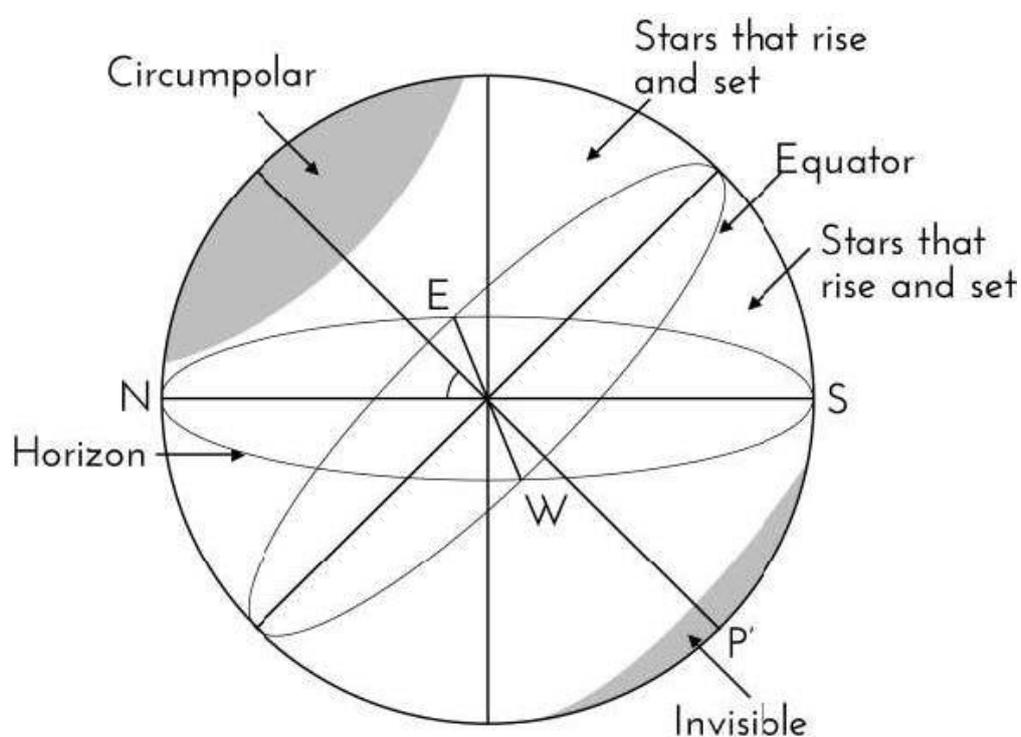


Рис. 1. Три разных типа звезд (видимость с определенной широты): незаходящие (circumpolar), восходящие и заходящие звезды (stars that rise and set) и невосходящие звезды (invisible stars).

Зависит от возраста, но все же большинство учеников способны легко понять, какие звезды являются незаходящими для города, в котором они живут. И гораздо сложнее представить, какие звезды будут незаходящими для других мест на Земле. Если мы попросим их определить, к какому типу звезд относится, например, Сириус, если смотреть на него из Буэнос Айреса, то им сложно будет ответить. Поэтому мы и будем использовать звездный демонстратор, чтобы изучить видимое движение разных звезд в зависимости от широты, на которой находится наблюдатель.

Главная цель демонстратора

Основная цель - определить, какие созвездия являются незаходящими, какие восходящими и заходящими, а какие невосходящими для определенных широт. Если мы наблюдаем за звездами на 45° с. ш., то очевидно, что мы будем видеть много звезд Южного полушария, которые будут восходить и заходить каждую ночь (рис. 1).

В нашем случае демонстратор должен включать созвездия с разными склонениями (прямое восхождение не так важно на данной стадии). Будет очень хорошо, если использовать уже знакомые ученикам созвездия. Пусть у них будет разное прямое восхождение, тогда они будут видимы в течение разных месяцев в году (рис. 2).

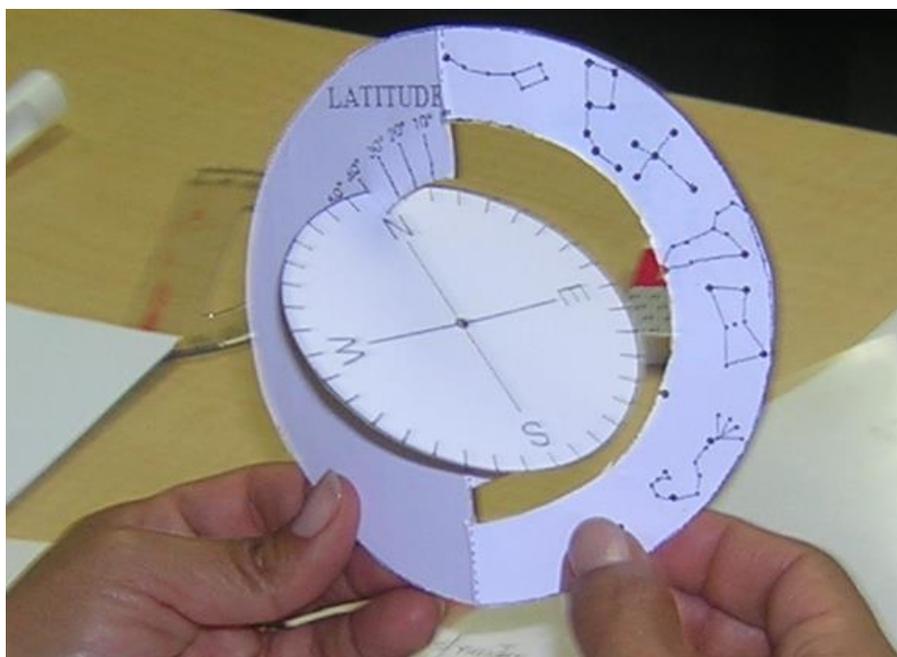


Рис. 2. Использование демонстратора: это пример демонстратора для Северного полушария. Обозначены созвездия из Таблицы 1.

Когда выбираем созвездие, которое будем рисовать, нужно обозначать только яркие звезды, чтобы созвездие легко узнавалось и находилось. Не обязательно использовать созвездия, которые находятся на одном меридиане, лучше взять те, которые знакомы ученикам (Таблица 1). Если вам хочется иметь модель для каждого сезона, то вы можете сделать четыре разных демонстратора, по одному на каждый сезон вашего полушария. Вам нужно брать созвездия с разными склонениями, но у которых прямое восхождение между 21ч. и 3ч. для осени (весны), между 3ч. и 9ч. для зимы (лета), между 9ч. и 14ч. для весны (осени), между 14ч. и 21ч. для лета (зимы) в Северном (Южном) полушарии для вечернего неба.

<i>Созвездие</i>	<i>Максимальное склонение</i>	<i>Минимальное склонение</i>
Малая Медведица	+90°	+70°
Большая Медведица	+60°	+50°
Лебедь	+50°	+30°
Лев	+30°	+10°
Орион и Сириус	+10°	-10°
Скорпион	-20°	-50°
Южный Крест	-50°	-70°

Таблица 1. Созвездия, обозначенные на демонстраторе рис. 1.

Если мы решаем выбрать созвездия только для одного сезона, то могут возникнуть трудности при выборе созвездий между, например, 90° с.ш. и 60° с.ш., другое между 60° с.ш. и 40° с.ш., еще одно между 40° с.ш. и 20° с.ш., и еще одно между 20° с.ш. и 20° ю.ш., и так далее без повторений достигнуть 90° ю.ш. Если мы также хотим выбрать созвездия, которые хорошо известны ученикам, с небольшим количеством ярких звезд, которые достаточно большие, чтобы покрыть весь меридиан, то нам будет сложно достигнуть нашей цели. Так как большие, известные и яркие созвездия не покрывают все небо в течение года, то проще будет сделать один демонстратор на весь год.

Создание демонстратора

Чтобы получить прочный демонстратор (рис. 3а и 3б), нужно склеить две части картона перед вырезанием (рис. 4 и 5). Хорошей идеей будет сделать демонстратор для учителя в два раза большего размера.



Рис. 3а и 3б. Делаем звездный демонстратор

Ниже даны инструкции по созданию звездного демонстратора.

Демонстратор для Северного полушария:

- a) Распечатайте рисунки 4 и 5 на картоне.
- b) Вырежьте их по внешним линиям (рис. 4 и 5).
- c) Вырежьте черные области внутри основной части (рис. 4).
- d) Согните основную часть (рис. 4) вдоль пунктирной линии. Посгибайте ее несколько раз, тогда демонстратор будет удобнее в использовании.
- e) Сделайте небольшой надрез на диске горизонта (рис. 5) над “N” (обозначающей Север). Надрез должен быть такой ширины, чтобы вмещал толщину картона.
- f) Приклейте северо-восточный квадрант диска горизонта (рис. 5) на серый квадрант основной части (рис. 4). Очень важно, чтобы прямая линия Север-Юг, продолжала пунктирную линию основной части. Так же, “W” (Запад) на диске горизонта должен совпадать с широтой 90°.
- g) Когда вы прикрепите диск горизонта к основной части, убедитесь, что они встанут перпендикулярно.
- h) Очень важно приклеивать разные части аккуратно, чтобы получить максимальную точность.

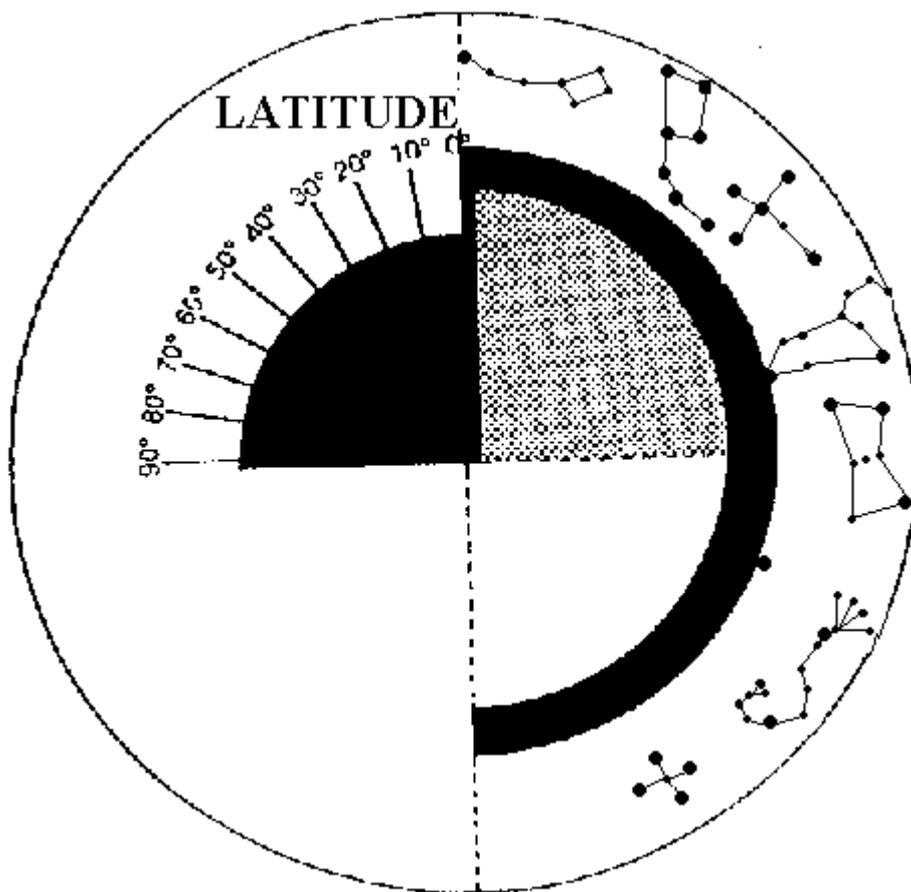


Рис. 4. Основная часть звездного демонстратора для Северного полушария

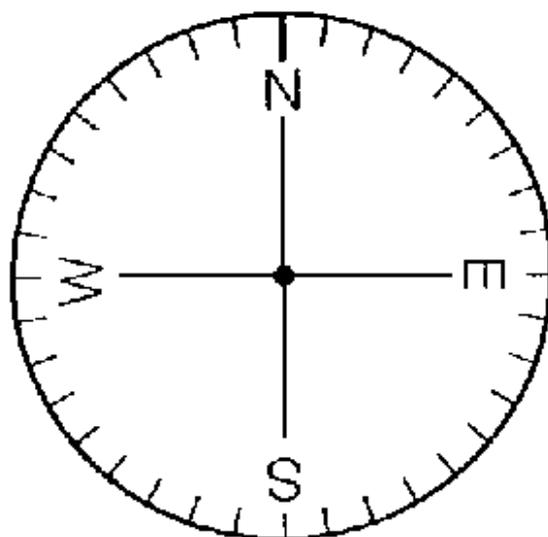


Рис. 5. Диск горизонта

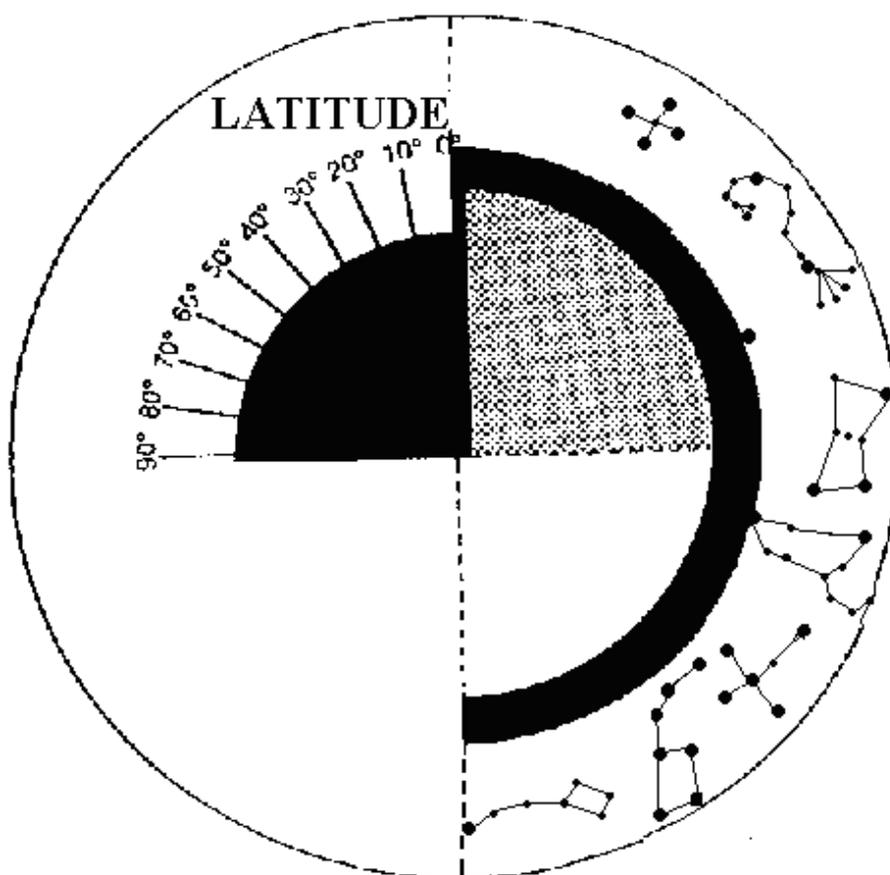


Рис. 6. Основная часть звездного демонстратора для Южного полушария

Демонстратор для Южного полушария:

- a) Распечатайте рисунки 5 и 6 на картоне.
- b) Вырежьте их по внешним линиям (рис. 5 и 6).
- c) Вырежьте черные области внутри основной части (рис. 6).
- d) Согните основную часть (рис. 6) вдоль пунктирной линии. Посгибайте ее несколько раз, тогда демонстратор будет удобнее в использовании.
- e) Сделайте небольшой надрез на диске горизонта (рис. 5) над “S” (обозначающей Юг). Надрез должен быть такой ширины, чтобы вмещал толщину картона.
- f) Приклейте юго-западный квадрант диска горизонта (рис. 5) на серый квадрант основной части (рис. 6). Очень важно, чтобы прямая линия Север-Юг, продолжала пунктирную линию основной части. Так же, “E” (Восток) на диске горизонта должен совпадать с широтой 90° .
- g) Когда вы прикрепите диск горизонта к основной части, убедитесь, что они встают перпендикулярно.
- h) Очень важно приклеивать разные части аккуратно, чтобы получить максимальную точность.

Выберите, какой звездный демонстратор вы хотите сделать, в зависимости от места, где вы живете. Вы также можете сделать демонстратор, выбрав созвездия по вашим критериям.

Например, вы можете включить созвездия, видимые только во время одного сезона, или одного месяца и т.д. Для этого, вам нужно взять только те созвездия, которые имеют прямое восхождение между двумя определенными значениями. Затем нарисовать эти созвездия со значением их склонения на рис. 7. Имейте ввиду, что каждый сектор соответствует 10° .

Применение демонстратора

Чтобы начать использовать демонстратор, вам нужно выставить широту места для вашего обозрения. Мы можем совершать воображаемые путешествия по поверхности Земли используя возможности демонстратора.

Левой рукой держите основную часть демонстратора (рис. 4 или 6) за светлую область (ниже квадранта с обозначенными широтами). Выберите широту и передвиньте диск горизонта, чтобы он показывал на нее. Правой рукой двигайте арку с созвездиями слева направо несколько раз.

Вы можете наблюдать, какие созвездия всегда находятся над горизонтом (незаходящие), какие созвездия восходят и заходят, и какие из них всегда ниже горизонта (невосходящие)

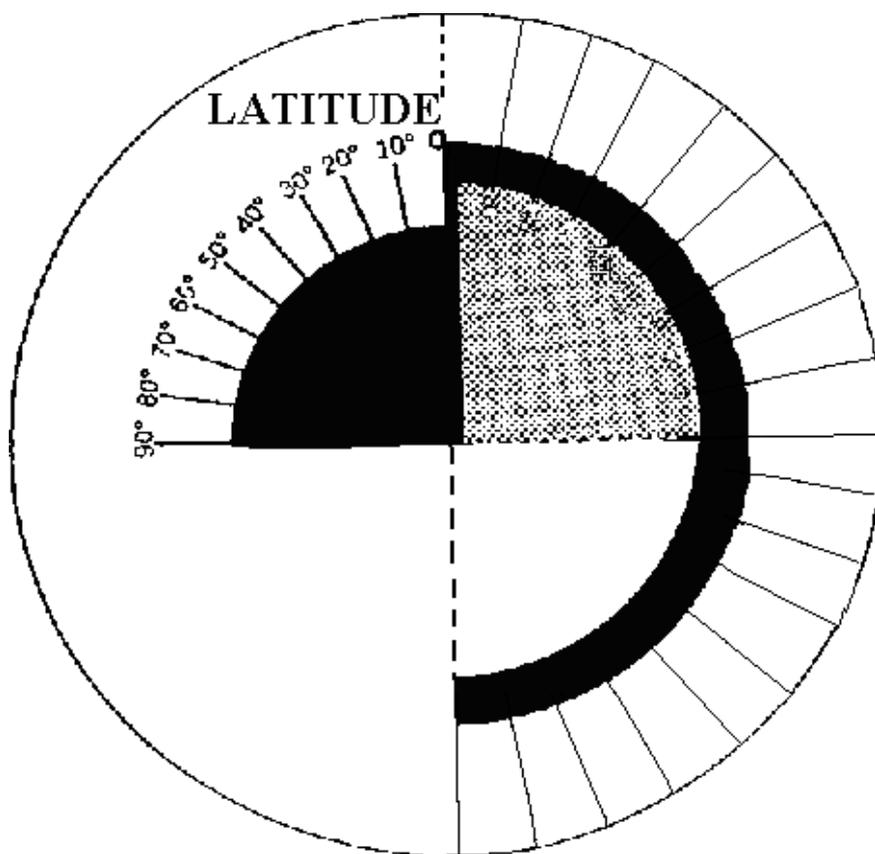


Рис. 7. Основная часть звездного демонстратора для Северного или Южного полушария

- *Склонение звездных троп относительно горизонта*

С помощью демонстратора очень легко наблюдать, как в зависимости от широты меняется угол звездных троп относительно горизонта (рис. 8, 9 и 10).

Если наблюдатель живет на экваторе (широта 0°), этот угол будет 90° . С другой стороны, если наблюдатель живет на Северном или Южном полюсе (90° с.ш. или 90° ю.ш.) звездная тропа будет параллельна горизонту. В общем, если наблюдатель живет в городе с широтой L , то склонение звездной тропы относительно горизонта будет 90° минус L каждый день.

Мы можем убедиться в этом, посмотрев на рис. 8, 9 и 10. Фотография (рис. 8а) была сделана в Лапландии (Финляндия). Фотография (рис. 9а) – в Монсени (около Барселоны, Испания), и фотография (рис. 10а) – в Сан-Луис-Потоси (Мексика). Лапландия находится на широте выше, чем Барселона и Сан-Луис-Потоси, поэтому склонение звездных троп меньше.

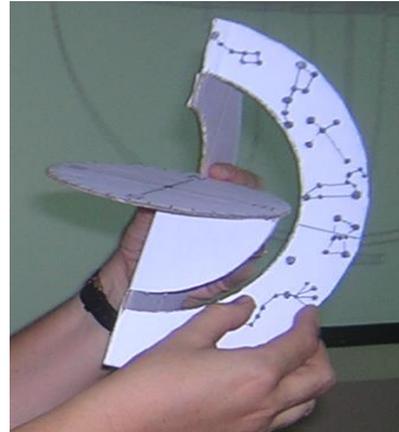


Рис. 8а и 8б. Заход звезд в Энонтекиё в Лапландии 68° с.ш. (Финляндия). Угол троп звезд относительно горизонта равен 90° минус широта. Заметьте, что звездные тропы короче, чем на следующем фото, т.к. из-за северного сияния время выдержки приходится сокращать. (Фото: Ирма Ханнула /Irma Hannula/, Финляндия).

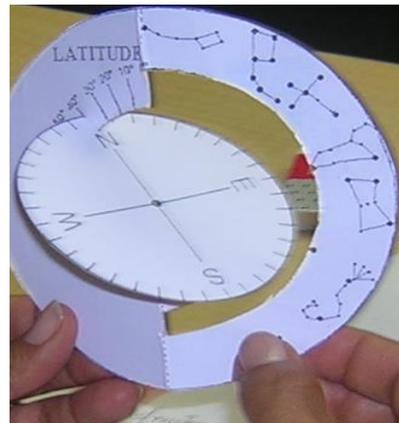


Рис. 9а и 9б. Восход звезд, Монсень, 41° с.ш. (около Барселоны, Испания). Угол звездных троп относительно горизонта составляет 90° минус широта. (Фото: Роза М. Рос, Испания).

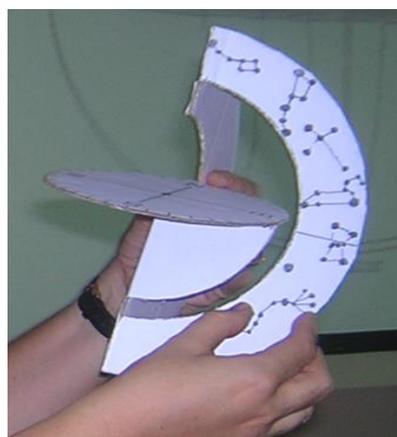


Рис. 10а и 10б. Следы звезд проходят около западной точки в Матеуала (Мексика), 23° с.ш., угол траектории звезд и горизонта составляет 90° минус широта (дополнение географической широты). (Фото: Луиз Джей дэ ла Круз /Luis J de la Cruz/, Мексика).

Используя демонстратор таким способом, ученики могут выполнять разные действия, описанные ниже.

- 1) Если они выберут 90° с.ш., то наблюдатель будет находиться на Северном полюсе. И мы увидим, что все созвездия Северного полушария незаходящие. Все созвездия Южного полушария невосходящие и нет созвездий, которые были восходящими и заходящими.
- 2) Если широта 0° , то наблюдатель находится на экваторе, и мы можем увидеть, что все созвездия здесь восходящие и заходящие. Нет ни одного незаходящего или невосходящего.
- 3) На широте 20° (с.ш. или ю.ш.), меньше незаходящих созвездий, чем на широте 40° (с.ш. или ю.ш. соответственно). Но гораздо больше восходящих и заходящих звезд на широте 20° , чем на широте 40° .
- 4) На широте 60° (с.ш. или ю.ш.) много незаходящих и невосходящих созвездий. А количество восходящих и заходящих созвездий меньше, чем на широте 40° (с.ш. или ю.ш. соответственно).

Солнечный демонстратор: почему Солнце не восходит в одной и той же точке каждый день

Очень легко объяснить наблюдаемые с Земли движения Солнца. Ученики знают, что Солнце садится и встает каждый день, но они очень удивляются, когда узнают, что оно день за днем садится и встает из разных точек. Также интересно обратить внимание учеников на различные траектории Солнца в зависимости от широты. Может вызвать сложности объяснение феномена полуночного Солнца или прохода Солнца по зениту. Особенно полезен симулятор может быть для понимания параллактического смещения и при объяснении разности широт.

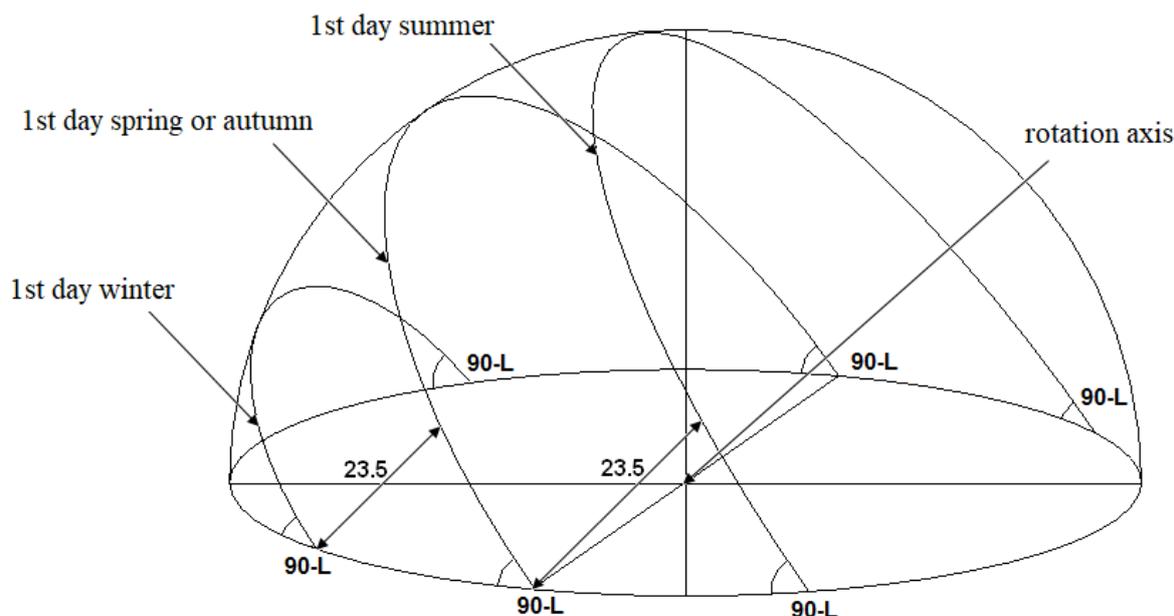


Рис. 11. Три разных траектории Солнца. Первый день весны или осени (1st day of spring or autumn). Первый день лета (1st day of summer). И первый день зимы (1st day of winter).

Создание демонстратора

Чтобы сделать солнечный демонстратор, нужно учитывать склонение Солнца, которое меняется каждый день. Также, нам нужно включить изменения экваториальных координат Солнца в соответствии с сезоном. В первый день весны и осени его склонение 0° , и Солнце движется вдоль экватора. В первый день лета (зимы в Южном полушарии) склонение Солнца $+23.5^\circ$, а в первый день зимы (лета в Южном полушарии) склонение -23.5° (рис. 11). Мы должны быть способны менять эти показатели на модели, если мы хотим изучать траекторию Солнца.

Чтобы получить прочный демонстратор (рис. 12а и 12b), нужно склеить две части картона перед вырезанием. Хорошей идеей будет сделать демонстратор для учителя в два раза большего размера.

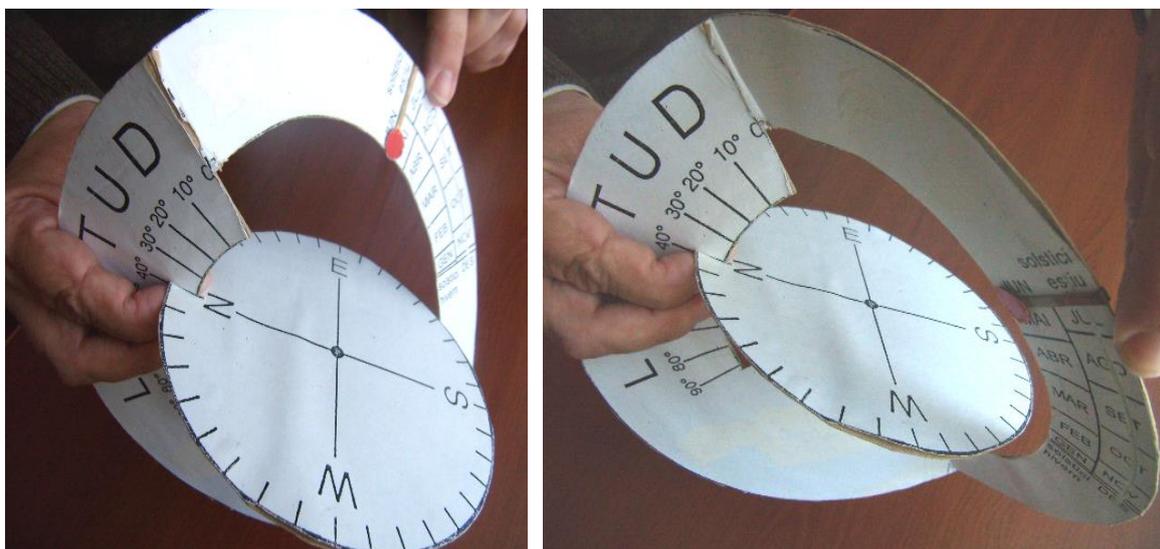


Рис. 12а и 12b. Солнечный демонстратор для Северного полушария на широте $+40^\circ$.

Ниже дана инструкция по изготовлению.

Демонстратор для Северного полушария

- Распечатайте рисунки 13 и 14 на картоне.
- Вырежьте их по внешним линиям (рис. 13 и 14).
- Вырежьте черные области внутри основной части (рис. 13).
- Согните основную часть (рис. 13) вдоль пунктирной линии. Посгибайте ее несколько раз, тогда демонстратор будет удобнее в использовании.
- Сделайте небольшой надрез на диске горизонта (рис. 14) над “N” (обозначающей Север). Надрез должен быть такой толщины, чтобы вмещал толщину картона.
- Приклейте северо-восточный квадрант диска горизонта (рис. 14) на серый квадрант основной части (рис. 13). Очень важно, чтобы прямая линия Север-Юг, продолжала

пунктирную линию основной части. Так же, “W” (Запад) на диске горизонта должен совпадать с широтой 90° .

- g) Когда вы прикрепите диск горизонта к основной части, убедитесь, что они встают перпендикулярно.
- h) Очень важно приклеивать разные части аккуратно, чтобы получить максимальную точность.
- i) Для того, чтобы на демонстраторе появилось Солнце, нарисуйте красный круг на бумаге. Вырежьте его и вложите между двумя полосками узкого прозрачного скотча. Поместите эту прозрачную полоску с красным кругом на подвижную арку основной части. Идея в том, чтобы красный круг, обозначающий Солнце, легко передвигался вверх и вниз вдоль разметок, чтобы размещать Солнце в нужном месяце.

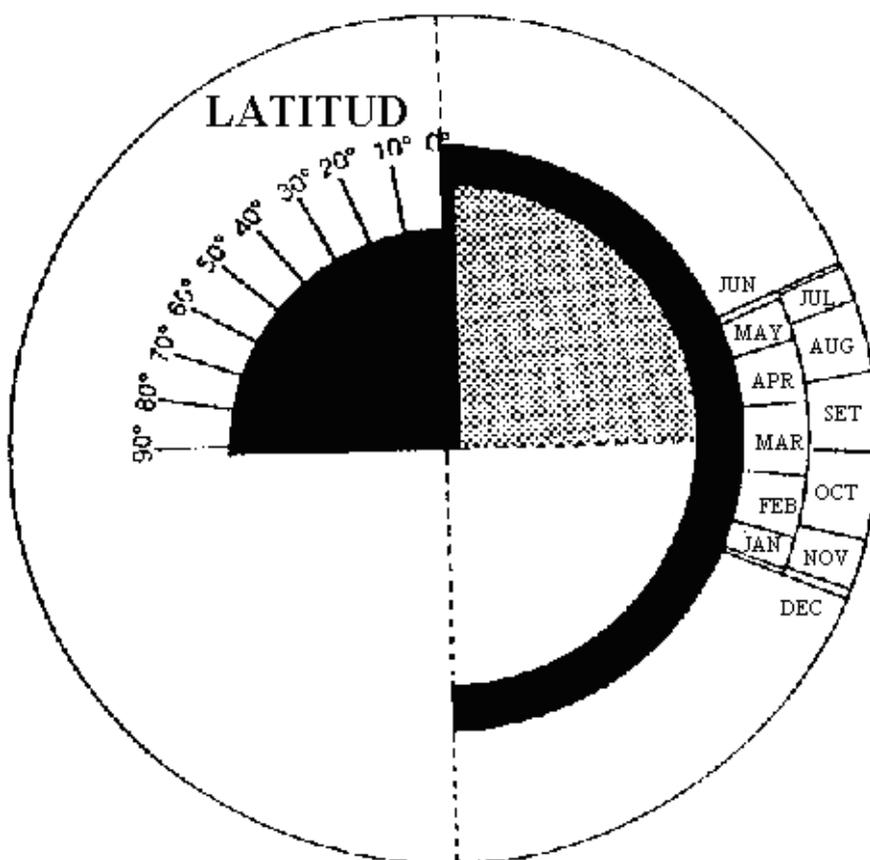


Рис. 13. Основная часть солнечного демонстратора Северного полушария

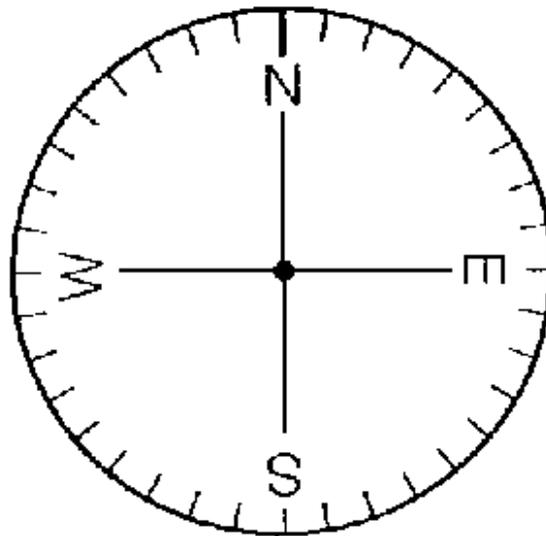


Рис. 14. Диск горизонта

Чтобы сделать солнечный демонстратор Южного полушария нужно следовать этой же инструкции, заменив рис. 13 на рис. 15.

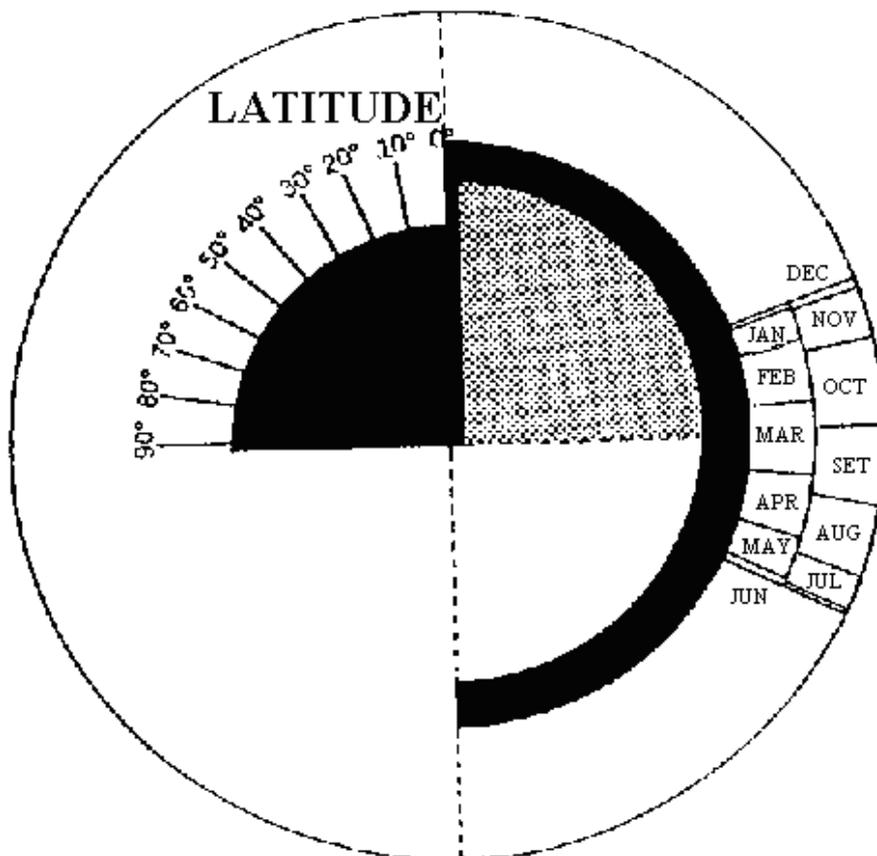


Рис. 15. Основная часть солнечного демонстратора Южного полушария

Демонстратор для Южного полушария:

- a) Распечатайте рисунки 14 и 15 на картоне.
- b) Вырежьте их по внешним линиям (рис. 14 и 15).
- c) Вырежьте черные области внутри основной части (рис. 15).
- d) Согните основную часть (рис. 15) вдоль пунктирной линии. Посгибайте ее несколько раз, тогда демонстратор будет удобнее в использовании.
- e) Сделайте небольшой надрез на диске горизонта (рис. 14) над “S” (обозначающей Юг). Надрез должен быть такой ширины, чтобы вмещал толщину картона.
- f) Приклейте юго-западный квадрант диска горизонта (рис. 14) на серый квадрант основной части (рис. 15). Очень важно, чтобы прямая линия Север-Юг, продолжала пунктирную линию основной части. Так же, “E” (Восток) на диске горизонта должен совпадать с широтой 90° .
- g) Когда вы прикрепите диск горизонта (рис. 14) к основной части, убедитесь, что они встают перпендикулярно.
- h) Очень важно приклеивать разные части аккуратно, чтобы получить максимальную точность.
- i) Для того, чтобы на демонстраторе появилось Солнце, нарисуйте красный круг на бумаге. Вырежьте его и вложите между двумя полосками узкого прозрачного скотча. Поместите эту прозрачную полоску с красным кругом на подвижную арку основной части. Идея в том, чтобы красный круг, обозначающий Солнце, легко передвигался вверх и вниз вдоль разметок, чтобы размещать Солнце в нужном месяце.

Использование солнечного демонстратора

Сначала нужно выбрать широту. С помощью демонстратора мы также можем совершать воображаемые путешествия по земной поверхности.

Мы будем рассматривать три области:

1. Средние широты в Северном или Южном полушарии
2. Полярные области (высокие широты)
3. Экваториальная область (низкие широты)

1. – Нахождение в средних широтах в Северном или Южном полушарии: СЕЗОНЫ**• Угол тропы Солнца относительно горизонта**

Используя демонстратор, легко убедиться, что угол тропы Солнца относительно горизонта зависит от широты. Если наблюдатель живет на экваторе (широта 0°), то угол составляет 90° . Если наблюдатель живет на Северном или Южном полюсе (широта 90° с.ш. или 90° ю.ш.), то тропы Солнца параллельна горизонту. В целом, если наблюдатель живет в городе с широтой L , то наклон тропы Солнца относительно горизонта будет 90° минус L каждый день. Мы можем убедиться в этом, посмотрев на рис. 16а и 16б. Фотография на рис. 16а была сделана в Лапландии (Финляндия), а на рис. 17а – в Гандии (Испания). Лапландия находится на более высокой широте, чем Гандия, поэтому наклон тропы Солнца меньше. Фотография на рис. 18а была сделана в

Ладрильерос (Колумбия) на широте 4° и соответственно наклон тропы Солнца почти перпендикулярен горизонту, 86° .

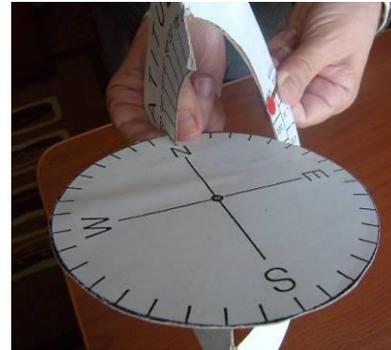


Рис. 16а и 16б. Восход Солнца в Энонтекиё в Лапландии (Финляндия). Угол тропы Солнца относительно горизонта равен 90° минус значение широты (дополнение широты). (Фото: Сакари Экко /Sakari Ekko/, Финляндия).



Рис. 17а и 17б. Восход Солнца в Гандии (Испания) 41° с.ш. Угол солнечной тропы относительно горизонта равен 90° минус значение широты. (Фото: Роза М. Рос, Испания).

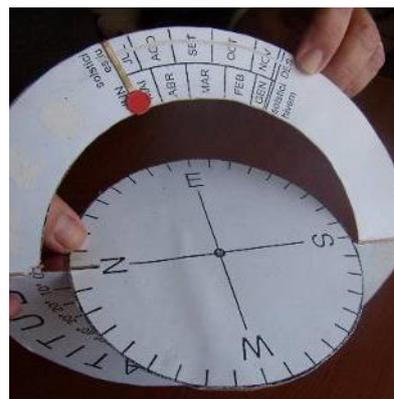


Рис. 18а и 18б. Восход Солнца в Ладрильерос (Колумбия), угол солнечной тропы относительно горизонта $90^\circ - 4^\circ = 86^\circ$. (Фото: Марио Соларте /Mario Solarte/, Колумбия).

• **Высота солнечной тропы в зависимости от сезона**

1а) Северное полушарие

Используя демонстратор для своего города (выбрав широту вашего города), очень легко убедиться, что высота Солнца над горизонтом меняется в зависимости от сезона.

Например, в первый день весны склонение Солнца 0° . Мы можем поставить Солнце на 21 марта. Затем мы передвигаем Солнце прямо вдоль экватора с Востока на Запад. И видим, что тропа Солнца проходит на определенной высоте над горизонтом.

На одной и той же широте мы повторяем эксперимент меняя дни. Когда мы передвигаем Солнце вдоль экватора в первый день лета, 21 июня (склонение Солнца $+23^\circ,5$), мы видим, что тропа Солнца выше, чем в первый день весны. И наконец, мы повторяем эти действия для первого дня зимы, 21 декабря (склонение Солнца $-23^\circ,5$). И видим, что в этом случае, тропа Солнца проходит ниже. В первый день осени склонение 0° , и солнечная тропа следует по экватору, как в первый день весны.

Конечно, если мы поменяем широту, то высота тропы Солнца изменится, но значение всегда максимальным будет в первый день лета и минимальным – в первый день зимы (рис. 19а и 19b).



Рис. 19а и 19b. Тропа Солнца летом и зимой в Норвегии. Очевидно, что летом Солнце выше, чем зимой. Вот почему летом больше солнечного света и дни длиннее.

1b) Южное полушарие

Используя демонстратор для своего города (выбрав широту вашего города), очень легко убедиться, что высота Солнца над горизонтом меняется в зависимости от сезона. Например, в первый день весны склонение Солнца 0° . Мы можем поставить Солнце на 23 сентября. Затем мы передвигаем Солнце прямо вдоль экватора с Востока на Запад. И видим, что тропа Солнца проходит на определенной высоте над горизонтом.

На одной и той же широте мы повторяем эксперимент меняя дни. Когда мы передвигаем Солнце вдоль экватора в первый день лета, 21 декабря (склонение Солнца $-23^\circ,5$), мы видим, что тропа Солнца выше, чем в первый день весны. И наконец, мы повторяем эти действия, не меняя широты, для первого дня зимы, 21 июня (склонение Солнца $+23^\circ,5$). И видим, что в этом случае, тропа Солнца проходит ниже. В первый день осени склонение 0° , и солнечная тропа следует по экватору, как в первый день весны.

Конечно, если мы поменяем широту, то высота тропы Солнца изменится, но даже тогда максимальное значение всегда будет в первый день лета и минимальное – в первый день зимы.

Примечание:

Летом, когда Солнце находится выше, то его лучи падают на Землю под более прямым углом. Из-за этого излучение концентрируется на небольшой территории, и погода теплее. В летнее время температура выше также из-за того, что Солнце светит дольше, чем зимой.

- ***Солнце восходит и заходит в разных местах каждый день***

В предыдущих экспериментах, если мы обратим внимание на место, откуда Солнце восходит и куда заходит, то мы заметим, что каждый день это не одно и то же место. В частности, если сравнивать положение Солнца в первый день одного сезона и в первый день последующего сезона, то расстояние между точками восхода (или заката) будет тем больше, чем выше широта (рис. 20а, 20б и 20с).



Рис. 20а



Рис. 20б



Рис. 20с

Рис. 20а, 20б и 20с. Закаты в Риге 57° (Латвия), Барселоне 41° (Испания) и Попаяне 2° (Колумбия) первый день каждого сезона (слева/зима, по центру/весна или осень, справа/лето). Закаты на центральных фотографиях находятся на одной линии. И таким образом легко увидеть, что летний и зимний закаты в Риге (самая высокая широта из представленных) находятся на большем расстоянии друг от друга, чем в Барселоне и, тем более, Попаяне. (Фотографии: Илгонис Вилкс /Ilgonis Vilks/, Латвия; Роза М. Рос /Rosa M. Ros/, Испания; и Хуан Карлос Мартинес /Juan Carlos Martínez/, Колумбия).

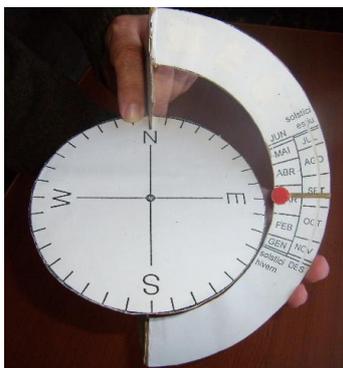


Рис. 21а. Рассветы в первый день весны или осени.

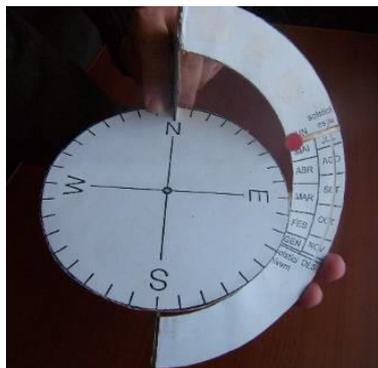


Рис. 21б. Рассветы в первый день лета.

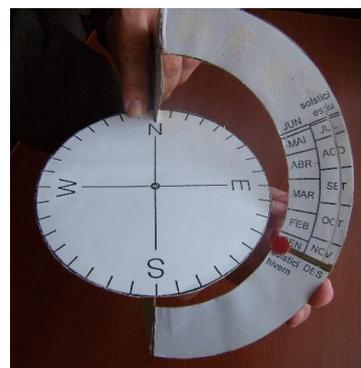


Рис. 21с. Рассветы в первый день зимы

Это очень просто смоделировать, используя демонстратор. Просто отметьте позицию Солнца в каждый сезон для разных широт, например, 60°, 40° и 0° (рис. 21а, 21б и 21с).

Фотографии на рис. 20а, 20б и 20с относятся к Северному полушарию. Но точно также происходит и в Южном полушарии (рис. 22а, 22б и 22с). Единственная разница, в порядке сезонов.



Рис. 22а



Рис. 20б

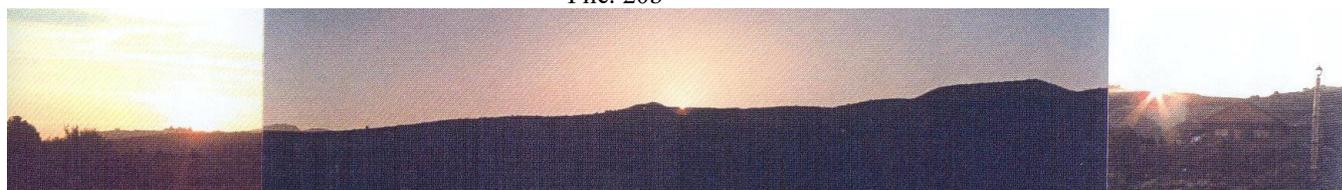


Рис. 22с

Рис. 22а, 22б и 22с. Закаты в Попаяне 2° (Колумбия), Ла-Пас -19° (Боливия) и Эскель -43° (Аргентина) первый день каждого сезона (слева/лето, по центру/весна или осень, справа/зима). Закаты на центральных фотографиях находятся на одной линии. И таким образом легко увидеть, что летний и зимний закаты в Эскеле (самая высокая широта из представленных) находятся на большем расстоянии друг от друга, чем в Ла-Пасе. (Фотографии: Хуан Карлос Мартинес /Juan Carlos Martínez/, Колумбия; Гонсало Перейра /Gonzalo Pereira/, Боливия; и Нестор Камино /Nestor Camino/, Аргентина).

Примечание:

Солнце не восходит точно на Востоке и не заходит ровно на Западе. Хотя это и распространенный стереотип, но он неверный. Это случается только два раза в год: в первый день весны и в первый день осени на всех широтах.

Другой интересный факт, заключается в том, что Солнце пересекает меридиан (воображаемую линию, идущую с Северного полюса к зениту и Южному полюсу) в полдень на всех широтах (по солнечному времени). Это может помочь при ориентировании.

2. – Полярные области: ПОЛУНОЧНОЕ СОЛНЦЕ

• *Полярное лето и полярная зима*

Если мы выставляем полярные широты на демонстраторе (90° с.ш. или 90° ю.ш. в зависимости от выбранного полюса), то есть три варианта. Когда склонение Солнца равно 0° , то оно движется вдоль горизонта, который также совпадает с экватором.

Если склонение совпадает с первым днем лета, Солнце движется параллельно горизонту. Фактически Солнце всегда движется параллельно горизонту начиная со второго дня весны и до последнего дня лета. Это означает, что полгода длится день. В первый день осени Солнце опять пересекает горизонт и движется вдоль него. Начиная со второго дня осени и до последнего дня зимы, Солнце движется вдоль горизонта, но ниже него. Вот и получается полгода ночь.

Конечно, выше приведенные примеры, это крайности. Есть северные широты, на которых солнечная тропа не параллельна горизонту. На этих широтах также нет закатов и рассветов, т.к. местная широта слишком высокая. В этих случаях мы наблюдаем то, что называется «полуночным Солнцем».

• *Полуночное Солнце*

Если на демонстраторе мы выберем широту 70° с.ш. (или 70° ю.ш. в зависимости от того, какое полушарие рассматриваем), мы можем смоделировать феномен полуночного Солнца. Если мы поставим Солнце на первый день лета, 21 июня, в Северном полушарии (или 21 декабря в Южном полушарии), то мы увидим, что Солнце не встает и не садится в этот день. Тропа Солнца направлена по касательной к горизонту, но никогда не пересекает его. Этот феномен называют полуночным Солнцем, потому что Солнце видно и в полночь (рис. 23а и 23б).



Рис. 23а и 23б. Тропа полуночного Солнца в Лапландии (Финляндия). Солнце достигает горизонта, но не садится, а начинает опять подниматься (Фотографии: Сакари Экко /Sakari Ekko/).

На полюсах (90° с.ш. или 90° ю.ш.) Солнце полгода находится над горизонтом и другую половину года находится ниже горизонта. Очень легко показать это на нашем демонстраторе (рис. 24а и 24б).

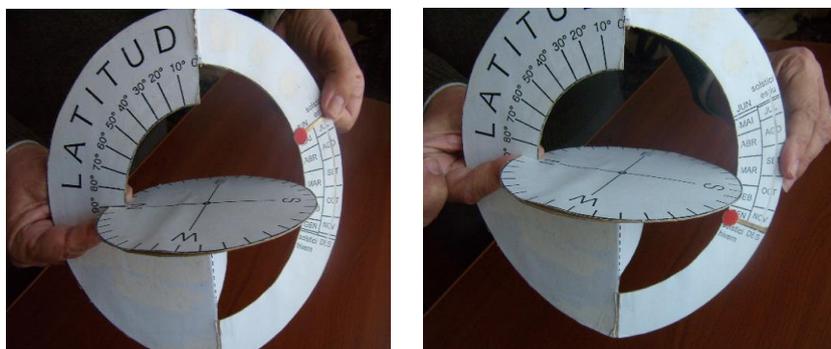


Рис. 24а и 24б. Демонстратор показывает Солнце полгода выше горизонта и полгода ниже.

3. – Экваториальная область: СОЛНЦЕ В ЗЕНИТЕ

- *Солнце в зените*

В экваториальных областях четыре сезона не такие явные. Солнечная тропика практически перпендикулярна горизонту и высота Солнца в течение всего года почти не меняется. Продолжительность дней тоже почти одинаковая (рис. 25а, 25б и 25с).

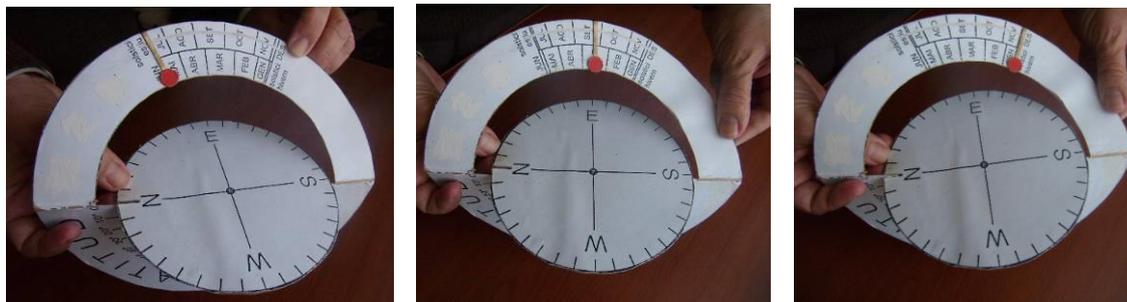


Рис. 25а, 25б и 25с. Восход Солнца в первый день каждого сезона: слева – первый день лета, по центру – первый день весны или осени, и справа – первый день зимы (в Северном полушарии). На экваторе тропика Солнца перпендикулярна горизонту. Солнце восходит примерно в одной и той же точке каждый сезон. Угловое расстояние между рассветами всего 23.5° (наклонение эклиптики). В более высоких широтах тропика Солнца имеет больший наклон и расстояние между тремя точками восхода больше (рис. 20а, 20б, 20с, 22а, 22б и 22с).

Более того в тропических странах есть несколько особенных дней: дни, когда Солнце проходит зенит. В эти дни солнечные лучи падают перпендикулярно к поверхности земли на экваторе. Из-за этого температура воздуха выше, и тени исчезают под ногами людей (рис. 26а). Т.к. этот феномен легко заметить, то в нескольких древних культурах эти дни считались особенными. Что сохраняется и по сей день. Фактически, для тех, кто живет на территории между тропиками Рака и Козерога, существует два дня в году, когда Солнце находится в зените. Мы можем показать этот феномен на нашем

демонстраторе. Также можно посчитать приблизительные даты, которые зависят от широты (рис 26b).

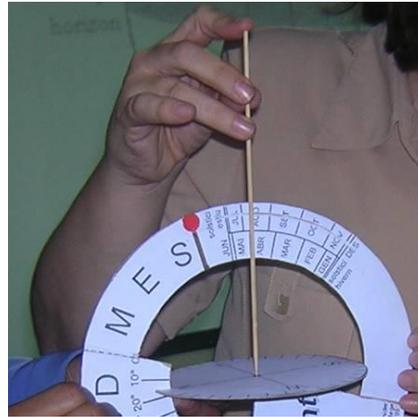


Рис. 26а. Маленькая тень (место около экватора, Солнце почти в зените). Рис. 26b. Имитация Солнца в зените в Гондурасе (15° с.ш.).

Например, если мы выбираем широту 15° с.ш. (рис 26b), то, используя демонстратор, мы можем примерно рассчитать, в какие дни Солнце здесь будет в зените в полдень. Нужно только поставить палочку перпендикулярно диску горизонта, как на рис. 26b, и мы увидим, что эти дни выпадают на конец апреля и середину августа.

Демонстраторы большого размера (XXL)

Конечно, демонстратор можно сделать и из другого материала, например, из дерева (рис. 27а). В этом случае, в качестве Солнца можно использовать какую-нибудь лампочку. Тогда с помощью фотоаппарата в режиме длинной выдержки можно визуализировать солнечную тропу (рис. 27с).

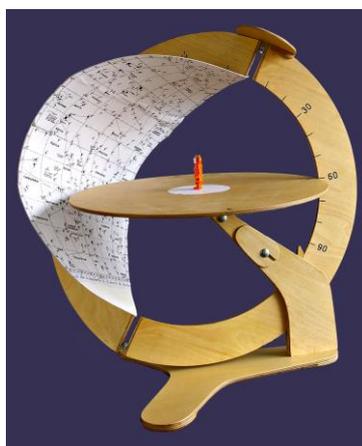


Рис. 27а. Большой (XXL) деревянный демонстратор. Рис 27b. Звездный деревянный демонстратор. Рис. 27с. С помощью фотоаппарата, используя длинную выдержку, можно снять солнечную тропу. (Фотографии: Сакари Экко /Sakari Ekko/).

Демонстратор для показа параллельной Земли.

Можно ввести в демонстратор шарик для пинг-понга и таким образом иметь возможность давать простые объяснения годового движения Солнца, как это делается с параллельной моделью Земли. Для этого вместо круга горизонта мы будем использовать шарик, похожий на шарик для пинг-понга, и изменим основную деталь, введя две опоры для удержания резинки, которая удерживает в натянутом состоянии центрированный шарик (рис. 28).

Мы просверлим шарик для пинг-понга или аналогичный, диаметрально оси вращения и прикрепим его к основной детали, как показано на рисунке 30.

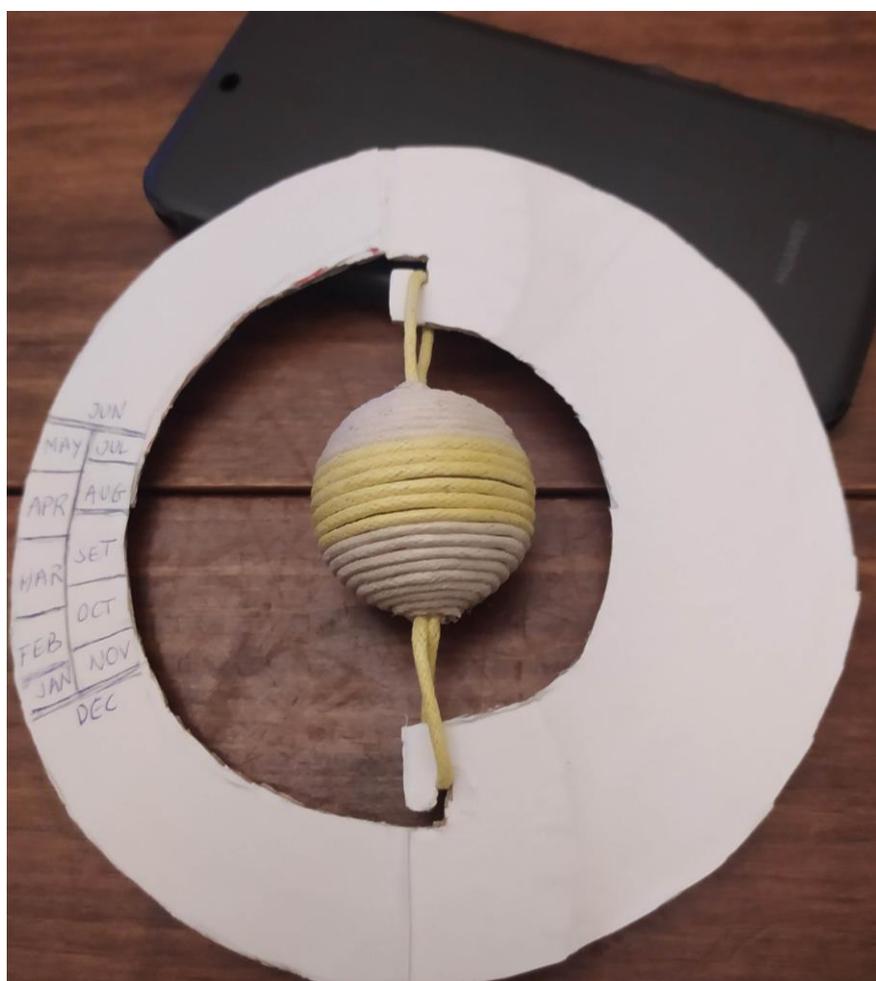


Рис. 28: Демонстратор с шаром для имитации параллельной Земли

В то же время круг широт подавлен, так как в данном случае он не представляет интереса, поскольку вся смоделированная земная сфера используется с помощью шарика для пинг-понга (рис. 29). Затем мы поместим фонарик или фонарик мобильного телефона в месяц, соответствующий положению Солнца (где указано склонение Солнца). Когда мы работаем в Южном полушарии, эта фигура аналогична с месяцами, расположенными в обратном порядке (рис. 30).

Поместив фонарь в положение летнего равноденствия, можно было наблюдать, что область северного полюса освещена, а южного - нет (рис. 31). С фонарем в положении равноденствий линия свет/тень проходит точно через северный и южный полюса (рис. 32). Наконец, поместив фонарь в день зимнего солнцестояния, можно наблюдать освещенную зону южного полюса и темную зону северного (рис. 33).

На самом деле, этот небольшой симулятор позволяет рисовать полярные круги Арктики и Антарктики как окружности, образованные краями зон света/тени.

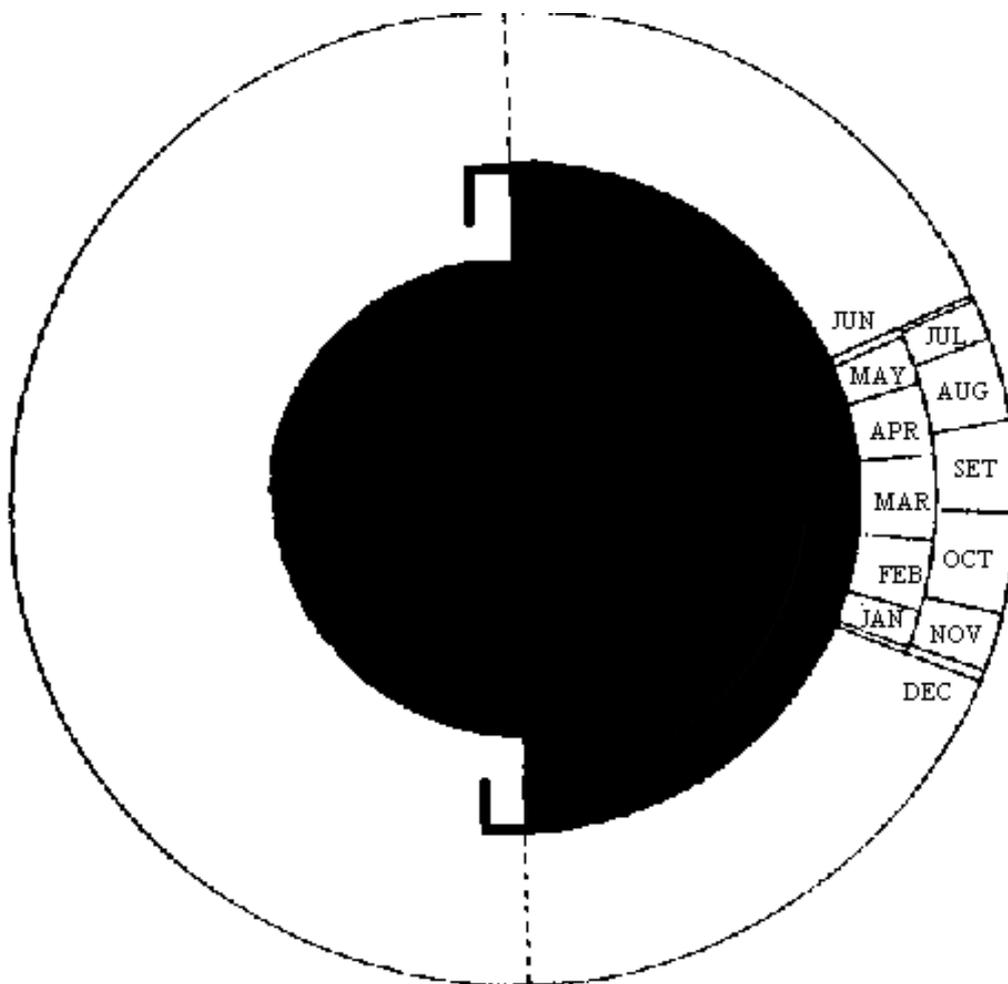


Рис. 29: Уникальная часть демонстратора, на которой закреплен шарик для пинг-понга, для Северного полушария. Необходимо наклеить эту фотокопию на немного толстый картон, чтобы хватило сил удержать шарик.

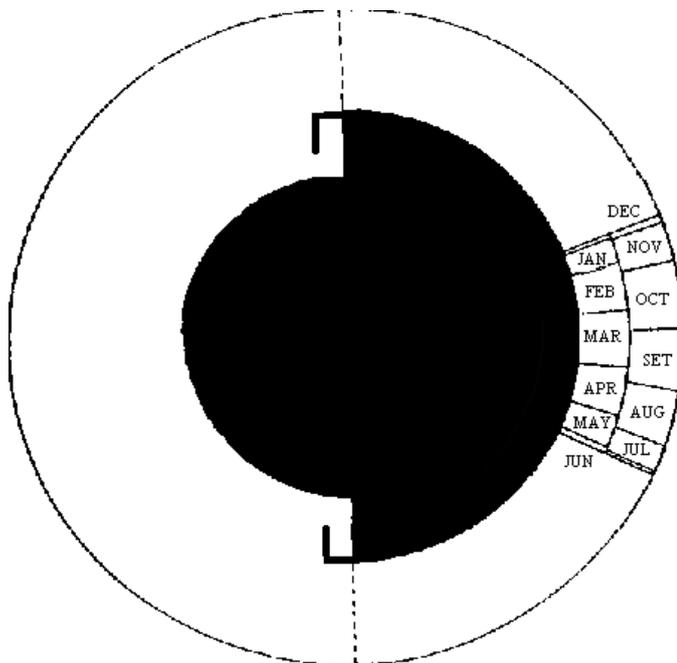


Рис. 30: Уникальная деталь тренажера, на которой закреплен шарик для пинг-понга, для южного полушария. Необходимо наклеить эту фотокопию на немного толстый картон, чтобы хватило сил удержать шарик.



Рис. 31: Лето в Северном полушарии и зима в Южном полушарии.

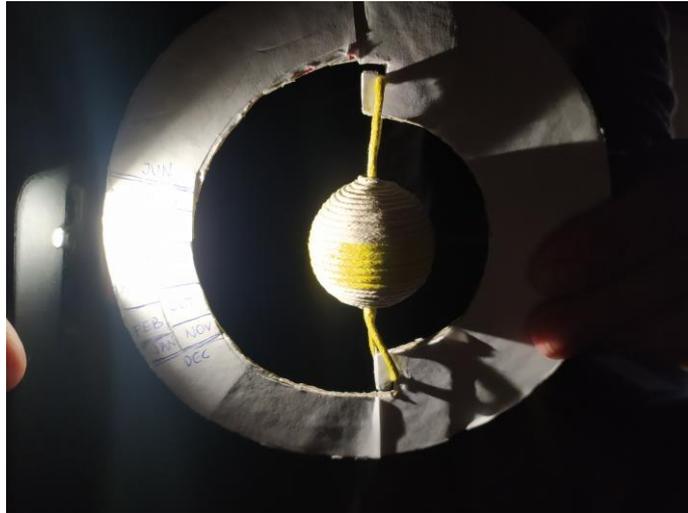


Рис. 32: Равноденствия в двух полушариях

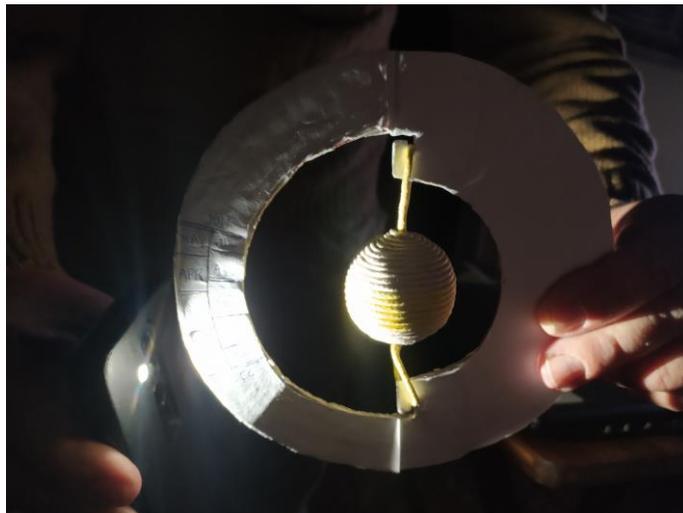


Рис. 33: Зима в Северном полушарии и лето в Южном полушарии.

Лунный демонстратор: почему в некоторых местах Луна улыбается?

Когда мы рассказываем ученикам про Луну, мы хотим, чтобы они поняли, почему у нее есть разные фазы. Также ученики должны понимать, почему и как происходят лунные затмения. Фазы Луны очень эффектное зрелище и его легко объяснить, используя мяч и лампу.

На рис. 28 представлены последовательные изменения Луны. Существует так называемое «правило большого пальца», согласно которому, растущая Луна (на англ. crescent) похожа по форме на «С». А убывающая Луна похожа на «D». Это правило подходит для жителей Южного полушария, но оно бесполезно для Северного полушария, поэтому говорят, что Луна «обманщица».

(Примечание: В России мы используем следующий метод для определения фазы Луны. Если слева от полумесяца приставить палец и получится буква «P», то Луна растущая. А если полумесяц похож на букву «C», то Луна стареющая, т.е. убывающая).

Наша модель будет имитировать фазы Луны (рис.29), и мы увидим, почему Луна становится похожа на «С» и «D». Очень часто мы наблюдаем Луну на горизонте, как показано на рис. 29. Хотя в зависимости от страны, Луна может быть наклонной «С» и наклонной «D» (рис. 30а), или даже может быть похожа на смайлик (улыбающуюся Луну, рис. 30б). Как это можно объяснить? Мы будем использовать лунный демонстратор, чтобы понять, как происходит изменение вида освещенной части Луны на разных широтах.



Рис. 34: Фазы Луны.



Рис. 35: Фазы Луны, наблюдаемые у горизонта.

Когда мы изучаем движение Луны, мы должны учитывать ее положение относительно Солнца (что является причиной смены фаз) и ее склонение (т.к. оно тоже меняется каждый день, быстрее чем у Солнца). Нам нужно сконструировать такой демонстратор, который позволит ученикам легко менять позицию Луны относительно Солнца и склонение, которое сильно отличается в течение месяца. Действительно, как видится с Земли на фоне звезд, Луна за месяц описывает траекторию довольно близкую к траектории Солнца за год по линии «эклиптики» (но с отклонением около 5° из-за наклона своей орбиты)

Луна находится в направлении Солнца, когда «новолуние». Когда «полнолуние», то она в противоположной точке эклиптики, и ее склонение противоположно склонению Солнца (в пределах 5° с. или ю.). Например, во время летнего солнцестояния в июне, «полная» Луна находится в месте, в котором находится Солнце во время зимнего солнцестояния в декабре; ее склонение отрицательное (между -18° и -29°). Суточное движение полной Луны в июне похоже на движение Солнца в декабре.

Если мы наблюдаем полумесяц, похожий на «D» в Северном полушарии (и похожий на «C» в Южном), то мы знаем, что Луна под углом 90° относительно Солнца. Тем не менее, это довольно «далеко» от Солнца по тропе эклиптики (разница около трех месяцев). В июне растущая Луна будет иметь склонение близкое к склонению Солнца в сентябре (0°). В сентябре, ее склонение будет близкое к склонению Солнца в декабре (-23.5°) и т.д.



Рис. 36а: Косой полумесяц, рис. 36б: Улыбающаяся Луна.

Делаем демонстратор

Лунный демонстратор делается таким же способом, как и солнечный. Как и раньше, нам понадобятся модели для Северного полушария и для Южного (рис. 13 и 14 для Северного полушария и рис. 13 и 15 для Южного полушария). Для учителя лучше сделать модель в два раза больше.

На солнечном демонстраторе вместо Солнца ставим имитацию убывающей Луны (в форме «С» для Северного полушария и в форме «D» для Южного). Имитацию Луны делаем в соответствии с ниже приведенной инструкцией.

Для того, чтобы разместить Луну на демонстраторе, вырежьте рис. 31b (лунная четверть) и обклейте ее двумя полосочками скотча с двух сторон (голубой полукруг). Разместите получившуюся прозрачную ленту на дугу демонстратора, где написаны месяцы (рис. 12 или 14 в зависимости от полушария). Задумка в том, что будет легко передвигать эту ленту вверх и вниз по дуге демонстратора, чтобы располагать в Луну в нужном месте.



Рис. 37а: Использование тренажера .



Рис 37б: Кварт де Луна

Использование лунного демонстратора

Для начала нужно выбрать широту. И мы совершим воображаемое путешествие по земной поверхности с помощью демонстратора.

Левой рукой держите основную часть демонстратора (рис 32а и 32b) за светлую область (ниже квадранта широт). Выберите широту, передвинув диск горизонта на нужное значение. Выберите день, для которого вы хотите имитировать движение убывающей Луны. Прибавьте к нему три месяца и разместите там Луну в четвертой фазе (рис. 31b). Календарный месяц, в котором окажется Луна, будет местом, куда Солнце придет через три месяца. Правой рукой передвигайте дугу демонстратора с Востока на Запад.

На демонстраторе Северного полушария, вы можете увидеть, что вид четвертой фазы Луны меняется в зависимости от широты и времени года. С позиции куклы, смотрящей на горизонт, убывающая, четвертая фаза Луны может видаться, как «С» или как «U».

- Если мы выберем широту примерно 70° с.ш. или 70° ю.ш., то, при передвижении дуги с Востока на Запад, увидим Луну, как «С». Время года не имеет значения. Во всех сезонах Луна выглядит, как «С» (рис. 32а).

- Если мы выберем 20° с.ш. или 20° ю.ш., когда наблюдатель находится близко к тропикам, то мы можем увидеть улыбающуюся Луну, в форме «U». Луна движется по линии более перпендикулярной (рис. 32b), чем в предыдущем примере. Форма улыбающейся Луны «U» не меняется с изменением месяца. Весь год она выглядит так.
- Если мы посмотрим с 90° с.ш. или 90° ю.ш., когда наблюдатель находится на полюсе, то в зависимости от выбранного дня:
 - мы будем видеть Луну в форме «С», идущую по тропе параллельно горизонту.
 - мы не будем видеть Луну совсем, т.к. ее траектория проходит ниже горизонта.
- Если широта будет 0° , то наблюдатель находится на экваторе, и мы видим, что Луна улыбается, как «U». Луна восходит и садится перпендикулярно горизонту. Она будет прятаться (в полдень) в форме «U», а возвращаться в форме «П».



Рис. 38а: Демонстратор для широты 70° северной широты,
Рис. 38b: широта 20° южной широты.

Для наблюдателя, который живет в средних широтах, Луна восходит и заходит под небольшим углом и поэтому в четвертой фазе ее форма будет между «С» и «U».

Выше описанные комментарии подходят и для Луны в форме «D». Только не нужно забывать скорректировать день для позиции Луны (в этом случае нам нужно будет вычесть три месяца от позиции Солнца).

- Если мы выставляем -70° (или 70° ю.ш.), мы увидим убывающую Луну, как «D», движущуюся в Востока на Запад. В независимости от времени года. В течение всего года Луна будем в форме «D» (рис. 32a).
- Если широта будет -20° (рис. 32b), то наблюдатель находится в тропиках, и Луна будет улыбающаяся, как «U», возможно с небольшим наклоном. Луна движется по траектории, перпендикулярной горизонту (рис. 32b) не так, как в предыдущем примере. Форма «U» не меняется с изменением месяца.
- Если широта - 90° , то наблюдатель находится на Южном полюсе и в зависимости от даты сможет увидеть:
 - Луну в форме «D», которая движется параллельно горизонту.
 - Не увидит Луну совсем, т.к. ее тропка проходит ниже линии горизонта.

• Если широта будет 0° , то наблюдатель находится на экваторе, как и в Северном полушарии, и увидит, что Луна улыбается, как «U». Луна восходит перпендикулярно горизонту, и она будет уходить (в полдень) в форме «U», а возвращаться в форме «П».

Для других наблюдателей, которые живут в средних широтах, восходящий и заходящий полумесяц будет видеться чем-то средним между "D" и "U", степень наклона будет зависеть от широты.

Эти комментарии будут подходить и для Луны в форме «C», опять же за вычетом трех месяцев из позиции Солнца.

«Благодарность: Автор хочет выразить благодарность Джозефу Снайдеру (Joseph Snider) за изобретение в 1992г. солнечного демонстратора, что вдохновило автора данной работы создать другие виды демонстраторов».

Список литературы

- Ros, R.M., *De l'intérieur et de l'extérieur*, Les Cahiers Clairaut, 95, 1, 5. Orsay, France, 2001.
- Рос. Р.М., *Изменение точек восхода и заката каждый день*, Записки 6-ой Международной Летней Школы (Европейской Ассоциации Астрономического Образования), 177, 188, Барселона, 2002.
- Рос. Р.М., *Два шага в движениях звезд: демонстратор и модель видимой небесной сферы*, Записки 5-ой Международной Летней Школы (Европейской Ассоциации Астрономического Образования), 181, 198, Барселона, 2001.
- Снайдер, Дж.Л., *Вселенная под рукой*, Тихоокеанское Астрономическое Общество, Сан-Франциско, 1995.
- Уэрленд В., *Решение задач с солнечным демонстратором*, Записки 4-ой Международной Летней Школы (Европейской Ассоциации Астрономического Образования), 117, 130, Барселона, 2000.