

ПЛАНЕТАРИЙ ГЕЛИОС



Содержание

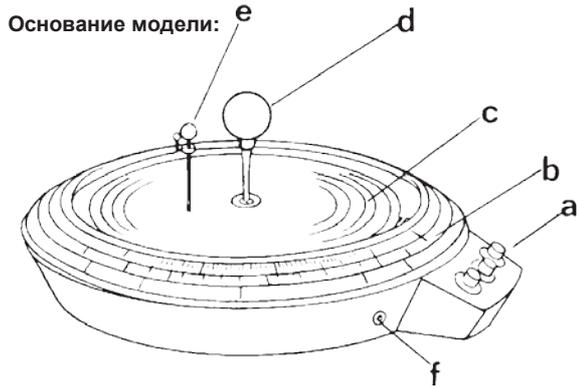
Части	3
Примечание о дополнительных инструментах.....	4
Как использовать планетарий Гелиос.....	5
Раздел первый – Модель Солнечной системы Гелиос	
Планеты и их орбиты	8
Луна и её фазы	10
Эклиптика.....	14
Время: солнечное, звёздное и Г.С.В.....	16
Раздел второй – Планетарий Гелиос и звёздный купол	
Эклиптика и зодиакальные созвездия	20
Планеты: что заставляет их двигаться.....	24
Использование планетария вне помещения ночью.....	29
Раздел третий – Полный планетарий Гелиос	
Полярная звезда и ноктурлабиум.....	32
Как видны звёзды с Земли	34
День и ночь	38
Времена года	41
Космический полёт.....	46
Приливы, их причины и узоры.....	48
Проекты	
1. Как сделать ноктурлабиум	55
2. Как сделать солнечные часы	57
3. Как сделать околополярную подвижную карту звёздного неба.....	59
Приложения	
1. Планетарная статистика	62
2. Положения планет до 2020.....	63
3. Положения ярких звёзд.....	68
4. Некоторые понятия	69
Глоссарий	71

Отпечатано Cochranes of Oxford Ltd, Leafield, Oxford, OX8 5NY, U.K.

Планетарий Гелиос

Раздел первый – Модель Солнечной системы

Описание частей



- (a) Панель управления
- (b) Системная переменная; градусы; календарь; Знаки Зодиака
- (c) Орбиты планет
- (d) Центральное крепление для Солнца
- (e) Устройство для крепления Земли/Луны
- (f) Гнездо контроллера мощности

Планеты:

- Меркурий белый
- Венера зеленый
- Марс красный
- Юпитер пурпурный
- Сатурн желтый



Луна

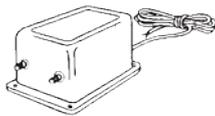


Устройство для размещения планет



Дополнительно

Регулятор мощности 220В 5 до 6В или 110В до 6В



Книга

ref.

1

2

3

4

5

6

Раздел второй - Модель Шелиос и Звёздный купол

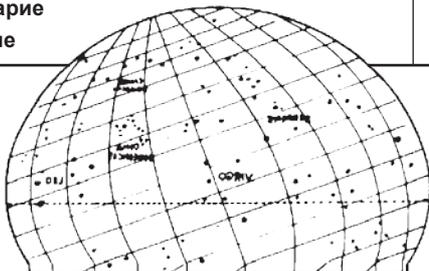
ref.

дополнительно

- Звездный купол
- Северное полушарие
- Южное полушарие

7

8



Раздел третий - Готовый планетарий Гелиос

дополнительно

ref.

Наклонная ось для земного шара



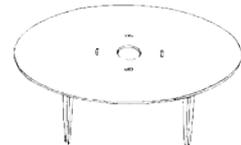
9

Земной шар



10

Платформа



11

Опорный конус со шкалой времени



12

Опорное кольцо Земного шара



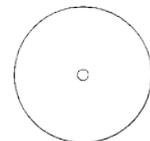
13

Фигурка человека и прутик



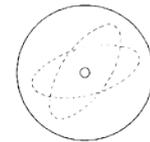
14

Чистый диск из органического стекла



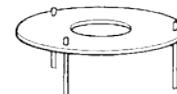
15

Прозрачная атмосфера с зондом Марса



16

Устойчивая платформа, три опоры и Луна



17

Примечание о дополнительных инструментах

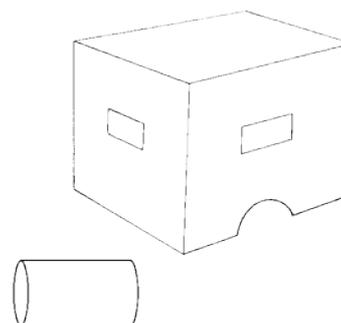
Планетарий Гелиос и вспомогательные предметы, поставляемые вместе с ним, - это все, что необходимо для большинства демонстраций, описанных в этой книге. Однако для некоторых экспериментов требуется дополнительное оборудование. Дополнительное оборудование не было включено в комплект планетария, иначе стоимость комплекта была бы слишком высокой:

1. такое оборудование, как правило, уже имеется в наличии; или
2. такое оборудование можно сделать самостоятельно. К

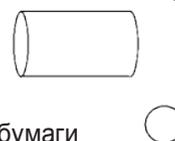
дополнительному оборудованию относится следующее:

Используемый в первом разделе – Планетарий Гелиос

Большая картонная коробочка, перевернутая вверх дном. Вырежьте четыре отверстия и «дверь».

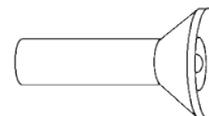


Короткая картонная трубка около 9 см (3.5 дюйма) и 32 мм (1.25 дюйма) в диаметре. Трубку возможно сделать из жесткой бумаги с темной внутренней поверхностью.



Мяч для настольного тенниса.

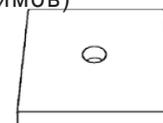
«Точечный» источник света. В идеале таким источником может стать лампа точечного излучения или плёночный картон, кинопроектор или диапроектор. Альтернативой может послужить мощный источник света с затемненным отражателем или лампочкой с углом наклона. Свет возможно удлинить за счет использования длинной картонной трубки или жесткой бумажной трубки длиной 30 см (12 дюймов) или длиннее, и 10 см (4 дюйма) в диаметре, затемненной внутри для уменьшения отражения света.



Используемые во втором разделе – Планетарий Гелиос со звёздным куполом

Предметы 19, 20, 21 выше плюс:-

Деревянная доска толщиной 25 мм (1 дюйм) площадью около 150 мм (6 дюймов). В центре доски должно быть просверлено отверстие диаметром 9.5 мм (3/8 дюйма) и глубиной около 12 мм (1/2 дюйма). Цель этой доски – поддержка земного шара на наклонной оси в момент, когда шар не используется для экспериментов (см. Тему 11, рис. 1). Поэтому отверстие должно удерживать винтовую резьбу на одном конце оси в неподвижном состоянии, так же убедитесь, что отверстие имеет достаточный диаметр во избежание повреждения резьбы.



Картонные диски. Диски должны иметь разные размеры, размер диска зависит от размера глобуса. Изображения дисков можно посмотреть в Теме 5, рис. 2, тема 11. Из куска картона вырезается отверстие таким образом, чтобы диаметр отверстия соответствовал диаметру планеты и диск плотно прилегал к ней.

Используемые в третьем разделе - Готовый планетарий Гелиос

Предметы 19, 21, 22, 24 выше плюс:-

Простой светлый мяч диаметром 21 см (8.25 дюйма) с гладкой поверхностью.

№

18

19

20

21

22

23

24

Как использовать планетарий Гелиос

Электрическая сеть и работа от батареек

Планетарий предназначен для использования как внутри помещений, так и в открытых условиях. При использовании внутри помещений удобно использовать регулятор мощности (5), батарейки используются при работе с планетарием на открытом воздухе.

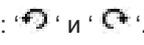
Контроллер питания оснащен 2-жильным электрическим кабелем с сетевой вилкой и 2-метровым кабелем низкого напряжения с разъемом для подключения к розетке на стороне основания планетария Гелиос.

Батарейки используются для работы планетария вне помещения (или в помещении, если электричество от сети не доступно). В основании предусмотрено место для батареек U2 1,5 В. Стрелки указывают на правильное размещение батареек. Рекомендуется использовать батарейки «большой мощности». Чтобы установить батарейки уберите планеты и переверните планетарий вверх дном, чтобы не повредить зафиксированный макет «Солнца» и устройство «Земля/Луна». Кольца планет убирать не нужно.

ВНИМАНИЕ:- Рекомендуется вынимать батарейки каждый раз после использования, поскольку батарейки могут протечь.

Панель управления

На панели управления планетария Гелиос находятся три переключателя:-

1. Левый переключатель контролирует освещение Солнца.
2. Центральный переключатель отвечает за направление движения колец планет. Переключение направления:  Стрелка против часовой стрелки задаёт направление движения планет, когда планетарий используется с северным звездным куполом и вы смотрите на звезды с севера эклиптики. Стрелка по часовой стрелке задаёт направление движения планет, когда планетарий просматривается с юга эклиптики, т.е. когда вы используете южный звездный купол. Убедитесь, что вы нажали переключатель в положение «Выкл.», когда планетарий не используется.

Правый переключатель управляет скоростью, с которой вращаются планеты. Следует отметить, что не зависимо от того, какая скорость вращения была задана, кольца сохраняют скорость относительно друг друга.

Ориентирование

Планетарий может использоваться как внутри помещения, так и в открытых условиях, при любом использовании важно проверять правильность его установки по компасу. Панель управления должна быть обращена на восток в северном полушарии и на запад в южном полушарии. При правильном положении звездного купола небесный полюс на куполе указывает на небесный полюс в небе. Быстрое и адекватное сопоставление правильной ориентации можно сделать, узнав, где должно находиться полуденное Солнце, и затем установить соответствующую сторону планетария в этом направлении. Или используйте карманный компас для ориентирования.

Купол планетария

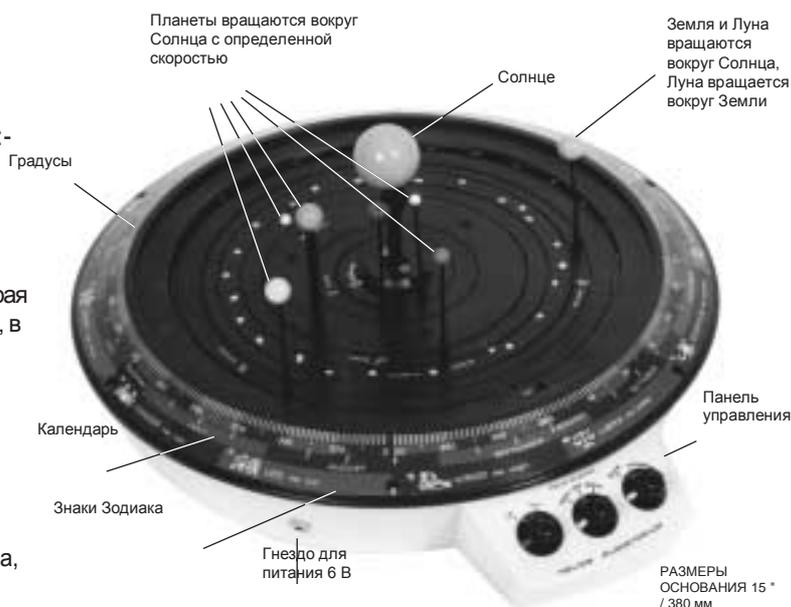
На основании купола планетария нанесены три шкалы в двух цветах: синий цвет для северного купола, красный цвет для южного купола. К шкалам относятся:-

1. Градусная шкала от 0° до 360°. Это «гелиоцентрическая долгота», см. Приложение 2 и упоминание в разных темах.
2. Календарная шкала. Представьте прямую линию, которая проходит от Солнца через Землю и звездный купол, точка, в которой линия пересекает шкалу календаря, является правильной датой. Синяя шкала используется для северного звездного купола, а красная шкала для южного звездного купола.
3. Знаки Зодиака. (См. тему 5).

Земля/Луна и планеты

Небольшая трубка, поддерживающая устройство Земля/Луна, вращает Луну вокруг Земли.

Важно, чтобы трубка вращалась свободно, поскольку она вращает Луну по орбите Земли.



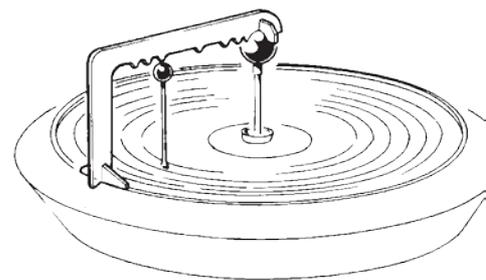
При использовании съемных моделей планет поместите их на специально предназначенные для них вращающиеся колышки в следующем порядке от Солнца: Меркурий (белый), находится ближе всех к Солнцу, Венера (зеленая), Марс (Красный), Юпитер (Пурпурный), Сатурн (желтый).

Использование устройства для размещения планет и колец

Устройство для размещения планет (4) используется для размещения планет в определенных местах, используйте информацию в Приложении 2. Один конец устройства размещается на Солнце, другой конец крепится на краю основы. Долготу планеты можно рассчитать по шкале края основы.

Точки на устройстве обозначают кольца планет. Каждый раз, когда вы планируете поместить планету, обязательно используйте устройство для размещения планет. Кольца планет могут вращаться вручную, поэтому их можно поместить в любое положение.

Каждое кольцо вращается независимо от других.



Шкала планетария

Расстояние между Солнцем и планетами, их размеры – не масштабируются. Если, например, представить Меркурий в масштабе относительно Солнца, то размер Меркурия можно было бы сравнить с этой точкой «.», а расстояние между Меркурием и Солнцем должно было быть 50 метров. Ближайшая звезда, Проксима Центавра, находилась бы в 1500 километрах.

Скорость, с которой движутся планеты в планетарии Гелиоса, тесно связаны со скоростью вращения реальных планет (см. Раздел 1). Это позволяет пользователю продемонстрировать положение планет в ночном небе так, как видно их с Земли, и динамику солнечной системы с помощью «фиксированных» звезд.

Многие журналы и учебники показывают, что планеты вращаются по узким орбитам вокруг Солнца. На самом деле их орбиты имеют более округлую форму, чем принято считать. Планетарий Гелиос формирует правильное представление о форме орбит.

Ни одна из орбит не лежит точно в плоскости эклиптики, но каждая из них находится под углом к ней. (См. Приложение 1). Градус угла различается: от 7° для Меркурия до всего лишь 1° для Юпитера, но эти наклоны планет невозможно увидеть на модели планетария, поскольку они очень малы.

Планеты Уран, Нептун и Плутон вместе с лунами, как правило, не видны невооруженным глазом, поэтому они не показаны в планетарии Гелиос. Названия созвездий на другой стороне купола звезды можно легко прочесть, если вы посмотрите сквозь купол.

Установка звёздного купола

Звёздный купол должен быть правильно установлен на основании планетария. На куполе сплошная красная линия (экватор) и пунктирная красная линия (эклиптика) пересекаются в двух местах. Первое место пересечения находится в созвездии Рыб, найдите эту точку. Эта точка отмечена 0° (красным) и 0° (синим). Поместите звёздный купол на основание планетария таким образом, чтобы точка пересечения находилась точно вертикально над отметкой 360°/0° на шкале основания. Теперь купол установлен верно. Точка пересечения называется «точкой весеннего равноденствия» (γ) - это отправная точка отсчета для астрономической долготы и прямого восхождения.

Проецирование звёздного купола

Созвездия, звезды, линии склонения и прямого восхождения отмечены на органическом стекле купола и могут быть спроецированы на экран проектора (или на стену или потолок) в хорошо затемненном помещении. Улучшенную проекцию ночного неба возможно получить, если у вас есть доступ к мастерской, где вы можете построить сферу. Для этого вам потребуется легкий каркас из дерева или металла, выровненный бумагой изнутри. Радиус сферы составляет от 60 см (24") до 90 см. (36"). Сначала уберите «Солнце» планетария, чтобы спроецировать отметки на куполе. Света от лампы будет достаточно для проецирования отметок на стену высотой до 60 см (24 дюйма).

Карта звёздного неба

На картах звёздного неба не показано как далеко находятся звёзды, они лишь отображают положение звёзд, видимые с Земли. Когда-то созвездиям были даны названия на основании того, что они все они равноудалены от наблюдателя и лежат в «перевернутой чаше». Но сегодня мы знаем, что они буквально разбросаны в пространстве. Поэтому в сферическом куполе они не представлены.

Путешественники, следующие из северного полушария в южное и наоборот, отмечают, что после пересечения экватора, Солнце и звезды движутся в разных направлениях. (См. Тему 1). В северном полушарии нужно посмотреть на юг, чтобы увидеть Солнце, Солнце движется слева направо. И наоборот, в южном полушарии Солнце находится на севере и движется справа налево.

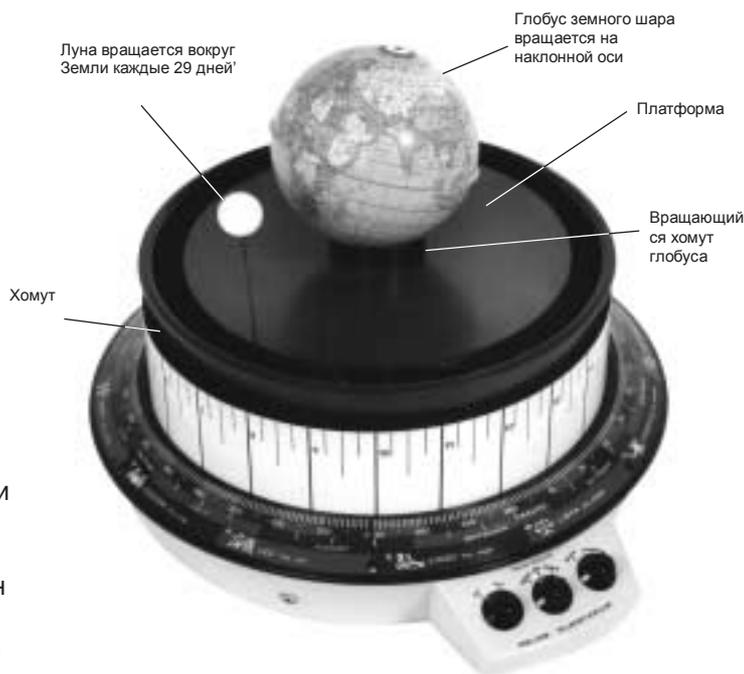
В северном полушарии новый лунный месяц следует за Солнцем и перемещается по западному горизонту с правой стороны. В южном полушарии лунный месяц следует за склоняющимся Солнцем по направлению к западу с левой стороны. Мы знаем, когда в Европе, в Северной Америке и Азии лето, в Австралии и Южной Америке зима.

Смену времён года возможно продемонстрировать на планетарии Гелиос. При помощи переключателя «☀» можно показать погодные условия в северном полушарии. При помощи южного полушария на земном шаре и переключателя «☾» можно просмотреть погодные условия в южном полушарии.

Установка большого глобуса Земли

Установите глобус Земли в центре звёздного неба, следуя подсказкам:

1. Уберите солнцезащитный козырек и лампу. Вкрутите наклонную ось (9) в гнездо Солнца. Для правильной установки важно, чтобы наклонная ось указывала на отметку 90° на шкале основания.
2. Поместите платформу (11) таким образом, чтобы три ножки вошли ровно в три отверстия на кольце Земли.
3. Чтобы земной шар мог вращаться, закрепите опорное кольцо (13) в специальном отверстии на основании.
4. Поместите опорный конус (12) на место. Один край конуса сужается, а другой край выступает. Убедитесь, что выступающий край направлен кверху, поскольку он поддерживает глобус.



ВНИМАНИЕ: При упаковке или хранении поверните конус таким образом, чтобы он упирался зауженным краем в основание планетария. При использовании поверните конус выступающим краем вверх, чтобы звёздный купол опирался на него.

5. Наденьте глобус на наклонную ось, закреплённую на опорном кольце.
6. И, наконец, если необходимо, поместите сверху купол звёздного неба.

Источники искусственного света

Помимо Солнца в ходе проведения экспериментов вам потребуются иные источники света. Вы можете использовать точечную лампу. Также возможно использовать угловую лампу, которую можно регулировать по высоте. Или же используйте фильм-полоски, кинопроектор или диапроектор с длиннофокусной линзой. Если вы проводите эксперимент в затемненной маленькой комнате, то рассеянный свет от небольшого источника света будет отражаться от стен комнаты. Что приведет к размытости. Чтобы избежать этого, поместите планетарий как можно ближе к центру комнаты и используйте картонную трубку (21).

Запасные части и обслуживание

Если какие-либо инструменты планетария Гелиос были утеряны или сломаны, обратитесь по адресу:

Cochranes of Oxford Ltd, Leafield, Witney, Oxford OX8 5NY, England
Tel +44 (0) 1993 878641: fax +44 (0) 1993 878416: email cochranes@mailbox.co.uk
or your local distributor.

Лампа, которая служит «Солнцем» является 6-8-вольтной или 0,5-амперной. Лампа ввинчивается. Вы легко сможете найти такую же лампу в хозяйственном магазине.

Храните планетарий Гелиос в картонной коробке, чтобы снизить количество пыли, которое попадает в него. Если вы не убираете планетарий в коробку, то звёздный купол может выполнять функцию чехла для планетария. Очищайте поверхность звёздного купола при помощи обычных моющих средств.

Раздел первый

Модель солнечной системы Гелиос

Тема 1 - Планеты и их орбиты

Для демонстрации вам потребуются следующие предметы:- Основание планетария (1), планеты (2), контроллер мощности (5).

Из чего состоит Солнечная система?

Установите основание планетария с планетами, включите Солнце и начните вращать планеты. Обратите внимание на Солнце: источник тепла и света, планеты, включая Землю и Луну, которая вращается вокруг Земли. Земля – спутник Солнца, и планеты тоже спутники Солнца. А луны – спутники их планет. Поясните, что на модели представлены только те планеты, которые возможно увидеть без телескопа, поэтому далекие планеты такие как Уран, Нептун и Плутон отсутствуют.

Что такое год и сколько он длится?

Понаблюдайте, каким образом и как долго Земля совершает один оборот вокруг Солнца. Этот оборот показывает, что происходит на Земле в течение одного года. Один оборот длится примерно 365,25 дней. Для удобства года измеряют в целых числах, поэтому, как правило, в году 365 дней, а в каждом четвертом году 366 дней.

Дальнейшая коррекция каждые 100 лет приведет к тому, что накапливающаяся ошибка будет сведена к минимуму.

Что тем временем происходит на Луне?

Луна вращается вокруг Земли. Луна – это спутник Земли, или иначе – это спутник спутника.

Сколько оборотов совершает Луна вокруг Земли в течение года?

Планетарий показывает, что Луна совершает двенадцать оборотов. Один оборот вокруг Земли занимает 1/12 от года, т.е. составляет один месяц. (См. так же Тему 2 и Тему 4). (ВНИМАНИЕ: Земля вращается на своей оси и вращается по орбите вокруг Солнца).

Как долго Меркурий или Венера совершают один оборот вокруг Солнца?

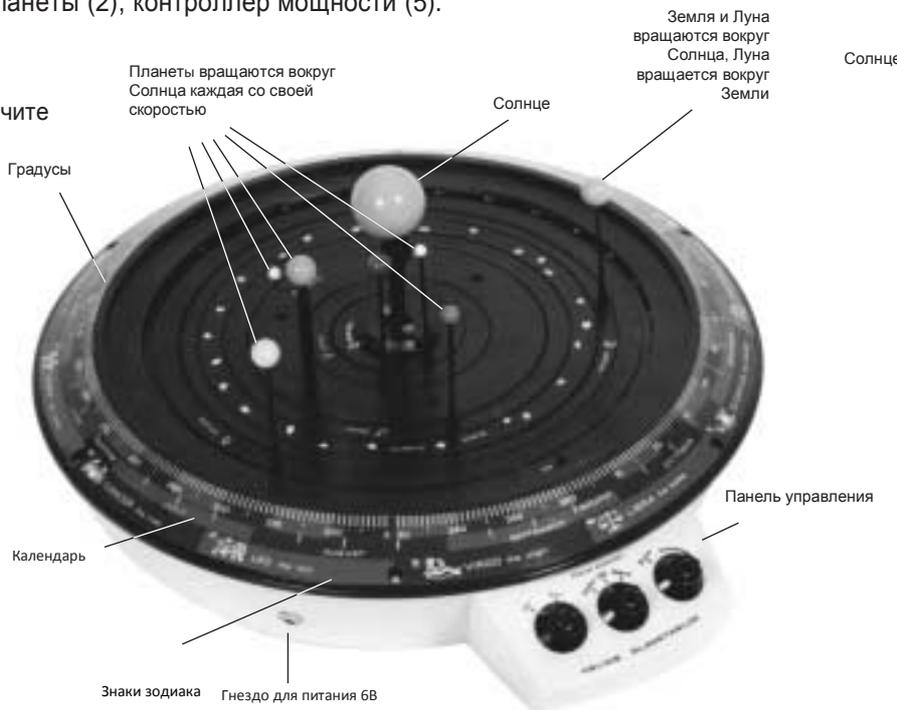
Установите Землю и Меркурий на одной линии планетария. Попросите учащихся посчитать, сколько оборотов совершит Меркурий за один земной год. В ходе эксперимента станет очевидно, что Меркурий примерно четыре раза обернется вокруг Солнца в течение одного земного года, поэтому год на Меркурии составляет $365/4$ дней. Точно такой же эксперимент можно провести для Венеры. Не подумайте о том, что Меркурий вращается в четыре раза быстрее Земли из-за небольшого размера его орбиты. Скорость вращения каждой планеты и время орбит представлены в Приложении 1.

Какие планеты являются внутренними, а какие внешними?

Меркурий и Венера – внутренние планеты, поскольку они находятся к Солнцу ближе, чем Земля. Внешние планеты – это планеты, которые находятся дальше от Солнца, чем Земля. К ним относятся: Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон.

Сколько длится год на внешних планетах?

Установите Землю, Марс и Юпитер на одной линии планетария. Повторите эксперимент: посчитайте, сколько оборотов совершат планеты за один земной год. Если Земля совершила 1,75 оборотов, то Марс совершит 1 оборот, поэтому 1 год на Марсе равен 1,75 земного года: $1,75 \times 365$ дней. Полученное значение является приблизительным к тому, которое представлено в Приложении 1.



Что еще есть вокруг Солнца?

Неоднородные скопления частиц, их называют малыми планетами, одно из колец планетария посвящено им. Так же существуют кометы, метеориты и искусственные спутники, запущенные в космос человеком.

Что такое эклиптика?

Эклиптика – это плоскость, которую Земля вырезает в пространстве, вращаясь вокруг Солнца. Орбиты различных планет близки к эклиптике, за исключением орбит Меркурия и Плутона, см. Приложение 1.

Каким образом Земля и планеты вращаются вокруг Солнца?

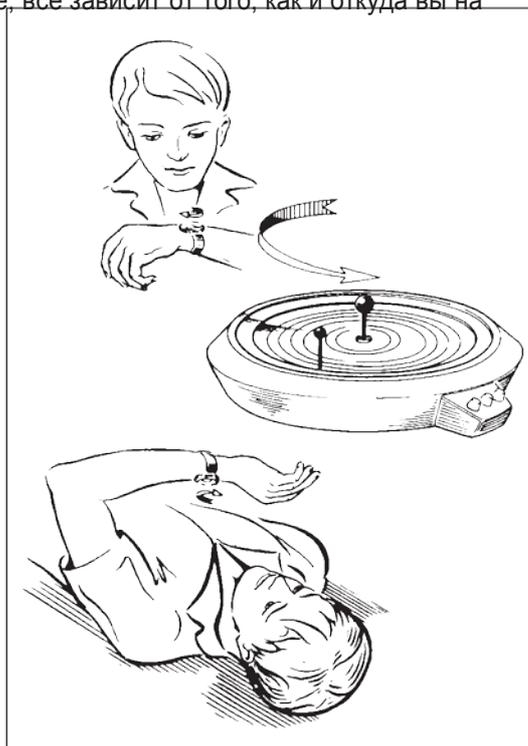
Соберите планетарий, установите Сатурн на внешнем кольце и поместите средний переключатель в положение «☉». Один наблюдатель смотрит на вращение планеты сверху вниз и наблюдает за стрелкой часов. Позже он скажет, что планета двигалась против часовой стрелки.

В то же самое время другой наблюдатель ложится на спину и смотрит на планетарий снизу вверх, пытаясь представить вращение Сатурна. Для этого наблюдателя планета вращается по часовой стрелке. Таким образом, планеты могут вращаться по часовой стрелке и против часовой стрелке, всё зависит от того, как и откуда вы на них смотрите.

Какой путь «вверх», а какой «вниз»?

Спросите австралийца ли североамериканца. Спросите космонавта. Жители Земли не могут решить какое направление «вверх», а какое «вниз», эти понятия не используются. Точки и места – это то же, что «север» или «юг» эклиптики. Орбита Земли и Солнце находятся в «плоскости эклиптики».

Рис. 1



Каким образом движутся планеты, если смотреть с юга эклиптики?

Соберите планетарий и поверните переключатель в направлении «☉». С этой позиции можно предположить, что Южный полюс Земли «сверху».

Планета всегда светится одинаково?

Возможно частично ответить: наблюдая за вращением Земли и планетами планетария, вы можете заметить, что иногда планета ближе, иногда дальше от Земли. В Теме 2 эта тема рассмотрена подробно, у некоторых планет, таких как Луна, есть «фазы». (См. Тему 6 для дальнейшего обсуждения).

Где сейчас находятся планеты?

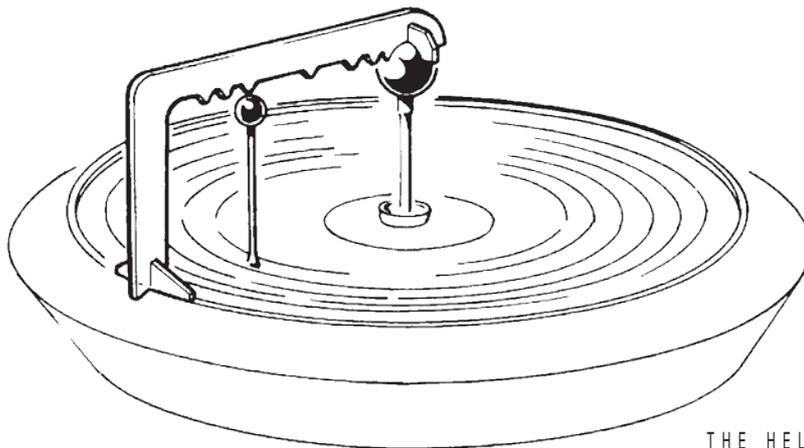
Соберите планетарий, поместите Солнце, Землю/Луну и все другие планеты.

Положения планет в период 1996 - 2021 представлены в таблице в Приложении 2.

Посмотрите на эту таблицу, чтобы определить положение планет в определенную дату. Поместите устройство для размещения планет под углом, указанным в таблице, и вращайте планету по ее кольцу, пока планета не достигнет нужного положения. (См. рис. 1).

Включите планетарий. Земля должна пройти круг по своей орбите, два круга или более. Следите за тем, как планеты движутся по Солнечной системе. Становится очевидна сложность подготовки космических путешествий.

Рис. 2



Тема 2 - Луна и её фазы

Для проведения экспериментов в рамках данной темы вам понадобятся:- Основание планетария Гелиос (1), планета Сатурн (2), Луна (3).

Так же вам понадобятся дополнительные инструменты:- Перевернутая коробка (18), короткая картонная трубка (19), мяч для настольного тенниса (20), источник света (21).

Введение

Довольно сложно описать, что такое фазы Луны. Поэтому в качестве введения мы сначала поработаем с фазами Венеры, которые более доступны для понимания.

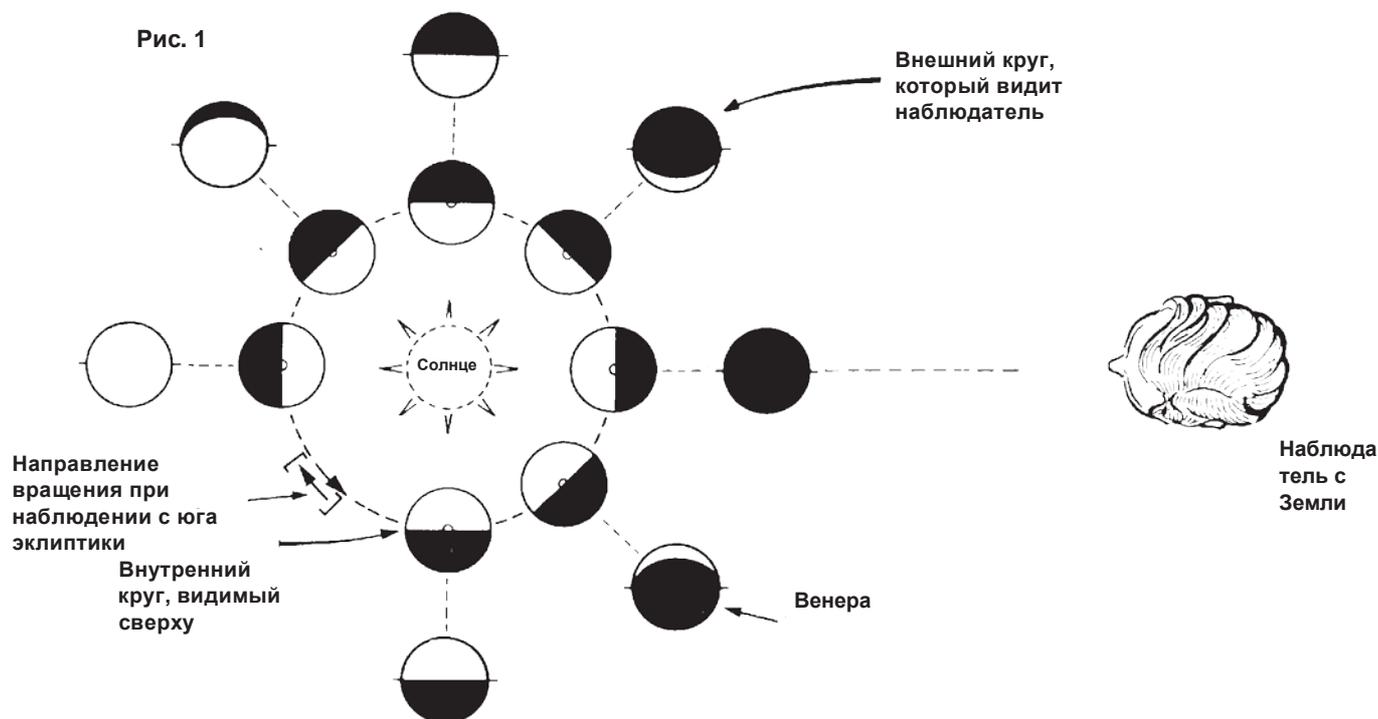
Каким образом происходит смена фазы?

Венера – это внутренняя планета, поскольку находится ближе к Солнцу, чем Земля.

Соберите планетарий с Солнцем в центре, поставьте одну цветную планету на кольцо Юпитера, чтобы представить Венеру. В ходе данного эксперимента задействовано кольцо Юпитера, поскольку кольцо вращается со скоростью, которая удобна для наблюдения.

Теперь заслоните устройство Земля/Луна небольшим листом картона или картонной трубкой (19). В ходе данного эксперимента Земля будет видна наблюдателям, находящимся рядом с планетарием. Снимите солнцезащитное устройство с Солнца. Комната должна быть затемненной. Если это не возможно, то эксперимент необходимо провести при помощи картонной коробки, которая помещается поверх планетария (18), а наблюдатели будут следить за происходящим через разрезы в коробке.

Включите планетарий. Вы увидите, что освещенная часть Венеры (рис. 1) меняется по мере перемещения планеты вокруг Солнца. Это и есть фазы Венеры. Обратите внимание, что новый полумесяц появляется тогда, когда Венера находится справа [слева]¹ с западной стороны Солнца. (См. так же Тему 6.)



Каким образом наблюдатель с Земли видит смену фаз Луны?

Вы узнали о фазах Венеры, теперь вам будет проще разобраться с фазами Луны.

Уберите Солнце, его лампу и поместите теннисный мяч (20) на держатель лампы. Поместите Луну (3) на кольцо Сатурна, направьте на Луну яркий луч света (21) с расстояния около 2 метров (6 футов). В затемненной комнате включите планетарий. Какую часть освещенной поверхности Луны увидит наблюдатель с Земли? (См. рис. 2).

¹ Слова в квадратных скобках здесь и далее по тексту следует читать как альтернативу предыдущему утверждению: в тексте наблюдатель наблюдает за планетарием с юга эклиптики.

Рис. 2 (а) – Смена фаз Луны на севере эклиптики.

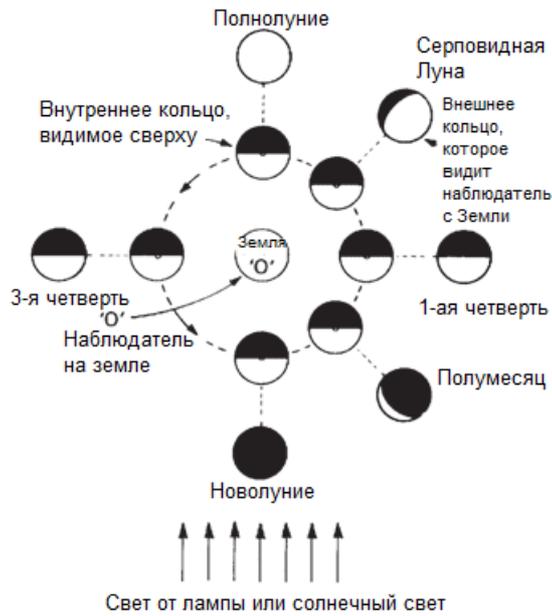
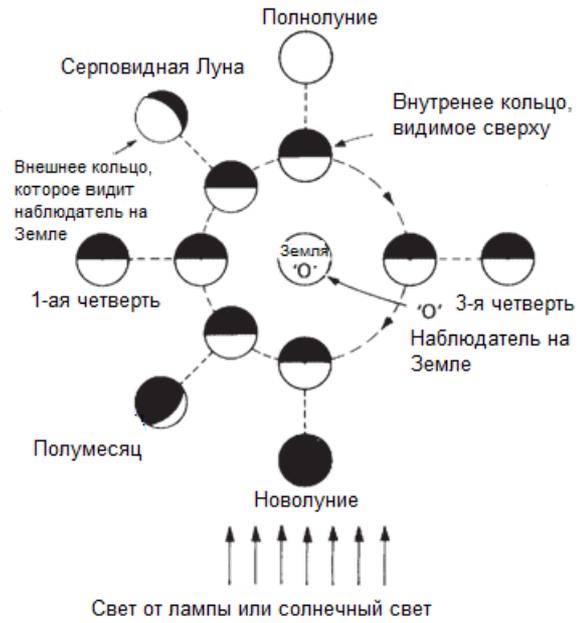


Рис. 2 (б) – Смена фаз Луны на юге эклиптики.



Аналогичный результат может быть получен учениками,

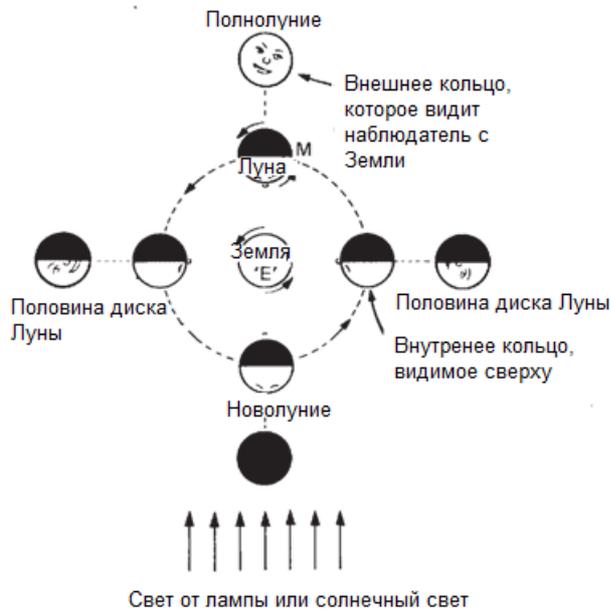
действующими как Земля и Луна.

Первый ученик Е является наблюдателем с Земли. Второй ученик М – наблюдателем с Луны. М может раскрасить мелом лицо или надеть разноцветную маску. М ходит вокруг Е и при этом всегда обращен лицом к Е. Между тем, луч света от далекого источника света непрерывно освещает голову М. По мере того, как М продолжает совершать полные обороты вокруг Е, сколько раз лицо М осветило лицо Е?

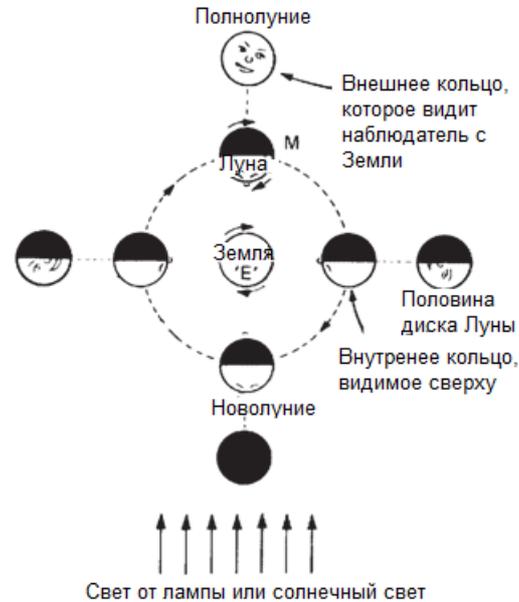
Только с высоты северных широт заметно, что поверхность Луны похожа на лицо человека. Наблюдатели с других широт говорят, что поверхность Луны похожа на женщину в очках или кролика.

Рис. 3 – Двое учащихся изображают Землю и Луну.

(а) вид с севера эклиптики



(б) вид с юга эклиптики



Что еще делает Луна, помимо вращения вокруг Земли?

Во время вращения вокруг Земли, Луна поворачивается всеми своими сторонами. Таким образом, Луна вращается вокруг себя один раз за все время, пока она совершает один оборот вокруг Земли.

Поэтому с Земли видно одно и то же изображение Луны (или примерно одно и то же). «День» на Луне длится столько же, сколько месяц на Земле; т.е. для космонавта, который находится на Луне, период от восхода до захода солнца длится 29,5 дней.

Среднее время цикла Луны равен лунному месяцу или около 29,5 дням. Другими словами, за цикл Луна вращается один раз вокруг своей оси и один раз вращается вокруг Земли относительно Солнца.

Земля совершает полный оборот вокруг Солнца за 365/366 дней, этот период для удобства был разделен на 12 календарных месяцев по 28-31 дней в каждом.

Двенадцать лунных месяцев по 29,5 дней, что на 11 дней короче календарного года. Праздники, которые отмечаются с интервалом в 12 лунных месяцев, например, мусульманский Рамадан, начинаются в соответствии с календарем за 11 дней до каждого следующего года. Только через 30 лет фестиваль будет отмечаться в другое время года.

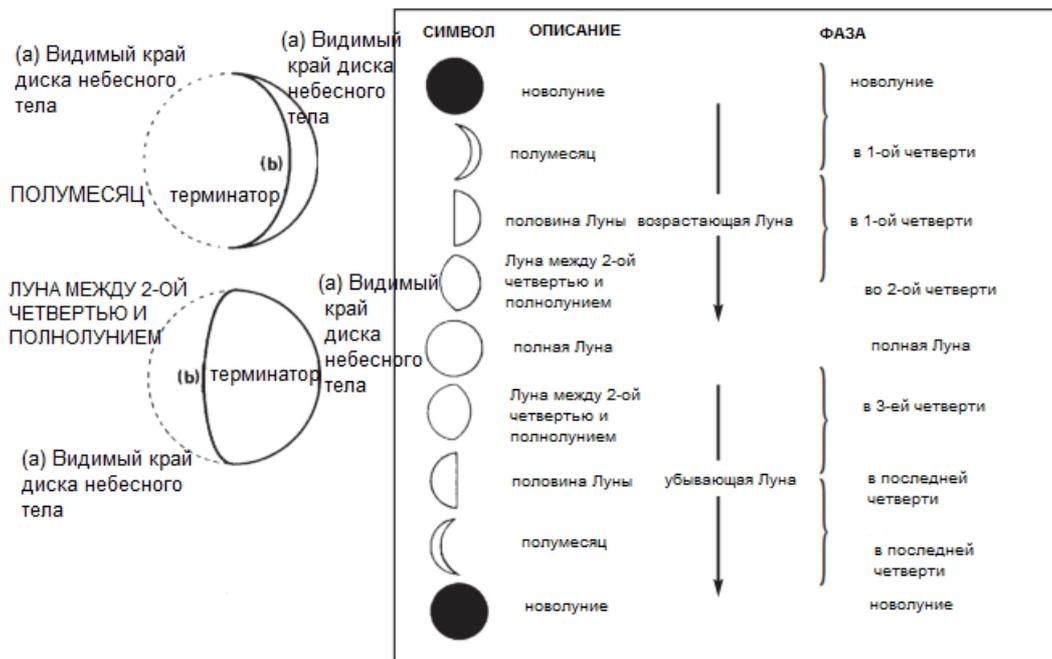
Разные формы Луны

Две кривые образуют форму Луны, когда она не полная. К этим кривым относятся:

1. та часть поверхности Луны, которая освещена и
2. линия заката/восхода Солнца на Луне, которая называется «терминатор».

Когда Луна полная, то Солнце, Земля и Луна находятся на одной линии, когда мы видим растущий месяц, то Солнце, Луна и Земля выровнены в пределах Солнечной системы, это называется сизигия.

Рис.4



Освещенная часть Луны всегда ближе к Солнцу. Таким образом, к северу тропиков освещаемая часть Луны будет находиться справа от терминатора в первой и второй четвертях, и слева от терминатора в третьей и последней четвертях. К югу тропиков эти положения меняются.

Как Земля выглядит с Луны?

Установите планетарий, как указано внизу страницы 10. Чтобы наблюдателю было понятно, сделайте отметку черного цвета на той стороне Луны, которая обращена к Земле.

Ответьте на следующие вопросы:

Если для наблюдателя Земля находится (i) прямо над головой или (ii) видна под углом по вертикали, изменится когда-либо положение, в котором он смотрит на Землю?

Нет. Для наблюдателя, который находится на одном и том же месте на Луне Земля остается в одном и том же положении в небе*.

Сколько дней можно наблюдать Солнце (дней на Луне) и сколько ночей после Солнце не видно из-за горизонта (ночей на Луне)?

День на Луне длится около 14 земных дней, столько же длится и ночь.

У Земли есть фазы?

Да. Вращающаяся Земля показывает одни и те же фазы, следующие друг за другом, с той же самой скоростью, что и фазы Луны, которые видны с Земли в той же самой последовательности.

Насколько большой выглядит Земля?

Диаметр Земли практически в четыре раза больше диаметра Луны. Поэтому угловой диаметр Земли, видимый с Луны, будет практически в четыре раза больше диаметра Луны, видимого с Земли. Таким образом, видимый диаметр Земли составляет 2° .

*При условии медленного колебания, называемого либрацией, период составляет около месяца и составляет до 10° от средней позиции.

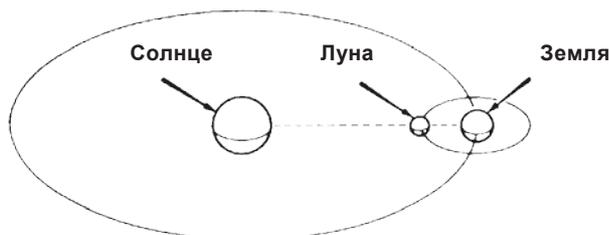
Для проведения экспериментов вам потребуются следующие инструменты:-
основание планетария (1), планеты (2).

Как происходит затмение Солнца Луной?

Луна перекрывает Солнце наблюдателю с Земли.

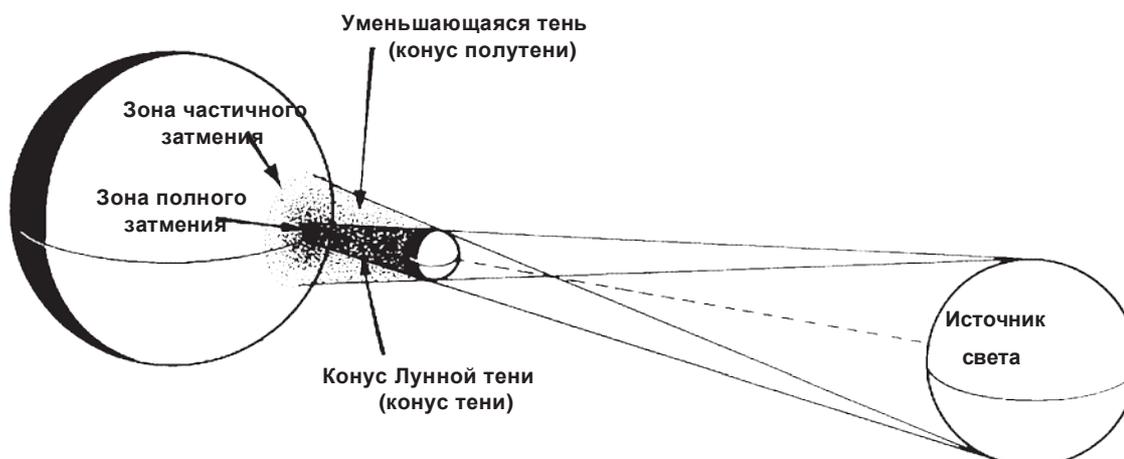
Соберите планетарий как показано на рис. 1. Используя Солнце, устройство Земля/Луна, переключатель Солнца, установите переключатель в положение «☾». Если Луна перекрывает часть Солнечного диска наблюдателю на Земле, то это частичное затмение. Если Солнце перекрыто полностью, то это полное затмение.

Рис. 1



Площадь Земли, с которой можно наблюдать частичное или полное затмение очень мала. Для того чтобы наблюдать затмение, наблюдатель должен оказаться в конусе Лунной тени (конус тени) (см. рис. 2). Большинство людей способны видеть частичное затмение в то же самое время потому, что размер этой тени (конус полутени) больше.

Рис.2



Разницу между конусом тени и конусом полутени можно получить следующим образом: один учащийся держит одну из планет планетария, например Сатурн, на расстоянии примерно 25 мм (1") от листа белой бумаги, который находится рядом с окном (большим источником света). Центр планеты отбрасывает тень, далее тень начинает светлеть и по краям тень полностью рассеивается. Тёмный центр – это конус тени, остальное – конус полутени. Грань перехода очень трудно определить. Конус тени слишком мал и составляет не более 0.5° , что сложно отобразить даже на рисунке.

Когда Луна максимально отдаляется от Земли, происходит затмение, кажется, что Луна увеличивается в размерах, поскольку закрывает собой Солнце. Солнце выглядит как полоска света вокруг Луны. Это называется «кольцеобразное затмение».

Затмения происходят каждый месяц?

Наблюдая за планетарием можно сделать предположение, что солнечные (или лунные) затмения происходят каждый месяц. Но, помимо того, что конус тени очень мал, еще и плоскость орбиты Луны наклонена примерно на 5° относительно плоскости орбиты Земли вокруг Солнца (эклиптике). Так же относительные расстояния между небесными телами намного больше, чем предположительные размеры Земли и Луны. Затмения могут возникать только тогда, когда пересечение двух плоскостей совпадет: плоскости Солнца, Луна и Земли должны находиться на одной прямой, на которой находятся точки пересечения их плоскостей. Это происходит примерно с 6-месячным интервалом. Даты солнечного затмения указаны в интернете, найдите их, введя в поиске слово «затмение».

Могут ли другие небесные тела находиться между Землёй и Солнцем?

Соберите планетарий, поместите Солнце, Венеру и Землю/Луну. Начните вращать Землю и Венеру.

Когда Венера окажется в положении, как показано на рис. 3, она окажется перед Солнцем. Венера будет видна как маленькая чёрная точка на солнечном диске. Этот феномен называется «прохождение Венеры по диску Солнца». Следующее прохождение произойдет в 2004 году.



Рис. 3

Почему Меркурий проходит по солнечному диску чаще Венеры?

Соберите планетарий. Поместите Землю/Луну, Венеру и Меркурий. Один учащийся считает сколько раз Венера проходит между Солнцем и Землёй, второй ученик считает сколько раз Меркурий прошел между Солнцем и Землёй. Причина, по которой Меркурий чаще проходит по солнечному диску, будет очевидна.

Вы можете просчитать и занести данные в таблицу о том, когда произойдут затмения и прохождения по солнечному диску.

Почему затмения Луны происходят на Земле?

Солнце освещает Луну, но иногда Земля перекрывает Луну и её тень падает на поверхность Луны. См. рис. 4. Такое возможно только тогда, когда Луна полная, так же как и затмения Солнца, которые проходят во время новой Луны.

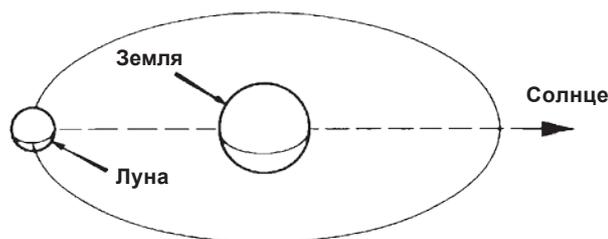


Рис. 4

Затмения Луны происходят чаще, чем затмения Солнца, поскольку тень Земли больше, чем тень Луны. Поэтому Луна чаще оказывается в тени Земли, а не наоборот. Однако затмения Луны происходят ночью, поэтому их могут наблюдать небольшое количество людей.

В интернете вы сможете найти даты лунных затмений. Лунные затмения происходят за 14 дней до или после солнечных затмений, вы можете объяснить почему?

Может ли Луна затмевать звёзды?

Да, иногда.

Относительно положения звёзд Луна движется на восток и часто проходит мимо них. Этот феномен называется затемнением.

Сколько времени нужно Луне, чтобы совершить оборот вокруг Земли один раз?

Соберите планетарий как показано на рис. 2. Выберите двух учащихся А и В и поставьте их так, как показано на рис. 2, затем выберите объект С в комнате, который находится от вас на расстоянии. Учащимся А и В нужно посчитать, сколько оборотов Луна совершит вокруг Земли в течение одного года.

Учащийся А из своего положения может смотреть на планетарий сверху. Он считает сколько раз Луна, Земля и Солнце (именно в таком порядке) выстроились в одну линию.

Учащийся В стоит рядом с планетарием на одном уровне с С. Учащийся В считает, сколько раз Луна достигает крайнего левого края Земли, при этом это положение должно находиться на одной линии с объектом С, т.е. ему нужно посчитать сколько раз Луна вращается на 360° .

Уменьшите скорость планетария до минимума. Учащиеся А и В считают вместе сколько раз Солнце, Земля и Луна оказываются в положении, изображенном на рис. 2. Они останавливают счёт одновременно, когда 1 год пройден, а нужная позиция была достигнута.

У учащихся получатся два разных ответа.

Ответ учащегося А будет равен 12 солнечным месяцам; т.е. Луна переместится с одного полного положения в другое полное положение, пройдя 12 этапов, при этом на каждом из этапов Луна будет совершать один оборот и плюс еще небольшой оборот вокруг Земли. Подобно тому, как в предыдущем вопросе Земля совершает один оборот за один солнечный день, а затем еще докручивается на несколько градусов.

Ответ учащегося В будет равен 13; т.е. Луна совершает еще один оборот по орбите Земли. Учащийся В считал звёздные месяцы.

После обсуждения повторите эксперимент несколько раз до тех пор, пока вам не станет очевидно, что разница в подсчетах учащихся А и В составляет 1. На практике один звёздный месяц составляет примерно 27,23 дней по сравнению с солнечным месяцем.

Взаимосвязь между солнечным и звёздным днями.

Поскольку количество звёздных месяцев на один больше, чем количество солнечных месяцев, то и звёздных дней в году на один день больше, а звёздный год равен 365,25 солнечным дням.

Вспомните, что звёздный день равен 24 ч.56 мин. 4 сек., т.е. на 3 мин. 56 сек. короче солнечного дня. Если вы умножите разницу во времени на 366,25 (количество звёздных дней в году), то вы обнаружите пропавший день!

Что означает слово «среднее» в словосочетании «гринвичское среднее время»?

В введении к этой теме мы написали «...как вы обнаружите далее, что не все дни одинаковые». Таким образом, слово «среднее» означает «стандартное». Если у вас есть доступ к точным солнечным часам, то вы обнаружите, что когда Солнце находится в положении «полдень», т.е. как раз в этот момент Солнце пересекает меридиан, каждый день часы будут показывать разное время.

Причина этого изображена на рис. 1. Помните, что цифры не масштабированы, они лишь показывают расстояние Е1-Е6, которое необходимо преодолеть Солнцу для завершения солнечного дня. Однако орбита Земли имеет изогнутую форму, поэтому скорость Земли на протяжении года изменяется: чем ближе к Солнцу, тем скорость больше, чем дальше от Солнца, тем скорость меньше. Чем больше скорость Земли, тем дальше она продвигается по орбите, тем больше ей требуется для завершения солнечного дня. Поскольку скорость вращения Земли вокруг своей оси постоянна, это отражается на продолжительности дня, разницу можно заметить по солнечным часам.

Гринвичское среднее время (ГСВ) – это среднее солнечное время по Гринвичу. Любой день может быть больше или меньше на 16 минут реального солнечного времени.

Каким образом местное время соотносится с ГСВ?

Даже если мои часы показывают ГСВ, моё реальное солнечное время будет отличаться по двум причинам:

1. Разница, описанная выше, среднего и реального времени определенного дня
2. Зависимость моего положения на западе или востоке от Гринвича. Солнце «преодолевают» 15° каждый час, поэтому, если вы живете на западе Англии на 5° западной долготы, то Солнце пересечет ваш меридиан 20 минут спустя после того, как оно пересекло меридиан Гринвича.

Каким образом среднее местное время (СМВ) соотносится с ГСВ?

СМВ = ГСВ + восточная долгота со скоростью 15° в час

СМВ = ГСВ - восточная долгота со скоростью 15° в час

Что такое стандартное время?

Все страны придерживаются «стандартного времени», которое связано с меридианом, проходящим через эту страну или вблизи нее. Стандартное время обычно представляет собой целое число, отличное от ГСВ. Например, на восточном побережье Северной Америки стандартное время на 5 часов меньше ГСВ, поскольку меридиан 75° (= 5 часов) западной долготы проходит через эту область.

Следует отметить, что СМВ наблюдателя отличается от стандартного времени наблюдателя, если только он не находится ровно на меридиане, к которому привязано стандартное время.

Путаница в датах и числах часто возникает из-за разницы стандартного времени. Во избежание такой проблемы стандартным временем принято называть гринвичское среднее время (ГСВ), которое так же называют универсальным временем (УВ).

Представьте себе ситуацию из будущего: два космических корабля приземлились на Марсе, сначала российский, а через три часа американский. Русские могут сказать, что их космический корабль приземлился 1 января 2021 года в 04 часов 00 мин (по Московскому времени), а Американцы в свою очередь могут сказать, что их космический корабль приземлился (практически в прошлом году!) 31 декабря 2020 в 23 часа 00 минут (североамериканское восточное время). Московское время идет на 3 часа вперед ГСВ, в то время как североамериканское восточное время запаздывает на 5 часов, поэтому единственным разумным способом зафиксировать посадку кораблей будет следующее:

Российский корабль приземлился	1 января 2021 в 01 час. 00 мин. по ГСВ
Американский корабль приземлился	1 января 2021 в 04 час. 00 мин. по ГСВ

Какое применение у звёздного времени?

Астрономы используют другой тип времени: звёздное время (относительно положения выбранной звезды). Строго говоря, контрольный ориентир называют «точкой весеннего равноденствия (точка Овна)». Разница между звёздным днём и солнечным днём изображено на рис. 1 (масштаб отсутствует).

Предположим, что в определенный день среднее солнечное время, когда звезда пересекает меридиан наблюдателя, составляет 19 часов 45 минут, на следующий день звезда пересекает меридиан в 19 часов 41 минуту.

Если вы посмотрите на часы, предназначенные для отображения звёздного времени (часы астронома), то они покажут 19 часов 45 минут, когда звезда пересекла меридиан наблюдателя, тогда вы бы знали, что:

1. эта звезда и любой другой объект, пересекающий меридиан в тот самый момент, имеют прямое восхождение в 19 часов 45 минут и
2. завтра и каждый последующий день та же самая звезда пересечет тот же самый меридиан в то же самое время по звёздным часам
3. звезда в этот момент находится в самой наивысшей точке.

Поэтому не удивительно, почему астрономы предпочитают работать со звёздным временем! Для практических целей нужно уметь переводить среднее солнечное время в звёздное время и наоборот.

Утикер Альманах (незначительное различие между годами) представляет звёздное время в любой день года 00 часов 00 минут по ГСР. Расчёт звёздного времени происходит в любой момент, более того, оно может быть вычислено в соответствии с долготой наблюдателя, если только наблюдатель не находится на Гринвичском меридиане.

Первая настройка

Для среднего солнечного времени в течение дня нужно учитывать разницу: один средний солнечный день = один звёздный день + 4 минуты или один звёздный день = один средний солнечный день - 4 минуты.

Необходимо учитывать 4 минуты в день или 10 секунд в час. Например:

Более точная разница между средним солнечным днём и средним звёздным днём составляет 3 мин. 56 сек.

16 декабря 1974	
Гринвичское среднее время	Звёздное время
00 ч. 00 мин.	05 ч. 37 мин. (из астрономического ежегодника)
06 ч. 00 мин.	11 ч. 38 мин.
12 ч. 00 мин.	17 ч. 39 мин.

и т.д.

Следующий день, обратите внимание на небольшие интервалы:

- | | |
|--------------|------------------------------------------------|
| 1 ч. 00 мин. | 05 ч. 41 мин. (из астрономического ежегодника) |
| 2 ч. 00 мин. | 06 ч. 41 мин. 10 сек. |

и т.д.

Как рассчитать среднее солнечное время по происхождению через меридиан.

Следующие вопросы и ответы продемонстрируют, как это сделать.

В какое время 16 апреля звезда Антарес пересекает меридиан, т.е. когда происходит кульминация?

Согласно астрономическому ежегоднику 00 ч. 00 мин. Гринвичского среднего времени = 13 ч. 37 мин. звёздного времени на 16 апреля. В любом астрономическом источнике будет указано, что звезда Антарес имеет прямое восхождение в 16 ч. 26 мин.

Антарес пересекает меридиан в 16 ч. 26 мин. звёздного времени каждый день. 16 апреля 00 ч. 00 мин. по Гринвичскому среднему времени = 16 апреля 13 ч. 37 мин звёздного времени. Таким образом, звезда Антарес пересекает меридиан через 2 ч. 49 мин. (звёздное время) после отметки 00 ч. 00 мин. по Гринвичскому среднему времени. Учтывая 10 сек. в час или 2 ч. 49 мин. звёздного времени = 2 ч. 48 мин. 30 сек. означает солнечное время. Поэтому Антарес пересекает меридиан в 2 ч. 48 мин. 30 сек. 16 апреля (см. рис. 3).

Часовой угол объекта в любой момент – это интервал звёздного времени, которое проходит с момента пересечения объектом меридиана. Если объект приближается к меридиану, то часовой угол может составлять 24 часа за вычетом из него. Например, если объект пересекает меридиан 21.00 ч. назад, то часовой угол может быть задан как + 21 ч. или - 3 ч.

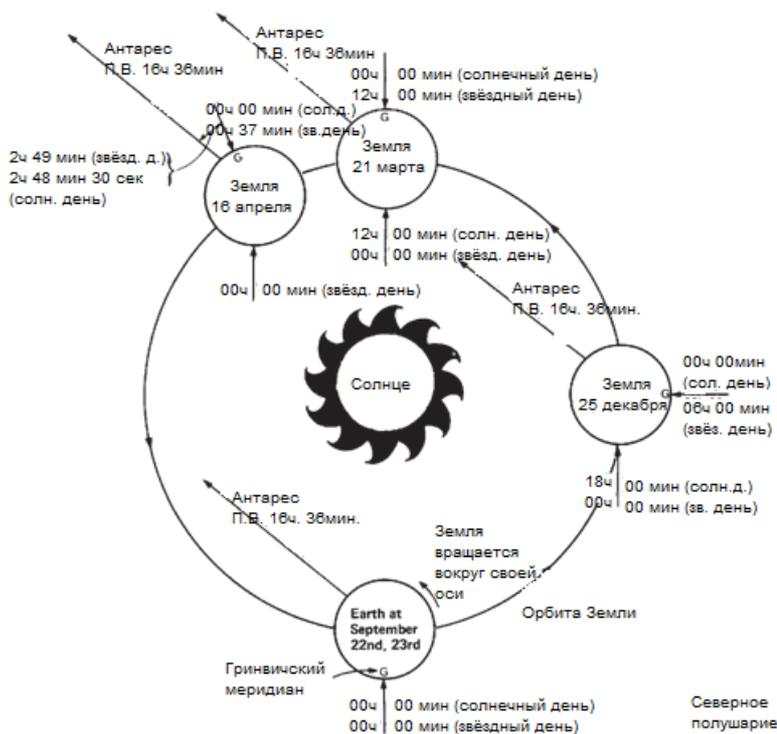


Рис. 3

Земля всегда вращается вокруг своей оси, вращаясь при этом вокруг Солнца. На рисунке показано Гринвичское среднее солнечное время и Гринвичское среднее звёздное время в разные дни года. Если Гринвич (G) находится на противоположной от Солнца стороне Земли, то его солнечное время всегда будет равно 00.00.

Раздел второй

Планетарий Гелиос и звёздный купол

Тема 5 - Эклиптика и зодиакальные созвездия

Для проведения экспериментов по данной теме вам понадобятся:
Основание планетария (1), контроллер мощности (5) и звёздный купол (7/8).
Так же вам могут понадобиться дополнительные инструменты.
Картонный диск (23).

Введение

Древние астрономы, вглядываясь в ночное небо, идентифицировали четыре совершенно разных типа небесных тел. Было множество звёзд, которые сохраняли свои относительные позиции на небе, которые поднимались на востоке, как солнце, путешествовали по небу и садились на западе, за исключением околополярных звёзд, которые никогда не поднимаются и не садятся, см. Тему 9. Астрономы видели Луну, которая, по их мнению, вела себя так же, как Солнце, но изменяла свою форму в течение 29-дневного периода и изменяла свое положение по отношению к «фиксированным» звездам. И астрономы различали кометы, которые изредка и не надолго появлялись в ночном небе, и, наконец, астрономы выделяли планеты.

Планеты были в некотором роде самыми необычными из небесных тел. Пять из них были видны невооруженным взглядом, они выглядели как звёзды, но вели себя иначе. Например, они двигались против звёздного фона, они начинали ярче светиться или наоборот тускнели, они приближались и отдались. Слово «планета» происходит от греческого «планетес», что означает «странник».

Где среди звёзд нужно искать планеты?

Соберите планетарий со звёздным куполом, планеты должны вращаться медленно. Представьте, что вы находитесь на Земле. Наблюдайте за планетами месяц за месяцем. Вы довольно скоро обнаружите, в каком направлении вам нужно смотреть, чтобы найти планеты. Ориентир находится примерно вдоль пунктирной линии на звёздном куполе. Эта пунктирная линия называется «эклиптикой», которая представляет собой плоскость обращения Земли по своей орбите вокруг Солнца. Все планеты вращаются вокруг Солнца в той же плоскости, что и Земля (см. Приложение 5 для исключений), эклиптика так же показывает направления, в которых видны все планеты. С Земли вы никогда не увидите, как планета находится рядом с Полярной звездой наверху звёздного купола, но вы можете это предполагать. Вы так же заметите, что эклиптика укажет направление, в котором нужно смотреть на Солнце.

Знаки Зодиака

Если в течение года наблюдать за движением Солнца, то станет очевидно, что Солнце движется по кругу, который называется «эклиптикой», путь Солнца лежит в восточном направлении через тринадцать созвездий. Древние астрономы обнаружили это путем обыкновенного наблюдения. В тропиках Солнце быстро восходит и быстро садится, за счёт этого вы можете наблюдать за созвездиями, в которых Солнце встает и садится. Подтверждение наблюдений можно получить в момент, когда Солнце находится в полном затмении, на тёмном небе отчётливо видны все созвездия. Позже снова появляется Солнце, которое расположено напротив одного из тринадцати созвездий. Изначально на пути Солнца находились всего двенадцать созвездий, но на современных картах, показывающих точные границы, видно, что в дополнение к первоначальным двенадцати добавилось еще одно. Все созвездия перечислены ниже. Путь Солнца проходит также и через созвездие Змееносца (между 30 ноября и 18 декабря). По традиции изначальные 12 созвездий и представляют «Знаки Зодиака».

Солнце чётко следует эклиптике, если представить, что созвездие – это полоса неба шириной 20°, которая находится в центре эклиптики, то мы можем сказать, что Луна, Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун тоже следуют по своему пути через эти созвездия. Не удивительно, почему эти созвездия приобрели такое важное значение.

Эта звезда тоже является планетой?

Если ночью вы видите яркую звезду, то представьте себе, что Солнце прошло по нему в течение года: высоко летом, низко зимой. Если звезда находится в этом «поясе неба», то это может быть и планета, но если она находится далеко от «пояса неба», то она не может быть планетой. Во время равноденствия планета должна находиться близко к пути Солнца накануне, но в дни летнего или зимнего солнцестояния это не так.

Какие созвездия сопровождают Солнце?

Соберите планетарий только с Землей и Солнцем. Правильно поместите звёздный купол. Красная пунктирная линия на куполе представляет собой эклиптику и указывает на примерную траекторию и примерный дневной путь Солнца.

Теперь вам нужно, чтобы Солнце находилось позади Земли и, стоя рядом со звёздным куполом, прочитайте имя созвездия, которое находится ровно позади Солнца. Солнце сейчас находится в этом созвездии. В ближайшей точке к Земле наблюдатель может прочитать на шкале основания дату, когда Солнце и Земля находятся в этом положении. В то же самое время вы обнаружите, что название созвездия на звёздном куполе не соответствует названию «знака» на основании. То, что написано на куполе отличается на одно созвездие на основании. Например, установите для Земли дату января. Согласно шкале на основании Солнце находится в созвездии Козерога. Посмотрите на звёздный купол, там вы увидите, что Солнце находится в созвездии Стрельца. Данное различие изображено на рис. 1 на стр. 22. Убедитесь, что вы используете шкалу синего цвета для северного полушария звёздного неба, а красную шкалу для южного полушария звёздного неба.

Почему планеты не изображают на карте звёздного неба, которая печатается каждый год?

Поместите все планеты на планетарий и установите звёздное небо. Включите планетарий и наблюдайте. Причина станет очевидна. Планеты всегда изменяют своё положение относительно далёких «недвижимых» звёзд.

Для ознакомления с относительными расстояниями между планетами и Солнцем см. Приложение 1. См. Приложение 3 для ознакомления с положением «недвижимых» звёзд. Оцените значимость карты звёздного неба, которую печатают каждый месяц.

Почему значения на шкале основания и куполе не соответствуют?

Шкала основания показывает положение Солнца и созвездий на протяжении всего года и каким было их расположение 2500 лет назад. На тот момент Солнце пересекало экватор, двигалось в северном направлении в созвездии Овна. Точка, в которой это произошло называлась (и до сих пор называется) «точкой весеннего равноденствия». Эта точка знаменует начало весны в северном полушарии и выпадает на 20 или 21 марта. Однако из-за явления, которое называется прецессия, открытый древнегреческим астрономом Гиппархом, эта точка медленно движется назад (на запад вдоль эклиптики со скоростью 50' (50 дуговых минут) в год, таким образом, эта точка сейчас находится в созвездии Рыб.

Только для астрологических целей зодиак делится на двенадцать равных частей каждая по 30° и называется знаками, названия этих знаков совпадают с названиями созвездий, с которыми они соотносятся. Ни один ученый сегодня не рассматривает астрологию в серьёзном русле, это всего лишь распространённая форма суеверия.

Как найти созвездие, в котором находится Солнце?

Звёзды, которые находятся возле Солнца не видны при дневном свете. Сделайте диск из картона (23) и закрепите его вокруг Земли. Одну сторону диска раскрасьте в белый цвет, другую сторону – в чёрный. Закрепите диск на Земле в вертикальном положении. Сторона белого цвета – это сторона дневного света у наблюдателя, эта сторона обращена к Солнцу. Установите звёздный купол. Звёзды на куполе, которые находятся на дневной стороне Земли, не видны. Наблюдатель с тёмной стороны Земли находится в темноте. Наблюдатель на тёмной стороне видит звёзды на звёздном куполе. (см. рис. 2 на стр. 23). Обратите внимание, в каком созвездии находится Солнце; белая сторона диска обращена к этому созвездию. Поместите Землю в положение точно на шесть месяцев вперед. Теперь тёмная сторона диска обращена к этому созвездию.

Созвездие, которое не видно при свете Солнца, становится видимым с юга (севера) шестью месяцами позже.

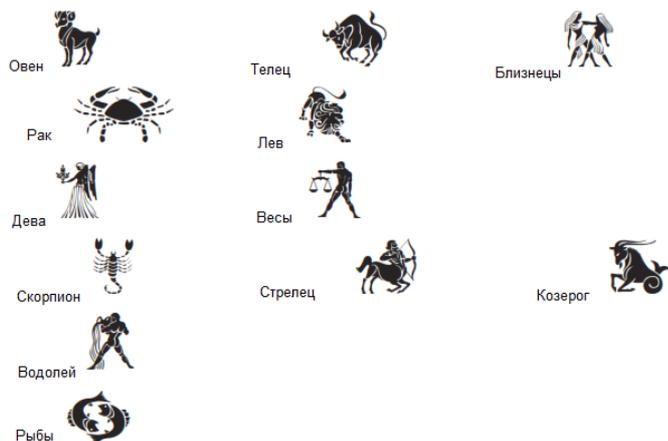
Стихотворение для запоминания последовательности созвездий:-

Названия:-

Овен, Телец и Близнецы,
а также Рак и Лев...
сияют Дева и Весы –
прекрасен звездный неф!

Ползет по небу Скорпион,
стрелу пустил Стрелец,
А Козерог умчался вон,
Но это не конец

Несет сосуды Водолей –
опять они пусты.
И Рыбам воду не жалей,
блеснули их хвосты!



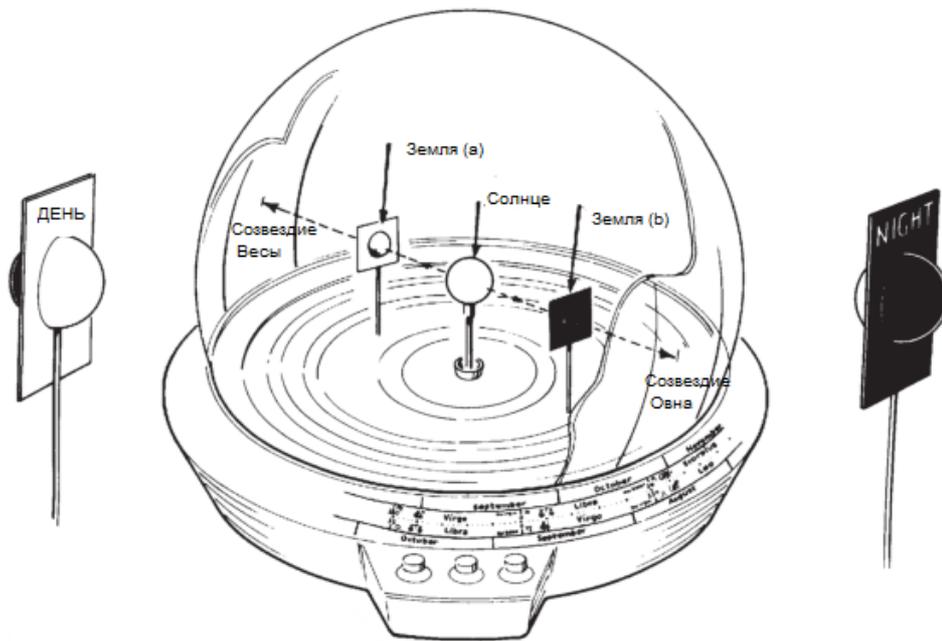
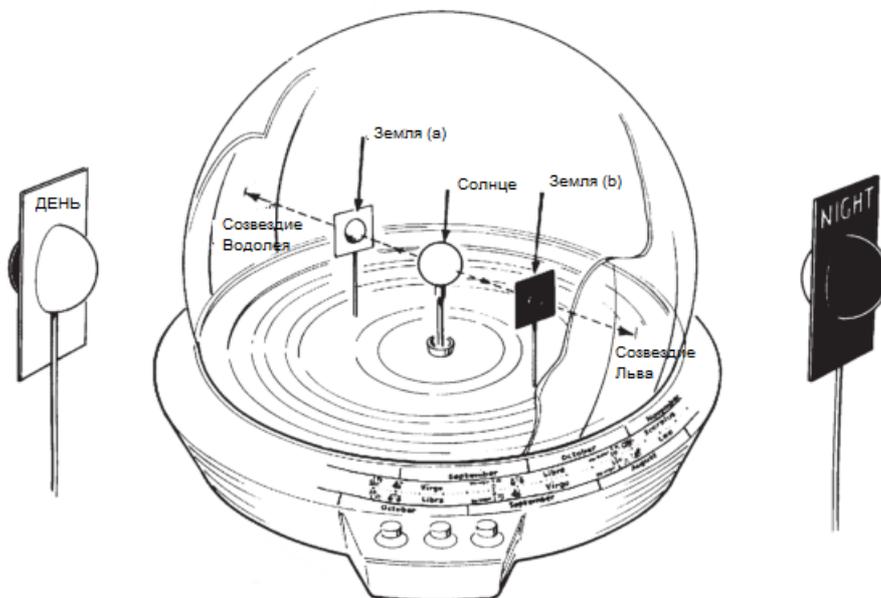


Рис. 2 Северная сторона звёздного купола

Положение Земли (a) Солнце в созвездии Овна
Созвездие Весов в ночном небе

Положение Земли (b) Созвездие Овна в
ночном небе через 6 месяцев
Солнце в созвездии Весов



Южная сторона звёздного купола

Положение Земли (a) Солнце в созвездии Льва
Созвездие Водолея в ночном небе

Положение Земли (b) Солнце в созвездии Водолея через 6 месяцев
Созвездие Льва в ночном небе

Тема 6 - Планеты: что заставляет их двигаться

Для проведения экспериментов по теме вам понадобятся: Основание планетария (1), планеты (2), контроллер мощности (5) и звёздный купол (7/8).

Так же вам пригодятся дополнительные инструменты. Маленькая картонная трубка (19) и картонный диск (23).

Введение

Планеты движутся по орбитам вокруг Солнца, каждая орбита располагается в плоскости своей планеты. Мы можем наблюдать за ними с Земли до тех пор, пока Солнце не закроет их; как быстро орбита исчезает из поля видимости, зависит от скорости орбиты.

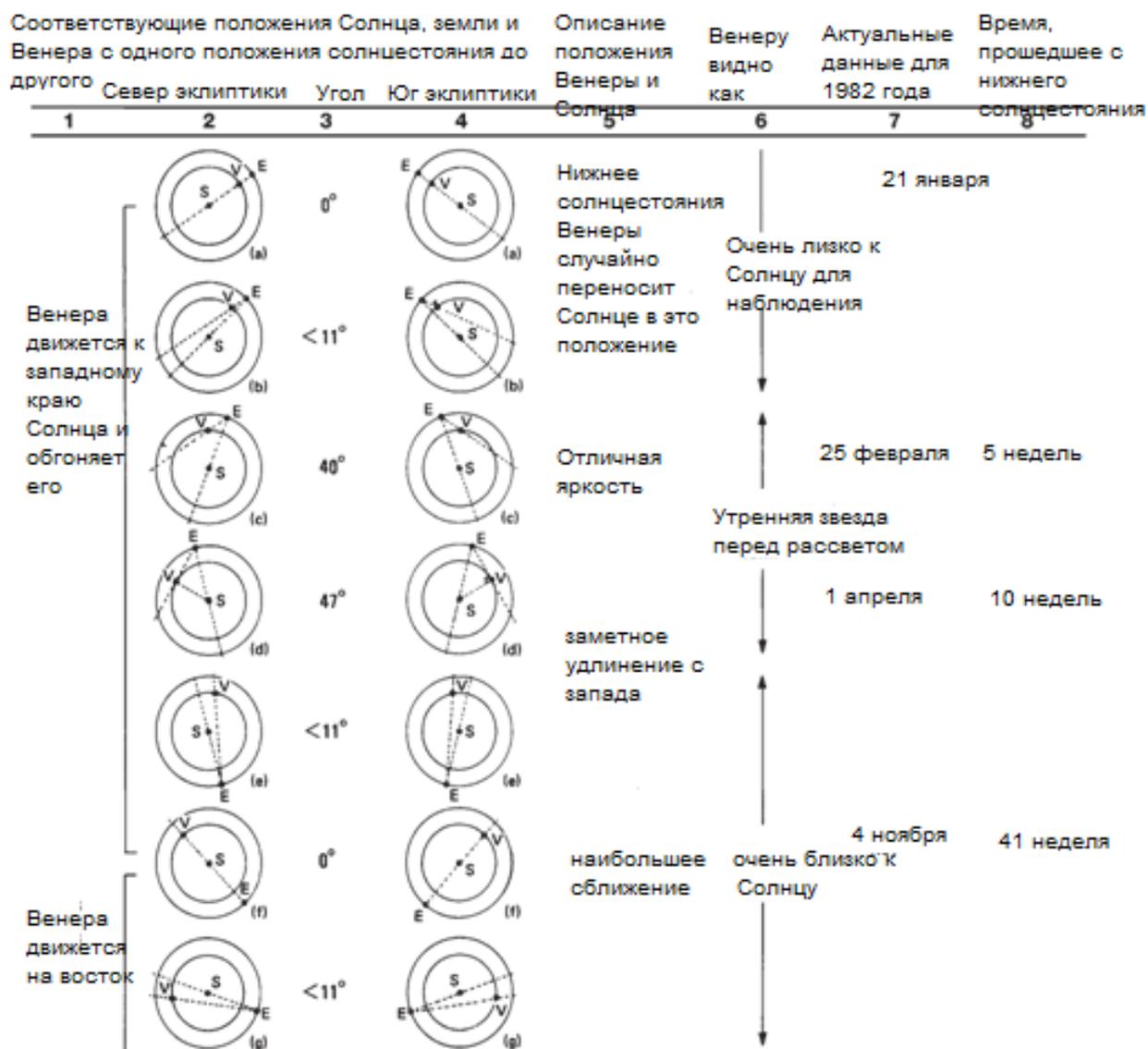
Планетарий Гелиос – отличный инструмент, показывающий где возможно следить за планетами, возможность убрать все планеты, кроме нужной, превращает планетарий в хорошее учебное пособие. Следующие вопросы помогут вам разобраться в движении планет.

Почему Венера и Меркурий не видны по ночам?

Соберите планетарий, поместите в него Солнце, Венеру и Землю/Луну на одной линии. Запустите Венеру и Землю. Позиции, отображенные в первой колонки на рисунке ниже, будут наблюдаться последовательно.

Обратите внимание на критические положения (a), (d), (f), (h), (k). Названия этих положений приведены в колонке 5 и рис. 2. Насколько близко к Солнцу окажется Венера, если смотреть с Земли с положений (a) - (b), (e) - (g) and (j) - (k).

Рис. 1



Соответствующее положение Солнца, Земли и Венеры от одного солнцестояния до другого, вид с:				Описание соответствующего положения Солнца и Венеры	Венеру видно как	Актуальные данные для 1983 года	Время, прошедшее с нижнего солнцестояния
Север эклиптики	Угол SEV	Юг эклиптики	1				
(h)	47°	(h)	заметное удлинение с запада	↑ Утренняя звезда сразу же после заката ↓ ↑ Очень близко к Солнцу	16 июня	73 недели	
(i)	40°	(i)	отличная яркость		19 июля	78 недель	
(j)	<11°	(j)			25 августа	83 недели	
(k)	0°	(k)	Нижнее солнцестояние Венеры случайно переносит Солнце в это положение				

Повторите наблюдения, отметьте изменение размера угла в направлении Земля-Солнце (E-S) и в направлении Земля-Венера (E-V) в градусах.

Самый большой угол между тремя направлениями образуется, когда E-V-S образуют правый угол (направление E-V - это касательная к орбите Венеры). Планета заметно вытягивается. Угол S-E-V при удлинении максимум* равен 47°. (ВНИМАНИЕ:- Нижнее солнцестояние происходит тогда, когда планеты между землей и Солнцем образуют прямую линию E-V-S. Верхнее солнцестояние происходит тогда, когда планета находится по другую сторону Солнца, а E-S-V образуют прямую линию.)

Небесные тела движутся по небу со скоростью 15° в час. Не более 47° разделяет Солнце от Венеры и наблюдателя с Земли. Точно такой же эксперимент можно повторить с Меркурием.

Угол верхнего солнцестояния Меркурия равен 23°. При повороте на 15° в час Меркурий не отстает от положения Солнца более, чем на 1,5 часа.

Поэтому ни одну из планет нельзя наблюдать задолго до восхода Солнца и задолго до захода Солнца.

Если Венера – это утренняя звезда, то она же и вечерняя звезда?

Венеру часто называют «вечерней звездой», во многом из-за того, что она ярко светится в ночном небе и хорошо видна сразу после заката, Венера следует за Солнцем вдоль западного горизонта. Однако Венеру довольно часто видно и как утреннюю звезду не задолго до восхода Солнца на востоке, после восхода Солнца Венера исчезает. Немногие люди встают настолько рано.

Положения Венеры, в которой планета выступает в качестве утренней или вечерней звезды, показаны на рис. 1 кол. 6 под заголовком «Венеру видно как».

* Если бы орбиты Земли и планет имели форму круга, то угол наибольшего удлинения был бы неизменен. Это хорошо видно на модели планетария. Благодаря тому, что орбиты имеют вытянутую форму, угол наибольшего удлинения одной орбиты не может быть точно таким же, как угол другой орбиты. Поэтому при каждом повторении положений (с) и (g), показанных на рис. 1., образуется большой угол (S-E-V) существует также положение, которое редко достигается, когда угол S-E-V максимален.

Сколько месяцев проходит между появлением Венеры и её повторным появлением в качестве утренней (вечерней) звезды?

Соберите планетарий, поместите Солнце, Венеру и Землю на одну линию, затем выровняйте их в соответствии с обозначением месяца на шкале планетария.

Нажмите переключатель «☿» для вращений, установите минимальную скорость и смотрите внимательно за происходящим. Остановите вращение сразу же после того как Солнце, Венера и Земля снова выстроились в одну линию в таком же порядке. Посмотрите на шкалу основания, прочитайте название месяца, которое соответствует положению Солнца, Венеры и Земли. Если в самом начале вы выбрали, например, июль, то вы обнаружите, что линия S-V-E восстановится через 19 месяцев, это примерно начало февраля.

Для Меркурия соответствующий период равен 4 месяцам.

Сколько времени требуется Венере для смены положения с далекого западного от Солнца до ближайшего?

Соберите планетарий, поместите Солнце, Венеру и Землю. Определите дата ближайшего положения Земли на шкале основания.

1. Посчитайте, сколько времени требуется планетам для перемещения из положения (d) в положение (h). Во время этого движения Венера находится на другой стороне Солнца. (Верхнее солнцестояние)
2. Посчитайте, сколько времени требуется планетам для перемещения из положения (h) в положения (i), (a), (b), (c) to (h). Во время этого движения Венера находится на этой же стороне Солнца (Нижнее солнцестояние)

Эти периоды не могут равными, с помощью планетария вы увидите почему. Первый период длится около 15 месяцев. Второй период длится около 5 месяцев.

Венера проходит из утренней звезды в вечернюю звезду очень медленно; из вечерней звезды в утреннюю быстрее.

Для Меркурия эти периоды делятся 21 месяц и 11 месяцев соответственно.

Иногда Венера ярче, чем обычно? Почему?

Соберите планетарий, поместите в центр Солнце и поместите одну из ярких планет на кольцо Юпитера, эта планета будет выполнять роль Венеры. (Кольцо Юпитера вращается на комфортной для наблюдения скорости).

Затемните устройство Земля/Луна при помощи небольшой картонной трубки (19). В ходе данного эксперимента наблюдатели находятся за планетарием. Эксперимент проводится в затемнённой комнате или, если это невозможно, поместите картонную коробку поверх планетария и наблюдайте за происходящим. Включите.

Когда планеты находятся максимально близко к наблюдателям, меняется яркость планеты, такое положение отображено на рис. 3.

Рис. 2 Взаимное расположение Земли и Венеры, 1981/2 вид с юга эклиптики

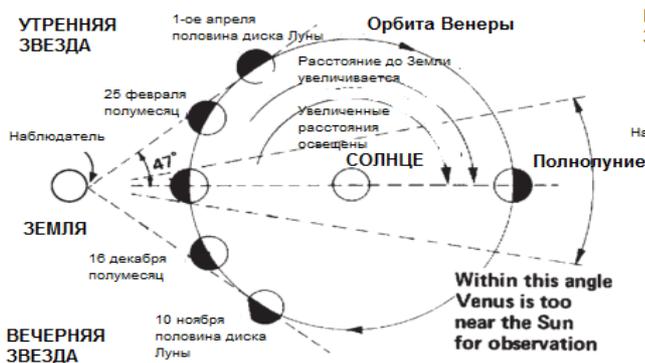
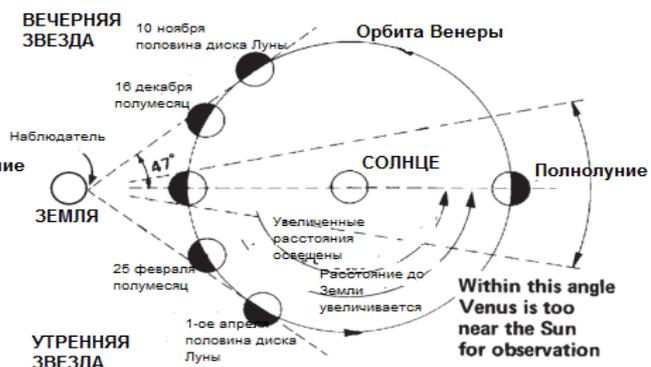


Рис. 3 Взаимное расположение Земли и Венеры, 1981/2 вид с севера эклиптики



10 ноября	Восточная элонгация	16 декабря	Яркое отражение
Jan 21st	Нижнее солнцестояние	Feb 25th	Яркое отражения
April 1st	Западная элонгация		

Очевидная яркость Венеры положительно влияет на:

1. Увеличение расстояния угла между Солнцем (например, рис. 1 с (b) по (c)).
2. Смену фазы с новой до полной.

И отрицательно влияет на:

3. Увеличение расстояния с Землёй.

Поскольку эти эффекты мешают друг другу, возможно найти положения, в которых яркость достигает максимума.

Внимание 1. На приведенном выше рисунке Земля представлена как неподвижная планета, для более реалистичного изображения см рис. 1 на стр. 24 или экспериментируйте с планетарием.

2. «Возрастающая площадь...» относится к поверхности Венеры, которая видна с Земли, а не ко всей площади Венеры.

У всех планет есть фазы?

Внутренние планеты - Фазы Венеры были показаны в введении к теме 2. Изменения фаз играет важную роль в изменении блеска планеты (рис. 3).

Повторите наблюдения, соберите планетарий как показано на рис. 1. На этот раз обратите внимание на то, что положения Венеры будут «новыми» (E-V-S - рис. 1 (a)) и «полными» (E-S-V - рис. 1 (f)). «Новая» фаза повторится в положении E-V-S - рис. 1 (k) и т.д. (В «новой» и «полной» фазах Венера будет находиться ближе к Солнцу для наблюдения).

Внешние планеты - Соберите планетарий, поместите Солнце, Землю и Юпитер. Начните медленно вращать планеты, примерно посчитайте сколько раз с Земли возможно наблюдать освещенную сторону Юпитера. Вы обнаружите, что освещенную сторону Юпитера можно наблюдать в два раза меньше.

То же самое и с другими внешними планетами, т.е. с планетами, которые находятся от Солнца дальше, чем Земля. Чем дальше от Земли находится планета, тем меньшее количество раз с Земли возможно увидеть освещенную сторону планеты. Поэтому с Земли мы можем наблюдать примерно за половиной внешних планет, которые находятся дальше по сравнению с Юпитером.

Почему кольца Сатурна иногда видно лучше?

Соберите планетарий, поместите Солнце, Землю и Сатурн.

Поместите картонный диск (см. Тему 11, рис. 9) вокруг Сатурна, этот диск будет играть роль колец.

Если поместить планету на широту 82° в соответствии со шкалой основания, а картонный диск разместить под углом 30° к Солнцу (в плоскости эклиптики), то положение модели Сатурна будет соответствовать положению планеты в 2002 году. В этот год кольца будут отлично видны.

Положение колец в космосе остается неизменным подобно тому, в каком направлении вращается ось Земли (Тема 11 рис. 2).

Один «год» на Сатурне длится 29,5 земных лет, в течение этого времени кольца видны под разными углами.

Например, в 2009-2010 годах их можно будет наблюдать с Земли в положении «ребром», в таком положении они менее заметны, чем в положении 2002 года.

Внешние планеты делают «мёртвую петлю». Почему?

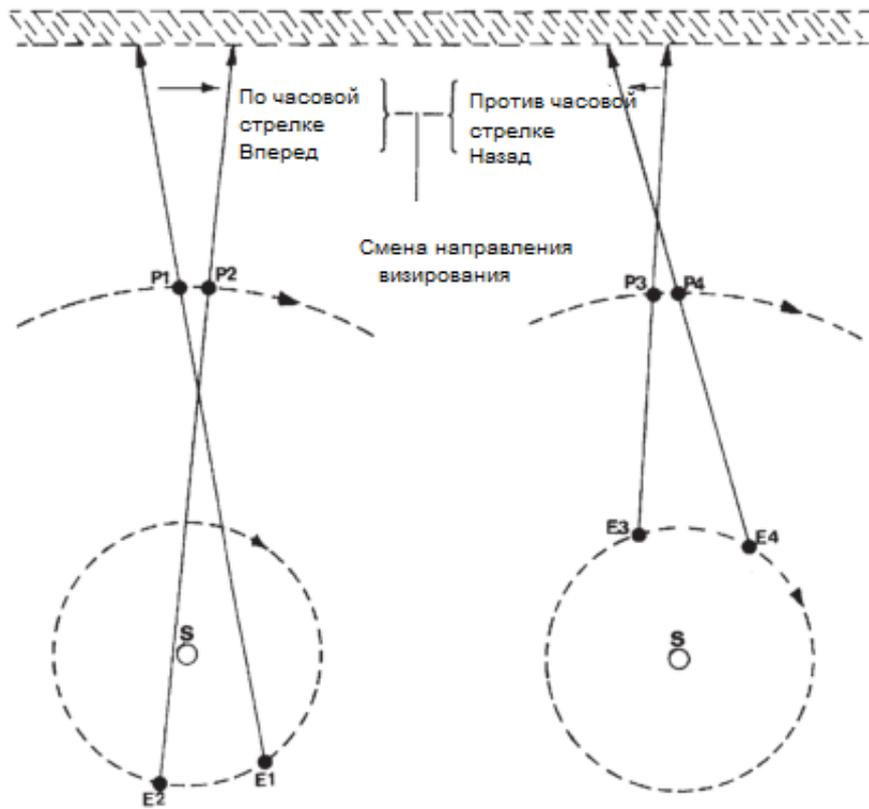
Соберите планетарий, установите Солнце, Землю и Юпитер на одной линии. Поместите сверху звёздный купол. Вращайте планетарий с медленной скоростью, удобной для наблюдения, разместите Землю ближе к наблюдателю, а Юпитер дальше. Начните медленно вращать Землю и Юпитер против часовой стрелки [по часовой стрелке] и, непрерывно поворачивая планетарий, следите, чтобы Земля и Юпитер оставались на одной линии.

Когда Земля движется по той части своей орбиты, где Солнце находится между Землёй и Юпитером, Юпитер находится ближе всего к Солнцу и за ним можно возможно наблюдать с Земли, или его можно будет увидеть слева [справа] по направлению к фону звёздного неба. Когда Земля движется по другой части своей орбиты, т.е. когда Земля находится между Солнцем и Юпитером, Юпитер будет двигаться вправо [влево] как видно с Земли, и его движение вдоль звёздного фона возможно измерить. Это известно как «кажущееся движение планеты среди звёзд в западном направлении».

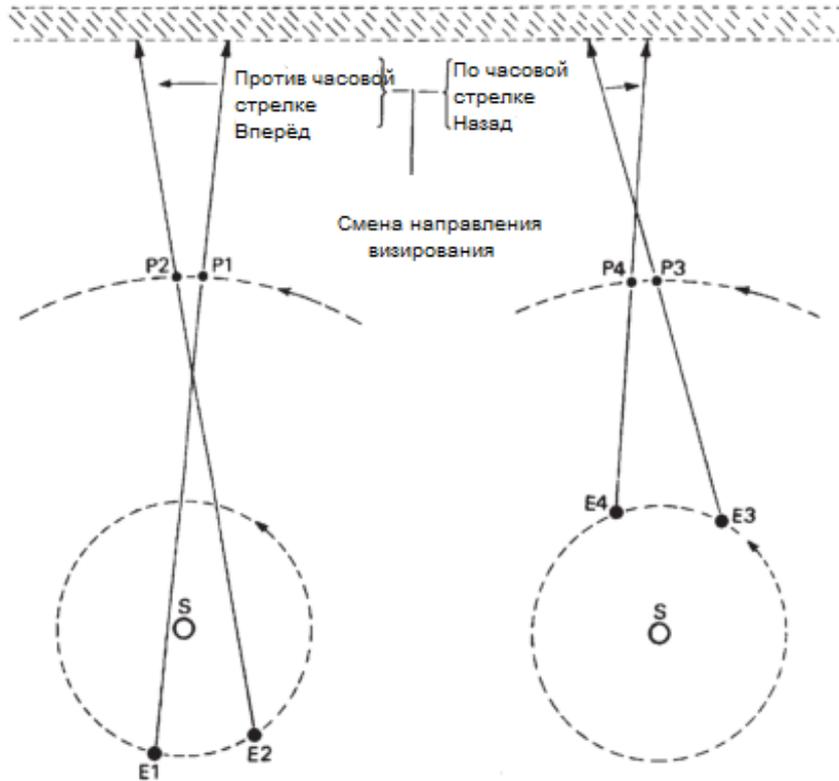
Орбиты Земли и Юпитера слегка отклонены относительно друг друга. Поэтому положения, которые занимает Юпитер в процессе прямого и обратного вращения, не движутся с одних и тех же линий, образуя петлю.

ФОН ЗВЁЗД, видимый с севера эклиптики

Рис. 4



ФОН ЗВЁЗД, видимый с юга эклиптики



Положения Земли E1 E2 E3 E4 на её орбите.

Соответствующие положения P1 P2 P3 P4 планеты на её орбите.

E1 P1, E2 P2, E3 P3, E4 P4 – направления, в которых наблюдатель с Земли должен наблюдать за планетой.

Для проведения экспериментов вам понадобятся:-
Основание планетарий (1), контроллер мощности (5) и звёздный купол (7/8). Планетарий Гелиос так же необходимо снабдить батарейками, чтобы он работал вне стен помещения ночью.

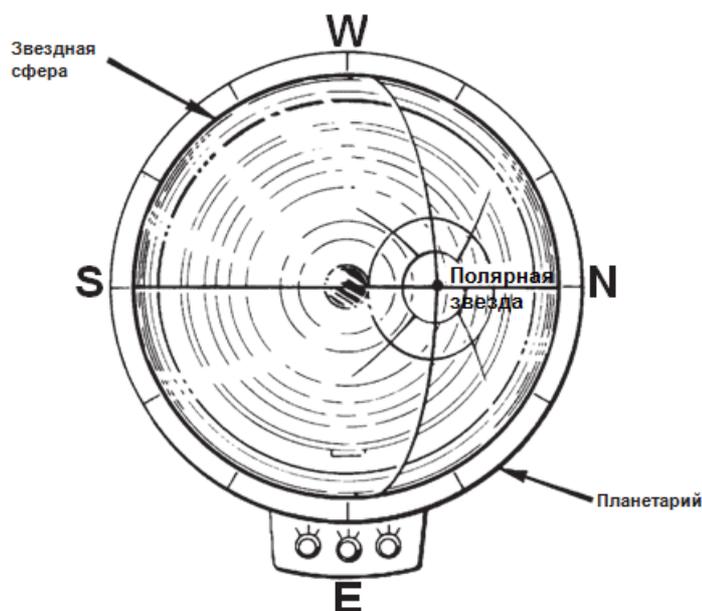
Каким образом возможно совместить звёздный купол со звёздами и созвездиями?

Поместите планетарий на маленьком столике на открытом пространстве, настолько открытом, насколько возможно. Настройте компас. Несколько подсказок для использования планетария в северном полушарии:-

1. Найдите Полярную звезду – на севере.
2. Помните направление, в котором Солнце должно быть видно в полдень. Эта точка находится на юге.
3. Вспомните, в каком направлении Солнце встаёт или садится:
В декабрьское солнцестояние Солнце поднимается южнее востока и садится южнее запада, азимут отличается по широте. В марте и сентябре Солнце встаёт на востоке и садится на западе. В июньское солнцестояние Солнце встаёт севернее востока и садится севернее запада, азимут отличается по широте.
4. Используйте карманный компас. Учтите магнитное склонение.

Настройте планетарий как показано на рис. 1.
Включите «солнце».

Рис. 1



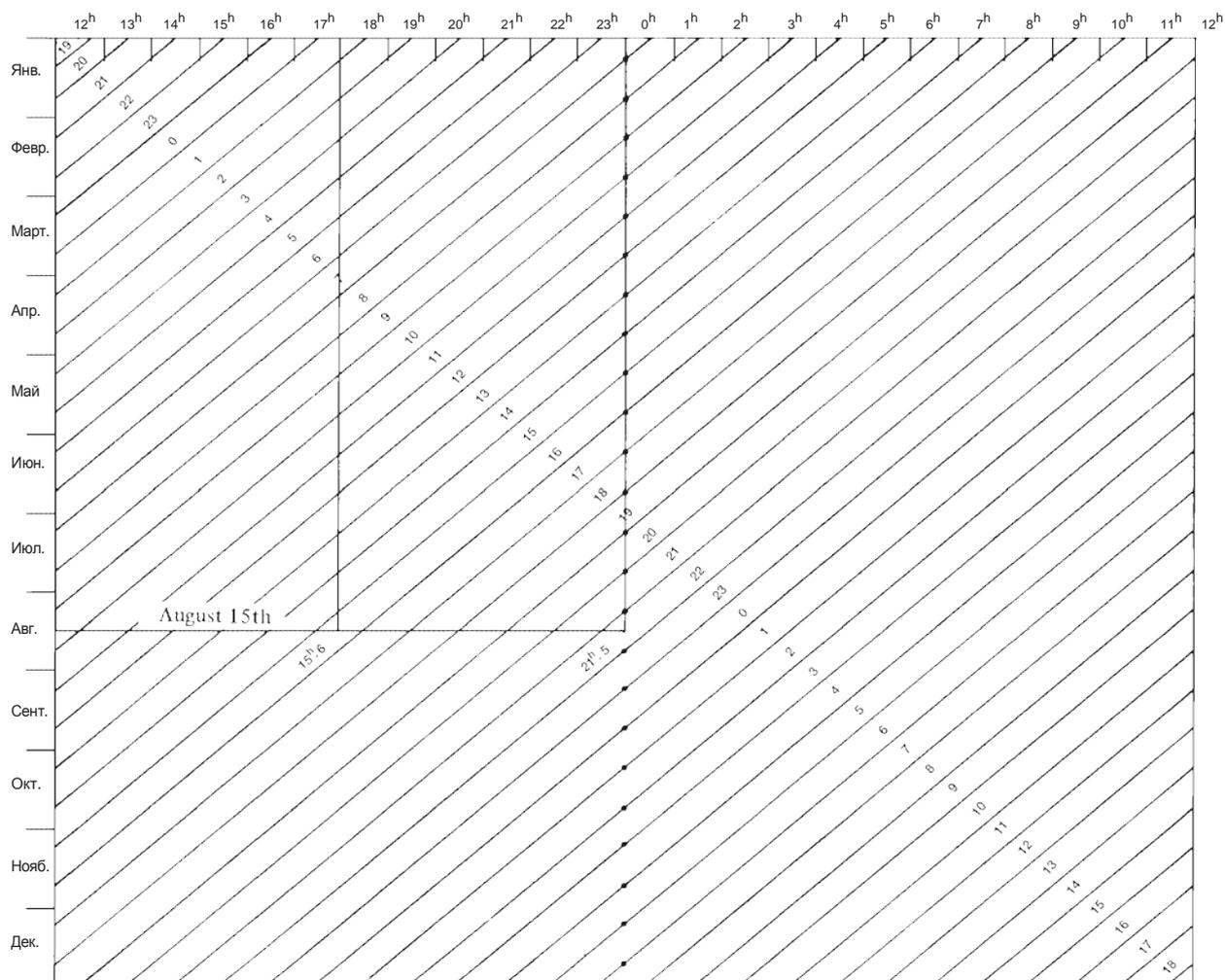
Несколько подсказок для использования планетария в южном полушарии:-

1. Посмотрите на созвездие Южного Креста, если оно находится над горизонтом, используйте его, чтобы получить приблизительное направление. Созвездие возможно легко найти в небе по вечерам между январём и маем.
2. Помните положение, в котором видно полуденное Солнце. Это на севере.
3. Вспомните направления, в которых Солнце встаёт и садится:
4. В декабрьское солнцестояние Солнце поднимается к югу от востока и садится к югу на западе.
5. В марте и сентябре Солнце встаёт и садится на востоке и западе.
6. В июньское солнцестояние Солнце поднимается к северу от востока и садится к северу на запад.
7. Используйте карманный компас. Учтите магнитное склонение.

Поверните планетарий таким образом, чтобы южный небесный полюс указывал на юг.
Для практического использования установка планетария может занять около часа.

Звёздный купол возможно использовать в любое время. Линии координат на звёздном куполе, которые соединяются на полюсе, называют линиями прямого восхождения (П.В.), а параллельные линии называют линиями склонения. Линии П.В. и склонения – это небесные эквиваленты широты и долготы. В таблице показаны какие П.В. и когда находятся на меридиане. Поднимите купол звёздного неба и выровняйте П.В. в соответствии с меридианом. Наклоните его, пока небесный полюс на куполе не укажет на небесный полюс в небе. Кроме того, выровняйте центр купола и любые две звезды на куполе со звёздами в небе. Чтобы технически всё прошло успешно, купол должен находиться в таком положении, чтобы глаз наблюдателя находился в центре звездного купола, то есть он был равноудален от всех точек купола. (Это физически невозможно сделать для всех представленных созвездий).

Рис. 2 **ЗВЁЗДНОЕ ВРЕМЯ (= П.В. на МЕРИДИАНЕ)**
Время (Г.С.В.)



На приведенном выше рисунке наклонными линиями являются линии П.В. Звёздное время (равное П.В. на меридиане) в любой день и время (Г.С.В.) может быть найдено с использованием этого рисунка. Например, 10 августа в 21.00 по Г.С.В. звёздное время равно 18 ч. 6¹. Это значение гринвичского звёздного времени (Г.З.В.) актуально для наблюдателя на Гринвичском меридиане. Если наблюдатель находится западнее Гринвича, то его долготу нужно вычесть из Г.З.В. на Гринвичском меридиане, в итоге получится местное звёздное время (М.З.В.), если на востоке, то прибавить долготу.

Пример: Наблюдатель 80° запад = 5 ч. 20 мин. запад (1 градусу = 4 минутам). Дата: 10 октября 02.00 ГЗВ.
Судя по рисунку, примерное значение ГЗВ вычисляется следующим образом:-

	Ч.	МИН.
ГЗВ	03	10
Широта	<u>05</u>	<u>20</u>
МЗВ	-02	10
Добавить	<u>24</u>	<u>00</u>
МЗВ	21	50

¹18ч.6 - десятичное обозначение, равное 18 часам 36 минутам

Что такое П.В. звёзд к югу от Гринвича, например, 15 августа в 18.00?

Г.С.В.	Г.З.В.	
00 ч. 00 мин.	21.31	из справочника
18 ч. 00 мин.	18.00	
	плюс	<u>00.03</u> <u>18.03</u>
		<u>39.34</u>

Вычтите 24 часа из 39 ч. 34 мин. = 15 ч. 34 мин. это время для Г.З.В. в 18 ч. 00 мин. 15 августа и для П.В. звёзд, пересекающих меридиан в этот момент.

Какие звёзды пересекают меридиан на 30° восточной долготы. 16 апреля в 20 ч. 00 мин. по местному среднему солнечному времени?

	Г.З.В.		М.З.В. при 30° восточной долготы (добавьте 4 мин. за каждый градус, например 120 мин. или 2 ч.)	
00 ч. 00 мин.	13.34		15.34	
20 ч. 00 мин.	20.00		20.00	
	плюс	<u>00.03</u> <u>20.03</u>	<u>00.03</u> <u>20.03</u>	
		33.37	35.37	
	минус	<u>24.00</u>	<u>24.00</u>	
		<u>9.37</u>	<u>11.37</u>	

Ответ: Все звёзды с П.В. в 11 ч. 37 мин.

Обратите внимание, что околополюсные звёзды будут пересекать меридиан «ниже полюса» при более низком проходе и П.В. этих звезд будет в 12 ч. 00 мин. в отличие от звёзд, которые пересекают меридиан при верхнем проходе. Таким образом, полный ответ на этот вопрос - 11 ч. 37 мин. и 23 ч. 37 мин.

Раздел третий

Полный планетарий Гелиос

Тема 8 - Полярная звезда и ноктурлабиум

Для проведения экспериментов вам понадобятся:-

Основание планетария (1), контроллер мощности (5), звёздный купол (7/8), наклонная ось земного шара (9), глобус Земли (10), основание (11), опорный конус (12), опорное кольцо земного шара (13), человек и прутик (14).

Уберите солнцезащитное устройство. Лампа должна излучать яркий «точечный свет». Поместите звёздный купол. В затемненной комнате при включенной лампе возможно увидеть некоторые созвездия и их названия на звездном куполе, спроецируйте их на не слишком отдаленный белый потолок или стену.

Проецирование можно дополнить изображениями звёзд из книг.

Почему звёздный купол отмечен неравномерно?

Уровень или плоскость, в которой находится орбита Земли, орбиты планет, которые не удалены от нее, находятся в плоскости эклиптики. (См. ещё раз Тему 1, стр. 9).

Но северо-южная ось Земли при вращении образует угол к этой плоскости, который равен $66\frac{1}{2}^\circ$.

Почему наблюдателю ночью в северном полушарии кажется, что Полярная звезда всегда остается на одном и том же месте в небе, а другие звёзды перемещаются?

Соберите планетарий следующим образом:- (см. «собираем земной шар», стр. 7)

Закрепите наклонную ось земного шара (9) в нужном положении, затем разместите основание (11) и закрепите опорное кольцо (13). Поместите глобус Земли (10) на ось таким образом, чтобы глобус опирался на него. Установите опорный конус (12) для поддержки звёздного купола. Прикрепите фигурку человека к пруту и закрепите её на земном шаре при помощи пластилина; убедитесь, что фигурка человека обращена к Полярной звезде, когда звёздный купол будет установлен.

Вам будет легче прикрепить фигурку человека к пруту до того, как вы поместите фигурку на глобус, а так же вы сможете зафиксировать угол для выбора широты. Если вы сначала выберите широту, а потом начнете менять угол прикрепления, то вам будет намного сложнее. Теперь посмотрите на планетарий и ответьте на вопросы:-

1. По мере того как вращается Земля с фигуркой человека, фигурка человека удерживается строго «лицом» к Полярной звезде. (Если фигурка человека смещена, то она будет описывать круги вокруг Полярной звезды). Околополюсные звёзды (Тема 9, стр.34) вращаются вокруг Полярной звезды. В созвездии Большой Медведицы есть околополюсные звёзды, которые всегда находятся на одной линии с Полярной звездой. Они называются «ноктурлабиумами». (См. так же Тему 9.)
2. Возьмите указатели как опорные линии, эти точки располагаются вертикально вверх к Полярной звезде в 18 часов (6 вечера) местного времени 6 декабря каждый год.

Из приведенных выше фактов можно указать приблизительное время в ночное время в любой день в течение года. В прошлом для этих целей использовалось астрономическое устройство, которое так и называлось «ночным». (Как сделать ночное устройство описано в проекте 1).

Три круга (а), (b) и (с) каждый из которых делится на 24 одинаковые части. Объединив информацию, изложенную в пунктах (а) и (b), можно определить, на каком радиусе (с) указатели будут находиться.

Например:

В 6 часов вечера 6 января указатели будут находиться вдоль линии 8.

В 6 часов вечера 6 марта указатели будут находиться вдоль линии 12.

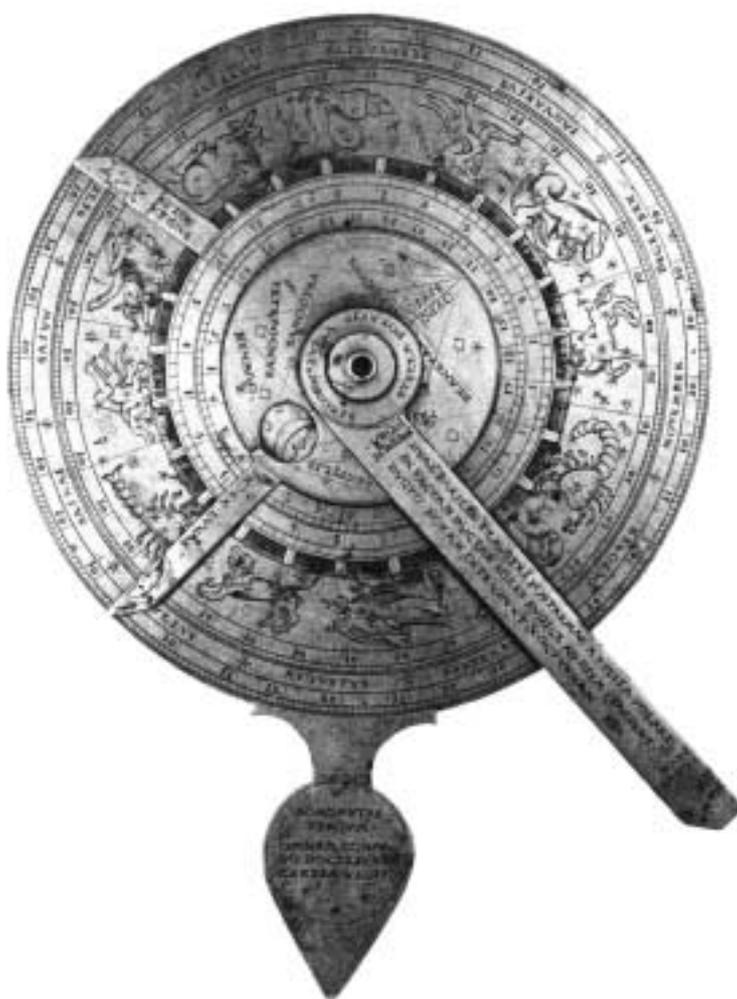
В 11 часов утра 6 марта указатели будут находиться вдоль линии 17.

Разница в настройках круга времени для ночного режима, позволяет использовать положения других звёзд по отношению к Полярной звезде для определения времени. (См. Тему 9).

В музеях, где представлены научные инструменты, можно найти великолепные примеры ночных рисунков из слоновой кости, латуни и дерева.

Один из таких примеров изображен ниже. Этот ноктурлабиум с диаметром 13 см (5 дюймов) изготовлен из латуни Каспаром Вепелем из Кельна в 1552 году. Сейчас он находится в Музее истории науки в Оксфорде.

Фотография, воспроизводимая по разрешению куратора Музея истории науки, Оксфорд.



Тема 9 - Как видны звёзды с Земли

Для проведения экспериментов в данном разделе вам понадобятся:-
Основание планетария (1), контроллер мощности (5), звёздный купол (7/8), наклонная ось для Земного шара (9), глобус (10), основание (11), опорный конус (12), опорное кольцо земного шара (13).

Как нарисовать небо?

По тому же принципу, что и картографы рисуют Землю.

Представьте, что Земля раздувается подобно воздушному шару до тех пор, пока не заполнит всё небо. Земные линии долготы и широты означали бы небо. Однако линии неба называются по-разному. Их называют правыми восхождениями и уклонами.

Все наблюдатели из любой точки Земли смотрят в одном направлении, чтобы увидеть звезду?

Если посмотреть на рисунок, такой как на рис. 1, то ответ, скорее всего, будет «Нет».

Рис. 1

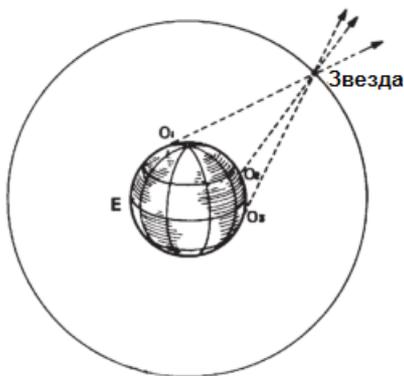
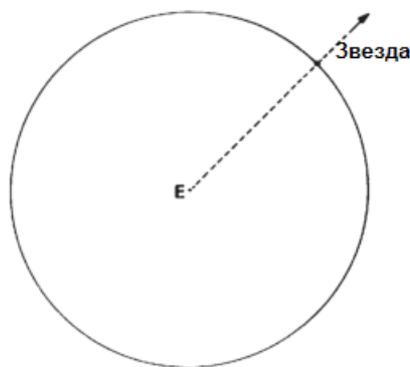


Рис. 2



Но такой рисунок сильно преувеличивает относительный размер Земли и недооценивает расстояние между Землей и звездами. Нужно представить себе, что:

1. звёздный купол намного больше увеличен или
2. Земля почти бесконечно уменьшается. Последнее является более простой концепцией и проиллюстрирована на рисунке 2. Это более похоже на реальность. Он показывает, что различные направления, показанные на рисунке 1, разрешаются в одно и то же направление. Мы снова встретим эту концепцию в теме 11 на стр. 45.

В каких единицах измеряются небесные координаты и как они сравниваются с земными?

Соответствующие названия и направления приведены ниже:

Обе системы принимают центр Земли в качестве отправной точки.

Долгота на Земле	Небесное прямое восхождение
180° З	12 ч 00 мин
90° З	18 ч 00 мин
0° Гринвичский меридиан	0 ч 00 мин
90° В	6 ч 00 мин
180° В	12 ч 00 мин

Долгота на Земле	Небесное склонение
90° Северный Полюс	+90° Северный небесный полюс
0° Экватор	0° Небесный экватор
90° Южный Полюс	-90° Южный небесный полюс

Сколько длится один день на Земле?

Соберите планетарий, поместите глобус на наклонную ось, поместите опорное кольцо на основание. Поместите опорный конус для поддержки звёздного купола.

Вращайте Землю до тех пор, пока П.В. 0 часов на звёздном куполе не встанет точно над отметкой 0° широта на глобусе Земли.

Соответствующие небесные уклоны находятся над их земными направляющими.

Поскольку Земля вращается, то очевидно, что соответствующие положения широт и уклонов остаются неизменными, но только один раз за одно полное вращение Земли широты и прямые восхождения соответствуют позициям, указанным в таблице выше. Одно такое вращение представляет собой звёздный день (см. Тему 4).

Поскольку поверхность Земли «исчерчена» пересекающимися линиями: широтами и уклонами, поэтому положения звёзд устанавливаются в рамках определенных линий, которые называются прямым восхождением (П.В.) и уклонами.

Представьте, что они образуют каркас, П.В. и линии склонения становятся более реалистичными.

Человек, сидящий в середине такого каркаса, может проверить положения звёзд, просто посмотрев сквозь каркас.

Император Фредерик III сам построил такой каркас на крыше своего замка в Линце. Он вставал в центр своего строения и наблюдал за звёздами. Линии его каркаса совпадали со звёздными П.В. и линиями склонения. Находясь ровно в центре, он видел звезду на одной линии с отклонением + 30°, при этом + 30° – это было склонение звезды.

Его противники называли его строение «мышеловкой».

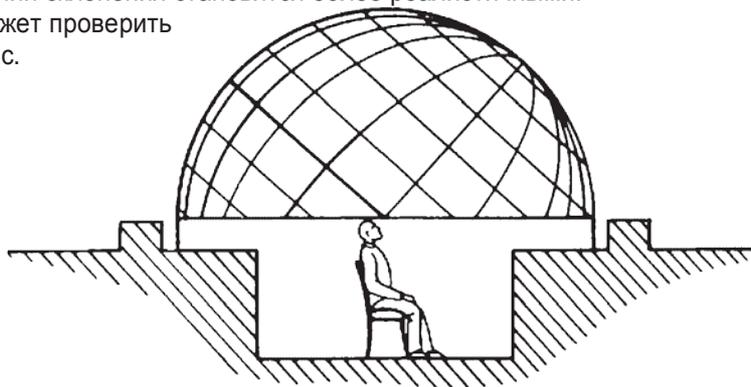


Рис. 3

Проблема в составлении карты звёздного неба заключается в том, что на плоской карте нужно нарисовать то, что на самом деле имеет сферическую форму, та же самая проблема существует при составлении карты Земли. Однако разница заключается в том, что при составлении карты Земли человек находится непосредственно на Земле и может сам посмотреть на местность. При составлении карты звёздного неба можно только представить, что человек смотрит изнутри или снаружи звёздного купола.

Каким образом устроен планетарий?

На первый взгляд звёздный рисунок на ближайшей части купола изображает звёзды так, как их видно при наблюдении с наружной стороны. Если вы присмотритесь к звёздному куполу и посмотрите на другую сторону купола сквозь сам купол, то увидите, что звёзды обращены к наружной стороне купола. Поэтому купол сочетает два положения звёзд.

На звёздных картах звёзды обращены в обратную сторону. На старинных глобусах (старинные они только по возрасту) показано положение звёзд таким образом, что вы смотрите на них снаружи.

Что такое армиллярная сфера?

Подобно «мышеловке» императора, армиллярная сфера – это устройство, которое демонстрирует положение Земли к звёздам. Земля представлена в виде небольшой центральной сферы, ось которой простирается через небесные полюса. Положение полос (от лат. «armilla» = браслет) на северной [южной] части армиллярной сферы напоминает хаотично намотанные нити поверх звёздного купола планетария:

1. Вокруг экватора.
2. Вокруг склонения + 66.5° [-66.5°]
3. Вокруг склонения + 23.5° тропик Рака
4. Вокруг склонения - 23.5° тропик Козерога.
5. Вокруг знаков зодиака
6. Вдоль П.В. 0ч. и 12ч.
7. Вдоль П.В. 6ч. и 18ч.

Сохранившиеся экземпляры армиллярной сферы можно найти в музеях.

Чтение положения звёзд.

Уберите звёздный купол. Переверните его и поместите на лист белой бумаги. Линии П.В. и склонения звёзд сейчас отчётливо видны.

Значения П.В. указаны вдоль красной линии экватора. Значения склонения обозначены вдоль линий П.В. 0ч., 6ч., 12ч. и 18ч.

Ознакомьтесь с положениями самых ярких звёзд. Сравните значения, которые получили вы, со значениями в Приложении 3 на стр. 68. У некоторых звёзд есть названия, которые используются для них в северном полушарии, к ним относятся: Полярная звезда, Бетельгейзе, Альдебаран, Регул, звёзды в южном полушарии: - Канопус, Антарес, Ахернар, Сириус и Фомальгаут.

Какие звёзды постоянно, временно или никогда не находятся в поле зрения наблюдателя?

Наблюдателю на экваторе видны все звёзды на рассвете и в установленное время в течение года. Звёзды восходят и находятся вертикально над горизонтом. Если наблюдатель не находится на горизонте, то для его наблюдений есть небольшой участок на небе вокруг одного или другого небесного полюса, которые всегда находятся над горизонтом. Звёзды на этих участках называются околополюсными звёздами. Чем дальше от экватора, тем больше размер околополярной области неба, который увеличивается для наблюдателя до тех пор, пока на полюсах ему не будут видны все околополюсные звёзды и он не сможет путешествовать по небу по горизонтальному кругу. Есть так же область вокруг другого небесного полюса, который наблюдатель никогда не увидит.

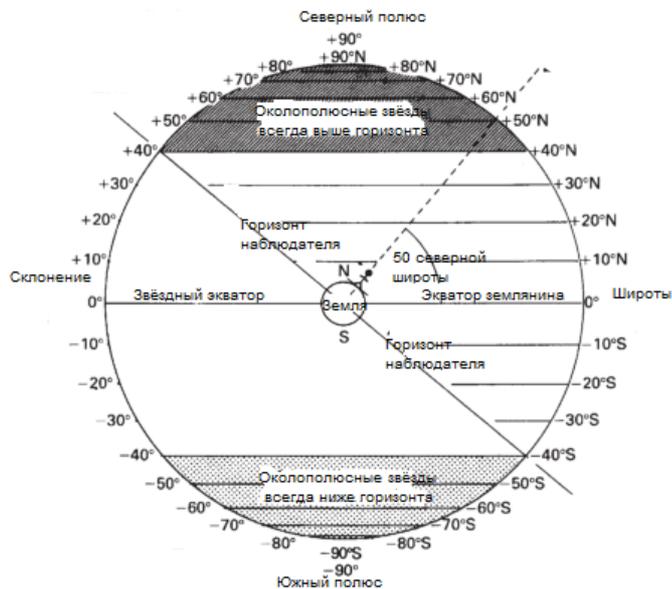


Рис.4

Рис. 4 и рис. 5 показывают отношение между широтой наблюдателя и диапазоном склонения звёзд, которые он может видеть. На каждом рисунке небесные склонения совпадают с земными широтами. Пунктирной линией обозначен «ощутимый» горизонт наблюдателя. Когда объекты для наблюдения находятся на большом расстоянии от наблюдателя, то его горизонт сливается с «небесным» или «разумным» горизонтом, который проходит через центр Земли и является параллельным к «разумному» горизонту наблюдателя. («Разумный» здесь является антонимом слову «ощущаемый», а не слову «глупый»).

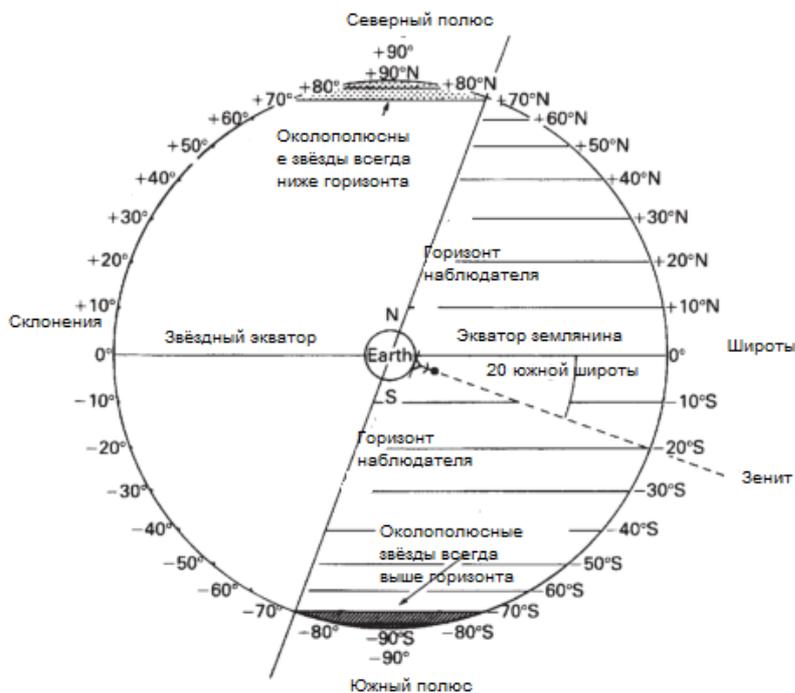


Рис. 5

Судя по рисунку можно представить, что наблюдатель может смотреть с любой широты, если линии зенита и горизонта вращаются вокруг середины рисунка. Звёзды всегда находятся в небе, но наблюдатель может увидеть только ночью. Горизонтальная дымка, стремящаяся затмить хорошую видимость до 5° над горизонтом даже в ясную ночь, на рассвете и в вечерние сумерки, еще больше уменьшают вероятность того, что наблюдатель сможет увидеть некоторые из них.

- NCP = Северный полюс Земли
- SCP = Южный полюс Земли
- N = Северный географический полюс
- S = Южный географический полюс

Отклонения видимых и невидимых звёзд

Склонение звёзд проходит через зенит наблюдателя и равно широте наблюдателя. (Если считать северную широту со знаком +, а южную со знаком –).

	50° северной широты	20° южной широты
Эти звёзды видны постоянно	от +40° до +90°	от -70° до -90°
Эти звёзды видны иногда	от +40° до -40°	от -70° до +70°
Эти звёзды не видны совсем	от -40° до -90°	от +70° до +90°

Создание околополюсной карты

Сначала начертите графы на бумаге. См. на рис.1 на стр. 59. Концентрические круги представляют собой линии склонения с равными разностями радиусов, соответствующих равным разностям склонения. Радиальные линии – это линии П.В. Каждая линия представляет один час, поэтому круг разделен на 24 часа, расстояние между линиями при этом составляет 15°.

Линию горизонта (северная или южная) следует переместить вверх или вниз, в зависимости от широты наблюдателя. Если наблюдатель находится южнее 40° северной широты, то линия перемещается вверх, если наблюдатель находится севернее – то линия опускается. На карте представлены все звёзды до величины 3.5.

Нарисовав диаграмму, добавьте два круга по краям: один для масштаба В.П., другой для временной шкалы как показано на рис. 60. Нанесите звёзды на схему.

Наложите карту и вырежьте.

Чтобы сделать шкалу календаря, нарисуйте шкалу на отдельном листе бумаги. Разделите шкалу на 12 равных частей, отметьте на них названия месяцев. Представьте, что месяца одинаковые, для этого каждому месяцу можно добавить от 5 до 10 дней. Полный круг равен 360° или 365 дням, 1 день представляет практически 1°.

Приложите шкалу на другой лист бумаги. На новом листе бумаги необходимо отметить северный горизонт. Но где? Ответ прост. Во-первых, северный горизонт должен быть под прямым углом к линии, протянутой от центра до 23 декабря на календаре. Это примерно 8° слева от линии, разделяющей декабрь и январь. Во-вторых, линия северного [южного] горизонта является касательной к кругу склонения под углом 90° за вычетом широты наблюдателя. Таким образом, наблюдатель, который находится на 50° северной широте, должен провести линию горизонта по касательной к кругу склонения +40°.

И, наконец, вырежьте шкалу календаря по линии горизонта.

Как пользоваться картой.

Установите время напротив даты.

Карта линии северного [южного] горизонта в горизонтальном положении показывает северные [южные] околополюсные звёзды. Более подробно о том, как сделать околополюсную карту, см. в Проекте 3 стр. 59-61.

Околополярная карта южного полушария

Околополюсная карта южного полушария (см. так же Проект 3) возможно сделать, следуя описанию проекта, изменив последовательность шкал В.П., времени и месяца.

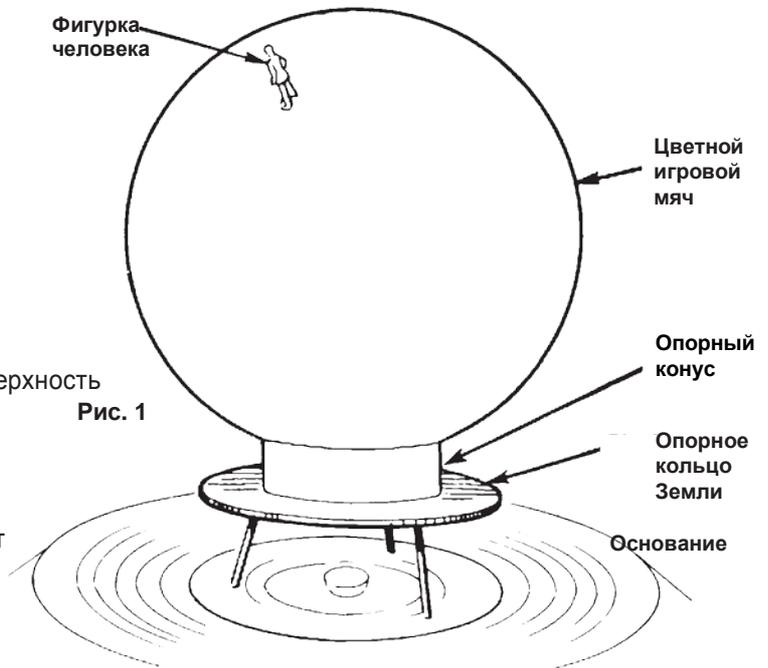
Для проведения экспериментов вам потребуются следующие инструменты:-
Основание планетария (1), основание (11), опорный конус (12), земной шар с
опорным кольцом (13), фигурка человека (14).

Так же вам потребуются дополнительные инструменты:- точечный источник света (21), картонная трубка (22),
цветной игровой шар (24).

Для следующего эксперимента, точечный источник света, являющийся Солнцем, должен быть на одном уровне с экватором Земли.

Чем дальше от Земли, тем легче будет оценить, где проходит линия, разделяющая свет и тень. Способы определения разделяющей линии:-

- Когда тень человека исчезнет; или
- Ноги человека отбросят тень на поверхность Земли.



(ВНИМАНИЕ: Острый край тени может быть размыт от нежелательного отраженного света от стен. Это можно уменьшить, пропуская свет через одну из труб, упомянутых выше).

Фигурка человека.

Важно отметить, что в масштабе шара или Земли высота фигурки человека составляет 1500 километров (1000 миль). Если соблюсти реальные пропорции, фигурка станет невидимой. В итоге в ходе данного эксперимента во внимание принимается только тень от ног фигурки, а не от головы. Однако его голова входит в зону тьмы позже, чем ноги, и выходит из тьмы раньше, чем ноги, это возможно использовать для демонстрации, почему облака и высоколетящие самолеты освещаются Солнцем незадолго до восхода солнца и после захода Солнца, хотя высота этих объектов редко превышает 10 километров.

Время одного вращения

Необходимо четко указать, что время, которое требуется Земле на один полный оборот, равно 24 часам. Здесь необходимо отметить разницу между солнечным и звёздным временем. (см. Тему 4).

Солнце пересекает небо! На самом ли деле оно движется?

Соберите планетарий, установите основу, поместите опорный конус со шкалой времени. Поместите большой шар (представляющий Землю) на опорное кольцо. Прикрепите фигурку человека к шару примерно на 60° северной широты (см. рис. 1).

Затемните комнату и включите точечный источник света (21) (Солнце). Он должен находиться на расстоянии 1-2 метра (3-6 дюймов) от планетария и находиться на одном уровне с экватором Земли.

Включите планетарий и начните медленно вращать Землю. Следите за тем, когда фигурку человека (точнее его ноги) осветит Солнце. Следите, как Солнце проходит по его голове, этот момент является полднем. И наконец, следите как фигурка человека (точнее ноги) постепенно оказываются в тени Земли, в этот момент наступает закат.

Ответа нет. Земля движется. Солнце осталось неподвижно.

Почему Солнце восходит на востоке и заходит на западе?

Отметьте точки на компасе, вырежьте четыре 2,5 см (1") указателя разного цвета для обозначения четырех частей света: N, S, E и W. Правильно выверенные направления должны сходиться в одной точке на мече с фигуркой человека.

Повторите эксперимент. На этот раз важно отметить, что фигурка человека должна быть обращена лицом на восток при восхождении Солнца. Чтобы наблюдать за закатом фигурка должна быть обращена лицом на запад.

Длинные и короткие тени.

Тень фигурки человека можно наблюдать целый день. На рассвете тень длинная, пролегает на запад; тень укорачивается днём, потому что Солнце находится над головой; тень становится длинной, только теперь она пролегает на восток вплоть до вечера.

Если тень не отчетливо видна на Земле, то место, где крепится фигурка человека, можно временно выделить белым цветом.

Как долго длится ночь или день?

Соберите планетарий так, как сказано выше. Примерно подсчитайте, какой поворот совершает Земля, пока фигурка человека перемещается от рассвета до заката.

Ответ: половина дня или 12 часов.

Важно ли, где находится фигурка человека на Земле?

Повторите эксперимент, при этом фигурка человека стоит:

- (a) практически на экваторе;
- (b) очень близко к полюсу.

Не имеет значения, светлая часть времени суток длится полдня: 12 часов.

Как долго длится ночь?

Проведите эксперимент или проведите дискуссию на тему, что ночь длится 12 часов.

Где находится Солнце всё это время?

Солнце находится над экватором; время, когда ночь равна дню называют равноденствием.

Для проведения следующего эксперимента необходимо отрегулировать источник света выше и ниже линии экватора.

Летом дни длиннее, ночи короче. Почему?

Широта, по которой Солнце движется прямо над головой наблюдателя, меняется на протяжении всего года. Солнце находится на 23.5° северной широты (тропик Рака) 22 июня (солнцестояние); Солнце находится над экватором 23 сентября (равноденствие); Солнце заходит дальше 23.5° южной широты (тропик Козерога) 22 декабря (солнцестояние); Солнце возвращается на экватор 21 марта (равноденствие).

Вы можете посчитать время, которое требуется Земле для вращения 24-часовой шкале на планетарии. Удобно разместить шкалу таким образом, чтобы Солнце в полдень фигурки человека находилось на одной линии с отметкой 12 часов.

Соберите планетарий так же, как для предыдущего эксперимента, поднимите точечный источник света вертикально над северной широтой. Далее следует отметить несколько фактов. Поместите источник света прямо над 35° северной широты. Конечно, Солнце не проходит эту широту, это лишь для проведения эксперимента. Если вам не нравится таким образом демонстрировать долготу дня, вы можете поместить большой глобус Земли (10) на деревянную основу, как в следующей теме на стр. 41. Эффект будет тот же самый и ближе к реальности. Каким образом выполнить данный эксперимент написано в последнем параграфе на стр. 40.

Поместите фигурку человека на 60° северной широты. Фигурка человека (его ноги) будут освещены Солнцем более половины 24 часов. С помощью кольца времени возможно посчитать продолжительность дня более точно. Это удлинённый день.

Важно ли, где находится фигурка человека?

Повторите эксперименты с фигуркой человека, описанные выше:

- (a) на Северном полюсе [Южном полюсе]; здесь Солнце никогда не исчезает из видимости. Поэтому ночи в этой области называют белыми.
- (b) на экваторе; здесь дни и ночи имеют одинаковую продолжительность
- (c) юг от экватора; здесь дни короче, а ночи длиннее.

Сколько длится ночь летом?

Остаток из 24 часов составляет ночь.

Что происходит, когда Солнце светит прямо над южной [северной] широтой экватора?

Соберите планетарий, как в предыдущем эксперименте, поместите точечный источник света (Солнце) прямо над южной [северной] широтой. Проведите эксперименты с фигуркой человека в положениях (а), (b) и (с).

(а) на северном [южном] полюсе Солнце никогда не наблюдается: это явление называют полярной ночью.

(b) на экваторе дни и ночи длятся одинаковое количество времени, как и ранее.

(с) на юге экватора дни длятся дольше, дни короче.

В таблице ниже приведены результаты экспериментов:

Склонение Солнца	Север экватора [+]	Над экватором [0]	Юг экватора [-]
Время года	21 марта – 23 сентября	21 марта – 23 сентября	23 сентября – 21 марта
Время года	Лето в северном полушарии	Равноденствие	Зима в южном полушарии
	Зима в южном полушарии	Равноденствие	Лето в северном полушарии
Широта наблюдателя			
Северный полюс	Вечный день	День равен ночи, ночь равна дню	Вечная ночь
Высокие северные широты	Длинные дни, короткие ночи	День равен ночи, ночь	Короткие дни, длинные ночи
Экватор	День равен ночи, ночь равна дню	День равен ночи, ночь равна дню	День равен ночи, ночь равна дню
Высокие южные широты	Короткие дни, длинные ночи	День равен ночи, ночь равна дню	Длинные дни, короткие ночи
Южный полюс	Вечная ночь	День равен ночи, ночь равна дню	Вечный день

На экваторе на протяжении года, независимо от сезона, длительность дня равна длительности ночи. В дни равноденствия (21 марта – 23 сентября) везде день равен ночи, а ночь равна дню.

Ситуации, о которых идет речь, представлены в таблице выше. Используйте таблицу выше.

Как так получается

Проведенные эксперименты показали, что кажущееся движение Солнца вызвало изменение длины дня и ночи в северном и южном полушариях.

Следующая графа показывает, что смена времён года происходит из-за того, что Земля находится под углом 66.5° к эклиптике, при этом угол наклона не изменяется в процессе вращения Земли вокруг Солнца.

Вы можете завершить эксперимент, демонстрацией каким образом, Земля, вращаясь на оси по своей орбите вокруг Солнца, вызывает смену длительности дня и ночи. Вы можете использовать материал на рис. 2, Тема 11.

Поместите фигурку человека на 60° северной широты, вращая Землю вокруг оси вокруг Солнца, затем поместите фигурку человека в положение «полдень», т.е. когда фигурка обращена к Солнцу. Вы увидите, тень меняет форму из-за смены времён года. Вначале фигурка человека окажется на Солнце, затем окажется в вечной ночи, или, по крайней мере, ноги фигурки!

Для проведения экспериментов вам понадобятся:
Основание планетария (1), наклонная ось (9), большой глобус Земли (10) и фигурка человека (14).
А так же короткая картонная трубка (19) и деревянное основание (22).

Введение

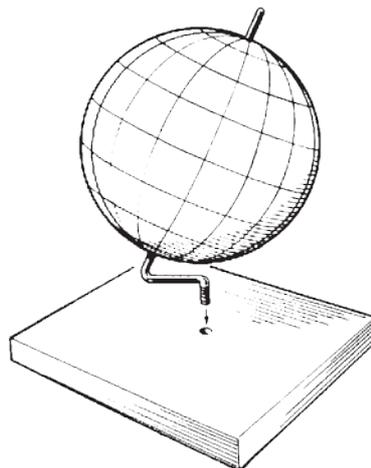
Сезонная смена погоды, высота Солнца в полдень обусловлены двумя характеристиками оси Земли. Во-первых, она расположена под углом 66.5° к эклиптике, во-вторых, ось указывает на Полярную звезду в течение всего года. Мы исключаем 26,000 лет равноденствия, см. стр. 21. Это означает, что Земля вращается вокруг Солнца, положение оси Земли остаётся неизменным относительно окружающего пространства, но изменяется относительно Солнца. В результате наблюдатель на Земле проживает все времена года.

Почему происходит смена времён года и когда?

В затемнённой комнате проведите следующий эксперимент.

Рис. 1

Земной шар находится на наклонной оси, которая в свою очередь находится на подставке. Деревянная подставка перечислена в списке дополнительного оборудования.

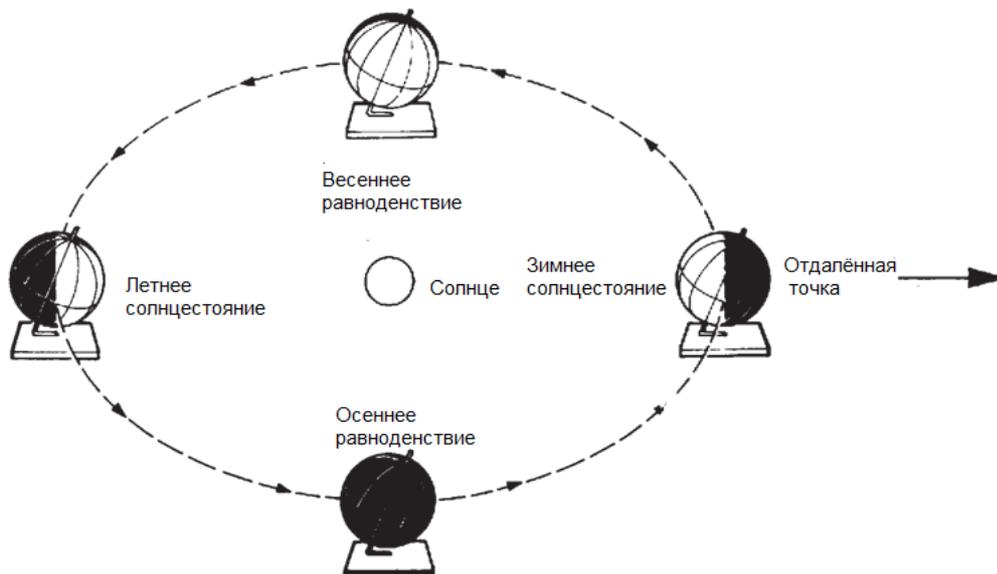


Для освещения используйте Солнце планетария, предварительно удалив оранжевый тон. Нарисуйте круг, чтобы представить орбиту Земли, на деревянном основании. В соответствующих местах на орбите напишите названия времён года: лето, осень, зима и весна (рис. 2). (Постарайтесь избежать вытянутой формы орбиты Земли. Поскольку наибольшее расстояние от Солнца до Земли составляет 152,000,000 километров, а наименьшее расстояние составляет 147,000,000 километров, то эллипс практически имеет форму круга, разница между ними практически не заметна).

Поместите планетарий в центр круга (орбиты), затем поместите глобус с осью на орбиту. Поверх глобуса поместите короткую картонную трубу, чтобы она не отвлекала от планетария. Направление, на которое указывается ось глобуса, например, дальний угол комнаты, необходимо сохранять. Поверните землю на ту часть орбиты, которая находится дальше всего от выбранного «угла». Это положение земли летом (рис. 2).

Рис. 2

Вид с севера эклиптики. [Если нужно, чтобы земной шар оказался на Южном полюсе, тогда необходимо сохранить направление орбиты и положение Земли в дни весеннего и осеннего равноденствий]



Это положение, в котором Солнце находится над тропиком Рака; в северном полушарии лето – период долгих дней и коротких ночей. В южном полушарии зима – период коротких дней и длинных ночей. Поместите фигурку человека в тропики в полдень, т.е. когда Солнце находится ровно над его головой.

Передвиньте Землю в положение равноденствия. Солнце светит прямо на экватор. Продолжительность дня равна продолжительности ночи. Поместите вторую фигурку человека на экватор. У какой фигурки Солнце в полдень находится прямо над головой?

Переместите глобус в положение зимы в северном полушарии. Солнце строго вертикально над широтами к югу от экватора. В северном полушарии зима – период коротких дней и длинных ночей.

Переместите глобус в положение равноденствия. Продолжительность дня равна продолжительности ночи.

Времена года сменяют друг друга потому, что ось Земли «не вертикальна» по сравнению с орбитой, по которой она вращается. Если бы ось Земли была перпендикулярна плоскости орбиты, то смена времён года не наступала бы. Дни и ночи всегда были бы одинаковые; было бы очень скучно.

Стол или скамья, на которой находится планетарий, представляет собой плоскость эклиптики. Если бы эксперимент можно было провести в условиях, когда центр Земли и центр Солнца находились на одном уровне со столом, то это был бы совсем другой эксперимент.

Более сложный метод для более точной демонстрации смены времён года.

Для проведения данного эксперимента вам потребуется звёздный купол (7/8) и наклонная ось (9), глобус (10), основание (11), опорный конус (12) опорное кольцо Земли (13) и круглый диск (23).

Как и в предыдущем эксперименте нарисуйте большой круг (орбиту) на столе или скамье, на которой находится планетарий, отметьте названия времён года.

Теперь поместите независимый источник питания, представляющего Солнце и излучающий свет во всех направлениях в центре круга (например, небольшую настольную лампу без абажура).

Закрепите круглый диск вокруг глобуса, как показано на рис. 3. Диск будет являться экваториальной плоскостью Земли.



Рис. 3

Соберите планетарий с наклонной осью, основанием и опорным конусом, поместите глобус на наклонную ось. Угол наклона земной оси составляет 66.5° ($90^\circ - 23.5^\circ$) к плоскости её орбиты (эклиптике) и указывает на отметку более 90° на шкале планетария. Солнце планетария и Земля/Луна будут скрыты платформой или конусом.

Во всех положениях сохраняйте направление земной оси. Она находится над Солнцем во время летнего солнцестояния. Для сохранения положения выберите ориентир, например, дальний угол комнаты.

День весеннего равноденствия

Поместите планетарий с глобусом на дату 21 марта (рис. 4). Выровняйте экваториальную плоскость Земли так, чтобы Солнце находилось с ней в одной плоскости, поместите звёздный купол сверху.

Проверьте звёздный купол. Положение равноденствия соответствует одной из двух точек на куполе, где сплошная красная линия (экваториальная плоскость Земли) пересекает пунктирную красную линию (эклиптику). Эта пунктирная линия показывает положение Солнца, как видно с Земли (тема 5, стр. 20). Точно так же прослеживается положение Земли относительно Солнца.

Склонение Солнца сейчас 0° . Продолжительность дня равна продолжительности ночи

Почему весеннее равноденствие имеет большую значимость для астрономов?

Оно показывает начало так называемого тропического года. Тропический год равен 365.2422 средним солнечным дням и начинается 20-21 марта. Небольшая разница в днях существует из-за того, что наш календарь должен содержать определённое количество дней в году, поэтому 0.2422 дня полностью учитывается за день в високосный год, в котором 366 дней каждые четыре года.

В этой точке равноденствия Солнце имеет П.В. в 0 часов и склонение 0° . Так же геоцентрическая долгота Солнца равна 0° , а гелиоцентрическая долгота Земли равна 180° . (Вы можете проверить данные для Земли в Приложении 2.)

Как уже было отмечено в Теме 5, точка весеннего равноденствия так же называется как «точка Овна» не смотря на то, что расположена в созвездии Рыб из-за предшествующего равноденствия.

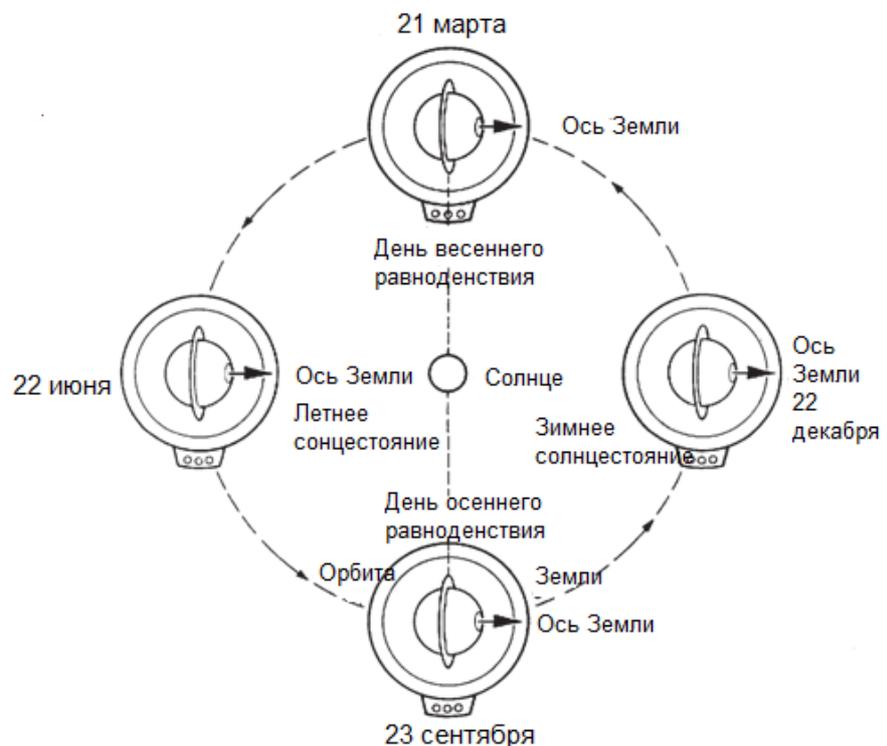
А именно:-

1. День в любой точке Земли длится 12 часов, ночь длится столько же.
2. Солнце встаёт на востоке и садится на западе в любой точке Земли.
3. Для наблюдателя на экваторе Солнце оказывается точно над его головой в полдень. Любой предмет или объект в этот момент не отбрасывает тени.
4. Для наблюдателя на Северном или Южном полюсе Солнце видно на горизонте, оно не встаёт и не садится, оно завершает цикл вокруг горизонта на одном и том же уровне в течение 24 часов.

ВНИМАНИЕ: точка, где орбита врезается в эклиптику называется «узлом». Поскольку Земля вращается с южной стороны эклиптики в северную, эта точка называется «восходящим узлом». Во время другого равноденствия: когда Земля вращается с северной стороны эклиптики в южную, это точка называется «нисходящим узлом».

Рис. 4

Вид с севера эклиптики. [Если нужно, чтобы земной шар оказался в самой высшей точке Южного полюса, тогда необходимо сохранить направление орбиты Земли в дни весеннего и осеннего равноденствий]



ВНИМАНИЕ:

Чтобы подчеркнуть тот факт, что экваториальная плоскость проходит через Солнце в точках равноденствия, ось была преднамеренно увеличена.

Когда в северном полушарии летнее солнцестояние, в южном полушарии зимнее солнцестояние?

Поместите Землю в положение летнего солнцестояния (22 июня). Максимальное склонение Солнца + 23.5° для наблюдателя на 23.5° северной широты, Солнце находится прямо над головой наблюдателя в полдень. Для географов 23.5° северной широты – это северная граница «тропиков». Это тропики Рака. (см. рис. 4).

О продолжительности дня и ночи смотрите тему 10.

Удивительно, но для жителей северного полушария Земля сейчас не находится в ближайшем (перигелий) положении к Солнцу. Эта точка находится недалеко от наиболее удаленной от Солнца точке на орбите Земли (афелий). Это один из факторов, вызывающих климатические различия между аналогичными сезонами в двух полушариях.

Когда в северном полушарии осеннее солнцестояние, в южном полушарии весеннее солнцестояние?

Поместите Землю в положение весеннего солнцестояния. Обратите внимание на то, как это положение напоминает весеннее равноденствие. Экваториальная плоскость Земли снова проходит через Солнце. Дни и ночи снова одинаковы по продолжительности.

Когда в северном полушарии зимнее солнцестояние, в южном полушарии летнее солнцестояние?

Поместите Землю в положение зимнего солнцестояния (22 декабря). Убедитесь, что ось Земли направлена в том же самом направлении. Солнце сейчас находится в максимальном склонении на юге равном 23.5°.

Для наблюдателя на 23.5° южной широты Солнце в полдень находится прямо над головой.

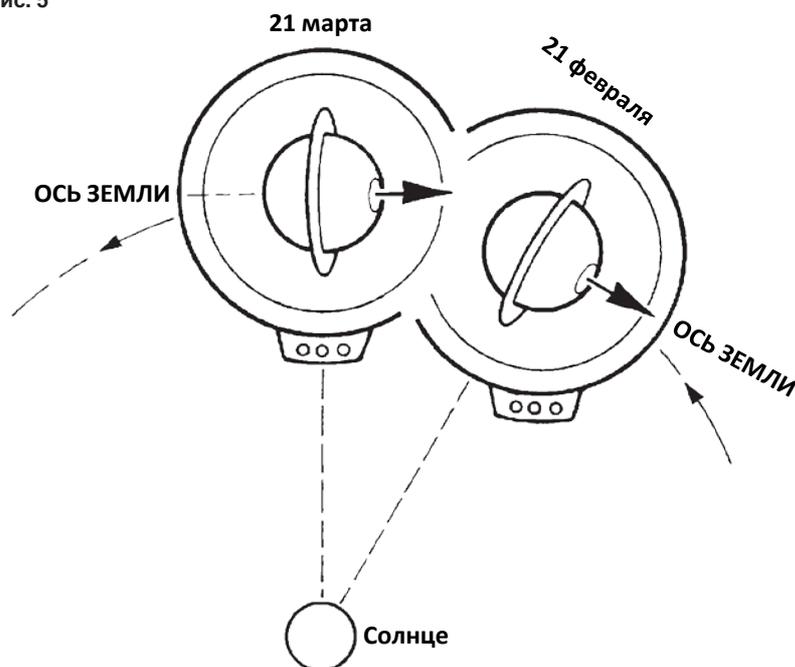
Для географов 23.5° южной широты – это южный предел тропиков. Это тропики Козерога.

Земля находится возле ближайшей к Солнцу точке орбиты Земли.

О продолжительности дня и ночи см. Тему 10.

Что произойдёт, если изменить направление земной оси?

Рис. 5



ВНИМАНИЕ:

Чтобы подчеркнуть тот факт, что экваториальная плоскость Земли проходит через Солнце в точках равноденствия, наклон оси Земли к эклиптике преднамеренно преувеличен на этом рисунке.

Снова поместите планетарий с наклонной осью точно в положение дня весеннего равноденствия. Поверните ось E по часовой стрелке на 30° (рис. 5). Объёмный верхний край T оси будет проходить там, где находится дуга в небе. Запомните, где он сейчас находится. Продолжайте вращать Землю в новом направлении, в то время как планетарий будет вращаться вокруг орбиты Земли, до тех пор, пока экваториальная плоскость не окажется на одной линии с Солнцем. Вы обнаружите, что для поддержания вращения земной оси в новом положении, вам нужно вращать планетарий в обратном направлении.

Там, где экваториальная плоскость соединяется с Солнцем, это, и есть точка весеннего равноденствия. Но где сейчас планетарий вместе с Землёй? Какое число? На шкале основания планетария обозначится дата: конец февраля. Если изменить направление вращения оси Земли, то и дата равноденствия изменится. Это именно то, что происходит очень медленно. Процесс называется «прецессией равноденствий».

Из года в год, из век в век, из тысячелетия в тысячелетие, ось Земли вращается. (Её склонение к эклиптике остается почти постоянным. Земля не только вращается, она вращается как вращающаяся вершина или она редуцирует за прецессию, во время вращения. Таким образом, расширения полюсов Земли в небе (северного и южного небесных полюсов) занимают приблизительно 26 000 лет, чтобы описать один полный круг.

Вследствии прецессии равноденствий положения (прямые восхождения и склонения) звёзд меняются медленно на протяжении 26,000 жизненных циклов. Например, у Дубэ, α Урса Майорис в 2000 году до н.э. П.В. было 4ч. 27 мин., склонение +72,5, а сейчас П.В. равно 11ч. 02мин, склонение + 61.9. Другим интересным результатом прецессии является тот факт, что созвездие Южного Креста можно было увидеть из южной Англии 5000 лет назад, сегодня, чтобы увидеть это созвездие, вам нужно уйти далеко на юг в тропики Рака!

Вот почему каталог звёздных позиций не является стабильным. Астрономы стараются предсказать, к какому году или какой эпохе возможно применить таблицу. Некоторые подразумевают, что древние храмы и пирамиды были построены с ориентацией на определённые звёзды. Даты их строительства можно просчитать, если предположить, что храмы и пирамиды были построены в наши дни, и соотнести с положением звёзд.

ВНИМАНИЕ: Круглый диск необходим для определения:

- 1 . «Небесного» горизонта наблюдателя
- 2 . Площадь Земли, подвергнутая воздействию солнечного света.
- 3 .Плоскость экватора.

Горизонт наблюдателя

Наблюдатель видит два горизонта. Один из них относится к наземным объектам в пределах километров. Это плоскость, в которой находится наблюдатель, проходящая по касательной к поверхности Земли в том месте, где находится наблюдатель. Это горизонт, который видит наблюдатель, когда смотрит на море, равнину или низкие холмы вдалеке. Это его «видимый» горизонт. На рис. 6 ниже - $H_1 H_2$.

По отношению к Солнцу, Луне и звёздам существует «небесный» или «истинный» горизонт, который используется при измерениях. Это плоскость, которая проходит через центр Земли, она параллельна горизонту наблюдателя. На рис. 6 ниже - $H_3 H_4$.



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

Но на рис. 6 преувеличен относительный размер Земли, а также расстояние между Землёй и звёздами. Если размер Земли по сравнению с расстоянием до звёзд бесконечно уменьшается (см. Тему 9, стр. 34) то плоскость $H_1 H_2$ становится неотличима от плоскости $H_3 H_4$ (рис. 7), и может быть определён при помощи круглого диска, как показано на рис. 8.

Проводя аналогичный аргумент, площадь Земли, освещённая Солнцем, может быть определена и представлена кольцевым диском, перпендикулярным лучам Солнца (рис.9).

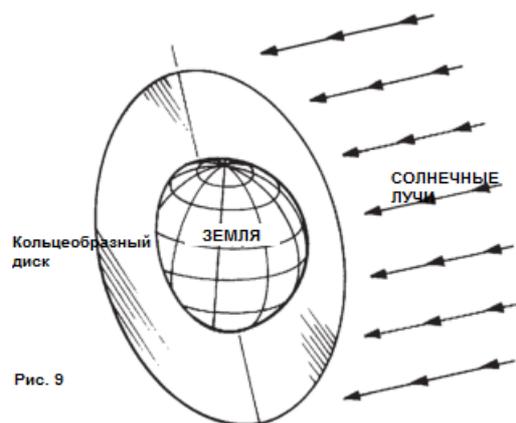


Рис. 9

Тема 12 - Космический полёт

Для этой темы вам понадобятся:-

Основание планетария (1), планеты (2), устройство для размещения планет (4), контроллер мощности (5), опорный конус (12), прозрачный диск из стекла (15) and прозрачная сфера с зондом Марса (16).

В ходе данного эксперимента предполагается, что наблюдатель находится на севере эклиптики.

Как только космический корабль оказывается на орбите, подобно планете, он оказывается вне атмосферы Земли. На орбите корабль более не требует заправки или зарядки. Объект на орбите находится в стабильном состоянии. Например, как Луна на своей орбите вокруг Земли.

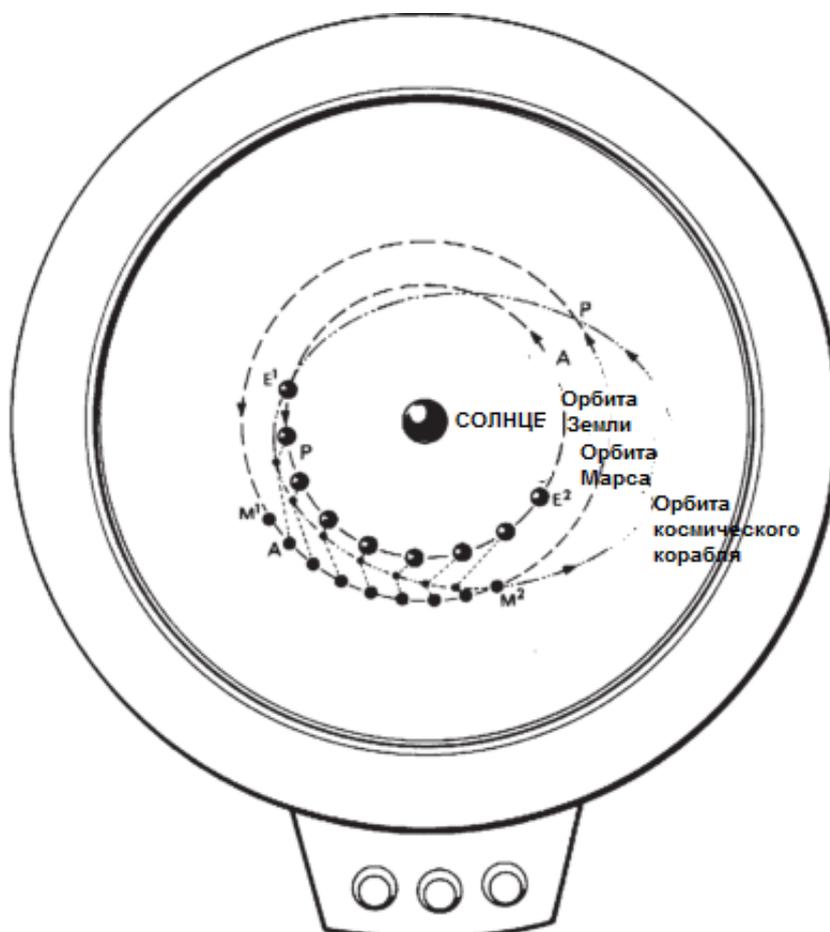
Когда мы говорим о спутнике, мы подразумеваем объект, который вращается вокруг «первичного» объекта. Для Луны Земля является первичным объектом. Для космического корабля на орбите Луны Луна является первичным объектом.

Любое изменение энергии, направленное на космический корабль на орбите, повлечёт за собой изменение формы, размеры и ориентации орбиты. Если воздействие будет достаточно мощным, то это может привести к тому, что космический корабль столкнётся с первичным объектом или преодолеет гравитацию первичного объекта и улетит в открытый космос.

Для запуска космического корабля с поверхности Земли были решены две проблемы. Первая: для того, чтобы корабль мог оторваться от поверхности, необходим мощный толчок. Вторая: необходимо правильно рассчитать время и выбрать необходимое количество энергии для корректировки выбранной программы полёта.

Преимущество заключается в том, что скорость вращения Земли – это начальная скорость. Чем ближе к экватору, тем быстрее возможно набрать скорость 40,000 километров / 25,000 миль, окружность Земли по экватору составляет 1 день или 0,5 километров / 1 милья в секунду.

Рис. 1



Соберите планетарий с Землёй/Луной и Марсом. Поместите опорный конус, прозрачную сферу с зондом Марса и прозрачный диск. Расположите Землю и Марс над точками E^1 и M^1 . Это положение в момент запуска.

Внутренний эллипс жёлтого цвета на орбите Земли; наружный эллипс жёлтого цвета на орбите Марса; оранжево-красная линия на орбите космического корабля. Буквы А и Р обозначают афелий и перигелий. Семь точек за E^1 и M^1 на каждой из двух орбит. Они показывают относительное положение Земли и Марса через равные промежутки времени.

Включите планетарий и убедитесь, что это так, затем верните Землю и Марс на первоначальные позиции.

Космический корабль запускается с положения E^1 . Эта точка находится на орбите вокруг Солнца. Скорость корабля и размер орбиты таковы, что он полетит на Марс в M^2 . Земля к тому времени достигнет E^2 . Время, которое требуется Земле для преодоления расстояния от E^1 до E^2 , занимает практически половину орбиты или около 5 месяцев, столько же времени требуется космическому кораблю для достижения Марса.

Расчет времени запуска космического корабля с поверхности Земли для полёта на Марс – это один момент. Попытаться выбрать нужный момент, когда космический корабль запускается для приземления на нескольких планетах, и возможно совершит круг вокруг первой планеты, а затем полетит на вторую планету – это другой момент!

Где сейчас находятся планеты?

Соберите планетарий, поместите Солнце Землю/Луну и все другие планеты.

«Уайтакерский альманах», «Ежегодник астрономии» и «астрономическая эфемериды» предоставляют данные о П.В. и склонениях планет с интервалами в течение года. В.П. и склонения за центр системы считают центр Земли.

Астрономы называют такую систему как «геоцентрические» координаты. Однако для установки планет на планетарии понадобится дополнительный набор инструментов. Они задают направления планет, установленных по кругу, лежащих в эклиптике с центром в Солнце (гелиоцентрический центр). Нулевое положение для П.В. – это точка весеннего равноденствия, отмеченная как O^0 на шкале основания, градусы которой показывают гелиоцентрическую долготу.

Положение каждой планеты в период 1996 - 2024 приведены в таблице в Приложении 2.

Посмотрите в эту таблицу для ознакомления положения каждой таблицы. Поместите устройство для размещения планет под углом, указанном в таблицах, и вращайте планету до тех пор, пока она не займёт нужное положение. (см. рис. 2).

Включите планетарий. Пусть Земля совершит один, два или более полных оборотов по своей орбите. Смотрите за планетами, как они вращаются по Солнечной системе. Разработка программы космических полётов становится очевидно сложным заданием.

При помощи воскового карандаша, который пишет на пластике, и амбициозной программе у вас в голове, поместите прозрачный диск на опорный конус. Попытайтесь разработать курс для космического корабля после того, как обсудите путешествие от Земли до Марса.

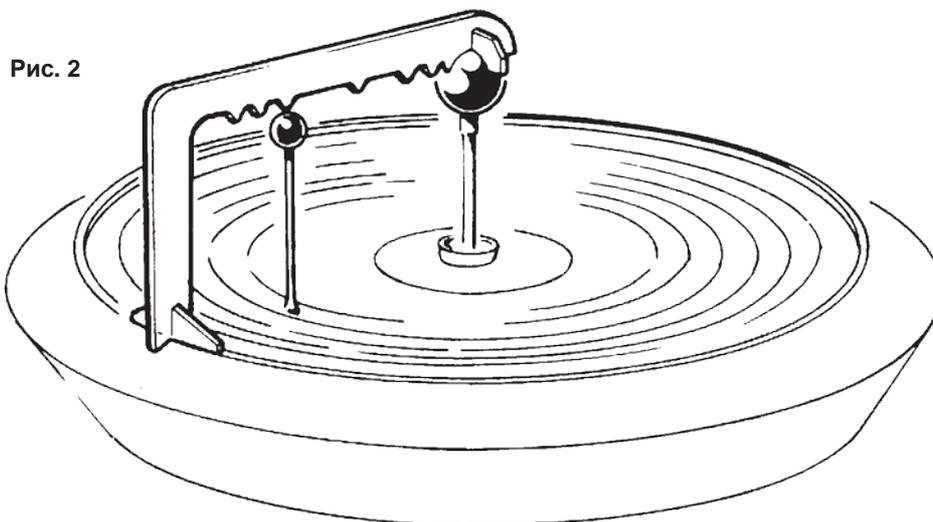


Рис. 2

Для проведения эксперимента вам понадобятся:-
 Основание планетария (1), контроллер мощности (5), наклонная ось (9), глобус (10),
 основание(11), опорный конус (12), опорное кольцо земного шара (13), основание для
 приливов, подпорки и Луна (17).

Теория

Теоретически объяснить поведение приливов не просто и, пожалуй, его лучше всего понять, если сначала рассмотреть движение планет вокруг Солнца. Планеты, такие как Меркурий, расположенные близко к Солнцу, испытывают большое ускорение по отношению от Солнца, чем, например, Юпитер, который находится дальше. То же самое происходит с кольцами Сатурна, согласно последним наблюдениям внутренние кольца движутся быстрее, чем внешние кольца, хотя ранее многие люди считали, что наоборот.

Все тела испытывают ускорение, если присутствует другое тело, и согласно закону Ньютона о земном притяжении сила ускорения обратно пропорциональна квадрату расстояния. Рассмотрим три тела: А, В и С, которые вращаются по орбитам вокруг четвертого тела М. А будет испытывать ускорение по отношению к М и слабое по отношению к С. Следовательно, если А, В и С двигаются независимо друг от друга, то А вынужден вращаться быстрее М, чем В для того, чтобы не столкнуться с М, а В нужно двигаться быстрее, чем С (рис. 1). Тела А, В и С никогда не будут двигаться по прямой линии к М. На рисунке схематически показано направления их вращения.



Теперь рассмотрим Землю и Луну. Они являются отдельными телами со своими орбитами, каждый вращается вокруг другого. Землю можно представить как твёрдое тело, окружённое водой. В случае движения Земли по направлению к Луне, посмотрите точки А', В' и С'. Точки А' и С' – это вода, которая не свободна в движении: она ограничена объёмом сосуда, в котором находится, поэтому гравитационное поле Земли (которое можно рассматривать как массу точки В') само по себе очень сильное.



Скорость движения А' и С' задает дистанция до Луны В'. Это слишком медленно для А' и слишком быстро для С'. Поэтому А' стремится упасть в сторону Луны, а С' стремится уйти прочь от неё. Поэтому А' и С' двигаются в противоположных направлениях и имеют выпуклые формы. «Выпуклая» форма А' – это результат тенденции ускорения воды в точке А' по направлению движения к Луне с большей скоростью, чем скорость Земли в точке В'. Выпуклая форма С' связана с тем, что вода в этой точке остается вне «гонки», поскольку её ускорение по направлению движения к Луне слабее, чем ускорение в точке В'. Для воды в точке А' в целях сохранения постоянного расстояния до Луны, при условии отсутствия других каких-либо сил, приходилось бы ускорять вращение орбиты. Но вода не может так сделать, поскольку она удерживается на поверхности Земли и она вынуждена перемещаться с угловой скоростью, определяемой В'. Поэтому вода А' стремится к Луне. И наоборот, вода С' вращается по отношению к В' в обратном направлении. Присутствие Луны приводит к двум вытянутым формам на Земле, которые в теории стремятся к Луне и от неё.

Приливы на Земле

На Земле к наиболее заметным приливам относят морские и океанские, именно эти приливы мы и обсудим: не следует забывать о том, что существуют приливы в твёрдом теле Земли, такой прилив размером 15 см, произошедшем в Ливерпуле, Англия, а так же атмосферные приливы 03 миллибар. Теоретическое объяснение этих приливов не предполагает, что Земля (В') вращается вокруг своей оси подобно тому как она вращается вокруг Луны и не включает никакого влияния из-за существования Солнца. Эти два дополнительных фактора объясняют наиболее заметные особенности наших приливов.

Дневной цикл высшей и низшей точек отлива

Земля вращается вокруг своей оси на протяжении всех 24 часов и наблюдатель на земле испытывает последствия высшей и низшей точек отлива, вызванные твердой земной массой, вращающейся под приливной волной в водной оболочке Земли.

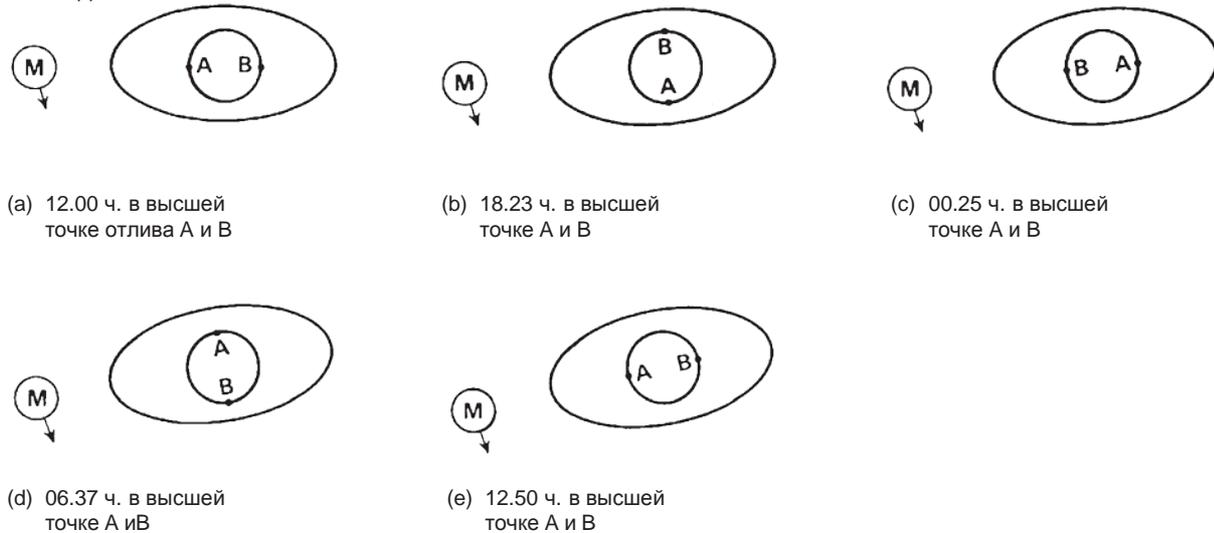


Рис. 3 Представление (обращенное на север) приливной волны Земли следует за Луной на один день позже. Наблюдатель А ощущает приливную волну в показанном порядке.

Земля, вращаясь вокруг своей оси, вызывает чередование цикла приливной волны; движение Луны вызывает прилив воды в среднем на 50 минут позже каждый день.

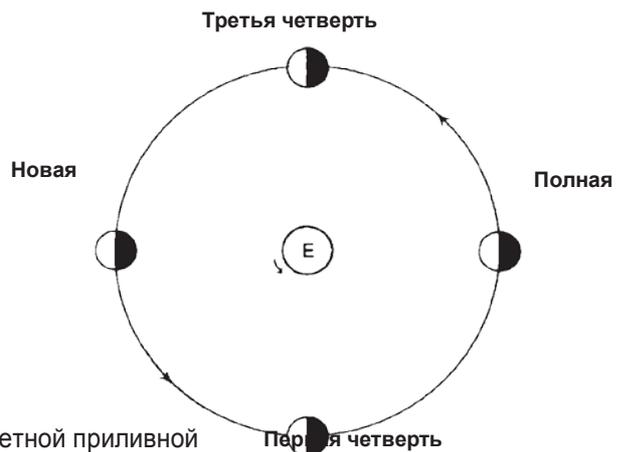
Весеннее половодье и слабые (квадратурные) приливы

Солнце точно так же как и Луна оказывает влияние на водную оболочку Земли, из-за отдаленности Солнце влияет в два раза меньше по сравнению с Землей. Однако когда Солнце и Луна находятся на одной линии с Землей (на полнолуние и новолуние), то они усиливают влияние друг друга, особенно это заметно во время паводка и отлива. Это явление называют «весенним половодьем».

Когда Солнце и Луна оказывают своё влияние на Землю под прямым углом друг к другу, то два гравитационных эффекта стремятся нейтрализовать друг друга. Высокий уровень воды снижается, а низкий уровень воды повышается по сравнению с весенними приливами. Приливы, привлекающие меньше внимания, называют «слабыми».

Рис. 4

Обращенное на север. Осенние приливы происходят в полнолуние и новолуние. Слабые приливы происходят в период первой и третьей четверти Луны.

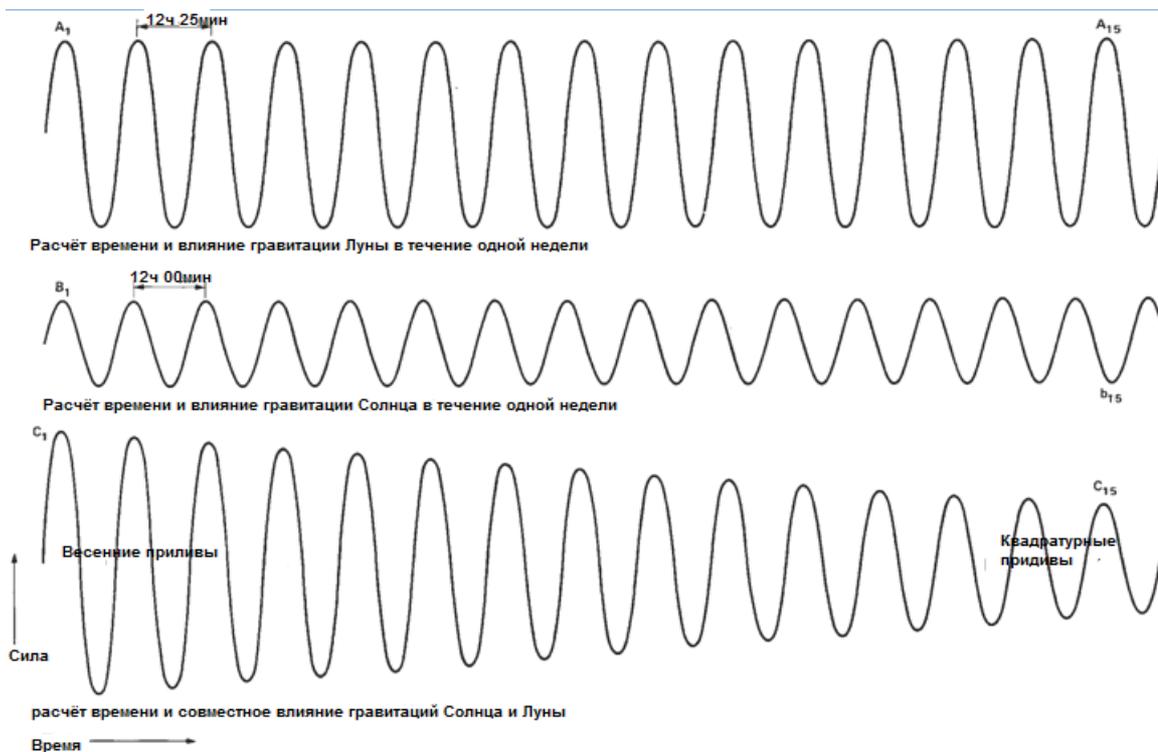


Совокупный пример векторных сил в космическом масштабе с заметной приливной волной в некоторые моменты, определяемые относительным положением Солнца и Луны. Амплитуда и время прилива зависит от относительного положения этих двух небесных тел. Это дополнительно рассмотрено на стр. 50 и рис. 7.

Альтернативное объяснение весеннего половодья и слабых приливов

Явление весеннего половодья и слабых приливов может быть объяснено как появление двух синусоидальных кривых с различными амплитудами и высотой. Одна кривая является результатом приливного эффекта Луны равному половине «лунного дня», а именно: 12 ч. 25 мин. Другая кривая является результатом приливного

эффекта Солнца (около 3/7 Луны), период равен половине солнечного дня, а именно: 12 часам. Когда кривые находятся в фазе, т.е. когда высшие и низшие точки волн кривой чередуются, результирующая волна имеет очень большую амплитуду (весеннее половодье). Когда кривые не находятся в фазе, т.е. чередование высших и низших точек волн отсутствует, наивысшая точка кривой Солнца Веп добавляется к низшей точки кривой Луны и наоборот. В результате кривая с меньшей амплитудой приводит к слабым приливам. Эти две основные особенности океанских приливов на Земле можно продемонстрировать на планетарии Гелиосе следующим образом:



Гребень высшей точки приливной волны A_1 , вызванная Луной, совпадает с B_1 , вызванной Солнцем, формируют усиленный гребень C_{15} (весной). Спустя семь и четверть дня после гребня A_{15} , вызванного Луной, совпадает с низшей точкой b_{15} , вызванной Солнцем, формируют уменьшенный гребень C_{15} (при слабых приливах). Затем следует чередование этих двух эффектов вновь до весеннего половодья.

Рис. 5 Кривые синуса Луны, Солнца и их совместная гравитация влияют на Землю.

Как использовать Гелиос

Соберите планетарий, поместите глобус Земли на наклонной оси, как в теме 10, с кольцом времени и большим звёздным куполом. Затем поместите три платформы стержня платформы прилива на трех ручках на кольца Сатурна, поместите платформу прилива на вершину этих стержней вместе с Луной. При движении планетария Земля будет вращаться вокруг своей оси и при каждом из 29 вращений (дней) земного шара приливная платформа с Луной будет вращаться один раз. Это очень приблизительное представление о взаимном вращении небесных тел в течение лунного месяца.

На приливной платформе изображены два эллипса с осями вдоль общей линии, но с разной эксцентricностью. Луна помещается на расширенной главной оси. Эллипс с более длинной осью представляет весенний прилив, другой эллипс представляет слабый прилив (см. выше). Длинная ось обоих эллипсов представляет собой высшую точку прилива, в то время как короткая ось представляет низшую точку прилива.

Поместите лампу, которая является Солнцем, на расстоянии двух метров от планетария Гелиос на одной линии с длинной осью эллипсами-приливами. Отрегулируйте временное кольцо таким образом, чтобы отметка 12 часов полдня была направлена на Солнце вдоль большой оси эллипсов и отрегулируйте Землю таким образом, чтобы долгота 0° находилась перед Солнцем. Теперь долгота 0° , высшая точка прилива, 12.00 часов и Солнце находятся на одной линии.

Два прилива в день

Приливная платформа покажет вам, что в любой момент присутствуют два периода приливов. Один период в настоящий момент происходит на долготы 0° , другой на широте 180° . Прилив на долготы 0° происходит в 12 часов [полдень] (относительно шкалы времени), прилив на широте 180° происходит в 24.00 часа [полночь].

Теперь включите планетарий и остановите его на долготе 0° , выровняв со следующим приливом. Снова посмотрите на время напротив долготы 0° , на шкале будет 24 часа 25 минут. Таким образом, на долготе 0° прилив произошел в 12.00, а сейчас произойдет в 24.25, что на 12 часов 25 минут позже. Снова включите планетарий и дождитесь момента, когда долгота 0° выровняется со следующим приливом, остановите и проверьте время. Время будет 12.50 часов. Если бы вы находились на береговой линии, то заметили бы, что ежедневные приливы происходят в разное время, а планетарий Гелиос вам продемонстрировал, почему так происходит.

Приливы вызваны гравитационными силами, создаваемыми Солнцем и Луной на водяной оболочке, которая окружает Землю. Объяснение принципа возникновения прилива рассмотрено в начале темы. Когда Солнце и Луна взаимодействуют или противодействуют друг другу (т.е., когда Луна находится в фазе новолуния или полнолуния), их совокупный эффект взаимодействия усиливается в разы. Результат возможно наблюдать при половодье или отливах. Половодье называют бурным приливом. Когда Солнце и Луна находятся под прямым углом друг к другу (т.е., когда Луна находится в первой и последней четверти), если разница между высоким и низким уровнем воды не столь заметно, то такой прилив называют квадратурным приливом, см. рис. 4.

На приливной платформе эллипс с длинной осью (высшая точка прилива) и с короткой осью (самая низкая точка прилива) представляет собой приливную волну, а эллипс с короткой осью и длинной осью представляет квадратурный прилив. Промежуточные приливные положения только подразумеваются.

Весеннее половодье и слабые (квадратурные) приливы

Основание приливов разделена на квадраты под названиями «квадратурный прилив» и «весеннее половодье». Когда Солнце оказывается над центром двух квадратов под названием «весеннее половодье», Луна находится близко к фазам новолуния или полнолуния; если Солнце оказывается над центром двух квадратов под названием «квадратурный прилив», то Луна находится близко к первой или последней четвертях. Запустите планетарий, подождите пока пройдут следующие 6 дней до тех пор, пока Луна не окажется в первой четверти. Солнце и Луна не находятся под прямыми углами друг к другу, в результате происходит квадратурный прилив. Неделями позже Луна войдет в полную фазу и произойдет весеннее половодье.

В этой сборке планетарий демонстрирует;-

1. что интервал между двумя последовательными приливами на выбранной долготе составляет приблизительно 12 часов 25 минут.
2. что между квадратурным приливом и весенним половодьем разница составляет 1 неделю.

ВНИМАНИЕ:

Когда глобус находится на наклонной оси, то он имеет тенденцию к медленному вращению относительно Луны. Чтобы исправить это, уберите наклонную ось и поместите земной шар на верхнюю часть опорного конуса полюсом вверх. Тогда точность периодов высокой точки и низкой точки в следующих экспериментах будет более точной. Однако в этой сборке планетария Луна будет следовать экваториальному пути, а не эклиптике. Вы должны определиться, какую конфигурацию планетария вы считаете наиболее подходящей для своей демонстрации.

Теория и практика

На теории объяснено, что:-

1. существуют приливы
2. существуют два периода приливов в день (в среднем каждые 24 часа 50 минут) примерно одинаковой высоты
3. высота самой высокой и самой низкой точек колеблется на протяжении 14-дневного цикла. Эти приливы называют весенним половодьем и квадратурными приливами.

1. Теория приливного поведения осложняется двумя факторами.

Дальнейшие небесные движения еще не учтены.

- (a) Мощность прилива Луны и Солнца изменяется в течение их 29-дневного и 365-дневного циклов соответственно, поскольку их орбиты являются эллиптическими. Действительно, Луна в перигее приближается к Земле примерно на 25 000 миль, чем в апогее (то есть на 1/10 расстояние ближе) и его сила прилива пропорционально больше.
- (b) В перигее Луна движется быстрее, поэтому время от одной наивысшей точки до следующей будет увеличиваться
- (c) Орбита Луны располагается под углом 5° к эклиптике, так что направление силы прилива чередуется между северным и южным океанами.

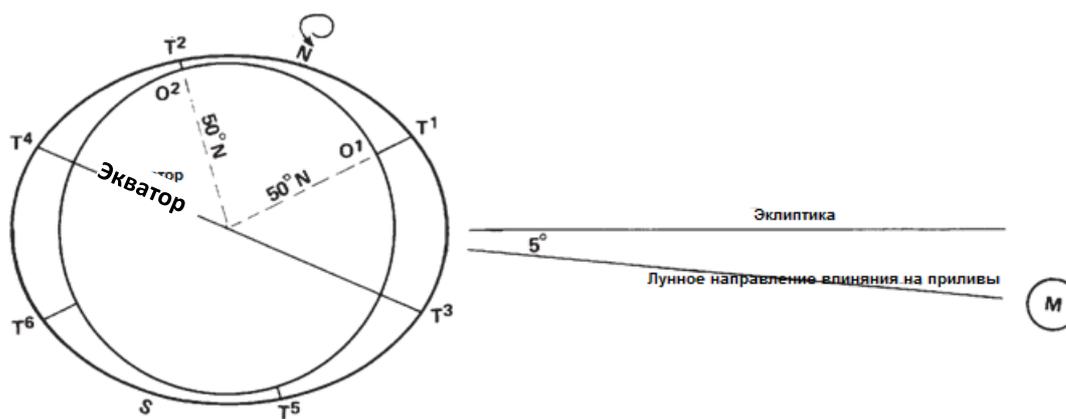


Рис. 6 Земля с приливной волной относительно Луны в самой низкой позиции в небе.

У наблюдателя в O^1 наивысшая точка прилива высотой T^1 , у наблюдателя в O^2 наивысшая точка прилива T^2 . Посмотрите на рисунок, найдите T^1 и T^2 . В 12 часов 25 минут наблюдатель в O^1 будет в точке O^2 относительно Луны (т.к. Земля вращается вокруг своей оси). Поэтому высшая точка прилива у наблюдателя будет находиться между T^1 и T^2 (Внимание: T^2 – это не самая низкая точка прилива, это место, где разница между самой высокой и самой низкой точками меньше, чем T^1). Помните, что помимо этого ежедневного колебания между точками, происходит постепенный 14-дневный цикл весенних и квадратурных приливов.

Колебание положения высокой точки прилива наиболее заметно в умеренных широтах. На полюсах редко можно встретить приливы, как и на экваторе, где разница не заметна. См. рис. 6, $T^3 = T^4$.

- (d) Повышение уровня воды происходит в среднем каждые 24 часа 50 минут. Две основные силы препятствуют регулярным приливам:

Луна замедляется и ускоряется во время вращения по своей орбите при приближении к перигею и апогею, что приводит к ускорению или задержке приливов.

Весенний и квадратурные приливы приводят не только к увеличению или уменьшению уровня воды, но и к ускорению или замедлению приливной волны.

Если вращение приливной волны замедляется, то частота смены высшей точкой прилива у наблюдателя на постоянно вращающейся Земле сократится, поскольку Земле приходится вращаться медленнее для возврата в привычную частоту приливной волны. Это называется упреждением прилива. Противоположное явление называется запаздыванием прилива.

Точная последовательность упреждения и запаздывания приливов изображена на рис. 7. На рисунке изображены две отдельные приливные волны, вызванные Луной и Солнцем. Стрелка показывает направление и силу результирующей приливной волны.

В новолуние, в первую четверть, в полнолуние и третью четверть транзит Луны и высшей точки прилива происходят одновременно.

Однако на протяжении примерно в 7-дневный период (1/4 лунного месяца) между четырьмя положениями волны и Луны происходит дисбаланс и временные интервалы между последующими высшими точками прилива становятся неравными.

Посмотрите на фигуры (a), (b), и (c). Следуя за полной Луной (a) в следующие 4-5 дней вращающаяся Луна опережает приливную волну. Вращение приливной волны замедляется. Поэтому долгота на постоянно вращающейся Земле находится под влиянием приливной волны. Прилив ускоряется. Поскольку средние условия восстанавливаются в конце недели, время (c), которое проходит между последовательными высшими точками приливов увеличивается к концу недели. Прилив задерживается.

Таблица, отражающая последовательность упреждения и запаздывания приливов.

Фигура	Фаза Луны	Транзит Луны и высшей точки волны в теории			
		Одновременно	Сначала транзит, потом высшая точка	Сначала высшая точка потом транзит	
a	новолуние	*			Упреждение
b	полумесяц			*	Упреждение
c	Половина Луны	*			Запаздывание
d	Выпуклый месяц		*		Запаздывание
e	полнолуние	*			Упреждение
f	Выпуклый месяц			*	Упреждение
g	Половина Луны	*			Запаздывание
h	полумесяц		*		Запаздывание
l	новолуние	*			Упреждение

2. Форма океанов, изменение их глубины и течения.

Всё это нарушает время и высоту приливов, на которые надеется наблюдатель на основании расчетов выше. К основным эффектам относятся:

- Для того, чтобы получить размер волны, который был рассчитан в теории под влиянием Луны без потери высоты и скорости, у океана должна быть равномерная глубина около 40,000 футов (13,000 метров). Поскольку это не так, Луна опережается прилив за счет размера определенной местности. Такое явление называют возрастом прилива. Возраст лучше всего определять не по прохождению меридиана Луной, а по измерению времени между высшими точками прилива (теоретически это происходит в одно и то же время. См. параграф l(c) выше по упреждению и запаздыванию), поскольку вы не знаете сколько «кругов» нужно сделать Луне. Самый лучший способ измерить – это дождаться, когда в период новолуния или полнолуния Луна пересечет меридиан, после этого возможно наблюдать следующую сизигийную полную воду. В североатлантических водах на восточном берегу возраст прилива составляет 1-2 дня. На других территориях возраст отличается, посмотрите в таблице возраст прилива в других областях.
- Формы береговых линий, устьев и близость континентального шельфа к Земле, всё это влияет на приливы в прибрежных водах, но не на приливы в средних континентальных шельфах. Они влияют на приливы в прибрежных районах, но не на приливы в открытом океане.
- Приливная волна идет с востока на запад, но большинство океанов располагаются в северо-южном направлении и ограничены континентами, поэтому только к некоторым водным пространствам, таким как проливу Ла-Манш и Северному морю, приливная волна может приближаться с запада. Приливной волне приходится «идти назад», что замедляет время прилива.
- Каждый океанский бассейн имеет свой собственный период резонанса, который либо усиливает, либо уменьшает наблюдаемый прилив.
- Вращение Земли вокруг своей оси оказывает разное влияние на северные океаны, в отличие от южных.
- Соленость воды влияет на её плотность и следовательно на склонность к образованию приливной волны.
- Погодные условия в определенной местности могут усилить или уменьшить приливы, например,

как в 1970 году после катастрофы в Бангладеше. Поэтому предсказание приливов в большей степени основано на наблюдениях, поскольку необходимо учесть множество факторов.

Однако наблюдения в течение месяца или двух не достаточно для вычисления и составления графика приливов на следующие несколько лет. Современная компьютерная программа по прогнозу приливов предлагает более 350 вариантов.

Таблица приливов

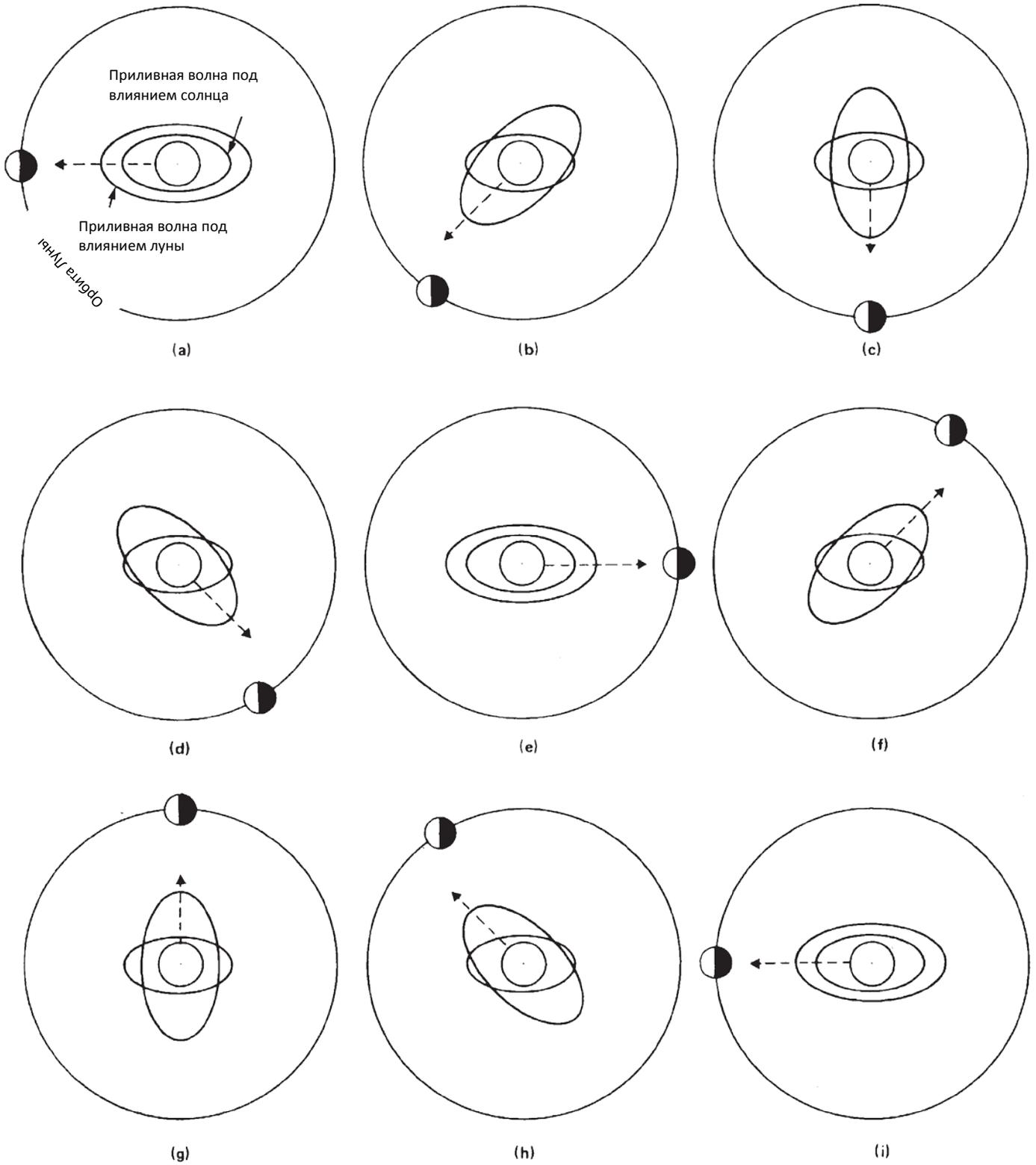
Это упражнение позволит обзавестись собственной таблицей приливов:-

- Сколько раз в день наблюдается высшая точка прилива.
- Время от одной кульминационной точки до другой.
- Высота приливов.
- Цикл весенних и квадратурных приливов.

Также из этих таблиц с информацией о сроках месячного цикла Луны вы можете извлечь и сопоставить следующую информацию:-

- Время весеннего половодья и наступление новолуния и полнолуния для определения возраста прилива.
- Взаимосвязь между последовательными приливами и фазами Луны для отслеживания упреждения и запаздывания приливов.

Рис. 7 Длина стрелки указывает направление, указывающее направление результирующего прилива.



Проекты

Проект 1 - Как сделать ноктурлабиум

Для того чтобы сделать ноктурлабиум вам потребуется:-

Хорошая белая доска, толщиной около 1 мм. толщина; дырокол или плоскогубцы, и монтажный пистон.

С помощью ноктурлабиума вы сможете определить время ночью, путем наблюдения за околополюсными звёздами, располагающимися близко к полюсу мира. Кажется, что эти звёзды пересекают полюс и их положение может подсказать время. Ноктурлабиум придумали сотни лет назад. Он использовался астрономами и мореходами как навигатор сотни лет назад в северном полушарии, где яркие звёзды расположены близко к полюсу мира. К сожалению, небо южного полушария не имеет ни одной такой звезды. Но на южном полюсе пересекаются две воображаемые линии отсчета. Эти линии:-

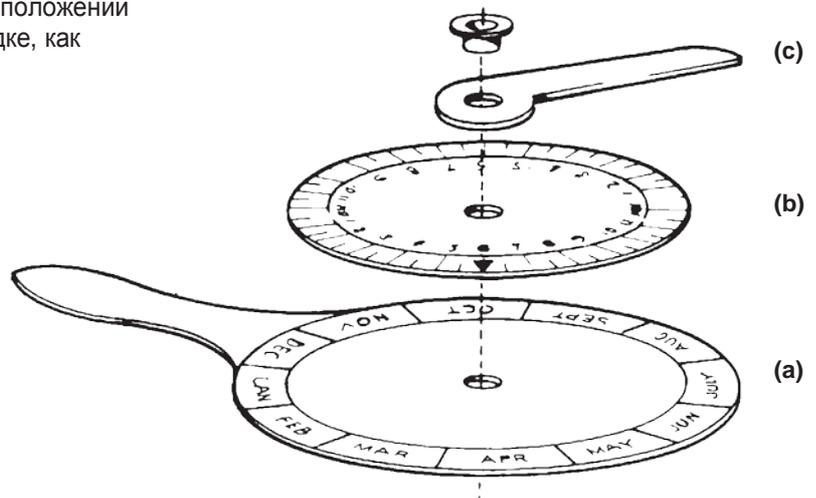
1. Продолжение вертикали созвездия Южного креста. Она указывает на южный небесный полюс, так же как северные указатели Большой Медведицы указывают на северный небесный полюс.
2. Биссектриса воображаемой линии, соединяющей два южных указателя; α Центавр и β Центавр. Таким образом, положение южного небесного полюса довольно легко найти.

Посмотрите на рисунок и вы увидите, что у ноктурлабиума три части. Нарисуйте три части на карте или отметьте их на увеличенной копии рисунка.

Часть (а) представляет собой «даты», она разделена на 12 равных частей: месяца года. Убедитесь, что центр линии проходит через примерное в положении 6 декабря, а месяца записаны в том порядке, как показано на рисунке.

Часть (b) - это «временной цикл», она разделена на 24 равных частей для отображения движения от часа к часу, особая отметка поставлена на 6 вечера (18.00 часов).

Часть (c) – это линейка, которая соединяет воедино показатели на предыдущих частях. **Рис. 1**



Вырежьте все три части и соберите их как показано на рисунке, убедитесь, что монтажный пистон точно проходит через центр каждой части.

Перед использованием ноктурлабиума необходимо примерно знать направления севера или юга, а так же высоту небесного полюса выше горизонта наблюдателя. Положение небесного полюса равно градусу широту наблюдателя, таким образом, 30° южной широты южного полюса небесной сферы над горизонтом, что составляет одну треть от горизонта до зенита.

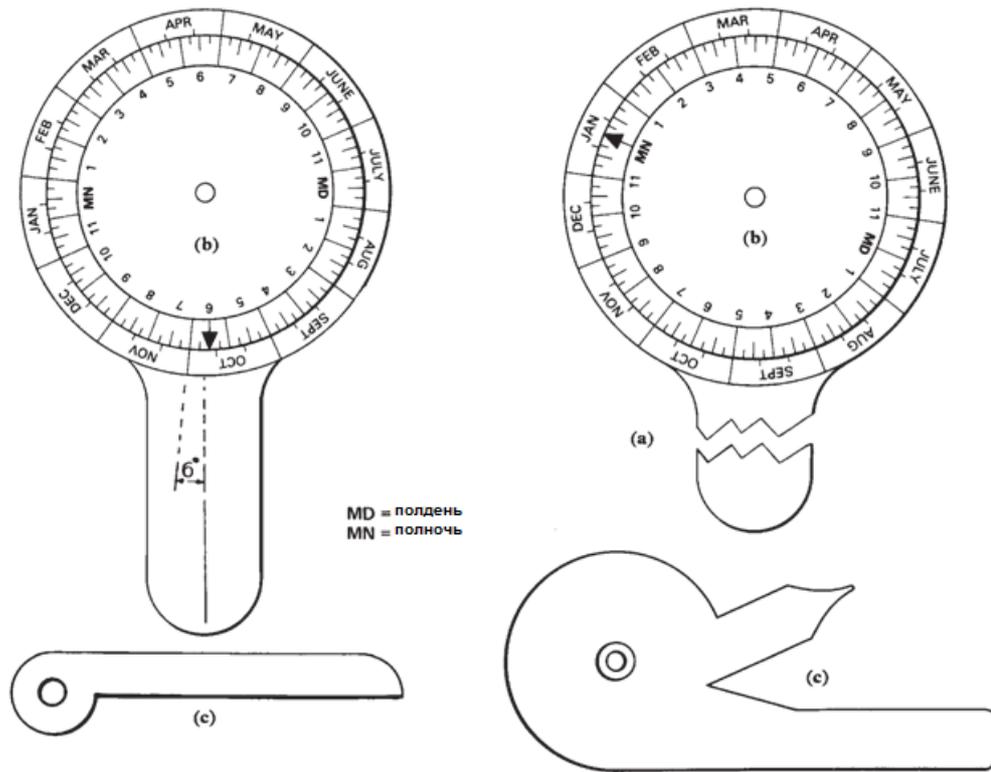
Использование ноктурлабиума

Вечер – подходящее время для использования ноктурлабиума, установите его на 6 часов вечера (18.00 часов), отметьте на шкале времени насколько близко, насколько это возможно для корректирования данных на круге данных. [Например, если ноктурлабиум используется 6 февраля, его необходимо установить так, как показано на рисунке (d), время при этом 9.30 вечера (21.30 часов.)].

Теперь возьмите ноктурлабиум за ручку в правую руку, поднимите руку вверх, немного наклонитесь, чтобы «оказаться в одной плоскости» с небом, и через отверстие в ноктурлабиуме вы должны увидеть Полярную звезду. Удерживая круги с датой и временем в неподвижно состоянии, поверните линейку таким образом, чтобы её край поравнялся с указателем. [См. рисунок (d)]. По кругу времени теперь возможно определить время. Однако в южном полушарии вам необходимо использовать две линейки таким образом, чтобы остроконечный указатель «P» пролегал между двумя яркими звёздами созвездия Кентавра, а внутренний край другой линейки «Q» проходил вдоль двух южных указателей. Время считывается в том месте, где стрелка времени (показана на рисунке) разделяет шкалу часов.

Этот ноктурлабиум может сделать любой учащийся в возрасте от 11 до 12 лет.

Более амбициозные учащиеся могут сконструировать более сложный ноктурлабиум с более подробной шкалой дат и времени. В теории и на практике становится очевидно, что месяца лучше всего разбивать на три равные части примерно по 10 дней каждая. Часы могут быть разделены сначала по полам, а затем на интервалы по 10 или 15 минут.



Отверстие для крепления

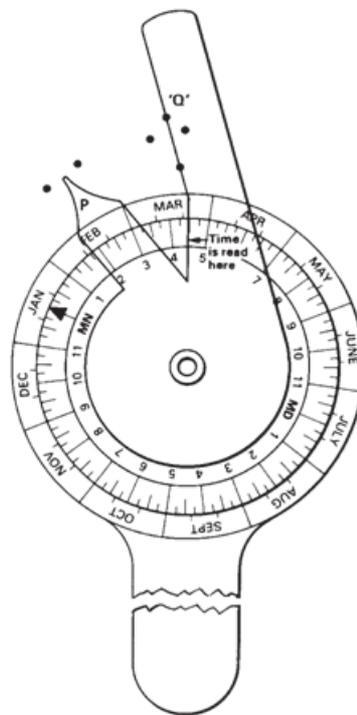
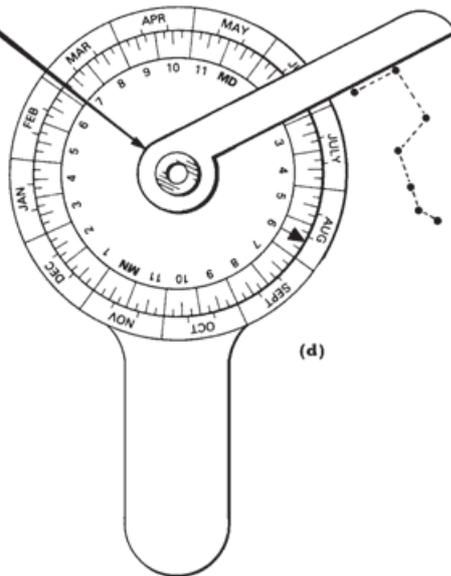


Рис. 4 Сборка ноктурлабиума

Тень отбрасывают тонкие высокие объекты на солнце, при этом тень от них постоянно меняется, но при этом тень остается одинаковой на Северном или Южном полюсе. Но пример «часовых линий» на солнечных часах остается актуальным круглый год. Это происходит только тогда, когда тонкий объект или край указывает на небесный полюс. Это было замечено в Аравии в Северной Африке задолго до христианской эры. Потом это было «забыто» на 1,500 лет.

Пример теней возможно показать на планетарии Гелиос.

На небольшом кусочке плитки (пробки, дерева или доски) нарисуйте транспортир. См. рис. 1.

Это основа солнечных часов. В центре окружности добавьте две линии (стрелки), одну из них под прямым углом, другую под углом 50° .

Прикрепите циферблат на глобусе, который установлен как в теме 10, «*долгие летние дни и короткие летние ночи*» на стр. 39. Циферблат необходимо разместить таким образом, чтобы стрелка А указывала на зенит фигурки наблюдателя, а стрелка В указывала на небесный полюс, т.е. она должна указывать на направление, которое параллельно оси Земли. (Сначала прикрепите стрелки, затем найдите подходящую широту для прикрепления циферблата). См. рис. 2.

Рис. 1

Циферблат транспортира показывает положение тени в полдень и положение в 15.00 на южной [северной] широте 50°

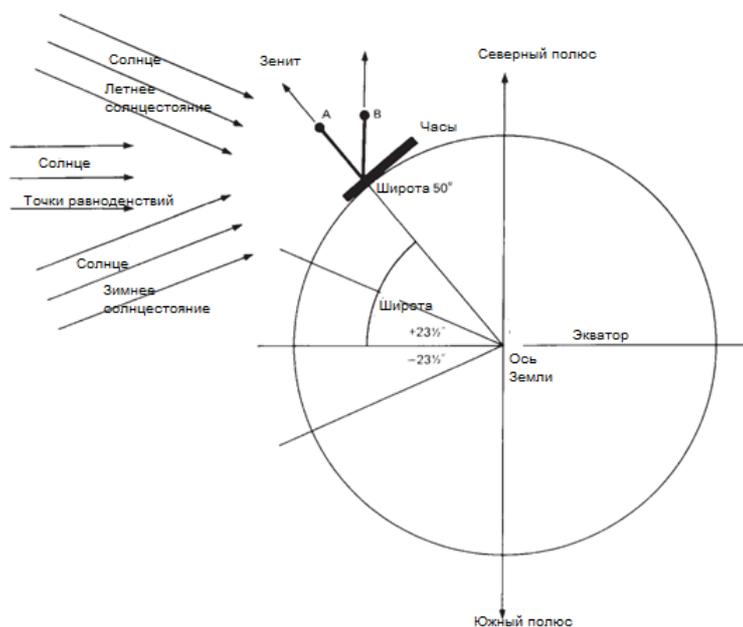
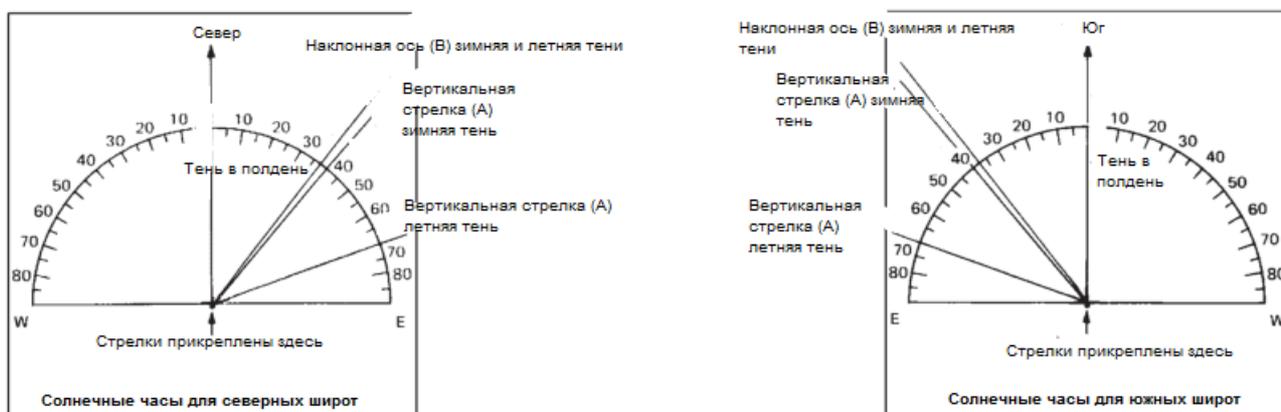


Рис. 2

Плитка с изображением двух стрелок А и В, прикрепленная к глобусу.

Солнце на своём летнем [зимнем] месте

Точечный источник света, представляющий Солнце, поднимается и освещает северную [южную] широту. Земля вращается таким образом, что широта, на которой находятся солнечные часы, находится в положении полдня, а кольцо времени настроено на 12 часов.

Тени стрелок совпадают. Земля вращается на 45° , т.е. в положение 3 часов дня. Тени стрелок разделяются, значения их теней можно посмотреть на циферблате.

Солнце на своём зимнем [летнем] месте

Солнце катится к закату, освещая южную [северную] широту, Земля настроена таким образом, что долгота, на которой расположены солнечные часы, находится в положении «полдень». Тени спиц снова накладываются друг на друга. Земля доходит то положения 3 часов дня. Тени разделяются, теперь их значения можно узнать.

Вы обнаружите, что направления, на которые указывают летние и зимние тени вертикальной стрелки, не одинаковы. А направления тени от стрелки, которая указывает на полюс мира (параллельна оси Земли), остаётся одинаковой зимой и летом.

Правильно настроенные стрелки часов способны работать круглый год.

Угол наклона стрелки на циферблате и цифровой шаблон должны быть скорректированы в соответствии с каждой отдельной широтой, при этом циферблат должен находиться в горизонтальном положении. Однако при условии, что стрелка солнечных часов остаётся параллельной оси Земли; но циферблат должен находиться горизонтально к широте.

Древние римляне не знали этих фактов о солнечных часах. Они сделали свои часы в Греции и Северной Африке. Они установили их в Италии. Их устройства хорошо работали в том месте, где они были собраны, римляне были весьма озадачены, когда их часы не работали в Италии. Они даже задавались вопросом о том, что Земля может двигаться!

Стиль – это тень, отбрасываемая столбиком-стрелкой солнечных часов. Основание должно быть закреплено относительно наблюдателя, горизонта и должно быть обращено на юг [север] и располагаться вертикально. Но при условии, что основание хорошо закреплено, а столбик-стрелка солнечных часов указывает на небесный полюс, или основание можно наклонить или частично отвернуть от южного [северного] направления, или то и другое. Часовые стрелки теперь не симметрично распределены на циферблате, но остаются в правильном положении в течение всего года.

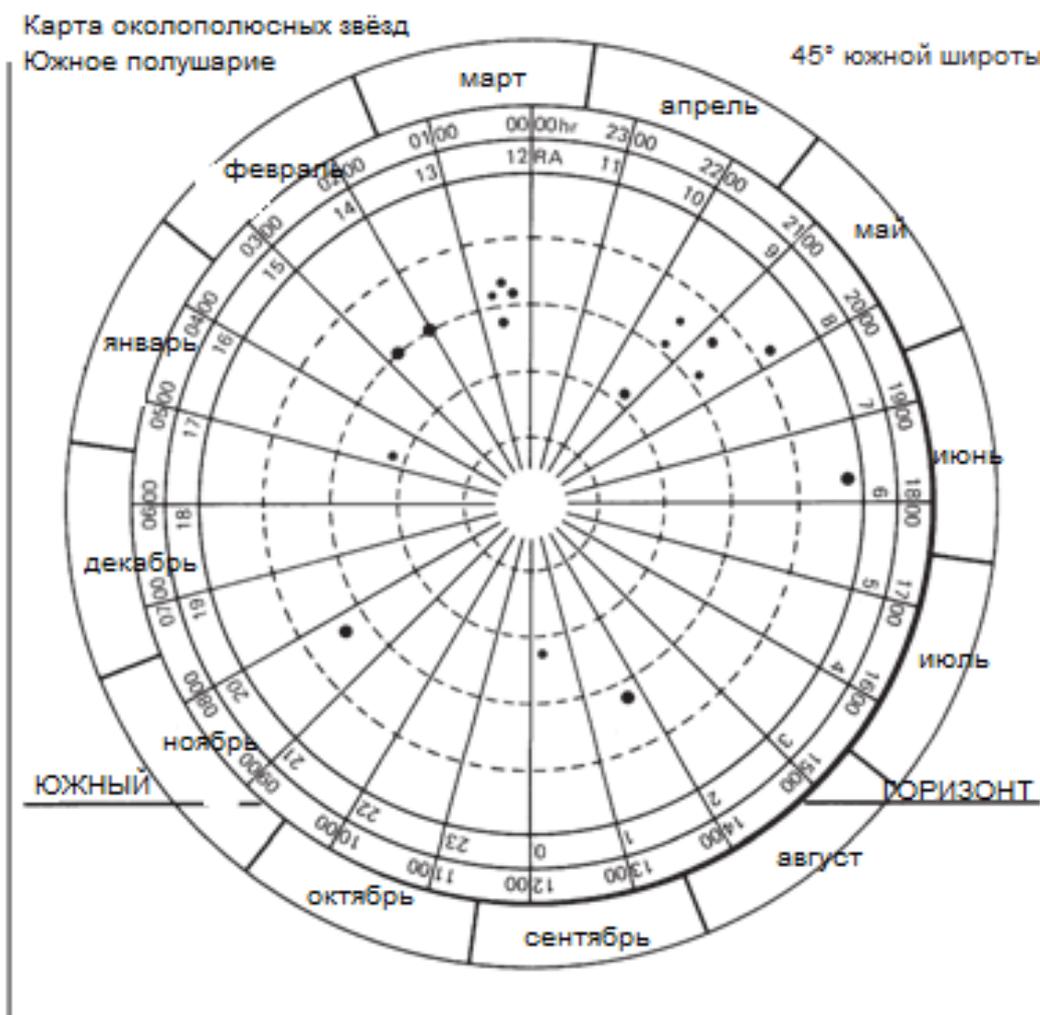
Циферблат лучше всего работает в средних широтах. Для использования вблизи полюсов, изображение циферблата должно совпадать с изображением часов. Для использования вблизи экватора в качестве столбика-стрелки выбирается практически горизонтальная стрелка. Но при этом часовые стрелки должны быть параллельны. При этом тень тонкой стрелки должна указывать на небесный полюс.

Проект 3 - Как сделать околополярную подвижную карту звёздного неба

Для того, чтобы сделать подвижную карту звёздного неба, необходимо учесть следующее:-

1. Карта копируется с изображений ниже. Используйте звёздный атлас, чтобы подписать названия звёзд.
2. Звёздный атлас. Сделайте копию или переведите через кальку положения Полярной звезды и других ярких звёзд. Вы можете использовать копию в качестве шаблона для отметки на ней нужных мест.
3. Карта звёздного неба, напечатанная в газете или журнале. Вы можете вырезать карту из газеты или журнала. Если карта не заполнена, то напишите на ней названия звёзд заглавными буквами.

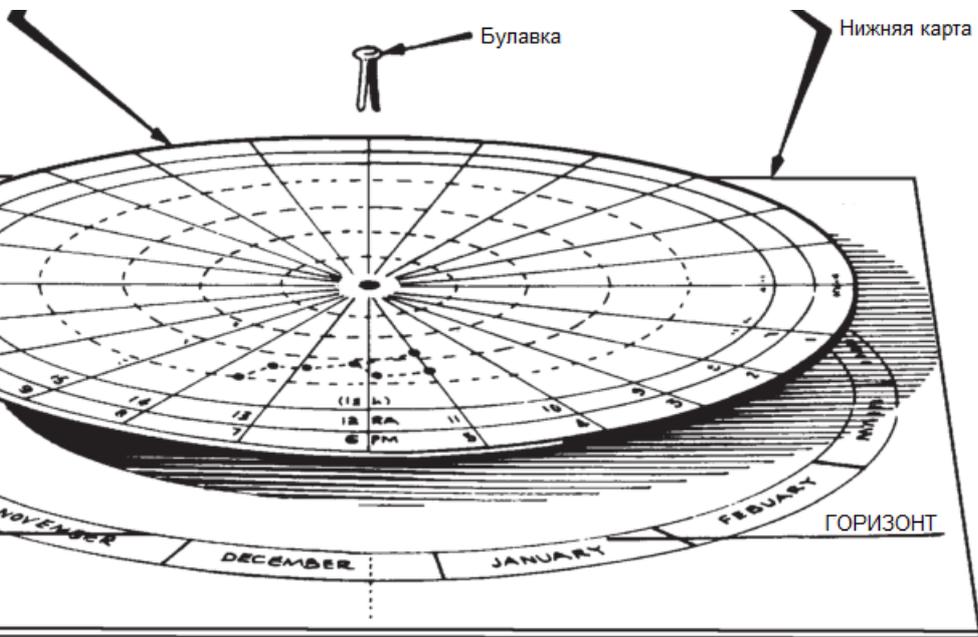
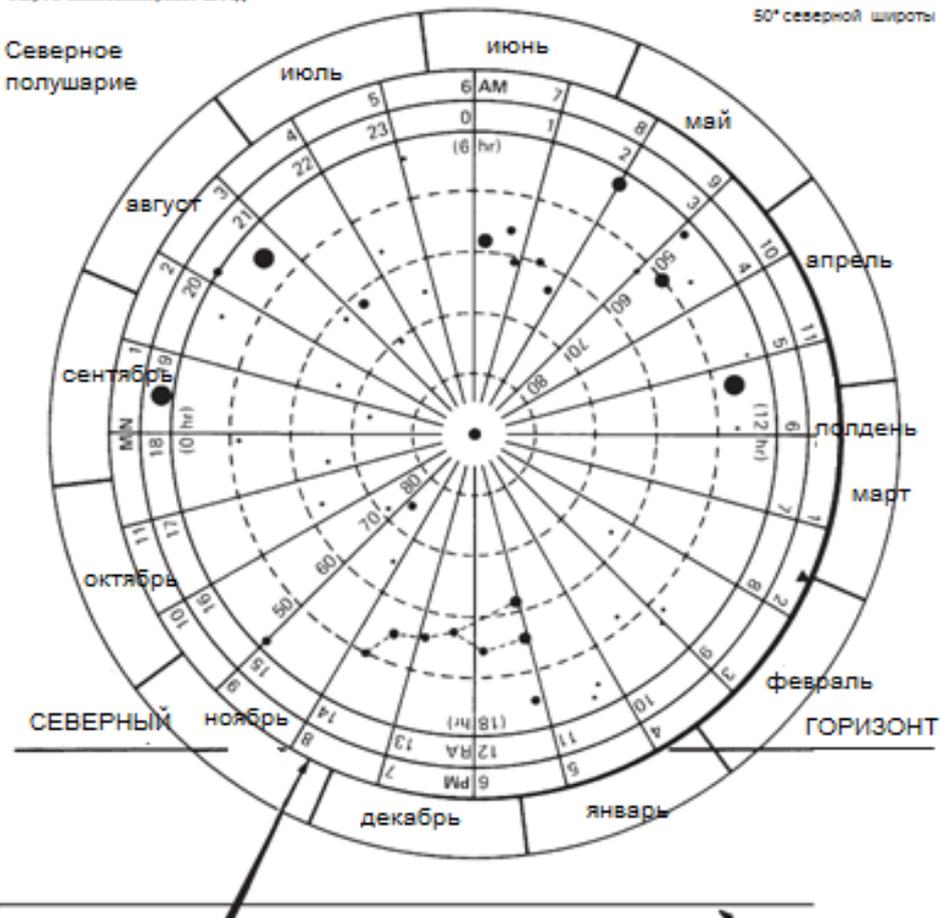
Так же вам потребуется хорошая доска толщиной мм и вращающаяся латунная стрелка, как показано на рисунке.



Карта околополярных звезд

50° северной широты

Северное
полушарие



Разместите карту звёздного неба в центре деревянной доски. Когда Полярная звезда окажется в центре, нарисуйте круг на середине расстояния между краем доски и краем карты. Теперь скопируйте всё до мельчайших деталей: линии и круги, как показано на рисунке.

Теперь разместите карту по центру на двух квадратных досках, нижняя доска при этом должна быть больше верхней доски минимум на 5 см. Затем соедините доски при помощи латунной стрелки с центром в Полярной звезде, при этом доски должны свободно вращаться.

Нарисуйте круг на внешней карте на расстоянии один дюйм от края круговой карты. Разделите круг на части по 30° , для обозначения месяцев. Напишите названия месяцев, как показано на рисунке. Далее каждый месяц возможно разделить на 10° , то есть каждое деление представляет 10 дней.

Теперь нарисуйте крупную линию со шкалой на квадратной карте, как показано на рисунке, и отметьте «северный горизонт». Эта линия представляет собой линию горизонта наблюдателя.

И, наконец, убедитесь, что дно квадратной карты параллельно «северному горизонту», при необходимости отрегулируйте карту.

При использовании карты поместите время напротив даты. На севере наблюдатель держит карту пред собой в направлении линии северного горизонта. Карта отобразит каким образом расположены звёзды вокруг Полярной звезды в настоящий момент.

Когда вы впервые используете карту звёздного неба, то вам трудно соотнести огромный размер неба над вами с небольшим размером карты. С помощью карты вы сможете найти зенит. Он может быть обозначен следующим образом. Когда кончик хвоста Большой медведицы достигает своего высшего положения, то эта точка находится прямо над головой наблюдателя на 50° северной широты. Если карту повернуть вертикально над Полярной звездой, то стрелки будут всегда указывать на зенит наблюдателя.

Время на временной шкале – это время С.Г.В. Если вы используете летнее время, то всегда добавляйте один час.

Подвижную карту звёздного неба возможно использовать на разных широтах. Единственные корректировки, которые необходимо внести – это положение линии горизонта и зенит. См. тему 9.

Самые лучшие условия для нахождения звёзд - это не ясное ночное небо, усыпанное звёздами, а вечерние сумерки или лёгкий туман. Только при таких условиях хорошо видны яркие звёзды.

Подвижная карта звёздного неба для южного полушария

Повторите процедуру, описанную выше. На рис. 1 показан порядок дат (для карты-подложки), П.В. и время на вращающейся карте, все направления должны находиться в обратном направлении по сравнению с картой для северного полушария.

Приложение 1

- Планетарная статистика

Орбиты планет

Планета	Среднее расстояние от Солнца в миллионах		Звёздный период в днях	Наклон к эклиптике		Орбитальная скорость	
	километрах	милях		°	'	км/сек	миль/сек
Меркурий	57.9	36	87.97	7	00	47.9	29
Венера	108.2	67	224.70	3	24	35.0	22
Земля	149.6	93	365.26	-		29.8	19
Марс	227.9	142	686.98	1	51	24.1	15
			годы				
Юпитер	778.3	484	11.88	1	18	13.1	8
Сатурн	1,427.0	887	29.36	2	29	9.6	6
Уран	2,869.6	1,783	84.63	0	46	6.8	4
Нептун	4,496.7	2,794	165.7	1	46	5.4	3
Плутон	5,950.0	3,700	250.6	17	08	4.7	3

Солнечные, лунные и планетарные размеры

Имя	Диаметр		Звёздный период осевого вращения	Наклон экватора	Масса	Плотность	Объём	
	км	мили					Земля = 1	Вода = 1
Солнце	1,392,000	865,000	25.38	7	15	332,958	1.41	1,303,800
Луна	3,476	2,160	27.32	1	32	0.012	3.34	0.020
Меркурий	4,840	3,010	59		?	0.054	5.41	0.055
Венера	12,300	7,650	244	174		0.815	4.99	0.902
			часы					
Земля	12,756 12,714	E* 7,926 P* 7,900	23 ч 56 мин 04 сек	23	27	1.000	5.52	1.000
Марс	6,790 6,750	E 4,220 P 4,190	24 ч 37 мин 23 сек	24	46	0.107	3.94	0.150
Юпитер	142,800 133,500	E 88,760 P 82,970	9 ч 50 мин 30 сек	3	04	317.89	1.33	1,318.9
Сатурн	119,300 107,700	E 74,160 P 66,890	10 ч 14 мин	26	44	95.14	0.71	743.7
Уран	47,100 43,800	E 29,300 P 27,200	10 ч 49 мин	97	53	14.52	1.70	47.1
Нептун	50,940 49,920	E 31,650 P 31,020	15 ч 48 мин	28	48	17.46	1.54	50.6
			дни					
Плутон	6,000	3,700	6.39		?	0.1	5.5	0.1

*E = Экваториальные диаметр * P = Полярный диаметр

Внимание

Данный период вращения Солнца равен периоду вращения экватора Солнца.

Наклон экватора предоставлен относительно орбит планет, но относительно эклиптики Солнца и Луны.

Приложение 2

Отсчёт долготы 1996-2021

	Янв 1-ое	Февр 1-ое	Март 1-ое	Апр 1-ое	Май 1-ое	Июнь 1-ое	Июль 1-ое	Авг 1-ое	Сент 1-ое	Окт 1-ое	Нояб 1-ое	Дек 1-ое
1996												
Меркурий	13	181	270	29	189	281	46	203	293	71	216	303
Венера	0	50	96	146	194	244	292	342	31	79	129	177
Земля	100	131	160	191	220	250	279	309	339	9	39	70
Марс	304	324	342	2	20	39	56	72	88	102	117	130
Юпитер	268	270	272	275	277	280	282	285	288	290	293	295
Сатурн	355	356	357	358	359	0	1	2	3	4	5	6
Уран	300	301	301	301	302	302	302	303	303	303	304	304
Нептун	295	295	296	296	296	296	296	296	297	297	297	297
Плутон	241	241	241	241	242	242	242	242	242	243	243	243
1997												
Меркурий	96	228	310	109	231	324	126	242	340	147	253	354
Венера	227	276	321	11	59	109	157	207	256	304	354	42
Земля	101	132	160	191	220	250	279	309	339	8	39	69
Марс	144	157	169	183	197	211	226	241	258	275	294	312
Юпитер	298	301	303	306	308	311	314	316	319	322	324	327
Сатурн	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19
Уран	304	305	305	305	306	306	306	307	307	307	308	308
Нептун	297	298	298	298	298	298	298	299	299	299	299	299
Плутон	243	243	244	244	244	244	244	245	245	245	245	245
1998												
Меркурий	166	264	3	175	267	24	187	279	48	201	291	67
Венера	92	142	186	236	284	333	21	71	121	170	219	267
Земля	101	132	160	191	220	250	279	308	338	8	39	69
Марс	332	352	9	28	46	63	78	94	109	122	136	149
Юпитер	330	333	335	338	341	343	346	349	352	354	357	0
Сатурн	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32
Уран	308	309	309	309	310	310	310	311	311	311	312	312
Нептун	300	300	300	300	300	300	301	301	301	301	301	302
Плутон	246	246	246	246	246	247	247	247	247	248	248	248
1999												
Меркурий	214	303	80	220	307	105	229	321	128	241	336	145
Венера	316	6	51	101	149	199	247	296	345	33	83	132
Земля	101	132	160	191	220	250	278	308	338	7	38	69
Марс	163	176	189	203	217	232	248	265	283	301	320	339
Юпитер	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	31	33
Сатурн	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	44	45
Уран	312	313	313	313	314	314	314	315	315	315	316	316
Нептун	302	302	302	302	302	303	303	303	303	303	304	304
Плутон	248	248	249	249	249	249	249	250	250	250	250	250
2000												
Меркурий	252	354	159	260	4	177	268	25	192	280	48	203
Венера	182	231	277	326	14	64	113	163	213	260	309	357
Земля	100	132	161	192	221	251	279	309	339	8	39	69
Марс	359	18	36	53	69	85	100	115	129	142	155	169
Юпитер	36	39	42	45	47	50	53	56	58	61	64	66
Сатурн	46	47	48	49	50	51	52	53	55	56	57	58
Уран	316	317	317	317	318	318	318	319	319	319	320	320
Нептун	304	304	304	304	305	305	305	305	305	306	306	306
Плутон	251	251	251	251	251	252	252	252	252	252	253	253

	Янв 1-ое	Февр 1-ое	Март 1-ое	Апр 1-ое	Май 1-ое	Июнь 1-ое	Июль 1-ое	Авг 1-ое	Сент 1-ое	Окт 1-ое	Нояб 1-ое	Дек 1-ое
2001												
Меркурий	292	74	209	298	80	222	308	106	234	322	130	242
Венера	47	97	143	193	241	289	337	26	76	125	176	224
Земля	101	133	161	192	221	251	279	309	338	8	38	69
Марс	182	196	209	224	239	256	272	291	310	329	348	7
Юпитер	69	72	74	77	80	82	85	88	90	93	95	98
Сатурн	59	60	61	62	63	65	66	67	68	69	70	71
Уран	320	321	321	321	322	322	322	323	323	323	324	324
Нептун	306	306	306	307	307	307	307	307	308	308	308	308
Плутон	253	253	253	254	254	254	254	254	254	255	255	255
2002												
Меркурий	337	151	248	346	156	259	0	174	270	20	190	279
Венера	273	321	6	56	104	155	204	253	302	349	38	87
Земля	101	132	161	191	221	250	279	308	338	7	38	68
Марс	26	44	60	76	91	106	120	134	148	161	174	188
Юпитер	101	103	106	108	111	113	116	118	121	123	126	128
Сатурн	73	74	75	76	77	78	79	80	82	83	84	85
Уран	324	325	325	325	326	326	326	327	327	327	328	328
Нептун	308	308	309	309	309	309	309	310	310	310	310	310
Плутон	255	255	256	256	256	256	256	257	257	257	257	257
2003												
Меркурий	43	204	284	56	207	296	75	220	309	100	232	320
Венера	137	188	233	282	329	18	66	117	167	216	265	312
Земля	100	132	160	191	220	250	279	308	338	7	38	68
Марс	202	216	230	246	262	280	298	317	337	356	15	33
Юпитер	131	133	135	138	140	143	145	147	150	152	154	157
Сатурн	86	87	88	89	91	92	93	94	95	96	97	99
Уран	328	329	329	329	330	330	330	331	331	331	332	332
Нептун	310	311	311	311	311	311	312	312	312	312	312	312
Плутон	258	258	258	258	258	259	259	259	259	259	260	260
2004												
Меркурий	124	243	331	141	249	348	156	260	7	174	271	22
Венера	1	51	97	148	197	247	294	343	32	80	130	179
Земля	100	131	161	192	221	251	280	309	339	8	39	69
Марс	51	66	83	98	112	126	139	153	167	180	194	208
Юпитер	159	162	164	166	168	171	173	175	178	180	182	185
Сатурн	100	101	102	103	104	105	107	108	109	110	111	112
Уран	332	333	333	333	334	334	334	335	335	335	336	336
Нептун	313	313	313	313	313	314	314	314	314	314	315	315
Плутон	260	260	260	260	261	261	261	261	261	262	262	262
2005												
Меркурий	190	283	34	198	286	57	208	298	83	221	311	102
Венера	229	279	323	12	60	110	158	209	259	306	355	43
Земля	100	132	160	191	221	251	280	309	339	8	39	69
Марс	223	238	253	270	288	307	326	345	5	23	41	58
Юпитер	187	189	191	194	196	198	201	203	205	208	210	212
Сатурн	113	115	116	117	118	119	120	121	122	123	125	126
Уран	336	337	337	337	337	336	338	338	339	339	339	340
Нептун	315	315	315	315	316	316	316	316	316	317	317	317
Плутон	262	262	263	263	263	263	263	263	264	264	264	264

	Янв 1-ое	Февр 1-ое	Март 1-ое	Апр 1-ое	Май 1-ое	Июнь 1-ое	Июль 1-ое	Авг 1-ое	Сент 1-ое	Окт 1-ое	Нояб 1-ое	Дек 1-ое
2006												
Меркурий	233	325	114	238	329	137	247	346	157	258	4	171
Венера	92	143	188	238	286	335	23	72	122	171	221	269
Земля	100	132	160	191	220	251	279	309	339	8	39	69
Марс	74	90	104	118	131	145	158	172	186	199	214	229
Юпитер	215	217	219	221	224	226	228	231	233	235	238	240
Сатурн	127	128	129	130	131	132	133	135	136	137	138	139
Уран	340	340	341	341	341	342	342	342	343	343	343	344
Нептун	317	317	317	318	318	318	318	318	319	319	319	319
Плутон	264	265	265	265	265	265	266	266	266	266	266	266
2007												
Меркурий	269	25	179	275	30	194	283	54	208	295	79	218
Венера	318	7	52	101	150	200	249	298	347	35	84	133
Земля	100	131	160	191	220	250	279	309	338	8	38	68
Марс	245	261	277	296	315	334	353	12	31	48	65	81
Юпитер	243	245	247	250	252	255	257	259	262	264	267	269
Сатурн	140	141	142	143	144	146	147	148	149	150	151	152
Уран	344	344	345	345	345	346	346	346	347	347	347	348
Нептун	319	319	320	320	320	320	320	321	321	321	321	321
Плутон	267	267	267	267	267	268	268	268	268	268	268	269
2008												
Меркурий	308	104	227	319	116	238	330	138	250	347	158	258
Венера	183	233	279	329	16	66	114	164	214	262	311	359
Земля	100	131	161	191	221	251	280	309	339	8	39	69
Марс	96	111	124	138	151	164	178	191	206	220	236	251
Юпитер	272	274	277	279	282	284	287	289	292	295	297	300
Сатурн	153	154	155	156	157	159	160	161	162	163	164	165
Уран	348	348	349	349	349	350	350	350	351	351	351	352
Нептун	321	322	322	322	322	322	323	323	323	323	323	324
Плутон	269	269	269	269	270	270	270	270	270	270	271	271
2009												
Меркурий	5	176	264	16	180	275	32	195	287	56	209	296
Венера	49	98	144	194	242	291	339	28	78	126	176	225
Земля	101	132	160	191	220	250	279	309	339	8	39	69
Марс	269	287	304	323	342	2	20	39	56	72	88	102
Юпитер	302	305	307	310	313	315	318	321	324	326	329	332
Сатурн	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	178
Уран	352	352	352	353	353	353	354	354	354	355	355	355
Нептун	324	324	324	324	324	325	325	325	325	325	326	326
Плутон	271	271	271	271	272	272	272	272	272	273	273	273
2010												
Меркурий	81	222	302	94	225	316	113	236	331	135	248	343
Венера	274	323	8	58	106	156	204	254	303	351	41	89
Земля	101	132	160	191	220	250	279	309	338	8	39	69
Марс	117	131	143	157	170	183	197	211	227	242	258	275
Юпитер	334	337	340	343	345	348	351	354	357	359	2	5
Сатурн	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
Уран	356	356	356	357	357	357	358	358	358	359	359	359
Нептун	326	326	326	326	327	327	327	327	327	328	328	328
Плутон	273	273	273	274	274	274	274	274	274	275	275	275

	Янв 1-ое	Февр 1-ое	Март 1-ое	Апр 1-ое	Май 1-ое	Июнь 1-ое	Июль 1-ое	Авг 1-ое	Сент 1-ое	Окт 1-ое	Нояб 1-ое	Дек 1-ое
2011												
Меркурий	156	259	352	165	262	11	178	273	33	193	284	51
Венера	139	189	234	283	331	20	68	118	169	217	266	313
Земля	100	132	160	191	220	250	279	308	338	7	38	69
Марс	294	313	331	351	9	28	46	63	79	94	109	122
Юпитер	8	11	13	16	19	22	24	27	30	33	36	38
Сатурн	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202
Уран	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Нептун	328	328	328	329	329	329	329	329	330	330	330	330
Плутон	275	275	276	276	276	276	276	276	277	277	277	277
2012												
Меркурий	207	296	70	217	303	96	226	316	120	238	331	137
Венера	3	53	99	150	198	248	295	344	34	82	132	181
Земля	100	132	161	192	221	251	279	309	339	8	39	69
Марс	136	150	162	176	189	204	218	233	249	266	284	302
Юпитер	41	44	47	49	52	55	58	60	63	66	68	71
Сатурн	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214
Уран	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7
Нептун	330	330	331	331	331	331	331	332	332	332	332	332
Плутон	277	277	278	278	278	278	278	278	279	279	279	279
2013												
Меркурий	249	348	148	254	353	167	263	12	183	274	34	195
Венера	231	280	324	13	61	112	160	211	260	307	356	44
Земля	101	132	161	192	221	251	279	309	339	8	39	69
Марс	321	341	359	18	36	53	70	85	101	115	129	142
Юпитер	74	77	79	82	84	87	90	92	95	97	100	102
Сатурн	215	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225
Уран	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11
Нептун	333	333	333	333	333	333	334	334	334	334	334	335
Плутон	279	279	280	280	280	280	280	280	281	281	281	281
2014												
Меркурий	286	58	202	292	65	215	301	90	227	315	115	236
Венера	94	145	190	240	287	336	24	73	124	173	223	270
Земля	100	132	160	191	221	251	279	309	338	8	38	69
Марс	156	169	181	195	209	224	240	256	273	291	310	329
Юпитер	105	108	110	112	115	117	120	122	125	127	130	132
Сатурн	226	227	228	229	230	231	232	233	234	234	235	236
Уран	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15
Нептун	335	335	335	335	335	336	336	336	336	336	337	337
Плутон	281	281	282	282	282	282	282	282	283	283	283	283
2015												
Меркурий	329	138	242	337	143	253	350	163	264	9	180	273
Венера	319	8	53	103	152	202	250	299	348	36	86	134
Земля	100	132	160	191	220	250	279	309	338	8	38	68
Марс	349	8	25	43	60	76	91	106	120	134	148	161
Юпитер	135	137	139	142	144	147	149	151	154	156	158	161
Сатурн	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248
Уран	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19
Нептун	337	337	337	337	338	338	338	338	338	339	339	339
Плутон	283	283	284	284	284	284	284	284	285	285	285	285

	Янв 1-ое	Февр 1-ое	Март 1-ое	Апр 1-ое	Май 1-ое	Июнь 1-ое	Июль 1-ое	Авг 1-ое	Сент 1-ое	Окт 1-ое	Нояб 1-ое	Дек 1-ое
2016												
Меркурий	30	195	281	48	202	293	67	216	306	92	228	316
Венера	185	235	281	330	18	67	115	166	216	264	313	1
Земля	100	131	161	192	221	251	280	309	339	8	39	69
Марс	174	188	201	216	231	247	263	281	300	319	338	357
Юпитер	163	165	168	170	172	175	177	179	182	184	186	189
Сатурн	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
Уран	19	20	20	20	21	21	21	22	22	22	23	23
Нептун	339	339	340	340	340	340	340	340	341	341	341	341
Плутон	285	285	286	286	286	286	286	286	286	287	287	287
2017												
Меркурий	116	239	323	128	242	339	144	253	357	163	265	11
Венера	50	100	145	195	244	293	341	30	79	128	178	226
Земля	101	132	160	191	221	251	280	309	339	8	39	69
Марс	16	35	51	67	83	98	112	126	140	153	167	180
Юпитер	191	193	195	198	200	202	205	207	209	212	214	216
Сатурн	260	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270
Уран	23	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27
Нептун	341	342	342	342	342	342	342	343	343	343	343	343
Плутон	287	287	287	288	288	288	288	288	288	289	289	289
2018												
Меркурий	180	276	22	188	279	45	199	291	69	213	303	88
Венера	276	325	10	59	107	157	206	256	305	353	42	90
Земля	100	132	160	191	220	250	279	309	339	8	39	69
Марс	194	208	222	237	253	271	288	307	327	346	5	24
Юпитер	219	221	223	225	228	230	232	235	237	240	242	244
Сатурн	271	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281
Уран	27	28	28	28	29	29	29	30	30	30	31	31
Нептун	344	344	344	344	344	344	345	345	345	345	345	346
Плутон	289	289	289	289	290	290	290	290	290	290	291	291
2019												
Меркурий	225	317	101	231	321	124	239	336	146	251	354	160
Венера	140	190	235	285	333	22	70	120	169	218	268	315
Земля	100	132	160	191	220	250	279	309	339	8	39	69
Марс	42	59	74	90	104	118	132	145	159	172	186	199
Юпитер	247	249	251	254	256	259	261	264	266	269	271	273
Сатурн	282	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292
Уран	31	32	32	32	33	33	33	34	34	34	35	35
Нептун	346	346	346	346	347	347	347	347	347	347	348	348
Плутон	291	291	291	291	292	292	292	292	292	292	292	293
2020												
Меркурий	262	13	173	270	24	189	279	47	203	291	72	213
Венера	5	55	101	151	199	249	297	346	36	84	134	182
Земля	100	131	161	191	221	251	279	309	339	9	40	70
Марс	214	229	244	261	278	297	315	335	355	14	32	49
Юпитер	276	279	281	284	286	289	291	294	296	299	302	304
Сатурн	293	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303
Уран	35	36	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39
Нептун	348	348	348	349	349	349	349	349	349	350	350	350
Плутон	293	293	293	293	293	294	294	294	294	294	294	294

Приложение 3

Положения ярких звёзд

Название	Созвездие	Размер	П.В. час	Склонение 0
Ахернар	Эридан	0.6	1.6	-57
Альдебаран	Телец	1.1	4.6	+16
Ригель	Орион	0.3	5.2	- 8
Капелла	Возничий	0.2	5.2	+46
Бетельгейзе	Орион	0.1-1.2	5.9	+ 7
Канопус	Киль	-0.9	6.4	-53
Сириус	Большой Пёс	-1.6	6.7	-17
Процион	Малый Пёс	0.5	7.6	+ 5
Поллукс	Близнецы	1.2	7.7	+28
Регул	созвездие Льва	1.3	10.1	+12
Акрукс	созвездие Южного Креста	1.0	12.4	-63
Спика	созвездие Девы	1.2	13.4	-11
Хадар	Центавр	0.9	14.0	-60
Арктур	Волопас	0.2	14.2	+19
Ригиль Кент	Центавр	0.1	14.6	-61
Антарес	Скорпион	1.2	16.5	-26
Вега	Лири	0.1	18.6	+39
Альтаир	созвездие орла	0.9	19.8	+ 9
Денеб	Лебедь	1.3	20.7	+45
Фомальгаут	Рыбы	1.3	22.9	-30

Приложение 4

Некоторые понятия

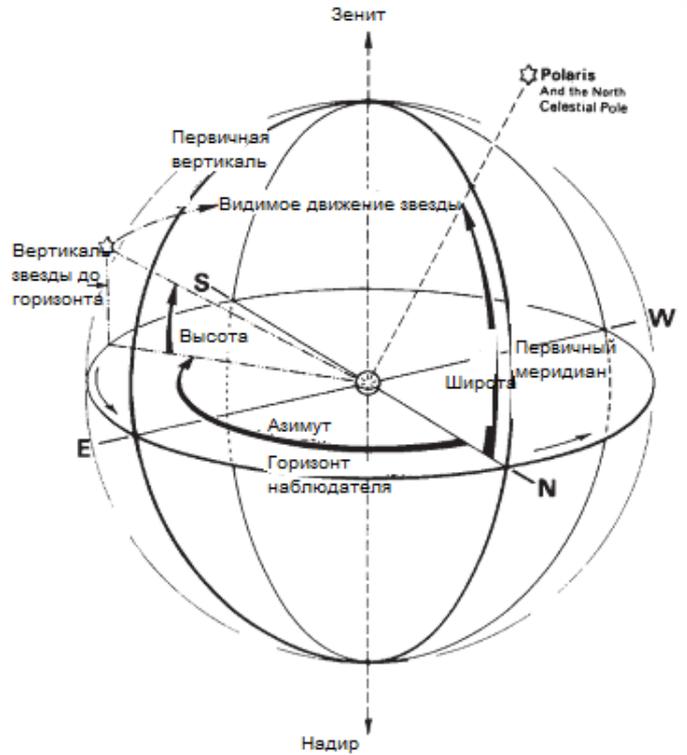
Рис. 4.

Меридиана – это важная делительная окружность. Она проходит через север и юг горизонта, зенит наблюдателя, надир и небесный полюс.

Главная вертикаль находится в вертикальном положении относительно восточного горизонта, проходит над головой и, спускаясь, разделяет горизонт вертикально на западе.

Во время транзита, объект пересекает меридиан. Для наблюдателя в северном полушарии каждая звезда отчетливо видна ему, пересекает меридиан между северным небесным полюсом и южный горизонт один раз в день (1 раз за 24 часа). Когда звезда находится в самой высшей точке, то она достигает апогея. Но околополярные звёзды (см. темы 8 и 9) на 12 часов позже пересекают меридиан между северным небесным полюсом и северным горизонтом. Это называется нижней кульминацией.

Иногда кажется, что внутренние планеты проходят по диску Солнца.



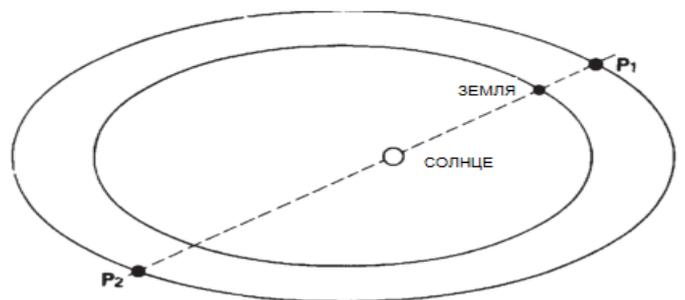
Транзит звёзд происходит с небольшим промежутком времени. Азимут, измеренный у горизонта с севера является менее 180° .

Движение внутренней планеты со стороны звёздного неба (см. тему 6, стр. 28), обозначено на рис. 5.



Рис. 5.

Внутренние планеты. Удлинение и сокращение. (см. тему 6, стр. 26).



Внешние планеты. В противофазе - P, В совокупности - P,

Рис. 6.

Положения

Эллипс

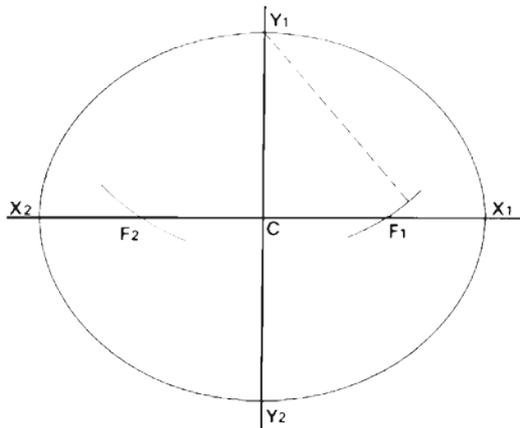


Рис. 1. C - центр
F1, F2 Каждый является фокусом
X1, X2 - это длинная ось
Y1, Y2 - это короткая ось
 $CX1 = CX2 = Y1 F1$
 $CF1$ = эксцентриситет
CX1 орбиты

Орбиты планет



Рис. 2. Солнце в одном из фокусов F1 или F2, но не в C.
Перигелий
Земля в E1 находится близко к Солнцу
Афелий
Земля в E2 находится далеко от Солнца

Линейная орбита



Рис. 3. Солнце в одном из фокусов F1 или F2, но не в C
Перигелий
Луна в M1 находится близко к Земле
Афелий
Луна в M2 находится далеко от Земли

Глоссарий

Высота над уровнем моря	Угловое расстояние над горизонтом.
Афелий	Точка на орбите, на которой планета или комета наиболее удалена от Солнца. Земля находится в афелии примерно 1 июля.
Азимут	Это угол γ между истинным меридианом и вертикальной линией картографической сетки. Измеряется в восточном направлении с 0 до 360° околополярных звёзд над горизонтом, который виден всегда с заданной точки. Они расположены между небесным полюсом и суточной параллелью с угловым расстоянием равным высоте полюса.
Сближение и отдаление	Сближение происходит тогда, когда Земля, Солнце и внутренние планеты (Венера и Меркурий) находятся на одной линии в плоскости, перпендикулярной эклиптике. Когда планета находится на другой стороне Солнца, то сближение считается превосходным, когда Солнце на той же самой стороне, что и Земля, это называется нижнее солнцестояние. См. на рисунок 6 на стр. 69.
Склонение	Это координата в экваториальной системе, которая является мерой углового расстояния тела от небесного экватора. Склонение измеряется как (+) на север и как (-) на юг от небесного экватора от 0° до 90°.
Эклиптика	Огромный круг в небесной сфере, который видим как ежегодный путь Солнца. Эклиптика наклонена на 23.5° относительно небесного экватора.
Эллипс	Плоская кривая, сумма расстояния от точки на прямой до двух точек на прямой (foci) постоянна и равна длине большой оси эллипса. Эллипс имеет коническую форму. Расстояние между основными направлениями, выраженное при помощи большой оси, и называется эксцентриситетом орбиты. Чем больше эксцентриситетом орбиты, тем более вытянутой формы эллипс. Если эксцентриситет орбиты равен 0, то эллипс становится параболой. Согласно закону Кеплера, каждая планетарная орбита является эллипсом с Солнцем, расположенным в одном главном месте.
Колюр равноденствий	Часовой круг, проходящий через точки равноденствий.
Равноденствие	Две точки пересечения эклиптики и небесного экватора или небесной сферы. Весеннее равноденствие (в созвездии Рыб) – это точка пересечения, где Солнце меняет склонение с южного на северное. Противоположностью является осеннее равноденствие (в созвездии Девы). Когда Солнце достигает равноденствий (примерно 21 марта и 23 сентября соответственно), дни и ночи равны («равноденствие» означает «равный день и ночь»).
Серповидная форма	Форма Луны или планеты, когда видна её меньшая половина. Очевидно, что мы можем наблюдать серповидную форму Меркурия и Венеры, а так же Марса. У планет, которые расположены дальше, такой эффект не виден.
Наибольшая элонгация	Момент наибольшей элонгации (восточной или западной) планеты – это момент, когда угол между Солнцем, Землёй и планетой наибольший.
Меридиан	<ol style="list-style-type: none">1. Небесный меридиан. Большой круг на небесной сфере, проходящий через оба полюса, зенит и надир. Меридиан пересекает горизонт в северной и южной точках.2. На Земле меридианы – это большие круги, который находятся на полюсах и перпендикулярны экватору.
Гринвичский меридиан	Нулевой меридиан. Международное соглашение, на основании которого долгота отсчитывается от нулевого меридиана в восточном и западном направлениях. Это меридиан, который проходит через королевскую обсерваторию в Гринвиче недалеко от Лондона.
Ноктурлабиум	Древний инструмент астрономов, который использовался для указания времени в ночное время в любое время года.

Перигелий	Это ближайшая к Солнцу точка орбиты Земли.
Плоскость	Воображаемая поверхность, в которой находятся точки и линии материальных тел.
Прецессия	Медленный, постепенный поворот земной оси вокруг полюса эклиптики. Экваториальная плоскость Земли всегда находится под углом 23.5° к плоскости эклиптики, хотя точки пересечения этих двух плоскостей постоянно меняются. Следовательно, небесный полюс описывает круг диаметром 47° вокруг неба в течение 25,800 лет, а весеннее равноденствие продвигается на запад на $50''$ в год. Прецессия была обнаружена Гиппархом в середине второго века до нашей эры. Этот феномен вызван отклонением Земли от истинной сферы. Земля сплюснута на полюсах и может быть рассмотрена как сфера, экватор которой окружен экваториальной выпуклостью. Притяжение Солнца и Луны на этом экваториальном выпуклости пытается привести экваториальную плоскость в соответствие с плоскостью эклиптики и орбитальной плоскостью Луны. Это действие Солнца и Луны противостоит вращению Земли, что приводит к колебанию оси Земли вокруг полюса эклиптики. Совокупный эффект гравитационного притяжения Солнца и Луны называется лунно-солнечной прецессией. Нарушающие воздействия планеты на орбиту Земли вызывают прецессионный эффект при движении равноденствий на восток. Это явление называется планетарной прецессией. Комбинированный эффект лунно-солнечной и планетарной прецессии называется общей прецессией. В результате положения звёзд в прямом восхождении и склонении постоянно меняются. Поэтому карты звёздного неба пересчитывают положения звёзд в заданную эпоху (например, в 1950, 2000 или 2050 году).
Прямое восхождение	Угловое расстояние, которое отсчитывается в восточном направлении от точки весеннего равноденствия
Звёздные сутки	Время, которое требуется для двух последовательных верхних кульминаций одного меридиана. Звёздный день начинается тогда, когда точка весеннего равноденствия пересекает меридиан наблюдателя в 0 час 0 мин 0 сек, или звёздный полдень. Звёздный день на четыре минуты короче солнечного дня.
Звёздный период	Время, которое требуется Луне или планете совершить один оборот относительно звёзд.
Знаки Зодиака	В древности каждый знак был разделен на 12 знаков по 30° . Начиная с точки весеннего равноденствия, первые 30° относятся к созвездию Овна следующие к созвездию Тельца и т.д. В результате прецессии названия Знаков Зодиака более не совпадают с созвездиями с теми же названиями. На протяжении года Солнце оказывается в течение месяца в каждом из созвездий.
Солнечный ветер	Устойчивый поток заряженных частиц, протонов или электронов, испускаемых Солнцем на высоких скоростях. Скорости частиц могут достигать нескольких сотен км. сек. Солнечный свет усиливается во время солнечной активности, например образование солнечных вспышек, которые влияют на магнитные условия на Земле.
Солнцестояние	Крайние положения Солнца в его кажущемся ежегодном пути среди звезд, когда его склонение достигло наибольшего северного значения (летнего солнцестояния) или наибольшего южного значения (зимнего солнцестояния).
Спектрометрия	Наука об измерении интенсивности света в спектре, спектральных линиях и их контурах.
Сизигий	Термин применяется к трем астрономическим телам, находящимся на одной прямой. Новолуние и полнолуние, а также другие планеты и Солнце находятся в сизигии.
Зенит	Точка в небе, которая расположена прямо над наблюдателем.