

Муниципальное образовательное учреждение
средняя образовательная школа № 9
им. Кирилла и Мефодия
г. Каменки

**III ОТКРЫТЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ФЕСТИВАЛЬ
ТВОРЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ И ИНИЦИАТИВ
«ЛЕОНАРДО»**

ПРОЕКТ

по физике

на тему:

«Создание армиллярной сферы»

Выполнили: ученицы 9 «А» класса

МОУ СОШ № 9 г.Каменка

Арзамасова Анастасия,

Акжигитова Элина

Руководитель проекта:

Петряева Т.А.,

учитель физики, высшая категория

Оглавление

Введение	3
История создания	3
Устройство армиллярной сферы	5
Что можно продемонстрировать при помощи армиллярной сферы?	6
Как сделать армиллярную сферу.....	7
Разметка	7
Инструкция по сборке армиллярной сферы	11
Как «увидеть» движение звездного неба в своем городе?	13
Как продемонстрировать движение Солнца и Луны в течение суток?	14
Заключение	15

Введение

Вот уже два года мы изучаем в школе на внеурочных занятиях элементы астрофизики. Одним из сложнейших моментов на начальном этапе обучения являются понятия небесных координат. Для удобства изучения нам не хватало армиллярной сферы. Поэтому мы решили ее создать.

Цель работы: изучение и создание армиллярной сферы.

Задачи:

- Изучить устройство армиллярной сферы;
- Изучить историю сферы;
- Разработать модель сферы;
- создать прототип армиллярной сферы.

История создания

Астрономия часто считается одной из старейших отраслей науки. Во многих древних обществах астрономические наблюдения использовались не только для практической работы по определению ритма жизни. Например, различные сезоны года, празднование праздников и так далее. Но также и для философского исследования природы Вселенной, а также природы человеческого существования. Поэтому были изобретены различные инструменты, чтобы помочь такой важной науке, как астрономия. Один из этих инструментов назывался армиллярной сферой.

Армиллярная сфера — это астрономическое устройство, состоящее из нескольких колец, соединенных с полюсом. Эти кольца представляют собой круги небесной сферы, такие как экватор, эклиптика и меридианы. Кстати, именно от этих колец происходит название этого устройства (слово *armilla* на латыни означает браслет).

Армиллярные сферы по своей функции можно разделить на две основные категории:

- **Демонстрационные** армиллярные сферы, используются для демонстрации и объяснения движения небесных объектов

• **Наблюдательные** армиллярные сферы, используются для наблюдения самих небесных объектов. Поэтому наблюдательные армиллярные сферы, как правило, больше по размеру по сравнению с их демонстрационными аналогами. Наблюдательные армиллярные сферы также имеют меньше колец, что делает их более точными и простыми в использовании.

Считается, что армиллярная сфера возникла в древнегреческом мире. Некоторые например утверждают, что армиллярная сфера была изобретена где — то в VI веке до нашей эры, греческим философом Анаксимандром Милетским. Другие приписывают изобретение этого устройства астроному II-го века до нашей эры Гиппарху. Как говорят самое раннее упоминание об армиллярной сфере, пришло из трактата, известного сегодня как Альмагест. Написанного греко — египетским географом II века нашей эры Клавдием Птолемеем.

В этом трактате Птолемей описывает построение и использование зодиакальной армиллярной сферы. Инструмента, используемого для определения местоположения небесных тел в эклиптических координатах. Кроме того, Птолемей приводит примеры использования этого устройства для наблюдения звёзд и планет. Птолемей с моделью армиллярной сферы 1476 год. Интересно, что армиллярная сфера также независимо развивалась в Китае, хотя возможно и позднее. Как говорят, она появилась в Китае во времена династии Хань 206 год до нашей эры — 220 год нашей эры.

Первоначально структура этих сфер была очень простой, состоящей из трех колец и металлической оси, которая была ориентирована в сторону

Северного и Южного полюсов. Однако на протяжении веков к сферам добавлялось всё больше колец, чтобы можно было проводить различные измерения.

В Средние века знания по производству и использованию армиллярных сфер, перешли и в Исламский мир. Первый известный договор об этом устройстве известен как Дхат Аль — Халак. Переводится как «инструмент с кольцами», написанный астрономом 8-го века Аль — Фазари.

Армиллярная сфера, была введена в христианскую Европу Гербертом Д'Орийяком (позже папой Сливестером II). Предполагается, что д'Орийяк получил такие знания из исламской Испании. И к концу средневековья демонстративная армиллярная сфера, стала довольно распространенным устройством в европейских университетах. В таких учреждениях преподавались трактаты по геометрии небесной сферы, что сделало армиллярную сферу незаменимым инструментом обучения. Армиллярные кольца — сферы.

В Европе армиллярные сферы были распространены в позднем средневековье и в начале современной эры. Многие из сохранившихся армиллярных сфер 1500-х годов и позже указывают, что они были сделаны из драгоценных металлов для коллекционеров. В 18 веке армиллярные сферы были также сделаны из дерева и картона. Они использовались в течение 19-го века, прежде всего, в качестве образовательных инструментов для обучения разнице между Птолемеевой и Коперниканской моделями Вселенной.

Устройство армиллярной сферы

Армиллярная сфера ориентирована на геоцентрическую позицию наблюдения (земного наблюдателя). Надо только представить себя находящимся в самом центре. Тогда горизонтально лежащее кольцо с нанесенными на нем точками С, В, Ю, З (*север, восток, юг, запад*) представляет плоскость горизонта. Вертикальное кольцо,

пересекающее плоскость горизонта в точках юга и севера, — меридиан. На нем имеются две особые точки — Северный и Южный полюсы мира, — сквозь них проходит ось мира — ось вращения небесной сферы. Небесная сфера — сфера неподвижных звезд («неподвижных» в смысле отсутствия заметного перемещения звезд относительно друг друга, что отличает их от других небесных светил — планет, Луны и Солнца) — представлена двумя скрещенными кольцами и может быть заменена звездным глобусом, что дает возможность увидеть движение любого созвездия, а также продемонстрировать не заходящие и не восходящие созвездия. На кольцах небесной сферы косо закреплено кольцо зодиакальных созвездий (эклиптика), внутри которого на четырех подвижных ползунках вставлено под малым наклоном кольцо, представляющее лунную орбиту. Оно пересекает эклиптику в двух противоположных точках — узлах лунной орбиты. Кроме того, на меридианном кольце, на равных расстояниях от полюсов, перпендикулярно оси мира закреплено кольцо небесного экватора

Что можно продемонстрировать при помощи армиллярной сферы?

- Движение небесной сферы в любой точке Земли.
- Места восхода и захода зодиакальных созвездий и их суточное движение
- Восход, заход и суточное движение Солнца и Луны и его изменение в течение года, а также особенности этого движения на различных широтах.
- Перемещения Солнца, Луны и планет по зодиаку.
- Движение узлов лунной орбиты и объяснение периодичности затмений.
- Экваториальную, эклиптическую и горизонтальную системы координат.

Как сделать армиллярную сферу

Чтобы сделать армиллярную сферу, то для этого нам в первую очередь потребовалась хорошего качества фанера. Изучив строение сферы мы разработали следующий вариант - большая демонстрационная сфера, которую мы сделали для нашего кабинета физики. Ширину пазов проектировалась в толщину материала.

Для изготовления армиллярной сферы размером 520* 520 * 560 мм нам понадобился: лист фанеры толщиной 6 мм и размером 160 *160 см, и лазерный станок.

Разметка

Самая сложная часть работы — это разметка. В течении этого года мы работали с чертежами в программе Corel.

Чертёж — это графический конструкторский документ, содержащий изображение инженерного объекта (например, детали, сборочной единицы, изделия, здания, сооружения и т. п.), а также данные, необходимые для его изготовления, сборки, монтажа, упаковывания, строительства, контроля и др. Термин «черчение» может обозначать процесс выполнения чертежей в рамках инженерной графики. Сам процесс создания чертежа может происходить на бумаге или с использованием профессионального ПО и компьютера. Когда говорят о черчении в контексте бумажных чертежей, процесс можно описать как создание геометрически точного изображения видов детали сверху, спереди, сбоку. Если говорят о сборочном чертеже, то обычно это разрез сложного объекта по оси симметрии. Но сейчас двадцать первый век, и мы будем говорить о цифровом, электронном чертеже.

Небесный меридиан.(Приложение 1)

Внешний радиус — 314 мм, внутренний — 262 мм. На кольце небесного меридиана нанесена градусная разметка (по десять градусов) в обе стороны от отметки «экватор».

Разметку нанесли с одной стороны кольца.

Небесный экватор (приложение 2)

Внешний радиус — 290 мм, внутренний — 262 мм. На него, также нанесена часовая разметка (24 деления) по часовой стрелке.

Это кольцо разместили так, что бы на кольце небесного экватора с лицевой стороны деления шли по часовой стрелке.

Небесная сфера(приложение 3).

Внешний радиус — 244 мм, внутренний — 214 мм. Оба кольца небесной сферы разметьте одинаково (от точки 0° вверх и вниз: $\pm 23,5^\circ$ и $\pm 66,5^\circ$).

Единственное отличие — это расположение выступов для крепления эклиптики.

Горизонт (приложение 4)

Внешний радиус — 380 мм, внутренний — 304 мм. Кольцо горизонта разделено всего на 8 частей, в соответствии со сторонами горизонта. Оно не требует разметки на обороте.

Эклиптика: знаки зодиака(приложение 5)

Внешний радиус — 210 мм, внутренний — 182 мм. Кольцо эклиптики. разделено точками на 12 равных частей (по 30°) — таким образом выделены границы знаков зодиака.

Затем, выбрав любую точку за начало отсчета, пометьте ее знаком точки весеннего равноденствия (g). Противоположную ей точку — знаком точки осеннего равноденствия (j). Две другие точки, отстоящие от первых, представляют собой точки летнего (на четверть круга против часовой стрелки от точки g) и зимнего солнцестояния (четверть круга по часовой стрелке от

точки g). Именно в этих точках делаются затем углубления с внешней стороны для крепления эклиптики внутри колец небесной сферы.

Эклиптика: зодиакальные созвездия (приложение б)

Затем прочертите границы зодиакальных созвездий. Для этого от точки g против часовой стрелки нанесите деления в соответствии с таблицей 1. Числа в приведенных ниже таблицах взяты из кн.: Куликовский П.Г.Справочник любителя астрономии. — М., 2002.

Таблица 1

Созвездие	Угол (в градусах)	Дата вступления в созвездие (для 2000 г.)
Овен	26	18 апреля
Телец	50	13 мая
Близнецы	90	21 июня
Рак	119	20 июля
Лев	140	10 августа
Дева	173	16 сентября
Весы	214 (34 от точки j)	30 октября
Скорпион	239 (59)	23 ноября
Стрелец	265 (85)	17 декабря
Козерог	302 (122)	20 января
Водолей	328 (148)	16 февраля
Рыбы	351 (171)	11 марта

Даты равноденствий и солнцестояний на 2000 г. (положения соответствующих границ знаков зодиака):

Весеннее равноденствие	21 марта	g
Летнее солнцестояние	22 июня	d
Осеннее равноденствие	23 сентября	j
Зимнее солнцестояние	22 декабря	b

Эклиптика: даты.

Еще сложнее разметить даты (воспользуйтесь табл. 2). В ней дается значение градусной меры угла, отсчитываемой от точки g (т.е. фактически это величина эклиптической долготы). При этом 1 день составляет примерно 1°.

Затем от начала месяца нанесите еще несколько делений по 5° (5 дней) каждое. При этом желательно немного смещать (на 1°) последнее деление от конца месяца в направлении по часовой стрелке (если в месяце 31 день) и против — в феврале.

Однако возможно и приемлемое для модели упрощение, состоящее в том, что весь круг дат делится на 12 равных частей — месяцев. При этом нужно просто правильно указать начало одного из месяцев. Для этого достаточно отметить начало апреля — это 11° *против часовой стрелки* от точки весеннего равноденствия.

Далее следует взять эту точку в качестве начала отсчета для деления круга дат на 12 равных частей. Каждый месяц также надо разделить на 6 равных частей, по 5° (5 дней) в каждой. Для большей точности можно передвинуть назад на $0,5^\circ$ конец каждого более короткого месяца (апреля, июня, сентября, ноября, февраля). В результате по крайней мере основная часть «долгих» месяцев (мая, июля, октября, декабря, марта) станет длиннее.

Всю разметку эклиптики перенесите после выпиливания и на обратную сторону, где даты и созвездия будут следовать друг за другом *в обратном порядке* (по часовой стрелке).

Орбита Луны

Внешний радиус — 180 мм, внутренний — 150 мм. На орбите Луны отметьте положение вырезов для ее крепления внутри эклиптики. Рядом с двумя противоположными вырезами можете наметить восходящий (,) и нисходящий (a) узлы лунной орбиты.

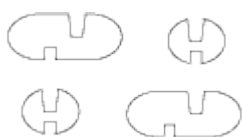
Размечать удобнее все полностью, даже то, что не придется выпиливать, иначе потом это делать будет очень трудно.

Когда все размечено и вы убедились, что нигде нет ошибок и все пазы имеют ширину *точно* в размер толщины вашей фанеры, можно приступать к выпиливанию.

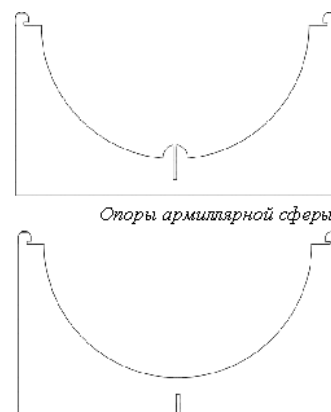
Затем перенесите разметку эклиптики, экватора, меридиана и колец небесной сферы и на обратную сторону.

Кроме того, нарисуйте на обрезках фанеры и выпилите 4 ползунка, на которых крепится лунная орбита, а также «Солнце», «Луну» и пять основных планет.

если необходимо, зачистить все поверхности мелкой шкуркой. Можно также для красоты и чистоты покрыть ее бесцветным мебельным лаком.



Дополнительные детали кольца «Луны» (опытные части)



В точках *С* и *Ю* небесного меридиана и обеих колец небесной сферы высверлите сквозные отверстия параллельно слоям фанеры для того, чтобы вставить оси, вокруг которых будет вращаться небесная сфера. Диаметр отверстий должен быть не более 1,5 – 2 мм.

Инструкция по сборке армиллярной сферы

- в углубления лунной орбиты вставьте ползунки: два маленьких крепятся в узлах, два больших — в двух других точках.
- вставьте «орбиту» внутрь «эклиптики», причем таким образом, чтобы восходящий узел располагался так, чтобы при движении против часовой стрелки лунная орбита пересекала в этой точке эклиптику *снизу вверх*. При этом само кольцо эклиптики должно быть повернуто кверху той стороной, на которой даты и созвездия нанесены *против часовой стрелки*.
- крест-накрест вставьте друг в друга кольца небесной сферы (совмещаются точки *С* и *С*, *Ю* и *Ю* обеих сфер). При этом внутреннее кольцо вы должны будете слегка сжать, чтобы оно могло войти внутрь. Это надо делать аккуратно, чтобы кольцо не треснуло.

- внутрь сферы введите эклиптику и вставьте ее в пазы небесной сферы таким образом, чтобы точка весеннего равноденствия (g) совпала с 0° одного из колец небесной сферы, а противоположная ей точка осеннего равноденствия (j) — с противоположной точкой « 0° » этого же кольца. Точка же «21 июня» эклиптики должна совпасть с точкой « $+23,5^\circ$ » второго кольца небесной сферы, а точка «22 декабря» — с « $-23,5^\circ$ ». При этом проследите за тем, чтобы кольцо эклиптики было обращено правильной стороной к точке С небесной сферы (Северному полюсу мира): при взгляде с него зодиакальные созвездия и даты должны располагаться на эклиптике *против* часовой стрелки.
- внутрь небесного меридиана вставьте небесный экватор, причем так, чтобы, когда вы смотрите от точки С, меридиан экватора был обращен к вам правильной стороной, т.е. такой, на которой часы нанесены *по часовой стрелке*, как их проходит Солнце в течение дня. При этом точки «12 часов» и «24 часа» на небесном экваторе должны войти в углубления «экватор» небесного меридиана.
- Одновременно с этим вложите между крест-накрест входящими друг в друга меридианом и экватором небесную сферу.
- совместите точки С небесной сферы и меридиана и соедините их первой осью (гвоздем соответствующего диаметра).
- соедините точки Ю второй осью.
- Гвозди подберите точно по диаметру, чтобы они не выпадали из отверстий.
- соберите основания (тоже крестом) так, чтобы стороны горизонта правильно располагались друг относительно друга (восток направо от севера, если смотреть сверху).
- Закрепите на нем горизонт, совмещая его точки Ю, С, З, В с соответствующими точками на основании. И после этого

«погрузите» в основание конструкцию из остальных колец так, чтобы небесный меридиан располагался строго вертикально и вошел в пазы *С* и *Ю* (а также нижний паз основания). При этом точка *С* небесной сферы должна располагаться ближе к точке *С* горизонта (над ним), а точка *Ю* расположится со стороны *Ю* горизонта (под ним). Тогда точка «6 ч» небесного экватора расположится у точки *В* горизонта, а «18 ч» — соответственно у точки *З*.

Сфера готова!

Как «увидеть» движение звездного неба в своем городе?

1. Сперва следует установить на армиллярной сфере широту своего города. Для этого надо повернуть меридианное кольцо так, чтобы высота Северного полюса над точкой севера горизонта равнялась географической широте вашего города. При этом на меридианном кольце нанесены градусы, но они показывают не широту места, а склонение небесного светила — одну из экваториальных координат. Тогда следует действовать так. Например, широта Москвы — около 56° . Следовательно, угол наклона экватора над горизонтом составит: $90^\circ - 56^\circ = 34^\circ$. Мы устанавливаем меридианный круг так, чтобы экватор поднимался над точкой юга горизонта на 34° , тогда Северный полюс мира будет возвышаться над точкой севера ровно на 56° .

2. Теперь, если вращать небесную сферу вместе с закрепленной на ней эклиптикой с востока через юг на запад (по часовой стрелке, если смотреть со стороны Северного полюса мира), можно наблюдать, как на восточной стороне горизонта одно за другим восходят зодиакальные созвездия: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы. В том же порядке они заходят на западной стороне горизонта. При этом можно отметить, что точно на востоке восходят всего два созвездия — Дева и Рыбы, они все время движутся в плоскости небесного экватора. Одна часть зодиакальных созвездий — а в особенности зимние созвездия: Скорпион,

Стрелец, Козерог — восходит примерно на юго-востоке, проходит совсем низко над горизонтом (немногим более 11°) и заходит на юго-западе. Другая группа созвездий, наоборот, описывает высокую дугу над горизонтом, к ним относятся прежде всего летние созвездия — Телец, Близнецы, Рак.

Как продемонстрировать движение Солнца и Луны в течение суток?

Положение Солнца среди звезд указано на круге эклиптики. Стоит закрепить указатель Солнца в этом месте и затем начать вращать в нужную сторону небесную сферу, как мы увидим его перемещение относительно горизонта. Кроме того, нанесенные на экваториальный круг часовые деления покажут истинное солнечное время тогда, когда Солнце находится вблизи данного часового деления. Это дает нам приблизительное время суток, в которое будет наблюдаться данное расположение Солнца и зодиакальных созвездий относительно горизонта в этот день года.

Положение Луны на орбите определяется либо по астрономическому календарю, либо приближенно, путем непосредственного наблюдения за ее фазой. Если Луна «растет» — ее надо искать слева от Солнца (выпуклостью месяц всегда обращен к Солнцу), если «стареет» — то справа по кругу эклиптики (т.е. в сторону по часовой стрелке). При этом в наиболее характерных положениях Луна будет размещаться на своей орбите относительно Солнца следующим образом:

первая четверть — на 90° влево от Солнца;

полнолуние — точно напротив (180°) Солнца;

последняя четверть — на 90° справа от Солнца;

новолуние — рядом (0°) с Солнцем.

В последнем случае Луна будет находиться между Солнцем и наблюдателем (он находится в центре сферы). В такие дни возможно солнечное затмение, но при условии, что Луна не будет находиться выше или

ниже Солнца — ведь их орбиты не совпадают. Наклон лунной орбиты к эклиптике — 5° . Угловые размеры Луны и Солнца — $0,5^\circ$. Поэтому Луна сможет закрыть собой Солнце только тогда, когда она находится в новолуние вблизи узла лунной орбиты.

Заключение

Армиллярная сфера есть собрание кругов, отображающих важнейшие дуги небесной сферы.

Она имеет целью изобразить относительное положение экватора, эклиптики, горизонта и других кругов. В некоторых отношениях А. сфера заменяет небесный глобус, хотя в последнем могут быть изображены и светила, и, следовательно, он имеет более широкий круг приложений. Древние астрономы Гиппарх-Эратосфен, за ним Гиппарх и Птоломей пользовались А. сферой и для производства наблюдений, которые хотя и не могли быть весьма точны при сравнительно грубой конструкции этого инструмента, но все же доставили некоторые результаты, ценные даже для современной науки. Употребление А. сферы как инструмента для астрономических наблюдений удержалось весьма долго. Даже Тихо де-

Браге произвел большую часть своих наблюдений над планетами при помощи этого инструмента и в особенности применял его для определения времени своих наблюдений на иных приборах, квадранте и секстанте. В настоящее время он вполне вытеснен более точными инструментами.

Именно поэтому мы считаем армиллярную сферу важным и неотъемлемым предметом для изучения астрономии в школе

Список используемой литературы

1. <https://unworld.ru/zagadki-istorii/armillyarnye-sfery-drevnosti/>
2. Hunig K. Handreichungen für die Einführung in die Himmelskunde mit dem AstroMedia*-Tischplanetarium
3. <https://ru.mosg-portal.com/>
4. Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии. — М., 2002.

Приложение 1



Приложение 2



Приложение 3



Приложение 4



Приложение 5



Приложение 6

