Региональная конференция по научно-техническому творчеству школьников «Лабиринты науки»

Тематическая секция: Физика и компьютерные технологии

Тема:Излучение радиоволн космическими объектами. Создание радиотелескопа в домашних условиях

Автор:
ученик 7 «Г» класса
МОУ средняя школа №74 им.Ю.А. Гагарина
Темников Артём Андреевич
Научный руководитель:
учитель физики и астрономии
Борисова Марина Гурьяновна
Место выполнения работы:
МОУ средняя школа №74 им.Ю.А. Гагарина

2021

Содержание

Введение……..…….....…….3
Теоретическая часть…….....…….4
Практическая часть…….…….....……7
Заключение …….....……10
Список литературы…….....……..…11
Приложения……..…….....……12-17

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Научно-технический прогресс способствовал развитию методов астрономических наблюдений. Изобретение и применение телескопа с начала 17 века, открытие спектрального анализа и фотографии в XIX веке, возникновении радиоастрономии в XX веке. До середины XIX века астрономия была исключительно оптической, т.к. регистрировался преимущественно только диапазон видимого света. Затем исследования распространились на инфракрасный и ультрафиолетовый диапазоны. В настоящее время анализ электромагнитного излучения дает астрономам свыше 90% информации о процессах происходящих на космических телах.

Гипотеза: представьте себе, что приходящие к Земле радиосигналы естественных объектов имеют характер шумов. Эти сигналы принимаются и усиливаются с помощью специальной электронной техники, а затем регистрируются в аналоговом или цифровом виде. Меня заинтересовала данная тема, и я попробовал собрать радиотелескоп в домашних условиях.

Цель работы: исследовать научный материал о радиоастрономии, собрать радиотелескоп в домашних условиях и сделать соответствующие выводы.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- изучение специальной литературы по выбранной теме;

-узнать об истории изобретения радиотелескопа и рассмотреть принципы работы радиотелескопов;

- практическая работа - собрать свой радиотелескоп.

В ходе написания работы использовались следующие **методы**: наблюдение, фотографирование, эксперимент, анализ, моделирование и др.

Практическая значимость: в работе исследован научный материал о радиоастрономии, рассмотрен процесс сборки радиотелескопа в домашних условиях.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Радиовселенная

Многие космические тела излучают радиоволны, достигающие Земли.Солнце — самый яркий радиоисточник на небе, но только потому, что оно намного ближе к Земле, чем другие объекты. Проявления активности Солнца — выбросы плазмы, наблюдаемые в оптике в виде вспышек, — сопровождаются радиовсплесками, т. е. резким и кратковременным увеличением интенсивности радиоизлучения в миллионы раз.Радиоисточником является практически каждая галактика. Свой вклад в радиоизлучение вносят и остатки сверхновых звёзд, и газовые туманности, нагретые молодыми звёздами.[1].

Радиоволны – электромагнитные волны, частоты которых ниже 3000 ГГц, распространяющиеся в пространстве без искусственного волновода. Радиоволны в электромагнитном спектре располагаются от крайне низких частот вплоть до инфракрасного диапазона.В широком смысле радиоволнами являются всевозможные волновые процессы электромагнитного поля в аппаратуре, в линиях передачи и, наконец, в природных условиях, в среде, разделяющей передающую и приемную антенны.Радиоволны, являясь электромагнитными волнами, распространяются в свободном пространстве со скоростью света. Естественными источниками радиоволн являются вспышки молний и астрономические объекты. [2]

1.2. История создания радиотелескопов

Радиоастрономия – это раздел астрономии, изучающий астрономические объекты, исследуя их излучение в диапазонах радиоволн, для чего используются радиотелескопы. В отличие от астрономии оптической, радиоастрономия зародилась относительно недавно.[3]

---

[1] Космическое радиоизлучение. Энциклопедия РАН. Электронный ресурс: https://bigenc.ru/physics/text/2101609

[2] Радиоастрономия. Электронный ресурс:https://in-space.ru/radioastronomiya/

[3] Радиотелескоп. Журнал "Все о космосе". Электронный ресурс: https://aboutspacejornal.net/радиотелескоп

История радиотелескопов началась в 1931 году с экспериментов Карла Янски на полигоне фирмы BellTelephoneLabs. Для исследования направления прихода грозовых помех он построил вертикально поляризованную однонаправленную антенну типа полотна Брюса (Приложение 1). В 1932 году Янски уже сообщал о первых результатах, полученных на своей установке. В двух своих следующих работах 1933 года и 1935 года Карл Янски постепенно приходит к заключению, что помехи производит центральная область нашей Галактики.В 1937 году Гроут Ребер, заинтересовался работой Янски и сконструировал в заднем дворе дома своих родителей антенну с параболическим рефлектором диаметром 9,5 м. Антенна Реберабыла меньше, чем у Янски, но работала на более коротких волнах, и её диаграмма направленности была значительно острее.

В 1964 году американские ученые АрноПензиас (р. 1933) и Роберт Уилсон (р. 1936), используя сконструированную ими самими высокочувствительную рупорную радиоантенну с фильтром шума (Приложение 2). Они совершили открытие огромной важности – они зарегистрировали так называемое реликтовое излучение, чем блестяще подтвердилась теория Большого взрыва, на сегодняшний день являющаяся общепринятой космологической моделью, согласно которой вселенная возникла из состояния сингулярности около 14 миллиардов лет назад и с тех пор непрерывно расширяется.[4]

С той поры для изучения космических радиоисточников начали строить инструменты с приёмными антеннами все большего и большего размера, и на сегодняшний день мы имеем целый ряд гигантских радиотелескопов, как правило, объединенных в системы радиоинтерферометров.

1.3. Принцип работы радиотелескопа

После того как было обнаружено космическое радиоизлучение, для его приема были созданы радиотелескопы различных систем. Антенны некоторых радиотелескопов похожи на обычные рефлекторы. Они собирают радиоволны в

4 Радиоастрономия. Электронный ресурс:https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/transport_i_svyaz/RADIOASTRONOMIYA.html

фокусе металлического вогнутого зеркала. Схема радиотелескопа представлена в приложении 3.

Другие радиотелескопы представляют собой огромные подвижные рамы, на которых параллельно друг другу укреплены металлические стержни или спирали. Приходящие радиоволны возбуждают в них электромагнитные колебания, которые после усиления поступают в очень чувствительную приемную радиоаппаратуру для регистрации радиоизлучения объекта.Есть радиотелескопы, состоящие из системы отдельных антенн, удаленных друг от друга (иногда на многие сотни километров), при помощи которых производятся одновременные наблюдения космического радиоисточника. Такой способ позволяет узнать структуру исследуемого радиоисточника и измерить его угловой размер, даже если он во много раз меньше одной угловой секунды.

Радиоволны различных диапазонов по-разному проходят через земную атмосферу. Для космической связи оптимален диапазон от 1,5 до 30 сантиметров (ГГц). За пределами этого окна радиосигнал заметно ослабляется в атмосфере или даже может от нее отразиться.Конструкции антенн радиотелескопа отличаются большим разнообразием, что обусловлено очень широким диапазоном длин волн, используемых в радиоастрономии (от 0,1 ммдо 1000 м). [5]Радиотелескоп должен обладать высокой чувствительностью, обеспечивающей надѐжную регистрацию возможно более слабых плотностей потока радиоизлучения, и хорошей разрешающей способностью (разрешением), позволяющей наблюдать как возможно меньшие пространственные детали исследуемых объектов.

Таким образом, можно сделать вывод, что радиотелескоп – незаменимый инструмент для астрономии, который привел к значительному развитию данной науки на протяжении последнего полувека. Благодаря радиоастрономии были открыты несколько новых классов астрономических объектов, например, пульсары, квазары, радиогалактики, которые недоступны для традиционных наблюдений в оптическом диапазоне, и стала общепринятой теория Большого взрыва.

Практическая часть

[5] М. Ю. Застела, «Основы радиоэлектроники и связи», Казань: ЗАО «Новое знание», 2009. С.142.

Вселенная дает нам знать о себе через широкий спектр типов света. Поэтому можно получить доступ к радиовселенной с помощью простого домашнего оборудования. Изучая русскоязычные сайты по теме любительская радиоастрономия, любительский радиотелескоп, коллективные радионаблюдения и т.д., я понимал, что это достаточно сложное дело, но мне всегда хотелось изучить космос более масштабно с помощью различного оборудования.

В основном наши радиолюбители наблюдали Солнце, Юпитер и метеорные потоки. Радионаблюдения объектов дальнего космоса, таких как радиогалактики, сверхновые, пульсары, квазары и т.д. предпринимались в основном из Европы, Америки и Австралии.

Задача принципа работы моего радиотелескопа для любительской радиоастрономии сводилась к решению нескольких подзадач.

1. Создание небольшогорадиотелескопас минимальными затратами.

2. Использование радиотелескопа для демонстрации методов радиоастрономии школьниками, что вдохновило бы их на дальнейшую деятельность в области науки и техники.

Необходимые материалы для создания:

- спутниковая антенна для приема радиосигнала - 500 руб.
- конвертер спутниковый круговой на один выход - 360 руб.
- измеритель уровня сигнала Satfinder - 500 руб.
- коаксиальный кабель (2 м) - 50 руб.
- f - разъем для кабеля SAT(3 шт) - 48 руб.
- для питания используются 2 батарейки - крона, соединенные последовательно - 100 руб.
- изолента - 50 руб.
- штатив - 1 000 руб.

Итого - 2 608 руб.

Пошаговый процесс сборки радиотелескопа:

1. Сборка спутниковой тарелки по прилагаемой инструкции;
2. Прикрепление к держателю спутниковой тарелки конвертора;
3. Установка спутниковой тарелки на штатив;

4. Подключение кабеля к конвертору и измерителю уровня сигнала Satfinder;

5. Подключение питание Satfinder из двух последовательно соединенных батареек крона;

6. Настройка программного обеспечения (Radio-SkyPipe).

Готовый домашний радиотелескоп представлен в приложении4.

Исследования проводились за городом, так чтобы антенна была направлена в местах отсутствия деревьев, крыш, воздушных проводов и т. д., которые производят тепловой сигнал (Приложение 5).

Как только система была подключена и запитана, я провел следующие эксперименты:

1. Солнце-это широкополосный передатчик. Радиоволну Солнце можно легко обнаружить.

А) По мере того как я двигал антенну тарелки к Солнцу, то увидел увеличение силы сигнала (Приложение 6).

Б) 16 марта 2021 года в солнечный день мною был проведен следующий эксперимент. В период с 10.00 до 10.50 тарелка радиотелескопа была направлена примерно по пути прохождения Солнца на небе. Сигнал был записан по мере движения Солнца через антенну. Солнце произвело очень сильный сигнал, что видно на графике. (Приложение 7).

2. В новолуние 22 августа 2021 годаэтот же метод был использован для записи движения Луны. Наблюдение проводилось в период с 22.00 до 22.50. Изучив материалы, я узнал, что лунный сигнал на микроволновых длинах волн в основном обусловлен тепловым сигналом от поверхностного слоя Луны с небольшим вкладом от отраженного солнечного света. Транзит Луны можно увидеть на графике (Приложение 8).

Проведя несколько простых экспериментов в домашних условиях, оказалось, что радиотелескоп легко способен обнаруживать различные уровни радио потока.

С помощью программы Blender я создал 3D– модель излучения радиоволн Солнцем (Приложение 9).

Дальнейшие задачи по развитию данной системы:

1. Увеличение диаметров антенн для повышения чувствительности разрешающей способности.

2. Изготовление автоматической монтировки для управления автотрекером.

3. Формирование радиоизображения небесной сферы и отдельных радиоисточников.

Таким образом, у меня получилось собрать свой радиотелескоп, который выполняет поставленные задачи, а именно принимает различные радиосигналы. Конечно он дает неточности, но я продолжу работать в этом направлении по улучшению результатов моих исследований. Я считаю, что проделанная мной работа окажет значимую помощь начинающим в изготовлении самодельного радиотелескопа с минимальными затратами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Радиотелескоп – незаменимый инструмент для астрономии, который привел к значительному развитию данной науки на протяжении последнего полувека. Благодаря радиоастрономии были открыты пульсары, квазары, радиогалактики, которые недоступны для традиционных наблюдений в оптическом диапазоне, и стала общепринятой теория Большого взрыва.

Для конструирования моего радиотелескопа были частично использована: русскоязычные сайты по теме любительская радиоастрономия, любительский радиотелескоп, коллективные радионаблюдения и т.д.

Собрав радиотелескоп в домашних условиях я провел несколько экспериментов, а именно по мере того как я двигал антенну тарелки к солнцу, то увидел увеличение силы сигнала, также с помощью этого радиотелескопа можно наблюдать за движением Луны.

Таким образом, у меня получилось собрать свой радиотелескоп, который выполняет поставленные задачи, а именно принимает различные радиосигналы. Конечно он дает неточности, но я продолжу работать в этом направлении по улучшению результатов моих исследований. Я считаю, что проделанная мной работа окажет значимую помощь начинающим в изготовлении самодельного радиотелескопа с минимальными затратами.

Обобщив вышесказанное, я пришел к выводу, что радиоастрономия подарила мировому научному сообществу важные знания о самых далеких галактиках и потенциально угрожающих Земле астероидах, о сверхмассивных черных дырах и слияниях галактик. Таким образом, сегодня благодаря современным радиообсерваториям мы можем смотреть не только в прошлое, разбирая свет, идущий к нам миллиарды лет, но и делать прогнозы на как ближайшее, так и на весьма отдаленное будущее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрусевич Л.К., Ищук А.А., Лайко К.А., Антенны и распространение радиоволн: учебник для вузов, Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021.- 422 с.

2. М. Ю. Застела «Основы радиоэлектроники и связи», Казань: ЗАО «Новое знание», 2009.-340 с.

3. Радиотелескоп. Журнал "Все о космосе". Электронный ресурс: https://aboutspacejornal.net/радиотелескоп

4. Любительская астрономия по-настоящему или почему получилось только сейчас? Электронный ресурс: http://radio-sky.ru/amateur_RA.php

5. Радиоастрономия. Электронный ресурс:https://in-space.ru/radioastronomiya/

6. Радиоастрономия. Электронный ресурс: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/transport_i_svyaz/RADIOASTRONOMIYA.html

7. Космическое радиоизлучение. Энциклопедия РАН. Электронный ресурс: https://bigenc.ru/physics/text/2101609

8. Создайте свой собственный радиотелескоп, чтобы слушать метеоры. Электронный ресурс: https://www.sciencefriday.com/articles/build-your-own-radio-telescope-to-listen-to-meteors/

9. Радиотелескоп Итти Битти наблюдает за Солнцем на частоте 12 ГГц Электронный ресурс: http://www.stargazing.net/david/radio/itty_bitty_radio_telescope.html

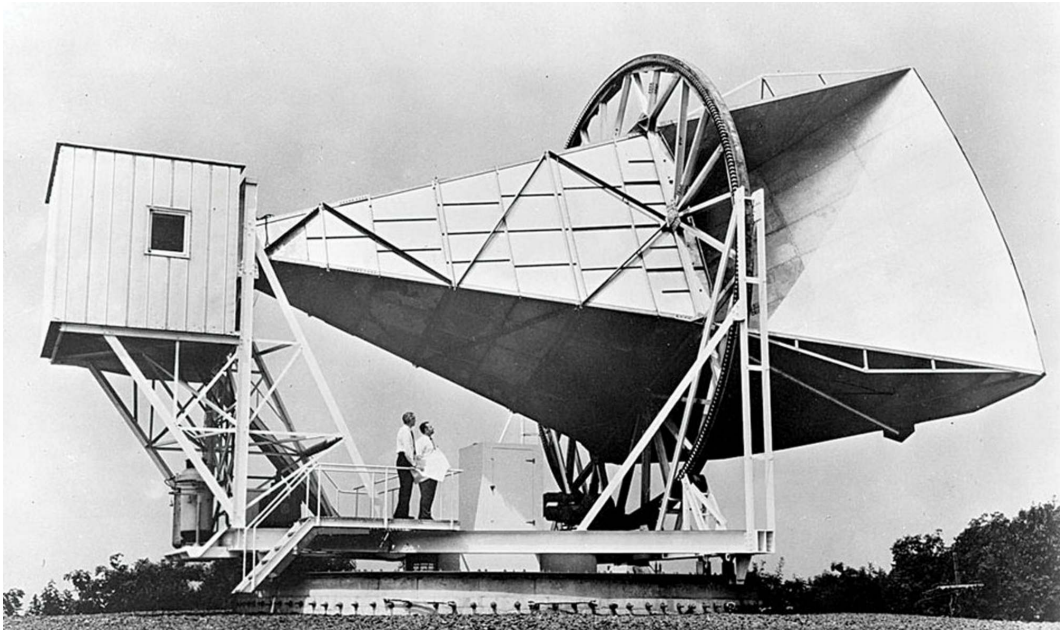


Карл Гуте Янски (22 октября 1905 - 14 февраля 1950)



Полноразмерная копия радиотелескопа Янского, сейчас находится в Национальной радиоастрономической обсерватории

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



Рупорная антенна Пензиаса и Уилсона в Нью-Джерси (фото:NASA)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

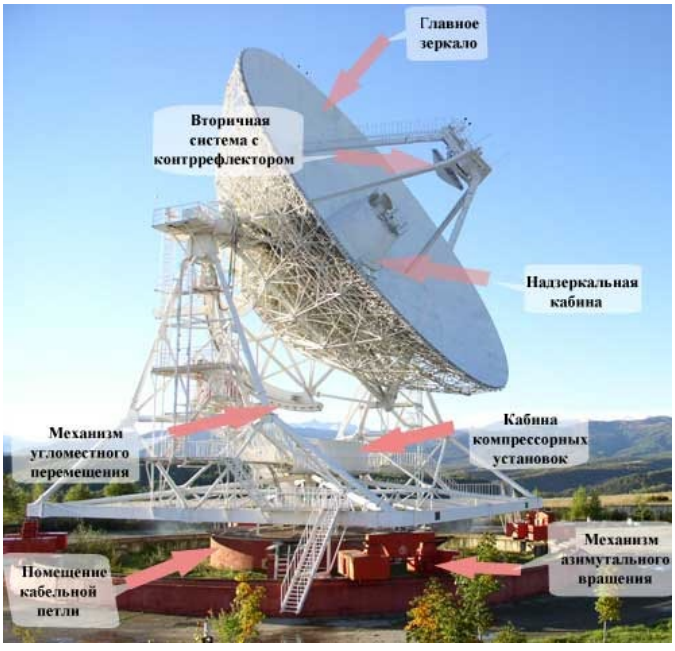
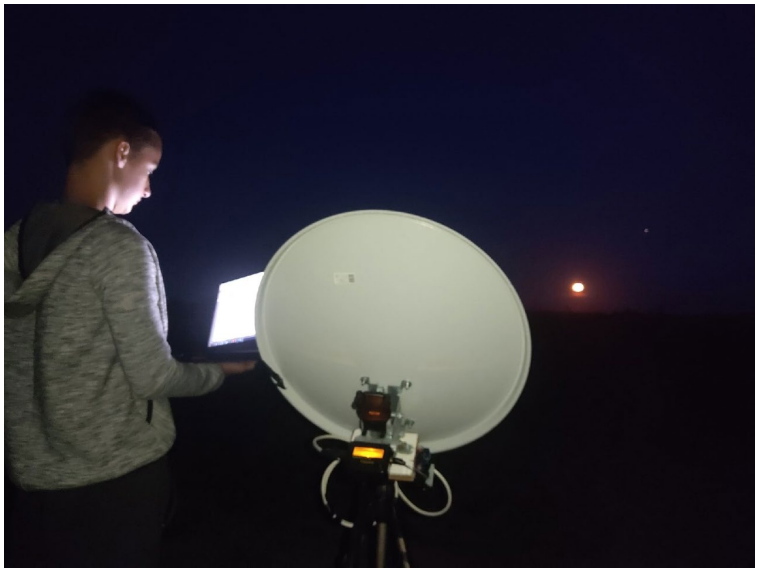


Схема радиотелескопа



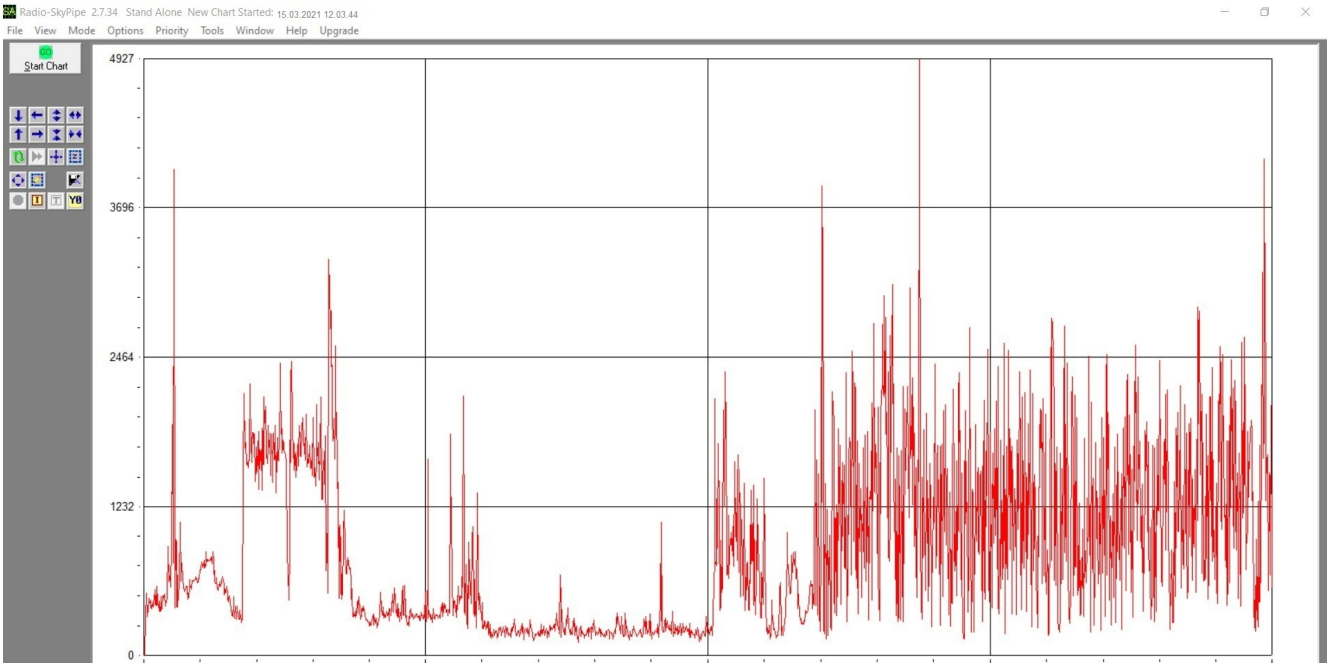


Готовый домашний радиотелескоп



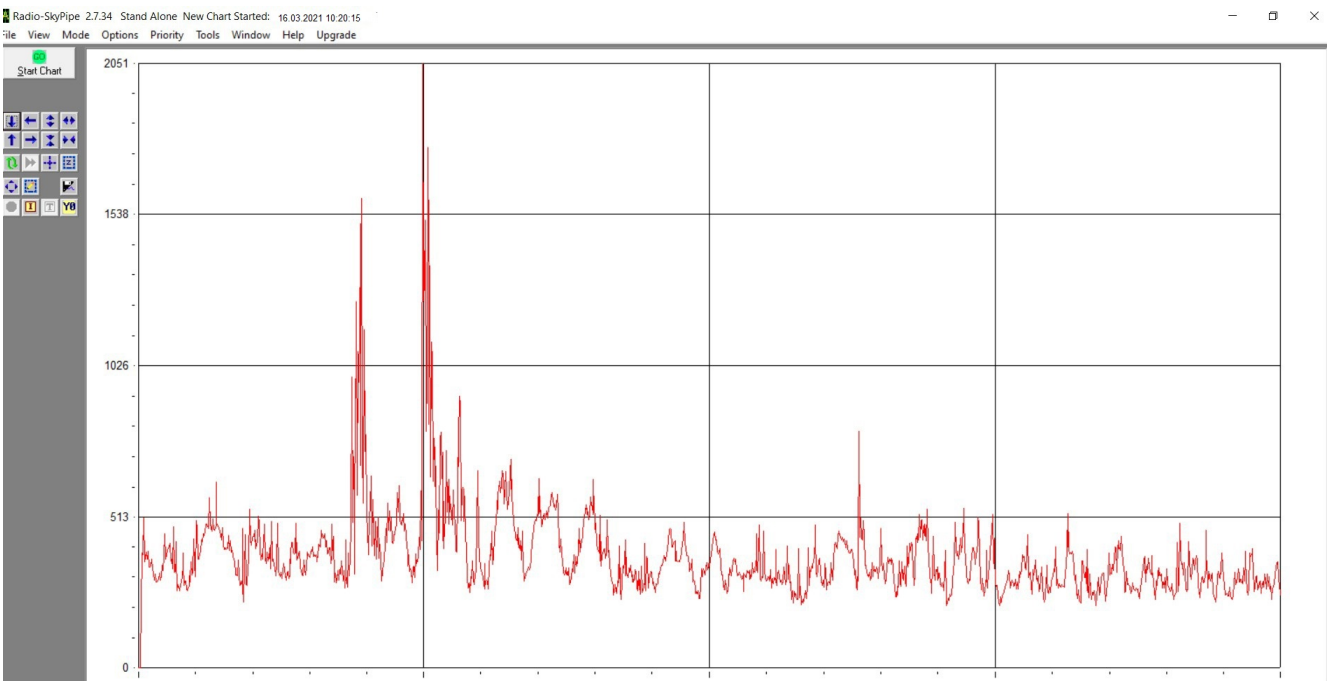
Наблюдение за Луной с помощью моего радиотелескопа

ПРИЛОЖЕНИЕ 6



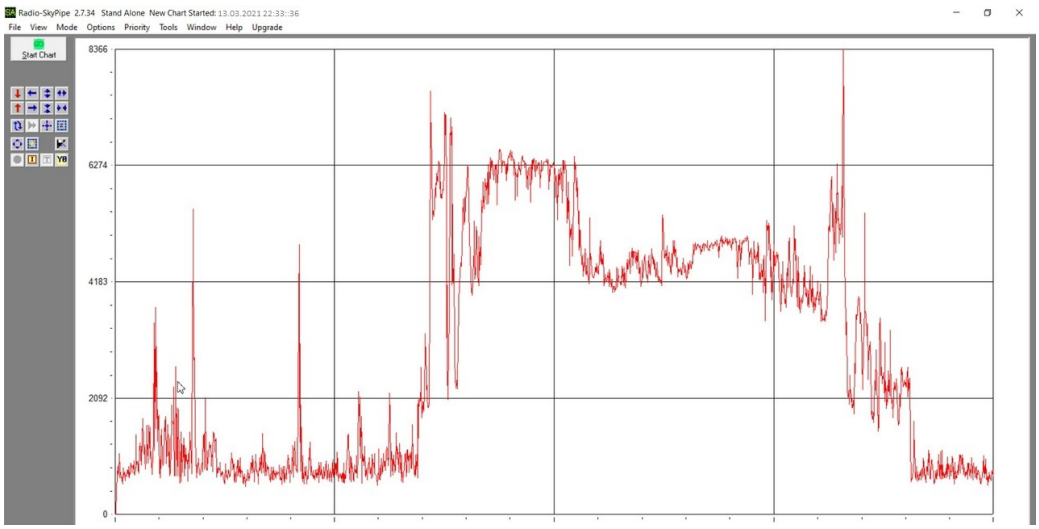
Радиосигнал Солнца

ПРИЛОЖЕНИЕ 7



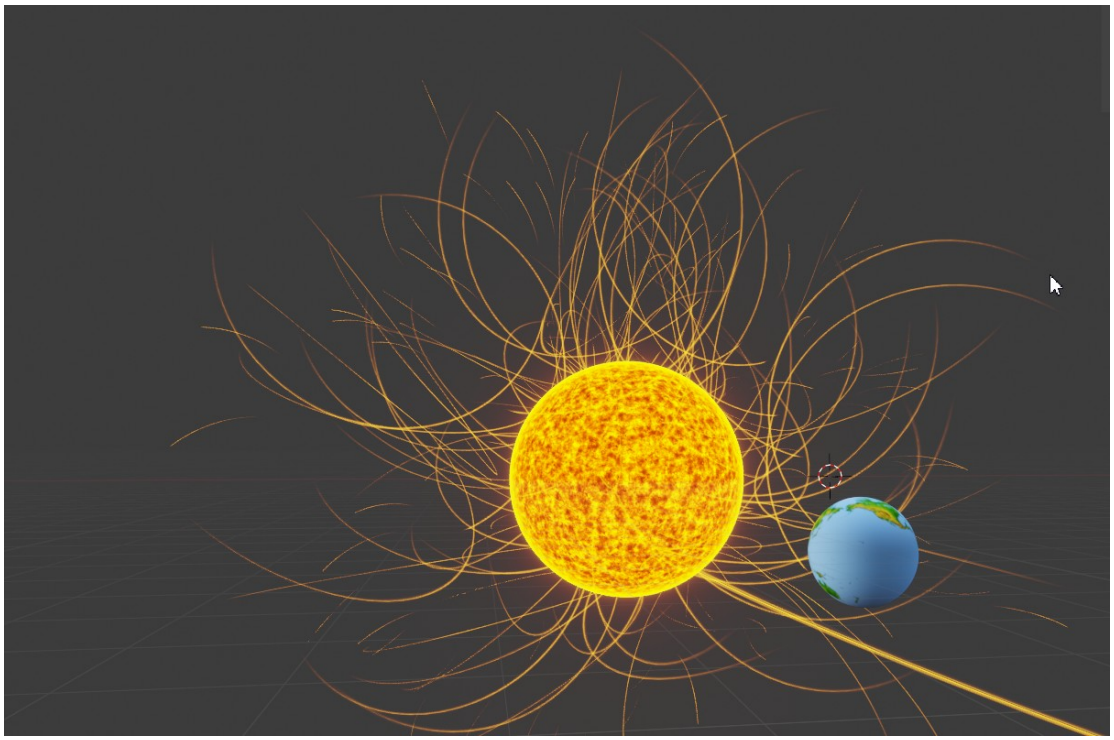
Наблюдение за Солнцем 16.03.2021

ПРИЛОЖЕНИЕ 8



Наблюдение за Луной 22.08.2021

ПРИЛОЖЕНИЕ 9



3D модель излучения радиоволн Солнцем