Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

«Средняя общеобразовательная школа №18»

**«Экзопланеты»**

Информационный проект

Выполнила , ученица 10А класса

Научный руководитель:

Щербинина Галина Геннадьевна,

учитель физики МБОУ «СОШ №18»

Миасс, 2021

Оглавление

[Введение 3](#_Toc68198152)

[Что такое экзопланеты? 4](#_Toc68198153)

[История открытия экзопланет 5](#_Toc68198154)

[Классификация экзопланет 7](#_Toc68198155)

[Типы экзопланет 10](#_Toc68198156)

[Современные методы обнаружения экзопланет в других звездных системах 12](#_Toc68198157)

[Инструменты, применяемые для обнаружения подобных планет 14](#_Toc68198158)

[Создание продукта проекта 15](#_Toc68198159)

[Заключение 16](#_Toc68198160)

[Источники информации 17](#_Toc68198161)

# Введение

С каждым годом всё больше ресурсов и специалистов вовлекается в исследование космоса и раскрытие его загадок. Среди массы космических тел вниманием астрономов завладела экзопланета – именно она выступает надеждой учёных на решение проблемы зарождения и развития внеземных форм жизни.

Что же такое экзопланета? Все просто – это планета за пределами Солнечной системы, которая вращается вокруг звезды. Долгое время было затруднительно их обнаружить, т.к. они слишком малы и невидны на таком огромном межзвездном расстоянии. К примеру, до ближайшей звезды нужно лететь 4,5 года со скоростью света. Все такие планеты были обнаружены только в Млечном пути на различных расстояниях. Самая ближайшая из них является Альфа Центавра B b, примерное удаление от нас 4,36 световых года. Большинство обнаруженных экзопланет похожи на газовые гиганты Юпитер и Нептун.

Я считаю, что изучение информации об экзопланетах – это интересно и полезно. Можно узнать много новых и интересных фактов нашей Вселенной. Это поможет расширить наш кругозор, получить новые знания, которыми можно поделиться с окружающими людьми.

**Актуальность:** человечество с незапамятных времен привлекал космос и всегда интересовал вопрос существования жизни где-то помимо Земли. Земная цивилизация не единственная во Вселенной. Их бесконечное множество. Исследование Вселенной без сомнения станет одной из наиболее захватывающих страниц научных исканий 21 века. Тем более, я с детства интересуюсь космосом, поэтому мне будет достаточно интересно изучать и работать по этой теме. Кроме того, некоторые материалы могут мне пригодиться для сдачи экзамена по физике.

**Цель:** изучить классификацию экзопланет и методы их исследования.

**Задачи:**

1)изучить историю открытия экзопланет;

2)познакомиться с характеристиками, типами экзопланет, методами их поиска;

3)создать календарь с информацией об экзопланетах.

**Проблема:** я считаю, что многие люди не обращают внимания на интересные факты окружающего нас мира. Мало кто задумывался, глядя на ночное звездное небо, о других неизведанных мирах. Я считаю, что продукт, полученный мной в ходе проектной деятельности, будет полезен для одноклассников, а также может быть использован на уроках астрономии при изучении нового материала.

# Что такое экзопланеты?

Экзопланета (др. греч. ἔξω, exō — вне, снаружи), или внесолнечная планета, — планета, находящаяся вне Солнечной системы.

Планеты чрезвычайно малы и тусклы по сравнению со звёздами, а сами звёзды

находятся далеко от Солнца.

Но не стоит путать: не все, что за пределами Солнечной системы, – это экзопланета, есть еще и небесные тела – сироты, так называемые «планемо», которые путешествуют по космосу вне орбиты материнской звезды.

Поэтому долгое время задача обнаружения планет возле других звёзд была неразрешимой, первые экзопланеты были обнаружены в конце 1980-х годов.

Сейчас такие планеты стали открывать благодаря усовершенствованным  научным методам, зачастую на пределе их возможностей.

Какие бывают экзопланеты? Они бывают очень разные. Космический телескоп Кеплер наблюдал всего два созвездия – Лебедь и Лиру - в течение 8 лет, но обнаружил около тысячи кандидатов в экзопланеты. А созвездий у нас 88, да и в этих двух еще есть что открывать.

# История открытия экзопланет

Первым в истории сообщением о существовании некоего небесного тела у другой звезды, был астроном Мадрасской обсерватории, капитан В.С.Джейкоб. Сделанные им записи в 1855 году сообщали, что есть высокая вероятность существования космического тела размером с планету в системе 70 Змееносца (двойная система). Позднее в 1890 году Томас Дж. Си, астроном из Чикагского университета подтвердил догадку Джейкоба. Он сообщил, что двойная система 70 Змееносца имеет некий невидимый спутник звезды, с периодом обращения в 36 лет.

Однако проведенные расчеты астрофизика Ф.Р.Мультона опровергают наличие экзопланеты в данной системе и по состоянию на 2014 год они не опровергались.

В 1916 году астроном Эдуард Барнард обнаружил звезду, которая представляла собой быстро смещающуюся красную точку на звездном небе. Эта небольшая звезда имеет массу меньшую, чем Солнце в 7 раз. Исходя их этого в 1960-х годах, астроном Питер Ван де Камп попытался вычислить у «Летящей звезды Барнарда» ее спутник. Он сообщил, что звезда имеет свой спутник с массой как у [Юпитера](http://astro-obzor.ru/planeta-yupiter). Новые расчеты Дж. Гейтвуда в 1973 году опровергли наличия у этой звезды своих массивных планет.  
Благодаря развитию науки в 1980 годах астрономы стали применять новые методы для обнаружения потенциальных экзопланет. В частности поиски начали с применением высокоточных спектрометров и новых научных методов.

В 1989 году сверхмассивная планета (или коричневый карлик) была найдена Д. Латамом около звезды HD 114762 A. Однако её планетный статус был подтверждён только в 1999 году.

Первые потенциальные к жизни планеты — Драугр и Полтергейст — были обнаружены у нейтронной звезды Лич (PSR 1257+12), их открыл астроном Александр Вольшчан в 1991 году. Эти планеты были признаны вторичными, возникшими уже после взрыва сверхновой.

В 1995 году астрономы Мишель Майор и Дидье Келос с помощью сверхточного спектрометра обнаружили покачивание звезды Гельвеций (51 Пегаса) с периодом 4,23 суток. Планета Димидий, вызывающая покачивания, напоминает Юпитер, но находится в непосредственной близости от светила. В среде астрономов планеты этого типа называют «горячими юпитерами».

В августе 2004 года в системе звезды Сервантес (μ Жертвенника) была обнаружена первая планета — горячий Нептун Кихот. Она обращается вокруг светила за 9,55 суток, на расстоянии 0,09 а.е., температура на поверхности ~ 900 K (+626 °C), масса ~ 14 масс Земли.

Первая сверхземля, обращающаяся вокруг нормальной звезды, была обнаружена в 2005 году около звезды Глизе 876. Её масса — 7,5 масс Земли.

13 ноября 2008 года впервые удалось получить изображение сразу целой планетной системы — снимок трёх планет, обращающихся вокруг звезды HR 8799 в созвездии Пегаса. Это первая планетная система, открытая у горячей белой звезды раннего спектрального класса (А5). Все открытые ранее планетные системы (за исключением планет у пульсаров) были обнаружены вокруг звёзд более поздних классов (F-M). В этом же году удалось обнаружить планету Дагон вокруг звезды Фомальгаут путём прямых наблюдений.

В 2011 году состоялись следующие открытия:

1)Дэвид Беннетт из Университета Нотр-Дам (Индиана, США) объявил на основе наблюдений 2006—2007 годов на 1,8-метровом телескопе Университетской обсерватории Маунт-Джон в Новой Зеландии об открытии с помощью метода микролинзирования 10 одиночных юпитероподобных планет (правда, две из них могут быть высокоорбитальными спутниками ближайших к ним звёзд);.

2)Телескопом Кеплер была обнаружена первая сверхземля в обитаемой зоне — Kepler-22 b.

3)Телескопом Кеплер у звезды Кеплер-20 были обнаружены первые экзопланеты размером с Землю и меньше — Kepler-20 e (радиусом 0,87 земного и массой от 0,39 до 1,67 масс Земли) и Kepler-20 f (0,045 массы Юпитера и 1,03 радиуса Земли).

22 февраля 2012 года учёные из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики на расстоянии 40 световых лет от Земли открыли первую суперземлю, предположительно являющуюся планетой-океаном — GJ 1214 b. Последние данные транзитных проходов позволяют судить о наличии у GJ 1214 b протяжённой водородно-гелиевой атмосферы, низком уровне метана и слое облаков на уровне давления 0,5 бар, что не соответствует свойствам атмосферы с устойчивым доминированием водяных паров. Период обращения планеты вокруг звезды — красного карлика — 38 часов, расстояние составляет около 2 миллионов километров. Температура на поверхности планеты составляет примерно 230 °C.

В 2015 году была обнаружена новая планета, похожая на молодой Юпитер. Специалисты определили возраст обнаруженной планеты, которые примерно составляет 20 млн. лет. Исследователи уже дали имя новой планете «51 Эридна b». По данным исследователей, температура на найденной планете высокая — 800 градусов по Фаренгейту, что позволяет легко расплавить свинец.

В 2016 году было открыто 1511 экзопланет, в 2017 году -148, в 2018 году- 311, в 2019 году- 201,в 2020 году -260,конец января 2021 года- 20 экзопланет.

# Классификация экзопланет

Экзопланеты обычно классифицируются по трем характеристикам: масса, орбита, состав.

Классификация по массе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Классификация** | **Особенности** | **Примеры** |
| **Планета-гигант** | массивная планета; обычно состоит из газов или льда, которые включают такие вещества, как аммиак, метан, вода и т. д. | https://cs10.pikabu.ru/post_img/2018/02/06/9/og_og_1517928500281566705.jpg  WASP -17 b |
| **Мезопланета** | планеты, которые меньше Меркурия, но крупнее Цереры. | Сравнительные размеры мезопланет  [HD 40307 g](https://ru.wikipedia.org/wiki/HD_40307_g) |
| **Мини-Нептун** | планеты меньше Урана и Нептуна. | https://skrinshoter.ru/i/081120/my0rjrH6.png?download=1&name=Скриншот%2008-11-2020%2017:52:29.png  [Kepler-11 f](https://ru.wikipedia.org/wiki/Kepler-11_f) |
| **Планемо** | объект планетарной массы, который не имеет никакой активности в своем ядре. | http://www.extrasolar.de/images/e/8/4/f/1/e84f1b931733570e841049018a37eb492e6712b3-rogue-planet.jpeg  [WISE 0855–0714](https://ru.wikipedia.org/wiki/WISE_0855%E2%80%930714) |
| **Планетар** | коричневые карлики или субкоричневые карлики. Это псевдопланеты. | https://sciencepop.ru/wp-content/uploads/2018/02/Kepler-22b_Kepler-69c_Kepler-62e_Kepler-62f_and_Earth.jpg  [Kepler-296 f](https://ru.wikipedia.org/wiki/Kepler-296_f) |
| **Суперземля** | больше по массе, чем Земля, но меньше, чем Уран и Нептун. | http://www.extrasolar.de/images/7/d/2/2/a/7d22a54091be595d5e4805e85d1561c8689b2ca5-super-earth.jpeg  [COROT-7 b](https://ru.wikipedia.org/wiki/COROT-7_b) |
| **Супер-Юпитер** | планеты более массивные, чем Юпитер. | Горячие Нептуны  [Кеплер-419 c](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D1%80-419_c) |
| **Миниземля** | планеты менее массивные, чем Земля. | Эксцентрические планеты.  [WD 1145+017 b](https://ru.wikipedia.org/wiki/WD_1145%2B017_b) |

Классификация по орбите

|  |  |
| --- | --- |
| **Классификация** | **Особенности** |
| **Планета с кратной орбитой** | Планета, вращающаяся вокруг двойных звездных систем |
| Двойная планета | Две планеты, вращающиеся вокруг друг друга |
| Эксцентричный Юпитер | Массивные планеты, имеющие высоко эксцентричные орбиты |
| Внегалактическая планета | Планета, которая находится за пределами Млечного Пути. |
| **Планета зоны обитаемости (Планета Златовласки)** | Планета, находящаяся в зоне обитаемости своей звезды |
| **Горячий Юпитер** | Массивный газовый гигант, вращающийся вокруг своей звезды |
| **Горячий Нептун** | Менее массивный газовый гигант, вращающиеся вокруг своей звезды |
| **Пульсарная планета** | Планета, вращающаяся вокруг пульсара |
| **Планета-сирота** | Межзвездные планеты |

Классификация по составу

|  |  |
| --- | --- |
| **Классификация** | **Особенности** |
| **Углеродная планета** | Планета, состоящая преимущественно из твердого аммиака, метана или воды (льда). |
| **Железная планета** | Планета, ядро которой насыщенно железом с последующим тонким слоем мантии |
| **Планета, покрытая лавой** | Планета, поверхность которой полностью покрыта лавой |
| **Планета океана** | Планета, значительная часть которой состоит из воды |
| **Силикатная планета** | Планета, кора которой состоит из силикатных пород |
| **Планеты земной группы** | Планеты, похожие на Землю, состоящие из камней |

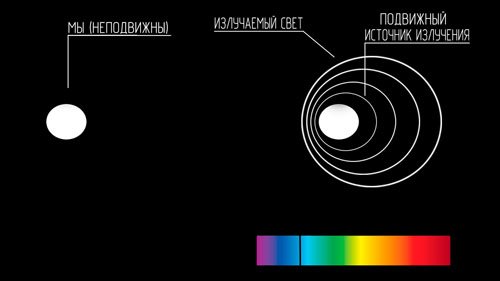
# Типы экзопланет

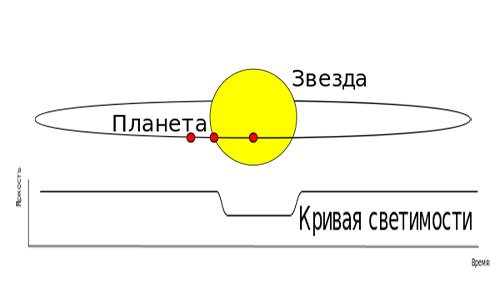
Поскольку у астрономов нет точных данных о составе ядра, коры, мантии, плотности и т.д., то экзопланеты обычно классифицируются как: Газовые гиганты, Горячие Юпитеры, Суперземли, Планеты-сироты, Пульсарные планеты, Планеты океана, Хтонические планеты, Экзоземли.

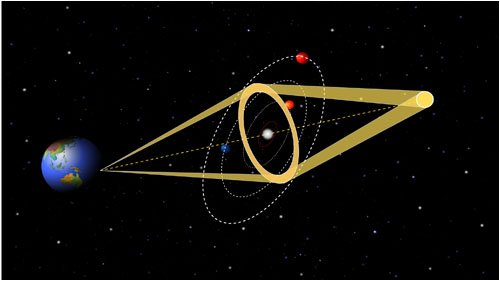
|  |  |
| --- | --- |
| **Название** | **Особенности** |
| Горячий Юпитер  Горячий Юпитер | Благодаря огромным размерам, такие газовые гиганты проще обнаружить у далеких звезд современными методами. Первая планета газовый гигант «Горячий Юпитер», стала 51 Пегаса. Находится она в планетарной системе со спокойной звездой в 50 световых годах от Земли. |
| Пульсарная планета  Пульсарная планета | Первую планету, вращающуюся вокруг пульсара PRS B1257+12, обнаружили в 1994 году с помощью радиотелескопа с расстояния в 800 световых лет от Земли. Пульсар это не простая звезда, а быстровращающийся стробоскоп, образовавшийся после взрыва сверхновой. Предполагается, что зарождение жизни на таких планетах крайне мала, т.к. экзопланеты находятся в зоне крайне высоких энергий, излучаемых пульсаром. |
| Суперземля  Суперземля | Данные типы планет имею массу до 10 масс Земли. Первой такой обнаруженной планетой, стала пара планет возле звезды PSR B1257+12. Предполагается, что планета Суперземля имеет чрезвычайно тектоническую активность. Астрономы из Гарвард-Смитсонсково университета разрабатывают теорию, что на таких планетах тонкие тектонические плиты. |
| Эксцентрические планеты  Эксцентрические планеты. | Солнечная система довольно четко сбалансирована. Планеты в ней вращаются по ровным орбитам. Обнаруженные эксцентрические странные планеты не вращаются по ровному кругу вокруг звезды. Их орбита то приближается к звезде, то удаляется. |
| Горячие Нептуны  Горячие Нептуны | Такие планеты имеют массу от 10 до 20 от массы Земли, то есть как Нептун или Уран. В отличие от «Холодного Нептуна» горячий Нептун находится ближе к звезде. |
| Планета Океан  Планета Океан | Такие планеты могут быть двух типов. Планета с жидкой водой покрытая полностью или почти полностью.  Вторым вариантом может быть планета океан как «Горячий Нептун» но расположенная ближе к звезде. Такое расположение не дает воде заледенеть. Толщина водяного слоя может достигать пару тысяч километров. |
| Хтоническая планета  Хтоническая планета | Такие планеты очень близко расположены к своим звездам, покрыты они раскаленным камнем и лавой. На их поверхностях происходит настоящий Ад. К примеру, обнаруженная планета Corot-7b ближе на 23 раза к звезде, чем наш Меркурий. |
| Планета-сирота  Планета-сирота | В основном планеты привязаны гравитацией к звездам, но есть теория, что под действием неких процессов или столкновений, планета может оторваться от своей звезды, и пустится в свободное плавание.  Настоящим кладом для астрономов стал поиск обитаемых планет. Благодаря современной аппаратуре, ученые обнаружили ряд звездных систем с планетами похожими на [Солнечную систему](http://astro-obzor.ru/category/novosti/solnechnaja-sistema). К примеру звезда 55 Рака имеет 5 подтвержденных экзопланет, а удалена от нас на расстояние всего в 41 световой год. |

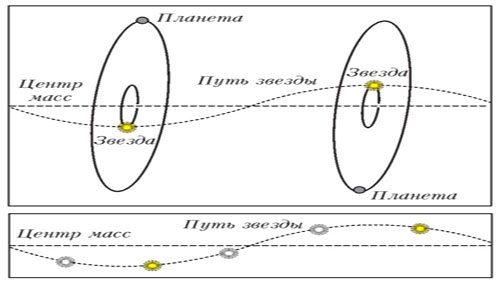
# Современные методы обнаружения экзопланет в других звездных системах

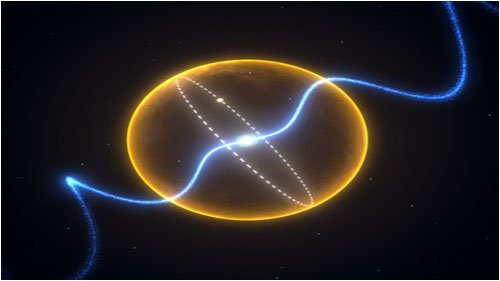
1. Метод Доплера — спектрометрический, стал самым распространенным методом для обнаружения потенциальных экзопланет по массе в несколько масс Земли, находящихся рядом от звезды, и планеты газовые-гиганты, с периодом обращения до 10 лет. Метод заключается в вычислении радиальной скорости звезды. Планета, когда вращается вокруг своей звезды, как бы раскачивает ее, смещая ее спектр (Доплеровское смещение спектра звезды). Данным методом удалось обнаружить на 2011 год 647 планет.

  
2. Метод транзитного прохождения — этот метод заключается в наблюдении за изменением яркости звезды в момент прохождения на ее фоне планеты. Данный метод требует долгого наблюдения за звездой и если транзит был зафиксирован, то требуется неоднократное его подтверждение. Плюсом такого метода является определение размеров планеты, состав и наличие атмосферы (с применением спектрографа). Минусом данного метода является возможность увидеть планету только если она находится в одной плоскости при наблюдении. На 2011 год было обнаружено 185 потенциальных планет.

  
3. Метод гравитационного микролинзирования. При вычислении подобных объектов требуется, чтобы между предполагаемой планетой и наблюдателем на Земле находилась другая звезда (играющая роль линзы). В том случае, если у звезды-линзы есть спутники планеты, то наблюдается асимметричная кривая блеска. Этот метод применяется крайне редко, но при его помощи можно вычислить планеты с Земной массой.  
На 2011 год данным методом вычислили 13 планет.

  
4. Астрометрический метод предполагает изменение пространственного движения звезды под воздействием гравитационного потенциала планеты. В основном этим методом производится уточнение массы и размер ранее обнаруженной экзопланеты, в частности были уточнены размеры Эпсилона Эридана b.

  
5. Радионаблюдение пульсаров. Крайне сложный метод обнаружения планет Земной группы, он заключается в измерении направленных пучков энергии, излучаемых от пульсара. Если вокруг пульсара вращается некая планета, то излучаемый сигнал, имеет особенный осциллирующий характер. На 2010 год обнаружили 5 планет у двух пульсаров.

  
6. Прямое наблюдение. Данным методом можно вычислить планеты, удаленные от своей звезды на расстоянии от 10 до 100 астрономических единиц. Удаленные планеты достаточно горячи, поэтому изображение тяготеет к выбору звёзд. Ярким примером обнаружения стала планетарная система HR 8799. Ученые из NASA предполагают, что «Космический телескоп имени Джеймса Уэбба» с 6,5 метровым зеркалом сможет напрямую распознавать экзолпнеты и наличие у них атмосферы.

# Инструменты, применяемые для обнаружения подобных планет

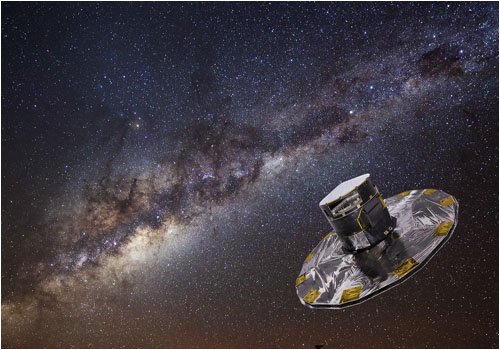
**Кеплер**– космический телескоп, диаметр зеркала 0,95 м. Задача одновременно отслеживать 100 звезд;



**COROT**– специализированный космический телескоп с зеркалом 0,3 м. Задача следить за отблесками звезд Метод Доплера;

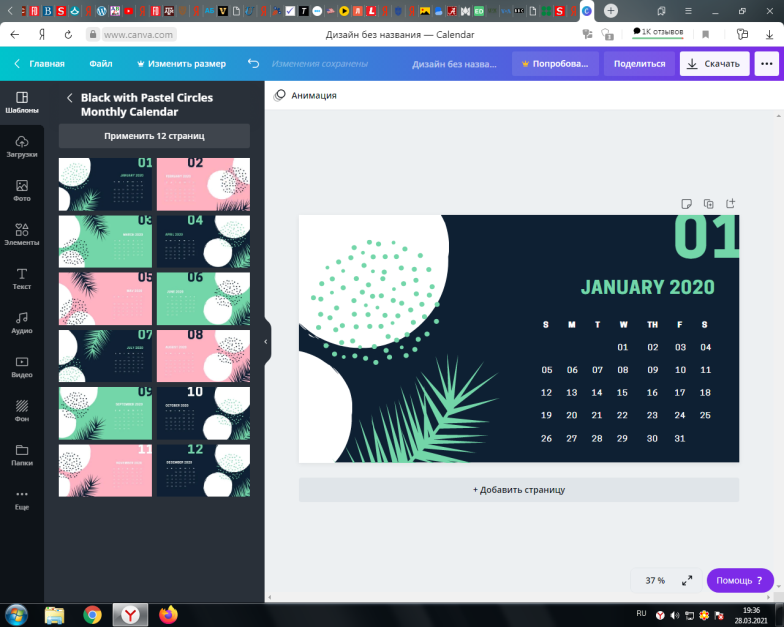
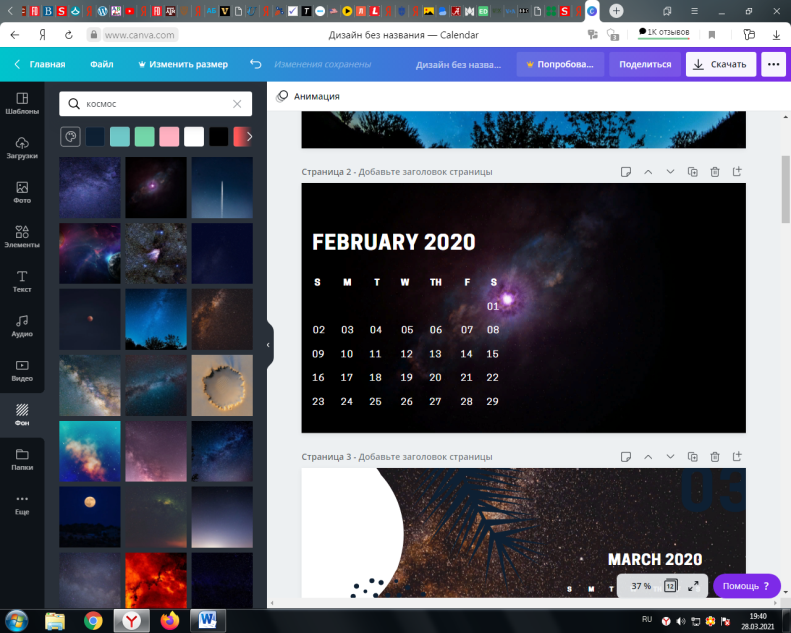


**Gaia** – космическая обсерватория. Введена в эксплуатацию в 2013 году для построения 3-х мерной карты галактики Млечный путь, предполагается работа по поиску обитаемых планет;

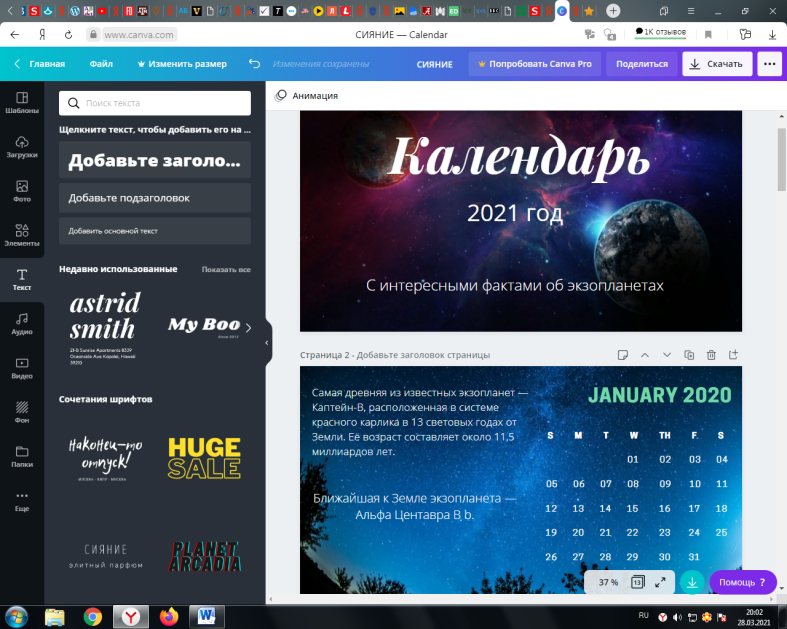
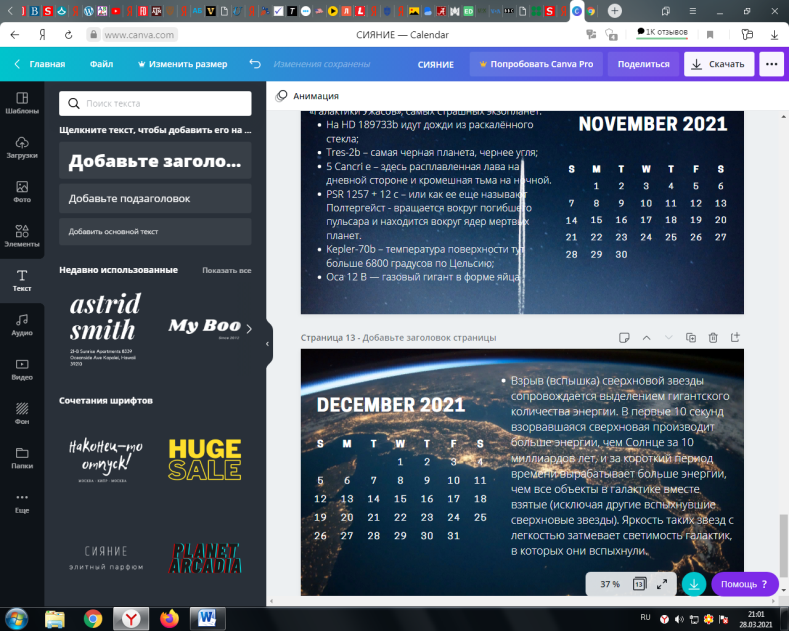


# Создание продукта проекта

Продуктом моего проекта будет календарь с интересными фактами об экзопланетах. Для начала я выбрала тип календаря – настольный. В интернете я нашла бесплатную программу по созданию макетов календарей «CANVA» и выбрала макет, который мне больше понравился. Дальше я выбрала подходящий фон и начала редактировать даты.

В интернете я нашла интересный факты об экзопланетах и вставила их на лист календаря. После того как я все отредактировала, я сохранила шаблон и следующий мой шаг – печать.



# Заключение

За последние несколько десятков лет открылись многие тайны Вселенной. Но чем дальше мы движемся по пути ее постижения, чем дальше уходим от нашего «незнания», тем более удивительной и таинственной предстает она перед нами. Воистину великолепная, ошеломляющая и загадочная Вселенная!

В ряду астрономических открытий, открытие экзопланет является одним из самых важных за всю историю исследования космоса. Ведь оно доказало, что во Вселенной есть еще планеты, и что наша Солнечная система не единственная, а лишь одна из многих. Это дало некоторым людям надежду на то, что мы не одиноки во Вселенной. Пусть этого пока не доказать научными методами, но надежда есть, и она вполне обоснована. Как бы там ни было, открытие экзопланет – первый большой шаг в изучении космоса. И в этом я убедилась, изучая литературу по данному вопросу.

В ходе работы над проектом я выполнила все поставленные перед собой задачи:

1. изучила литературу по данной теме и систематизировала собранную информацию с использованием таблиц;
2. познакомилась с характеристиками, типами экзопланет, методами их поиска;
3. создала календарь, содержащий информацию об экзопланетах;
4. выступила перед одноклассниками по теме проекта.

Думаю, что моя работа может быть полезна при организации и проведении учебных занятий по астрономии, а также классных часов и предметных недель по данному предмету. А созданный мной календарь сможет стать не только частью интерьера, но и рассказать об удивительных объектах Вселенной - экзопланетах.

.

# Источники информации:

1)https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7097

2)<https://zen.yandex.ru/media/id/chto-takoe-ekzoplanety>

3)https://sci-news.ru/2019/exoplanets/

4)<https://astro-obzor.ru/obnaruzhennye-ekzoplanety/#ekzo3>

5)<https://obuchonok.ru/node/6585>

6)Стэн Гибилиско «Астрономия без тайн»

7) <https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_экзопланет_в_обитаемой_зоне>

8) https://ru.qaz.wiki/wiki/List\_of\_exoplanets\_discovered\_in\_2020