

VI научная конференция школьников Иркутской области  
«Человек и космос»

Тема

**КАРЛИКОВЫЕ ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

Выполнила:

Неверова Василина

Руководители:

Хабитуев Денис Сергеевич

Степанова Татьяна Сергеевна

Иркутск, 2016 г.

## **Содержание**

1. Введение
2. Характеристики карликовых планет
  - 2.1. Плутон
  - 2.2. Эрида
  - 2.3. Макемаке
  - 2.4. Церера
  - 2.5. Хаумеа
  - 2.6. Отличительные черты карликовых планет
3. Различие карликовых от классических планет
4. Практическая часть
  - 4.1. Малые полуоси орбит
  - 4.2. Угловой размер солнца
5. Заключение
6. Литература

## 1. Введение

«...Солнечная система включает в себя восемь планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Плутон, Ксена, а также астероид Церера отныне будут называться карликовыми планетами. До этого мгновения никто и понятия не имел и подобном термине. В резолюции довольно чётко было подчёркнуто, что планеты-карлики не являются планетами. Ну не дико ли звучит?!»

Майкл Браун «Как я убил Плутон и почему это было неизбежно»

То есть, карликовые планеты даже не являются планетами... Что же представляют собой карликовые планеты, какие существуют критерии, чтобы отнести небесное тело к карликовым планетам и какие существуют карликовые планеты в Солнечной системе на сегодняшний день, эти и другие вопросы я раскрою в своём реферате.

### Планеты, что не являются планетами

Термин «Карликовая планета» появился в жизни в 2006 году на международной ассамблее. Меня заинтересовал вопрос: чем же карликовые планеты отличаются от малых планет, астероидов и других небесных тел?

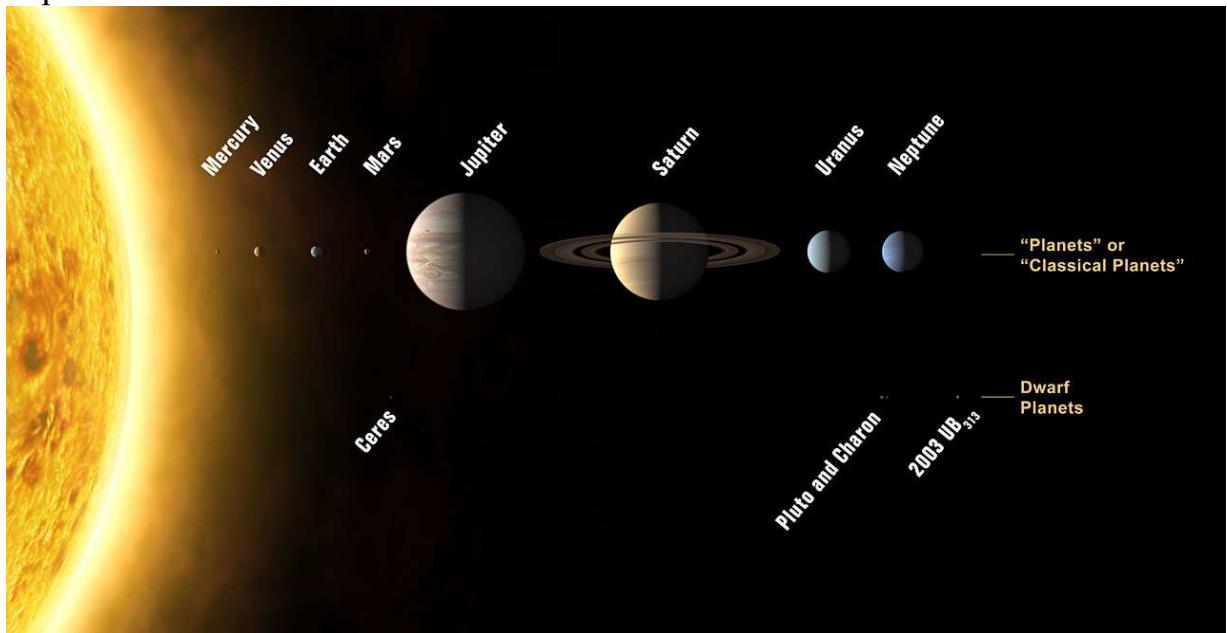
Карликовая планета, согласно определению Международного астрономического союза,- небесное тело, которое:

- Обращается по орбите вокруг Солнца;  
(Но все небесные тела солнечной системы обращаются вокруг Солнца, и это не особенность карликовых планет)
- Имеет достаточную массу для того, чтобы под действием сил гравитации поддерживать гидростатического равновесие и иметь близкую к сферической форму;  
(Этот пункт отличает карликовую планету от малой планеты, все малые планеты имеют неправильную форму, это значит, что малые планеты имеют недостаточную массу, чтобы иметь близкую к сферической форму, следовательно, их массы меньше, чем у карликовых? Проверим.)
- Не является спутником планеты;  
(Карликовые, классические и малые планеты могут иметь спутники)
- Не может расчистить район своей орбиты от других объектов  
(В окрестностях орбиты должны находиться другие сравнимые по массе объекты. Тогда как планеты чистят район своей орбиты? Почему этого не могут карликовые планеты? А могут ли это малые планеты, если, как я уже предположила их массы меньше, чем у карликовых планет?)

### Количество карликовых планет

Международным астрономическим союзом официально признаны 5 карликовых планет в Солнечной системе: Плутон, Церера, Эрида, Макемаке, Хаумеа. Существует ещё множество тел, претендующих на звание карликовой планеты. Только в случае с Плутоном планету «понизили» до

карликовой, а в остальных астероиды были «повышены» до звания карликовых планет.



На рисунке мы видим, насколько малы карликовые планеты (Dwarf planet).

## 2. Официально карликовые

### 2.1 Разжалованная планета

Плутон был открыт в 1930 году американским астрономом Клайд Томбо (а имя ему придумала 11-ти летняя девочка Венеция Бёркли в конкурсе на лучшее название).

Способ обнаружения: фотографический.

Площадь поверхности Плутона примерно равна площади России.

Причина по которой Плутон относят не к «классическим» планетам, это наличие небесных тел в районе орбиты Плутона, при этом Плутон имеет достаточную массу, чтобы поддерживать сферическую форму.

Орбита Плутона сильно отличается от орбит больших планет Солнечной системы (как и орбиты остальных карликовых планет): у неё намного больший эксцентриситет (0,2488).

Орбита Плутона хаотична и описывается нелинейными уравнениями. Но чтобы заметить этот хаос, необходимо наблюдать за ним долгое время. Есть характерное время его развития (время Ляпунова, которое для Плутона составляет 10-20 млн. лет).

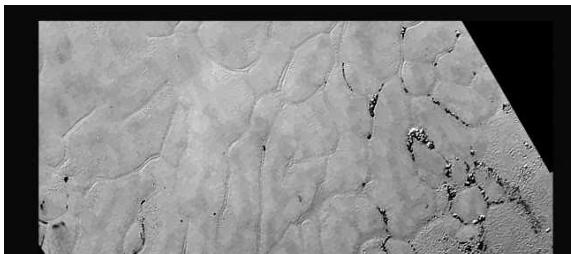
Направление вращения вокруг своей оси у Плутона, как и у Венеры с Ураном, обратное, то есть противоположное направлению обращения планет вокруг Солнца. Сутки на Плутоне равны ~6 земных суток.

«Новые горизонты»

Автоматическая межпланетная станция НАСА, запущенная в рамках программы «Новые рубежи» для изучения Плутона и его спутника Харона. Запуск был произведён 19 января 2006 года.

В задачи миссии входит:

- Картографирование поверхности Плутона и Харона
- Исследование геологии и морфологии Плутона и Харона
- Исследование атмосферы Плутона и её рассеяния в окружающее пространство
- Поиск атмосферы у Харона
- Построение карты температур поверхности Плутона и Харона
- Поиск колец и новых спутников Плутона
- Исследование объектов пояса Койпера



Плутон. Фотоснимок, сделанный при приближении аппарата к Плутону

Результаты миссии :

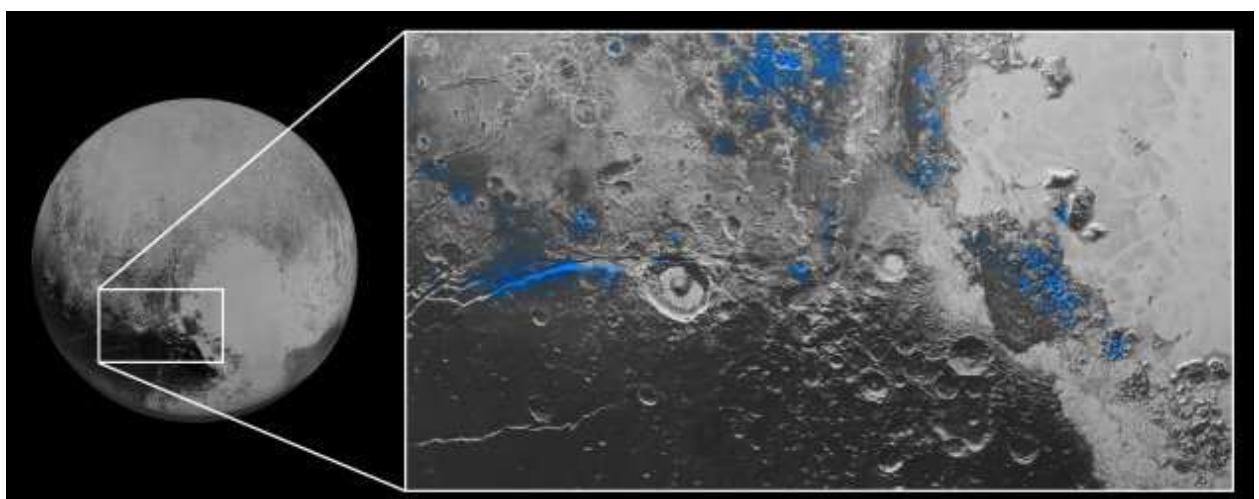
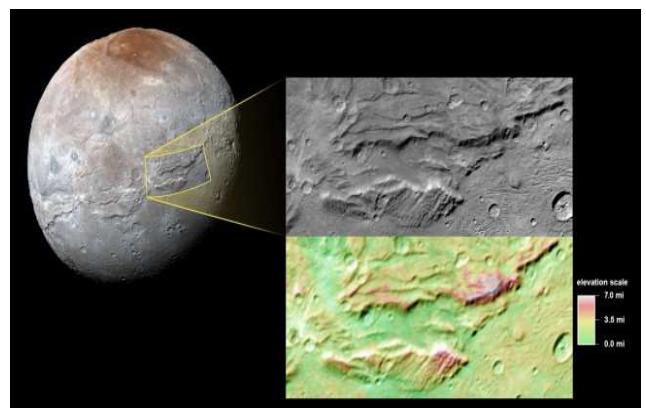
Составлена геологическая карта Харона. На спутнике Плутона Хароне была обнаружена гигантская расселина.

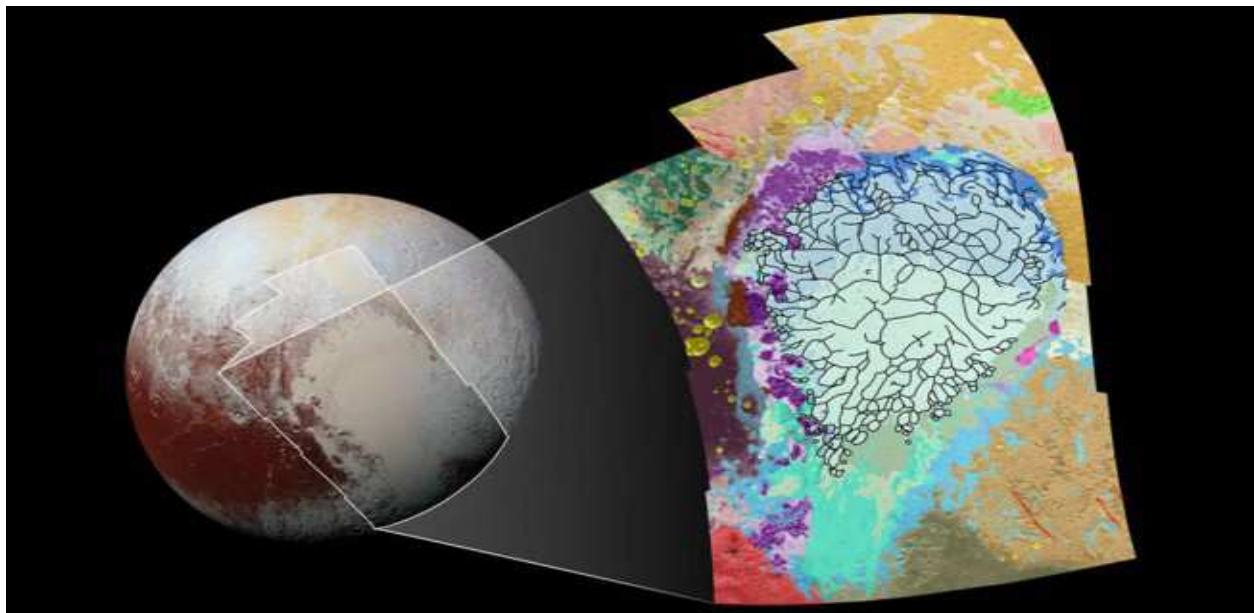
Расселины на Хароне имеют длину более 1770 километров, что в четыре раза больше Большого Каньона в США, а глубина их в некоторых местах

достигает 7,2 километра.

Составлена геологическая карта части Плутона.

На карте изображено более 3,3 тысяч квадратных километров поверхности Плутона, включая левую половину сердцеобразной светлой области и окружающие её окрестности. NASA определило текстуру всех объектов, попавших на карту. К примеру, растрескавшаяся голубая часть в центре карты является равниной азотного льда под названием Равнина Спутника.





Учёные из NASA только что подтвердили, что Плутон обладает не только обширными полями водяного льда на поверхности, но и голубым небом. Учитывая, что у Плутона нет ни плотной атмосферы, ни глобальных океанов, обнаруженное «голубое небо», скорее всего, является дымкой. И сами частицы этой мглы могут показаться красными или серыми, если смотреть на них невооружённым взглядом.

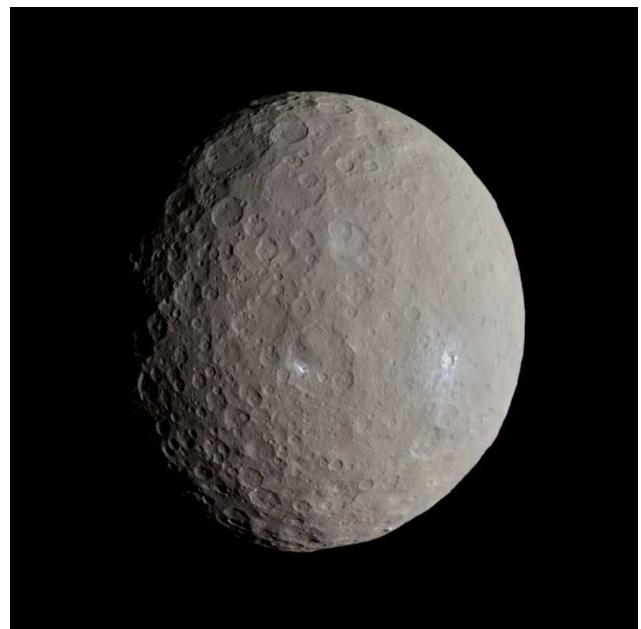
## 2.2 Королева пояса астероидов

Орбита Цереры проходит через пояс астероидов между орбитами Юпитера и Марса.

Церера - самый крупный объект пояса астероидов и содержит в себе около трети массы пояса и вместе с тем является самой маленькой из признанных карликовых планет.

Эта карликовая планета была открыта в 1801 году итальянским астрономом Джузеппе Пиацци, она была открыта раньше других, в виду своей близости к Солнцу.

Церера была названа в честь древнеримской богини плодородия.

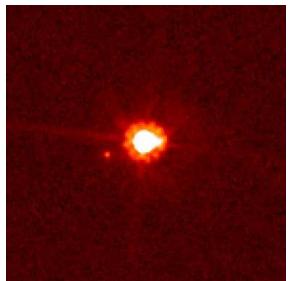


Церера не подходит под определение планеты, по причине, что планета не должна иметь вблизи своей орбиты других тел, в то время как Церера находится в поясе астероидов.

## 2.3 Смутьянка

Эрида – вторая по размеру после Плутона, самая массивная и наиболее далёкая от Солнца карликовая планета Солнечной системы.

Эрида, именно после её открытия(5 января 2005 года) возникла идея пересмотра понятия планеты и разжалования Плутона как планеты. Эрида даже какое-то время претендовала на звание 10-ой планеты.



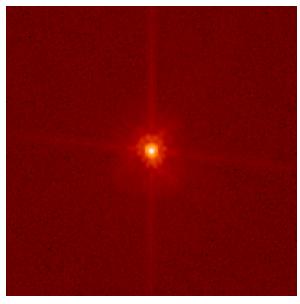
Первооткрывателем Эриды стала группа астрономов NASA во главе с профессором Калифорнийского технологического института Майклом Брауном. Планета названа в честь древнегреческой богини раздора.

## 2.4 Пасхальный кролик

Загадочный Макемаке был открыт 31 марта 2005 года., группой американских астрономов, во главе с Майклом Брауном.

Размер Макемаке не был определён точно, но примерно его оценивают как 3 по размеру карликовую планету, после Плутона и Эриды.

Макемаке является 2 по яркости в поясе Койпера, после Плутона.



« Три года-долгий срок, чтобы иметь только табличку с номером вместо имени, поэтому большую часть времени мы просто называли этот объект «пасхальный кролик» в честь того факта, что он был открыт всего через несколько дней после Пасхи 2005 года» Майкл Браун

## 2.5 Хаумеа

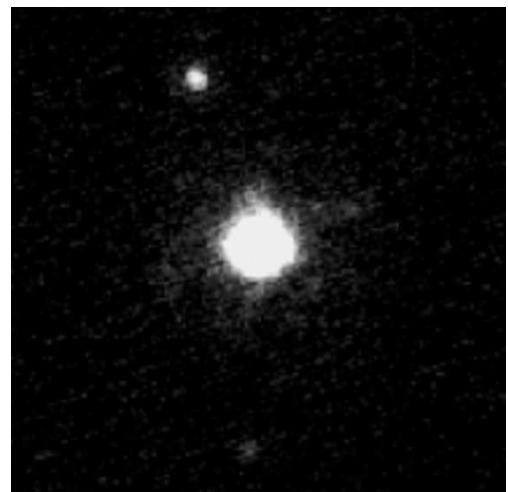
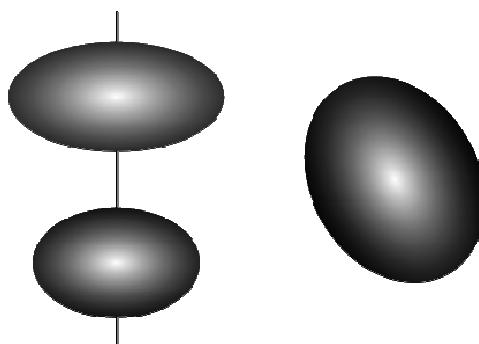
Четвёртая по величине карликовая планета Солнечной системы.

Это самое быстровращающееся тело среди всех объектов в Солнечной системе, имеющих диаметр больше 100 км.

Хаумеа обладает вытянутой формой, как раз из-за своей очень высокой скорости.

Эллипсоидальная форма Хаумеа

Экваториальная проекция Полярная проекция



Первоначально Хаумеа отнесли к классическим объектам пояса Койпера, но позже приняли иное решение, так как у Хаумеи была обнаружена способность взаимодействия с Нептуном.

### Характеристики всех карликовых планет.

Для удобства восприятия информации, я оформила все характеристики карликовых планет в таблицу.

планета критерий	Плутон	Церера	Эрида	Макемаке	Хаумеа
Район солнечной системы	Пояс Койпера	Пояс астероидов	Рассеянный диск	Пояс Койпера	Пояс Койпера
Диаметр (м)	$2370*10^3$	$950*10^3$	$2326*10^3$	$1478*10^3$	$1960*10^3$
Плотность( $\text{кг}/\text{м}^3$ )	1 880	2 080	2 500	1 700	3 000
Кол-во спутников	5 Харон Гидра Никта Кербер Стикс *Р6(предполагается)	0	1 Дисномия	0	2 Хииака Намака
Температура (К)	40	167	60	32	50
Перигелий (а.е)	~30	~2,5	~38	~38	~30
Афелий (а.е)	~49	~3	~98	~53	~49
Масса(кг)	$1,3*10^{22}$	$9,4 \cdot 10^{20}$	$1,6*10^{22}$	$3 \cdot 10^{21}$ кг	$4,2*10^{21}$
Химический состав	Замёрзший азот, водный лёд,	Ледяная мантия, каменное ядро	Метановый снег, азотный лёд, этановый лёд	Метановый снег, азот	Водяной лёд, циановодород

Теперь можно легко найти общие черты, которые и будут отличать карликовые планеты от других небесных тел. Из всех карликовых планет выделяется Церера, которая не находится в Поясе Койпера, имеет меньший диаметр, массу, но большую температуру в отличие от остальных карликовых планет.



Для доказательства, что Церера карликовая планета, возьмём чуть меньший по диаметру, находящийся в Поясе Койпера астероид Весту.

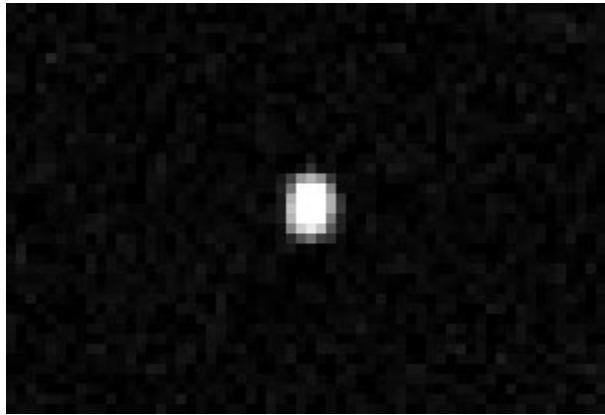
Как видно на картинке, Церера имеет сферическую форму, а Веста - нет, скорее всего, поэтому Веста остаётся астероидом, а Цереру повысили до карликовой планеты.

Церера имеет сферическую форму за счёт гидростатического равновесия. Астероиду Весте не хватает массы, чтобы достичь сферической формы.

Состав Весты отличается от состава карликовых планет. Астероид состоит из железоникелевого ядра и каменной мантии.

Это объясняется температурой, которая на Весте составляет 85 -255 К, в то время как у других карликовых планет температура на порядок меньше.

Теперь возьмём для примера малую планету из Пояса Койпера, которая по диаметру входит в промежуток диаметров карликовых планет, но является малой планетой. Попытаемся понять почему.



Квавар имеет спутник Вейвот. Это значит, что наличие спутников не означает, что небесное тело – карликовая планета.

Температура на планете около 53 К, что входит в промежуток температур карликовых планет.

Скорее всего, Квавар состоит из горных пород и льда, как и карликовые планеты.

Почему же тогда Квавар не относят к карликовым планетам?

Дело в определении карликовых планет, вспомним, что обязательным условием для карликовых планет является округлая форма, которая достигается за счёт гидростатического равновесия или равновесия между сил тяготения, направленных внутрь звезды, и сил газового и лучистого давления, направленных наружу.

Расчеты показывают, что ледяные тела принимают окружную форму при диаметре более 400 км, а льдисто-каменистые тела типа Цереры — при диаметре более 900 км.

Квавар, вероятно, состоит в основном из каменных пород и водяного льда, что похоже на состав карликовых планет, но тогда он должен иметь диаметр более 900 км, когда примерный диаметр Квавара составляет 850 км.

### 3. Доминирование на орбите

Теперь можно разобраться, в чём отличие карликовых планет от классических, кроме размеров? Понятия карликовых планет и классических планет похожи, различаются лишь тем, что карликовые планеты не могут расчистить район своей орбиты. Мне стало интересно, что значит чистить орбиты, как это делают классические планеты, и почему так не могут карликовые?

После формирования планеты, она приобретает статус доминирующего по гравитационной силе объекта в Солнечной Системе. В результате взаимодействия с объектами меньшими по массе, она должна либо поглотить их, либо вышвыривает их из системы за счет своей силы притяжения. Плутон представляет лишь 0.07 от общей массы всех объектов, что обитают в

близости от его орбиты. Для статистики, масса Земли в 1.7 миллиона раз превышает массу всего перечня объектов на собственной орбите.

Классические планеты доминируют на своей орбите за счёт:

- Столкновения
- Захвата

За счёт своей массы, планеты обладают большой гравитационной силой, благодаря которой планеты притягивают к себе небесные тела.

В то время как карликовые планеты имеют массу во много раз меньше массы других планет, соответственно не могут притянуть к себе другие небесные тела.

- Гравитационного возмущения

Гравитационное возмущение – колебания гравитационного поля «рябь пространства - времени».

Такие гравитационные возмущения, согласно общей теории относительности и в большинстве других теорий гравитации, порождаются движением **массивных** тел с переменным ускорением. Гравитационные волны свободно распространяются в пространстве со скоростью света.

Относительно классических планет, карликовые планеты имеют малый размер и этим способом не могут расчистить орбиту.

Для представления, насколько малы карликовые планеты, из-за чего не могут очистить свою орбиту: (все значения в отношении с Землёй)

	Название	Диаметр	Масса
Земная группа	<a href="#"><u>Меркурий</u></a>	0,382	0,06
	<a href="#"><u>Венера</u></a>	0,949	0,82
	<a href="#"><u>Земля</u></a>	1,00	1,00
	<a href="#"><u>Марс</u></a>	0,532	0,11
Карликовые планеты	<a href="#"><u>Церера</u></a>	0,08	0,0002
	<a href="#"><u>Плутон</u></a>	0,19	0,0022
	Хаумея	0,37×0,16	0,0007
	<a href="#"><u>Макемаке</u></a>	~0,12	0,0007
	<a href="#"><u>Эрида</u></a>	0,19	0,0025

По аналогии с поясом астероидов мы можем предположить, что этим планетам не хватило центробежной силы, чтобы собрать и уплотнить оставшиеся части. Либо масса этих частей достаточно велика и по инерции сохраняют орбиту.

«Карликовое государство»

Существует множество тел претендующих на звание «Карликовой планеты», которые не признаны официально, но возможно в будущем получат такой статус, сейчас мы рассмотрим их: (это ОЧЕНЬ далеко не все претенденты)

Название	Категория	Диаметр	Масса
<u>2015</u> <u>KN162</u> <u>[5]</u>	Кьюбивано в поясе Койпера	400—800 км	неизвестна
<u>2007</u> <u>OR<sub>10</sub></u>	Объект <u>рассеянного диска</u>	~1280 км	неизвестна
<u>Квава</u> <u>р</u>	<u>Кьюбивано в поясе Койпера</u>	1074 — 1170 км	1,0—2,6·10 <sup>21</sup> кг
<u>2002</u> <u>MS<sub>4</sub></u>	Кьюбивано в поясе Койпера	~934 км	неизвестна
<u>Орк</u>	<u>Плутино в поясе Койпера</u>	917—946 км	6,2—7,0·10 <sup>20</sup> кг
<u>Салац</u> <u>ия</u>	Кьюбивано в поясе Койпера	~921 км	4,5·10 <sup>20</sup>
<u>2013</u> <u>FY<sub>27</sub></u>	Объект <u>рассеянного диска</u>	~733 км	неизвестна
<u>Варун</u> <u>а</u>	Кьюбивано в поясе Койпера	722 км	~5,9·10 <sup>2</sup> <sub>0</sub> кг
<u>2002</u> <u>UX<sub>25</sub></u>	Кьюбивано в поясе Койпера	681—910 км	~7,9·10 <sup>2</sup> <sub>0</sub> кг
<u>2005</u> <u>UQ<sub>51</sub></u>	Кьюбивано в поясе Койпера	550 —	неизвестна

<u>3</u>		1240 км	
<u>Варда</u>	Кьюбивано в поясе Койпера	500 — 1130 км	~6,1·10 <sup>20</sup> кг
<u>2005</u> <u>RN<sub>43</sub></u>	Кьюбивано в поясе Койпера	~730 км	неизвестна
<u>2003</u> <u>VS<sub>2</sub></u>	Плутино в поясе Койпера	~725 км	неизвестна
<u>2007</u> <u>JJ<sub>43</sub></u>	<i>Неизвестна</i> (пояс Койпера)	609 — 730 км	неизвестна
<u>2004</u> <u>GV<sub>9</sub></u>	Кьюбивано в поясе Койпера	~677 км	неизвестна
<u>2003</u> <u>AZ<sub>84</sub></u>	Плутино в поясе Койпера	573 — 727 км	неизвестна
<u>2004</u> <u>XA<sub>19</sub></u> <u>2</u>	Кьюбивано в поясе Койпера	420 — 940 км	неизвестна
<u>2010</u> <u>RE<sub>64</sub></u>	Кьюбивано в поясе Койпера	380 — 860 км	неизвестна
<u>2010</u> <u>RF<sub>43</sub></u>	Кьюбивано в поясе Койпера	~613 км	неизвестна
<u>Хаос</u>	Кьюбивано в поясе Койпера	~600 км	неизвестна
<u>2007</u> <u>UK<sub>12</sub></u> <u>6</u>	Объект <u>рассеянного диска</u>	~600 км	неизвестна

## 4.Практическая часть

### 4.1 Малые полуоси орбит

Из формулы эксцентриситета орбиты  $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$ ,  $e$  - определяет степень вытянутости орбиты и есть отношение малой полуоси орбиты к большой полуоси орбиты, выражено  $b$  (малую полуось орбиты) получается:

$$b = a\sqrt{1 - \varepsilon^2}.$$

По этой формуле я рассчитала значения малых полуоси орбит каждой карликовой планеты и для удобства привела всю информацию в форме таблицы:

1.Плутон	2.Эрида	3.Макемаке	4.Церера	5.Хаумеа
$a= 39,482117$ а. е	$a= 67,6681$ а.е.	$a= 45,436301$ а.е	$a= 2,766$ а.е.	$a= 42,98492$ а.е
$\varepsilon= 0,2488273$	$\varepsilon= 0,44068$	$\varepsilon= 0,16254481$	$\varepsilon= 0,07934$	$\varepsilon= 0,1975233$
$b=38.240320$	$b=60.743235$	$b=44.832051$	$b=2.757280$	$b=42.138039$

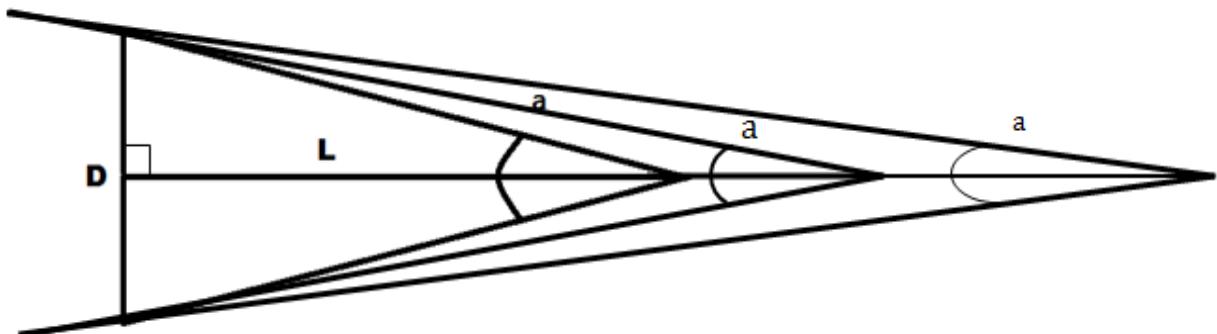
Самая вытянутая орбита у Эриды и максимальная малая полуось также у Эриды. Самая малая полуось орбиты у Цереры и она же максимально из всех похожа на окружность. В целом большая полуось чуть больше малой полуоси, но различие есть.

#### 4.2 Угловой размер Солнца

Угловой размер Солнца - угол между касательными к диаметру Солнца линиями, соединяющимися у глаз наблюдателя.

Формула, по которой рассчитывается угловой размер Солнца:

$$\alpha = 2 \arctg \frac{D}{2L}$$



$\alpha$  - угловой размер Солнца

В нашем случае отрезок  $D$  является диаметром Солнца и равен 1 392 684 км

	1.Плутон	2. Эрида	3.Макемаке	4.Церера	5.Хаумеа
Расстояние до Солнца, $L$ (км)	$5,9 \cdot 10^9$ км	$10,18 \cdot 10^9$ км	$6,79 \cdot 10^9$ км	$413,9 \cdot 10^6$ км	$6,43 \cdot 10^9$ км
Угловой размер	$0^\circ 0'49''$	$0^\circ 0'28''$	$0^\circ 0'42''$	$0^\circ 11'34''$	$0^\circ 0'45''$

Чем дальше планета от Солнца, тем меньше угловой размер Солнца у карликовых планет, так дальше всех от Солнца находится Эрида, соответственно самый малый угловой размер у Эриды, самый большой у Цереры.

## 5. Выводы

- 1) В своём реферате я сделала выборку из многочисленных научных источников о характеристиках карликовых планет.
- 2) Классифицировала по особым признакам известные на сегодня карликовые планеты, определила общие черты карликовых планет: достаточно низкая температура, из-за чего наличие в составе планеты льда (или снега), за счёт гидростатического равновесия все карликовые планеты поддерживают сферическую форму, в чём главное отличие карликовых планет от малых.

Различные черты карликовых планет:

Находятся в разных районах солнечной системы (Пояс Койпера, пояс астероидов), наличие и отсутствие спутников, различны значения плотности, диаметра, массы, но не намного.

3) Разобралась, почему карликовые планеты не относят к классическим планетам. За счёт чего классические планеты доминируют в районе своих орбит. Если бы карликовые планеты имели большую массу, то они бы смогли: захватывать, отталкивать или за счёт гравитационного возмущения доминировать в районе своей орбиты.

4) Благодаря уже существующим формулам я вычислила малые полуоси орбит и угловой размер Солнца для официально признанных карликовых планет.

Я надеюсь, что данная работа была познавательной и будет полезной как для младших школьников при изучении элективного курса, так и для моих одноклассников. Ведь космос – одна из самых таинственных, неизведанных и интересных тем для обсуждения. Тем более, как писал Фред Хойл, до космоса всего час езды, если бы ваша машина могла ездить по вертикали.

## 6. Список литературы

## Майкл Браун «Как я убил Плутон и почему это было неизбежно»

Ефрем Левитан «Знакомьтесь: Карликовые планеты»

<https://clck.ru/9ihqt>

<http://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau0603/>

<http://science.nationalgeographic.com/science/space/solar-system/dwarf-planet/>

<http://video.nationalgeographic.com/video/news/150713-new-horizons-nasa-pluto-vin?source=featuredvideo>

<http://planetcalc.ru/1897/>

<https://ru.wikipedia.org/w>

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%93%E3%82%80%E3%82%84%E3%82%80%E3%82%84>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B0>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%73>

<http://m-news.ru/tag/novye-gorizonty>

[http://www.kakpresto.ru/kak\\_vyglyadyat\\_malyye\\_planety](http://www.kakpresto.ru/kak_vyglyadyat_malyye_planety)

<http://www.kakprosto.ru/kak-816315-kak-vyglyadyat-malyshevi>