



№ 3 (22), 2008
МАРТ

НАУКА@ТЕХНИКА

ЖУРНАЛ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ МОЛОДЕЖИ



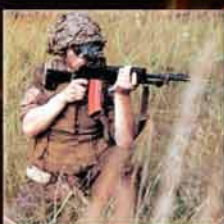
РАКЕТНЫЙ
ВОЕВОДА. Часть II

СВЕРХВОЗМОЖНОСТИ
И ЗАПРЕТЫ МОЗГА



ЛОКОМОТИВЫ
«ЕРМАК» и «ДОНЧАК»

ПО ЗАКОНАМ МЭРФИ



АВТОМАТ НИКОНОВА
АН-94 «АБАКАН»

ИСТОРИЯ ГЕТМАНСТВА
В УКРАИНЕ. Часть II



РСЗО «ГРАД». Часть I



СТР. 19

РАЗВОД ПЛАНЕТНОГО МАСШТАБА

Божко В. М.

РАЗВОД ПЛАНЕТНОГО МАСШТАБА

Классификация!
Как много в этом слове....

К примеру, можете дать определение того, что такое компьютер? Дать такое определение, чтобы с ним все согласились, чтобы его не пришлось через пару лет менять. Чтобы оно не было слишком общим и при этом совпадало с опытом современных людей. Чтобы то, что в прошлом называли «компьютер» сохранило свое наименование. И т.д. и т.п. Попробуйте, и убедитесь, что это нелегко. Хотя предмет всем знаком, и в обычной жизни вряд ли многие затруднились бы отличить компьютер от чего-то иного, и явной необходимости в чеканной формулировке нет.

Тем не менее, зачастую приходится давать определения и проводить разграничения просто потому, что это удобно. Например, вы составляете базу данных. При этом не обязательно эта база содержит просто наименования компьютеров и чего-то еще, что с ними можно перепутать. Это может быть список книг, в котором вы хотите выделить «книги о компьютерах». Может быть список «профессий, связанных с компьютерами» и многое другое. И по запросу «компьютер» пользователь должен получить требуемую информацию без лишних «довесков». Ясно, что в ряде сложных ситуаций вы столкнетесь с проблемами, особенно если прогресс не будет стоять на месте, а базу данных вам придется расширять, включая туда всякую всячину: карманные компьютеры, бортовые компьютеры, какие-нибудь навороченные кухонные программируемые комбайны, а также множество других устройств, предназначенных для решения различных (иногда очень узких) задач и содержащих процессоры разной степени сложности. Речь ниже пойдет вовсе не об определении того, что такое компьютер, а о том, «что такое планета», и почему астрономы никак не могут как следует договориться об общих терминах. Хотя все интуитивно имеют какое-то представление о том, что является планетой, оказывается, дать четкое определение, устраивающее всех, тяжело.

Еще свежи воспоминания о том, что Плутон официально вычеркнут из числа планет. Теперь их в Солнечной системе восемь, и, скорее всего, столько их и останется. Прирастать семья Солнца будет за счет карликовых планет, к которым и отнесли Плутон. Попробуем разобраться в том, почему возникла нужда принимать новые резолюции. Но, главное, постараемся взглянуть шире. Ведь резолюции Международного астрономического союза (МАС) коснулись только Солнечной системы, а сейчас мы знаем множество планет вокруг других звезд, т.о. надо подумать и о них. Ниже читатель узнает, что кроме планет в Солнечной системе и кроме «обычных» экзопланет

есть еще всякая экзотика, запутается и, в конце концов, согласится, что дать определение того, «что такое планета», не просто. Хотя и нужно постараться это сделать.

Как все начиналось

Природе нет дела до определений. Это человек пытается все разложить по полочкам. Иногда это легко удается, иногда же возникает ситуация, когда объекты одного типа плавно перетекают в объекты другого. Где-то помогает просто историческая традиция, но, сталкиваясь с новыми открытиями, исследователь оказывается в непростой ситуации. Например, на Земле мы четко знаем, что есть острова, а есть континенты. Проблем не возникает, и никто не пытается переклассифицировать Гренландию в континент или Антарктиду в остров. Теперь представьте, что вы открыли планету, похожую на Землю. Там тоже есть «части суши, со всех сторон окруженные водой», большие и малые. Вам нужно будет решить, где провести границу. Если резкого скачка в размерах нет, то вам придется нелегко! В астрономии люди не раз сталкивались с такой ситуацией.

Начнем с того, что в древности Солнце и Луну часто включали в число планет (в данном случае важно не название, а то, что семь движущихся по небу светил объединяли в одну группу). Недаром дней в неделе семь, и вообще, число семь является священным у многих народов



Крупнейшие объекты пояса Койпера. Плутон и его свита, Кваоар, Седна, Эрида и др. Для сравнения приведена Земля (все в одном масштабе)

(задумайтесь, ведь будь Меркурий чуть послабее, выходные наступали бы быстрее! Но будь Уран поярче, кто-то мыл бы голову не раз в семь, а раз в восемь дней...).

Затем сперва число планет уменьшилось до пяти из-за выделения Солнца и Луны. Потом возросло до шести за счет включения в него Земли. В 18 веке был открыт Уран — седьмая планета. Позже — Церера. На какое-то время планет стало восемь. После открытия ряда астероидов Церера (успевшая даже получить как планета свой символический знак, похожий на зеркало Венеры с отколотым кусочком) была исключена из числа планет. Их снова стало семь. В 1846 году был открыт Нептун, и планет опять стало восемь. Наши бабушки-дедушки учили в школе, что планет именно столько. В 1930 году после долгих поисков был открыт Плутон. Удивительно, что несмотря на бурный прогресс для выяснения того, что Плутон, как и Церера, принадлежит к большому семейству объектов, потребовалось не несколько лет, как в начале 19 века, а более полувека!

В 90-е годы стали открывать объекты пояса Койпера, и астрономы забеспокоились по поводу статуса Плутона. Наконец, в августе 2006 года Плутон официально был «понижен в должности». То, что произошло с Церерой почти двести лет назад, повторилось снова. С Солнечной системой, т.о., разобрались. Но нужно постараться понять сомнения астрономов, рассмотреть предлагающиеся альтернативы, чтобы потом не попасть впросак с определением для планет вне нашей системы. Но, в начале, поговорим о том, как планеты открывают.

Как открыть?

Есть четыре с половиной способа открыть экзопланету. Во-первых, можно заметить «бултыхание» звезды. Именно так первые экзопланеты и были обнаружены. Дело в том, что не только Земля вращается вокруг Солнца, но и Солнце немного вращается вокруг Земли. Точнее, они обращаются вокруг общего центра масс. Из-за того, что Солнце намного массивнее Земли, центр тяжести лежит гораздо ближе к нему, чем к нашей планете. То же самое, разумеется, можно сказать и про все остальные тела Солнечной системы. Т.о., Солнце совершает некоторое сложное движение вокруг центра масс всей системы. Поскольку она состоит «из Солнца, Юпитера и каких-то обломков», то основным движением Солнца будет его вращение с периодом около 12 лет, т.е. с периодом обращения Юпитера вокруг Солнца. Далеким зеленым астроном с тремя глазами, шестью пальцами и хвостом заметил бы, что линии в спектре слабенького желтого карлика, известного нам как Солнце, периодически сдвигаются в соответствии с эффектом, открытым зеленым физиком (с тремя глазами и т.д.) по фамилии совсем не похожей на «Доплер». Единственный разумный вывод этого астронома состоял бы в том, что у желтого карлика есть спутник, обращающийся вокруг него с периодом около 12 лет. Прикинув массу звезды, зеленый коллега смог бы оценить и массу спутника. Т.о. он открыл бы экзопланету и оценил бы ее массу, период обращения и расстояние от звезды. Основная доля известных нам экзопланет стала известной именно благодаря этому методу. Кроме того, аналогичный эффект присутствует, если планета вращается



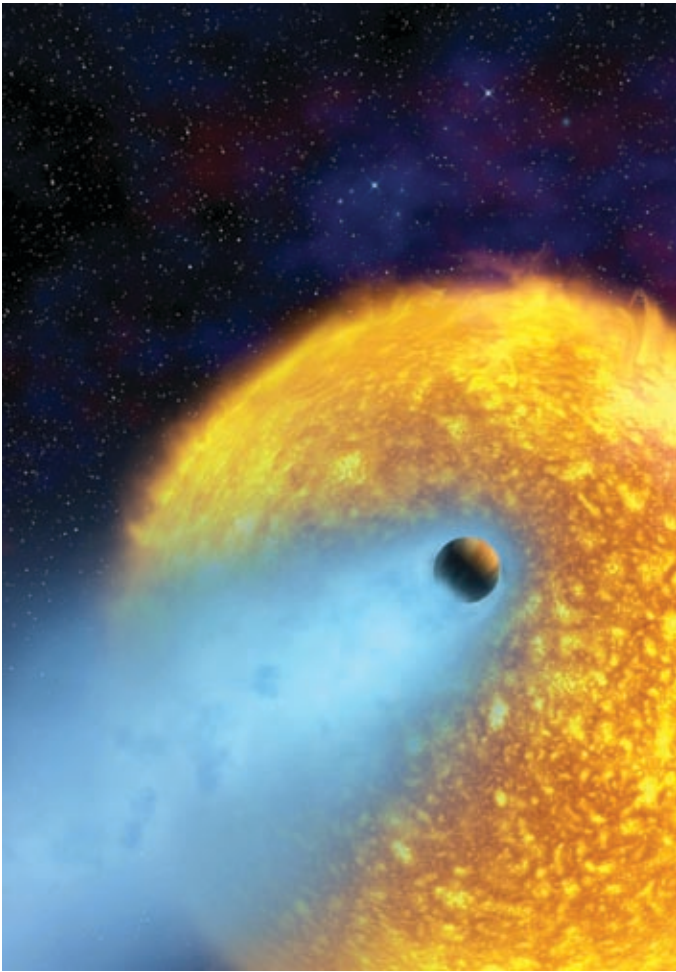
Примерно так может выглядеть система с самой маленькой из известных на сегодняшний день планет. Планету столь небольшой массы (в пять раз тяжелее Земли) удалось обнаружить благодаря эффекту микролинзирования

вокруг радиопульсара. Только в этом случае мы видим не сдвиг спектральных линий, а изменение периода пульсара. Поэтому можно сказать, что вращение вокруг общего центра масс дает полтора способа открыть экзопланету.

Недостатком метода является то, что пока точность измерений не позволяет обнаруживать около звезд (с пульсарами другая история) планеты с массой меньше примерно десяти земных, а также планеты на орбитах с периодом более примерно 10 земных лет. Первая особенность связана с тем, что пока мы не можем измерять скорости «бултыхания» звезд меньше примерно метра в секунду (для сравнения, скорость вращения Земли вокруг Солнца составляет 30 километров в секунду). Вторая — с тем, что для обнаружения долгопериодических планет нужно просто долго наблюдать. Кроме того, пока этим методом в основном удается искать планеты только у близких звезд (примерно до 400 световых лет от Солнца).

Следующий способ связан с таким интересным эффектом как гравитационное линзирование. Если вы помните, то одним из важных подтверждений общей теории относительности стало наблюдение изменения видимого положения звезд во время солнечного затмения. Свет звезд отклоняется в гравитационном поле Солнца. Чтобы это заметить, нужно, чтобы звезды были видны как можно ближе к Солнцу. Яркий свет нашей дневной звезды конечно же мешает увидеть слабые источники. Лишь во время затмения можно было провести проверку. Измерения, проведенные Эддингтоном в 1919 году, оказались в прекрасном соответствии с расчетами, сделанными в рамках ОТО. Сейчас гравитационное линзирование стало важнейшим инструментом астронома. С помощью него определяют массы галактик, изучают распределения масс в их скоплениях. Недавно с привлечением этой методики были получены результаты, позволяющие утверждать, что темная небарионная материя в самом деле существует... Кроме всего этого многообразия применений линзирование работает и как инструмент по обнаружению экзопланет.

Эффект микролинзирования состоит в следующем. Если две звезды выстраиваются примерно на одной линии, то земной наблюдатель увидит возрастание блеска более далекой звезды, т.к. более близкая работает как гравитационная линза, собирая ее свет. В том случае, если у близкой звезды



Так может выглядеть испаряющаяся планета Озирис

есть планета, то мы увидим дополнительный рост блеска, ибо планета также сработает как маленькая линзочка. По параметрам изменения блеска далекой звезды можно восстановить массу линз, в том числе и планеты.

Для получения таких данных нужно одновременно следить за блеском миллионов звезд. Так что, хотя эффект был предсказан советским астрономом А.В. Бялко еще в 60-е гг., реализация поиска событий микролинзирования стала возможной только после появления хороших ПЗС-матриц и мощных компьютеров. Сейчас в мире существует несколько проектов, посвященных поиску микролинзирования. Планируется и космический аппарат, предназначенный для поиска экзопланет этим методом. Среди всех других методик данная наиболее чувствительна к легким планетам (с массами порядка земной) на широких орбитах с радиусом порядка одной астрономической единицы и более. Недостаток микролинзирования, как способа поиска экзопланет, весьма специфичен. Чаще всего мы не будем знать, около какой звезды обнаружена планета, поскольку звезда-линза обычно избегает прямого детектирования.

Еще одна, третья, возможность засечь планету представляется, если она проходит по диску своей звезды. Т.е., если мы находимся в плоскости орбиты экзопланеты, то для нас она будет периодически затмевать часть своей материнской звезды, при этом блеск звезды будет немного уменьшаться. Методика уже опробована. В будущем она будет применяться в космических проектах, которые должны привести к резкому росту количества информации по экзопланетам. Первая открытая таким способом экзопланета получила имя Озирис. Она настолько близка к своей звезде, что активно испаряется.

Наконец, планету можно просто увидеть. Обычно сделать это непросто, ибо яркий свет звезды мешает. Тем не менее для слабых звезд и бурых карликов прямое детектирование экзопланет уже стало возможным. Пару лет назад удалось получить прямое изображение планеты около коричневого карлика. Ну и, конечно же, так можно увидеть одиночный объект планетной массы.

Как классифицировать?

Можно выделить три направления рассуждений.

1. Можно рассматривать какие-то физические характеристики объектов, и основывать определение на них.

2. Можно рассматривать обстоятельства. Т.е. два объекта с одинаковыми характеристиками могут в одном случае считаться планетой, а в другом — нет.

3. Можно рассматривать процесс образования. Тогда два одинаковых объекта, возникшие разным путем, будут относиться к разным классам.

Для каждого пункта можно привести банальные примеры. Так, небесное тело в миллион раз тяжелее Земли будет звездой. Если объект, наоборот, имеет размер, как у большой горы, то он будет астероидом. Если бы Земля вращалась вокруг Юпитера, то ее считали бы его спутником, а не самостоятельной планетой. Наконец, если создать сферу размером с Землю и синей краской написать на ней «Planet», то в лучшем случае мы получим «искусственную планету», но никак не родную сестру Земли. С тривиальными ситуациями все ясно, но также очевидно, что Природа подкидывает нам ряд сложных промежуточных случаев.

Разные астрономы предпочитают уделять внимание разным вариантам или их комбинациям. Кто-то считает, что можно выделить одну физическую характеристику, и лишь с ее помощью дать определение планетности. Кто-то считает, что одной характеристики мало. Кому-то важно учесть процесс формирования, и т.д.

Давайте пройдемся по физическим характеристикам. Одной из важнейших является масса. В достаточно тяжелых телах плотность и давление в центре достигает столь высоких значений, что могут идти термоядерные реакции. Поскольку во Вселенной наиболее распространен водород, то пределы устанавливаются именно для реакции с его участием. Если массу Солнца уменьшить примерно в 12-13 раз, то реакции превращения водорода в гелий прекратятся. Солнце станет бурым (коричневым) карликом. В таких объектах могут идти термоядерные реакции, в которых «горит» дейтерий. Если массу уменьшить еще, то прекратятся и они. Происходит это примерно на 13 массах Юпитера. Именно тут обычно проводят границу между бурными карликами и планетами. Есть, однако, еще один интересный момент.

Дело в том, что в недрах бурых карликов вещество, как говорят, вырождено. Давление обеспечивается вырожденными электронами. Это интересное состояние, описываемое квантовыми законами. Действует принцип Паули: электроны в одинаковом состоянии не могут занимать малый объем пространства. Именно благодаря этому запрету мы имеем все химическое разнообразие. Для небесных тел наличие вырождения приводит к интересному следствию: при увеличении массы тела его размер уменьшается. Это верно для нейтронных звезд, белых карликов, бурых карликов и самых тяжелых планет. Так, планета в 10 раз тяжелее Юпитера будет несколько меньше него. Правда, можно разогреть внешние (невырожденные) слои светом близкой звезды, и тогда размер увеличится. Именно благодаря этому тяжелые «горячие юпитеры» зачастую «потолще» нашего Громовержца.

Т.о. масса позволяет более-менее дать верхний предел для планет. С нижним сложнее. Никакой новой физики при уменьшении массы не появляется. Разве что объекты малой массы могут испытывать трудности с принятием сферической формы под действием собственной тяжести. Но предел этот достаточно низок и зависит от того, из какого материала объект состоит. Для железно-каменных тел предел соответствует размеру примерно 800 км, для ледяных объектов он ниже. Если бы мы воспользовались понятием сферичности, то число планет Солнечной системы сразу бы возросло в разы (а потом еще увеличивалось бы за счет открытия новых плутоподобных тел). Кроме того, наблюдения показывают, что сферическую форму можно принять и без существенного действия гравитации, просто за счет столкновений.

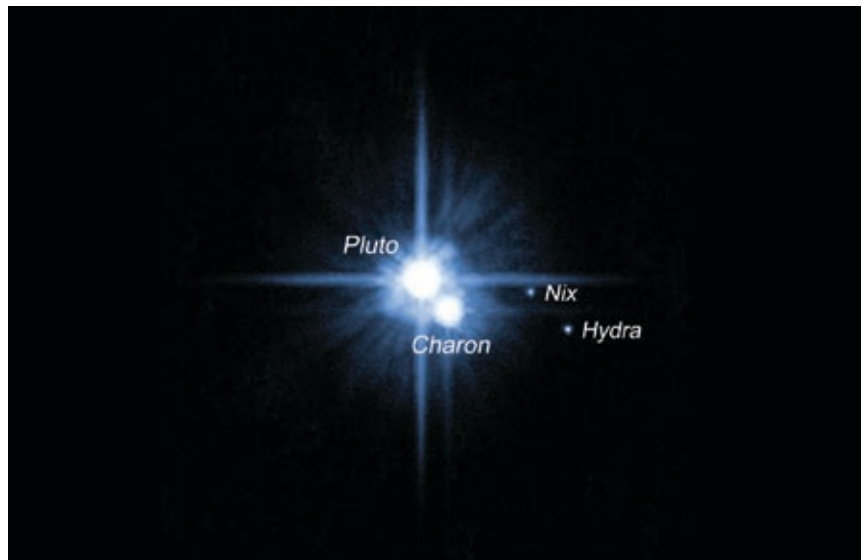
Переходим к рассмотрению разных обстоятельств. Во-первых, ясно, что планета не может вращаться вокруг другой планеты. С этим проблем нет. Неясно, правда, вокруг чего должна. Вариантов тут четыре:

1. звезда,
2. бурый карлик,
3. что-то еще (нейтронная звезда, черная дыра),
4. ничего.

Прогресс в наблюдениях привел к обнаружению всех четырех ситуаций. Разве что не открыты пока двойные планеты без звезд. Мы знаем «обычные» экзопланеты, вращающиеся вокруг звезд. Мы знаем планеты (имеются ввиду объекты, подобные планетам Солнечной системы) вокруг бурых карликов. Есть планеты вокруг нейтронных звезд (радиопульсаров), причем, они не могут быть просто планетами, оставшимися от системы, окружавшей взорвавшуюся звезду. Дело в том, что они имеют слишком тесные орбиты, т.е., когда звезда еще не взорвалась и находилась на стадии сверхгиганта, они должны были бы находиться внутри внешних слоев звезды. Хотя, недавно было сделано интересное открытие, говорящее о том, что вокруг белых карликов могут сохраняться планетные объекты, пережившие стадии гиганта и сброса оболочки. Наконец, есть «бездомные» планеты. Они просто летают себе в межзвездном пространстве, свободные от гравитационных пут какого-то тяжелого объекта.

Вопрос: считать ли все одинаковые тела, оказавшиеся в разных обстоятельствах, планетами или нет. Будет ли аналог Юпитера, вращающийся вокруг бурого карлика, считаться планетой? А вокруг общего центра масс с другим «юпитером»? Потеряет ли Юпитер планетный статус, если в результате близкого пролета звезды он окажется оторванным от Солнца и начнет свое свободное путешествие по Галактике? Ответа, надо сказать, нет. Четкого определения для такого случая Международный астросоюз пока не дал.

Наконец, завершая разговор об «обстоятельствах», рассмотрим тонкий момент, имеющий отношение и к нашей системе. Согласно определению МАС планета должна быть в гордом одиночестве в смысле свиты из других тел сравнимого размера. Именно из-за этого пункта Церера и Плутон оказались лишены доступа в высшее общество. Оказывается, что этот пункт непосредственно связан с массой объекта и с его орбитальным периодом. Чем больше масса и чем короче период (т.е., чем теснее орбита), тем легче массивному телу «раскидать» своих соседей. Очевидно, что в случае Солнечной системы различие очень велико. «В попугаях» четко видно, что Меркурий — это планета, а Плутон вмес-



Плутон и его спутники

те с Церерой и Эридой (т.е. объектом UB313, который наконец-то получил официальное имя, напомним, что название «Зена» было неофициальным) — нет. Наверное, такие рассуждения можно применять и к экзопланетам.

Т.о., учет массы и «обстоятельств» позволяет навести порядок в нашей системе планет и, видимо, решить многие вопросы с экзопланетами. Многие, но не все. Для большей ясности надо рассмотреть запутанный вопрос образования планет.

В разрешении вопроса о формировании планет «многое сделано, но многое еще предстоит». Причем, второе «многое» во много раз больше первого: вопросов больше чем ответов. Процесс оказывается очень сложным, так что провести какое-то всеобъемлющее компьютерное моделирование и хотя бы на модели увидеть все возможные ситуации пока нельзя. В численных расчетах образования звезд и планет многое приходится просто задавать руками в соответствии с данными наблюдений, а их пока недостаточно.

По всей видимости, кроме того, что объекты планетных масс могут образовываться «традиционным» путем — из диска, окружающего звезды, есть еще несколько вариантов. Они приводят к появлению планет вокруг пульсаров, одиночных планетоподобных тел и объектов на большом расстоянии от центральной звезды. Некоторые астрономы полагают, что под «планетами» следует понимать только объекты, возникшие традиционным путем из диска, окружавшего звезду. Так что споры еще не окончены.

Определение планеты еще будет меняться по мере того, как мы будем обнаруживать новые сюрпризы в виде нестандартных экзопланет и, кто знает, новых объектов в нашей Солнечной системе.

Человеку свойственно стремление к стабильности. Вселенную в целом долго считали неизменной. Сам Эйнштейн, как известно, добавил в свои уравнения слагаемое, которое должно было вернуть ей стабильность. Тем не менее, оказалось, что она расширяется, причем все быстрее и быстрее. Другой Вселенной у нас нет. Надо принять ее эволюцию.

А что Плутон? Он продолжает вращаться вокруг Солнца вместе со своей свитой. Через двести лет он будет не популярнее Цереры сейчас. Следите за расширением Вселенной...

