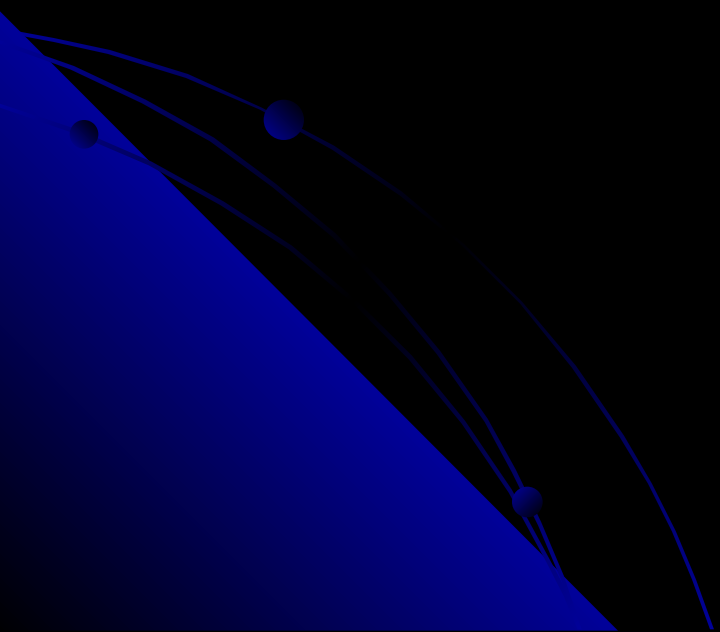


# Нейтронная звезда



# Открытие нейтронных звезд

Открытие в 1932 году новой элементарной частицы - нейтрона заставило астрофизиков задуматься над тем, какую роль он может играть в эволюции звезд. Два года спустя было высказано предположение о том, что взрывы сверхновых звезд связаны с превращением обычных звезд в нейтронные. Затем были выполнены расчеты структуры и параметров последних, и стало ясно, что если небольшие звезды (типа нашего Солнца) в конце своей эволюции превращаются в белых карликов, то более тяжелые становятся нейтронными. В августе 1967 года радиоастрономы при изучении мерцаний космических радиоисточников обнаружили странные сигналы - фиксировались очень короткие, длительностью около 50 миллисекунд, импульсы радиоизлучения, повторявшиеся через строго определенный интервал времени (порядка одной секунды).

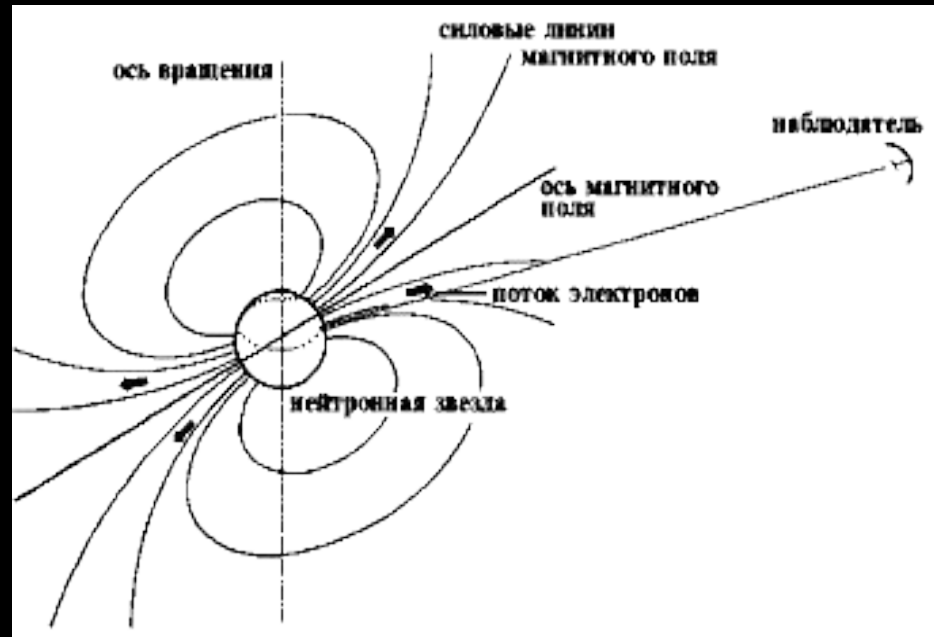
После тщательной проверки всей аппаратуры пришла уверенность, что импульсы имеют внеземное происхождение. Астрономов трудно удивить объектами, излучающими с переменной интенсивностью, но в данном случае период был столь мал, а сигналы - столь регулярны, что ученые всерьез предположили, что они могут быть весточками от внеземных цивилизаций. А потому первый пульсар получил название LGM-1 (от английского Little Green Men - «Маленькие Зеленые Человечки»), хотя попытки найти какой-либо смысл в принимаемых импульсах окончились безрезультатно. Вскоре были обнаружены еще 3 пульсирующих радиоисточника. Их период опять оказался много меньше характерных времен колебания и вращения всех известных астрономических объектов. Из-за импульсного характера излучения новые объекты стали называть пульсарами. Это открытие буквально всколыхнуло астрономию, и из многих радиообсерваторий начали поступать сообщения об обнаружении пульсаров. После открытия пульсара в Крабовидной Туманности, возникшей из-за взрыва сверхновой в 1054 году, стало ясно, что пульсары каким-то образом связаны с вспышками сверхновых звезд. Скорее всего, сигналы шли от объекта, оставшегося после взрыва. Прошло немало времени, прежде чем астрофизики поняли, что пульсары - это и есть быстро вращающиеся нейтронные звезды, которые они так долго искали.

Считается, что нейтронная звезда имеет магнитное поле, ось которого не совпадает с осью вращения звезды. В этом случае излучение звезды (радиоволны и видимый свет) скользит по Земле как лучи маяка. Когда луч пересекает Землю регистрируется импульс. Само излучение нейтронной звезды возникает за счет того, что заряженные частицы с поверхности звезды двигаются вовне по силовым линиям магнитного поля, испуская электромагнитные волны. Этот механизма радиоизлучения пульсара, впервые предложенный Голдом, показан на рисунке.

Если пучок излучения попадает на земного наблюдателя, то радиотелескоп фиксирует короткие импульсы радиоизлучения с периодом, равным периоду вращения нейтронной звезды. Форма импульса может быть очень

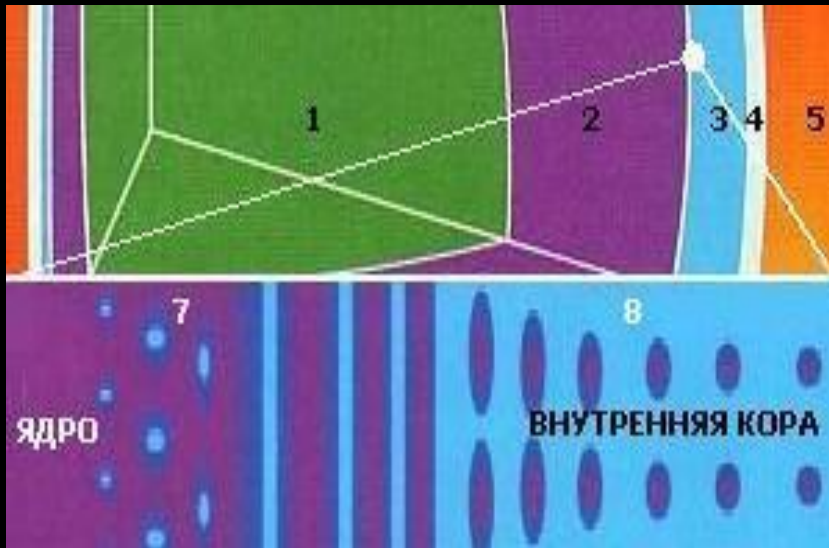
сложной, что обусловлено геометрией магнитосферы нейтронной звезды и является характерной для каждого пульсара. Периоды вращения пульсаров строго постоянны и точности измерения этих периодов доходят до 14-значной цифры.

В настоящее время обнаружены пульсары, входящие в двойные системы. Если пульсар вращается по орбите вокруг второго компонента, то должны наблюдаться вариации периода пульсара вследствие эффекта Доплера. Когда пульсар приближается к наблюдателю, регистрируемый период радиоимпульсов из-за доплеровского эффекта уменьшается, а когда пульсар удаляется от нас, его период увеличивается. На основе этого явления и были обнаружены пульсары, входящие в состав двойных звезд. Для впервые обнаруженного пульсара PSR 1913 + 16, входящего в состав двойной системы, орбитальный период обращения составил 7 часов 45 мин. Собственный период обращения пульсара PSR 1913 + 16 равен 59 мс.



*Модель пульсара*

## Внутренняя структура нейтронной звезды:



- [1] - Сердцевина пульсара скорее всего твердая и состоит уже не из протонов и нейтронов, а из кварков и глюонов, образующих особый сверхплотный конгломерат
- [2] - Внешняя часть ядра нейтронной звезды – коктейль из сверхтекучей нейтронной жидкости, сверхпроводящей протонной и плотного электронного газа, растворенного в ядерном веществе.
- [3] - Внутренняя кора толщиной до 1 км, здесь давление столь велико, что часть электронов соединяется с протонами, образуя нейтроны, которые так же, как электроны, спокойно дефилируют между ядрами, стоящими в узлах решетки.

[4] - Внешняя кора толщиной 200-300 метров очень напоминает сильно сжатую кристаллическую решетку металлов, почти все электроны могут свободно перемещаться от атома к атому. Твердая корка внешних слоев нейтронной звезды состоит из тяжёлых атомных ядер, упорядоченных в кубическую решетку, с электронами, свободно летающими между ними, чем напоминает земные металлы, но только намного более плотные.

[5] - Атмосфера звезды состоит из сильно ионизированной высокотемпературной плазмы, простирающейся на сотни километров, диаметр твердой части звезды обычно не превышает 20 км.

[6] - Магнитный полюс пульсара, совсем не обязательно совпадающий с "северным", вокруг которого крутится этот маленький, но очень тяжелый шарик. Заряженные частицы могут двигаться только вдоль магнитных силовых линий, поэтому потоки падающих на нейтронную звезду и вылетающих из нее частиц концентрируются вблизи ее полюсов.

[7] - Ядро однородный конгломерат нейтронов.

[8] - Внутренняя кора некая упорядоченная кристаллическая структура ядер, между которыми летают нейтроны и электроны.

## Возникновение нейтронных звезд

Нейтронные звезды образуются после исчерпания источников термоядерной энергии в недрах обычной звезды, если ее масса к этому моменту превышает 1,4 массы Солнца. Поскольку источники термоядерной энергии отсутствуют, устойчивое равновесие звезды становится невозможным и начинается катастрофическое сжатие звезды к центру — гравитационный коллапс. Если исходная масса звезды не превышает некоторой критической величины, то коллапс в центральных частях останавливается и образуется горячая нейтронная звезда. Процесс коллапса занимает доли секунды. За ним может последовать либо натекание оставшейся оболочки звезды на горячую нейтронную звезду с испусканием нейтрино, уносящих более 10% массы звезды, либо сброс оболочки за счет термоядерной энергии «непрогоревшего» вещества или энергии вращения. Такой выброс происходит очень быстро, и для наблюдателя на Земле он выглядит как грандиозный взрыв — вспышка сверхновой звезды. Наблюдаемые нейтронные звезды — пульсары часто связаны с остатками сверхновых звезд.

Нейтронные звезды могут существовать, если их массы больше 0,05 массы Солнца. Если масса нейтронной звезды превышает 3—5 массы Солнца, равновесие ее становится невозможным, и такая звезда будет представлять собой черную дыру.

