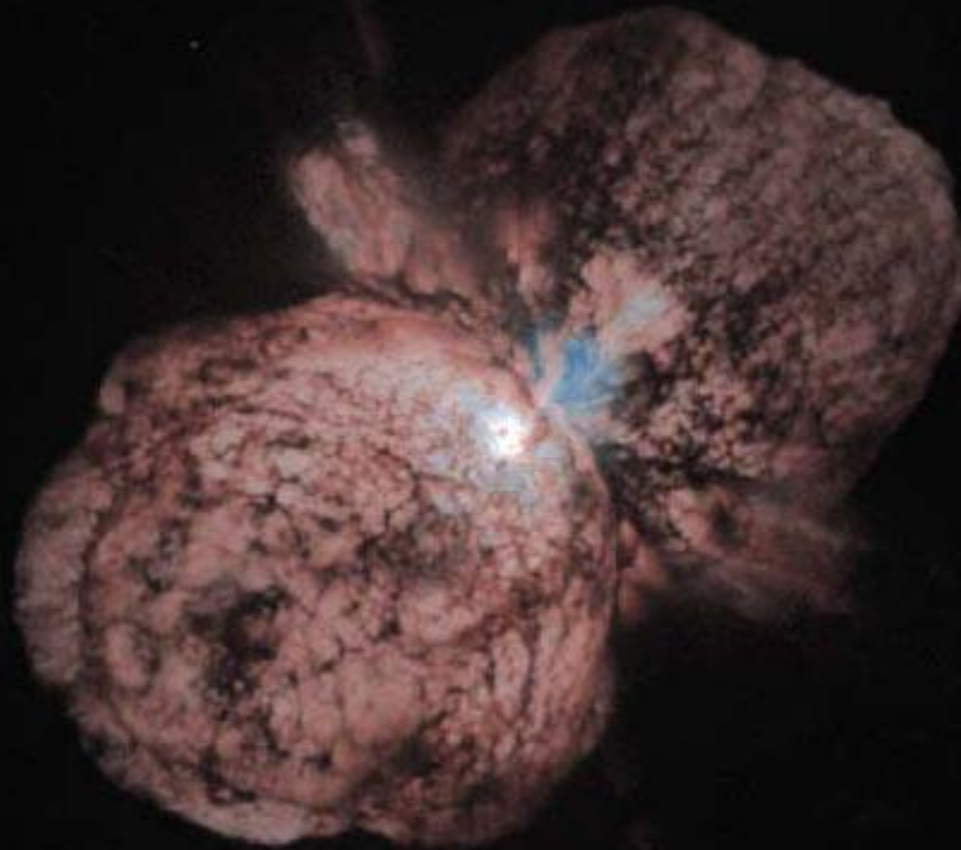


**ФИЗИЧЕСКИЕ ПЕРЕМЕННЫЕ,**



**НОВЫЕ И СВЕРХНОВЫЕ ЗВЕЗДЫ**

**Переменные звёзды**

**Периодические звёзды**

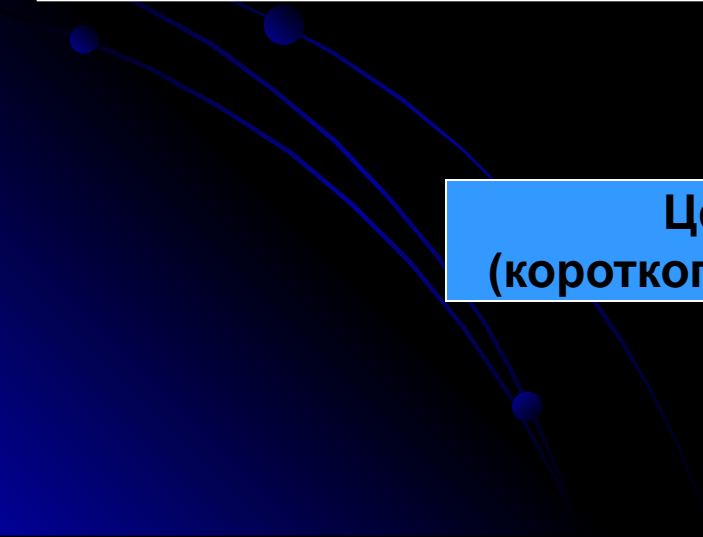
**Непериодические звёзды**

**Двойные звёзды**

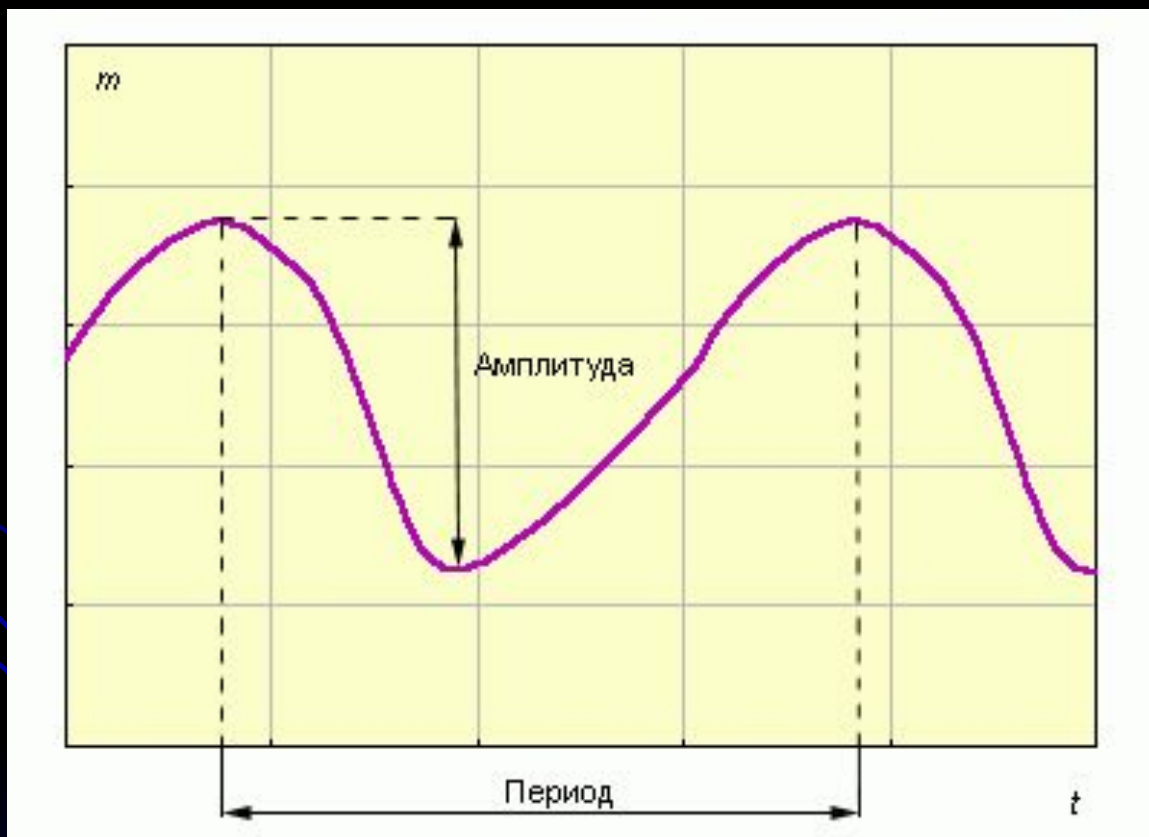
**Физические переменные звёзды**

**Цефеиды  
(короткопериодические)**

**Долгопериодические  
звёзды**



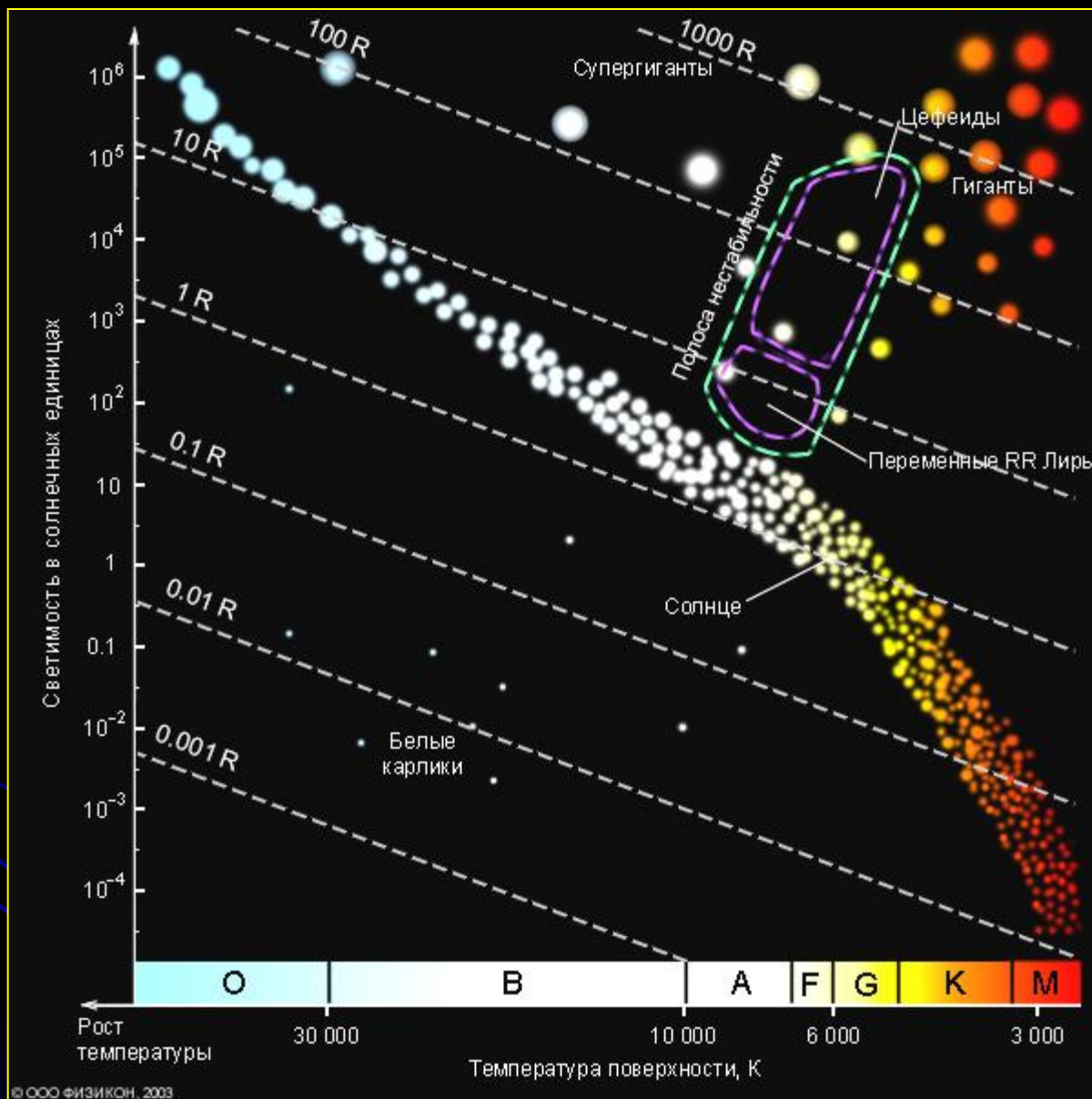
**Переменные звёзды** – это звёзды, блеск которых изменяется, иногда с правильной периодичностью. Переменных звёзд на небе довольно много. В настоящее время их известно более 30 000. Многие из них вполне доступны наблюдению в малые и среднего размера оптические приборы – бинокль зрительную трубу или школьный телескоп.



Амплитуда и период переменной звезды.

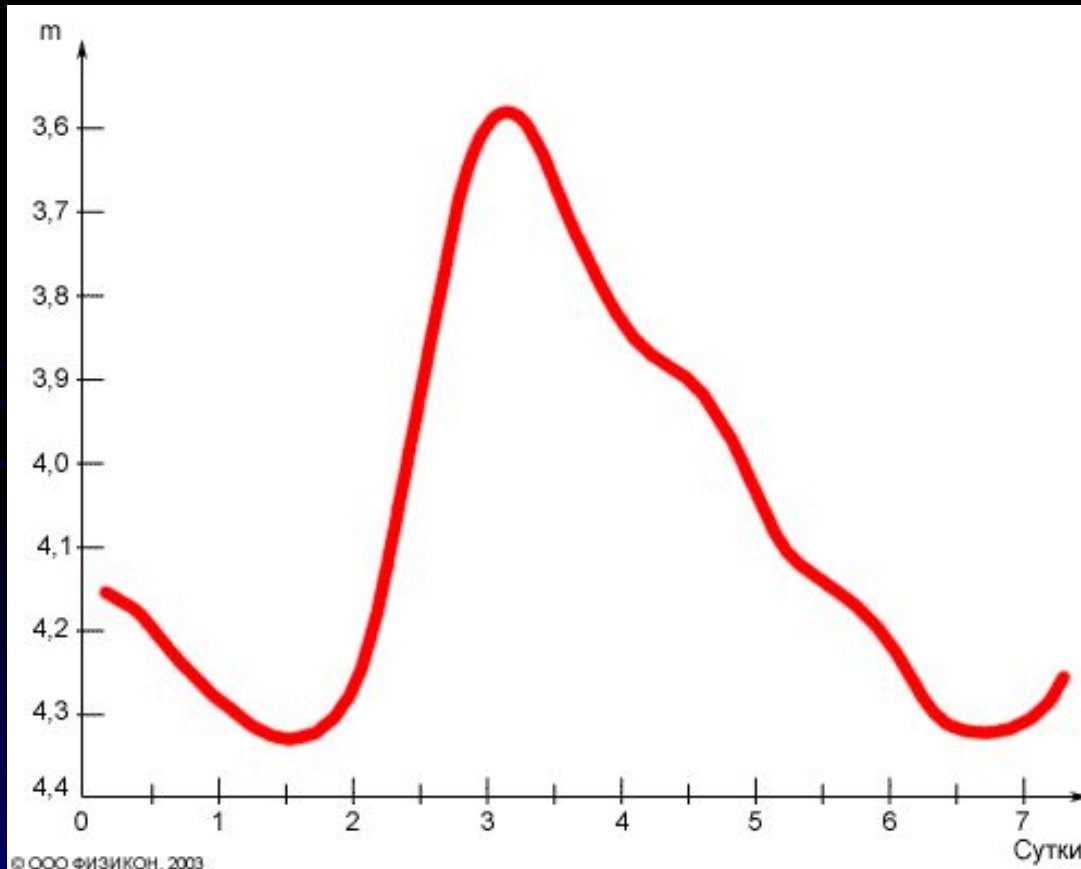
**Физическими переменными** называются звёзды, которые изменяют свою светимость в результате физических процессов, происходящих в самой звезде. Такие звёзды могут и не иметь постоянную кривую блеска. Первую пульсирующую переменную открыл в 1596 году Фибрициус в созвездии Кита. Он назвал ее Мирой, что означает «чудесная, удивительная».

В максимуме Мира хорошо видна невооружённым глазом, её видимая звёздная величина  $2^m$ , в период минимума она уменьшается до  $10^m$  и видна только в телескоп. Средний период переменности Мира Кита 332 суток.



Полоса неустойчивости на диаграмме Герцшпрунга-Рессела.

В 1783 году Эдуард Пиготт обнаружил изменения блеска  $\eta$  Орла с периодом 7,17 дней. В 1784 году Джон Гудрайк открыл переменность звезды  $\delta$  Цефея (период 5,366 дней). Все переменные звёзды, в том числе затменно-переменные, имеют специальные обозначения. Впереди названия соответствующего созвездия ставятся буквы латинского алфавита R, S, T, ... или просто букву V (англ. variable «переменный») с цифрами.



Кривая блеска  
звезды Дельта Цефея.

**Цефеидами** называются пульсирующие звёзды высокой светимости, названные так по имени одной из первых открытых переменных звёзд –  $\delta$  Цефея. Это жёлтые сверхгиганты спектральных классов F и G, масса которых превосходит массу Солнца в несколько раз. В ходе эволюции цефеиды приобретают особую структуру. На определённой глубине возникает слой, который аккумулирует энергию, приходящую из ядра звезды, а затем отдает её. Цефеиды периодически сжимаются, температура цефеид растёт, уменьшается радиус. Затем площадь поверхности растёт, её температура уменьшается, что вызывает общее изменение блеска.



Цефеиды играют особую роль в астрономии. В 1908 году Генриетта Ливитт, изучая цефеиды в Малом Магеллановом Облаке, заметила, что чем меньше видимая звёздная величина цефеиды, тем больше период изменения её блеска.



**Большое Магелланово  
Облако**



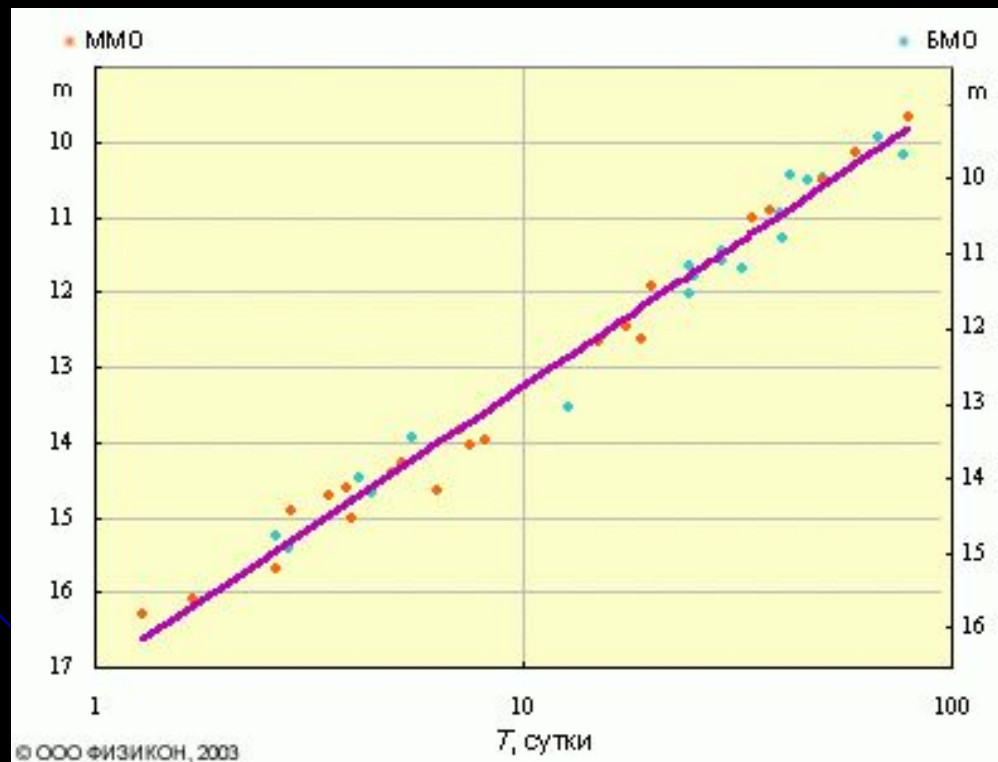
**Генриетта  
Ливитт**



**Малое Магелланово  
Облако**



Поскольку все звёзды Малого Магелланового Облака удалены от нас примерно на одинаковое расстояние, то видимая звёздная величина  $m$  цефеид отражает её светимость  $L$ . А так как сверхгиганты хорошо заметны на больших расстояниях, эту зависимость можно использовать для определения расстояний до галактик. Так, к 1999 году по измерениям 800 цефеид в 18 галактиках была уточнена постоянная Хаббла, которую теперь считают равной 70 км/с на 1 Мпк с точностью 10%.



Зависимость среднего блеска цефеид в Магеллановых Облаках от периода переменности.

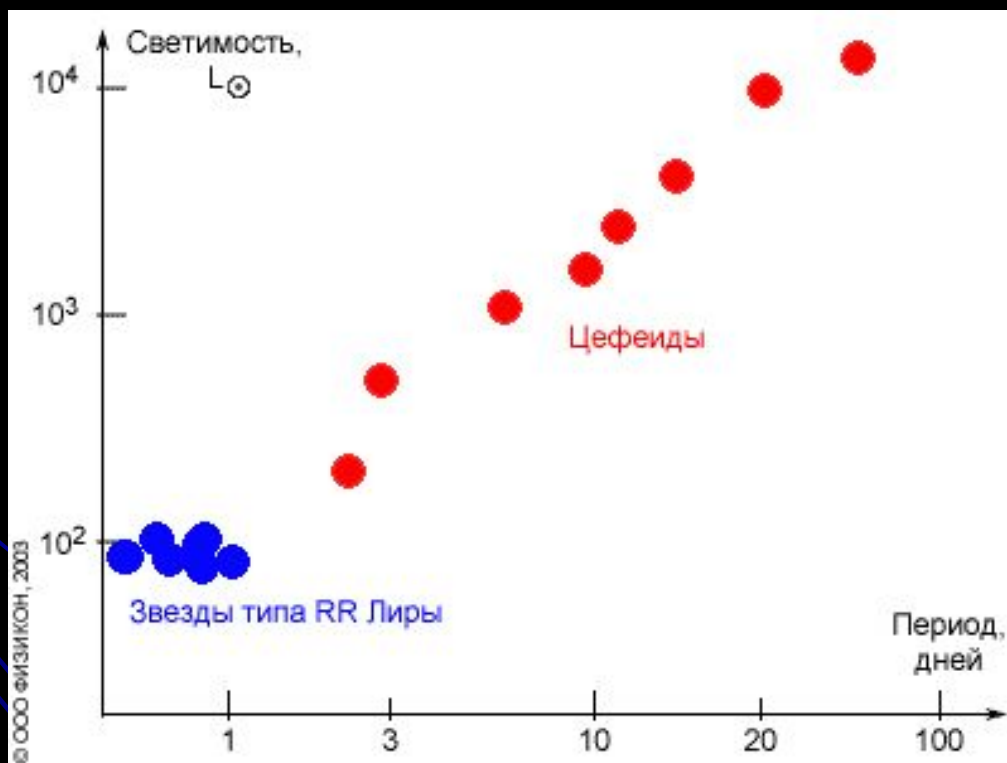
Звезда, увеличивающая свой блеск в тысячи и миллионы раз за несколько часов, а затем тускнеющая, приходящая к своему первоначальному блеску, называется **новой**.

Новая возникает в тесных двойных системах, в которых один из компонентов двойной системы – белый карлик или нейтронная звезда. Когда на поверхности белого карлика (на нейтронной звезде) накапливается критическая масса вещества, происходит термоядерный взрыв, срывающий со звезды оболочку и увеличивающий её светимость в тысячи раз. Этот взрыв может повторяться неоднократно в виде повторной новой. Как показывают наблюдения, ежегодно в нашей Галактике вспыхивает около сотни новых звёзд.



Туманность после взрыва Новой в созвездии Лебедя в 1992 году видна как маленькое красное пятнышко немного выше середины фотографии.

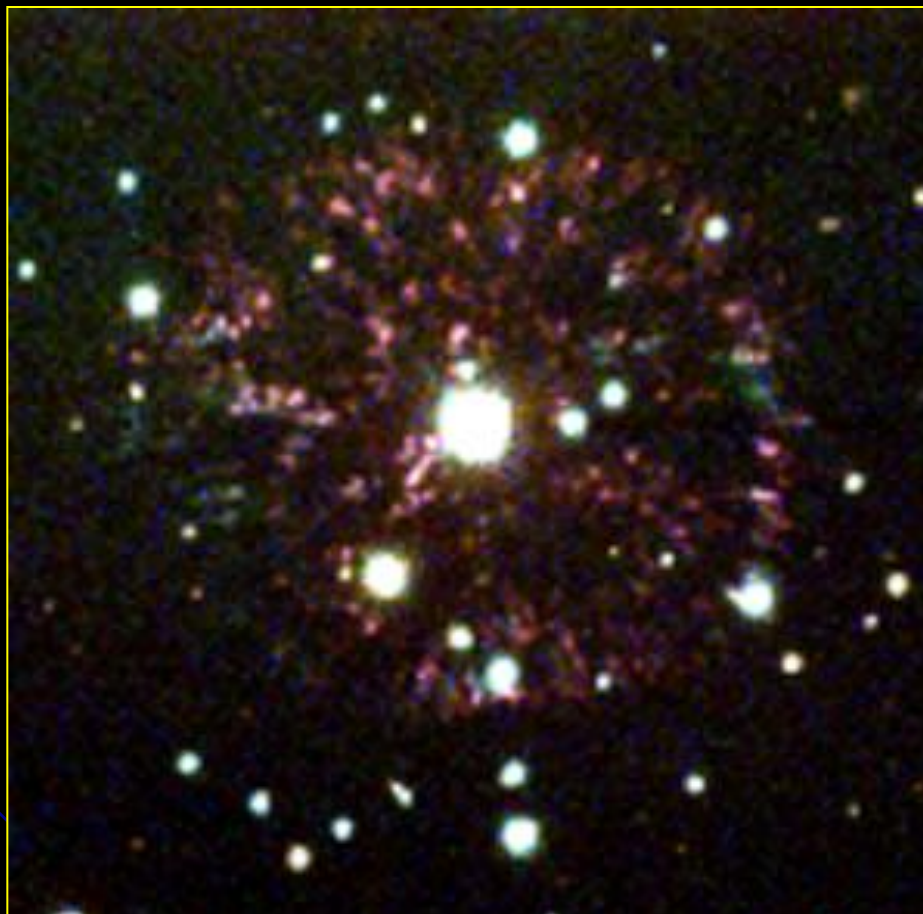
Звёзды типа *RR Лиры* быстро меняют свой блеск. У большинства из них периоды заключаются в пределах 0,2–0,8 суток, амплитуды блеска составляют в среднем около одной звёздной величины. Это звёзды спектральных классов А–F. Такие пульсирующие переменные часто встречаются в шаровых звёздных скоплениях. Их свойства, как и свойства цефеид, используют для вычисления астрономических расстояний.



$M = 0,2 (2 - \lg T)$  — абсолютная звёздная величина цефеиды

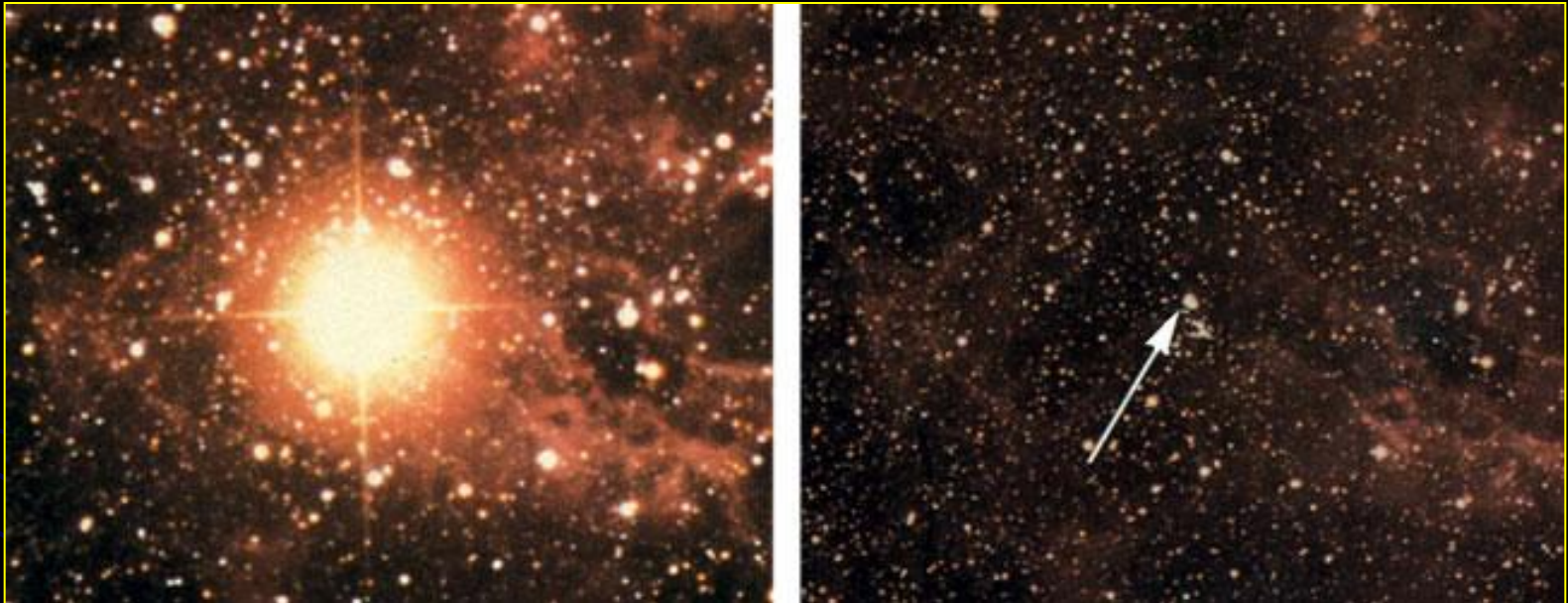
$\lg r = 0,2 (m - M) + 1$  — расстояние до цефеиды

**Новые звезды** – это эруптивные (взрывающиеся) переменные звёзды.



Остаток новой звезды GK Персея

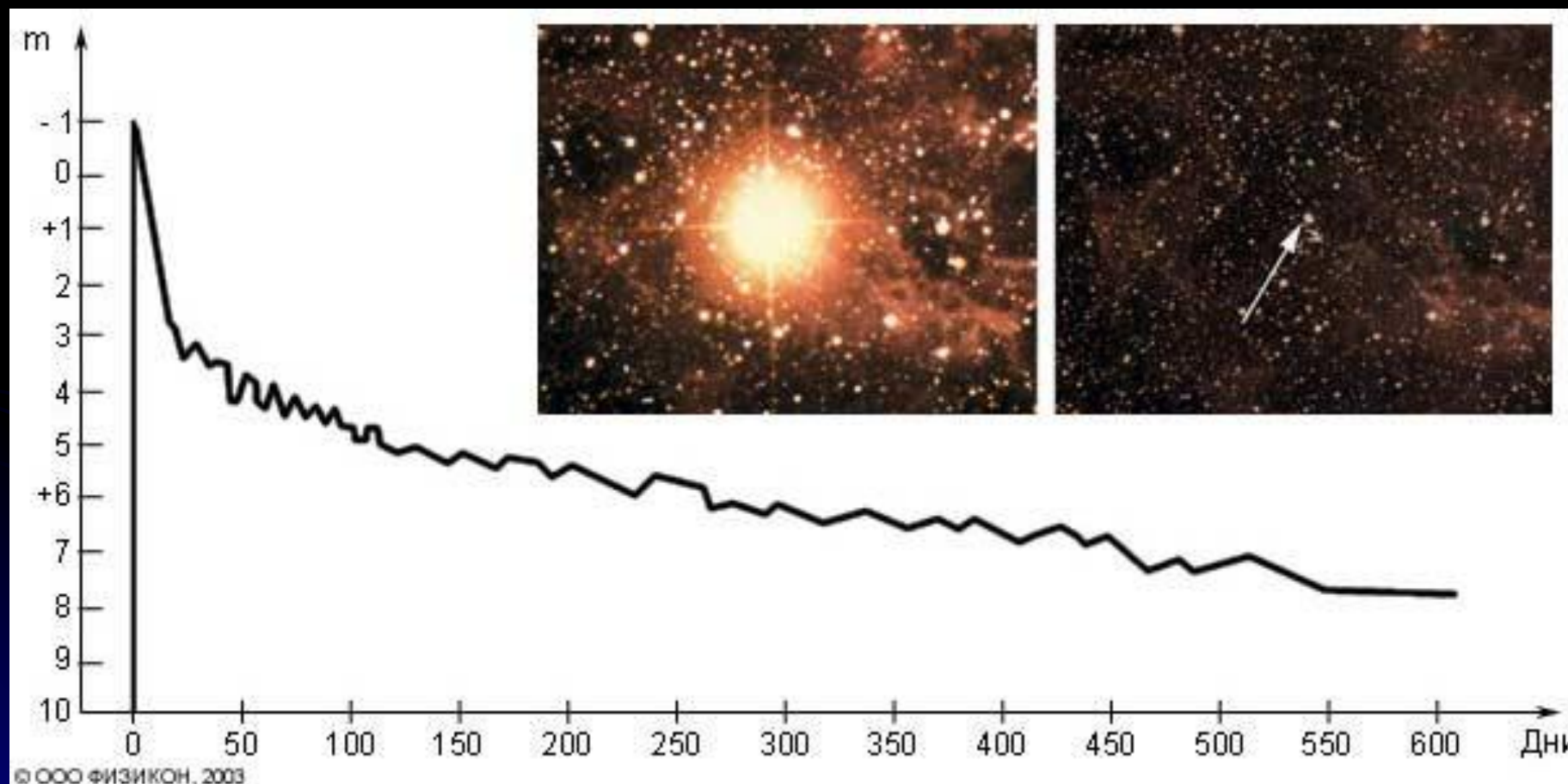
**Вспышки сверхновых – один из самых мощных катастрофических природных процессов. Огромное выделение энергии (такое количество энергии Солнце вырабатывает за миллиарды лет) сопровождается взрывом сверхновой. Сверхновая звезда может излучать больше, чем все звёзды галактики вместе взятые.**



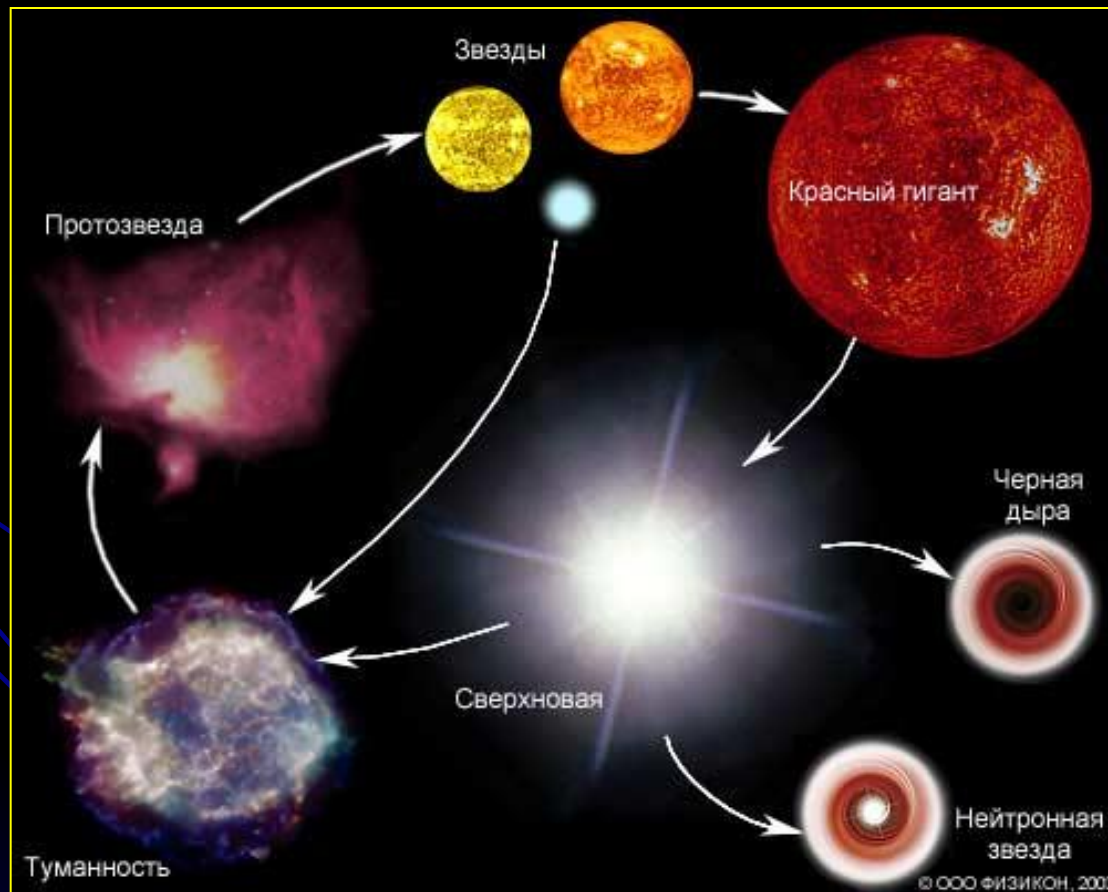
Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом Облаке расположена там, где на старых фотографиях была лишь звёздочка 12-й величины. Её величина в максимуме достигла  $2,9^m$ , что позволяло легко наблюдать сверхновую невооружённым глазом.

**Сверхновыми** называются звёзды, внезапно взрывающиеся и достигающие в максимуме абсолютной звёздной величины от  $-11^m$  до  $-21^m$ .

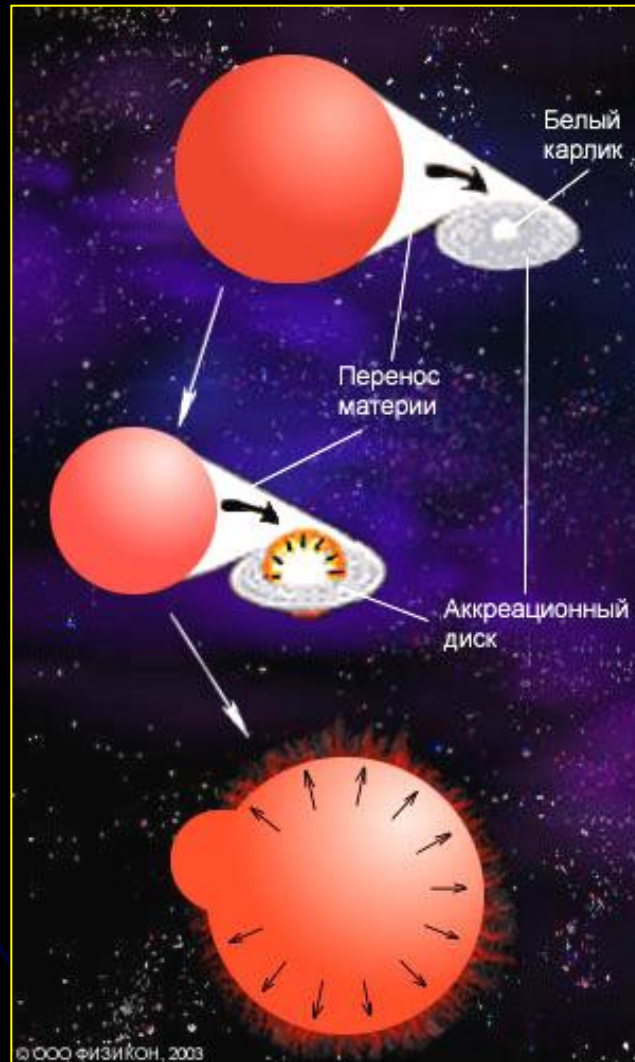
Светимость сверхновой звезды возрастает в десятки миллионов раз, что может превышать светимость всей галактики.



Плотное ядро коллапсирует, увлекая за собой в свободное падение к центру наружные слои звезды. Когда ядро сильно уплотняется, его сжатие прекращается, и на верхние слои обрушивается встречная ударная волна, а также выплескивается энергия огромного числа нейтрино. В результате оболочка разлетается со скоростью 10 000 км/с, обнажая нейтронную звезду либо черную дыру. При вспышке сверхновой выделяется энергия  $10^{46}$  Дж.

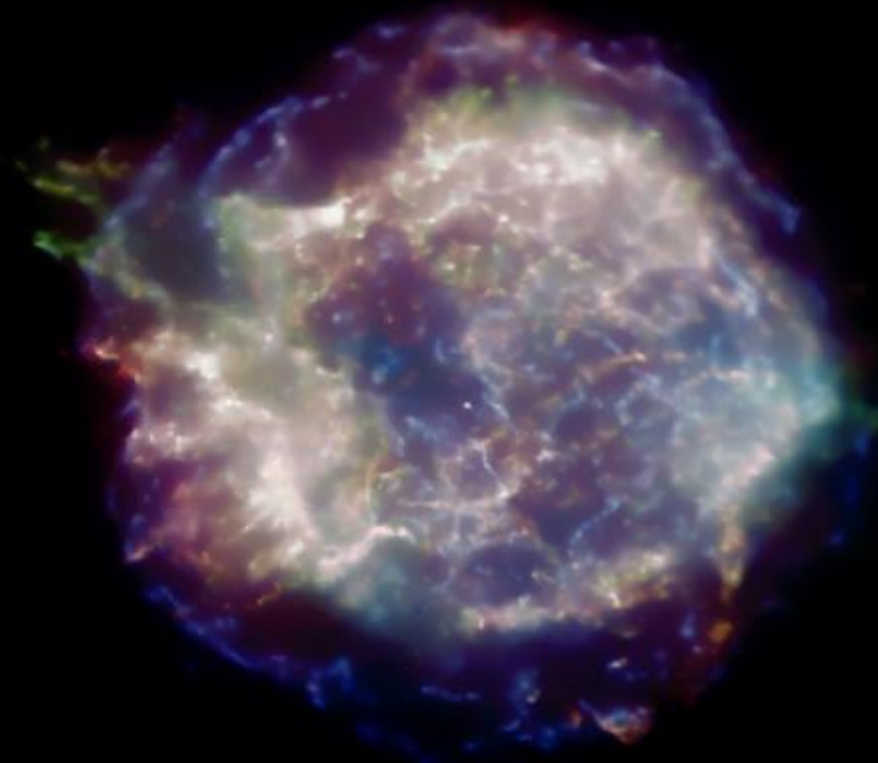


По характеру спектра вблизи эпохи максимума различают два типа сверхновых. **Сверхновые I** типа вблизи максимума отличаются непрерывным спектром, в котором не видно никаких линий.





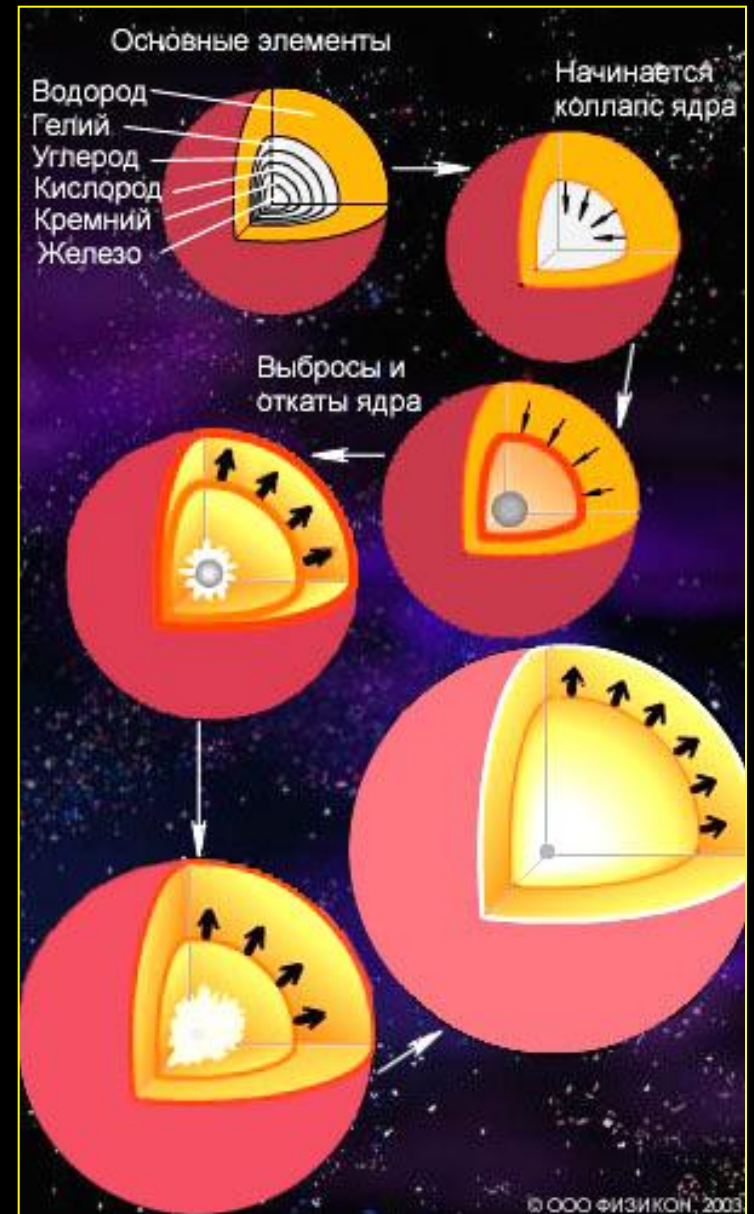
Позднее появляются в спектре линии поглощения, сильно расширенные. При вспышке сверхновой I типа от звезды отрывается оболочка с массой порядка  $0,3-1 M_{\text{Солнца}}$ , которая расширяется в межзвёздное пространство.



Cas A – туманность после взрыва сверхновой, является сильнейшим источником радиоизлучения.

**Сверхновые II** типа характеризуются спектром, богатым водородными линиями. Их светимость меняется в широких пределах, а после максимума падает более резко, чем у сверхновых I типа. Замечено, что в эллиптических галактиках, состоящих из небольших красных звёзд, вспыхивают сверхновые I типа. В спиральных галактиках, где в рукавах много молодых массивных сверхгигантов спектральных классов O и B, вспыхивают сверхновые II типа.

Сверхновые II типа.

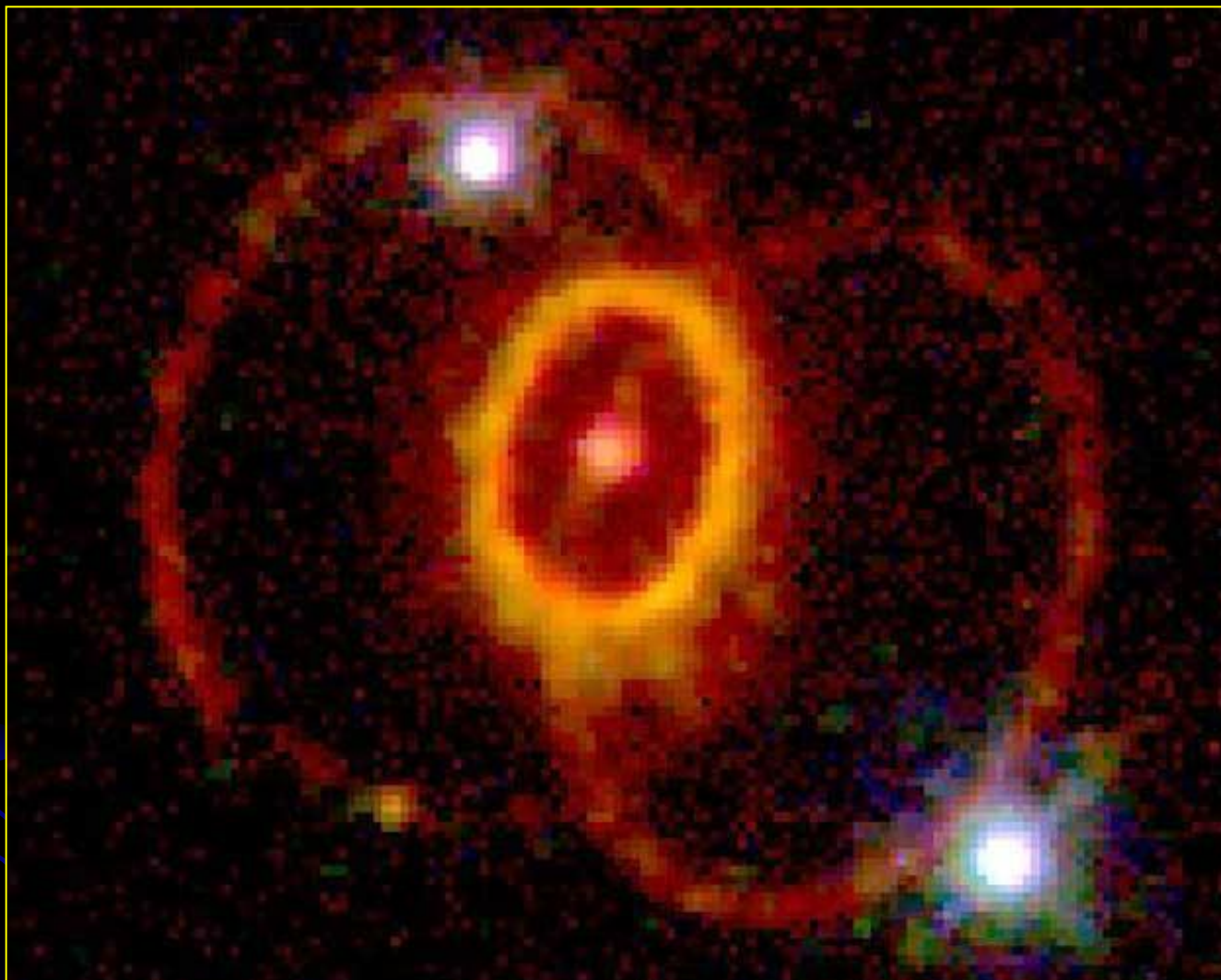


**Центр туманности Гама, оставшейся после взрыва сверхновой, находится в созвездии Парусов.**

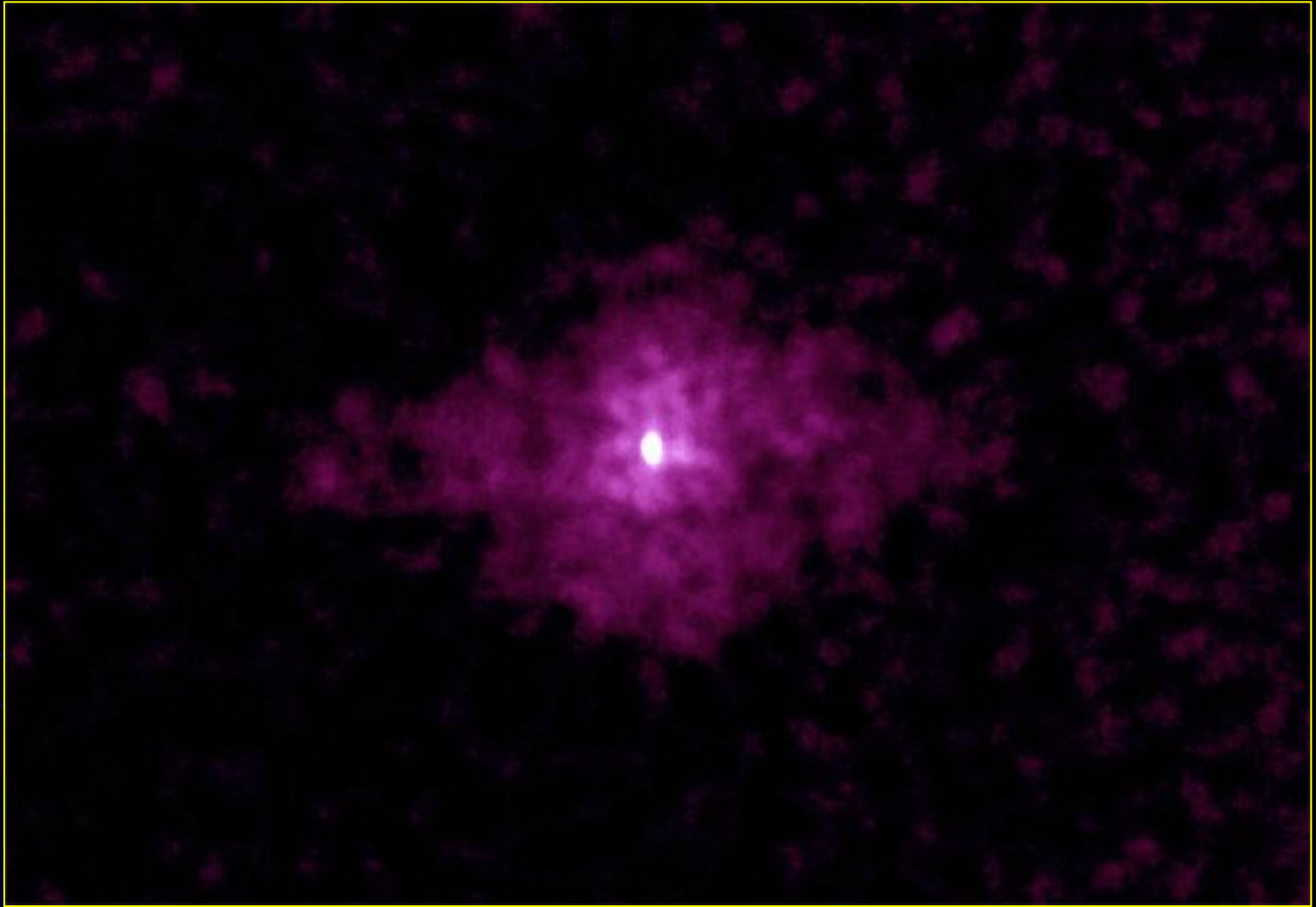




**Сверхновая 1987А через 4 года после вспышки.  
Кольцо светящегося газа в 1991 году достигло 1,37 светового года в  
поперечнике.**

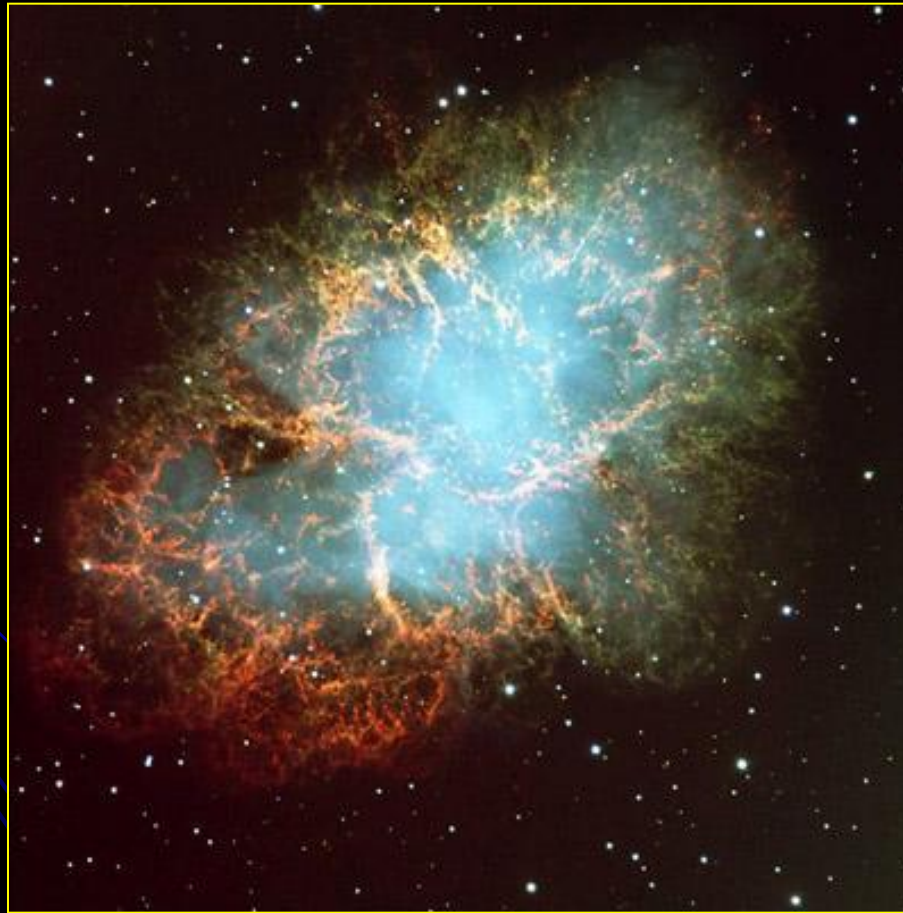


**Остаток Сверхновой 1987 года через двенадцать лет после вспышки.**

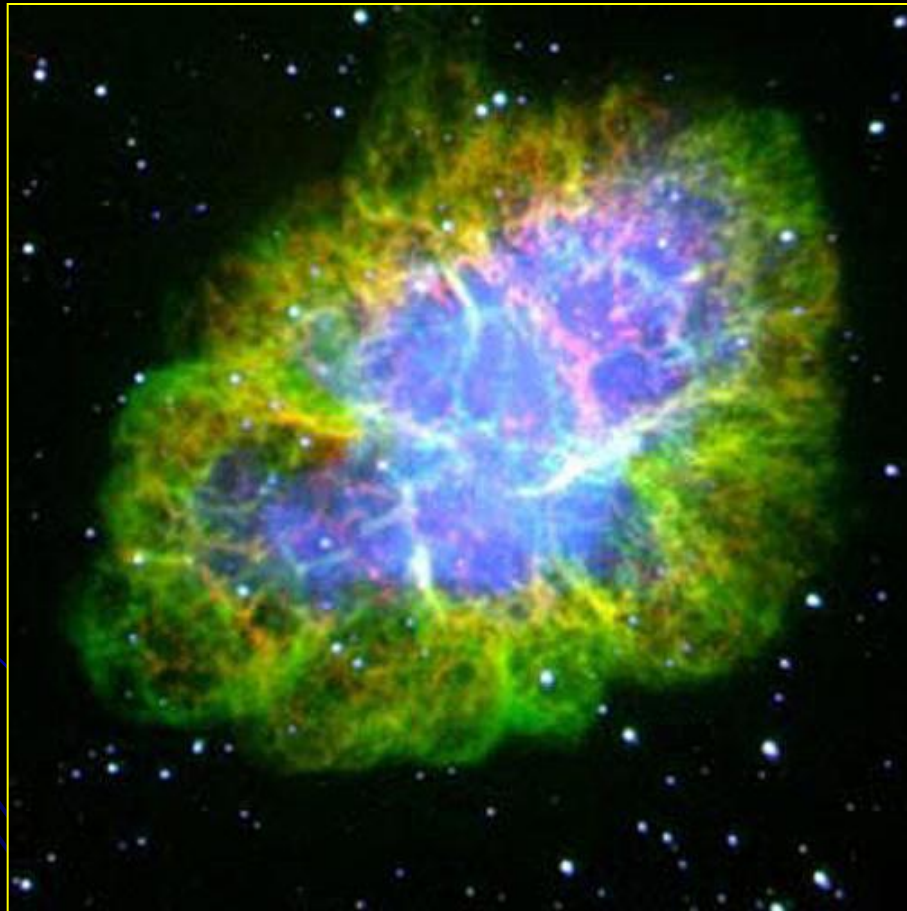


**После вспышки сверхновой массивной звезды ее оболочка разлетается.**

Самый знаменитый остаток сверхновой в нашей Галактике – **Крабовидная туманность**. Это остаток вспышки сверхновой **в 1054 году**. С её исследованием связаны крупнейшие вехи в истории астрономии. Крабовидная туманность была первым источником космического радиоизлучения, в 1949 году отождествленным с галактическим объектом.



**С ней же связано первое отождествление рентгеновского излучения космического происхождения в 1963 году. В 1953 году в Крабовидной туманности открыли синхротронное излучение. В 1968 году здесь же был открыт пульсар NP 0531 – знаменитый пульсар в Крабовидной туманности.**



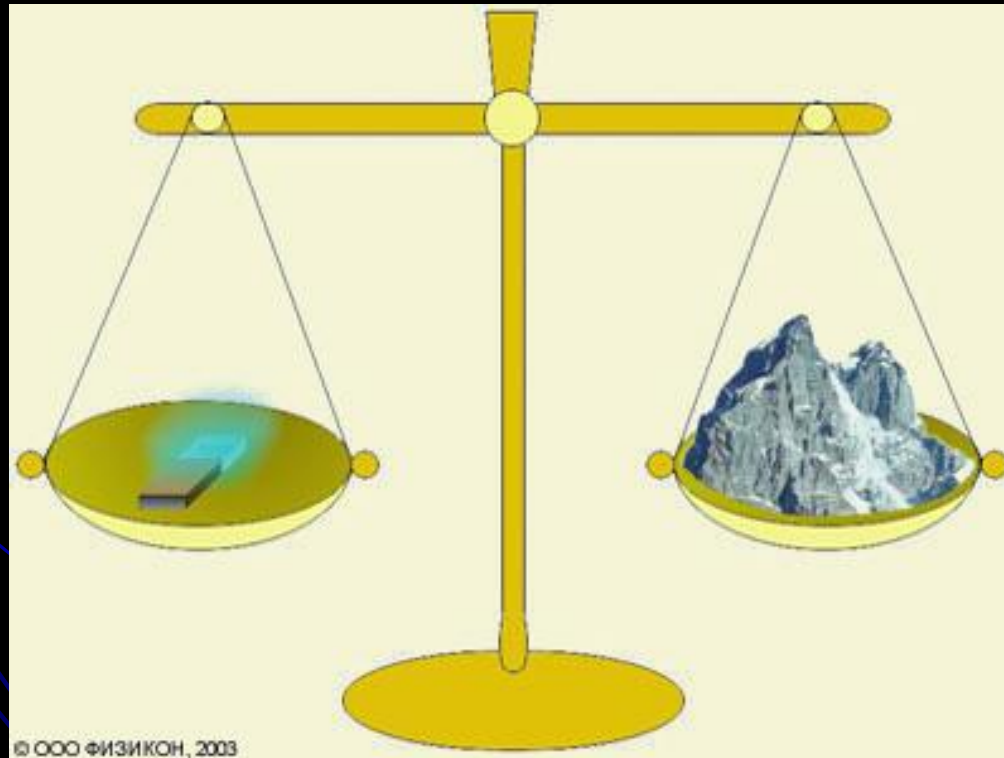


**На месте взрыва сверхновой звезды в Крабовидной туманности образовалась нейтронная звезда.**



Нейтронная звезда легко поместилась бы внутри Московской кольцевой автодороги или Нью-Йорка.

Внешней оболочкой нейтронной звезды является кора, состоящая из ядер железа при температуре  $10^5$ – $10^6$  К. Весь остальной объём, за исключением небольшой области в центре, занимает «нейтронная жидкость». В центре предполагается наличие небольшого гиперонного ядра. Нейтроны подчиняются принципу Паули. При таких плотностях «нейтронная жидкость» становится вырожденной и останавливает дальнейшее сжатие нейтронной звезды.



Спичечный коробок с веществом нейтронной звезды весил бы на Земле около десяти миллиардов тонн.

В 60-х годах XX века совершенно случайно, при наблюдении с радиотелескопом, который был предназначен для изучения мерцаний космических радиоисточников, Джослин Белл, Энтони Хьюиш и другие сотрудники Кембриджского университета Великобритании обнаружили серии периодических импульсов.

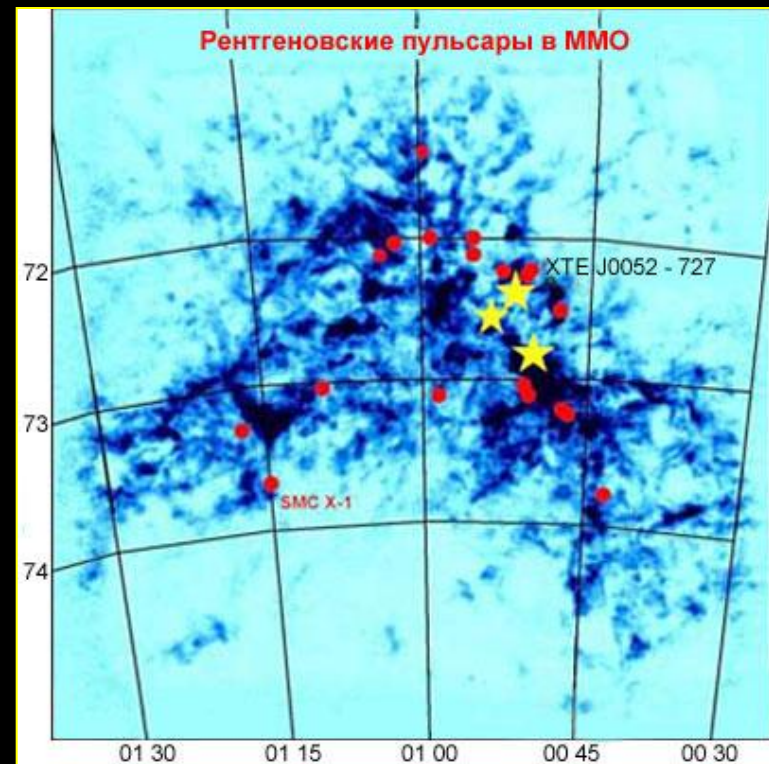
Продолжительность импульсов была 0,3 секунды на частоте 81,5 МГц, которые повторялись через удивительно постоянное время, через 1,3373011 секунды.



Миллисекундный пульсар PSR J1959+2048 в видимом диапазоне. Импульсы прерываются на 50 минут каждые 9 часов, что указывает на то, что пульсар затмевается своей звездой-компаньоном.

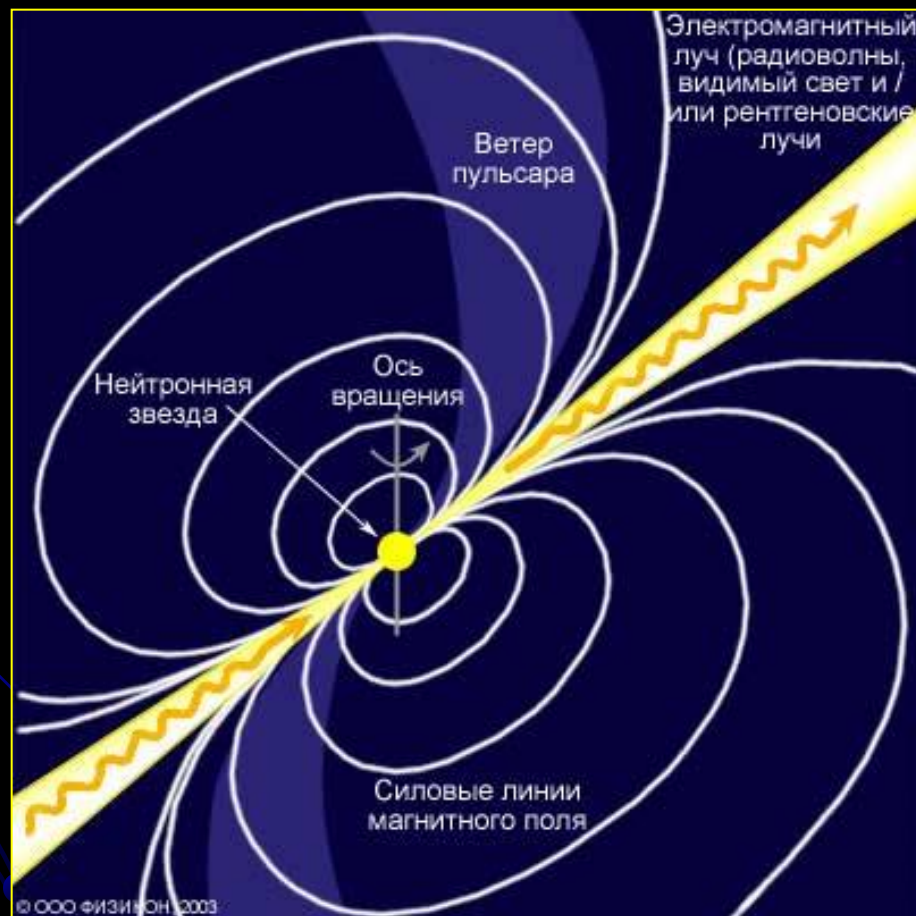
Это было совершенно непохоже на обычную хаотическую картину случайных нерегулярных мерцаний. Появилось даже предположение о внеземной цивилизации, посылающей на Землю свои сигналы. Поэтому для этих сигналов ввели обозначение LGM (сокращение от английского *little green men* «маленькие зеленые человечки»).

Предпринимались серьезные попытки распознать какой-либо код в принимаемых импульсах. Это оказалось невозможным, хотя, как рассказывают, к делу были привлечены самые квалифицированные специалисты по шифровальной технике.



Пульсары в Магеллановых  
Облаках.

Через полгода обнаружили еще три подобных пульсирующих радиоисточника. Стало очевидным, что источники излучения являются естественными небесными телами. Они получили название **пульсары**. За открытие и интерпретацию радиоизлучения пульсаров Энтони Хьюишу была присуждена Нобелевская премия по физике.

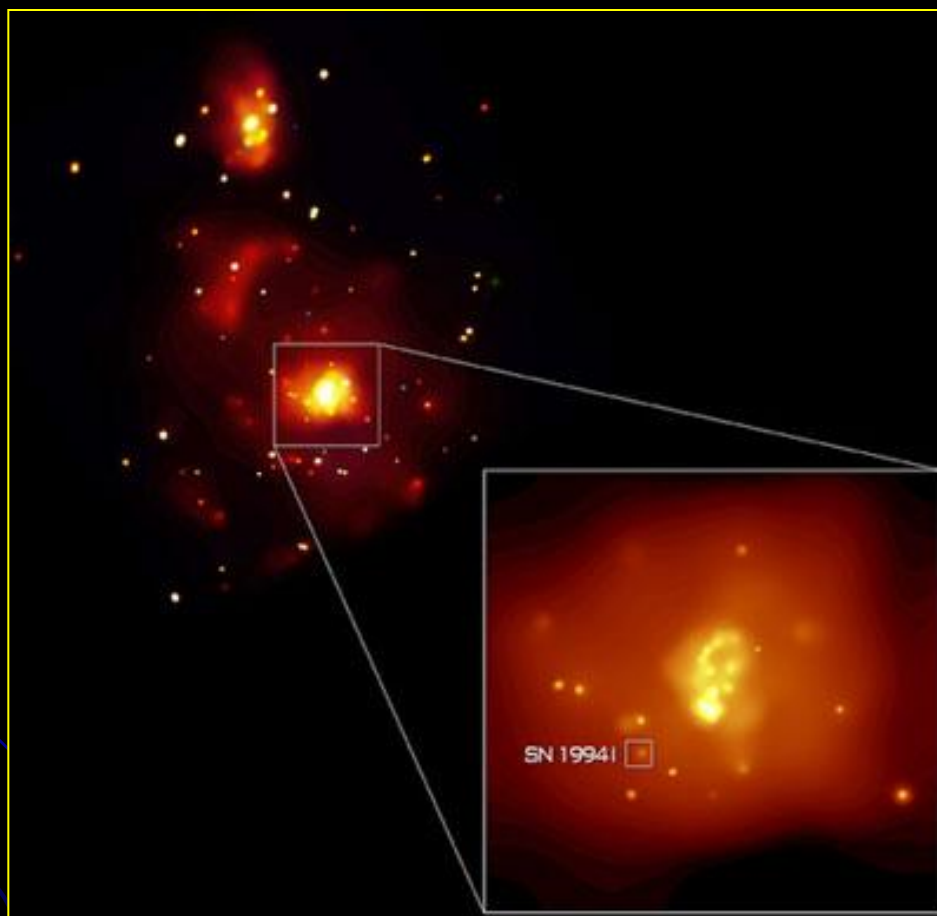


Результатом мощного взрыва сверхновой в 1994 году в галактиках NGC 5194 (в центре) и NGC 5195 (вверху) является наличие рентгеновского источника. Эта пара галактик известна под именем М51 или Водоворот.



Галактика Водоворот.

**В рентгеновском изображении галактики Водоворот видны несколько ярких рентгеновских источников, среди которых увеличено изображение вспышки сверхновой звезды SN 1994I.**



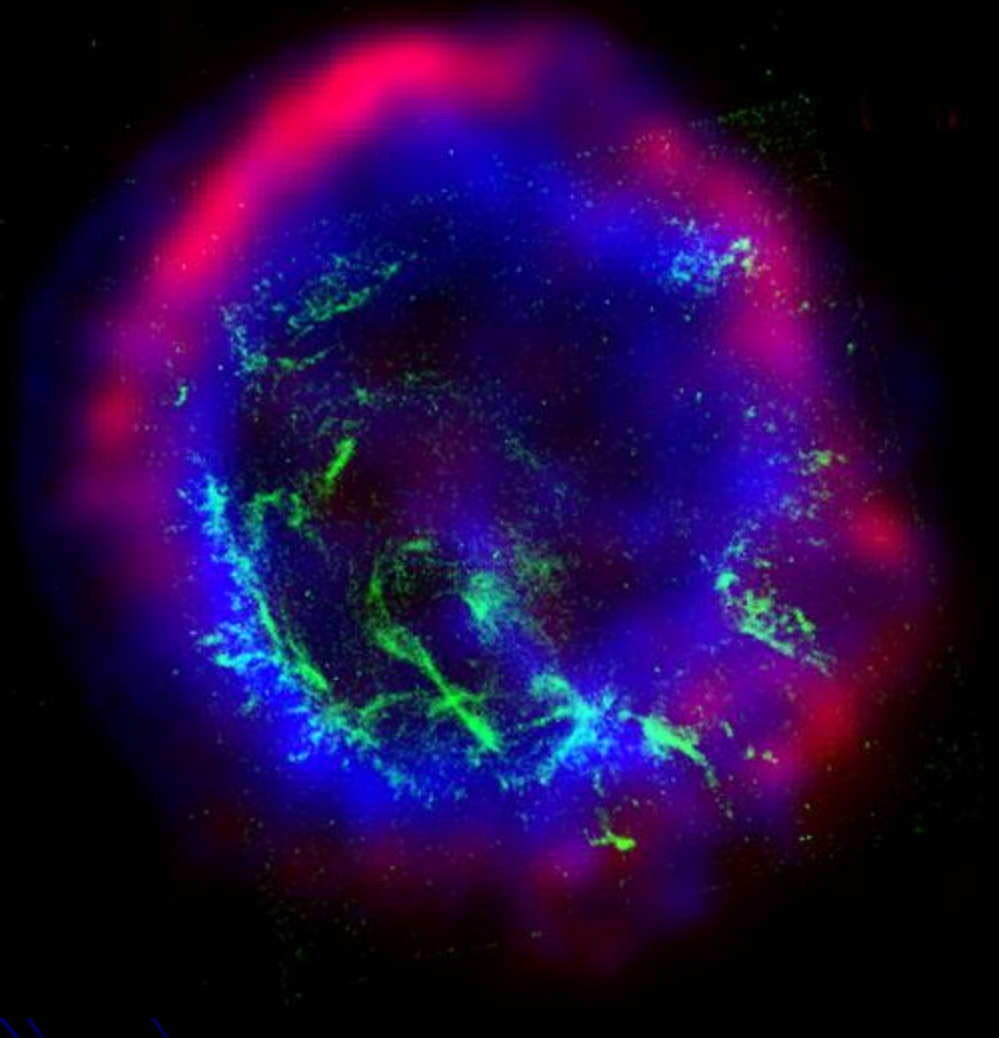
**Рентгеновское излучение на месте вспышки SN 1994I**

**Взрыв сверхновой звезды – катастрофическое завершение эволюции звезды большой массы.**



Сверхновая звезда 1994 года, вспыхнувшая на краю спиральной галактики.





**Остаток вспышки сверхновой в Малом Магеллановом Облаке.**

**Области вспышки сверхновой становятся источниками рентгеновского излучения.**



Рентгеновское излучение остатка вспышки сверхновой.  
Снимок космической рентгеновской обсерватории Чандра.