

Муниципальный этап  
Всероссийского форума научной молодёжи «Шаг в будущее»

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА»

**«СВЕРХНОВЫЕ ЗВЕЗДЫ».**

*Проектная работа*

**Выполнена**

учеником 11 класса

МБОУ «Мешковская средняя

общеобразовательная школа

Шебекинского района Белгородской области»

Мартынюк Алексеем Викторовичем

**Научный руководитель**

учитель физики МБОУ «Мешковская средняя общеобразовательная школа

Шебекинского района Белгородской области»

Люлина Татьяна Дмитриевна.

Мешковое 2014 г

## Содержание.

Введение.....	3.
Глава 1. Свойства сверхновых звезд.....	4.
Глава 2. Способы образования сверхновых звезд.....	5.
Глава 3. Наиболее известные сверхновые звёзды.....	7.
Глава 4. Объекты, образованные взрывом Сверхновой.....	9.
Глава 5. Практическая часть.....	10
Заключение.....	11.
Список использованных источников.....	11.

## **Введение.**

Первоначально все звезды, блеск которых внезапно увеличивался более чем в 1 000 раз, называли новыми. Вспыхивая, такие звезды неожиданно появлялись на небе, нарушая привычную конфигурацию созвездия, и увеличивали свой блеск в максимуме, в несколько тысяч раз, затем их блеск начинал резко падать, а через несколько лет они становились такими же слабыми, какими были до вспышки. Повторяемость вспышек, при каждой из которых звезда с большой скоростью выбрасывает до одной тысячной своей массы, является для новых звезд характерной. Но когда была установлена внегалактическая природа туманностей, стало ясно, что вспыхивающие в них новые звезды по своим характеристикам превосходят обычные новые, так как их светимость часто оказывалась равной светимости всей галактики, в которой они вспыхивали. Необычайность таких явлений привела астрономов к мысли, что такие события - нечто совсем не похожее на обычные новые звезды. Потому в 1934 году по предложению американских астрономов Фрица Цвикки и Вальтера Бааде те звезды, вспышки которых в максимуме блеска достигают светимостей нормальных галактик, были выделены в отдельный, самый яркий по светимости и редкий класс сверхновых звезд.

**Сверхновые звёзды** — одно из самых грандиозных космических явлений. Сверхновые играют важную роль в эволюции звёзд. Они являются финалом жизни звёзд массой более 8-10 солнечных, рождая нейтронные звёзды и чёрные дыры и обогащая межзвёздную среду тяжёлыми химическими элементами. Все элементы тяжелее железа образовались в результате взаимодействия ядер более лёгких элементов и элементарных частиц при взрывах массивных звёзд. Не здесь ли кроется разгадка извечной тяги человечества к звёздам? Ведь в мельчайшей клеточке живой материи есть атомы железа, синтезированные при гибели какой-нибудь массивной звезды. И в этом смысле люди сродни снеговика из сказки Андерсена: он испытывал странную любовь к жаркой печке, потому что каркасом ему послужила кочерга...

**Цель моей работы:** исследование сверхновых звезд для получения обширной научной информации о них.

### **Задачи:**

1. Организовать планирование, анализ, рефлекссию, самооценку своей учебно-познавательной деятельности.
2. Уметь работать с литературой, выделять главное, грамотно использовать в своей работе материалы сайтов Internet;
3. Подготовить доклад и презентацию для выступления на научно-практической конференции.

**Объектом** исследования являются сверхновые звезды.

**Предметом исследования** - свойства и способы происхождения сверхновых звезд.

**Гипотеза** - сверхновые звезды играют важную роль в эволюции звёзд.

## Глава 1. Свойства Сверхновых звезд

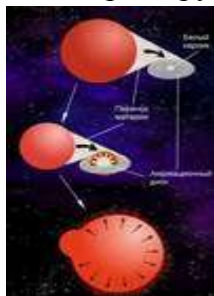
Сверхновыми называются звезды, взрывающиеся и достигающие в максимуме абсолютной звездной величины от  $-11m$  до  $-18m$ . Плотное ядро коллапсирует, увлекая за собой в свободное падение к центру наружные слои звезды. Когда ядро сильно уплотняется, его сжатие прекращается, и на верхние слои обрушивается 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.



Взрыв сверхновой SN 1987A в Большом Магеллановом Облаке

Термином «сверхновые» были названы звёзды, которые вспыхивали гораздо (на порядки) сильнее так называемых "новых звезд". На самом деле ни те, ни другие физически новыми не являются: вспыхивают уже существующие звёзды. Но в нескольких исторических случаях вспыхивали те звёзды, которые ранее были на небе практически или полностью не видны, это явление и создавало эффект появления новой звезды.

По характеру спектра вблизи эпохи максимума различают два типа сверхновых.



Сверхновые I типа

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  $0,3-1$  М, которая расширяется в межзвездное пространство.

Сверхновые II типа характеризуются спектром, богатым водородными линиями. Их светимость меняется в широких



Сверхновые II типа

пределах, а после максимума падает более резко, чем у сверхновых I типа. Учёные заметили, что в эллиптических галактиках (т. е. галактиках без спиральной структуры, с очень низким темпом звездообразования, состоящих в основном из маломассивных красных звёзд) вспыхивают только сверхновые 1-го типа. В спиральных же галактиках, к числу которых принадлежит и наша Галактика — Млечный Путь, встречаются оба типа сверхновых. При этом представители 2-го типа концентрируются к спиральным рукавам, где идёт активный процесс звездообразования и много молодых массивных звезд. Эти особенности наводят на мысль о различной природе двух типов сверхновых. В спектрах сверхновых I типа нет линий водорода; зависимость их блеска от времени (так называемая кривая блеска) примерно одинакова у всех звёзд, как и светимость в максимуме

блеска. Сверхновые II типа, напротив, имеют богатый водородными линиями оптический спектр, формы их кривых блеска весьма разнообразны; блеск в максимуме сильно различается у разных сверхновых.

Законченной теории сверхновых звёзд пока не существует. Все предлагаемые модели являются упрощёнными и имеют свободные параметры, которые необходимо настраивать для получения необходимой картины взрыва. В настоящее время в численных моделях невозможно учесть все физические процессы, происходящие в звёздах и имеющие значение для развития вспышки. Законченной теории звездной эволюции также не существует.

## Глава 2. Способы образования сверхновых звезд.

Сверхновые II типа вспыхивают в результате коллапса ядер массивных звёзд. На разных этапах жизни звезды в ядре происходили термоядерные реакции, при которых сначала водород превращался в гелий, затем гелий в углерод и так далее до образования элементов «железного пика» — железа, кобальта и никеля. Атомные ядра этих элементов имеют максимальную энергию связи в расчёте на одну частицу. Ясно, что присоединение новых частиц к атомному ядру, например, железа будет требовать значительных затрат энергии, а потому термоядерное горение и «останавливается» на элементах железного пика.



Участок активного звездообразования

Что же заставляет центральные части звезды терять устойчивость и коллапсировать, как только железное ядро станет достаточно массивным (около 1,5 массы Солнца)? В настоящее время известны два основных фактора, приводящих к потере устойчивости и коллапсу. Во-первых, это «развал» ядер железа на 13 альфа-частиц (ядер гелия) с поглощением фотонов — так называемая фотодиссоциация железа. Во-вторых, нейтронизация вещества — захват электронов протонами с образованием нейтронов. Оба процесса становятся возможными при больших плотностях (свыше  $1 \text{ т/см}^3$ ), устанавливающихся в центре звёзды в конце эволюции, и оба они эффективно снижают «упругость» вещества, которая фактически и противостоит сдавливающему действию сил тяготения. Как следствие, ядро теряет устойчивость и сжимается. При этом в ходе нейтронизации вещества выделяется большое количество нейтрино, уносящих основную энергию, запасённую в коллапсирующем ядре. Как свидетельствуют компьютерные расчёты, плотность вблизи ядра настолько высока, что даже слабо взаимодействующие с веществом нейтрино оказываются на какое-то время «запертыми» внешними слоями звезды. Но гравитационные силы притягивают оболочку к ядру, и складывается ситуация, похожая на ту, которая возникает при попытке налить более

плотную жидкость, например воду, поверх менее плотной, скажем керосина или масла. (Из опыта хорошо известно, что лёгкая жидкость стремится «всплыть» из-под тяжёлой — здесь проявляется так называемая неустойчивость Рэля-Тэйлора.) Этот механизм вызывает гигантские конвективные движения, и когда, в конце концов, импульс нейтрино передаётся внешней оболочке, она сбрасывается в окружающее пространство. Возможно, именно нейтринные конвективные движения приводят к нарушению сферической симметрии взрыва сверхновой. Иными словами, появляется направление, вдоль которого преимущественно выбрасывается вещество, и тогда образующийся остаток получает импульс отдачи и начинает двигаться в пространстве по инерции со скоростью до 1000 км/с. Столь большие пространственные скорости отмечены у молодых нейтронных звёзд — радиопульсаров. Другой возможный вариант более экзотичен, но не менее реален — это столкновение двух белых карликов. Как такое может быть, ведь вероятность столкнуться двум белым карликам в пространстве ничтожна, поскольку ничтожно число звёзд в единице объёма — от силы несколько звёзд в  $100 \text{ пк}^3$ . И здесь (в который раз!) «виноваты» двойные звёзды, но теперь уже состоящие из двух белых карликов. Как следует из общей теории относительности Эйнштейна, любые две массы, обращающиеся по орбите вокруг друг друга, рано или поздно должны столкнуться из-за постоянного, хотя и весьма незначительного, уноса энергии из такой системы волнами тяготения — гравитационными волнами. Например, Земля и Солнце, живи последнее бесконечно долго, столкнулись бы вследствие этого эффекта, правда, через колоссальное время, на много порядков превосходящее возраст Вселенной. Подсчитано, что в случае тесных двойных систем с массами звёзд около солнечной ( $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ ) их слияние должно произойти за время меньше возраста Вселенной — примерно за 10 млрд. лет. Как показывают оценки, в типичной галактике такие события случаются раз в несколько сот лет. Гигантской энергии, освобождаемой при этом катастрофическом процессе вполне достаточно для объяснения явления сверхновой. Кстати, примерное равенство масс белых карликов делает их слияния «похожими» друг на друга, а значит, сверхновые 1-го типа по своим характеристикам должны выглядеть одинаково, независимо от того, когда и в какой галактике произошла вспышка. Поэтому видимая яркость сверхновых отражает расстояния до галактик, в которых они наблюдаются. Это свойство сверхновых 1-го типа в настоящее время используется учёными для получения независимой оценки важнейшего космологического параметра — постоянной Хаббла, которая служит количественной мерой скорости расширения Вселенной. Сверхновая сохраняет свою максимальную яркость около месяца, после чего начинает угасать. При вспышке сверхновой блеск звезды в течение нескольких суток увеличивается на десятки единиц, что соответствует увеличению светимости в миллионы и миллиарды раз. Например,

иногда (сверхновые Ia) абсолютные величины сверхновых в максимуме блеска достигают  $-19^m$ , в это время их светимость больше светимости Солнца в 4 миллиарда раз. Общее количество энергии, излучаемой этими сверхновыми, оценивается в  $10^{42}$ – $10^{44}$  Дж.

### Глава 3. Наиболее известные сверхновые звёзды

Вспышки сверхновых довольно редкое событие, в среднем один раз в несколько сот лет. В нашей Галактике известно всего несколько остатков сверхновых, среди них самыми известными являются Сверхновая Тихо, Сверхновая Кеплера. (названы по имени астрономов, описавших вспышку) И Сверхновая 1054 года (названа по



году открытия). 4 июля 1054 года в созвездии Тельца внезапно зажглась звезда, блеск которой был больше, чем самых ярких звезд и даже примерно в пять раз больше яркости Венеры. Днем эта звезда была видна в течение 23 дней, до 27 июля 1054 года. Китайские астрономы вели наблюдения 627 дней за данной звездой-гостьей непрерывно в течение нескольких месяцев. Звезда-гостья перестала быть видна 17 апреля 1056 года, когда от новой звезды не осталось и следа, по крайней мере, видимого невооруженным глазом. В настоящее время вспышку Сверхновой 1054 года относят ко II типу, что подтверждается современными наблюдательными данными.

В других галактиках открываются более 100 сверхновых в год, а общее количество открытий превысило 1500. Но самый знаменитый

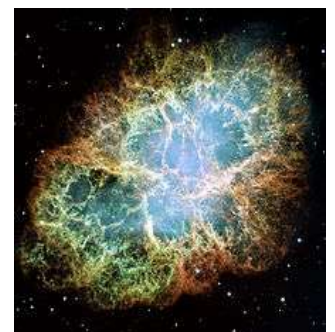


Крабовидная  
туманность

остаток сверхновой в нашей Галактике – Крабовидная туманность. Крабовидная туманность – остатки вспышки сверхновой в 1054 году. С ее 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.



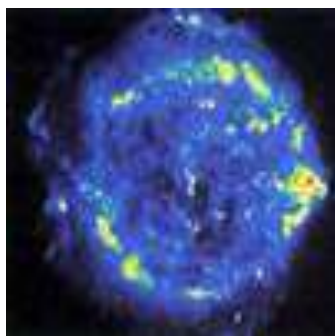
Новая последовательность изображений остатка огромного звездного взрыва, полученная телескопом «Хаббл», дает астрономам глубже заглянуть в динамику связи между маленьким пульсаром «Краб» и огромной туманностью, которую он обеспечивает энергией. Цветное фото представляет собой полученное наземным телескопом изображение

почти всей Крабовидной туманности, которая сформировалась после взрыва сверхновой более 900 лет назад. Туманность, размером 10 световых лет в поперечнике, расположена на расстоянии 7 000 световых лет в созвездии Тельца. Зеленые, желтые и красные волокна, сосредоточенные по краям туманности, являются остатком звезды, который был выброшен в пространство взрывом. В центре Крабовидной туманности лежит пульсар «Кrab» - сколлапсировавшее ядро взорвавшейся звезды. Синее сияние во внутренней части туманности - это свет, который излучают энергетические электроны. Сверхновая сохраняет свою максимальную яркость около месяца, после чего начинает угасать. Характерное для старых остатков сверхновых радиоизлучение показала и система волокнистых туманностей в созвездии Лебедя. Радиоастрономия помогла отыскать еще много других нетепловых радиоисточников, которые оказались остатками сверхновых разного возраста. Таким образом, был сделан вывод, что остатки вспышек сверхновых, случившихся даже десятки тысяч лет назад, выделяются среди других туманностей своим мощным нетепловым радиоизлучением.

Особенно мощным источником радиоизлучения оказалась туманность, находящаяся в созвездии Кассиопеи, - на метровых волнах поток радиоизлучения от нее в 10 раз превышает поток от Крабовидной туманности, хотя она и значительно дальше последней. В оптических же лучах эта быстро расширяющаяся

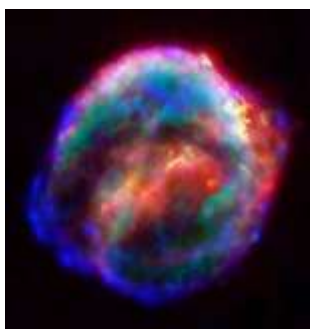


Взрыв Кассиопеи А



туманность очень слаба. Полагают, что туманность в Кассиопее - это остаток вспышки сверхновой, имевшей место около 300 лет назад.

Кассиопея А – сильнейший радиоисточник ночного неба. Это остатки после взрыва сверхновой 1667 года, спрятанной за мощными пылевыми облаками.



**SN 1604 г. или Сверхновая Кеплера** – сверхновая звезда в нашей Галактике, вспыхнувшая осенью 1604 года в созвездии Змееносца, приблизительно в 6000 парсеках от Солнечной системы. Максимальная видимая звёздная величина достигла  $-2,5^m$ .

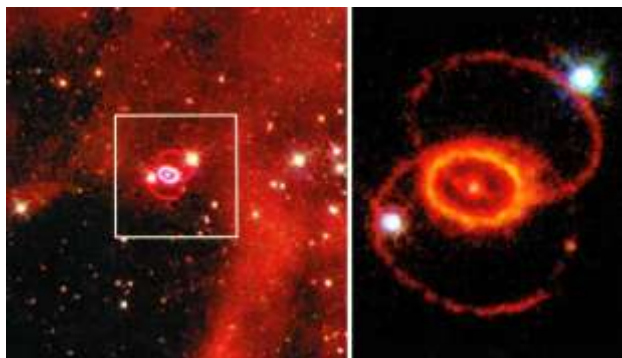
Сверхновая SN 1604 (Сверхновая Кеплера)





В 2004 году обнаружена первая сверхновая звезда со звездой-компаньоном

### Сверхновая SN 1987A



Сверкающие звезды и клочья газа создают захватывающий дух фон для картины саморазрушения массивной звезды, названной сверхновой 1987A. Ее взрыв астрономы наблюдали в Южном полушарии 23 февраля 1987 года. Это изображение, полученное телескопом «Хаббл», показывает остатки

сверхновой, окруженные внутренним и внешним кольцами вещества в диффузных облаках газа. Присутствие ярких газовых облаков - признак молодости этой области, которая все еще является плодородной почвой для рождения новых звезд. «Хаббл» обнаружил кольца светящегося газа, опоясывающие место взрыва сверхновой 1987A. Возможно, два кольца могут быть «нарисованы» высокоэнергетическим излучением или частицами, аналогично тому, как световой лазерный луч чертит круги на экране. Источником излучения могут быть ранее неизвестные звездные остатки второго компонента звезды, взорвавшейся в 1987 году. На изображении, полученном «Хабблом», виден слабосветящийся объект на месте предполагаемого источника.

## **Глава 4. Объекты, образованные взрывом Сверхновой**

### ***Пульсары.***

О том, что после взрыва сверхновой кроме расширяющейся оболочки и различных типов излучений остаются и другие объекты, стало известно в 1968 году благодаря тому, что годом раньше радиоастрономы открыли пульсары - радиоисточники, излучение которых сосредоточено в отдельных импульсах, повторяющихся через строго определенный промежуток времени. Ученые были поражены строгой периодичностью импульсов и краткостью их периодов. Наибольшее же внимание вызвал пульсар, координаты которого были близки к координатам очень интересной для астрономов туманности, расположенной в южном созвездии Парусов, которая считается остатком вспышки сверхновой звезды - его период составлял всего лишь 0,089 секунды. А после открытия пульсара в центре Крабовидной

туманности (его период составлял 1/30 секунды) стало ясно, что пульсары каким-то образом связаны с взрывами сверхновых. В январе 1969 года пульсар из Крабовидной туманности был отождествлен со слабой звездочкой 16-й величины, изменяющей свой блеск с таким же периодом, а в 1977 году удалось отождествить со звездой и пульсар в созвездии Парусов. В результате анализа множества вариантов ученые пришли к заключению, что взрывы сверхновых сопровождаются образованием нейтронных звезд - качественно нового типа объектов, существование которых было предсказано теорией эволюции звезд большой массы.

### ***Черные дыры.***

Первое доказательство прямой связи между взрывом сверхновой и образованием черной дыры удалось получить испанским астрономам. В результате исследования излучения, испускаемого звездой, вращающейся вокруг черной дыры и двойной системе Nova Scorpii 1994, обнаружилось, что она содержит большое количество кислорода, магния, кремния и серы. Есть предположение, что эти элементы были захвачены ею, когда соседняя звезда, пережив взрыв сверхновой, превратилась в чёрную дыру. Сверхновые (в особенности же сверхновые типа Ia) являются одними из самых ярких звездообразных объектов во Вселенной, поэтому даже самые удаленные из них вполне можно исследовать с помощью имеющегося в настоящее время оборудования. Если считать, что далекие сверхновые имеют в среднем такую же светимость, то по наблюдаемой звёздной величине в максимуме блеска можно оценить и расстояние до них. Сопоставление же расстояния до сверхновой со скоростью удаления (красным смещением) галактики, в которой она вспыхнула, дает возможность определить основную величину, характеризующую расширение Вселенной - так называемую постоянную Хаббла.

Для далеких сверхновых, красное смещение которых близко к 1, соотношение между расстоянием и красным смещением позволяет также определить величины, зависящие от плотности вещества во Вселенной. Согласно общей теории относительности Эйнштейна именно плотность вещества определяет кривизну пространства, а следовательно, и дальнейшую судьбу Вселенной. А именно: будет ли она расширяться бесконечно или этот процесс когда-нибудь остановится и сменится сжатием. Последние исследования сверхновых показали, что скорее всего плотность вещества во Вселенной недостаточна, чтобы остановить расширение, и оно будет продолжаться. А для того чтобы подтвердить этот вывод, необходимы новые наблюдения сверхновых.

## **Глава 5. Практическая часть**

Я с помощью телескопа рассмотрел туманность, находящуюся в созвездии Кассиопеи, провел наблюдение за вспышкой сверхновой звезды в галактике M82 в Большой Медведице. Саму галактику можно увидеть даже в бинокль, она находится достаточно близко к Солнечной

системе. А чтобы рассмотреть сверхновую звезду, понадобился телескоп: она недостаточно яркая для того, чтобы разглядеть ее невооруженным глазом. Вспышка произошла в галактике M82, известной также как галактика Сигара, в Большой Медведице. Сверхновая вспыхнула прямо над ее ковшем. Галактика Сигара находится, по астрономическим меркам, совсем недалеко от нашей планеты — всего в каких-то 12 млн световых лет. Это скопление звезд можно рассмотреть даже в бинокль, но чтобы увидеть сверхновую, понадобится более серьезная техника.

### **Заключение**

Сокращение часов на изучение физики и отсутствие предмета «Астрономия» в школе подтолкнули меня на поиск сведений о сверхновых звездах в интернете. Я узнал, что *Сверхновые звёзды* — одно из самых грандиозных космических явлений. Сверхновые играют важную роль в эволюции звёзд. Они являются финалом жизни звёзд массой более 8-10 солнечных, рождая нейтронные звёзды и чёрные дыры и обогащая межзвёздную среду тяжёлыми химическими элементами. Все элементы тяжелее железа образовались в результате взаимодействия ядер более лёгких элементов и элементарных частиц при взрывах массивных звёзд. Мощное возмущение, вызванное взрывом, распространяется с огромной скоростью, а зона такого взрыва за несколько десятков тысяч лет покрывает гигантские области межзвездной среды. Физические условия таких областей резко отличаются от тех, что характеризуют "невозмущенную" среду: очень горячая (нагретая до нескольких миллионов градусов) плазма и значительно превышающие средние значения плотность космических лучей и напряженность магнитного поля. Выброшенное взорвавшейся звездой вещество, попадая в межзвездную среду, может участвовать в формировании новых звезд и планетных систем. Именно поэтому сверхновые звезды и их остатки являются одним из центральных объектов изучения для современной астрофизики, ведь здесь переплетаются такие важные проблемы, как эволюция нормальных звезд, рождение нейтронных звезд и других сколлапсировавших объектов, образование тяжелых элементов, космических лучей и многое другое. Сверхновые звезды меня очень заинтересовали. Мне пришлось многое почерпнуть из интернета. Для своих одноклассников я приготовил презентацию, включив в нее видеоролик о сверхновых звездах.

### **Список использованных источников**

1. <http://astrogalaxy.ru>.
2. <http://ru.science.wikia.com/wiki/>
3. <http://galspace.spb.ru/index61-2.html>
4. <http://commons.wikipedia.org/wiki>