**Назва реферату**: Виникнення зір  
**Розділ**: Астрономія, авіація, космонавтика

**Виникнення зір**

ВИНИКНЕННЯ ЗІР

План

Відкриття міжзоряної речовини

У гру вступають фізики

Знайдено молоді зірки

З чого утворюються зірки

Життя чорної хмари

Хмара стає зіркою

"Перший крик" новонародженої зірки

Які зірки народжуються

Молоді зоряні колективи

Народження зірок - процес таємничий, схований від наших очей, навіть озброєних телескопом. Лише в середині ХХ у, астрономи зрозуміли, що не всі зірки народилися одночасно в далеку епоху формування Галактики, що й у наш час з'являються молоді зірки. У 60 - 70-і рр. була створена найперша, ще дуже груба теорія утворення зірок. Пізніше нова спостережлива техніка - інфрачервоні телескопи і радіотелескопи міліметрового діапазону - значно розширила наші знання про зародження і формування зірок. А починалося вивчення цієї проблеми ще в часи Коперника, Галілея і Ньютона.

Відкриття міжзоряної речовини

Газові хмари виглядають на небі як туманні цятки. Н. Пейреск у 1612 р. уперше згадав про Велику туманність Оріона. В міру удосконалювання телескопів були виявлені й інші туманні плями. У каталозі Шарля Мессьє (1783 р.) їх описано 103, а в списках Вільяма Гершеля (1818 р.) відзначено вже 2500 об'єктів "не зоряного виду". Нарешті, у "Новому загальному каталозі туманностей і зоряних скупчень" Джона Дрейера (1888 р.) значиться 7840 незіркових об'єктів.

Протягом трьох сторіч туманності, особливо спіральні, рахувалися порівняно близькими утвореннями, пов'язаними з формуванням зірок і планет. Гершель, наприклад, був абсолютно упевнений, що він не тільки знайшов множину хмар дозіркової речовини, але навіть власними очима бачить, як ця речовина під дією тяжіння поступово змінює свою форму і конденсується в зірки.

Як пізніше з'ясувалося, деякі туманності дійсно пов'язані з народженням зірок. Але в більшості випадків світлі туманні плями виявилися не газовими хмарами, а дуже далекими зоряними системами. Так що оптимізм астрономів був передчасним і шлях до таємниці народження зірок стояв ще довгий.

У гру вступають фізики

До середини XIX в. фізики могли застосувати до зірок газові закони і закон збереження енергії. З одного боку, вони зрозуміли, що зірки не можуть світити вічно. Джерело їхньої енергії ще не було знайдено, але, яким би воно не виявилося, все рівно вік зірки відмірений і на зміну старим повинні народжуватися нові зірки.

З іншого боку, ті яскраві і гарячі хмари міжзоряного газу, що змогли виявити астрономи у свої телескопи, явно не улаштовували фізиків як гадана речовина майбутніх зірок. Адже гарячий газ прагне розширюватися під дією внутрішнього тиску. І фізики не були впевнені, що гравітація зможе перемогти тиск газу.

Отже, що ж переможе - тиск або гравітація? У 1902 р. молодий англійський фізик Джеймс Джинс уперше досліджував рівняння руху газу з урахуванням гравітації і знайшов, що вони мають два рішення. Якщо маса газу мала і його тяжіння слабке, а нагрітий він достатньо сильно, то в ньому поширюються хвилі стиску і розрідження - звичайні звукові коливання. Але якщо хмарка газу масивна і холодна, то тяжіння перемагає газовий тиск. Тоді хмара починає стискуватися як ціле, перетворюючись у щільну газову кулю - зірку. Критичні значення маси (Мj) і розміру (Кj) хмари, при яких воно втрачає стійкість і починає нестримно стискуватися - коллапсувати, із тих пір називають джинсовскими.

Проте в часи Джинса і навіть набагато пізніше астрономи не могли вказати той газ, із якого формуються зірки. Поки вони шукали дозіркову речовину, фізики нарешті зрозуміли, чому зірки світять. Дослідження атомного ядра і відкриття термоядерних реакцій дозволили пояснити причину тривалого світіння зірок.

Знайдено молоді зірки

Виявилося, що чим масивніша зірка, тим яскравіше вона світить і, виходить, швидше спалює своє термоядерне пальне. Максимальний вік масивних зірок спектральних класів О и В складає 10 - 30 млн років. Це дуже мало в порівнянні з віком інших об'єктів Галактики. Отже, ці зірки народилися зовсім нещодавно і не могли далеко піти від місця свого народження. Одне з таких місць - туманність Оріона - знайомо кожному аматору астрономії.

Велика туманність Оріона (М 42 по каталозі Мессьє) - яскрава емісійна туманність, тобто випромінює світло, видима неозброєним оком як бліда пляма в Мечі Оріона. Вона віддалена від Землі на 1500 світлового років і містить скупчення дуже молодих зірок. У центральної, найбільше яскравої її частини знаходяться чотири масивні гарячі зірки спектрального класу О - відомі Трапеція Оріона. Потужне ультрафіолетове випромінювання молодих зірок викликає світіння розрідженого газу туманності. Але самий цей газ занадто гарячий, щоб із нього могли формуватися зірки. Пошуки дозіркової речовини продовжувалися.

З чого утворюються зірки

Ще Гершель виявив на фоні Чумацького Шляху темні провали, що він називав "дірами в небі". Наприкінці XIX в. у Лікскій обсерваторії (США) астроном Едуард Барнард почав систематичне фотографування неба. До 1913 р. він знайшов біля 200 темних туманностей. На його думку, вони являли собою хмари матерії, що поглинають світло, а зовсім не проміжки між зірками, як вважав Гершель.

Це припущення підтвердилося. Коли поруч із хмарою міжзоряного газу або усередині нього немає гарячої зірки, газ залишається холодним і не світиться. Якби хмара містила тільки газ, його могли б і не помітити. Але крім газу в міжзоряному середовищі в невеличкій кількості (біля 1% по масі) є дрібні тверді частки - порошини розмірами біля 1 мкм і менше, що поглинають світло далеких зірок. Тому-то холодна хмара і здається темним «провалом у небі». Детальне вивчення Чумацького Шляху показало, що дуже часто такі «провали» зустрічаються в областях зіркоутворень, подібних туманності Оріона.

У 1946 р. американський астроном Барт Бок виявив на фоні світлих туманностей NGC 2237 у Єдинорозі і NGC 6611 у Щиті маленькі чорні плями, що назвав глобулами. Розмір їх від 0,01 до 1 пк. Вони послабляють світло лежачих за ними зірок у десятки і сотні разів. Це значить, що речовина глобул у тисячі разів щільніше навколишнього їхнього газу. Їхня маса оцінюється в межах від 0,01 до 100 мас Сонця.

Після відкриття глобул з'явилося переконання, що хмари, що стискаються дозіркової матерії вже знайдені, що вони і є безпосередніми попередниками зірок. Але незабаром стала очевидною квапливість такого висновку.

Справа в тому, що оптичні телескопи не дають повного уявлення про міжзоряне середовище: за їх допомогою ми бачимо лише гарячі хмари, нагріті масивними зірками (як туманність Оріона), або маленькі темні глобули на світлому фоні. І ті й інші - досить рідкісні утворення. Тільки створені в 50-і рр. радіотелескопи дозволили виявити по випромінюванню в лінії 21 см атомарний водень, що заповнює майже весь простір між зірками.

Це дуже розріджений газ: приблизно один атом у кубічному сантиметрі простору (по мірках земних лабораторій - найвищий вакуум!) Але оскільки розмір Галактики величезний, у ній набирається біля 8 млрд сонячних мас міжзоряного газу, або приблизно 5% від її повної маси. Міжзоряний газ більш ніж на 67% (по масі) складається з водню, на 28% із гелію, і менше 5% припадає на всі інші елементи самі числені серед яких - кисень, вуглець і азот.

Міжзоряного газу особливо багато поблизу площини Галактики. Майже весь він зосереджений у прошарку товщиною 600 світлових років і діаметром біля 30 кпк або 100 тис. світлових років (це діаметр гапактичного диску). Але й у такому тонкому прошарку газ розподілений нерівномірно. Він концентрується в спіральних рукавах Галактики, а там розбитий на окремі значні хмари протяжністю в парсеки і навіть у десятки парсек, а масою в сотні і тисячі мас Сонця. Щільність газу в них порядку 100 атомів на кубічний сантиметр, температура біля -200 С. Виявилось, що критичні маса і радіус Джинса за таких умов майже збігаються з масою і радіусом самих хмар, а це значить, що вони готові до колапсу. Але головне відкриття було ще попереду.

Астрономи підозрювали, що при відносно високій щільності і низькій температурі, що царює в міжзоряних хмарах, частина речовини повинна об'єднуватися в молекули. У цьому випадку найважливіша частина міжзоряного середовища недоступна спостереженням в оптичному діапазоні.

Ультрафіолетові спостереження, які почалися у 1970 р., з ракет і супутників дозволили відкрити головну молекулу міжзоряного середовища - молекулу водню (Н2). А при спостереженні міжзоряного простору радіотелескопами сантиметрового і міліметрового діапазонів були виявлені десятки інших молекул, часом досить складних, що містять до 13 атомів. У їхньому числі молекули води, аміаку, формальдегіду, етилового спирту і навіть амінокислоти гліцирина.

Як з'ясувалося, біля половини міжзоряного газу утримується в молекулярних хмарах. Їхня щільність у сотні разом більше, ніж у хмар атомарного водню, а температура усього на декілька градусів вище абсолютного нуля. Саме за таких умов виникають нестійкі до гравітаційного стиску окремі ущільнення в хмарі масою порядку маси Сонця і стає можливим формування зірок.

Більшість молекулярних хмар зареєстровано тільки по радіовипромінюванню. Деякі, утім, давно відомі астрономам, наприклад темна туманність Вугільний Мішок добре видима оком у південній частині Чумацького Шляху. Діаметр цієї хмари 12 пк, але воно виглядає великим, оскільки віддалено від нас усього на 150 пк. Його маса біля 5 тис. сонячних мас, тоді як у деяких хмар маса досягає мільйона сонячних, а розмір 60 пк. У таких гігантських молекулярних хмарах (їх у Галактиці усього декілька тисяч) і розташовуються головні осередки формування зірок.

Найближчі до нас області зіркоутворень - це темні хмари в сузір'ях Тельця і Змієносця. Подалі розташований величезний комплекс хмар в Оріоні.

Життя чорної хмари

Молекулярні хмари улаштовані значно складніше, ніж знайомі нам хмари водяної пари в земній атмосфері. Зовні молекулярна хмара покрита товстим прошарком атомарного газу, оскільки проникаюче туди випромінювання зірок руйнує тендітні молекули. Але пилюка, що знаходиться в зовнішньому прошарку, поглинає випромінювання, і глибше, у темних надрах хмари, газ майже цілком складається з молекул.

Структура хмар постійно змінюється під дією взаємних сутичок, нагрівання зоряним випромінюванням, тиску міжзоряних магнітних полів. У різних частинах хмари щільність газу відрізняється в тисячу разів (у стільки ж разів вода щільніша кімнатного повітря). Коли щільність хмари (або окремої його частини) стає настільки великою, що гравітація переборює газовий тиск, хмара починає нестримно колапсувати. Розмір його зменшується усе швидше і швидше, а щільність росте. Невеличкі неоднорідності щільності в процесі колапсу посилюються, і в результаті хмара фрагментує, тобто розпадається на частини, кожна з яких продовжує самостійний стиск.

При колапсі зростають температура і тиск газу, що перешкоджає подальшому збільшенню щільності. Але поки хмара залишається прозорою для випромінювання, вона легко охолоджується і стиск не припиняється. Велику роль надалі грає космічна пилюка. Хоча по масі вона складає усього 1% міжзоряної речовини, це дуже важливий його компонент. У темних хмарах порошини поглинають енергію газу і переробляють її в інфрачервоне випромінювання, що легко покидає хмару, забираючи надлишки тепла. Нарешті через збільшення щільності окремих фрагментів хмари газ стає менше прозорим. Охолодження затруднюється, і зростаючий тиск зупиняє колапс. У майбутньому з кожного фрагмента утвориться зірка, а усе разом вони складуть групу молодих зірок у надрах молекулярної хмари.

Колапс щільної частини хмари в зірку, а частіше - у групу зірок продовжується декілька мільйонів років (порівняно швидко по космічних масштабах). Новонароджені зірки розігрівають навколишній газ, і під дією високого тиску залишки хмари розлітаються. Саме цей етап ми бачимо в туманності Оріона. Але по сусідству з ній продовжується формування майбутніх поколінь зірок. Для світла ці області цілком непрозорі і спостерігаються тільки за допомогою інфрачервоних і радіотелескопів.

Хмара стає зіркою

Народження зірки триває мільйони років і сховане від нас у надрах темних хмар, так що цей процес практично недоступний прямому спостереженню. Астрофізики намагаються досліджувати його теоретично, за допомогою комп'ютерного моделювання. Перетворення фрагмента хмари в зірку супроводжується гігантською зміною фізичних умов: температура речовини зростає приблизно в 106 разів, а щільність - у 1020 разів. Колосальні зміни всіх характеристик зірки, що формується, складають головну трудність теоретичного розгляду її еволюції. На стадії подібних змін вихідний об'єкт уже не хмара, але ще і не зірка. Тому його називають протозіркою).

Загалом еволюцію протозірки можна розділити на три етапи, або фази. Перший етап - відокремлення фрагмента хмари і його ущільнення - ми вже проглянули. Слідом за ним наступає етап швидкого стиску. У його початку радіус протозірки приблизно в мільйон разом більше сонячного. Вона цілком непрозора для видимого світла, але прозора для інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі більше 10 мкм. Випромінювання відносить надлишки тепла, що виділяється при стиску, так що температура не підвищується і тиск газу не перешкоджає колапсу. Відбувається швидкий стиск, практично вільне падіння речовини до центру хмари.

Проте в міру стиску протозірка робиться усе менше прозорою, що затруднює вихід випромінювання і призводить до росту температури газу. У визначений момент протозірка стає практично непрозорою для власного теплового випромінювання. Температура, а разом із нею і тиск газу швидко зростають, стиск сповільнюється.

Підвищення температури викликає значні зміни властивостей речовини. При температурі в декілька тисяч градусів молекули розпадаються на окремі атоми, а при температурі біля 10 тис. градусів атоми іонізуються, тобто руйнуються їхні електронні оболонки. Ці енергоємні процеси на якийсь час затримують ріст температури, але потім він відновляється. Протозірка швидко досягає стана, коли сила ваги практично урівноважена внутрішнім тиском газу. Але оскільки тепло усе ж потрохи іде назовні, а інших джерел енергії, крім стиску, у протозірки немає, вона продовжує потихеньку стискуватися і температура в її надрах усе збільшується.

Нарешті температура в центрі протозірки досягає декількох мільйонів градусів і починаються термоядерні реакції. При цьому тепло, яке виділяється, цілком компенсує охолодження протозірки з поверхні. Стиск припиняється. Протозірка стає зіркою.

"Перший крик" новонародженої зірки

Зірки, що формуються і дуже молоді зірки часто оточені газовою оболонкою - залишками речовини, що не встигнули ще впасти на зірку. Оболонка не випускає зсередини світло і цілком переробляє його в інфрачервоне випромінювання. Тому наймолодші зірки звичайно виявляють себе лише як інфрачервоні джерела.

На початковому етапі життя «поводження» зірки дуже сильно залежить від її маси. Низька світність маломасивних зірок дозволяє їм надовго затриматися на стадії повільного стиску, "харчуючись" тільки гравітаційною енергією. За цей час оболонка встигає частково осісти на зірку, а також сформувати навкругизірковий газовий диск. Еволюція ж масивної зірки протікає так швидко, що зірка проживає велику частину життя, оточена залишками своєї протозіркової оболонки, що часто називають газовим коконом.

Прикладом зірки-кокона служить об'єкт Бекліна - Нейгебауера в туманності Оріона. Він знаходиться в центрі компактного і дуже щільного скупчення протозірок. З них він найбільше масивний: зірка усередині кокона має масу порядку восьми сонячних. Її світність близька до 2 тис. сонячних, а температура випромінювання кокона біля 600 К. Тому об'єкт Бекліна - Нейгебауера був відкритий двома астрономами, імена яких він носить, у 1966 р. як потужне інфрачервоне джерело. Зараз відомо вже більш 250 об'єктів такого типу. Температура їхніх пильних коконів 300 - 600 К. Деякі з них своїм випромінюванням уже майже зруйнували кокони: спостереження показують, що їхня речовина розширюється зі швидкістю 10 - 15 км/с. Класичний приклад такої зірки – понадгигант h Киля на відстані біля 3 кпк від нас, занурений у щільну пилову туманність Гомункулус.

Які зірки народжуються

Молекулярні хмари, ці «фабрики по виробництву зірок», виготовляють зірки всіляких типів. Діапазон мас новонароджених зірок простирається від декількох сотих долей до 100 мас Сонця, причому маленькі зірки утворяться значно частіше, чим значні. У середньому в Галактиці щорічно народжується приблизно десяток зірок із загальною масою біля п'ятьох мас Сонця.

Приблизно половина зірок народжуються одиночними; інші утворять подвійні, потрійні і більш складні системи. Чим більше компонентів, тим рідше зустрічаються такі системи. Відомі зірки, що містять до семи компонентів, більш складні поки не виявлені.

Причини появи подвійних і кратних зірок цілком зрозумілі: вихідне обертання газової хмари не дозволяє йому стиснутися в одну компактну зірку. Чим більше стискується хмара, тим швидше воно обертається (відомий «ефект фігуристки», що є слідством закону збереження моменту кількості руху). Наростаючі при стиску відцентрові сили спочатку роблять хмару плоскою, як ватрушка, а потім витягають у «диню» і розривають навпіл. Кожна з половин зіщулюючись далі, продовжує рухатися по орбіті навколо загального центру мас. Якщо подальший стиск не розриває її на частини, то утвориться подвійна зірка, а якщо розподіл продовжується - народжується більш складна кратна система.

Молоді зоряні колективи

Великий інтерес подають не тільки індивідуальні і кратні молоді зірки, але і їхні колективи. Молоді зірки сконцентровані поблизу екваторіальної площини Галактики, що зовсім не дивовижно: саме там знаходиться прошарок міжзоряного газу. На нашому небокраю молоді зірки великої світності і нагріті ними газові хмари розташувались смугою Чумацького Шляху. Але якщо темної літньої ночі уважно подивитися на небо, можна зауважити, що в Чумацькому Шляху виділяються окремі «зоряні хмари». Наскільки вони реальні і який ступінь в еволюції речовини відображають? Ці великі угруповання молодих зірок одержали назву зоряні комплекси. Їхні характерні розміри - декілька сот парсек.

Історично першими були виявлені і досліджувані більш компактні групи молодих зірок - розсіяні скупчення подібні Плеядам. Ці порівняно щільні групи з декількох сотень або тисяч зірок, пов'язаних взаємною гравітацією, успішно протистоять руйнуючому впливу гравітаційного поля Галактики. Їхнє походження не викликає суперечок: предками таких скупчень є щільні ядра міжзоряних молекулярних хмар. Розсіяні скупчення потроху втрачають свої зірки, але усе ж живуть досить довго: у середньому біля 500 млн років, а іноді і декілька мільярдів.

Часто молоді щільні скупчення оточені розрідженою короною з таких же молодих зірок. Нерідко подібні корони зустрічаються і самі по собі, без центрального скупчення. Їх називають зоряними асоціаціями.

Звичайно на фоні Чумацького Шляху виділяються лише самі масивні і яскраві члени асоціації - зірки спектральних класів О и В. Тому такі угруповання іменуються ОВ-асоціаціями. У деяких із них помічені ознаки розширення зі швидкістю 5 - 10 км/с, що почалося із самого народження зірок. Причина розширення, мабуть, у тому, що масивні гарячі зірки відразу після своєї появи розігрівають навколишній газ і виганяють його з області зіркоутворення. З відходом газу ці області позбавляються 70 - 95% своєї маси і вже не можуть утримати зірки, що швидко рухаються, які слідом за газом покидають місце свого народження.

Асоціації недовговічні: через 10 - 20 млн років вони розширюються до розміру більш 100 пк і їх уже неможливо виділити серед зірок фона. Це створює ілюзію, що асоціації - рідкісні угруповання зірок. У дійсності вони народжуються не рідше скупчень, просто руйнуються швидше.

\* \* \*

Процес формування зірок дуже складний і багато в чому ще до кінця не вивчений. Відомі галактики, що багаті міжзоряною речовиною, але майже позбавлені молодих зірок. А в інших системах формування зірок відбувається так інтенсивно, що нагадує вибух. Зрозуміти, які причини стимулюють зіркоутворення або, навпаки, заглушають його, ще тільки має бути.