**Реферат**

Подвійні зірки

# Подвійні зірки



**Рисунок 1: Орбита звезды альфа Центавра.**

Подвійні зірки — це дві (іноді зустрічається три і більш) зірки, що звертаються навкруги загального центру тяжкості (див. Малюнок). Існують різні подвійні зірки: бувають дві схожі зірки в парі, а бувають різні (як правило, це червоний гігант і білий карлик). Але, незалежно від їх типу, ці зірки найбільш добре піддаються вивченню: для них, на відміну від звичайних зірок, аналізуючи їх взаємодію можна з'ясувати майже всі параметри, включаючи масу, форму орбіт і навіть приблизно з'ясувати характеристики близько розміщених до них зірок. Як правило, ці зірки мають дещо витягнуту форму унаслідок взаємного тяжіння. Багато таких зірок відкрив і вивчив на початку нашого століття російський астроном З. Н. Блажко. Приблизно половина всіх зірок нашої Галактики належить до подвійних систем, так що подвійні зірки, що обертаються по орбітах одна навкруги іншої, явище вельми поширене.

Приналежність до подвійної системи дуже сильно впливає на все життя зірки, особливо коли напарники знаходяться близько один до одного. Потоки речовини, що спрямовуються від однієї зірки на іншу, приводять до драматичних спалахів, таким, як вибухи нових і найновіших зірок.

Подвійні зірки утримуються разом взаємним тяжінням. Обидві зірки подвійної системи обертаються по еліптичних орбітах навкруги деякої крапки, що лежить між ними і званої центром гравітації цих зірок. Це можна уявити собі як точки опори, якщо уявити зірки сидячими на дитячих гойдалках: кожна на своєму кінці дошки, встановленої на колоду. Чим далі зірки один від одного, тим довше тривають їх шляхи по орбітах. Більшість подвійних зірок (або просто – подвійних) дуже близька один до одного, щоб їх можна було розрізнити по окремості навіть в наймогутніші телескопи. Якщо відстань між партнерами достатньо велика, орбітальний період може вимірюватися протягом років, а іноді цілим сторіччям або навіть більше. Подвійні зірки, які можливо побачити роздільно, називаються видимими подвійними.

# Відкриття подвійних зірок

Як правило, подвійні зірки на небі виявляються візуально (перша і їх була відкрита ще стародавніми арабами) по зміні видимого блиску (тут небезпечно переплутати їх з цефеїдами) і близькому знаходженню один до одного. Іноді буває, що дві зірки випадково видні поряд, а насправді знаходяться на значній відстані і не мають загального центру тяжкості (тобто оптично подвійні зірки), проте, це зустрічається досить рідкісно.

Неозброєним оком поблизу Міцара (середньої зірки в ручці Великої Ведмедиці) видна більш слабка зірка – Алькор. Кутова відстань між Міцаром і Алькором близько 12?, а лінійна відстань між цими зірками приблизно 1,7 • 104а. е. Це приклад оптичної подвійної зірки: Міцар і Алькор рядом проектуються на небесну сферу, тобто, видні в одному напрямі, але фізично між собою не зв'язані. Якщо припустити, що Міцар і Алькор рухаються навкруги загального центру мас, то період обігу склав би близько 2 • 106 років! Звичайно ж зірки, зв'язані силами тяжіння (компоненти подвійної системи) утворюють більш тісні пари, а періоди обігу їх компонентів не перевищують сотень років, а іноді бувають значно меншими.

Також, коли одна із зірок не видна, можна визначити що зірка подвійна по траєкторії: траєкторія видимої зірки не буде пряма, а звивиста; причому по характеристиках цієї траєкторії можна обчислити другу зірку, як, наприклад, це було у випадку з Сиріусом.

Якщо яка-небудь зірка скоює на небі регулярні коливання, це означає, що у неї є невидимий партнер. Тоді говорять, що це астрометрична подвійна зірка, знайдена за допомогою вимірювань її положення. Спектроскопічні подвійні зірки знаходять по змінах і особливих характеристиках їх спектрів, спектр звичайної зірки, на зразок Сонця, подібний безперервній веселці, перетнутої численними вузькими нелями – так званими лініями поглинання. Точні кольори, на яких розташовані ці лінії, змінюються, якщо зірка рухається до нас або від нас. Це явище називається ефектом Доплера. Коли зірки подвійної системи рухаються по своїх орбітах, вони поперемінно то наближаються до нас, то віддаляються. В результаті лінії їх спектрів переміщаються на деякій ділянці веселки. Такі рухомі лінії спектру говорять про те, що зірка подвійна. Якщо обидва учасники подвійної системи мають приблизно однаковий блиск, в спектрі можна побачити два набори ліній. Якщо одна із зірок набагато яскравіше за іншу, її світло домінуватиме, але регулярний зсув спектральних ліній все одно видасть її істинну подвійну природу. Як приклад розглянемо зірку б близнюків (Кастор). Відстань між компонентами (А і B) цієї системи приблизно рівна 100 а. е., а період обігу – близько 600 років. Зірки А і B Кастора у свою чергу теж подвійні, але їх подвійність неможливо знайти при візуальних фотографічних наглядах, тому що компоненти знаходяться на відстані всього лише декількох сотих часток астрономічних одиниць (відповідно малі і періоди обігу). Подвійність таких тісних пар виявляється лише в результаті дослідження їх спектрів, в яких спостерігається періодичне роздвоєння спектральних ліній. Ефект Доплера дозволяє пояснити роздвоєння ліній тим, що ми бачимо сумарний спектр, що виходить від накладення спектрів зірок, які рухаються у різних напрямах (одна з них віддаляється від нас, а інша наближається).

Нерідко подвійність тісних пар зірок можна виявити, вивчаючи періодичні зміни їх блиску. Якщо напрям від спостерігача на центр мас подвійної зірки проходить поблизу площини орбіти, то спостерігач бачить затьмарення, при яких одна зірка на якийсь час затуляє іншу. Такі зірки називаються затменними подвійними або затменними змінними.



**Рисунок 2: кривая изменения блеска Алголя.**

За багатократними спостереженнями затменної змінної зірки можна побудувати криву блиску. Якщо порівняти зоряні величини в мінімумі і максимумі блиску. Змірявши проміжок часу між двома послідовними максимумами (або мінімумами), знайдемо період зміни блиску. На малюнку 2 зображена крива блиску типової затменної змінної зірки β Персея, названої арабами Алголем (око Диявола).

З аналізу кривих блиску затменних змінних зірок можна визначити ряд найважливіших фізичних характеристик зірок, наприклад їх радіуси.

Вимірювання швидкостей зірок подвійної системи і вживання закону тяжіння є важливим методом визначення мас зірок. Вивчення подвійних зірок – це єдиний прямий спосіб обчислення зоряних мас. Проте, у кожному конкретному випадку не так просто одержати точну відповідь.

**Вимірювання параметрів подвійних зірок**

Якщо припустити, що закон всесвітнього тяжіння постійний в будь-якій частині нашої галактики, то, можливо, зміряти масу подвійних зірок виходячи із законів Кеплера. По III закону Кеплера: ((m1+m2)P2)/((Mсолнца+ mЗемли)T2)=A3/a3, де m1 і m2 – маси зірок, P – їх період обігу, T – один рік, А – велика напіввісь орбіти супутника щодо головної зірки, а - відстань від Землі до Сонця. З цього рівняння можна знайти суму мас подвійної зірки, тобто масу системи. Масу кожної із зірок по окремості можна знайти, знаючи відстані кожної із зірок від їх загального центру мас (x1,x2). Тоді x1/x2=m2/m1.Исследуя маси різних зірок, було з'ясовано, що їх розкид не дуже великий: від 40 мас Сонця до 1/4 маси Сонця.

Решта параметрів подвійних зірок (температура, яскравість, світимість...) досліджується так само, як і у звичайних.

# Теплі подвійні зірки

В системі близько розташованих подвійних зірок взаємні сили тяжіння прагнуть розтягнути кожну з них, надати їй форму груші. Якщо тяжіння достатньо сильне, наступає критичний момент, коли речовина починає витікати з однієї зірки і падати на іншу. Навкруги цих двох зірок є деяка область у формі тривимірної вісімки, поверхня якої є критичною межею. Ці дві грушоподібні фігури, кожна навкруги своєї зірки, називаються порожнинами Роша. Якщо одна із зірок зростає настільки, що заповнює свою порожнину Роша, то речовина з неї спрямовується на іншу зірку в тій крапці, де порожнини стикаються. Часто зоряний матеріал не опускається прямо на зірку, а спочатку закручується вихором, утворюючи так званий аккреціонний диск. Якщо обидві зірки настільки розширилися, що заповнили свої порожнини Роша, то виникає контактна подвійна зірка. Матеріал обох зірок перемішується і зливається в кулю навкруги двох зоряних ядер. Оскільки кінець кінцем всі зірки розбухають, перетворюючись в гіганти, а багато зірок є подвійними, то взаємодіючі подвійні системи – явище нерідке. Зірка переливається через край

Одним з вражаючих результатів перенесення маси в подвійних зірках є так званий спалах нової.

Одна зірка розширяється так, що заповнює свою порожнину Роша; це означає роздування зовнішніх шарів зірки до того моменту, коли її матеріал почне захоплюватися іншою зіркою, підкоряючись її тяжінню. Ця друга зірка – білий карлик. Раптово блиск збільшується приблизно на десять зоряних величин – спалахує нова. Відбувається не що інше, як гігантський викид енергії за дуже короткий час, могутній ядерний вибух на поверхні білого карлика. Коли матеріал із зірки, що роздулася, спрямовується до карлика, тиск в потоці матерії, що скидається, різко зростає, а температура під новим шаром збільшується до мільйона градусів. Спостерігалися випадки, коли через десятки або сотні років спалаху нових повторювалися. Інші вибухи спостерігалися лише одного разу, але вони можуть повторитися через тисячі років. На зірках іншого типу відбуваються менш драматичні спалахи – карликові нові, – що повторюються через дні і місяці.

Коли ядерне паливо зірки виявляється витраченим і в її глибинах припиняється вироблення енергії, зірка починає стискатися до центру. Сила тяжіння, направлена всередину, більше не врівноважується виштовхуючою силою гарячого газу.

Подальший розвиток подій залежить від маси матеріалу, що стискається. Якщо ця маса не перевершує сонячну більш ніж в 1,4 рази, зірка стабілізується, стаючи білим карликом. Катастрофічного стиснення не відбувається завдяки основній властивості електронів. Існує такий ступінь стиснення, при якому вони починають відштовхуватися, хоча ніякого джерела теплової енергії вже немає. Правда, це відбувається лише тоді, коли електрони і атомні ядра стислі неймовірно сильно, утворюючи надзвичайно щільну матерію.

Білий карлик з масою Сонця за об'ємом приблизно рівний Землі. Всього лише чашка речовини білого карлика важила б на Землі сотню тонн. Цікаво, що чим масивніше білі карлики, тим менше їх об'єм. Що є внутрішністю білого карлика, уявити дуже важко. Швидше за все, це щось на зразок єдиного гігантського кристала, який поступово остигає, стаючи все більш тьмяним і червоним. Насправді, хоча астрономи білими карликами називають цілу групу зірок, лише найгарячіші з них, з температурою поверхні близько 10 000 З, насправді білі. Зрештою кожний білий карлик перетвориться на темну кулю радіоактивного попелу – мертві останки зірки. Білі карлики настільки малі, що навіть найгарячіші з них випускають зовсім небагато світла, і знайти їх буває нелегко. Проте, кількість відомих білих карликів зараз обчислюється сотнями; за оцінками астрономів не менше десятої частини всіх зірок Галактики - білі карлики. Сиріус, найяскравіша зірка нашого неба, є членом подвійної системи, і його напарник - білий карлик під назвою Сиріус В.

# Рентгенівські подвійні зірки

В Галактиці знайдено, принаймні, 100 могутніх джерел рентгенівського випромінювання. Рентгенівське проміння володіє настільки великою енергією, що для виникнення їх джерела повинне відбутися щось з ряду що он виходить. На думку астрономів, причиною рентгенівського випромінювання могла б служити матерія, падаюча на поверхню маленької нейтронної зірки.

Можливо, рентгенівські джерела є подвійними зірками, одна з яких дуже маленька, але масивна; це може бути нейтронна зірка, білий карлик або чорна діра. Зірка-компаньйон може бути або масивною зіркою, маса якої перевершує сонячну в 10-20 разів, або мати масу, що перевершує масу Сонця не більше ніж удвічі. Проміжні варіанти представляються украй маловірогідними. До таких ситуацій приводить складна історія еволюції і обмін масами в подвійних системах, Фінальний результат залежить від початкових мас і початкової відстані між зірками.

В подвійних системах з невеликими масами навкруги нейтронної зірки утворюється газовий диск, У разі ж систем з великими масами матеріал спрямовується прямо на нейтронну зірку - її магнітне поле засмоктує його, як у воронку. Саме такі системи часто виявляються рентгенівськими пульсарами. В одній з рентгенівських подвійних систем, званої А0620-00 вдалося дуже точно зміряти масу компактної зірки (для цього використовувалися дані різних видів наглядів). Вона виявилася рівною 16 масам Сонця, що набагато перевищує можливості нейтронних зірок. В іншому подвійному рентгенівському джерелі, У404 Лебедя, є чорна діра з масою не менше 6,З сонячної. Окрім чорних дір з масами, типовими для зірок, майже напевно існують і надмасивні чорні діри, розташовані в центрах галактик. Лише падіння речовини в чорну діру може бути джерелом колосальної енергії, витікаючої з ядер активних галактик.

# Характерні приклади подвійних зірок

## α Центавра

## α Центавра складається з двох зірок — α Центавра А і α Центавра В. α Центавра А має параметри, майже аналогічні параметрам Сонця: Спектральний клас G, температура близько 6000 До і таку ж масу і густину. α Центавра В має масу на 15% менше, спектральний клас K5, температуру 4000 До, діаметр 3/4 сонячного, ексцентриситет (ступінь витягнутості еліпса, рівний відношенню відстані від фокусу до центру до довжини більшої напівосі, тобто ексцентриситет кола рівний 0 – 0,51). Період обігу – 78,8 роки, велика напіввісь – 23,3 а. е., площина орбіти нахилена до променя зору під кутом 11, центр тяжкості системи наближається до нас із швидкістю 22 км/с, поперечна швидкість 23 км/с, тобто загальна швидкість направлена до нас під кутом 45o і складає 31 км/с.

## Сиріус

## Сиріус, як і α Центавра, теж складається з двох зірок – А і В, проте на відміну від неї обидві зірки мають спектральний клас А (A-A0, B-A7) і, отже, значно велику температуру (A-10000 До, B- 8000 До). Маса Сиріусу А – 2,5Mсолнца, Сиріусу В – 0,96Mсолнца. Отже, поверхні однакової площі випромінюють у цих зірок однакову к-ть енергії, але по світимості супутник в 10 000 разів слабкий, ніж Сиріус. Значить, його радіус менше в 100 разів, тобто він майже такий же, як Земля. Тим часом маса у нього майже така ж, як і у Сонця. Отже, білий карлик має величезну густину - близько 10 59 0 кг/м 53 0. Існування газу такої густини було пояснено таким чином: звичайно межа густини ставить розмір атомів, що є системами, що складаються з ядра і електронної оболонки. При дуже високій температурі в надрах зірок і при повній іонізації атомів їх ядра і електрони стають незалежними один від одного. При колосальному тиск вище розміщених шарів це "кришиво" з частинок може бути стисле набагато сильніше, ніж нейтральний газ. Теоретично допускається можливість існування за деяких умов зірок з густиною, рівної густини атомних ядер. При дослідженні Сиріусу, навіть знаючи про існування супутника, його довго не могли знайти через те, що його густина в 75 тисяч раз більше, ніж у Сиріусу А, а отже, розмір і світимість ? в 10 тисяч раз менше. Це зв'язано з тим, що атоми сіріусу B знаходяться в повністю іонізованому стані, а світло, як відомо, випромінюється тільки під час переходу електрона з орбіти на орбіту.