بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده علوم پایه

نورسنجی و حل منحنی نوری دوتایی گرفتی U Peg.

دانشجو:
سمیه شوروزی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته فیزیک گرایش اخترفیزیک

اساتید راهنما:
دکتر مهدی خواجوی
دکتر بهرام خالصه

شهریورماه ۱۳۸۸

تاریخ: ۱۳۸۸/۶/۲۳
شماره: ...
پیوست: طلاب پایان نامه ... دارند

دانشگاه شهید
دفتر مدیریت تحصیلات تکمیلی

* فرم ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد *

نام و نام خانوادگی دانشجو: محسن شیرازی تاریخ شروع تحصیل: ۱۳۸۶ تعداد واحد جبرانی: ...
رشته و گرایش تحصیلی: فیزیک - نوری و الکترونیک تاریخ دفاع: ۱۳۸۸ نام و نام خانوادگی استاد راهنما: دکتر مهدی خزانوی
عنوان پایان نامه: تکنیک تصحیح وصل حفظی فوری دوتایی گرفتی UPeg ..... دکتر بهرام خلعتبری

معیارهای ارزشیابی		حداکثر نمره	نمره کسب شده	ملاحظات
کیفیت نگارش	انسجام در تنظیم و تدوین مطالب، حسن نگارش و رعایت دستورالعمل	۳	۳	
	کیفیت تصاویر، اشکال و منحنی های استفاده شده			
کیفیت علمی	بررسی تاریخچه موضوع و بیان سابقه پژوهش در موضوع	۱۲	۱۱/۵	
	ابتکار و نوآوری			
	ارزش علمی و یا کاربردی			
	استفاده از منابع و مواخذ به لحاظ کمی و کیفی (به روز بودن)			
	کیفیت نظرات و پیشنهادات برای ادامه تحقیق			
کیفیت ارائه	تسلط به موضوع و توانایی در پاسخگویی به سئوالات در جلسه دفاع	۳	۲/۵	
	نحوه ارائه (رعایت زمان - تفهیم موضوع، کیفیت ترانس پرنسی و ...)			
مقاله	مقاله مستخرج از پایان نامه که بر اساس دستورالعمل تهیه و به تأیید استاد راهنما رسیده وبهمراه پایان نامه تحویل گردیده است	۱	۱	
ارائه به موقع	اتمام به موقع دوره و تحویل گزارشات	۱	۱	
نمره پایان نامه		۲۰		

اعضاء هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	نام دانشگاه	امضاء
استاد راهنما	دکتر مهدی خزانوی - دکتر بهرام خلعتبری	استادیار - استاد	دانشگاه شهید بهشتی	
استاد مشاور	—	—	—	—
عضو دفاع (استاد مدعو)	خانم دکتر صالحی	استادیار	خواجه نصیر	
عضو دفاع و نماینده تحصیلات تکمیلی گروه	آقای دکتر قنبری	استاد	دانشگاه شهید بهشتی	

جلسه دفاع در تاریخ ۱۳۸۸/۶/۲۳ برگزار گردید و نمره نامبرده (بزرگ) ۱۹ (نوزده) عدد
آموزشی دوره کارشناسی ارشد با پیوسته مصوب ۷۳/۱۰/۲۵ به آن درجه عالی تعلق میگیرد.
نام و نام خانوادگی مدیر گروه: ... امضاء و تاریخ: ...

* سهم اعضاء هیئت داوران در ارزشیابی یکسان است.
* محاسبه میانگین و اعمال یک نمره مربوط به بخش انجام به موقع با توجه به تاریخ شروع و پایان تحصیل توسط نماینده تحصیلات تکمیلی گروه انجام می گیرد.

** (لطفاً به توضیحات مندرج در پشت برگه توجه فرمائید) **

تقدیم به:

مولایم آقا صاحب الزمان (عج) ، او که جان من و جان عالمیان فدای خاک پایش باد

به یاد پدرم:

که چه زود شمع وجودش به خاموشی گرایید.

خدایا! تو را سپاس می گویم که به من توفیق هم‌جواری آقا علی بن موسی الرضا (ع) راعطا نمودی و با استعانت از تو توانستم تا این مرحله از تحصیل را با موفقیت طی کنم.

بر خود لازم می دانم از:

دکتر بهرام خالصه

که با صبر و شکیبایی ،مرا در به انجام رساندن این پژوهش یاری نمودند. استاد گرامیم: هیچ گاه عشق و تلاشت را برای انجام رسالتت ، فراموش نخواهم کرد.

دکتر مهدی خواجوی

که با وجود مشغله‌ی کاری فراوان ، مرا در انجام این پژوهش یاری دادند.

دکتر جمشید قنبری

برای تمام اوقاتی که در محضرشان افتخار شاگردی داشتم. و برای قبول زحمت داوری پایان نامه‌ام.

دکتر فاطمه صالحی

که زحمت داوری پایان‌نامه ام را قبول نمودند.

آقای رنکی و آقای اکبری

که با راهنمایی‌های مفیدشان مرا در انجام این پژوهش یاری دادند.

و

همه ی آن‌ها که در موفقیت‌هایم نقش داشتند.

قدردانی کنم.

در نهایت با تمام وجود از زحمات مادر مهربان و فداکارم ، خواهران عزیزم و برادر ارجمندم ، قدردانی می‌کنم که در تمام مراحل درس و زندگی یاریم رساندند و پشتیبانم بودند.

چکیده

از آن‌جایی که تعداد زیادی از ستارگان آسمان را ستارگان دوتایی تشکیل می‌دهند، درنتیجه این سیستم‌ها، نمایندگان خوبی برای شناخت ساختار هندسی و فیزیکی و وضعیت تحولی ستارگان می‌باشند. بنابراین با بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های نوری و طیفی آن‌ها می‌توان پارامترهای هندسی و فیزیکی مؤلفه‌ها را به‌دست‌آورد و نیز وضعیت تحولی آن‌ها را بررسی کرد.

از این‌رو در مطالعه‌ی حاضر، داده‌های نورسنجی سیستم .U Peg با استفاده از برنامه‌ی Wilson (2003) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند و پارامترهای هندسی و فیزیکی آن به‌دست‌آمده است و از آن‌جا موقعیت مؤلفه‌ها روی نمودار HR تعیین شده است.

نتایج کار حاضر نشان می‌دهد که هر مؤلفه‌ی سیستم ۱۵/۵ درصد از حد روچ خود عبور کرده است و رده‌ی طیفی مؤلفه‌ی اول G2 و رده‌ی طیفی مؤلفه‌ی دوم آن G5 می‌باشد. از طرفی این نتایج نشان می دهندکه .U Peg یک سیستم فوق تماسی است که این مطلب تأییدی بر نتایج محققان قبلی می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ ستارگان دوتایی ۱۳

۱-۱. مقدمه ۱۴

۱-۲. کشف ستارگان دوتایی ۱۵

۱-۳. دلایل مطالعه‌ی ستارگان دوتایی ۱۵

۱-۴. شکل‌گیری ستارگان دوتایی ۱۶

۱-۴-۱. نظریه‌ی تکه تکه شدن ۱۷

۱-۴-۲. نظریه‌ی به دام افتادن ۱۸

۱-۴-۳. نظریه‌ی شکافت ۱۸

۱-۴-۴. نظریه‌ی واپاشی ۱۹

۱-۵. انواع ستارگان دوتایی ۱۹

۱-۵-۱. دوتایی‌های ظاهری یا نوری ۲۰

۱-۵-۲. دوتایی‌های مرئی ۲۱

۱-۵-۳. دوتایی‌های طیف‌سنجی ۲۲

۱-۵-۴. دوتایی طیفی ۲۴

۱-۵-۵. دوتایی‌های نجوم‌سنجی ۲۵

۱-۵-۶. دوتایی‌های گرفتی ۲۶

۱-۶. رده‌بندی ستارگان دوتایی ۲۸

۱-۶-۱. رده‌بندی بر اساس موقعیت مؤلفه‌ها روی نمودار HR ۲۸

۱-۶-۲. رده‌بندی بر اساس تحول مؤلفه‌ها ۲۹

۱-۶-۳. رده‌بندی بر اساس شکل منحنی نوری ۳۱

۱-۷. تحول ستارگان دوتایی ۳۴

۱-۸. اثر انتقال جرم بر تحول ستارگان دوتایی نزدیک ۳۶

۱-۸-۱. تبادل پایسته‌ی جرم ۳۷

۱-۸-۲. تبادل جرم ناپایسته (اتلاف جرم) ۳۷

۱-۹. عوامل مؤثر بر تغییر دوره تناوب مداری سیستم‌های دوتایی ۳۸

۱-۹-۱. تابش گرانشی ۳۹

۱-۹-۲. شتاب کهکشانی ۳۹

۱-۹-۳. اتلاف جرم (از طریق باد یا پوسته به خارج از سیستم) ۳۹

۱-۹-۴. لک‌های تاریک ۴۰
۱-۹-۵. اتلاف جرم در ستاره‌های نزدیک ۴۰
۱-۹-۶. تبادل جرم ۴۰
۱-۹-۷. نظریه‌ی چرخه‌ی فعالیت مغناطیسی ۴۱
۱-۹-۸. حرکت قطر بزرگ مدار سیستم دوتایی ۴۱
۱-۹-۹. حضور جسم سوم ۴۱

فصل۲ نورسنجی و عوامل مؤثر بر منحنی‌نوری ستارگان دوتایی ۴۳

۲-۱. مقدمه ۴۴
۲-۲. نورسنجی ۴۵
۲-۲-۱. نوار عبور ۴۶
۲-۳. عوامل مؤثر بر تغییر منحنی نوری ۴۷
۲-۳-۱. پدیده‌ی گرفت ۴۸
۲-۳-۲. شکل مؤلفه‌ها ۴۹
۲-۳-۳. تاریکی لبه ۵۰
۲-۳-۴. تاریکی گرانشی ۵۴
۲-۳-۵. اثر بازتاب ۵۵
۲-۳-۶. جسم سوم ۵۶
۲-۳-۷. لک‌های ستاره‌ای ۵۷
۲-۴. اثر اوکانل ۵۹
۲-۴-۱. تأثیر نیروی کوریولیس ۵۹
۲-۴-۲. مبادله‌ی جرم بین دو مؤلفه ۶۰
۲-۴-۳. فعالیت لک‌ها ۶۰

فصل۳ ستارگان دوتایی گرفتی نوع W UMa ۶۱

۳-۱. مقدمه ۶۲
۳-۲. رده‌بندی سیستم‌های W UMa ۶۳
۳-۳. ویژگی‌های دوتایی‌های W UMa ۶۴
۳-۴. موقعیت سیستم‌های W UMa نسبت به رده‌بندی دیگر ستارگان ۶۶
۳-۵. تغییرات دوره تناوب در سیستم‌های W UMa ۶۷
۳-۵-۱. انتقال و یا ازدست دادن جرم توسط یکی از مؤلفه‌ها و یا هردوی آن‌ها ۶۷
۳-۵-۲. ذرات یونیزه‌ی موجود در مواد پرتاب‌شده‌ی بین دو ستاره ۶۸
۳-۵-۳. وجود لک‌ها ۶۸

فصل۴ بررسی منحنی نوری سیستم دوتایی گرفتی U Pegasi ۶۹
۴-۱. مقدمه ۷۰
۴-۲. آشنایی با نرم‌افزار ویلسون ـ ون‌هم ۲۰۰۳ ۷۰
۴-۲-۱. برنامه LC ۷۲
۴-۲-۲. برنامه‌ی DC ۷۴
۴-۳. خلاصه‌ای از مطالعات قبلی روی سیستم .U Peg ۷۸
۴-۴. بررسی سیستم دوتایی گرفتی .U Peg ۷۹
۴-۵. خلاصه و نتیجه‌گیری ۸۲
۴-۶. بحث و پیشنهادات ۹۳

مراجع ۹۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل۱ ستارگان دوتایی ۱۳

شکل۱-۱. مدارهای ظاهری ستاره ها در سیستم دوتایی ۲۱
شکل۱-۲. مدار ظاهری دوتایی آلفا قنطورس با جدایی زاویه ای ۱۴ ثانیه قوسی ۲۲
شکل۱-۳. یک سیستم دوتایی طیف سنجی که مولفه A دارای جرمی بیشتر از مولفه B است. ۲۳
شکل۱-٤. الف. طیف یک ستاره داغ، ب. طیف یک ستاره سرد، ج. طیف یک دوتایی ۲۴
شکل۱-٥. حرکت ستاره‌ی شعرای یمانی در مدت ۸۰ سال ۲۶
شکل۱-٦. منحنی نوری یک دوتایی گرفتی، ستاره کوچک تر در شکل دمای بیشتری دارد ۲۷
شکل۱-۷. دوتایی گرفتی با مولفه های جدا ۲۹
شکل۱-۸. دوتایی گرفتی با مولفه های نیمه جدا ۳۰
شکل۱-۹. دوتایی گرفتی با مولفه های تماسی ۳۰
شکل۱-۱۰. منحنی نوری یک دوتایی گرفتی شبه آلگول ۳۲
شکل۱-۱۱. منحنی نوری یک دوتایی گرفتی شبه بتا لیرا ۳۲
شکل۱-۱۲. منحنی نوری یک دوتایی گرفتی شبه W UMa ۳۳
شکل۱-۱۳. سطوح هم‌پتانسیل یک سیستم دوتایی ۳۵

فصل۲ نورسنجی و عوامل مؤثر بر منحنی‌نوری ستارگان دوتایی ۴۳

شکل۲-۱. اثر شکل مولفه ها بر روی منحنی نوری V388 cyg ۵۰
شکل۲-۲. اثر تاریکی لبه بر روی منحنی نوری V388 cyg ۵۲
شکل۲-۳. اثر تاریکی گرانشی بر روی منحنی نوری V388 cyg ۵۴
شکل۲-٤. اثر بازتاب بر روی منحنی نوری V388 cyg ۵۵
شکل۲-٥. اثر جسم سوم بر روی منحنی نوری V388 cyg ۵۷
شکل۲-٦. اثر لک ستاره ای بر روی منحنی نوری V388 cyg ۵۸

فصل۳ ستارگان دوتایی گرفتی نوع W UMa ۶۱

شکل٤-۱. پارامترهای درون فایل lcin ۷۲
شکل٤-۲. نمایش فایل lcout.dat ۷۳
شکل٤-۳. پارامترهای داخل فایل dcin ۷۵
شکل٤-٤. منحنی نوری .U Peg در صافی V ۸۰
شکل٤-۵. منحنی نوری .U Peg در صافی B ۸۰
شکل٤-٦. منحنی نوری .U Peg در دو صافی B و V ۸۲
شکل٤-۷. انطباق منحنی نوری نظری و رصدی سیستم U Peg در صافی V ۸۷
شکل٤-۸. انطباق منحنی نوری نظری و رصدی سیستم .U Peg در صافیB ۸۸
شکل٤-۹. موقعیت مؤلفه‌های سیستم .U Peg روی نمودار تابندگی ـ جرم ۸۹
شکل٤-۱۰. موقعیت مؤلفه‌های سیستم .U Peg روی نمودار شعاع ـ جرم ۹۰
شکل٤-۱۱. : موقعیت مؤلفه‌های سیستم .U Peg روی نمودار تابندگی ـ دما ۹۱
شکل٤-۱۲. موقعیت مؤلفه‌های سیستم .U Peg روی نمودار قدر تابش‌سنجی ـ جرم ۹۲

مراجع **۹۴**

فهرست جداول

فصل۱ ستارگان دوتایی ۱۳

فصل۲ نورسنجی و عوامل مؤثر بر منحنی‌نوری ستارگان دوتایی ۴۳

فصل۳ ستارگان دوتایی گرفتی نوع W UMa ۶۱

فصل۴ بررسی منحنی نوری سیستم دوتایی گرفتی U Pegasi ۶۹

جدول٤-۱. معرفی ۳۵ پارامتر مهم در فایل dcin ۷۶

جدول٤-۲. ضرایب تاریکی لبه دوتایی گرفتی .U Peg ۸۳

جدول٤-۳. پارامتر های فیزیکی و هندسی سیستم دوتایی **.U Peg** ۸۴

جدول٤-٤. نتایج نورسنجی دوتایی **.U Peg** توسط دیگران در صافی **V** ۸۵

جدول٤-۵. پارامتر های مطلق سیستم **.U Peg** (کار حاضر) ۸۶

مراجع ۹۴

فصل۱

ستارگان دوتایی

۱-۱. مقدمه

ستارگان دوتایی، گروهی از ستارگان می‌باشند که با توجه به تغییر درخشندگی آن نسبت به زمان، از جمله ستارگان متغیر از نوع غیرذاتی محسوب می‌شوند. معمولاً در هر کهکشان، فاصله‌ی بین ستاره‌ها آنقدر زیاد است که برهم‌کنش گرانشی قابل ملاحظه‌ای بر هم ندارند. با این حال تعدادی از این ستاره‌ها چنان به هم نزدیکند که گرانش متقابل بین آن‌ها یک ارتباط دینامیکی ایجاد می‌کند و این گروه به صورت ساختاری یک‌پارچه به دور مرکز جرم مشترک‌شان گردش می‌کنند. ساده‌ترین این ساختارها، سیستم‌های دوتایی هستند. یک سیستم دوتایی، از دو ستاره تشکیل شده‌است که تحت تأثیر نیروی گرانش متقابل‌شان به دور مرکز جرم مشترک‌شان می‌چرخند.

نزدیک به نیمی از ستارگان رشته‌ی اصلی از نوع سیستم‌های دوتایی می‌باشند. ستارگان دوتایی نقش بسیار مهمی در اخترفیزیک دارند. از آن‌جایی که تعداد سیستم‌های دوتایی بسیار زیاد است، امکان دسترسی به انواع گوناگون آن نیز فراوان است. به کمک قوانین فیزیکی و رصد و بررسی منحنی نوری و نیز طیف‌سنجی ستارگان دوتایی، می‌توان به خصوصیات مهمی از سیستم مانند جرم، شعاع، چگالی، میانگین دمای سطحی، تابندگی، میل مداری، خروج از مرکز مداری و آهنگ چرخش دست یافت و با اندازه‌گیری ضرایب تاریکی لبه به بررسی ساختار جو آن‌ها پرداخت. تلفیق داده‌های نورسنجی و طیف‌سنجی سیستم‌های دوتایی به ما این امکان را می‌دهد که ابعاد مطلق سیستم را تعیین کنیم و سپس با مطالعه‌ی سیستم‌های دوتایی و تعیین موقعیت آن‌ها بر روی نمودار HR اطلاعات مهمی درباره‌ی سیر تحول مؤلفه‌های سیستم‌های دوتایی بدست آوریم.

۱-۲. کشف ستارگان دوتایی

کشف اولین سیستم دوتایی قابل مشاهده با کمک تلسکوپ را در سال ۱۶۵۰ م. به جین باپتیست ریچیولی ستاره‌شناس ایتالیایی نسبت می‌دهند. این ستاره که عُناق[۱] نام دارد، در صورت فلکی خرس بزرگ قرار گرفته‌است. در سال ۱۶۵۶ م. کریستیان هویگنس موفق شد تتای جبار را که ستاره‌ای سه‌گانه است، کشف کند. در سال ۱۶۶۴ م. رابرت هوک دریافت که ستاره‌ی گامای بره درواقع یک جفت ستاره است.

کشف سیستم‌های دوتایی هم‌چنان ادامه داشت تا اینکه در سال ۱۷۷۹ م. کریستیان مایر به طور جدی درباره‌ی امکان اینکه خورشیدهای کوچک، به دور خورشیدهای بزرگ گردش نمایند، به تفکر و آزمایش پرداخت. عنوان ستاره‌ی دوتایی نخستین بار توسط ویلیام هرشل[۲] در سال ۱۸۰۲ م. در بررسی دو ستاره که تحت تأثیر نیروی گرانش متقابل به دور مرکز جرم خود درحال گردش بودند، به کار برده شد. نتیجه‌ی تحقیقات وی، بین سال‌های ۱۸۲۱ م. تا ۱۸۷۲ م. در میان ستارگان نزدیک خورشید، ثبت بیش از ۸۰۰ سیستم دوتایی است. با تحقیقات و مطالعات بعدی، تعداد بیشتری سیستم دوتایی شناخته و ثبت شد؛ به‌طوری که تا کنون بیش از ۶۰۰۰ سیستم دوتایی کشف و مشخصات آن‌ها در جدول‌های نجومی ثبت شده‌است. درواقع تعداد ستارگان دوتایی کهکشان ما بسیار بسیار بیشتر از این مقدار است. [۵۰]

۱-۳. دلایل مطالعه‌ی ستارگان دوتایی

بررسی و تحقیق ستارگان و اقع در اطراف خورشید نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد ستارگان مشاهده شده، سیستم‌های دوتایی و حدود ۱۴ درصد، سیستم‌های چندتایی و بقیه‌ی ستارگان، منفردند.

---

[۱] Mizar
[۲] William Herschel

نتایج تحقیقات لاچام[1] و همکارانش [۲۳] نشان داد که تقریباً ۲۰ درصد ستارگان موجود در کهکشان ما سیستم‌های دوتایی‌اند. اکنون منجمان معتقد شده‌اند که بیش از ۵۰ درصد ستاره‌ها در کهکشان ما سیستم‌های چندتایی‌اند.

ستارگان دوتایی منبع اصلی اطلاعات و دانش ما در مورد خصوصیات بنیادی ستارگان می‌باشند. جرم یک ستاره پارامتر مهمی است که با دانستن آن می‌توان چگونگی تولد، زندگی و مرگ ستاره را تعیین کرد. اندازه‌گیری و تعیین مستقیم جرم هر شیئ آسمانی مستلزم آن است که بتوان برهم‌کنش گرانشی مابین حداقل دو جسم آسمانی را اندازه‌گیری کرد. ستاره‌های دوتایی این امکان را برای ما فراهم می‌سازند که بتوانیم جرم دقیق ستاره را تعیین کنیم. با دانستن چنین اطلاعاتی می‌توانیم نظریه‌های شکل‌گیری، ساختار و تحول ستاره‌ای را مطالعه و بررسی کنیم.

۱-۴. شکل‌گیری ستارگان دوتایی

شکل‌گیری ستارگان دوتایی مستقل از شکل‌گیری ستارگان منفرد نیست. براساس نظریه‌های موجود می‌دانیم که تولد ستاره‌ها در محیط‌های میان‌ستاره‌ای یا همان ابرهای ملکولی روی می‌دهد. اگر در چنین محیط‌هایی به طریقی ناپایداری گرانشی یا دیگر انواع ناپایداری‌ها ایجاد شود، چگالی برخی از ناحیه‌ها به‌تدریج زیاد شده و این نواحی به صورت توده‌های گازی درمی‌آیند.

این توده‌ها بر اثر جاذبه‌ی گرانشی خود می‌رمبند و درضمن رمبش از محیط اطرافشان نیز جرم جذب می‌کنند. در ادامه‌ی رمبش، دما و فشار قسمت مرکزی این توده افزایش می‌یابد و به حدی می‌رسد که هم‌جوشی اتم‌های هیدروژن و در نتیجه تولید هلیوم را امکان‌پذیر می‌سازد. با ادامه‌ی هیدروژن‌سوزی، دما و فشار هسته‌ی مرکزی زیادتر می‌شود. بالاخره بین نیروی جاذبه‌ی گرانشی که به سمت داخل و نیروی فشار گاز که به سمت خارج است، موازنه ایجاد شده و

[1] Latham

تعادل هیدروستاتیکی در هسته‌ی مرکزی برقرار می‌گردد و زمانی که از ستاره نور مرئی ساطع می‌شود می‌گوییم ستاره متولد شده است.

مشاهدات رصدی نشان می‌دهند که اندازه‌حرکت زاویه‌ای به إزای واحد جرم ابر ملکولی در حدود 10^{8} برابر اندازه‌حرکت زاویه‌ای ستارگان جوانی است که از این ابرها تشکیل شده‌اند. همچنین چگالی یک ستاره‌ی جوان تقریباً 10^{20} برابر ابر ملکولی‌است که از آن شکل گرفته‌است. هر نظریه‌ای که در مورد شکل‌گیری ستاره‌ها و سیستم‌های دوتایی بیان شود، باید بتواند پاسخ‌گوی نتایج مشاهدات رصدی فوق باشد. [۵۵]

چهار نظریه‌ی مهم در مورد شکل‌گیری ستارگان دوتایی وجود دارد که در ادامه به توصیف آن‌ها می‌پردازیم:

۱-۴-۱. نظریه‌ی تکه تکه شدن

بر اساس این نظریه ابر ملکولی اولیه به صورت ابر ملکولی متقارن و چرخان درنظر گرفته می‌شود؛ این ابر چرخان به علت ناپایداری گرانشی شروع به انقباض و رمبش می‌کند. با ادامه‌ی رمبش، ابر کوچک و کوچک‌تر شده و به علت پایستگی اندازه‌حرکت زاویه‌ای، سرعت چرخش ابر افزایش می‌یابد و سرانجام پس از طی مراحلی، ابر به شکل یک قرص یا یک حلقه در می‌آید. با افزایش سرعت چرخش، ممکن است ابر ملکولی تکه تکه شده و سبب بوجود آمدن چندین پیش‌ستاره شود. هرکدام از این تکه‌ها خود نیز می‌تواند به روشی مشابه تکه تکه شده و سبب بوجود آمدن ستارگان دیگری شود. این نتیجه می‌تواند نشان دهد که چگونه اندازه‌حرکت زاویه‌ای یک ابر ملکولی می‌تواند بین پیش‌ستاره‌هایی که از آن متولد می‌شوند، توزیع شود. به‌علاوه این نظریه به وضوح نشان می‌دهد که چرا ستارگان دوتایی و یا چندتایی بیش از ستارگان منفرد شکل می‌گیرند. در الگوهای جدید برای تکه تکه شدن و رمبش ابرهای ملکولی از شرایط اولیه‌ای مانند چگالی و آهنگ دوران اولیه‌ی ابر را غیریکنواخت در نظر گرفته و نحوه‌ی انتقال انرژی از طریق تابش را در نظر می‌گیرند. نتایج این الگوها توافق بسیار خوبی را با نتایج مشاهدات رصدی نشان می‌دهند.

۱-۴-۲. نظریه‌ی به دام افتادن

در این نظریه فرض بر آن است که دو ستاره‌ی منفرد در نتیجه‌ی برخورد اتفاقی با هم و تحت تأثیر میدان گرانشی یکدیگر، یک سیستم دوتایی را تشکیل داده‌اند. برای این منظور بایستی شرایط خاصی فراهم شود؛ مثلاً جسم سومی وجود داشته باشد که بتواند انرژی آزاد شده را جذب کند. همچنین فاصله‌ی دو ستاره از هم باید به‌قدری کم باشد که تأثیرات جذر و مدی انرژی آزاد شده را جذب نماید و یا یک محیط میان‌ستاره‌ای وجود داشته باشد تا انرژی آزاد شده، جذب محیط میان‌ستاره‌ای شود. این نظریه می‌تواند پاسخ‌گوی دامنه‌ی گسترده‌ی مقادیر برون مرکزی و نسبت جرم مؤلفه‌ها باشد. همچنین این نظریه می‌تواند بیان کند که چرا جهت اندازه‌حرکت وضعی مؤلفه‌ها با جهت اندازه‌حرکت مداری هم راستا نیست.

۱-۴-۳. نظریه‌ی شکافت

بر اساس نظریه‌ی شکافت، هنگامی که یک پیش‌ستاره با ساختاری قرصی شکل به سمت رشته‌ی اصلی پیش می‌رود، بر سرعت گردش ستاره به دور خود افزوده می‌شود و نسبت انرژی دورانی به انرژی گرانشی ستاره به یک مقدار حدی می‌رسد؛ ستاره تحت تأثیر ناپایداری‌هایی که به دلیل عدم تقارن شعاعی مواد آن به‌وجود می‌آید، قرار گرفته و به دو ستاره شکافته می‌شود. که این دو ستاره، دو مؤلفه‌ی یک سیستم دوتایی را تشکیل می‌دهند. الگوهای بعدی نشان داد که فرض چرخش یکنواخت، یک فرض فیزیکی قابل قبول نیست و حرکت‌های داخلی ستاره را نیز باید در نظر گرفت. از آنجا که هر کدام از مؤلفه‌ها، اندازه‌حرکت زاویه‌ای محدودی را می‌توانند تحمل کنند، تنها شکل‌گیری ستارگان دوتایی نزدیک، با این نظریه سازگار است.

در جمع‌بندی این سه نظریه می‌توان گفت که تاکنون نظریه‌ای بیان نشده است که بتواند با شواهد رصدی، به‌ویژه گستره‌ی دوره تناوب، نسبت جرم‌ها و مقدار برون مرکزی تطابق داشته باشد. [۵۵]

۱-۴-۴. نظریه‌ی واپاشی

بنا به این نظریه، ستاره‌ها تشکیل خوشه‌های مقید کوچکی می‌دهند و به دنبال آن بیش‌تر اعضای خود را به روش مواجهه‌ی دو جسمی از دست داده و در نتیجه سیستم‌های دوتایی با فاصله‌ی زیاد باقی می‌گذارند که انرژی بستگی اولیه‌ی کل خوشه را جذب می‌کنند. این فرایند بیشتر منحصر به تشکیل سیستم‌های چندتایی (و نه دوتایی) است و چندان نظریه‌ی مورد قبولی برای شکل‌گیری ستارگان دوتایی نیست. [۴۹]

۱-۵. . انواع ستارگان دوتایی

به طوری که قبلاً ذکر شد، یک سیستم دوتایی، منظومه‌ای از دو ستاره است که به دور مرکز جرم مشترکشان تحت تأثیر نیروی جاذبه‌ی گرانشی متقابل گردش می‌کنند. این ستارگان می‌توانند با هم در تماس باشند و یا اینکه هزاران واحد نجومی از هم فاصله داشته باشند. [۸]

بر اساس دلایل مشاهده‌ای و فیزیکی، ستارگان دوتایی را در شش گروه می‌توان رده‌بندی نمود که عبارتند از:[۵۲]

i. دوتایی‌های ظاهری یا نوری[۱]
ii. دوتایی‌های مرئی[۲]
iii. دوتایی‌های طیف‌سنجی[۳]
iv. دوتایی‌های طیفی[۴]
v. دوتایی‌های نجوم‌سنجی[۵]

---

[۱] Apparent or Optical binary
[۲] Visual binary
[۳] Spectroscopic binary
[۴] Spectrum binary
[۵] Astrometric binary

vi. دوتایی‌های گرفتی[۱]

در ادامه‌ی مطلب به بررسی هر یک از این سیستم‌های دوتایی می‌پردازیم.

۱-۵-۱. دوتایی‌های ظاهری یا نوری

دو ستاره که به طور فیزیکی با هم در ارتباط نیستند، ولی در آسمان به دلیل اینکه در امتداد دید یکسان قرار گرفته‌اند، نزدیک به هم به نظر می‌رسند، دوتایی ظاهری یا نوری گفته می‌شود. حرکات فضایی نامربوط آن‌ها به زودی آشکار می‌کند که آن‌ها اعضای یک دوتایی فیزیکی نیستند. [۵۲]

برای تشخیص اینکه یک دوتایی ظاهری است یا دوتایی واقعی (مرئی)، آر. جی. آیتکن[۲][۳] پیشنهاد کرد که هرچه جدایی زاویه‌ای بین دو ستاره کوچک‌تر باشد، احتمال بیشتری وجود دارد که آن‌ها مؤلفه‌های یک سیستم دوتایی واقعی باشند. و بر این اساس رابطه‌ی تجربی زیر را معرفی کرد:

$$\log a'' = 2.8 - 0.2m \qquad (1-1)$$

در رابطه‌ی فوق "a جدایی زاویه‌ای دو ستاره برحسب ثانیه‌ی قوسی و m قدر ظاهری دو ستاره می‌باشند. با اندازه‌گیری قدر ظاهری ستاره و جایگذاری آن در رابطه‌ی(۱-۱) می‌توان مقدار "a را محاسبه کرد و با مقدار "a که از اندازه‌گیری به‌دست می‌آید، مقایسه نمود. اگر مقدار "a محاسبه شده از مقدار تجربی کم‌تر باشد، در این صورت دوتایی مورد نظر، یک دوتایی واقعی (مرئی) است.

---

[۱] Eclipsing binary
[۲] R. J. Aitken