دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه ی کارشناسی ارشد فیزیک (نجوم)

نورسنجی و تحلیل منحنی نوری ستاره دوتایی گرفتی SS Ari در صافی های B، V، G و R

استاد راهنما:

دکتر عباس عابدی

نگارش:

مهناز محمدی

شهریور ۱۳۹۱

چکیده

در این پژوهش ستاره دوتایی گرفتی SS Ari که یک سیستم W UMa از نوع W می باشد، در سه صافی B، V و R جانسون به وسیله ی تلسکوپ اشمیت – کاسگرین با قطر دهانه ۱۴ اینچ و CCD مدل ST-7 در رصدخانه ی دکتر مجتهدی دانشگاه بیرجند نورسنجی شده است. پردازش تصاویر نجومی توسط نرم افزار IRIS انجام شده است. با استفاده از نرم افزار فوبه، داده های حاصل از نورسنجی سیستم تجزیه و تحلیل شده و پارامتر های فیزیکی و هندسی نسبی سیستم بدست آمده اند. همچنین به کمک پارامتر های منحنی سرعت شعاعی سیستم، کمیت های مطلق این سیستم دوتایی تعیین شده اند. علاوه بر ارائه ی چند زمان کمینه ی گرفت برای این سیستم دوتایی، با استفاده از زمان های کمینه ی گرفتی که دیگران اعلام کرده اند، منحنی O-C کمینه های گرفت این سیستم رسم گردیده و با تحلیل این منحنی، افمری جدید سیستم و آهنگ انتقال جرم از مولفه ی ثانویه به اولیه تعیین شده و همچنین با نسبت دادن تغییرات تناوبی این منحنی به اثر نور – زمان، پارامتر های هندسی سیستم سه تایی و کمینه ی جرم جسم سوم محاسبه شده است.

فهرست مطالب

۱ ستارگان دوتایی ۱

۱.۱ مقدمه ۲

۳.۱ تاریخچه ی ستارگان دوتایی ۳

۳.۲ انواع سیستم های دوتایی ۴

۱.۳.۱ سیستم های دوتایی نوری ۴

۲.۳.۱ سیستم های دوتایی مرئی ۴

۳.۳.۱ سیستم های دوتایی اخترسنجی ۵

۴.۳.۱ سیستم های دوتایی طیفی ۵

۵.۳.۱ سیستم های دوتایی طیف سنجی ۵

۶.۳.۱ سیستم های دوتایی گرفتی ۶

۴.۱ رده بندی ستارگان دوتایی ۷

۱.۴.۱ رده بندی کوپال ۷

۲.۴.۱ رده بندی هازل هرست ۸

۵.۱ شکل گیری ستارگان دوتایی ۱۰

۶.۱ مدل روچ برای ستارگان دوتایی ۱۱

۷.۱ عوامل موثر بر منحنی نوری ۱۶

۱.۷.۱ تاریکی لبه ۱۶

۲.۷.۱ تاریکی گرانشی ۱۶

۳.۷.۱ وجود لکه ۱۷

۴.۷.۱ حضور جسم سوم ۱۸

۸.۱ عوامل موثر بر تغییر دوره تناوب سیستم ۱۸

۱.۸.۱ انتقال جرم پایستار/مبادله ی جرم ۱۸

۲.۸.۱ انتقال جرم غیر پایستار/ اتلاف جرم ۱۹

۳.۸.۱ فعالیت های دوره ای مغناطیسی ۱۹

۴.۸.۱ حضور جسم سوم ۱۹

۵.۸.۱ حرکت اوجی ۱۹

۲ آشنایی با CCD و نرم افزار های مرتبط ۲۰

۱.۲ ساختار و نحوه ی عملکرد CCD ۲۱

۲.۲ تصویر برداری با CCD ۲۳

۱.۲.۲ کانونی کردن ۲۳

۲.۲.۲ شروع تصویر برداری ۲۴

۳.۲.۲ هدایت تلسکوپ ۲۵

۴.۲.۲ آشنایی با صافی ها ۲۶

۵.۲.۲ تعیین زمان نوردهی مناسب در عکس برداری ۲۶

۶.۲.۲ نسبت سیگنال به نویز S/N ۲۷

۳.۲ نورسنجی با CCD ۲۹

۱.۳.۲ ابزار نورسنجی ۲۹

۲.۳.۲ سیستم نورسنجی ۳۱

۳.۳.۲ نکاتی در مورد نورسنجی ۳۱

۴.۲ اصول پردازش تصاویر ۳۲

۱.۴.۲ بهنجار کردن تصاویر ۳۲

۲.۴.۲ ترکیب تصاویر ۳۵

۵.۲ آشنایی با نرم افزار IRIS ۳۵

۱.۵.۲ تنظیمات اولیه ۳۵

۲.۵.۲ اجرا ۳۶

۳.۵.۲ نام گذاری تصاویر ۳۷

۴.۵.۲ بهنجار کردن تصاویر ۳۷

۵.۵.۲ تراز کردن تصاویر ۳۹
۶.۵.۲ نورسنجی ۴۱
۶.۲ آشنایی با نرم افزار MaxIm DL ۴۴
۳ نورسنجی و جمع آوری داده ها ۴۵
۱.۳ معرفی رصد خانه ی دکتر مجتهدی دانشگاه بیرجند ۴۶
۲.۳ ابزار های مورد استفاده ۴۷
۱.۲.۳ تلسکوپ اشمیت – کاسگرین ۴۷
۲.۲.۳ CCD ۴۸
۳.۳ مقدمات شروع کار رصد ۴۹
۱.۳.۳ انتخاب سیستم دوتایی ۴۹
۲.۳.۳ انتخاب ستاره ی مقایسه ۵۰
۳.۳.۳ مقدمات شروع کار در رصد خانه ۵۱
۴.۳ روش کار در رصد خانه ۵۱
۱.۴.۳ اتصال دوربین CCD و ملحقات به تلسکوپ ۵۱
۲.۴.۳ تنظیم کردن تلسکوپ ۵۲
۳.۴.۳ نرم افزار MaxIm DL ۵۴
۴ حل منحنی نوری و مطالعه دوره تناوب ستاره دوتایی SS Ari ۶۰

۱.۴ SS Ari در یک نگاه ۶۱

۲.۴ مشاهدات و نورسنجی ۶۳

۳.۴ تحلیل منحنی نوری ۶۶

۱.۳.۴ نرم افزار Phoebe ۶۷

۴.۴ تعیین پارامتر های مطلق ۷۶

۵.۴ زمان های کمینه ی گرفت ۸۰

۶.۴ مطالعه ی دوره تناوب ۸۴

۱.۶.۴ تعیین زیج خطی جدید ستاره دوتایی SS Ari ۸۷

۲.۶.۴ اثر نور زمان ناشی از جسم سوم ۹۱

۱.۲.۶.۴ تعیین پارامتر های سیستم سه تایی ۹۲

۲.۲.۶.۴ جرم جسم سوم ۹۷

۵ بحث و نتیجه گیری ۹۹

مراجع ۱۰۴

فهرست تصاویر

۱.۱ نمونه ای از منحنی نوری ستارگان دوتایی گرفتی ۶

۲.۱ رده بندی کوپال ۸

۳.۱ منحنی نوری دوتایی نوع الغول ۹

۴.۱ منحنی نوری دوتایی بتا شلیاق ۹

۵.۱ منحنی نوری دوتایی W دب اکبر ۱۰

۶.۱ هندسه ی یک سیستم دوتایی ۱۲

۷.۱ نمودار سطوح هم پتانسیل مدل روچ و نقاط لاگرانژی ۱۴

۱.۲ پنجره ی تنظیمات ۳۶

۲.۲ پنجره ی فرمان ۳۷

۳.۲ ساختن تصویر تاریک ۳۸

۴.۲ نمایش دستور کلی برای بهنجار کردن تصاویر در پنجره ی فرمان ۳۸

۵.۲ انتخاب یک ستاره به منظور تراز کردن تصاویر ۳۹

۶.۲ پنجره ی تراز کردن تصاویر ۴۰

۷.۲ پنجره ی نورسنجی روزنه ای ۴۱

۸.۲ نمایش داده های بدست آمده از نورسنجی در پنجره ی خروجی ۴۲

۹.۲ پنجره ی نورسنجی خودکار ۴۳

۱۰.۲	پنجره ی خروجی داده های نورسنجی	۴۴
۱.۳	نمایی از رصدخانه ی دکتر مجتهدی دانشگاه بیرجند	۴۶
۲.۳	تلسکوپ اشمیت – کاسگرین	۴۷
۳.۳	CCD مدل ST-7	۴۸
۴.۳	نحوه ی اتصال کابل ها	۵۱
۵.۳	ستاره های پر نور نزدیک به ستاره دوتایی SS Ari	۵۳
۶.۳	پنجره ی تنظیمات نرم افزار MaxIm Dl	۵۴
۷.۳	دوتایی SS Ari و ستارگان اطراف آن در تصویر گرفته شده توسط CCD	۵۶
۸.۳	دوتایی SS Ari و ستارگان اطراف آن در نرم افزار Starry night	۵۶
۹.۳	پنجره ی Information	۵۷
۱۰.۳	پنجره ی Expose	۵۸
۱۱.۳	پنجره ی Autosave	۵۸
۱.۴	تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی گرفت اولیه	۶۴
۲.۴	منحنی تغییرات قدر ستاره دوتایی SS Ari بر حسب فاز در صافی های B، V، G و R	۶۵
۳.۴	پنجره ی مربوط به داده های مشاهداتی	۶۷
۴.۴	پنجره ی مربوط به فراخوانی داده های مشاهداتی	۶۸
۵.۴	پنجره ی مربوط به کمیت ها	۶۹
۶.۴	پنجره ی مربوط به بخش بهینه سازی	۷۰
۷.۴	پنجره ی مربوط به رسم منحنی نوری	۷۱
۸.۴	انطباق منحنی محاسباتی بر داده های مشاهداتی در صافی های V، B و R جانسون	۷۳
۹.۴	پنجره ی مربوط به منحنی باقی مانده ها	۷۵

۱۰.۴	مدار نسبی یک دوتایی در سه بعد. صفحه ی مماس بر آسمان XNY است	۷۶
۱۱.۴	منحنی سرعت شعاعی برای دو ستاره در یک سیستم دوتایی	۷۸
۱۲.۴	منحنی سرعت شعاعی دوتایی SS Ari ارائه شده توسط کیم	۷۸
۱۳.۴	تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی اولیه ی منحنی نوری SS Ari در صافی B	۸۱
۱۴.۴	تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی ثانویه ی منحنی نوری SS Ari در صافی B	۸۱
۱۵.۴	تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی اولیه ی منحنی نوری SS Ari در صافی R	۸۲
۱۶.۴	تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی ثانویه ی منحنی نوری SS Ari در صافی R	۸۲
۱۷.۴	تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی اولیه ی منحنی نوری SS Ari در صافی V	۸۳
۱۸.۴	تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی ثانویه ی منحنی نوری SS Ari در صافی V	۸۳
۱۹.۴	منحنی o-c برای زمان های کمینه ی اولیه و ثانویه ی دوتایی گرفتی SS Ari	۸۶
۲۰.۴	منحنی O-C به همراه بهترین تابع درجه ۲ منطبق بر آن	۸۷
۲۱.۴	مدار سیستم سه تایی که شیب مداری ۹۰ در نظر گرفته شده است.	۹۱
۲۲.۴	منحنی باقیمانده های O-C بر حسب دوره	۹۲
۲۳.۴	تطبیق تابع لورنتسی بر بیشینه و کمینه ی منحنی باقیمانده ها بر حسب دوره	۹۳
۲۴.۴	انطباق منحنی ساخته شده توسط نرم افزار Period04 بر داده های باقی مانده ها	۹۵
۲۵.۴	تطبیق تابع نور- زمان بر منحنی باقی مانده های O-C بر حسب آنومالی حقیقی	۹۶
۲۶.۴	باقی مانده های نهایی بر حسب دوره حول خط افقی گذرنده از مبدأ	۹۸
۲۷.۴	باقی مانده های نهایی حاصل از نرم افزار Period04 حول خط افقی گذرنده از مبدأ	۹۸
۱.۵	وضعیت دو ستاره نسبت به روچ لب ها و محل قرار گیری لکه بر روی ستاره ی ثانویه	۱۰۲

فهرست جداول

۱.۳	مشخصات ستاره ی متغیر و مقایسه	۵۰
۱.۴	کمیت های بدست آمده از اجرای برنامه ی فوبه برای دوتایی گرفتی SS Ari	۷۴
۲.۴	مشخصات لکه ی واقع بر سطح ستاره ی ثانویه	۷۴
۳.۴	کمیت های مطلق ستاره دوتایی SS Ari	۷۹
۴.۴	زمان های کمینه ی گرفت	۸۰
۵.۴	ضرایب تابع درجه ۲ منطبق شده بر منحنی O-C	۸۷
۶.۴	کمیت های سیستم سه تایی	۹۶
۷.۴	کمیت های فیزیکی جسم سوم	۹۷
۱.۵	مقایسه ی کمیت های نسبی بدست آمده برای دوتایی گرفتی SS Ari با کار سایرین	۱۰۰
۲.۵	مقایسه ی کمیت های مطلق بدست آمده برای دوتایی گرفتی SS Ari با کار سایرین	۱۰۱
۳.۵	مقایسه ی کمیت های بدست آمده برای لکه با کار سایرین	۱۰۲

فصل اول:

ستارگان دوتایی

۱.۱ مقدمه

تشخیص رفتار بلند مدت ستارگان متغیر، نیازمند رصدهای منظم در طول دهه ها می باشد. ستاره شناسان غیر حرفه ای با به بکار گیری روش های بصری، فتوگرافی، فتومتری و CCD[۱] به رصد ستارگان متغیر و ثبت رصدشان در بانک بین المللی اطلاعات AAVSO می پردازند و با این کار به علم کمک بسیار زیادی می کنند. برای آگاهی از رفتار ستارگان متغیر نیاز به پردازش این داده ها است. با زمان بندی ماهواره ها برای مشاهده ی ستارگانی که از متغیر بودن آنها اطمینان داریم و با منطبق کردن اطلاعات ماهواره ها و مشاهدات زمینی و مدل های نظری رایانه ای، شناخت رفتار ستارگان متغیر امکان پذیر می شود.

یکی از مهمترین اهمیت های مطالعه ی ستارگان دوتایی در این است که به کمک قوانین فیزیکی و تحلیل منحنی نوری دوتایی های گرفتی و منحنی سرعت شعاعی آنها می‌توان به خصوصیات مهم این ستاره ها مانند: جرم، شعاع، چگالی، دمای سطحی، تابندگی و آهنگ چرخش آنها دست پیدا کرد و با اندازه گیری ضرایب تاریکی لبه می‌توان به بررسی ساختار جو ستارگان پرداخت. از تحلیل منحنی نوری دوتایی ها، شیب مداری، شعاع نسبی ستاره ها و خروج از مرکز مداری نیز به دست می آید. امکان تعیین کمیت های مطلق ستارگان سیستم و نیز سیر تحولی ستارگان با استفاده از مشاهدات نورسنجی و مطالعات طیف سنجی از دیگر دلایل اهمیت سیستم دوتایی و مطالعه ی آن ها است. به دست آوردن برخی از این اطلاعات از راههای دیگر بسیار مشکل یا غیر ممکن به نظر می رسد. در بسیاری از موارد، جواب در ذات متغیر بودن نهفته است و در نهایت این اطلاعات برای دیگر ستاره ها استفاده می شوند[۱].

[۱] Charge Couple Device

۲.۱ تاریخچه ی ستارگان دوتایی

بشر در طول تاریخ همواره مجذوب آسمان شب بوده است. نقاط نورانی واقع در آسمان شب که آنها را ستاره می نامیم، می توان به دو گروه تقسیم کرد: یک گروه ستارگان تنها شبیه خورشید هستند که ممکن است سیارات و یا جرم های سرگردان دیگر، که جرمشان یک هزارم جرم ستاره ی اصلی است، به دور آن بچرخند. گروه دیگر ستارگان دو یا چندتایی هستند، که در مدارهای مقید حول مرکز جرم مشترکشان حرکت می کنند، که آنها را سیستم های دوتایی یا چندتایی می نامند. کسر بزرگی از ستارگان آسمان را ستارگان دوتایی تشکیل می دهند. بیش از ۵۰ درصد ستارگانی که در آسمان مشاهده می شوند سیستم های دوتایی یا چندتایی هستند. ستارگان دوتایی در اختر فیزیک بسیار مهم هستند زیرا مدار آنها جرمشان را مشخص می کند. جرم بسیاری از ستارگان منفرد هم از طریق برون یابی جرم ستارگان دوتایی به دست می آید.

اولین ستاره ی دوتایی در سال ۱۶۵۰ میلادی توسط جین باتیستا ریچیولی[۲] ستاره شناس ایتالیایی کشف شد. این ستاره به نام میزار[۳] در دب اکبر واقع است. در سال ۱۶۵۶ م. هویگنس[۴] موفق شد تتای جبار، که سیستمی سه‌تایی است را کشف کند و در سال ۱۶۶۴ م. رابرت هوک[۵] دریافت که ستاره ی گامای حمل در واقع یک جفت ستاره است. از اواخر قرن هجده تا اوایل قرن بیستم مطالعه ی ستارگان دوتایی مرئی یکی از زمینه های اصلی تحقیقات نجومی به حساب می آمد که در واقع با کشف تغییرات تابندگی دوتایی رأس الغول توسط جان گودریک[۶] در سال ۱۷۸۳ م. و به دنبال آن تعیین دوره تناوب برای این دسته از ستارگان آغاز گردید. لفظ ستارگان دوتایی از سال ۱۸۰۲ م. توسط سر ویلیام هرشل[۷] به کار رفت. در تعریف او آمده است، یک ستاره ی دوتایی واقعی متشکل از دو ستاره است، به طوری که یکدیگر را جذب می‌کنند. جان هرشل[۸] کار پدر را ادامه داد و توانست بالغ بر ۱۰۰۰۰ ستاره دوتایی را کشف کند. این روند همچنان ادامه دارد و هر ساله ستارگان دوتایی زیادی کشف می شوند[۲].

[۲] Jean Baptista Riccioli
[۳] Mizar
[۴] Hugghens
[۵] Robert Houk
[۶] Goodrich
[۷] sir William Herschel
[۸] John Herschel

۳.۱ انواع سیستم های دوتایی

سیستم های دوتایی با توجه به نحوه‌ی آشکارسازی آنها در چند دسته ی مختلف رده بندی می‌شوند:

۱.۳.۱ سیستم های دوتایی نوری[۹]

این دوتایی ها سیستم های واقعی نیستند و تنها به دلیل اینکه بعد و میل تقریباً یکسانی دارند در آسمان در یک مکان دیده می شوند در صورتی که ممکن است صد ها سال نوری از یکدیگر فاصله داشته باشند و فقط در یک امتداد خط دید واقع شده اند بنابراین نیروی گرانشی بین آنها وجود ندارد و نمی - توان از آنها برای تعیین خصوصیات مؤلفه ها استفاده کرد. دوتایی عناق[۱۰] و سها[۱۱] در صورت فلکی دب اکبر، نمونه ای از اینگونه سیستم ها هستند که تنها به دلیل نزدیکی ظاهری با یکدیگر به صورت سیستم دوتایی به نظر می رسند. البته هنگامی که به بررسی عمیق تر این دو ستاره می پردازیم درمی یابیم که خود عناق دوتایی مرئی است و ارتباطی با سها ندارد. نکته ی جالب توجه اینکه وقتی دو ستاره ی تشکیل دهنده ی دوتایی عناق را مورد بررسی طیفی قرار می دهیم در می یابیم که هر یک از این دو ستاره، خود نیز در واقع دوتایی طیف سنجی اند و این یافته ی تصویری بسیار پیچیده و البته شگفت انگیز را در برابر ما قرار می دهد[۳].

۲.۳.۱ سیستم های دوتایی مرئی[۱۲]

در بعضی از موارد دو ستاره به اندازه ی کافی از هم فاصله دارند به طوری که می توان جدایی آن ها را مشاهده کرد. دوره تناوب این سیستم ها ممکن است در حدود چند صد سال باشد. با این وجود می توان حرکت مداری آن ها را تشخیص داد. اینگونه سیستم ها را دوتایی مرئی گویند زیرا دو ستاره را می توان با استفاده از تلسکوپ مشاهده کرد و با استفاده از جدایی خطی ستاره ها می توان فاصله ی آنها را از ناظر محاسبه نمود[۳].

[۹] Obtical binary
[۱۰] Mizar
[۱۱] Alcor
[۱۲] Visual binary

۳.۳.۱ سیستم های دوتایی اختر سنجی[۱۳]

در این سیستم های دوتایی یک ستاره به صورت خیلی معنی داری روشن تر از دیگری است به طوری که نور ستاره ی دوم دیده نمی شود ولی از روی حرکت نوسانی مؤلفه ی بصری یا پر نورتر می توان فهمید تحت گرانش یک جرم دیگری می باشد که حول مرکز جرم مشترک حرکت می کند و تصویر نوسانی را نشان می دهد. مانند سیروس[۱۴] که از روی حرکت اختلالی آن سیروس B که یک کوتوله ی سفید است، کشف شد[۳].

۴.۳.۱ سیستم های دوتایی طیفی[۱۵]

برخی از دوتایی ها آنقدر به هم نزدیک و یا از ما دورند که تفکیک آنها با تلسکوپ های قوی نیز ممکن نیست، لذا مانند یک ستاره ی منفرد دیده می‌شوند. این سیستم ها دارای خطوط طیفی، متعلق به دو دسته ی طیفی مختلف اند، بطور واضح تر می‌توان گفت دو طیف کاملاً متفاوت روی هم قرار می-گیرند و از این طریق در می یابیم که این طیف ترکیبی توسط دو ستاره از یک سیستم دوتایی تولید شده است[۳].

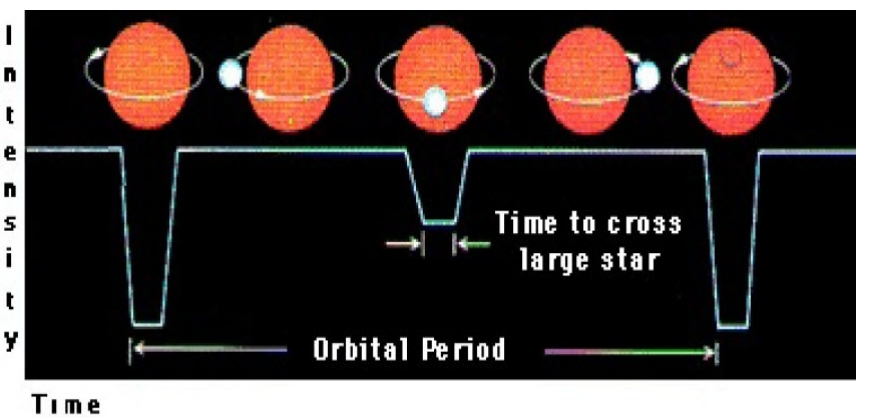
۵.۳.۱ سیستم های دوتایی طیف سنجی[۱۶]

سیستم‌هایی با دو طیف کاملاً مستقل و قابل تشخیص اند، چنانچه سرعت حرکت مداریشان بیش از یک کیلومتر بر ثانیه و زاویه میل مداریشان مخالف صفر باشد، خطوط طیفی هر یک از ستاره ها به علت اثر دوپلر نسبت به چارچوب سکون انتقال پیدا می‌کند به طوریکه وقتی خطوط طیف یک ستاره به سمت آبی انتقال پیدا می‌کند ستاره ی دیگر انتقالی به سمت قرمز دارد. در طیف دوتایی های طیف سنجی گاهی یک ستاره به قدری کم نور است که فقط طیف یک ستاره دیده می‌شود (طیف تک خط) و در مواردی که هر دو ستاره قابل تشخیص باشند، طیف مربوط به دو مؤلفه مشاهده می‌شوند (طیف دو خط)[۳].

[۱۳] Astrometric binary
[۱۴] Sirius
[۱۵] Spectrum binary
[۱۶] Spectroscopic binary

۶.۳.۱ سیستم های دوتایی گرفتی[۱۷]

این دوتایی ها برعکس دوتایی های مرئی خیلی به هم نزدیک اند و با تلسکوپ نمی توان آنها را از هم تفکیک کرد. در واقع صفحه ی گردش مداری این نوع از دوتایی ها به گونه ایست که در هر دور گردش، یکی از ستاره ها جلوی دیگری را می گیرد و مانع رسیدن نور آن به ما می شود، در نتیجه ما نمی توانیم نور یکی از ستاره ها را ببینیم و مطابق شکل ۱.۱ گرفت های اولیه و ثانویه رخ می دهند. ما از روی آهنگ کم و زیاد شدن نور ستاره می فهمیم که در حقیقت دو ستاره است، که یکی در حال گردش به دور دیگری است. با استفاده از روش نورسنجی در بازه های زمانی معین از ستاره ها، منحنی نوری سیستم دوتایی بدست می آید. و به کمک این منحنی نوری می توان بسیاری از پارامتر های فیزیکی و هندسی ستارگان این سیستم دوتایی را تعیین کرد. این سیستم ها می توانند طیفی و یا مرئی باشند که عمدتاً طیفی اند و از روی منحنی های سرعت شعاعی و نوری اینگونه سیستم ها، کمیت های مطلق هر کدام از مؤلفه ها را به صورت جداگانه محاسبه کرد. راس الغول یا همان بتای برساووش[۱۸] یکی از بهترین نمونه های دوتایی های گرفتی است[۳].



شکل ۱.۱: نمونه ای از منحنی نوری ستارگان دوتایی گرفتی

[۱۷] Eclipsing binary
[۱۸] β Perseus

۴.۱ رده بندی ستارگان دوتایی

با توجه به فراوانی و تفاوت های فیزیکی ستارگان دوتایی، رده بندی آنها مهم و ضروری است. این رده بندی ها بر اساس عوامل فیزیکی مختلف و عمدتاً بر مبنای تحول مؤلفه ها، سطوح هم پتانسیل و شکل منحنی نوری ستارگان دوتایی گرفتی انجام شده است. در ادامه به بررسی مهمترین رده بندی های ستارگان دوتایی که رده بندی کوپال[۱۹] و هازل هرست[۲۰] می باشد، می پردازیم[۱].

۱.۴.۱ رده بندی کوپال

کوپال در سال ۱۹۵۹دوتایی ها را مطابق شکل ۲.۱ بر اساس نوع تحول مؤلفه‌ها و سطوح هم پتانسیل اطراف آنها به سه گروه زیر تقسیم بندی کرد[۴]:

۱. دوتایی‌های جدا از هم[۲۱]

در این سیستم ها هر دو مؤلفه، کوچکتر از حد بحرانی (توضیح مربوط به حد بحرانی در بخش ۶.۱ آمده است) خود می‌باشند. اکثر دوتایی های تحول نیافته با مؤلفه هایی بر روی رشته ی اصلی در این گروه جای می‌گیرند. دوره تناوب آنها اکثراً کوتاه و مؤلفه ی اصلی بزرگتر، پرجرمتر و دارای طیفی با دمای بالاتر است.

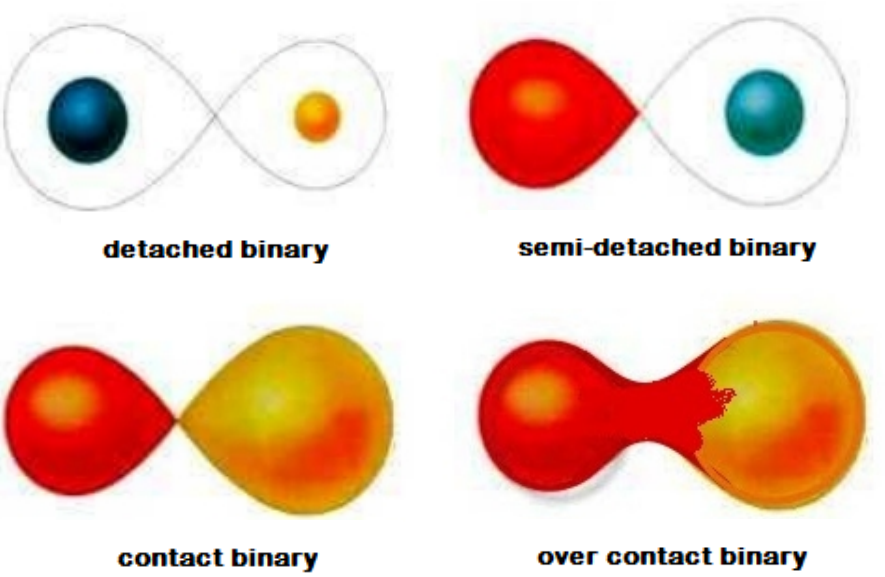
۲. دوتایی‌های نیمه جدا[۲۲]

در این دوتایی ها یک مؤلفه حد بحرانی خود را پرکرده است. غالباً در این دوتایی ها، مؤلفه‌ی اصلی کوچکتر و گرمتر از مؤلفه ی همدم است. در این سیستم ها، فرایند انتقال جرم، سبب تحول ستاره می‌شود. غالباً مدار این سیستم ها دایروی می باشد. دوتایی های الغول[۲۳] جزء این گروه محسوب می-شوند.

[۱۹] Kopal
[۲۰] Hazel Hurst
[۲۱] Detached binary
[۲۲] Semidetached binary
[۲۳] Algol

۳. دوتایی های تماسی[۲۴]

هر دو مؤلفه حد بحرانی مخصوص به خود را پرکرده و حتی گاهی از آن لبریز شده و پوشش مشترک تشکیل می‌دهند. در این حالت، دو ستاره یک نقطه ی اشتراک دارند که نقطه لاگرانژی اول L_1 نام دارد. گاهی فصل مشترک دو ستاره بیشتر از یک نقطه خواهد بود که در این صورت سیستم را دوتایی فوق تماسی[۲۵] می نامند.



شکل ۲.۱: رده بندی کوپال

۲.۴.۱ رده بندی هازل هرست

شکل منحنی نوری ستارگان دوتایی با هم متفاوت است. هازل هرست دوتایی ها رابر اساس شکل منحنی نوری شان به سه گروه زیر مطابق شکل ۳.۱ تا ۵.۱ طبقه بندی کرده است[۱]:

[۲۴] Contact binary
[۲۵] Over contact binary