بسم الله الرحمن الرحیم
وبه نستعین

دانشگاه بیرجند

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک (نجوم)

عنوان:

نورسنجی و تحلیل منحنی نوری ستاره دوتایی گرفتی V523 Cas

در صافی های U، B، V و R

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر عباس عابدی

نگارش:

محیا محمّدی

تابستان ۱۳۹۲

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است
مقدسترین واژه ها در لغت نامه دلم

مادر مهربانم که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت و گذشت او می دانم

پدری مشفق و حامی

خواهرم مأوا همراه همیشگی و پشتوانه ی زندگیم

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. سپاس خدای را که هر چه دارم از اوست.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، فراتر از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر عباس عابدی که با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کوششی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از اساتید فرزانه ؛ جناب آقای دکتر نفیسی و جناب آقای دکتر مکتبداران که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند و از استاد صبور و دلسوز، جناب آقای مهندس غلامحسین پور، که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ متشکرم.

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. فرشته های بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛ و خواهر عزیزم مأوا که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است، باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق او نکوشم.

چکیده

سیستم V523 Cas در چهار فیلتر جانسون U، B، V و R جانسون طی هشت شب در ماه های مرداد و شهریور سال ۱۳۹۱ در رصدخانه ی دکتر مجتهدی دانشگاه بیرجند نورسنجی شده است. فرآیند کاهش داده ها توسط نرم افزار IRIS انجام شده است. با تحلیل منحنی نوری پارامترهای فیزیکی و هندسی نسبی این سیستم بدست آمده است. همچنین با استفاده از داده های منحنی سرعت شعاعی پارامترهای مطلق این سیستم محاسبه شده است. در این پژوهش ۱۶ زمان کمینه ی گرفت اعلام شده است. با استفاده از این زمانها و زمانهای کمینه ی اعلام شده توسط سایر راصدان منحنی o-c کمینه های گرفت رسم و رفتار پریودی سیستم بررسی شده است. زیج خطی جدید این سیستم محاسبه شده است و بعلاوه با فرض پایستاری انتقال جرم، آهنگ انتقال جرم بدست آمده است. همچنین با احتمال حضور مؤلفه ی سوم، پارامترهای سیستم سه تایی و کمینه ی جرم جسم سوم محاسبه شده است. بعلاوه در این سیستم احتمال حضور مؤلفه ی چهارمی به شکل یک کوتوله ی سفید وجود دارد که پارامترهای مربوط به جسم چهارم و سیستم چهارتایی نیز استخراج شده اند. همچنین در این پژوهش احتمال تپنده بودن یکی از مؤلفه ها وجود دارد و دوره ی تناوب این تپش در هر چهار فیلتر بدست آمده است.

فهرست مطالب

۱ ستارگان دوتایی ۱

۱.۱ مقدمه ۲

۲.۱ تاریخچه ی ستارگان دوتایی ۳

۳.۱ انواع سیستم های دوتایی ۵

۱.۳.۱ سیستم های دوتایی ظاهری یا نوری ۵

۲.۳.۱ سیستم های دوتایی مرئی ۵

۳.۳.۱ دوتایی های نجوم سنجی ٦

٤.۳.۱ دوتایی های گرفتی ۷

۵.۳.۱ دوتایی های طیف سنجی ۹

٦.۳.۱ دوتایی های طیفی ۱۰

٤.۱ مدل روچ برای ستارگان دوتایی ۱۱

۵.۱ رده بندی ستارگان دوتایی ۱۵

۱.۵.۱ رده بندی کوپال ۱۵

۲.۵.۱ رده بندی هازل–هرست ۱۹

٦.١ شکل گیری ستارگان دوتایی ٢٢

٧.١ عوامل مؤثر بر منحنی نوری ٢٣

١.٧.١ تاریکی لبه ٢٣

٢.٧.١ تاریکی گرانشی ٢٣

٣.٧.١ اثر انعکاس ٢٤

٤.٧.١ حضور جسم سوم ٢٤

٥.٧.١ وجود لکه های ستاره ای ٢٤

٨.١ عوامل مؤثر بر تغییر پریود ٢٦

١.٨.١ انتقال جرم پایستار ٢٦

٢.٨.١ انتقال جرم ناپایستار ٢٦

٣.٨.١ حضور جسم سوم ٢٧

٤.٨.١ حرکت اوجی ٢٧

٥.٨.١ فعالیت های مغناطیسی دوره ای ٢٨

٢ ابزار و نرم افزارهای نجومی ٢٩

١.٢ رصدخانه ی دکتر مجتهدی دانشگاه بیرجند ٣٠

۲.۲ تلسکوپ اشمیت-گاسکرین ۳۱

۳.۲ CCD ۳۳

۱.۳.۲ تعیین زمان نوردهی ۳۷

۲.۳.۲ نسبت سیگنال به نویز ۳۷

۳.۳.۲ بهنجار کردن تصویر ۳۷

٤.۳.۲ تصویر تاریک ۳۸

٥.۳.۲ تصویر Bias ۳۹

٦.۳.۲ تصویر تخت ٤۰

٤.۲ نرم افزار Maxim DL ٤۲

٥.۲ نرم افزار IRIS ٤٥

٦.۲ نرم افزار Phoebe ٤۷

۱.٦.۲ ثبت اطلاعات ٤۷

۲.٦.۲ پارامترهای سیستم دوتایی ٥۱

۳.٦.۲ بهینه سازی تصاویر ٥۲

٤.٦.۲ رسم منحنی ٥۳

۷.۲ نرم افزار Period-04 ٥٤

۳ داده برداری و تحلیل سیستم دوتاییV523 Cas ٥٦

۳.۱ نحوه ی انتخاب سیستم دوتایی مورد نظر جهت نورسنجی ٥٧

۲.۳ سیستم دوتایی V523 Cas ٥٨

۳.۳ مشاهدات نورسنجی ٥٩

٤.۳ تحلیل منحنی نوری ٦۳

٥.۳ پارامترهای مطلق ٧١

٦.۳ مطالعه ی دوره ی تناوب ٧٤

٧.۳ تعیین پارامترهای جسم سوم ۸۳

۸.۳ تعیین پارامترهای جسم چهارم ۹۰

٤ نتیجه گیری ۹٥

مراجع ۱۰۲

فهرست تصاویر

۱.۱ نمونه ای از منحنی نوری یک سیستم دوتایی گرفتی ۸

۲.۱ طیف یک ستاره ی دوتایی طیف سنجی طی مدت چهار مرحله در یک پریود ۹

۳.۱ نمایی از یک سیستم دوتایی طیفی ۱۰

٤.۱ هندسه ی یک سیستم دوتایی ۱۲

۵.۱ نمودار سطوح هم پتانسیل مدل روچ و نقاط لاگرانژی ۱٤

٦.۱ سه بعدی از ستارگان در رده بندی کوپال ۱۷

۷.۱ وضعیت ستارگان نسبت به روچ لوب ۱۸

۸.۱ نمونه ای از دوتایی های الگول ۱۹

۹.۱ نمونه ای از منحنی نوری یک دوتایی از دسته بتا شلیاقی ۲۰

۱۰.۱ منحنی نوری یک ستاره از گروه W UMa ۲۱

۱۱.۱ عدم تقارن در منحنی نوری ناشی از لکه ی داغ ۲۵

۱.۲ رصدخانه ی دکتر مجتهدی دانشگاه بیرجند ۳۰

۲.۲ تلسکوپ ۱٤ اینچی اشمیت- گاسکرین ۳۲

۳.۲ نمایی از آرایه های فوتونی در CCD ۳٤

٤.۲ شکل ظاهری یک CCD ۳۵

۵.۲ شبیه سازی عملکرد CCD ۳٦

٦.۲ نمونه ای از تصویر تاریک ۳۸

۷.۲ نمونه ای از تصویر Bias ۳۹

۸.۲ نمونه ای از تصویر تخت ٤۰

۹.۲ نمونه ی تصویر بهینه شده با حذف تصویر تخت ٤۱

۱۰.۲ نمای کلی نرم افزار Maxim DL ٤۳

۱۱.۲ در این قسمت صافی و مدت زمان نوردهی به سیستم مشخص می شود ٤٤

۱۲.۲ در این پنجره نحوه ی تراز کردن تصاویر مشخص می شود ٤٦

۱۳.۲ نمای کلی نرم افزار Phoebe ٤۸

۱٤.۲ پنجره ی داده های ورودی ٤۸

۱۵.۲ محل انتخاب مد ستاره ی دوتایی ۵۰

۱٦.۲ پنجره ی پارامترها ۵۱

۱۷.۲ پنجره ی بهینه سازی ۵۲

۱۸.۲ پنجره ی رسم منحنی ۵۳

۱۹.۲ نمای کلی نرم افزار period-04 ٥٤

۱.۳ وضعیت ستاره ی دوتایی نسبت به صورت فلکی ذات الکرسی ٦٠

۲.۳ وضعیت سه ستاره ی متغیر، مقایسه و مقابله نسبت به هم ٦٠

۳.۳ نمونه ای از عکس گرفته شده از این سیستم دوتایی ٦١

٤.۳ منحنی تغییرات قدر بر حسب فاز در فیلترهای U , B, V و R جانسون ٦٢

٥.۳ تطبیق منحنی نظری بر منحنی داده ها در فیلترهای U, B, V وR ٦٦

٦.۳ محل قرارگیری لکه ٦٧

۷.۳ وضعیت قرارگیری ستاره نسبت به روچ لوپ ها ٦٧

۸.۳ تطبیق منحنی بر داده های باقی مانده ی منحنی نوری توسط نرم افزار Period-04 در صافی U ٦٨

۹.۳ تطبیق منحنی بر داده های باقی مانده ی منحنی نوری توسط نرم افزار Period-04 در صافی B ٦٩

۱۰.۳ تطبیق منحنی بر داده های باقی مانده ی منحنی نوری توسط نرم افزار Period-04 در صافی V ٦٩

۱۱.۳ تطبیق منحنی بر داده های باقی مانده ی منحنی نوری توسط نرم افزار Period-04 در صافی R ۷۰

۱۲.۳ منحنی سرعت شعاعی ارائه شده توسط رسینیسکی در سال ۲۰۰۳ ۷۳

۱۳.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی اولیه در فیلتر U ۷۵

۱٤.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی ثانویه در فیلتر U ۷۵

۱۵.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی اولیه در فیلتر B ۷٦

۱٦.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی ثانویه در فیلتر B ۷٦

۱۷.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی اولیه در فیلتر V ۷۷

۱۸.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی ثانویه در فیلتر V ۷۷

۱۹.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی اولیه در فیلتر R ۷۸

۲۰.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر کمینه ی ثانویه در فیلتر R ۷۸

۲۱.۳ منحنی O-C زمان های کمینه ی گرفت اولیه و ثانویه ۸۰

۲۲.۳ تطبیق منحنی درجه ی دو بر داده های o-c کمینه های گرفت ۸۰

۲۳.۳ منحنی باقی مانده های O-C بر حسب دوره و تابع درجه ی ٤ منطبق بر آن ۸۲

۲٤.۳ مدار سیستم سه تایی که شیب مداری آن ۹۰ درجه است ۸۳

۲۵.۳ تطبیق تابع لورنتسی بر بیشینه و کمینه ی منحنی باقی مانده ها برای محاسبه ی K ۸٤

۲۶.۳ انطباق منحنی ساخته شده توسط نرم افزار Period-04 بر داده های باقی مانده ها ۸۶

۲۷.۳ تطبیق تابع نور- زمان بر منحنی باقی مانده های O-C بر حسب آنومالی حقیقی ۸۷

۲۸.۳ منحنی باقی مانده ها بعد از تطبیق تابع نور- زمان برحسب دوره ۹۰

۲۹.۳ منحنی تطبیقی بر داده ها توسط نرم افزار period-04 ۹۱

۳۰.۳ تطبیق تابع نور- زمان بر داده های باقی مانده ی جسم سوم بر حسب آنومالی حقیقی ۹۲

۳۱.۳ باقی مانده های نهایی بر حسب آنومالی حقیقی ۹٤

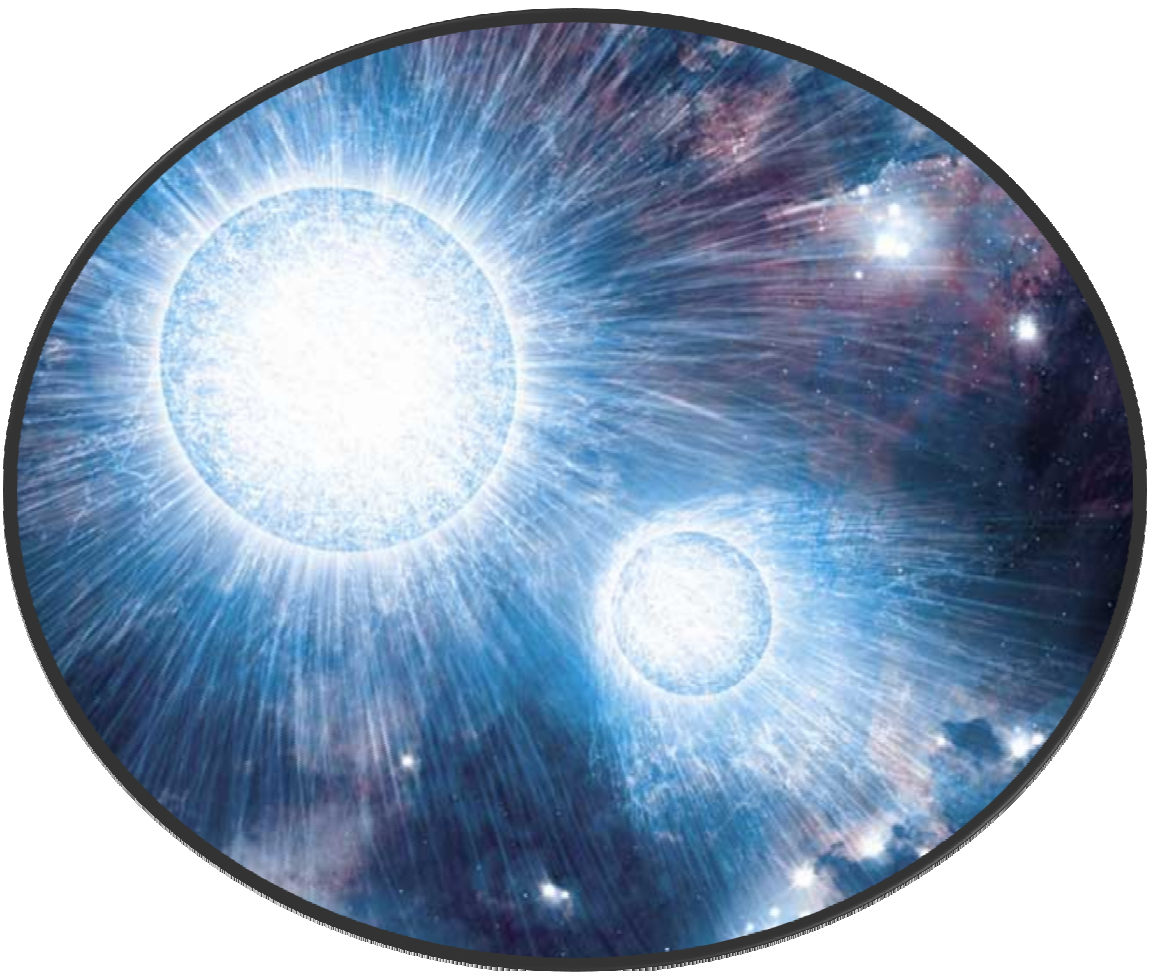
۱.٤ منحنی تغییرات فاکتور همپوشانی بر حسب سال ۹۹

فهرست جداول

۱.۳ مختصات و قدر ستارگان متغییر، مقایسه و مقابله در سال ۲۰۱۲	٦١
۲.۳ پارامترهای استخراجی از اجرای نرم افزار Phoebe	٦٥
۳.۳ پارامترهای مربوط به لکه	٦٧
٤.۳ پارامترهای مطلق سیستم دوتایی گرفتی V523 Cas	٧٣
٥.۳ زمان های کمینه ی گرفت	٧٤
٦.۳ ضرایب تابع درجه ی دو منطبق شده بر داده های o-c کمینه های گرفت	٧٩
۷.۳ پارامتر سیستم های سه تایی	٨٨
۸.۳ پارامترهای فیزیکی جسم سوم	٨٩
۹.۳ پارامترهای سیستم چهارتایی	٩٢
۱۰.۳ پارامترهای جسم چهارم	٩٣
۱.٤ تطبیق پارامترهای نسبی محاسبه شده در این پژوهش با چند راصد دیگر	٩٧
۲.٤ مقایسه ی پارامترهای مطلق این سیستم در این کار با دو راصد دیگر	٩٨
۳.٤ تغییرات فاکتور همپوشانی طی چند سال	٩٨

فصل اول

ستارگان دوتایی



۱.۱ مقدمه

در یک نگاه گذرا به آسمان شب می‌توان نقاط نورانی بی‌شماری را مشاهده کرد که گویی بر یک صفحه متحرک متصل شده‌اند و نقش‌آفرینی شبانه خود را انجام می‌دهند. اما اگر دقیق‌تر نگاه کنیم درمی‌یابیم که اغلب این ستارگان تنها نیستند و هماوردی دارند که حرکاتشان با وی تنظیم و تعیین می‌شود. این هماوردها سیستم‌هایی شکل می‌دهند که با نام ستارگان دوتایی شناخته می‌شوند (که البته ممکن است از بیش از دو ستاره نیز تشکیل شده باشند).

این سیستم ها از اهمیت زیادی در بین سیستم های ستاره ای برخوردارند، زیرا قوانین فیزیکی شناخته شده همراه با مشاهدات مناسب رصدی از سیستم های دوتایی، می توانند اطلاعات ارزشمندی از ستارگان را در اختیار ما قرار دهند. ویژگی هایی مانند جرم، شعاع، دمای سطحی، چگالی، تابندگی ، آهنگ چرخش و ضرائب تاریکی لبه از حل منحنی های نوری بدست می آیند که از ضرائب تاریکی لبه در بررسی ساختار جو ستاره استفاده می شود. زاویه میل مداری، شعاع نسبی ستارگان سیستم و خروج از مرکز مداری نیز به کمک شکل منحنی نوری قابل تعیین است. امکان تعیین پارامترهای مطلق ستارگان سیستم و نیز سیر تحولی ستارگان با استفاده از مشاهدات نورسنجی و مطالعات طیف سنجی از دیگر دلایل اهمیت سیستم های دوتایی و مطالعه آنها است [۱].

۲.۱ تاریخچه ی ستارگان دوتایی

کشف اولین ستاره دوتایی قابل مشاهده با کمک تلسکوپ رادر سال ۱٦٥۰ به ریکلی[۱] نسبت می دهند که ستاره جفت یا همدم ستاره عناق[۲] در صورت فلکی خرس بزرگ می باشد که جدایی دو مولفه ١٤ ثانیه قوسی است. کشف ستاره های دوتایی همچنان ادامه داشت تااینکه جان میشل[۳] درسال ۱۷٦۷ با ارائه مقاله ای، ارتباط گرانشی و مطابقت با بعضی قوانین عمومی حرکت را نشان داد. ستاره هایی که دارای ارتباط فیزیکی هستند با دوره ایی چندین ساله به دور یکدیگر چرخیده و با گذشت چند سال وحتی چند ماه در مورد برخی از آنها براحتی می توان چرخش آنها را مشاهده و اندازه گیری کرد. دوره چرخش بعضی ستاره های دوتایی به چند صد تا هزار سال هم می رسد. دو ستاره در واقع حول مرکز جرم مشترکشان می چرخند وهرچه به یکدیگر نزدیکتر باشند سرعت چرخش شان بدور هم بیشتر است. ولی عبارت ستارگان دوتایی برای نخستین بار در سال ۱۸۰۲ توسط ویلیام هرشل[٤] به کار گرفته شد، آنجا که وی در دست نوشته ی خود چنین نگاشت:

((در صورتی که دو ستاره در موقعیت بسیار نزدیک نسبت به هم قرار داشته باشند و در عین حال از نیروهای خارجی دیگر مجزا بوده و تحت تاثیر نیروهای حاصله از سایر ستارگان همسایه قرار نگیرند، یک سیستم مجزا را تشکیل می‌دهند و در اثر نیروی گرانشی‌شان نسبت به دیگری یک سیستم مقید را شکل می‌دهند. سیستمی که از یک جفت ستاره تشکیل شده است و از این پس تحت عنوان دوتایی بررسی خواهند شد.))

اما در تعریف نوین از ستارگان دوتایی اصولاً به سیستمی از ستارگان، دوتایی می‌گویند که در آن دو ستاره به دور یک مرکز جرم معین گردش تناوبی داشته باشند[۲].

[۱] Riccioli
[۲] Mizar
[۳] John Michell
[٤] William Herschel

در مطالعات انجام شده توسط اَبت[۵] در سال ۱۹۸۳ مشخص شد که حدود ۵۰٪ از سیستم های ستاره ای، سیستم‌های دوتایی و یا چندتایی هستند. این حقیقت تنها عامل توجه به این سیستم ها نیست. برخی از ویژگی های این سیستم ها عبارتند از:

۱) تنها راه محاسبه جرم ستارگان سیستم های دوتایی می باشند.

۲) فرضیه سیر تکاملی ستاره ای با وجود سیستم های دوتایی با مؤلفه های هم سن تصدیق می شود. اما این مورد تنها در مورد ستارگان دوتایی جدا از هم صادق است، زیرا در ستارگان تماسی سازوکارهای موجود مثل انتقال جرم باعث اختلال سیر تکاملی هر مؤلفه به صورت یک ستاره منفرد می شود.

۳) با توجه به وابسته بودن شکل دو مؤلفه به هم از روی شکل دو ستاره و از طریق برهم کنش های جزرومدی برخی از پارامترهای فیزیکی سیستم قابل محاسبه است.

٤) از آنجایی که قدرمطلق هر ستاره از سیستم دوتایی با استفاده از درخشندگی آن بدست می آید، از سیستم های دوتایی برای تخمین فاصله نیز می توان استفاده کرد[۳].

[۵] Abt

۳.۱ انواع سیستم های دوتایی

سیستم های دوتایی با توجه به نحوه ی آشکارسازی به شش دسته ی اصلی تقسیم می‌شوند:

۱.۳.۱ دوتایی‌های ظاهری یا نوری[۶]

در واقع این ستارگان، دوتایی‌های واقعی نیستند چرا که ارتباط فیزیکی با یکدیگر ندارند و تنها به واسطه ی این که از نظر ظاهری در یک خط دید قرار دارند، مرتبط به نظر می‌رسند. این سیستم‌ها پس از بررسی‌های تکمیلی ناهماهنگی‌های خود را آشکار می‌کنند و به زودی مشخص می‌شود که ارتباطی با یکدیگر ندارند. دوتایی سهی[۷] و عناق یک نمونه از این گونه سیستم‌ها هستند که تنها به دلیل قرابت ظاهری با یکدیگر به صورت سیستم دوتایی به نظر می‌رسند، ولی در واقع هیچ ارتباط فیزیکی با یکدیگر ندارند. البته هنگامی‌که به بررسی عمیق تر این دو ستاره می‌پردازیم درمی‌یابیم که خود عناق یک دوتایی مرئی است لکن ارتباطی با سهی ندارد. نکته جالب توجه این است که وقتی دو ستاره ی تشکیل‌دهنده دوتایی عناق را مورد بررسی طیفی قرار می‌دهیم در می‌یابیم که هر یک از این دو ستاره، خود نیز در واقع دوتایی‌اند (البته دوتایی طیف‌سنجی) و این یافته تصویری بسیار پیچیده و البته شگفت‌انگیز را در برابر ما قرار می‌دهد[۳و٤].

۲.۳.۱ دوتایی‌های مرئی[۸]

این ستارگان به اندازه کافی به ما نزدیک‌اند و در عین حال به قدر کافی از یکدیگر دور که ما می‌توانیم به طور عادی و با بهره‌گیری از تکنیک‌های بصری یا روش‌های تداخل‌سنجی حضور آنان را در یک سیستم دریابیم، به

[۶] Optical binary
[۷] Alcor
[۸] Visual Binary