دانشگاه بیرجند

دانشکدهٔ علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیک(نجوم)

عنوان:

نور سنجی و تحلیل منحنی نوری ستاره دوتایی گرفتی DI Peg

در فیلترهای B ، V و R

استاد راهنما:

دکتر عباس عابدی

نگارش:

سمانه عباسی بلوچخانه

زمستان ۱۳۸۹

کلیه مزایا اعم از چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه، اقتباس و .... از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد برای دانشگاه بیرجند محفوظ می‌باشد. نقل مطالب با ذکر منابع بلامانع است.

تقدیم به:

پدرم که بادستهای خسته و پر مهرش نردبان صعودم را به آسمان علم و معرفت برافراشت

و مادرم که

که چشمهای مهربانش را به دعای سجاده سبزش بدرقه راه زندگیم کرد و لبخند رضایتش گذر رنج آور چند سال

تحصیل مرا شیرین و آسان نمود.

و تقدیم به

رضا و رسول

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بی کران خداوند مهربان را که آنچه را که انسان نمی دانست به او آموخت. خداوندی که اندیشه بشری هرگز به ژرفای عظمتش راه نیابد که او مبداء علم و آگاهی و معرفت است.

مراتب تقدیر و تشکر خود را از استاد فرزانه و اندیشمندم، جناب آقای دکتر عباس عابدی، که در کمال صداقت، متانت، تواضع و بزرگواری و با سعه صدر فراوان، راهنمایی های بسیار ارزنده ای را در تهیه و تنظیم این پژوهش داشتند، اعلام میدارم. لحظاتی را که در حضور ایشان سپری کردم همواره در خاطر خواهم داشت. حکایت دل سپردن به حضرت دوست و آموختن این حقیقت که پای در راه نهیم و از آنچه آموخته ایم در رسیدن به مقصد چراغی برافروزیم. امیدوارم در پناه الطاف یزدان پاک، شاد، سلامت و پیروز باشند.

وظیفه خود میدانم از اساتید گرانقدر و ارزشمندی که داوری پایان نامه اینجانب را بر عهده گرفتند، جناب آقای دکتر کاظم نفیسی و جناب آقای دکتر علیرضا محمدنژاد کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

از زحمات و محبتهای کلیه دوستان و عزیزانی که مشوق و همراه من بودند: فاطمه زهرا زراعتگری، ناهید زحمتکش، افسانه ایوبی نیا، مریم سعیدی، زهرا پاکدین، فروغ بلاد، آتنا نعیمی و همچنین دوستانی که در رصدخانه همراه من بودند از جمله: خانم ها زارعی و مصطفایی و آقایان اکبریان و فرجی نژاد کمال تشکر را دارم.

و در نهایت تشکر ویژه و خاص خودم را نسبت به خانم مریم علیپور به عنوان بهترین دوست و همراه که هرگز لحظات با ایشان بودن را از خاطر نخواهم برد، ابراز می کنم.

چکیده

در این پژوهش ستاره دوتایی گرفتی DI Peg در سه صافی V، B وR در رصد خانه دکتر مجتهدی

دانشگاه بیرجند نورسنجی شده است. با استفاده از برنامه ویلسون- دوینی داده ها تجزیه و تحلیل و پارامترهای فیزیکی و هندسی نسبی این سیستم بدست آمده و همچنین به کمک پارامترهای منتج از سرعت شعاعی، کمیت‌های مطلق آن تعیین شده است.. زمان های کمینه های گرفت، کمیت های دیگری است که از داده ها استخراج ودر نهایت با بررسی منحنی O-C این سیستم، دوره تناوب جدید آن بیان شده است. تأیید سه تایی بودن سیستم و تعیین پارامترهای سیستم سه تایی فعالیت دیگری بوده که صورت گرفته است.

فهرست مطالب

فصل اول: سیستم‌های دوتایی

۱-۱مقدمه ۲
۱-۲ انواع ستاره‌های دوتایی ۳
۱-۲-۱ ستارگان دوتایی اپتیکی ۳
۱-۲-۲ ستارگان دوتایی مرئی ۴
۱-۲-۳ ستارگان دوتایی اختر سنجی ۴
۱-۲-۴ ستارگان دوتایی طیفی ۴
۱-۲-۵ ستارگان دوتایی طیفی سنجی ۵
۱-۲-۶ ستارگان دوتایی گرفتی ۶
۱-۳ طبقه‌بندی ستارگان دوتایی ۷
۱-۳-۱ رده‌بندی طیفی هاروارد ۸
۱-۳-۲ رده‌بندی کوپال ۹
۱-۳-۲-۱مؤلفه‌های جدا از هم ۱۰
۱-۳-۲-۲ مؤلفه‌های نیمه جدا ۱۱
۱- ۳-۲-۳مؤلفه‌های تماسی ۱۲
۱-۴ تحول سیستم‌های دوتایی نزدیک ۱۴
۱-۴ -۱مدل روچ لب ۱۵
۱-۵ بررسی انتقال جرم در سیستم‌های دوتایی ۱۹
۱-۵-۱ انتقال جرم به صورت پایستار ۲۰
۱-۵-۲ انتقال جرم به صورت ناپایستار ۲۱
۱- ۵-۲- ۱اتلاف جرم از طریق باد ستاره ای ۲۱
۱-۵-۲-۲ انتقال جرم از طریق پر شدن حد روچ لب ۲۲
۱-۵-۲-۳ انتقال جرم از طریق ابر نواختری ۲۲
۱-۶ انواع ابرنواخترها ۲۳

فصل دوم: آنالیز منحنی نوری ستارگان گرفتی

۲-۱ مقدمه ۲۶
۲-۲ هدف از نورسنجی ستارگان دوتایی ۲۷
۲-۳ مراحل نورسنجی ۲۸
۲-۴ رصد ۲۹

۲-۵ منحنی نوری ستاره و عوامل مؤثر بر آن ۲۹
۲-۵-۱ تاریکی لبه ۳۰
۲-۵-۲ تاریکی گرانشی ۳۲
۲-۵-۳ اثر انعکاسی ۳۲
۲-۵-۴ لک ستارگان ۳۲
۲-۵-۵ پدیده گرفتی ۳۳
۲-۵-۶ جسم سوم ۳۴
۲-۶ عوامل مؤثر در تغییرات دوره تناوب سیستم دوتایی ۳۵
۲-۶-۱ فعالیت‌های دوره‌ای مغناطیسی ۳۵
۲-۶-۲ جسم سوم ۳۴
۲-۶-۳ انتقال جرم ۳۵
۲-۶-۴ اتلاف جرم ۳۵
۲-۶-۵ حرکت اوجی
..... ۳۶
۲-۷ مدل ویلسون دوینی ۹۸ ..... ۳۶
۲-۷-۱ برنامه منحنی نوری ال‌سی ۳۷
۲-۷-۲ برنامه تصحیحات جزئی دی‌سی ۳۸

فصل سوم: مشاهده و نور سنجی ستاره دوتایی گرفتی DI Pegasi

۳-۱ مقدمه ۴۱
۳-۲ آشنایی با رصد خانه دکتر مجتهدی بیرجند ۴۲
۳-۲-۱ رصد خانه دکتر مجتهدی بیرجند ۴۲
۳-۳ مراحل نورسنجی ستاره DI Pegasi ۴۵
۳-۳-۱ مراحل قبل از رصد ۴۵
۳-۴ مشاهده ستاره دوتایی گرفتی DI Pegasi ۴۵
۴-۵ شروع نور سنجی ۴۸
۳-۶ عمل واکافت داده‌ها ۴۸
۳-۶-۱ تعیین ضریب خاموشی ۴۹
۳-۶-۲ قدر ۵۱
۳-۶-۳ محاسبه فاز ستاره ۵۲

فصل چهارم: حل سیستم وبررسی دوره تناوب

۴-۱ مقدمه ۵۵
۴-۲منحنی نوری ستاره دوتایی ۵۶
۴-۳زمان های کمینه گرفت و دوره تناوب سیستم دوتایی DI Pegasi ۵۸
۴-۴مطالعه دوره تناوب ستاره ۶۱
۴-۵ تحلیل منحنی نوری ۶۵
۴-۶تعیین کمیت های مطلق سیستم ۶۹
۴-۷ رفتار سیستم دوتایی ۷۱
۴-۸ محاسبه جرم جسم سوم ۷۵
نتیجه گیری ۷۷
فهرست منابع ۷۹
پیوست ۸۲

فهرست اشکال:

شکل شماره ۱-۱ : ستارگان دوتایی ۵
شکل شماره ۱- ۲: ستارگان دوتایی گرفتی ۶
شکل ۱-۳: ستاره جدا از هم NSV08513، راصد خولوپو[1] (۱۹۸۲) ۱۰
شکل شماره ۱-۴: ستاره نیمه جدا TT Aur ۱۱
شکل شماره ۱-۵: ستاره تماسیBV Dra ۱۲
شکل ۱-۶: هندسه یک سیستم دوتایی ۱۵
شکل ۱-۷: مدل روچ برای ستارکان دوتایی ۱۶
شکل۱-۸: سطوح هم پتانسیل و نقاط لاگرانژی ۱۹
شکل ۱-۹: مراحل انتقال جرم ۲۱
شکل۱-۱۰: انتقال جرم ۲۲
شکل۲- ۱: منحنی نوری گرفتی ستاره دوتایی ۳۰
شکل۲-۲: نشان دادن لبه تاریک ستاره نسبت به مرکز آن ۳۱
شکل۲-۳ : لک گرم و برخورد جرم به مؤلفه دوم و تشکیل قرص برافزایشی ۳۳
شکل۲-۴ : سیستم سه جسمی ۳۴
شکل۲-۵: تصویری از سربرگ ورودی ال سی ۳۷
شکل۲-۶: تصویری از سربرگ ورودی دی سی ۳۹
شکل ۳-۱: تلسکوپ کاسگرین ۴۳
شکل ۳-۲ تلسکوپ کاسگرین ۴۴
شکل۳-۳ : موقعیت ستاره در آسمان در مقابل دیگر صورت فلکی ها ۴۷
شکل۳-۴: موقعبت ستاره متغیر DI Peg و ستاره مقایسه آن در آسمان ۴۷
شکل ۳-۵: نمونه ای برای محاسبه زاویه سمت الرأس ۴۹
شکل ۳-۶: نمونه ای از فایل ورودی برنامه REDWIP ۵۳
شکل شماره ۴-۱: منحنی تغییرات نور DI Peg در سه صافی V، B و R بر حسب تغییرات قدر ۵۷
شکل ۴-۲: تطبیق تابع لورنتس بر کمینه گرفت اولیه منحنی نوری ستاره DI Peg در صافی V ۶۰
شکل۴-۳: تطبیق تابع لورنتس بر کمینه گرفت اولیه منحنی نوری ستاره DI Peg در صافی B ۶۰
شکل۴-۴ :نمودار O-C ، DI Peg بر حسب تعداد دورها ۶۴
شکل۴-۵ :نمودار O-C ، DI Peg همراه بهترین چند جمله ای (درجه ۴) منطبق بر آن بر حسب تعداد دورها ..۶۴
شکل۴-۶: تطبیق منحنیLC بر داده های نور سنجی شده در فیلترB ۶۶
شکل۴-۷: تطبیق منحنیLC بر داده های نور سنجی شده در فیلترV ۶۶
شکل۴-۸: تطبیق منحنیLC بر داده های نور سنجی شده در فیلتر**R** ۶۶
شکل۴-۹: نمودار O-C ، DI Peg همراه بهترین سهمی منطبق برآن ۷۲
شکل شماره ۴-۱۰ : وضعیت دو ستاره نسبت به روچ لب سیستم ۷۴
شکل شماره ۴-۱۱ : وضعیت دو ستاره نسبت به روچ لب سیستم ۷۴
شکل شماره ۴-۱۲ : وضعیت دو ستاره نسبت به روچ لب سیستم ۷۸

[1]. Kholopov

فهرست جداول:

جدول شماره ۳-۱ : مشخصات ستاره متغیر و مقایسه ۴۶
جدول شماره۴-۱ : مقادیر کمینه های اولیه و ثانویه دوتایی گرفتیDI Peg ۵۹
جدول۴-۲ : ضرایب ۴ جمله ای تطبیق شده بر نمودار ۶۳
جدول شماره ۴-۳: پارامترهای هندسی و فیزیکی سیستم دوتایی گرفتیDI Peg ۶۸
جدول ۴-۴ :پارامترهای مطلق سیستم DI Pegasi ۷۰
جدول۴-۵: ضرایب سهمی منطبق شده بر نمودار O-C ۷۲
جدول شماره ۴-۶ : پارامترهای سیستم سه جسمی ۷۴
جدول شماره ۴-۷: مقادیر ممکن جرم و شعاع برای جسم سوم دوتایی DI Peg ۷۶

فصل اول

سیستم‌های دوتایی

۱-۱مقدمه

در آسمان شب تعداد زیادی ستاره وجود دارد که به طور باور نکردنی شمار زیادی از آنها را ستارگان دوتایی تشکیل می دهند، به طوری که بیش از ۵۰ درصد از ستارگان آسمان را ستارگان دوتایی تشکیل می دهد[۱]. این ستارگان همانطور که از نامشان پیداست، شامل دو ستاره می شوند که تحت گرانش یکدیگر قرار گرفته اند و حول مرکز جرمشان می چرخند. شواهد تاریخی نشان میدهد که نخستین ستاره دوتایی توسط جین با تیستا ریچیولی [۱] (۱۶۵۰) کشف شد. این ستاره عناق[۲] از صورت فلکی دب اکبر بود[۲]. سر ویلیام هرشل[۳] (۱۸۰۲) نخستین کسی بود که متوجه حرکت مداری ستارگان دوتایی گردید و نخستین بار از این ستاره ها با نام ستارکان دوتایی در مقابل ستاره های دوگانه و یا چند گانه استفاده کرد، بنابه تعریف ویلیام هرشل یک سیستم دوتایی سیستمی متشکل از دو ستاره است که تحت تأثیر جاذبه متقابل گرد هم آمده اند[۳]. ساواری[۴](۱۸۲۷) نشان داد که سیستم دوتایی عناق با دوره ای حدود ۶۰ سال به دور یکدیگر می چرخند ودر واقع دوستاره در کنار هم قرار داشته و تحت تأثیر جاذبه مقابل هم هستند. جان گودریک[۵] (۱۷۸۳) دوره تناوب تغییرات نوری ستاره رأس الغول را بدست آورد و در گزارش خود علت تغییرات نور را احتمالاً وجود یک جسم کدر که به دور ستاره اصلی می گردد دانست[۴]. وگل[۶](۱۸۸۹) به روش طیف سنجی دوتایی بودن رأس الغول و درستی نظریه گودریک را ثابت کرد.مدت زمان کوتاهی بعد از ورود طیف سنجی به ستاره شناسی ، استفاده از پدیده دوپلر برای تعیین سرعت مداری ستاره های دوتایی شروع شد[۵]. پیکرینگ[۷](۱۸۸۹) مؤلفه دوم عناق را با این روش کشف نمود. با گسترش وسایل مدرن و تلسکوپهای قوی بر تعداد ستاره های دو تایی

---

1. Jean Baptiste Riccioli
2. Mizar
3. Sir William Herschell
4. Sawary
5. C. J. Goodrich
6. Vogel
7. Pickering

کشف شده روز به روز افزوده شد و امروزه چندین هزار ستاره دوتایی از انواع مختلف شتاخته شده است. ستارگان دوتایی انواع مختلفی دارند، ولی نوع گرفتی آنها بدلیل وضعیت حرکتشان بیشتر مورد توجه هستند. درمورد حرکت ستارگان دوتایی گرفتی می توان گفت که وضعیت دید مدار به گونه ای است که یکی از دو ستاره میان ناظر و ستاره همدم خود قرار گرفته و مانعی برای رسیدن نور به ناظرمی شود. این عمل به صورت متناوب بین دو ستاره انجام می گیرد و این دو ستاره به صورت متناوب همدیگر را می پوشانند و ما شاهد تغییرات دوره ای در شدت روشنایی این ستارگان خواهیم بود. به هر کدام از اعضای این مجموعه دوتایی یک مؤلفه گفته می شود. ، زیرا می توان اطلاعات زیادی را درباره ستارگان دوتایی از آنها استخراج کرد، از جمله این اطلاعات می توان به جرم، شعاع، دمای سطح و تابندگی و ... آن‌ها اشاره کرد[۱].

۱–۲ انواع ستاره های دوتایی

ستاره های دوتایی را با توجه به روشهای آشکار سازی آنها به ۵ روش آشکار سازی می کنند.

۱–۲–۱ ستارگان دوتایی اپتیکی

این دوتایی ها متعلق به یک سیستم دوتایی واقعی نیستند و ارتباطی با هم نداشته و فقط به دلیل قرار گرفتن در امتداد خط دید ناظر، به عنوان دوتایی شناخته شده اند. این نوع ستاره‌ها تحت گرانش همدیگر نمی باشند و برای تعیین جرم ستاره‌ای نمی توان از آن‌ها استفاده کرد[۶].

۱-۲-۲ ستارگان دوتایی مرئی[1]

این گونه ستارگان را می توان از درون تلسکوپ به صورت دو ستاره مجزا دید واین زمانی ممکن است که فاصله دو ستاره از خورشید کم و یا فاصله دو ستاره از هم خیلی زیاد باشد. این نوع سیستم‌ها اطلاعات مهمی را درباره پراکندگی زاویه‌ای ستاره‌ها از مرکز جرم مشترکشان، فراهم می کند. اگر فاصله دو ستاره مشخص باشد، آنگاه پراکندگی خطی ستاره‌ها می تواند محاسبه گردد[۶].

۱-۲-۳ ستارگان دوتایی اختر سنجی[2]

زمانی که یکی از مؤلفه های سیستم دوتایی پر نور تر باشد، امکان دیدن هر دو مؤلفه در یک راستا وجود ندارد. در یک چنین حالتی وجود عضو دیده نشده با حرکت اعوجاجی متناوب مؤلفه قابل رؤیت، اثبات می شود[۶].

۱-۲-۴ ستارگان دوتایی طیفی[3]

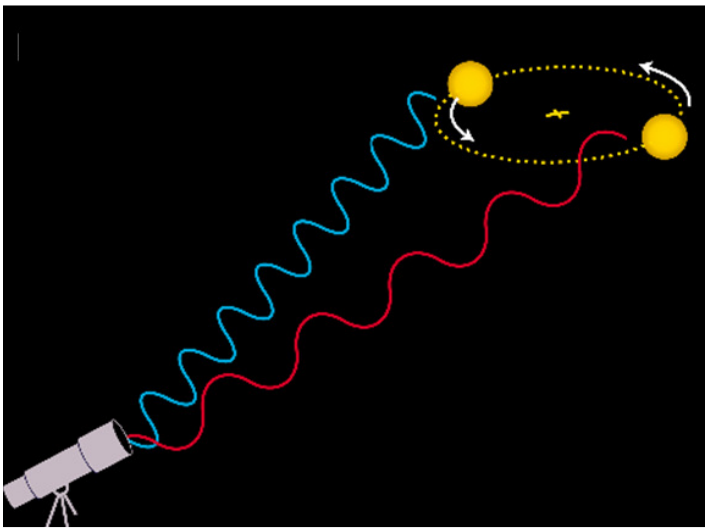
این سیستم دارای خطوط طیفی متعلق به دو دسته طیفی مختلف است. در این ستارگان دوتایی حرکت مداری نسبت به مرکز جرم به وسیله ی انتقال دوپلری در طیف هر ستاره مشاهده می شود. در یک دوره تناوب مجموع خطوط طیفی برای هر ستاره مشخص می شود. اگر ستاره به سمت زمین حرکت کند آنگاه خطوط طیفی به سمت آبی انتقال می یابند (انتقال به آبی) و اگر ستاره از زمین دور شود خطوط طیفی به سمت قرمز انتقال داده می شود (انتقال به قرمز). با استفاده از روابط دوپلر می‌توان سرعت شعاعی هر ستاره را محاسبه نمود[۶].

---

1. Visual binary
2. Astrometric binary
3. Spectrum binary

۱–۲–۵ ستارگان دوتایی طیفی سنجی[1]

برخی از دوتایی‌ها آنقدر به هم نزدیک، یا از ما دورند که تفکیک آن‌ها با تلسکوپ‌های قوی نیز ممکن نیست. لذا آن‌ها را مانند یک ستاره منفرد می بینیم ولی چنانچه سرعت گردش مداری‌شان بیشتر از یک کیلومتر بر ثانیه و زاویه میل مداری‌شان نیز مخالف صفر باشد، در خطوط طیفی آن‌ها جابه‌جایی دوره‌ای مشاهده می شود. در دوتایی طیف سنجی گاهی یک ستاره به قدری کم‌نور است که فقط یک خط دیده می‌شود و در موارد دیگر هر دو خط طیف مربوط به دو مؤلفه مشاهده می‌شود. با توجه رابطه دوپلر $v(t)=\frac{C}{\lambda_0}\Delta\lambda(t)$ و به دلیل پهنای محدود خطوط طیفی، چون فقط قادر به تشخیص تفکیک جدایی $\Delta\lambda \geq ۰/۰۰۱$ در محدوده طول موج‌های مرئی هستیم، لذا سرعت شعاعی بایداز $\mathrm{Km/s}$ ۱بیشتر باشد تا امکان تشخیص و تفکیک وجود داشته باشد. با این حداقل سرعت، بدیهی است که دوره تناوب مداری دوتایی طیف سنجی باید کوتاه باشد. در شکل شماره ۱-۱ نمونه ای از این نوع ستارگان طیف سنجی آورده شده است[۷].

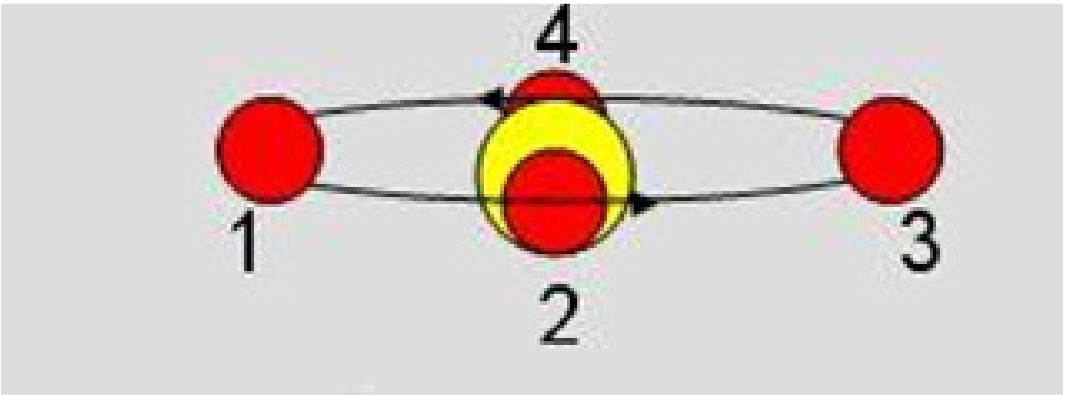


شکل شماره ۱-۱ : ستارگان دوتایی طیفی سنجی[۱]

[1] Spectroscopic binary

۱-۲-۶ ستارگان دوتایی گرفتی[1]

در بین طبقه های مختلف سیستم‌های دوتایی گروه‌های دوتایی گرفتی ستاره هایی هستند که دوتایی بودن آنها با بررسی تغییرات نوری ستاره مشخص می شود . این دوتایی‌ها بخشی از کهن‌ترین ستارگان متغیر شناخته شده می باشند[۸]. این نوع سیستم‌های دوتایی نسبت به ناظر زمینی به گونه ای قرار گرفته اند که ستاره کم نورتر در چرخش بدور ستاره پرنورتر بطور دوره ای از مقابل آن عبور می کند و موجب پوشاندن تمام یا قسمتی از قرص آن و کم شدن تابش آن می شود. به گونه ای که میل مداری یک سیستم دوتایی نزدیک به $^{\circ}$۹۰ می باشد. در مورد بعضی از ستاره های بسیارنزدیک به هم انتقال مواد بین دو ستاره نیز وجود دارد. مشاهده منحنی نوری این نوع سیستم‌ها نه تنها وجود دو ستاره را آشکار می کند، بلکه دمای مؤثر نسبی و طول گرفت را نیز در این سیستم‌ها تعیین می کند، در شکل ۱-۲ نمونه ای از این مدل نشان داده شده است[۶].



شکل ۱- ۲: ستارگان دوتایی گرفتی[۲]

[1] Eclipsing binary

۱–۳ طبقه‌بندی ستارگان دوتایی

با توجه به فراوانی و تفاوت های زیاد ستارگان دوتایی، رده بندی آنها امری بسیار واضح و مبرهن است. این رده بندی ها بر اساس عوامل فیزیکی متفاوت از جمله سطوح هم پتانسیل، تحول مؤلفه ها، موقعیت مؤلفه ها برروی نمودار HR و شکل منحنی نوری ستارگان دوتایی گرفتی انجام گرفته است. علاوه بر ستارگان دوتایی، تک ستاره‌ها نیز داری چندین گروه هستند به طوری‌که گروهی از محققان موفق به تمیز دادن گونه‌های دیگری از طیف‌های ستارگان شده و آنها را به ترتیب حروف الفبایی و بر اساس قدرت خطوط طیفی هیدروژنی آنها نامگذاری کردند. با ادامه تحقیقات، ستارگان بر اساس دمای سطحی آنها طبقه بندی شدند که باعث شد ترتیبی غیر الفبایی پیدا کنند. ترتیب تقسیم بندی از گرمترین به سردترین O، B، A، F، G، K و M می‌باشد. از حروف دیگر جهت اشاره به انواع نادرتر ستارگان و نواخترها استفاده می‌شود. هر رده، خود به زیر رده‌های بیشتری تقسیم می‌شود. این کار معمولاً با نسبت دادن اعداد بین ۰ تا ۹ صورت می‌پذیرد (عدد ۰ برای گرمترین و۹ برای سردترین) که در مقابل این رده بندی آورده شده است[۹][۶].

۱–۳–۱ رده بندی طیفی هاروارد

رده O

رده O برای ستارگانی است که درخشندگی بسیار زیاد دارند و بسیار داغ هستند، در واقعیت رنگ‌های متمایل به آبی دارند[۷]. ستارگان O تا میلیون‌ها برابر خورشید انرژی مصرف می‌کنند. در طیف آنها خطوط He II، و سایر مواد یونیزه یافت می‌شود. در ستارگان O5 تا O9 خطوط بالمر نیز دیده می‌شود.

رده B

رده B مربوط ستارگانی است که درخشندگی نزدیک به آبی دارند. در آنها خطوط هلیوم واقعی و خطوط هیدروژن نیز دیده می‌شود. در بین آنها خطوط فلزات یونیزه Mg II وSi II. قوی هستند.

رده A

این رده مربوط به ستارگانی است که آبی متمایل به سفید هستند. در A0 خطوط بسیار قوی هیدروژن دیده می‌شود.

رده F

رده F را بیشتر ستارگانی تشکیل می‌دهند که دارای خطوط قوی H و K در CaII می باشند. فلزات طبیعی (Cr I ، Fe I) نیز در رده F فعال می‌شوند. ولی خطوط هیدروژن ضعیف‌تر می‌شوند. رنگ این ستارگان متمایل به زرد است.

رده G

رده G رده‌ای است که معروفترین ستاره‌اش خورشید می‌باشد. ستارگان رده G بیشتر در گروه G2 فعال هستند. رده G نسبت به رده قبلی خطوط هیدروژن ضعیف‌تر و خطوط فلزات قوی تری دارد.

رده K

رده K ستارگانی هستند که رنگ زردتری نسبت به خورشید دارند. از ویژگی‌های این رده خطوط هیدروژن قوی و خطوط طیفی فلزات (Si I ,Fe I ,Mn I) قوی می‌باشد.

رده M

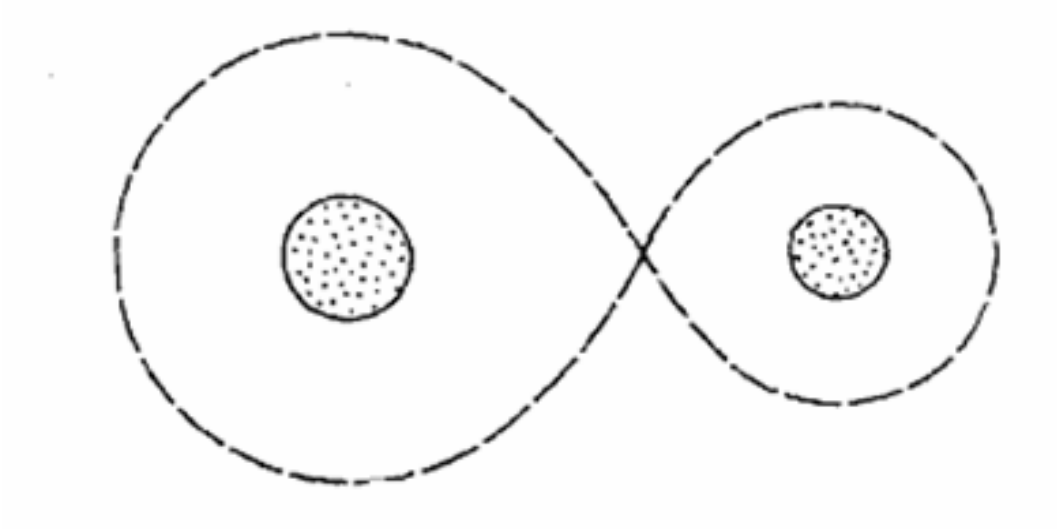
رده M آخرین گروه از ستارگان است. طیف جذبی این ستارگان بیشتر در باند اکسید تیتانیوم(Tio) می باشد [۶] [۹].

۱–۳–۲ رده بندی کوپال[1](۱۹۵۹)

این رده بندی بر اساس تحلیل منحنی نوری سیستم‌های گرفتی و مشاهدات طیفی، تعیین نسبت جرم، دما، زاویه جدایی طبقه‌بندی شده است. یعنی در واقع برمبنای خواص تحول مؤلفه و سطوح هم پتانسیل آنها را به ۳ گروه تقسیم بندی می کنند. این تقسیم بندی برای ما دارای اهمیت زیادی می-باشد و پرکاربردترین تقسیم بندی است[۱۱].

۱– ۳–۲–۱ مؤلفه‌های جدا از هم

اغلب دوتایی‌های تحول نیافته با مؤلفه‌هایی بر روی رشته اصلی در این گروه قرار گرفته اند. این مؤلفه‌ها حد بحرانی خود را پر نکرده و در درون حد روچ لب اولیه خود می باشند. مؤلفه اصلی بزرگتر، پرجرمتر و دارای طیفی با دمای بالاتر می باشد. منحنی نور سنجی این نوع ستاره ها به دلیل دور بودن مؤلفه‌ها، بین قله ها تخت می باشد، شکل ۱-۳ به عنوان نمونه در اینجا نشان داده شده است[۱۰].



[1]. Kopal