بسم الله الرحمن الرحيم
بسم الله الرحمن الرحيم
بسم الله الرحمن الرحيم

١٤٤٨٨

دانشگاه بیرجند

دانشکده علوم

پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک (نجوم)

نورسنجی و تحلیل منحنی نوری ستاره دوتایی گرفتی EM Cep در فیلترهای B و V

استاد راهنما:

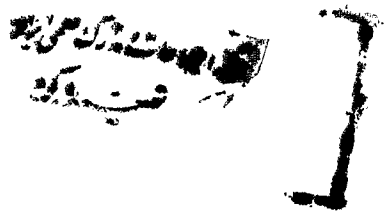
دکترعباس عابدی

پژوهشگر:

فاطمه نوری

تابستان ۸۷

۱۳۸۸/۱۲/۲۶



۱۳۳۸۸۸

به نام خدا

فرم شماره ۵

دانشگاه بیرجند

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تاریخ : .....
شماره : .....
پیوست : .....

صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات خداوند متعال جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد **خانم فاطمه نوری**

به شماره دانشجویی: ۸۵۱۳۱۰۴۰۲۶ رشته: **فیزیک** گرایش: **نجوم** دانشکده: **علوم** دانشگاه بیرجند

تحت عنوان :

" نورسنجی و تحلیل منحنی نوری ستاره دوتایی گرفتی EMCep در فیلترهای B و V "

به ارزش: ۶ واحد درساعت: **۹صبح** روز: **چهار شنبه** مورخ: **۸۷/۶/۲۷**

با حضور اعضای محترم جلسه دفاع و نماینده تحصیلات تکمیلی به شرح ذیل تشکیل گردید :

سمت	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	**آقای دکتر عباس عابدی**	**استادیار**	
داور اول	**آقای دکتر رضا پژوهش**	**استادیار**	
داور دوم	**آقای دکتر کاظم نفیسی**	**استادیار**	
نماینده تحصیلات تکمیلی	**خانم دکتر فاطمه ابراهیمی**	**استادیار**	

نتیجه ارزیابی به شرح زیر مورد تایید قرار گرفت:

☐ قبول (با درجه: عالی و امتیاز: ۱۹/۰۰) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود

۱- عالی (۲۰-۱۸) ۲- بسیار خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶) ۳- خوب (۱۵/۹۹ - ۱۴) ۴- قابل قبول (۱۳/۹۹ - ۱۲)

کلیه مزایا اعم از چاپ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس،...
از پایان نامه کارشناسی ارشد، برای دانشگاه بیرجند محفوظ
می باشد.
نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع می باشد.

تقدیم به

همسر مهربانم که عاشقانه و با تمام وجود مرا یاری کرد.

قشنگ ترین بهانه برای بودنم، فرشته زندگانیم، دخترم نگار

و همه عزیزانی که دعای خیرشان بدرقه راهم بود.

تقدیر و تشکر

حمد بیکران خداوندی را که آینه وجودم از او روشنی می گیرد و هر بهار را سبزتر از دیگری بر من می نمایاند. دوستی که همیشه و همه جا همراهم است. او که به لطف و معرفت خود دری از درهای علم را به رویم گشود و در این راه یاریم نمود.

پس از آن بر خود لازم می دانم، از همه خوبانی که در این راه مرا یاری کرده اند قدر دانی کنم. ابتدا از مادر و پدر عزیزم تشکر می کنم که دعای خیر و دست گرمشان رهگشای تمام مشکلات من است. تشکر بی پایان نثار همسر مهربانم، دریادلی که ساحلش آرامش بخش دل خروشان من می باشد. سپاس فراوان نثار پدر و مادر همسرم که دعا و حمایت های بی دریغشان در طی این راه وهمه مراحل زندگی اطمینان بخش من بوده و هست. از خواهر ها و برادرانم که وجودشان گرما بخش زندگی ام است و از برادر وخواهران همسرم که وجودشان باعث پشت گرمی من است، تشکر می کنم و هزاران سپاس نثار دخترم، پاک دلی که چشمان پر فروغش تجلی گاه تمام خوبی هاست.

همچنین زحمات بی دریغ آقای دکتر عابدی را ارج می نهم که علاوه بر راهنمایی من در انجام این تحقیق درس سخت کوشی و تلاش را نیز به من آموخت. از دکتر نفیسی و دکتر پژوهش که پایان نامه من را مطالعه کرده و داوری آن را به عهده گرفتند و از زحمات سرکار خانم دکتر ابراهیمی تشکر می کنم. از سرکار خانم نخعی، منشی محترم گروه فیزیک که صبورانه مرا یاری کرد قدردانی می کنم.

سپاس فراوان نثار دوستان و همکلاسی های عزیزم، نرگس آراسته، نرگس غلامی، زهره احمدی، حمیده ابطحی نیا، سارا نوربخش، الهام خراشادی، حمیدرضا غلامحسین پور، محمد تقی شیر زاد، حمید کاردانی، حسین زین الدینی مرتضی تخم پاش و کلیه عزیزانی که صمیمانه همراهم بودند.

چکیده

ستاره EM Cep از تاریخ ۲۱ مرداد تا ۳۰ مهر ۱۳۸۶ با استفاده از تلسکوپ ۵۱ سانتی متری رصد خانه ابوریحان بیرونی در فیلترهای B و V به طور ناپیوسته رصد شد. در این رصد ستاره *HIP*108080 به عنوان ستاره مقایسه و ستاره *HIP*107984 به عنوان ستاره آزمایش انتخاب شدند. پس از کاهش داده‌ها منحنی تغییرات نور دوتایی در هر دو فیلتر به دست آمد.

کمینه اصلی در تاریخ ۲۱ سپتامبر، مشاهده شد. با استفاده از تطبیق تابع درجه دو برمنحنی O-C این دوتایی مشخص شد که تغییرات دوره تناوب آن منفی است و مقدار جدیدی برای دوره تناوب این سیستم به دست آمد.

به نظر می‌رسد منحنی به دست آمده از کسر نقاط تابع درجه دو از نقاط منحنی O-C شکل تناوبی داشته باشد. لذا ما احتمال حضور جسم سوم را بررسی کردیم. اما از محاسبات به این نتیجه رسیدیم که چنین جسمی وجود ندارد و این شکل تناوبی منحنی تفاضل به دلیل تغییر پیوسته جهت انتقال جرم بین دو مؤلفه می‌باشد.

برای تحلیل منحنی نوری از نرم‌افزارهای LC و DC استفاده شد و پارامتر های نورسنجی دوتایی به دست آمد. این پارامترها نشان می‌دهد، سیستم EM Cep یک دوتایی تماسی است و جرم از مؤلفه اولیه به ثانویه جریان دارد.

فهرست مطالب

عنوان

فصل اول : مقدمه

مقدمه..... ۱

فصل دوم : عوامل مؤثر در شکل منحنی نوری

۲-۱ انواع ستارگان دوتایی ۴

۲-۲ پتانسیل روچ و سطوح هم‌پتانسیل ۹

۲-۲-۱ رده‌بندی کوپال ۱۴

۲-۳ تاریکی لبه ۱۶

۲-۳-۱ چرا تاریکی لبه داریم ۱۶

۲-۳-۲ محاسبه تاریکی لبه ۱۹

۲-۴ تاریکی گرانشی ۲۰

۲-۵ اثر انعکاس ۲۳

۲-۶ چگونگی شکل‌گیری منحنی نوری ۲۴

فصل سوم : ستارگان دوتایی W UMa

۳-۱ مقدمه ۲۸

۳-۲ پیدایش سیستم‌های WUMa و چگونگی انتقال جرم وانرژی درآنها ۲۹

۳-۳ قدر ستارگان W UMa ۳۳

۳-۴ رده‌ی طیفی سیستم‌های W UMa ۳۳

۳-۵ مکان سیستم‌های W UMa در دیاگرام HR و طول عمر آنها ۳۴

۳-۶ دسته‌بندی سیستم‌های W UMa ۳۶

فصل چهارم : منحنی نوری ستاره دوتایی EM Cep

۴-۱ مقدمه ۴۱

۴-۲ ابزار مورد استفاده ۴۲

۴-۳ مشاهده ستاره EM – قیفاووسی (EM Cephie) ۴۳

۴-۴ واکافت و کاهش داده‌ها ۴۵

۴-۵ منحنی نوری ستاره دوتایی EM Cep ۴۸

۴-۶ زمان کمینه نور و دوره تناوب ۵۰

۴-۶-۱ تحلیل نمودار O-C ۵۴

۴-۶-۲ اثر نور – زمان ۵۷

فصل پنجم : تحلیل منحنی نوری ستاره دوتایی EM قیفاووسی

۵-۱ تطبیق منحنی LC بر داده های رصدی ستاره دوتایی EM قیفاووسی ۶۲

۵-۲ اندازه مطلق جرم و ابعاد مؤلفه‌های EM Cep ۷۲

فصل ششم : بحث و نتیجه گیری

۶-۱ بررسی تغییرات دوره تناوب ۷۷

۶-۲ تحلیل نتایج به دست آمده از اثر نور – زمان ۷۸

۶-۳ توضیح علت عدم تطابق منحنی LC با منحنی تغییرات نور تجربی ۷۹

۶-۴ محاسبه میزان تأثیر پوش همرفت بر پارامترهای دوتایی EM Cep ۸۰

فهرست منابع ۸۱

پیوست (الف) داده‌های رصدی سال ۲۰۰۷ ..... ۸۴

فهرست شکل‌ها

عنوان

شکل (۲-۱) بردارهای سرعت دو ستاره ۶

شکل (۲-۲) منحنی تغییرات سرعت شعاعی بر حسب فاز مداری ۷

شکل(۲-۳) دو جرم m_1 و m_2 و به مرکز جرم c.و فاصله جدایی a ۱۰

شکل (۲-۴) تصویری سه بعدی از سطوح روچ ۱۲

شکل (۲-۵) نمایش سطوح هم‌پتانسیل روچ در صفحه به همراه نقاط لاگرانژی ۱۴

شکل(۲-۶) نقاط لاگرانژی و رفتار تابع پتانسیل در هر یک از بخشهای رده بندی کوپال. پس از پر شدن سطح روچ یکی از مؤلفه ها جرم از نقطه لاگرانژی L_1 به مؤلفه دیگر جریان می یابد. زمانی که هر دو مؤلفه سطح روچ خود را پر کنند، جرم می تواند از نقطه لاگرانژی L_2 از سیستم خارج شود. ۱۶

شکل (۲-۷) نمایی از تاریکی لبه، L فاصله ای که در آنجا عمق نوری واحد است ۱۷

شکل(۲-۸) نمایی از تاریکی لبه خورشید، این تصویر در صافی نور مرئی گرفته شده است.....۱۸

شکل (۲-۹) ستاره ای با مرکز Oوشعاع R. نقطه مشاهده_گر P و فاصله آن ازمرکز ستاره r می باشد. محل مشاهده Sاست. زاویه بین خط PS وPO، θ می‌باشدو لبه تاریکی ستاره در زاویه Ω است ۱۹

شکل (۲-۱۰) نمایی از اثر باز تاب از سطح یک ستاره ۲۴

شکل (۳-۱) مدلی برای یک W UMa در مرحله عمر صفر چون این یک مدل تقریبی است سطح دوتایی با هاشور مشخص شده است. خط چین محل تماس دو ستاره است ۳۱

شکل (۳-۲) موقعیت مؤلفه‌های اولیه وثانویه در نمودار فروغمندی – دما سمبل‌ها در این نمودار عبارت است از ▼ مؤلفه اولیه ستارگان نوع W، ▲ مؤلفه اولیه ستارکان نوع A، Δ مؤلفه ثانویه ستارگان نوع A، ∇ مؤلفه ثانویه ستارگان نوع W، • دوتایی های نوع B درحالت تماس سطحی، ° دوتایی های نیمه جدا (s-d) ۳۶

شکل (۳-۳) پوش همرفت C را لایه با پوش تابشی R احاطه کرده است و انتقال انرژی در یک لایه نازک اتفاق می افتد ۳۷

شکل (۳-۴) طرح کلی از یک دوتایی نوع W، پوش همرفت C پوش تابشی R را احاطه کرده است..۳۸

شکل (۴-۱) منحنی تغییرات نور ستاره EM Cep، اندازه گیری شده در دو فیلتر B و V ۴۹

شکل (۴-۲) تطبیق تابع لورنتس بر قسمت متقارن منحنی تغییرات نور در زمان کمینه اول در دو فیلتر B,V ۵۱

شکل(۴-۳) منحنی (O-C) دوتایی EM Cep ،در این شکل • مربوط به کمینه اول و ° مشخصه کمینه ثانویه می باشد. علامت □ نقطه‌ای است که ما به نمودار اضافه کرده ایم ۵۳

شکل(۴-۴) تطبیق منحنی درجه دو بر داده‌های O-C ۵۶

شکل(۴-۵) نمودار باقیمانده، حاصل از تفاضل منحنی درجه دو از نقاط O-C ۵۷

شکل(۴-۶) دوتایی گرفتی در مدار سیستم سه تایی. در این شکل خط dCa خط برخورد صفحه مدار و صفحه ایست که از مرکز گرفت می‌گذرد.برای راحتی i در اینجا ۹۰ درجه در نظر گرفته شده است ۶۰

شکل(۴-۷) نمودار باقیمانده O-C همراه با بهترین منحنی نور – زمان منطبق بر آن ۶۱

شکل(۵-۱) تطبیق منحنی LC روی منحنی نوری در دو فیلتر B,V. داده ها مربوط به رصد سال۲۰۰۷ رصدخانه ابوریحان بیرونی دانشگاه شیراز ۶۶

شکل(۵-۲) تطبیق منحنی LC بر روی داده‌های به دست آمده از رصد سال ۱۹۶۸ ..... ۶۸

شکل(۵-۳) اجرای برنامه LC برروی داده‌های حاصل از رصد سال ۱۹۷۸ ..... ۷۰

شکل(۵-۴) سطوح روچ مؤلفه‌های دوتایی EM Cep، این شکل نشان می‌دهد، هر دومؤلفه سطح روچ خود را پر کرده‌اند ۷۲

شکل(۵-۵) نمودار سرعت شعاعی سیستم EM Cep با استفاده از داده‌های طیف‌سنجی ۷۳

فهرست جدول‌ها

عنوان

جدول(۴-۱) مشخصات دوتایی EM Cep و ستاره مقایسه وآزمایش به کار برده شده در رصد این دوتایی ۴۴

جدول(۴-۲) ضریب تاریکی جوی در فیلتر های BوV در شبهای مختلف رصد ستاره EM Cep ۴۸

جدول(۴-۳) پارامترهای مداری سیستم سه‌تایی ۶۰

جدول(۵-۱) نتایج به دست آمده از اجرای برنامه LC بر روی داده‌های رصدخانه ابوریحان بیرونی دانشگاه شیراز ۶۷

جدول(۵-۲) نتایج حاصل از اجرای برنامه LC بر روی داده‌های رصد سال ۱۹۶۸ ..... ۶۹

جدول (۵-۳) نتایج حاصل از اجرای برنامه LC بر روی داده‌های رصد سال۱۹۷۸ ..... ۷۱

جدول(۵-۴) مقادیر حاصل از طیف‌سنجی سیستم EM Cep ۷۳

جدول(۵-۵) پارامترهای مطلق سیستم EM Cep ۷۵

جدول (۵-۶) مقادیر ممکن جرم وشعاع برای جسم سوم دوتایی EM Cep ۷۶

جدول (۶-۵) تصحیح اعمال شده بر دما و فروغمندی محاسبه شده برای سیستم EM Cep ۸۰

فصل اول

مقدمه

کلمه ستاره دوتایی اولین بار توسط سر ویلیام هرشل[۲] در سال ۱۸۰۲ م. به کار برده شد. ستارگان دوتایی نوع خاصی از سیستم های ستاره‌ای است که شامل دوستاره که تحت گرانش یکدیگر هستند، می‌باشد. این دو ستاره حول مرکز جرم مشترکشان می‌چرخند. میدان گرانش که اساساً باعث تشکیل این دسته از ستارگان شده است، در اندازه‌گیری کمیت‌هایی چون جرم وابعاد مؤلفه‌های دوتایی نقشی مهم دارد. این کمیتها در ستارگان تنها به سختی به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری است و شایدمحاسبه آنها غیر ممکن باشد.

سیستم های ستاره‌ای یعنی مجموعه‌ای از چند ستاره که در قید گرانش یکدیگر هستند بیش از ۵۰ درصد ستارگان آسمان را تشکیل می‌دهند. این مسأله به تنهایی اهمیت این دسته از ستارگان را با توجه به توضیحات قبل نشان می‌دهد. به سیستمی که فقط شامل دو ستاره باشد سیستم دوتایی گوئیم و اگر دوعضو این سیستم نسبت به ابعادشان به اندازه‌ای به یکدیگر نزدیک شده باشند که میدان گرانشی باعث تغییر شکل آنها شده باشد، آنها را دوتایی نزدیک می‌نامیم. به علاوه اگر زاویه بین صفحه مداری که دو

---

۲ Sir William Herschel

ستاره به دوریکدیگر می‌چرخند با خط دید ناظر طوری باشد که در زمان‌های خاصی که آن را زمان گرفت می‌گوئیم، یک ستاره مانع رسیدن نور ستاره دیگر شود، آن را دوتایی گرفتی می‌نامیم. از بیش از ۱۰۰۰۰ ستاره ای که در فاصله کمتر از ۳۰ پارسک از خورشید قرار دارند حداقل ده‌تای آنها دوتایی گرفتی است. یعنی ۰/۱ درصد ستارگان اطراف خورشید دوتایی گرفتی هستند[۲۴]. اگر این نسبت را به کل کهکشان تعمیم دهیم تعداد ستارگان دوتایی گرفتی باید در حدود 10^8 عدد باشد.

اولین ستاره دوتایی گرفتی که دقیقاً مورد مشاهده و تحقیق قرار گرفت سیستم رأس الغول بود. البته تغییرات نور این ستاره از زمان قدیم مورد توجه بود. ولی جان گودریچ[۳] در۱۷۸۲ م. با مشاهده مداوم این ستاره از نوامبر ۱۷۸۲ م.تا می ۱۷۸۳ م. پی برد که تغییرات نور با دوره ای در حدود ۲ روز و۲۱ ساعت تکرار می‌شود. او بیان کرد که شاید این تغییرات نور به دلیل چرخیدن یک جسم کدر به دور ستاره باشد. اما این مسأله به قدری برای منجمان آن روز دور از ذهن بود که تا زمانی که وگل[۴] [۱] م. در ۱۸۸۹ با مشاهده طیف این ستاره دوتایی بودن آن را ثابت کرد، نظریه چرخیدن جسمی به دور ستاره به فراموشی سپرده شده بود.

مهمترین مشکلی که در بررسی ستارگان وجود دارد دور بودن آنها است به ویژه اگر فاصله آنها از هم خیلی کم باشد. در این شرایط با دوربین های زمینی نمی‌توان مؤلفه‌های این دسته از ستارگان را از یکدیگر تفکیک کرد. پس تنها راه بررسی آنها مشاهده نور دریافتی از این ستارگان می‌باشد. به عنوان مثال می‌توان از دستگاههای طیف نگار در بررسی دوتایی‌های نزدیک استفاده کرد. به بیان دقیق تر اثر دوپلر که نشانگر دور یا نزدیک شدن ستارگان است، راهنمای خوبی در این زمینه است. اما پیش از رواج این دستگاه‌ها منجمان روش دیگری را به کار می‌بردند و آن استفاده از تغییرات نور ستارگان گرفتی است. این همان روشی است که در این تحقیق برروی ستاره گرفتی EM Cep از آن استفاده شده است.

---

[۳] -Goodricke
[۴] -Vogel

همان طور که گفتیم بزرگترین محدودیت منجمین در بررسی ستارگان فاصله آنها است. حتی با بهترین تلسکوپها نیز نمی‌توان فاصله بیشتر از چند صد پارسک را دید، اما با استفاده از ابزار های نور سنجی تحقیق در مورد ستارگانی با فاصله حدود چند هزار پارسک امکان پذیر است. بنابراین دوتایی‌های گرفتی مهمترین منبع اطلاعات منجمان در مورد ساختار و تحول ستارگان درفواصل دور است[۲].

همان طور که گفتیم ما در این رساله به ارائه گزارشی از رصد دوتایی گرفتی EM Cep می‌پردازیم. در فصل دوم نظریات فیزیکی که ما را در درک عوامل مؤثر در تغییرات نور این ستارگان یاری می‌کنند بیان شده است. اطلاعات بیان شده دراین فصل ما را در تحلیل و فهم بیشتر آنچه می‌بینیم کمک می‌کند. نتایجی که در فصلهای بعد داریم برپایه درک فیزیکی است که این فصل به ما می‌دهد. در فصل سوم به بررسی نوع خاصی از ستارگان دوتایی گرفتی با نام سیستم‌های دوتایی W UMa، که ستاره EM Cep جزءآنها به شمار می رود، می‌پردازیم. در فصل چهارم گزارشی از رصد این ستاره در سال ۱۳۸۶ در رصد خانه ابوریحان بیرونی را داریم. به علاوه به دست آوردن زمان کمینه نور که نقش اساسی در تکامل درک ما از وضعیت فعلی ستاره دارد در این بخش بیان شده است. فصل پنجم که اساسی ترین بخش این رساله است به بیان روش ساخت و تحلیل منحنی نوری می‌پردازد. دراین بخش ما سعی در به عمل درآوردن آنچه در فصل دوم بیان کردیم را داریم. نهایتاً از این طریق پارامتر های نورسنجی را به دست می‌آوریم، همچنین مقادیر پارامترهای مطلق سیستم را نیزاندازه‌گیری می‌کنیم. در آخرین فصل نتایج به دست آمده از مشاهده ستاره در فصل چهارم وهمچنین حل منحنی نوری که در فصل پنجم انجام شد، نقد وبررسی می‌شوند و با نتایجی که قبلاً توسط دیگر رصد کنندگان این سیستم به دست آمده است مقایسه می‌کنیم.

فصل دوم

عوامل مؤثر در شکل منحنی نوری

ستارگان دوتایی با توجه به خواصی که از آنها مشاهده می‌شود به چند دسته تقسیم می‌شوند. البته بعضی از دوتایی‌ها ممکن است خواص چند گروه را با هم داشته باشند، به عنوان مثال یک دوتایی می‌تواند خواص دوتایی‌های گرفتی را همراه با خواص دوتایی‌های طیف‌سنجی داشته باشد.

۲-۱ انواع ستارگان دوتایی

دوتایی اپتیکی: دوتایی‌های اپتیکی در واقع دوتایی نیستند بلکه فقط چشم ما آنها را دوتایی می‌بیند.

دوتایی دیدگانی: دوتایی‌های دیدگانی واقعاً دوتایی هستند یعنی در قید گرانش یکدیگرند و دور هم می‌چرخند. ولی بسیار از یکدیگر دورند به طوری که با تلسکوپ یا حتی چشم غیر مسلح نیز می‌توان آنها را از یکدیگر تفکیک کرد، به همین دلیل نیز پریود چرخش آنها زیاد است.

دوتایی اختر سنجی: فقط یکی از ستارگان سیستم دوتایی دیده می‌شود ولی با حرکت اعوجاجی متناوب ستاره می‌فهمیم ستاره دیگری نیز وجود دارد. چون طبق قانون دوم نیوتون حرکت اعوجاجی ناشی از گرانش جسم دیگر است.

دوتایی طیفی: این نوع از دوتایی با تلسکوپ فقط یک ستاره دیده می‌شود ولی با دو طیف متفاوت.

دوتایی طیف سنجی: این نوع را به دو بخش طیف سنجی تک خطی و طیف سنجی دو خطی تقسیم می‌کنیم.

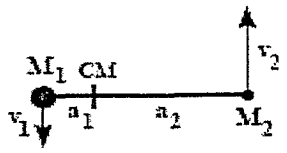
از جابجایی به سمت قرمز یا آبی این ستارگان می‌توان به دوتایی بودن آنها پی برد، چون به خاطر گردش ستارگان به دور یکدیگر در هر لحظه ستاره‌ای را که دور می‌شود نسبت به دید ما قرمزتر و دیگری را آبی‌تر می‌بینیم ولی در یک پریود بعد برعکس است. یعنی ستاره‌ای که قبلا طیف متمایل به آبی داشت چون از ما دور می شود، طیف آن به سمت قرمز انتقال می‌یابد و در مورد ستاره دیگر نیز به همین شکل است. در این حالت که دو طیف مشاهده می‌شود، طیف سنجی دو خطی گوئیم. ولی اگر فقط یکی از خطوط را ببینیم و خط دیگر خیلی کم رنگ باشد یا اصلاً دیده نشود به آن طیف سنجی تک خط گوئیم. در این حالت فقط از روی جابجایی طیف قابل دید نسبت به مبدأ به دوتایی بودن آن پی می‌بریم.ستارگان در این نوع دوتایی به هم نزدیکترند، پس پریود کوتاهی در حدود چند ساعت تا چند روز دارند.

شرط اینکه بتوان دوتایی طیف سنجی داشت این است که زاویه بین صفحه مدار و صفحه آسمان مساوی صفر نباشد. از این جابجایی خطوط طیف می‌توانیم منحنی سرعت ستاره را رسم کنیم. از رابطه دوپلر[۵] برای این کار استفاده می‌کنیم[۲].

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda_0 - \lambda_e}{\lambda_e} = \frac{v_r}{C} \qquad ۱-۲$$

[۵] -Doppler

در رابطه بالا λ_0 طول موج مشاهده شده ستاره در حال سکون و λ_e طول موج تابش شده ستاره در حال حرکت می‌باشد. v_r سرعت شعاعی دور یا نزدیک شدن ستاره است. حال برای بیان کاربرد این سرعت ها فرض کنیم CM مرکز جرم مشترک دوتایی باشدو a_1 و a_2 به ترتیب فاصله ستاره بزرگتر M_1 وستاره کوچکتر M_2 از این مرکز جرم باشد. در این صورت با توجه به شکل (۲-۱) از قانون مرکز جرم داریم[۳].



شکل(۲-۱)بردارهای سرعت دو ستاره

$$m_1 a_1 = m_2 a_2 \qquad ۲-۲$$

$$a = a_1 + a_2$$

$$\frac{a_1}{a} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}, \frac{a_2}{a} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \qquad ۳-۲$$

وبرای سرعتهای این دو مؤلفه نیز این نسبت برقرار است.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \qquad ۴-۲$$

اما برای سرعت شعاعی رابطه کلی زیر را داریم که برای دو مؤلفه به این شکل نوشته می شود.

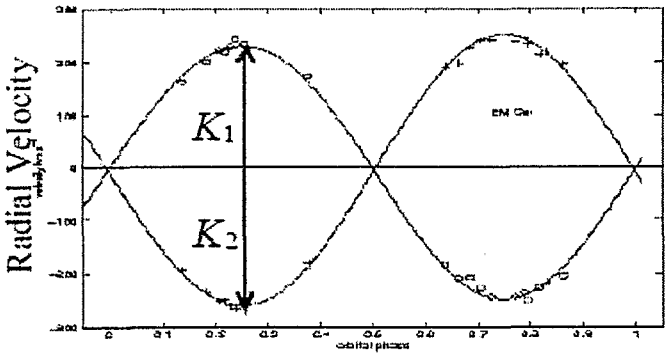
$$v_1 = \frac{2\pi a_1}{p} \Rightarrow a_1 = \frac{v_1 p}{2\pi} \qquad ۵-۲$$

در رابطه بالا P دوره تناوب حرکت است.

به همین شکل برای ستاره کوچکتر داریم.

$$a_2 = \frac{v_2 P}{2\pi} \qquad ۶-۲$$

به دلیل زاویه میل مداری، سرعت شعاعی که واقعاً قابل اندازه گیری است و ما آن را K می نامیم از رابطه زیر محاسبه می شود[۴].



شکل (۲-۲) منحنی تغییرات سرعت شعاعی بر حسب فاز مداری

$$K_1 = v_1 \sin i$$
$$K_2 = v_2 \sin i \qquad ۷-۲$$

با توجه تناسبی که در ابتدا بیان کردیم برای اندازه مدار داریم.

$$v_1 + v_2 = \frac{2\pi a}{P} \Rightarrow 2\pi a \sin i = (K_1 + K_2)P = KP \qquad ۸-۲$$

ودر نتیجه دوره تناوب مدار به این شکل اندازه‌گیری می‌شود

$$P = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \frac{a_1 \sin i}{v_1 \sin i} = 2\pi \frac{a_2 \sin i}{v_2 \sin i} \qquad ۹-۲$$

از آنجایی که نیروی گرانش با نیروی جانب مرکز مساوی است، داریم.