بنام خدا

بنام خداوند جان و خرد کزین برتر اندیشه برنگذرد

۲۴۸۴۵

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
قسمت مدارک

دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده علوم

۱۳۷۸ /۳/ ۲۰

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک

«گرایش اختر فیزیک»

موضوع:

مشاهده و حل منحنی نوری ستارهٔ دوتائی گرفتی

GO Cyg

استاد راهنما:

دکتر تقی عدالتی

تحقیق و نگارش:

مجید عتیقی

اسفند ۱۳۷۵

۲۴۸۴۵

1741/2

تقدیم به پدر، مادر و برادرم

تقدیم به مقام والای استاد معظم و هر که مرا آموخت

و تقدیم به تمام کسانی که در زندگی خویش یک

کلام به جا نهاده‌اند.

چکیده:

مشاهده و حل منحنی نوری ستارهٔ دوتائی گرفتی *GO CYGNI*

نورسنجی سیستم دوتائی گرفتی *GO Cyg* طی ۱۲ شب در تابستان ۷۴ با استفاده از تلسکوپ ۲۰ اینچی رصدخانهٔ ابوریحان‌بیرونی شیراز در سه صافی U ، B و V انجام گرفت. پس از پردازش اطلاعات، منحنی‌های نوری برای سه فیلتر رسم شده و زمان تناوب جدید سیستم به دست آورده‌شد. زمان تناوب جدید سیستم نشان می‌دهد که زمان تناوب سیستم در حال افزایش است. سپس منحنی‌های نوری به دست آمده به روش ویلسون ـ دوینی (۱۹۷۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و عناصر هندسی، نوری و ابعاد مطلق سیستم محاسبه گردیده‌اند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که این سیستم از نوع دوتائی‌های نیمه جدا می‌باشد که در آن مؤلفه اول (مؤلفه داغ‌تر و پر جرم‌تر) حد روچ خود را پر کرده است. پتانسیل سطح مؤلفه‌ها نیز نشان می‌دهد که مؤلفه اول حد روچ خود را پر کرده و مؤلفه دوم مقدار کمی از حد روچ خود کوچکتر می‌باشد. در نتیجه این دوتائی را می‌توان در رده‌بندی ستاره‌های دوتائی گرفتی در گروه دوتائی‌های آلگول معکوس و یا دوتائی‌های نزدیک به تماسی قرار داد.

سپاس و تقدیر

پس از حمد:

در تدوین و انجام این رهاورد خود را مدیون پشتیبانی و همکاری بیدریغ استادان و دانش‌پژوهانی می‌دانم که مرا در تمام مراحل کار یاری دادند.

نخست سپاس قلبی خود را از یاریها و راهنماییهای ارزشمند استاد راهنمای گرامیم آقای دکتر تقی عدالتی عرضه می‌دارم. از استادان ارجمندم آقایان دکتر جمشید قنبری ریاست محترم گروه فیزیک و استاد مشاور این پایان‌نامه و آقای دکتر بهرام خالصه که در تمام مراحل کار از حمایت و راهنماییهای لازم دریغ نورزیدند نیز بی‌نهایت سپاسگزارم.

همچنین از استاد گرامی آقای دکتر نعمت‌الله ریاضی که امکانات لازم برای مشاهدهٔ این سیستم را در شیراز فراهم آوردند و از نخستین گام تا پایان از مشاوره و راهنمایی ارزشمندشان برخوردار بودم صمیمانه تشکر می‌نمایم.

در پایان از مراحم بیدریغ دوستان و همراهان ارجمندم آقای فرشاد فقیهی به خاطر یاری در امر رصد در رصدخانهٔ ابوریحان بیرونی شیراز و سرکار خانم فاطمه زینلی و آقای محمدتقی میرترابی به خاطر راهنماییهای مفید و در اختیار گذاشتن تجربیات گرانبهای خود در زمینهٔ ستاره‌های دوتائی و آقایان محمدمهدی مطیعی، مهدی‌زرگران، کوروش جاویدان و طاهری به خاطر مساعدتها و همکاریهای بیدریغ در استفاده از رایانه و نرم‌افزارهای مختلف صمیمانه تشکر دارم. از مؤسسه چاپ ونشر کامپیوتری پگاه شرق به خاطر تایپ متن و صفحه‌آرایی زیبای آن سپاسگزارم.

«فهرست مطالب»

مقدمه ۱

فصل اول : ستاره های دوتائی

۱ـ۱ تاریخچه ۳

۱ـ۲ انواع ستاره‌های دوتائی ۴

۱ـ۳ اهمیت مطالعهٔ ستاره‌های دوتائی گرفتی ۱۳

۱ـ۴ رده بندی ستاره‌های دوتائی گرفتی ۱۴

فصل دوم : شکل گیری و تحول ستاره‌های دوتائی

۲ـ۱ مقدمه ۲۰

۲ـ۲ نظریه‌های مُهم در مورد شکل گیری ستاره‌های دوتائی ۲۰

۲ـ۳ تحول سیستم های دوتائی نزدیک ۲۵

۲ـ۳ـ۱ سطوح هم پتانسیل روچ ۲۵

۲ـ۳ـ۲ تأثیر انتقال جرم بر تحول سیستم های دوتائی نزدیک ۳۲

۲ـ۴ ستاره‌های دوتائی آلگول معکوس ۳۵

۲ـ۴ـ۱ شواهد رصدی ۳۶

۲ـ۴ـ۲ انواع سیستم های آلگول معکوس ۳۷

۲ـ۴ـ۳ مراحل تحول سیستم‌های آلگول معکوس ۳۹

۲ـ۴ـ۴ نحوهٔ شکل‌گیری سیستم‌های آلگول معکوس داغ و سرد ۴۱

۲ـ۴ـ۵ مقیاس زمانی سیستم‌های آلگول معکوس ۴۱

فصل سوم: مشاهده و بررسی دورهٔ تناوب ستارهٔ دوتائی گرفتی GO Cyg

۳ـ۱ مقدمه ۴۳

۳ـ۲ ابزار مورد استفاده ۴۴

۳ـ۳ مشاهدهٔ ستارهٔ *GO Cgy* ۴۷

۳ـ۴ کاهش اطلاعات ۴۹

۳ـ۵ رسم منحنی نوری ۵۳

۳ـ۶ زمان کمینهٔ نوری و دورهٔ تناوب ۵۳

فصل چهارم : سنتز منحنی‌های نوری

۴ـ۱ مقدمه ۵۸

۴ـ۲ عوامل مؤثر بر منحنی نوری ستاره‌های دوتائی گرفتی ۵۸

۴ـ۲ـ۱ پدیدهٔ گرفتی ۵۸

۴ـ۲ـ۲ شکل مؤلفه‌ها ۵۹

۴ـ۲ـ۳ تاریکی لبه ۵۹

۴ـ۲ـ۴ تاریکی گرانی ۶۰

۴ـ۲ـ۵ انعکاس نور ۶۱

۴ـ۳ روش ویلسون ـ دوینی ۶۲

فصل پنجم : آنالیز منحنی نوری *GO Cyg*

۵ـ۱ مقدمه ۶۷

۵ـ۲ حل نورسنجی دوتائی گرفتی *GO Cyg* ۶۸

۵ـ۳ تعیین ابعاد مطلق سیستم *GO Cyg* ۷۶

۵ـ۴ بحث و نتیجه گیری ۷۷

۵ـ۴ـ۱ شکل منحنی نوری دوتائی گرفتی *GO Cyg* ۷۷

۵ـ۴ـ۲ زمان تناوب ۷۹

۵ـ۴ـ۳ پیکربندی سیستم ۸۰

۵ـ۴ـ۴ تعیین موقعیت سیستم بر روی نمودار جرم ـ شعاع ۸۳

منابع ۸۵

پیوست الف ـ داده‌های رصدی

پیوست ب ـ کتابشناسی مقاله‌های مربوط به سیستم *GO Cyg*

پیوست ج ـ برنامه‌های کامپیوتری و داده‌های رصدی (دیسکت ضمیمه)

مقدمه

کسر بزرگی از ستاره‌های آسمان را ستاره‌های دوتائی تشکیل می‌دهند. ستارهٔ دوتائی به یک جفت ستاره گفته می‌شود که تحت تأثیر نیروی جاذبهٔ گرانشی متقابل یکدیگر حول مرکز جرم مشترک خود در حال گردش هستند. به هر کدام از اعضای یک ستاره دوتائی یک مؤلفه گفته می‌شود. در گروهی از این دوتائی‌ها که دوتائی گرفتی نامیده‌می‌شوند، وضعیت دید مدار به گونه‌ای است که یکی از دوستاره میان ناظر و ستارهٔ دیگر قرارمی‌گیرد و این دو ستاره به تناوب یکدیگر را می‌پوشانند و ما شاهد تغییرات دوره‌ای در شدت روشنایی این ستاره‌ها خواهیم بود. به کمک اندازه گیری تغییرات نور این ستاره‌ها می‌توان اطلاعات ارزشمندی همچون جرم ، شعاع، دمای سطحی، تابندگی ، ... هر کدام از مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ این دوتائی‌ها را به دست آورد. در گروهی از ستاره‌های دوتائی تاثیر گرانش متقابل مؤلفه‌ها سبب انتقال جرم بین دو مؤلفه می‌شود، این کاهش جرم برای یک ستاره و افزایش جرم برای ستارهٔ دیگر بر مسیر تحول ستاره تاثیر می‌گذارد. بنابراین، مطالعه این دوتائی‌ها آزمایشگاه مناسبی برای تحقیق نظریه‌های مختلف در مورد تحول ستارگان است. اطلاع از ساختار داخلی و جو ستاره‌ها نیز از دیگر دستاوردهای مطالعه ستاره‌های دوتائی گرفتی است. مطالعهٔ ستاره‌های دوتائی گرفتی از جمله تحقیقات نظری و عملی است که در دانشگاههای شیراز، تبریز و مشهد انجام می‌گیرد.

این پایان نامه شامل ٦ فصل می‌باشد. فصل اوّل دربردارندهٔ اطلاعات کلی در مورد انواع ستاره‌های دوتائی و طبقه‌بندیهای مختلف آنها است. در فصل دوم نظریه‌های مختلف در مورد شکل‌گیری دوتائی‌ها را مطرح کرده و با توجه به نتایج به دست آمده از مشاهده و حل منحنی نوری این ستاره‌ها، سیر تحولی آنها را بیان می‌کنیم. و در انتهای این فصل به معرفی دوتائی‌های نوع آلگول معکوس[1] می‌پردازیم.در فصل سوم به شرح مشاهده ستارهٔ دوتائی *GO Cyg* ، ابزار مورد استفاده، نحوه کاهش اطلاعات و رسم منحنی‌های نوری این سیستم خواهیم پرداخت.

در فصل چهارم به عوامل مؤثر بر تغییرات نوری ستاره‌های دوتائی گرفتی و نحوه حل منحنی‌های

1– Reverse Algol

نوری این ستاره‌ها پرداخته و روش ویلسون - دوینی [1] راکه مورد استفاده قرارگرفته است تشریح می‌کنیم.

در فصل پنجم - به حل منحنی نوری *GO Cyg* و نتایج به دست آمده از آن پرداخته و نتایج حاصل را با نتایج دیگران مقایسه و به بحث پیرامون نتایج به دست آمده می‌پردازیم.

1- Wilson – Devinney

فصل اوّل

ستاره‌های دوتائی

۱-۱ تاریخچه

هنگامی که به آسمان می‌نگریم تعداد زیادی ستاره را می‌توانیم به بینیم که در کنار یکدیگر واقع شده‌اند. بشر از دیرباز متوجه این ستاره‌ها شده و آنها را ستاره‌های دوگانه [۱] یا چندگانه[۲] نامگذاری کرده بود. برای مثال، بطلمیوس واژه ستارهٔ دوگانه را برای مشخص کردن ستارهٔ γ در صورت فلکی قوس به کار برده بود. تصور اولیه بر آن بود که این ستاره‌ها واقعاً در کنار یکدیگر قرار ندارند بلکه تصادفاً در راستای دید ناظر واقع شده‌اند. شواهد تاریخی نشان می‌دهد که نخستین ستارهٔ دوگانه در سال ۱۶۵۰ میلادی توسط جین باتیستا ریچیولی[۳] کشف شد. این ستاره ξ دب اکبر یا عِناق[۴] بود. پس از اختراع تلسکوپ تعداد ستاره‌های دوگانه کشف شده به سرعت افزایش یافت. در فاصلهٔ سالهای ۱۸۲۱ تا ۱۸۷۲ میلادی تعداد ستاره‌های دوگانه و چندگانه به بیش از ده‌هزار عدد رسید. تعداد زیاد این ستاره‌ها کشیش انگلیسی به نام جان مایکل[۵] را واداشت تا این بحث را مطرح کند که این تعداد ستاره نمی‌توانند تصادفاً در راستای دید ما قرار گرفته باشند. سر ویلیام هرشل[۶] نخستین کسی بود که در سال ۱۸۰۲ میلادی متوجه حرکت مداری این ستاره‌ها گردید و نخستین بار از این ستاره‌ها با نام ستاره‌های دوتائی [۷] در مقابل ستاره‌های دوگانه یا چندگانه استفاده کرد. بنا به تعریف ویلیام هرشل یک ستارهٔ دوتائی یک سیستم متشکل از دو

1– double stars
2– multiple stars
3– Jean Baptista Riccioli
4– Mizar
5– John Michell
6– Sir William Herschell
7– binary stars

ستاره است که تحت تأثیر جاذبهٔ متقابل گرد هم آمده‌اند. در سال ۱۸۲۷ میلادی ساواری [۱] نشان داد که سیستم دوتائی عِناق با دوره‌ای حدود ۶۰ سال به دور یکدیگر می‌چرخند و در واقع دو ستاره در کنار هم قرار داشته و تحت تأثیر جاذبهٔ متقابل هم هستند. در سال ۱۷۸۳ میلادی جان گودریک [۲] دورهٔ تناوب تغییرات نوری رأس الغول [۳] را به دست آورد و در گزارش خود علت تغییرات نور را احتمالاً وجود یک جسم کدر که به دور ستارهٔ اصلی می‌گردد، دانست. در سال ۱۸۸۹ میلادی وجل [۴] به روش طیف سنجی دوتائی بودن رأس‌الغول و درستی نظریهٔ گودریک را ثابت کرد. مدت زمان کوتاهی بعد از ورود طیف سنجی به ستاره‌شناسی، استفاده از پدیدهٔ دوپلر برای تعیین سرعت مداری ستاره‌های دوتائی شروع شد. در سال ۱۸۸۹ میلادی پیکرینگ [۵] مؤلفه دوّم عِناق را با این روش کشف نمود. باگسترش وسایل مدرن و تلسکوپهای قوی بر تعداد ستاره‌های دوتائی کشف شده روز به روز افزوده شد. و امروزه چندین هزار ستارهٔ دوتائی از انواع مختلف شناخته‌شده‌اند.

۱-۲ انواع ستاره‌های دوتائی

ستاره‌های دوتائی را با توجه به روشهای آشکار سازی آنها به ۵ گروه تقسیم بندی کرده‌اند.

الف) دوتایی نوری [۶]

این دوتائی‌ها متعلق به یک سیستم واقعی دوتائی نیستند و ارتباطی نیز با هم ندارند و تنها به دلیل قرار گرفتن در امتداد خط دید ناظر است که به صورت دوتائی به نظر می‌رسند. اختلاف فاصله این دوتائی‌ها از ما می‌تواند به صدها سال نوری برسد و هر کدام از آنها می‌توانند خود متعلق به یک سیستم دوتائی و یا چندتائی باشند.

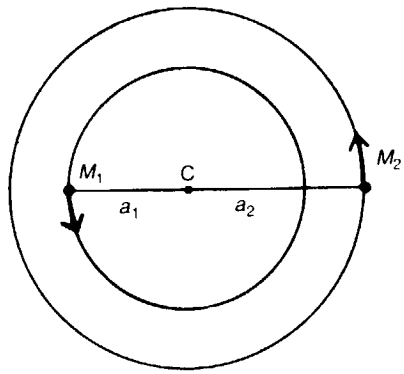
ب) دوتائی دیدگانی یا مرئی [۷]

این گونه دوتائی‌ها را می‌توان از درون تلسکوپ به صورت دو ستاره مجزا دید و این زمانی ممکن است

1– Sawary
2– C.J.Goodricke
3– Algole
4– H.C.Vogel
5– Pickering
6– Optical binary
7– Visual binary

که فاصلهٔ دو ستاره از خورشید کم و یا فاصلهٔ دو ستاره از هم خیلی زیاد باشد. معمولاً فاصله دو ستاره در یک سیستم دوتائی مرئی به صدها واحد نجومی می‌رسد. به همین دلیل سرعت مداری این ستاره‌ها کم و زمان حرکت مداری آنها طولانی است و بررسی آنها چندین سال طول می‌کشد. تاکنون حدود ۷۵۰۰۰ ستارهٔ دوتائی مرئی کشف و رده‌بندی شده‌اند، ولی مدار حدود ۷۰۰ عدد از آنها تعیین شده‌است، که از این میان حدود ۲۵ عدد آنها قابل اطمینان است.

با استفاده از رصد ستارهٔ دوتائی می‌توان مدار حرکت هر یک از دو مؤلفه ستارهٔ دوتائی، دورهٔ گردش و نسبت جرم دو مؤلفه را به دست آورد. برای حالت ساده، که مدار حرکت مؤلفه‌ها دایره‌ای است می‌توانیم به صورت زیر عمل نمائیم .



شکل ۱-۱ دو ستاره با جرم‌های M_1 و M_2 که در مدارهای دایره‌ای با شعاعهای a_1 و a_2 حول مرکز جرم مشترک خود C در حال گردش هستند.

برای دو ستاره با جرم‌های M_1 و M_2 که در مدارهای دایره‌ای با شعاعهای a_1 و a_2 حول مرکز جرم مشترک خود می‌گردند می‌توانیم بنویسیم.

$$M_1 a_1 = M_2 a_2$$

اگر مرکز جرم سیستم معین باشد با اندازه گیری a_2 و a_1 می‌توانیم نسبت جرمها را به دست آوریم

$$M_1 / M_2 = a_2 / a_1$$

بدین ترتیب نسبت جرم دو مؤلفه بدون نیاز به فاصله آنها از ما حاصل می‌شود.

با توجه به این که سرعت زاویه‌ای گردش دو مؤلفه حول مرکز جرم مساوی است و با استفاده از قانون گرانش نیوتون و برابر قراردادن آن با نیروی جانب مرکز به رابطهٔ زیر می‌رسیم.

$$\frac{G M_1 M_2}{a^2} = M_1 \omega^2 a_1 = M_2 \omega^2 a_2$$

که در آن

$$a = a_1 + a_2 = a_1 \left(1 + \frac{M_1}{M_2} \right)$$

در نتیجه

$$G M_1 M_2 / a^2 = M_1 \omega^2 a M_2 / (M_1 + M_2)$$

ویا

$$\omega^2 a^3 = G (M_1 + M_2)$$

با توجه به این که T دورهٔ گردش سیستم است.

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

می‌توانیم بنویسیم.

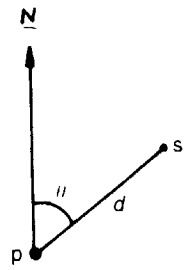
$$\frac{4\pi^2 a^3}{T^2} = G (M_1 + M_2)$$

رابطهٔ فوق به قانون سوم کپلر معروف است. هر چند رابطهٔ بالا را با فرض دایره‌ای بودن مدار به دست آوردیم، برای حالتی که مدار بیضی است نیز درست می‌باشد، که در این صورت a نیم قطر بزرگ مسیر یک مؤلفه نسبت به مؤلفه دیگر است.

بدین ترتیب، در صورتی که دورهٔ گردش و فاصله دو مؤلفه از هم را بتوانیم اندازه گیری کنیم (فاصله دو مؤلفه از هم را زمانی می‌توانیم به دست آوریم که فاصله دو مؤلفه از ما معلوم باشد) می‌توانیم مجموع جرم دو مؤلفه را به دست آوریم بدون این که نیازی به دانستن محل مرکز جرم سیستم باشد. در صورتی که

محل مرکز جرم سیستم نیز مشخص باشد نسبت جرم دو مؤلفه نیز مشخص شده و نهایتاً جرم دو مؤلفه محاسبه می‌گردد.

در یک دوتائی مرئی می‌توان جدائی زاویه‌ای دومؤلفه و فاز حرکت θ را به صورت تابعی از زمان به دست آورد.



شکل ۱-۲ θ فاز حرکت یک دوتائی مرئی با جدائی زاویه‌ای d نسبت به مؤلفه اصلی به صورت زاویه بین راستای شمال و مؤلفه دوّم s تعریف می‌شود.

به کمک این اطلاعات ما حرکت ظاهری و یا تصویر حرکت واقعی این دو ستاره بر صفحهٔ آسمان را به دست می‌آوریم، در صورتی که فاصله ستاره‌ها از ما معلوم باشد می‌توانیم d را بر حسب متر به دست آوریم. برای این که مجموع جرمها را به دست آوریم بایستی حتماً فاصله واقعی دو ستاره در صفحهٔ مدارشان را داشته‌باشیم. برای این منظور بایستی زاویه میل مدار i (زاویه میل مدار i زاویه بین راستای دید ناظر و خط عمود بر صفحه مدار است) را بدانیم.