دانشکده علوم

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد فیزیک

(گرایش اخترفیزیک)

عنوان:

موقعیت سیستم دوتایی گرفتی u Her در نمودار H-R و روند تحول آن

استاد راهنما:

دکتر بهرام خالصه

نگارش :

الهه نعیم آبادی

بهار 1391

فصل اول: آشنایی با ستارگان دوتایی

1- 1-مقدمه 2

1-2- دلایل اهمیت مطالعه ستارگان دوتایی 3

1-3- شکل گیری ستارگان دوتایی 3

الف- نظریه تکه تکه شدن مستقیم ابر مولکولی 3

ب- نظریه گیراندازی **4**

ج- شکافت **4**

1-4 انواع ستارگان دوتایی 4

الف- دوتایی های ظاهری یا نوری **(Optical binary)** **4**

ب- دوتایی های مرئی (Visual binary) 5

ج- دوتایی طیف سنجی (Spectroscopic binary) 6

د- دوتایی طیفی 6

ه- دوتایی نجوم سنجی (Astrometric Binary) 7

و- دوتایی های گرفتی (Eclipsing Binary) 7

1-5- اهمیت مطالعه ستاره های دوتایی گرفتی 8

1-6- رده بندی ستارگان دوتایی گرفتی 9

1-6-1 رده بندی ساها 10

1-6-2 رده بندی کوپال 10

1-6-3 رده بندی شکل منحنی نوری 12

1-6-4 رده بندی کوکارکین 16

1-7- جرم یک سیستم دوتایی 17

1-8- تحول سیستم های دوتایی 19

1-8-1- گرانش در سیستم های دوتایی نزدیک 19

1-8-2- انتقال جرم و تاثیر آن بر تحول سیستم های دوتایی نزدیک 22

1-8-3- سیر تحولی ستارگان دوتایی 24

فصل دوم: تجزیه وتحلیل منحنی نوری

2-1- مقدمه 26

2-2- هدف از حل منحنی نوری 26

2-3- عناصر تعیین کننده شکل منحنی نوری 27

الف- پدیده گرفتی 27

ب- جسم سوم 28

ج- اثر بازتاب 29

د- شکل مولفه ها 29

ح- اثر تاریکی گرانشی 29

و- تاریکی لبه 30

ز- لکه های ستاره ای 32

ز-1- ابزار مشاهده ی لکه های ستاره ای 33

ز-2- روش های تشخیصی لکه های ستاره ای 33

ز-3- ویژگی های لکه های ستاره ای 37

2-4- اطلاعات اولیه حاصل از بررسی منحنی نوری 40

فصل سوم: آشنایی با روش ویلسون-دوینی و برنامه فوبه (Phoebe)

3-1- مقدمه 43

3-2- آشنایی با برنامه ویلسون – دوینی 43

3-3- آشنایی با برنامه فوبه 44

3-4- راهنمای کار با برنامه فوبه (PHOEBE 0.32) 45

فصل چهارم: تحلیل منحنی نوری سیستم دوتایی گرفتی u Hercules

4-1- مقدمه 53

4-2- مشاهده دوتایی گرفتی u Her 55

4-3- بررسی سیستم u Her 55

4-4- خلاصه و نتیجه گیری 60

4-5- پیشنهاد 64

فصل اول :

آشنایی با ستارگان دوتایی

1-1 مقدمه :

هنگامیکه به آسمان می نگریم تعداد زیادی ستاره را می توانیم ببینیم که در کنار یکدیگر واقع شده اند. بشر از دیر باز متوجه این ستاره ها شده و آن ها را ستاره های دوگانه [1] یا چندگانه[2] نامگذاری کرده بود . برای مثال ، بطلمیوس واژه ستاره دوگانه را برای مشخص کردن ستاره γ [3] در صورت فلکی قوس به کار برده بود . تصور اولیه بر آن بود که این ستاره ها واقعا در کنار یکدیگر قرار ندارند بلکه اتفاقی در راستای دید ناظر واقع شده اند . شواهد تاریخی نشان می دهد که نخستین ستاره دوگانه در سال 1650 میلادی توسط جین باتیستا ریچولی[4] کشف شد، این ستاره ξ دب اکبر[5] بود. پس از اختراع تلسکوپ تعداد ستاره های دوگانه کشف شده به سرعت افزایش یافت . در فاصله سالهای 1821 تا 1872 تعداد ستاره های دوگانه و چند گانه به بیش از ده هزار عدد رسید . سرویلیام هرشل [6] نخستین کسی بود که در سال 1802 میلادی متوجه حرکت مداری این ستاره ها گردید و نخستین بار از این ستاره ها با نام ستارگان دوتایی (Binary Star) در مقابل ستارگان دوگانه یا چند گانه استفاده کرد.

سیستم های دو تایی یکی از فراوان ترین جمعیت های ستاره ای در کهکشان راه شیری و حتی در دیگر کهکشان ها را تشکیل می دهند. اگرتوجه کنیم که در محدوده 30 پارسکی خورشید از هر 10^4 ستاره حداکثر 10 ستاره دوتایی گرفتی وجود دارد، می توان دریافت که تعداد کل دوتایی های گرفتی در کهکشان راه شیری به 10^9 میرسد.

1-2 دلایل اهمیت مطالعه ستارگان دوتایی

سیستم های چند تایی و به ویژه دوتایی ، بنا به دلایل زیر از اهمیت زیادی برخوردار هستند:

* تعداد این نوع از ستارگان در آسمان بسیار زیاد است.
* تنها راه مستقیم پیدا کردن جرم ستاره ، مطالعه دینامیکی یک سیستم دوتایی است.

---

۱ - double star
۲ - multiple star
۳ - زوج السهم
٤ -Jean Baptista Riccioli
٥ - عناق
٦ -sir William Herschell

* به راحتی با استفاده از قوانین فیزیکی و نجومی حاکم بر سیستمهای دوتایی می توان مشخصه های فیزیکی آنها شامل فاصله ، دوره تناوب ، جرم ، شعاع ، سرعت شعاعی ، دمای ستاره و ... را بدست آورد.

* ستارگان دوتایی از نوع گرفتی از فواصل دور قابل تشخیص هستند.

* سیستمهای دوتایی جدا از هم تحت تاثیر نیروهای جزرومدی کهکشانی از هم پاشیده نمی شوند، بنابراین اطلاعات فراوانی درباره سیر تحولی آن ها بدست می آید.

* با مطالعه دوتایی ها می توان به ساختار داخلی و جو ستارگان پی برد.

* با بررسی جابجایی خطوط طیفی ستارگان دوتایی ، آنها را می توان در فواصل خیلی دور حتی در چند پارسکی تشخیص داد.[44]

1-3 شکل گیری ستارگان دوتایی

سه نظریه عمده در مورد تولد و شکل گیری ستارگان دوتایی وجود دارد . این سه نظریه عبارتند از:

- نظریه تکه تکه شدن ابر مولکولی[1]
- نظریه گیراندازی [2]
- نظریه شکافت [3]

الف- نظریه تکه تکه شدن مستقیم ابر مولکولی

بر طبق این الگوی قدیمی ابر مولکولی اولیه متقارن و چرخان فرض می شود ، این ابر چرخان به علت ناپایداری گرانشی شروع به انقباض و رمبش می کند . با ادامه رمبش ابر کوچک و کوچکتر شده و به علت بقاء اندازه حرکت زاویه ای سرعت چرخش ابر (با آهنگ ثابت) افزایش می یابد ، سرانجام پس از طی مراحلی ابر به شکل یک قرص یا حلقه در می آید. با افزایش سرعت چرخش ، ممکن است ابر مولکولی تکه تکه شده و سبب به وجود آمدن چندین پیش ستاره گردد. البته هرکدام از این تکه ها خود نیز میتواند به روشی مشابه تکه تکه شده و سبب به وجود آمدن ستاره های دیگری گردند.

در مدل های جدید این نظریه ، چگالی ابر مولکولی و آهنگ چرخش ابر غیر یکنواخت فرض می شود و نحوه ی انتقال انرژی نیز از طریق تابش بررسی می شود.

این الگو تنها برای توصیف ستارگان دوتایی با دوره تناوب طولانی که از یکدیگر دور باشند. مناسب است.اما برای دوتایی های نزدیک با دوره تناوب کوچک کاربرد ندارد.

ب- نظریه گیراندازی

---

۱ - Fragmentation
۲ - capture
۳ - Fission

در این نظریه فرض می شود که دو ستاره منفرد در نتیجه یک برخورد اتفاقی ودر اثر میدان گرانشی یکدیگر می توانند یک دوتایی تشکیل دهند . البته برای این منظور بایستی شرایط ویژه ای فراهم باشد ، مثلا دو ستاره بایستی بسیار به هم نزدیک باشند و همچنین جسم سومی نیز وجود داشته باشد تا انرژی گرانشی آزاد شده (در اثر نزدیک شدن دو ستاره به هم) را جذب کند.

این نظریه نشان می دهد چرا مولفه های یک دوتایی می توانند هم سن نباشند و یا این که چرا اندازه حرکت زاویه ای مداری و اندازه حرکت وضعی مولفه های برخی سیستم ها هم راستا نیستند. اما این نظریه نمی تواند پاسخگوی این مطلب باشد که چرا دوره گردش ستاره های دوتایی دامنه ی گسترده ای از مقادیر را در بر می گیرد.

ج- شکافت

بر طبق این نظریه هنگامی که یک پیش ستاره با ساختاری قرصی شکل به سمت رشته ی اصلی پیش می رود بر سرعت گردش ستاره به دورخود افزوده می شود و نسبت انرژی دورانی به انرژی گرانشی ستاره بیشتر می شود ، هنگامی که این نسبت به یک مقدار حدی می رسد ، ستاره تحت اثر ناپایداری هایی که به دلیل عدم تقارن شعاعی مواد آن به وجود می آید قرار گرفته و به دو ستاره شکافته می شود که این دو ستاره دو مولفه ی یک دوتایی را تشکیل می دهند. از آنجایی که در هر کدام ازستاره ها مقدار محدودی اندازه حرکت زاویه ای می تواند باقی بماند ، تنها ستارگان دوتایی نزدیک می توانند به این طریق به وجود آیند.

در الگوهای جدید این نظریه ، فرض چرخش یکنواخت یک فرض فیزیکی قابل قبول نیست و حرکتهای داخلی ستاره را هم بایستی در نظر گرفت.

در جمع بندی این سه نظریه می توان گفت تاکنون نظریه ای بیان نشده است که بتواند با شواهد رصدی به ویژه توزیع زمان تناوب ، نسبت جرم ها و خروج از مرکز مداری تطابق داشته باشد.[47]

4-1 انواع ستارگان دوتایی :

ستاره های دوتایی را با توجه به دلایل مشاهده ای و فیزیکی می توان در 6 گروه رده بندی کرد که عبارتند از:

الف- دوتایی های ظاهری یا نوری (Optical binary) :

این دوتایی ها متعلق به یک سیستم واقعی دوتایی نیستند و ارتباطی نیز با هم ندارند تنها به دلیل قرار گرفتن در امتداد خط دید ناظر به صورت دوتایی به نظر می رسند ، اختلاف فاصله این دوتاییها از ما می تواند به صدها سال نوری برسد و هر کدام از آنها می توانند خود متعلق به یک سیستم دوتایی و یا چند تایی باشند.

ب- دوتایی های مرئی (Visual binary) :

این گونه دوتایی ها در اثر پیوند گرانشی متقابل به دور مرکز جرم مشترکشان می گردند ومی توان آنها را به صورت دو ستاره مجزا از درون تلسکوپ دید و این زمانی ممکن است که فاصله دو ستاره از خورشید کم و یا فاصله دو ستاره از هم خیلی زیاد باشد . معمولا فاصله دو ستاره در یک سیستم دوتایی مرئی بسیار زیاد است به همین دلیل سرعت مداری این ستاره ها کم و دوره تناوب مداری سیستم طولانی است و بررسی آنها چندین سال طول می کشد(شکل(1-1)).

تاکنون حدود 75000 ستاره دوتایی مرئی کشف و رده بندی شده اند ولی مدار حدود 700 عدد از آنها تعیین شده است که از این میان حدود 25 عدد آنها قابل اطمینان است.

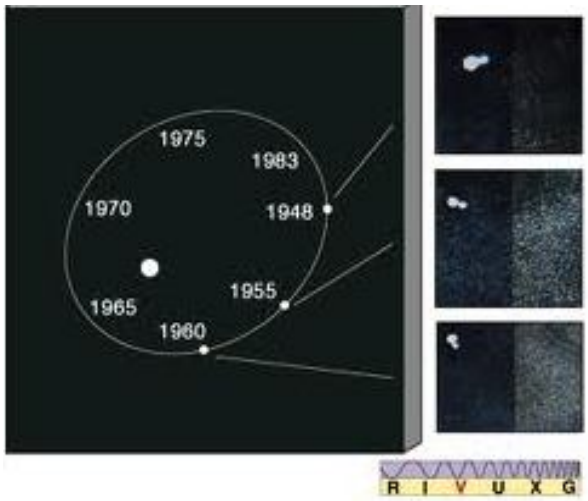
برای تشخیص اینکه یک دوتایی ظاهری است یا دوتایی مرئی ، آیتکن[1] [1] پیشنهاد کرد که هر چه جدایی زاویه ای بین دو ستاره کوچکتر باشد احتمال بیشتری وجود دارد که آنها مولفه های یک سیستم دوتایی واقعی باشند و براین اساس رابطه تجربی زیر را معرفی کرد :

$$\text{Log } a = 2/8 - 0/2m \qquad (1\text{-}1)$$

در رابطه فوق a جدایی زاویه ای دو ستاره بر حسب ثانیه قوسی و m قدر ظاهری دو ستاره می باشد.

با اندازه گیری قدر ظاهری ستاره (m) و جایگذاری آن در رابطه (1-1) می توان مقدار a را محاسبه کرد و با مقدار a که از طریق مشاهده بدست می آید مقایسه کرد.

اگر مقدارa محاسبه شده از مقدار تجربی مشاهده ای کمتر باشد در این صورت دوتایی مورد نظر یک دوتایی واقعی (مرئی) است.



شکل (1-1) دوتایی مرئی

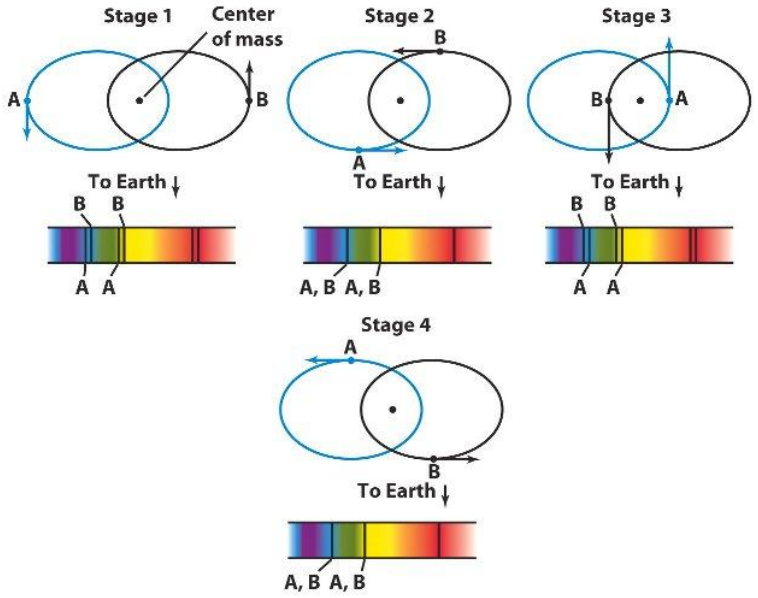
ج- دوتایی طیف سنجی (Spectroscopic binary) :

برخی از دوتایی ها آن قدر به هم نزدیک و یا ازما دورند که حتی با قویترین تلسکوپ ها نیز قادر به تفکیک آنها نمی باشیم. اگر دو ستاره آنقدر به هم نزدیک باشند که سرعت گردش مداری آنها بیشتر از $1\ \frac{km}{s}$ باشد و به علاوه زاویه

[1] -R.J.Aitken

میل مدار آنها نیز مخالف صفر باشد ، در خطوط طیفی این ستاره ها جابجایی دوره ای مشاهده می شود . این جابجایی ها به دلیل پدیده دوپلر می باشد که در اثر دور یا نزدیک شدن ستاره ها به ما به وقوع می پیوندد . اگر طیف هر دو ستاره قابل تشخیص باشد هنگامی که یکی از دو ستاره به ما نزدیک و دیگری دور می شود ، از هم جدا شده و هنگامی که هر دو ستاره از مقابل ما عبور می کنند این خطوط بر هم منطبق می شوند .(شکل (2-1))

به کمک اندازه گیری جابجایی دوپلر بر حسب زمان می توان مولفه در امتداد دید سرعت ستاره (مولفه شعاعی)را به دست آورد. البته همیشه در طیف یک دوتایی ، خطوط طیفی هر دو ستاره مشخص نیست ، در صورتی که هر دو عضو یک سیستم دوتایی طیف سنجی به اندازه کافی واضح و روشن باشند و طیف هر کدام از مولفه ها مشخص باشد ، آن دوتایی را دوتایی طیف سنجی دو خطی (SB2) می گوییم و اگر یک مولفه کم نورتر از دیگری باشد ، آنگاه در خطوط طیفی بیش از یک سری خط مشاهده نمی شود ، این دوتایی را تک خطی (SB1) می گوییم .[48]



شکل (2-1) یک سیستم دوتایی طیف سنجی

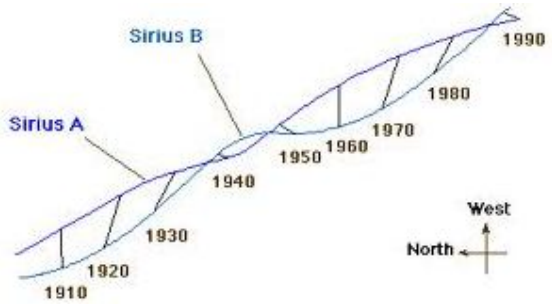
د- دوتایی طیفی :

اغلب یک سیستم دوتایی آنچنان به یکدیگر نزدیک یا از ما دورند که به صورت یک جفت نوری قابل تشخیص نیستند . با این وجود طیف بدست آمده از چنین سیستمی ، دو نوع ستاره متفاوت را نشان خواهد داد .

به طور طبیعی هر ستاره ، طیف منحصر به فردی دارد به طور مثال یک ستاره داغ خطوط غنی از هیدروژن و در طیف یک ستاره سرد خطوط غنی از فلزات دیده می شود .

ه- دوتایی نجوم سنجی : (Astrometric Binary)

معمولا دو عضو یک ستاره دوتایی دارای روشنایی یکسان نیستند ، حال اگر روشنایی مولفه همدم بسیار ضعیف تر از روشنایی مولفه ی اصلی باشد و یا این که دو مولفه خیلی به هم نزدیک باشند ، به علت محدودیتهای تفکیک هندسی موجود در تلسکوپ ها ، قادر به رویت هر دو ستاره نیستیم و تنها یک ستاره در تلسکوپ دیده خواهد شد.
اما با در نظر گرفتن اثرات گرانشی بین دو مولفه ، ممکن است بتوان ثابت کرد که چنین منظومه ای یک سیستم دوتایی است . به منظومه های دوتایی که حرکت مداری آن ها توسط روش های نجوم سنجی ، مشخص و آشکار می گردد دوتایی های نجوم سنجی گفته می شود. به عنوان مثال دو ستاره شعرای یمانی الف و ب [1]در صورت فلکی سگ بزرگ [2] دو مولفه یک سیستم دوتایی نجوم سنجی اند.
ستاره شعرای یمانی ب به عنوان عنصر کوچک و کم نورتر این منظومه دوتایی در سال 1844 م. توسط فریدریش ویلهم بسل[3] و با توجه به حرکت ویژه اش [4] در آسمان کشف گردید. شکل (3-1) حرکت خاص این سیستم را طی 80 سال نشان می دهد.[44]



شکل(3-1) حرکت ستاره Sirius درمدت 80 سال

و- دوتایی های گرفتی: (Eclipsing Binary)

ستارگان دوتایی گرفتی از مهمترین زیر مجموعه های دوتایی های طیف سنجی و مرئی می باشند.

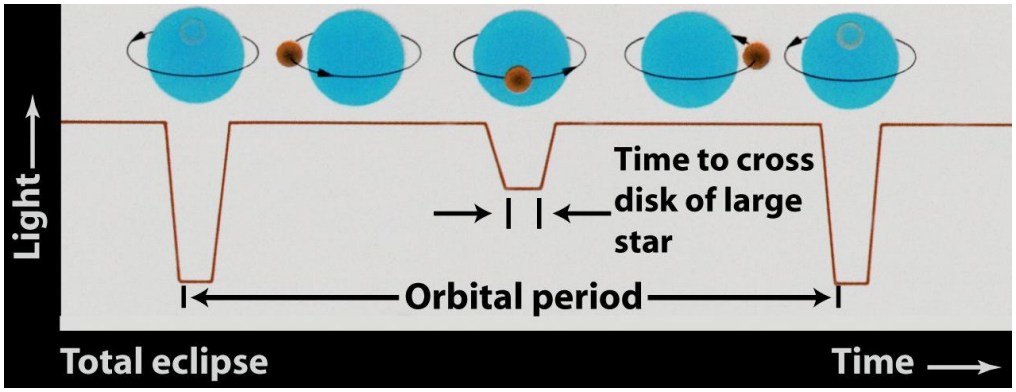
---
۱ - Sirius A ,B
۲ - Canis Major
۳ -Friedrich Wilhem Bessel
٤ - Proper motion

در دوتایی های گرفتی ، دو مولفه در مدارهایی دایروی و یا بیضی گون حول مرکز جرم سیستم می گردند و به تناوب ازمقابل یکدیگر عبور کرده و یکدیگر را می پوشانند و از این رو موجب تغییر میزان روشنایی دوتایی نسبت به زمان می شوند. با رسم تغییرات روشنایی یا تابندگی سیستم دوتایی نسبت به زمان ، منحنی نوری بدست می آید.

منحنی های نوری منظومه های دوتایی از دو کمینه تشکیل شده است و چون در حالت کلی روشنایی دو ستاره یکسان نیست ، لذا عمق کمینه ها برابر نخواهد بود. هنگامی که ستاره روشن تر (مولفه اصلی) توسط ستاره کم نورتر (ستاره همدم) پوشانده می شود، کمینه عمیق تر یا کمینه اصلی ایجاد می شود و هنگامی که ستاره همدم توسط ستاره اصلی پوشانده می شود کمینه ی دوم بوجود می اید. شکل (4-1) منحنی نوری یک دوتایی گرفتی را نشان می دهد که ستاره اصلی کوچکتر ولی روشن تر است.

در کمینه ی اول همواره ستاره با سطح روشن بزرگتر (ستاره داغ تر) است که پوشیده می شود. اگر ستاره ی کوچکتر ستاره داغ تر باشد ، ضمن گرفتی ،کاملا توسط ستاره سردتر و بزرگتر پوشیده می شود که به آن گرفت کلی [1] می گوییم ، اما اگر ستاره کوچکتر ، ستاره سردتر نیز باشد آنگاه کمینه ی اول مربوط به زمانی است که این ستاره از مقابل ستاره بزرگتر می گذرد و فقط قسمتی از سطح ستاره بزرگتر را می پوشاند که به آن گرفت جزئی [2] می گوییم .

مدار دوتایی های گرفتی نسبت به دوتایی های مرئی کوچکتر است و دو مولفه به هم نزدیکترند ، نزدیک بودن مولفه ها به هم موجب می شود تا شکل منحنی نوری از یک سیستم دوتایی تا سیستم دوتایی دیگر متفاوت باشد و در واقع سیستم های دوتایی گرفتی ، خود از زیر رده های کوچکتری تشکیل شده اند .



شکل(4-1) منحنی نوری یک دوتایی گرفتی که ستاره کوچکتر دمای بیشتری داردو روشن تر است.

1-5 اهمیت مطالعه ستاره های دوتایی گرفتی :

دلایل اهمیت مطالعه ستارگان دوتایی گرفتی را می توانیم در موارد زیر خلاصه کنیم :

[1] -total eclipse
[2] - Partial eclipse

الف- دوتایی های گرفتی پدیده های نادری نیستند ، بیش از 50 درصد ستارگان اطراف خورشید در مجموعه های دو یا چند تایی به سر می برند . از بین 10000 ستاره ای که در فاصله کمتر از 30 پارسکی خورشید قرار دارند حداقل 2تای آن ها دوتایی گرفتی می باشند یعنی 0/02 درصد ستارگان اطراف خورشید دوتایی گرفتی هستند. اگر این نسبت را به کل کهکشان تعمیم دهیم تعداد دوتایی های گرفتی در کهکشان ما حدود 10^8 عدد می باشد.

ب- اندازه گیری جرم ستاره ها:

اگر بخواهیم جرم یک ستاره را به طور مستقیم و با دقت زیاد اندازه گیری کنیم بایستی از تاثیر نیروی گرانشی ستاره بر اجرام مجاورش استفاده کنیم ، زمانی می توانیم جرم مولفه های یک دوتایی را تعیین کنیم که دوتایی ، یک دوتایی گرفتی باشد .

ج- اطلاعات متعدد از خواص فیزیکی و هندسی ستاره ها :

از حل منحنی نوری این ستاره ها میتوان اطلاعاتی همچون شعاع ، تابندگی ، دمای سطحی و فاصله ی دو ستاره را به دست آورد. مطالعه ساختار جو این ستاره ها نیز از طریق اندازه گیری ضرایب تاریکی لبه ممکن می شود. اندازه گیری ضرایب تاریکی گرانی نیز می تواند ما را از ساختار درونی ستاره ها آگاه سازد.

د- بررسی تحول ستاره ها :

در دوتایی های گرفتی نزدیک ، با توجه به برخی شراط تاثیر گرانش متقابل ستاره ها بر هم ، سبب انتقال جرم بین دو مولفه می شود . این کاهش جرم برای یک مولفه و افزایش جرم برای مولفه دیگر بر مسیر تحول ستاره تاثیر می گذارد . بنابراین ، دوتایی های گرفتی آزمایشگاه مناسبی برای نظریه های موجود درباره تحول ستاره ها می باشند .

ه- بررسی ستاره ها در سایر کهکشانها :

از طریق مشاهده دوتایی ها با تلسکوپ تنها می توان تا فواصل چند صد پارسکی را مطالعه کرد اما ، مشاهده تغییرات نور ستاره های دوتایی گرفتی با ابزارهای نورسنجی الکترونیکی تا فاصله چند هزار پارسکی از خورشید ، حتی در کهکشان های مجاور نیز امکان پذیر است.[48]

1-6 رده بندی ستارگان دوتایی گرفتی :

رده بندی ستارگان دوتایی گرفتی با توجه به موارد زیر صورت می گیرد:

براساس تحول مولفه ها یا رده بندی ساها [1]

براساس بر هم کنش مولفه ها یا رده بندی کوپال [2]

براساس شکل منحنی نوری

حال به بررسی هر کدام از این نوع رده بندی ها می پردازیم:

1-6-1 رده بندی ساها:

این رده بندی در سال 1975 م. توسط ساها ارائه گردید. براساس این رده بندی ، ستارگان دوتایی گرفتی با توجه به موقعیت مولفه ها بر روی نمودار H-R به پنج دسته تقسیم می شوند:

الف- حداقل یک مولفه در مرحله پیش رشته اصلی[3] می باشد.

ب- هر دو مولفه بر روی رشته اصلی قرار دارند و دو حالت وجود دارد.

* رده طیفی دو مولفه مشابه است.

* رده طیفی دو مولفه غیر متشابه است.

ج- یک مولفه بر روی رشته اصلی و مولفه دیگر در ناحیه پیش غول یا غول قرار دارد.

د- هر دو مولفه در ناحیه غول ها یا پیش غول ها قرار دارند و دو حالت وجود دارد.

* رده طیفی هر دو مولفه مشابه است.

* رده طیفی هر دو مولفه نا متشابه است.

ه- یک مولفه در ناحیه زیر رشته اصلی قرار دارد.

1-6-2 رده بندی کوپال:

این رده بندی در سال 1954 م . توسط کوپال [19] مطرح گردید ، در این رده بندی منظومه های دوتایی گرفتی براساس تحول و سطوح هم پتانسیل روچ [4]، یا سطوح با سرعت صفر ، طبقه بندی می شوند . برای یک ستاره منفرد غیر چرخان ، سطوح هم پتانسیل کروی است ، اما برای یک جفت ستاره که در حال گردش به دور یکدیگرند ، این سطوح از حالت کروی خارج شده و شبیه یک گلابی یا دمبل خواهد بود.

حال بسته به این که ابعاد مولفه ها کوچکتر ، مساوی و یا بزرگتر از حد روچ باشند ، دوتایی های گرفتی به سه دسته سیستم های جدا [5]، سیستمهای نیمه جدا [6] و سیستمهای تماسی [1] تقسیم می شوند.(شکل (5-1))

---

۱ - Sahade
۲ - kopal
۳ -Pre-main sequence
٤ -Roche
٥ -Detached
٦ -Semi-Detached

الف- سیستمهایی با مولفه های جدا از هم :

در این سیستمها هر دو مولفه کوچکتر از حد روچ خود می باشند ، مولفه های اصلی بزرگتر و پر حجم تر از مولفه دوم بوده و دارای رده طیفی گرمتر نیز می باشد . دوره تناوب این دوتایی ها اکثرا کوتاه بوده و هر دو ستاره تقریبا بر روی رشته اصلی قرار گرفته اند.

ب- سیستم های با مولفه های نیمه جدا:

در این سیستمها یکی از مولفه ها حد روچ خود را پر کرده و مولفه دیگر کوچکتر از حد روچ خود می باشد.
در اغلب سیستم های نیمه جدا ، مولفه همدم یک غول یا ابر غول است در حالی که مولفه اصلی کوچکتر و داغ تر از مولفه همدم بوده و یک ستاره رشته اصلی است.

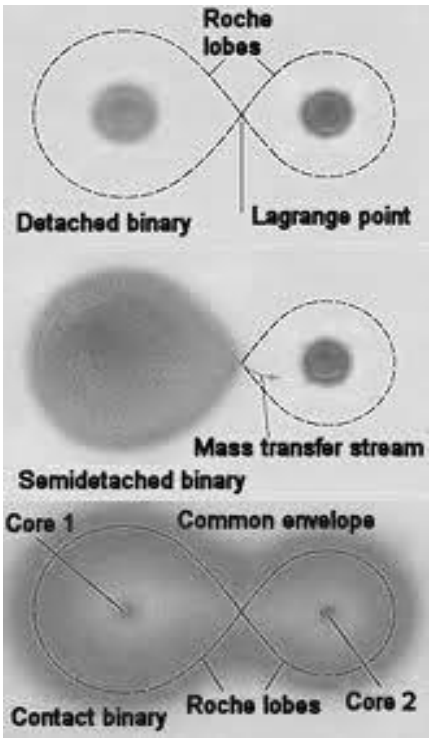
ج- سیستم ها با مولفه های تماسی :

در این سیستم ها هر دو مولفه حد روچ خود را پر کرده و با یکدیگر در تماس مستقیم می باشند ، در سیستم های تماسی دو ستاره بسیار نزدیک به هم اند و در نتیجه دوره تناوب این نوع دوتایی های گرفتی کوتاه بوده و کمتر از یک روز می باشد . در این سیستم ها گرفتی های متوالی دارای عمق های تقریبا یکسانی هستند که دلالت بر اختلاف روشنایی کم دو مولفه دارد.

در برخی موارد هر دو مولفه آنقدر منبسط شده اند که از حد روچ داخلی شارش کرده و بخشی از فضای روچ داخلی را پر نموده اند. این نوع سیستم ها را فوق تماسی می نامند. پلاوک[2] در سال 1968 و فالکنر[3] در سال 1971 پر سطوح را به دو عامل نسبت داده اند:

تحول یکی از مولفه ها که منجر به انبساط شده و سطح روچ را پر میکند.
کاهش لبه روچ به داخل سطح ناشی از کاهش در جدایی مداری که بر اثر تابش گرانشی ایجاد شده است.

۱- Contact
۲ -Plavec
۳ - Faulkner



شکل (5-1) انواع دوتایی های گرفتی بر اساس رده بندی کوپال

3-6-1رده بندی شکل منحنی نوری:

منحنی نوری ستارگان دو تایی گرفتی بسته به شکل مولفه ها ، میزان نزدیکی دو مولفه ، مرحله تحولی و عوامل دیگر فیزیکی تغییرمی کند و لذا با توجه به شکل منحنی نوری می توان این سیستم ها را به سه نوع βLyrae)EB) (Algol)EA , , (WUMa)EW تقسیم بندی کرد:

الف- دوتایی های شبه آلگول

در ستارگان دوتایی نوع EA یا آلگول (Algol) اختلاف عمق دو کمینه زیاد بوده وقسمت های بیشینه منحنی نوری تخت و هموار است و تغییرات قابل ملاحظه ای در نواحی خارج از گرفت دیده نمی شود. (شکل(6-1))

به عبارت دیگر در دوتایی های نوع آلگول به علت دوری دو مولفه از یکدیگر ، اثرات مجاورت ناچیز بوده و مولفه ها تقریبا کروی شکل اند . نکته مهم و حائز اهمیت دیگری که در مورد دوتایی های نوع آلگول باید خاطر نشان نمود آن است که کمینه ی دوم در برخی طول موج ها برجسته و مشخص نیست ، به عبارت دیگر اثر انعکاس در این نوع دوتایی ها کاملا واضح و قابل مشاهده است .

دوره تناوب مداری این سیستم ها از یک روز تا چندین سال است.

ب- دوتایی های شبه بتاشلیاقی β lyrae

تغییرات منحنی نوری سیستم های نوع EB پیوسته است و از این رو می توان این طور استنباط کرد که دیگر شکل مولفه ها کروی نیست ، علاوه بر این عمق کمینه ها نابرابر است و این موضوع نشان می دهد که دو مولفه دارای تابندگی یکسان نیستند . فاصله بین مولفه ها در مقایسه با دوتایی های شبه آلگول کاهش یافته است . دوره تناوب دوتایی های بتالیرا از یک روز تا دو هفته است. (شکل(7-1))

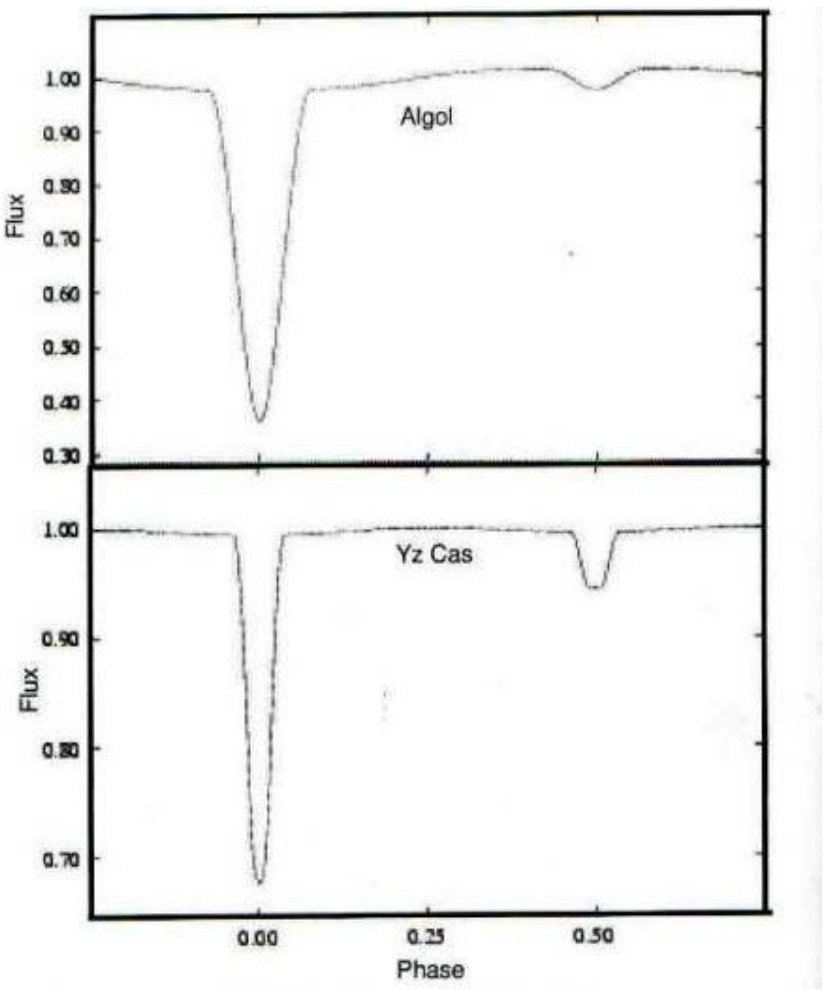
ج- دوتایی های شبه دبلیو دب اکبری W UMa

منحنی نوری سیستم های نوع EW نظیر سیستم های EB دارای تغییراتی پیوسته است ولی برخلاف دوتایی های نوع EB عمق کمینه ها بسیار نزدیک به هم و تقریبا یکسان است . به عبارت دیگر در سیستم های نوع EW به علت اثرات مجاورت و نیروهای کشندی ، دو مولفه دیگر کروی نیستند و بیشتر شبیه به یک بیضوی می باشند. (شکل (8-1))

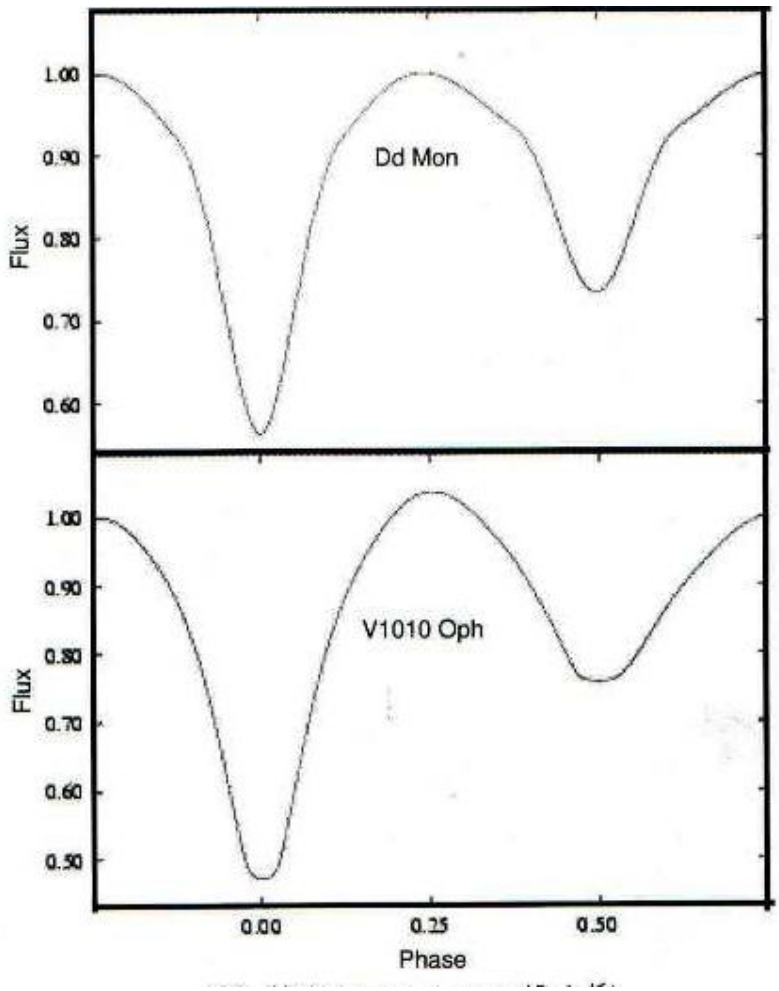
سیستم های EW با توجه به نوع گرفت خود به دو رده W , A تقسیم می شوند.

در سیستم های نوع A دوره تناوب مداری به طور پیوسته افزایش می یابد ، کمینه ی عمیق تر در این نوع دوتایی مرتبط به ستاره بزرگتر است . دوتایی نوع A تابندگی و جرم بیشتری نسبت به نوع W دارد در حالیکه نسبت جرمی آن کمتر است .

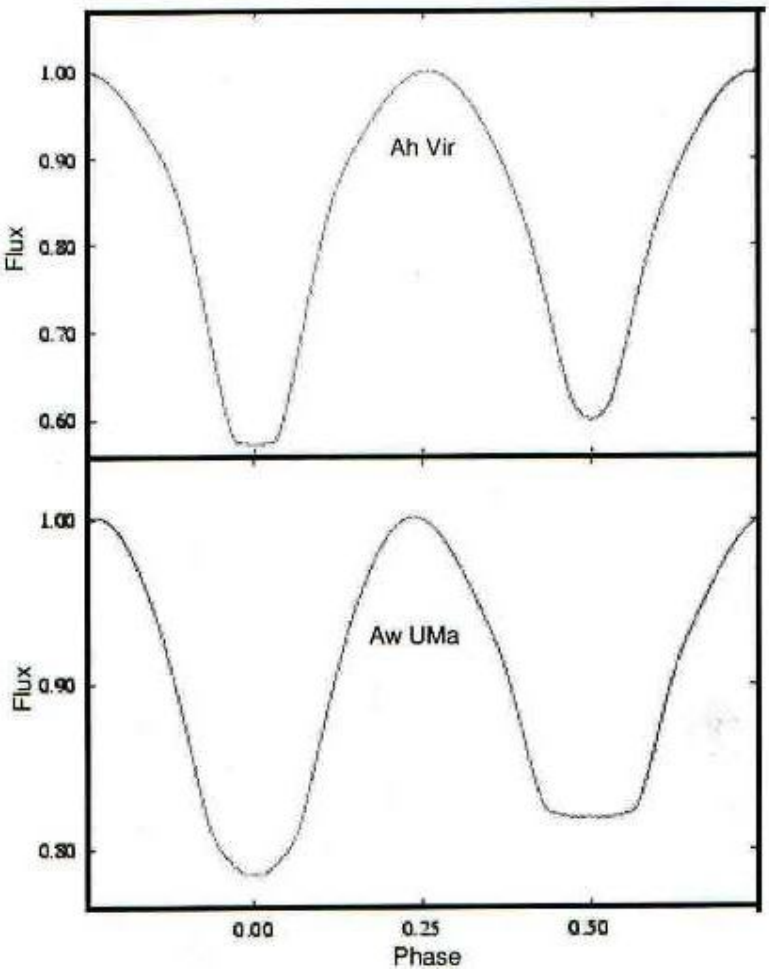
در نوع W دوره تناوب مداری به طور پیوسته کاهش می یابد ، کمینه ی عمیق تر مرتبط به ستاره کوچکتر است . منحنی نوری در این نوع عدم تقارن دارد.



شکل (6-1) منحنی نوری دو سیستم نوع آلگول



شکل(7-1) منحنی نوری دوسیستم شبه بتا شلیاقی



شکل(8-1) منحنی نوری دو سیستم نوع (EW, AW) W UMa