اندازه گیری سرعت چرخش محوری ستاره جلودار

صفایی، اسداله[۱و۲] نصیری قیداری، سعداله [۱] صفری، حسین [۱]

[۱] دانشکده فیزیک، دانشگاه زنجان، زنجان، بلوار دانشگاه، ۴۵۱۹۱-۳۱۳، ایران

[۲] دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، بلوار قطب راوندی،

چکیده

یکی از موثرترین روشهای اندازه‌گیری سرعت چرخش محوری اجرام آسمانی، مطالعه میزان پهن‌شدگی خطوط طیفی آنها است. در اینجا چگونگی ثبت طیف ستاره جلودار(Alkaid) را شرح می دهیم. سپس با بررسی خط طیفی H_β از این ستاره و عوامل مؤثر بر پهن‌شدگی این خط طیفی، سرعت چرخش محوری آن را محاسبه می کنیم.

مقدمه

ستاره جلودار یا قائد (η UMa) یکی از ستاره‌های درخشان صورت فلکی خرس بزرگ بوده و پیشاپیش هفت اورنگ دیده می‌شود. این ستاره در فاصله حدود ۱۰۰ سال نوری از خورشید قرار دارد و قدر ظاهری آن ۱٫۸۶ است. ستاره‌ای منفرد با جرم حدود ٦ برابر و تابندگی حدود ۱۳۵۰ برابر خورشید است. دمای سطحی این ستاره حدود ۱۷۰۰ درجه کلوین و در رده طیفی B۳ V جای می‌گیرد. از سوی دیگر ستارگان رده طیفی A و B سرعت چرخش محوری زیادتری نسبت به سایر رده‌های طیفی محدوده رشته اصلی ستارگان دارند. بنابراین ستاره جلودار یکی از ستارگان تند چرخان محسوب می‌شود [۲].

اگر محور دوران یک ستاره در راستای دید ناظر نباشد، در اثر چرخش ستاره، بخشی از ستاره در حال نزدیک شدن به ناظر و بخش دیگری در حال دور شدن از او خواهد بود. حال اگر طیف این ستاره را ثبت کنیم، خطوط طیفی بخشی که در حال نزدیک شدن است، در اثر پدیده دوپلر اندکی به سمت ناحیه آبی انتقال پیدا می‌کند و خطوط طیفی بخشی که در حال دورشدن از ناظر است کمی به سمت ناحیه قرمز انتقال می‌یابد. در نتیجه دوران ستاره موجب پهن‌شدگی خطوط طیفی دریافت شده از آن می‌شود. با اندازه‌گیری میزان پهن‌شدگی خطوط طیفی می‌توان سرعت دوران ستاره را محاسبه نمود [۱]. سرعت ظاهری دوران برابر $v\sin i$ می‌باشد.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v\sin i}{c} \qquad (۱)$$

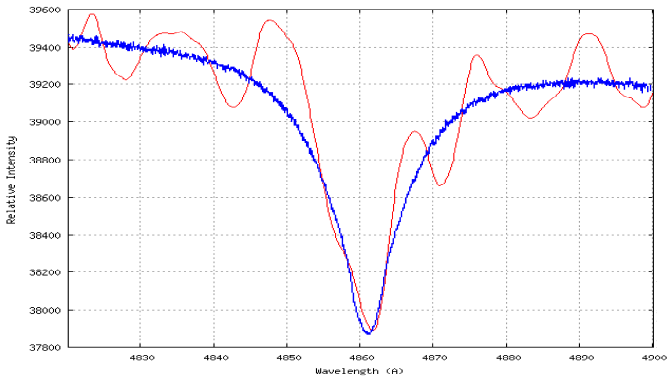
در رابطه (۱)، v سرعت دوران، i زاویه بین راستای دید ناظر و محور دوران ستاره است [۱]. اما علاوه بر دوران، پهن‌شدگی دوپلری گرمایی، پهن‌شدگی تلاطمی در جو ستاره، پهن‌شدگی طبیعی، پهن‌شدگی اثر زیمان، پهن‌شدگی اثر استارک مهم‌ترین عوامل پهن‌شدگی خطوط طیفی ستارگان در ناحیه دیداری طیف آنها هستند. در محاسبه سرعت چرخش محوری ستارگان تند چرخان، غیر از پهن‌شدگی دوپلری چرخشی، سایر آثار قابل چشم پوشی است.

چگونگی ثبت طیف ستاره جلودار

برای ثبت طیف از یک تلسکوپ با قطر دهانه ۱٦ اینچ استفاده شده است. بر روی این تلسکوپ طیف نمای مدل Lhires III دارای توری پراش با تراکم ۲٤۰۰ خط بر میلیمتر نصب شده است و تصاویر توسط دوربین CCD مدل SBIG-ST۲۰۰۰ ثبت گردیده است. با توجه به کوچک بودن قطر دهانه تلسکوپ، ستاره را از بین درخشان‌ترین ستارگان آسمان انتخاب کرده‌ایم. بطوری که خطوط طیفی هیدروژن واضح‌تری داشته باشد. همچنین ستاره مورد نظر

دارای سرعت دوران نسبتا زیادی است. ستاره مناسب را از بین ستارگان رشته اصلی انتخاب کردیم تا تغییرات کمتری در طیف خود نشان دهد.

ستاره جلودار بدون دیسک گازی در اطراف خود است. سرعت چرخش محوری آن بطور متوسط ۱۵۰km/s ذکر شده است [۳]. خط طیفی H_β با طول موج ۴۸۶۱٫۳۳۲ آنگستروم، در ناحیه سبز-آبی طیف، یکی از واضح‌ترین خطوط در طیف این ستاره است. بنابراین ما هم محدوده H_β طیف این ستاره را با زمان نوردهی ۸۰۰ ثانیه در هر تصویر ثبت کرده‌ایم. دمای فعالیت دوربین CCD، ده درجه سانتیگراد زیر صفر تنظیم شده است. برای کالیبره کردن تصاویر از خطوط طیفی منیزیم(Mg۱) طیف دریافتی از سیاره هرمزد همچنین خطوط H_β و آهن(Fe۱) سیاره ناهید استفاده شده است. برای مقایسه نمونه طیف‌هایی که ما ثبت کرده‌ایم با طیف‌های ثبت شده توسط تلسکوپهای دیگر، از طیف موجود در آرشیو پایگاه داده‌های الودی[۱] که توسط تلسکوپی به قطر ۱۹۳ سانتیمتر و طیف‌نگاری با توان تفکیک ۴۲۰۰۰ در سال۱۹۹۶ ثبت گردیده است، استفاده شده است [٤]. همانطور که در شکل(۱) مشاهده می‌شود، علیرغم وجود افت و خیزها در طیف ثبت شده، انطباق نسبتا خوبی بین دو منحنی نوری وجود دارد.



شکل(۲) نمودار منحنی نوری ثبت شده از ناحیه H_β ستاره جلودار (به رنگ قرمز) با منحنی نوری موجود در پایگاه داده‌های الودی از همین ستاره (به رنگ آبی)

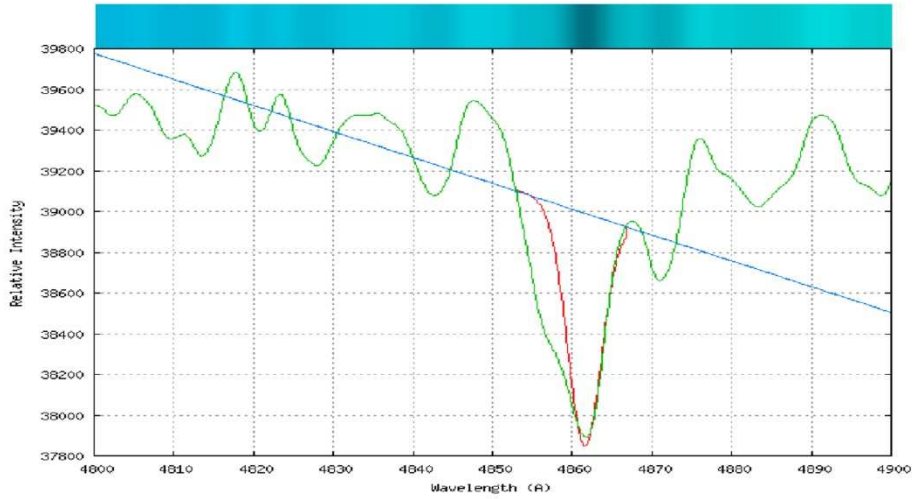
چگونگی محاسبه سرعت چرخش محوری ستاره جلودار

پس از ثبت طیف ستاره، تصاویر را با نرم افزار Visual Spec پردازش و تحلیل کرده‌ایم. سپس با برازش منحنی گاؤسی مناسب در ناحیه خط طیفی H_β مقدار عرض میانه ارتفاع بیشینه یا FWHM را به دست آورده‌ایم. برای این کار ابتدا یک منحنی پلانک برای جسم سیاهی با دمای سطحی ستاره را متناسب با شدت نور دریافتی بر منحنی نوری منطبق کرده‌ایم. سپس آثار مربوط به نوفه‌ها یا موجکها را بصورت نرم‌افزاری حذف کرده و منحنی گاؤسی مناسب را بر ناحیه مورد نظر برازش کرده‌ایم. در قسمت بالای شکل(۲) طیف ثبت شده با پردازش اولیه نشان داده شده است. در قسمت پایین آن، منحنی شدت بر حسب طول موج رسم شده است. برای رسیدن به این منحنی بخش زیادی از نوفه‌ها حذف گردیده است. با این وجود به دلیل اجتناب از حذف اثر خطوط ضعیف در طیف ستاره منحنی نوری کاملا هموار نشده است. خط طیفی H_β بصورت یک منحنی با عمق نسبتا زیاد ظاهر شده است. اما این منحنی به صورت

---

[۱] ELODIE

یک منحنی گاؤسی نبوده و در دیواره‌های آن ثاثیر وجود ناهمواری‌هایی مشاهده می‌شود. این آثـار مـی‌توانـد ناشـی از تاثیرات وجود خطوط فلزی در طیف ستاره باشد. همچنین ممکن است در اثر نوفه‌های گرمایی یا وجود آلودگی نوری در منطقه رصد باشد. مقدار ٤٫٩٧٠٢ را برای FWHM ناشی از همه آثار پهن‌شدگی بدست آورده‌ایم. اما در اینجـا بـه دلایلی که قبلا اشاره شد فقط اثر پهن‌شدگی دوپلری چرخشی را مد نظر قرار می‌دهیم.



شکل٤: طیف ثبت شده از ستاره جلودار در ناحیه H_β در بالا و منحنی نوری شدت بر حسب طول موج همان طیف در پایین به رنگ سبز که منحنی گاؤسی برخط پهن شده H_β برازش شده(رنگ قرمز) و منحنی پلانک مربوط به دمای سطحی ستاره (رنگ آبی)

با قرار دادن مقدار FWHM به جای پهن‌شدگی کل در رابطه(١)، پهن شدگی دوپلری چرخشی را به دست می‌آوریم. در اینجا مقدار به دست آمده دو برابر مقدار $\Delta\lambda$ در رابطه(١) است. چراکه سطح منطقه‌ای از ستاره در یک زمان در حال نزدیک شدن و سطح منطقه‌ای دیگر در همان زمان در حال دور شدن از ناظر است. لذا تاثیر پدیده دوپلر دو برابر می‌شود.

$$v \sin i = \left|\frac{v}{٢}\right| \qquad (٢)$$

با جایگذاری در رابطه (٢)، مقدار $v\sin i$ برابر با ١٥٣ km/s به دست می‌آید، که با اندازه‌گیری‌های قبلی آن یعنی ١٥٠ km/s نزدیک است. مقدار محاسبه شده با نتایج ثبت شده قبلی با اختلاف حدود ٢ درصد قابل مقایسه است [٣].

مهم‌ترین عوامل خطا در این مشاهده می‌تواند ناشی از رطوبت و غبار در جو زمین، آلودگی نوری محیطی و نوفه‌های گرمایی دستگاه باشد.

مراجع

١- Richard W., *Analysis and Interpretation of Astronomical Spectra*, ebook.

٢- Underhill, A. B. et al. (November ١٩٧٩), "Effective temperatures, angular diameters, distances and linear radii for ١٦٠ O and B stars", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* ١٨٩: ٦٠١–٦٠٥.

٣- Abt, Helmut A.; Levato, Hugo; Grosso, Monica (July ٢٠٠٢), "Rotational Velocities of B Stars", *The Astrophysical Journal* ٥٧٣ (١): ٣٥٩–٣٦٥.

٤- http://atlas.obs-hp.fr/elodie/