

به نام یزدان پاک

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

نیم سال دوم ۰۲ - ۰۱



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

درس «ساختار و تحول ستارگان»

مدرس: دکتر خاکیان

گزارش پروژه

آیلار صدائی

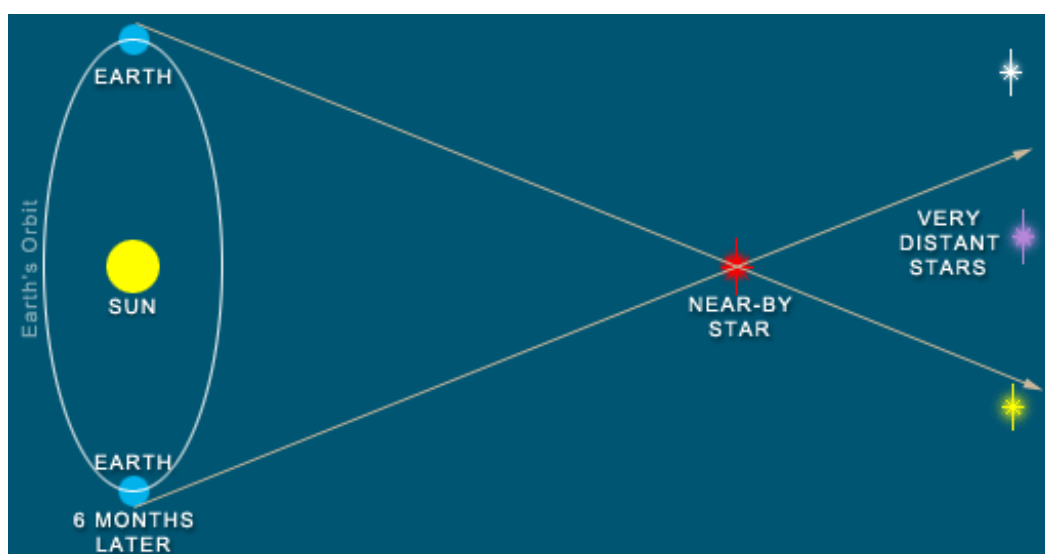
شماره دانشجویی:

۹۸۳۱۱۲۸

ICRS :RA_ICRS, DE_ICRS ✚ استاندارد است که برای تعیین موقعیت اجرام سماوی استفاده می‌شود. این سیستم بر اساس دستگاه مختصات استوایی است که از دو مختصات بُعد (RA) و میل (Dec) برای تعیین مکان یک جسم در آسمان استفاده می‌کند. در استاندارد ICRS، بُعد با استفاده از چرخش زمین و یک نقطه مرجع ثابت در فضا محاسبه می‌شود. میل فاصله زاویه‌ای یک جرم آسمانی از استوای سماوی است که در امتداد دایره عظیمه‌ای که از هر دو قطب و عمود بر استوای سماوی می‌گذرد بر حسب درجه شمالی یا جنوبی استوا اندازه‌گیری می‌شود. **GLON, GLAT** ✚ طول و عرض کهکشانی هم مختصاتی هستند که برای مکان‌یابی اجرام استفاده می‌شوند. طول کهکشانی بر حسب درجه به سمت شرق از مرکز کهکشان اندازه‌گیری می‌شود که تقریباً در ۰ درجه قرار دارد. پس مبدأ آن مرکز چرخشی کهکشان راه شیری است که بیشتر جرم کهکشان آن در آنجا متمرکز شده است. عرض کهکشانی بر حسب درجه شمالی یا جنوبی نسبت به صفحه کهکشان اندازه‌گیری می‌شود. صفحه کهکشان دارای عرض کهکشانی ۰ درجه است، در حالی که اجرام بالا یا پایین آن به ترتیب دارای عرض کهکشانی مثبت یا منفی هستند.

Plx ✚ اختلاف منظر، تغییر ظاهری در موقعیت یک جسم از دید دو ناظر متفاوت است. برای اندازه‌گیری فاصله تا ستاره‌های نزدیک و سایر اجرام آسمانی استفاده می‌شود. زاویه اختلاف منظر با اندازه‌گیری زاویه بین جسم و یک ستاره‌ی پس‌زمینه، زمانی که از دو موقعیت مختلف روی زمین مشاهده می‌شود، معمولاً با فاصله شش ماه تعیین می‌شود. هر چه زاویه اختلاف منظر بیشتر باشد، جسم به زمین نزدیکتر است. رابطه بین اختلاف منظر و فاصله یک

$$d(Kpc) = \frac{1 AU}{p (miliarcseconds)} \quad \text{جسم به این صورت است:}$$



🔲 **GMAG:** قدر در باند G به روشنایی یک جسم در باند G طیف الکترومغناطیسی اشاره دارد. باند G یک باند طیفی باریک است که بر روی طول موج ۴۷۵ نانومتر متمرکز شده است و بخشی از طیف مرئی است. قدر در باند G با استفاده از یک سیستم فتومتریک به نام Gaia G اندازه گیری می شود که توسط ماهواره گایا برای اندازه گیری روشنایی ستارگان و سایر اجرام آسمانی استفاده می شود. قدر ظاهری، مقیاسی لگاریتمی است، به این معنی که هر افزایش در قدر نشان دهنده کاهش درخشندگی با ضریب ۲.۵۱۲ است.

🔲 **BP-RP:** به تفاوت بین نوارهای فتومتریک آبی و قرمز ماهواره GAIA اشاره دارد. BP مخفف «فتومتر آبی» و RP مخفف «فتومتر قرمز» است. شاخص رنگ BP-RP برای تخمین دمای موثر ستارگان استفاده می شود که پارامتر مهمی برای درک خواص فیزیکی آنهاست. همچنین برای طبقه بندی ستارگان به انواع طیفی و مطالعه تکامل آنها استفاده می شود.

۲. برای محاسبه ی فاصله ستارگان تا زمین، کافی است از رابطه بین اختلاف منظر و فاصله استفاده کنیم. این رابطه در سوال قبلی توضیح داده شد.

۳. برای محاسبه قدر مطلق باید از رابطه مودول فاصله استفاده کنیم. در این رابطه با استفاده از قدر ظاهری و فاصله ستاره، قدر مطلق به صورت زیر به دست می آید: $M_{abs} = m - 5 \log \frac{d}{10}$ که d فاصله به پارسک است. برای محاسبه درخشندگی هر ستاره از طریق قدر مطلق، باید قدر مطلق آن را با قدر مطلق خورشید مقایسه کنیم. مقدار عددی قدر مطلق خورشید در باند G، ۴.۶۸ در نظر گرفته شده است. (منبع)

$$M_{abs} - M_{sun} = -2.5 \log \frac{L}{L_{sun}} \xrightarrow{\text{yields}} \frac{L}{L_{sun}} = 10^{\frac{M_{abs} - M_{sun}}{-2.5}}$$

۴. برای برچسب گذاری ستارگان رشته اصلی کافی ست درخشندگی آنها را به صورت یک به یک با بازه درخشندگی داده شده مقایسه کرده و بررسی کنیم که آیا در آن بازه هست یا خیر.

۵. برای به دست آوردن جرم ستارگان رشته اصلی، ابتدا قوانین زیر را به خاطر می آوریم.

$$F = q_0 \rho T^n M \text{ (Eq. I)}, F = \frac{ac T^4 R^4}{\kappa M}, \kappa = \kappa_0 \rho T^{-3.5} \xrightarrow{\text{yields}} F = \frac{ac T^{7.5} R^4}{\kappa_0 \rho M} \text{ (Eq. II)}$$

$$P_* = \frac{GM^2}{R^4}, \rho_* = \frac{M}{R^3}, T_* \propto \frac{GM}{R}$$

با جایگذاری سه معادله بالا در Eq. I و Eq. II برای هر معادله یک رابطه تناسب به دست می آید:

$$Eq. I: F \propto \left(\frac{GM}{R}\right)^{7.5} \left(\frac{R^3}{M}\right) \left(\frac{R^4}{M}\right) \xrightarrow{yields} F \propto \frac{M^{5.5}}{R^{0.5}}$$

$$Eq. II: F \propto \left(\frac{M}{R^3}\right) \left(\frac{GM}{R}\right)^n M \xrightarrow{yields} F \propto \frac{M^{n+2}}{R^{n+3}}$$

برای به دست آوردن رابطه توانی بین جرم و درخشندگی باید این دو رابطه را با هم متناسب در نظر گرفت.

$$\frac{M^{5.5}}{R^{0.5}} \propto \frac{M^{n+2}}{R^{n+3}} \xrightarrow{yields} R \propto M^{\frac{n-3.5}{n+2.5}}$$

همچنین با کمک معادله زیر شعاع ستاره بر حسب جرم و درخشندگی اش جایگزین می شود.

$$L \propto \frac{M^{5.5}}{R^{0.5}} \propto \frac{M^{5.5}}{M^{\frac{n-3.5}{n+2.5}}} \propto M^{\frac{11n+27.5-n+3.5}{2n+5}} \propto M^{\frac{10n+31}{2n+5}} \propto M^{5+\frac{6}{2n+5}}$$

می دانیم مقدار n در واکنش p-p chain برابر با ۴ و برای واکنش CNO برابر با ۱۶ است. بنابراین برای هر یک از این واکنش ها رابطه توانی بین جرم و درخشندگی به دست می آید.

$$for p - p chain, n = 4: L \propto M^{5+\frac{6}{13}} \propto M^{5.46} \xrightarrow{yields} L \propto M^{5.46}$$

$$for CNO, n = 16: L \propto M^{5+\frac{6}{37}} \propto M^{5.16} \xrightarrow{yields} L \propto M^{5.16}$$

۶. برای پیدا کردن سه پارامتر P_*, ρ_*, T_* از روابط قسمت قبلی استفاده می کنیم:

$$P_* = \frac{GM^2}{R^4}, \rho_* = \frac{M}{R^3}, T_* = \frac{G\mu}{\mathcal{R}} \frac{M}{R}$$

برای هر یک از موارد بالا، رابطه جرم و شعاع، و همچنین n مربوط را جایگذاری می کنیم.

$$R \propto M^{\frac{n-3.5}{n+2.5}}, for p - p chain (n = 4): R \propto M^{\frac{1}{13}} \quad for CNO (n = 16): R \propto M^{0.676}$$

$$for p - p chain: \frac{P_*}{P_{sun}} = \left(\frac{M_*}{M_{sun}}\right)^{\frac{22}{13}}, for CNO: P_* \propto M_*^{-0.704}$$

$$for p - p chain: \frac{\rho_*}{\rho_{sun}} = \left(\frac{M_*}{M_{sun}}\right)^{\frac{10}{13}}, for CNO: \rho_* \propto M_*^{-1.028}$$

$$for p - p chain: \frac{T_*}{T_{sun}} = \left(\frac{M_*}{M_{sun}}\right)^{\frac{12}{13}}, for CNO: T_* \propto M_*^{0.324}$$

با توجه به اینکه خورشید فرایند CNO ی چندانی ندارد، مقادیر مربوط به چرخه CNO را نمی توانیم نسبت به خورشید بسنجیم. بنابراین به به دست آوردن رابطه توانی برای این سه تابع بسنده می کنیم.

$$P_{sun} = 10^{16} Pa, \quad \rho_* = 1.5 \times 10^5 \frac{kg}{m^3}, \quad T_* = 1.5 \times 10^6 K$$

در نهایت نمودارها را رسم می کنیم.

۷. برای رسم نمودار $\log \frac{L}{L_{sun}}$ بر حسب $\log \frac{T}{T_{sun}}$ ابتدا باید رابطه بین L و T_{eff} را بیابیم. که این رابطه به صورت زیر است:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4, L \propto \frac{M^{5.5}}{R^{0.5}} \propto \frac{R^{\frac{n+2.5}{n-3.5}}}{R^{0.5}} \propto R^{\frac{n+2.5-0.5n+1.75}{n-3.5}} \propto R^{\frac{0.5n+4.25}{n-3.5}}$$

سپس رابطه تناسب بالا را در رابطه اول جایگذاری کرده و توان L و T را به دست می آوریم. توان T در رابطه بالا، شیب نمودار H-R است.

با سپاس از زحمات شما