در این قسمت چیزی ننویسید

مرحله دوم المپیاد نجوم و اختر فیزیک

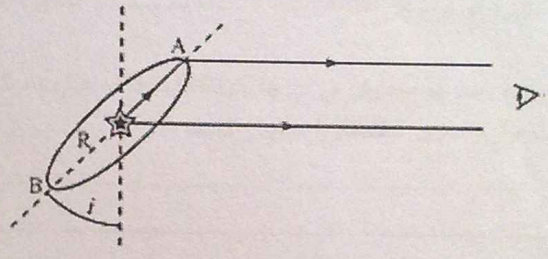
تایید کمیته علمی

کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰

معاونت دانش پژوهان جوان

۱ – (۱۰ نمره)

در فوریه ۱۹۸۷ در کهکشان ابرماژلانی بزرگ یک ابرنواختر در حال انفجار دیده شد. مدت کوتاهی بعد از آن، خطوط نشری نازکی از کربن و نیتروژن بسیار یونیده در طیف آن ظاهر شد. خطوط نشری خیلی نازک بودند و احتمالاً از گاز سرد موجود در اطراف ستاره ارسال شده بودند. هنگامی که ابرنواختر خاموش شد، یک بیضی از گاز فروزان در اطراف آن مشاهده شد که ابعاد آن در آسمان در حدود "1.62×1.10" بود. این ابعاد احتمالاً معرف یک حلقه‌ی دایره‌ای شکل از ماده است که در صفحه استوایی ستاره و در مرحله‌ای که ستاره غول قرمز بوده است از آن به بیرون پرتاب شده است و به ظاهر بیضی دیده می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱

(الف) زاویهٔ تمایل حلقهٔ اطراف ابرنواختر، i، را به دست آورید.

روشن شدن خطوط نشری نازک چندین روز بعد از انفجار ابرنواختر شروع می‌شود. در واقع نور از دو راه به ما می‌رسد: یکی نوری است که مستقیماً از انفجار به ما می‌رسد، و دومی نوری است که از محل انفجار به حلقهٔ گازی در اطراف ابرنواختر رسیده، گاز را یونیده کرده و سپس نور از گاز به سمت ما گسیل شده است.

(ب) اگر شعاع حلقه R باشد، مقدار تأخیر زمانی نوری که ابتدا به نقطهٔ A رسیده و سپس به ما می‌رسد، با نوری که مستقیماً از ابرنواختر به ما می‌رسد (t_A) را به دست آورید.

(ج) همانند قسمت (ب)، تأخیر زمانیِ مربوط به نوری که از طریق نقطهٔ B به ما می‌رسد (t_B) را به دست آورید.

(د) اگر مقادیر اندازه‌گیری شده برای تأخیرهای زمانی، برحسب روز، عبارت باشند از:

$t_A = 83 \pm 6$ و $t_B = 395 \pm 24$، شعاع R و فاصله‌ی ما تا ابرنواختر، d، را برحسب روز نوری به دست آورید و خطایِ مقادیر مربوطه را نیز ذکر کنید.

(هـ) اگر ابرنواختر در بیشترین روشنایی خود دارای قدر ظاهری $m_V=4$ باشد، درخشندگی مطلق آن L را برحسب درخشندگی مطلق خورشید، $L_\odot$، به دست آورید و با توجه به قسمت (د) خطای آن را نیز ذکر کنید.

در این قسمت چیزی ننویسید

تایید کمیته علمی
کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰
معاونت دانش پژوهان جوان

۲ – (۱۰ نمره)

مشاهدات رصدی وجود یک سیاه چاله در مرکز برخی از کهکشان ها را پیش بینی می کند. برای مدل سازی منحنی سرعت دورانی کهکشان هایی که یک سیاه چاله در مرکزشان قرار دارد فرض می کنیم که یک جرم نقطه ای (سیاه چاله) با جرم $M_0=10^6 M_\odot$ در مرکز کهکشان قرار دارد و بقیه‌ی جرم با چگالی $\rho(r)=\rho_0 a^2/r^2$ در اطراف آن توزیع شده است، که در این رابطه $a=1kpc$ و ρ_0 مقادیر ثابتی هستند.

الف) رابطه ای برای سرعت دورانی اجرام، حول مرکز کهکشان، $V(r)$ ، به دست آورده و نمودار آن را به صورت تقریبی رسم کنید. فرض کنید اجرام در مدارهای دایره ای حرکت می کنند.

ب) اگر در شعاع r=1pc سرعت دورانی ستاره ای برابر با $V=100kms^{-1}$ باشد، مقـــــدار عددی ثابت ρ_0 را برحسب جرم خورشید بر پارسک مکعب $(M_\odot/(pc)^3)$ به دست آورید.

ج) اگر چگالی $\rho(r)$ تا فاصله ای گسترده شده باشد که مقدارش در آن جا $0.01\rho_0$ باشد (به عبارت دیگر لبه ی کهکشان جایی است که چگالی در آن جا $0.01\rho_0$ باشد)، مقدار عددی سرعت فرار از لبه ی کهکشان را محاسبه کنید.

۳ – (۱۰ نمره)

در نجوم قدر ستاره ها در نواحی مختلف طیفی اندازه گیری می شود. معمولاً ناحیه ی مرئی را به سه ناحیه ی U به مرکز ۳۶۵ نانومتر و پهنای ۶۸ نانومتر و B به مرکز ۴۴۰ نانومتر و پهنای ۹۸ نانومتر و V به مرکز ۵۵۰ نانومتر و پهنای ۸۹ نانومتر تقسیم بندی می کنند. به این روش اصطلاحاً طیف سنجی UBV گفته می شود. کمیت های $U-B$, $U-V$ و $B-V$ کمیت های بسیار مناسبی در نجوم رصدی هستند.

(راهنمایی $U-B=m_U-m_B$)

چون مقدار تضعیف نور ستاره ها در محیط های مادی تابع طول موج نور عبوری است؛ بنابراین ضریب تضعیف نور ستاره نیز برای اندیس های U، B و V متفاوت خواهد بود.

مقدار شار تابشی ستاره پس از عبور از ناحیه ی کدر به ضخامت d به صورت $f=f_0 exp(-k_\lambda d)$ کاهش می یابد که k_λ ضریب تضعیف در طول موج λ است و f_0 شار تابشی در بالای جو

الف) رابطه‌ای برای "قدر ستاره" و در حضور تضعیف به دست آورید.

- اندیس رنگ $U-B$ ستاره ای در دو زاویه ی صفر و ۶۰ درجه نسبت به سمت رأس به ترتیب ۰/۸ و ۰/۶ است. همچنین $B-V$ این ستاره در زاویه ی سمت الرأسی صفر و ۶۰ درجه به ترتیب دو مقدار ۰/۶- و ۰/۷- است.

- مقدار افزایش قدر به دلیل خاموشی جوی در نواحی $U-B$ و $B-V$ را به ترتیب با K_{U-B} و K_{B-V} نشان می‌دهیم.

ب) ضرایب خاموشی جو K_{U-B} و K_{B-V} را و همچنین مقدار اندیس رنگهای خارج از جوی $(U-B)_0$ و $(B-V)_0$ بدون اثر خاموشی را به دست آورید.

ج) قدر ستاره در ناحیه ی U برابر ۶ است. قدر B و V ستاره را به دست آورید.

د) قدر بولومتریک ستاره قدری است که ستاره در تمام طول طیف دارد. در این جا ما تقریباً قدر بولومتریک را از روی مجموع شار دریافتی از سه ناحیه ی U، B و V محاسبه می کنیم. با این تعریف قدر بولومتریک این ستاره در بالای جو را محاسبه کنید.

در این قسمت چیزی ننویسید

مرحله دوم المپیاد نجوم و اختر فیزیک

تایید کمیته علمی

کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰

معاونت دانش پژوهان جوان

۴ – (۱۰ نمره)

فرض کنید در ابتدای بهار، سیاره‌ی مریخ در حالتِ مقارنه باشد. شش ماه بعد (ابتدای پاییز) در لحظه‌ی طلوع خورشید، سمت و ارتفاعِ مریخ از دید ناظری در شهر دوگنبدان با عرض جغرافیایی ۳۰/۵ درجه، چقدر خواهد بود؟ (مدار مریخ را بر روی دایره‌البروج و نیم محور مدار مریخ را ۱/۵۲ واحد نجومی در نظر بگیرید).

۵ – (۱۰ نمره)

مقارنه دو جرم سماوی زمانی است که دو جرم در آسمان کمترین زاویه را از دید ناظر زمینی داشته باشند. در لحظه‌ی مقارنه‌ی دو جرم در منظومه‌ی خورشیدی مرکز هر دو جرم روی یک نصف‌النهار قرار گرفته‌اند و فاصله‌ی زاویه‌ای این دو مرکز $4/5^\circ$ است.

دوره‌ی تناوب نجومی این اجرام به ترتیب در جدول زیر آمده است.

	M_1	M_2	زمین
T نجومی	۲۲۴/۷	۲۷/۳	۳۶۵/۲۵

۲۴ ساعت بعد، فاصله‌ی زاویه‌ای مرکزهای این دو جرم آسمانی چند درجه خواهد بود.

در این قسمت چیزی ننویسید

تایید کمیته علمی
کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰
معاونت دانش پژوهان جوان

۶ – (۱۰ نمره)

برخی از ستاره ها در طی مراحل تحولی شان، پس از خروج بخشی از جرمشان که از طریق سوخت و ساز هسته ای است، تحت گرانش می‌رُمبند و تبدیل به کوتوله‌ی سفید می‌شوند. به طور معمول جرم کوتوله‌های سفید از مرتبه‌ی جرم خورشید و شعاعشان از مرتبه‌ی شعاع زمین است. جرم و شعاع سه کوتوله‌ی سفید که هر کدام عضوی از یک منظومه‌ی دوتایی هستند اندازه‌گیری شده و در جدول زیر مقادیر آنها ذکر شده است.

ستاره	جرم ($M_\odot$)	شعاع ($R_\odot$)
۱	0.5	0.018
۲	0.8	0.015
۳	1.1	0.014

الف) اگر فرض کنیم که رابطه‌ی جرم و شعاع در کوتوله‌های سفید به صورت زیر باشد:

$$\frac{R}{R_\odot} = A\left(\frac{M}{M_\odot}\right)^B$$

با رسم منحنی شعاع – جرم در مقیاس لگاریتمی، در نمودار شماره‌ی ۱، مقادیر عددی A و B را به دست آورید.

نمودار شماره ۱

در این قسمت چیزی ننویسید

مرحله دوم المپیاد نجوم و اختر فیزیک
تایید کمیته علمی
کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰
معاونت دانش پژوهان جوان

ب) فرض کنید که کوتوله‌ی سفید مانند جسم سیاه تابش می‌کند، درخشندگی مطلق یک کوتوله‌ی سفید را برحسب جرم (M) و دمای سطحی (T_E) آن به دست آورید.

ج) نمودار درخشندگی – دمای سطحی یک کوتوله با جرم $M=1\ M_\odot$ را در مقیاس لگاریتمی در نمودار شماره ۲ رسم کنید.

د) با توجه به قسمت (ج)، اگر درخشندگی کوتوله‌ای به جرم $M=1\ M_\odot$ و دمای سطحی $T_E=10^4 K$ در طول زمان ثابت باشد، چه مدت این کوتوله می‌درخشد. یک کوتوله سفید متشکل از یون‌ها و الکترون‌ها است که فقط انرژی جنبشی یون‌ها می‌تواند ساطع شود. مقدار انرژی یون‌ها تقریباً 0.1 کل انرژی پتانسیل گرانشی کوتوله است. چگالی جرمی کوتوله را ثابت فرض کنید.

نمودار شماره ۲