

## دفترچه سؤالات مرحله دوم

# پانزدهمین المپیاد نجوم و اخترفیزیک

سال برگزاری	تعداد سؤالات	زمان پاسخ‌گویی
۱۳۹۸	۱۰	۲۴۰ دقیقه

### توضیحات مهم

#### استفاده از ماشین حساب مجاز است.

- ۱- کد دفترچه‌ی سؤالات شما ۱ است. این کد را در محلّ مربوط روی پاسخ‌نامه با مداد پر کنید. در غیر این صورت پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد. توجه داشته باشید کد دفترچه‌ی سؤالات شما که در زیر هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است، یکی باشد.
- ۲- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه‌ی برگه‌های دفترچه‌ی سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هر گونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
- ۳- یک برگ پاسخ‌نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در بالای پاسخ‌نامه را با مداد مشکی بنویسید.
- ۴- برگه‌ی پاسخ‌نامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محلّ مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه‌ی مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
- ۵- همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت، جدول تناوبی عناصر و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ماشین حساب و لپ‌تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلّب محسوب خواهد شد.
- ۶- داوطلبان نمی‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند. (دفترچه باید همراه پاسخ‌نامه تحویل داده شود).

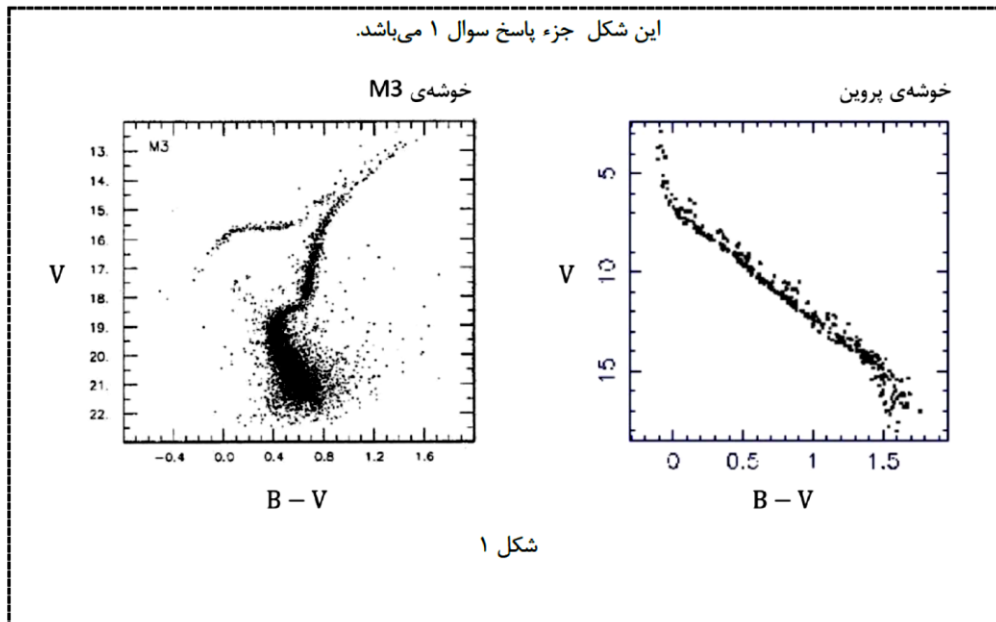


سؤال ۱ (۱۰ نمره)

نمودارهای H-R زیر برای خوشه پروین و خوشه کروی M3 هستند.

الف) با استفاده از ستارگان  $B - V = 0.5$ ، نسبت فاصله این دو خوشه را تعیین کنید.

ب) با توجه به نمودار خوشه M3 تعیین کنید درخشندگی بالاترین ستارگان نمودار، چند برابر درخشندگی پایین ترین ستارگان نمودار است.



سؤال ۲ (۱۰ نمره)

در یک پروژه رصدی از رادیو تلسکوپ های «آرایه بسیار بزرگ<sup>۱</sup>» برای نقشه برداری از سحابی جبار در طول موج ۱۰ سانتی متر با فناوری تداخل سنجی استفاده شده است. آرایه بسیار بزرگ از ۲۷ تلسکوپ رادیویی با قطر ۲۵ متر تشکیل شده است. قطر مؤثر این آرایه ۳۶ کیلومتر است.

الف) بهترین توان تفکیکی که می توانیم با استفاده از این آرایه به آن دست یابیم چقدر است؟

ب) اگر بخواهیم با تلسکوپ در ناحیه مرئی چنین توان تفکیکی به دست آوریم، قطر عدسی یا آینه اولیه تلسکوپ چقدر باید باشد؟

ج) اگر فاصله کانونی تلسکوپ «قسمت ب» ۲۰۰ cm باشد، مساحت تصویر بخشی از سحابی جبار به پهنای ۱۰ دقیقه قوسی در آشکارساز تلسکوپ چقدر خواهد بود؟

محاسبات و نکته های مهم





سؤال ۳ (۱۵ نمره)

در چه بازه‌ای از عرض دایرة البروجی، می‌توان نقطه‌ای یافت که عرض دایرة البروجی آن با بُعدش برابر باشد؟

سؤال ۴ (۱۵ نمره)

منجمان سیاره‌ای یافته‌اند که دارای یک حلقه مسطح با ضخامت ناچیز است. شعاع این حلقه با دوره تناوب ۲ روز، بین ۶ برابر تا ۱۰ برابر شعاع مشتری نوسان می‌کند. بررسی‌های بیشتر نشان داده است که این حلقه از تکه‌سنگ‌هایی تشکیل شده که تحت تأثیر گرانش سیاره مرکزی به دور آن می‌گردند. جرم سیاره مرکزی چند برابر جرم مشتری است؟

سؤال ۵ (۲۰ نمره)

شکل ۳ مدار دنباله‌داری را نشان می‌دهد که در صفحه دایرة البروج هم‌جهت با زمین به دور خورشید می‌گردد. دنباله‌دار در نیمه شب (ساعت ۰۰:۰۰) روز اول فرودین ۱۳۹۸ در حوض مدار خود دیده شده است. مکان دنباله‌دار در مدارش را در تاریخ هفتم خرداد (ساعت ۰۰:۰۰) امسال بر روی شکل ۳ با علامت ستاره (\*) مشخص کنید.

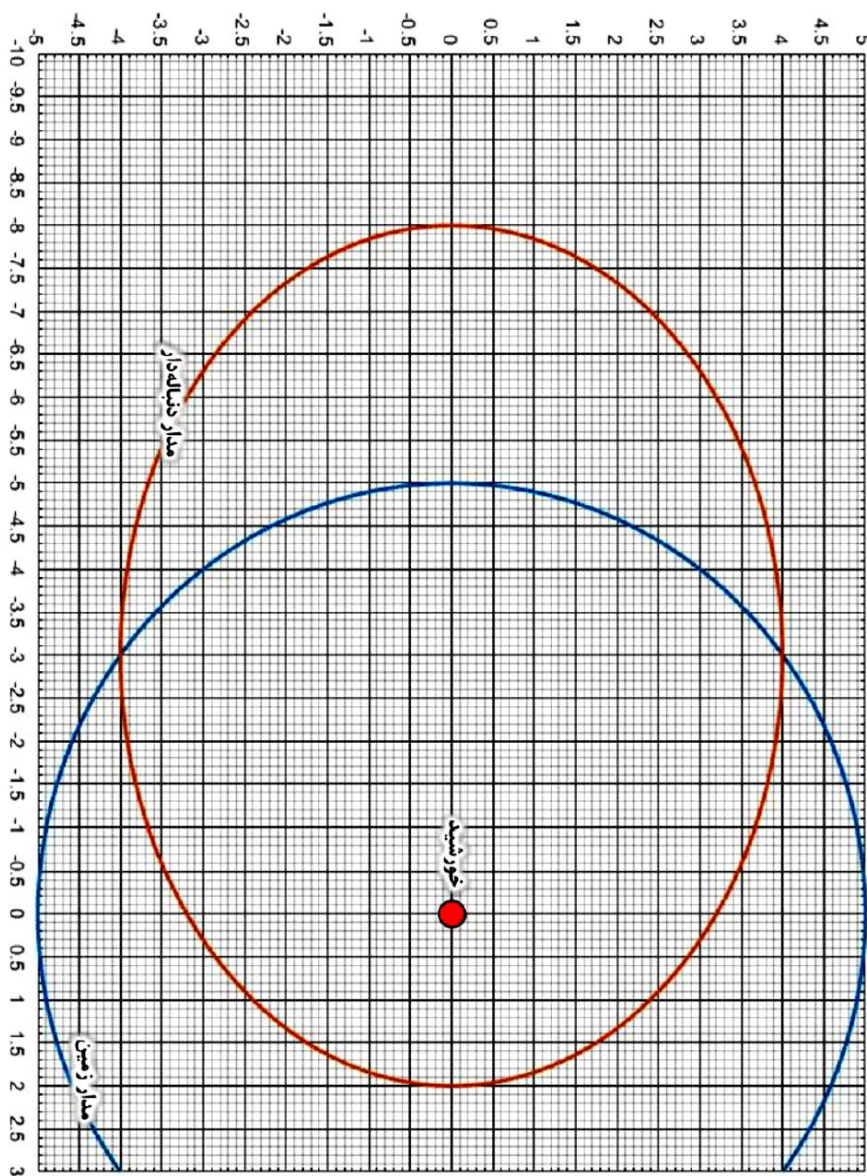


محاسبات و نکته‌های مهم





این شکل جزء پاسخ سوال ۵ می باشد.



شکل ۳



محاسبات و نکته های مهم



**سؤال ۶ (۲۵ نمره)**

براساس نظریه‌های تشکیل ساختار، اندکی پس از زمان بازترکیب و جدا شدن ماده و تابش، مادهٔ باریونی شروع به رمبش کرده است. این اتفاق باعث شکل‌گیری ساختارهای کیهانی شده است.

چگالی مادی باریونی در حال حاضر  $\Omega_b = 2,273 \times 10^{-2}$  و قرمزگرایی در زمان بازترکیب حدود ۱۱۰۰ است.

الف) حداقل جرم توده‌ای کروی شکل از مادهٔ باریونی که بلافاصله پس از زمان بازترکیب به دلیل برقرار نبودن تعادل می‌تواند برمبد چقدر است؟  
ب) پاسخ قسمت قبل به جرم کدام یک از ساختارهای زیر نزدیک‌تر است؟

خوشهٔ ستاره‌ای      کهکشان      گروه کهکشانی      خوشهٔ کهکشانی

**سؤال ۷ (۳۰ نمره)**

رصدگری یک ستاره را در سه زمان مختلف در طول سال در نزدیک قطب شمال دایرهٔ البروجی رصد کرده است. او مختصات استوایی ستاره را با ابزاری که دقت آن یک میلیونیم درجه است به دست آورده است. مختصات این ستاره پس از اصلاح اثر ابیراهی در جدول زیر آمده است.

جدول (۱)

میل (درجه)	بعد (درجه)
۶۶,۵۶۱۲۷۱	۲۷۰,۰۰۰۵۸۶
۶۶,۵۶۱۲۷۴	۲۷۰,۰۰۰۵۳۱
۶۶,۵۶۱۲۵۰	۲۷۰,۰۰۰۵۵۶

فاصلهٔ این ستاره از خورشید بر حسب سال نوری چقدر است؟



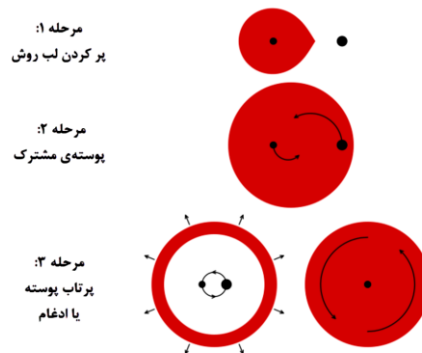
**محاسبات و نکته‌های مهم**



سؤال ۸ (۲۵ نمره)

گروهی از ستارگان دوتایی که ستارگان دوتایی کوتاه‌دوره نام دارند، دارای دوره تناوب چندین ساعت تا یک روز هستند و از مؤلفه‌های فشرده‌ای تشکیل شده‌اند که قبلاً هسته ستاره‌های غول بوده‌اند. طبق نظریه استاندارد شکل‌گیری این ستاره‌ها، در سیستم‌های دوتایی که جرم مؤلفه‌هایشان برابر نیست، ستاره سنگین‌تر زودتر تبدیل به غول شده و در شاخه غول سرخ (RGB) یا شاخه غول مجانبی (AGB) لب روش خود را پر می‌کند. در نتیجه جرم آن به ستاره سبک‌تر برافزوده می‌شود.

به دلیل آهنگ بالای انتقال جرم، در مدت زمان کوتاهی تعادل دینامیکی ستاره همدم به هم می‌خورد؛ به طوری که این ستاره نیز منبسط شده و لب روش خود را پر می‌کند. در نهایت پوسته ستاره غول، کل سیستم دوتایی را در بر می‌گیرد (مرحله پوسته مشترک<sup>۳</sup>). نیروی اصطکاکی که توسط پوسته مشترک به هسته ستاره‌ها وارد می‌شود، منجر به کاهش انرژی مداری و تکانه زاویه‌ای مداری سیستم دوتایی و انتقال آن به پوسته مشترک می‌شود؛ در نتیجه فاصله هسته‌ها کاهش می‌یابد. در صورتی که پوسته مشترک پیش از ادغام هسته‌ها، انرژی کافی را دریافت کند، به بیرون رانده شده و به شکل سحابی سیاره‌ای درمی‌آید.



شکل ۴ - مراحل تحول پوسته‌ی مشترک

الف) مسیر تحولی تقریبی یک ستاره جرم میانه را روی نمودار H-R رسم کنید و مراحل زیرغول<sup>۴</sup> (SG)، شاخه غول سرخ<sup>۵</sup> (RGB) و شاخه غول مجانبی<sup>۶</sup> (AGB) را روی آن نشان دهید.

در مطالعات آماری جمعیت‌های ستاره‌ای، از یک عبارت ساده برای ارتباط دادن پارامترهای مداری پیش و پس از مرحله پوسته مشترک استفاده می‌شود:

$$\frac{GM_1 M_{env}}{R} = \alpha_{CE} (E_i - E_f)$$

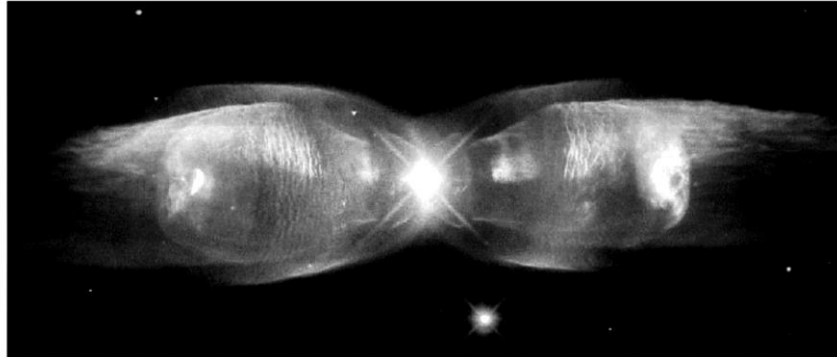
محاسبات و نکته‌های مهم

- <sup>۲</sup> - Roche Lobe
  - <sup>۳</sup> - Common Envelope
  - <sup>۴</sup> - Subgiant
  - <sup>۵</sup> - Red Giant Branch
  - Asymptotic Giant Branch
- www.frysc.com





که در آن  $E_i$  انرژی اولیه،  $E_f$  انرژی مداری نهایی و  $\alpha_{CE}$  ضریبی بین  $0^\circ$  و  $1^\circ$  است (ضریب کارایی انتقال انرژی). عبارت سمت چپ انرژی بستگی اولیه پوستره ستاره غول است و در آن  $M_1$  جرم کل ستاره،  $R$  شعاع آن و  $M_{env}$  جرم پوستره است.



شکل ۵ - در مرکز سحابی پروانه (M2-9) یک سیستم دوتایی دیده می‌شود.

(ب) یک سیستم دوتایی با دوره تناوب مداری  $55^\circ$  روز، شامل ستاره‌ای غول با جرم  $2.4 M_\odot$  و جرم هسته  $0.6 M_\odot$  و ستاره همدم با جرم  $0.5 M_\odot$  در مرحله رشته اصلی است. اگر ستاره غول، تمام لب روش خود تا نقطه  $L_1$  را پر کند، دوره تناوب مداری سیستم پس از مرحله پوستره مشترک را حساب کنید ( $\alpha_{CE} = 0.2$ ).

فاصله ستاره همدم ( $M_2$ ) از نقطه  $L_1$  بر حسب فاصله ستاره‌ها ( $a$ ) و نسبت جرمی ( $q = \frac{M_2}{M_1}$ ) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$f(q) = \frac{R_{L,2}}{a} \approx \frac{0.49 q^{\frac{2}{3}}}{0.60 q^{\frac{2}{3}} + \log(1+q^{\frac{1}{3}})}$$

سؤال ۹ (۳۰ نمره)

از یک نقطه روی کره شروع به حرکت می‌کنیم، بعد از طی کردن کمانی به طول  $\theta$ ، به اندازه  $\theta$  به سمت راست می‌چرخیم و مجدداً طول  $\theta$  را طی می‌کنیم. اگر پس از  $n$  بار تکرار کردن این عمل، دوباره به نقطه اولیه برگردیم، رابطه  $\theta$  با  $n$  را به دست آورید.



محاسبات و نکته‌های مهم



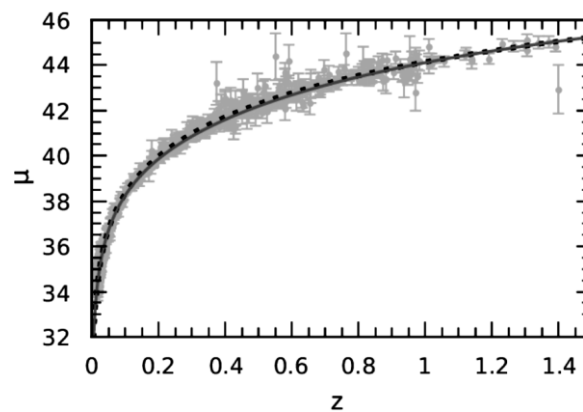
سؤال ۱۰ (۳۵ نمره)

کهکشان HDF4-474 یک کهکشان مارپیچی با قرمزگرایی هابلی ۱٫۱ است و به صورت لبه-نما<sup>۷</sup> دیده می‌شود. داده‌های خام زیر توسط رصدخانه فضایی EHR با طیف‌سنجی از ابرهای هیدروژنی این کهکشان به دست آمده است. اثر حرکت ماهواره بر داده‌ها تصحیح شده است.

جدول ۲

قرمزگرایی	فاصله زاویه‌ای از مرکز (ثانیه قوسی)	#
۱/۱۰۲۳۳۱	۰٫۰۴۸	۱
۱/۱۰۲۵۸۳	۰٫۱۹۲	۲
۱/۱۰۲۸۶۳	۰٫۳۲۴	۳
۱/۱۰۲۹۷۵	۰٫۴۵۶	۴
۱/۱۰۳۰۳۸	۰٫۸۶۳	۵
۱/۱۰۳۰۰۳	۱٫۲۱۱	۶
۱/۱۰۰۹۱۰	۱٫۴۳۹	۷
۱/۱۰۳۰۱۷	۱٫۸۸۳	۸
۱/۱۰۰۹۲۴	۲٫۴۳۴	۹
۱/۱۰۰۸۹۶	۳٫۲۸۶	۱۰

منحنی دوران کهکشان HDF4-474 (سرعت دوران برحسب فاصله از مرکز کهکشان) را در پاسخ‌نامه (شکل ۷) رسم کنید.



شکل ۶- نمودار مدول فاصله ( $\mu = m - M$ ) برحسب قرمزگرایی ( $z$ ) برای مدل استاندارد کیهان‌شناسی (منحنی خط‌چین)

محاسبات و نکته‌های مهم

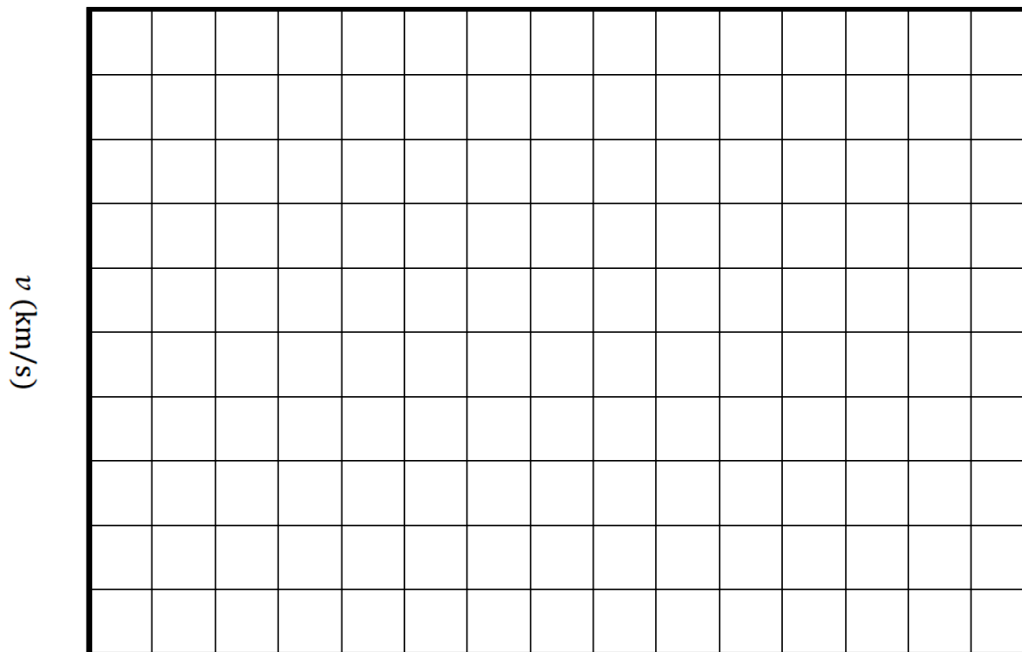






این شکل جزء پاسخ سوال ۱۰ می باشد.

منحنی دوران کهکشان HDF4-474

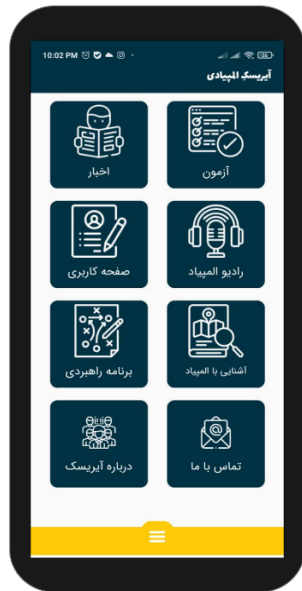


$R$  (kpc)

شکل ۷



محاسبات و نکته های مهم



○ آشنایی و برنامه‌ریزی المپیادهای علمی

○ اطلاع‌رسانی تمام اخبار المپیادی کشور

○ مشاوره و کلاس‌های آنلاین

○ آزمون‌های آنلاین المپیاد

○ معرفی منابع و فروشگاه کتاب آنلاین



برای دریافت، تصویر بالا را اسکن یا  
"المپیاد آی‌ریسک" را جستجو کنید.



@irysccom



@irysc



iran.olympiad