

سؤال ۱ (۱۰ نمره)

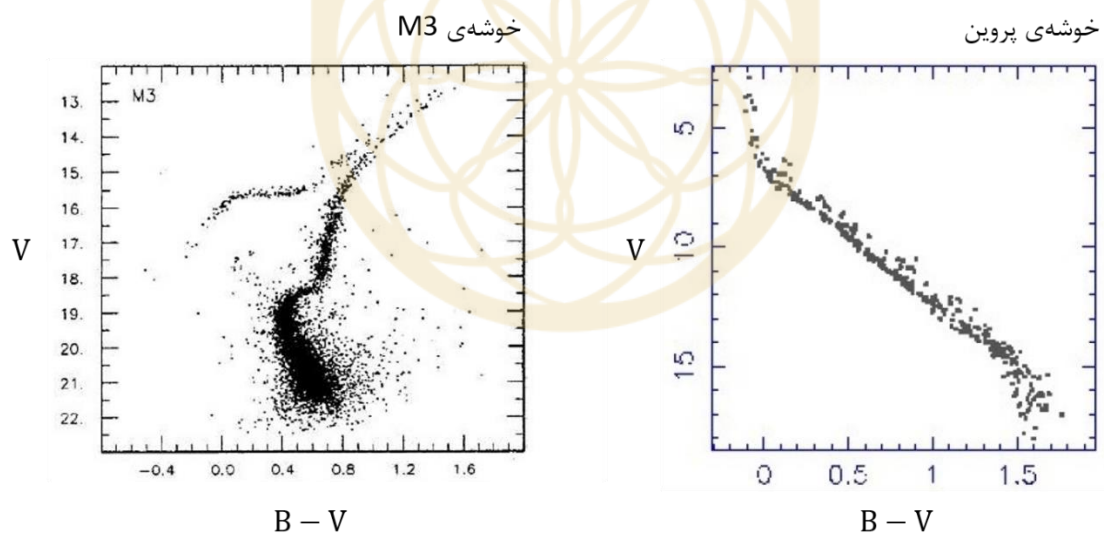
نمودارهای H-R زیر برای خوشه‌ی پروین و خوشه‌ی کروی M3 هستند.

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

ب) با توجه به نمودار خوشه‌ی M3 تعیین کنید درخشندگی بالاترین ستارگان نمودار، چند برابر درخشندگی پایین‌ترین ستارگان نمودار است.

باشگاه طلایی‌ها

این شکل جزء پاسخ سوال ۱ می‌باشد.



شکل ۱

سؤال ۲ (۱۰ نمره)

در یک پروژه‌ی رصدی از رادیوتلسکوپ‌های «آرایه‌ی بسیار بزرگ»^۱ برای نقشه‌برداری از سحابی جبار در طول موج ۱۰ سانتی‌متر با فناوری تداخل‌سنجی استفاده شده است. آرایه‌ی 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 می‌توانیم با استفاده از این آرایه به آن دست یابیم چه قدر است؟

ب) اگر بخواهیم با تلسکوپی در ناحیه‌ی مرئی چنین توان تفکیکی به دست آوریم، قطر عدسی یا آینه‌ی اولیه‌ی تلسکوپ چه قدر باید باشد؟

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

در صورت لزوم از این قسمت به عنوان

چرک نویس استفاده کنید مطالب این

قسمت تحت هیچ شرایطی تصحیح

نخواهد شد

^۱ Very Large Array (VLA)

سؤال ۳ (۱۵ نمره)

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

باشگاه طلایی‌ها

در صورت لزوم از این قسمت به
عنوان چرک نویس استفاده کنید
مطالب این قسمت تحت هیچ
شرایطی تصحیح نخواهد شد

سؤال ۴ (۱۵ نمره)

منجمان سیاره‌ای یافته‌اند که دارای یک حلقه‌ی مسطح با ضخامت ناچیز است. شعاع این حلقه با دوره‌ی 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 تاثیر گرانش سیاره‌ی مرکزی به دور آن می‌گردند. جرم سیاره‌ی مرکزی چند برابر جرم مشتری است؟

باشگاه طلایی‌ها

در صورت لزوم از این قسمت به

عنوان چرک نویس استفاده کنید

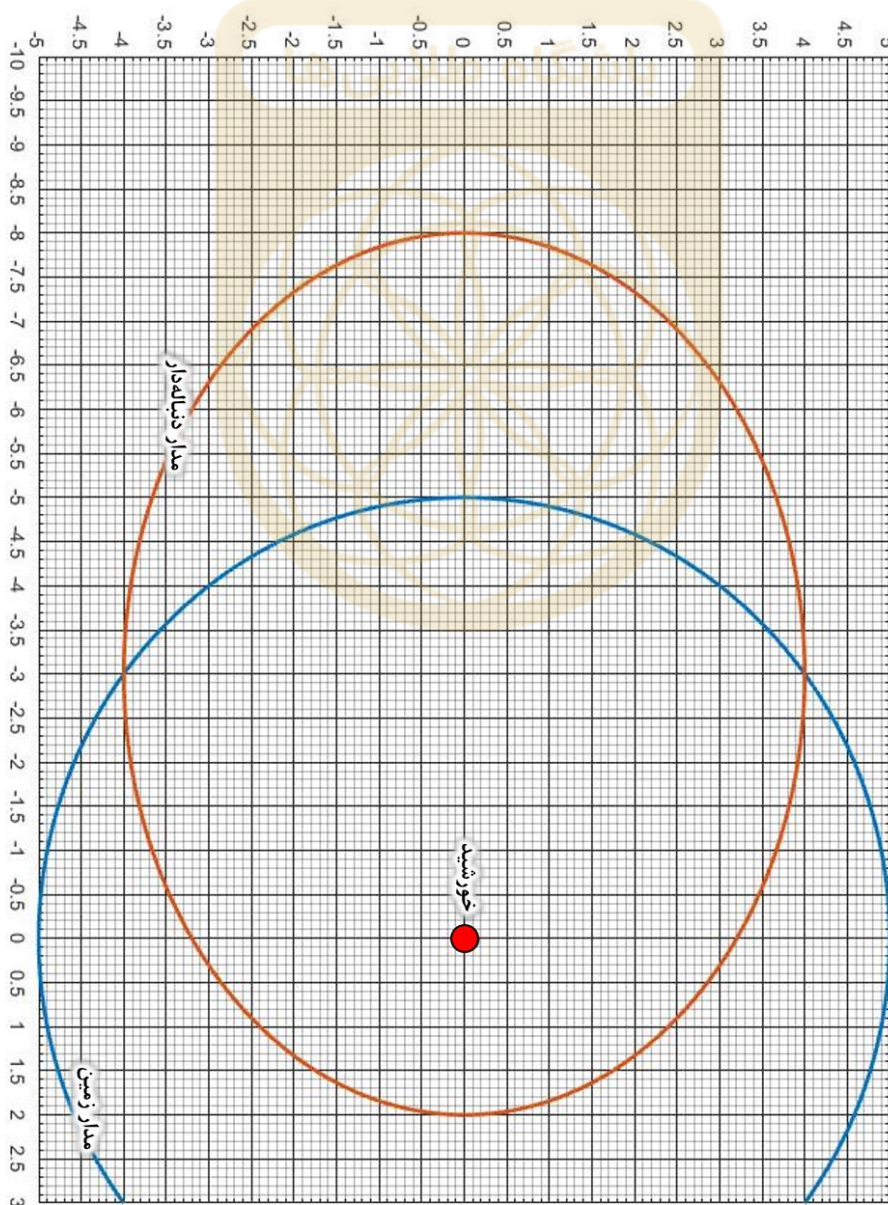
مطالب این قسمت تحت هیچ

شرایطی تصحیح نخواهد شد

سؤال ۵ (۲۰ نمره)

شکل ۳ مدار دنباله‌داری را نشان می‌دهد که در صفحه‌ی دایرة البروج هم‌جهت با زمین به دور خورشید می‌گردد. دنباله‌دار در نیمه شب (ساعت ۰۰:۰۰) روز اول فروردین ۱۳۹۸ در حضیض 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.

این شکل جزء پاسخ سوال ۵ می‌باشد.



شکل ۳

سؤال ۶ (۲۵ نمره)

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

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

الف) حداقل جرم توده‌ای کروی‌شکل از ماده‌ی باریونی که بلافاصله پس از زمان بازترکیب به دلیل برقرار نبودن تعادل می‌تواند برمبد چه قدر است؟

ب) پاسخ قسمت قبل به جرم کدام یک از ساختارهای زیر نزدیک‌تر است؟

خوشه‌ی کهکشانی

گروه کهکشانی

کهکشان

خوشه‌ی ستاره‌ای

در صورت لزوم از این قسمت به عنوان

چرک نویس استفاده کنید مطالب این

قسمت تحت هیچ شرایطی تصحیح

نخواهد شد

سؤال ۷ (۳۰ نمره)

رصدگری یک ستاره را در سه زمان مختلف در طول سال در نزدیک قطب شمال دایرة 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

فاصله‌ی این ستاره از خورشید بر حسب سال نوری چه قدر است؟

در صورت لزوم از این قسمت به

عنوان چرک نویس استفاده کنید

مطالب این قسمت تحت هیچ

شرایطی تصحیح نخواهد شد

سؤال ۸ (۲۵ نمره)

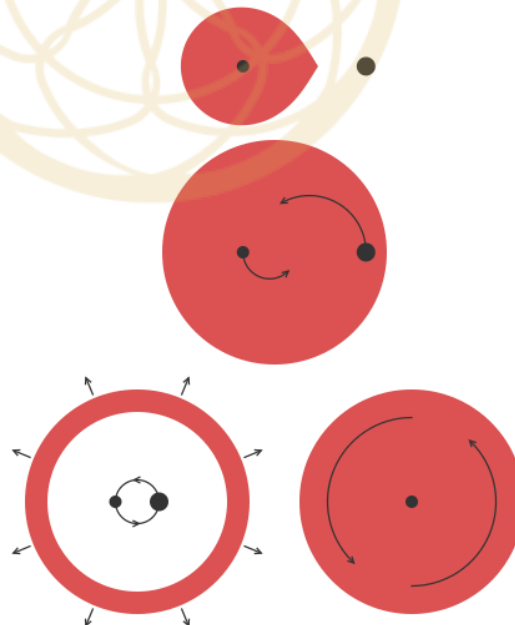
گروهی از ستارگان دوتایی که ستارگان دوتایی کوتاه‌دوره نام دارند، دارای دوره‌ی تناوب چندین ساعت تا یک روز هستند و از مؤلفه‌های فشرده‌ای تشکیل شده‌اند که قبلاً هسته‌ی ستاره‌های غول بوده‌اند. طبق نظریه‌ی استاندارد شکل‌گیری این ستاره‌ها، در سیستم‌های دوتایی که جرم مؤلفه‌هایشان برابر نیست، ستاره‌ی سنگین‌تر زودتر تبدیل به غول شده و در شاخه‌ی غول سرخ (RGB) یا شاخه‌ی غول مجانبی (AGB) لب‌روش^۱ خود را پر می‌کند. در نتیجه جرم آن به ستاره‌ی سبک‌تر برافزوده می‌شود.

به دلیل آهنگ بالای انتقال جرم، در مدت زمان کوتاهی تعادل دینامیکی ستاره‌ی همدم به هم می‌خورد؛ به طوری که این ستاره نیز منبسط شده و لب‌روش خود را پر می‌کند. در نهایت پوسته‌ی ستاره‌ی غول، کل سیستم دوتایی را در بر می‌گیرد (مرحله‌ی پوسته‌ی مشترک^۲). نیروی اصطکاکی که توسط پوسته‌ی مشترک به هسته‌ی ستاره‌ها وارد می‌شود، منجر به کاهش انرژی مداری و تکانه‌ی زاویه‌ای مداری سیستم دوتایی و انتقال آن به پوسته‌ی مشترک می‌شود؛ در نتیجه فاصله‌ی هسته‌ها کاهش می‌یابد. در صورتی که پوسته‌ی مشترک پیش از ادغام هسته‌ها، انرژی کافی را دریافت کند، به بیرون رانده شده و به شکل سحابی سیاره‌ای درمی‌آید.

مرحله ۱:
پر کردن لب‌روش

مرحله ۲:
پوسته‌ی مشترک

مرحله ۳:
پرتاب پوسته
یا ادغام

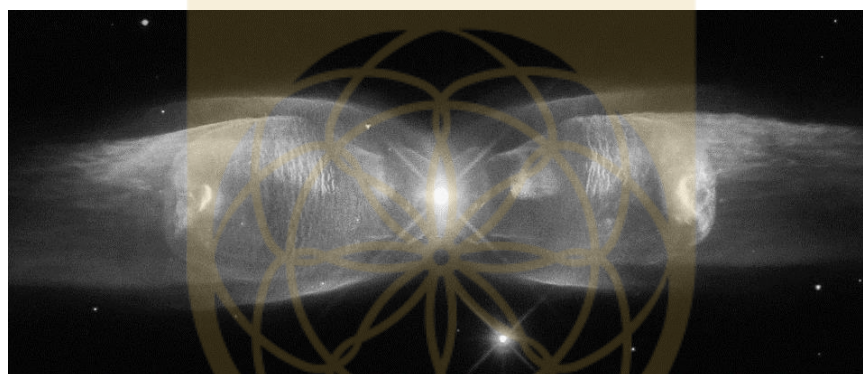


شکل ۴ - مراحل تحول پوسته‌ی مشترک

الف) مسیر تحولی تقریبی یک ستاره‌ی جرم میانه را روی نمودار H-R رسم کنید و مراحل زیرغول^۱ (SG)، شاخه‌ی غول سرخ^۲ (RGB) و شاخه‌ی غول مجانبی^۳ (AGB) را روی آن نشان دهید. در مطالعات آماری جمعیت‌های ستاره‌ای، از یک عبارت ساده برای ارتباط دادن پارامترهای مداری پیش و پس از مرحله‌ی پوسته‌ی مشترک استفاده می‌شود:

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

که در آن E_i انرژی مداری اولیه، E_f انرژی مداری نهایی و α_{CE} ضریبی بین ۰ و ۱ است (ضریب کارایی انتقال انرژی). عبارت سمت چپ انرژی بستگی اولیه‌ی پوسته‌ی ستاره‌ی غول است و در آن M_1 جرم کل ستاره، R شعاع آن و M_{env} جرم پوسته است.



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

ب) یک سیستم دوتایی با دوره‌ی تناوب مداری ۵۵۰ روز، شامل ستاره‌ای غول با جرم $2.4 M_{\odot}$ و جرم هسته‌ی $0.6 M_{\odot}$ و ستاره‌ی همدم با جرم $0.5 M_{\odot}$ در مرحله‌ی رشته‌ی اصلی است. اگر ستاره‌ی غول، تمام لب روش خود تا نقطه‌ی L_1 را پر کند، دوره‌ی تناوب مداری سیستم پس از مرحله‌ی پوسته‌ی مشترک را حساب کنید ($\alpha_{\text{CE}} = 0.2$).

فاصله‌ی ستاره‌ی همدم (M_2) از نقطه‌ی L_1 بر حسب فاصله‌ی ستاره‌ها (a) و نسبت جرمی ($q = \frac{M_2}{M_1}$) از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$f(q) = \frac{R_{L_2}}{a} \approx \frac{0.49 q^{\frac{2}{3}}}{0.60 q^{\frac{2}{3}} + \log_e(1 + q^{\frac{1}{3}})}$$

^۱ Subgiant

^۲ Red Giant Branch

^۳ Asymptotic Giant Branch

سؤال ۹ (۳۰ نمره)

از یک نقطه روی کره شروع به حرکت می‌کنیم، بعد از طی کردن کمانی به طول θ ، به اندازه‌ی θ به سمت راست می‌چرخیم و مجدداً طول θ را طی می‌کنیم. اگر پس از n بار تکرار کردن این عمل، دوباره به نقطه‌ی اولیه برگردیم، رابطه‌ی θ با n را به دست آورید.

باشگاه طلایی‌ها
در صورت لزوم از این قسمت
به عنوان چرک نویس استفاده
کنید مطالب این قسمت
تحت هیچ شرایطی تصحیح
نخواهد شد

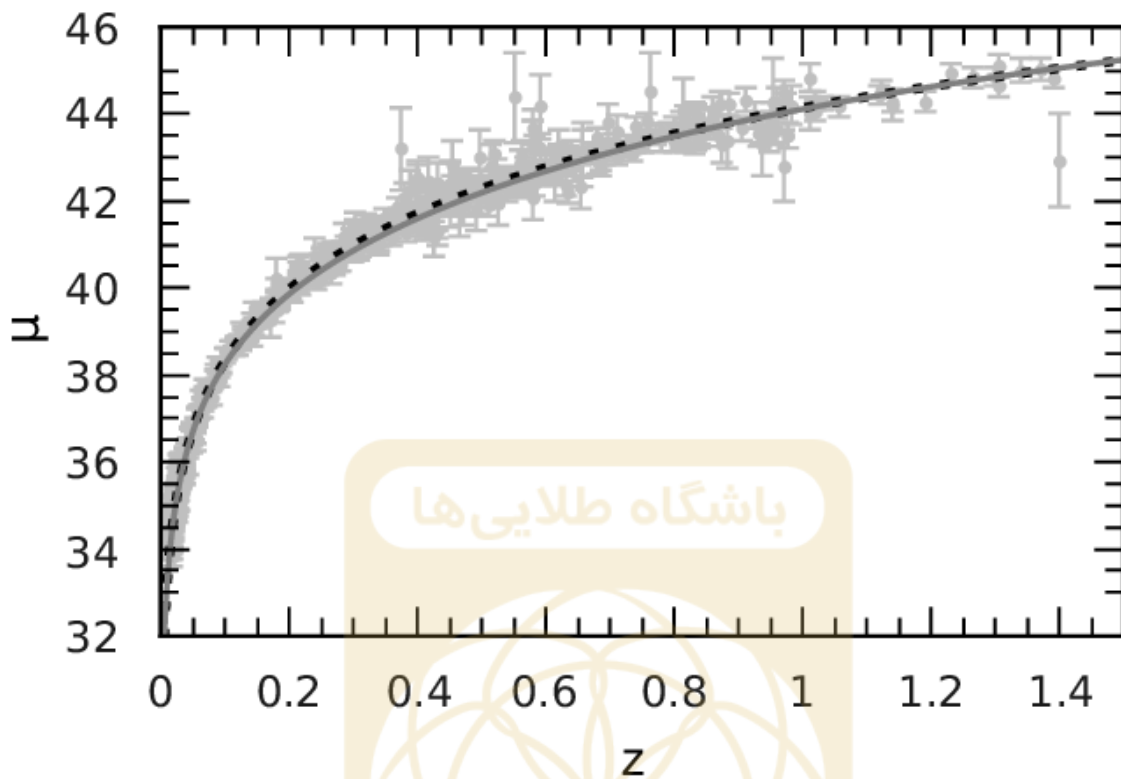
سؤال ۱۰ (۳۵ نمره)

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

جدول ۲

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

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



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

در صورت لزوم از این قسمت به عنوان

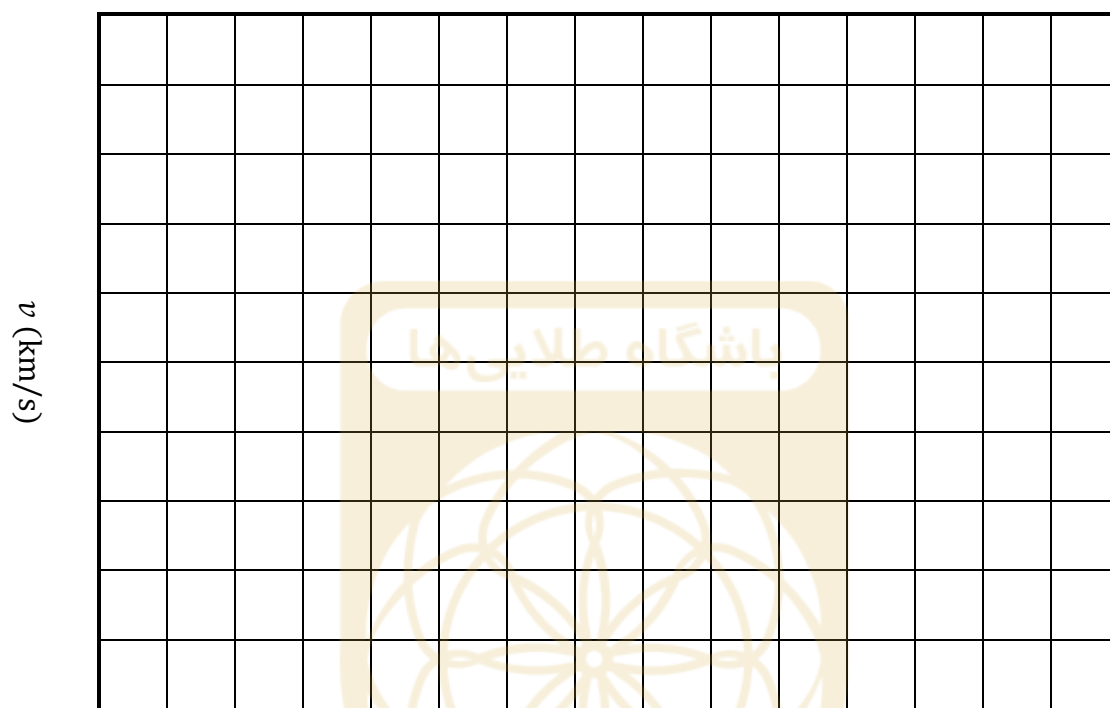
چرک نویس استفاده کنید مطالب این

قسمت تحت هیچ شرایطی تصحیح

نخواهد شد

این شکل جزء پاسخ سوال ۱۰ می باشد.

منحنی دوران کهکشان HDF4-474



R (kpc)

شکل ۷