بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان
مبارزهٔ علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست. «امام خمینی (ره)»

معاونت دانش‌پژوهان جوان

اینجانب ..... (شرکت کننده) این دفترچه را به صورت کامل (۱۹ برگه با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

اینجانب ..... (منشی حوزه) تعداد ..... برگه (با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

یازدهمین دوره المپیاد نجوم و اختر فیزیک -

تاریخ : ۱۳۹۴/۲/۱۷ – ساعت: ۱۴:۰۰ مدت: ۲۴۰ دقیقه

شماره پرونده: ۰
کد ملّی:
نام پدر:
نام مدرسه:

استان:
منطقه:
حوزه:
پایه تحصیلی:

شماره صندلی
۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب مجاز است

۱- این پاسخنامه به صورت نیمه کامپیوتری تصحیح می‌شود، بنابراین از مچاله و کثیف کردن آن جداً خودداری نمایید.

۲- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه تطبیق دهید. در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخنامه با مشخصات شما همخوانی ندارد، بلافاصله مراقبین را مطلع نمایید.

۳- پاسخ هر سوال را در محل تعیین شده خود بنویسید. چنانچه همه یا قسمتی از جواب سوال را در محل پاسخ سوال دیگری بنویسید، به شما نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.

۴- با توجه به آنکه برگه‌های پاسخنامه به نام شما صادر شده است، امکان ارائه هیچگونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می‌شود ابتدا سوالات را در برگه چرک نویس ، حل کرده و آنگاه در پاسخنامه پاکنویس نمایید.

۵- عملیات تصحیح توسط مصححین، پس از قطع سربرگ، به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از درج هرگونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان دهنده صاحب برگه باشد، خودداری نمایید. در غیر این صورت تقلب محسوب شده و در هر مرحله‌ای که باشید از ادامه حضور در المپیاد محروم خواهید شد.

۶- از مخدوش کردن دایره‌ها در چهار گوشه صفحه و بارکدها خودداری کنید، در غیر این صورت برگه شما تصحیح نخواهد شد.

۷- همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه و لپ تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.

۸- آزمون مرحله دوم برای دانش‌آموزان سال اول دبیرستان صرفاً جنبه آزمایشی و آمادگی دارد و شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه دوم و سوم دبیرستان انتخاب می‌شوند.

ثوابت نجومی و فیزیکی

G	ثابت جهانی گرانش	$N\,m^2\,kg^{-2}$	$۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}$
σ	ثابت استفان-بولتزمن	$W\,m^{-2}\,K^{-4}$	$۵/۶۷\times۱۰^{-۸}$
$a=4\sigma/c$	ثابت تابش	$J\,m^{-3}\,K^{-4}$	$۷/۵۶\times۱۰^{-۱۶}$
k_B	ثابت بولتزمن	$J\,K^{-1}$	$۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳}$
h	ثابت پلانک	$J.s$	$۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}$
e	بار الکترون	C	$۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}$
m_e	جرم الکترون	kg	$۹/۱\times۱۰^{-۳۱}$
$1u$	واحد جرم اتمی	kg	$۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}$
c	سرعت نور	m/s	$۳/۰۰\times۱۰^{۸}$
pc	پارسک	m	$۳/۰۹\times۱۰^{۱۶}$
$r_{earth}=AU$	واحد نجومی	m	$۱/۵۰\times۱۰^{۱۱}$
Ly	سال نوری	m	$۹/۴۶\times۱۰^{۱۵}$
R_{sun}	شعاع خورشید	m	$۶/۹۶\times۱۰^{۸}$
M_{sun}	جرم خورشید	kg	$۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}$
R_{earth}	شعاع زمین	m	$۶/۳۸\times۱۰^{۶}$
M_{earth}	جرم زمین	kg	$۵/۹۷\times۱۰^{۲۴}$
$Radian$	رادیان	$Arc\ sec$	۲۰۶۲۶۵
A	آنگستروم	m	۱×۱۰^{-۱۰}
m_{moon}	قدر ظاهری ماه بدر		-۱۲/۷۴
L_{sun}	درخشندگی خورشید	W	$۳/۸۵\times۱۰^{۲۶}$
M_{sun}	قدر مطلق خورشید		۴/۷۲
m_{sum}	قدر ظاهری خورشید		-۲۶/۷
H_0	ثابت هابل	$(km/s)/Mpc$	۷۳
f_{sun}	ثابت خورشیدی	Wm^{-2}	$۱/۳۷\times۱۰^{۳}$
N_A	عدد آووگادرو	mol^{-1}	$۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$
R	ثابت گازها	$J\,mol^{-1}\,K^{-1}$	۸/۳۱۴
r_B	شعاع اتم بور	m	$۵/۲۹\times۱۰^{-۱۱}$
eV	الکترون ولت	J	$۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}$
$S_{ایران}$	مساحت ایران	km^2	۱۶۴۸۱۹۵
λ,β_{Tehran}	مختصات جغرافیایی تهران	$Degree$	۵۱°۲۵′E ،۳۵°۴۲′N
H_2O	یک مول آب	gr	۱۸
He	یک مول هلیوم	gr	۴
Yr	سال	s	$۳/۱۵\times۱۰^{۷}$

ذهن زیبا

۱- یکی از روشهای فاصله‌یابی استفاده از موج ضربه‌ی ایجاد شده در اطراف ابرنواخترها است. این روش به دلیل مستقل بودن از روش‌های دیگر فاصله‌یابی، به عنوان روشی برای کالیبراسیون روش‌های استاندارد فاصله‌یابی ابرنواخترها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ابرنواختری در سال ۱۹۰۹ مشاهده شده است. در حال حاضر (یعنی سال ۲۰۱۵) گاز خارج شده از آن در شعاع ۲۰ ثانیه‌ی قوسی اطراف آن دیده می‌شود. سرعت انبساط این گاز در ابتدای انفجار در حدود ۱۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه بوده و بطور خطی افت کرده است، بطوری که سرعت انبساط کنونی آن به حدود ۴۰۰ کیلومتر بر ثانیه رسیده است.

الف) سرعت متوسط انبساط گاز در این مدت چند کیلومتر بر ثانیه است؟

ب) این ابرنواختر در چه فاصله‌ای از ما قرار دارد؟ پاسخ خود را بر حسب پارسک بیان کنید.

(۲۵ نمره)

۲- در پروژه‌ی مساحی GAIA ، نزدیک به یک میلیارد ستاره اخترسنجی خواهد شد؛ که به کمک نتایج آن فواصل ستاره‌ها با دقت بسیار بالایی و به‌روش اختلاف منظر به دست خواهند آمد. در این پروژه، خطای اندازه‌گیری در اخترسنجی ستاره‌هایی با قدر ظاهری m=۱۶ برابر با ۲۳ میکروثانیه‌ی قوسی است.

درصد خطا در اندازه گیری فاصله‌ی ستاره‌های خورشیدگون با قدرمطلق $M_V = ۵$ که با قدر ظاهری ۱۶ دیده می‌شوند را بدست آورید. (۳۰ نمره).

۳- در روز ۱۵ اردیبهشت سال ۱۳۹۴ و در لحظه‌ی ظهر شرعی (۱۳:۰۱:۰۴) طول سایه‌ی شاخصی عمودی در محله‌ای در تهـــــــــــران ($35^{o}\,42'N$ ، $51^{o}\,25'E$) برابر ۳۰ سانتیمتر است.

الف) منحنی میل خورشید را در طول یک سال رسم کنید. $[\delta_{sun}=23^{o}27'\,\sin(2\pi t/T)]$

ب) طول این سایه راس ساعت ۱۶:۰۰ همان روز چند سانتیمتر خواهد بود.

(۳۰ نمره).

۴- تولید انرژی در خورشید از طریق همجوشی ۴ هیدروژن و تولید یک هلیوم است؛ که در این فرآیند تقریباً ۲۵ میلیون الکترون ولت (MeV) انرژی و ۲ ذره‌ی نوترینو تولید می‌شود. ($p + p + p + p \rightarrow {}^4He + 25\ MeV$)

الف) تعداد نوترینوهای عبوری از هر سانتیمتر مربع از سطح زمین را محاسبه کنید.

ب) سطح مقطع برخورد نوترینوهای خورشیدی با یک هستک (پروتون یا نوترون؛ nucleon) $10^{-45}\ cm^2/nucleon$ است. به بدن یک انسان بالغ، به طور متوسط در طول یک سال چند نوترینو برخورد خواهد کرد؟

راهنمایی: سطح مقطع برخورد، مساحت موثر یک ذره با ذرات دیگر در برخورد با آنهاست.

(۳۵ نمره).

۵- در فرآیندهای همجوشی ستاره‌ای و در فرآیندی که اصطلاحا به فرآیند 3α مشهور است؛ دو هسته‌ی هلیوم ۴ (^4He) به یکدیگر برخورد کرده و یک هسته‌ی برلیوم ۸ (^8Be) تولید می‌کنند. از آنجایی که نیمه عمر ^8Be بسیار کم است ($۱۰^{-۱۶}$ ثانیه)، این هسته مجددا به دو ذره ^4He واپاشی می‌کند. این فرایند به دفعات تکرار می‌شود تا زمانی که قبل از واپاشی ^8Be یک ^4Heبه آن برخورد کند و یک هسته‌ی پایدار کربن۱۲ (^{12}C) تولید شود ($^8Be + ^4He \rightarrow ^{12}C + 7.37\ MeV$). به همین خاطر چنین فرآیندی به چگالی‌های بالا نیاز دارد.

رابطه‌ی واپاشی ^8Be به صورت روبرو است: $^8Be \rightarrow ^4He + ^4He + (93.7\ keV)$

الف) در طی فرآیند 3α به ازای هر هستک (پروتون یا نوترون؛ nucleon)، چه مقدار انرژی آزاد می‌شود؟

ب) دمای ذرات آلفای (^4He) تولید شده از واپاشی ^8Be در این ستاره چند کلوین است؟

ج) سرعت ذرات آلفای (^4He) تولید شده از واپاشی ^8Be در این شرایط چه درصدی از سرعت نور است؟ (۴۰ نمره).

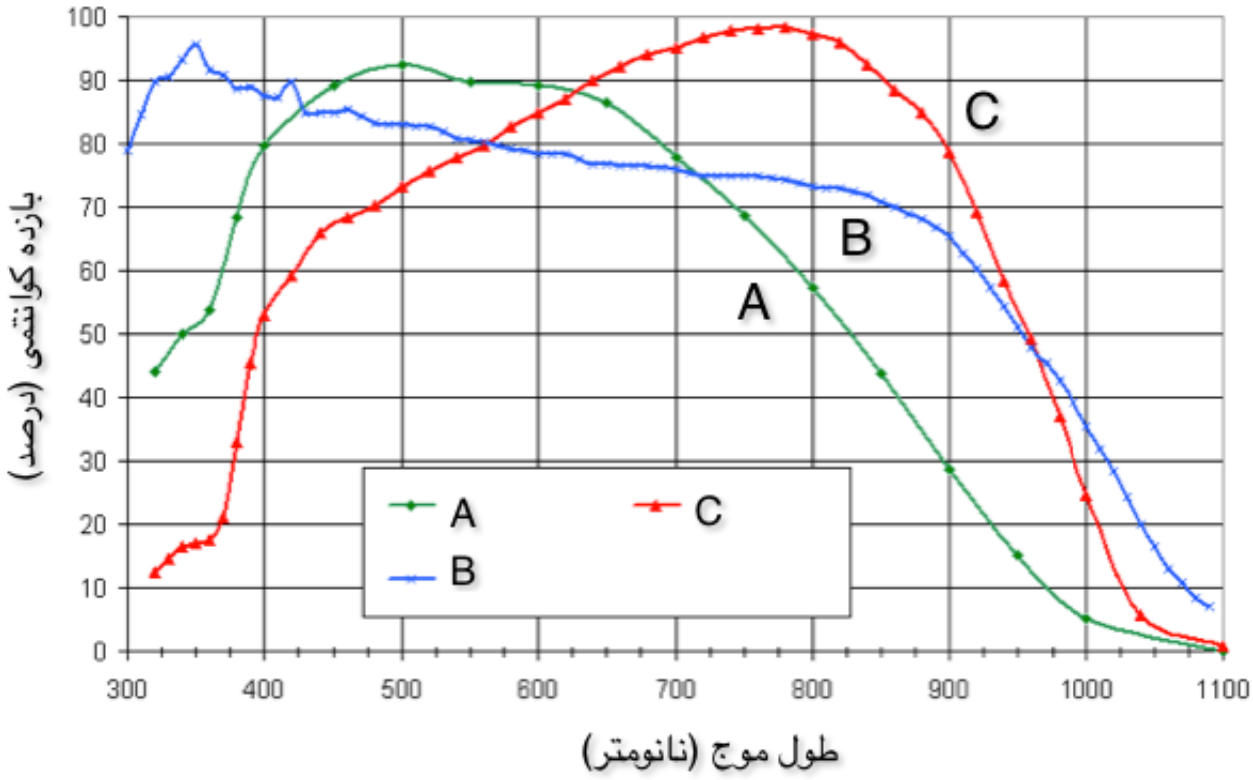
۶- منجمی سال‌ها به مطالعه‌ی شدت خطوط نشری $H\text{-}\alpha$ و $H\text{-}\beta$ که بترتیب دارای طول موج‌های ۶۵۶۳ آنگستروم و ۴۸۶۱ آنگستروم هستند پرداخته است. وی اخیرا آشکارساز سی‌سی‌دی (CCD) خود را از مدل B به مدل C تغییر داده است. در زیر توزیع بازدهی کوانتمی این دو سی‌سی‌دی (حساسیت آشکارساز در مقابل فوتون‌های ورودی به سطح آن) نشان داده شده است.

الف) این منجم تنها با تغییر سی‌سی‌دی از B به C باید چه تغییری در زمان نوردهی جدیدش نسبت به گذشته ایجاد کند تا نسبت سیگنال به نویز در رصدهای وی تغییری نکند؟ **پاسخ عددی با خطای بیش از ۵ درصد قابل قبول نیست.**

ب) این منجم قبلا برای نورسنجی از فیلتر باریکی به پهنای ۲۰ آنگستروم در طول موج مرکزی ۸۵۰۰ آنگستروم استفاده می‌کرد، اکنون با تغییر سی‌سی‌دی، پهنای فیلترش در همان طول موج به نصف کاهش یافته است. با همان زمان نوردهی قبلی، نسبت سیگنال به نویز در نور سنجی وی به چه نسبتی تغییر خواهد کرد؟

راهنمایی: برای سادگی از همه عوامل نویز سی‌سی‌دی صرف نظر کنید. به عبارت دیگر تنها سیگنال موجود مربوط به چشمه آسمانی است که ویژگی آماری آن از توزیع پواسونی *(Poisson Distribution)* تبعیت می‌کند؛ که در آن انحراف معیار *(standard deviation)* توزیع برابر با جذر مقدار متوسط *(mean value)* یا همان مقادر انتظاری رویدادها است.

(۴۰ نمره). **(نوشتن پاسخ را از صفحه بعد آغاز کنید چنانچه در این صفحه چیزی بنویسید تصحیح نخواهد شد.)**



۷- ماهواره‌ای به جرم m و سطح مقطع A در مداری دایره‌ای به شعاع r به دور زمین در حرکت است.

الف) انرژی ماهواره را محاسبه کنید.

ب) جو به چگالی ρ، نیروی اصطکاکی ثابت و ضعیف (f) به ماهواره اعمال می‌کند. تغییر شعاع نسبی مدار را طی یک دوره‌ی تناوب محاسبه کنید.

ج) جو ساکن است؛ و پس از برخورد الاستیک به ماهواره در جهت حرکت ماهواره حرکت خواهد کرد (حرکت یک بعدی). نیروی اصطکاک فوق را به طور لحظه‌ای محاسبه کنید.

(۴۵ نمره).

۸- کهکشانی کروی و با توزیع جرمی یکنواخت متشکل از 10^{11} ستاره‌ی خورشیدگون با شعاع $R=10\ kpc$ را درنظر بگیرید. ستارگان به صورت کاتوره‌ای در این کهکشان حرکت می‌کنند.

الف) چگالی جرمی این کهکشان را برحسب جرم خورشید بر پارسک‌مکعب بدست آورید.

ب) ستاره‌ای را در نظر بگیرید که در این کهکشان، در راستای یکی از قطرها در حال حرکت نوسانی است. رابطه‌ای برای دوره‌ی تناوب نوسان این ستاره بدست آورید و مقدار عددی آن را بر حسب سال بیان کنید.

ج) این ستاره در طول حرکت خود، به طور متوسط پس از چند سال ممکن است از کنار ستاره‌ای دیگر عبور کند بطوری که فاصله‌اش از آن ستاره کمتر از یک واحد نجومی باشد؟

(۴۵ نمره).

۹- ابر اورت پوسته‌ای کروی به شعاع $۱۰^{۵}$ واحدنجومی ($R = 10^5$ AU) و شامل تعداد زیادی دنباله‌دار است. فرض کنید ستاره‌ای نوعی با جرم متوسط نصف جرم خورشید ($M = 0.5\ M_{sun}$) با سرعت متوسط ۳۰ کیلومتر بر ثانیه ($v = 30km/s$) وارد ابر اورت شود.

الف) این ستاره از چه فاصله‌ای (بر حسب واحد نجومی) باید از کنار یکی از دنباله‌دارهای این ابر عبور کند؛ به طوری که آن دنباله‌دار، بر اثر برهمکنش گرانشی با این ستاره از ابر اورت خارج شود؟ فرضیات لازم برای حل مسئله را ارائه دهید.

ب) اگر فرض کنیم عمر منظومه شمسی ۴ میلیارد سال ($T = 4Gyr$) باشد، چه کسری از دنباله‌دارهای موجود در ابر اورت با این سازوکار از این ابر خارج می‌شوند؟

چگالی عددی ستاره‌ای در اطراف منظومه شمسی، ۰/۱ ستاره بر پارسک مکعب ($n = 0.1$ star/pc^3) است.

ج) فرض کنیم شعاع ابر اورت 10^4 AU باشد؛ کسر محاسبه شده در قسمت (ب) چقدر خواهد شد؟ (۴۵ نمره).

۱۰- سازمان فضایی اروپا در مارس ۲۰۱۵ میلادی، متغیری قیفاووسی به نام ساما ($SAMA$) کشف کرده است، این سازمان، طول (l) و عرض (b) کهکشانی ساما را در دستگاه مختصات کهکشانی اندازه‌گیری کرده است $(l,b) = (57°42'48'', 37°53'48'')$. با توجه به این توضیحات به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) مختصات کهکشانیِ ستاره قطبی برابر $(l,b) = (123°55'51'', 27°7'44'')$ و مختصات استواییِ قطبِ شمالِ کهکشانی برابر $(\alpha,\delta) = (12^h51^m27^s, 27°7'42'')$ است. بعد و میلِ ساما در دستگاه استوایی را بدست آورید.

ب) سازمان فضایی اروپا برای مطالعه‌ی بیشتر بر روی این ستاره، قصد ساختن رصدخانه‌ای را دارد. با توجه به مشکلاتِ جذبِ نورِ ستاره در جو زمین، صرفا مکان‌هایی برای رصد این ستاره مناسب هستند که ارتفاع ستاره بتواند در آن محل از ۷۰ درجه بیشتر شود (توجه کنید که لزومی ندارد که در طی یک روز همیشه ارتفاع ستاره از ۷۰ درجه بیشتر باشد؛ کافی است فقط یک لحظه ارتفاع بیشتر از ۷۰ درجه شود.) بنابراین، عرض جغرافیایی رصدخانه در چه بازه‌ای می‌تواند باشد؟

ج) با توجه به اینکه اکثر سطح زمین را آب فرا گرفته است و سهم خشکی‌ها اندک است، بنابراین طول جغرافیایی رصدخانه فقط می‌تواند بین ۷۰ تا ۱۰۰ درجه شرقی قرار داشته باشد، بنابراین در چند درصد از سطح زمین، امکان ساخت چنین رصدخانه‌ای وجود خواهد داشت؟

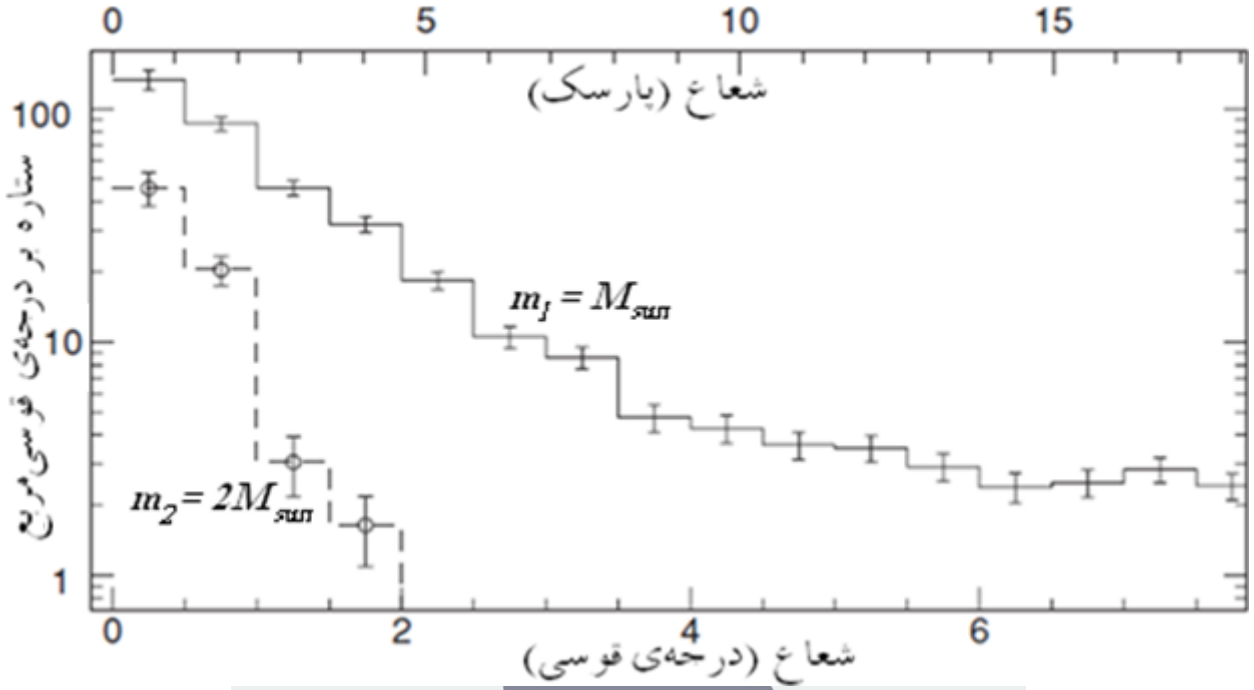
د) بدترین زمان برای رصد، وقتیست که فاصله‌ی زاویه‌ای این ستاره با خورشید کمینه شود، بنابراین در چه روزی این اتفاق رخ می‌دهد؟ فاصله‌ی زاویه‌ای ساما با خورشد در آن روز چقدر است؟

(۶۰ نمره).

ذهن زیبا

۱۱- یک خوشه‌ی ستاره‌ای از دو نوع ستاره، با جرم‌های $m_1=M_{sun}$ و $m_2=2M_{sun}$ تشکیل شده است. در این خوشه که در آن **جداسازی جرمی** اتفاق افتاده است، ستاره‌های با جرم‌های مختلف، توزیع فضایی متفاوتی دارند بطوری که ستاره‌های پرجرمتر در نواحی درونی‌تر خوشه تمرکز دارند.

اطلاعات لازم و نمودار چگالی سطحی عددی به صورت تابعی از شعاع، (فاصله از مرکز خوشه) برای این دو نوع ستاره در شکل زیر داده شده است.



ذهن زیبا

الف) با توجه به شکل بالا فاصله‌ی این خوشه تا ناظر زمینی را بر حسب پارسک محاسبه کنید؟

ب) مقدار جرم متوسط ستارگان (**<m>**)، بر حسب فاصله از مرکز خوشه را محاسبه کنید و مقادیر عددی آن را در جدول وارد کنید. در جدول، مقدار عددی جرم متوسط ستاره‌ها (برحسب جرم خورشید) در پنج ناحیه (فاصله از مرکز برحسب درجه، **r**(Degree)) خواسته شده است.

ج) فرض کنید رابطه‌ی جرم–درخشنگی به صورت $L \propto M^3$ است. قدر ظاهری این خوشه را محاسبه کنید؟

د) منحنی جرم متوسط را بر حسب فاصله از مرکز محاسبه کنید.

(نوشتن پاسخ را از صفحه بعد آغاز کنید چنانچه در این صفحه چیزی بنویسید تصحیح نخواهد شد.)

r(Degree)	<m>
0.25	
0.75	
1.25	
1.75	
2.25	

(۵۵ نمره).