جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات به همراه پاسخنامه تشریحی
مرحله اول
ششمین دوره‌ی المپیاد نجوم و اخترفیزیک سال ۱۳۹۸

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
۳۷	۷	۲۴۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب آزاد است.

تذکرات پیش از آزمون:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمندیم به موارد زیر توجه فرمایید:

- لطفاً مشخصات، کد آموزشگاه و کد دانش‌آموزی خود را آن طوری که در پاسخ‌نامه از شما خواسته‌شده، به‌دقت در محل مربوط بنویسید.
- لطفاً در پر کردن ردیف مربوط به تاریخ تولد دقت کنید.
- کد دفترچه سؤال شما (۱) است که لازم است این عدد را در پاسخ‌نامه در محل مربوط علامت بزنید. در غیر این صورت پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد توجه کنید، کد دفترچه سؤال شما که در بالای هر صفحه نوشته‌شده، با کد اصلی که در این صفحه است برابر باشد.
- این آزمون **۳۷ سؤال چندگزینه‌ای** و **۷ مسئله‌ی کوتاه** دارد و وقت آن **۴ ساعت** است.
- استفاده از ماشین‌حساب مهندسی که قابل‌برنامه‌ریزی نیست، مجاز است.
- استفاده از جدول‌های نجومی، اطلس‌ها و آلماناک‌ها به هر شکل که باشند، مجاز نیست.
- در قسمت سؤال‌های چندگزینه‌ای، پاسخ‌های غلط نمره‌ی منفی دارند. هر سؤال فقط یک جواب درست دارد. علامت زدن بیش از یک گزینه برای یک سؤال، نمره‌ی منفی را دو برابر خواهد کرد؛ حتی اگر یکی از گزینه‌های علامت زده‌شده درست باشد.
- پاسخنامه را تمیز نگه‌دارید از تا کردن آن خودداری کنید. فقط در آنجایی که از شما خواسته‌شده، چیزی بنویسید یا علامت بزنید. هرگز در پشت پاسخ‌نامه چیزی ننویسید. هر نوشته یا علامت نامربوط، ممکن است دستگاه علامت‌خوان را به‌اشتباه بیاندازد.
- به همراه داشتن تلفن همراه یا هرگونه وسیله‌ی ارتباطی دیگر مجاز نیست.
- نتایج این مرحله از آزمون المپیاد، اواخر اسفندماه اعلام خواهد شد.
- پاسخنامه‌ی این آزمون توسط **یاشار بهمند، کامبیز خالقی، ذوالفقار دانشی‌نسب، احمد رمضان‌زاده، احسان مهرجو** تهیه شده است.

www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

ثابت‌های فیزیکی و نجومی

G	ثابت جهانی گرانش	$m^{۳}kg^{-۱}s^{-۲}$	$۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}$
σ	ثابت استفان بولتزمن	$Wm^{-۲}K^{-۴}$	$۵/۶۷\times۱۰^{-۸}$
h	ثابت پلانک	Js	$۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}$
c	سرعت نور	$ms^{-۱}$	$۳/۰۰\times۱۰^{۸}$
	سال نجومی	$days$	$۳۶۵/۲۶$
	سال اعتدالی	$days$	$۳۶۵/۲۴$
pc	پارسک	m	$۳/۰۹\times۱۰^{۱۶}$
Au	واحد نجومی	m	$۱/۵۰\times۱۰^{۱۱}$
Ly	سال نوری	m	$۹/۴۶\times۱۰^{۱۵}$
$R_{\odot}$	شعاع خورشید	m	$۶/۹۶\times۱۰^{۸}$
$R_{\oplus}$	شعاع شعاع زمین	m	$۶/۳۸\times۱۰^{۶}$
	شعاع مشتری در استوا	m	$۷/۱۵\times۱۰^{۷}$
	شعاع ماه	m	$۱/۷۴\times۱۰^{۶}$
	شعاع مداری ماه	m	$۳/۸۴\times۱۰^{۸}$
$M_{\odot}$	جرم خورشید	kg	$۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}$
$M_{\oplus}$	جرم زمین	kg	$۵/۹۷\times۱۰^{۲۴}$
	جرم مشتری	kg	$۱/۹۰\times۱۰^{۲۷}$
$T_{\odot}$	دمای خورشید	K	$۵/۷۹\times۱۰^{۳}$
$L_{\odot}$	درخشندگی خورشید	W	$۳/۸۵\times۱۰^{۲۶}$
	ثابت خورشیدی	$Wm^{-۲}$	$۱/۳۷\times۱۰^{۳}$
in	اینچ	cm	$۲/۵۴$
$m_{\odot}$	قدر ظاهری خورشید		$-۲۶/۸$
	قدر ظاهری ماه بدر		$-۱۲/۷$
	عمر خورشید	$years$	$۱۰^{۱۰}$
$H_{\circ}$	ثابت هابل	$kms^{-۱}Mpc^{-۱}$	۷۰
eV	الکترون‌ولت	J	$۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}$

۱- دو سیاره، دور یک ستاره می‌گردند. مداری یکی، دایره‌ای به قطر D و مدار دیگری یک بیضی به قطر بزرگ D و قطر کوچک βD با $\beta < ۱$ است. سرعت متوسط هر سیاره را طـول مسیری که سیاره طی یک دوره می‌پیماید تقسیم‌بر دوره تعریف می‌کنیم. سرعت متوسط سیاره با مدار دایره را $v_۱$ و سرعت متوسط سیاره با مدار بیضی را $v_۲$ می‌نامیم. کدام گزینه درست است؟

الف) $v_۲ < v_۱$ ب) $v_۲ = v_۱$ ج) $\beta v_۲ = v_۱$ د) $\beta v_۲ > v_۱$

۲- دو سیاره، دور یک ستاره می‌گردند و قطر بزرگ مدارهایشان یکسان است. مدارهای این دو سیاره هم صفحه‌اند و یکدیگر را در دو نقطه قطع می‌کنند. در یک زمان یکی از سیاره‌ها در یک نقطه‌ی تقاطع و سیاره‌ی دیگر در نقطه‌ی تقاطع دیگر است. این دو سیاره، .....

الف) با هم برخورد خواهند کرد، اگر سوی گردششان یکسان باشد.
ب) حتماً با هم برخورد خواهند کرد.
ج) با هم برخورد خواهند کرد، اگر سوی گردششان مختلف باشد.
د) هرگز با هم برخورد نخواهند کرد.

۳- سرعت فرار از میدان گرانشی زمین، کمینه‌ی سرعتی است که اگر زمین نمی‌چرخید، جسمی که با آن سرعت از سطح زمین پرتـاب می‌شـد، از میدان گرانشی زمین خارج می‌شد. سرعت فرار در سطح زمین $۱۱ / ۲ kms^{-۱}$ است. شعاع مشتری ۱۱ / ۲ برابر شعاع زمین و جرم مشتری ۳۱۸ برابر جرم زمین است. سرعت چرخش (حرکت وضعی) مشتری در استوا $۱۲ / ۶ kms^{-۱}$ است. کمینه‌ی سرعت یک جسم در سطح مشتری نسبت به سطح مشتری در آن نقطه، برای این‌که جسم از میدان گرانشی مشتری بگریزد، چه قدر است؟

الف) $۷۲ / ۳ kms^{-۱}$ ب) $۵۹ / ۷ kms^{-۱}$ ج) $۴۷ / ۱ kms^{-۱}$ د) $۳۴ / ۵ kms^{-۱}$

۴- زاویه‌ی محور دوران زمین با راستای عمود بر صفحـه‌ی مـداری زمـیـن $۲۳ / ۵^\circ$ اسـت. در روز اول فـروردیـن در نـقطـه‌ای از تهران با عرض جغرافیایی $۳۵ / ۷^\circ$، زاویه‌ی مسیر روزانه‌ی خورشید در آسمان با افق، وقت طلوع یا غروب چه قدر است؟

الف) ۹۰° ب) $۵۴ / ۳^\circ$ ج) $۳۵ / ۷^\circ$
د) $۱۲ / ۲^\circ$ هـ) $۷۷ / ۵^\circ$ و) $۳۰ / ۸^\circ$

۵- اختلاف بیشینه و کمینه‌ی قدر ظاهری یک ستاره ۱ است. دوره‌ی تغییرات قدر ظاهـری این ستـاره ۱ روز است. فرض کنـیـد تغییر قدر ظاهری این ستاره فقط ناشی از تغییر فاصله‌ی آن از زمین باشد. اگر نصف مجموع فاصله‌های این ستاره در حالت بیشینه و کمینه‌ی قدر را R بنامیم، با فرض این‌که سرعت این ستاره نسبت به زمین دستِ بالا سرعت نور است، بیشینه‌ی R چند سال نوری است؟

الف) ۶×۱۰^{-۳} ب) ۲×۱۰^{۳} ج) ۳×۱۰^{۳}
د) ۴×۱۰^{۶} هـ) ۳×۱۰^{-۳}

۶- جهت حرکت وضعی کدام‌یک از گزینه‌ها با بقیه متفاوت است؟

الف) زهره ب) زمین ج) مریخ
د) مشتری هـ) عطارد

۷- اگر قرار باشد یک صورت فلکی به صورت‌های فلکی منطقةالبروجی اضافه کنیم، صورت فلکی مناسب کدام است؟

الف) حوت جنوبی ب) فرس اعظم ج) مارافسای

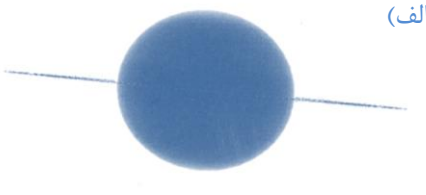
د) جبار هـ) امرأةالمسلسله و) دب اکبر

۸- کدام‌یک از زمان‌های زیر طولانی‌تر است؟

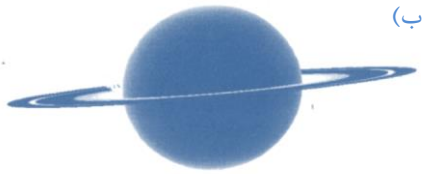
الف) ماه گرهی ب) ماه نجومی ج) ماه آنومالی د) ماه هلالی

۹- سیاره زحل در نیمه دوم بهار و اوایل تابستان امسال هنگامی‌که روی نصف‌النهار ناظر قرار داشت، از پشت چشمی تلسکوپ و در بزرگنمایی‌های زیاد مطابق کدام گزینه دیده می‌شد؟

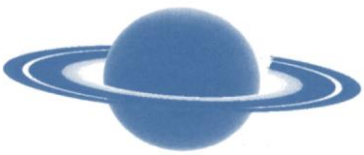
الف)



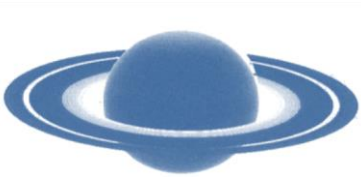
ب)



ج)

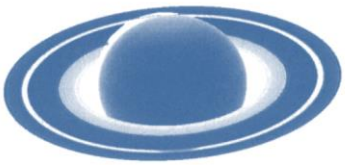


د)



هـ)

و)



۱۰- تاریک-روشن دریایی زمانی است که ارتفاع خورشید بین ۱۲− و ۶− درجه و تاریک-روشن نجومی زمانی است که ارتفاع خورشید بین ۱۸− و ۱۲− درجه باشد. کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد وضعیت شبانه‌روزی ساکنان یک ایستگاه تحقیقاتی در گرینلند با عرض جغرافیایی ۸۲ درجه شمالی **درست است.**

الف) آسمان منطقه از اول آذر تا اول بهمن در هنگام ظهر به حداکثر روشنایی در تاریک-روشن دریایی می‌رسد.

ب) آسمان منطقه از اول آذر تا اول بهمن در هنگام ظهر به حداکثر روشنایی در تاریک-روشن نجومی می‌رسد.

ج) آسمان منطقه از ۱۵ آبان تا ۱۵ بهمن در هنگام ظهر به حداکثر روشنایی در تاریک-روشن دریایی می‌رسد.

د) آسمان منطقه از ۱۵ آبان تا ۱۵ بهمن در هنگام ظهر به حداکثر روشنایی در تاریک-روشن نجومی می‌رسد.

۱۱- کهکشان مارپیچی A در فاصله‌ی $40Mpc$ و کهکشان مارپیچی B در فاصله‌ی $80Mpc$ از ما قرار دارند. اگر درخشندگی مطلق (ذاتی) کهکشان A برحسب درخشندگی مطلق (ذاتی) کهکشان B در ناحیه‌ی مرئی به‌صورت $L_A = 81L_B$ باشد، حداکثر سرعت چرخش ستاره‌ها در کهکشان B چند برابر کهکشان A است؟ (**از سهم ماده تاریک صرف‌نظر کنید.**)

الف) ۰/۳۳ ب) ۸۱ ج) ۹

د) ۳ هـ) ۰/۱۱

۱۲- قطر زاویه‌ای اجرام در عالمی با هندسه‌ی باز نسبت به عالمی با هندسه‌ی تخت، چگونه تغییر می‌کند؟

الف) تغییر نمی‌کند. ب) بیشتر می‌شود. ج) کم‌تر می‌شود.
د) چیزی نمی‌توان گفت. هـ) بسته به فاصله‌ی جرم می‌تواند بیشتر یا کمتر شود.

۱۳- اگر از یک تلسکوپ ۱۲ اینچ اشمیت-کاسگرین با فاصله کانونی ۲۵۰۰ میلی‌متر استفاده کنیم، به شرط قرار دادن یک‌چشمی معمولی (۱/۲۵ اینچ) با فاصله‌ی کانونی ۲۶ میلی‌متر و میدان دید ظاهری $FOV = ۴۵^\circ$، میدان دید واقعی تشکیل شده در پشت چشمی تقریباً چند درجه خواهد بود؟

الف) ۰/۲۵ ب) ۱/۴ ج) ۰/۷۶
د) ۱/۱ هـ) ۰/۵۲ و) ۱/۹

۱۴- کدام‌یک از کهکشان‌های زیر، کهکشان مارپیچی است و در میدان دید تلسکوپ، از لبه دیده می‌شود؟

الف) کهکشان حجار $(NGC ۲۵۳)$ ب) کهکشان گرداب $(M۵۱)$ ج) کهکشان مثلث $(M۳۳)$
د) کهکشان بُده هـ) ابر ماژلانی کوچک و) کهکشان ذات‌الکرسی A

۱۵- برای رصد ستاره‌های خوشه‌ی پروین با گستردگی تقریبی ۱/۸ درجه در آسمان، استفاده از کدام ابزار را در اولویت می‌دانید؟

الف) تلسکوپ ۱۶ اینچ اشمیت-کاسگرین با نسبت کانونی ۳/۶ و چشمی ۲ اینچی ۴۰ میلی‌متر با میدان دید ظاهری چشمی ۷۲°.
ب) تلسکوپ ۱۰ اینچ اشمیت-کاسگرین با نسبت کانونی ۲۵۴۰ میلی‌متر و چشمی ۲۶ میلی‌متر با میدان دید ظاهری چشمی ۵۰°.
ج) تلسکوپ ۵ اینچ شکستی با فاصله‌ی کانونی ۶۲۵ میلی‌متر و چشمی ۱۰ میلی‌متر با میدان دید ظاهری چشمی ۵۰°.
د) تلسکوپ ۸ اینچ نیوتونی با نسبت کانونی ۸ و چشمی ۲ اینچی ۳۲ میلی‌متر با میدان دید ظاهری چشمی ۷۲°.
هـ) تلسکوپ ۱۲ سانتیمتری شکستی با نسبت کانونی ۵ و چشمی ۲۵ میلی‌متر با میدان دید ظاهری چشمی ۵۰°.

۱۶- دایرةالبروج از نزدیکی کدام دو ستاره عبور می‌کند؟

الف) قلب‌العقرب-نسرطائر ب) سماک اعزل-قلب‌الاسد ج) نسر واقع-ردف
د) رجل‌الجبار-شعرای شامی هـ) الدبران-عیوق و) ردف-عناق

۱۷- ناظری به مختصات $۴۲^\circ ۱۲' N$ و $۱۱۵^\circ ۳۶' W$ با استفاده از یک تلسکوپ در حال رصد سیاره عطارد است. اگر در این زمان عطارد در کشیدگی شرقی از خورشید به میزان ۲۰° و فاصله‌ی عطارد و خورشید از زمین تقریباً به یک اندازه باشد، درصد روشنایی قرص عطارد چه قدر است؟

الف) ٪۶ ب) ٪۹۷ ج) ٪۴۱
د) ٪۳ هـ) ٪۸۳ و) ٪۵۹

۱۸- در هسته‌ی خورشید، زنجیره‌ی تبدیل هیدروژن به هلیوم در حال انجام است. هر تبدیل به‌اندازه $۱۴ / ۱ MeV$ انرژی آزاد می‌کند. با این حساب در هر ثانیه حدوداً چند واکنش هسته‌ای انجام می‌شود؟

الف) $۱۰^{۳۸}$ ب) $۱۰^{۴۴}$ ج) $۱۰^{۴۱}$

د) $۱۰^{۳۵}$ هـ) $۱۰^{۱۹}$ و) $۱۰^{۲۲}$

۱۹- طولانی‌ترین کسوف کلی قرن بیست و یکم در چه رخ داد؟ چه عاملی باعث این کسوف طولانی‌ترین باشد؟

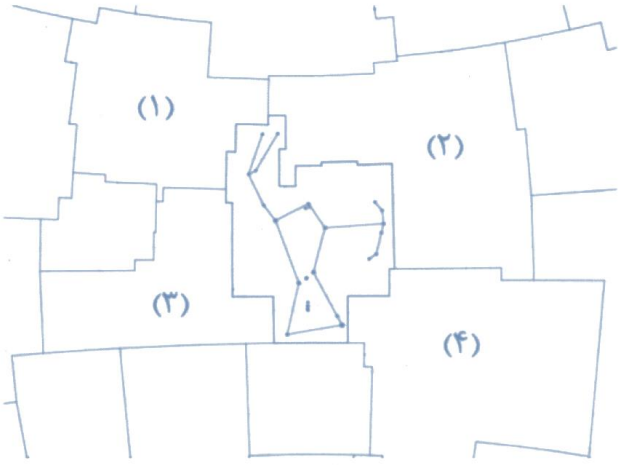
الف) ۳۱ تیر ۱۳۸۸، خورشید در اوج و ماه در حضیض بود.

ب) ۳۱ تیر ۱۳۸۸، خورشید در حضیض و ماه در اوج بود.

ج) ۱۱مرداد ۱۳۸۷، خورشید در اوج و ماه در حضیض بود.

د) ۱۱مرداد ۱۳۸۷، خورشید در حضیض و ماه در اوج بود.

۲۰- با توجه به شکل روبرو، در کدام گزینه نام صورت‌های فلکی همسایه‌ی صورت‌فلکی جبار به‌درستی اشاره شده است؟ **(به ترتیب اعداد)**



الف) ثور، جوزا، کلب اصغر، نهر

ب) ارابه‌ران، ثور، تک‌شاخ، ارنب

ج) ارابه‌ران، جوزا، کلب اکبر، نهر

د) جوزا، ثور، تک‌شاخ، نهر

هـ) جوزا، ارابه‌ران، کلب اصغر، ارنب

و) ثور، ارابه‌ران، کلب اکبر، ارنب

۲۱- دو جرم نجومی با جرم یکسان در فاصله‌ی بی‌نهایت دور از یکدیگر به سمت هم در حال حرکت هستند. به نظر می‌رسد، حداقل فاصله‌ی این دو جرم به حدود یک واحد نجومی خواهد رسید. مدار این دو جرم نجومی به دور یکدیگر کدام است؟

الف) دایره یا بیضی ب) بیضی یا خط راست ج) فقط سهمی

د) هذلولی یا سهمی هـ) اطلاعات مسئله کافی است و) فقط هذلولی

۲۲- مختصات دوستاره‌ی $\alpha - Bootes$ و $\alpha - Virgo$ را از روی تقویم نجومی پیداکرده‌ایم. مختصات آن‌ها عبارت‌اند از:

$$\alpha_B = ۱۴^h ۱۵^m ۳۹ / ۷^s \qquad \delta_B = +۱۹^\circ ۱۰' ۵۷''$$
$$\alpha_V = ۱۳^h ۲۵^m ۱۱ / ۶^s \qquad \delta_V = -۱۱^\circ ۹' ۴۱''$$

فاصله‌ی زاویه‌ای این دو در آن سال چقدر است؟

الف) $۳۲^\circ ۴۷' ۳۵''$ ب) $۲۹^\circ ۵۰' ۵۹''$ ج) $۸^\circ ۵۴' ۴۹''$

د) $۱۶۵^\circ ۱۴' ۳۴''$ هـ) $۲۹^\circ ۱۷' ۳۸''$ و) $۱۸^\circ ۲۶' ۲۰''$

۲۳- بدن یک بیمار با تب $۴۰^{\circ}C$ با فرض این‌که جسم سیاه است، حدوداً چند وات تابش می‌کند؟

الف) ۱۰ ب) $۱۰^{۳}$ ج) $۱۰^{-۱}$

د) $۱۰^{-۲}$ هـ) $۱۰^{-۵}$ و) $۱۰^{۵}$

۲۴- نزدیک‌ترین ستاره به زمین (بُعد از خورشید) که ناظری در عرض جغرافیایی $۳۵ / ۷^{\circ}N$ می‌تواند آن را مشاهده کند، کدام است؟

الف) آلفا-قنطورس $(\delta = -۶۰ / ۹^{\circ})$ ب) شعرای شامی $(\delta = +۵ / ۲^{\circ})$ ج) $Wolf۳۵۹$ $(\delta = +۷^{\circ})$

د) شعرای‌یمانی $(\delta = -۱۶ / ۷^{\circ})$ هـ) $Lalande۲۱۱۸۵$ $(\delta = +۳۵ / ۹^{\circ})$ و) بارنارد $(\delta = +۴ / ۷^{\circ})$

۲۵- فاصله سیاره‌ای فرضی $۱ / ۳۵ \times ۱۰^{۱۲}m$ است. دوره تناوب هلالی سیاره چند روز است؟ اگر زمان پدیده‌ی مقابله‌ی این سیاره نسبت به ناظر زمینی در صبحگاه اول بهمن ۱۳۸۸ باشد، زمان مقابله‌ی بعدی آن در چه تاریخی خواهد بود؟

الف) ۳۶۶روز و ۱۴ بهمن ۸۹ ب) ۳۷۹روز و ۱۵ بهمن ۸۹ ج) ۴۷۹روز و ۱۵ بهمن ۸۹

د) ۳۶۶روز و ۱ بهمن ۸۹ هـ) ۳۷۹روز و ۱۴ بهمن ۸۹ و) ۴۷۹روز و ۱ بهمن ۸۹

۲۶- دو ستاره‌ی رشته‌ی اصلی با مشخصات یکسان را در نظر بگیرید. اختلاف قدر ستاره‌ی نزدیک‌تر نسبت به ستاره‌ی دورتر را برابر با (-۱) بگیرید. ستاره‌ی نزدیک‌تر، اختلاف‌منظری برابر ۲ ثانیه‌ی قوسی دارد، ستاره‌ی دورتر در چه فاصله‌ای از زمین قرار دارد؟

الف) $۲ / ۳pc$ ب) $۱ / ۳pc$ ج) $۵pc$

د) $۰ / ۸pc$ هـ) $۴ / ۲pc$ و) $۳ / ۲pc$

۲۷- در ظهر روزی که انقلاب زمستانی اتفاق می‌افتد، در کدام عرض جغرافیایی میله‌ای به طول ۱ / ۵ متر عمود بر سطح زمین سایه‌ای به طول ۲ / ۶ متر دارد؟

الف) ۳۶ / ۵ درجه شمالی ب) ۳۶ / ۵ درجه جنوبی، ۸۳ / ۵ درجه شمالی

ج) ۶۰ درجه شمالی د) ۸۳ / ۵ درجه جنوبی

هـ) ۳۶ / ۵درجه شمالی، ۸۳ / ۵درجه جنوبی و) ۶۰درجه شمالی، ۶۰درجه جنوبی

۲۸- ناظر A به مختصات جغرافیایی $۷۰ / ۳^{\circ}W;۲۳ / ۷^{\circ}N$ و ناظر B به مختصات جغرافیایی $۷۰ / ۳^{\circ}W;۵۰ / ۷^{\circ}S$ به‌طور هم‌زمان عبور ستاره‌ای با بعد $۲۳^{h}۰۰^{m}$ و میل $-۱۰^{\circ}۰۰'$ را از نصف‌النهار ناظر مشاهده می‌کنند. ستاره برای کدام‌یک از دو ناظر زودتر، و پس از چند ساعت طلوع می‌کند؟

الف) ۲ / ۱۷ ساعت، ناظر جنوبی ب) ۳ / ۱۸ ساعت، ناظر جنوبی ج) ۳ / ۱۸ ساعت، ناظر شمالی

د) ۷ / ۵ ساعت، ناظر شمالی هـ) ۸ / ۶ ساعت، ناظر جنوبی و) ۸ / ۶ ساعت، ناظر شمالی

۲۹- دمای ستاره‌ای از رشته اصلی $۹۵۰۰K$ و جرم آن $۲/۸$ برابر جرم خورشید است. شعاع این ستاره چند برابر شعاع خورشید است؟

الف) $۰/۸$ ب) ۱۰ ج) $۰/۳$

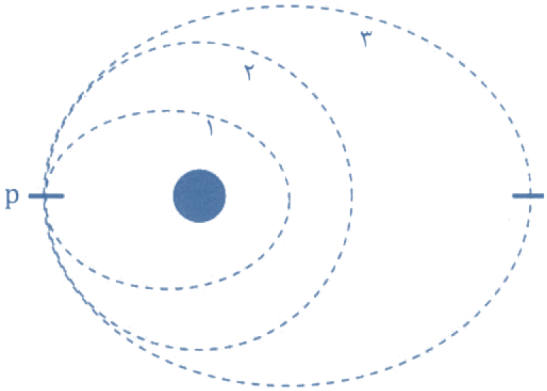
د) $۳/۸$ هـ) $۲/۳$ و) $۵/۶$

۳۰- می‌دانیم که تمام سطح کره‌ی آسمان در میان صورت‌های فلکی به‌دقت مرزبندی شده است. اگر تعداد نواحی مرزبندی شده را بشماریم، به چه عددی می‌رسیم؟

الف) ۴۸ ب) ۴۹ ج) ۹۸

د) ۹۹ هـ) ۸۸ و) ۸۹

۳۱- شکل روبه‌رو سه مدار بسته مربوط به سیاره‌ای را نشان می‌دهد. مدار ۲ مداری دایره‌ای و مدار ۱ و ۳ مدارهای بیضی با خروج از مرکز یکسان هستند. هر سه مدار در یک نقطه که در شکل با p نشان داده‌شده است، بر هم مماس‌اند. بیشترین انرژی و بیشترین اندازه‌ی حرکت زاویه‌ای به ترتیب مربوط به کدام مدار است؟



الف) ۱;۳ ب) ۲;۳ ج) ۳;۳

د) ۳;۲ هـ) ۳;۱ و) ۲;۱

۳۲- کدام گزاره **نادرست** است؟

الف) یکی از دوره‌های تناوب لکه‌های خورشیدی در حدود ۱۱ سال است.

ب) یکی از دوره‌های تناوب لکه‌های خورشیدی در حدود ۸۰ سال است.

ج) الگوی پروانه‌ای لکه‌های خورشیدی بین عرض‌های $+۳۰^\circ$ و -۳۰° پدید می‌آید.

د) میدان مغناطیسی خورشید هر ۲۲ سال معکوس می‌شود.

هـ) لکه‌های خورشیدی، حدود $۲۰۰۰K$ از نواحی مجاور سردتر هستند.

۳۳- دو جرم نجومی به‌گونه‌ای به سمت یکدیگر در حال حرکت هستند که به نظر می‌رسد هنگامی‌که به هم می‌رسند برخورد مستقیم و سربه‌سر انجام می‌دهند. خروج از مرکز مدار این دو جرم چه قدر است؟

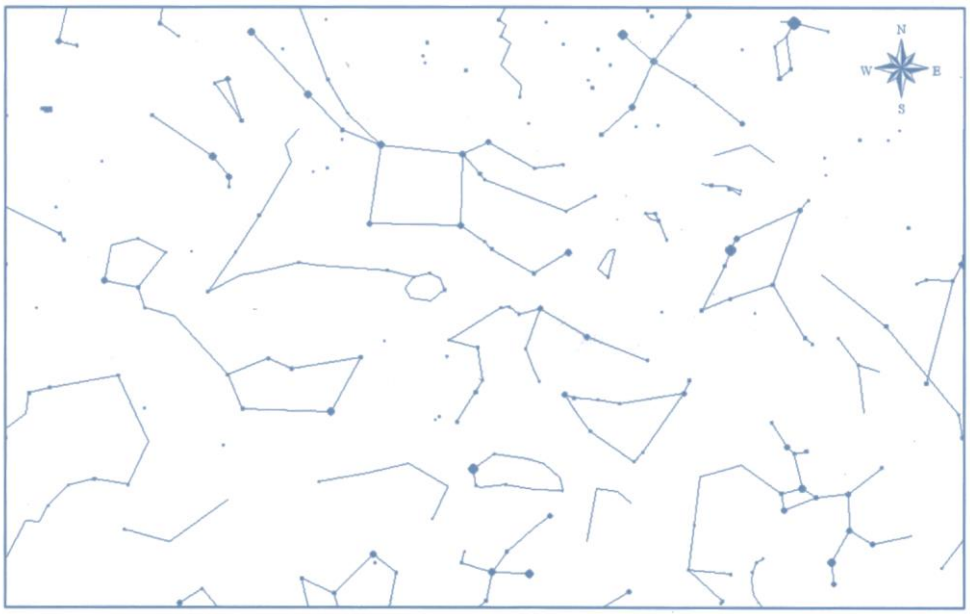
الف) $e = ۱$ ب) $e > ۱$ ج) $e < ۱$ د) اطلاعات کافی نیست.

۳۴- به ازای کدام مقدار c، نیروی $\vec{F} = -xy\hat{\imath} - cx^۲\hat{J}$ پایستار است؟

الف) ۱ ب) صفر ج) ۲

د) $\frac{۳}{۲}$ هـ) $\frac{۱}{۲}$

۳۵- مرکز نقشه مقابل با میدان دید ۱۰۰×۱۵۰ درجه‌ی مربع مربوط به ساعات آغازین شب (حدوداً سه ساعت بعد از غروب خورشید) سرسوی آسمان ناظر را نشان می‌دهد. نقشه، مربوط به کدام منطقه و در چه فصلی است؟



الف) پاییز، معتدل شمالی

ب) تابستان، معتدل جنوبی

ج) تابستان، معتدل شمالی

د) تابستان، استوایی

هـ) پاییز، معتدل جنوبی

و) پاییز، استوایی

۳۶- کدام نتیجه در کیهان‌شناسی، اخیراً از مطالعه‌ی منحنی نور ابرنواخترهای نوع Ia به‌دست می‌آمده است؟

الف) جهان با شتاب تند شونده در حال انبساط است.

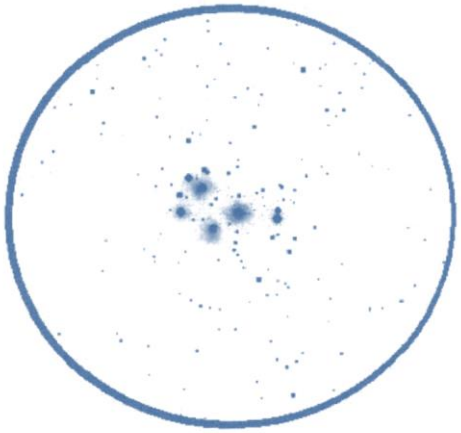
ب) جهان همسانگرد است.

ج) ماده‌ی روشن بخش کوچکی از کل ماده‌ی موجود در عالم است.

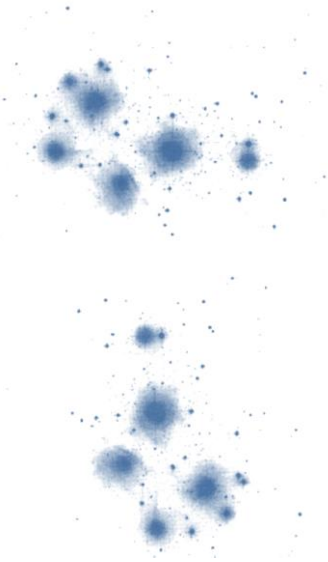
د) هندسه‌ی جهان تخت است.

هـ) جهان با سرعت ثابت در حال انبساط است.

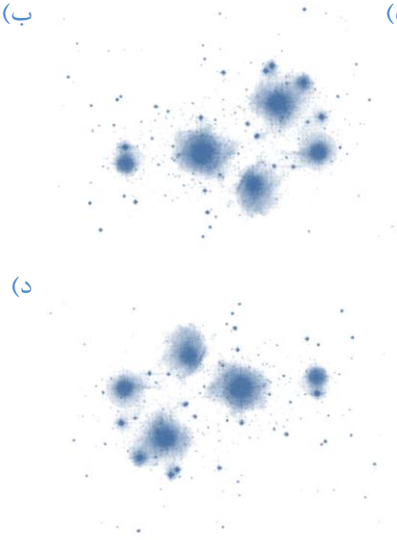
۳۷- خوشه‌ی پروین از درون منظریاب یک تلسکوپ اشمیت-کاسگرین به‌صورت زیر مشاهده می‌شود. اگر از پشت چشمی این تلسکوپ که بدون چپقی است به خوشه‌ی پروین نگاه کنیم، کدام گزینه را می‌بینیم؟



الف)



ب)



ج)

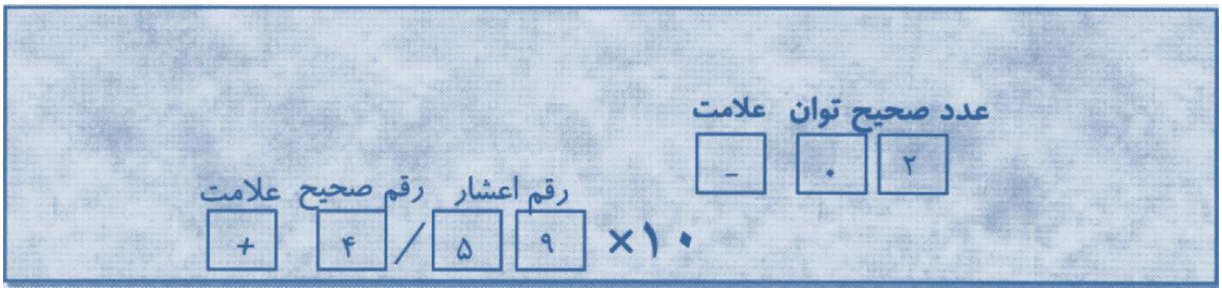
د)

«مسئله‌های کوتاه»

پاسخ غلط در این قسمت نمره منفی ندارد. در این مسئله‌ها باید پاسخ را به‌صورت نماد علمی وارد پاسخ‌نامه کنید. در نماد علمی عدد به شکل $\pm a \times ۱۰^{n}$ نوشته می‌شود که n عددی صحیح است و $۱ \le a < ۱۰$.

ابتدا مسئله را حل کنید و پاسخ را برحسب واحد خواسته‌شده (مثلاً ثانیه، درجه، کیلو پارسک و ...) به دست آورید؛ سپس آن را به شکل نماد علمی بنویسید و عدد a را تا دو رقم اعشار گرد کنید. بدیهی است، اگر در صورت سؤال پاسخ تا یک رقم خواسته‌شده باشد، رقم دو اعشار صفر خواهد بود. در نهایت، آن را به روشی که در شکل توضیح داده‌شده است وارد پاسخنامه کنید.

مثلاً فرض کنید که پاسخ مسئله، عدد ۰/۰۴۵۸۷ است. نماد علمی این عدد ۵۸۷×۱۰^{-۲} / ۴ است؛ بنابراین عدد پس از گرد شدن تا دو رقم اعشار، برابر ۵۹ / ۴ و عدد n، ۲− است. شما باید پاسخ خود را در پاسخنامه، در محلی که شکل آن در زیر آمده است وارد کنید. به‌این‌ترتیب که ابتدا علامت عدد ۵۹ / ۴، یعنی + را در اولین مربع سمت چپ بنویسید. سپس عدد ۵۹ / ۴ را در سه مربع مربوط به این عدد وارد کنید، رقم ۴ را در مربع اول و ارقام ۵ و ۹ را به ترتیب در مربع دوم و سوم. برای n، یعنی ۲−، سه مربع جداگانه وجود دارد. در اولین مربع سمت چپ، علامت ۲−، یعنی - را وارد کنید. در دو مربع دیگر، از چپ به راست به ترتیب رقم دهگان و یکان، یعنی ۰ و ۲ را بنویسید.



۱- حداقل فاصله‌ی خطی بین دو منبع فروسرخ در سحابی جبار چند واحد نجومی باشد تا با تلسکوپ رصدخانه‌ی ملی ایران با قطر آینه‌ی اصلی $۴۰m$ / ۳ قابل‌تفکیک باشند. فرض کنید دو منبع در طول‌موج $۲\mu m$ / ۲ تابش می‌کنند و فاصله‌ی سحابی جبار در حدود $۵۰۰pc$ است؟

۲- در یک کهکشان با انتقال‌به‌سرخ $z = ۰ / ۹۰$، یک ابرنواختر با انتقال‌به‌سرخ $z = ۰ / ۹۱$ دیده شده است. با فرض این‌که این انتقال‌به‌سرخ اضافی ابرنواختر ناشی از قرار گرفتن آن در نزدیکی سیاه‌چاله‌ی مرکز کهکشان است، فاصله‌ی این ابرنواختر از سیاه‌چاله برحسب شعاع شوارتزشیلد آن چقدر است؟ (از انتقال‌به‌سرخ ناشی از دوران ابرنواختر حول مرکز کهکشان صرف‌نظر کنید.)

۳- دو سیارک Ida و $Dactyl$ ساختاری دوتایی با دوره‌ی تناوب ۲۴ ساعت تشکیل داده‌اند. فرض کنید هر دو سیارک کروی هستند و شعاع آن‌ها به ترتیب $۷km$ / ۱۵ و $۵۰km$ / ۱ است. چگالی جرمی دو سیارک $۲۰ gr\,cm^{-۳}$ / ۶ است و این مجموعه در فاصله‌ی $۳Au$ از خورشید قرار دارد. فاصله‌ی دو سیارک از هم چند کیلومتر است؟

۴- می‌خواهیم از یک تلسکوپ نیوتنی ۵ اینچی بافاصله کانونی ۱۲۰۰ میلی‌متر برای رصد استفاده کنیم. حداکثر فاصله‌ی کانونی چشمی چند میلی‌متر باشد، تا تمامی نور خروجی از آن وارد چشم رصدگر شود؟ (قطر مردمک چشم را ۶ میلی‌متر در نظر بگیرید.)

۵- قرص کهکشان راه شیری تا مدار خورشید را کاملاً تخت در نظر بگیرید و فرض کنید قیر و سایر تجهیزات لازم برای آسفالت کردن آن موجود است. اگر ضخامت آسفالت ۱۰ سانتی‌متر و سهم حجمی قیر در آسفالت ۲۰٪ باشد، حجم قیر چند برابر حجم خورشید است؟

۶- با استفاده از لامپ‌های التهابی ۱۰۰ واتی منبع نوری بر روی سطح زمین روشن می‌کنیم، به‌طوری‌که روشنایی آن از دید ناظر روی ماه به‌اندازه‌ی ماه شب بدر از دید ناظر زمینی است. چند عدد لامپ لازم است؟ (فرض کنید بازده لامپ‌های التهابی در ناحیه‌ی مرئی ۵ درصد است.)

۷- رصدگری با استفاده از تلسکوپ ۱۰ اینچ دابسونی با نسبت کانونی ۵ در حال مشاهده سیاره مریخ است. اگر حداکثر مدت‌زمان عبور سیاره از دو سر میدان دید چشمی تلسکوپ ۱۷۰ ثانیه باشد، فاصله‌ی کانونی چشمی تلسکوپ چند میلی‌متر است؟ (فرض کنید مریخ روی استوای سماوی و میدان دید ظاهری چشمی $FOV = ۴۵^{\circ}$ است.)

کلید سؤالات

۱ ■	۲۱ ■	۴۱ ■
۲ ■	۲۲ ■	۴۲ ■
۳ ■	۲۳ ■	۴۳ ■
۴ ■	۲۴ ■	۴۴ ■
۵ ■	۲۵ ■	۴۵ ■
۶ ■	۲۶ ■	۴۶ ■
۷ ■	۲۷ ■	۴۷ ■
۸ ■	۲۸ ■	۴۸ ■
۹ ■	۲۹ ■	۴۹ ■
۱۰ ■	۳۰ ■	۵۰ ■
۱۱ ■	۳۱ ■	۵۱ ■
۱۲ ■	۳۲ ■	۵۲ ■
۱۳ ■	۳۳ ■	۵۳ ■
۱۴ ■	۳۴ ■	۵۴ ■
۱۵ ■	۳۵ ■	۵۵ ■
۱۶ ■	۳۶ ■	۵۶ ■
۱۷ ■	۳۷ ■	۵۷ ■
۱۸ ■	۳۸ ■	۵۸ ■
۱۹ ■	۳۹ ■	۵۹ ■
۲۰ ■	۴۰ ■	۶۰ ■

- سؤال ۲۱ طبق مصوبه‌ی کمیته‌ی علمی وقت باشگاه دانش‌پژوهان جوان حذف شد.

سؤالات تشریحی

۱- ۸۱ واحد نجومی

۲- ۱۹۰

۳- ۱۰۸ کیلومتر

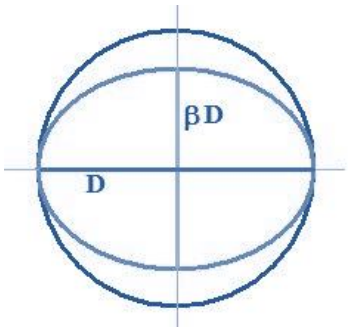
۴- ۵۶/۷ کیلومتر

۵- $۳/۱\times۱۰^{۱۲}$

۶- $۲/۱۶\times۱۰^{۱۵}$

۷- ۲۰ میلیمتر

۱- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.



محیط دایره‌ای به قطر D برابر است با $l = \pi D$؛ درنتیجه سرعت متوسط ستاره‌ای که در مدار دایروی به دور ستاره می‌گردد، داریم: $v_1 = \frac{l}{T} = \frac{\pi D}{T}$. اما در مورد مدار بیضوی، می‌دانیم که نمی‌توان محیط بیضی را اندازه‌گیری کرد. اما همان‌طور که در شکل هم مشخص است، محیط بیضی از محیط دایره هم‌قطرش کم‌تر است. از سوی دیگر، چون نیم قطر بزرگ هر دو مدار یکسان است، دوره تناوب گردش دوستاره نیز برابر است.

بنابراین در ستاره دوم داریم: $l' < l \;\; ; \;\; v_2 = \frac{l'}{T} \Rightarrow v_2 < v_1$

۲- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

طبق قانون کپلر در مدارهای بیضوی می‌دانیم $P^2 = a^3$ به‌طوری‌که P دوره تناوب و a نیم محور بزرگ بیضی باشد، چون نیم محور بزرگ دو مدار مساوی است، پس دوره تناوب آن‌ها نیز مساوی خواهد بود. پس اگر با یکدیگر فاصله‌ای داشته باشند هرگز نمی‌توانند با یکدیگر برخورد کنند. چراکه این رخداد مستلزم این است که یکی از سیاره‌ها از دیگری جلو بیفتد.

۳- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

رابطه‌ی سرعت فرار $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ است. از طرفی طبق داده‌های صورت سؤال می‌دانیم؛ $\frac{M_J}{M_\oplus} = 318 \; ; \; \frac{R_J}{R_\oplus} = 11/2 \; ; \; v_\oplus = 11/2 \, km.s^{-1}$

حال با نوشتن نسبت سرعت‌های فرار داریم:

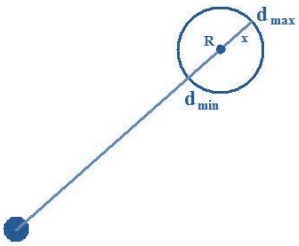
$$\frac{v_J}{v_\oplus} = \sqrt{\frac{M_J}{M_\oplus} \times \frac{R_\oplus}{R_J}} \Rightarrow v_J = 59/67 \, km/s$$

و ازآنجاکه سرعت خطی نقطه‌ای روی استوای مشتری برابر ۱۲/۶ کیلومتر بر ثانیه است؛ برای پرتاب جسم به‌اندازه‌ی همین سرعت از دوران وضعی سیاره کمک می‌گیریم. بنابراین داریم: $v_J = 59/7 - 12/6 = 47/1 \, km/s$

۴- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

در روز ۱ فروردین، خورشید روی استوای سماوی است و بنابراین میل آن صفر است. زاویه استوای سماوی با افق برابر با متمم عرض جغرافیایی است، درنتیجه: $\psi = 90 - \varphi = 90 - 35/7^\circ = 54/3^\circ$

۵- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.



دوره تغییرات بسیار کم‌تر از آن است که جابجایی زمین به دور خورشید یا حرکت منظومه شمسی را عامل اصلی این تغییر فاصله بدانیم. برای حل این مسئله، زمین را ثابت در نظر می‌گیریم و فرض می‌کنیم ستاره موردنظر در مداری دایروی با دوره تناوب ۱ روز به دور مرکز جرم خود می‌گردد. بنابراین، R فاصله زمین تا مرکز جرم این ستاره

است و اگر شعاع دوران این ستاره را x در نظر بگیریم، داریم؛ $d_{\min} = R - x ; d_{\max} = R + x$ درنتیجه و با توجه به $۲\pi x = c.T$؛ بعد از جایگذاری خواهیم داشت:

$$d_{\min} = R - \frac{c.T}{۲\pi} \; ; \; d_{\max} = R + \frac{c.T}{۲\pi} \Rightarrow \frac{d_{\min}}{d_{\max}} = \frac{R - \frac{c.T}{۲\pi}}{R + \frac{c.T}{۲\pi}}$$

حال، تغییر قدر ستاره را بررسی می‌کنیم. توجه داشته باشید که قدر بیشینه به ازای روشنایی کمینه و قدر کمینه به ازای روشنایی بیشینه به دست می‌آید:

$$m_{\min} \leftrightarrow b_{\max} = \frac{L}{۴\pi d_{\min}^{۲}} \quad ; \quad m_{\max} \leftrightarrow b_{\min} = \frac{L}{۴\pi d_{\max}^{۲}} \quad ; \quad m_{\max} - m_{\min} = -۲/۵ \log \frac{b_{\min}}{b_{\max}}$$

$$\Rightarrow \Delta m = -۲/۵ \log \frac{d_{min}^{۲}}{d_{max}^{۲}} = -۵ \log \frac{d_{min}}{d_{max}} = ۱ \quad \Rightarrow \quad \frac{d_{\min}}{d_{\max}} = ۱۰^{-۰/۲}$$

از طرفی در قبل داشتیم: $\frac{d_{min}}{d_{max}} = \frac{R - \frac{c.T}{۲\pi}}{R + \frac{c.T}{۲\pi}}$ پس می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{d_{\min}}{d_{\max}} = \frac{R - ۴/۱۲ \times ۱۰^{۹} km}{R + ۴/۱۲ \times ۱۰^{۹} km} = ۰/۶۳۱ \Rightarrow R = ۱/۸۲ \times ۱۰^{۱۰} km = \frac{۱/۸۲ \times ۱۰^{۱۰} km}{۹/۴۶ \times ۱۰^{۱۲} \frac{km}{ly}} = ۱/۹ \times ۱۰^{-۳} ly$$

اما ازآنجاکه مسئله بیشترین مقدار R را درخواست کرده، باید مسیر حرکت ستاره را باید خطی صاف در نظر بگیریم. در این صورت خواهیم داشت:

$$۴x = c.T \Rightarrow x = \frac{c.T}{۴} = \frac{\pi}{۲} \times \frac{c.T}{۲\pi} \Rightarrow R = \frac{\pi}{۲} \times ۱/۹ \times ۱۰^{-۳} ly = ۳ \times ۱۰^{-۳} ly$$

۶- ماخ **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

سیاره زهره در جهت عقربه‌های ساعت به دور خود می‌چرخد که این خلاف باقی سیارات است که به‌صورت پادساعت‌گرد می‌چرخند.

۷- ماخ **گزینه ج پاسخ صحیح است.**

بخشی از مدار دایرةالبروج که در تصویر مشخص‌شده است؛ بخشی از مسیرش را از میان صورت فلکی مارافسای می‌گذرد.

۸- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

ماه نجومی با ۲۷/۳۲ روز، مدت‌زمان گردش یک دور ماه به دور زمین است. ماه هلالی با ۲۹/۵۳ روز، مدت‌زمان دیده شدن دو هلال یکسان است. ماه گرهی با ۲۷/۲۱ روز، مدت‌زمان بین دو عبور متوالی کره ماه از یکی از گره‌ها است و ماه آنومالی با ۲۷/۵۵ روز به مدت‌زمان بین دو عبور متوالی کره ماه از حضیض مدارش گفته می‌شود.

۹- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

زحل در تاریخ ۱ تیر ۱۳۸۸ به شکل روبرو دیده می‌شد. این در حالی است که اوایل پاییز ۱۳۸۸، زحل به‌اعتدال مداری خود رسید و ما می‌توانستیم حلقه‌های زحل را دقیقاً از لبه ببینیم. بنابراین ۲ ماه مانده به این حالت، حلقه‌های زحل با زاویه‌ای بسیار اندک دیده می‌شد. تصویر روبرو در تاریخ موردنظر و از نرم‌افزار starry night استخراج‌شده است.

۱۰- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

ارتفاع خورشید در ۱ دی را در عرض ۸۲ درجه شمالی به دست می‌آوریم. در ۱ دی که همان انقلاب زمستانی است، میل خورشید ۲۳/۵- درجه است، و در هنگام عبور بالایی، ارتفاع آن از رابطه‌ی مقابل به دست می‌آید: $a_{\odot} = +۸^{\circ} - ۲۳/۵^{\circ} = -۱۵/۵^{\circ}$؛ که مطابق صورت سؤال، ارتفاع ۱۵/۵- درجه برای خورشید، در محدوده‌ی تاریک‌روشن نجومی است.

۱۱- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

این مسئله، مشابه یکی از مسائل مرحله دوم پنجمین دوره المپیاد نجوم در اردیبهشت ۱۳۸۸ است. فرض می‌کنیم ماده تاریک وجود ندارد، جرم به‌طور یکنواخت توزیع‌شده، نسبت جرم به درخشندگی و نسبت درخشندگی به سطح مقداری ثابت است. می‌توان رابطه‌ای بین روشنایی و بیشترین سرعت حرکت ستارگان را به دست آورد. بیشترین سرعت حرکت ستارگان در کهکشان، مربوط به ستارگانی است که در لبه کهکشان قرار دارند و تحت تأثیر کل جرم کهکشان می‌چرخند. با استفاده از قوانین مکانیک نیوتنی داریم: $\frac{GM_G m}{R^2} = m\frac{v_{\max}^2}{R} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{GM_G}{R}}$ و از طرف دیگر می‌دانیم: $\frac{L}{S} = cte \Rightarrow L = cte.S$ ؛ $\frac{M}{L} = cte \Rightarrow M = cte.L$؛ با توجه به شکل ظاهری کهکشان مارپیچی، مساحت کهکشان با مجذور شعاع متناسب است. بنابراین می‌توان از رابطه‌ی دوم نوشت: $L = cte.R^2 \Rightarrow R = cte\sqrt{L}$ حال با جایگذاری مقادیر به‌دست‌آمده در رابطه‌ی سرعت چرخش کهکشان‌ها، خواهیم داشت:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{GM_G}{R}} = \sqrt{\frac{GLcte}{cte\sqrt{L}}} = cteL^{\frac{1}{4}} \Rightarrow v_{\max} \propto L^{\frac{1}{4}}$$

حال با جایگذاری مقادیر ارائه‌شده در مسئله‌داریم:

$$\frac{v_{\max B}}{v_{\max A}} = \frac{L_B^{\frac{1}{4}}}{L_A^{\frac{1}{4}}} = \left(\frac{L_B}{L_A}\right)^{\frac{1}{4}} \rightarrow \frac{v_{\max B}}{v_{\max A}} = \left(\frac{1}{81}\right)^{\frac{1}{4}} = \frac{1}{3} = 0/33$$

۱۲- گزینه ج پاسخ صحیح است.

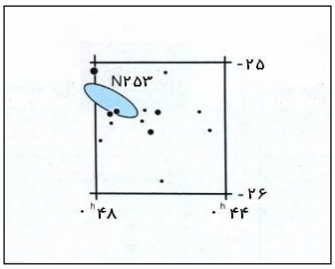
۱۳- گزینه هـ پاسخ صحیح است.

بزرگنمایی $M = \frac{f_o}{f_e} \Rightarrow M = \frac{۲۵۰۰}{۲۶} = ۹۶ / ۱۵$ است. از طرف دیگر؛ ($\frac{\text{میدان دید ظاهری}}{\text{بزرگ‌نمایی}}$ = میدان دید واقعی). پس از جایگذاری خواهیم داشت؛

$$FOV = \frac{۴۵^\circ}{۹۶ / ۱۵} = ۰ / ۵۲^\circ$$

۱۴- گزینه الف پاسخ صحیح است.

کهکشان حجار NGC ۲۵۳.



۱۵- گزینه هـ پاسخ صحیح است.

هرچه نسبت کانونی شیئی تلسکوپ کمتر باشد، آن تلسکوپ میدان دید بازتری دارد. مشابه سؤال ۱۳ میدان دید واقعی را در هر گزینه حساب می‌کنیم:

الف) $FOV = \frac{۷۲^\circ}{\frac{۶ / ۳ \times ۱۶ \times ۲۵ / ۴mm}{۴۰mm}} = ۱.۱^\circ$

ب) $FOV = \frac{۵۰^\circ}{\frac{۲۵۴۰mm}{۲۶mm}} = ۰ / ۵^\circ$

ج) $FOV = \frac{۵۰^\circ}{\frac{۶۲۵mm}{۱۰mm}} = ۰ / ۸^\circ$

د) $FOV = \frac{۷۲^\circ}{\frac{۸ \times ۸ \times ۲۵ / ۴mm}{۳۲mm}} = ۱ / ۴^\circ$

هـ) $FOV = \frac{۵۰^\circ}{\frac{۵ \times ۱۲ \times ۱۰mm}{۲۵mm}} = ۲ / ۱^\circ$

مشخص است که مورد هـ تمام خوشه پروین را در میدان دید جا می‌دهد.

۱۶- گزینه ب پاسخ صحیح است.

عرض دایرةالبروجی تقریبی سماک اعزل و قلب‌الاسد صفر است.

۱۷- ماخ گزینه و پاسخ صحیح است.

موقعیت ناظر روی زمین، تأثیر چندانی روی موقعیت و روشنایی سیاره عطارد ندارد. بنابراین از دید ناظر زمین مرکزی مسئله را حل می‌کنیم. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، فاصله عطارد و خورشید از زمین به یک اندازه است، پس مثلث MES مثلثی متساوی‌الساقین است. می‌توانیم زاویه M را به دست آوریم:

$$\left.\begin{array}{l}\angle M+\angle S+\angle E=۱۸۰^\circ \\ \angle M=\angle S \quad ,\ \angle E=۲۰^\circ\end{array}\right\}\rightarrow \angle M=۸۰^\circ$$

زاویه خط واصل خورشید-عطارد با خط واصل زمین-عطارد ۸۰ درجه است، پس با توجه به رابطه فاز برای این زاویه، می‌توانیم درصد روشنایی عطارد را حساب کنیم: $\text{فاز}=\frac{۱+\cos ۸۰^\circ}{۲}=۰/۵۹=۵۹\%$

۱۸- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

ابتدا باید کل انرژی مصرفی در خورشید در هر ثانیه را حساب کنیم؛ $L=۴\pi r^۲\sigma T^۴=۳/۸۵\times ۱۰^{۲۶}\,W$ و مطابق صورت سؤال هر واکنش به‌اندازه‌ی $\frac{W}{eV}$ $۱/۶\times ۱۰^{-۱۶}eV\times ۱۴/۱\times ۱۰^۶$ از تقسیم این دو مقدار بر یکدیگر، تعداد واکنش‌ها را بدست‌آوریم؛ $n=۱/۷\times ۱۰^{۳۹}$

۱۹- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

۲۰- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

۲۱- ماخ گزینه و پاسخ صحیح است. (این سؤال طبق مصوبه‌ی کمیته‌ی علمی وقت باشگاه دانش‌پژوهان جوان حذف شد.)

انرژی مدار این دو جسم را در فاصله بی‌نهایت در نظر بگیرید. انرژی مکانیکی این دو جرم برابر حاصل جمع انرژی پتانسیل گرانشی و انرژی جنبشی است. از آن‌که در فاصله بی‌نهایت از یکدیگر قرار دارند، انرژی پتانسیل گرانشی تقریباً صفر است؛ اما طبق فرض مسئله، این دو جسم در فاصله

بی‌نهایت از یکدیگر در حال حرکت هستند، بنابراین انرژی جنبشی آن‌ها مقادیری غیر صفر است. پس انرژی مدار این دو جسم، مقداری مثبت است و این، نشان‌دهنده مداری هذلولی است.

۲۲- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

$$\cos((۱۴^h۱۵^m۳۹/۷^s)-(۱۳^h۲۵^m۱۱/۶^s))=\cos(۰۰^h۵۰^m۲۸/۱^s)=\cos(۱۲/۵^\circ)$$

$$\cos x=\cos(۹۰-۱۹^\circ۱۰'۵۷'')\cos(۹۰+۱۱^\circ۰۹'۴۱'')+\sin(۹۰-۱۹^\circ۱۰'۵۷'')\sin(۹۰+۱۱^\circ۰۹'۴۱'')\cos(۱۲/۵)$$

$$\cos x=\cos(۷۱^\circ)\cos(۱۰۱^\circ)+\sin(۷۱^\circ)\sin(۱۰۱^\circ)\cos(۱۲/۵^\circ)=۰/۸۴۴ \quad \Rightarrow \quad x\approx ۳۲^\circ$$

۲۳- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

می‌دانیم مقدار انرژی که از یک مترمربع از سطح یک جسم سیاه تابش می‌شود برابر است با $F=\sigma T^۴$. بنابراین، مقدار انرژی که از سطح یک جسم سیاه تابش می‌شود برابر است با $L=F.S=\sigma T^۴S$، دمای بدن انسان هم ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است که باید به کلوین تبدیل کنیم؛ از طرفی می‌توانیم، بدن انسان را استوانه‌ای به ارتفاع تقریبی ۱/۵ متر و قطر ۰/۵ در نظر می‌گیریم؛ لذا داریم:

$$L=(\pi(\frac{۰/۵}{۲})^۲\times ۱/۵m^۲)(۵/۶۷\times ۱۰^{-۸}\frac{W}{m^۲K^۴})(۲۷۳+۴۰)^۴\sim ۱۰^۳W$$

۲۴- ماخ گزینه و پاسخ صحیح است.

در این عرض جغرافیایی، پایین‌ترین میل قابل‌مشاهده برابر است با: $\delta_{min}=\varphi-۹۰^\circ=-۵۲/۵^\circ$؛ بنابراین ستاره آلفا-قنطورس دیده نخواهد شد. بعد از منظومه آلفا قنطورس، ستاره‌ی بارنارد نزدیک‌ترین ستاره به زمین است و ازآنجاکه این ستاره در نیم‌کره‌ی شمالی آسمان واقع است، در عرض جغرافیایی ۳۷/۵ درجه‌ی شمالی نیز دیده می‌شود.

۲۵- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

ابتدا فاصله‌ی این جسم را برحسب واحد نجومی به دست می‌آوریم:

$$a=۱/۳۵\times ۱۰^{۱۲}m=\frac{۱/۳۵\times ۱۰^{۱۲}m}{۱/۵۰\times ۱۰^{۱۱}\frac{m}{Au}}=۹Au$$

مشخص است که این سیاره، نسبت به زمین سیاره‌ای خارجی است. حال با استفاده از قانون سوم کپلر $P^۲=a^۳$، دوره تناوب این سیاره را $P=\sqrt{۹^۳}=۲۷year$ به دست می‌آوریم. حال با توجه به اینکه سیاره هم‌جهت با زمین به دور خورشید می‌چرخد، دوره تناوب هلالی آن را برآورد می‌کنیم:

$$\frac{۱}{T_s}=\frac{۱}{T_\odot}-\frac{۱}{P}=۱-\frac{۱}{۲۷} \quad \Rightarrow \quad T_s=\frac{۲۷}{۲۶}year=۳۷۹/۳day$$

بنابراین، زمان مقابله بامداد ۱۵ بهمن ۱۳۸۹ خواهد بود.

۲۶- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

در محاسبات، ستاره‌ی شماره‌ی ۱ را به زمین نزدیک‌تر در نظر می‌گیریم؛ $d_1 = \frac{1}{\theta''} = \frac{1}{2''} = 0/5 \text{ pc}$. حال با نوشتن نسبت روشنایی‌ها، مقدار مطلوب را به دست می‌آوریم:

$$\frac{b_2}{b_1} = 0/4 \Rightarrow \frac{\frac{L}{4\pi R_2^2}}{\frac{L}{4\pi R_1^2}} = 0/4 \Rightarrow \frac{L4\pi R_2^2}{L4\pi R_1^2} = 0/4 \Rightarrow \frac{R_2^2}{R_1^2} = 0/4 \Rightarrow \frac{0/5^2}{R_1^2} = 0/4 \Rightarrow R_1 = 0/8 \text{ pc}$$

۲۷- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.

با توجه به روابط مثلثاتی بین ارتفاع میله و طول سایه، ارتفاع خورشید ۲۹ درجه به دست می‌آید. اما سمت خورشید می‌تواند صفر (در نیم‌کره جنوبی) یا ۱۸۰ (در نیم‌کره شمالی باشد). می‌دانیم در انقلاب زمستانی، میل خورشید ۲۳/۵- درجه است. اگر خورشید را در جنوب سمت‌الرأس و سمت ۱۸۰ در نظر بگیریم، ارتفاع استوای سماوی ۵۳/۵ درجه می‌شود که به دنبال آن خواهیم داشت: $90 - \varphi = 53/5 \Rightarrow \varphi = 36/5$ و اگر خورشید را در شمال سمت‌الرأس و با سمت صفر در نظر بگیریم، عرض جغرافیایی ۸۳/۵ جنوبی خواهد بود.

۲۸- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

زاویه ساعتی این ستاره را در هنگام طلوع از رابطه‌ی $\cos H = \tan\delta . \tan\varphi$؛ به دست می‌آوریم:

$$H_A = 85/5^\circ = 5^h42^m ; H_B = 102/4^\circ = 6^h50^m$$

حواسمان باشد که برای ناظر نیم‌کره شمالی، این ستاره جنوبی‌تر از استوای سماوی است و درنتیجه زاویه ساعتی آن کمتر از ۶ ساعت خواهد بود؛ برای ناظر جنوبی نیز این ستاره از استوای سماوی به قطب جنوب سماوی نزدیک‌تر است و بنابراین، زاویه ساعتی بیشتر از ۶ ساعت دارد. طبق فرض مسئله، این ستاره برای این دو ناظر هم‌زمان در حال عبور است. اگر این عبور را عبور بالایی در نظر بگیریم، برای ناظر شمالی؛ $18/3 = 18:00 = 42:5 - 24$؛ و برای ناظر جنوبی، $17/16 = 17:10 = 50:6 - 24$ طول می‌کشد تا این ستاره دوباره طلوع کند. پس ناظر جنوبی زودتر می‌تواند طلوع این ستاره را ببیند.

۲۹- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.

در ستارگان رشته اصلی می‌دانیم که درخشندگی با توان ۳/۵ جرم رابطه مستقیم دارد. درخشندگی بولومتریک این ستاره را با خورشید مقایسه کنیم. داریم:

$$\frac{L}{L_\odot} = (\frac{M}{M_\odot})^{3/5} \Rightarrow \frac{L}{L_\odot} = (\frac{2/8 M_\odot}{M_\odot})^{3/5} = (2/8)^{3/5} = 36/73$$

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \Rightarrow \frac{L}{L_\odot} = (\frac{R}{R_\odot})^2 \times (\frac{T}{T_\odot})^4 \Rightarrow 36/73 = (\frac{R}{R_\odot})^2 (\frac{9500}{5790})^4 \Rightarrow \frac{R}{R_\odot} = 2/25 \approx 2/3$$

۳۰- گزینه و پاسخ صحیح است.

تعداد صور فلکی آسمان ۸۸ عدد است. اما صورت فلکی مار در دو سوی صورت فلکی مارافسای واقع‌شده و بنابراین، ۲ مرزبندی دارد. بدین ترتیب، تعداد مرزبندی‌ها ۸۹ عدد است.

۳۱- گزینه ج پاسخ صحیح است.

انرژی مدار، $E = \frac{۱}{۲}mv^۲ - \frac{GMm}{a}$ است، جمله‌ی اول که همیشه مثبت است اما هرچه نیم‌قطر بزرگ مدار بزرگ‌تر باشد، جمله‌ی دوم کوچک‌تر شده و انرژی مدار هم بیشتر می‌شود. بنابراین انرژی مدار ۳ بیشترین است. از سوی دیگر، در نقطه مشترک p، فاصله هر ۳ مدار از کانون یکسان است. بنابراین هرچه سرعت جسم در مدار بیشتر باشد، تکانه زاویه‌ای آن مدار هم بیشتر است. واضح است که سرعت جسم در مدار ۳ در نقطه p از دیگر مدارها بیشتر است، چراکه به اوج دورتری می‌تواند برسد. بنابراین، تکانه زاویه‌ای مدار ۳ هم بیشترین است. پس مدار ۳ هم دارای بیشترین انرژی مدار و بیشترین تکانه زاویه‌ای است.

۳۲- گزینه د پاسخ صحیح است.

هِیل ثابت کرد که بعد از چرخه ۱۱ ساله قطبیت مغناطیسی لکه‌های خورشیدی تغییر می‌کند و این تغییر مرتبط با عکس شدن میدان مغناطیسی خورشید است.

۳۳- گزینه الف پاسخ صحیح است.

یک حالت خاص برای این برخورد کافی است، وقتی دو جسم روی خط صاف به سمت یکدیگر حرکت می‌کنند و درنهایت سربه‌سر برخورد می‌کنند. می‌توان این خط را یک بیضی بسیار کشیده با خروج از مرکز ۱ در نظر گرفت.

۳۴- گزینه هـ پاسخ صحیح است.

شرط پایستار بودن نیرو، صفر بودن مشتق برداری یا کِرل جسم است:

$$\vec{\nabla} \times \vec{F} = ۰ \Rightarrow \frac{\partial(-cx^۲)}{\partial x} = \frac{\partial(-xy)}{\partial y} \Rightarrow -۲cx = -x \Rightarrow x(۱-۲c) = ۰ \Rightarrow ۱-۲c = ۰ \Rightarrow c = \frac{۱}{۲}$$

۳۵- ماخ گزینه و پاسخ صحیح است.

مرکز این تصویر، نقطه اعتدال بهاری را که در مرز صور فلکی دلو و حوت واقع است، نشان می‌دهد. میل این نقطه صفر است و ازآنجاکه در سرسوی ناظر قرار دارد، پس ناظر در استوا یا فاصله نزدیکی با آن قرار دارد. ازآنجاکه ۳ ساعت از غروب خورشید گذشته، پس بُعد خورشید حدود ۹ ساعت از بُعد این منطقه (صفر) کمتر است؛ بنابراین بُعد خورشید حدود ۱۵ ساعت است که متناظر با فصل پاییز است.

۳۶- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

ابرنواخترهای نوع Ia به دلیل درخشندگی بسیار زیاد، از فواصل بسیار دور قابل‌مشاهده هستند و به همین دلیل، از آن‌ها برای بررسی تغییرات ثابت هابل درگذشته استفاده شد. این بررسی نشان داد جهان با شتاب تند شونده در حال انبساط است.

۳۷- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

منظریاب تلسکوپ تصویر را برعکس نمایش می‌دهد، اما تصویر تلسکوپ اشمیت-کاسگرین که یک تلسکوپ بازتابی است، هم برعکس و هم وارون جانبی است؛ بنابراین منظره خوشه پروین از پشت چشمی تلسکوپ، وارون جانبی تصویر منظریاب است.

«مسئله‌های کوتاه»

۱- پاسخ: ۸۱ واحد نجومی

جدایی زاویه‌ای این دو منبع باید بزرگ‌تر یا مساوی توان تفکیک تلسکوپ رصدخانه ملی ایران باشد. با توجه به اطلاعات داده‌شده و از برابر نهی رابطه‌ی $\alpha_{rad} = \tan\alpha = \frac{x}{d}$ برای جدایی زاویه‌ای و $\theta_{diff}^{rad} = ۱/۲۲\frac{\lambda}{D}$ برای توان تفکیک داریم:

$$\frac{x}{d} = ۱/۲۲\frac{\lambda}{D} \Rightarrow x = ۱/۲۲\frac{۲/۲\times۱۰^{-۶}\,m \times ۵۰۰ \times ۳/۰۹\times۱۰^{۱۶}\,m}{۳/۴۰m} = ۱/۲۲\times۱۰^{۱۳}\,m$$

و برای تبدیل فاصله به واحد نجومی داریم:

$$x = ۱/۲۲\times۱۰^{۱۳}\,m = \frac{۱/۲۲\times۱۰^{۱۳}\,m}{۱/۵۰\times۱۰^{۱۱}\frac{m}{Au}} = ۸۱/۳\,Au$$

۲- پاسخ: ۱۹۰

با توجه به توضیحات مسئله و این‌که قرمزگرایی نهایی ابرنواختر بیشتر از قرمزگرایی دوپلری کهکشان است، بایستی گرانش سیاهچاله مرکزی باعث قرمز گرایی اضافی شده باشد. حل مسئله با استفاده از روابط نسبیتی چنین است:

$$۱+z_{\text{final}} = (۱+z_{\text{d}})\times(۱+z_G) \Rightarrow ۱+۰/۹۱ = (۱+۰/۹)\times(۱+z_G) \Rightarrow z_G = ۵/۲۶\times۱۰^{-۳}$$

می‌دانیم شعاع شوارتزشیلد برابر است با $R_{\text{sch}} = \frac{۲GM}{c^۲}$ و همچنین $۱+z_G = \frac{۱}{۱-\frac{\Delta\Omega}{c^۲}}$؛ نتیجه می‌گیریم $R_{\text{sch}} = z\times r$. پس می‌توان به‌راحتی نسبت موردنظر را به دست آورد: $\frac{r}{R_{\text{sch}}} = ۱۹۰ = ۱/۹۰\times۱۰^۲$

۳- پاسخ: ۱۰۸ کیلومتر

با داشتن چگالی و شعاع هر سیارک که کروی است ابتدا جرم هریک به دست می‌آوریم:

$$m_۱ = \rho V_۱ = ۶/۲\times\frac{۴}{۳}\pi r_۱^۳ \approx ۱۰^{۲۰}\,kg \quad ; \quad m_۲ = \rho V_۲ = ۶/۲\times\frac{۴}{۳}\pi r_۲^۳ \approx ۸/۸\times۱۰^{۱۶}\,kg$$

حال از قانون سوم کپلر داریم:

$$P^۲ = \frac{۴\pi}{G(m_۱+m_۲)}a^۳ \Rightarrow a = \sqrt[۳]{\frac{P^۲G(m_۱+m_۲)}{۴\pi}}$$

با جایگذاری P مقدار a برابر ۵۴ کیلومتر به دست می‌آید؛ برای محاسبه‌ی قطر اطول این مقدار را دو برابر می‌کنیم؛ برابر ۱۰۸ کیلومتر.

۴- ماخ پاسخ: ۵۶/۷ میلی‌متر

برای این‌که تمام نور خروجی از عدسیِ چشمی وارد چشم شود، قطر مردمک خروجی تلسکوپ (D_{ep}) بایستی حداکثر مساوی با قطر مردمک چشم باشد. با استفاده از (نسبت کانونی = $\frac{f_o}{D_t}$)؛ و اینکه ($D_{ep} = \frac{f_e}{\text{نسبت کانونی}}$)؛ داریم:

$$D_{ep} = \frac{f_e}{\frac{f_o}{D_t}} \Rightarrow f_e = \frac{D_{ep} \times f_o}{D_t} = \frac{۶\,mm \times ۱۲۰۰\,mm}{۱۲۷\,mm} = ۵۶/۷ = ۵/۶۷ \times ۱۰^{۱}\,mm$$

۵- ماخ پاسخ: $۳/۱ \times ۱۰^{۱۲}$

طبق فرض، مساحت موردنظر، دایره‌ای به شعاع ۲۷ هزار سال نوری است. با توجه به ضخامت ۱۰ سانتی‌متری آسفالت داریم:

$$V_{\text{قیر}} = \%۲۰ \times \pi R^{۲} t = ۰/۲\pi(۲۷۰۰۰ \times ۹/۴۶ \times ۱۰^{۱۵} m)^{۲} \times (۰/۱m) = ۴/۱ \times ۱۰^{۳۹}\,m^{۳}$$

حجم خورشید هم برابر است با:

$$V_{\text{خورشید}} = \frac{۴}{۳}\pi R^{۳} = \frac{۴}{۳}\pi(۶/۹۶ \times ۱۰^{۸} m)^{۳} = ۱/۴ \times ۱۰^{۲۷} m^{۳}$$

پاسخ مسئله هم از این قرار است:

$$\frac{V_{\text{قیر}}}{V_{\text{خورشید}}} = \frac{۴/۱ \times ۱۰^{۳۹} m^{۳}}{۱/۴ \times ۱۰^{۲۷} m^{۳}} = ۲/۹۳ \times ۱۰^{۱۲}$$

۶- ماخ پاسخ: $۱/۱۶ \times ۱۰^{۱۵}$

می‌توان جای ماه و زمین را عوض کرد، طوری که به نظر برسد با همان لامپ‌ها جوری ماه را پوشانده‌ایم که قدر ماه از روی زمین برابر قدر ماه بدر واقعی باشد. با در نظر گرفتن اینکه قدر ظاهری و ثابت خورشیدی را می‌دانیم:

$$m_{\odot} - m_{moon} = ۲/۵ \log(\frac{b_{\text{moon}}}{b_{\odot}}) \Rightarrow -۲۶/۸ - ۱۲/۷ = ۲/۵ \log(\frac{b_{moon}}{۱/۳۷ \times ۱۰^{۳}}) \Rightarrow b_{moon} = ۸/۸۱ \times ۱۰^{-۲۰} W$$

روشنایی ماه را برحسب لامپ می‌نویسیم:

$$b_{moon} = \frac{N \times L_{\text{لامپ}} \times \text{راندمان}}{۴\pi d^{۲}} \Rightarrow N = ۱/۱۶ \times ۱۰^{۱۵}$$

۷- ماخ پاسخ: ۲۰ میلیمتر

میدان دید واقعی چشمی را به دست می‌آوریم:

$$\text{نسبت کانونی} = \frac{f_o}{\text{گشودگی}} \Rightarrow f_o = ۵ \times ۱۰ \times ۲۵/۴mm = ۱۲۷۰mm$$

چون مریخ روی استوای سماوی است، پس می‌توان با نسبتی ساده، میدان دید واقعی چشمی را به دست آورد. می‌دانیم کره سماوی هر ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه یک‌بار دوران می‌کند، پس میدان دید واقعی چشمی برابر است با:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{۳۶۰۰\,\text{sec}}{۱۵^{\circ}} = \frac{۱۷۰\,\text{sec}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = ۰/۷۱^{\circ}$$

با استفاده از بزرگ‌نمایی داریم:

$$\text{میدان دید واقعی} = \frac{\text{میدان دید ظاهری}}{\text{بزرگ‌نمایی}} \Rightarrow \frac{f_o}{f_e} = \frac{۴۵^{\circ}}{۰/۷۱^{\circ}} \Rightarrow f_e = \frac{۱۲۷۰mm \times ۰/۷۱^{\circ}}{۴۵^{\circ}} = ۲۰/۰\,mm$$