جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات به همراه پاسخنامه تشریحی

مرحله اول

دهمین المپیاد نجوم و اخترفیزیک سال ۱۳۹۲

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
۳۵	–	۱۸۰

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 (الف) 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 شامل **۳۵ سؤال چهارگزینه‌ای** و وقت آن **۳ 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 زده شده درست باشد.
- پاسخنامه را تمیز نگه دارید 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 به اشتباه بی‌اندازد.
- به همراه داشتن تلفن همراه یا هر گونه وسیله‌ی ارتباطی دیگر مجاز نیست.
- نتایج این مرحله از آزمون المپیاد، اواخر اسفند ماه اعلام خواهد شد.
- پاسخنامه‌ی تشریحی این آزمون توسط **آتیلا پرو، امیر حسن‌زاده، کامبیز خالقی، احسان مهرجو، سید حسین هاشمی** تهیه شده است.

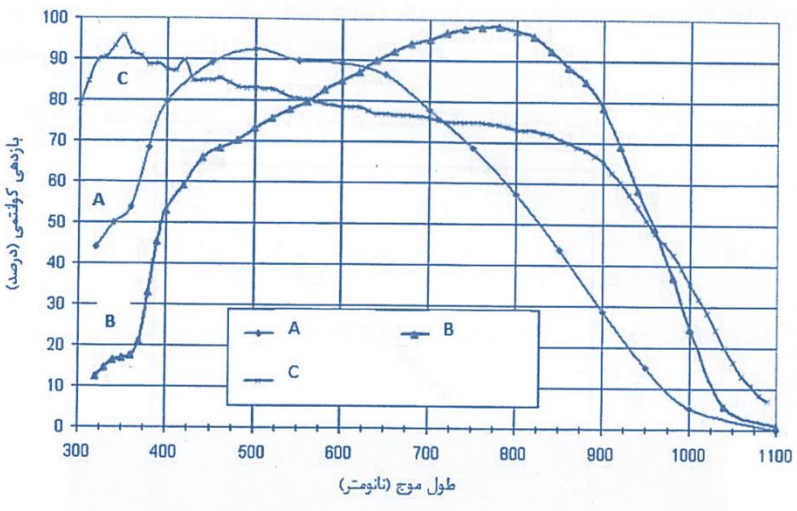
www.MAAKH.ir

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 بولتزمان	$Wm^{-۲}K^{-۴}$	$۵/۶۷\times۱۰^{-۸}$
k_B	ثابت بولتزمان	$JK^{-۱}$	$۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳}$
h	ثابت پلانک	Js	$۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}$
e	بار الکترون	C	$۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}$
c	سرعت نور	$ms^{-۱}$	$۳/۰۰\times۱۰^{۸}$
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	$۶/۹۶\times۱۰^{۸}$
$M_\odot$	جرم خورشید	kg	$۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}$
$R_\oplus$	شعاع زمین	m	$۶/۳۸\times۱۰^{۶}$
$M_\oplus$	جرم زمین	kg	$۵/۹۷\times۱۰^{۲۴}$
$L_\odot$	درخشندگی خورشید	W	$۳/۸۵\times۱۰^{۲۶}$
	قدر مطلق بولومتریک خورشید		$۴/۷۲$
$m_\odot$	قدر ظاهری خورشید		$-۲۶/۸$
$f_\odot$	ثابت خورشیدی	$Wm^{-۲}$	$۱/۳۷\times۱۰^{۳}$
$H_\circ$	ثابت هابل در حال حاضر	$Kms^{-۱}Mpc^{-۱}$	$۶۷/۸$

۱- در طیف‌نگـــارهـای امروزی از CCD برای ثبت طیف استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری پهنای خطوط جذبی کلسیم سه‌گانه (۸۶۶۲، ۸۵۴۲ و ۸۴۹۸ آنگستروم)، که منحنی بازدهی آن‌ها داده شده است، کدام یک از CCDهای زیر مناسب‌تر است؟



الف) A ب) B

ج) C د) هیچ‌کدام

۲- فرض کنید تلسکوپ فضایی هابل با توان تفکیک ۰/۱ (یک دهم) ثانیه قوسی در مدار دایره‌ای حول زمین می‌گردد. در صورتی‌که این تلسکوپ به سمت زمین نشانه رود قدرت تفکیک آن برای اجسام روی سطح زمین، بدون در نظر گرفتن اثر جو، به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟ این تلسکوپ دارای دوره دوران ۹۷ دقیقه حول زمین است. برای سایر مقادیر مورد نیاز به جدول ثابت‌ها مراجعه کنید.

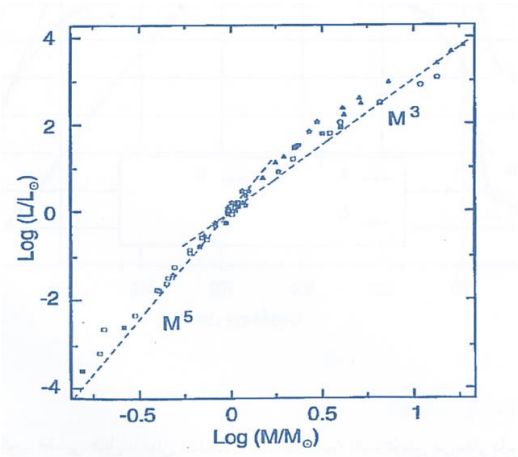
الف) ۱/۶ متر ب) ۱۶ متر ج) ۱۳ سانتی‌متر د) ۳۰ سانتی‌متر

۳- کدام یک از اجرام زیر در کم‌ترین فاصله از ما قرار دارند؟

الف) خوشه‌ی کهکشانی سنبله ب) خوشه‌ی کهکشانی گیسو

ج) کهکشان ابر ماژلانی بزرگ (LMC) د) کهکشان امراةالمسلسله (آندرومدا)

۴- با استفاده از نمودار زیر مشخص کنید که عمر یک ستاره به جرم ۰/۳ جرم خورشید به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟



الف) ۱۰۰۰ عمر خورشید

ب) ۱۰۰ عمر خورشید

ج) ۱۰ عمر خورشید

د) عمر خورشید

۵- فرض کنید به دلیل جذب میان ستاره‌ای، از هر 10^{12} فوتون ساطع شده از مرکز کـهکـشان راه‌شیری فقط یک فوتون قادر است به زمین برسد. حد قدری تلسکوپ فضایی هابل $m = 29$ است. حداقل قطر این تلسکوپ چند متر باید باشد تا بتوانیم به کمک آن ستاره‌ای مانند خورشید را در مرکز کهکشان رصد کنیم؟

الف) 10^{6} متر ب) 10^{4} متر ج) 10^{2} متر د) ۱ متر

۶- فرض کنید در لحظه‌ی تولد شخصی در کره‌ی زمین یک انفجار ابرنواختری بزرگ در نقطه‌ای از فضا رخ داده باشد. برآورد کنید که حداکثر فاصله‌ی این ابرنواختر از ما چقدر باشد تا این شخص قبل از مرگ خود موفق به دیدن این ابرنواختر شود؟

الف) ۹۰۰ پارسک ب) ۹۰ پارسک ج) ۱۸۰ پارسک د) ۳۰ پارسک

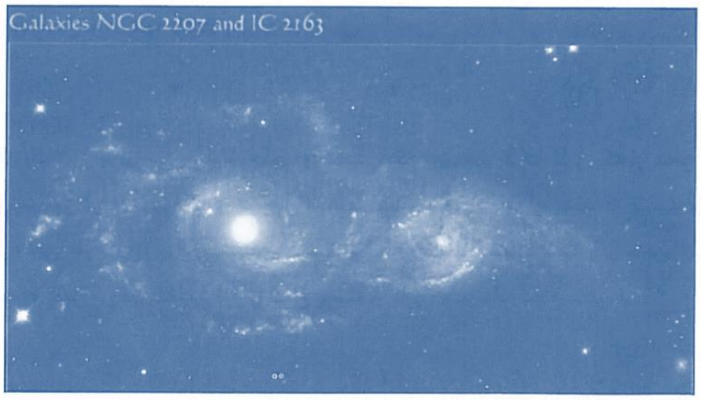
۷- گنبد یک رصدخانه در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه به شکلی است که فقط ستاره‌هایی که ارتفاع بیش از ۵۰ درجه دارند و سمتشان در بازه‌ی $[-25^\circ, 25^\circ]$ است را می‌تواند رصد کند. $P(\delta)$ احتمال رصد یک ستاره با میل δ در این رصدخانه است. بیشترین مقدارِ $P(\delta)$ چند درصد است؟

الف) ۵۰ ب) ۳۳ ج) ۲ د) ۲۴

۸- یک تلسکوپ ۳/۵ متری دارای نسبت کانونی آینه اصلی ۱/۵ متر است. نسبت کانونی در خروجی کاسگرین این تلسکوپ ۱۱ است. مقیاس تصویر این تلسکوپ در خروجی کاسگرین چند ثانیه‌ی قوسی بر میلی‌متر است؟

الف) ۵/۴ ب) ۷ ج) ۳۹ د) ۵۹

۹- شکل زیر برخورد دو کهکشان را نشان می‌دهد. انرژی پتانسیل گرانشی این زوج برخوردی تقریباً چند ژول است؟



الف) 10^{61}

ب) 10^{52}

ج) 10^{44}

د) 10^{37}

۱۰- نسبت جرم زمین به جرم کوه دماوند به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

الف) 10^{20} ب) 10^{16} ج) 10^{13} د) 10^{10}

۱۱- روشنایی سطحی یک شیئ نورانی، مقدار نوری است که ناظر در هر ثانیه‌ی قوسی مربع و از آن شیئ دریافت می‌کند. نسبت روشنایی سطحی خورشید در فاصله‌ی ۱۰ پارسک به روشنایی سطحی آن در فاصله‌ی ۱۰۰ پارسک چقدر است؟

الف) ۱۰۰ ب) ۱۰ ج) ۱ د) ۰/۱

۱۲- چگالی متوسط دو ستاره‌ی متغیر قیفاووسی ρ_1 و $\rho_2 = 4\rho_1$ است. نسبت دوره تناوب تغییرات شدت روشنایی آن‌ها، $\frac{T_1}{T_2}$ کدام است؟

الف) ۴ ب) ۲ ج) ۰/۵ د) ۰/۲۵

۱۳- تلسکوپ با تفکیک زاویه‌ای ۰/۰۱ ثانیه‌ی قوسی را روی سطح مریخ نصب می‌کنیم. تعداد تقریبی ستاره‌هایی که به روش اختلاف‌منظر توسط این تلسکوپ فاصله‌یابی می‌شوند چند برابر حالتی است که این تلسکوپ روی زمین نصب شده باشد؟

الف) ۶ ب) ۴ ج) ۲ د) ۱

۱۴- اخترفیزیک‌دانان با بررسی خطوط جذبی و گسیلی یک پوسته‌ی نازک گازی که از سطح یک ستاره جدا شده و پیرامون آن با تقارن کروی در حال انبساط است، به این نتیجه رسیدند که بیشینه‌ی آبی‌گرایی در خطوط جذبی تقریباً ۱/۱ برابر بیشینه‌ی قرمزگرایی در خطوط گسیلی است. اگر فرض کنیم که این ستاره نسبت به زمین سرعت شعاعی ندارد، شعاع پوسته‌ی گازی چند برابر شعاع ستاره است؟

الف) ۰/۶ ب) ۱/۱ ج) ۲/۴ د) ۲/۱

۱۵- دو ستاره‌ی روشن α و β در دو گوشه مخالف از سحابی جبار قرار دارند. مختصات آن‌ها عبارتند از:

	بُعد	میل
α	۵ ساعت و ۵۵ دقیقه و ۱۰/۳ ثانیه	۷ درجه و ۲۴ دقیقه و ۴ / ۲۵ ثانیه
β	۵ ساعت و ۱۴ دقیقه و ۲ / ۳۲ ثانیه	۸−درجه و ۱۲ دقیقه و ۹ / ۵ ثانیه

با فرض اینکه این دو ستاره در فاصله‌ای حدود ۲۰۰ پارسک از ما قرار دارند جدایی زاویه‌ای و فاصله‌ی جدایی آن‌ها از هم به ترتیب کدام گزینه‌اند؟

الف) ۸/۸ درجه، ۳۶ پارسک ب) ۱۲/۸ درجه، ۴۴ پارسک

ج) ۲۲/۶ درجه، ۷۸ پارسک د) ۱۸/۵ درجه، ۶۵ پارسک

۱۶- یک ابر مولکولی عظیم کروی با ابعاد حدود ۲۰ سال نوری را در نظر بگیرید. دمای این ابر ۵۰ کلوین و چگالی عددی آن یکنواخت و برابر با ۱۰۰۰۰ ذره بر سانتی‌متر مکعب است. وزن مولکولی میانگین این ابر ۰/۷۷ است. نسبت انرژی جنبشی کل این ابر به انرژی پتانسیل به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

الف) ۰/۰۰۲ ب) ۰/۰۲ ج) ۰/۱ د) ۰/۵

۱۷- در نورسنجی با CCD عموماً ۴ دسته تصویر ثبت می‌شود. تصویر زمینه (Bias)، تصویر میدان تخت (flat field)، تصویر تاریک (Dark) و تصویر هدف یا علمی (Science) کدام گزینه صحیح نیست؟

الف) تصویر تخت برای از بین بردن حساسیت متفاوت پیکسل‌های CCD به نور ثبت می‌شود.

ب) تصویر تاریک دارای زمان نوردهی صفر است.

ج) پرتو کیهانی می‌تواند بر روی تصاویر تخت تأثیر بگذارد.

د) تصویر زمینه تصویری است با زمان نوردهی صفر ثانیه.

۱۸- در مورد کوتوله‌های سفید کدام یک از موارد زیر نادرست است؟

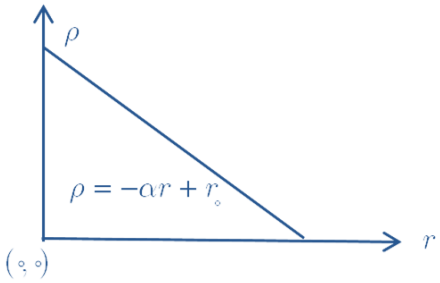
الف) عامل نگه دارنده‌ی کوتوله‌ی سفید در برابر گرانش، فشار کوانتومی (تبهگنی الکترون‌ها) است.

ب) انتقال انرژی در کوتوله‌ی سفید غالباً از طریق همرفت صورت می‌گیرد.

ج) درخشندگی کوتوله‌ی سفید به مرور زمان کاهش می‌یابد.

د) کوتوله‌های سفید با جرم بیشتر، شعاع کوچک‌تری دارند.

۱۹- اگر تابع توزیع چگالی بر حسب شعاع به صورت نشان داده شده در شکل زیر باشد؛ در مورد انرژی خود گرانشی (U)، کدام گزینه درست‌تر است؟



الف) $U < ۳GM^۲ / ۵R$

ب) $۳GM^۲ / ۵R$

ج) $U > ۳GM^۲ / ۵R$

د) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۲۰- تقریباً چند درصد از سطح زمین نمی‌تواند از ماهواره‌های مخابراتی زمین ثابت (نسبت به ناظر زمینی) GEO اطلاعات دریافت کند؟

الف) ۸/۷ ب) ۵/۱ ج) ۱ د) صفر

۲۱- امروزه تعداد زیادی از سیارات فراخورشیدی، از روی تلوتلو خوردن ستارگان میزبانشان (حرکت ستاره میزبان و سیاره حول مرکز جرم مشترکشان) قابل آشکارسازی هستند. دوره تناوب تلوتلو خوردن خورشید از دید یک ناظر فرا زمینی چقدر است؟

الف) ۱۲ سال ب) ۵/۲ سال ج) ۱/۰ سال د) ۲۷ روز

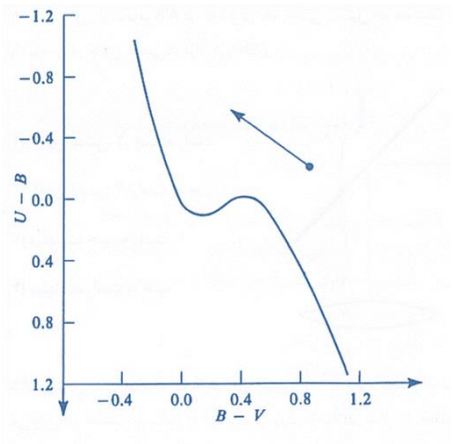
۲۲- ستاره‌ای به جرم ۵ برابر جرم خورشید را در نظر بگیرید. اگر کاهش جرم ستاره‌ای صرفاً ناشی از درخشندگی آن باشد؛ این ستاره در پایان عمر خود تقریباً چند درصد از جرم خود را از دست می‌دهد؟

الف) ۱۰ ب) ۱ ج) ۰/۱ د) ۰/۰۱

۲۳- دو ماهواره‌ی A و B با دوره تناوب ۲۴ ساعت حول زمین در یک جهت دوران می‌کنند. صفحه‌ی مداری ماهواره‌ی A منطبق بر صفحه‌ی استوای زمین است و صفحه‌ی مداری B به اندازه‌ی زاویه‌ی $i = ۶۰^\circ$ نسبت به صفحه‌ی استوای زمین تمایل دارد. در $t = ۰$ این دو ماهواره در گره صعودی ماهواره‌ی B قرار دارند. زمانی را که برای اولین بار اختلاف طول‌جغرافیایی این دو ماهواره ($|l_A - l_B|$) بیشینه می‌شود را با t_l و زمانی را که برای اولین بار اختلاف عرض جغرافیایی این دو ماهواره ($|\varphi_A - \varphi_B|$) بیشینه می‌شود را با t_φ نشان می‌دهیم. مقدار $|t_\varphi - t_l|$ چند ساعت است؟

الف) ۴/۸۰ ب) ۳/۶۵ ج) ۲/۳۵ د) ۱/۲۰

۲۴- ستاره‌ای دارای رنگ $B-V=۰/۲$ و $U-B=-۰/۱$ است. فزونی رنگ E_{B-V} آن چقدر است؟



الف) ۰/۵۰

ب) ۰/۳۵

ج) ۰/۲۰

د) ۰/۱۰

۲۵- ابیراهی رنگی در کدام یک از تلسکوپ‌های زیر جدی‌تر است؟

الف) شکستی ب) کاسگرین ج) نیوتونی د) اشمیت-کاسگرین

۲۶- رصد آسمان در کدام بخش از طیف الکترومغناطیس از روی سطح زمین امکان‌پذیر نیست؟

الف) پرتو X ب) فرابنفش نزدیک ج) مادون قرمز د) رادیویی

۲۷- کدام گزینه نادرست است؟

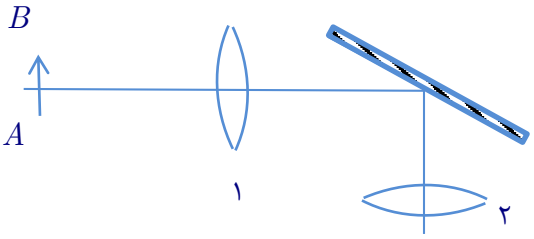
الف) رصدهای دو دهه‌ی گذشته نشان داد که کیهان در حال انبساط تند شوند است.

ب) همسانگردی لزوماً باعث ایجاد همگنی در کیهان قابل مشاهده نمی‌شود.

ج) ثابت هابل در زمان‌های گذشته تغییر کرده است.

د) عامل انبساط کیهان وجود انرژی تاریک است.

۲۸- در شکل زیر $A'B'$ در کجا و در چه جهتی تشکیل خواهد شد؟ (جسم AB و تقاطع محور اپتیکی با آینه، رو کانون عدسی‌ها قرار گرفته‌اند).



الف) کانون عدسی ۲، چپ به راست

ب) کانون عدسی ۲، راست به چپ

ج) بی‌نهایت، چپ به راست

د) بی نهایت، راست به چپ

۲۹- بهترین توان تفکیک تلسکوپ‌های زمینی ۰/۰۰۱ ثانیه قوسی است. در این صورت تا چه فاصله‌ای را می‌توان (بر حسب پارسک) با استفاده از روش اختلاف منظر با خطای کمتر از ۱۰ درصد فاصله‌یابی کرد؟

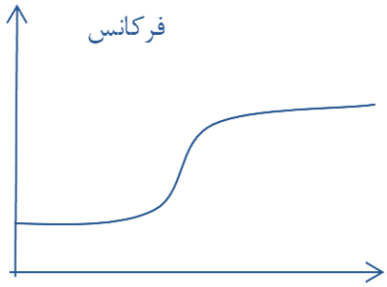
الف) ۱۰۰ ب) ۹۹۰ ج) ۱۱۰۰ د) ۱۰۰۰

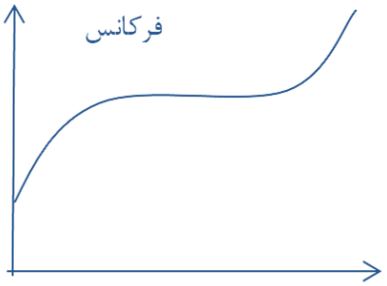
۳۰- قله‌ی دماوند و کرکس به ترتیب با اطلاعات زیر داده می‌شوند. کوه‌نوردی که روی قله‌ی کرکس می‌ایستد، قله‌ی دماوند را تحت چه شرایطی می‌بیند؟

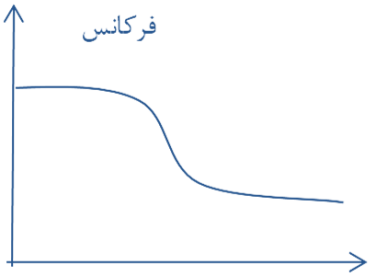
	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
دماوند	۵۶۷۱ متر	۵۲ درجه و ۶ دقیقه و ۳۳ ثانیه.	۳۵ درجه و ۵۷ دقیقه و ۱۹ ثانیه
کرکس	۳۸۹۵ متر	۵۱ درجه و ۴۸ دقیقه	۳۳درجه و ۲۷ دقیقه و ۲۱ ثانیه

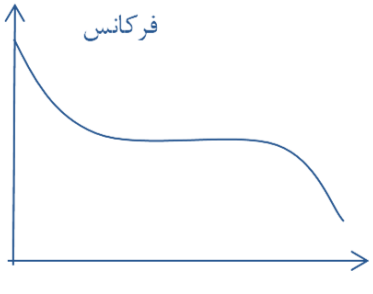
الف) ۱ درجه بالای افق ناظر است.
ب) بیش از ۲ درجه بالای افق ناظر است.
ج) مشاهده نمی‌کند (زیر افق ناظر است).
د) مماس بر افق ناظر است.

۳۱- ماهواره‌ای با دوره‌ی تناوبی بسیار کوچک‌تر از دوره‌ی تناوب چرخشی زمین، در مداری دایروی و در صفحه‌ی استوا در حال گردش است. این ماهواره برای ارتباط با ایستگاه زمینی از موج رادیویی تک فرکانسی استفاده می‌کند. کدام‌یک از نمودارهای زیر، فرکانس موج دریافتی از ماهواره در ایستگاه روی استوا را بر حسب زمان نشان می‌دهد؟ محور افقی، زمان را از هنگام طلوع تا غروب ماهواره نمایش می‌دهد.

الف)


ب)


ج)


د)


۳۲- اگر زمان نوردهی دو برابر شود، ستاره‌ای با چند قدر بیشتر توسط یک CCD قابل آشکارسازی است؟

الف) ۲ ب) ۱/۵ ج) ۰/۷۵ د) ۰/۲۵

۳۳- دو فضاپیما در یک مدار سهموی حول خورشید در یک جهت حرکت می‌کنند. هنگامی که این دو در وضعیت مقابله قرار گرفتند، یکی از فضاپیماها از وجود یک سیارک، در جهت حرکتش خبر می‌دهد. فضاپیمای دیگری نیز در همان لحظه، وجود این سیارک را تأیید کرده و جهت رؤیت آن را خلاف جهت حرکت خود اعلام می‌کند. اگر در آن لحظه θ جدایی زاویه‌ای این دو فضاپیما از دید سیارک باشد؛ کدام گزینه درباره‌ی این زاویه همواره صحیح است؟

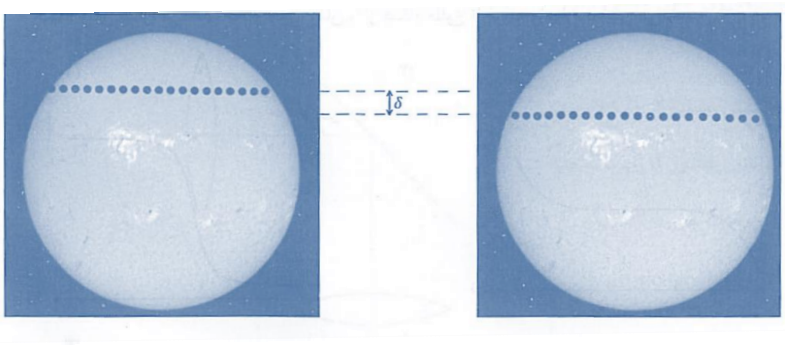
الف) $\theta < ۹۰^\circ$

ب) $\theta = ۹۰^\circ$

ج) $\theta > ۹۰^\circ$

د) θ هر مقداری می‌تواند داشته باشد.

۳۴- دو منجم آماتور به هنگام گذر زهره‌ی سال ۹۱ از آن عکس‌هایی تهیه کرده‌اند. حداکثر اختلاف زاویه‌ای مسیر حرکت زهره بر روی قرص خورشید از دید این دو ناظر (δ) حدود چند دقیقه‌ی قوس می‌تواند باشد؟



نیم‌قطر اطول مدار زهره $a_{venus} = ۰/۷۲۳\ Au$

الف) ۱/۶

ب) ۱/۲

ج) ۰/۸

د) ۰/۴

۳۵- فاصله‌ی سه شهر A، B و C از یکدیگر ۲۵۰۰ کیلومتر است. چه کسری از نقاط سطح کره‌ی زمین به شهر A نزدیک‌تر است تا به شهر B و نیز به شهر B نزدیک‌تر است تا به شهر C؟

الف) $\frac{۱}{۱۲}$

ب) $\frac{۱}{۶}$

ج) $\frac{۱}{۳}$

د) $\frac{۱}{۲}$

کلید سؤالات

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

- گزینه‌هایی که با رنگ قرمز مشخص شده، گزینه‌ی مورد نظر کمیته‌ی علمی ماخ با گزینه‌ی مورد نظر باشگاه متفاوت است.

۱- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

بازده کوانتومی معیاری از تولید الکترون‌ها در اثر برخورد با فوتون‌هاست. در سی‌سی‌دی‌ها هرچه بازده کوانتومی بالاتر باشد، CCD مناسب‌تر است. بازده کوانتومی ممکن است با تغییر طول‌موج تغییر کند. با توجه به نمودار، فیلتر B در محدوده خط جذبی کلسیم بیشترین بازده کوانتومی را دارد.

۲- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

ابتدا فاصله‌ی هابل تا زمین را چنین حساب می‌کنیم؛ $a = \sqrt[3]{\frac{T^2 G M_e}{4\pi^2}} \approx ۶۰۳۵۷۲m$؛ سپس کمترین طول قابل‌مشاهده روی زمین را از فرمول زاویه کوچک به دست می‌آوریم:

$$\theta'' = ۲۰۶۲۶۵\frac{D}{a} \Rightarrow ۰/۱'' = ۲۰۶۲۶۳\frac{D}{۶۰۳۵۷۲m} \Rightarrow D = ۰/۳m = ۳۰cm$$

۳- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

کهکشان ابر ماژلانی بزرگ با مدول فاصله $(m-M) = ۱۸/۴$ فاصله‌ای معادل $۴۸kPc = ۱۵۷۰۰۰ly$ از زمین دارد و نزدیک‌ترین کهکشان به زمین است. کهکشان آندرومدا ۲/۵ میلیون سال نوری، خوشه کهکشانی گیسو ۳۲۱ میلیون سال نوری و خوشه کهکشانی سنبله ۹۰ میلیون سال نوری از زمین فاصله‌دارند.

۴- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

چون جرم ستاره ۰/۳ جرم خورشید است، پس لگاریتم آن می‌شود $-۰/۵۲$ و بنابراین طبق شکل محور عمودی یعنی لگاریتم نسبت درخشندگی را در عدد ۳- قطع می‌کند. درنتیجه:

$$\log(۰/۳) = -۰/۵۲ \Rightarrow \log(\frac{L}{L_\odot}) = -۳ \Rightarrow \frac{L}{L_\odot} = ۰/۰۰۱ \; ; \; (\frac{t}{t_\odot}) = (\frac{L}{L_\odot})^{-۰/۷} = ۱۲۵$$

۵- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است. (کمیته‌ی علمی باشگاه دانش‌پژوهان گزینه‌ی ب را به‌عنوان پاسخ صحیح اعلام کرده است.)

ابتدا محاسبه می‌کنیم که در حد قدر $m = ۲۹$ چند فوتون به تلسکوپ هابل می‌رسد. برای این کار روشنایی را با ثابت خورشیدی $b_\odot$ مقایسه می‌کنیم.

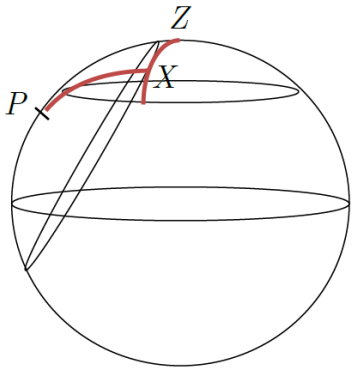
$$m - m_\odot = -۲/۵\log\frac{b}{b_\odot} \Rightarrow ۲۹ + ۲۶/۸ = -۲/۵\log\frac{b}{۱۳۷۰} \Rightarrow b = ۶/۵\times۱۰^{-۲۰} Wm^{-۲}$$

قطر آینه تلسکوپ هابل ۲/۴ متر است پس مساحت آن از رابطه‌ی $S = \pi(\frac{۲/۴}{۲})^2 = ۴/۵m^2$ به دست می‌آید. بنابراین در هر ثانیه به‌اندازه‌ی $E = ۳\times۱۰^{-۱۹}J$ انرژی به آن می‌رسد. از طرف دیگر یک فوتون مرئی ($\lambda = ۵۵۰\times۱۰^{-۹}m$) دارای انرژی $E_\circ = h\frac{c}{\lambda} = ۳/۶\times۱۰^{-۱۹}J$ است. بنابراین در حد قدر تلسکوپ هابل در هر ثانیه به‌اندازه‌ی $N = \frac{۳\times۱۰^{-۱۹}}{۳/۶\times۱۰^{-۱۹}} \approx ۱$ فوتون به آن می‌رسد. اگر بخواهیم جرمی از مرکز کهکشان را رصد کنیم، باید تلسکوپمان $۱۰^{۱۲}$ بار قوی‌تر شود؛ از طرف دیگر چون قدرت جمع‌آوری نور با مساحت آینه‌ی تلسکوپ متناسب است، باید اندازه‌ی تلسکوپ از مرتبه‌ی $\sqrt{۱۰^{۱۲}} = ۱۰^۶$ برابر بزرگ‌تر شود.

۶- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

چون صحبت از حداکثر فاصله‌ی ابرنواختر است، پس باید فاصله‌ی زمانی‌اش برابر با حداکثر سن انسان باشد. اگر حداکثر سن انسان را ۱۰۰ سال فرض کنیم پس فاصله‌ی ابرنواختر حداکثر باید ۱۰۰ سال نوری معادل ۳۰ پارسک باشد.

۷- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.



احتمال موردنظر وقتی به بیشینه می‌رسد که در شکل مقابل می‌بینید: که در آن زاویه‌ی PXZ برابر ۹۰، طول کمان PZ برابر $90-\varphi$، طول کمان PX برابر $90-\delta$ و زاویه‌ی $PZX = 25^\circ$ می‌شود، با نوشتن قضیه‌ی سینوس‌ها داریم: $\frac{\sin 25}{\cos\delta} = \frac{\sin 90}{\cos\varphi}$ پس؛ $\cos\delta = \cos\varphi \sin 25$، درنتیجه $\cos\delta = \cos 35 \sin 25 \Rightarrow \delta = 65$. اگر زاویه‌ی مسیر قطاع مورد نظر سؤال در بازه‌ی مورد نظر در ارتفاع ۵۰ درجه را H بنامیم، داریم: $\sin a = \sin\delta\sin\varphi + \cos\delta\cos\varphi\cos H$ پس از جایگذاری خواهیم داشت: $\sin 50 = \sin 65 \sin 35 + \cos 65 \cos 35 \cos H \Rightarrow H = 44/6$

و احتمال مورد نظر برابر خواهد بود با نسب دو برابر مقدار اخیر به ۳۶۰ یا به عبارت ساده‌تر:

$$P(\delta) = \frac{2 \times 44/6}{360} \approx 24$$

۸- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

تلسکوپ‌های کاسگرین دو نسبت کانونی دارند، یکی نسبت کانونی آینه‌ی ثانویه و دیگری نسبت کانونی سایر اجزای تلسکوپ شامل تیغه‌ی اصلاح‌کننده و ... حال ابتدا نسبت کانونی کل تلسکوپ را از برآیند این دو چنین بدست می‌آوریم:

$$\frac{1}{f_{total}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_{total} = 1/32$$

حال باید ببینیم فاصله‌ی کانونی تلسکوپ چقدر است که آن‌هم از رابطه‌ی $F = f.D$ برابر ۴/۶۲ متر به دست می‌آید. در آخر هم با توجه به آنکه مطلوب سؤال تعداد ثانیه‌های قوسی موجود در هر میلی‌متر است، شعاع تصویر مورد نظر را یک میلی‌متر در نظر می‌گیریم و با توجه به:

$$\tan\theta = \frac{r}{d} = \frac{1mm}{4624mm} \Rightarrow \theta = 0/0123^\circ \approx 44''$$

۹- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

باید تخمینی از انرژی جنبشی کهکشان بدست‌آوریم. می‌دانیم هر کهکشان 10^{11} ستاره دارد. هر ستاره به جرم حدودی خورشید یعنی $10^{30}kg$ است. سرعت تقریبی هر کهکشان هم $v = 10^5 - 10^6$ متر بر ثانیه است. در نتیجه می‌توانیم چنین بنویسیم:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \approx 10^{11} \times 10^{30} \times 10^{12} = 10^{53}$$

انرژی پتانسیل گرانشی آن‌ها هم از همین مرتبه‌ی بزرگی است؛ $U = \frac{GM^2}{R}$ و شعاع قابل رؤیت کهکشان احتمالاً هم‌مرتبه با قطر کهکشان راه‌شیری و برابر $r = 15\,kpc$ است؛ که از این روش هم پاسخی از مرتبه‌ی 10^{53} به دست می‌آید. نزدیک‌ترین گزینه به آن گزینه‌ی ۲ است.

۱۰- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

کوه دماوند را مخروطی با ارتفاع داده‌شده در سؤال ۳۰ در نظر می‌گیریم و فرض می‌کنیم هر یک از زوایای منتهی به قاعده آن برابر با ۵۰ درجه باشد، در این صورت شعاع قاعده: $r = \frac{۵۶۷۱m}{\tan ۵۰} \approx ۴۷۵۸m$ است. اگر جنس کوه دماوند و در نتیجه چگالی آن مانند زمین فرض شود، نسبت جرم زمین به دماوند برابر با نسبت حجم زمین به حجم کوه دماوند خواهد بود:

$$\frac{m_e}{m_d} = \frac{\rho V_e}{\rho V_d} = \frac{\frac{۴}{۳}\pi R^۳}{\frac{۱}{۳}\pi h r^۲} = ۴\frac{R^۳}{h r^۲} = ۴\frac{(۶۴۰۰۰۰۰m)^۳}{۵۶۷۱\times(۴۷۵۸)^۲} = ۸/۱\times ۱۰^۹ \approx ۱۰^{۱۰}$$

۱۱- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

روشنایی دریافتی از خورشید در فاصله ۱۰ پارسکی، ۱۰۰ برابر روشنایی آن در فاصله ۱۰۰ پارسکی است ولی مساحت ظاهری آن ۰/۰۱ است بنابراین روشنایی سطحی تغییری نخواهد کرد.

۱۲- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

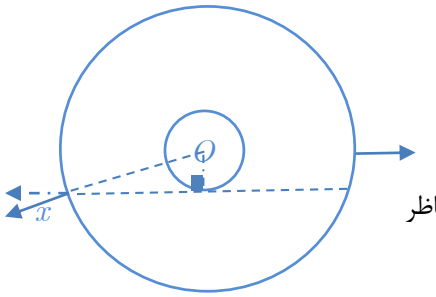
رابطه‌ی دوره تناوب تغییرات نور متغیرهای قیفاووسی با چگالی آن‌ها به‌صورت $T = C\sqrt{\frac{۱}{\frac{\rho}{\rho_\odot}}}$ است که در آن C ضریب ثابتی است که با توجه به جرم و نحوه‌ی لایه‌بندی دمایی ستاره تعیین می‌شود. بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{T_۱}{T_۲} = \frac{C\sqrt{\frac{۱}{\frac{\rho_۱}{\rho_\odot}}}}{C\sqrt{\frac{۱}{\frac{\rho_۲}{\rho_\odot}}}} = \sqrt{\frac{\rho_۲}{\rho_۱}} = \sqrt{\frac{۴}{۱}} = ۲$$

۱۳- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

شعاع مداری مریخ دو برابر شعاع مداری زمین است پس خط مبنا در روش اختلاف‌منظر به‌اندازه‌ی ۱/۶ برابر بزرگ‌تر می‌شود و فاصله‌ای که تحت آن ما می‌توانیم فاصله‌ی ستاره‌ها را با این دقت بسنجیم با ضریب ۱/۶ افزایش می‌یابد. بنابراین حجم کره‌ای که ستاره‌هایی با این ویژگی را می‌توان در آن یافت به نسبت حجم کره‌ی اولیه $(\frac{۱/۶R}{R})^۳$ برابر می‌شود که برابر است با ۴.

۱۴- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.



برای انتقال‌به‌سرخ می‌دانیم، $z = \frac{v}{c}$ از طرفی، می‌دانیم پرتو انتقال‌به‌سرخ یافته در پشت ستاره، قابل رؤیت نیست؛ یعنی نخستین پرتوی که بیشترین قرمزگرایی را دارد و قابل مشاهده برای ناظر

زمینی است، پرتو تابیده شده از مماس ستاره است. مطابق شکل روبرو. بنابراین برای محاسبه‌ی بیشینه‌ی انتقال‌به‌سرخ، باید مؤلفه‌ی در راستای خط دید پرتو x را اندازه بگیریم. اگر سرعت پرتو خارج شده نسبت به مرکز ستاره را v بنامیم؛ طول بردار نقطه‌چین را از رابطه‌ی $v_r = v\cos\theta$ که در آن، $\sin\theta = \frac{r}{R}$. در این عبارت r شعاع ستاره‌ی کوچک‌تر و R شعاع ستاره‌ی ابر پیرامونی است. در نتیجه برای نسبت انتقال‌به‌سرخ و انتقال‌به‌آبی داریم:

$$\frac{z_b}{z_r} = ۱/۱ = \frac{v}{v\cos\theta} \;\; ; \;\; \sin\theta = \frac{r}{R} \Rightarrow ۱/۱ = \frac{۱}{\sqrt{۱-(\frac{r}{R})^۲}} \Rightarrow \sqrt{۱-(\frac{r}{R})^۲} = \frac{۱۰}{۱۱} \Rightarrow R = ۲/۴\,r$$

۱۵- گزینه د پاسخ صحیح است.

ابتدا با نوشتن قضیه‌ی کسینوس‌ها در مثلث $P\alpha\beta$ جدایی زاویه‌ای را به این ترتیب پیدا می‌کنیم:

$$\cos x = \cos(۹۰-۷/۵)\cos(۹۰+۸/۲) + \sin(۹۰-۷/۵)\sin(۹۰+۸/۲)\cos۱۰/۲۵ \Rightarrow \; x \approx ۱۸/۷^\circ$$

در مورد فاصله‌ی مستقیمشان هم می‌توان گفت چون هر دو در یک سحابی‌اند، فاصله‌ی متفاوتی نسبت به ما ندارند، با فرض فاصله‌ی برابر دو ستاره تا ناظر زمینی، به‌سادگی می‌توانیم چنین بنویسیم:

$۲\pi r$	۳۶۰
x	$۱۸/۷$

که پس از جایگذاری فاصله‌ی ۲۰۰ پارسکی به‌جای r خواهیم داشت: $x \approx ۶۵/۲\,pc$.

۱۶- گزینه ب پاسخ صحیح است.

ابر مولکولی را کره‌ای فرض می‌کنیم به شعاع ۱۰ سال نوری، حال انرژی جنبشی کل را محاسبه می‌نماییم: $E_Q = \frac{۳}{۲}NkT = \frac{۳}{۲}\frac{M}{\overline{m}}kT$ که در آن $\overline{m}$ جرم میانگین مولکولی و N تعداد ذرات است. از طرف دیگر انرژی پتانسیل کره با چگالی ثابت، برابر می‌شود با:

$$E_G = \frac{۳}{۵}\frac{GM^۲}{R} \;,\; M = \rho V = n\overline{m}V = \frac{۴}{۳}\pi r^۳ n\overline{m}$$

پس نسبت مطلوب چنین خواهد شد:

$$\frac{E_Q}{E_G} = \frac{\frac{۳}{۲}\frac{M}{\overline{m}}kT}{\frac{۳}{۵}\frac{G(M)^۲}{r}} = \frac{۵}{۲}\frac{rkT}{۲GM\overline{m}} = ۰/۰۲$$

۱۷- گزینه ب پاسخ صحیح است.

وقتی از آسمان با استفاده از CCD عکس‌برداری می‌کنیم باید بسیاری از اثرات نویزهای مختلف را برای به دست آوردن عکسی نهایی که بتوان داده‌های مناسب را از آن استخراج کرد، حذف کنیم. نویزها، پیکسل‌های سوخته، اثرات حرارتی، اثر غبارها و لکه‌های روی CCD یا تلسکوپ و ... مواردی هستند که بر روی عکس‌ها ثبت می‌شوند. با استفاده از تصاویر دارک (Dark) که تصویری از فضای کاملاً تاریک (مثلاً وقتی‌که درپوش

تلسکوپ گذاشته شده است) در زمان نوردهی یکسان با عکس‌های اصلی گرفته می‌شود، در این تصاویر کلیه نویزهای حرارتی و پیکسل‌های سوخته و کلیه عواملی که به اختلالات CCD وابسته است ثبت می‌شود. تصاویر بایاس (Bias) که از فضای کاملاً تاریک تهیه می‌شود و زمان نوردهی آن صفر ثانیه است و مشکلات CCD مانند پیکسل‌های سوخته، و عیوب انتقال داده در پیکسل‌ها ثبت می‌شوند. در نهایت تصویر فلت (Flat) که عموماً برای ثبت اثرات ناشی از ذرات گرد و غبار روی تلسکوپ یا CCD و یکسان‌سازی حساسیت پیکسل‌ها گرفته می‌شود و زمان نوردهی آن کاملاً تجربی و وابسته به شرایط محیطی و نوع عکس‌برداری است و عموماً با قرار دادن یک صفحه سفید در مقابل تلسکوپ یا از قسمتی از آسمان که نور یکنواختی دارد مانند زمان پیش از طلوع و یا غروب خورشید گرفته می‌شود، و در نهایت باید الگویی از غبارها و آلودگی‌های سطوح اپتیکی، فیلتر و سطح تراشه به نحو واضحی ثبت شود. کلیه این تصاویر برای کالیبراسیون تصویر اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به توضیحات فوق گزینه ب پاسخ صحیح است به این دلیل که تصویر تاریک (Dark) زمان نوردهی صفر ندارد.

۱۸- گزینه ب پاسخ صحیح است.

در کوتوله‌های سفید فشار تبهگنی الکترون‌ها در برابر گرانش مقاومت می‌کند.

کوتوله‌ی سفید منبع تولید انرژی ندارد و به‌تدریج سرد می‌شود.

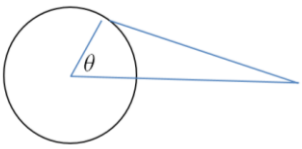
در ستارگان کوتوله‌ی سفید هرچه جرم بیشتر باشد، شعاع کوچک‌تر می‌شود.

فقط گزینه‌ی ب ممکن است صحیح نباشد. کوتوله‌های سفید مانند جسم صلب رفتار می‌کنند و تنها از طریق رسانش تبادل گرمایی دارند.

۱۹- گزینه‌ی ج پاسخ صحیح است.

در این توزیع چگالی، مقدار چگالی با افزایش فاصله از مرکز ستاره کاهش می‌یابد و در مقایسه با چگالی یکنواخت جرم بیشتری در نواحی مرکزی ستاره قرار می‌گیرد؛ بنابراین پتانسیل گرانشی آن بیشتر از کره‌ای با چگالی یکنواخت است. در نتیجه: $U > \frac{۳}{۵}\frac{GM^۲}{R}$.

۲۰- گزینه ج پاسخ صحیح است.



دوره تناوب ماهواره‌های زمین ثابت برابر دوره تناوب زمین و ۲۴ ساعت است، حال با نوشتن قانون سوم کپلر می‌توانیم، شعاع مداری این ماهواره‌ها را محاسبه کنیم؛ $P^۲ = \frac{۴\pi^۲ r^۳}{GM_\oplus} \Rightarrow r = ۴۲۱۶۱ km$. مدار ماهواره مطابق شکل روبرو خواهد بود. پس ناحیه‌ای که نمی‌توانند از این ماهواره استفاده کنند در عرض‌های بالاتر از θ زندگی می‌کنند که برابر است با $\cos\theta = \frac{R_\oplus}{R_\oplus + r} = \frac{۶۴۰۰}{۴۸۵۶۱} \Rightarrow \theta = ۸۲^\circ$. حال برای به دست آوردن کسر مطلوب می‌نویسیم:

$$\frac{۴\pi r^۲ - ۲\pi r^۲(۱-\cos(۸۲))}{۴\pi r^۲} = \cos ۸ = ۰/۹۹\%$$

۲۱- گزینه الف پاسخ صحیح است.

اگر قرار باشد چنین پدیده‌ای را در مورد خورشید مشاهده کنیم، یقیناً تلوتلو خوردن ناشی از بزرگ‌ترین جسم منظومه‌ی شمسی و دوره تناوب تلوتلو خوردن هم با دوره تناوب این سیاره برابر خواهد بود که در اینجا مصداق ما مشتری است. از رابطه‌ی تیتوس-بُده $۰/۴+۰/۳\times۲^{n}$ به‌سادگی نیم‌محور اطول مدار این سیاره را برابر ۵/۲ واحد نجومی اندازه می‌گیریم و سپس با استفاده از قانون سوم کپلر $(P^{۲}=a^{۳})$ دوره‌ی گردش آن را ۱۱/۸ سال زمینی به دست می‌آوریم.

۲۲- گزینه ج پاسخ صحیح است.

با توجه به نموداری که در سؤال ۴ آمده، برای ستارگان با جرم ۵ برابر خورشید، $L\propto M^{۳}$ حال عمر ستاره را چنین به دست می‌آوریم:

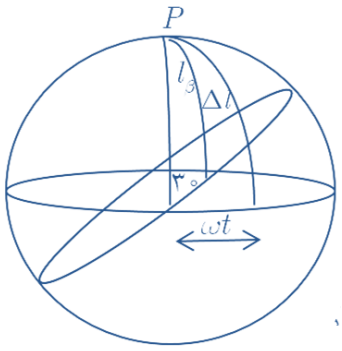
$$\frac{t}{t_{\odot}}=(\frac{M}{M_{\odot}})^{-۲}\ ;\ \ t_{\odot}=۱۰^{۱۰}yr\ \Rightarrow\ t=۱۰^{۱۰}yr\times۵^{-۲}=۴\times۱۰^{۸}yr\approx۱/۲\times۱۰^{۱۶}\sec$$

$$L\propto M^{۳}\ \Rightarrow\ L=L_{\odot}\times۵^{۳}=۴\times۱۰^{۲۶}\times۱۲۵=۵\times۱۰^{۲۸}J/s$$

در مورد کل انرژی مصرف‌شده داریم، $E=L.t=۱/۲\times۱۰^{۱۶}\times۵\times۱۰^{۲۸}=۰/۸\times۱۰^{۴۴}$. از طرفی نرخ تبدیل ماده به انرژی از $E=mc^{۲}$ تبعیت می‌کند؛ در نتیجه داریم:

$$\Delta m=\frac{E}{c^{۲}}=\frac{۷\times۱۰^{۴۴}}{۹\times۱۰^{۱۶}}=۰/۸\times۱۰^{۲۸}kg\ ;M_{\odot}=۵\times۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}\approx۱۰^{۳۱}kg\ \Rightarrow\ \frac{\Delta m}{M_{\odot}}=۰/۸\times۱۰^{-۳}\simeq۱۰^{-۳}=۰/۱\%$$

۲۳- گزینه ج پاسخ صحیح است.



بیشترین تفاوت عرض جغرافیایی که بعد از یک دوره تناوب، در عرض ۶۰ درجه و ۶ ساعت بعد از گره اتفاق می‌افتد. اما در مورد بیشترین تفاوت در طول جغرافیایی به شکل روبرو نگاه کنید؛ که در آن $\Delta l=l_A-l_B=\omega t-l_B$ با نوشتن رابطه‌ی ۴ جزئی خواهیم داشت:

$$۰=\cos\omega t-\sin۳۰\cot l_B\ \Rightarrow\ \tan l_B=\tan\omega t\sin۳۰=\tan l_A\sin۳۰$$

حال برای به دست آوردن بیشینه‌ی تفاضل، Δl از دو طرف عبارت مشتق می‌گیریم و مساوی صفر قرار می‌دهیم، $۰=\frac{dl_B}{t}-\frac{dl_A}{t}\ \Rightarrow\ \frac{dl_B}{dl_A}=۱$ در نتیجه بیشینه‌ی مطلوب را به دست می‌آوریم:

$$(۱+\tan^{۲}l_B)dl_B=\sin۳۰(۱+\tan^{۲}l_A)dl_A\ \Rightarrow\ \frac{dl_B}{dl_A}=\frac{\sin۳۰(۱+\tan^{۲}l_A)}{۱+\tan^{۲}l_B}\ ;\ \ \tan l_B=\tan l_A\sin۳۰\ \Rightarrow$$

$$\frac{dl_B}{dl_A}=\frac{\sin۳۰(۱+\tan^{۲}l_A)}{۱+(\tan l_A\sin۳۰)^{۲}}=۱\Rightarrow\ \tan^{۲}l_A(\sin۳۰-\sin^{۲}۳۰)=۱-\cos۳۰\ \Rightarrow\ \tan^{۲}l_A=\frac{۱}{\sin۳۰}$$

$$\Rightarrow l_A=۵۴^{\circ}=\omega t_A\ \ ;\ \ \omega=\frac{۳۶۰^{\circ}}{۲۴h}\ \Rightarrow t_A=۳/۶h$$

با کسر این مقدار از ۶ ساعت زمان رسیدن به بیشینه‌ی عرض، به پاسخ مطلوب می‌رسیم که برابر است با ۲/۳۵ ساعت.

۲۴- گزینه ب پاسخ صحیح است.

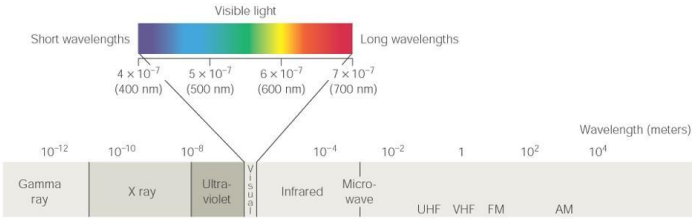
طبق تعریف، فزونی رنگ $E_{B-V} = (B-V) - (B-V)_{\circ}$ که نشان‌دهنده‌ی این است که اگر جذب میان ستاره‌ای به چه اندازه بر قرمزی رنگ ستاره تأثیر می‌گذارد. چون پهنای باند از فیلتر B تا V تقریباً با فیلتر U تا B یکی است؛ انتظار داریم اگر مقدار $(B-V),(U-B)$ یکسان باشد؛ فزونی رنگ نداشته باشیم. از روی نمودار می‌بینیم که به ازای $U-B=-۰/۱$ برای $B-V=-۰/۱$ بنابراین اختلاف $۰/۳ = (-۰/۱) - ۰/۲$ تقریباً بیانگر فزونی رنگ می‌تواند باشد.

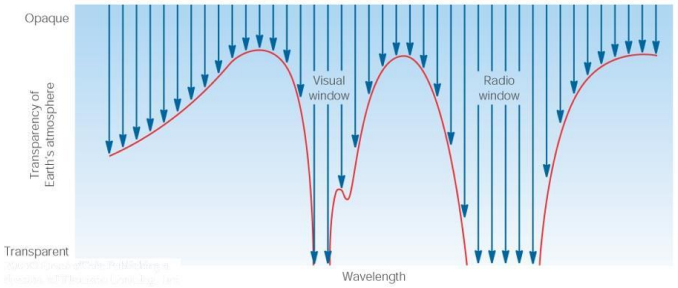
۲۵- گزینه الف پاسخ صحیح است.

ابیراهی رنگی، درواقع عدم انطباق رنگ‌های نور (طول‌موج‌های مختلف نور) در محل همگرایی نور در عدسی‌ها است که باعث ایجاد تصویر غیرواضح می‌گردد. این خطا در تلسکوپ‌های شکستی به علت ضریب شکست متفاوت رنگ‌ها در عدسی‌ها بیشتر ایجاد می‌شود.

۲۶- گزینه الف و ج پاسخ صحیح است. (کمیته‌ی علمی باشگاه دانش‌پژوهان گزینه‌ی الف را انتخاب کرده است.)

پرتو یا اشعه X قسمتی از طیف الکترومغناطیس در طول‌موج ۰/۰۱ تا ۱۰ نانومتر است. این پرتو در میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی منحرف نمی‌شود. برخی از اجرام سماوی از طریق انتشار پرتو X شناسایی می‌شوند که بارزترین آن‌ها سیاهچاله‌ها هستند. این پرتو در بالای جو زمین قابل دریافت است. طول‌موج فرابنفشِ نزدیک، نزدیک به طول‌موج نور مرئی است، بنابراین بر روی سطح زمین قابل دریافت خواهد بود. طول‌موج مادون‌قرمز و یا فروسرخ بلندتر از نور مرئی و کوتاه‌تر از امواج رادیویی است. بنابراین می‌توان گفت که مادون‌قرمز در بسیاری از مواقع بر روی زمین قابل دریافت است. امواج رادیویی، قسمتی از طیف الکترومغناطیس هستند که می‌تواند طول‌موج‌های مختلفی را شامل شود. برخی طول‌موج‌های رادیویی از روی زمین قابل دریافت هستند و برخی خیر. بنابراین گزینه‌های الف و ج می‌توانند صحیح باشند، هرچند گزینه‌ی الف صحیح‌تر است! نمودار امواج رسیده به سطح زمین در جدول بالا آمده است.





۲۷- گزینه د پاسخ صحیح است.

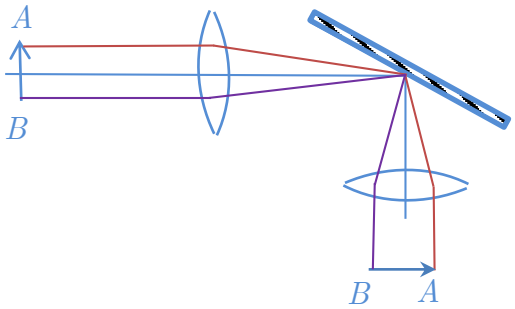
امروزه می‌دانیم که کیهان در حال انبساط شتاب‌دار است و در طی چند سال اخیر برآورد ما از نرخ تغییر شتاب، شتاب تند شونده است.

همگنی و همسانگردی لزوماً، به‌صورت ضمنی یکدیگر را پشتیبانی نمی‌کنند؛ مثلاً ناظری که در مرکز یک کره قرار گرفته و محیط اطرافش همسانگرد است اما لزوماً همگن نیست.

ثابت هابل نرخ تغییرات $\dot{a}/a$ است و تغییراتش در طی سال‌ها به‌عنوان پارامتر هابل شناخته می‌شود نه ثابت هابل که دائماً تغییر می‌کند!

اما انرژی تاریک تنها یکی از عوامل انبساط شتابدار جهان است؛ عامل اصلی انبساط عالم وقوع انفجار بزرگ است.

۲۸- گزینه الف پاسخ صحیح است.



با ترسیم پرتوها به شکل روبرو خواهیم رسید؛ توجه داشته باشید که اگر جسم در کانون عدسی اول قرارگرفته باشد، پرتوهای موازی رسیده به عدسی در کانون عدسی اول تشکیل شده و بعد از انعکاس توسط آینه، مجدداً همین فرآیند تکرار می‌شود؛ بنابراین تصویر در کانون عدسی دوم تشکیل می‌شود. جهت تصویر هم که در نمودار مشخص‌شده است.

۲۹- گزینه الف پاسخ صحیح است.

خطای نسبی؛ نسبت خطای مطلق به مقدار واقعی کمیت است که برای فاصله و در این سؤال برابر ۰/۱ داده شده است. از طرف دیگر، مقدار واقعی فاصله ۰/۰۰۱ ثانیه‌ی قوس است که از $d(pc)=\frac{۱}{\theta''}$ معادل ۱۰۰۰ پارسکی است، به دست می‌آید؛ پس با نوشت نسبت‌ها دارای:

$$\text{خطای نسبی} = \frac{\text{خطای مطلق در فاصله}}{\text{مقدار واقعی فاصله}} \Rightarrow ۰/۱ = \frac{d}{۱۰۰۰pc} \Rightarrow d = ۱۰۰۰pc$$

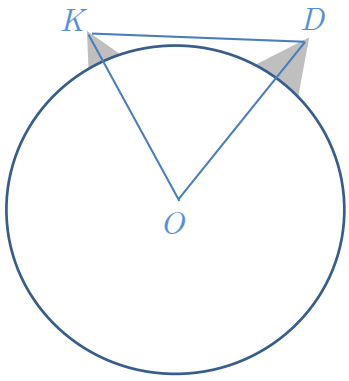
۳۰- گزینه الف پاسخ صحیح است.

ابتدا فاصله‌ی زاویه‌ای دو کوه را از هم حساب می‌کنیم:

$$\cos KOD = \cos(۹۰-۳۵/۹)\cos(۹۰-۳۳/۵)+\sin(۹۰-۳۵/۹)\sin(۹۰-۳۳/۵)\cos ۰/۳ \Rightarrow KOD \approx ۲/۴۶^\circ$$

حال مقدار افق منفی، یعنی فاصله‌ی زاویه‌ای افق واقعی از افق ظاهری ناظر روی قله‌ی کرکس را محاسبه می‌نماییم:

$$\cos\theta = \frac{R_\oplus}{R_\oplus + h} \Rightarrow \theta_{karkas} = ۱/۹۹۸^\circ$$



بنابراین زاویه‌ی بین افق ظاهری و سمت‌القدم برای ناظر ایستاده روی کرکس؛ $۸۸/۰۰۲^\circ = ۱/۹۹۸ - ۹۰$؛

$$KD^۲ = KO^۲ + OD^۲ - ۲KO.KD\cos KOD \Rightarrow$$
$$KD^۲ = (۶۴۰۵/۶۷۱)^۲ + (۶۴۰۳/۸۹۵)^۲ - ۲(۶۴۰۵/۶۷۱)(۶۴۰۳/۸۹۵)\cos ۲/۴۶ \Rightarrow$$
$$KD = ۲۷۵\,km$$

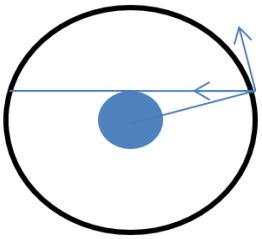
حال با نوشتن قضیه‌ی سینوس‌ها، داریم:

$$\frac{\sin DKO}{DO} = \frac{\sin KOD}{KD} \Rightarrow \frac{\sin DKO}{۶۴۰۳/۸۹۵} = \frac{\sin ۲/۴۶}{۲۷۵} \Rightarrow DKO = ۸۸/۴^\circ$$

بنابراین ارتفاع ظاهری نوک قله‌ی دماوند از افق ظاهری کرکس چنین است:

$$x = ۸۸/۴ - ۸۸/۰۰۲ = ۰/۴^\circ$$

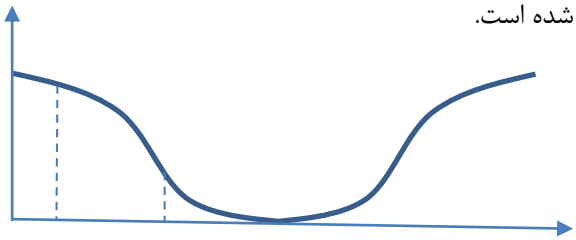
۳۱- گزینه ج پاسخ صحیح است.



طبق قانون دوپلر نرخ تغییرات فرکانس با نرخ تغییرات سرعت شعاعی نسبت به ناظر برابر است؛ از طرف دیگر می‌دانیم که: $\Delta f = \frac{-c\Delta\lambda}{\lambda^2}$ و ازآنجاکه طبق اثر دوپلر داریم: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{-v_r}{c}$ که ماهواره در حال دور شدن است. پس می‌توانیم با ضرب طرفین در $\frac{-c}{\lambda}$ چنین بنویسیم: $\frac{-c\Delta\lambda}{\lambda^2} = \frac{v_r}{\lambda}$ و ازآنجاکه مقادیر مخرج کسر مقادیری ثابت‌اند؛ کل کار ما رسم تابع سرعت شعاعی ماهواره است که با توجه به شکل روبرو و دانستن سرعت مداری ماهواره که برابر $r\omega$ است و تعریف θ به‌عنوان زاویه‌ی بین سرعت مماسی و راستای دید، داریم:

$$\Delta f = \frac{-c\Delta\lambda}{\lambda^2} = \frac{r\omega\cos\theta}{\lambda}$$

که در آن، بازه‌ی مورد نظر ما با خط‌چین نشان داده شده است.

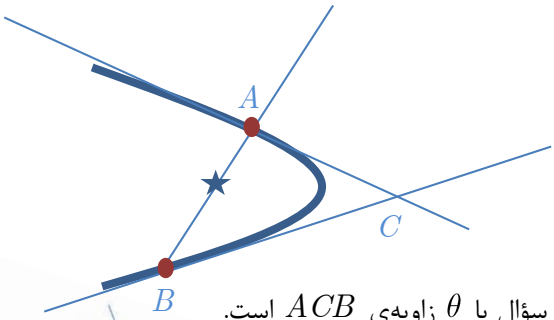


۳۲- گزینه ج پاسخ صحیح است.

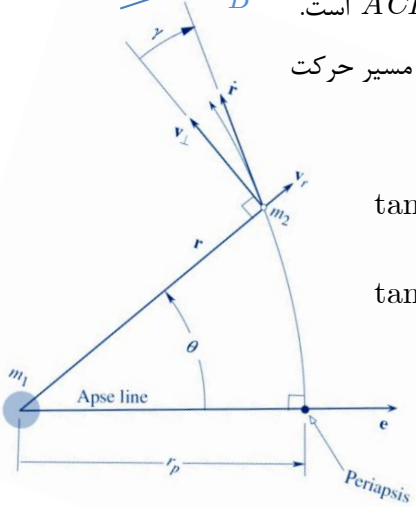
زمان نوردهی، شار رسیده به CCD را افزایش می‌دهد که این با میزان روشنایی متناظر است؛ قدرهای ظاهری در دو حالت تغییر نمی‌کنند:

$$m_1 - m_2 = 2/5\log(\frac{b_1}{b_2}) \Rightarrow m_1 - m_2 = 2/5\log(2) \Rightarrow m_1 - m_2 = 0/75$$

۳۳- گزینه الف پاسخ صحیح است.



مطابق شکل روبرو، نقطه‌ی A را محل قرارگیری ماهواره‌ی اول و نقطه‌ی B را محل قرارگیری ماهواره‌ی دوم در نظر می‌گیریم، چراکه با توجه به گفته‌ی سؤال دو ماهواره در یک مدار، در خلاف جهت یکدیگر و در حالت مقابله قرار دارند. بنابراین مطابق شکل با امتداد، خطوط مماس بر سهمی، به نقطه‌ای نظیر C می‌رسیم که محل قرارگیری سیارک است. در این شکل زاویه‌ی مطلوب سؤال یا θ زاویه‌ی ACB است.



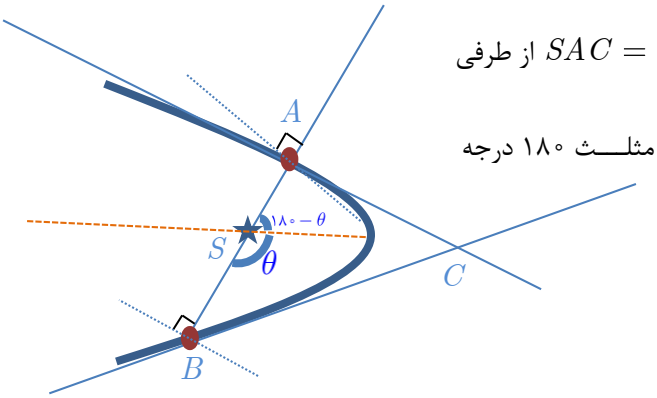
اگر در مدار سهموی، زاویه‌ی بین بردار سرعت شعاعی یعنی v_r و بردار سرعت مماسی یعنی $\dot{r}$ که بر مسیر حرکت عمود است را γ بنامیم؛ لذا می‌توانیم چنین بنویسیم:

$$\tan\gamma = \frac{v_r}{v_\perp} \;;\; v_r = \frac{GM_\odot}{h}\times e\sin\theta \;;\; v_\perp = \frac{GM_\odot}{h}\times(1+e\cos\theta) \;;\; e=1 \Rightarrow$$

$$\tan\gamma = \frac{\sin\theta}{1+\cos\theta}$$

که با کمی ساده‌سازی جبری و استفاده از نسبت‌های مثلثاتی، چنین خواهیم داشت:

$$\tan\gamma=\frac{\sin\theta}{1+\cos\theta}=\frac{2\sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2}}{2\sin^2\frac{\theta}{2}}=\tan\frac{\theta}{2}\Rightarrow\gamma=\frac{\theta}{2}$$



بنابراین در شکل با توجه به اینکه؛ $ASC=180-\theta$ خواهیم داشت، $SAC=\frac{\theta}{2}$ از طرفی $CSB=\theta$ درنتیجه $SBC=\frac{180-\theta}{2}$ و چون مجموع زوایای داخلی مثلث ۱۸۰ درجه است؛ پس چنین می‌نویسیم: $ACB=180-(\frac{\theta}{2}+\frac{180-\theta}{2})=90$.

درنتیجه زاویه‌ی مطلوب مسئله، قائم‌الزاویه است.

۳۴- گزینه ج پاسخ صحیح است.

در هنگام گذر زهره فاصله‌ی سیاره $(0/732-1)$ واحد نجومی است. حال باید ببینیم با توجه به بزرگ‌ترین خط مبنایی که ناظران روی زمین می‌توانستند داشته باشند (که برابر قطر زمین است) این اختلاف‌منظر δ به چند درجه می‌تواند برسد؛ پس می‌توانیم چنین بنویسیم:

$$\tan\frac{\delta_V}{2}=\frac{r_\oplus}{d_{\oplus V}}\Rightarrow\delta_V=2\times\frac{6400\times10^6 m}{1/5\times10^{11}\times0/268m}=0/0176^\circ=1/056'$$

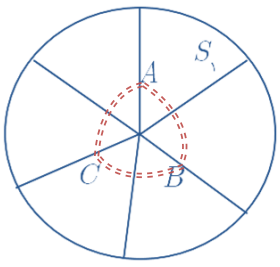
از طرفی برای خورشید نیز اختلاف‌منظر کوچکی وجود دارد که چنین به دست می‌آید:

$$\tan\frac{\delta_\odot}{2}=\frac{r_\oplus}{d_{\oplus\odot}}\Rightarrow\delta_\odot=2\times\frac{6400\times10^6 m}{1/5\times10^{11}m}=0/0048^\circ=0/3'$$

مقدار مطلوب جابجایی نسبت به زمینه‌ی خورشید تفاضل این دو جابجایی اختلاف‌منظری است؛ داریم:

$$\Delta\delta=1/056'-0/3'=0/756'$$

۳۵- گزینه ب پاسخ صحیح است.



مثلث حاصل از سه شهر متساوی‌الاضلاع است؛ کره‌ای به قطب مرکز ثقل این مثلث و از نگاه ناظر فوقانی رسم می‌کنیم؛ همان‌طور که می‌بینید ناحیه‌ی S_1 حائز شرایط مورد نظر مسئله است و ازآنجاکه قطاع‌ها باهم برابرند، پاسخ مطلوب $\frac{1}{6}$ می‌شود.