جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات به همراه پاسخنامه تشریحی
مرحله اول
دومین دوره‌ی المپیاد نجوم و اخترفیزیک سال ۱۴۰۳

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
۳۷	۹	۲۴۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب آزاد است.

تذکرات پیش از آزمون:

- این آزمون شامل **۳۷ سؤال** چندگزینه‌ای و **۹ سؤال تشریحی** است و مدت‌زمان پیشنهادی آن **۴ ساعت** است.
- نمره هر سؤال یکی کمتر از تعداد گزینه‌های آن است و هر پاسخ غلط یک نمره منفی دارد.
- استفاده از ماشین‌حساب غیرقابل‌برنامه‌ریزی در این آزمون مجاز است.
- استفاده از کاتالوگ‌ها، آلماناک‌ها و سایر اطلس‌های ستاره‌ای، در این آزمون تخلف محسوب می‌شود.
- پاسخنامه‌ی این آزمون توسط **کامبیز خالقی** تهیه شده است.

www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

ثابت‌های فیزیکی و نجومی

G	ثابت جهانی گرانش	$m^{۳}kg^{-۱}s^{-۲}$	$۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}$
$L_{\odot}$	درخشندگی خورشید	W	$۳/۸۵\times۱۰^{۲۶}$
c	سرعت نور	$ms^{-۱}$	$۳/۰۰\times۱۰^{۸}$
	شعاع سیاره‌ی زهره	km	۶۰۵۲
	شعاع سیاره‌ی عطارد	km	۲۴۴۰
$R_{\odot}$	شعاع خورشید	m	$۶/۹۶\times۱۰^{۸}$
$R_{\oplus}$	شعاع زمین	m	$۶/۳۸\times۱۰^{۶}$
	شعاع ماه	km	۱۷۳۸
	شعاع مداری زهره	Au	۰/۷۲۳
	شعاع مداری عطارد	Au	۰/۳۸۷
	شعاع مداری مریخ	Au	۱/۵۲۴
	شعاع مداری اورانوس	Au	۱۹/۲
pc	پارسک	m	$۳/۰۹\times۱۰^{۱۶}$
Au	واحد نجومی	m	$۱/۵۰\times۱۰^{۱۱}$
	قطر مردمک چشم انسان در شرایط رصد	mm	۸
$M_{\odot}$	جرم خورشید	kg	$۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}$
$M_{\oplus}$	جرم زمین	kg	$۵/۹۷\times۱۰^{۲۴}$
	جرم عطارد	kg	$۳/۲۸\times۱۰^{۲۳}$
	جرم زهره	kg	$۴/۸۷\times۱۰^{۲۴}$
	جرم زمین	kg	$۵/۹۷\times۱۰^{۲۴}$

۱- مشاهدات نشان می‌دهد که نسبت فاصله‌ی قمر کالیستو از سیاره‌ی مشتری به شعاع این سیاره، ۲۶/۳ است. اگر دوره‌ی تناوب مداری کالیستو ۱۶/۶۸ شبانه‌روز باشد چگالی متوسط سیاره‌ی مشتری چقدر است؟

الف) $۹/۳۶\times۱۰^{۱۲}kgm^{-۳}$ ب) $۱/۰۵\times۱۰^{۳}kgm^{-۳}$ ج) $۱/۲۴\times۱۰^{۳}kgm^{-۲}$

د) $۱/۰۰\times۱۰^{۲}kgm^{۲}$ هـ) $۷/۴۶\times۱۰^{۱۲}kgm^{-۲}$ و) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۲- حداکثر سرعت به‌دست‌آمده از طریق بررسی پهنای خطوط طیفی کهکشانی دوردست، $۶۰۰kms^{-۱}$ است. اگر فرض کنیم این کهکشان از لبه دیده می‌شود و قطرش در حدود $۱۰۰kpc$ است جرم کهکشان به جرم خورشید به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

الف) $۱۰^{۱۰}$ ب) $۱۰^{۱۲}$ ج) $۱۰^{۱۳}$ د) $۱۰^{۱۴}$

۳- دوره تناوب هلالی و نجومی ماه برحسب شبانه‌روز زمینی به ترتیب عبارت‌اند از:

الف) ۲۷/۳۲ و ۲۹/۵۳ ب) ۲۷/۵۳ و ۲۷/۳۲ ج) ۲۹/۵۳ و ۲۷/۳۲ د) ۲۹/۳۲ و ۲۷/۵۳

۴- در عرض جغرافیایی ۴۵ درجه بزرگ‌ترین سمت یک ستاره‌ی دورقطبی ۴۵ درجه شرقی است. میل این ستاره برابر است با:

الف) ۳۰ درجه ب) ۶۰ درجه ج) ۴۵ درجه د) ۱۵ درجه

۵- فاصله ظاهری خوشه پروین از ستاره‌ی ابط الجوزا در صورت فلکی جبار به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

الف) کمتر از ۱۰ درجه ب) ۲۵ درجه ج) ۳۵ درجه

د) ۴۵ درجه هـ) بیشتر از ۵۰ درجه

۶- کدام‌یک از پدیده‌های نجومی زیر هرگز رخ نخواهد داد؟

الف) عبور زهره از نزدیک (فاصله کمتر از ۶ درجه) سماک اعزل ب) عبور مریخ از نزدیک (فاصله کمتر از ۶ درجه) خوشه پروین

ج) عبور زهره از نزدیک (فاصله کمتر از ۶ درجه) M۴ د) عبور زهره از نزدیک (فاصله کمتر از ۶ درجه) شعرای شامی

۷- کدام‌یک از پدیده‌های نجومی زیر از هم‌اکنون تا پایان تابستان ۱۳۸۵ در ایران قابل‌مشاهده خواهد بود؟

الف) اوج زمین ب) خورشیدگرفتگی حلقوی ج) بارش شعاعی اسدی د) بارش شعاعی ربعی

۸- اگر حداکثر و حداقل قطر ظاهری ماه به ترتیب ۲۳ و ۲۹/۶ دقیقه قوس باشند خروج از مرکز ماه چقدر خواهد بود؟

الف) ۰/۰۵۴ ب) ۰/۰۱۲ ج) ۰/۰۲۴ د) ۰/۰۳۶

۹- اگر در طول سال فقط در یک روز خورشید در هنگام ظهر از سمت‌الرأس شهری بگذرد در این صورت:

الف) عرض جغرافیایی آن شهر برابر ۲۳/۵ درجه است. ب) عرض جغرافیایی آن شهر برابر ۲۳/۵- درجه است.

ج) عرض جغرافیایی آن شهر بین ۲۳/۵ و ۲۳/۵- درجه است. د) این شهر روی مدار رأس‌السرطان یا مدار راس‌الجُدی قرار دارد.

هـ) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۱۰- ستاره δ جبار با مختصات $\delta = 0^\circ$ و $\alpha = 5^h32^{\min}$ در تاریخ ۸۴/۱۱/۱۳ در شهری با مختصات ($53^\circ E$ = طول جغرافیایی، $33^\circ N$ = عرض جغرافیایی) با چه سمتی طلوع می‌کند؟

الف) ۴۸ درجه ب) ۵۸ درجه ج) ۱۱۰ درجه د) ۹۰ درجه هـ) ۲۸۰ درجه

۱۱- اگر راصدی، شدت نور ستاره‌ی CMi ۶ را از پشت تلسکوپ خود برابر شدت نور ستاره‌ی شباهنگ با چشم غیرمسلح دیده باشد، قطر آینه‌ی تلسکوپ او تقریباً چه اندازه است؟ قدرهای ظاهری ستاره‌های CMi ۶ و شباهنگ به ترتیب ۵/۱۱ و ۱/۵۸- می‌باشد.

الف) ۱۷cm ب) ۲۳cm ج) ۳۰cm د) ۵۱cm هـ) ۱۰cm

۱۲- سیاره‌ی مریخ با دوره‌ی تناوب مداری ۱/۸۸ سال زمینی در تاریخ ۱۳۸۴/۸/۱۶ در موقعیت مقابله بوده است. مقارنه‌ی بعدی این سیاره چه زمانی است؟ مدارهای زمین و مریخ را دایروی در نظر بگیرید.

الف) تیر ۱۳۸۶ ب) آذر ۱۳۸۵ ج) دی ۱۳۸۵
د) مرداد ۱۳۸۶ هـ) اسفند ۱۳۸۷ و) فروردین ۱۳۸۷

۱۳- قدر حدی یک تلسکوپ با قطر آینه‌ی اصلی ۸۰ سانتیمتر در آسمانی ایده‌آل چقدر است؟

الف) ۱۵/۰ ب) ۱۴/۵ ج) ۱۶/۵ د) ۱۸/۵ هـ) ۲۱/۰

۱۴- با استفاده از تلسکوپی با فاصله‌ی کانونی ۴۰۰ mm عکسی از خورشید گرفته‌شده است. اگر اندازه‌ی فیلم عکاسی $۲۴ \times ۳۶mm$ باشد اندازه‌ی قطر قرص خورشید در عکس چاپ‌شده در ابعاد $۱۰ \times ۱۵\,cm$ چقدر خواهد بود؟

الف) ۵/۰mm ب) ۱۲/۰ mm ج) ۱۴/۵ mm د) ۱۷/۰ mm هـ) ۱۳/۵ mm

۱۵- کدام‌یک از صورت‌های فلکی زیر در همسایگی صورت فلکی اژدها (تنین) قرار ندارد؟

الف) خرس بزرگ (دب‌اکبر) ب) چنگ رومی (شلیاق) ج) خرس کوچک (دب‌اصغر)
د) جاثی هـ) ذات‌الکرسی

۱۶- اگر خروج از مرکز مدار اورانوس ۰/۰۴۶ باشد، حداکثر قطر زاویه‌ای خورشید از دید ناظری فرضی بر روی اورانوس چقدر است؟

الف) ۴۷/۹ ثانیه‌ی قوس ب) ۵۰/۳ ثانیه‌ی قوسی ج) ۱۰۵/۲ ثانیه‌ی قوسی
د) ۵۲/۶ ثانیه‌ی قوسی هـ) ۱۱۳/۲ ثانیه‌ی قوسی

۱۷- در اثر حرکت تقدیمی محور زمین، نقطه‌ی اعتدال بهاری به سمت کدام صورت فلکی حرکت می‌کند؟

الف) دلو ب) ثور ج) فرس اعظم د) عقاب هـ) نهنگ

۱۸- در کدام‌یک از تاریخ‌های زیر، زهره در آسمان درخشان‌تر دیده‌شده یا خواهد شد؟

الف) اوایل دی ۱۳۸۴ ب) اواخر بهمن ۱۳۸۴ ج) اواسط اسفند ۱۳۸۴ د) اوایل فروردین ۱۳۸۵

۱۹- زمانی که نور یک ستاره از جو زمین عبور می‌کند، شدت آن براثر جذب و پراکندگی توسط مولکول‌های هوا و ذرات ریز گردوغبار کاهش می‌یابد. به این پدیده خاموشی جوی می‌گویند. در اثر خاموشی جوی قدر ستاره‌ها در حضور جو (روی سطح زمین) بیشتر از قدر آن‌ها در غیاب جو خواهد شد. قدر ستاره با زاویه‌ی سمت‌الرأسی z در حضور جو، m_z بوده و با رابطه‌ی $m_z = m_\circ + k_\lambda \sec z$ داده می‌شود که در آن $m_\circ$ قدر ستاره در غیاب جو و k_λ ضریب خاموشی جوی است که بستگی به وضعیت جو و طول‌موج نور دارد. مقدار K_λ برای فیلترهای B و V (استاندارد جانسون) به ترتیب برابر است با k_B =۰/۵ و k_V =۰/۳. اگر شاخص رنگ یک ستاره B-V در فاصله‌ی سمت‌الرأسی ۴۵ درجه، صفر باشد، مقدار شاخص رنگ این ستاره در غیاب جو چقدر است؟

الف) ۰/۳ ب) ۰/۴ ج) -۰/۳ د) -۰/۴ هـ) ۰/۵

۲۰- درخشندگی یک ستاره L، بنا به تعریف، مقدار انرژی خارج‌شده از سطح ستاره در واحد زمان در محدوده‌ی نور مرئی است. درخشندگی بولومتریک L_{bol} عبارت است از انرژی تولیدشده در واحد زمان (توسط ستاره در تمامی طیف‌های الکترومغناطیس)، با توجه به این دو تعریف کدام گزینه در مورد خورشید صحیح است؟

الف) $L_{bol} \cong ۱۰L$ ب) $L_{bol} \cong ۵L$ ج) $L_{bol} \cong ۲L$

د) $L_{bol} \cong L$ هـ) $L \cong ۲L_{bol}$ و) $L \cong ۱۰L_{bol}$

۲۱- ارتفاع ستاره‌ای دورقطبی با میل δ، در شهری با عرض جغرافیایی φ در هنگام عبور بالایی ۷۰° و در هنگام عبور پایینی ۵۰° است. مقدار $\delta - \varphi$ برای این ستاره کدام است؟

الف) ۱۰ ب) -۱۰ ج) ±۱۰

د) ۲۰ هـ) ±۲۰ و) -۲۰

۲۲- زمان نجومی در شهر تهران با عرض جغرافیایی $۳۶N$ و طول جغرافیایی $۵۲E$ در ساعت ۱۰ صبح روز جمعه ۱۳ بهمن ۱۳۸۴ مطابق با کدام گزینه است؟

الف) ۱۰:۰۰ ب) ۸:۴۲ ج) ۱۸:۴۴ د) ۰۱:۱۸ هـ) ۲۲:۱۲

۲۳- فاصله‌ی زاویه‌ای ستاره‌ی A با مختصات $\alpha = ۹h$ و $\delta = ۶۰°$، ستاره‌ی B با مختصات $\alpha = ۱۱h$ و $\delta = ۴۵°$ در آسمان چقدر است؟

الف) ۵۴ درجه ب) ۲۳ درجه ج) ۳۴ درجه د) ۶۳ درجه

۲۴- انجام کدام‌یک از کارهای زیر نیاز به مصرف انرژی کمتری دارد؟

الف) فرستادن سفینه به سمت خورشید

ب) فرستادن سفینه به بیرون منظومه شمسی

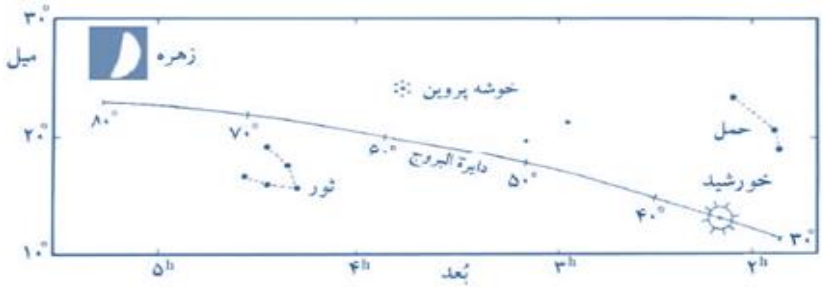
ج) فرستادن سفینه به مداری منطبق بر مدار زمین به‌طوری‌که خلاف جهت حرکت زمین به دور خورشید حرکت کند.

د) فرستادن سفینه در مدار قطبی به دور خورشید (مداری که بر صفحه دایره‌البروج عمود است).

۲۵- عکس مقابل از ماه نو در روز اول فروردین گرفته‌شده است. اگر ماه در این زمان دریکی از گره‌های خود قرار داشته باشد عرض جغرافیایی ناظر کدام است؟

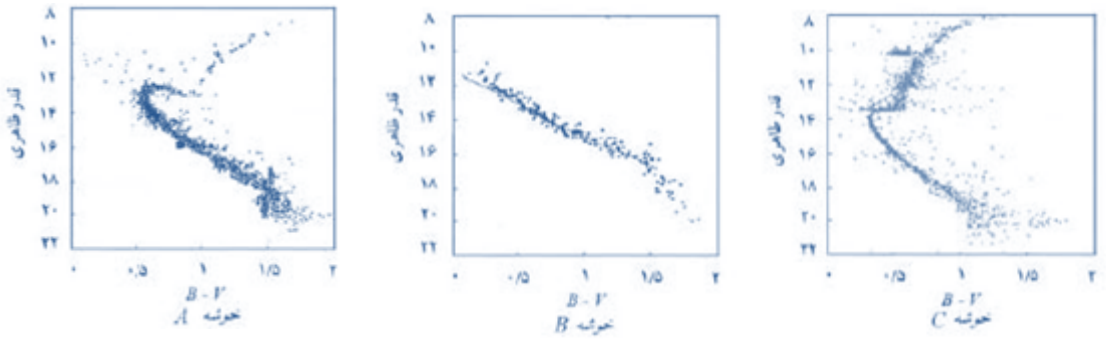
الف) ۲۱/۵ درجه
ب) ۶۸/۵ درجه
ج) ۴۵/۵ درجه
د) ۶/۵ درجه
هـ) ۳۶/۵- درجه

۲۶- با توجه به شکل زیر و با این فرض که زهره در صفحه‌ی دایره‌البروج به دور خورشید می‌گردد فاصله‌ی زهره تا زمین کدام است؟



الف) ۰/۷ AU
ب) ۰/۴ AU
ج) ۱/۳ AU
د) ۱/۰ AU

۲۷- در شکل‌های زیر نمودار HR سه خوشه‌ی کروی داده‌شده است. اگر T_A و T_B و T_C به ترتیب نشان‌دهنده‌ی سن خوشه‌های A، B و C باشند در این صورت:



الف) $T_A > T_B > T_C$
ب) $T_B > T_C > T_A$
ج) $T_C > T_A > T_B$
د) $T_A > T_C > T_B$

۲۸- دو تا از قمرهای مشتری به نام‌های هیمالیا و کارمه در خلاف جهت یکدیگر به دور مشتری می‌گردند. دوره‌ی تناوب مداری هیمالیا ۲۵۱ شبانه‌روز زمینی و دوره‌ی تناوب مداری کارمه ۷۰۲ شبانه‌روز زمینی است. اگر فرض کنیم که مدارهای این دو قمر دایروی و تقریباً در صفحه‌ی استوای مشتری قرار دارند فاصله‌ی زمانی دو مقارنه‌ی متوالی برای این اقمار ازنظر راصد روی استوای مشتری چند شبانه‌روز زمینی است؟

الف) ۳۹۱
ب) ۵۰۲
ج) ۱۸۵
د) ۱۲۵

۲۹- طول شب در سیاره اورانوس با زاویه‌ی میل محوری ۹۷/۹ درجه و شعاع $۱/۵\times۱۰^{۷}m$ در عرض‌های جغرافیایی ۰ درجه و ۹۰ درجه‌ی شمالی به ترتیب از راست به چپ برابر با چند شبانه‌روز زمینی است؟ فاصله‌ی متوسط اورانوس از خورشید در حدود $۱۹/۲\mathrm{Au}$ و دوره‌ی تناوب وضعی آن ۰/۷۲ شبانه‌روز زمینی است.

الف) $۰/۷۲ - ۰/۷۲$ ب) $۰/۷۲ - ۰/۳۶$ ج) $۰/۷۲ - ۱/۵۳\times۱۰^{۴}$

د) $۰/۷۲ - ۳/۰۷\times۱۰^{۴}$ هـ) $۰/۳۶ - ۱/۵۳\times۱۰^{۴}$ و) $۰/۳۶ - ۳/۰۷\times۱۰^{۴}$

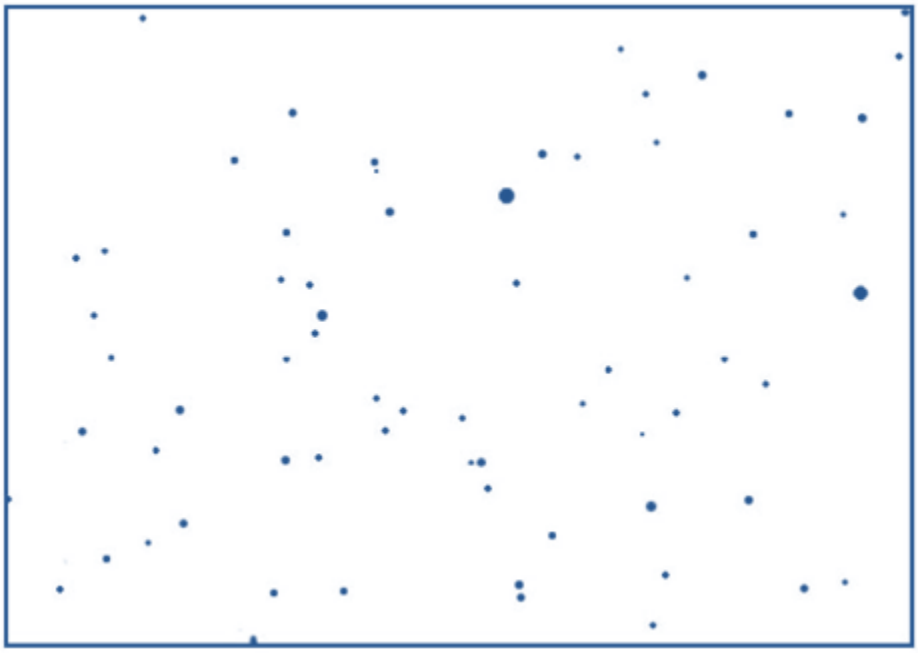
۳۰- در تصویر زیر صورت‌های فلکی قابل‌مشاهده کدام‌اند؟

الف) عوا-کلاغ-مارافسای-جاثی-اکلیل شمالی

ب) مارافسای-مثلث-عوا-آندرومدا حمل جاثی

ج) دب اکبر-سیاه گوش-سنبله-کلاغ-دب اصغر

د) عوا-اکلیل شمالی-میزان-سنبله-سرمار-جاثی



۳۱- در کدام‌یک از نقاط زیر ستاره‌ی نسر واقع با مختصات $\delta = ۳۸^{\circ}\,۴۷'$ و $\alpha = ۱۸^{h}۳۷^{m}$ تقریباً از سمت‌الرأس می‌گذرد؟

الف) طول جغرافیایی $۳۸^{\circ}\,۳۷'$ شرقی

ب) طول جغرافیایی $۸۰^{\circ}\,۷۵'$ غربی

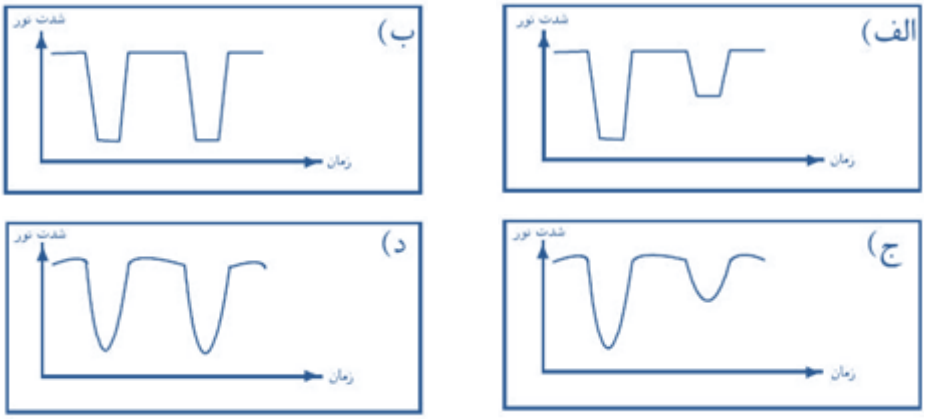
ج) عرض جغرافیایی $۳۸^{\circ}\,۴۷'$ شمالی

د) عرض جغرافیایی $۵۱^{\circ}\,۱۳'$ شمالی

۳۲- یک سیستم دوتایی گرفتی با $i = ۹۰^\circ$ ، از دو ستاره‌ی A و B با مشخصات زیر تشکیل‌شده است.

ستاره	دمای مؤثر	شعاع نسبی
A	۳۵۰۰ K	۱
B	۳۵۰۰K	۵۰

منحنی نوری این منظومه‌ی دوتایی شبیه کدام شکل است؟



۳۳- اگر ستاره‌ای در شهر بم در ساعت ۸ شب طلوع کند یک ماه بعد زمان طلوع این ستاره چه ساعتی خواهد بود؟

الف) ۹ شب ب) ۸ شب ج) ۱۰ شب د) ۶ عصر هـ) ۷ شب

۳۴- اگر اختلاف‌منظر اندازه‌گیری شده برای ستاره‌ی شباهنگ ۰/۳۸ ثانیه‌ی قوسی باشد فاصله‌ی این ستاره از ما چند سال نوری است؟

الف) ۱/۳ ب) ۸/۶ ج) ۲/۶ د) ۳۸ هـ) ۰/۳۸

۳۵- با توجه به جدول زیر کدام‌یک از ستاره‌ها در شهری با عرض جغرافیایی ۵۰ درجه‌ی جنوبی هرگز طلوع یا غروب نمی‌کنند؟

ستاره	بعد	میل
۱	$۶^h\ ۴۵^m$	$-۱۶^\circ\ ۴۳'$
۲	$۶^h\ ۲۴^m$	$-۵۲^\circ\ ۴۲'$
۳	$۱۴^h\ ۱۶^m$	$۱۹^\circ\ ۱۰'$
۴	$۱۴^h\ ۴۰^m$	$۶۰^\circ\ ۵۱'$
۵	$۱۸^h\ ۳۷^m$	$۳۸^\circ\ ۴۷'$
۶	$۵^h\ ۱۷^m$	$۴۶^\circ\ ۰۰'$
۷	$۵^h\ ۱۵^m$	$-۸^\circ\ ۱۲'$
۸	$۷^h\ ۴۰^m$	$۵^\circ\ ۱۳'$
۹	$۱^h\ ۳۸^m$	$-۵۷^\circ\ ۱۳'$
۱۰	$۵^h\ ۵۵^m$	$۷^\circ\ ۲۴'$

الف) فقط ۶
ب) ۲،۴،۹
ج) ۵،۶
د) ۲،۴،۵،۶،۹
هـ) ۲،۴،۶،۹
و) هیچ‌کدام

www.MAAKH.ir

۳۶- رصدخانه‌های رادیویی جودرل بَنک در انگلستان ($۲^\circ E$ =طول جغرافیایی، $۵۳^\circ N$ =عرض جغرافیایی) و گرین بَنک در آمریکا ($۸۰^\circ W$ =طول جغرافیایی، $۳۸^\circ N$ =عرض جغرافیایی) می‌خواهند به کمک آنتن‌های رادیوییِ خود با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. برای این کار باید محور اصلی آنتن‌های رادیویی در دو رصدخانه به سمتِ همدیگر باشند. در رصدخانه‌ی جودرل بَنک، جهت محور آنتن رادیویی با جهت شمال چه زاویه‌ای می‌سازد؟

الف) ۵۰° ب) ۷۰° ج) ۱۱۰° د) ۳۰°

۳۷- کدام گزینه غلط است؟

الف) شدت میدان مغناطیسیِ سیاره‌ی زهره در حدود نصفِ شدتِ میدان مغناطیسی سیاره‌ی زمین است.

ب) سیاره‌ی مشتری، کوتاه‌ترین دوره‌ی تناوب وضعی در منظومه‌ی شمسی رادار است.

ج) دمای سطحی سیاره‌ی زهره از دمای سطحی سیاره‌ی عطارد بیشتر است.

د) جرم سیاره‌ی مشتری در حدود دو برابر مجموع جرم دیگر سیارات منظومه‌ی شمسی است.

«مسئله‌های کوتاه»

پیش از شروع مسئله‌های کوتاه توضیح زیر را به‌دقت بخوانید.

پاسخ در این قسمت نمره منفی ندارد.

در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدی که در صورت‌مسئله خواسته‌شده (مثلاً ثانیه درجه پارسک و غیره) به دست آورید. سپس رقم یکان را در قسمت مربوط به رقم یکان و رقم دهگان را در قسمت مربوط به دهگان در پاسخ‌نامه علامت بزنید.

فرض کنید در صورت‌مسئله قدر ستاره‌ای خواسته‌شده است و شما عدد ۶۹۵ / ۱۲ را به دست آورید. جوابی که باید در پاسخ‌نامه زده شود عدد ۱۲ است یعنی باید ۱ را در ستون دهگان و ۲ را در ستون یکان سیاه کنید.

از گرد کردن اعداد خودداری کنید. از علامت اعداد صرف‌نظر کنید. فقط دو رقم یکان و دهگان مهم است. جدول زیر چند نمونه از اعداد به‌دست‌آمده و آنچه باید در پاسخ‌نامه زده شود را نشان می‌دهد.

عدد به‌دست‌آمده	عددی که باید در پاسخ‌نامه وارد شود
۴۳ / ۹۹۶۵۴	۴۳
۴۳ / ۰۰۱۲۳۶۵	۴۳
۱ / ۸۶۶	۰۱
۹۹ / ۹۹۹۹	۹۹
۰ / ۰۰۰۱	۰۰
۲	۰۲

۱- ملوانی که بر دکل کشتی نشسته است، قله‌ی کوهی را در دوردست در افق می‌بیند. اگر ارتفاع دکل از سطح دریا ۲۰ متر و ارتفاع کوه از سطح دریا ۵۰۰ متر باشد، فاصله‌ی کشتی از پای کوه روی دریا چند کیلومتر خواهد بود؟ (شعاع زمین 6378km است)

۲- یکی از سیارک‌های بین مریخ و مشتری در مداری بیضوی با نیم محور بزرگ $a_\circ = 3Au$ و خروج از مرکز $e_\circ = 0/05$ حرکت می‌کند. به دلیل اغتشاشات ناشی از حرکت مشتری، خروج از مرکز این سیارک به‌طور ناگهانی زیاد می‌شود درحالی‌که نیم محور بزرگ مدار آن ثابت می‌ماند. صد برابر حداقل خروج از مرکز مدار جدید چقدر باشد تا احتمال برخورد این سیارک با زمین به وجود آید؟ فرض می‌کنیم این سیارک در صفحه‌ی دایره‌البروج است.

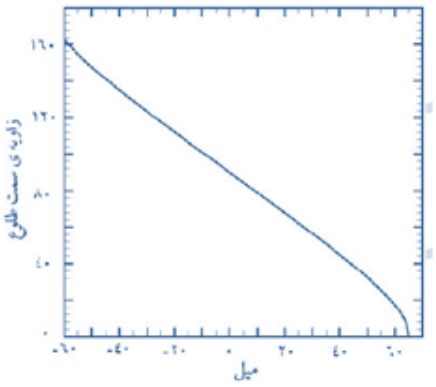
۳- فضانوردی که از روی استوای ماه به آسمان نگاه می‌کند فضاپیمای آپولو را دقیقاً در بالای سر خود می‌بیند که با سرعت زاویه‌ای رصد شده‌ی ω_1 در حال حرکت است. چند دقیقه بعد فضانورد می‌بیند که آپولو در افق شرق با سرعت زاویه‌ای رصد شده‌ی ω_2 غروب می‌کند. اگر $\frac{\omega_1}{\omega_2} = 10/25$ باشد نسبت شعاع مدار آپولو به فاصله‌ی آپولو از سطح ماه چقدر است؟ مدار آپولو به دور ماه دایروی است.

۴- بر مبنای روش‌های طیف‌نگاری، دمای مؤثر ستاره‌ای 30000K اندازه‌گیری شده است. اگر بدانیم که این ستاره با سرعت $250 kms^{-1}$ به ما نزدیک می‌شود در این صورت اختلاف دمای مؤثر واقعی با دمای اندازه‌گیری شده چند کلوین است؟

۵- بادهای خورشیدی ذرات باردار پرانرژی هستند که از سطح خورشید به درون منظومه شمسی پرتاب می‌شوند. سرعت این ذرات باردار که اغلب از پروتون‌ها تشکیل‌شده‌اند در حدود چند صد کیلومتر در ثانیه است. براثر این بادها، خورشید در هرسال در حدود 3×10^{-14} برابر جرم خورشید از جرم خود را از دست می‌دهد. اگر شعاع مؤثر مغناطیس کره‌ی زمین در امتداد عمود بر جهت خورشید را ۱۵ برابر شعاع زمین در نظر بگیریم، در یک روز چند میلیون کیلوگرم به جرم زمین اضافه می‌شود؟

۶- ناظری که در استوا زندگی می‌کند در نیمه‌شب روز اول مهر، ارتفاع مریخ را ۴ درجه اندازه‌گیری می‌کند. ساعت صفر اول فروردین سال بعد ارتفاع مریخ برای این ناظر چقدر خواهد بود؟

۷- نمودار زیر تغییرات زاویه‌ی سمت برحسب تغییرات میل ستاره‌ها را در هنگام طلوع برای محل معینی نشان می‌دهد. عرض جغرافیایی این محل چقدر است؟



۸- غواصی در عمق ۲۰ متری دریا به خورشید نگاه می‌کند. اگر زاویه سمت‌الرأسی خورشید ۴۵ درجه باشد، خورشید ازنظر این غواص بیضی دیده خواهد شد. صد برابر خروج از مرکز این بیضی چقدر است؟ ضریب شکست آب دریا را ۱/۳۳ فرض کنید.

۹- مشاهدات دقیق نشان داده است که ستاره‌ی ۵۵ در صورت‌فلکی خرچنگ دارای یک منظومه‌ی سیاره‌ای است. مشخصات فیزیکی یکی از سیارات این منظومه در جدول زیر داده‌شده است.

جرم	۰/۲۱M_j
نیم محور بزرگ مدار	۰/۲۴ واحد نجومی
دوره‌ی تناوب مداری	۴۴/۲۸ روز
خروج از مرکز	۰/۳۴

که در آن $M_J = ۱/۰۹ \times ۱۰^{۲۷} kg$ جرم مشتری است. با فرض این‌که طول عمر رشته‌ی اصلی خورشید ۱۰ میلیارد سال باشد، طول عمر رشته‌ی اصلی ستاره‌ی ۵۵ خرچنگ چند برابر خورشید است؟

کلید سؤالات

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

سؤالات تشریحی

۱-	۹۶	۲-	۶۷
۳-	۱۰	۴-	۲۵
۵-	۱۷	۶-	۱۱
۷-	۲۵	۸-	۵۵
۹-	۰۱		

۱- گزینه ج پاسخ صحیح است.

از صورت گرانشی قانون سوم کپلر به خاطر داریم که: $P^۲ = \frac{۴\pi^۲}{Gm} r^۳$؛ از طرفی $\rho = \frac{m}{V}$ درنتیجه با توجه به دانستن حجم کره به‌صورت $v = \frac{۴}{۳}\pi r^۳$ می‌توانیم چنین بنویسیم: $m = \rho.V = \rho(\frac{۴}{۳}\pi R^۳)$. با توجه به رابطه‌ی اخیر داریم: $p^۲ = \frac{۴\pi^۲}{G\rho(\frac{۴}{۳}\pi R^۳)} r^۳$ درنتیجه:

$\rho = \frac{۳\pi}{GP^۲}(\frac{r}{R})^۳$. از فرض مسئله هم می‌دانیم که $\frac{r}{R}$ برابر ۲۶ / ۳ است. سپس با جایگزینی سایر اعداد خواهیم داشت:

$$\rho = \frac{۳ \times ۳/۱۴}{۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱} \times (۱۶/۶۸ \times ۸۶۴۰۰)^۲} \times (۲۶/۳)^۳ = ۱/۲۴ \times ۱۰^۳ \frac{kg}{m^۳}$$

۲- گزینه ب پاسخ صحیح است.

می‌دانیم $F = \frac{GM_G \times m}{r^۲}$ از طرفی $F = \frac{mv^۲}{r}$ درنتیجه:

$$\frac{mv^۲}{r} = \frac{GM_G m}{r^۲} \Rightarrow v^۲ = \frac{GM_G}{r} \Rightarrow M_G = \frac{rv^۲}{G}$$

طبق صورت‌مسئله داشتیم:

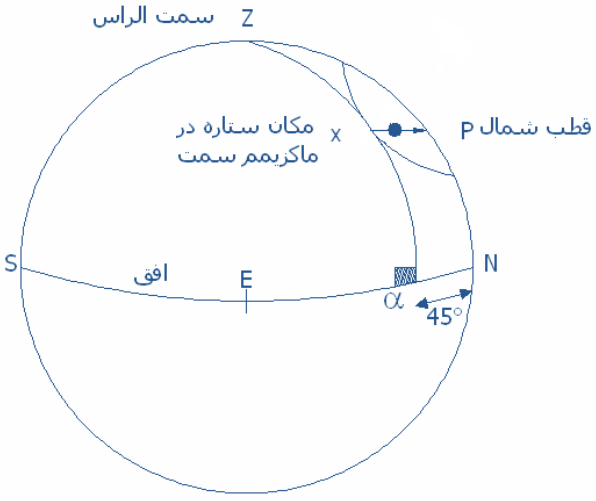
$$v = ۶۰۰\frac{km}{s} \Rightarrow v = ۶ \times ۱۰^۵ \frac{m}{s} \quad ; m_\odot = ۲ \times ۱۰^{۳۰} kg$$

$$r = (۱۰^۲ \times ۱۰^۳ pc) \times \frac{۱}{۲} \times (۳/۰۸۶ \times ۱۰^{۱۶} \frac{m}{pc}) = ۱/۵۴۳ \times ۱۰^{۲۱} m$$

پس:

$$\frac{M_G}{m_\odot} = \frac{\frac{rv^۲}{G}}{m_\odot} = \frac{۱/۵۴۳ \times ۱۰^{۲۱} \times ۳۶ \times ۱۰^{۱۰}}{۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}} = ۴/۱۶۴۰۱ \times ۱۰^{۱۲}$$

۳- گزینه ج پاسخ صحیح است.



دوره تناوب هلالی؛ به مدت‌زمانی گفته می‌شود که یک جرم آسمانی از دید ناظر زمینی از یکی از فازهای اهله خود، آغاز و بار دیگر به همان فاز برگردد. دوره تناوب نجومی نیز به مدت‌زمانی می‌گویند که یک جرم به دور جرم مادر خود یک دور کامل بچرخد. دوره تناوب نجومی برای ماه $۲۷\frac{۱}{۳}$ روز است و دوره تناوب نجومی آن ۲۹ / ۵۳ روز است که دلیل این اختلاف‌زمانی به شرح زیر است:

بعد از گذشت $۲۷\frac{۱}{۳}$ روز ماه مجدداً به مکان اولیه‌اش در فضا بازمی‌گردد. ولی طی این مدت زمین نیز مقداری جابه‌جا می‌شود. میزان این جابه‌جایی ۲۷° است ولی ازآنجایی‌که در مدت این جابه‌جایی زمین به حرکت خود ادامه داده است.

برای تشکیل هلال اولیه‌ی ماه مسافتی کمی بیشتر از ۲۷ درجه را طی می‌کند که این مقدار برابر $^\circ$ ۲۹ است زمان این حرکت جبرانی $۲\frac{۱}{۶}$ روز است درنتیجه $۲۹ / \frac{۱}{۲} = ۲۷\frac{۱}{۳} + ۲\frac{۱}{۶}$ و به‌طور دقیق‌تر ۲۹ / ۵۳ روز.

۴- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

در مثلث کروی PZX می‌دانیم PZ = $^\circ$ ۴۵ (چون عرض جغرافیایی $^\circ$۴۵ است). نیم‌دایره‌ی صغیره PX موازی استوای سماوی رسم شده، لذا بر کمان $Z\alpha$ عمود است و زاویه $PXZ = ۹۰^\circ$. کمان $N\alpha$ برابر ۴۵ درجه است. بنابراین زاویه‌ی نظیر روبرو یعنی Z نیز برابر $^\circ$ ۴۵ شده است.

حال طبق قضیه سینوس‌ها داریم: $\frac{\sin pz}{\sin x} = \frac{\sin px}{\sin z}$

$$\frac{\sin ۴۵}{\sin ۹۰} = \frac{\sin PX}{\sin ۴۵} \Rightarrow \sin PX = \frac{۱}{۲} \Rightarrow \sin(۹۰ - \delta) = \frac{۱}{۲} \quad \Rightarrow \cos\delta = \frac{۱}{۲} \Rightarrow \delta = ۶۰^\circ$$

۵- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

۶- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

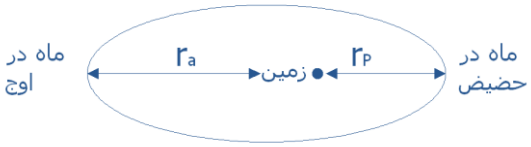
زیرا ستاره‌ی شعرای شامی متعلق به صورت فلکی کلب اصغر است و با دایره‌البروج زاویه‌ای حدود $^\circ$ ۲۰ می‌سازد اما زهره ماکزیمم فاصله‌اش از دایره‌البروج ۲ / ۵ درجه است. سایر گزینه‌های مطرح‌شده نیز از اجرام نزدیک به دایره‌البروج به شمار می‌روند.

۷- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

تمام پدیده‌های فوق ظرف چند ساعت به پایان می‌رسند اما با توجه به‌صورت سؤال، مدت‌زمان پدیده مذکور به‌پیش از یک ماه می‌رسد.

۸- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

با توجه به روابط برقرار برای زوایای کمتر از ۶ درجه داریم: $\theta_a = \frac{D_a}{r_a}$ و $\theta_p = \frac{D_a}{r_a}$



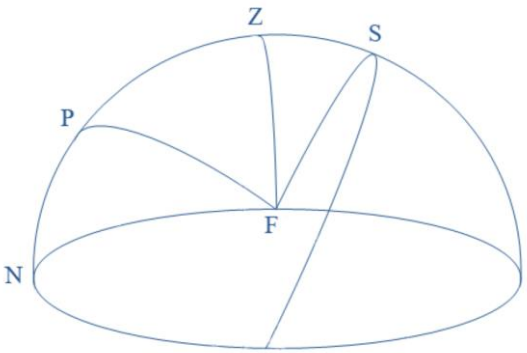
می‌توانیم بنویسیم: $\frac{r_a}{r_p} = \frac{\theta_a}{\theta_p} = \frac{۲۲ / ۶}{۳۳} = ۰ / ۸۹۷$ از طرف دیگر طبق قواعد موجود در بیضی می‌دانیم:

$$\frac{r_a}{r_p} = \frac{a\ ۱-e}{a\ ۱-e} = \frac{۱-e}{۱+e} = ۰ / ۸۹۷ \Rightarrow ۱-e = ۱+e\ ۰ / ۸۹۷ \Rightarrow e = \frac{۱-۰ / ۸۹۷}{۱+۰ / ۸۹۷} = ۰ / ۰۵۴$$

۹- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

اگر عرض جغرافیایی شهری، از عرض جغرافیایی مدارهای رأس‌الجدی یا رأس‌السرطان بیشتر باشد، در طول سال هیچ‌گاه خورشید از سمت‌الرأس عبور نمی‌کند. اگر شهر مورد نظر روی مدارهای مذکور باشد تنها یک‌بار در سال خورشید از سمت‌الرأس می‌گذرد. اگر شهر مورد نظر زیر مدارهای مذکور باشد دو مرتبه در سال از سمت‌الرأس عبور می‌کند.

۱۰- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.



با توجه به صورت مسئله، میل ستاره صفر است یعنی ستاره روی استوای سماوی قرارگرفته. پس فاصله‌ی زاویه‌ای آن از ستاره قطبی ۹۰° است؛ (میل ستاره قطبی= ۹۰°) همین‌طور می‌توان گفت که چون از لحظه‌ی طلوع ستاره صحبت به میان آمده، فاصله‌ی نقطه مورد نظر از سمت‌الرأس نیز برابر ۹۰° است. حال با استفاده از قضیه کسینوس‌ها در مثلث کروی PZF داریم:

$$\cos PF = \cos PZ.\cos FZ + \sin PZ.\sin FZ\cos PZF$$

$$\cos ۹۰ = \cos\ ۹۰ - \varphi\ \cos ۹۰ + \sin\ ۹۰ - \varphi\ \cos Z$$

$$\Rightarrow ۰ = \cos\phi \cos Z \Rightarrow \cos Z = ۰ \Rightarrow Z = ۹۰^\circ$$ سمت طلوع ستاره

۱۱- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

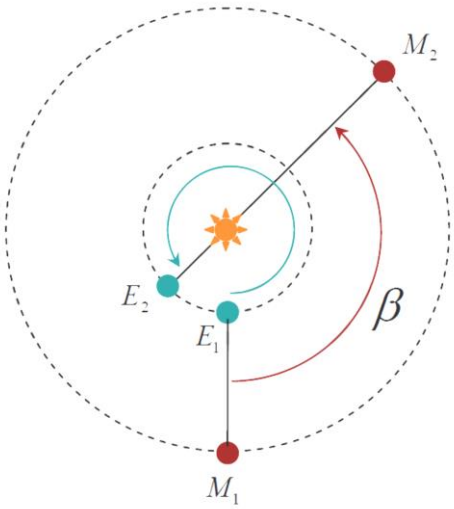
می‌دانیم:

$$m_۱ - m_۲ = -۲/۵\log\frac{b_۱}{b_۲} \quad ; \quad \frac{b_۱}{b_۲} = \frac{\frac{L_۱}{A_۱}}{\frac{L_۲}{A_۲}} = (\frac{D_۲}{D_۱})^۲ \Rightarrow m_۱ - m_۲ = -۲/۵\log(\frac{D_۲}{D_۱})^۲ = -۵\log\frac{D_۲}{D_۱}$$

از طرف دیگر، می‌دانیم بیشترین قطر مردمک چشم انسان ۸ میلی‌متر است؛ یعنی:

$$-۱/۵۸ - ۵/۱۱ = -۵\log\frac{D_۲}{۸} \Rightarrow D_۲ = ۱۷۴mm = ۱۷/۴cm$$

۱۲- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.



در تاریخ ۱۶ / ۸ / ۱۳۸۴ دو سیاره در موقعیت ۱ قرار داشته‌اند. می‌خواهیم بدانیم وقتی مریخ در مکان $M_۲$ قرار گرفت زمین در چه مکانی و در چه زمانی قرار دارد.

$$\left.\begin{aligned}\beta &= \frac{۲\pi}{T_M}t \\ \beta + \pi &= \frac{۲\pi}{T_E}t\end{aligned}\right\} \Rightarrow ۲ + \left(\frac{۱}{T_E} - \frac{۱}{T_M}\right) = ۱$$

که در آن؛ دوره تناوب مداری زمین = ۱ سال $\equiv T_E$ و دوره تناوب مداری مریخ = ۱/۸۸ سال زمینی $\equiv T_m$ است.

$$۲t = \frac{T_E T_M}{T_M - T_E} = \frac{۱/۸۸۱}{۰/۸۸۱} = ۲/۱۳۵۰ \Rightarrow t = ۱/۰۶۷$$ سال

۱/۰۶۷ سال دیگر مجدداً مقابله رخ می‌دهد. درنتیجه ۲۵ + ۳۶۵ = ۳۹۰ = x یا به عبارت ساده‌تر ۱ سال و ۲۵ روز دیگر، مقارنه‌ی بعدی در تاریخ ۱۱ / ۹ / ۱۳۸۵ رخ می‌دهد.

۱۳- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

مانند سؤال ۱۱ عمل می‌کنیم پس داریم:

$$m_۱ - m_۲ = -۵\log\frac{D_۲}{D_۱}$$

$D_۱ \equiv$ قطر مردمک چشم انسان $= ۸mm \Rightarrow m_۱ - m_۲ = -۵\log\frac{۸۰۰}{۸} \Rightarrow$

بیشترین توانایی دید انسان در شب، قدر ۶ و کمی بیشتر از آن است. پس $m_۱$ را (با توجه به گزینه‌ها عدد ۶ / ۵ در نظر می‌گیریم)

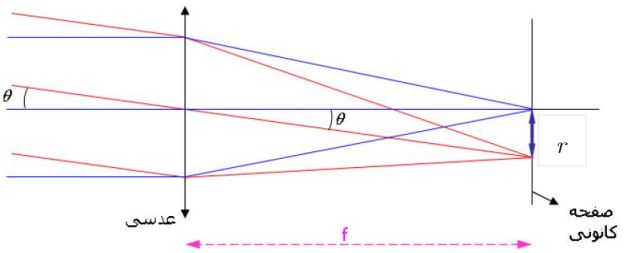
$$۶/۵ - m_۲ = -۱۰ \Rightarrow m_۲ = ۱۶/۵$$

۱۴- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

قطر خورشید روی نگاتیو برابر $r \equiv$ ؛ قطر ظاهری خورشید در آسمان $\equiv \theta''$؛ فاصله‌ی کانونی $f \equiv$ در نظر می‌گیریم:

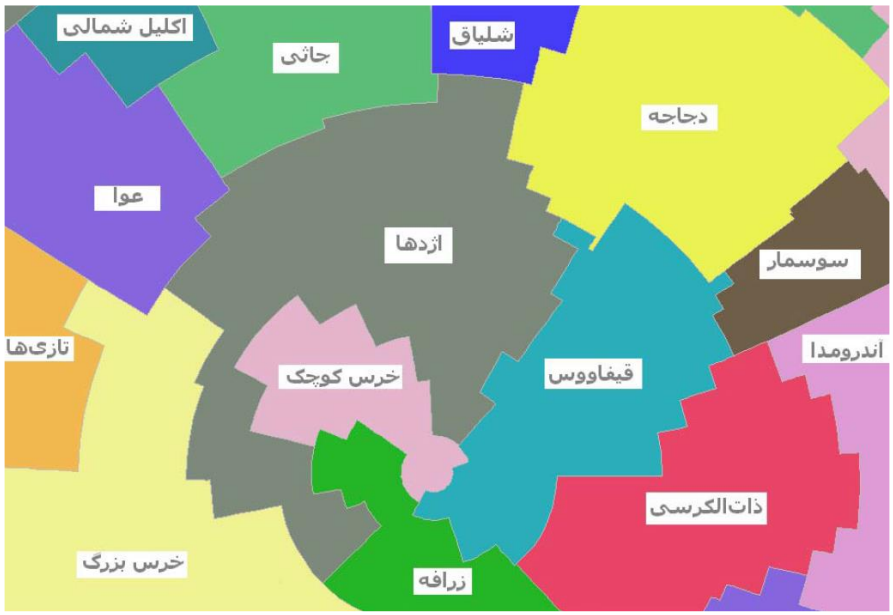
$$\frac{r}{f} = \frac{\theta''}{۲۰۶۲۶۵} \Rightarrow \frac{r}{۴۰۰} = \frac{۳۰\times۶۰}{۲۰۶۲۶۵} \Rightarrow r = ۳/۴۹mm$$

$$۳/۴۹ \times \frac{۱۰}{۲/۴} = ۱۴/۵۴mm$$



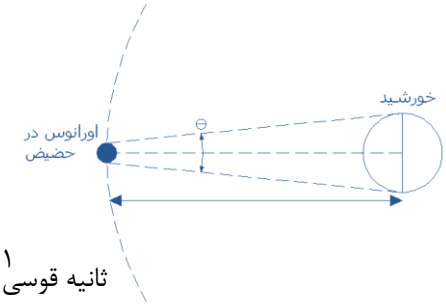
۱۵- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.

صورت فلکی‌های مجاور اژدها به ترتیب دب اصغر، زرافه، دب اکبر، عوا، جاثی، شلیاق، دجاجه و قیفاووس هستند.



۱۶- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

می‌دانیم فاصله با قطر ظاهری رابطه‌ی عکس دارد. بنابراین ماکزیمم قطر در نقطه حضیض مداری دیده می‌شود. قطر ظاهری $\theta \equiv$



$$\tan\frac{\theta}{۲}=\frac{\frac{D_s}{۲}}{r}\approx\frac{\theta}{۲}\Rightarrow\theta_{rad}=\frac{D_s}{a(۱-e)}\ ;$$

$$\theta_{arcsec}=\frac{۲۰۶۲۶۵D_s}{a(۱-e)}=\frac{۲۰۶۲۶۵\times۱۴\times۱۰^{۵}}{a(۱-۰/۰۴۶)}$$

$$p^{۲}=a^{۳}\Rightarrow a=۱۹/۱۸\,Au=۱۹/۱۸\times۱/۵\times۱۰^{۸}km\Rightarrow\theta=۱۰۵/۲۱$$ ثانیه قوسی

۱۷- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

حرکت تقدیمی به حرکتی گویند که در آن زمین حول محور عمودی خود دوران می‌کند و طی آن حرکت، محل قطب شمال سماوی نیز جابه‌جا می‌شود. هم‌اکنون در محل موردنظر ستاره‌ای وجود ندارد که بتوان از آن به‌عنوان یک جرم شاخص یادکرد اما در فاصله‌ای کمتر از ۲ درجه از قطب شمال، ستاره قطبی یا (polaris) قرار دارد که با دقت خوبی هنوز لقب ستاره قطبی را حفظ کرده است. ستاره دیگری که چند هزار سال پیش این لقب را از آن خودکرده بود نسر واقع بوده است. در راستای همین حرکت محل اعتدال بهاری که در صورت فلکی حمل (بز) قرار داشته به سمت صورت فلکی حوت حرکت کرد و اکنون این صورت فلکی که سابقاً صورت اسفند به‌حساب می‌آمده میزبان این نقطه است. متعاقباً این حرکت به سمت صورت فلکی دلو انجام می‌شود.

۱۸- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

۱۹- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

با توجه به صورت‌مسئله:

$$B-V_{۴۵}=۰\ ;\ B-V=m_B-m_v\ ;\ m_z=m_۰+k_\lambda\sec z$$

یا می‌توان گفت: $B-V=B-V_{۰}+k_B-k_V\ \sec z$ پس: $m_B-m_V=m_{۰B}-m_{۰V}+k_B-k_V\ \sec z$

از طرف دیگر:

$$B_{۴۵}=B_۰+۰/۵+\sec۴۵=B_۰+۰/۷\quad ;\quad V_{۴۵}=V_۰+۰/۵+\sec۴۵=V_۰+۰/۴۲$$

با تفریق این دو رابطه داریم:

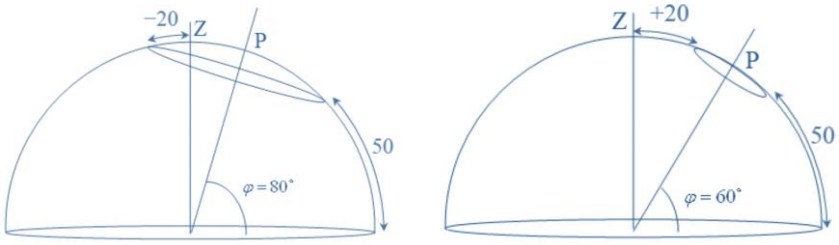
$$B-V_{۴۵}=B-V_{۰}+۰/۷-۰/۴۲\ \Rightarrow\ B-V_{۰}=-۰/۲۸\approx-۰/۳$$

۲۰- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

۹۲ درصد تابش خورشید در ناحیه‌ی مرئی قرار دارد (با توجه به نمودار هرتسپرونگ–راسل). درنتیجه به‌طور تقریبی می‌توان گفت: $L_{bol}\approx L$

۲۱- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.

دو حالت ممکن است؛ حالت اول اینکه ستاره از شمال سمت‌الرأس عبور کند و حالت دوم اینکه ستاره از جنوب سمت‌الرأس عبور کند:



$$\varphi = ۸۰, \delta = ۶۰ \quad \text{یا} \quad \delta = ۸۰, \varphi = ۶۰$$

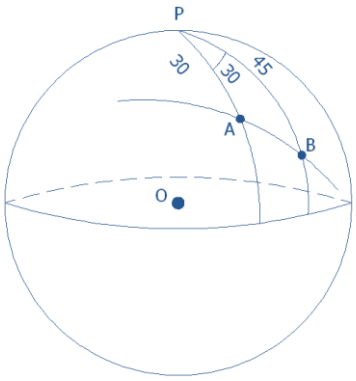
۲۲- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

اختلاف‌زمان نجومی و زمان محلی + زمان قراردادی محلی = زمان نجومی

$$۱۰ + \frac{(۱۳۲ \times ۳ / ۹۴^m) + ((\frac{۱۰}{۲۴}) \times ۳ / ۹۴^m)}{۶۰} = ۱۵ / ۱۹۲^h \equiv ۱۵h ۱۱m$$

$$l_{tehran} = ۵۲^\circ = ۳h\,۲۸\,\min \quad \Rightarrow \quad LST = GST - l = ۱۵h\,۱۱\,\min + ۳h\,۲۸\,\min = ۱۸h\,۳۹\,\min$$

۲۳- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.



$PA = A$ متمم میل ستاره

$PB = B$ متمم میل ستاره

$$\cos AB = \cos ۳۰ \cos ۴۵ + \sin ۴۵ \sin ۳۰ \times \cos ۳۰ = \frac{\sqrt{۶}}{۴} + \frac{\sqrt{۶}}{۸} = \frac{۳\sqrt{۶}}{۸}$$

$$\Rightarrow AB = ۲۳^\circ$$

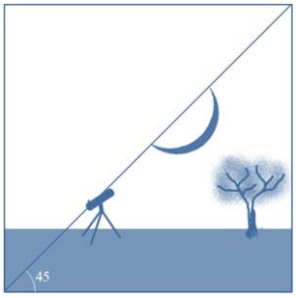
۲۴- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

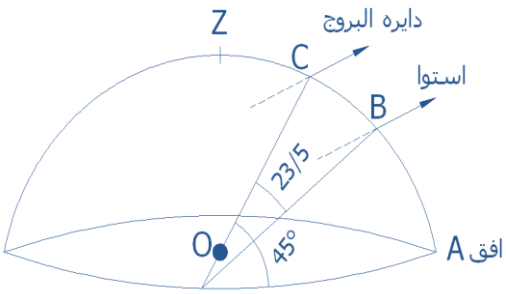
الف) برای پرتاب سفینه به‌سوی خورشید لازم است سرعت مداری سفینه پیش از پرتاب که درواقع همان سرعت مداری زمین است، خنثی گردد؛ یعنی: $V_c = \sqrt{\frac{Gm_s}{r}}$. **ب)** برای فرستادن سفینه به بیرون منظومه شمسی لازم است به‌سرعت فرار از مدار زمین نیز غلبه شود؛ یعنی:

$$\Delta V = V_e - V_c = \sqrt{۲} - ۱ \sqrt{\frac{Gm_s}{r}} = ۰ / ۴۱ V_c$$

ج) برای آنکه ماهواره در خلاف جهت فعلی‌اش به دور زمین حرکت کند باید علاوه بر خنثی کردن سرعت اولیه، با سرعتی به همان اندازه اما در خلاف جهت به حرکت درآید، پس: $\Delta V = ۲V_c$ **د)** درنهایت برای آنکه ماهواره در مداری قطبی به گردش درآید باید بردار سرعت حرکتش، بر بردار فعلی سرعتش عمود شود؛ بنابراین کل تغییر سرعت موردنیاز برابر است با: $\Delta V = \sqrt{۲} V_c = ۱ / ۴۱ V_c$. درنتیجه از این میان گزینه‌ی ب از همه کوچک‌تر است.

۲۵- گزینه ب پاسخ صحیح است.



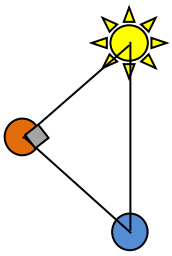


با توجه به پاسخ‌نامه رسمی باشگاه دانش‌پژوهان؛ دو لبه هلال به‌گونه‌ای رسم شده‌اند که بر قطر مربع کادر عکس منطبق باشد و چون ماه در گره اول مدار خود قرار دارد این خط بر دایره‌البروج عمود است.

عرض جغرافیایی = زاویه بین استوا و سمت‌الرأس بنابراین:

$$BZ = ۹۰ - BA = ۹۰ - \ AC - AB \ = ۹۰ - ۲۱/۵ = ۶۸/۵$$

۲۶- گزینه الف پاسخ صحیح است.



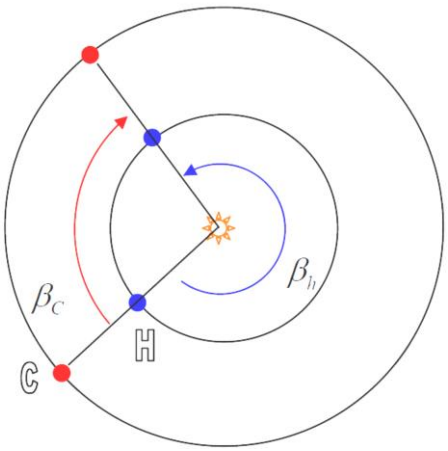
با توجه به تصویر، طول دایره‌البروجی خورشید حدود ۳۵° و طول دایره‌البروجی زهره ۸۰° است. لذا زاویه‌ی ظاهری بین این دو جرم برابر $۸۰ - ۳۵ = ۴۵$ درجه است. از طرف دیگر با توجه به شکل ظاهری هلال زهره، در فاز تربیع یعنی در بیشترین کشیدگی قرار دارد؛ بنابراین فاصله زمین تا زهره برابر $ME = MS\cos ۴۵ = ۱ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} Au = ۰/۷ Au$ می‌شود.

۲۷- گزینه د پاسخ صحیح است.

در نمودار H-R یا هرتسبرونگ – راسل، بهترین عامل برای تخمین سن گردایه‌ی ستاره‌ها؛ نزدیکی آن‌ها به رشته اصلی است. هرقدر این ستاره‌ها به رشته‌ی اصلی نزدیک‌تر باشند جوان‌تر و پرجرم تر و درخشان‌تر هستند. پس می‌توان گفت: $T_A > T_C > T_B$

۲۸- گزینه ج پاسخ صحیح است.

با استدلالی مشابه به سؤال ۱۲ عمل می‌کنیم.



$$B_c = \frac{۲\pi}{P_c} t \ ; \ B_H = \frac{۲\pi}{P_H} t \ ; \ B_c + B_H = ۲\pi$$

$$\Rightarrow (\frac{۱}{P_c} + \frac{۱}{P_H}) = \frac{۱}{t} \Rightarrow t = \frac{P_H \times P_c}{P_H + P_c} = \frac{۷۰۲ \times ۲۵۱}{۷۰۲ + ۲۵۱}$$

$$\approx ۱۸۴/۸۹۱ \approx ۱۸۵ \quad \text{روز}$$

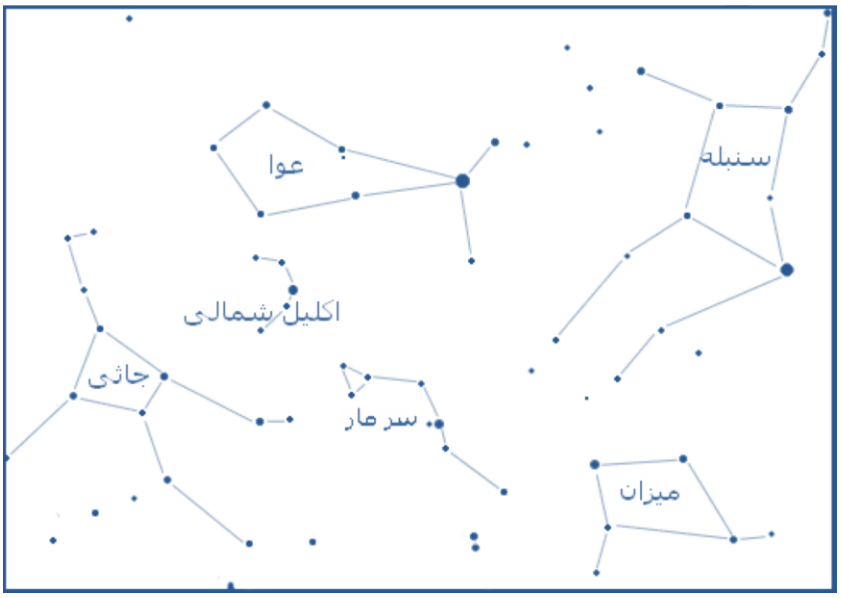
۲۹- گزینه و پاسخ صحیح است.

نقطه‌ای که دارای عرض جغرافیایی ۰ درجه باشد طول شب بازمان دوران سیاره به دور محورش برابراست. نقطه‌ای که دارای عرض جغرافیایی ۹۰ درجه باشد طول شب با نیم سال سیاره برابر است. ز طرفی می‌دانیم:

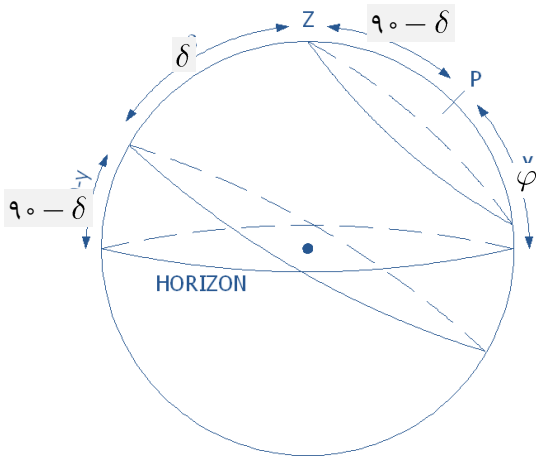
$$P^2 = a^3 \Rightarrow P = (19/2)^{\frac{3}{2}} = 84/13 \quad \text{سال زمینی}$$

$$\text{طول شب} = \frac{P}{2} = \frac{84/13}{2} = 42/065 \quad \text{سال زمینی} \Rightarrow 42/065 \times 365 = 15348/25 \approx 1/53 \times 10^4 \quad \text{روز}$$

۳۰- گزینه د پاسخ صحیح است.



۳۱- گزینه ج پاسخ صحیح است.

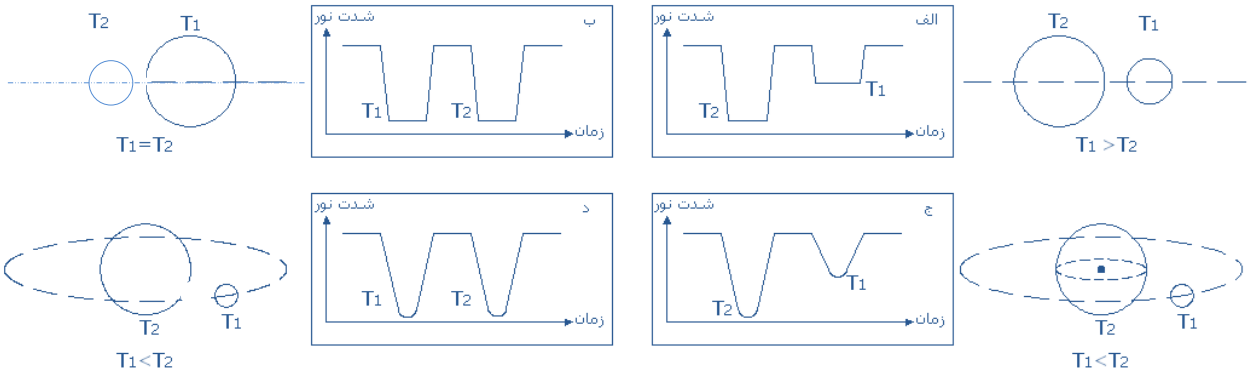


عرض جغرافیایی $\delta + 90 - \varphi = 90 \Rightarrow \delta = \varphi \Rightarrow \varphi = 38^\circ 47'$

توجه: می‌دانیم تغییر طول جغرافیایی، بدون تغییر در عرض جغرافیایی تنها باعث جابجایی در زمان طلوع و غروب ستاره می‌شود و در محل گذرهای بالایی و پایینی تأثیری ندارد (ستاره همان مدار اولیه را از دید ناظر زمینی طی می‌کند.)

۳۲- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

نسبت کاهش شدت نور در دوتایی‌های گرفتی با دمای ستاره رابطه‌ای مستقیم دارد و چون دمای دو ستاره یکسان است؛ پس گزینه‌های الف و ج حذف می‌شوند از طرفی طبق صورت سؤال مدار این ستاره‌های دوتایی با ناظر زمینی زاویه‌ی ۹۰° می‌سازد؛ بنابراین در هر نوبت گرفت، گرفت کامل رخ می‌دهد و با توجه به اختلاف قابل‌قبول شعاع دو مؤلفه می‌توان برآورد کرد که حتماً ستاره‌ی کوچک‌تر مدتی جلوی نور ستاره‌ی بزرگ‌تر را سد خواهد کرد که در این مدت روشنایی دریافتی از منظومه ثابت باقی می‌ماند پس یکی از گزینه‌های گلدانی شکل باید انتخاب شوند.



۳۳- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

ستاره‌ها تحت تأثیر گردش انتقالی زمین به دور خورشید هرروز ۴ دقیقه زودتر از روز قبل طلوع می‌کنند. ظرف یک ماه $۳۰\times ۴\,\mathrm{min}=۱۲۰\,\mathrm{min}$ برابر ۲ ساعت زودتر طلوع می‌کنند $\Leftarrow ۸+۲=۱۰\,pm$

۳۴- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

$$d\,(pc)=\frac{۱}{P\,(\mathrm{arcsec})}=\frac{۱}{۰/۳۸}=۲/۶۳۱pc \quad\Rightarrow\quad d(Au)=۲/۶۳pc\times ۳/۲۶Au.pc^{-۱}=۸.۵۷Au$$

۳۵- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.

به ستاره‌هایی که هرگز طلوع یا غروب نکنند ستاره‌های دورقطبی می‌گویند ویژگی این ستاره‌ها: $\delta>۹۰-\varphi\Rightarrow\delta>۴۰$ است. لذا با توجه به جدول؛ شماره‌های ۹ و ۶ و ۴ و ۲ دارای این ویژگی هستند.

۳۶- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

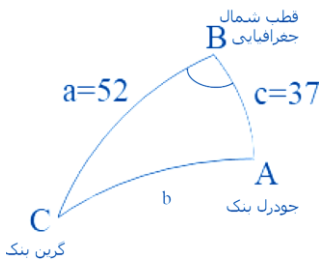
$B\equiv$ اختلاف طول

$a,c\equiv ۹۰-\phi_۱,۹۰-\phi_۲$

$\cos b=\cos a\cos c+\sin a\sin b\cos B\Rightarrow B=۵۶^\circ$

$\cos a=\cos b\cos c+\sin b\sin c\cos A\Rightarrow\cos A=\dfrac{\cos a-\cos b\cos c}{\sin b\sin c}$

$\Rightarrow\cos A=۰/۳۳۸\Rightarrow A\cong ۷۰^\circ$

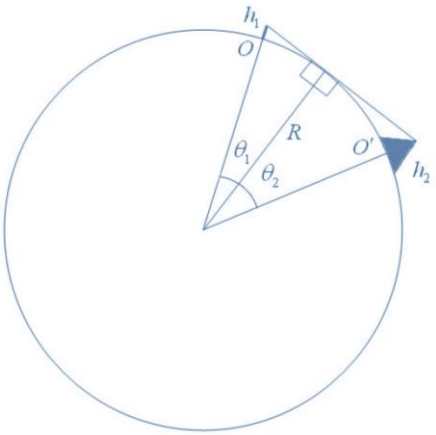


۳۷- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

زهره فاقد میدان مغناطیسی است.

«پاسخ‌های کوتاه»

۱- جواب: ۹۶

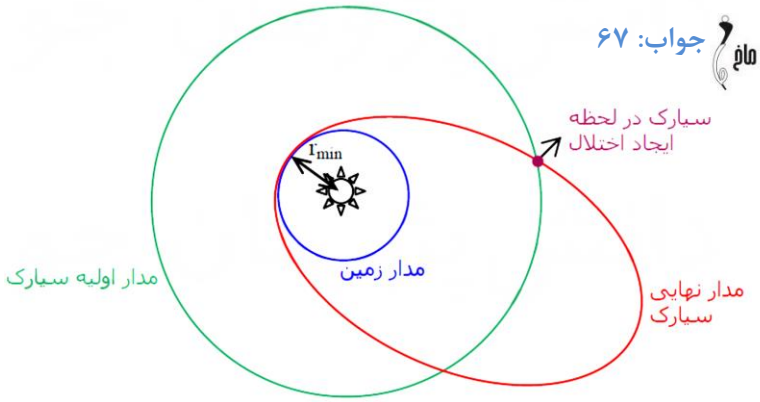


$$\cos\theta_1 = \frac{R}{R+h_1} = \theta_1 = \text{Arccos}\frac{R}{R+h_1} \quad ;$$

$$\cos\theta_2 = \frac{R}{R+h_2} \Rightarrow \theta_2 = \text{Arccos}\frac{R}{R+h_2}$$

$$OO' = (\theta_1 + \theta_2)^\circ = \frac{2\pi R_\oplus}{360}(\theta_1+\theta_2)\,km \Rightarrow 95/736 km$$

۲- جواب: ۶۷

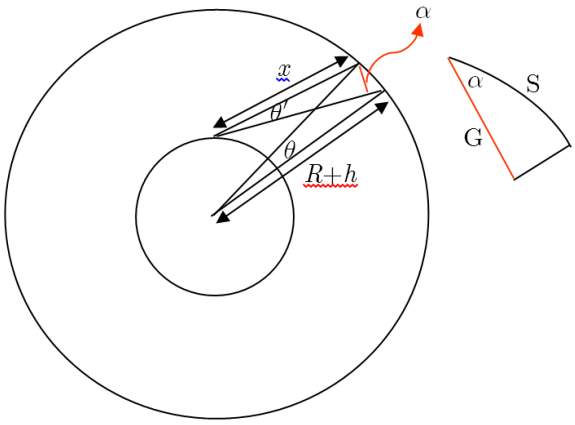


نیم محور بزرگ ≡ ۱ طول ≡ a ؛ خروج از مرکز ≡ e

$$r_{\min} = a(1-e) \Rightarrow 1 = 3(1-e) \Rightarrow e = 0/66$$

$$100e = 100 \times 0/66 \cong 67$$

۳- جواب: ۱۰



سرعت زاویه‌ای رصد شده توسط ناظر، مؤلفه‌ی مماسی سرعت است. ابتدا در حالت کلی این مؤلفه را محاسبه کرده و سپس برای دو حالت سمت‌الرأس و افق، اعداد را جایگذاری می‌کنیم.

در شکل زاویه‌ی بین مسیر واقعی ماهواره با مسیر رصد شده را α می‌نامیم اگر طول کمان قرمز $G = x\theta'$ و طول کمان سیاه رنگ از مسیر پیموده شده $S = (R+h)\theta$ باشد؛ می‌توانیم بنویسیم: $G = S\cos\alpha$ یعنی:

$$x\,\theta' = (R+h)\theta\cos\alpha$$

در نتیجه؛

$$\frac{\theta'}{\theta} = \frac{R+h}{x}\cos\alpha = \frac{\omega'}{\omega}$$

که سرعت زاویه‌ای ظاهری را برحسب سرعت زاویه‌ای مداری به‌دست می‌دهد. اما می‌دانیم در سمت‌الرأس $x = h\,;\alpha = 0$ یعنی $\frac{\omega'_1}{\omega} = \frac{R+h}{h}$

یا در هنگام غروب $\cos\alpha = \frac{x}{R+h}$ پس: $\frac{\omega'_2}{\omega} = 1$ پس؛ $\frac{\omega'_1}{\omega'_2} = \frac{R+h}{R} = 10/25$ که نسبت اخیر، همان نسبت مطلوب مسئله است.

۴- جواب: ۲۵

می‌دانیم: $\lambda_{max} = \frac{۰/۰۰۲۹}{T}$

$$\Rightarrow \lambda_{max} = \frac{۰/۰۰۲۹}{۳۰۰۰۰} = \frac{۲۹}{۳}\times ۱۰^{-۸} \Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{۲۵۰}{۳۰۰۰۰۰} = \frac{\Delta\lambda}{\frac{۲۹}{۳}\times ۱۰^{-۸}} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{۲۹\times ۲۵}{۹}\times ۱۰^{-۱۲}$$

از طرفی طبق صورت سؤال ستاره به ما نزدیک می‌شود پس علامت $\Delta\lambda$ مثبت است.

$$\lambda = \lambda_۰ + \Delta\lambda \Rightarrow \lambda_۰ = \lambda - \Delta\lambda$$

$$\Rightarrow \lambda_۰ = \frac{۲۹}{۳}\times ۱۰^{-۸} - \frac{۲۹\times ۲۵}{۹}\times ۱۰^{-۱۲} = \frac{۲۹}{۳}\times ۱۰^{-۸}(۱ - \frac{۲۵}{۳}\times ۱۰^{-۴}) = ۹/۶۵\times ۱۰^{-۸}\, m$$

$$T_۰ = \frac{۰/۰۰۲۹}{۹/۶۵۸۶۱۴۳} = ۳۰۰۲۵/۰۱K \Rightarrow \Delta T = ۲۵/۰۱K$$

۵- جواب: ۱۷

اگر x را شار ماده‌ی رسیده به فاصله‌ی r از خورشید در نظر بگیریم؛ می‌توانیم چنین بنویسیم: $x = \frac{۳\times ۱۰^{-۱۴} m_s}{۴\pi r^۲}$ که از این شار رسیده، تنها مقداری توسط مغناطکره‌ی زمین به قطب‌های مغناطیسی هدایت می‌شود؛ که با مساحت سطح این میدان‌ها برخورد می‌کند؛ این یعنی:

$$x = \frac{۳\times ۱۰^{-۱۴} m_\odot}{۴\pi r^۲}(\pi(۱۵R)^۲)$$

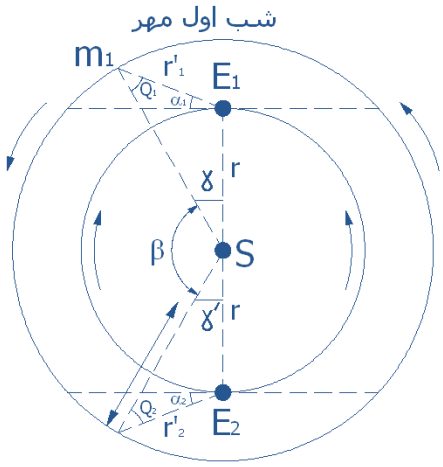
این میزان جرم از سوی خورشید در طی یک سال به زمین می‌رسد؛ برای محاسبه‌ی شار روزانه باید این مقدار را بر تعداد روزهای یک سال تقسیم کنیم: $x' = \frac{x}{۳۶۵} \Rightarrow x' = ۱۶/۷۵۳ mkg$

۶- جواب: ۱۱

مثلث تشکیل‌شده از سه جرم: مریخ، زمین و خورشید، پس داریم:

$$\frac{\sin Q_۱}{r} = \frac{\sin(\frac{\pi}{۲}+\alpha_۱)}{R} \Rightarrow \sin Q_۱ = \frac{r}{R}\sin(\frac{\pi}{۲}+\alpha_۱) \Rightarrow \sin Q_۱ = \frac{r}{R}\cos\alpha_۱ = \frac{۱Au}{۱/۵۲۲Au}\cos\alpha_۱ \quad ; \quad \alpha_۱ \equiv ۴^\circ$$

آلفا یک ارتفاع مریخ در نیمه‌شب اول مهر است.



$$\Rightarrow Q_۱ = \text{Arcsin}(۰/۶۵۴) = ۴۰/۸۴^\circ$$

$$\Rightarrow \gamma = ۱۸۰ - (\alpha_۱ + ۹۰ + Q) = ۱۸۰ - (۴۰/۸۴ + ۹۰ + ۴) = ۴۵/۱۶^\circ$$

طول کمان $\beta = \frac{۳۶۰}{۱/۸۸}\times\frac{۱}{۲} = ۹۵/۷۴۴$

حال موقعیت مریخ را در مثلث $SE_۲M_۲$ را بررسی می‌کنیم:

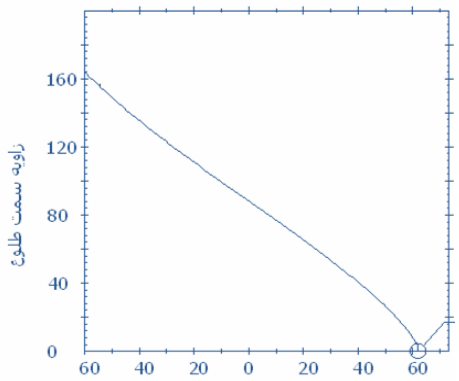
$$\left.\begin{array}{l} r_۲'^{۲} = r^{۲} + R^{۲} - ۲rR\cos\gamma' \\ \gamma' = ۱۸۰ - (\gamma + \beta) = ۳۹/۱ \end{array}\right\} \Rightarrow r_۲' = ۰/۹۷۸$$

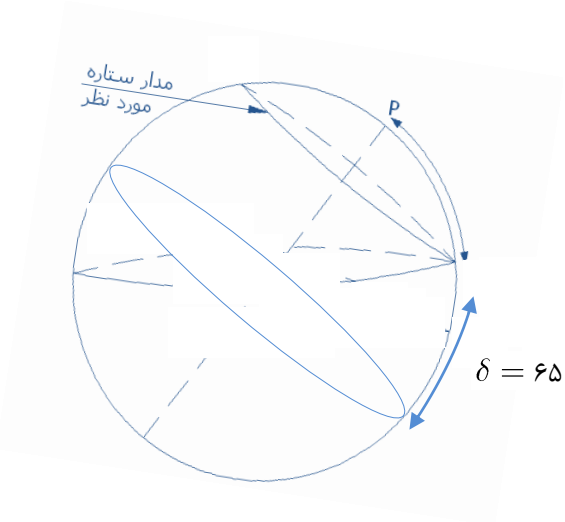
$$\Rightarrow \cos(a_۲ + ۹۰) = \frac{r^{۲} + r_۲'^{۲} - R^{۲}}{۲rr'} = -۰/۱۸۷ \Rightarrow \text{Arccos}(a_۲ + ۹۰)$$

$$a_۲ + ۹۰ = ۱۰۰/۷۸۵ \Rightarrow a_۲ = ۱۰۷$$

۷- جواب: ۲۵

ستاره‌ای که از سمت ۰ درجه طلوع کند، متمم میلش با عرض جغرافیایی ناظر برابر است.



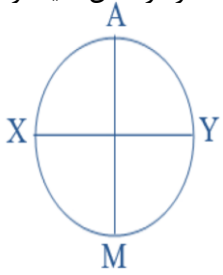


۸- جواب: ۵۵

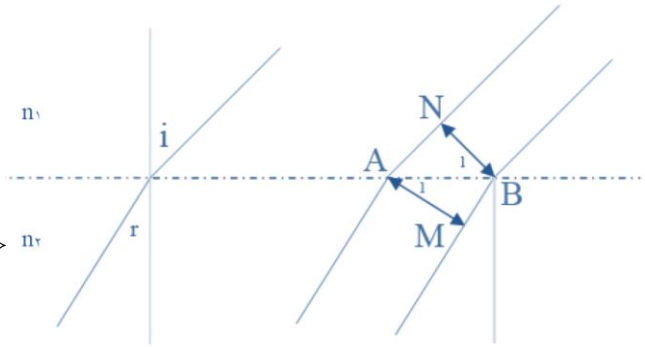
$$n_۱ \sin i = n_۲ \sin r \;\; ; n_۱ = ۱ \;\; ; \;\; n_۲ = ۱/۱۱۲ \;\; ; \;\; i = ۴۵$$

$$\Rightarrow \sin r = ۰/۵۳۰۳۳ \Rightarrow r = \text{Arcsin}\ ۰/۵۳۰\ = ۳۲/۱۲^\circ$$

شکل خورشید از دید ناظر در مکان غلیظ‌تر



$$NB = AB\cos B_۱ \;\; ; \;\; AM = AB\cos A_۱ \Rightarrow \frac{NB}{AM} = \frac{\cos B_۱}{\cos A_۱} = \frac{\cos i}{\cos r} = ۰/۸۳۴۹$$



از طرف دیگر NB برابر است با XY و نسبت XY به AM در بیضی روبرو برابر $\frac{b}{a}$ است. پس:

$$e = \sqrt{۱ - (\frac{b}{a})^{۲}} = \sqrt{۱ - ۰/۸۳۵^{۲}} \Rightarrow e = ۰/۵۵ \Rightarrow ۱۰۰e = ۵۵$$

۹- جواب: ۰۱

از صورت تعمیم‌یافته‌ی قانون سوم کپلر داریم:

$$P^{۲} = \frac{۴\pi^{۲}}{G(m+M)}a^{۳} \Rightarrow m + M = ۱/۸۸ \times ۱۰^{۳۰} kg \;\; ; \; m \cong ۰ \Rightarrow M = ۱/۸۸ \times ۱۰^{۳۰} kg$$

با توجه به رابطه‌ی بین جرم و عمر ستارگان داریم: $\frac{t}{t_\odot} = (\frac{M}{M_\odot})^{-۲/۵}$ که پس از جایگذاری عددی به مقدار ۱/۱۶ برابر عمر خورشید می‌رسیم.