جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

ماخ

دفترچه سوالات به همراه پاسخنامه تشریحی
مرحله اول
پنجمین دوره‌ی المپیاد نجوم و اخترفیزیک سال ۱۳۹۵

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
۳۰	۹	۱۸۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب آزاد است.

تذکرات پیش از آزمون:

- این آزمون شامل **۳۰ سؤال** چندگزینه‌ای و **۹ سؤال تشریحی** است و مدت‌زمان پیشنهادی آن **۳ 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 آقای **کامبیز خالقی** تهیه شده است.

www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

ثابت‌های فیزیکی و نجومی

G	ثابت جهانی گرانش	$m^{۳}kg^{-۱}s^{-۲}$	$۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}$
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	$۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}$
	سال نجومی	روز	$۳۶۵/۲۶$
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	$۶/۹۶\times۱۰^{۸}$
$R_\oplus$	شعاع زمین	m	$۶/۳۸\times۱۰^{۶}$
	شعاع مشتری در استوا	m	$۷/۱۵\times۱۰^{۷}$
	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	$۳/۸۵\times۱۰^{۲۶}$
$f_\odot$	ثابت خورشیدی	$Wm^{-۲}$	$۱/۳۷\times۱۰^{۳}$
$m_\odot$	قدر ظاهری خورشید		$-۲۶/۸$
	قدر مطلق بولومتریک خورشید		$۴/۷۲$
	قدر ماه بدر		$-۱۲/۷$
$H_\circ$	ثابت هابل در حال حاضر	$Kms^{-۱}Mpc^{-۱}$	۷۰

۱- کدام‌یک از دانشمندان زیر با استفاده از بالون نشان داد که شار پرتوهایی که بعدها پرتوهای کیهانی نام گرفتند با ارتفاع افزایش می‌یابد و برنده‌ی جایزه‌ی نوبل سال ۱۹۳۶ شد؟

الف) کارل جانسکی ب) هانس ولتر ج) فریتس زویکی د) ویکتور هس

۲- اگر ستاره‌ی قطبی را با یک دایره‌ی عظیمه به ستاره‌ی الدبران وصل کنیم این خط از کدام صورت‌های فلکی زیر عبور می‌کند؟

الف) برساوش- زرافه ب) برساوش - ارابه‌ران ج) ذات‌الکرسی – زرافه د) برساوش - مثلث

۳- روز انقلاب تابستانی در ظهر محلی نقطه‌ی A، میله‌ای به ارتفاع $1/00\text{m}$ سایه‌ای به طول $0/24\text{m}$ دارد. عرض جغرافیایی نقطه‌ی A چند درجه است؟

الف) ۵/۰ درجه ب) ۵۰/۰ درجه ج) ۳۹/۰ درجه د) ۱۰/۰ درجه

۴- دنباله‌داری تحت تأثیر گرانش خورشید، روی مسیری با انرژی کل صفر، به خورشید نزدیک می‌شود. مسیر دنباله‌دار مدار زمین را در دو نقطه قطع می‌کند. نقطه‌ی دوم نسبت به خورشید قرینه‌ی نقطه‌ی اول است. کمترین فاصله‌ی دنباله‌دار از خورشید چقدر است؟ (مدار زمین را دایره در نظر بگیرید)

الف) $0/75\text{Au}$ ب) $0/25\text{Au}$ ج) $0/5\text{Au}$ د) 1Au

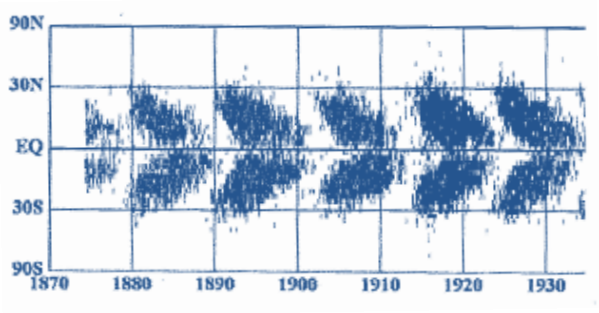
۵- در یک سال حداکثر چند بار اذان ظهر درست در ساعت ۱۲ ظهر به‌وقت محلی اعلام می‌شود؟

الف) هیچ‌گاه ب) دو بار ج) چهار بار د) ۳۶۵ بار

۶- کدام ناحیه از طیف الکترومغناطیس برای مطالعه‌ی فرآیند تشکیل ستاره‌ها مناسب‌تر است؟

الف) پرتو X ب) رادیویی ج) فروسرخ د) مرئی

۷- تصویر روبه‌رو به نمودار پروانه معروف است این نمودار نشانه‌ی تغییرات سالانه چه چیزی در خورشید است؟



الف) شدت میدان مغناطیسی

ب) دمای سطحی

ج) تعداد شراره‌ها

د) تعداد لکه‌ها

۸- اگر با یک تلسکوپ ۲۴ سانتی‌متری به ستاره‌ای نگاه کنیم این ستاره چند برابر روشن‌تر از هنگامی دیده می‌شود که آن را با چشم غیرمسلح می‌بینیم؟

الف) ۱۰ ب) ۱۰۰ ج) ۱۰,۰۰۰ د) ۱۰۰۰

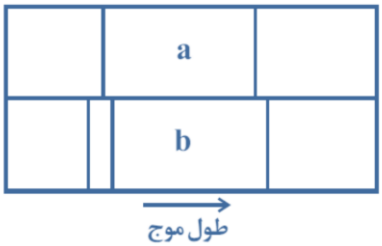
۹- ستاره‌ای با شعاع $۱۸R_\odot$ و دمای مؤثر $۳۵۰۰۰\,K$ را در مرکز یک‌لایه‌ی کروی بسیار باریک به شعاع $۰/۲\,pc$ در نظر بگیرید. با این فرض که این لایه همانند جسم سیاه رفتار می‌کند و دمای لایه ناشی از تابش ستاره است دمای آن چقدر است؟

الف) $۵۰\,K$ ب) $۳۵\,K$ ج) $۴۲\,K$ د) $۱۸\,K$

۱۰- اساس کار یک CCD (تصویرگر دیجیتالی) چیست؟

الف) اثر کامپتون ب) تولید زوج الکترون-پوزیترون ج) اندازه‌گیری انرژی حرارتی فوتون د) پدیده‌ی فوتوالکتریک

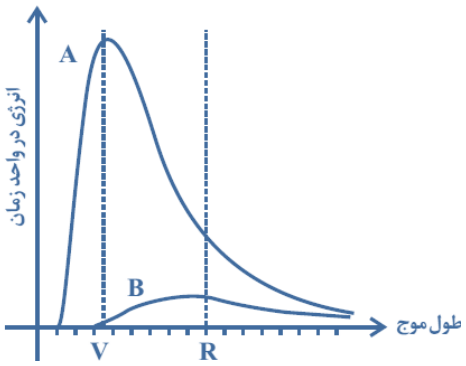
۱۱- نتیجه طیف‌نگاری نور یک جرم آسمانی در دو زمان مختلف a و b در نمودار روبرو رسم شده است. این جرم از چه نوعی است؟



الف) نوترونی ب) دوتایی

ج) کوتوله سفید د) تپ اختر

۱۲- با توجه به نمودار پاسخ دو سؤال زیر به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



۱- کدام ستاره نور قرمز بیشتری تابش می‌کند؟

۲- کدام ستاره قرمزتر به نظر می‌رسد؟

الف) B-A ب) A-A

ج) A-B د) B-B

۱۳- یک مدل ساده برای بررسی میزان انحراف نور ستاره‌هایی با ارتفاع زیاد، هنگام عبور از جو زمین این است که جو زمین را به‌صورت لایه‌های تخت موازی با ضریب شکست‌های مختلف n_i در نظر بگیریم که i شماره‌ی لایه‌ی جو است. فرض کنید ناظر زمینی، در محیطی با ضریب شکست $n_\circ$ در حال رصد ستاره‌ای است. ناظر فاصله‌ی سمت‌الرأسی ستاره را z اندازه می‌گیرد. تغییر ارتفاع ستاره در اثر عبور از جو چقدر است؟

الف) $(n_\circ - ۱)\cot z$ ب) $(n_\circ - ۱)\tan z$

ج) $\sin z \sum_t^\infty \frac{۱}{n_i}$ د) $(n_\circ - ۱)\tan z \sum_t^\infty \frac{۱}{n_\circ - n_i}$

۱۴- جسمی با جرمی برابر با جرم زمین و سرعت $۱۰۰۰\,\frac{m}{s}$ در فاصله‌ای دور از خورشید، در اثر نیروی گرانش خورشید از مسیر خود منحرف می‌شود. اگر زاویه‌ی انحراف ۸۴ درجه باشد، تغییر سرعت خطی خورشید چقدر است؟

الف) $۴\times۱۰^{-۳}\,\frac{m}{s}$ ب) $۲\times۱۰^{-۳}\,\frac{m}{s}$ ج) $۸\times۱۰^{-۳}\,\frac{m}{s}$ د) $۶\times۱۰^{-۳}\,\frac{m}{s}$

۱۵- خورشید از زمان تشکیل تاکنون چند بار مرکز کهکشان را دور زده است؟

الف) کمتر از یک دور ب) ۲۰۰ دور ج) ۲۰ دور د) تقریباً دو دور

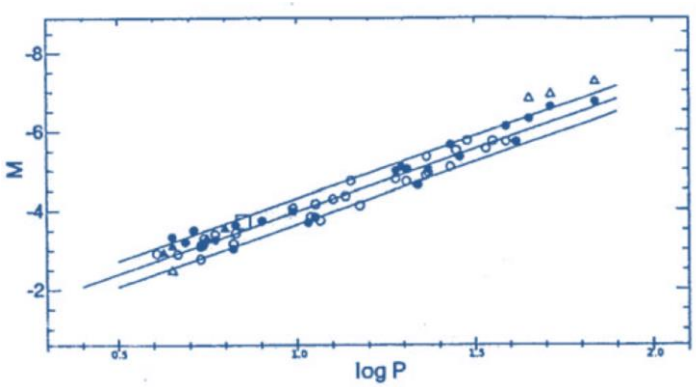
۱۶- ناظر زمینی ابرنواختری را که درخشندگی آن $۸/۵\times۱۰^{۹}L_{\odot}$ و روشنایی آن $۱/۶\times۱۰^{-۷}$ برابر روشنایی وگا است در یک کهکشان دوردست هم‌اکنون مشاهده می‌کند. انفجار ابرنواختر دومی در همان کهکشان و ۲×۱۰^{۲} میلیون سال پس از ابرنواختر اول اتفاق می‌افتد. انفجار ابرنواختر دوم چه فاصله‌ی زمانی با زمان مشاهده‌ی ابرنواختر اول دارد؟ (قدر ظاهری وگا صفر است. از انبساط عالم چشم‌پوشی کنید)

الف) ۲×۱۰^{۲} میلیون سال ب) ۵×۱۰^{۲} میلیون سال ج) ۷×۱۰^{۲} میلیون سال د) ۳×۱۰^{۲} میلیون سال

۱۷- اگر قطر زاویه‌ای یک ستاره برابر با ۰/۰۱ ثانیه قوسی و روشنایی آن $۴/۵\times۱۰^{-۸}\frac{W}{m^{۲}}$ باشد، دمای مؤثر این ستاره چقدر است؟

الف) $۱۰^{۲}K$ ب) $۴\times۱۰^{۳}K$ ج) $۶\times۱۰^{۳}K$ د) $۱K$

۱۸- یک ستاره قیفاووسی در خوشه‌ی کهکشانی سنبله (VIRGO) با قدر ظاهری ۲۶/۳ و دوره تناوب P برابر با ۲۰ روز قرار دارد. با استفاده از نمودار زیر تخمین بزنید که این خوشه در چه فاصله‌ای از ما قرار دارد.



الف) ۱/۶Mpc ب) ۲۵۰Mpc

ج) ۱۶Mpc د) ۲۵۰Kpc

۱۹- اگر مثلث تابستانی را فلشی در نظر بگیریم که ستاره‌ی وگا در نوک آن قرارگرفته است این فلش به سمت کدام صورت فلکی اشاره می‌کند؟

الف) هرکول ب) قیفاووس ج) ذات‌الکرسی د) قوس

۲۰- چه مدت طول می‌کشد تا فاصله‌ی بین دو کهکشان به‌اندازه‌ی ۱۰٪ افزایش یابد؟ (از تغییر پارامتر هابل چشم‌پوشی کنید.)

الف) ۱۴ میلیارد سال ب) ۲۸ میلیارد سال ج) ۷ میلیارد سال د) ۱/۴ میلیارد سال

۲۱- بُعد خورشید در روز ۳۱ فروردین به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

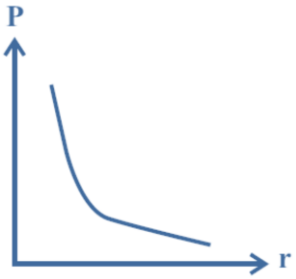
الف) ۲/۳ h ب) ۱/۹ h ج) ۱/۲ h د) ۱/۶ h

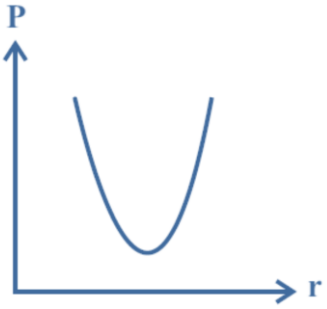
۲۲- یک منجم تازه‌کار، تلسکوپ گالیله‌ای خود را وارونه به سمت ماه نشانه می‌رود. قرص ماه به‌طور کامل در این تلسکوپ دیده می‌شود. کدام‌یک از گزاره‌های زیر درست است؟

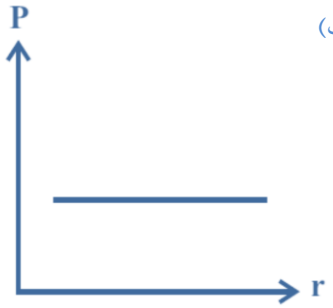
الف) مقدار بزرگ‌نمایی تلسکوپ وارونه می‌شود. ب) تصویر ماه بزرگ‌تر دیده می‌شود.

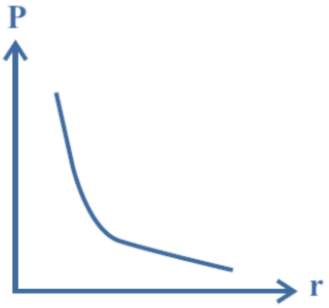
ج) وارونگی تلسکوپ هیچ تأثیری در تصویر ماه ندارد. د) تصویری تشکیل نمی‌شود.

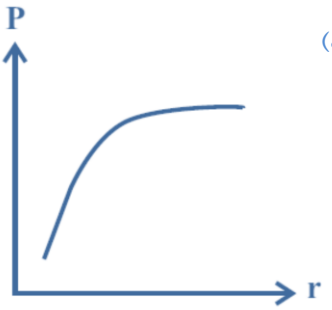
۲۳- نمودار تغییر چگالی در یک ناحیه کوچک در سطح ستاره‌ای به‌صورت زیر است. اگر دما در این ناحیه تقریباً ثابت باشد و از تقریب گاز ایده‌آل برای پلاسمای این ناحیه استفاده کنیم، کدام شکل تغییر درست فشار در این ناحیه را نشان می‌دهد.



الف)


ب)


ج)


د)


۲۴- خوشه‌های کهکشانی مجموعه‌ای از حدود ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کهکشان هستند که تحت تأثیر نیروی گرانش گرد هم آمده‌اند. فضای خوشه از گازی پرشده است که جرم آن معمولاً هم‌مرتبه با جرم کهکشان‌های آن است. به کمک قضیه‌ی ویریال دمای یک خوشه‌ی کهکشانی را تخمین بزنید.

الف) $۱۰^{۷}K$ ب) $۱۰^{۲}K$ ج) $۱۰^{۱۲}K$ د) $۳K$

۲۵- ستاره‌ای که ۱۰ برابر خورشید جرم دارد، تقریباً چند سال عمر می‌کند؟

الف) ۳×۱۰^{۷} سال ب) ۳×۱۰^{۱۳} سال ج) ۳×۱۰^{۶} سال د) ۳×۱۰^{۱۲} سال

۲۶- کدام‌یک از پدیده‌های زیر با مشاهدات امروزی بشر در تناقض نیست؟

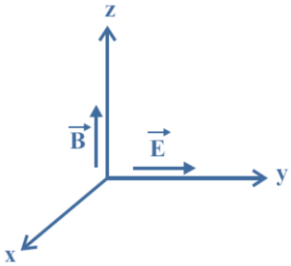
الف) سیاره‌ای که در آن ساعت‌های نوع متعارف، به عقب بازمی‌گردند.

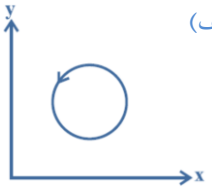
ب) سیاره‌ای که بدون حضور عامل خارجی ناگهان منفجر شود.

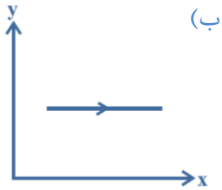
ج) سیاره‌ای که در آن ماه و خورشیدگرفتگی همزمان رخ دهد.

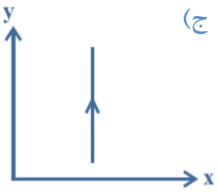
د) ستاره‌ی رشته‌ی اصلی که منبع انرژی آن شکافت هسته‌ای باشد.

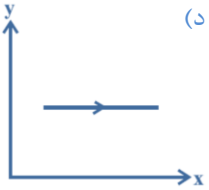
۲۷- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ثابت غیر صفری مطابق شکل وجود دارند. اگر یک‌ذره‌ی باردار در صفحه‌ی $x-y$ حرکت کند، کدام گزینه مسیر ممکن برای حرکت ذره را نشان می‌دهد؟



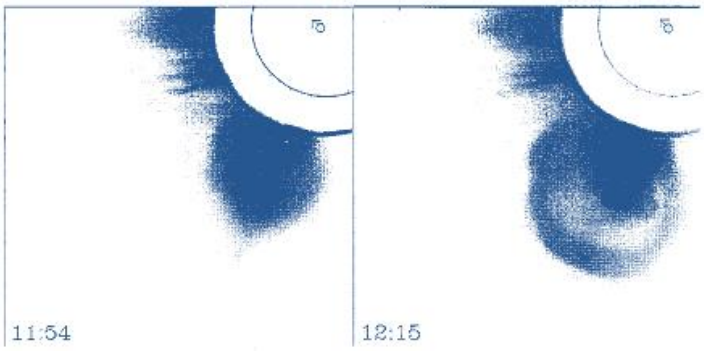
الف)


ب)


ج)


د)


۲۸- CME پدیده‌ای است که در آن مقدار زیادی ماده از سطح خورشید به بیرون پرتاب می‌شود. در شکل‌های زیر یکی از این رویدادها در دو زمان ۱۱:۵۴ GMT و ۱۲:۱۵ GMT است. لبه‌ی این حباب گازی تقریباً با چه سرعتی از خورشید دور می‌شود؟ (دایره‌ی درونی مکان تقریبی خورشید را نشان می‌دهد)



الف) $۱۰^{۵}\ \frac{m}{s}$

ب) $۱۰^{۳}\ \frac{m}{s}$

ج) $۱۰^{۷}\ \frac{m}{s}$

د) $۱۰^{۹}\ \frac{m}{s}$

۲۹- اوج بارش شهابی شلیاقی سال ۱۳۸۸ در چه ماهی خواهد بود؟

الف) خرداد ب) تیر ج) آبان د) اردیبهشت

۳۰- مأموریت ماهواره‌ی SOHO بررسی کدام جرم منظومه شمسی است؟

الف) تیتان ب) خورشید ج) مشتری د) زهره

«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- ناظری در حال رصد دنباله‌داری است که از فاصله‌ای دور به منظومه شمسی نزدیک می‌شود. وقتی دنباله‌دار در فاصله‌ی Au ۱۰۰ از خورشید قرار دارد، اندازه‌ی سرعت آن $\frac{m}{s}$ ۷۲۰۰ است. اگر دنباله‌دار در دام میدان گرانش خورشید نیفتد، مسیر خود را در امتداد مسیر خاصی طی می‌کند که کمترین فاصله‌اش از خورشید Au ۴۰ خواهد بود؛ اما دنباله‌دار تحت تأثیر میدان گرانشی مسیرش تغییر می‌کند. خروج از مرکز مدار دنباله‌دار چقدر است؟

۲- فرض کنید تلسکوپی به قطر ۶/۵ متر و نسبت کانونی ۱۱ به یک دوربین CCD، که هر پیکسل آن $15\mu m$ طول و عرض دارد، متصل شده است. جرمی با قطر یک ثانیه قوسی بر روی این CCD چه مساحتی در واحد پیکسل مربع در برمی‌گیرد؟

۳- دو سیاره‌ی کوچک تحت تأثیر گرانش یک ستاره، با دوره‌ی تناوب یکسان به گرد آن در حال گردش‌اند مسیر حرکت سیاره‌ی A دایره‌ای به شعاع R و مسیر حرکت سیاره‌ی B بیضی با خروج از مرکز $\frac{۱}{۳}$ است. مدارهای این دو سیاره یکدیگر را در دو نقطه قطع می‌کنند. هنگامی‌که سیاره‌ی B در یکی از نقاط تقاطع قرار دارد سیاره‌ی A را در مقارنه می‌بینند. سیاره‌ی B بدون عبور از اوجش به نقطه‌ی دیگر تقاطع دو مدار می‌رسد. سیاره‌ی A در این مدت چند درجه جابجا شده است؟

۴- ناظری در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی در انتظار طلوع ستاره‌ای با میل ۱۰ درجه در زمانی مشخص چشم به افق دوخته است. در فاصله‌ی ۲۰km از ناظر کوهی به ارتفاع ۴۸۰۰m قرار دارد به‌طوری‌که او در لحظه‌ی طلوع قادر به دیدن ستاره نیست. چند ساعت پس از زمان طلوع، ستاره درست در نوک قله دیده می‌شود؟ (پاسخ را تا یک رقم اعشار محاسبه کنید)

۵- فرض کنید ستاره‌ای با قدر ظاهری $m_V = ۱۰/۸۳$ و شاخص رنگی $B-V = ۰/۶۴$ و ستاره‌ی دیگری با قدر ظاهری $m_V = ۱۱/۹$ و شاخص رنگی $B-V = ۰/۸۱$ منظومه‌ی دوتایی تشکیل داده‌اند. در تصویری که از این منظومه دوتایی غیرگرفتی ثبت شده است، دوتایی غیرقابل تفکیک است. شاخص رنگی این دوتایی چه قدر است؟

۶- در طول یک شب رصدی ارتفاع و قدر ظاهری یک ستاره در چهار نوبت اندازه‌گیری و در جدول زیر داده شده است. با توجه به اینکه بین قدرظاهری و جرم هوا رابطه‌ی خطی برقرار است، قدرظاهری ستاره خارج از جو زمین چقدر است؟

M	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۸۲
a	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵

۷- اگر خوشه‌ای از کهکشان‌ها با انتقال‌به‌سرخی برابر با ۰/۳ دارای جرمی معادل با $۶\times۱۰^{۱۴}M_{\odot}$ باشد، با استفاده از قضیه‌ی ویریال، قطر زاویه‌ای این خوشه را برای ناظر زمینی تخمین بزنید. (فرض کنید سرعت متوسط کهکشان‌ها در خوشه برابر با $۱۰۰۰\frac{km}{s}$ است و کهکشان‌ها به‌طور همگن در خوشه توزیع‌شده‌اند.)

۸- اگر ستاره‌ی A با میل ۴ درجه از دید ناظری که در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه‌ی شمالی قرار دارد در ارتفاع ۶۰ درجه باشد، ستاره‌ی B با میل ۵ درجه از دید همان ناظر در حال طلوع است. بُعد ستاره‌ی A و B حداقل چند ساعت اختلاف دارد؟

۹- ضخامت اپتیکی τ، به شکل $L = L_o e^{-\tau}$ تعریف می‌شود. اگر در یک‌هوای مه‌گرفته، خورشید با روشنایی ماه کامل در آسمان شب بر ما بتابد، ضخامت اپتیکی مه چقدر 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	ب	الف	۲۲	هـ	د	ج	**ب**	الف	۴۲	هـ	د	ج	ب	الف
۳	هـ	د	ج	ب	**الف**	۲۳	هـ	د	ج	ب	**الف**	۴۳	هـ	د	ج	ب	الف
۴	هـ	د	ج	ب	**الف**	۲۴	هـ	د	ج	**ب**	الف	۴۴	هـ	د	ج	ب	الف
۵	هـ	د	ج	**ب**	الف	۲۵	هـ	د	ج	**ب**	الف	۴۵	هـ	د	ج	ب	الف
۶	هـ	د	ج	ب	**الف**	۲۶	هـ	د	**ج**	ب	الف	۴۶	هـ	د	ج	ب	الف
۷	هـ	**د**	ج	ب	الف	۲۷	هـ	د	ج	**ب**	الف	۴۷	هـ	د	ج	ب	الف
۸	هـ	**د**	ج	ب	الف	۲۸	هـ	د	ج	**ب**	الف	۴۸	هـ	د	ج	ب	الف
۹	**هـ**	د	ج	ب	الف	۲۹	هـ	**د**	ج	ب	الف	۴۹	هـ	د	ج	ب	الف
۱۰	هـ	**د**	ج	ب	الف	۳۰	هـ	د	ج	**ب**	الف	۵۰	هـ	د	ج	ب	الف
۱۱	هـ	د	ج	**ب**	الف	۳۱	هـ	د	ج	ب	**الف**	۵۱	هـ	د	ج	ب	الف
۱۲	**هـ**	د	ج	ب	الف	۳۲	هـ	د	ج	ب	**الف**	۵۲	هـ	د	ج	ب	الف
۱۳	هـ	د	ج	**ب**	الف	۳۳	هـ	د	ج	ب	**الف**	۵۳	هـ	د	ج	ب	الف
۱۴	**هـ**	د	ج	ب	الف	۳۴	هـ	د	ج	ب	**الف**	۵۴	هـ	د	ج	ب	الف
۱۵	هـ	د	ج	**ب**	الف	۳۵	هـ	د	ج	ب	**الف**	۵۵	هـ	د	ج	ب	الف
۱۶	هـ	د	ج	**ب**	الف	۳۶	هـ	د	ج	ب	**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	**ب**	الف	۳۸	هـ	د	ج	ب	**الف**	۵۸	هـ	د	ج	ب	الف
۱۹	**هـ**	د	ج	ب	الف	۳۹	هـ	د	ج	ب	**الف**	۵۹	هـ	د	ج	ب	الف
۲۰	هـ	**د**	ج	ب	الف	۴۰	هـ	د	ج	ب	**الف**	۶۰	هـ	د	ج	ب	الف

سؤالات تشریحی

۱- ۲/۱۵

۲- ۴۱۹ پیکسل

۳- ۱۴۱ درجه

۴- ۱/۰۴ ساعت

۵- ۰/۶۸

۶- ۰/۵۵۶

۷- ۰/۱۶ ثانیه قوس

۸- ۵/۱۴ ساعت

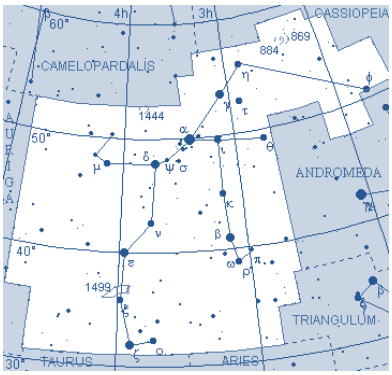
۹- ۱۳

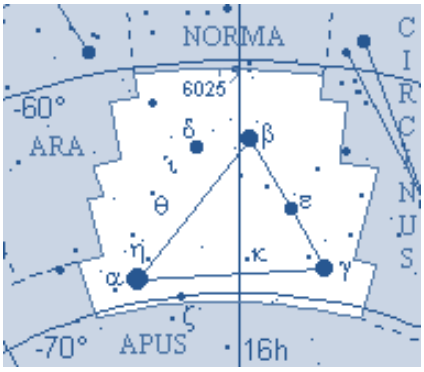
۱- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

ویکتور فرانتز هس (به انگلیسی: Victor Francis Hess) فیزیک‌دان اتریشی-آلمانی در سال ۱۹۳۶ (میلادی) به همراه کارل دیوید آندرسون به خاطر کشف تابش کیهانی موفق به دریافت جایزه فیزیک نوبل شد. او در ۲۴ ژوئن سال ۱۸۸۳ (میلادی) به دنیا آمد و پس از ۸۱ سال در ۱۷ دسامبر سال ۱۹۶۴ (میلادی) درگذشت. وی تحصیلاتش را در دانشگاه گراتس آغاز کرد و در سال ۱۹۰۶ توانست از تز دکترایش دفاع کند. او سال‌ها به روی رادیواکتیویته تحقیق می‌کرد. در پی نفوذ نازی‌ها به کشور اتریش، او از اتریش رفت و در دانشگاه فوردهام نیویورک مشغول به کار شد.

پرتوهای کیهانی امواجی هستند که در فضای بیرون منظومه خورشیدی و در اثر واکنش‌های کهکشانی تولید و در سراسر جهان پخش می‌شوند. این امواج در عبور از جو زمین و برخورد با ذرات اتمسفر به ذرات مختلفی مانند مزون‌ها و پاد-الکترون‌ها تبدیل می‌شوند. در اثر برخورد و نابودی ستارگان انرژی زیادی آزاد می‌شود؛ این انرژی که در حد چندین مگا الکترون ولت است در سرتاسر جهان پخش می‌شود و ما آن را پرتوهای کیهانی نامیده‌ایم. در هر ثانیه حدود ۲۰ پرتوی کیهانی از بدن ما عبور می‌کند.

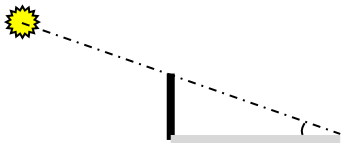
۲- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.





می‌دانیم روش استخراج مختصات در سیستم بعد و میل، وصل کردن کمان دایره عظیمه از ستاره‌ی قطبی به جرم موردنظر و عمود کردن بر استوای سماوی است. پس صورت سؤال را می‌توانیم به شکل زیر بازنویسی کنیم: بُعد میانگین کدام‌یک از صور فلکی زیر با بُعد ستاره‌ی الدبران یا بُعد مکمل آن مطابقت دارد؟

۳- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

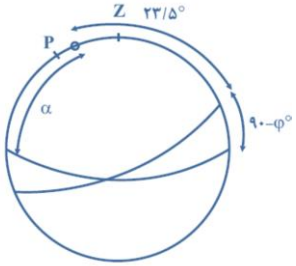


ابتدا از روی ارتفاع میله و طول شاخص، ارتفاع ظاهری خورشید را برآورد می‌کنیم:

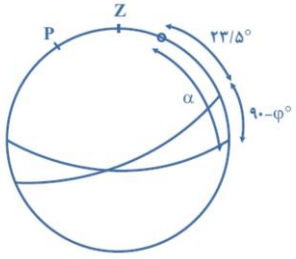
$$\tan\theta = \frac{۱۰۰cm}{۲۴cm} \Rightarrow \theta = \arctan ۴/۱۶۶ = ۷۶/۵^\circ$$

در انقلاب تابستانی خورشید به بالاترین ارتفاع خود در طول سال می‌رسد و ازآنجاکه زاویه‌ی بین دایره‌البروج و استوای سماوی ۲۳/۵ درجه است، می‌توانیم مسئله را به دو زیر حالت افراز کنیم:

$$(۹۰-\varphi)+۲۳/۵+a=۱۸۰ \Rightarrow \varphi = ۱۰^\circ$$



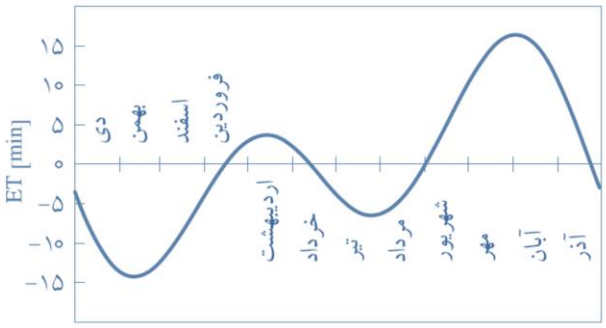
$$(۹۰-\varphi)+۲۳/۵=a \Rightarrow \varphi = ۳۷^\circ$$



۴- گزینه ج پاسخ صحیح است.

ازآنجاکه انرژی مدار این جسم صفر است؛ می‌توان نتیجه گرفت که این جسم روی مداری سهمی گون به خورشید نزدیک می‌شود؛ بنابراین معادله‌ی سهمی در دستگاه مختصات قطبی را می‌نویسیم: $r = \frac{۲a}{۱+\cos\theta}$. ازآنجاکه طبق صورت سؤال نقطه‌ی اول و دوم تقاطع با مدار زمین نسبت به خورشید قرینه‌اند می‌توان نتیجه گرفت که این دو نقطه ۱۸۰ درجه و درنتیجه با محور حضیض ۹۰ درجه فاصله دارند؛ پس با توجه به فاصله‌ی ۱ واحد نجومی در شعاع مداری زمین خواهیم داشت: $۱Au = \frac{۲a}{۱+\cos ۹۰}$ یعنی $a = ۰/۵Au$

۵- گزینه ج پاسخ صحیح است.



زمانی که اختلاف بُعد خورشید میانگین با بُعد خورشید واقعی به صفر برسد یعنی تعدیل زمان صفر شود؛ اذان ظهر در ساعت ۱۲ اتفاق می‌افتد. مطابق نمودار تعدیل زمان روبرو؛ این اتفاق در چهار تاریخ ۴ دی، ۱۰ شهریور، ۲۳ خرداد و ۲۶ فروردین روی می‌دهد.

۶- گزینه ج پاسخ صحیح است.

ستاره‌ها در دوران تولد به علت دمای نسبتاً پایین، طیف خروجی خود را در بسامدهای پایین و طول‌موج فروسرخ گسیل می‌کنند. علاوه بر این طیف فروسرخ نسبت به تابش‌های رادیویی و پرتوایکس کمتر تحت تأثیر پدیده‌ی جذب میان ستاره‌ای تعدیل می‌شود.

۷- گزینه د پاسخ صحیح است.

نمودار پروانه‌ای طرحی از توزیع لکه‌های خورشیدی در عرض‌های جغرافیایی مختلف خورشیدی برحسب یک دوره‌ی ۱۱ ساله است. در ابتدای یک چرخه ۱۱ ساله لکه‌ها در عرض‌های جغرافیایی ۴۰ درجه بالا یا پایین استوای خورشیدی ظاهر می‌شوند و به مرور زمان تعداد لکه‌ها بیشتر شده و به عرض‌های پایین‌تر کشیده می‌شوند. در اوایل قرن بیستم برای اولین بار شخصی به نام Edward Walter MAUNDER این طرح از لکه‌ها را ترسیم کرده است؛ طرح توزیع لکه‌ها طی این چرخه یادآور بال‌های پروانه است. این طرح با نام نمودار ماوندر هم شناخته می‌شود.

۸- گزینه د پاسخ صحیح است.

می‌دانیم توانایی گردآوری نور با افزایش سطح مقطع ابزار اپتیکی افزایش می‌یابد بنابراین؛ $\frac{b_۱}{b_۲} = \frac{S_۱}{S_۲} = (\frac{r_۱}{r_۲})^۲ = (\frac{۲۴۰mm}{۸mm})^۲ \simeq ۱۰^۳$.

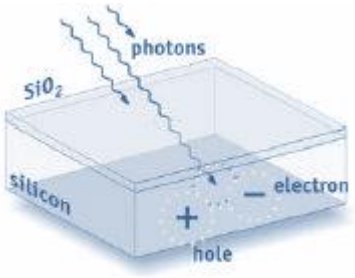
۹- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

به خاطر ایده‌آل بودن تابش، تمام درخشندگی حاصل از ستاره‌ی مرکزی به پوسته‌ی موردنظر می‌رسد بنابراین نسبت درخشندگی این دو، یک است.

$$\frac{L_۱}{L_*}=\frac{۴\pi r_۱^۲\sigma T_۱^۴}{۴\pi r_*^۲\sigma T_*^۴}=۱ \quad \Rightarrow \quad T_۱=T_*\sqrt{\frac{r_*}{r_۱}}=۳۵۰۰۰\sqrt{\frac{۱۸\times ۶/۹۶\times ۱۰^۸}{۰/۲\times ۳/۰۹\times ۱۰^{۱۶}}}\simeq ۵۰K$$

۱۰- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

حساسیت اشاره دارد به دریافت جزئیات مطلوب از روشنایی صحنه معین. تطبیق حساسیت حسگر با روشنایی صحنه یکی از اساسی‌ترین جنبه‌های عکاسی است. حس‌گر تصویر سیلیکون CCD، اطلاعات تصویر را دریافت می‌کند و بر اساس آن قادر است نور را به انرژی الکتریکی تبدیل کند که به این عمل ناشی از برخورد، فوتوالکتریک می‌گویند. فوتون‌ها سطوح انرژی را در شبکه سیلیکونی تقویت و در اثر برخورد الکترون‌ها، بار الکتریکی به شکل جفت‌های حفره و الکترون درمی‌آیند.



حساسیت حسگر تصویر به ابعاد ناحیه حساس به نور بستگی دارد (پیکسل‌های بزرگ‌تر، فوتون‌های بیشتری را جذب می‌کنند) و راندمان تبدیل فوتون به الکتریسیته (که به quantum efficiency یا QE معروف است) نامیده می‌شود.

QE به روش طراحی پیکسل بر اساس طول‌موج‌های نوری مربوط است. روی هر پیکسل ساختارهای دیگری هم وجود دارد که به نور حساس نیستند و نور را جذب نمی‌کنند (تلفات جذب). علاوه بر این سیلیکون به‌طور طبیعی طول‌موج خاصی را منعکس می‌کند (تلفات انعکاس)؛ و ممکن است طول‌موج‌های خیلی کوتاه و خیلی بلند به‌طور کامل از میان لایه پیکسل‌های حساس به نور بدون تولید الکترونی عبور کند (تلفات انتقال). حساسیت بیشتر از این مقدار بار الکتریکی تولیدشده، نیاز به الکترون‌های تولیدکننده فوتون دارد. برای استفاده از حساسیت حس‌گرها باید قادر باشیم سیگنال تولیدی را اندازه‌گیری و مدیریت کنیم، به‌طوری‌که اتلاف نداشته باشیم و پرتوهای فرودی با نویز محو نشوند. عملکرد کلیه حسگرهای تصویربرداری بر اساس بهره‌برداری از اثر فوتوالکتریک است. این حسگرها نور را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. تمام حسگرهای CCD و CMOS باید در حالت کلی سه وظیفه‌ی اصلی زیر را انجام دهند؛

۱- تولید و جمع‌آوری بار الکتریکی ۲- اندازه‌گیری آن و تغییر به ولتاژ یا جریان ۳- خروج سیگنال

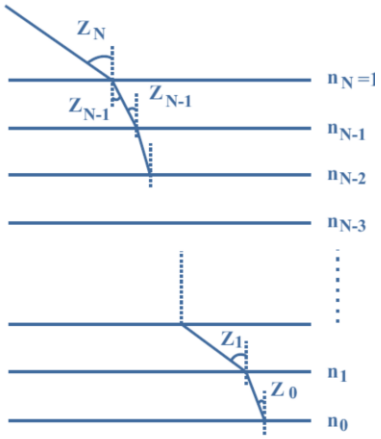
۱۱- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

اگر به خط راست طیف A نگاه کنید و آن را با نظیرش در طیف B مقایسه کنید مشاهده خواهید کرد که این طیف کمی به سمت راست متمایل شده است؛ همچنین یک تغییر مکانی کوچک هم برای خط دوم طیف A مشاهده می‌شود. برای توجیه به وجود آمدن سومین خط طیفی B باید گفت خط مذکور ناحیه‌ای از طیف است که ستاره‌ی دوم پس از خارج شدن از پشت ستاره‌ی دوم تابیده است.

۱۲- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

با توجه به داغ‌تر بودن ستاره‌ی A، این ستاره در تمامی طول‌موج‌ها بیش از ستاره‌ی دیگر تابش می‌کند ولی در مورد رنگ ستاره، با توجه به این‌که رفتار تابشی ستاره به جسم سیاه نزدیک است، رنگ ستاره به قله‌ی نمودار انرژی خود متمایل می‌شود؛ بنابراین ستاره‌ی B به علت نزدیکی بیشتر قله به ناحیه قرمز، سرخ‌تر دیده می‌شود.

۱۳- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.



معادله‌ی اسنل دکارت را به‌طور مجزا برای لایه‌های مختلف جو می‌نویسیم:

$$n_n \sin z_n = n_{n-1} \sin z_{n-1}$$
$$n_{n-1} \sin z_{n-1} = n_{n-2} \sin z_{n-2}$$
$$n_{n-2} \sin z_{n-2} = n_{n-3} \sin z_{n-3}$$
$$\vdots$$
$$n_1 \sin z_1 = n_0 \sin z_0$$

از ضرب طرفین و ساده‌سازی جبری خواهیم داشت: $n_n \sin z_n = n_0 \sin z_0$؛ برای زوایای پیراسمت‌الرأسی زاویه را $z + R$ در نظر می‌گیریم: $\sin(z_0 + R) = \sin z_n$ یا به‌صورت بسط یافته: $\sin z \cos R + \cos z \sin R = \sin z$ حال چون R زاویه‌ی سمت‌الرأسی است و زاویه‌ای کوچک است؛ از تقریب زوایای کمتر از ۶ درجه استفاده می‌کنیم: $\sin z + R \cos z = n_0 \sin z$ درنتیجه؛ $R = (n_0 - 1) \tan z_0$

۱۴- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

با توجه به قانون بقای اندازه‌ی حرکت (تکانه) داریم؛ $mv + M_\odot v_\odot = mv' + M_\odot v'_\odot$ بنابراین؛ $\Delta v_\odot = \frac{m}{M_\odot} \Delta v$. پس باید کل تغییر سرعت را اندازه بگیریم. ازآنجاکه بزرگی بردار سرعت تغییر نمی‌کند و تنها راستای بردار تغییر می‌چرخد، می‌نویسیم:

$$\Delta v = \sqrt{v^2 + v'^2 - 2vv' \cos\theta} \;\; ; \;\; v = v' \;\Rightarrow\; \Delta v = \sqrt{2v^2 - 2v^2 \cos\theta} = v\sqrt{2(1 - \cos\theta)}$$

تغییر جهت بردار ۸۴ درجه است؛ پس داریم: $\Delta v = 10000\sqrt{2(1 - \cos 84)} = 1338\, m.s^{-1}$ و بعد از جایگذاری این مقادیر درنتیجه‌ی قانون بقای تکانه‌ی زاویه‌ای داریم:

$$\Delta v_\odot = \frac{m}{M_\odot} \Delta v = \frac{5/97 \times 10^{24}}{1/99 \times 10^{30}} \times 1338 = 4 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$$

۱۵- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

خورشید ۲۲۰ میلیون سال یک‌بار به دور مرکز کهکشان می‌چرخد و سن کنونی خورشید ۵ میلیارد سال است؛ یعنی تاکنون ۲۲ با به دور مرکز کهکشان چرخیده است.

۱۶- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

با توجه به رابطه‌ی قدر-درخشندگی، قدر مطلق را استخراج می‌کنیم؛ $M - M_\odot = -2/5 \log \frac{L}{L_\odot}$ درنتیجه: $M = -19/7$. از طرف دیگر قدر ظاهری ابرنواختر را نیز از رابطه‌ی $m - m_v = -2/5 \log \frac{b}{b_v}$ به دست می‌آوریم؛ $m = 17$. حال چنین می‌نویسیم:

$m-M=۵\log d-۵ \Rightarrow \log d=\frac{۱۷+۱۹/۷+۵}{۵}=۸/۳۳ \Rightarrow d=۲۱۷/۸\,Mpc=۷۱۱$ میلیون سال نوری

نور ابرنواختر اول ۷۱۱ میلیون سال درراه است و ابرنواختر دوم ۲۰۰ میلیون سال بعد منفجر می‌شود. درنتیجه نور ابن ابرنواختر ۵۱۱ میلیون سال، درراه است.

۱۷- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

قطر زاویه‌ای ظاهری جسم از رابطه‌ی $\theta''=۲۰۶۲۶۵\frac{۲r}{d}$ بعد از جایگذاری خواهیم داشت:

$$۰/۰۱''=۲۰۶۲۶۵\frac{۲r}{d}\Rightarrow\frac{r}{d}=۲/۴۲\times۱۰^{-۸}$$

و از رابطه‌ی روشنایی داشتیم: $b=\frac{۴\pi r^۲\sigma T^۴}{۴\pi d^۲}$ پس با جایگذاری $b=۴/۵\times۱۰^{-۸}$ و نسبت شعاع به فاصله از رابطه‌ی قطر ظاهری، داریم:

$$b=(۲/۴۲\times۱۰^{-۸})^۲\times۵/۶۷\times۱۰^{-۸}\times T^۴ \quad ; \quad T=\sqrt[۴]{\frac{۴/۵\times۱۰^{-۸}}{۴/۳۴\times۱۰^{-۱۶}}}=۱۰۰K$$

۱۸- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

دوره تناوب متغیر ۲۰ روز تعیین‌شده است. لگاریتم این عدد برابر ۱/۳۰۱ است از روی نمودار قدر مطلق این متغیر ۵- به دست می‌آید.

$$m-M=۵\log d-۵ \Rightarrow -۲۶/۳-(-۵)+۵=۵\log d \Rightarrow d=۱۰^{۷/۲۶}pc=۱۸/۱۹\,Mpc$$

۱۹- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

منظور از ستاره‌ی وگا، آلفا نسر واقع است؛ این مثلث صورت فلکی جاثی (هرکول) را نشانه رفته است.

۲۰- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

با توجه به تعریف سرعت داریم: $v=\frac{dx}{dt}$ و از طرفی از قانون انبساط هابلی به خاطر داشتیم: $v=H_۰x$ پس از جایگذاری رابطه‌ی اخیر در تعریف سرعت داریم: $dt=\frac{dx}{H_۰x}$؛ اما طبق صورت سؤال فاصله‌ی اولیه ۱۰ درصد افزایش‌یافته یعنی $x_۲=۱/۱x_۱$. حال برای محاسبه‌ی کل زمان موردنظر باید از دو طرف عبارت مکان زمان در بازه‌ی زمانی موردبحث، انتگرال بگیریم:

$$\int_{t_۱}^{t_۲}dt=\int_{x_۱}^{x_۲}\frac{dx}{H_۰x}=\frac{۱}{H_۰}\int_{x_۱}^{x_۲}\frac{dx}{x} \Rightarrow \Delta t=\frac{۱}{H_۰}(\ln x_۲-\ln x_۱)=\frac{۱}{H_۰}\ln(\frac{x_۲}{x_۱})=\frac{۱}{H_۰}\ln(۱/۱)=۴/۲\times۱۰^۶\,\sec$$

بنابراین کل مدت‌زمان موردبحث $۴/۲\times۱۰^۶\,\sec$ که بعد از تبدیل به سال، به عدد $۱/۳۳\times۱۰^۹$ سال؛ خواهیم رسید.

۲۱- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

برای حل این سؤال از فرض خورشید میانگین استفاده می‌کنیم؛ درنتیجه در دستگاه مختصات دایره‌البروجی، طول سماوی خورشید در روز ۳۱ فروردین از رابطه‌ی تناسبی $\lambda_\odot = \frac{۳۶۰^\circ}{۳۶۵\,day} \times ۳۱\,day = ۳۰/۵^\circ$ به دست می‌آید؛ حال از روابط تبدیل دستگاه مختصات دایره‌البروجی به دستگاه بعد و میلی استفاده می‌کنیم: $\cos\delta\cos\alpha = \cos\beta\cos\lambda \quad ; \quad \sin\delta = \sin\beta\cos\varepsilon + \cos\beta\sin\varepsilon\sin\lambda$

که در آن β عرض دایره‌البروجی و λ طول دایره‌البروجی است. ازآنجاکه در این مسئله جرم موردنظر خورشید است و مسیر حرکت آن بر دایره‌البروج منطبق است عرض دایره‌البروجی را در رابطه‌ی اول برابر صفر جایگذاری می‌کنیم و مقدار میل را برابر ۱۱/۶۷ درجه به دست می‌آوریم. حال با جایگذاری این مقدار در رابطه‌ی دوم، مقدار بُعد برابر ۱/۹ ساعت به دست می‌آید.

۲۲- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

رابطه‌ی بزرگنمایی تلسکوپ؛ نسبت فاصله‌ی کانونی عدسی شیئی به فاصله‌ی کانونی عدسی چشمی است. با وارونه کردن تلسکوپ این نسبت هم وارونه می‌شود؛ اما در چنین حالتی هرگز تصویر واضح تشکیل نمی‌شود.

۲۳- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

از قانون گازها ایده‌آل به خاطر داریم: $PV = nRT = \frac{m}{M}RT$؛ درنتیجه، $P = \frac{m}{V}\frac{R}{M}T = \rho\frac{R}{M}T$؛ بنابراین فشار به چگالی و دما بستگی دارد و نمودارها مشابه یکدیگرند.

۲۴- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

با توجه به قضیه‌ی ویریال $۲E_{tehermal} - E_{gravitional} = ۰$ درنتیجه: $۲(\frac{۳}{۲}\frac{M}{m}kT) = \frac{GM^۲}{R}$ و پس از جایگذاری مقادیر و ساده‌سازی:

$$T = \frac{GMm}{۳kR} = \frac{۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\times۴\times۱۰^{۱۱}\times۱۰۰\times(۲\times۱۰^{۳۰})^۲\times(۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷})}{۳(۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳})\times۱۰^{۳۲}} \cong ۱/۱۳\times۱۰^۷K$$

۲۵- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

$$\frac{t}{t_\odot} = (\frac{m}{m_\odot})^{-۲/۵} \Rightarrow \frac{t}{t_\odot} = ۰/۱^{-۲/۵} = ۳/۱۶\times۱۰^{-۳} \quad ; \quad t_\odot = ۱۰^{۱۰}year \Rightarrow t = ۳/۱۶\times۱۰^۷$$

۲۶- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

در مورد گزینه ج باید گفت این اتفاقی است که بارها در مورد قمرهای مشتری شاهد آن بوده‌ایم و بعضاً می‌توانیم با توجه به قمرهای زیاد این سیاره پدیده‌ی مذکور را هرچند روز یک‌بار شاهد باشیم. در مورد گزینه د هم بهترین مثال خورشید است که ستاره‌ای متعلق به رشته‌ی اصلی بوده و انرژی خود را از همجوشی هسته‌ای هیدروژن (نه شکافت هسته‌ای که در بمب‌های هسته‌ای اتفاق می‌افتد) تأمین می‌کند.

۲۷- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

چون با دو میدان مغناطیسی و الکتریکی سروکار داریم، شکل نهایی برآیندی از آن دو خواهد بود. درنتیجه گزینه د که حرکت سیکل‌وار را نشان می‌دهد محتمل‌ترین گزینه است. بخش بالایی نمودار بار منفی و بخش پایینی برای بار مثبت است. هرچند که در شرایط دیگر گزینه‌های الف، ب و ج نیز ممکن است رخ دهند.

۲۸- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

این‌یکی از تصاویری است که فضاپیمای سوهو برای بررسی فوران‌های سطح خورشید عکاسی کرده است. محدوده سفید رنگ توسط صفحه‌ای برای کاهش نور جو خورشید این منطقه را از میدان دید فضاپیما خارج کرده است. دایره سفید کوچک‌تر که در تصویر مشاهده می‌شود قرص خورشید است؛ و موادی که به‌صورت فوران از جو آن خارج‌شده است با نام شرارهای خورشیدی شناخته می‌شود. برای محاسبه‌ی سرعت به اختلاف فاصله مستقیمی که شراره طی کرده است و اختلاف‌زمانی دو تصویر نیاز داریم. برای همین کار فاصله‌ی مرکز خورشید تا بیرونی‌ترین بخش شراره را در تصویر اول x و در تصویر دوم y می‌نامیم و سپس مقادیر مطلوب را از اندازه‌گیری با خط‌کش به دست می‌آوریم.

$$x = R_\odot + \alpha = ۳/۲ \quad \Rightarrow \quad \frac{x}{R_\odot} = \frac{R_\odot + \alpha}{R_\odot} = ۱ + \frac{\alpha}{R_\odot} = ۳/۲ \Rightarrow \frac{\alpha}{R_\odot} = ۲/۲ \Rightarrow \alpha = ۲/۲ R_\odot$$

$$y = R_\odot + \beta = ۳/۷ \quad \Rightarrow \quad \frac{y}{R_\odot} = \frac{R_\odot + \beta}{R_\odot} = ۱ + \frac{\beta}{R_\odot} = ۳/۷ \Rightarrow \frac{\beta}{R_\odot} = ۲/۷ \Rightarrow \beta = ۲/۷ R_\odot$$

اما مقدار مطلوب ما تفاضل این دو عدد است؛ پس: $\beta - \alpha = ۰/۵ R_s = ۰/۵ \times ۶/۹۶ \times ۱۰^۸ = ۳/۴۸ \times ۱۰^۸$ و از طرف دیگر؛ $\Delta t = ۱۹\,\mathrm{min} = ۱۱۴۰\,\mathrm{sec}$؛ بنابراین سرعت چنین به دست می‌آید:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۳/۴۸ \times ۱۰^۸}{۱۱۴۰} = ۳/۰۵ \times ۱۰^۵ \frac{m}{s}$$

۲۹- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

بارش شهابی شلیاقی در ماه اردیبهشت روی می‌دهد.

۳۰- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

سوهو فضاپیمایی با مأموریت بررسی جو خورشید و فوران‌های آن است. از تصاویر سوهو برای کشف دنباله‌دارهای تک دوره‌ای که به خورشید نزدیک می‌شوند نیز استفاده می‌شود.

«پاسخ‌های کوتاه»

۱- ماخ پاسخ: ۲/۱۵

ابتدا باید نوع مدار دنباله‌دار را برآورد کنیم؛ برای این کار از محاسبه‌ی انرژی مدار استفاده می‌کنیم:

$$E = K + U = \frac{۱}{۲}mv^۲ - \frac{GMm}{r} = \frac{۱}{۲}m(۷۲۰۰)^۲ - \frac{۶/۶۷\times۱۰^{-۸}\times(۱/۹۹\times۱۰^{۳۰})\times m}{۱۰۰\times۱/۵\times۱۰^{۱۱}} = m\times۱/۷۱\times۱۰^۷$$

این مقدار انرژی، مثبت است؛ بنابراین مدار هذلولی است. در مورد انرژی مدار هذلولی داریم: $E = \frac{GMm}{۲a}$ پس داریم:

$$m\times۱/۷۱\times۱۰^۷ = \frac{۶/۶۷\times۱۰^{-۸}\times(۱/۹۹\times۱۰^{۳۰})\times m}{۲a} \Rightarrow a = ۳/۸۹\times۱۰^{۱۲}m = ۲۵/۹\,Au$$

از طرف دیگر طبق اصل بقای تکانه‌ی زاویه‌ای می‌دانیم قبل و بعد از اثر نیروی گرانش، تکانه‌ی زاویه‌ای ثابت باقی می‌ماند. قبل از اثر نیروی گرانش داریم: $L = mrv\sin\theta$ و چون در این حالت دنباله‌دار از فاصله‌ی ۴۰ واحد نجومی از خورشید می‌گذشت؛ می‌نویسیم: $L = mv\times۴۰Au$. از طرف دیگر برای اندازه‌ی حرکت جسم روی مدار هذلولی داریم: $L = m\sqrt{GMa(e^۲-۱)}$. با برابرنهی و ساده‌سازی داریم:

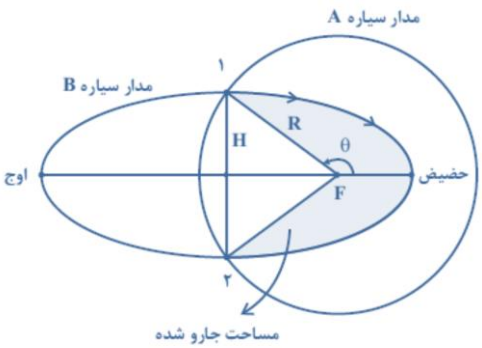
$$m\sqrt{GMa(e^۲-۱)} = mv\times۴۰Au \Rightarrow GMa(e^۲-۱) = (۷۲۰۰\times۴۰\times۱/۵\times۱۰^{۱۱})^۲$$
$$\Rightarrow e^۲-۱ = ۳/۶۱ \Rightarrow e = ۲/۱۵$$

۲- ماخ پاسخ: ۴۱۹ پیکسل

ابتدا باید فاصله‌ی کانونی تلسکوپ را برآورد کنیم و چون نسبت کانونی ۱۱ است؛ داریم: $\frac{f}{D} = \frac{f}{۶/۵m} = ۱۱ \Rightarrow f = ۷۱/۵m$. چون قطر زاویه‌ای ۱ ثانیه‌ی قوسی و شعاع ظاهری ۰/۵ ثانیه‌ی قوسی است، داریم: $\tan\theta_۰ = \frac{r}{f} \Rightarrow r = ۱/۵۷\times۱۰^{-۵}m$؛ که این شعاع هر پیکسل است. برای محاسبه‌ی تعداد خانه‌های اشغال‌شده، مساحت قرص تصویر را بر مساحت هر پیکسل تقسیم می‌کنیم:

$$n = \frac{\pi(۷۱/۵m\times\tan(۰/۵\div۳۶۰۰))^۲}{\pi(۱/۵۷\times۱۰^{-۶}m)^۲} = ۴۱۹\,pixel$$

۳- ماخ پاسخ: ۱۴۱ درجه



قرارگیری مدار دو سیاره مطابق شکل روبرو خواهد بود. طبق قانون سوم کپلر چون هر دو سیاره به دور یک ستاره می‌چرخند و دوره تناوبشان یکی است، نیم‌قطر اطول مدار بیضی باید با شعاع مدار دایره برابر باشد. از طرفی معادله‌ی قطبی مدار بیضی $r = \frac{a(۱-e^۲)}{a+e\cos\theta}$ است. برای نقطه‌ی تقاطع این دو مدار، $r = ۱Au$ است؛ بنابراین: $۱ = \frac{۱(۱-۰/۳۳^۲)}{۱+۰/۳۳\cos\theta}$

و پس از حل خواهیم داشت: $\theta = ۹۶^\circ;۲۶۳^\circ$؛ حال باید مساحت ناحیه‌ی جاروب شده را به دست آوریم تا از قانون دوم کپلر بتوانیم مدت زمان عبور بین دو نقطه‌ی ۱ و ۲ را برای سیاره‌ی B برآورد کنیم؛ پس می‌نویسیم:

$$\frac{S_{۱۲}}{S_{total}}=\frac{t_{۱۲}}{t_{total}}\Rightarrow t_{۱۲}=۱year\times\frac{\frac{\pi ab}{۲}-\frac{۱}{۲}\left|r\cos\theta\right|.\left|r\sin\theta\right|}{\pi ab}=\frac{۱}{۲}(۱-\frac{۲}{۳\pi})=۰/۳۹year$$

برای اینکه ببینیم سیاره‌ی دوم چند درجه در مدار دایروی‌اش جابجا شده، از یک تناسب ساده استفاده می‌کنیم: $\theta=۰/۳۹\times۳۶۰^\circ=۱۴۱^\circ$.

۴- پاسخ: ۱/۰۴ ساعت

ابتدا ارتفاع کوه را برحسب درجه و از دید ناظر به دست می‌آوریم: $\tan\alpha=\frac{h}{d}=\frac{۴۸۰۰}{۲۰۰۰۰}$ درنتیجه: $\alpha=۱۳/۵^\circ$ و از رابطه‌ی تبدیل ارتفاع و میل به زاویه ساعتی: $\cos HA=\frac{\sin\theta-\sin\varphi\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta}$ را برای دو حالت ستاره در ارتفاع صفر درجه و ۱۳/۵ درجه حساب می‌کنیم:

$$H_۱=۹۵/۸۴\ ;\ H_۲=۸۰/۱۲\ \Rightarrow\ \Delta H=۱۵/۷۲^\circ$$

و برای تبدیل این مقدار به ساعت داریم: $\Delta t=\frac{\Delta H}{۱۵}=\frac{۱۵/۷۲}{۱۵}=۱/۰۴h$

۵- پاسخ: ۰/۶۸

برای محاسبه‌ی شاخص رنگی دوتایی باید قدر B و V هر یک از ستاره‌ها را به‌طور مجزا برآورد کنیم. برای این کار باید قدر آبی هر دو ستاره را از روی شاخص رنگی‌شان اندازه بگیریم:

$$V_A=۱۰/۸۳\ ;\ B-V=۰/۶۴\ \Rightarrow\ B_A=V_A+(B-V)_A=۱۱/۴۷$$
$$V_B=۱۱/۹۰\ ;\ B-V=۰/۸۱\ \Rightarrow\ B_B=V_B+(B-V)_B=۱۲/۷۱$$

حال قدر مجموع دو ستاره را در فیلتر B برآورد می‌کنیم:

$$m_{B۱}-m_{B۲}=-۲/۵\log\frac{b_{B۱}}{b_{B۲}}\ \Rightarrow\ ۱۱/۴۷-۱۲/۷۱=-۲/۵\log\frac{b_{B۱}}{b_{B۲}}\ \Rightarrow\ \frac{b_{B۲}}{b_{B۱}}=۰/۳۲$$
$$m_{B۱+۲}-m_{B۱}=-۲/۵\log\frac{b_{B۱+۲}}{b_{B۱}}=-۲/۵\log\frac{b_{B۱}+b_{B۲}}{b_{B۱}}\ \Rightarrow$$
$$m_{B۱+۲}=۱۱/۴۷-۲/۵\log(۱+\frac{b_{B۲}}{b_{B۱}})\ \Rightarrow m_{B۱+۲}=۱۱/۱۷$$

همین کار را برای فیلتر V تکرار می‌کنیم:

$$m_{V۱}-m_{V۲}=-۲/۵\log\frac{b_{V۱}}{b_{V۲}}\ \Rightarrow\ ۱۰/۸۳-۱۱/۹=۲/۵\log\frac{b_{V۱}}{b_{V۲}}\ \Rightarrow\ \frac{b_{V۲}}{b_{V۱}}=۰/۳۷$$
$$m_{V۱+۲}-m_{V۱}=-۲/۵\log\frac{b_{V۱+۲}}{b_{V۱}}=-۲/۵\log\frac{b_{V۱}+b_{V۲}}{b_{V۱}}\ \Rightarrow$$
$$m_{V۱+۲}=۱۰/۸۳-۲/۵\log(۱+\frac{b_{V۲}}{b_{V۱}})\ \Rightarrow m_{V۱+۲}=۱۰/۴۸$$

حال $B-V$ را برآورد می‌کنیم: $۱۱/۱۷-۱۰/۴۸=۰/۶۸$

۶- پاسخ: ۰/۵۵۶

به علت همگن بودن جو در ارتفاعات یکسان از نظر چگال و جرم از اختلافات جزئی صرف‌نظر می‌کنیم و جو را به‌مانند دایره‌های دور زمین در نظر می‌گیریم. از طرفی طبق تعریف افق می‌دانی افق مماسی بر سطح کره است پس همان‌طور که از شکل برمی‌آید ضخامت‌های جو در نقاط مختلف از دید نظر یکسان نیست. طبق تعریف ارتفاع جرم می‌توانیم خطوط واصل راصد – ستاره – مرکز زمین را برای ستاره در ا هر چهار ارتفاع رسم می‌کنیم. با توجه به اینکه زاویه‌ی بین دو خط (ناظر-ستاره) و (ناظر-مرکززمین) و طول خطوط (مرکز زمین- ناظر) و (مرکز زمین – ستاره) مشخص است، می‌توانیم طبق قضیه کسینوس‌ها ضلع سوم مثلث را مطابق ذیل به دست آوریم:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\alpha \;\; ; \;\; a = 6/38\times10^6 \;\; ; \;\; c = 6/38\times10^6 + 10^6 = 7/38\times10^6$$

$$\theta = 35^\circ, 45^\circ, 55^\circ, 65^\circ \;\; ; \;\; \alpha = \frac{\pi}{2} + \theta \;\; \Rightarrow \;\; b^2 - 12/76\times10^6 b\cos\theta - 13/76\times10^6 = 0$$

برای حل ای معادله‌ی درجه‌دو داریم:

$$b = \frac{+12/76\times10^6\cos\theta \pm \sqrt{12/76\times10^6\cos\alpha^{\,2} - 4\;\; -13/76\times10^6}}{2}$$

$$\cong \frac{+12/76\times10^6\cos\theta \pm \sqrt{12/76\times10^6\cos\alpha^{\,2}}}{2} = 12/76\times10^6\cos\alpha \;\; \Rightarrow$$

$$b = 10/45\times10^6 ; 9/02\times10^6 \;\; ; \;\; 7/31\times10^6 \;\; ; \;\; 5/39\times10^6$$

M	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۸۲
B	$10/45\times10^6$	$9/02\times10^6$	$7/31\times10^6$	$5/39\times10^6$
α	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵

حال باید رابطه‌ای خطی بین طول خط واصل ستاره-ناظر و قدر ستاره، استخراج‌کنیم.

$$m = \frac{y - y_\circ}{x - x_\circ} = \left(\frac{0/95 - 0/88}{10/45 - 9/02}\right)\times10^{-6} = \frac{0/07}{1/43}\times10^{-6} = 4/89\times10^{-8} \;\; \Rightarrow \;\; y = 4/89\times10^{-8}x + Y_\circ$$

$$0/82 = 4/89\times10^{-8}\times5/4\times10^6 + Y_\circ \;\; \Rightarrow \;\; 0/82 = 0/26406 + Y_\circ \;\; \Rightarrow \;\; Y_\circ = 0/5559 \cong 0/556$$

$$y = 4/89\times10^{-8}x + 0/5559$$

و درنهایت باید y نقطه‌ای با $x = 0$ را پیدا کنیم (چراکه حالت مطلوب ما با شرایط ضخامت جو صفر است) که برابر است با: $y = 0/556$

۷- پاسخ: ۰/۱۶ ثانیه قوس

با دانستن انتقال‌به‌سرخ کهکشان می‌توانیم از اثر دوپلر $z + 1 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$ سرعت آن را برآورد کنیم:

$$1/3^2 = \frac{c+v}{c-v} \Rightarrow 1/69c - 1/69v = c + v \;\; ; \; c = 3\times10^8\,\frac{m}{s} \Rightarrow \;\; v = 7/69\times10^4\,\frac{km}{s}$$

اما این سرعت خطی تنها ناشی از انبساط هابلی است؛ رابطه‌ی انبساط هابلی $v = H_\circ r = 70\,km.s^{-1}.Mpc^{-1}$ درنتیجه: $r = 1/09\times10^{10}\,pc$

حال می‌دانیم که طبق قضیه‌ی ویریال، $U+۲K=۰ \Rightarrow K=-\frac{U}{۲}$ درنتیجه:

$$\frac{۱}{۲}mv^{۲}=-\frac{۱}{۲}\times\frac{۳}{۵}\times\frac{Gm^{۲}}{R} \Rightarrow R=\frac{۳}{۵}\frac{۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\times۶\times۱۰^{۱۴}\times۱۰/۹۹\times۱۰^{۳۰}}{(۷/۷\times۱۰^{۷})^{۲}}=۱/۳۴\times۱۰^{۱۹}m=۴۳۴/۱pc$$

۸- **پاسخ: ۵/۱۴ ساعت**

اختلاف زاویه‌ی ساعتی دو ستاره برابر است با اختلاف بُعد ستاره است؛ بنابراین ابتدا از جایگذاری‌های عددی در رابطه‌ی زاویه‌ی ساعتی، مقادیر مطلوب را برای دو ستاره حساب می‌کنیم:

$$\cos H=\frac{\sin\theta-\sin\varphi\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta} \Rightarrow H_{۴۰}=۱۵/۸۳ \;;\; H_{۵۰}=۹۲/۹ \Rightarrow \Delta H=۷۷/۰۷^{\circ}=۵/۱۳۷h$$

۹- **پاسخ: ۱۳**

$$m_{moon}-m_{\odot}=-۲/۵\log\frac{b_{moon}}{b_{\odot}} \Rightarrow \frac{b_{monn}}{b_{\odot}}=۲/۳\times۱۰^{-۶} \Rightarrow e^{-\tau}=۲/۳\times۱۰^{-۶}$$

$$\tau=-\ln۲/۳\times۱۰^{-۶}\cong۱۳$$