جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

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

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
۳۶	۸	۲۴۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب آزاد است.

تذکرات پیش از آزمون:

- این آزمون شامل **۳۶ سؤال** چندگزینه‌ای و **۸ 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، آلمانک‌ها 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- برای اینکه ناظر روی ماه بتواند برج میلاد را در تمامی طول‌موج‌های مرئی تشخیص دهد حداقل قطر تلسکوپی که استفاده می‌کند چقدر باید باشد؟ ارتفاع برج میلاد ۴۳۰ متر است.

الف) ۱۳ cm ب) ۲۶ cm ج) ۴۳ cm د) ۷۶ cm هـ) ۲۴ cm

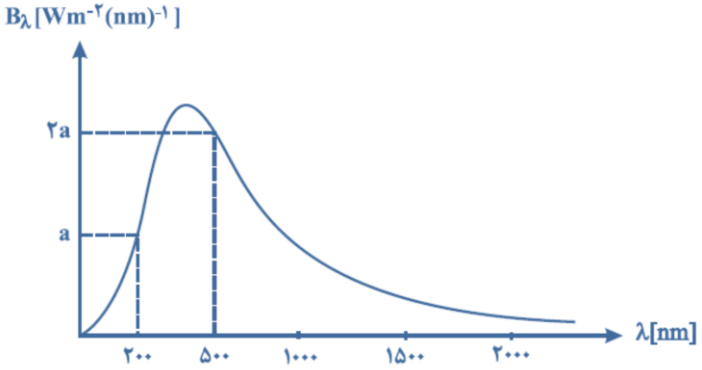
۲- کاربرد اسطرلاب در زمان قدیم چه بوده؟

الف) اندازه‌گیری شدت نور ستاره‌ها ب) تعیین موقعیت سیارات ج) تعیین موقعیت ثوابت د) تعیین زمان طلوع ماه نو

۳- دو دنباله‌دار را در آسمان در نظر بگیرید که در دو مدار بیضی‌شکل کاملاً منطبق بر هم و در یک‌جهت به دور خورشید دوران می‌کنند. اگر نیم قطر بزرگ مدار ۵ واحد نجومی و فاصله‌ی دو دنباله‌دار از یکدیگر ۳/۵ واحد نجومی و سرعت یکی دو برابر دیگری باشد احتمالاً در چه زمانی این دو دنباله‌دار با یکدیگر برخورد خواهند کرد؟

الف) قبل از یک دوره تناوب ب) بعد از یک دوره تناوب ج) هرگز برخورد نمی‌کنند د) اطلاعات مسئله کافی نیست

۴- برای یک ستاره، نمودار توزیع شدت برحسب طول‌موج به‌صورت زیر است. فیلتر شماره‌ی ۱ طول‌موج‌های ۲۰۰-۲۰۴nm و فیلتر شماره‌ی ۲ طول‌موج‌های ۵۰۰-۵۰۲nm را عبور می‌دهد. m_1 قدر اندازه‌گیری شده توسط فیلتر ۱ و m_2 قدر اندازه‌گیری شده توسط فیلتر ۲ است. $m_2 - m_1$ کدام است؟



الف) $2/5 \log 2$ ب) $-2/5 \log 2$

ج) ۰ د) $2/5 \log 4$

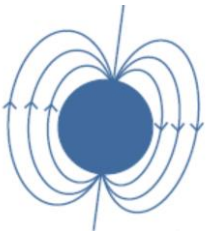
هـ) $-2/5 \log 4$ و) $2/5$

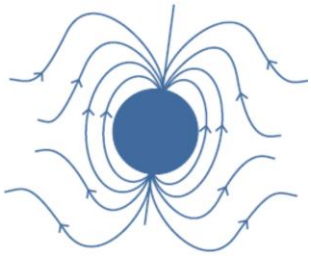
۵- در روز اول دی‌ماه دقیقاً در سر ظهر، طول سایه‌ی یک شاخص عمودی، $\sqrt{3}$ برابر ارتفاع آن است. عرض جغرافیایی محل چقدر است؟

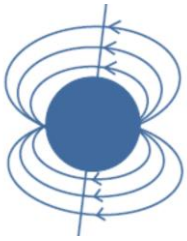
الف) ۳۰ درجه ب) ۵۳/۵ درجه ج) ۳۶/۵ درجه

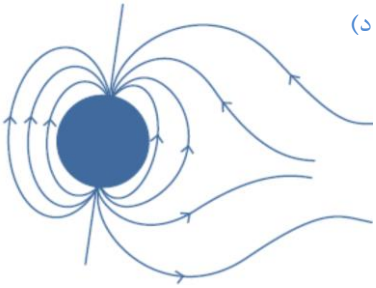
د) ۶۰ درجه هـ) ۶/۵ درجه و) ۲۳/۵ درجه

۶- کدام‌یک از شکل‌های زیر خطوط میدان مغناطیسی اطراف زمین را به‌درستی نشان می‌دهد؟ (در همه‌ی این شکل‌ها خط مورب نشان‌دهنده‌ی محور دوران زمین است.)

الف) 

ب) 

ج) 

د) 

۷- در عرض جغرافیایی میانه (۳۰ تا ۶۰ شمالی و جنوبی) کدام‌یک از موارد زیر برای دو ستاره‌ی قابل‌تفکیک صحیح است؟

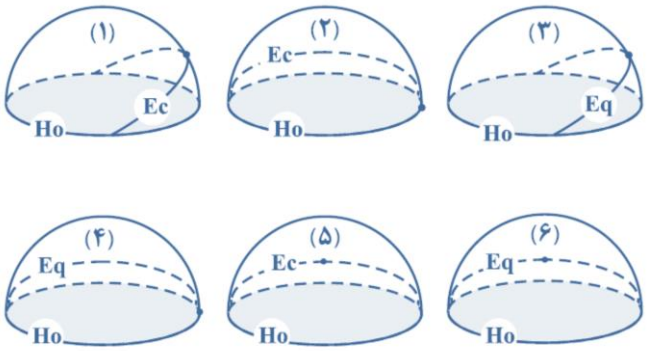
الف) دو ستاره‌ای که باهم طلوع می‌کنند، باهم غروب نمی‌کنند.

ب) هر دو ستاره که باهم طلوع می‌کنند، باهم غروب می‌کنند.

ج) هر دو ستاره‌ای که هم‌زمان در حالت عبور هستند، بُعد یکسان دارند.

د) ستاره‌هایی با میل δ و $-\delta$ کمان یکسانی را در آسمان ناظر طی می‌کنند.

۸- کدام دو تصویر از تصاویر زیر، کره‌ی آسمان را برای ناظر قطبی با عرض جغرافیایی ۹۰ درجه، با فاصله‌ی زمانی ۶ ساعت نشان می‌دهند؟ Eq استوای سماوی، Ec دایره‌البروج و Ho افق است.



الف) ۱ و ۲ ب) ۱ و ۵

ج) ۲ و ۳ د) ۴ و ۵

هـ) ۵ و ۶

۹- زاویه‌ی ساعتی یک ستاره در عبور پایینی آن چقدر است؟

الف) 0^h ب) 6^h ج) 12^h د) 18^h هـ) 24^h

۱۰- کتابی که گالیله به خاطر آن در دادگاه تفتیش عقاید محکوم شد کدام است؟

الف) اصول ریاضی فلسفه‌ی طبیعی ب) گفتگو ج) خلاصه‌ای از نجوم کپرنیکی

د) پرینکیپیا هـ) المجسطی

۱۱- دو سیاره‌ای را که بر گرد ستاره‌ای به جرم خورشید در مدارهایی دایره‌ای در گردش‌اند در نظر بگیرید. اگر شعاع مداری سیاره‌ی بیرونی $1\,Au$ باشد و ناظر ساکن در آن در هر بار گردشش به دور خورشید پنج بار سیاره‌ی درونی را در حالت مقارنه مشاهده کند، دوره‌ی تناوب سیاره‌ی داخلی چند سال است؟

الف) $\frac{1}{5}$ ب) $\frac{2}{5}$ ج) $\frac{1}{6}$

د) $\frac{2}{6}$ ه) $\frac{1}{7}$ و) $\frac{2}{7}$

۱۲- به خاطر وجود کشش سطحی فشار داخل یک حباب صابون کروی متناسب با وارون شعاع حباب تغییر می‌کند. اگر دمای هوای داخل حباب نصف شود شعاع حباب چند برابر می‌شود؟

الف) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ب) 2 ج) $\sqrt{2}$ د) $2\sqrt{2}$ هـ) $\frac{1}{2}$

۱۳- اگر حداکثر زمان نوردهی مناسب برای این‌که ستاره‌ای با فاصله‌ی قطبی p بر روی فیلم عکاسی به‌صورت نقطه‌ای ثبت گردد Δt باشد، زمان نوردهی مناسب برای ثبت نقطه‌ای ستاره‌ای بافاصله‌ی قطبی $2p$ چند برابر Δt است؟

الف) اطلاعات مسئله کافی نیست. ب) $2\cos p$ ج) $(2\sin p)^{-1}$

د) $2\sin p$ هـ) $(2\cos p)^{-1}$ و) $\sin 2p$

۱۴- سطح زمین را با لامپ‌های معمولی ۱۰۰ وات می‌پوشانیم. کدام‌یک از موارد زیر تخمین بهتری برای قدری است که ناظر روی ماه برای زمین اندازه می‌گیرد؟

الف) -۲۳ ب) -۱۷ ج) -۱۴

د) ۵ هـ) ۱۴ و) ۳۷

۱۵- سرعت باد خورشیدی در فاصله‌ی یک واحد نجومی از خورشید در حدود $300\,kms^{-1}$ است. فرض کنیم تعداد ذرات آن در واحد حجم n ذره در مترمکعب باشد. در این صورت فشار باد خورشیدی در این ناحیه به کدام‌یک از موارد زیر نزدیک‌تر است؟

الف) $n\times10^{-8}Nm^{-2}$ ب) $n\times10^{-13}Nm^{-2}$ ج) $n\times10^{-16}Nm^{-2}$ د) $n\times10^{-20}Nm^{-2}$

۱۶- سیاهچاله‌ی مرکز کهکشان راه‌شیری ۳ میلیون برابر خورشید جرم دارد. شعاع این سیاه‌چاله چقدر است؟

الف) ۳ km ب) ۰ km ج) ۰/۳ Au

د) ۰/۰۳ Au هـ) ۰/۰۶ Au و) ۰/۶ Au

۱۷- اگر یک ستاره را جسم سیاه فرض کنیم؛ با گرم شدن سطح آن تابش در طول‌موج‌های قرمز چه تغییری می‌کند؟

الف) کمتر می‌شود. ب) بیشتر می‌شود. ج) ثابت می‌ماند. د) به دمای اولیه‌ی ستاره بستگی دارد.

۱۸- کدام‌یک از صورت‌های فلکی زیر در قطب شمال دیده نمی‌شود؟

الف) سرطان ب) روباهک ج) دلفین د) سگ کوچک هـ) سپر

۱۹- ماه در صورت فلکی قوس است. ناظری که در ماه است زمین را در کدام صورت فلکی می‌بیند؟

الف) قوس ب) جبار ج) سنبله

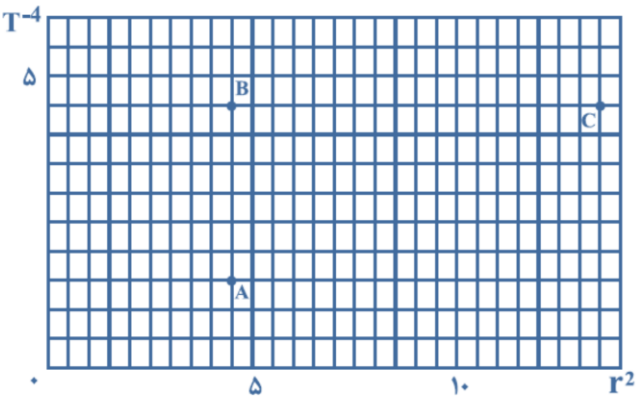
د) حوت هـ) عقرب و) دوپیکر

۲۰- مجموع مسافت‌های طی شده توسط خودروهایی که در طی یک شبانه‌روز در ایران تردد می‌کنند از چه مرتبه‌ی بزرگی است؟

الف) فاصله زمین تا خورشید ب) طول استوای زمین ج) فاصله زمین تا ماه

د) فاصله زمین تا آلفا قنطورس هـ) زمین تا مرکز کهکشان راه شیری

۲۱- در نمودار زیر، هر یک از نقاط رسم شده مربوط به یک ستاره می‌باشد. در مورد درخشندگی مطلق این سه ستاره چه می‌توان گفت؟ (T دما و r شعاع ستاره است.)



الف) $L_A = L_B = L_C / ۳$
ب) $L_A = L_B / ۳ = L_C$
ج) $L_A / ۳ = L_B = L_C$
د) $L_A = ۳L_B = L_C$
هـ) $L_A = L_B = ۳L_C$
و) $۳L_A = L_B = L_C$

۲۲- سطح کره‌ی زمین را با آینه می‌پوشانیم. در این صورت تصویر ماه کامل در چه فاصله‌ای از شخصی که بر روی سطح زمین ایستاده است و ماه در سمت‌الرأس او قرار دارد تشکیل می‌شود؟ ($R_\oplus$ شعاع زمین است. از عیوب آینه‌های کروی صرف‌نظر کنید.)

الف) $R_\oplus / ۲$
ب) $R_\oplus$
ج) $۳R_\oplus / ۲$
د) $۲R_\oplus$
هـ) ∞
و) شعاع مداری

۲۳- $M۳۲$ در کدام صورت فلکی قرار دارد؟

الف) اسد
ب) قوس
ج) جبار
د) ثور
هـ) آندرومدا
و) دجاجه

۲۴- بر اساس اطلاعات رصدی، یک ابر مولکولی هیدروژنی تقریباً کروی، قطری در حدود ۲۰ سال نوری دارد. به‌علاوه، دمایش در حدود ۲۰ کلوین و چگالی عددی ذرات این ابر همگن حدود $۱۰^۴$ ذره بر سانتی‌متر مکعب تخمین زده می‌شود. جرم این ابر مولکولی، چند برابر جرم خورشید است؟

الف) ۶×۱۰^۲
ب) ۶×۱۰^۳
ج) ۶×۱۰^۴
د) ۶×۱۰^۵

۲۵- دو ستاره با مختصات $\alpha_۱ = ۱۸^h$، $\delta_۱ = +۴۰^\circ$ و $\alpha_۲ = ۶^h$، $\delta_۲ = +۱۰^\circ$ به‌طور هم‌زمان در حال عبور مشاهده می‌شوند. در کدام عرض جغرافیایی (ϕ) و در چه زمان نجومی (ST) این اتفاق امکان‌پذیر است؟ (α بُعد و δ میل ستاره است.)

الف) $\phi = ۴۰^\circ, ST = ۶^h$
ب) $\phi = ۶۰^\circ, ST = ۶^h$
ج) $\phi = ۴۰^\circ, ST = ۱۲^h$
د) $\phi = ۶۰^\circ, ST = ۱۲^h$
هـ) $\phi = ۴۰^\circ, ST = ۱۸^h$
و) $\phi = ۶۰^\circ, ST = ۱۸^h$

۲۶- ارتفاع آب در دریاهای آزاد در مدهای متوالی، متفاوت است. علت اصلی این پدیده کدام است؟

الف) فاصله‌ی ماه تا زمین متغیر است.
ب) خورشید اثر کشندگی ماه را گاهی تقویت و گاهی تضعیف می‌کند.
ج) سرعت مداری زمین در طول سال متغیر است.
د) دوره‌ی هلالی و نجومی ماه متفاوت‌اند.

۲۷- با طنـابی به قطر ۱۲/۵mm سطـح زمین را به‌طور کامل می‌پوشانیم. برای این کار از قطب شمال زمین شروع کرده و به‌طور مارپیچ به سمت قطب جنوب حرکت می‌کنیم. به‌نحوی‌که طناب روی خود نیفتد. طول طناب به کدام‌یک از موارد زیر نزدیک‌تر است؟

الف) فاصله‌ی زمین تا ماه
ب) فاصله‌ی زمین تا خورشید
ج) فاصله‌ی نپتون تا خورشید
د) فاصله‌ی زمین تا آلفا قنطورس
هـ) فاصله‌ی زمین تا لبه‌ی کهکشان راه‌شیری
و) فاصله‌ی زمین تا کهکشان آندرومدا

۲۸- کدام‌یک از گزاره‌های زیر درست است؟

الف) منظومه شمسی ۹ سیاره و مشتری ۴ قمر گالیله‌ای دارد.
ب) منظومه شمسی ۱۰ سیاره و مشتری بیش از ۱۰ قمر دارد.
ج) منظومه شمسی ۸ سیاره و یو، قمر گالیله‌ای مشتری، آتشفشان فعال دارد.
د) منظومه شمسی ۸ سیاره و مشتری ۵ قمر گالیله‌ای دارد.
هـ) سیاره پلوتو ۱ قمر و مریخ ۲ قمر دارد.

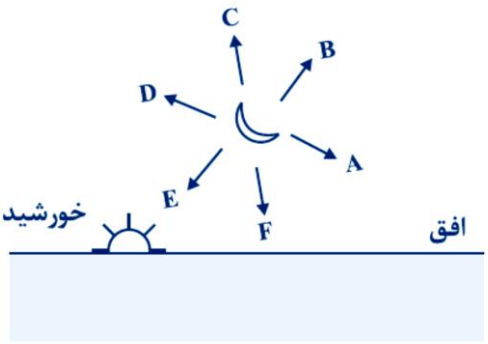
۲۹- اولین فضانورد زن که بود؟

الف) سوتلانا ساویتسکایا
ب) کاترین سولیوان
ج) والنتینا ترشکووا
د) سالی راید
هـ) سوزان هلمز
و) انوشه انصاری

۳۰- چرا خطوط طیفی نور کهکشان‌های دوردست به‌طرف قرمز طیف جابه‌جا می‌شود؟

الف) شدت نور کهکشان‌های دوردست در اثر پیمودن مسافت زیاد، کم و منجر به قرمز شدن نور می‌شود.
ب) میدان گرانشی کهکشان راه‌شیری، نور را به رنگ قرمز متمایل می‌کند.
ج) بخش فرابنفش و مرئی نور، توسط غبار بین کهکشان‌ها پراکنده می‌شود.
د) در اثر دور شدن کهکشان‌ها، نور آن‌ها قرمزتر به نظر می‌رسد.

۳۱- در شکل زیر جهت قطب شمال سماوی کدام است؟ (این تصویر هلال روشن ماه را در هنگام غروب خورشید در روز اول بهار نشان می‌دهد.)



الف) A
ب) B
ج) C
د) D
هـ) E
و) F

۳۲- چهار آنتن بشقابی رادیویی به قطر ۳ متر، در چهارگوشه‌ی متوازی‌الاضلاعی با اضلاع ۱۰۰ و ۱۵۰ متر قرار دارند و زاویه‌ی کوچک متوازی‌الاضلاع برابر ۳۰ درجه است. نسبت حداقل به حداکثر قدرت تفکیک این مجموعه در طول‌موج ۲۱ سانتی‌متر چقدر است؟

الف) $\frac{۱}{۸۱}$ ب) $\frac{۱}{۳}$ ج) $\frac{۲}{۳}$

د) $\frac{۳}{۲}$ هـ) ۸۱ و) ۳

۳۳- امکان مشاهده‌ی مریخ در کدام‌یک از صور فلکی زیر وجود دارد؟

الف) نهر ب) جبار ج) دب اکبر د) اسد هـ) کلب اکبر

۳۴- کدام‌یک از دانشمندان زیر در یک دوره زندگی می‌کرده‌اند و باهم در ارتباط بوده‌اند؟

الف) گالیله و نیوتن ب) بطلمیوس و هیپارخوس ج) گالیله و کپلر

د) ابوریحان و ابن‌سینا هـ) تیکو براهه و) ج و د

۳۵- ماهواره‌ای به جرم m در مدار زمین به‌دور خورشید می‌چرخد. مقدار انرژی‌ای که باید موتورهای نصب‌شده روی آن صرف کنند تا ماهواره را در مداری عمود بر صفحه‌ی مداری زمین با همان فاصله از خورشید قرار دهند چقدر است؟ (v سرعت مداری زمین؛ r شعاع مدار زمین؛ M جرم زمین و G ثابت گرانش است.)

الف) $mv^۲$ ب) $mv^۲ / ۲$ ج) $-GmM_{\oplus} / r + mv^۲ / ۲$

د) $-GmM_{\oplus} / r + mv^۲$ هـ) $۲mv^۲$ و) $-GmM_{\oplus} / r + ۲mv^۲$

۳۶- مرتفع‌ترین آتشفشان منظومه‌ی شمسی روی زمین کدام سیاره است؟

الف) زمین ب) مریخ ج) مشتری

د) زهره هـ) زحل و) عطارد

«مسئله‌های کوتاه»

پیش از شروع مسئله‌های کوتاه توضیح زیر را به‌دقت بخوانید.

پاسخ در این قسمت نمره منفی ندارد.

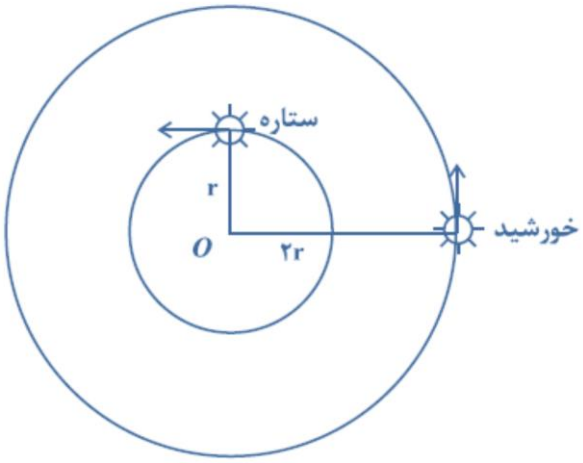
در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدی که در صورت‌مسئله خواسته‌شده (مثلاً ثانیه درجه پارسک و غیره) به دست آورید. سپس رقم یکان را در قسمت مربوط به رقم یکان و رقم دهگان را در قسمت مربوط به دهگان در پاسخ‌نامه علامت بزنید.

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- ماهواره‌ای در منظومه‌ی شمسی می‌خواهد سرعت ستاره‌ای را که شعاع مدار آن نسبت به مرکز کهکشان (نقطه‌ی O در شکل) نصف شعاع مدار خورشید است، اندازه‌گیری کند (به شکل توجه کنید). درصورتی‌که انتقال‌به‌سرخی که این ماهواره از ستاره‌ی مذکور اندازه‌گیری می‌کند برابر $\Delta\lambda / \lambda = ۲\times۱۰^{-۴}$ باشد نسبت سرعت ستاره به‌سرعت خورشید چقدر است؟ (ماهواره در لحظه‌ی اندازه‌گیری روی خط واصل خورشید و ستاره‌ی موردنظر است. سرعت خورشید $۲۰۰\mathrm{km/s}$ و λ نماد طول‌موج است.)



۲- صفحه‌ای با مساحت A و ضریب جذب ۰/۷ را در نظر بگیرید. این صفحه به‌موازات افق بر روی سطحی که عایق حرارتی است، در شهر کاشان با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه قرارگرفته است. اختلاف دمای تعادل این صفحه در ظهر روز اول تابستان و ظهر روز اول زمستان چقدر است؟ (از حضور جو صرف‌نظر کنید.)

۳- دو سیاره‌ی فرضی در مدارهای دایره‌ای با شعاع‌های مداری r و $۲r$ با سرعت‌های زاویه‌ای ثابت $\omega_۱$ و $\omega_۲$ در حال گردش به دور خورشید هستند. دوره‌ی تناوب سیاره‌ی درونی ۳۰۰ روز زمینی است. کمترین فاصله‌ی زمانی بین دو تربیع متوالی سیاره‌ی درونی از دید سیاره‌ی بیرونی چقدر است؟ (صفحه‌ی مداری این سیاره را بر هم منطبق در نظر بگیرید.)

۴- مجموع زوایای مثلث کروی متساوی‌الاضلاع محاط در دایره‌ی مداری ۶۰ درجه چقدر است؟

۵- سیاره‌ای فرضی روی مسیری دایره‌ای شکل، با دوره‌ی تناوب ۳۵۰ روز به‌دور خورشید می‌گردد. قمر این سیاره روی مداری دایره‌ای و با دوره‌ی تناوب ۳۰ روز به‌دور سیاره می‌چرخد. اگر حرکت قمر نسبت به خورشید تناوبی باشد، دوره‌ی تناوب آن چند روز است؟

۶- فاصله‌ی شباهنگ از ما $۲/۷\mathrm{pc}$ است. این ستاره در هر ثانیه $۸\ \mathrm{km}$ به ما نزدیک می‌شود. پس از چند سال روشنایی شباهنگ دو برابر میشود؟

۷- قدرمطلق بولومتریک ستاره‌ای با دمای سطحی $۲۸۰۰۰\ \mathrm{K}$ و شعاع $۵/۱۶\times۱۰^{۱۱}cm$ چقدر است؟

۸- سیاره‌های فرضی ۱ و ۲ با شعاع‌های R و $۲R$ و ضریب بازتابش برابر، زمانی که به ترتیب در فاصله‌های d و $۳d$ از خورشید هستند یکدیگر را در حالت مقارنه می‌بینند. قدر محاسبه‌شده‌ی سیاره‌ی ۱ توسط ناظر سیاره‌ی ۲، $m_۱$ و قدر محاسبه‌شده‌ی سیاره‌ی ۲ توسط ناظر سیاره‌ی ۱، $m_۲$ است. $m_۱ - m_۲$ چقدر است؟ (صفحه‌ی مداری دو سیاره تقریباً بر هم منطبق هستند و $d \gg R$.)

کلید سؤالات

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

سؤالات تشریحی

۱- ۰/۸

۲- ۴۸

۳- ۱۵۵

۴- ۲۰۲ درجه

۵- ۳۳ روز

۶- $۹/۷\times۱۰^{۴}$

۷- -۶

۸- ۳/۹

۱- گزینه د پاسخ صحیح است.

ابتدا با استفاده از رابطه‌ی زوایای کوچک، قطر ظاهری برج میلاد را از دید ناظر روی ماه برآورد می‌کنیم:

$$\alpha = ۲۰۶۲۶۵ \times \frac{R}{d} = ۲۰۶۲۶۵ \times \frac{۴۳۰\,m}{۳۸۰ \times ۱۰^{۶}\,m} = ۰/۲۳''$$

یعنی ناظر روی ماه، باید بتواند در بازه‌ی طول‌موجی ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر، عارضه‌های با قطر۰/۲۳ ثانیه‌ی قوس را آشکار کند. با استفاده از رابطه‌ی توان تفکیک داریم:

$$\theta = ۲۵۰۰۰۰ \times \frac{\lambda}{d} \Rightarrow ۰/۲۳'' = ۲۵۰۰۰۰ \times \frac{۷۰۰ \times ۱۰^{-۹}\,m}{d\,m} \Rightarrow d = ۰/۷۶\,m = ۷۶\,cm$$

۲- گزینه ج پاسخ صحیح است.

اسطرلاب جهت اندازه‌گیری کمان‌های سماوی و همچنین پیش‌بینی موقعیت اجرام سماوی به کار می‌رود.

۳- گزینه ج پاسخ صحیح است.

بر طبق قانون دوم کپلر جسم گردنده به دور جسم مرکزی، در بازه‌های زمانی برابر مساحت‌های مساوی از مدار را جاروب می‌کند. در مورد این سؤال ازآنجاکه جرم جسم مرکزی ثابت و دو دنباله‌دار هم جرم‌اند؛ میزان کم‌وزیاد شدن سرعت هر دو دنباله‌دار در نقاط مختلف مدار از حضیض تا اوج ثابت است. به‌عبارت‌دیگر سرعت هر دو دنباله‌دار در نقاط مشابه از مدار، برابر است.

۴- گزینه ج پاسخ صحیح است.

شدت تابش در هر بازه‌ی طول‌موجی با انتگرال تابع پلانک آن متناظر است؛ در مورد این سؤال نیز باید انتگرال تابع یا مساحت زیر نمودار را در هر دو بازه به‌طور تقریبی محاسبه کنیم: $B_{۵۰۰nm} = S_{۵۰۰nm} = ۲a(۵۰۲ - ۵۰۰) = ۴a$; $B_{۲۰۰nm} = S_{۲۰۰nm} = a(۲۰۴ - ۲۰۰) = ۴a$

حال برای محاسبه‌ی تفاضل قدرها از رابطه‌ی ذیل کمک می‌گیریم:

$$m_۱ - m_۲ = -۲/۵ \log \frac{B_{۵۰۰}}{B_{۲۰۰}} \Rightarrow m_۱ - m_۲ = -۲/۵ \log ۱ \Rightarrow m_۱ - m_۲ = ۰ \Rightarrow m_۱ = m_۲$$

۵- گزینه ج پاسخ صحیح است.

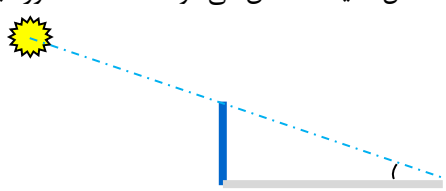
میل خورشید در زمان موردنظر یعنی اول دی‌ماه $\delta_s = -۲۳/۵^{\circ}$ است؛ بنابراین ارتفاع آن:

$$\min a_S = \frac{\pi}{۲} - \varphi + \delta_S = \frac{\pi}{۲} - ۲۳/۵ - \varphi \Rightarrow \min a_S = ۶۶/۵ - \varphi$$

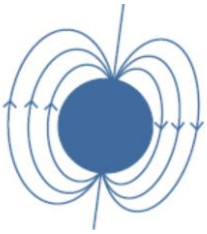
از طرفی با توجه به شکل سایه مشخص می‌شود که امتداد خورشید و نوک چوب با سطح زاویه‌ای ۳۰° می‌سازد.

$$\tan a_s = \frac{h}{h\sqrt{۳}} \Rightarrow a_s = ۳۰^{\circ}$$

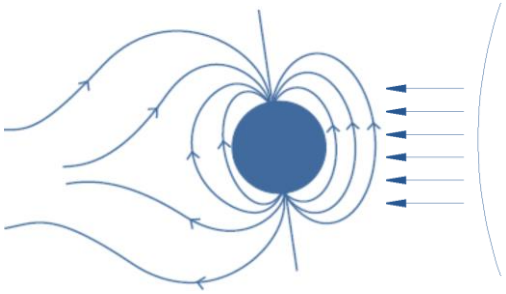
$$\min a_s = ۳۰ = ۶۶/۵ - \phi \Rightarrow \varphi = ۳۶/۵$$



۶- گزینه د پاسخ صحیح است.



اگر خورشید نبود میدان مغناطیسی زمین مطابق شکل مقابل بود؛ اما زمین با واقعیتی به نام بادهای خورشیدی روبروست این بادها حجم انبوهی از ذرات باردار هستند که به علت حرکت، با سرعت بسیار بالا در فضا فشار مغناطیسی ایجاد می‌کنند و این میدان مغناطیس بسیار قوی در هنگام برخورد با میدان کوچک و نسبتاً ضعیف زمین، میدان را به شکل زیر تبدیل می‌کنند.



۷- گزینه الف پاسخ صحیح است.

هر ستاره دو عبور بالا و پایینی دارد که زمان این دو عبور ۱۲ ساعت باهم اختلاف دارند. پس اختلاف‌زمان عبور دوستاره‌ای که همزمان در حال عبور دیده می‌شوند یا صفر است یا دوازده ساعت.

در مورد گزینه‌های الف و ب ازآنجاکه دوستاره‌ای که باهم طلوع می‌کنند به علت اختلاف طول کمان‌هایی که در آسمان می‌پیمایند تا به محل غروب برسند، در یک‌زمان غروب نمی‌کنند ولی این احتمال نیز وجود دارد که دو ستاره مذکور کمانه‌ای قرینه‌ای را نسبت به سمت‌الرأس طی کنند و در موارد بسیار نادر علاوه بر طلوع همزمان، غروب همزمان نیز داشته باشند؛ اما این اتفاق تنها در استوا می‌تواند روی بدهد.

گزینه‌ی ج نیز با توجه به تعریف بعد غیرممکن است.

۸- گزینه ب پاسخ صحیح است.

در قطب شمال، قطب شمال سماوی دقیقاً بالای سر ناظر (سر سو) قرار دارد و ستاره‌ها نیز هیچ طلوع و غروبی ندارند زیرا به جهت انطباق استوای سماوی بر افق، موازی افق نیز می‌گردند و در هر فاصله زمانی ارتفاع اجرام از افق ثابت می‌ماند. پس گزینه‌ی ب که جابجایی دایره‌البروج را موازی افق نشان می‌دهد، پاسخ مسئله است. توجه کنید که نقطه‌ی نشان داده‌شده روی دایره‌البروج بعد از گذشت ۶ ساعت باید به‌اندازه‌ی ۹۰ درجه موازی افق بچرخد.

۹- گزینه ج پاسخ صحیح است.

زاویه ساعتی = زاویه بین نصف‌النهار ستاره و نصف‌النهار ناظر است. این مقدار برای عبور بالایی صفر و برای عبور پایینی ۱۲ ساعت است.

۱۰- گزینه ب پاسخ صحیح است.

اصول ریاضی فلسفه طبیعی اثر سر آیزاک نیوتون و المجسطی متعلق به بطلمیوس است.

بطلمیوس در حدود ۱۵۰ میلادی رساله‌ی پرنفوذی به نام سونتارکنس ماتماتیکا یا مجموعه‌ی ریاضی نوشت. هرچند این رساله برنوشته‌های هیپارخوس مبتنی است، اما به خاطر فشردگی و زیبایی چشمگیرش موردتوجه قرار گرفت. شارحان بعدی برای متمایز ساختن آن از آثار کم‌اهمیت‌تر صفت مجیسته یا مجسطی به معنی بزرگ‌ترین را به آن منسوب کردند. مترجمین عرب‌زبان حرف تعریف ال را پیشوند کردند و آن را المجسطی نامیدند.

بطلمیوس در المجسطی پدیده‌هایی را بررسی می‌کند که بستگی به کروی‌ات زمین دارند. سپس دستگاه زمین مرکزی نجوم را طرح‌ریزی می‌کند که قریب به ۱۵۰۰ سال موردپذیرش عموم بود. المجسطی قدیمی‌ترین کوشش مجدانه در راه تبیین حرکت‌شناسی منظومه شمسی است؛ اما در توجیه حرکت‌های پیچیده‌ی سیاره‌ها که فاصله ثابتی با زمین ندارند، روی مدارهای دایره‌ای عاجز بود؛ بنابراین مفهوم فلک‌های تدویر را بکار گرفت.

۱۱- گزینه ب پاسخ صحیح است.

می‌دانیم بین دوره تناوب انتقالی و هلالی دو سیاره، این رابطه برقرار است: $\frac{۱}{T_s}=\frac{۱}{T_x}-\frac{۱}{T_y}$ از طرف دیگر طبق صورت سؤال:

$$۵\times\frac{T_s}{۲}=۱\Rightarrow T_s=۰/۴ \text{ سال}$$

درنتیجه ازآنجاکه سیاره در فاصله‌ی یک واحد نجومی از ستاره قرارگرفته و جرم ستاره‌ی مرکزی با جرم خرشید برابر است، دوره تناوب آن برابر با دوره تناوب زمین خواهد بود؛ لذا خواهیم داشت:

$$\frac{۱}{۰/۴}=\frac{۱}{T_A}-۱\Rightarrow T_A=\frac{۲}{۷}$$

۱۲- گزینه الف پاسخ صحیح است.

هوای حباب محبوس است پس رابط گازهای ایده‌آل برقرار می‌شود.

$$\frac{PV}{T}=nR\ \ ;\ P=\frac{cte}{r}\ \ ;\ V=\frac{۴}{۳}\pi r^۳\ \Rightarrow\ \frac{\frac{k}{r}\times\frac{۴}{۳}\pi r^۳}{T}=\frac{۴}{۳}\pi k\frac{r^۲}{T}=nR\ \Rightarrow\frac{r^۲}{T}=cte$$
$$\Rightarrow\frac{r^۲}{T}=\frac{r'^۲}{T'}\ \ ;\ \ T'=\frac{T'}{۲}\ \Rightarrow\ ۲r^۲=r'^۲\ \Rightarrow r=\frac{\sqrt{۲}}{۲}r'$$

۱۳- گزینه هـ پاسخ صحیح است.

اگر AB را طول کمان دایره‌ی عظیمه و δ را میل ستاره بنامیم؛ طول کمان دایره‌ی صغیره‌ی نظیر از رابطه‌ی $A'B'=AB\cos\delta$ به دست می‌آید یا به‌طور مشابه برای ستاره‌ای بافاصله‌ی قطبی $P=۹۰-\delta$ می‌توانیم بنویسیم: $A'B'=AB\sin P$ و ازآنجاکه طول کمان طی شده روی دایره‌ی عظیمه با اختلاف زاویه‌ی ساعتی یا مدت‌زمان طی شده متناظر است: $A'B'=\Delta t\sin P$. از طرفی در صورت سؤال برابر بودن طول کمان، برای دو ستاره با میل متفاوت موردنظر است.

$$AB'_۱=AB'_۲\Rightarrow\Delta t_۱\sin P=\Delta t_۲AB\sin ۲P\Rightarrow\frac{\Delta t_۲}{\Delta t_۱}=\frac{\sin P}{\sin ۲P}=\frac{۱}{۲\cos P}=(۲\cos P)^{-۱}$$

۱۴- گزینه ب پاسخ صحیح است.

در این راه‌حل اندیس E نشان‌دهنده‌ی زمین و L نشان‌دهنده‌ی لامپ است؛ ابتدا برآورد می‌کنیم که کل سطح زمین را با چند لامپ باید فرش کرد، شعاع هر لامپ را هم تقریباً ۵ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم.

$$\text{تعداد لامپ‌های موردنیاز}=\frac{S_E}{S_L}=\frac{۴\pi R_E^۲}{\pi\frac{D^۲}{۴}}=\frac{۱۶(۶/۴\times۱۰^۸cm)^۲}{۱۰۰}=۴/۵۵\times۱۰^{۱۶}$$

شدت درخشندگی زمین از دید ناظر روی ماه $= L_E = ۱۰۰ \times ۴/۵ \times ۱۰^{۱۶} W = ۴/۵ \times ۱۰^{۱۸} W$

حال این میزان درخشندگی را با توجه به فاصله‌ی ۳۸۰ هزار کیلومتری ماه از زمین به روشنایی رسیده به ناظر ایستاده روی ماه تبدیل کرده و سپس از رابطه‌ی قدر استفاده می‌کنیم:

$$m_E - m_\odot = -۲/۵ \log \frac{b_E}{b_\odot} = -۲/۵ \log \frac{\frac{L_\odot}{۴\pi (۳۸۰۰۰۰)^۲}}{۱۳۷۰} \Rightarrow m_\odot - \ -۲۶/۸ \ = -۲/۵ \log \frac{۱}{۱/۱۴ \times ۱۰^{۳}}$$

$$m_\odot = -۲۶/۸ + ۷ = -۱۸/۴ \approx -۱۷$$

۱۵- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

$$P = \frac{F}{A} \ ; \ F = -\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m \times ۰ - m \times v}{\Delta t} = \frac{mv}{\Delta t} \ \Rightarrow \ P = \frac{mv}{A \Delta t}$$

از طرفی می‌دانیم: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{A.d}$ که در آن A سطح مقطع برخورد و d ارتفاع المان حجمی است یعنی $m = \rho A.d$:

$$P = \frac{\rho v A d}{A \Delta t} \ ; \ v = \frac{d}{\Delta t} \ \Rightarrow P = \rho v^۲$$

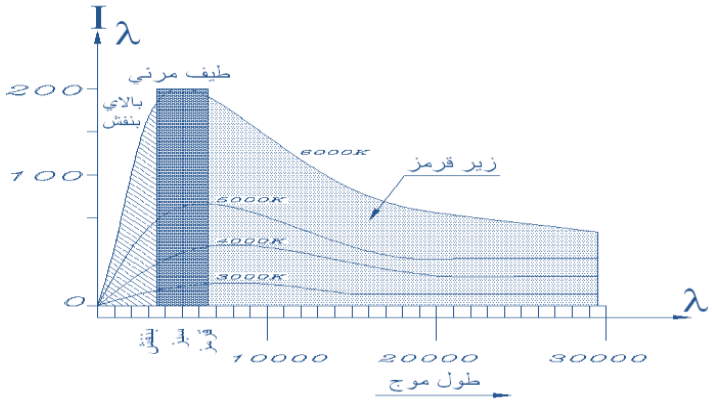
اما جرم هر ذره $۱/۶۷ \times ۱۰^{-۲۷}$ است؛ و n ذره در واحد زمان به مساحت یک متر مربع می‌رسد؛

$$P = (n \times ۱/۶۷ \times ۱۰^{-۲۷})(۳۰۰ \times ۱۰^{۳})^۲ \Rightarrow P = n \times (۱/۵ \times ۱۰^{-۱۶}) \frac{N}{m^۲} \approx n \times ۱۰^{-۱۶} \frac{N}{m^۲}$$

۱۶- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.

$$R_{sch} = \frac{۲Gm}{c^۲} = \frac{۲(۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱})(۳ \times ۱۰^{۶})(۱/۹۹ \times ۱۰^{۳۰})}{(۳ \times ۱۰^{۸})^۲} = ۸/۸۸ \times ۱۰^{۹} m \Rightarrow R_{sch} = ۰/۰۵۹ Au$$

۱۷- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.



همان‌طور که در تصویر روبرو می‌بینید، جسم سیاه داغ‌تر در تمامی طول‌موج‌ها بیش از جسم سیاه سردتر تابش می‌کند؛ این قضیه در مورد تمامی طول‌موج‌ها برقرار است.

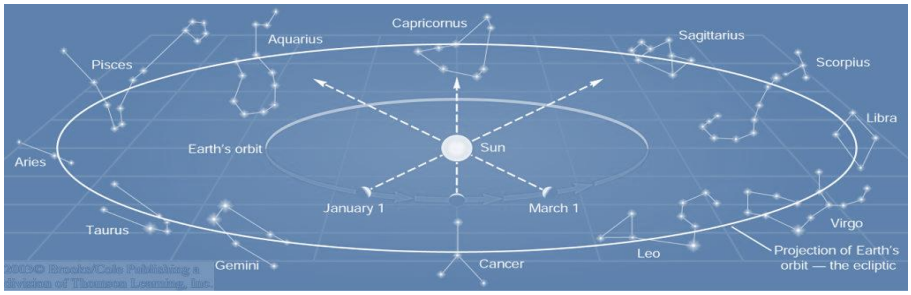
با توجه به نمودار تابش جسم سیاه ارتفاع بیشتر ≡ دمای بالاتر ≡ میل قله‌ی موج به سمت طول موجهی کمتر ≡ انتقال‌به‌آبی

۱۸- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.

ستاره‌های با میل منفی در قطب شمال هرگز طلوع نمی‌کنند.

۱۹- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

هر صورت فلکی که از دید ناظر زمینی، ماه در آن واقع قرار گرفته باشد دقیقاً در فصل قرینه آن (۶ ماه بعد) از دید ناظر مستقر بر سطح ماه صورت فلکی مکمل دیده خواهد شد.



۲۰- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

حدوداً از هر ۱۰ ایرانی ۱ نفر صاحب ماشین است بنابراین $\frac{۷\times۱۰^{۶}}{۱۰}=۷\times۱۰^{۵}$ ماشین در سطح کشور وجود دارد اگر هر ماشین در روز ۱ ساعت با سرعت استاندارد $\frac{۶۰km}{h}$ حرکت کند؛ مسافت طی شده $۶۰\frac{km}{h}\times۱h\times۷\times۱۰^{۵}=۴/۲\times۱۰^{۸}km\cong۲/۸Au$

۲۱- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

از جدول؛ مقادیر $r^{۲}$ و $T^{-۴}$ را به دست می‌آوریم؛ سپس با دانستن درخشندگی سطحی ستاره: $L=۴\pi r^{۲}\sigma T^{۴}$

C	B	A	
۴/۵	۴/۵	۱/۵	$T^{-۴}$
۱۳/۵	۴/۵	۴/۵	$r^{۲}$

$$\Rightarrow L=\frac{۴\pi r^{۲}\sigma}{T^{-۴}}\Rightarrow\left.\begin{matrix}L_A=۳\\L_B=۱\\L_C=۳\end{matrix}\right\}\Rightarrow ۳L_B=L_A=L_C$$

۲۲- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

از آنجا که ماه در فاصله‌ی بسیار دوری از زمین قرار گرفته می‌توان آن را در فاصله‌ی بی‌نهایت در نظر گرفت. در مورد زمین هم چون مثل آینه‌ی محدب عمل می‌کند؛ محل تشکیل تصویر جسمی در بینهایت در کانون آینه یعنی نیمه‌ی شعاع آینه است که در این سوال، مقدار مورد نظر $R_{\oplus}/۲$ می‌شود.

۲۳- ماخ گزینه هـ پاسخ صحیح است.

$M۳۲$ قمر کهکشان $M۳۱$ است و در بازوی فلکی صورت فلکی آندرومدا قرار دارد.

۲۴- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

ابتدا جرم ابر را حساب می‌کنیم. می‌دانیم ابر از هیدروژن مولکولی درست شده؛ پس $m_{H_۲}=۲(۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷})kg$؛ از طرفی می‌دانیم حجم ابر: $V=\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}=\frac{۴}{۳}\pi(۱۰\times۹/۴\times۱۰^{۱۵})^{۳}=۳/۵\times۱۰^{۵۱}cm^{۳}=۳/۵\times۱۰^{۵۷}m^{۳}$ و $m=\rho V$ پس داریم: $m=\rho\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}$

$$M_C = ۱۰^۴ \times (۲ \times ۱/۶۷ \times ۱۰^{-۲۷}) \times (۳/۵۴۵ \times ۱۰^{۵۷}) = ۱/۱۸ \times ۱۰^{۳۵}\, kg \Rightarrow$$
$$\frac{M_C}{M_\odot} = \frac{۱/۱۸۴ \times ۱۰^{۳۵}}{۱/۹۹ \times ۱۰^{۳۰}} = ۰/۵۳۵ \times ۱۰^{۵} \simeq ۶ \times ۱۰^{۴}$$

۲۵- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

هر دو ستاره که در حال عبور دیده شوند بالای افق قرار دارند پس یکی از آن دوستاره دورقطبی است. در شهری با عرض جغرافیایی ۶۰ درجه اگر ستاره‌ی با میل درجه در حال عبور پایینی باشد؛ قابل مشاهده نیست. بنابراین ستاره‌ی با میل ۴۰ درجه در حال عبور پایینی است و ستاره‌ی با میل درجه در حال عبور بالایی. اما طبق تعریف زمان نجومی برابر است با مجموع بُعد و زاویه‌ی ساعتی ستاره. چون زاویه‌ی ساعتی ستاره‌ای که در عبور بالایی قرار دارد، صفر است و طبق صورت سوال بُعد آن هم ۶ ساعت است؛ خواهیم داشت: $ST = \alpha + h = ۶^h + ۰^h = ۶^h$

۲۶- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

به‌طور کلی در مدهای متوالی میزان گرانش ناشی از ماه و خورشید خیلی تغییر نمی‌کند؛ برای آنکه اختلاف گرانش ناشی از این دو جرم به عدد قابل قبولی برسد باید چند شبانه‌روز صبر کرد. دلیل اصلی این اختلاف در مدهای متوالی، تفاوت در موضع قرارگیری این دو جسم در آسمان ناظر است که به‌علت انحراف ۲۳/۵ درجه‌ای محور دوران زمین نسبت به دایره‌البروج روی می‌دهد. اما در بین گزینه‌های موجود گزینه‌ی ب از همه منطقی‌تر است.

۲۷- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

مساحت سطح کره زمین = مساحت تصویر طناب × طول طناب (به یکسان بودن واحدها در عملیات جبری، دقت کنید.)

ضخامت طناب ۱۲/۵ میلیمتر است بنابراین در هر $۱۲/۵^۲$ میلیمتر مربع ۱۲/۵ میلیمتر طناب وجود دارد:

$$۴\pi R_\odot^۲ = l\, S_t \quad \Rightarrow \quad ۴\pi (۶/۳۸ \times ۱۰^۸\, mm)^۲ = l \times (۱۲/۵ mm)^۲ \quad \Rightarrow \quad l = ۴/۰۳۲ \times ۱۰^{۱۶} m = ۴/۳۲\, l.y$$

این فاصله تقریباً برابر فاصله‌ی بین خورشید و آلفا قنطورس (نزدیک‌ترین ستاره به خورشید) است.

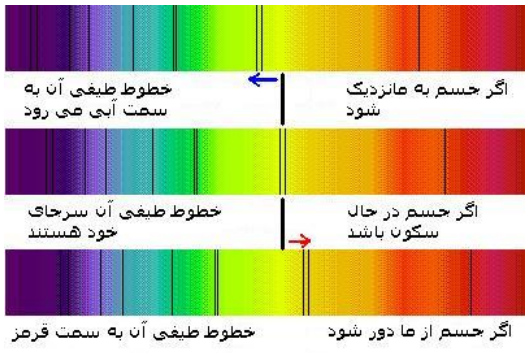
۲۸- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

در مرداد ماه سال ۱۳۸۴ اجلاس بین المللی منجمان (IAU) تصمیم گرفت، پلوتو را از لیست سیارات منظومه‌شمسی خارج کند و به فهرست سیارات کوتوله بیافزاید این تصمیم در راستای کشف اجرامی شبیه به سیاره در فاصله‌های دورتر از نپتون و دارای ابعاد متفاوت صورت گرفت. طبق این تصمیم تعداد سیارات به ۸ عدد کاهش یافت.

۲۹- ماخ گزینه ج پاسخ صحیح است.

والنتینا ترشکوا نخستین زن فضانورد، با فضاپیمای اسپیک ۶ بر گرد زمین چرخید.

۳۰- گزینه د پاسخ صحیح است.



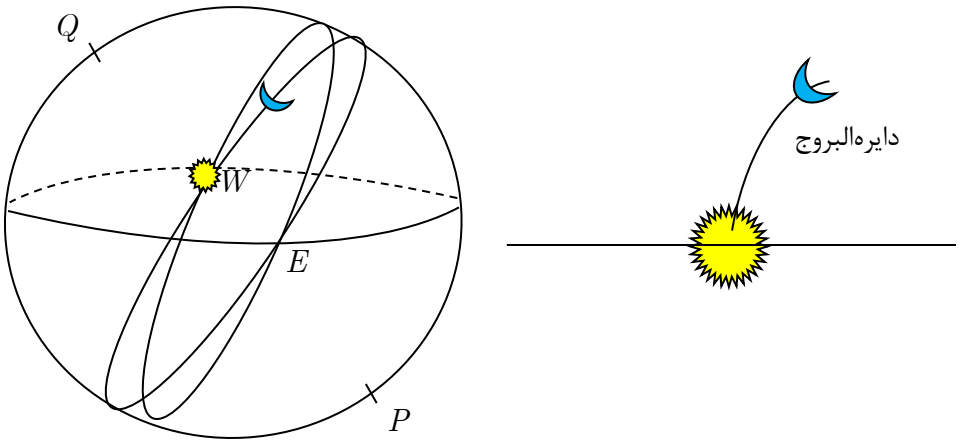
افزایش طول‌موج یک تابش الکترومغناطیس به دلیل انبساط کیهان و انحنای فضا زمان را انتقال‌به‌سرخ می‌نامند. هر وقت که صحبت از فواصل بسیار دور باشد معمولاً بجای فاصله از انتقال‌به‌سرخ این اجرام بحث می‌شود (این دو توسط قانون هابل باهم مرتبط هستند.)

زمانی که یک جسم با سرعت‌های زیاد از ما دور می‌شود طول‌موج خطوط جذبی طیف دریافتی از آن بیشتر می‌شود (پدیده دوپلر) درنتیجه گفته می‌شود. طیف آن به سمت قرمز طیف جابجا شده است. اندازه‌گیری مقدار انتقال در مورد اجرام دوردست کیهان که دارای سرعت‌های بیشتری در جهت دور شدن از ما هستند عملی‌تر است. به دلیل انبساط کیهان قسمت بیشتر کهکشان‌ها در حال دور شدن از ما و درنتیجه دارای انتقال‌به‌سرخ می‌باشند. بیشترین مقدار مشاهده‌شده انتقال‌به‌سرخ در حد ۶ تا ۷ هست که نشان‌دهنده فواصلی در حد ۳۰ میلیارد سال نوری و طبق روابط محاسباتی نشان‌دهنده نگاه کردن به حدود ۱۳ میلیارد سال پیش است.

برعکس حالت دور شدن زمانی که چشمه نور به ما نزدیک می‌شود طول‌موج پرتوهای دریافتی از آن کوتاه‌تر شده گفته می‌شود آن جسم دارای انتقال‌به‌آبی shift Blue است. مقدار عددی انتقال‌به‌سرخ طبق روابط زیر پیدا می‌شود: انتقال‌به‌سرخ برابر است با (حاصل تفریق طول‌موج واقعی از طول‌موج مشاهده‌شده) تقسیم‌بر مقدار واقعی طول‌موج. برای نمونه مقدار یک یعنی اینکه اندازه طول‌موج دریافتی از آن براثر دور شدن جسم دو برابر شده است.

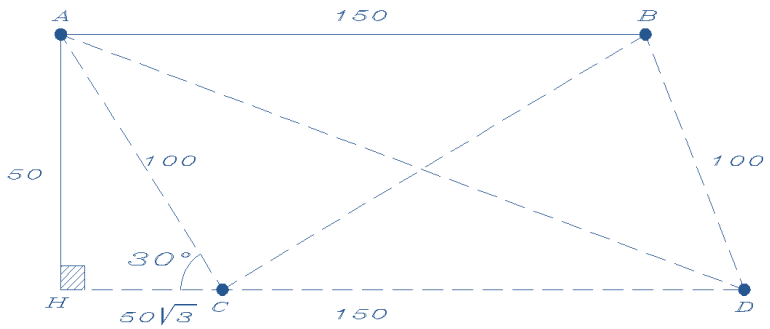
۳۱- گزینه الف پاسخ صحیح است.

این اتفاق در نیمکره جنوبی می‌افتد.



۳۲- گزینه هـ پاسخ صحیح است.

آرایه‌ی قرارگیری تلسکوپ‌ها مطابق شکل مقابل خواهد بود. پس با استفاده از قضیه کسینوس‌ها در مثلث مسطح می‌توانیم مقدار سایر اجزا را به دست آوریم؛ اما کمترین توان تفکیک هم مربوط به حالتی است که تنها از یک بشقاب ۳ متری برای رصد استفاده کنیم.



بنابراین داریم:

بنابراین: $AD = ۲۴۱/۸m \; ; \; BC = ۸۰/۷m$

$\max$ قطر تداخل‌سنج $= ۱/۲۲ \; \frac{\lambda}{D} = ۲۱۷''$

قطر تداخل‌سنج min = ۱ / ۲۲ $\frac{\lambda}{D} = ۱۷۵۰۰''$

$$\frac{\theta_{\min}}{\theta_{\max}} = \frac{۱۷۵۰۰}{۲۱۷} \approx ۸۱$$

۳۳- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

در منظومه شمسی همه‌ی سیاره‌ها تقریباً در صفحه‌ی یکسانی به دور خورشید می‌گردند؛ بنابراین از دید ناظر زمینی همه‌ی سیاره‌ها مسیری شبیه به مسیر سالیانه‌ی خورشید را طی می‌کنند. به این ناحیه که تا حدود ۵ درجه‌ای بالا و پایین دایره‌البروج گسترش‌یافته است؛ منطقه‌البروج می‌گویند؛ بنابراین صور فلکی منطقه‌البروج با صور فلکی دایره‌البروج یکسان‌اند.

۳۴- ماخ گزینه د پاسخ صحیح است.

نیوتون در سال مرگ گالیله و ۱۲ سال بعد از کپلر به دنیا آمد؛ گالیله و کپلر هم‌عصر بودند. ابوریحان و بوعلی سینا هم، در یک دوره زندگی می‌کردند.

۳۵- ماخ گزینه الف پاسخ صحیح است.

این کار را به دو مرحله تقسیم می‌کنیم، مرحله‌ی اول برای ثابت کردن ماهواره، و مرحله‌ی دوم برای به حرکت درآوردن آن در مداری عمود بر مدار اولیه که هر کدام به میزان $\frac{۱}{۲}mv^۲$ انرژی نیاز دارد.

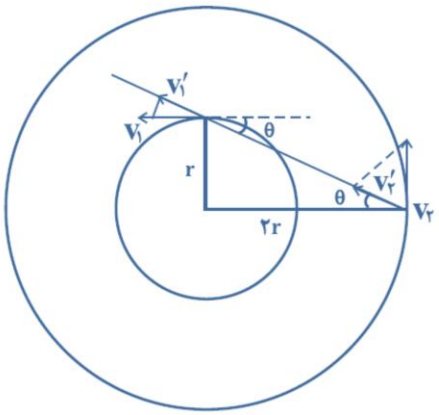
$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ + \frac{۱}{۲}mv^۲ = mv^۲$$

۳۶- ماخ گزینه ب پاسخ صحیح است.

بلندترین کوه منظومه شمسی Olympius است و سه برابر اورست ارتفاع دارد؛ این کوه در مریخ واقع است.

«پاسخ‌های کوتاه»

۱- پاسخ: ۰/۸



مطابق شکل روبرو، سرعت شعاعی برابر می‌شود با $v_۱\cos\theta - v_۲\sin\theta$ و از آنجا که فاصله‌ی خورشید تا مرکز کهکشان دو برابر فاصله‌ی ستاره تا مرکز کهکشان است؛ داریم:

$$\sin\theta = \frac{۱}{\sqrt{۵}}\ ;\ \cos\theta = \frac{۲}{\sqrt{۵}}$$

بنابراین: $v_r = \frac{۲}{\sqrt{۵}}v_۱ - \frac{۱}{\sqrt{۵}}v_۲$

از رابطه‌ی دوپلر داریم:

$$\frac{v_r}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = ۲\times۱۰^{-۴} \Rightarrow v_r = ۲\times۱۰^{-۴}\times۳\times۱۰^{۸}\, m/s = ۶۰\, km/s$$

و سرعت خورشید یعنی $v_۲ = ۲۰۰\, km/s$ بنابراین می‌توانیم چنین بنویسیم:

$$۶۰ = ۰/۸۹۴ v_{star} - ۸۹/۴۳ \Rightarrow v_{star} = ۱۶۷/۰۵۷\, km/s \Rightarrow \frac{v_s}{v_\odot} = \frac{۱۵۷/۰۶}{۲۰۰} = ۰/۸۳۵$$

۲- پاسخ: ۴۸

مولفه‌ی عمود بر سطح انرژی گرمایی دریافتی از خورشید ضربدر ضریب جذب سیاره برابر می‌شود با کل انرژی‌ای که توسط سیاره به عنوان تابش گرمایی جذب و سبب افزایش دما می‌شود. چنین جسمی را می‌توانیم جسم سیاه در نظر بگیریم:

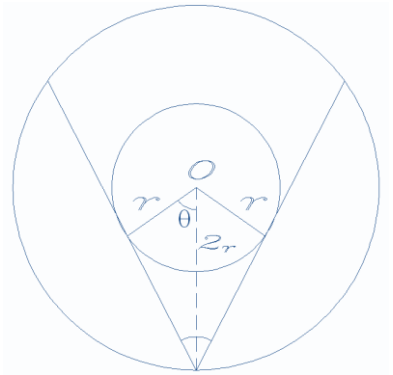
انرژی گرمایی $\sigma T^۴$ دریافتی $E = b_\odot(۱-A)\cos(۹۰-a_\odot)$

که در آن A ضریب بازتاب سطحی یا آلبدو که برای زمین ۰/۳ است.

$$T = \sqrt[۴]{\frac{b_\odot(۱-A)\cos(۹۰-a_\odot)}{\sigma}}$$

از آنجا که بیشترین ارتفاع تابش خورشید در تابستان $۳۴ + ۹۰ + ۲۳/۵$ و بیشترین ارتفاع تابش در زمستان $۳۴ + ۹۰ - ۲۳/۵$ است؛ با جایگذاری این مقادیر در رابطه‌ی فوق به دماهای ۳۵۹ و ۳۰۸ کلوین دست‌خواهیم یافت. یعنی $\Delta T = ۳۵۶ - ۳۰۸$

۳- پاسخ: ۱۵۵



$$\cos\theta = \frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow \theta = ۶۰ \quad ; \quad \frac{P_۱^۲}{a_۱^۳} = \frac{P_۲^۲}{a_۲^۳} \Rightarrow P_۲ = \sqrt{۸}\, P_۱ = ۸۴۸/۵۲$$

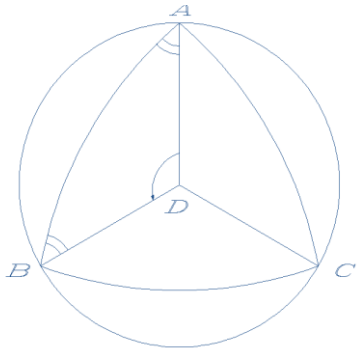
$$\Rightarrow \frac{۱}{T_s} = \frac{۱}{P_۱} - \frac{۱}{P_۲} \Rightarrow \frac{۱}{۳۰۰} - \frac{۱}{۸۴۸/۵۳} = \frac{۱}{T_s} \Rightarrow T_s = ۴۶۴/۰۷$$

فاصله‌ی بین دو تربیع متوالی با توجه به شکل نیازمند طی شدن کمانی معادل ۱۲۰ درجه است.

$$\left.\begin{array}{ll} ۳۶۰ & ۴۶۴ \\ ۱۲۰ & x \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta T = ۱۵۵ \text{ روز}$$

۴- پاسخ: ۲۰۲ درجه

به تصویر مثلث محاط شده را از بالا نگاه می‌کنیم.



$$AD = BC = DC = ۳۰^\circ \quad ; \quad \hat{ADB} = \hat{BDC} = \hat{CDA} = ۱۲۰^\circ$$

$$\cos AB = \cos AD \cos DB + \sin AD \sin BD \cos \hat{ADB}$$

$$\Rightarrow \cos AB = \left(\frac{\sqrt{۳}}{۲}\right)^۲ + \left(\frac{۱}{۲}\right)^۲ \left(\frac{-\sqrt{۳}}{۲}\right) \Rightarrow AB = ۵۱/۳۲^\circ$$

و از قضیه‌ی سینوس‌ها داریم:

$$\frac{\sin BAD}{\sin BD} = \frac{\sin ADB}{\sin AB} \Rightarrow \sin BAD = \frac{(\frac{\sqrt{۳}}{۲})(\frac{۱}{۲})}{\sin(۵۱/۳۲)} \Rightarrow BAD = ۳۳/۶۹^\circ$$

مجموع زوایا $= ۶ \times BAD = ۲۰۲/۱۴^\circ$

۵- پاسخ: ۳۳ روز

$$\frac{۱}{T_s} = \frac{۱}{۳۰} - \frac{۱}{۳۵۰} \Rightarrow T_s = ۳۲/۸ \text{ روز}$$

۶- پاسخ: $۹/۷\times۱۰^۴$

فرض بر این است که در این مدت، درخشندگی شباهنگ تغییر نمی‌کند؛ ابتدا باید ببینیم برای دو برابر شدن روشنایی ستاره، باید چه مقدار به ما نزدیک شود. بنابراین می‌توانیم چنین بنویسیم: $b = \frac{L}{۴\pi r^۲}$; $L_۱ = L_۲$; $b_۱ = ۲b_۲$ در نتیجه:

$$\frac{۲L_\circ}{۴\pi r^۲} \Rightarrow \frac{\sqrt{۲}}{۲} r_۲ = r_۱$$

و چون فاصله‌ی اولیه‌ی ستاره از ما ۲/۷ پارسک بوده است؛ مقدار مطلوب ما در تغییر فاصله برابر می‌شود با: $\Delta r = r_۱ - r_۲ = (۱ - \frac{\sqrt{۲}}{۲}) r_۱$

$$\Delta r = ۰/۷۹\, pc = ۰/۷۹ \times ۳/۰۹ \times ۱۰^{۱۶} m = ۲/۴۴۱ \times ۱۰^{۱۳} km$$

و مطابق صورت سوال، ستاره با سرعت ۸ کیلومتر در ثانیه به ما نزدیک می‌شود؛ پس:

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{۲/۴۴۱ \times ۱۰^{۱۳} km}{۸ km/s} = ۳/۰۵۱ \times ۱۰^{۱۲} \sec = ۹/۶۸ \times ۱۰^۴ year$$

۷- پاسخ: ۶-

$$L = ۴\pi r^۲ \sigma T^۴ = ۴\pi (۵/۱۶ \times ۱۰^۹ m)^۲ \times ۵/۶۷ \times ۱۰^{-۸} \times (۲۸۰۰۰)^۴ = ۱/۱۷ \times ۱۰^{۳۱} W$$

$$M - M_\odot = -۲/۵ \log \frac{L}{L_\odot} = -۲/۵ \log \frac{۳/۸۵ \times ۱۰^{۲۶}}{۱/۱۷ \times ۱۰^{۳۱}} \Rightarrow M = -۶/۴۷$$

۸- پاسخ: ۳/۹

$$L_\alpha = A_\alpha \pi R_a^۲ \;\; ; \;\; \frac{L_s}{۴\pi d_\alpha^۲} = \frac{A L_s ۴R^۲}{d^۲} \;\; ; \;\; \frac{L_\alpha}{L_\beta} = \frac{۱}{۴\times ۹} = \frac{۱}{۳۶}$$

$$m_\beta - m_\alpha = ۲/۵ \log \frac{۱}{۳۶} \Rightarrow m_\beta - m_\alpha = ۳/۹$$