دفترچه سوالات
هفتمین المپیاد نجوم و اخترفیزیک کشور

تذکرات پیش از آزمون:

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

۱- لطفاً مشخصات، کد آموزشگاه و کد دانش آموزی خود را آن طوری که در پاسخ نامه از شما خواسته شده، به دقت در محل مربوط بنویسید.

۲- لطفاً در پر کردن ردیف مربوط به تاریخ تولد دقت کنید.

۳- کد دفترچه سؤال شما (۱) اس که لازم است این عدد را در پاسخ نامه در محل مربوط علامت بزنید. در غیر این صورت پاسخ نامه ی شما تصحیح نخواهد شد توجه کنید، کد دفترچه سؤال شما که در بالای هر صفحه نوشته شده، با کد اصلی که در این صفحه است برابر باشد.

۴- این آزمون ۳۹ سؤال چند گزینه ای و ۸ مسئله ی کوتاه دارد و وقت آن ۲۴۰دقیقه است.

۵- استفاده از ماشین حساب مهندسی که قابل برنامه ریزی نیست، مجاز است.

۶- استفاده از جدول های نجومی، اطلس ها و الماناک ها به هر شکل که باشند، مجاز نیست.

۷- در قسمت سؤال های چند گزینه ای، پاسخ های غلط نمره ی منفی دارند. هر سؤال فقط یک جواب درست دارد. علامت زدن بیش از یک گزینه برای یک سؤال، نمره ی منفی را دو برابر خواهد کرد؛ حتی اگر یکی از گزینه های علامت زده شده درست باشد.

۸- پاسخنامه را تمیز نگه دارید از تا کردن آن خودداری کنید. فقط در آنجایی که از شما خواسته شده، چیزی بنویسید یا علامت بزنید. هرگز در پشت پاسخ نامه چیزی ننویسید. هر نوشته یا علامت نامربوط، ممکن است دستگاه علامت خوان را به اشتباه بیاندازد.

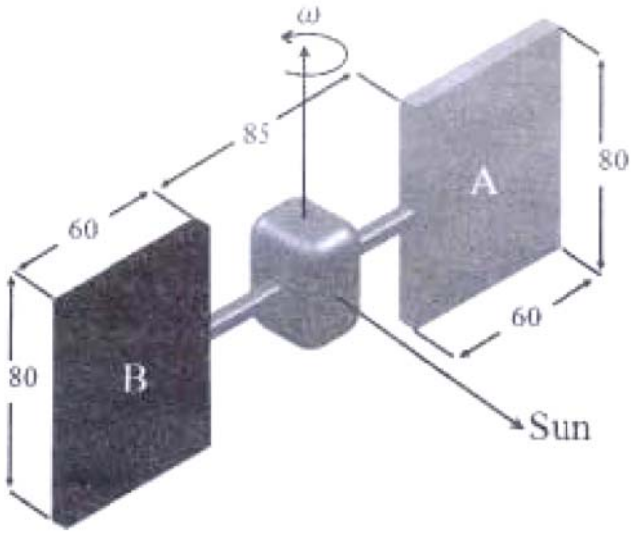
۹- به همراه داشتن تلفن همراه یا هر گونه وسیله ی ارتباطی دیگر مجاز نیست.

۱۰- نتایج این مرحله از آزمون المپیاد، اواخر اسفند ماه اعلام خواهد شد.

ثابت های فیزیکی و نجومی

G	ثابت جهانی گرانش	$۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}m^{۳}kg^{-۱}s^{-۱}$
kg	ثابت استفان بولتزمن	$۵/۶۷\times۱۰^{-۸}Wm^{۲}K^{-۴}$
h	ثابت پلانک	$۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}Js$
c	سرعت نور	$۳\times۱۰^{۸}ms^{-۱}$
	سال نجومی	$۳۶۵/۲۶days$
	سال اعتدالی	$۳۶۵/۲۴days$
pc	پارسک	$۳/۰۹\times۱۰^{۱۶}m$
Au	واحد نجومی	$۱/۵۰\times۱۰^{۱۱}m$
Ly	سال نوری	$۹/۴۶\times۱۰^{۱۵}m$
R_{Θ}	شعاع خورشید	$۶/۹۶\times۱۰^{۸}m$
$R_{\oplus}$	شعاع زمین	$۶/۳۸\times۱۰^{۶}m$
	شعاع مشتری در استوا	$۷/۱۵\times۱۰^{۷}m$
	شعاع ماه	$۱/۷۴\times۱۰^{۶}m$
	شعاع مداری ماه	$۳/۸۴\times۱۰^{۸}m$
M_{Θ}	جرم خورشید	$۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}kg$
$M_{\oplus}$	جرم زمین	$۵/۹۷\times۱۰^{۲۴}kg$
	جرم مشتری	$۱/۹۰\times۱۰^{۲۷}kg$
T_{Θ}	دمای خورشید	$۵/۷۹\times۱۰^{۶}kg$
L_{Θ}	درخشندگی خورشید	$۳/۸۵\times۱۰^{۲۶}W$
	ثابت خورشیدی	$۱/۳۷\times۱۰^{۳}Wm^{-۲}$
in	اینچ	$۲/۵۴cm$
m_{Θ}	قدر ظاهری خورشید	$-۳۶/۸$
	قدر ظاهری ماه بدر	$۱۳/۷$
	عمر خورشید	$۱۰^{۱۰}years$
$H_{.}$	ثابت هابل	$۷۰Ks^{-۱}Mpc^{-۱}$
eV	الکترون ولت	$۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}J$

۱) هنگامی که نور به سطح یک جسم برخورد می‌کند. فوتون ها به واسطه‌ی تغییر تکانه‌ی خطی خود، بر سطح نیرو وارد می‌کند. این نیرو که تنها ناشی از تابش است ❄ نیروی تابشی نامیده می‌شود. همچنین انرژی فوتون ها از رابطه‌ی $E = pc$ بدست می‌آید. در این رابطه، P اندازه حرکت خطی فوتون ها و C سرعت نور است. ماهواره‌ی فضایی را در نظر بگیرید که به دور زمین می‌چرخد و به دو سطح A و B که هر دو در جهت عمود بر تابش خورشید قرار دارند، مجهز است به طوری که سطح A بازتابنده‌ی کامل نور و سطح B جذب کننده‌ی کامل نور است. گشتاور ناشی از نیروی تابشی، چند نیوتن متر و جهت آن نسبت به جهت نشان داده شده در شکل چگونه است؟ ابعاد در شکل به سانتی متر است.



الف) موافق $۱/۶\times۱۰^{-۶}$ ب) موافق $۹/۳\times۱۰^{-۷}$ ج) موافق $۲/۲\times۱۰^{-۶}$

د) مخالف، $۱/۶\times۱۰^{-۶}$ ه) مخالف $۹/۳\times۱۰^{-۷}$ و) مخالف $۲/۲\times۱۰^{-۶}$

۲) شماره گذاری اجرام موجود در فهرست NGC بر اساس افزایش بعد است. یعنی اولین جرم این فهرست جرمی است که کمترین بعد را دارد و از آن پس با افزایش بعد، سایر اجرام شماره گذاری می‌شوند. با توجه به اینکه این فهرست در بر گیرنده‌ی ۷۸۴۰ جرم غیر ستاره‌ای است.مکان $NGC۴۸۲۶$ کدام یک از گزینه های زیر می‌تواند باشد؟

الف) $\alpha = ۲^h۳۸^m, \delta = -۱۹^\circ۳'$ ب) $\alpha = ۰۶^h.۱^m, \delta = +۲۳^\circ۱۹'$

ج) $\alpha = ۱۲^h۵۷^m, \delta = +۲۱^\circ۴۷'$ د) $\alpha = ۳۰^h۶^m, \delta = -۳۱^\circ۵۵'$

۳) چگالی جرمی نشانه ی کیهان به صورت $P_r = \alpha c^m G^n H^p$ که در آن G ثابت گرانش نیوتن، H ثابت هابل، c سرعت نور و α ثابتی بدون بعد است. کدام گزینه درست است؟

الف) $p = ۱$, $m = ۲$, $n =$

ب) $p = -۲$, $m = -۱$, $n =$

ج) $p = -۲$, $m = ۰$, $n =$

د) $p = -۲$, $m = ۰$, $n =$

ه) $p = -۲$, $m = -۲$, $n =$

و) $p = ۲$, $m = ۰$, $n =$

۴) خط طیفی آلفای اتم هیدروژن (H_α) تابش شده از یک ستاره که طول موج آن در آزمایشگاه ۶۵۶/۱ نانومتر است، از طریق طیف‌سنجی اندازه‌گیری شده‌است. طول موج H_α اندازه‌گیری شده در دو نقطه مقابل هم در استوای ستاره به اندازه‌ی ۹×۱۰^{-۱۱} با هم اختلاف دارند. با فرض این که این اختلاف به خاطر دوران ستاره باشد، دوره‌ی تناوب چرخش این ستاره به کدام گزینه نزدیکتر است؟ (قطر ستاره را $۱/۴\times۱۰^{۹}m$ و محور دوران ستاره منطبق بر صفحه کره‌ی سماوی فرض کنید)

الف) ۵۰ روز ب) ۳۵روز ج) ۲۵روز د) ۲۰روز ه) ۱۵روز

۵) اطلاعات مربوط به دو ستاره‌ی A و B برای ناظر زمینی در جدول زیر داده شده‌اند. اگر می‌توانستیم به ستاره A سفر کنیم. قدر ظاهری B را در آسمان آن جا چه عددی اندازه می‌گرفتیم؟

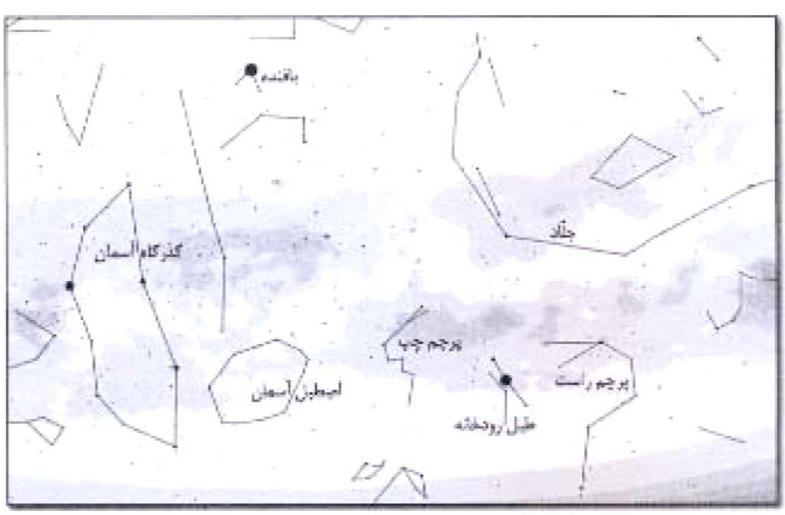
	ستاره A	ستاره B
قدر مطلق	۴/۵	۱/۵
قدر ظاهری	−۰/۵	۱/۵
میل	$+۳۰^\circ$	$+۴۵^\circ$
بعد	۱۳۶	۴۶°

الف) ۴/۴۳ ب) ۱/۴۳ ج) ۲/۶۷ د) −۱/۶۷

۶) منجمی با یک تلسکوپ نیوتنی ۶ اینچ که فاصله‌ی کانونی آن ۶۰ سانتی متر است، می‌خواهد کمربند جبار را مشاهده کند. برای اینکه کمربند جبار کاملاً در میدان دید او قرار گیرد، باید از کدام چشمی استفاده کند ؟ $(FOV = ۴۵^\circ)$

الف) ۵ میلی متری ب) ۱۰ میلی متری ج) ۲۵ میلی متری د) ۴۰ میلی متری

۷) صویری که مشاهده می کنید، نشان دهنده ی بخشی از آسمان است که مثلث تابستانی در آن قرار گرتفه است. در این تصویر صورت های فلکی به شکلی که تمدن های قدیمی کره ی می شناخته اند، مشخص شده است. ستاره ی دئب در کدام صورت فلکی کره ای قرار دارد؟



الف) اصطبل آسمان ب) طبل رودخانه ج) گذرگاه آسمان د) بافنده ه)جلاد

۸) ابوریحان بیرونی در انتهای کتاب « اسطرلاب» فصلی در خصوص محاسبه‌ی محیط زمین دارد. و در این فصل روشی را معرفی می‌کند که در آن با استفاده از میزان افت (مقدار پایین آمدن افق نسبت به حالت عادی) می‌توان شعاع زمین را محاسبه کرد. او پس از معرفی این روش از بلندترین کوهی که بر روی زمین قرار دارد نام می‌برد و می‌گوید : « محاسبه نشان می‌دهد که مقدار افت افق بر قله‌ی کوهی به این بلندی، باید تقریباً سه درجه باشد و در مسائلی از این دست، باید به تجربه و امتحان متوسل شد و کامیابی جز از جانب خداوند توانای دانا نیست» با توجه به این گفته‌ی ابوریحان، او ارتفاع بلندترین کوه را چقدر تصور می‌کرده است؟

الف) ۳۰۰۰ متر　　ب) ۹۰۰۰ متر　　ج) ۲۰کیلومتر

د) ۵۰ کیلومتر　　ه) ۹۰ کیلومتر　　و) ۳۰۰کیلومتر

۹) مجموع زوایای داخلی مثلث تابستانی ۳/۳۷ رادیان و مجموع زوایای داخلی مثلث زمستانی ۳/۲۶۳ رادیان است. با فرض اینکه ستاره ها به صورت همگن توزیع شده باشد. نسبت تعداد ستاره های درون مثلث تابستانی به ستاره های درون مثلث زمستانی چقدر است؟

الف) ۱/۴　　ب) ۰/۷　　ج) ۱/۰۱　　د) ۰/۹۹　　ه) ۱/۲

۱۰) انحنای زمین ارسال امواج رادیویی و این آنتن های زمینی در فواصل طولانی محدود می کند. برای ارسال امواج رادیویی به فواصل طولانی تر، از یکی از لایه های جو به نام یون سپهر استفاده می شود. بدین ترتیب که آنت فرستنده امواج رادیویی را به سوی یون سپهر ارسال می کند این امواج پس از برخورد به یون سپهر به سمت زمین بازتاب می شوند و به آنتن گیرنده می رسد. با فرض آن که بازتاب از یون سپهر به صورت ؟ باشد و فقط از یک بار بازتابش استفاده کنیم، بیش ترین فاصله ی دو آنتن گیرنده و فرستنده در روی زمین چه قدر می تواند باشد؟ (ارتفاع لابه ی بازتاب کننده یون سپهر را $۱۱۰km$ در نظر بگیرید و از ارتفاع آنتن های رادیویی صرف نظر کنید)

الف) $۱۳۰۰km$　　ب) $۳۵۰۰km$　　ج) $۱۷۰۰km$　　د) $۷۴۰۰km$

۱۱) خورشید هنگام غروب کمی بیضی وار مشاهده می شود. جهت قطر بزرگ ترین بیضی در شهری با عرض جغرافیایی ۵۱ درجه..... .

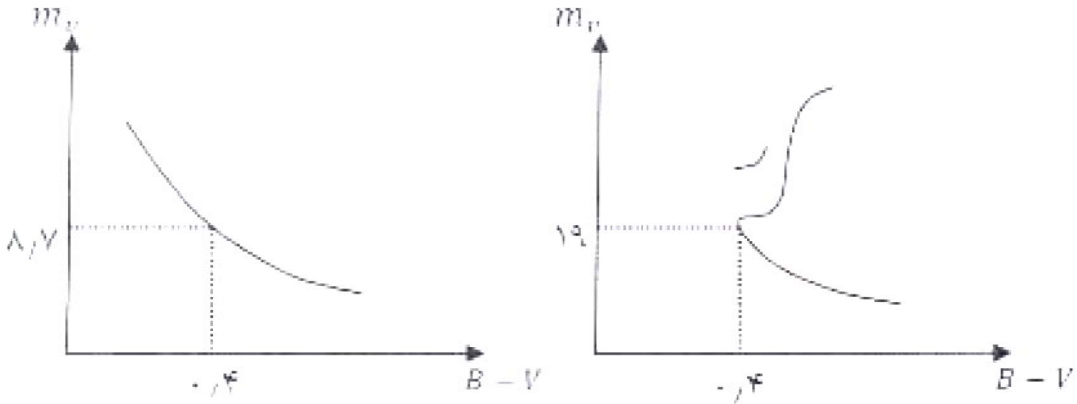
الف) به افق زاویه ۵۱ درجه دارد.　　ب)موازی افق است.

ج) به افق زاویه ۳۹ درجه می سازد.　　د) عمود بر افق است.

۱۲) یک خوشه‌ی کهکشانی را در نظر بگیرید. فرض کنید هر کهکشان مانند یک ذره‌ی گاز ایده‌آل رفتار می‌کند. میانگین سرعت تصادفی کهکشان‌ها درون این خوشه‌ی کهکشانی تقریباً $۱۰۰km/s$ و چگالی تعدادشان $۰/۰۰۳۹Mpc^{-۱}$ است. اگر جرم متوسط هر کهکشان $۳\times۱۰^{۳۲}gr$ باشد، چه فشار تقریبی را می توان به این خوشه‌ی کهکشانی نسبت داد؟

الف) $۱۰^{۲۲}Pa$　　ب) $۳\times۱۰^{-۱۷}Pa$　　ج) $۷\times۱۰^{۶}Pa$　　د) $۹\times۱۰^{-۲۰}Pa$　　ه) $۹\times۱۰^{۶}Pa$

۱۳) نمودار قدر ظاهری – رنگ برای دو خوشه‌ی ستار ای مطابق شکل های زیر به‌دست آمده است. کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد نوع و فاصله‌ی خوشه‌ها تا زمین درست است؟



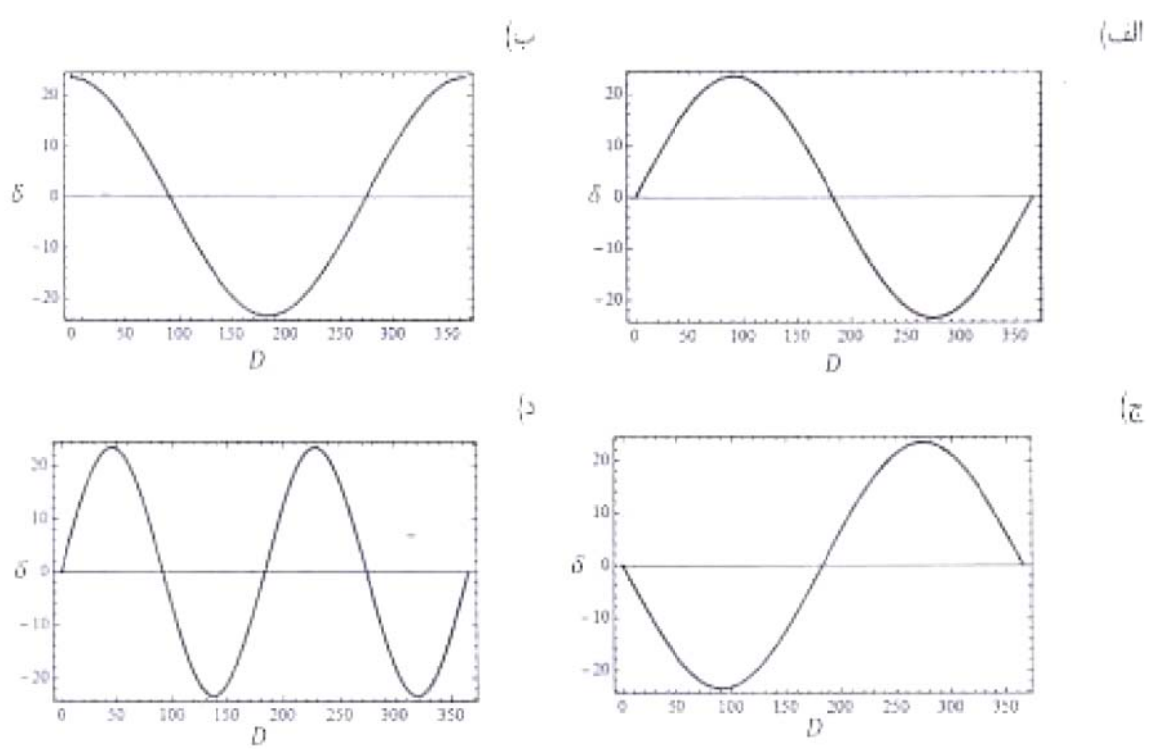
الف) خوشه‌ی ۱ بار، خوشه‌ی ۲ کروی و خوشه‌ی ۲ به زمین نزدیک‌تر است.

ب) خوشه‌ی ۱ کروی، خوشه‌ی ۲ باز و خوشه‌ی ۲ به زمین نزدیک‌تر است.

ج) خوشه‌ی ۱ باز، خوشه‌ی ۲ کروی و خوشه‌ی ۱به زمین نزدیک‌تر است.

د) خوشه‌ی ۱ کروی، خوشه‌ی ۲ باز و خوشه‌ی۱ به زمین نزدیک‌تر است.

۱۴) کدام یک از نمودارهای زیر نمایان گر میل خورشید $\langle \delta \rangle$ بر حسب روزهای سپری شده از آغاز سال شمسی $\langle D \rangle$ است؟



۱۵) کدام یک از گزاره‌های زیر درست نیست؟

الف) در مدل استاندارد کیهان شناسی، کیهان در مقیاس‌های (بزرگتر ۱۰۰ از مگا پارسک) همگن و همسانگرد است.

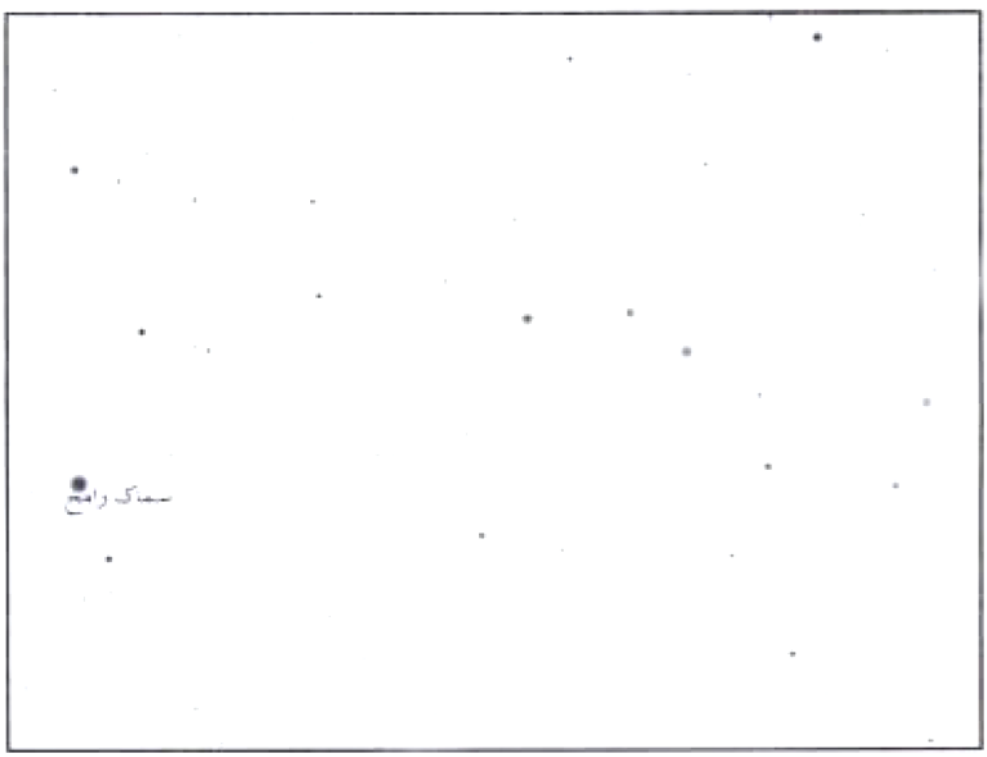
ب) طیف تابش زمینه‌ی کیهانی از طیف پلانک تبعیت می‌کند.

ج) رصدها نشان می‌دهند که کم تر از ۵۰ درصد عالم از ماده‌ی درخشان تشکیل شده است.

د) رصد ابرنواخترهای نوع Ia نشان می‌دهد که شتاب انبساط عالم منفی است.

ه) در انبساط کیهانی، دمای کیهان با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

۱۶) تصویر زیر بخشی از ستار های آسمان را نشان می‌دهد که نام یکی از ستاره‌ها در آن مشخص شده است.



کدام یک از صورت های فلکی زیر در نقشه موجود نیست؟

الف) دب اکبر ب) کلیل شمالی ج) سنبله

۱۷) بر اساس قانون انبساط هابل، سرعت نسبی دور شدن دو جسم که به واسطه R از یکدیگر قرار گرفته‌اند در زمان حال به صورت $v = H_{\cdot}R$ است. با توجه به تعریف $t_H \equiv H_{\cdot}^{-1}$ کدام گزینه نادرست است؟

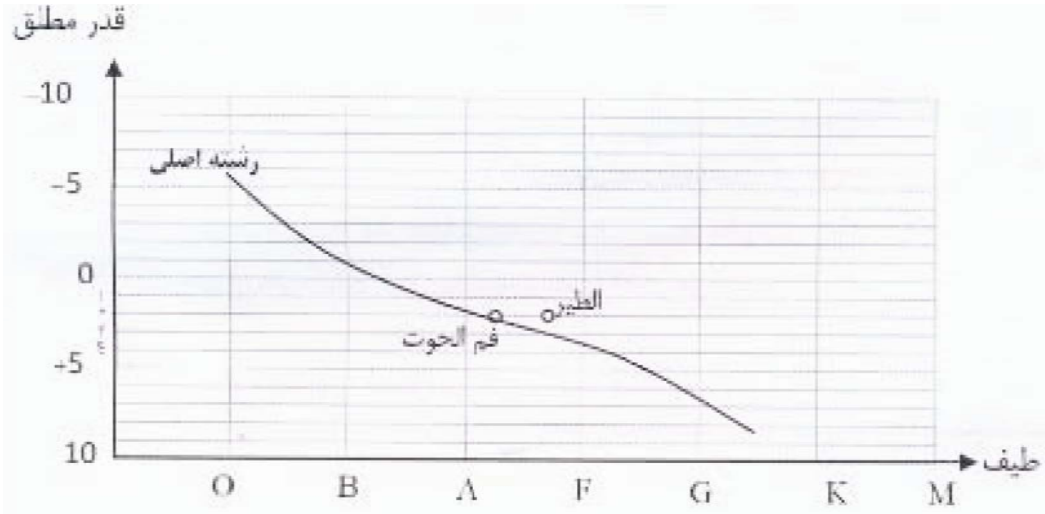
الف) سن کیهانی که همیشه با شتاب منفی منبسط شود از t_H کوچکتر است.

ب) سن کیهانی که همیشه با شتاب مثبت منبسط شود از t_H بزرگتر است.

ج) اگر شتاب انبساط کیهان صفر باشد، در آن صورت سن عالم برابر با t_H است.

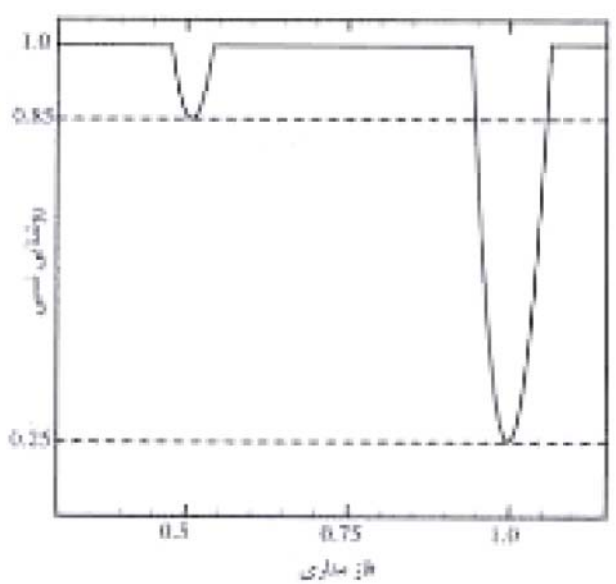
د) سن کنونی کیهان ما دقیقاً برابر با t_H است.

۱۸) قدر ظاهری برای ستاره ی فم الحوت ثبت شده است. چنانچه فم الحوت دورتر از ستاره ی الطبر باشد، با توجه به نمودار قدر مطلق – رنگ داده شده، قدر ظاهری ستاره ی الطبر کدام است؟



الف) ۰/۷ ب) ۱/۵ ج) ۱/۷ د) ۲/۷

۱۹) نمودار زیر منحنی نوری یک دوتایی رفتی را نشان می‌دهد. اگر ستاره‌ای که در کمینه‌ی اولیه پوشانده می‌شود، یک ستاره‌ی خورشیدگون باشد، دمای سطح ستاره‌ی دیگر چه خواهد بود؟ (وقتی منظومه ی دوتایی کم ترین میزان روشنایی را داراست می گوییم در کمیته ی اولیه قرار دارد)



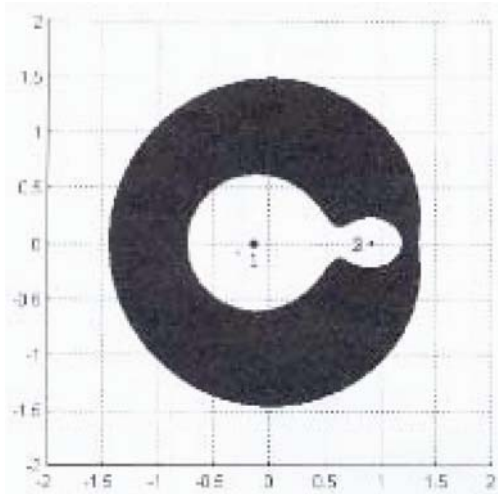
الف) $8100K$ ب) $7500K$ ج) $6200K$

د) $4400K$ ه) $2900K$

۲۰) یک سیستم دوتایی متشکل از دو ستاره‌ی ۱ و ۲ در یک صفحه، مطابق شکل قرار دارند یک ستاره‌ی کوچک‌در فضای میان دو ستاره قرار دارد و در صفحه‌ی مداری دو ستاره حرکت می‌کند. حرکت سیاره به‌گونه‌ای است که:

$$V^2 = f(x,y)$$

که V سرعت جسم و تابعی از مکان است. در شکل داده شده، مقدار تابع f در نواحی سفید، مثبت و در نواحی تاریک، منفی است. کدام گزینه در مورد حرکت سیاره امکان پذیر نیست؟



الف) بسته به مقدار انرژی سیاره، سیاره گاهی به دور ستاره‌ی ۱ و گاهی به دور ستاره‌ی ۲ می‌گردد.

ب) سیاره همیشه به دور ستاره‌ی ۱ می‌گردد.

ج) سیاره همیشه به دور ستاره‌ی ۲ می‌گردد.

د) سیاره از این منظومه‌ی دوتایی فرار می‌کند.

۲۱) در هزار سال گذشته، بسیاری از منجمین اسلامی نتایج رصدهای خود را در قالب « مریخ» منتشر کرده‌اند. محتوای زیج‌ها عموماً جدول‌های خسوف و کسوف، مقدار عددی توابع نجومی، تعدیل زمان، عرض‌های جغرافیایی، محاسبه‌ی سرعت میانگین خورشید و سیارات و ... بوده است. از مهم‌ترین زیج‌های دوره‌ی اسلامی می‌توان به زیج بتانی، زیج جامع از کوشیارگیلانی، زیج ایلخانی از خواجه نصیرالدین طوسی و زیج خاقانی از غیاث الدین جمشید کاشانی اشاره کرد. برای نمونه، عبدالرحمن خارنی در بخشی از زیج سنجری (قرن ششم) سرعت زاویه‌ای میانگین خورشید در کره‌ی آسمان را بر حسب درجه بر روز، در دستگاه شصت‌گانی به صورت زیر گزارش کرده است:

۴۰ : ۲۹ : ۰۴ : ۵۳ : ۲۳ : ۲۰ : ۰۸ : ۵۹ : ۰°

باتوجه به این مقدار، سال اعتدالی چقدر است؟

الف) ۳۶۵روز و ۵ ساعت و ۵۰ دقیقه

ب) ۳۶۵روز و ۶ ساعت و ۱۰ دقیقه

ج) ۳۶۴روز و ۹ ساعت و ۲۰ دقیقه

د) ۳۶۴روز و ۲۲ ساعت و ۱۰ دقیقه

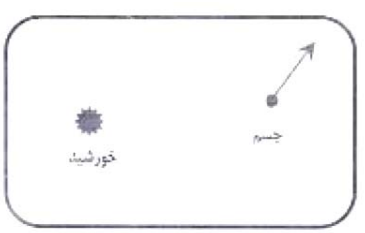
ه) ۳۵۴روز و ۶ ساعت و ۴۰ دقیقه

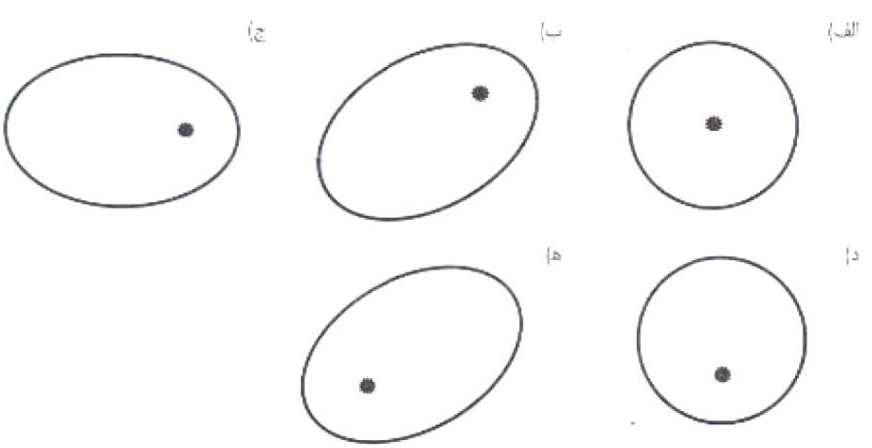
۲۲) با یک دوربین عکاسی، تصویر زیر را از رد ستاره ها در افق شرقی تهیه کرده ایم. برای گرفتن این عکس شانر دوربین برای مدتی باز نگاه داشته ایم تا مسیر حرت ستاره ها نمایان شود. این عکس در جه عرض جغرافیایی گرفته شده است؟

الف) $35^\circ S$ ب) $55^\circ S$ ج) $65^\circ S$

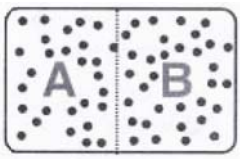
د) $65^\circ N$ ه) $35^\circ N$ و) $55^\circ N$

۲۳) بردار کشیده شده در شکل، بردار سرعت یک جسم کوچک در منظومه‌ی شمسی را به سمت خورشید در یک لحظه نشان می‌دهد. شکل مدار این جسم کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟





۲۴) ظرف شکل روبه رو از دو قسمت مساوی فرضی A و B تشکیل شده است.



که دارای حجم برابر هستند. ۹۹ ذره در این طرف قرار دارند و به طور تصادفی حرکت می کنند. در طول یک سال، مدت زمانی که همه ی ذرات فقط در قسمت A هستند و قسمت B کاملاً خالی است، به کدام عدد نزدیک تر است؟

الف) $۱۰^{-۱۳}$ ثانیه ب) $۱۰^{-۱۸}$ ثانیه ج) $۱۰^{-۱۰}$ثانیه د) $۱۰^{-۲}$ ثاینه ه) ۱ ثانیه

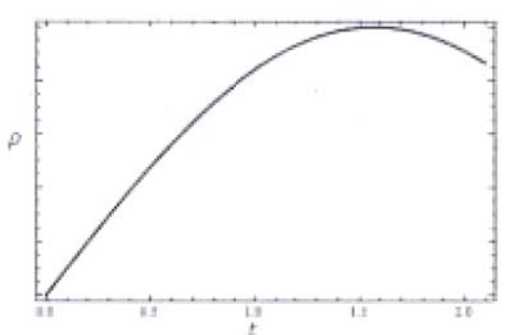
۲۵) دو دنباله دار در مدارهای باز در منظومه‌ی شمسی درگردش هستند. مدار دنباله‌دار اول سهمی شکل و مدار دنباله‌دار دوم هذلولی شکل است. زمانی که دو دنباله‌دار در فاصله‌ی برابر از خورشید قرار گرفته‌اند، سرعت دنباله‌دار اول $۴۰km/s$ و سرعت دنباله‌دار دوم $۵۰km/s$ نسبت به خورشید است. هنگامی که دنباله‌دار دوم در فاصله‌ی بی نهایت از خورشید قرار می‌گیرد (از گرانش خورشید خارج می‌شود)، سرعت آن چند کیلومتر بر ثانیه خواهد بود؟

الف) ۴۰ ب) ۳۰ ج) ۳۱ د) ۶۴ ه) ۱۰

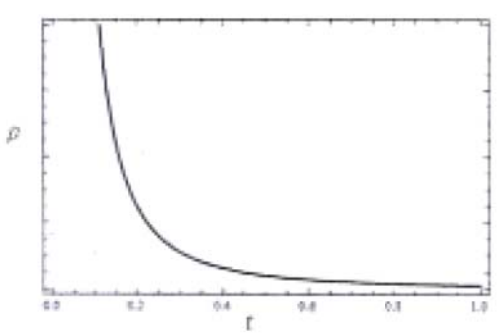
۲۶) در دوره‌ای از تحول کیهان، عالم عمدتاً از ماده‌ی غیر نسبیتی تشکیل شده باشد، نمودار چگالی عالم با زمان، کدام گزینه است؟ فرض کنید ضریب مقیاس α ، که معیاری از شعاع عالم است، در آن دوران، با زمان رابطه‌ی زیر را دارد:

$$\alpha \propto t^{۳}$$

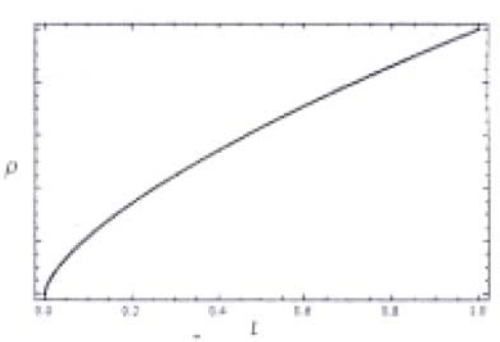
الف)



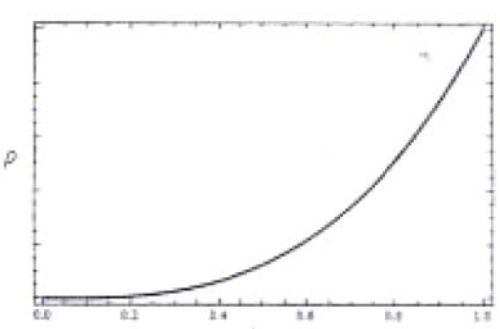
ب)



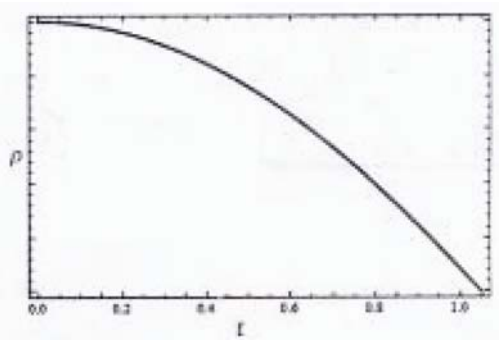
ج)



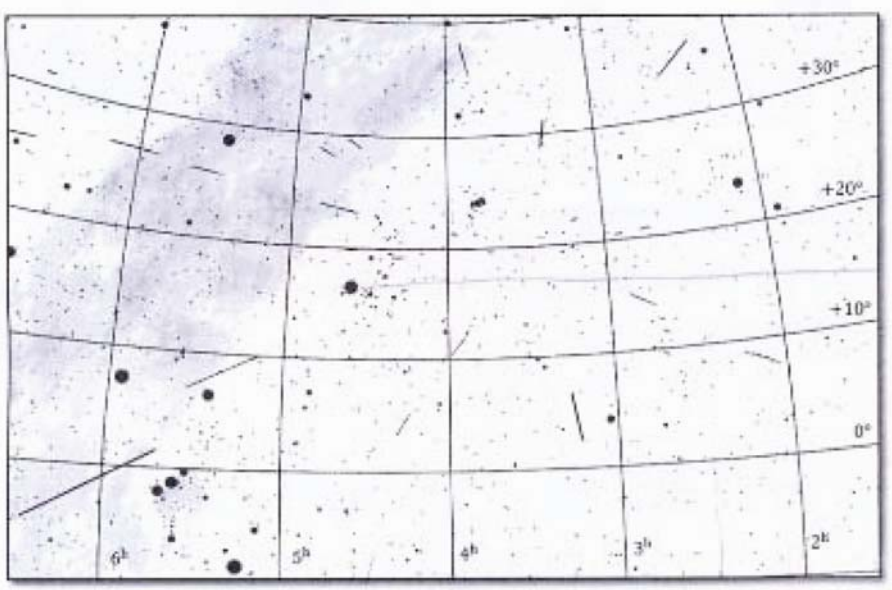
د)



ه)



۲۷) وی نقشه‌ای که ملاحظه می‌کنید، ردهای مربوط به یک بارش شهابی رسم شده‌اند. این نقشه بوسیله‌ی خطوط هم بعد و هم میل درجه بندی شده و بعد و میل مربوط به هر یک از این خطوط بر روی آن نوشته شده است. بعد و میل تقریبی کانون بارش کدام است؟



الف) $\alpha = ۲^h۳۰.^m$ و $\delta = -۲۰^\circ$

ب) $\alpha = ۴^h۳۰.^m$ و $\delta = +۱۵^\circ$

ج) $\alpha = ۳^h۳۰.^m$ و $\delta = +۲۰^\circ$

د) $\alpha = ۲^h۳۰.^m$ و $\delta = +۳۵^\circ$

۲۸) طول و عرض جغرافیایی مکه ی مکرمه به ترتیب $۳۹^\circ۵۴'E$ و $۲۱^\circ۲۷'N$ است. در لحظه‌ای که خورشید دقیقاً در سمت الرأس مکه قرار دارد. ناظری خورشید را به سمت صفر و ارتفاع ۱۰° مشاهده می‌کند. مکان این ناظر، کدام یک از گزینه های زیر می‌تواند باشد؟

الف) $\phi = ۷۸^\circ۳۳'N$ و $l = ۱۴۰^\circ.۶'W$

ب) $\phi = ۷۸^\circ۳۳'N$ و $l = ۵۰^\circ.۶'W$

ج) $\phi = ۶۸^\circ۳۳'S$ و $l = ۳۹^\circ.۵۴'E$

د) $\phi = ۶۸^\circ۳۳'S$ و $l = ۱۲۹^\circ.۵۴'E$

ه) این پدیده امکان پذیر نیست.

۲۹) تا چه زمانی سرعت چرخش زمین به دور خودش بر اثر نیروی جزر و مدی ماه کاهش پیدا خواهد کرد؟

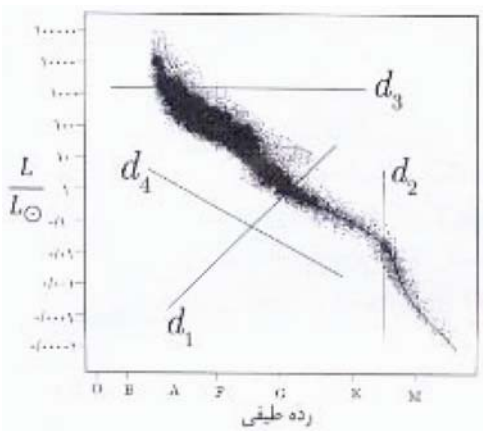
الف) زمانی که دوره‌ی تناوب چرخش زمین به دور خودش برابر با ۲۹ روز باشد.

ب) بر اساس قانون پایستگی تکانه‌ی زاویه‌ای، دوره تناوب چرخش زمین تغییر نخواهد کرد.

ج) زمانی که دوره‌ی تناوب چرخش زمین به دور خودش با دوره‌ی تناوب چرخش ماه به دور زمین یکی شود.

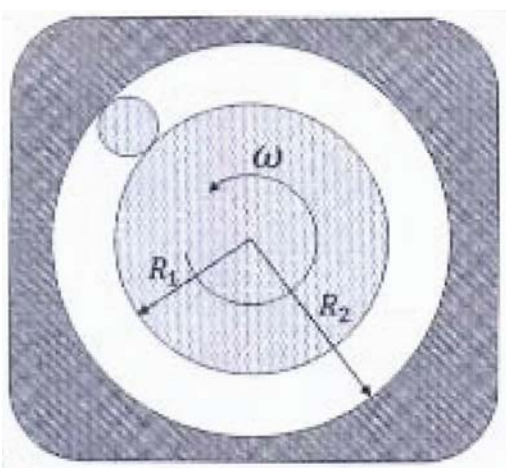
د) زمانی که دوره‌ی تناوب چرخش زمین به دور خودش برابر با ۲۷/۳ روز شود.

۳۰) در نمودار HR می‌توان دسته خطوطی با نام خطوط هم شعاع (شعاغ ثابت) رسم کرد. به طوری که هر دو ستاره که روی یک خط هم شعاع باشد (مستقل از مکانشان در نمودار HR) شعاع یکسانی خواهند داشت. در نمودار HR زیر، کدام یک از خطوط رسم شده می‌تواند یک خط هم شعاع باشد؟



الف) d_1 ب) d_2 ج) d_3 د) d_4

۳۱) یک غلتک در فضای میان دو استوانه‌ی هم مرکز به شعاع های R_1 و R_2 مطابق شکل قرارگرفته‌است. استوانه‌ی خارجی ثابت است و استوانه‌ی داخلی با سرعت زاویه ای ω در جهت نشان داده شده گردش می‌کند. حرکت غلتک روی دو استوانه، غلتش کامل و بدون لغزش است. اگر غلتک به ازای هر دور چرخش به دور خود، یک بار دور مرکز استوانه‌ها بچرخد، در این صورت نسبت شعاع استوانه‌ی خارجی به استوانه‌ی داخلی چقدر است؟



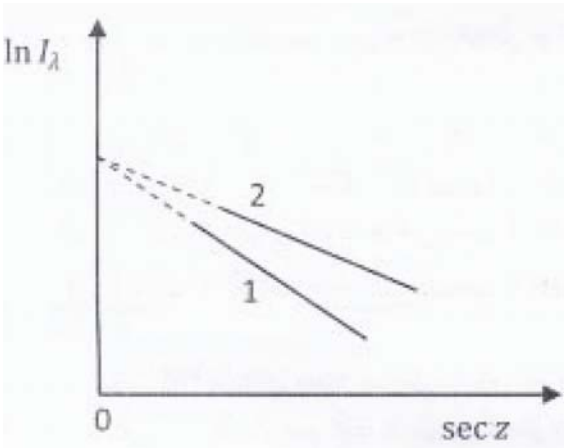
الف) ۲ ب) ۳ ج) ۴ د) $\frac{5}{3}$ ه) $\frac{4}{3}$

۳۲) مثلث کروی ABC را به گونه‌ای در نظر بگیرید که $AB=\frac{\pi}{2}, \overline{B}=\frac{\pi}{4}$ ، و $AC=\theta$. در کدام یک از حالات زیر مثلث ABC حتماً به صورت یکتا مشخص می‌شود؟

الف) $\theta<\frac{\pi}{6}$ ب) $\frac{\pi}{5}<\theta\leq\frac{2\pi}{7}$ ج) $\frac{\pi}{6}<\theta\leq\frac{\pi}{4}$

د) $\frac{\pi}{4}\leq\theta<\frac{\pi}{2}$ ه) $\frac{\pi}{7}\leq\theta<\frac{\pi}{5}$

۳۳) فاصله z که لگاریتم شدت روشنایی بر حسب سمت‌الراسی است، برای ستاره‌ی ۱ توسط ناظر ۱ ثبت شده‌است. همین داده‌ها برای ستاره‌ی ۲ توسط ناظر ۲ در مکان دیگری نیز ثبت شده و منحنی‌های آنها در نمودار زیر داده شده است. کدامیک از گزینه‌های زیر درست است؟



الف) ضریب جذب در جو زمین برای ناظر ۱ کوچکتر از ضریب جذب در جو برای ناظر ۲ است.
ب) روشنایی ستاره‌ها در جو ناظر ۱ کمتر از جو ناظر ۲ تضعیف می‌شود.
ج) روشنایی هر دو ستاره، خارج از جو برابر است.
د) ارتفاع ستاره‌ی ۲ بیشتر از ارتفاع ستاره‌ی ۱ است.

۳۴) منبع اصلی تولید انرژی در ستاره‌ها واکنش‌های هسته‌ای است. در مرکز ستاره‌ها واکنش‌های هسته‌ای در چرخه‌های متفاوت روی می‌دهند به گونه‌ای که هر چرخه آهنگ تولید انرژی مشخصی دارد. دو نمونه از چرخه‌ی واکنش‌های هسته‌ای چرخه‌ی پروتون–پروتون (PP) و چرخه‌ی کربن، نیتروژن، اکسیژن(CNO)، است. آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی PP برابر با αT^n و در چرخه‌ی CNO برابر با βT^m است. که در آن T دمای مرکز ستاره و m,β,α و n ثوابتی مثبت هستند. اگر $\alpha > \beta$ و $m > n$ کدام یک از گزینه های زیر درست است؟
الف) در تمامی دماها آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی PP غالب است.
ب) در تمامی دماها آهنگ تولید انرژی درچرخه‌ی CNO غالب است.
ج) ابتدا آهنگ‌تولید انرژی در چرخه‌ی PP غالب استو سپس با افزایش دما آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی CNO غالب می‌شود.
د) ابتدا آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی CNOغالب است و سپس با افزایش دما آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی PP غالب می‌شود.

۳۵) کاوشگری در فضای خارج از منظومه‌ی شمسی در حرکت است. این کاوشگر به یک جسم ناشناخته نزدیک می‌شود و تحت تأثیر میدان گرانشی آن قرار می‌گیرد، در یک لحظه، دستگاه‌های سنجش کاوشگر، سرعت و شتاب کاوشگر را نسبت به جسم ناشناخته چنین ثبت می‌کنند:

$$v = ۳۹۷۸ m/s \quad a = ۱/۳۴۱ m/s^۲$$

اگر مسیر حرکت کاوشگر به دور جسم ناشناخته سهمی شکل باشد، جرم جسم ناشناخته چقدر است؟

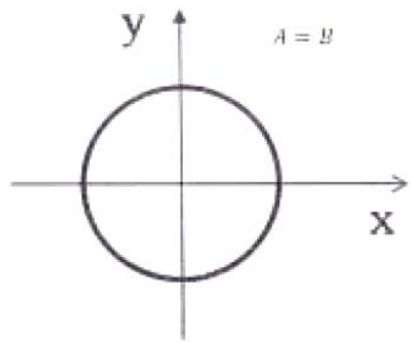
الف) $۶\times۱۰^{۲۴} kg$ ب) $۴\times۱۰^{۲۲} kg$ ج) $۳\times۱۰^{۲۵} kg$
د) $۴\times۱۰^{۲۳} kg$ ه) $۷\times۱۰^{۲۳} kg$

۳۶) کدام گزینه، توصیف درستی از مجموعه نقاطی در صفحه است که در معادله زیر صدق می‌کند:

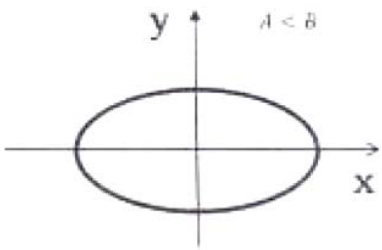
$$Ax^2 + By^2 = C$$

A، B و C اعداد حقیقی مثبت هستند.

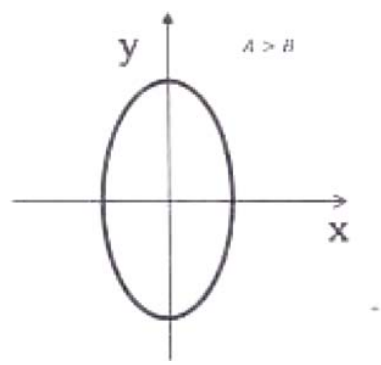
الف)



ب)

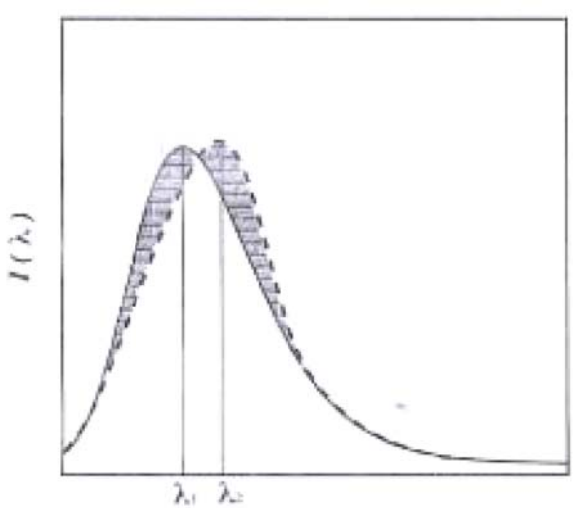


ج)



د) هر سه گزینه درست هستند.

۳۷) در نمودار داده شده منحنی پیوسته، طیف تابشی یک جسم سیاه با دمای T و منحنی خط چین، طیف تابشی یک ستاره را نشان می‌دهد. سطح هاشورزده ی بالای منحنی پیوسته با سطح هاشور زده ی پایین آن برابر است. کدامیک از گزینه های زیر درست است؟



الف) شار تابشی کل جسم سیاه از شار تابشی کل ستاره کمتر است.

ب) دمای مؤثر ستاره با دمای جسم سیاه برابر است.

ج) دمای این جسم سیاه از دمای جسم سیاهی که طول موج ؟ شدت تابش آن λ است، کمتر است.

د) دمای مؤثر ستاره از دمای جسم سیاه بیشتر است.

ه) فرکانسی که در آن شدت تابش جسم سیاه بیشینه است، کمتر از فرکانس متناظر برای ستاره است.

۳۸) با فرض آن که عنصر هلیم تنها در ستاره‌ها تولید می‌شود، میزان جرم هلیم تولید شده در یک ثانیه بر حسب کیلوگرم، در کل کیهان به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

الف) $۱۰^{۲۵}$ ب) $۱۰^{۴۰}$ ج) $۱۰^{۴۵}$ د) $۱۰^{۵۰}$

۳۹) یک فواره که شعاع دهانه‌ی آن ۲ سانتی‌متر است، آب را با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه به بالا می‌باشد. شعاع مقطع آب در ارتفاع ۱/۸ متری چند سانتی‌متر است؟ $g = ۱۰ m/s^۲$

الف) $\sqrt{۵}$ ب) $\sqrt{۱۰}$ ج) $\sqrt[۳]{۷}$ د) $\sqrt[۳]{۵}$

مسئله‌های کوتاه

پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه، توضیحات زیر را با دقت بخوانید. در این مسئله‌ها باید پاسخ را بر حسب واحدهای مورد نظر(متر، کیلوپارسک، ثانیه ی قوسی و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده با دو رقم به‌دست آورید؛ سپس خانه‌های مربوط به رقمهای این عدد را در پاسخنامه سیاه کنید. توجه داشته باشید که رقم یکان عدد در ستون یکان و رقم دهگان در ستون دهگان علامت زده شود.

مثال: فرض کنید سرعت یک دنباله‌دار بر حسب کیلومتر بر ثانیه خواسته شده است و شما مقدار آن را $۱۱/۲\frac{km}{s}$ محاسبه می‌کنید. ابتدا باید این عدد را به نزدیک ترین عدد صحیح گرد کنید تا ۱۱ بدست آید. سپس مطابق شکل زیر آن را در پاسخنامه وارد کنید:

ثوابت فیزیکی و نجومی در ابتدای برگه ی سؤالات داده شده است. درحل مسئله‌ها فقط از این ثوابت استفاده کنید. اعداد باید تنها یک بار و آن هم در انتهای حل هر مسئله گرد شوند.

اگر مرتبه‌ی بزرگی جواب از شما خواسته شده بود، پس از محاسبه‌ی پاسخ، ابتدا آن را به شکل نماد علمی یعنی $a\times۱۰^{b}$ در آورید و b را در پاسخنامه وارد کنید. دقت کنید که در این حالت $۱\le a<۱۰$ و b مرتبه‌ی بزرگی است. مثلا یک واحد نجومی، یعنی $۱/۵\times۱۰^{۱۱}m$ را در نظر بگیرید. مرتبه‌ی بزرگی این عدد ۱۱ است.

هر مسئله ۱۲ نمره دارد، پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.

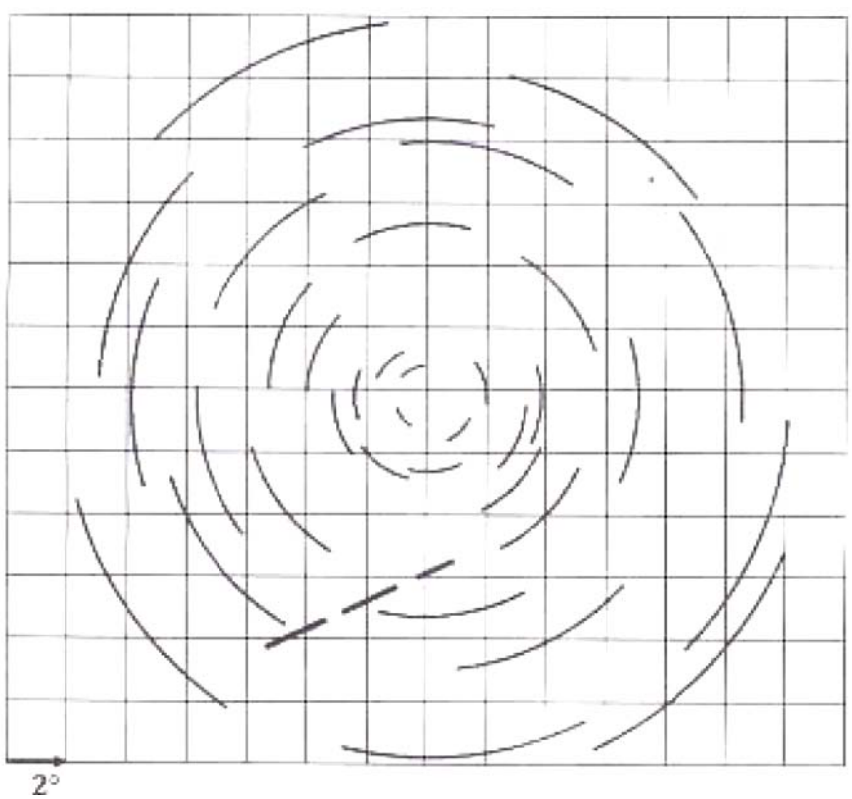
۱) ZHR (نرخ سرسوپی بارش شهابی) از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$ZHR = \frac{N \times r^{۶/۵-m_.}}{T_{eff} \times (۱-C) \times \sin\theta}$$

در رابطه‌ی بالا N تعداد شهاب‌های ثبت شده در یک بازه‌ی زمانی، $m_.$ قدر حدی T_{eff} زمان مفید ثبت در بازه‌ی زمانی (بر حسب ساعت)، C نسبت پوشیدگی آسمان، θ ارتفاع کانون بارش و r شاخص پراکندگی جمعیت است.

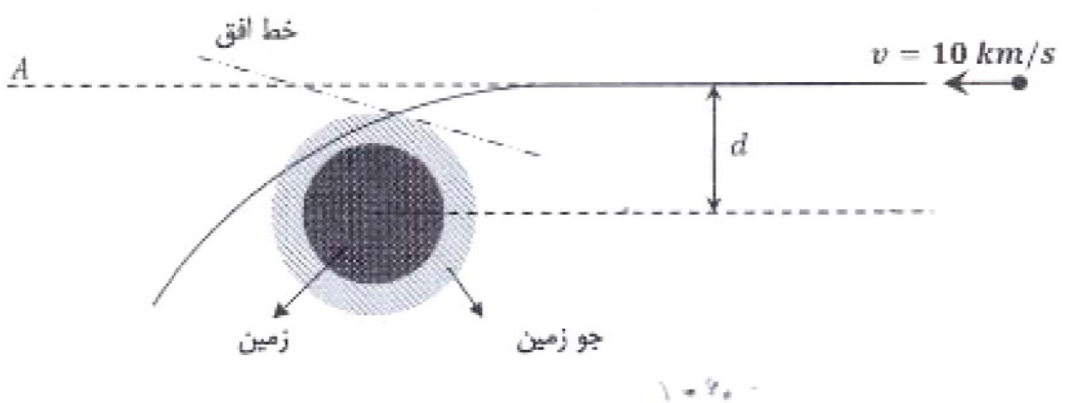
ناظری در شهر بلخ $\phi = ۳۶^\circ ۴۵' N$ و $l = ۶۶^\circ ۵۴' E$ در جائی که قدر حدی اش $۶/۵$ و زمان نجومی محلی (LST) برابر با $۱۱^h ۲۵^m$ است. اقدام به ثبت بارش شهابی اسدی می‌کند. او در مدت ۱۱ دقیقه، ۱۳ شهاب از این بارش را مشاهده می‌کند. با توجه به اینکه آسمان بالای افق این شخص کاملاً باز است، ZHR را محاسبه کنید؟ (بعد و میل کانون این بارش را به ترتیب $۱۰^h ۱۲^m$ و $۲۳^\circ ۳۰'$ در نظر بگیرید).

۲) در شکل زیر عکسی را می‌بینید که از یک شهاب سنگ در حال عبور از آسمان گرفته شده است. طرز گرفتن این عکس بدین شکل است که یک پره در مقابل دوربین عکاسی با فرکانس ۱۸۰ دور در دقیقه می چرخد. توجه کنید که پره به طور کامل دهانه‌ی دوربین را می پوشاند. در نتیجه بر روی رد شهاب سنگ قطع شدگی‌هایی مشاهده می‌کنید. حال اگر فاصله شهاب سنگ از ماه ۱۰۰ کیلومتر باشد، با توجه به داده های موجود در تصویر، سرعت مماسی شهاب سنگ تقریباً چند کیلومتر بر ثانیه است؟



۳) فرایند بی دررو برای گاز کامل فرایندی است که PV° در طول آن ثابت می‌ماند، که P فشار گاز کامل و V حجم آن است. فرض کنید یک پوسته از آهن در حالت گاز کامل به صورت بی‌دررو و کروی از شعاع اولیه $۱۰^{۵}km$ به شعاع نهایی R می‌رسید. دمای اولیه، پوسته $۵\times۱۰^{۵}k$ است. همچنین می‌دانیم دمای لازم برای فروپاشی هسته‌ی آهن به هسته‌ی هلیوم $۵\times۱۰^{۱۳}k$ است. برای اینکه این فروپاشی انجام بگیرد. شعاع پوسته‌ی آهن باید حداقل بر اثر رمبش چند درصد نسبت به شعاع اولیه کاهش یافت باشد؟ (مقدار درصد را بدون علامت درصد وارد پاسخنامه کنید).

۴) هاب‌سنگی از فاصله‌ی بی نهایت دور مانند شکل زیر به سمت زمین حرکت می‌کند. سرعت آن در بی‌نهایت برابر با ۱۰ کیلومتر بر ثانیه است. امتداد بردار سرعت جسم در بی‌نهایت با خط چین A نشان داده شده است. فاصله‌ی عمودی این خط از مرکز زمین (d) برابر با ۹۰۰۰ کیلومتر است. زاویه‌ای که شهاب سنگ در هنگام ورود به جو یا خط افق می‌سازد، چند درجه است؟ (جو زمین و کره‌ای با شعاع ۶۷۰۰ کیلومتر در نظر بگیرید: خط افق نیز در هر نقطه بنا به تعریف، خطی عمود بر بردار شعاعی واقع در صفحه‌ی مداری است.)



۵) سیاه چاله‌ها واقعاً سیاه نیستند. در نتیجه‌ی اثرات کوانتومی، سیاه‌چاله‌ها تابشی دارند که تابش هاوکینگ نامیده می‌شود. می‌توان به این تابش یک دما نسبت داد که برای سیاه‌چاله‌های غیر چرخان از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

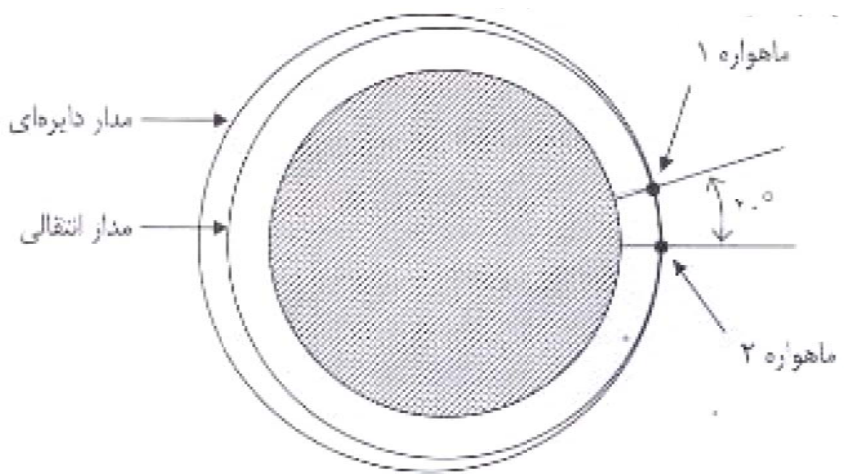
$$T=\frac{hc^{۲}}{۱۶k\pi^{۲}GM}$$

که در آن M جرم سیاه‌چاله، h نسبت پلانک، C سرعت نور، k ثابت بولتزمان، G ثابت‌جهانی گرانش است. در نتیجه‌ی این تابش، سیاه چاله جرم خود را از دست می‌دهد و اصطلاحاً تبخیر می‌شوند.

همچنین می‌دانیم که تابش زمینه‌ی کیهانی (CMB) تمام فضا را پر کرده است. سیاه‌چاله ها می‌توانند از این تابش تغذیه کنند و بدین ترتیب بر جرم خود بیافزایند. تابش زمینه‌ی کیهانی از توزیع طیف جسم سیاه با طول موج بیشینه‌ی تابش $\lambda_{\max}=۱/۰۶mm$ تبعیت می‌کند جرم سیاه چاله بر حسب کیلوگرم چه قدر باشد تا در اثر دو عامل ذکر شده، در طول زمان ثابت بماند؟ (در پاسخ نامه تنها مرتبه‌ی بزرگی جواب را وارد کنید.)

۶) در جهان در حال انبساط به علت محدود بودن سرعت نور، ما قادر به مشاهده‌ی فاصله‌ی محدودی از کیهان هستیم که به این فاصله « افق هابل» می‌گویند. با توجه به این مساله و دانستن این که مقدار چگالی انرژی تابش در زمان فعلی $\rho_r = ۰/۲۶۰ MeV/m^۳$ است، با استفاده از اصل هم ارزی جرم انرژیِ پیشین مقدار ماده‌ی مورد نیاز بر حسب کیلوگرم برای تولید این انرژی تابشی را در کره‌ی به شعاع افق هابل حساب کنید . (در پاسخ نامه تنها مرتبه ی بزرگی جواب را وارد کنید.)

۷) ماهواره ۱ ماهواره‌ای مخابراتی و ماهواره ۲، ماهواره‌ای حامل ربات تعمیر کار هر دو در مدارهای دایره‌ای و هم صفحه، مطابق شکل به صورت هم جهت به دور زمین گردش می‌کند. جهت چرخش هر دو ماهواره در شکل زیر، پاد ساعتگرد و ارتفاع دو ماهواره از سطح زمین ۶۰۰ ، کیلومتر است. اختلاف زاویه‌ی دو ماهواره در حالت اولیه، ۲۰درجه، مطابق شکل است.
ماهواره‌ی ۲ لازم است خود را به ماهواره‌ی ۱ جهت انجام تغمیرات، برساند. بنابراین ماهواره‌ی ۲ با کم کردن سرعت خود، در یک مدار انتقالی بیضوی قرار می‌گیرد که اوج آن روی مدار دایره‌ی خود قرار دارد. (مطابق شکل) و بعد از یک تناوب در مدار انتقالی، به ماهواره ۱ وصل می شود. کمترین ارتفاع ماهواره‌ی ۲ در مدار انتقال خود از سطح زمین چند کیلومتر است؟



۸) محمد بن نجیب بکران جغرافیدان است که اولین نقشه‌ی جغرافیایی مبتنی بر طول وعرض جغرافیایی را رسم کرده است. او پس از پایان ترسیم این نقشه بر روی پارچه‌ای بزرگ (۶۰۵ ه.ق.) کتابی کم حجم به نام « جهان نامه» برای بیان و تسهیل شناخت نقشه نوشت. در بخشی از «جهان نامه» فاصله‌ی شهرهای مختلف از هم بر حسب فرسنگ آمده است. به عنوان مثال فاصله‌ی بغداد تا ری ۱۶۵ فرسنگ ذکر شده است. در جدول زیر طول و عرض جغرافیایی بغداد و ری را ملاحظه می‌کنید.

	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بغداد	۷۵°	۳۳°
ری	۸۵°	۳۵°

اطلاعات جدول بالا از زیج جامع نوشته ی کوشیار گیلانی نقل شده است که مبداء طول جغرافیایی آن جزایر خالدات (در غربی ترین قسمت آفریقا) است.
با توجه به این اطلاعات، ۱۰ فرسنگ چند کیلومتر است؟

۱- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

$$E = b_s \Delta S \Delta T = Pc \Rightarrow P = \frac{b_s \Delta S \Delta t}{c} \quad , F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$
$$\Delta P_A = ۲P = ۲\frac{b_s \Delta S \Delta T}{c} \Rightarrow \quad F_A = ۲\frac{b_s \Delta S}{c}$$
$$\Delta P_B = P = \frac{b_s \Delta S \Delta T}{c} \Rightarrow \quad F_B = \frac{b_s \Delta S}{c}$$

بنابراین برایند گشتاور نیروها برابر خواهد بود با:

$$(F_A - F_B)\Delta x = \frac{b_s \Delta S}{c}\Delta x = \frac{۱۳۷۰\times(۰.۶\times۰.۸)}{۳\times۱۰^۸}(۰.۷۲۵) = +۱.۵۹ \times ۱۰^{-۶} N.m$$

۲- IRYSC.COM **گزینه ج پاسخ صحیح است.**

با توجه به آنچه سوال گفته، می‌توان به طور تقریبی با تناسب، بعد جسم مورد نظر را پیدا کرد:

۲۴h	۷۸۴۰جرم
xh	جرم ۴۸۲۶

و بدین روش مقدار بعد ۱۴.۷۷ ساعت برای جرم تخمین زده می‌شود که نزدیکترین گزینه به آن گزینه ج است.

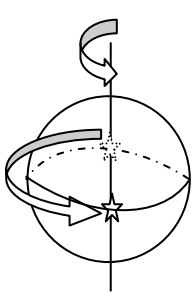
۳- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

چون صحبت از چگالی جرمی به میان آمده واحد نهایی باید جرم بر متر مکعب باشد. این اتفاق تنها در مورد گزینه ه روی می‌دهد.(برای راحتی کار توصیه می‌شود ابتدا واحد ثوابت مذکور را بدست آورده و سپس با عدد گذاری سعی کنید به واحد نهایی جرم بر متر مکعب دست پیدا کنید.

۴- IRYSC.COM **گزینه ج پاسخ صحیح است.**

می‌دانیم: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o} = \frac{V}{C}$ در نتیجه سرعت جابجایی برابر خواهد بود با: $۴۱۱۵\frac{m}{s}$ $\Rightarrow$ $V = ۳ \times ۱۰^۸ \frac{m}{s} \times \frac{۹\times۱۰^{-۱۲} m}{۶.۵\times۱۰^{-۷} m}$

طبق صورت سوال، محور تناوب ستاره بر دیواره کره آسمان قرار گرفته پس زاویه انحراف مدار آن ۹۰ درجه است. می‌توانیم چنین بنویسیم:



۱s	۴۱۱۵m
Xs	π۲R

و دوره تناوب، برابر ۳۴۰۲۱۸ثانیه یا ۲۵ روز بدست می‌آید.

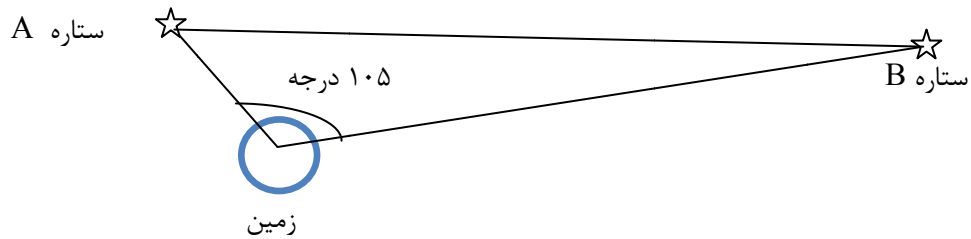
۵- IRYSC.COM **گزینه ب پاسخ صحیح است.**

ابتدا از روی قدر ظاهری و قدر مطلق، فاصله هر ستاره از خودمان را بدست می‌آوریم:

$$m - M = ۵logd - ۵ \Rightarrow \quad S_A: -۰.۵ - ۴.۵ = ۵lod - ۵ \Rightarrow d_A = ۱pc$$
$$m - M = ۵logd - ۵ \Rightarrow \quad S_B: ۱.۵ - ۱.۵ = ۵lod - ۵ \Rightarrow d_B = ۱۰pc$$

از طرفی طبق رابطه کسینوسها می‌توانیم فاصله زاویه‌ای دو ستاره را چنین بنویسیم:

$$\cos x = \cos(۹۰ - \delta)\, cos(۹۰ - \delta) + \sin(۹۰ - \delta)\, \sin(۹۰ - \delta)\, cos\Delta\alpha$$
$$\cos x = \cos ۶۰ \cdot cos۴۵ + \sin ۶۰ \cdot \sin ۴۵\, cos۱۸۲ \qquad => \quad x = ۱۰۵$$



بنابراین می‌توانیم فاصله دو ستاره را از رابطه کسینوسها در مثلث مسطحه بیابیم:

$$a^۲ = b^۲ + c^۲ - ۲bc\, cos\theta \qquad => \quad a^۲ = ۱ + ۱۰۰ - ۲ \times ۱ \times ۱۰ \times \cos ۱۰۵ \qquad => \quad a = ۱۰.۳\, pc$$

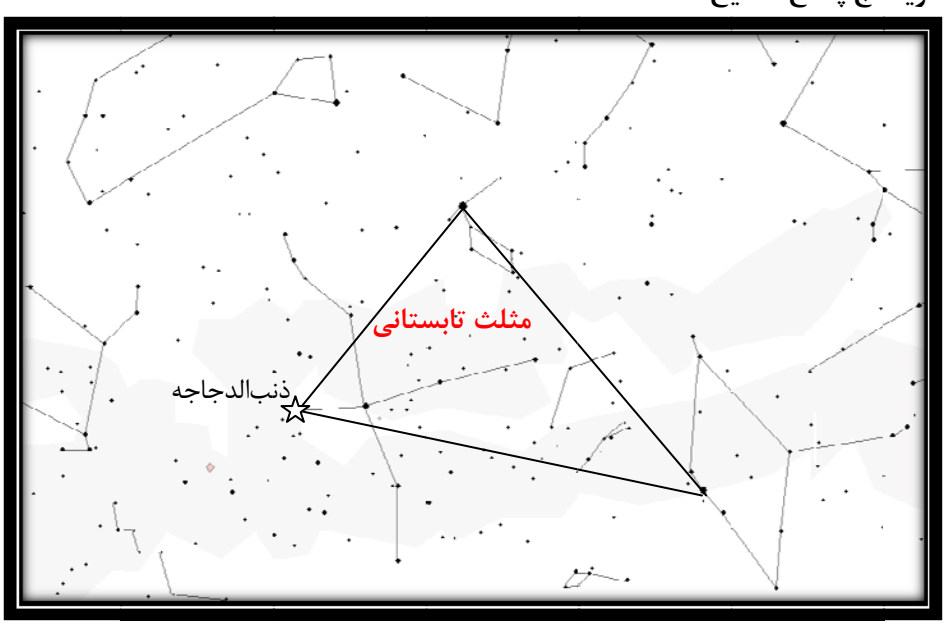
اگر فاصله دو ستاره ۱۰.۳ پارسک باشد، با دانستن قدرمطلق، می‌توانیم قدر ظاهری ستاره را بیابیم:

$$m - ۱.۵ = ۵log۱۰.۳ - ۵ \qquad => \quad m = ۱.۵ \sim ۱.۴۳$$

۶- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

می‌دانیم میل کمربند جبار تقریبا صفر و طول تقریبی آن ۳ درجه است. ($\frac{FOV}{m}$ = میدان دید تلسکوپ) بنابراین، بزرگنمایی تلسکوپ باید ۱۵ باشد و از آنجا که بزرگنمایی تلسکوپ نسبت کانونی تلسکوپ به چشمیست، خواهیم داشت: $m = ۳ = \frac{F_T}{F_e} = \frac{۶۰۰mm}{x}$ و از اینجا فاصله کانونی چشمی ۴۰ میلیمتر خواهد شد.

۷- IRYSC.COM **گزینه ج پاسخ صحیح است.**



۸- IRYSC.COM **گزینه ب پاسخ صحیح است.**

می‌دانیم میزان افق منفی برحسب درجه از رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$cos\theta = \frac{r}{r+h}, \theta = ۳, r = ۶۴۰۰km \quad => \quad h = ۸.۹km \sim ۹۰۰۰m$$

۹- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

از آنجا که طبق فرض سوال ستاره ها در هر دو مثلث همگن توضیع شده‌اند باید از نسبت مساحت‌های دو مثلث استفاده کنیم:

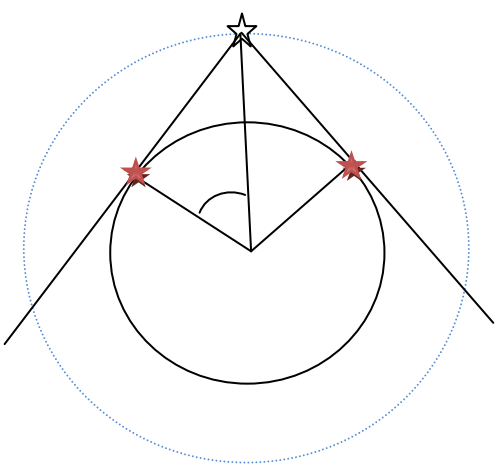
مساحت مثلث کروی از این رابطه بدست می‌آید:

$$S = (A + B + C - \pi)r^{۲}$$

بنابر این باید چنین بنویسیم: $r_۱ = r_۲$ بنابراین نسبت مساحت مثلث تابستانی به زمستانی خواهد شد: $\frac{S_۱}{S_۲} = \frac{(A_۱+B_۱+C_۱-\pi)r_۱^۲}{(A_۲+B_۲+C_۲-\pi)r_۲^۲}$

$$\frac{S_۱}{S_۲} = \frac{۳.۲۷-۳.۱۴}{۳.۲۳-۳.۱۴} = ۱.۴۴$$

۱۰- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**



جای شهرهای گیرنده و فرستنده با ستاره قرمز و جای منطقه بازتاب‌دهنده

با ستاره سفید مشخص شده: $\theta = cos^{-۱}(\frac{R}{R+h}), h=۱۱۰km$ بنابراین

فاصله دو شهر بر حسب درجه ۲θ خواهد شد.(۲۱.۰۹درجه)

برای تبدیل این مقدار به کیلومتر از تناسب استفاده می‌کنیم:

$۲\pi r$	۳۶۰
چند کیلومتر	۲۱.۰۹

بنابراین خواهیم داشت: $x = \frac{۲۱.۰۹\times۲\times\pi\times r}{۳۶۰}, r=۶۴۰۰\ km$ درنتیجه فاصله دو شهر ۲۳۵۴ کیلومتر بدست خواهدآمد.

۱۱- IRYSC.COM **گزینه ب پاسخ صحیح است.**

از آنجا که لایه های مختلف هوا موازی افق قرار دارند، اثر شکست هم، موازی با افق به بیشینه خود می‌رسد.

۱۲- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

طبق قانون گازهای ایده‌آل داریم: $PV = (\frac{۲}{۳}N)(\frac{۱}{۲}mv^{۲})$ و طبق صورت سوال داریم: $v = ۱۰^{۵}\frac{m}{s}, m = ۳ \times ۱۰^{-۴۴}g$, $\rho = \frac{N}{V}$

پس می‌توان قانون گازها را چنین نوشت: $P = \frac{۱}{۳}\frac{N}{V}mv^{۲}$

$$P = \frac{۱}{۳}\left(\frac{۰.۰۰۲۹}{(۳.۰۹\times۱۰^{۱۶}\times۱۰^{۶})^{۳}}\right)(۳ \times ۱۰^{-۴۴})(۱۰^{۵})^{۲} = ۹.۸۲ \times ۱۰^{-۱۷}\frac{gr}{m\times s^{۲}} = ۹.۸۲ \times ۱۰^{-۲۰}\frac{Kgr}{m\times s^{۲}} = ۹.۸۲ \times ۱۰^{-۲۰}Pa$$

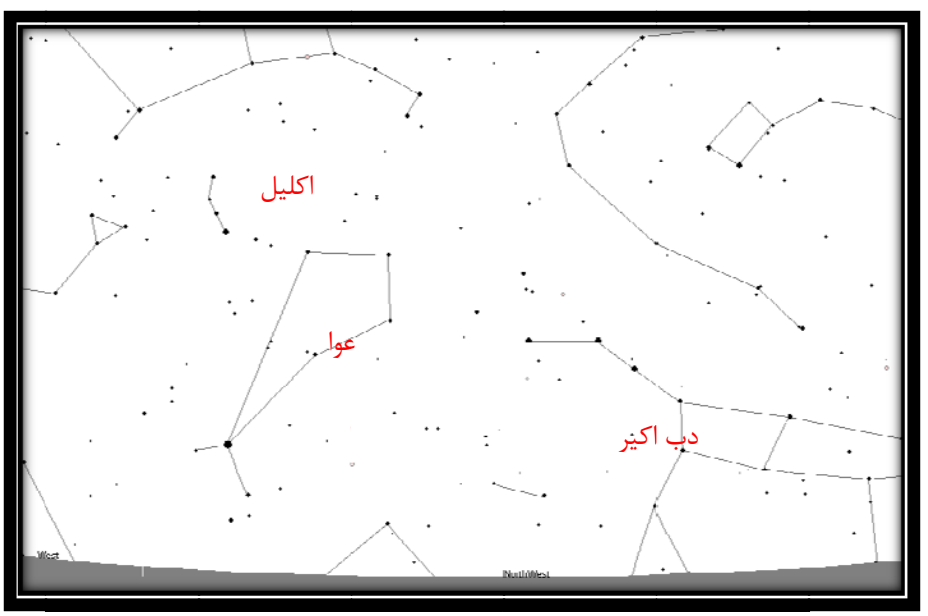
۱۳- IRYSC.COM **حذف (نقص سوال)**

۱۴- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

می‌دانیم میل خورشید در نقطه اعتدال بهاری برابر ۰ بوده، به تدریج تا انقلاب تابستانی افزایش می‌یابد تا به ۲۳.۵ درجه برسد. از لحظه انقلاب تابستانی تا انقلاب زمستانی به تدریج میل کاهس می‌یابد تا به ۲۳.۵ درجه جنوبی برسد و مجددا از ۱ دی(انقلاب زمستانی) تا اعتدال بهاری، به تدریج میل افزایش می‌یابد. که تمامی این شرایط تنها در گزینه الف رعایت شده است.

۱۵- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

۱۶- IRYSC.COM **گزینه ج پاسخ صحیح است.**



عرض دایره‌البروجی تقریبی سماک اعزل و قلب‌الاسد صفر است.

۱۷- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

۱۸- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

از روی نمودار می‌توان گفت قدر مطلق دو ستاره تقریبا با هم برابر است. بنابراین قدر ظاهری ستاره دورتر، باید کمتر از ستاره نزدیک ما باشد. پس می‌توان به سادگی فهمید که ستاره الطیر باید با قدر ظاهری بیشتری دیده شود (پرنورتر). در میان گزینه ها تنها گزینه الف به قدری پرنور تر از ۱.۲ اشاره دارد.

۱۹- IRYSC.COM **گزینه ب پاسخ صحیح است.**

از آنجا که کف دره‌های موجود در نمودار در هیچ جا مسطح نیست، می‌توان نتیجه گرفت که در مدت گذر دو ستاره از جلوی دیگری، هیچگاه به طور کامل جلوی نور ستاره قبلی سد نشده است که این به معنی برابری تقریبی شعاع دو ستاره است. در چنین حالاتی کف هر دره نمودار به معنی مشاهده درخشندگی فقط یکی از دو ستاره است. (از این پس ستاره ۲ را ستاره خورشیدگون و ستاره دیگر را با نماد ۱ نمایش می‌دهیم:

$$\frac{L_1}{L_2}=\frac{4\pi r_1^2\sigma T_1^4}{4\pi r_2^2\sigma T_2^4}\quad,\quad \frac{L_1}{L_2}=\frac{0.85}{0.25}\Rightarrow 3.4=\frac{T_1^4}{T_2^4}\Rightarrow T_1=1.35T_2\,,T_2=5790\,\mathrm{K}\Rightarrow T_1=7800\,\mathrm{K}$$

۲۰- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

۲۱- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

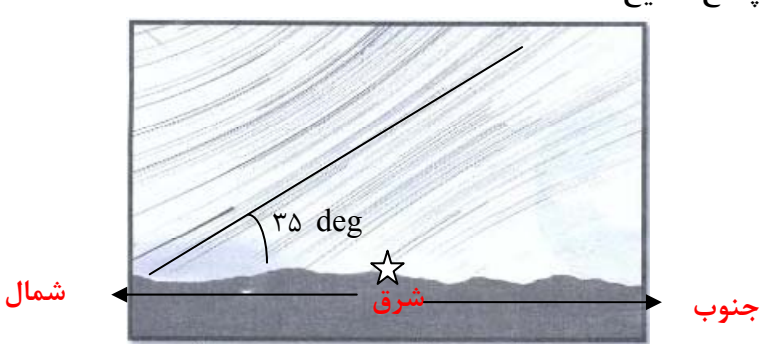
تمامی نسبتهای نوشته شده در جلوی واحد ۰درجه از مرتبه یک شصتم عبارت قبلی خود هستند. مثلا عبارت رت چنین می‌خوانیم صفر درجه و ۵۹ دقیق و ۰۸ ثانیه و ....

برای تبدیل عبارت یاد شده به درجه چنین می‌نویسیم:

$$0+\cfrac{59+\cfrac{8+\cfrac{20+\cfrac{33+\cfrac{53+\cfrac{4+\cfrac{29+\frac{40}{60}}{60}}{60}}{60}}{60}}{60}}{60}}{60}=0.985652\ \text{درجه}$$

بنابراین طبق زیج سنجری خورشید کمانی برابر مقدار فوق را در آسمان طی می‌کند. از تقسیم دایره طی شده توسط خورشید طی یکسال(۳۶۰درجه)، تعداد روزهای سال بدست می‌آید. که برابر است با ۳۶۵.۲۴۰۴۷یعنی ۳۶۵ روز و ۵ ساعت و ۵۰ دقیقه

۲۲- IRYSC.COM **گزینه و پاسخ صحیح است.**



می‌دانیم زاویه اندازه‌گیری شده در شکل فوق همان زاویه استوای سماوی با افق و برابر $90-\varphi$ است. بنابراین عرض جغرافیایی ۵۵ درجه خواهد شد. برای مشخص شدن شمالی یا جنوبی بودن این مقدار، باید به گفته مسئله که اشاره به عکاسی از افق شرقی دارد اشاره کرد. در نیمکره شمالی اگر به سمت شرق بنگریم انحنای ستاره ها به سمت شمال زیاد خواهد و برای نیمکره جنوبی، به سمت جنوب انحنا زیاد خواهد شد.

۲۳- IRYSC.COM **گزینه ه پاسخ صحیح است.**

بردار سرعت باید مماس بر مسیر حرکت باشد.

۲۴- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

برای حل این سوال باید از قوانین احتمال استفاده کرد، احتمال حضور ذره در هر یک از دو نیمه $\frac{۱}{۲}$ است. پس احتمال خالی شدن یکطرف ظرف $\frac{۱}{۲^{۹۹}}$ ذره است که برای دو طرف A,B صادق است پس احتمال به$\frac{۱}{۲^{۹۸}}$ کاهش پیدا خواهد کرد برای تبدیل این نسبت به ثانیه از این چنین عمل می‌کنیم. $\frac{۳۶۵\times۲۴\times۶۰\times۶۰}{۲^{۹۸}}$ که این مقدار برابر ۹.۹۵×۱۰^{-۲۳}ثانیه خواهد شد.

۲۵- IRYSC.COM **گزینه ب پاسخ صحیح است.**

برای دنباله دار ۱ داریم: $E = K + U = ۰ \Rightarrow U = -\frac{۱}{۲}(۴ \times ۱۰^{۴})^{۲}$

برای دنباله‌دار ۲ داریم: $E = K + U \Rightarrow E = +\frac{۱}{۲}(۵ \times ۱۰^{۴})^{۲} - \frac{۱}{۲}(۴ \times ۱۰^{۴})^{۲} = ۴.۵ \times ۱۰^{۸}$

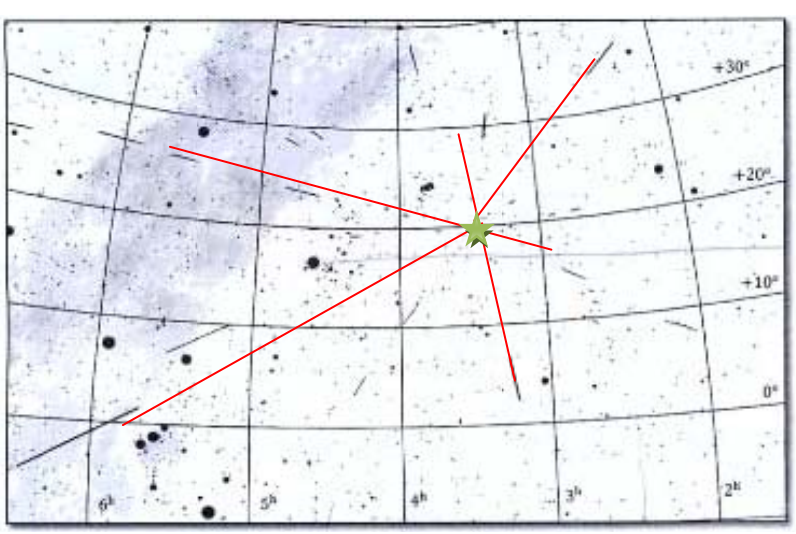
$$K = \frac{۱}{۲}v^{۲} = ۴.۵ \times ۱۰^{۸} \Rightarrow v = ۳۰.\frac{km}{s}$$

۲۶- IRYSC.COM **گزینه ب پاسخ صحیح است.**

$$a \propto t^{\frac{۲}{۳}} \Rightarrow r \propto t^{\frac{۲}{۳}} \Rightarrow r^{۳} \propto t^{۲} \Rightarrow \frac{۴}{۳}\pi r^{۳} \propto t^{۲} \Rightarrow V \propto t^{۲} \Rightarrow \frac{۱}{V} \propto \frac{۱}{t^{۲}} \Rightarrow \frac{m}{V} \propto \frac{۱}{t^{۲}} \Rightarrow \rho \propto \frac{۱}{t^{۲}}$$

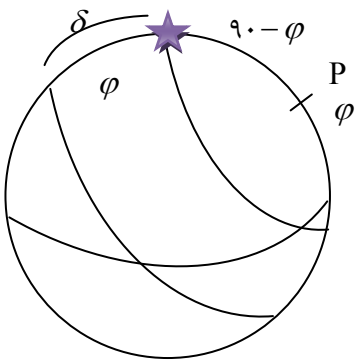
۲۷- IRYSC.COM **گزینه هـ پاسخ صحیح است.**

کافیست انتهای شهابها را امتداد دهیم تا به کانون بارش برسیم: اگر چنین کنیم به نقطه‌ای با بعد ۳h ۳۰m و میل ۲۰ درجه دست پیدا خواهیم کرد.



۲۸- IRYSC.COM **گزینه ج پاسخ صحیح است.**

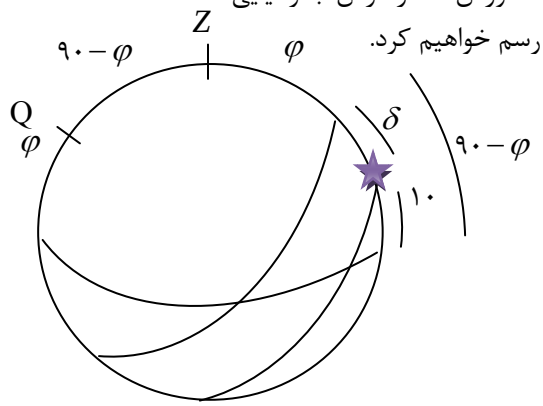
اگر قرار باشد خورشید از سمت‌الراس شهری بگذرد، باید میل آن با عرض جغرافیایی شهر برابر باشد.



در نتیجه: $\delta = ۲۱^{o}۲۷'\mathrm{N}$ خواهد بود.

از طرفی اگر قرار باشد خورشید برای شهر دیگر هم در همین لحظه دارای سمت ۰ باشد، باید برای هر دو شهر در لحظه عبور قرار گرفته باشد. در نتیجه اختلاف طول جغرافیایی دو شهر برابر هم یا ۱۸۰ خواهد بود.

اگر اختلاف بعد صفر باشد، برای بدست آوردن مقدار عرض جغرافیایی، کره آسمان را برای مکان دوم، مجددا رسم خواهیم کرد.



بنابراین عرض جغرافیایی شهر۵۸ درجه جنوبی خواهد بود که در گزینه ها موجود نیست.

حالت ۲:

$$a = \varphi - (۹۰ - \delta) \quad => \quad \varphi = ۷۸\deg ۳۱\min$$

طول جغرافیایی شهر دوم : ۱۸۰-۳۹ بنابراین: درجه $\lambda_{max} = -۱۴۰$

۲۹- IRYSC.COM **گزینه ج پاسخ صحیح است.**

۳۰- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

می‌دانیم رابطه درخشندگی $L = ۴\pi r^{۲}\sigma T^{۴}$ پس می‌توان نوشت: $r = \sqrt{\frac{L}{۴\pi T^{۴}}}$. طبق این رابطه اگر بخواهیم r ثابت باشد باید L و T به طور مشابه تغییر کنند یعنی یا هر دو افزایش یابند یا هر دو کم شوند. که این موضوع تنها در خط $d_{۴}$ دیده می‌شود.

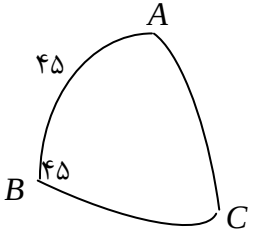
۳۱- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

شعاع استوانه کوچک را r فرض می‌کنیم. در نتیجه طبق شکل خواهیم داشت: $R_{۲} = R_{۱} + ۲r$

و از آنجا که اگر غلتک ۴ دور به دور خودش بچرخد، یکدور به دور مرکز می‌چرخد نتیجه خواهد شد که: $۴(۲\pi r) = ۲\pi(R_{۱} + r)$

از حل معادله بالا، $R_{۱} = ۳r$ و $R_{۲} = ۵r$ و نسبت شعاعهای دو استوانه، برابر گزینه $\frac{۵}{۳}$ خواهد بود.

۳۲- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**



اگر تتا برابر ۴۵ درجه باشد، از طریق رابطه سینوسها زاویه C نیز ۴۵ درجه خواهد شد. حال اگر قضیه کسینوسها را برای ضلع BC بنویسیم، خواهیم داشت: $cosBC = \frac{۱}{۲} + \frac{۱}{۲}cosA$ بدیهیست که در این رابطه به ازای مقادیر مختلف A طول کمان BCتغییر خواهد کرد پس گزینه های شامل ۴۵ درجه یعنی ب و ج و د حذف خواهند شد. برای انتخاب پاسخ صحیح به بررسی زاویه $\frac{\pi}{۶}$ خواهیم پرداخت.

مجددا از رابطه سینوسها مقدار زاویه C را استخراج می‌کنیم که برابر ۰ خواهد شد و کمان ۳۰ درجه را از پاسخهای صحیح حذف خواهد کرد.

۳۳- IRYSC.COM **گزینه ج پاسخ صحیح است.**

همانطور که از نمودار قابل استخراج است، هر دو ستاره در مقدار sec Z برابر ۰، شدت روشنایی‌های برابر خواهند داشت؛ از طرفی می‌دانیم:

$$m = m_{۰} + K \sec Z$$

که در آن $m_{۰}$ قدر ظاهری ستاره در حالت اولیه و K ضریب خاموشی جو و Z فاصله سمت‌الراسی ستاره است.

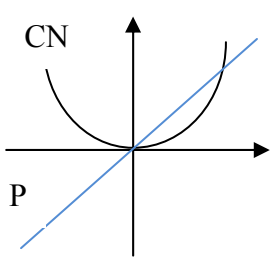
از آنجا که در مقدار $\sec Z = ۰$ شدت روشنایی دوستاره برابر هم اندازه‌گیری شده است و شدت روشنایی‌های برابر، قدرهای ظاهری برابر را نتیجه می‌دهد، قدر ظاهری دو ستاره برابر خواهد بود که این موضوع به معنی صرف نظر از جو (اثر خاموشی جو) است.

۳۴- IRYSC.COM **گزینه ج پاسخ صحیح است.**

به دو روش می‌توان به این سوال پاسخ داد ۱-تحلیل معادله به صورت خام (که به دلیل پیچیده کردن بی‌دلیل ماجرا نه توصیه می‌شود و نه در اینجا به توضیح آن پرداخته خواهد شد. ۲- جاگذاری اعداد (مثال زدن) به طوریکه شرایز معادله را کسب نماید:

$\alpha > \beta \rightarrow$ مثال $\alpha = ۲, \beta = ۱$

$m > n \rightarrow$ مثال $m = ۲, n = ۱$



در نتیجه روابط به شکل مقابل در می‌آیند:

برای چرخه PP : $۲T$ و برای چرخه CNO : $T^{۲}$ از مقایسه نمودار این دو تابع پی خواهیم برد که ابتدا آهنگ تولید انرژی در چرخه PP غالب است و سپس با افزایش دما آهنگ تولید انرژی در چرخه CNO کاهش می‌یابد.

۳۵- IRYSC.COM **گزینه ه پاسخ صحیح است.**

$E = K + U$ درمورد سهمی انرژی مدار صفر است، بنابراین داریم:

$$K = -U \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv^{۲} = \frac{GmM}{r} \Rightarrow M = \frac{v^{۲}r}{۲G}$$

از طرفی می‌دانیم: $a = \frac{v^{۲}}{r}$ از جاگزاری این مقدار در رابطه بالا خواهیم داشت: $M = \frac{V^{۴}}{۲aG}$ حال فقط باید سرعت و شتاب را با دقت قابل قبولی وارد فرمول نماییم که در نهایت به عدد ۷×۱۰^{۲۳} کیلوگرم خواهیم رسید.

۳۶- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

توضیحات ارائه شده در هر گزینه، به ترتیب معادله استاندارد دایره، بیضی افقی و بیضی عمودی را نشان می‌دهد. (با عدد گذاری هم می‌شود به صورت شهودی همه‌ی گزینه‌ها را اثبات نمود.)

۳۷- IRYSC.COM **گزینه د پاسخ صحیح است.**

الف) از آنجا که مساحتهای هاشور خورده برابرند، مساحت زیرنمودار هر دو جسم برابر است و این به معنی برابر بودن شار تابشی هر دو جسم است.

ب، ج، د)دمای موثر از رابطه $T = \frac{۰.۰۰۲۹}{\lambda_{max}}$ بدست می‌آید، چون طول موج قله ها با هم برابر نیست دمای دو جسم نیز متفاوت است.

می‌دانیم $\lambda_{max} = \frac{۰.۰۰۲۹}{T}$ و چون $\lambda_{۲\,max} > \lambda_{۱\,max}$ در نتیجه $T_{۱\,max} > T_{۲\,max}$

ه)فرکانس با معکوس طول موج در ارتباط است پس این گزینه هم پاسخ صحیح نیست.

۳۸- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

$$L = nL_s = ۱۰^{۱۱} \times ۱۰^{۱۱} \times ۴ \times ۱۰^{۲۶} = ۴ \times ۱۰^{۴۸} w$$

$$L = mc^۲ \Rightarrow \quad m = ۴.۴ \times ۱۰^{۳۴} gr = ۴.۴ \times ۱۰^{۳۱} Kgr$$

در هر واکنش همجوشی به ازای هر اتم هلیوم تولیدی، ۱ درصد آن به انرژی تبدیل می‌شود: $M = ۱۰۰\Delta m = ۴.۴ \times ۱۰^{۳۳}$

۳۹- IRYSC.COM **گزینه الف پاسخ صحیح است.**

بعد از جایگذاری در روابط شتاب و ساده سازی خواهیم داشت: $\frac{۱}{۲}mv^۲ = mgh + \frac{۱}{۲}m\acute{v}^۲ \Rightarrow \acute{v} = ۸$

$$\frac{v}{\acute{v}} = (\frac{۲}{۴})^۲ \Rightarrow r = \sqrt{۵}$$

«مسئله های کوتاه»

مسئله کوتاه ۱) IRYSC.COM با جایگزینی اعداد داده شده فرمول به این شکل ساده می‌شود:

$$ZHR = \frac{۱۳\times r^{۶.۵-۶.۵}}{\frac{۱۱}{۶۰}\times(۱-۰)\times sina} = \frac{۷۱}{sina}$$

که در آن a ارتفاع کانون بارش است. حال کافیست با استفاده از زمان نجومی، ارتفاع کانون را محاسبه نماییم:

$$\cos(۹۰-a) = \cos(۹۰-\varphi)\cos(۹۰-\delta) + \sin(۹۰-\varphi)\sin(۹۰-\delta)\,cosH$$

در نتیجه مقدار ارتفاع برابر ۶۹ درجه خواهد شد که از جاگزاری مقدار آن در رابطه اولیه، ZHR برابر ۷۶.۰۵ بدست خواهد آمد.

مسئله کوتاه ۲) IRYSC.COM ۱۸۰دور در دقیقه معادل$\frac{۱}{۳}$ دور در ثانیه است.

از طرف داریم: $tan۲.۲۵ = \frac{a}{d} = \frac{a}{۱۰۰\ km} \Rightarrow \quad a = ۳.۹km$

و سرعت برابر است با جابجایی تقسی بر زمان و پاسخ صحیح $۱۱.۷۸\ \frac{km}{s}$ خواهد بود. $\frac{۳.۹km}{\frac{۱}{۳}s}$

مسئله کوتاه ۳) IRYSC.COM با داشتن چگالی و شعاع هر سیارک که کروی است ابتدا جرم هریک بدست می‌آوریم:

$$\left.\begin{aligned} m_۱ = \rho V_۱ = ۶.۲ \times \tfrac{۴}{۳}\pi r_۱^{۳} \approx ۱۰^{۲۰} kg \\ m_۲ = \rho V_۲ = ۶.۲ \times \tfrac{۴}{۳}\pi r_۲^{۳} \approx ۸.۸ \times ۱۰^{۱۶} kg \end{aligned}\right\} \rightarrow P^۲ = \frac{۴\pi}{G(m_۱+m_۲)}a^۳ \Rightarrow a = \sqrt[۳]{\frac{P^۲G(m_۱+m_۲)}{۴\pi}}$$

با جای‌گذاری T مقدار a برابر ۵۴ کیلومتر بدست می‌آید و آن را دو برابر می‌کنیم تا $۲a$ یعنی فاصله دو سیارک برابر ۱۰۸ کیلومتر معادل نماد علمی ۱.۰۸×۱۰^{۲} حاصل شود.

مسئله کوتاه ۴) IRYSC.COM $\frac{۱}{۲}mv^۲ + ۰ = \frac{۱}{۲}mv^۲ - \frac{GmM}{r} \quad \Rightarrow v = ۱۴.۸\ \frac{km}{s}$

تکانه زاویه‌ای شهابسنگ ثابت می‌ماند پس می‌توانیم بنویسیم:

$$m_۱v_۱r_۱sin\theta_۱ = m_۲v_۲r_۲sin\theta_۲ \quad \Rightarrow \quad sin\theta_۲ = \frac{۹\times۱۰^{۶}\times۱۰\times۱۰^{۳}}{۱۴۸۰۰\times۶.۷\times۱۰^{۶}} = ۰.۹ \Rightarrow \quad \theta_۲ = ۶۵ \text{ درجه}$$

این زاویه فاصله سمت‌الراسی شهابسنگ است، بنابراین برای بدست آوردن ارتفاع آن ار افق باید متمم این مقدار را بدست آوریم، که برابر است با ۲۵ درجه.

مسئله کوتاه ۵) IRYSC.COM می‌دانیم دمای جسم سیاه با طول موج آن از رابطه زیر پیروی می‌کنند. $T = \frac{۰.۰۰۲۹}{\lambda_{max}}$ از جاگذاری طول موج بیشینه تابش پس زمینه کیهانی، دمای آن۲.۷ درجه کلوین براورد می‌شود. حال باید این دما را در رابطه تابش هاوکینگ اعمال نمود.

$$M = \frac{hc^۳}{۱۶k\pi^۲GT} = \frac{۶.۶۳\times۱۰^{-۳۴}\times(۳\times۱۰^{۸})^۳}{۱۶\times۱.۳۸\times۱۰^{-۲۳}\times۳.۱۴^۲\times۶.۶۷\times۱۰^{-۱۱}\times۲.۷} = ۲.۵ \times ۱۰^{۲۲}$$

مسئله کوتاه ۶) IRYSC.COM سن جهان ۱۳.۷ میلیارد سال است ، پس دورترین اجرام قابل مشاهده عالم ۱۳.۷ میلیارد سال از ما فاصله دارند. که این مقدار برابر است با: $r = ۱۳.۷ \times ۱۰^{۹} \times ۳ \times ۱۰^{۸} \times ۶۰ \times ۶۰ \times ۲۴ \times ۳۶۵ = ۱.۲ \times ۱۰^{۲۶}\text{m}$

$$V = \frac{۴}{۳}\pi r^{۳} = ۹.۱ \times ۱۰^{۷۸}$$

حال از تناسب استفاده می‌کنیم:

$$\begin{matrix} ۰.۲۶ \times ۱۰^{۶} ev & ۱m^{۳} \\ xev & ۷.۲ \times ۱۰^{۷۸} m^{۳} \end{matrix}$$

$$=> \quad x = ۱.۸ \times ۱۰^{۸۴} ev \times ۱.۶ \times ۱۰^{-۱۹} \ , \ E = mC^{۲} \quad => \quad ۲.۸ \times ۱۰^{۶۵} = m \times (۳ \times ۱۰^{۸})^{۲} \ => \ m = ۹.۶ \times ۱۰^{۴۸} \sim ۱۰^{۴۹} gr = ۱۰^{۴۶} Kgr$$

پاسخ و مرتبه وارد شده در پاسخنامه، ۴۶ است.

مسئله کوتاه ۷) IRYSC.COM

$$\frac{۳۶۰}{T_{۱}} = \frac{۳۶۰-۲۰}{T_{۲}} => \quad T_{۲} = \frac{۱۷}{۱۸} T_{۱}$$

از طرفی طبق قانون سوم کپلر می‌نویسیم: $\left(\frac{a_{۱}}{a_{۲}}\right)^{۳} = \left(\frac{P_{۱}}{P_{۲}}\right)^{۲}$

$$a_{۲} = ۰.۹۶ a_{۱} => \quad h_{max} + h_{min} + ۲R_{e} = ۲a \quad => ۷۷.۹\ km$$

مسئله کوتاه ۸) IRYSC.COM ابتدا فاصله دو شهر را برحسب درجه بدست می‌آوریم:

$$\cos x = cos۵۷ \cos ۵۵ + sin۵۷ sin۵۵ \cos ۱۰ \quad => \quad x = ۸.۵ \text{درجه}$$

حال این مقدار را به کیلومتر تبدیل می‌کنیم: $x_{km} = \frac{۲\pi r \times ۸.۵}{۳۶۰} = ۹۴۹\ \text{km}$

۹۴۹کیلومتر ۱۶۵ فرسنگ

X کیلومتر ۱۰ فرسنگ

X=۵۷.۵ کیلومتر، پاسخ مسئله است.