



سوالات و پاسخ

مرحله اول

هشتمین المپیاد

نجوم و اختر فیزیک

ویرایش و پاسخ (به ترتیب حروف الفبا): محمد حسین الماسی، یاشار بهمند، کامبیز خالقی، فرنیک نیک اختر

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 ۳۵ سؤال چهار گزینه ای و وقت آن ۱۸۰ دقیقه 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 بیانازد.
- 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.

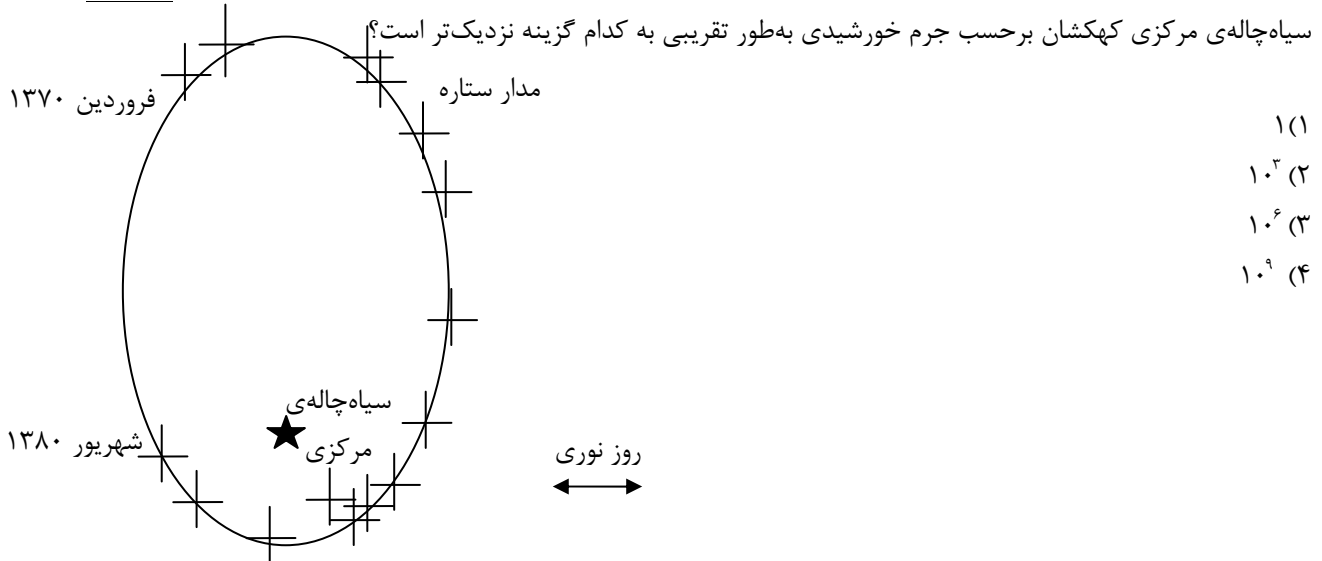
تکثیر این سوالات تنها بدون دریافت وجه و فقط برای افزایش سطح علمی دانش آموزان بلا مانع است.

ثابت های فیزیکی و نجومی

$6/67 \times 10^{-11} m^2 kg^{-1} s^{-1}$	ثابت جهانی گرانش	G
$5/67 \times 10^8 W m^2 K^{-2}$	ثابت استفان بولتزمن	kg
$6/63 \times 10^{-32} Js$	ثابت پلانک	h
$3 \times 10^8 ms^{-1}$	سرعت نور	c
$365/24 days$	سال نجومی	
$365/24 days$	سال اعتدالی	
$3/09 \times 10^{16} m$	پارسک	pc
$1/50 \times 10^{11} m$	واحد نجومی	Au
$9/46 \times 10^{15} m$	سال نوری	Ly
$6/96 \times 10^8 m$	شعاع خورشید	R_{\odot}
$6/38 \times 10^6 m$	شعاع زمین	R_{\oplus}
$7/15 \times 10^7 m$	شعاع مشتری در استوا	
$1/74 \times 10^6 m$	شعاع ماه	
$3/84 \times 10^8 m$	شعاع مداری ماه	
$1/99 \times 10^{20} kg$	جرم خورشید	M_{\odot}
$5/97 \times 10^{22} kg$	جرم زمین	M_{\oplus}
$1/90 \times 10^{27} kg$	جرم مشتری	
$5/79 \times 10^6 kg$	دمای خورشید	T_{\odot}
$3/85 \times 10^{26} W$	درخشندگی خورشید	L_{\odot}
$1/37 \times 10^2 W m^{-2}$	ثابت خورشیدی	
$2/54 cm$	اینچ	in
$-36/8$	قدر ظاهری خورشید	m_{\odot}
$13/7$	قدر ظاهری ماه بدر	
$10^{10} years$	عمر خورشید	
$70 K s^{-1} Mpc^{-1}$	ثابت هابل	H_0
$1/60 \times 10^{-19} J$	الکترون ولت	eV

(1) IRYSC.COM با توجه به اطلاعات موجود در شکل به سوال زیر پاسخ دهید.

مدار ستاره‌ای در نزدیکی مرکز یک کهکشان به صورت شکل زیر است. مقیاس طول مشخص شده در شکل برابر با یک روز نوری است. جرم



(2) IRYSC.COM یک خوشه‌ی ستاره‌ای حاوی ۲۰۰ ستاره داغ از نوع F5 در رشته اصلی با قدر مطلق $M_v = +3/3$ و ۲۰ ستاره

غول قرمز از نوع KOIII، با قدر مطلق $M_v = +0/7$ است. مقدار قدر مطلق این خوشه کدام است؟

- ۱ (1) $-3/25$ ۲ (2) $-4/56$ ۳ (3) $-2/56$ ۴ (4) $-1/72$

(3) IRYSC.COM می‌دانیم که شدت نور ستاره در ناحیه‌ی مری به مقدار e^{-k_r} در اثر جذب غبار و مواد میان ستاره‌ای تاریک‌تر می‌شود.

قدر ظاهری آن‌ها در ناحیه‌ی مری چه مقدار تغییر می‌کند؟

- ۱ (1) $-1/1 k_r$ ۲ (2) $-2/5 k_r$ ۳ (3) $1/1 k_r$ ۴ (4) $2/5 k_r$

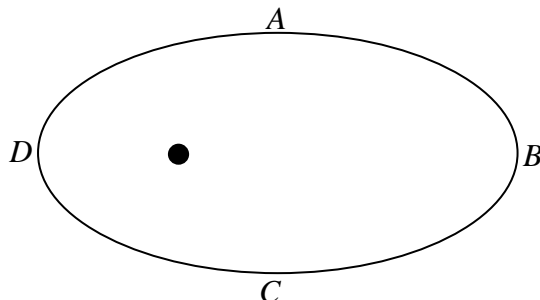
(4) IRYSC.COM سیاره‌ای در مداری بیضی شکل با خروج از مرکز $e = 0/1$ به دور ستاره‌ای می‌چرخد. نسبت دمای روزانه بیشینه به دمای

کینه‌ی سیاره، ناشی از حرکت مداری آن کدام است؟

- ۱ (1) $\frac{3}{2}$ ۲ (2) $\sqrt{\frac{3}{2}}$ ۳ (3) $\frac{11}{9}$ ۴ (4) $\sqrt{\frac{11}{9}}$

(5) IRYSC.COM یکی از سیارات منظومه شمسی با خروج از مرکز $\frac{\pi}{3}$ در مدارش به دور خورشید می‌چرخد. نسبت مدت زمان طی مسیر

ABC به مدت زمان طی مسیر CDA چقدر است؟



- ۱ (1) $\frac{31}{29}$
۲ (2) ۱
۳ (3) $\frac{8}{7}$
۴ (4) $\frac{29}{31}$

(۶) **IRYSC.COM** یک مکعب به ضلع یک سانتی‌متر از جنس ذغال داریم. آن را آنقدر گرم می‌کنیم تا بیشینه‌ی طول موج موثر آن ۲۰۰۰ نانومتر شود. مقدار توان نابش شده از این تکه ذغال چقدر است؟

- (۱) اطلاعات مسأله ناقص است. (۲) ۱۵۰ وات (۳) ۱۰۰ وات (۴) ۲۵ وات

(۷) **IRYSC.COM** در مورد ماهواره‌هایی که با آنتن‌های ثابت سیگنالشان دریافت می‌شود کدام گزینه درست است؟

- (۱) در فاصله‌ی ۳۵۷۸۶ کیلومتری از سطح زمین و الزاماً در میل صفر
 (۲) در فاصله‌ی ۳۵۷۸۶ کیلومتری از سطح زمین ولی نه الزاماً در میل صفر
 (۳) در فاصله‌ی ۴۲۱۶۱ کیلومتری از سطح زمین و الزاماً در میل صفر
 (۴) در فاصله‌ی ۴۲۱۶۱ کیلومتری از سطح زمین ولی نه الزاماً در میل صفر

(۸) **IRYSC.COM** در اتم هیدروژن انرژی حالت پایه $E_0 = 13/6$ الکترون ولت است. خط طیفی که ستاره‌ها در گذار از لایه‌ی برانگیخته‌ی

چهارم به لایه‌ی برانگیخته‌ی دوم دارند چه طول موجی دارد و در چه ناحیه طیفی است؟ (انرژی تراز n م برابر است با $E_n = \frac{E_0}{n^2}$)

- (۱) ۱۲۱/۶ nm - فرا بنفش
 (۲) ۴۸۶/۴ nm - مادون قرمز
 (۳) ۷۸۴/۹ nm - مرئی
 (۴) ۱۵۲/۵ nm - فرا بنفش

(۹) **IRYSC.COM** در مورد خطوط میدان مغناطیسی زمین کدام گزینه نادرست است.

- (۱) یکی از عوامل ایجاد پدیده شفق قطبی وجود میدان مغناطیسی زمین است.
 (۲) میدان مغناطیسی زمین در نواحی قطبی ضعیف‌تر از نواحی استوایی است.
 (۳) شمال مغناطیسی تقریباً در جنوب جغرافیایی و جنوب مغناطیسی تقریباً در شمال جغرافیایی قرار دارد.
 (۴) محور مغناطیسی زمین بر محور دورانی آن منطبق نیست.

(۱۰) **IRYSC.COM** به دلیل پدیده‌ی ابیراهی ستاره‌ای ناشی حرکت وضعی زمین (چرخش زمین به دور خود)، انحرافی در محل ظاهری

ستارگان از دید ناظر زمینی ایجاد می‌شود. مقدار بیشینه‌ی این انحراف چقدر است؟

- (۱) ۲۲+ ثانیه‌ی قوسی (۲) ۳۲+ ثانیه‌ی قوسی (۳) ۴۴+ ثانیه‌ی قوسی (۴) ۶۴+ ثانیه‌ی قوسی

(۱۱) **IRYSC.COM** در تهران (عرض جغرافیایی 35°) چه کسری از آسمان را ستاره‌های دور قطبی پوشانده‌اند؟ (ستاره‌های دور قطبی در

طول شب طلوع و غروب ندارند)

- (۱) ۰/۳۵ (۲) ۰/۵۵ (۳) ۰/۱۸ (۴) ۰/۴۳

(۱۲) **IRYSC.COM** شتاب گرانشی کهکشان راه‌شیری در فاصله‌ی ۱۰ کیلو پارسیکی از مرکز آن تقریباً چند برابر شتاب گرانشی خورشید در

محل سیاره‌ی نپتون است؟

- (۱) 10^{-2} (۲) 10^{-4} (۳) 10^{-6} (۴) 10^{-8}

۱۳ **IRYSC.COM** اگر ستاره مانند خورشید، در جهت عمود بر صفحه‌ی کهکشان راه شیری از آن عبور کند، با چه احتمالی ممکن است با ستاره‌ی دیگری از کهکشان برخورد کند؟ منظور از برخورد، عبور ستاره از فاصله‌ای کمتر از یک واحد نجومی از ستاره‌ی دیگر است. توزیع ستاره‌ها در کهکشان را یکنواخت در نظر بگیرید.

$$10^{-2} \text{ (۱)} \quad 10^{-5} \text{ (۲)} \quad 10^{-7} \text{ (۳)} \quad 10^{-9} \text{ (۴)}$$

۱۴ **IRYSC.COM** در سیستم واحدهای فیزیکی SI که طول بر حسب متر، زمان بر حسب ثانیه و جرم بر حسب کیلوگرم است؛ مقدار ثابت گرانش نیوتن عبارت است از $G = 6/67 \times 10^{-11}$. در اجرام نجومی مانند خوشه‌های ستاره‌ای یا کهکشان‌ها مناسب‌تر آن است که از سایر واحدهای اندازه‌گیری استفاده شود. به عنوان مثال در یک خوشه‌ی ستاره‌ای طول بر حسب پارسک، جرم بر حسب جرم خورشیدی و زمان بر حسب میلیون سال بیان می‌شوند. در چنین سیستمی از واحدها، مقدار عددی ثابت G تقریباً برابر کدام گزینه است؟

$$5 \text{ (۱)} \quad 0/5 \text{ (۲)} \quad 0/05 \text{ (۳)} \quad 0/005 \text{ (۴)}$$

۱۵ **IRYSC.COM** توان تولیدی در واحد جرم ستاره‌ای مانند خورشید، تقریباً چند برابر توان تابشی در واحد جرم بدن انسان است؟

$$10^{+2} \text{ (۱)} \quad 10 \text{ (۲)} \quad 10^{-2} \text{ (۳)} \quad 10^{-4} \text{ (۴)}$$

۱۶ **IRYSC.COM** می‌دانیم عالم از تابشی همگن، موسوم به تابش زمینه‌ی کیهان پر شده‌است. دمایی که به این تابش حرارتی نسبت می‌دهند تقریباً $2/7$ درجه کلون است. تعداد فوتون‌های تابش زمینه‌ی کیهان در هر سانتیمتر مکعب از عالم به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

$$4 \times 10^{-2} \text{ (۱)} \quad 4 \text{ (۲)} \quad 4 \times 10^{+2} \text{ (۳)} \quad 4 \times 10^{+4} \text{ (۴)}$$

۱۷ **IRYSC.COM** دنباله‌داری در مدار خود به دور خورشید می‌گردد. سرعت این دنباله‌دار در اوج 10 کیلومتر بر ثانیه و در حضیض 80 کیلومتر بر ثانیه است. فاصله حضیض این دنباله‌دار چند ثانیه نوری است؟

$$1 \text{ (۱)} \quad 10 \text{ (۲)} \quad 100 \text{ (۳)} \quad 1000 \text{ (۴)}$$

۱۸ **IRYSC.COM** پرتو نوری از میدان گرانش ستاره‌ای به جرم 2×10^{30} کیلوگرم، و شعاع 2×10^{20} کیلومتر به صورت شعاعی در حال دور شدن است. بسامد پرتو نور در فاصله‌های بسیار دور از ستاره تقریباً چند درصد نسبت به بسامد اولیه تغییر می‌کند؟

$$0/1 \text{ (۱)} \quad 1 \text{ (۲)} \quad 10 \text{ (۳)} \quad 40 \text{ (۴)}$$

۱۹ **IRYSC.COM** حداکثر ارتفاع زهره از افق چند درجه است؟ (فاصله زهره تا خورشید $0/7$ واحد نجومی است.)

$$25 \text{ (۱)} \quad 35 \text{ (۲)} \quad 45 \text{ (۳)} \quad 55 \text{ (۴)}$$

۲۰ **IRYSC.COM** نسبت ماده‌ی تاریک به ماده‌ی روشن معمولاً در کدامیک از ساختارهای زیر بیشتر است؟

$$1 \text{ خوشه‌های کروی} \quad 2 \text{ کهکشان‌های مارپیچی} \quad 3 \text{ کهکشان بیضی} \quad 4 \text{ خوشه‌های کهکشان‌ها}$$

۲۱ **IRYSC.COM** طولانی‌ترین خورشید گرفتگی که می‌توان تصور کرد تقریباً چند ثانیه طول می‌کشد؟

$$\text{طول اطول زمین به دور خورشید: } 1/496 \times 10^{+8} \text{ کیلومتر}$$

$$\text{خروج از مرکز زمین به دور خورشید: } 0/1671$$

$$\text{طول اطول زمین به دور خورشید: } 1/496 \times 10^{+8} \text{ کیلومتر}$$

خروج از مرکز ماه به دور زمین: $3/84 \times 10^{+5}$ کیلومتر

شعاع ماه: ۱۷۳۷ کیلومتر

شعاع خورشید: $6/99 \times 10^{+5}$

۲۴۰ (۴)

۱۸۰ (۳)

۱۲۰ (۲)

۶۰ (۱)

(۲۲) IRYSC.COM قطر مردمک چشم انسان را در آسمان تاریک ۷ میلیمتر در نظر می‌گیریم. در این شرایط در یک ثانیه تقریباً چند هزار فوتون از ستاره‌ای با قدر ظاهری ۶ به چشم انسان می‌رسد؟

۱۰۰۰ (۴)

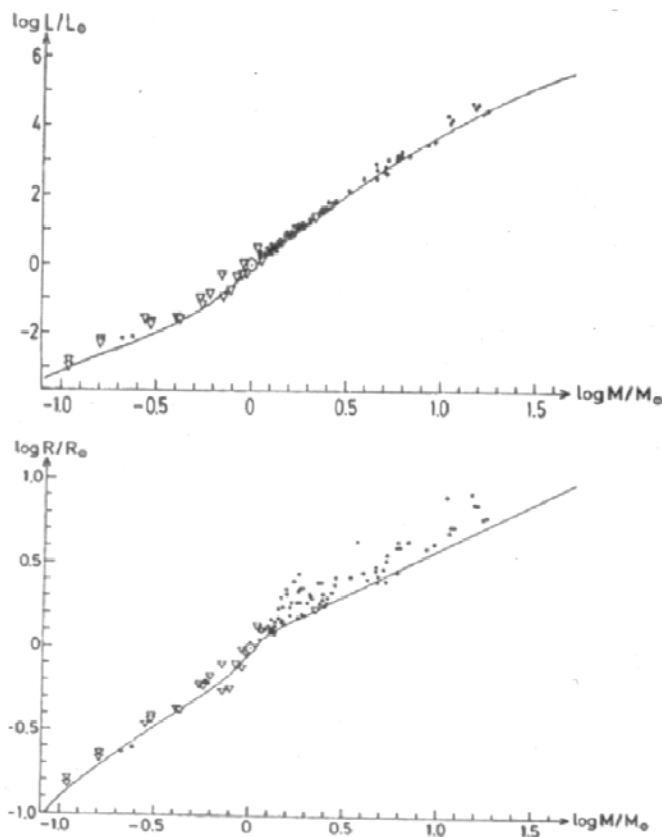
۱۰۰ (۳)

۱۰ (۲)

۱ (۱)

(۲۳) IRYSC.COM بر اساس شبیه‌سازی ساختار درونی ستاره‌ها (منحنی توپر)، تغییرات شعاع و تابندگی برحسب جرم، برای ستاره‌هایی که به تازگی به رشته اصلی پیوسته‌اند، مطابق شکل‌های زیر بدست می‌آیند. شکل‌های زیر نمودارهای لگاریتم شعاع ستاره و لگاریتم تابندگی ستاره برحسب لگاریتم جرم ستاره هستند. داده‌های رصدی به صورت مثلث و دایره توپر مشخص شده‌اند. کدام گزینه می‌تواند جمله زیر را بدرستی کامل کند؟

با توجه به این نمودارها، در جرم‌های بیشتر از خورشید، با افزایش جرم ستاره شیب منحنی تابندگی برحسب تابندگی برحسب دمای سطحی



- (۱) الزاماً - افزایش می‌یابد.
- (۲) الزاماً - کاهش می‌یابد.
- (۳) ممکن است - کاهش یابد.
- (۴) ممکن است - افزایش یابد.

۳۰) **IRYSC.COM** فرض کنیم جدایی زاویه‌ای خوشه‌های کهکشانی گیسو و سنبله ۳۰ درجه است. ناظری که در خوشه‌ی سنبله قرار دارد، انتقال به سرخ گیسو را تقریباً چه مقدار اندازه‌گیری می‌کند؟

انتقال به سرخ از دید ناظر زمینی	
گیسو	$z \approx 0.20$
سنبله	$z \approx 0.04$

۰/۰۲۱(۴)

۰/۰۱۹(۳)

۰/۰۱۷(۲)

۰/۰۱۰(۱)

۳۱) **IRYSC.COM** چیدمانی اپتیکی شامل یک تلسکوپ و یک آشکارساز CCD با مشخصات مندرج در جدول زیر ارائه شده است. میدان دید و حد تفکیک زاویه‌ای در تصاویر ثبت شده توسط این چیدمان به ترتیب دام است؟

تلسکوپ	
$\frac{f}{10}$	نسبت کانونی
۱۴ اینچ	قطر دهانه تلسکوپ
آشکارسازی CCD	
۹ میکرومتر \times ۹ میکرومتر	ابعاد پیکسل (هر خانه تصویر)
۳۶/۰ میلی‌متر \times ۲۴/۷ میلی‌متر	ابعاد فیزیکی CCD

(۱) $35' / 4 \times 24' / 3$ و $1/5''$ (۲) $35' / 4 \times 24' / 3$ و $4/5''$ (۳) $22' / 1 \times 18' / 5$ و $1/5''$ (۴) $22' / 1 \times 18' / 5$ و $4/5''$

۳۲) **IRYSC.COM** تابش خط ۲۱ سانتی‌متری هیدروژن معمولاً از کدام یک از منابع زیر بیشتر است.

(۱) ابرهای هیدروژن خنثی HI

(۲) ابرهای هیدروژن یونیده HII

(۳) ابرهای هیدروژن مولکولی H_۲

(۴) هسته‌های کهکشانی فعال

۳۳) **IRYSC.COM** اگر دو جزیره در اقیانوس آرام با مختصات $\left\{ \begin{matrix} 25^\circ S \\ 170^\circ W \end{matrix} \right\}$ و $\left\{ \begin{matrix} 55^\circ N \\ 135^\circ W \end{matrix} \right\}$ نقاط مبدا و مقصد یک کشتی باشند.

کوتاه‌ترین مسیری که این کشتی می‌تواند طی کند چند کیلومتر است؟

۹۵۰۰(۴)

۵۹۰۰(۳)

۴۴۰۰(۲)

۲۹۵۰(۱)

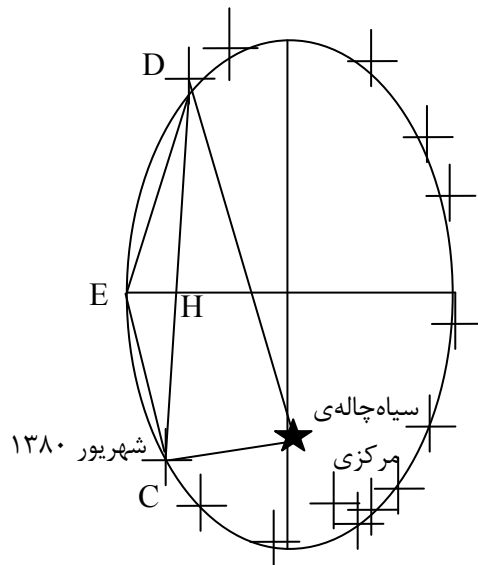
۳۴) IRYSC.COM فرض کنید ستاره‌ای مانند خورشید، در ابتدای شکل‌گیری، کره‌ای به شعاع یک واحد نجومی بوده‌است؛ که در اثر انقباض گرانشی در حال حاضر به شعاع فعلی رسیده است. اگر تمام انرژی گرانشی آزاد شده به صورت تابش و با آهنگ $L=10^{26}$ وات گسیل شود، این فرایند چه مدت طول می‌کشد؟

- (۱) 10^4 سال (۲) 10^6 سال (۳) 10^8 سال (۴) 10^{10} سال

۳۵) IRYSC.COM فردی بالای به ارتفاع ۴۰۰ متر ایستاده است. کل مساحتی از سطح زمین که این شخص می‌توان ببیند تقریباً چند کیلومتر مربع است؟

- (۱) ۴۰۰۰ (۲) ۸۰۰۰ (۳) ۱۲۰۰۰ (۴) ۱۶۰۰۰

(1) IRYSC.COM گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



مقدار روز نوری در این تصویر برابر ۱ اینچ است!
 از سوی گروه پاسخ‌دهی ۲ راه حل برای حل این سؤال ارائه می‌شود.
 روش اول استفاده از قوانین کپلر است. می‌دانیم که که ستاره در
 زمان‌های مساوی مسافت‌های مساوی را طی می‌کند، پس خواهیم داشت:

$$\frac{S_1}{T_1} = \frac{S_2}{T_2}$$

به راحتی می‌توان از قوانین کسرها استفاده نمود و با جمع در مخرج

به کسر $\frac{S_1}{S} = \frac{T_1}{T}$ برسیم که در آن S_1 مساحت طی شده روز نوری
 در زمان داده شده مساله است.

برای محاسبه مساحت طی شده از تقریب ساده‌ای استفاده می‌کنیم. بعد از رسم خطوط بین ستاره و سیاه‌چاله ی مرکزی در تاریخ‌های فروردین ۷۰ و شهریور ۸۰ متوجه می‌شویم که این خطوط بر هم عمودند. با رسم خطی بین این دو موقعیت می‌توان مثلث قائم‌الزاویه‌ای تشکیل داد که با یک تقریب می‌توان مساحت آن را برابر با مساحت قطاعی از بیضی دانست در بین این دو تاریخ قرار دارد.

$$S_{\Delta CDS} + S_{\Delta CDE} = S_{(CDS)} = \frac{1}{2}CS \times DS + \frac{1}{2}DC \times EH$$

$$\frac{\pi ab - \left(\frac{1}{2}CS \times DS + \frac{1}{2}DC \times EH \right)}{\pi ab} = \frac{T_1}{T}$$

اما برای محاسبه مقادیر نیم قطر بزرگ و نیم قطر کوچک بیضی و همچنین DS و SC باید با کمک خط‌کش و مقیاس داده شده عمل کرد:

$$a = 3 \quad b = 2 \quad DS = 4/5 \quad CS = 2 \quad DC = 5 \quad EH = 0/5$$

تمامی این مقادیر به روز نجومی داده شده است.

با مشخص کردن فاصله زمانی بین فروردین ۷۰ تا شهریور ۸۰ می‌توان به جای T_1 از مقدار حدودی ۳۸۰۰ روز استفاده نمود. برای ساده سازی در این مرحله از محاسبه همچنان از مقیاس روز نوری استفاده می‌کنیم.

$$\frac{18/8 - (4/5 + 1/2)}{18/8} = \frac{3800}{T} \Rightarrow T \approx 5463/5 \text{ روز}$$

قبل از محاسبه نهایی از رابطه $x = ct$ مقدار مسافت یک روز نوری را محاسبه نموده و به عدد تقریبی $x \approx 2/59 \times 10^{12}$ متر می‌رسیم.

مرحله نهایی هم جایگذاری مقادیر به دست آمده در معادله سوم کپلر است.

$$\frac{GM}{4\pi^2} = \frac{a^3}{T^2} \Rightarrow M = \frac{4\pi^2}{G} \times \frac{a^3}{T^2}$$

$$M = \frac{4(3/14)^r}{6/67 \times 10^{-11}} \times \frac{(3 \times 2/59 \times 10^{13})^r}{(4/7 \times 10^4)^r} = 1/25 \times 10^{26}$$

حال تنها کافی است که نسبت جرم به دست آمده را به جرم خورشید محاسبه کنیم.

$$\frac{M}{M_{sun}} = \frac{4/65 \times 10^{26}}{2 \times 10^{30}} = 2/325 \times 10^6$$

راه حل دوم:

$$\frac{S_1}{T_1} = \frac{S_2}{T_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

$$M_1 = \frac{2\pi}{T}(t_1 - T), \quad M_2 = E - e \sin E, \quad \tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \tan \frac{E}{2}$$

$$M_1 - M_2 = n(t_1 - t_2)$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۲)

$$M - N = -2/\Delta \log \frac{L_1}{L_2}$$

$$m_{Sun} - M_{Sun} = \Delta \log d - \Delta \Rightarrow -26/8 - M_{Sun} = \Delta \log \frac{1}{20.265} - \Delta \Rightarrow M_{Sun} \approx 4/8$$

$$\Rightarrow M_1 - M_{Sun} = -2/\Delta \log \frac{L_1}{L_{Sun}} \Rightarrow 3/3 - 4/8 = -2/\Delta \log \frac{L_1}{3/85 \times 10^{26}} \Rightarrow L_1 \approx 1/5 \times 10^{27}$$

$$\Rightarrow M_2 - M_{Sun} = -2/\Delta \log \frac{L_2}{L_{Sun}} \Rightarrow 0/7 - 4/8 = -2/\Delta \log \frac{L_2}{3/85 \times 10^{26}} \Rightarrow L_2 \approx 1/5 \times 10^{28}$$

$$L_{Total} = 20 \cdot L_1 + 2 \cdot L_2 = 3 \times 10^{29} + 3 \times 10^{29} = 6 \times 10^{29} \Rightarrow$$

$$M_{Total} - M_{Sun} = -2/\Delta \log \frac{L_{Total}}{L_{Sun}} \Rightarrow M_{Total} - 4/8 = -2/\Delta \log \frac{6 \times 10^{29}}{3/85 \times 10^{26}} \Rightarrow M_{Total} = -3/18$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۳)

$$I = I_o \times e^{-k\lambda}$$

$$m - m_o = -2/\Delta \log \frac{I}{I_o} = -2/\Delta \log \frac{I_o \times e^{-k\lambda}}{I_o} = -2/\Delta \log e^{-k\lambda} \Rightarrow m - m_o = (-2/\Delta)(-k\lambda) \log e = 1/0.7 \Delta k \lambda$$

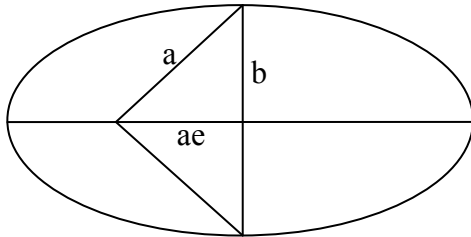
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۴)

$$\frac{L}{4\pi a^r (1-e^r)} \times \pi R^r = 4\pi R^r \sigma T^r \Rightarrow \frac{L}{16\pi a^r (1-e^r)} = \sigma T^r$$

$$\frac{T_H^r}{T_C^r} = \frac{\frac{L}{16\pi a^r (1-e^r)}}{\frac{L}{16\pi a^r (1+e^r)}} = \frac{(1+e^r)}{(1-e^r)}$$

$$\frac{T_H}{T_C} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} = \sqrt{\frac{1/1}{0/9}} = \sqrt{\frac{11}{9}}$$

(۵) IRYSC.COM گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



$$\left\{ \begin{array}{l} S_1 = \frac{\sqrt{\left(\frac{\pi ab}{4} + \frac{abc}{2}\right)}}{2} = \frac{\pi + e}{4 - 2} \\ S_2 = \frac{\sqrt{\left(\frac{\pi ab}{4} - \frac{abc}{2}\right)}}{2} = \frac{\pi - e}{4 - 2} \\ e = \frac{\pi}{3} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\frac{\pi + \pi}{4 - 2}}{\frac{\pi - \pi}{4 - 2}} = \frac{8}{7}$$

(۶) IRYSC.COM گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

برای محاسبه توان تابش کل ذغال باید مساحت کل قطعه را محاسبه نماییم و از رابطه $L = A\sigma T^4$ استفاده نماییم را از قانون وین می‌توانیم دمای آن را محاسبه نماییم.

$$A = 6 \times r^2 = 6 \times (10^{-2})^2 = 6 \times 10^{-4}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{T_{\max}} \Rightarrow T_{\max} = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{2000 \times 10^{-9}} = 1.45 \times 10^3$$

$$L = A\sigma T^4 = 6 \times 10^{-4} \times 5.67 \times 10^{-8} \times (1.45 \times 10^3)^4 = 15.0 \text{ W}$$

(۷) IRYSC.COM گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

منظور از این سوال همان ماهواره‌های سینکروترون (زمین ثابت) است. پس سرعت زاویه‌ای آن باید با سرعت زاویه‌ای زمین برابر باشد و شرط حضور این ماهواره‌ها دایروی بودن مدار زمین است.

$$\omega = \omega_o \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{T_{\oplus}} \Rightarrow T = T_{\oplus}$$

پس دوره تناوب آن با دوره تناوب زمین برابر است. از قانون سوم کپلر می‌توان فاصله‌ی ماهواره را محاسبه نمود.

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2} \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

با جایگذاری ثوابت می‌توان به مقدار ۴۲۱۶۱ کیلومتر برای شعاع مدار سیاره از مرکز زمین رسید که برابر ۳۵۷۸۶ کیلومتر از سطح زمین است.

در مورد قسمت دوم، می‌توان گفت مسیر ماهواره دایره‌ای است که بر بالای استوای زمین قرار دارد. اما چون فاصله‌ی این ماهواره به نسبت ستاره‌های آسمان بسیار کمتر است، با جابجایی در عرض‌های جغرافیایی می‌تواند جای این ماهواره در آسمان ناظر نسبت به استوای سماوی تغییر کند. یعنی فقط در عرض ۰ درجه استوا میل آن برابر صفر است و الزاماً در تمامی عرض‌ها میل ماهواره صفر نخواهد بود. میل در این سوال منظور انحراف مداری نیست. منظور میل سماوی است.

(۸) IRYSC.COM گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

این سوال فقط نیاز به جایگذاری دارد حتی فرمول آن هم در صورت مسئله آمده است!

$$\left\{ \begin{array}{l} E_r = \frac{E_o}{4} \\ E_f = \frac{E_o}{16} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta E = E_o \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) = \frac{3}{16} E_o = 13/6 \times \frac{3}{16} = 2/55$$

با توجه به داده‌های ارائه شده در ثوابت باید مقدار انرژی برحسب ژول بدست آوریم

$$\Delta E = 2/55 \times 1/6 \times 10^{-19} = 4/0.8 \times 10^{-19}$$

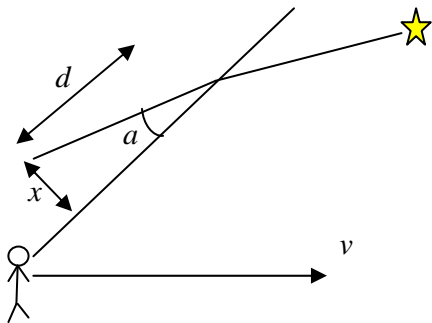
این مقدار برابر است با انرژی آزاد شده این فوتون‌ها برابر است با:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6/63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4/0.8 \times 10^{-19}} = 487 \text{ nm}$$

(9) **IRYSC.COM** گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

چگالی میدان در نواحی قطبی قوی‌تر است و بنابراین تنها گزاره غلط گزینه ۲ است.

(10) **IRYSC.COM** گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



$$d = ct$$

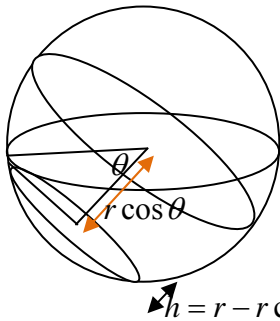
$$x = vt$$

$$\sin a = \frac{x}{d} = \frac{vt}{ct} = \frac{v}{c}$$

از طرفی سرعت گردش وضعی زمین در استوا ۴۶۵ متر بر ثانیه در استوا است. پس از جایگذاری مقادیر و تبدیل مقدار حاصل از درجه به ثانیه‌ی قوس، به پاسخ ۰/۳۲ ثانیه قوسی خواهیم رسید.

(11) **IRYSC.COM** گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

در تهران ستارگانی با میل ۳۵ درجه‌س شمالی به بالا دور قطبی هستند. حال باید مساحت عرقچین بخش بالایی کره را محاسبه و نسبتش به مساحت کل کره را محاسبه نماییم.



مساحت عرقچین کره بدین روش محاسبه می‌شود: $S = 2\pi h R$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{S}{S'} = \frac{2\pi h R}{4\pi R^2} = \frac{h}{2R} \\ h = R - R \cos \theta \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{S}{S'} = \frac{1 - \cos \theta}{2} = 0/09$$

و مقدار مطلوب ما:

است اما باید توجه داشته باشید که دقیقاً به همین مقدار ستاره‌ی دور قطبی جنوب هم وجود دارد که آن‌ها هم طلوع و غروب ندارند. پس باید مقدار حاصل را دو برابر کنیم.

(12) **IRYSC.COM** گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

با توجه به کتاب نجوم دینامیکی کهکشان ما تقریباً ۲۰۰ میلیارد ستاره دارد که با دقت خوبی می‌توان گفت همه‌ی آن‌ها خورشید گونند. فاصله‌ی نپتون از ما هم تقریباً ۳۰ واحد نجومی است.

$$a = \frac{Gm}{r^2} \Rightarrow \frac{a}{a_{Sun}} = \frac{\frac{m_{sun}}{r^2}}{\frac{m'}{r'^2}} = \frac{\frac{m_{sun}}{3.0 \times (1/5 \times 10^{11})^2}}{\frac{2.0 \times 10^9 m_{sun}}{\left(1.0^4 \text{ pc} \times 3/0.9 \times 10^{16} \frac{m}{\text{pc}}\right)^2}} = \frac{1}{21 \times 10^{-21} \times 67/5 \times 10^{22}} = \frac{1}{1/4 \times 10^{-6}}$$

(۱۳) IRYSC.COM گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

با توجه به تقریبی بودن این سؤال و توزیع گزینه‌ها با مرتبه ۱۰۰ می‌توان از ساده‌سازی استفاده نمود. یک راه ساده‌سازی، در نظر گرفتن حالت استاتیک است. یعنی در این حالت از سرعت ستاره‌ها در چرخ کهکشانی و همچنین از سرعت عبور عمودی ستاره صرف‌نظر می‌کنیم. قدم بعدی ساده‌سازی را در شکل یک کهکشان انجام می‌دهیم. برای این ساده‌سازی به جای شکل حال حاضر کهکشان از یک استوانه بهره می‌بریم.

برای حل سؤال می‌توانیم استوانه‌ای به قطر ۱ واحد نجومی در نظر بگیریم که با استوانه بزرگ‌تری با عنوان صفحه‌ی ستاره‌ای راه شیری برخورد می‌کند. قطر این استوانه در حدود ۱۰۰۰۰۰ سال نوری است و ضخامت آن به طور میانگین ۱۰۰۰ سال نوری است. پس برای حجم آن می‌توانیم بدست آوریم:

$$S_{\text{Milky Way}} = \pi \times (100000)^2 \times 1000 = \pi \times 10^{13} \text{ (light - years)}^3$$

تخمین زده شده که کهکشان راه شیری ۲۰۰ تا ۴۰۰ بیلیون (400×10^9) ستاره دارد. حال می‌توانیم چگالی ستاره در کهکشان راه شیری را بدست بیاوریم:

$$\rho_{\text{Star}} = \frac{N_{\text{Star}}}{S_{\text{Milky Way}}} = \frac{4 \times 10^{11}}{\pi \times 10^{13}} \approx 10^{-2} \frac{\text{star}}{\text{(light - years)}^3}$$

در مرحله بعد باید سطح مقطع برخورد را محاسبه نماییم که استوانه‌ای است به شعاع ۱ واحد نجومی و به ارتفاع ۱۰۰۰ سال نوری. البته باید در نظر بگیریم که یک واحد نجومی چند سال نوری است که بر اساس ثابت خواهیم داشت $1 \text{ Au} \approx 1/5 \times 10^{-5}$

$$S_{\text{Cross Section}} = \pi \times (1/5 \times 10^{-5})^2 \times 1000 \approx 10^{-6} \text{ (light - years)}^2$$

آخرین مرحله محاسبه تعداد ستاره‌های موجود در حجم مورد نظر است، چرا که می‌دانیم اگر ستاره‌ای در محدوده مورد نظر باشد با ستاره عبوری ما برخورد می‌کند.

$$\text{Collision Probability} = S_{\text{Cross Section}} \times \rho_{\text{Star}} = 10^{-6} \times 10^{-2} \approx 10^{-8}$$

اگر حرکت ستاره‌ها را نیز در نظر بگیریم احتمال از این مقدار کمتر می‌شود و به عدد 10^{-9} می‌رسیم.

(۱۴) IRYSC.COM گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$G = 6/67 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2} \times \frac{1 pc^3}{(3/0.9 \times 10^{16})^3 m^3} \times \frac{1/99 \times 10^{30} kg}{1 M_{\text{Sun}}} \times \frac{(3 \times 10^{13})^2 s^2}{Mi \text{ year}^2} = 4 \times 10^{-2} = 0/004$$

(۱۵) IRYSC.COM گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

برای محاسبه‌ی مساحت بدن انسان آن را به صورت استوانه‌ای به ارتفاع ۱/۸ متر و شعاع ۳۰ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم. جرم بدن انسان هم تقریباً ۸۰ کیلوگرم است:

$$\frac{P}{P'} = \frac{\frac{L}{M_{\text{Sun}}}}{\frac{L'}{M_{\text{body}}}} = \frac{\frac{4\pi R^2 \sigma T^4}{M_{\text{Sun}}}}{\frac{S \sigma T'^4}{M_{\text{body}}}} = \frac{4\pi \times (6/96 \times 10^8)^2 \times (5/7 \times 10^3)^4}{\frac{1/99 \times 10^{30} kg}{2\pi \times 0/6 \times 1/8 \times (273 + 37)^4}} = \frac{3/2 \times 10^3}{6/8 \times 10^8} \approx 10^{-5}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۱۶)

$$\lambda_{\max} = \frac{. / . 0 . 29}{T_{\max}} \Rightarrow \lambda_{\max} = 1.0^{-2}$$

$$E_{\text{photon}} = \frac{hc}{\lambda} = 2 \times 1.0^{-22}$$

و تعداد فوتون‌ها برابر چگالی انرژی تقسیم بر انرژی هر فوتون خواهد بود و داریم:

$$u = aT^4 = \frac{4\sigma}{c} T^4 = 4 \times 1.0^{-14}$$

$$\% = \frac{u}{E} = \frac{4 \times 1.0^{-14}}{2 \times 1.0^{-22}} = 2 \times 1.0^8 m^{-2} = 20 \cdot cm^{-2}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۱۷)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} v_p^2 - \frac{GM}{r_p} = -\frac{GM}{2a} \\ \frac{1}{2} v_a^2 - \frac{GM}{r_a} = -\frac{GM}{2a} \\ \frac{v_{\min}}{v_{\max}} = \frac{1+e}{1-e} \end{array} \right\} \Rightarrow e = 0.79, a = 1/67 \times 10^{11} m = 1/7 \times 10^8 \text{ min l.y} \quad r_{\min} = a(1-e) = 3/7 \times 10^6$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۱۸)

$$\left\{ \begin{array}{l} h\nu_1 - \frac{GMm_{\text{photon}}}{R} = h\nu_2 - \frac{GMm_{\text{photon}}}{R'} \\ R' \rightarrow \infty \end{array} \right\} \Rightarrow h(\nu_1 - \nu_2) = \frac{GMm_{\text{photon}}}{R} \Rightarrow \frac{\Delta\nu}{\nu_1} = \frac{GM}{Rc^2} = \frac{6/67 \times 10^{11} \times 2 \times 10^3}{2 \times 10^6 \times 9 \times 10^{16}} = 0.1\%$$

گزینه - پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۱۹)

این سوال غلط است. چرا که اگر کلی و در تمامی عرض‌های جغرافیایی موضوع را بررسی کنیم، زهره می‌تواند از سمت‌الراس هم بگذرد. اما احتمالاً منظور طراح بیشترین ارتفاع در هنگام غروب یا طلوع خورشید بوده است که در آن صورت با صرف نظر از موقعیت راصد بیشترین مقدار مطلوب ۴۸ درجه خواهد بود.

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۲۰)

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۲۱)

برای طولانی‌تر شدن خورشیدگرفتگی تنها کافیست زمین در حضيض و ماه در اوج باشد. اما در این سوال و با توجه به گزینه‌ها نیازی به محاسبه‌ی فاصله‌های اوج و حضيض هم نبود. اگر همه چیز را در حالت میانگین در نظر می‌گرفتید اختلاف قطر ظاهری ماه و خورشید $5 \times 10^{-4} \text{ Rad}$ می‌شد که با یک تناسب ساده با فرض دوره تناوب ۲۹/۵ روزه برای ماه به عددی در حدود ۲۰۰ ثانیه می‌رسیدید که تنها از گزینه‌ی ۴ کوچکتر بود. در مورد این سوال باید توجه داشته باشید که ما از اختلاف ارتفاع نسبت به سطح زمین یا صرف نظر کرده‌ایم اما واقعیت به گونه‌ی دیگری است و ما خورشید گرفتگی‌های طولانی‌تری را نیز تجربه کرده‌ایم.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. **IRYSC.COM** (۲۲)

$$m - m_{Sun} = -\frac{2}{5} \log \frac{b}{b_{Sun}}, \quad 6 + \frac{26}{8} = -\frac{2}{5} \log \frac{b}{137.0}$$

$$E = b\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2, \quad E_{photon} = \frac{hc}{\lambda}$$

$$n = \frac{E}{E_{photon}} = 1000 \cdot photon$$

و سوال تعداد چند هزار فوتون را مورد نظر داشت که گزینه ۲ را به عنوان پاسخ صحیح نتیجه می داد.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. **IRYSC.COM** (۲۳)

می دانیم در ستارگان رشته اصلی رابطه $\left(\frac{L}{L_{Sun}}\right)^{3/5} = \frac{M}{M_{Sun}}$ برقرار است. اگر از دو طرف لگاریتم بگیریم درخشندگی با یک نسبت ثابت و خطی که برابر $3/5$ است با جرم ستاره مرتبط می شود پس تغییرات الزاماً خطی است و رو به افزایش. که با توجه به نمودار و تحلیل آن نیز نتایج مشابهی حاصل می شود.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. **IRYSC.COM** (۲۴)

با توجه به صورت سوال می توان نوشت $\frac{M}{M_{Usual}} = 9$ که در آن M جرم در حالت تفکیکی و M_{Usual} جرم در حالت طبیعی است. M را می توان جمع جرم پوسته یا M_c با جرم هسته M_c در نظر گرفت. جرم هسته طبق توضیحات مساله چنین خواهد بود:

$$M_{Usual} = \rho_o \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$M = M_c + M_c = m\rho_o \times \frac{4}{3} \pi \left(\frac{r}{n}\right)^3 + \rho_o \times \frac{4}{3} \pi r^3 \left(1 - \frac{1}{n}\right)^3 = 9\rho_o \times \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow$$

$$m\left(\frac{1}{n}\right)^3 + \left(1 - \frac{1}{n}\right)^3 = 9$$

حال با عدد گزاری می توانیم نمودار مورد نظر را پیدا کنیم.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. **IRYSC.COM** (۲۵)

کافیست یک خط رو به عنوان مرجع مقایسه ی چگالی در نظر بگیرید. مثلاً $r = r_o$. هر ستاره ای که جرم یا چگالی بیشتری داشت، کمتر عمر می کند. پس ستاره ی چهارم پاسخ مساله است.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. **IRYSC.COM** (۲۶)

میدان دید چشمی تلسکوپ وابسته به میدان دید چشمی (FOV) و بزرگنمایی است.

$$\text{بزرگنمایی} / \text{میدان دید چشمی} = \text{FOV}$$

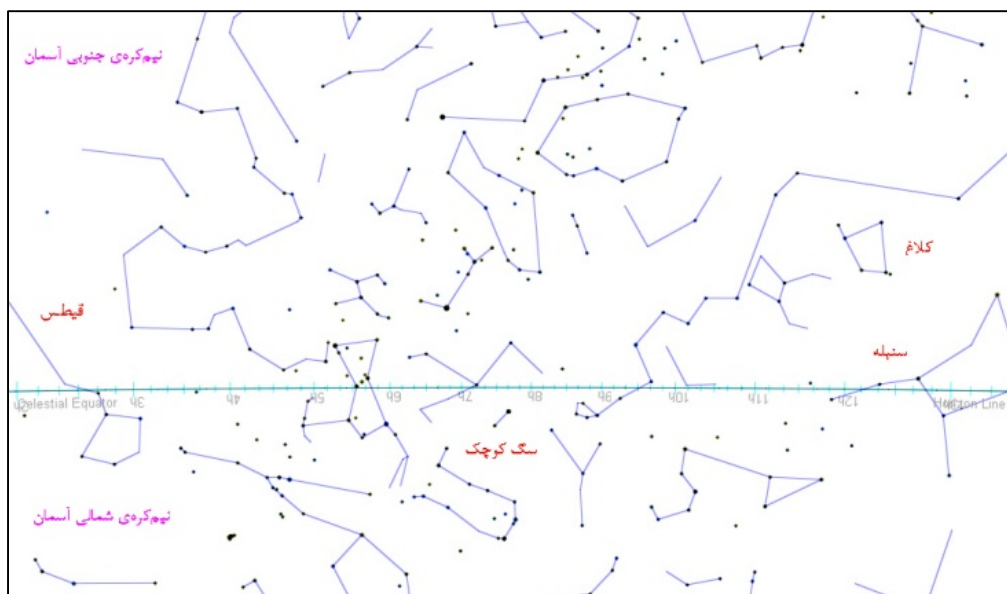
بزرگنمایی نیز وابسته به فاصله کانونی تلسکوپ و فاصله کانونی چشمی است.

$$\text{بزرگنمایی} = \frac{\text{فاصله کانونی تلسکوپ}}{\text{فاصله کانونی چشمی}}$$

با توجه به روابط فوق و داده‌های مساله، ابتدا از فرمول اول بزرگنمایی را به دست آورده و سپس از فرمول دوم فاصله کانونی چشمی بدست می‌آید. پاسخ سوال چشمی ۸۳ میلی‌متر است. در نتیجه در بین گزینه‌ها گزینه‌ی چهارم، یعنی ۸۵ میلی‌متر صحیح است که می‌تواند تمام قوس ظاهری خوشه M۱۳ را در میدان پوشش دهد.

(۲۷) **IRYSC.COM** گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

در عرض جغرافیایی ۹۰ درجه‌ی جنوبی، فقط صورت‌فلکی کلاغ به طور کامل دیده می‌شود. صورت‌های فلکی سنبله و نهنگ، فقط بخشی از آن قابل دیدن است. تمام محدوده‌ی صورت فلکی سگ کوچک نیز در نیمکره‌ی شمالی آسمان است و غیر قابل رویت است.



(۲۸) **IRYSC.COM** گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

زمان خواسته شده از ما همان زمان واجفتیدگی فوتون است و طبق جداول کیهانشناسی در این زمان دمای معادل در محدوده 10^3 درجه کلوین است. برای حل آن نیز می‌تولیم از چند روش استفاده کنیم که ساده‌ترین آن استفاده از رابطه $T(k) = 1/5 \times 10^4 \times t^{-1/2}$ است که در آن t زمان بعد از انفجار بزرگ بر حسب ثانیه است. برای حل این سؤال از این طریق باید می‌دانستیم که واجفتیدگی فوتون در زمان 10^{12} s پس از انفجار بزرگ روی داده است و با این استدلال نیز به عدد 10^3 درجه کلوین می‌رسیم.

راه دوم:

$$\left. \begin{aligned} a &= (1+z)^{-1} \\ z &\approx 1100 \end{aligned} \right\} \Rightarrow a = 9 \times 10^{-4}$$

از طرفی می‌دانیم $aT = a_0 T_0$ پس می‌توان نوشت: $T = \frac{T_0}{a}$ که باز هم به جواب 10^3 درجه کلوین می‌رسیم.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. **IRYSC.COM** (۲۹)

با توجه به فرض راهنمایی ساده‌کننده‌ی سوال می‌توان گفت که در هر ثانیه 1 ± 0.02 فوتون بر تراشه فرود می‌آید. که این اندازه-گیری با $n \pm \sqrt{n}$ خطا همراه است. پس می‌توان نوشت:

$$\frac{n \pm \sqrt{n}}{n} = 1 \pm 0.02$$

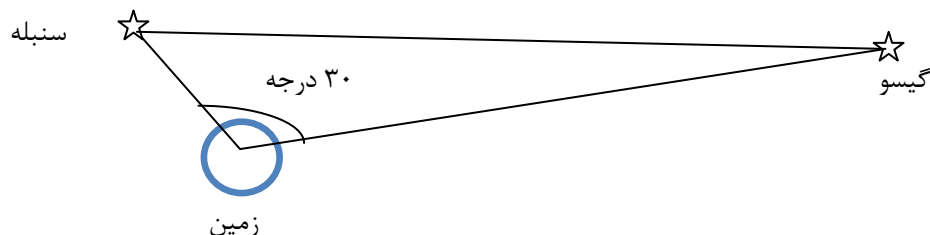
که از اینجا n در حدود ۲۵۰۰ فوتون خواهد بود.

جال باید توانایی گردآوری نور تلسکوپی با قطر دهانه‌ی ۱ متر را نیز وارد محاسبه کنیم:

$$\frac{N}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = 0.32''$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. **IRYSC.COM** (۳۰)

مشابه این سوال در آزمون مرحله اول دوره گذشته نیز مطرح شده بود. با این تفاوت که در آنجا فاصله‌ی زاویه‌ای دو ستاره را می‌بایست از روی بعد و میل‌شان محاسبه می‌کردید. اما در این سوال از آنجا که می‌دانیم انتقال به سرخ با یک ضریب ثابت که ثابت هابل است به فاصله از ما مرتبط می‌شود.



حال رابطه‌ی کسینوس‌ها را چنین می‌نویسیم:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \theta$$

اما همان‌طور که پیشتر گفته شد: $v = H_0 \times d$ پس می‌توان گفت: $d = \frac{v}{H_0}$ بدیهیست بعد از جاگذاری ضریب ثابت از دو طرف عبارت کسینوس‌ها حذف خواهد شد و داریم:

$$a^2 = 0.02^2 + 0.04^2 - 2 \times 0.02 \times 0.04 \cos 30^\circ \Rightarrow a = 0.017$$

مه این مقدار همان قرمزگرایی یا انتقال به سرخ گیشو از دید ناظر سنبله است یا بالعکس.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. **IRYSC.COM** (۳۱)

هر اینچ ۲/۵۴ سانتی‌متر است پس قطر دهانه‌ی تلسکوپ ۳۵/۵ سانتی‌متر خواهد بود. با توجه به رابطه‌ی زیر فاصله‌ی کانونی بدست می‌آید.

$$f = \frac{F}{D} \Rightarrow F = 355cm = 355 \cdot mm$$

و همچنین از روابط زوایای کوچک به یاد داریم که $\theta = \frac{a}{D}$ و با استفاده از آن و با توجه به جایگذاری ابعاد فیزیکی CCD به پاسخ‌های ۲۴ و ۳۵ ثانیه خواهیم رسید. در قسمت دوم برای دیدن حداقل توان تفکیک باید تصویر بیش از دو پیکسل را پوشش دهد. حال بعد از انجام محاسبات در روش معکوس حالت اولیه به توان تفکیک حداقلی ۱/۵ ثانیه‌ی قوسی خواهیم رسید.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۳۲)

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۳۳)

کافیست یک مثلث کروی تشکیل دهیم:

$$\cos a = \cos 35^\circ \cos 115^\circ + \sin 35^\circ \sin 115^\circ \cos 35^\circ \Rightarrow a = 85^\circ$$

با استفاده از تناسب ذیل فاصله بر حسب درجه به فاصله بر حسب کیلومتر تبدیل می‌شود:

$2\pi R_\oplus$	۳۶۰ درجه
X	۸۵ درجه

پاسخ ۹۵۰۰ کیلومتر خواهد بود.

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۳۴)

میزان انرژی آزاد شده برابر است با اختلاف انرژی پتانسیل گرانشی:

$$\frac{GM^x}{R_1} - \frac{GM^x}{R_2} \approx \Delta E$$

$$\Delta E = Lt$$

که پاسخ ۱۰^۸ را نتیجه می‌دهد.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. IRYSC.COM (۳۵)

مقدار افق منفی به روش زیر حساب می‌شود: $\cos \theta = \frac{R+h}{R}$

اما از آنجا که مقدار مطلوب مساحت قابل مشاهده از دید ناظر است باید مقدار عرقچین را محاسبه نماییم.

$$2\pi R^2 (1 - \cos \theta)$$

بعد از جایگذاری به پاسخ ۱۶۰۰۰ کیلومتر مربع خواهیم رسید.