



باسمه تعالی
وزارت آموزش و پرورش
مرکز ملی پرورش استعداد‌های درخشان و دانش پژوهان جوان
معاونت دانش پژوهان جوان

مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت‌هاست. «امام خمینی (ره)»

دفترچه سؤالات

هشتمین المپیاد نجوم و اخترفیزیک کشور

کد دفترچه سوال ۱

مرحله اول

۹۰/۱۲/۵

تعداد سوال	زمان آزمون
۳۵	۱۸۰ دقیقه

تذکرات:

- ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به موارد زیر دقیقاً توجه کنید.
- پاسخ درست به هر سوال ۳ نمره مثبت و پاسخ غلط ۱ نمره منفی دارد.
- همراه داشتن تلفن همراه مجاز نیست. در صورت داشتن تلفن همراه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید تا آن را تحویل بگیرد. در غیر این صورت حتی اگر از آن استفاده نکنید تعلق محسوب خواهد شد. استفاده از ماشین حساب مجاز است.
- برگه پاسخ‌نامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید.
- آزمون مرحله دوم برای دانش‌آموزان سال اول دبیرستان تنها جنبه تشویقی و آمادگی برای سال آینده دارد و شرکت‌کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه دوم و سوم دبیرستان انتخاب می‌شوند.
- پس از پایان آزمون می‌توانید دفترچه سؤالات را همراه خود ببرید.

ثوابت فیزیکی و نجومی

6.67×10^{-11}	$m^2 kg^{-1} s^{-2}$	ثابت جهانی گرانش	G
5.67×10^{-8}	$W m^{-2} K^{-4}$	ثابت استفان بولتزمان	σ
1.38×10^{-23}	JK^{-1}	ثابت بولتزمان	k_B
6.63×10^{-34}	J s	ثابت پلانک	
3×10^8	ms^{-1}	سرعت نور	c
1.6×10^{-19}	J	الکترون ولت	
365.26	days	سال نجومی	
3.09×10^{16}	m	پارسک	pc
1.5×10^{11}	m	واحد نجومی	Au
9.46×10^{15}	m	سال نوری	Ly
6.96×10^8	m	شعاع خورشید	R_{\odot}
6.38×10^6	m	شعاع زمین	R_{\oplus}
7.15×10^7	m	شعاع مشتری در استوا	
1.74×10^6	m	شعاع ماه	
3.84×10^8	m	شعاع مداری ماه	
1.99×10^{30}	kg	جرم خورشید	M_{\odot}
5.97×10^{24}	kg	جرم زمین	M_{\oplus}
1.9×10^{27}	kg	جرم مشتری	
5.79×10^3	K	دمای خورشید	T_{\odot}
3.85×10^{26}	W	درخشندگی خورشید	L_{\odot}
1.37×10^3	$W m^{-2}$	ثابت خورشیدی	
4.72		قدر مطلق بولومتریک خورشید	
-26.8		قدر ظاهری خورشید	m_{\odot}
-12.7		قدر ظاهری ماه بدر	
10^7	years	عمر خورشید	
70	$Ks^{-1} Mpc^{-1}$	ثابت هابل	H_0

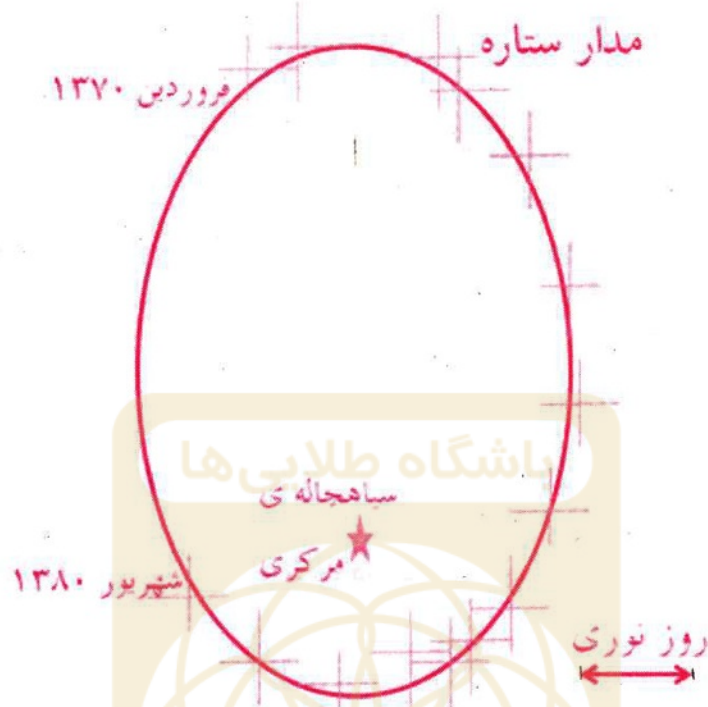
باشگاه طلائی‌ها



۱) با توجه به اطلاعات موجود در شکل به سؤال 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 سیاه‌چاله مرکزی کهکشان برحسب جرم خورشیدی به طور تقریبی به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

- ۱) 10^1 (۱) ۲) 10^3 (۲) ۳) 10^6 (۳) ۴) 10^9 (۴)



۲) یک خوشه‌ی ستاره‌ای حاوی ۲۰۰ ستاره از نوع $F5$ در رشته اصلی، با قدر مطلق $M_v = +3/3$ و ۲۰ ستاره غول قرمز از نوع $K0III$ ، با قدر مطلق $M_v = +0/7$ است. مقدار قدر مطلق این خوشه کدام است؟

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

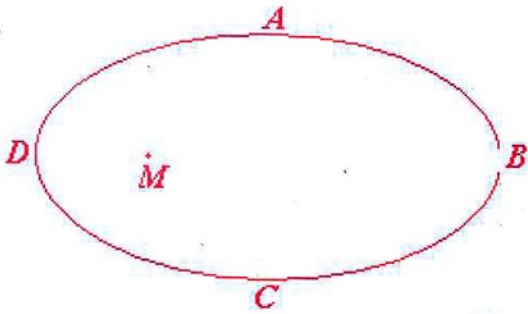
۳) می‌دانیم که شدت نور ستاره در ناحیه مرئی به مقدار $e^{-k\lambda}$ ، در اثر جذب غبار و مواد میان ستاره‌ای تاریک‌تر می‌شود. قدر ظاهری آنها در ناحیه مرئی چه مقدار تغییر می‌کند؟

- ۱) $-1/1k\lambda$ (۱) ۲) $-2/5k\lambda$ (۲) ۳) $1/1k\lambda$ (۳) ۴) $2/5k\lambda$ (۴)

۴) سیاره‌ای در مداری بیضی شکل با خروج از مرکز $e = 0/1$ به دور ستاره‌ای می‌چرخد. نسبت دمای روزانه بیشینه به دمای کمینه سیاره، ناشی از حرکت مداری آن کدام است؟

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

۵) یکی از سیارات منظومه شمسی با خروج از مرکز $\frac{\pi}{3}$ در مدارش به دور خورشید می چرخد. نسبت مدت زمان طی مسیر ABC به مدت زمان طی مسیر CDA چقدر است؟



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

۶) یک مکعب به ضلع یک سانتی متر از جنس ذغال داریم. آن را آنقدر گرم می کنیم تا بیشینه طول موج مؤثر آن ۲۰۰۰ نانومتر شود. مقدار توان تابش شده از این تکه ذغال چقدر است؟

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

۷) در مورد ماهواره هایی که با آنتن های ثابت سیگنالشان دریافت می شود کدام گزینه درست است؟

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

۸) در اتم هیدروژن انرژی حالت پایه $E_0 = 13.6$ الکترون ولت است. خط طیفی که ستاره ها در گذار از لایه برانگیخته چهارم به لایه برانگیخته 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، فرابنفش (۲) ۴۸۶/۴ nm، مرئی
 (۳) ۷۸۴/۹ nm، مادون قرمز (۴) ۱۵۲/۵ nm، فرابنفش

۹) 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 ضعیف تر 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) به دلیل پدیدهٔ ابیراهی ستاره‌ای، ناشی حرکت وضعی زمین (چرخش زمین به دور خود)، انحرافی در محل ظاهری ستارگان از دید ناظر زمینی ایجاد می‌شود. مقدار بیشینهٔ این انحراف چقدر است؟

- (۱) $+۲۲$ ثانیه قوسی
 (۲) $+۴۴$ ثانیه قوسی
 (۳) $+۰/۳۲$ ثانیه قوسی
 (۴) $+۰/۶۴$ ثانیه قوسی

۱۱) در تهران (عرض جغرافیایی ۳۵°) 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) شتاب گرانشی کهکشان راه شیری در فاصلهٔ ۱۰ کیلو پارسک از مرکز آن تقریباً چند برابر شتاب گرانشی خورشید در محل سیارهٔ نپتون است؟

- (۱) $۱۰^{-۲}$ (۲) $۱۰^{-۴}$ (۳) $۱۰^{-۶}$ (۴) $۱۰^{-۸}$

۱۳) اگر ستاره‌ای مانند خورشید، در جهت عمود بر صفحهٔ کهکشانی مانند راه شیری از آن عبور کند، با چه احتمالی ممکن است با ستارهٔ دیگری از کهکشان برخورد کند؟ منظور از برخورد، عبور ستاره از فاصله‌ای کمتر از یک واحد نجومی از ستارهٔ دیگر است. توزیع ستاره‌ها در کهکشان را یکنواخت در نظر بگیرید.

- (۱) $۱۰^{-۳}$ (۲) $۱۰^{-۵}$ (۳) $۱۰^{-۷}$ (۴) $۱۰^{-۹}$

۱۴) در سیستم واحدهای فیزیکی SI که طول برحسب متر، زمان برحسب ثانیه و جرم برحسب کیلوگرم است؛ مقدار ثابت گرانش نیوتون عبارت است از $G=۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}$. در اجرام نجومی مانند خوشه‌های ستاره‌ای یا کهکشان‌ها مناسب‌تر آن است که از سایر واحدهای اندازه‌گیری استفاده شود. به عنوان مثال در یک خوشهٔ ستاره‌ای طول برحسب پارسک، جرم برحسب جرم خورشیدی و زمان برحسب میلیون سال بیان می‌شوند. در چنین سیستمی از واحدها، مقدار عددی ثابت G تقریباً برابر کدام گزینه است؟

- (۱) ۵ (۲) $۰/۵$ (۳) $۰/۱۰۵$ (۴) $۰/۱۰۰۵$

۱۵) توان تولیدی در واحد جرم ستاره‌ای مانند خورشید، تقریباً چند برابر توان تابشی در واحد جرم بدن انسان است؟

- (۱) $۱۰^{+۳}$ (۲) ۱۰ (۳) $۱۰^{-۲}$ (۴) $۱۰^{-۴}$

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

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

۱۷) 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؟

- (۱) ۱ (۲) ۱۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۱۰۰۰

۱۸) پرتو نوری از میدان گرانش ستاره‌ای به جرم 2×10^{30} کیلوگرم، و شعاع 2×10^3 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؟

- (۱) $0/1$ (۲) ۱ (۳) ۱۰ (۴) ۴۰

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

- (۱) ۲۵ (۲) ۳۵ (۳) ۴۵ (۴) ۵۵

۲۰) نسبت ماده تاریک به ماده روشن معمولاً در کدامیک از ساختارهای زیر بیشتر است؟

- (۱) خوشه‌های کروی (۲) کهکشان‌های مارپیچی
(۳) کهکشان‌های بیضوی (۴) خوشه‌های کهکشان‌ها

۲۱) طولانی‌ترین خورشید گرفتگی که می‌توان تصور کرد تقریباً چند ثانیه طول می‌کشد؟

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

خروج از مرکز زمین به دور خورشید: $0/01671$

طول اطول ماه به دور زمین: $3/84 \times 10^{+0}$ کیلومتر

خروج از مرکز ماه به دور زمین: $0/0549$

شعاع ماه: 1737 کیلومتر

شعاع خورشید: $6/99 \times 10^{+0}$ کیلومتر

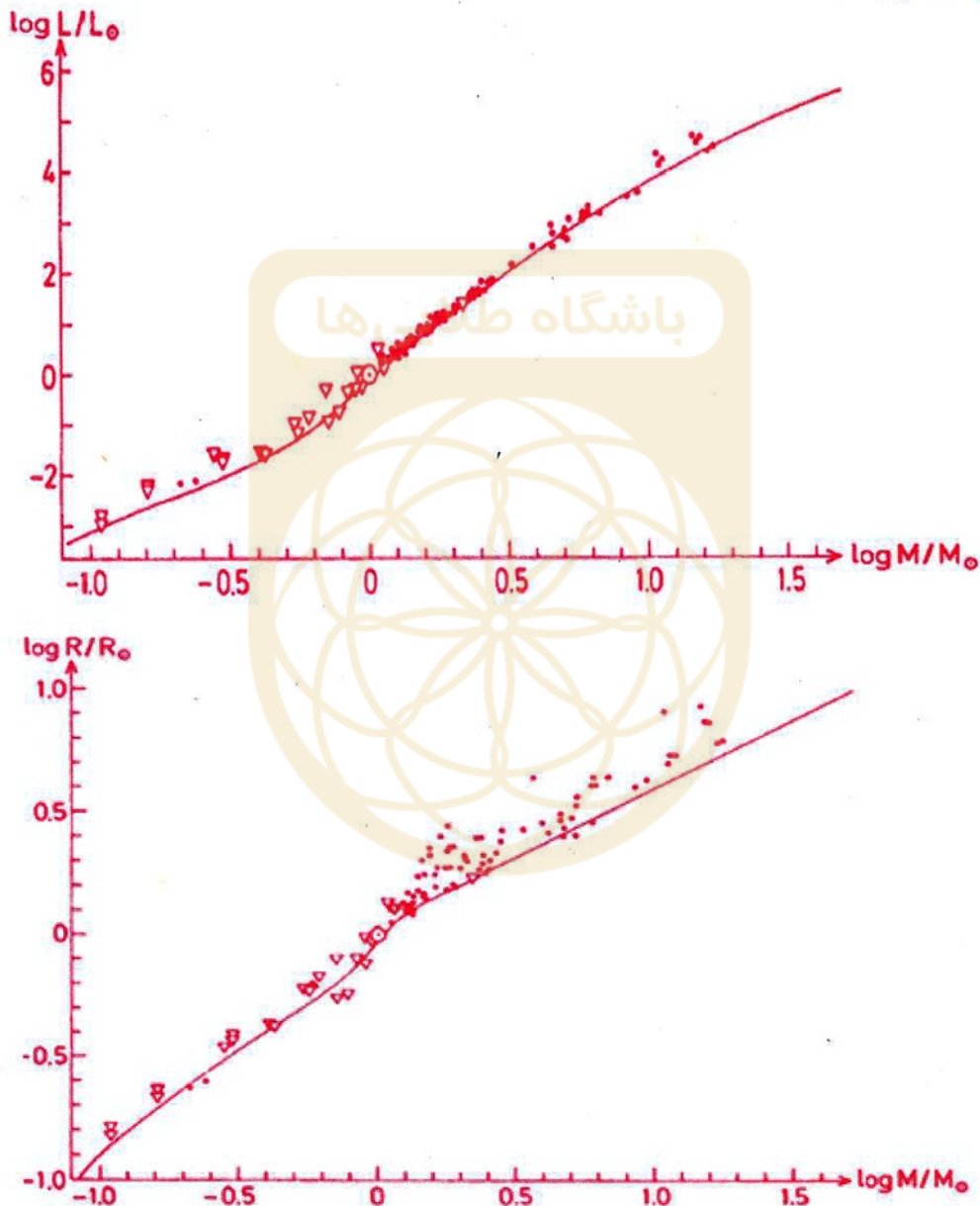
- (۱) ۶۰ (۳) ۱۸۰

- (۲) ۱۲۰ (۴) ۲۴۰

۲۲) 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؟

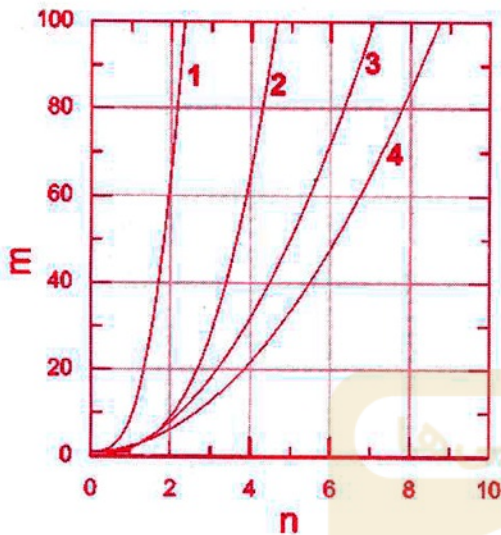
- ۱) ۱ ۲) ۱۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۰۰۰

۲۳) براساس شبیه‌سازی ساختار درونی ستاره‌ها (منحنی توپز)، تغییرات شعاع و تابندگی برحسب جرم، برای ستاره‌هایی که به تازگی به رشته اصلی پیوسته‌اند، مطابق شکل‌های زیر به دست 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 دمای سطحی



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

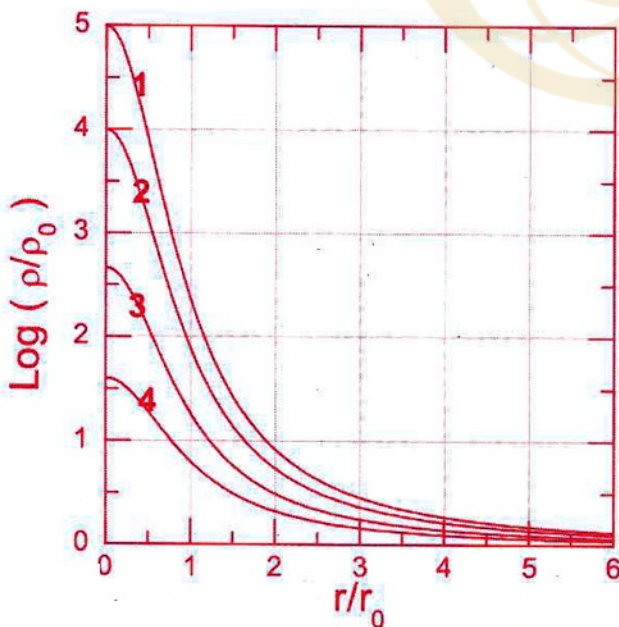
۲۴) شتاب گرانشی در سطح سیاره ای به شعاع R ، ۹ برابر حالتی است که کل سیاره دارای چگالی یکنواخت ρ_0 فرض شود. بنابراین فرض می‌کنیم این سیاره دارای هسته مرکزی با چگالی یکنواخت $m\rho_0$ و شعاع $\frac{R}{n}$ باشد (چگالی ناحیه بیرون هسته مرکزی همان ρ_0 است). در این صورت کدام منحنی نحوه تغییرات m بر حسب n را بدرستی نشان می‌دهد؟



- (۱) منحنی ۱
- (۲) منحنی ۲
- (۳) منحنی ۳
- (۴) منحنی ۴

۲۵) نمودار لگاریتم چگالی بر حسب شعاع ۴ ستاره که تقریباً هم‌زمان به رشته اصلی پیوسته‌اند، داده شده است. ρ_0 و r_0 به ترتیب مقادیر ثابتی از جنس چگالی و شعاع هستند. کدام یک از این ستاره‌ها رشته اصلی را دیرتر ترک خواهد کرد؟

- (۱) ستاره ۱
- (۲) ستاره ۲
- (۳) ستاره ۳
- (۴) ستاره ۴



۲۶) فاصله کانونی عدسی چشمی (با میدان دید ۵ درجه) تقریباً چند میلیمتر باشد تا خوشه کروی M13 با اندازه زاویه‌ای ۱۶/۶ دقیقه قوسی توسط یک تلسکوپ یک متری با فاصله کانونی ۱۵۰۰ میلیمتر به طور کامل مشاهده شود؟

- ۵۰ (۱) ۶۵ (۲) ۷۰ (۳) ۸۵ (۴)

۲۷) کدام صورت فلکی به طور کامل در آسمان قطب جنوب قابل مشاهده است؟

- ۱) نهنگ ۲) سگ کوچک ۳) سنبله ۴) کلاغ

۲۸) دمای فوتون‌های تابش پس زمینه کیهانی در زمان تشکیل، تقریباً چند درجه کلون بوده است.

- ۳ (۱) 3×10^0 (۳)

- 3×10^3 (۲) 3×10^7 (۴)

باشگاه طلایی‌ها

۲۹) در تصویر برداری نجومی توسط CCD، ثبت N فوتون توسط CCD با خطای \sqrt{N} همراه است. زمان نوردهی توسط این CCD چقدر باشد تا ستاره‌ای با قدر ۱۵ را با دقت ۰/۰۲ قدر توسط یک تلسکوپ یک متری نورسنجی کنیم.

*راهنمایی: فرض کنید شار فوتونی ثبت شده توسط این چیدمان برای ستاره‌ای با قدر ظاهری ۱۵، یک فوتون بر ثانیه بر سانتیمتر مربع است.

- ۰/۲۴ ثانیه (۱) ۰/۴۰ ثانیه (۳)

- ۰/۳۲ ثانیه (۲) ۰/۴۸ ثانیه (۴)

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

انتقال به سرخ از دید ناظر زمینی	
گیسو	$Z \approx 0.020$
سنبله	$Z \approx 0.004$

- ۰/۰۱۰ (۱) ۰/۰۱۷ (۲) ۰/۰۱۹ (۳) ۰/۰۲۱ (۴)

(۳۱) چیدمانی اپتیکی شامل یک تلسکوپ و یک آشکارساز CCD با مشخصات مندرج در جدول زیر را فراهم آورده‌ایم. میدان دید و حد تفکیک زاویه‌ای در تصاویر ثبت شده توسط این چیدمان به ترتیب کدام است؟

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

- (۱) $24.3' \times 35.4'$ و $1.0''$
 (۲) $24.3' \times 35.4'$ و $4.5''$
 (۳) $18.5' \times 22.1'$ و $1.0''$
 (۴) $18.5' \times 22.1'$ و $4.5''$

(۳۲) تابش خط ۲۱ سانتی متری هیدروژن معمولاً از کدام یک از منابع زیر بیشتر است.

- (۱) ابرهای هیدروژن خنثی HI
 (۲) ابرهای هیدروژن یونیده HII
 (۳) ابرهای هیدروژن ملکولی H_2
 (۴) هسته‌های کهکشانی فعال

(۳۳) اگر دو جزیره در اقیانوس آرام با مختصات $\left. \begin{matrix} 25^\circ S \\ 170^\circ W \end{matrix} \right\}$ و $\left. \begin{matrix} 55^\circ 05' N \\ 135^\circ 25' W \end{matrix} \right\}$ نقاط مبدا و مقصد یک کشتی باشند. کوتاه‌ترین مسیری که این کشتی می‌تواند طی کند چند کیلومتر است؟

(۱) ۲۹۵۰ (۲) ۴۴۰۰ (۳) ۵۹۰۰ (۴) ۹۵۰۰

(۳۴) فرض کنید ستاره‌ای مانند خورشید، در ابتدای شکل‌گیری، کره‌ای به شعاع یک واحد نجومی بوده است؛ 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) فردی بالای برجی به ارتفاع ۴۰۰ متر ایستاده است. کل مساحتی از سطح زمین که این شخص می‌تواند ببیند تقریباً چند کیلومتر مربع است؟

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