

به نام خداوند بخشنده مهربان

آزمون آزمایشی مرحله اول المپیاد نجوم و اخترفیزیک

نهمین تیم جمهوری اسلامی ایران در
المپیاد جهانی نجوم و اخترفیزیک



وقت پیشنهادی: ۱۸۰ دقیقه

تعداد سوالات: ۳۵ سوال

تذکرات:

- استفاده از ماشین حساب مهندسی که قابل برنامه‌ریزی نباشد، مجاز است.
- استفاده از جدول‌های نجومی، تقویم‌های نجومی، اطلس‌ها و آنالماک‌ها به هر شکل که باشند، مجاز نیست.
- هر پاسخ درست سه نمره مثبت و هر پاسخ نادرست یک نمره منفی دارد.
- نتایج آزمون را می‌توانید از طریق سایت نهمین تیم المپیاد جهانی نجوم، 9thioaa.ir پیگیری کنید.

از این صفحه می توانید به عنوان چرک نویس استفاده کنید.

ثوابت فیزیکی و نجومی

$6.67 \times 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$	G ثابت جهانی گرانش
$5.67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^4$	σ ثابت استفان بولتزمن
$1.38 \times 10^{-23} J k^{-1}$	k ثابت بولتزمن
$6.63 \times 10^{-34} J s$	h ثابت پلانک
$1.05 \times 10^{-34} J s$	\hbar ثابت پلانک کاهشده
$3 \times 10^8 m s^{-1}$	c سرعت نور در خلأ
$9.46 \times 10^{15} m$	ly سال نوری
$3.09 \times 10^{16} m$	pc پارسک
$1.5 \times 10^{11} m$	AU واحد نجومی
$6.96 \times 10^8 m$	R_{\odot} شعاع خورشید
$6.38 \times 10^6 m$	R_{\oplus} شعاع زمین
$1.99 \times 10^{30} kg$	M_{\odot} جرم خورشید
$5.97 \times 10^{24} kg$	M_{\oplus} جرم زمین
$5777 K$	T_{\odot} دمای سطح خورشید
$3.85 \times 10^{26} W$	L_{\odot} درخشندگی خورشید
$1362 W m^{-2}$	f_{\odot} ثابت خورشیدی
4.72	قدر مطلق بولومتریک خورشید
-26.7	قدر ظاهری خورشید
$68 km s^{-1} Mpc^{-1}$	H_0 ثابت هابل
$1.67 \times 10^{-27} kg$	m_p جرم پروتون
$1.6 \times 10^{-19} J$	eV الکترون ولت

$$-\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R}$$

انرژی پتانسیل خودگرانشی کره‌ای یکنواخت به جرم M و شعاع R

۱- علت حد تفکیک برای تلسکوپ (قرص ابری) چیست؟

الف) تداخل موج نوری ستاره

ب) پراش

ج) تداخل نور دو ستاره

د) بازتاب نور از سطوح داخلی تلسکوپ

۲- اگر از هرگونه حرکت وضعی و انتقالی زمین و خورشید صرف نظر کنیم، پهنای خط آلفا هیدروژن ($\lambda_0 = 656.28 \text{ nm}$) در طیف خورشید چند نانومتر باید باشد؟ از تقریب‌های لازم استفاده کنید.

الف) 8×10^{-5} (الف) ب) 0.03 ج) 4×10^{-5} د) 0.05

۳- اگر نسبت فشار گاز به فشار کل را با بتا نشان دهیم:

الف) برای ستاره‌هایی با ترکیب مشخص بتا با افزایش جرم افزایش می‌یابد.

ب) برای ستاره‌هایی با جرم مشخص با افزایش بتا میوه کاهش می‌یابد.

ج) برای ستاره‌ای با جرم مشخص بتا و میوه (جرم مولکولی میانگین) مستقل‌اند.

د) برای ستاره‌ای با ترکیب مشخص بتا درخشندگی افزایش می‌یابد.

۴- ستاره‌ای به مرحله غول سرخ رسیده است. کل ستاره را به دو بخش پوسته و هسته تقسیم می‌کنیم به طوری که

جرم پوسته در مقابل جرم هسته تقریباً قابل صرف نظر است و در ابتدا شعاع هسته نصف شعاع ستاره است. در این

مرحله هسته ستاره از هیدروژن سوزی شروع به هلیوم سوزی می‌کند و در اثر این فرآیند هسته‌ی ستاره می‌رمبد.

فرض می‌کنیم شعاع هسته به نصف تقلیل می‌یابد. هسته را همواره کره‌ای با چگالی یکنواخت و فرآیند را شبه

تعادلی یعنی با سرعت کم در نظر بگیرید و فرض کنید انرژی گرانشی "پوسته" این‌گونه با جرم و شعاع ستاره

متناسب است: $-\alpha \frac{GM_*^2}{R_*}$. مطلوب است α را به گونه‌ای بیابید که پس از این گذار، شعاع ستاره پنج برابر شده

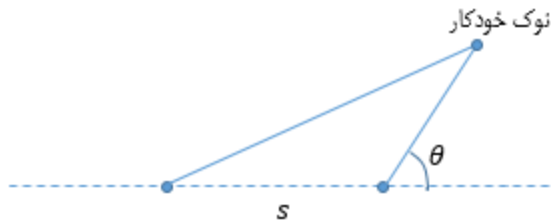
باشد. فرض کنید این اتفاق در زمان کمی نسبت به مقیاس‌های نجومی اتفاق می‌افتد.

الف) ۱,۵ ب) ۰,۶ ج) ۰,۳ د) ۱,۲۵

۵- یک سحابی بسیار بزرگ متشکل از اتم هیدروژن (H_2) در نظر بگیرید که در ابتدا دمای آن حدوداً ۱۷ کلوین است. این سحابی شروع به رمبش می‌کند تا در نهایت به ستاره‌ای خورشیدگون تبدیل شود. اگر فرض کنیم در تمام مدت رمبش سحابی در حالت شبه تعادلی قرار دارد یعنی با سرعت کمی رمبش می‌کند و درخشندگی‌اش تقریباً ثابت است، طول تقریبی زمان رمبش را بیابید. خورشید را کره‌ای یکنواخت در نظر بگیرید.

الف) 9.4 Myr ب) 10 Myr ج) 10 Gyr د) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۶- یک نخ غیر کشسان سفید به طول $l = 10 \text{ cm}$ بر می‌داریم و دو سر آن را به دو نقطه ثابت روی صفحه کاغذ به فاصله $s = 5 \text{ cm}$ محکم می‌کنیم. حال یک خودکار که جوهر پس می‌دهد بر می‌داریم و آن را به نخ گیر می‌دهیم و از نقطه‌ای شروع می‌کنیم همین طور که خودکار به نخ گیر داده شده است خودکار را روی صفحه پیش می‌بریم تا شکلی روی صفحه کشیده شود. هنگام کشیده شدن نوک خودکار روی صفحه به علت جوهری که از خودکار پس زده می‌شود و اضافی بیرون می‌آید، نخ به طور پیوسته رنگی می‌شود. خودکار را با سرعت ثابت ۵ میلی‌متر بر ثانیه حرکت می‌دهیم. سرعت لحظه‌ای رنگ شدن نخ در زاویه $\theta = 90^\circ$ چیست؟



الف) $2.9 \frac{mm}{s}$ ب) $2.2 \frac{mm}{s}$ ج) $5 \frac{mm}{s}$ د) $4.9 \frac{mm}{s}$

۷- در انفجارهای ابرنواختی قبل از اینکه نور ناشی از انفجار به ما برسد نوترینوهای ناشی از آن به ما می‌رسند. با فرض ثابت بودن چگالی ستاره و برابر بودن مقدار آن با 590 kgm^{-3} و کدریت $4 \times 10^{-12} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ و جرم ستاره ۵ برابر جرم خورشید، این تاخیر زمانی چقدر است؟

الف) ۱۵ ثانیه ب) ۱۰ ثانیه ج) ۲۰ ثانیه د) ۵ ثانیه

۸- کدام گزینه نادرست است؟

الف) وجود نواحی یونش در یک ستاره سبب پایداری بیشتر آن می‌شود.

- (ب) همرفت موجب ناپایداری دینامیکی ستاره می‌شود.
 (ج) در ستاره‌های کم جرم، عامل ایجاد نواحی همرفتی کدریت بالا است.
 (د) در ستاره‌های خورشیدگون، ترکیبات در نواحی مختلف هسته یکسان نیست.

۹- جسمی کروی در مداری بیضوی با مشخصات مداری $e=0.2$ و $a=2AU$ به دور خورشید می‌چرخد. این جسم وقتی در زاویه‌ی 37.65° درجه با حضیض قرار دارد در حال حرکت ناگهان ذرات خود را با سرعت 2 کیلومتر بر ثانیه نسبت به خود به بیرون پرتاب میکند. چند درصد مدار این اجسام نقطه‌ای که به بیرون پرت شده‌اند، سهمی است؟

الف) ۲۷

ب) ۳۳

ج) ۴۴

د) هیچکدام!

۱۰- فرض کنید (شاید فرضی غیرمنطقی!) که رابطه‌ی فاصله کانونی یک عدسی با FOV (بر حسب درجه) (میدان دید آن) به صورت زیر باشد:

$$f = A + \frac{B}{FOV^2}$$

اگر برای نوع خاصی از شیشه‌ی عدسی $A = B = 2 \text{ cm}$ ، در آن صورت تعیین کنید اگر ما از این شیشه برای ساخت عدسی چشمی تلسکوپی به فاصله کانونی شیئی $1m$ استفاده کنیم، کمترین کسری از آسمان بالای سر را که (به عنوان میدان دید ظاهری از تلسکوپ) می‌توانیم پشت تلسکوپ ببینیم چه قدر است؟

الف) 3×10^{-8} (ب) 0.0004 (ج) 9.99×10^{-5} (د) 6×10^{-8}

۱۱- یک مرد روستایی که در حوالی طبرس زندگی میکند رویداد نجومی نادری را مشاهده می‌کند که به علت روشنایی کم در شهرهای بزرگ به راحتی قابل مشاهده نیست. این مرد با یکی از دوستان منجمش که در تهران زندگی می‌کند تماس می‌گیرد و اطلاع می‌دهد که این رویداد را در ارتفاع 60° و سمت 120° درجه‌ی غربی مشاهده کرده است. در این لحظه مرد منجم باید تلسکوپش را روی چه سمت و ارتفاعی نشانه برود؟

عرض و طول جغرافیایی طبرس: $\varphi = 34^\circ$, $l = 56.7^\circ E$

عرض و طول جغرافیایی تهران: $\varphi = 35^\circ 44'$, $l = 51^\circ 30' E$

الف) $a = 60^\circ$, $A = 120^\circ W$ (ب) $a = 60^\circ$, $A = 130^\circ W$

$$a = 27.5^\circ, A = 131^\circ W \text{ (د)} \quad a = 62.5^\circ, A = 49^\circ W \text{ (ج)}$$

۱۲- ناهمسانگردی‌های ریز دمایی تابش زمینی کیهانی (CMB) موجب ایجاد چه ساختارهایی شده‌است؟

- الف) ابرخوشه‌های کهکشانی
 ب) خوشه‌های کهکشانی
 ج) کهکشان‌ها
 د) خوشه‌های ستاره‌ای

۱۳- منجمی در لب استخر سرباز در حال مشاهده دو ستاره با مختصات سمتی ارتفاعی $(20^\circ, 40^\circ E)$ و $(30^\circ, 30^\circ E)$ است. در اقدامی ناجوان‌مردانه، او را هل می‌دهیم تا بیفتد داخل استخر(!) و او کماکان علاقه‌مند بررسی این دو ستاره است! او زاویه بین این دو ستاره را در حالت فعلی چند برابر حالت قبلی می‌بیند؟ ضریب شکست آب را $\frac{4}{3}$ بگیرید.

- الف) ۱ (ب) ۱٫۷ (ج) ۰٫۷۹ (د) ۰٫۵۹

۱۴- ناظری از پشت تلسکوپ بازتابی با قطر دهانه‌ی ۸ اینچ، ستاره‌ای متغیر را ۵ برابر کم‌نورتر از نسر واقع (Vega) می‌بیند. قدر ظاهری این ستاره چه قدر گزارش خواهد شد؟

- الف) ۱٫۷۵ (ب) ۵٫۵۵ (ج) ۸٫۱۵ (د) ۱۰٫۹۵

۱۵- یک سی سی دی 400×600 پیکسل داریم که ابعاد هر پیکسل آن ۰٫۵ میکرومتر است. این سی سی دی را در صفحه‌ی کانونی تلسکوپ با فاصله‌ی کانونی ۱٫۵ متر قرار می‌دهیم. میدان دید سی سی دی چند ثانیه قوسی مربع است؟

- الف) 5.5×10^{-3} (ب) 47 (ج) 4.7×10^{-3} (د) 1150

۱۶- موشکی را از نقطه الف به مختصات $(50^\circ E, 30^\circ)$ به نقطه ب به مختصات $(10^\circ W, 89^\circ)$ پرتاب می‌کنیم. سرعت اولیه این موشک برابر است با سرعت فرار تقسیم بر $\sqrt{2}$. خروج از مرکز مدار این موشک را بیابید.

- الف) ۰٫۸۷ (ب) ۰٫۸ (ج) ۰٫۶۲ (د) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۱۷- چه دمای مؤثری (کلوین) کافی است تا قدر مطلق بولومتریک ستاره تقریباً برابر قدر مطلق مرئی آن شود؟

الف) ۳۵۰۰ (ب) ۶۵۰۰ (ج) ۹۵۰۰ (د) ۱۲۵۰۰

۱۸- کشوری به شکل یک دایره صغیره را در نظر بگیرید که شعاع آن ۳۳۵۰ کیلومتر و مرکز آن در عرض جغرافیایی ۴۵ قرار دارد. در اول فروردین هر خانه ی این کشور به محض اینکه غروب خورشید را مشاهده می کند چراغ خانه خود را روشن می کند. آخرین خانه ای که چراغ خانه خود را روشن می کند چه مدت زمان بعد این کار را انجام میدهد؟ مبداء زمان را روشن شدن چراغ اولین خانه این کشور بگذارید.

الف) $3h$ (ب) $6h$ (ج) $4h$ (د) $4.7h$

۱۹- تغییری که در طول موج یک فوتون هنگام عبور از فاصله ی 0.003 پارسی یک سیاه چاله ی ابرپرجم ($10^8 M_{\odot}$) ایجاد می شود، معادل با ورود به یک محیط جدید با چه ضریب شکستی است؟

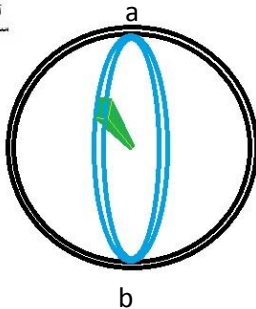
الف) ۱ (ب) ۱.۰۰۷ (ج) ۱.۰۰۱۶ (د) ۱.۰۳۲

۲۰- فرض کنید سیارکی در مداری با نیم قطر اطول $1.2 AU$ به دور خورشید می چرخد. وقتی سیارک در حضيض مدار خود است ناگهان خورشید از کانونی که در آن هست به کانون دیگر می رود!! خروج از مرکز مدار اولیه چقدر باشد تا پس از این جابجایی مدار سیارک سهموی شود؟

الف) ۰,۲۷ (ب) ۰,۱۲ (ج) ۰,۲۴ (د) ۰,۶

۲۱- در زمان سامورایی ها، ستاره شناسان ژاپنی از تلسکوپ هایی استفاده می کردند که به شرح زیر بود:

مشکی: دایره ثابت
آبی: دایره متحرک
سبز: لوله تلسکوپ



مقر این تلسکوپ ها متشکل از یک دایره ی ثابت بود که عمود بر سطح زمین محکم میشد و دایره ی متحرک دیگری (کمی کوچکتر از دایره ی ثابت) درون آن قرار داشت و در دو نقطه ی a و b به دایره ی ثابت متصل بود. a و b روی دایره ی ثابت می چرخیدند و دایره ی متحرک می توانست حول ab بچرخد. لوله ی تلسکوپ درون دایره ی متحرک قرار میگرفت و میتوانست درون آن بچرخد.

این مقر معادل کدام یک از مقرهای امروزی است؟

الف) مقرر سمتی-ارتفاعی

ب) مقرر استوایی

ج) بسته به نحوه ی استفاده میتواند معادل مقرر سمتی_ارتفاعی یا مقرر استوایی باشد.

د) معادل هیچ کدام نیست.

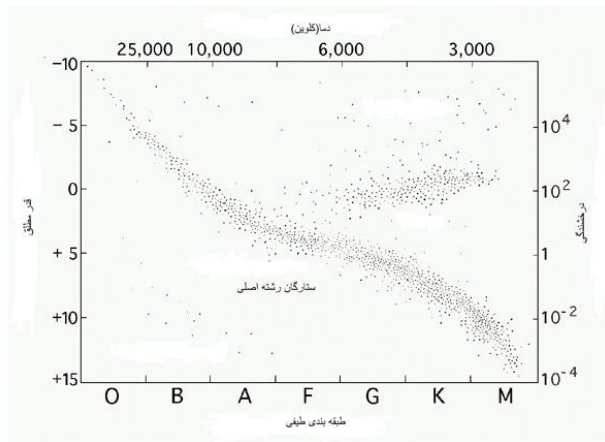
۲۲- دو ناخدا تصمیم میگیرند از شهری با عرض ۴۰ درجه شمالی و طول ۳۰ درجه شرقی به شهری با عرض ۴۰ درجه شمالی و طول ۲۰ درجه شرقی بروند ناخدای اول تصمیم میگیرد در تمام مسیر به سمت غرب حرکت کند ولی ناخدای دوم میخواهد طوری حرکت کند که شهر درست رو به روی او باشد. آیا این دو راه با هم تفاوت دارند؟ اختلاف مسیر بین رسیدن این دو ناخدا به مقصد چند متر است؟

د) مسیرها با هم فرقی ندارند.

۲۰۰(د)

۱۲۵(ب)

۴۵۰(الف)



۲۳- فرض کنید در حال بررسی خوشه‌ای هستیم و در میابیم که تمام ستاره‌های این خوشه رشته اصلی هستند. سپس در میابیم که ستاره‌ای با دما ۶۰۰۰ درجه‌ی کلوین قدر ظاهری برابر +۲۰ دارد حال با توجه به نمودار زیر فاصله‌ی خوشه را از ما کدام یک از گزینه‌های زیر است؟

الف) ۱۰ پارسک

ب) ۱۰۰ پارسک

ج) ۱۰۰۰ پارسک

د) ۱۰۰۰۰ پارسک

۲۴- کدام یک از اجرام یا پدیده‌های زیر شمع استاندارد مناسبی نیست؟

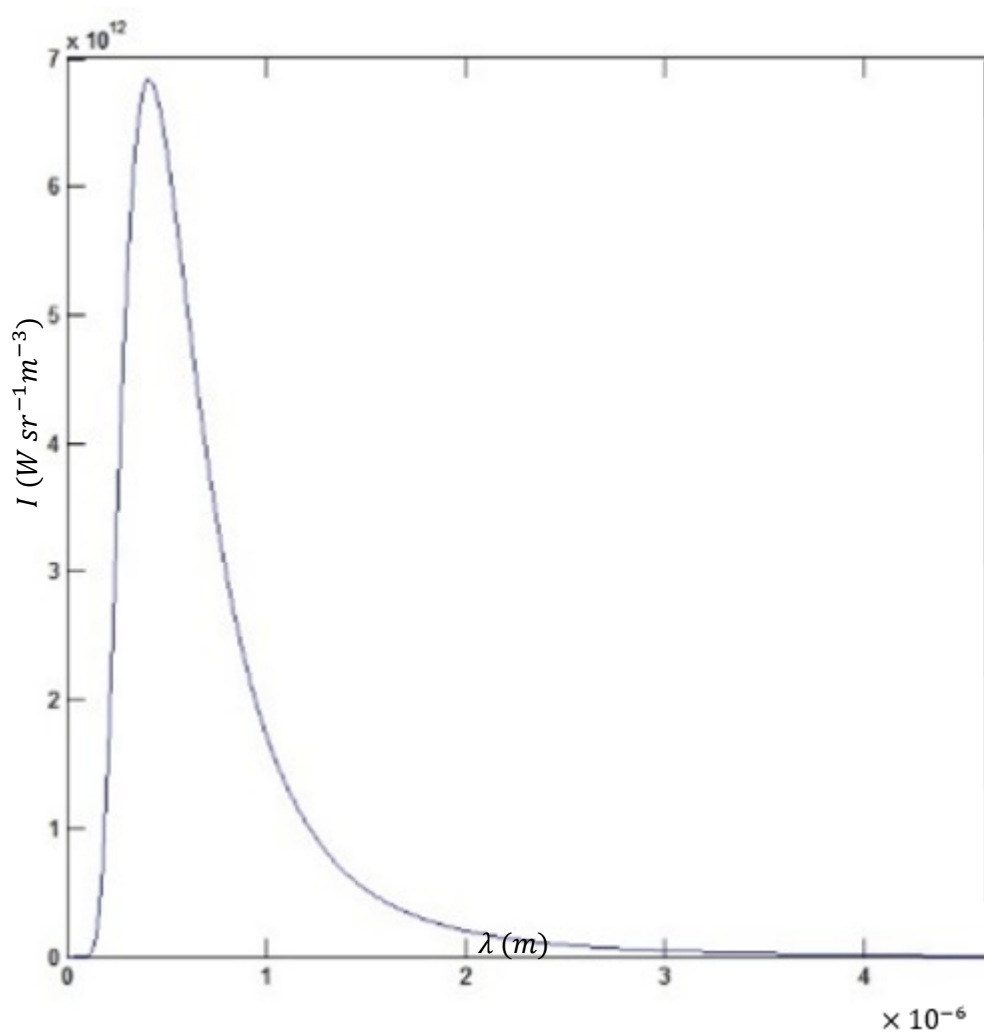
ب) تابش X ستاره‌های نوترونی

الف) متغیرهای قیفاووسی

د) ابرنواخترهای Ia

ج) فلش هلیوم (Helium Flash)

۲۵- طیف زیر طیف یک ستاره فرضی است. برای این ستاره نسبت دمای موثر به دمای که از قانون وین بدست می آید چقدر است؟



الف) ۱,۷ ب) ۰,۹ ج) ۰,۶ د) ۱

۲۶- می دانیم که فوتون های رسیده از خورشید به دلیل پدیده ابیراهی از دید زمین به صورت عمود به زمین نمیخورند بلکه زاویه کوچکی با راستای عمود به سرعت زمین میسازند. این امر باعث بوجود آمدن یک نیرو در خلاف جهت حرکت زمین میشود، این نیرو چقدر است؟

الف) ۶۰ نیوتن ب) ۶۰ هزار نیوتن ج) ۶۰۰ میلیون نیوتن د) ۲۴۰ هزار نیوتن

۲۷- یک پروژکتور دایروی با شدت $500 \text{ Wm}^{-2} \text{sr}^{-1}$ داریم. این پروژکتور را از پشت یک تلسکوپ شکستی با قطر دهانه ۳ متر و قطر چشمی ۵ cm با فاصله کانونی ۵ متر مشاهده میکنیم. قطر پروژکتور را ۱ متر در نظر بگیرید و ما در فاصله ۳ متری از آن هستیم. فرض کنید که دهانه تلسکوپ با خط عمود بر پروژکتور زاویه ۳۰ میسازد. شدت آن را از پشت چشمی چند برابر میبینیم؟

الف) ۱ ب) $\cos 30$ ج) $\cos 60$ د) $\frac{1}{4\pi \times 3^2}$

۲۸- فرض غیر واقعی می‌کنیم میدان مغناطیسی داخل زمین با تقریب خوبی یکنواخت است و قطب شمال مغناطیسی را روی قطب جنوب جغرافیایی می‌گیریم. محموله یک کیلوگرمی پستی را به اندازه 5C- باردار می‌کنیم و از شهر الف به مختصات $(20^\circ E, 30^\circ)$ می‌فرستیم به شهر ب با مختصات $(40^\circ E, 30^\circ)$. به طوری که مسیر محموله از داخل زمین در صفحه‌ای عمود بر میدان مغناطیسی باشد. فرض می‌کنیم که گرانش برای محموله اثری ندارد و محموله از داخل زمین رد می‌شود! اگر به محموله سرعت اولیه $1 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ عمود بر سطح زمین به داخل زمین بدهیم، چند دقیقه طول می‌کشد پست آن طرف دریافت شود؟ بزرگی میدان مغناطیسی زمین را $1 \text{G} = 10^{-4} \text{ T}$ بگیرید.

الف) ۱۷ ب) ۸۲ ج) ۳۳ د) ۳۹

۲۹- کهکشان کوتوله‌ی a در مدار دایره‌ای با شعاع ۱۰۰ کیلوپارسک به دور کهکشان بزرگ b که در فاصله ۸۰۰ کیلوپارسکی از ما قرار دارد، می‌چرخد. با تلسکوپ هابل به رصد این دو کهکشان می‌پردازیم. در اولین لحظه‌ای که می‌توانیم دو کهکشان را از یکدیگر تفکیک کنیم، قرمزگرایی کهکشان a را حدوداً چقدر اندازه می‌گیریم؟ (کهکشان b را ساکن فرض کنید و از اثرات انبساط هابلی چشم‌پوشی کنید.)

الف) 4.5×10^{-15} ب) 1.5×10^{-8} ج) 3.7×10^{-6} د) 5.6×10^{-12}

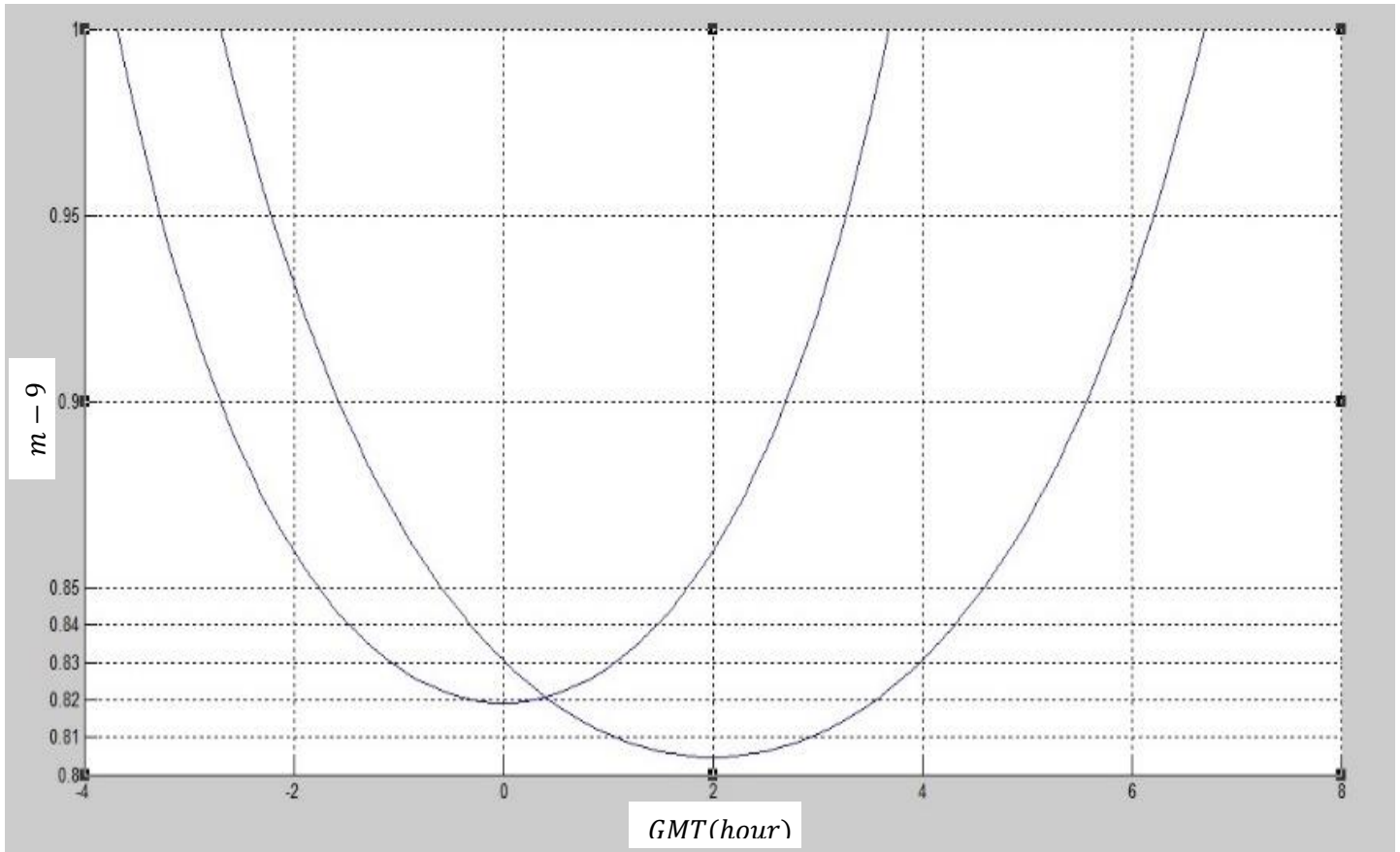
۳۰- نمودار قدر مشاهده شده بر حسب زمان دو ستاره با اطلاعات زیر به شکل روبرو است. عرض جغرافیایی ناظر را بیابید.

ستاره ۱:

$$M_1 = 4.5, \delta = 15^\circ, d_1 = 100pc$$

ستاره ۲:

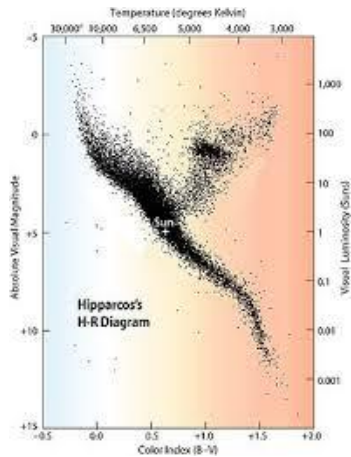
$$M_2 = 9.5, \delta = 45^\circ, d_2 = 10pc$$



الف) 27 ب) 5 ج) 35 د) 60

۳۱- در یک ستاره که تماماً از $^{17}_8O$ یونیزه تشکیل شده است، ذرات به طور میانگین چند واحد اتمی جرم دارند؟

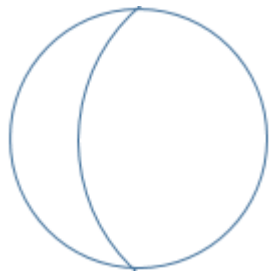
الف) ۸ ب) $\frac{17}{8}$ ج) $\frac{17}{9}$ د) ۱۷



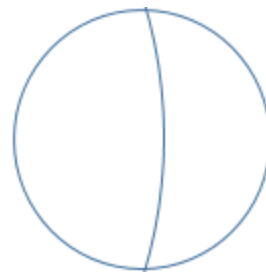
۳۲- شکل روبرو، نمودار هرتزپرونگ راسل تهیه شده از ستارگان کهکشان راه شیری است. با توجه به این نمودار، کهکشان ما تا به حال حداقل چند مرحله ستاره زایی عظیم را پشت سر گذاشته است؟

- الف) ۱ ب) ۲ ج) ۳ د) بیش از ۳

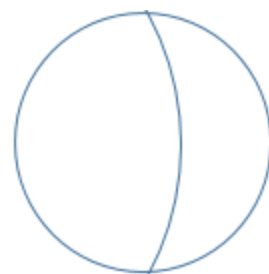
۳۳- رصدگری در زمان‌های مختلف چند عکس از ماه گرفته است. به طور تصادفی یکی از عکس‌های او را انتخاب کردیم. آن عکس کدام یک می‌تواند باشد؟ (در شکل‌ها قسمت راست ماه روشن و قسمت چپ تاریک است.)



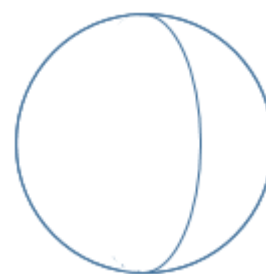
(ب)



الف)



(د)



ج)

۳۴- شخصی در اتاقی که سقف گنبدی دارد دراز کشیده است. وسط سقف به اندازه ۲۵ cm سوراخ است و آسمان دیده می شود. ارتفاع گنبد ۴ متر و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه است. ستاره ای که از سر سو می گذرد برای چه مدت قابل مشاهده است؟

د) $19^m 26^s$

ج) $12^m 4^s$

ب) $17^m 12^s$

الف) $14^m 24^s$

۳۵- دستگاه یکاهای پلانک یک دستگاه اندازه گیری است که در آن تمام ثوابت بنیادی طبیعت (در واقع آنهایی که در حال حاضر بنیادی محسوب می شوند) مقدار عددی برابر یک دارند. این ثوابت شامل ثابت جهانی گرانش G ، سرعت نور در خلا C ، ثابت کاهیده ی پلانک (\hbar) ، ثابت بولتزمن K می شوند. عمر کیهان در دستگاه یکاهای پلانک تقریباً برابر با چند یکای زمان است؟

الف) 10^{44}

ب) 10^{54}

ج) 10^{61}

د) 10^{64}

التماس دعا

یا علی