

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 ۲۴۰ 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 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

$$6/67 \times 10^{-11} m^2 kg^{-1} s^{-1}$$

$$5/67 \times 10^{-8} W m^2 K^{-2}$$

$$6/63 \times 10^{-32} Js$$

$$3 \times 10^{-8} ms^{-1}$$

$$365/24 days$$

$$365/24 days$$

$$3/09 \times 10^{16} m$$

$$1/50 \times 10^{11} m$$

$$9/46 \times 10^{15} m$$

$$6/96 \times 10^{-8} m$$

$$6/38 \times 10^{-6} m$$

$$7/15 \times 10^{-7} m$$

$$1/74 \times 10^{-6} m$$

$$3/84 \times 10^{-8} m$$

$$1/99 \times 10^{20} kg$$

$$5/97 \times 10^{22} kg$$

$$1/90 \times 10^{27} kg$$

$$5/79 \times 10^{-6} kg$$

$$3/85 \times 10^{26} W$$

$$1/37 \times 10^{-2} W m^{-2}$$

$$2/54 cm$$

$$-36/8$$

$$13/7$$

$$10^{10} years$$

$$70 Ks^{-1} Mpc^{-1}$$

$$1/60 \times 10^{-19} J$$

G ثابت جهانی گرانش

kg ثابت استفان بولتزمن

h ثابت پلانک

c سرعت نور

سال نجومی

سال اعتدالی

pc پارسک

Au واحد نجومی

L_y سال نوری

$R_{\odot}$ شعاع خورشید

$R_{\oplus}$ شعاع زمین

شعاع مشتری در استوا

شعاع ماه

شعاع مداری ماه

$M_{\odot}$ جرم خورشید

$M_{\oplus}$ جرم زمین

جرم مشتری

$T_{\odot}$ دمای خورشید

$L_{\odot}$ درخشندگی خورشید

ثابت خورشیدی

in اینچ

$m_{\odot}$ قدر ظاهری خورشید

قدر ظاهری ماه بدر

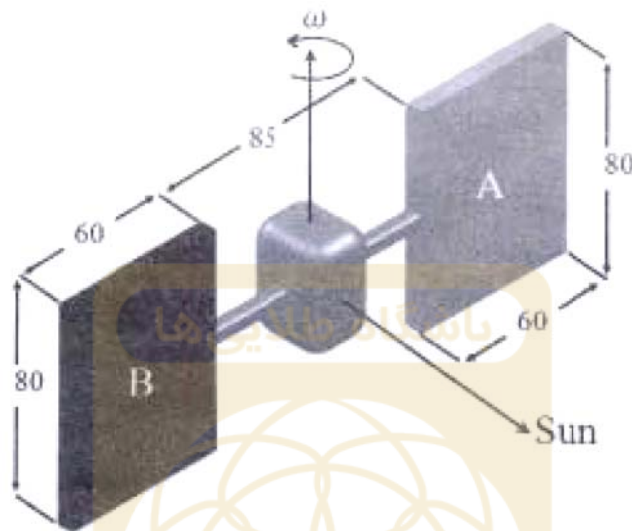
عمر خورشید

$H.$ ثابت هابل

eV الکترون ولت



(۱) هنگامی که نور به سطح یک جسم برخورد می‌کند. فوتون‌ها به واسطه‌ی تغییر تکانه‌ی خطی خود، بر سطح نیرو وارد می‌کند. این نیرو که تنها ناشی از تابش است $\frac{1}{c}$ نیروی تابشی نامیده می‌شود. همچنین انرژی فوتون‌ها از رابطه‌ی $E = pc$ بدست می‌آید. در این رابطه، P اندازه حرکت خطی فوتون‌ها 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.



(ج) موافق $2/2 \times 10^{-6}$

(و) مخالف $2/2 \times 10^{-6}$

(ب) موافق $9/3 \times 10^{-7}$

(ه) مخالف $9/3 \times 10^{-7}$

(الف) موافق $1/6 \times 10^{-6}$

(د) مخالف، $1/6 \times 10^{-6}$

(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 NGC ۴۸۲۶ کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟

(ب) $\alpha = 06^h.1^m, \delta = +23^\circ 19'$

(د) $\alpha = 30^h.6^m, \delta = -31^\circ 55'$

(الف) $\alpha = 2^h 38^m, \delta = -19^\circ 3'$

(ج) $\alpha = 12^h 57^m, \delta = +21^\circ 47'$

(۳) چگالی جرمی نشانه‌ی 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) $p = 1$ ، $m = 2$ ، $n =$

(ب) $p = -2$ ، $m = -1$ ، $n =$

(ج) $p = -2$ ، $m = 0$ ، $n =$

(د) $p = -2$ ، $m = 0$ ، $n =$

(ه) $p = -2$ ، $m = -2$ ، $n =$

(و) $p = 2$ ، $m = 0$ ، $n =$

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 9×10^{-11} 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 $1/4 \times 10^9 m$ و محور دوران ستاره منطبق بر صفحه کروی سماوی فرض کنید)

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

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؟

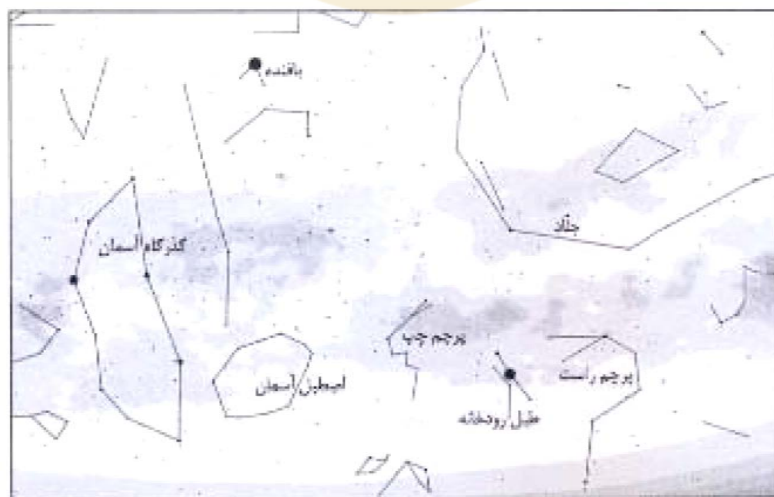
ستاره A	ستاره B
قدر مطلق ۴/۵	۱/۵
قدر ظاهری -۰/۵	۱/۵
میل +۳۰°	+۴۵°
بعد ۱۳۶	۴۶°

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؟ ($FOV = 45^\circ$)

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

۷) صویری که مشاهده می‌کنید، نشان دهنده‌ی بخشی از آسمان است که مثلث تابستانی در آن قرار گرفته‌است. در این تصویر صورت‌های فلکی به شکلی که تمدن‌های قدیمی کره‌ی می شناخته‌اند، مشخص شده‌است. ستاره‌ی دُئب در کدام صورت فلکی کره‌ای قرار دارد؟



الف) اصطلب آسمان ب) طبیل 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) ۲۰ کیلومتر (د) ۵۰ کیلومتر (ه) ۹۰ کیلومتر (و) ۳۰۰ کیلومتر

۹) جموع زوایای داخلی مثلث تابستانی $3/37$ رادیان و مجموع زوایای داخلی مثلث زمستانی $3/263$ رادیان است. با فرض اینکه ستاره‌ها به صورت همگن توزیع شده باشد. نسبت تعداد ستاره‌های درون مثلث تابستانی به ستاره‌های درون مثلث زمستانی چقدر است؟

- الف) $1/4$ (ب) $0/7$ (ج) $1/01$ (د) $0/99$ (ه) $1/2$

۱۰) انحنای زمین ارسال امواج رادیویی و این آنتن‌های زمینی در فواصل طولانی محدود می‌کند. برای ارسال امواج رادیویی به فواصل طولانی‌تر، از یکی از لایه‌های جو به نام یون سپهر استفاده می‌شود. بدین ترتیب که آنت فرستنده امواج رادیویی را به سوی یون سپهر ارسال می‌کند این امواج پس از برخورد به یون سپهر به سمت زمین بازتاب می‌شوند و به آنتن گیرنده می‌رسد. با فرض آن که بازتاب از یون سپهر به صورت ؟ باشد و فقط از یک بار بازتابش استفاده کنیم، بیش‌ترین فاصله‌ی دو آنتن گیرنده و فرستنده در روی زمین چه قدر می‌تواند باشد؟ (ارتفاع لایه‌ی بازتاب کننده یون سپهر را 110 km در نظر بگیرید و از ارتفاع آنتن‌های رادیویی صرف نظر کنید)

- الف) 1300 km (ب) 350 km (ج) 1700 km (د) 7400 km

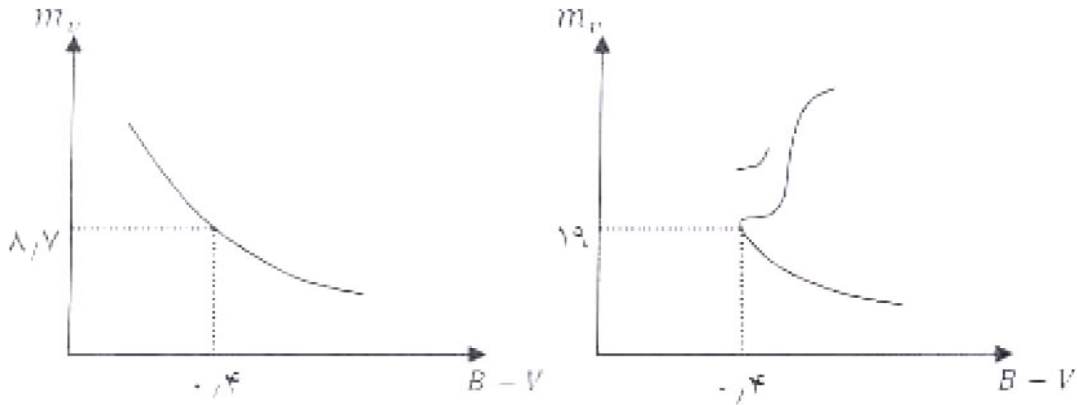
۱۱) خورشید هنگام غروب کمی بیضی وار مشاهده می‌شود. جهت قطر بزرگ‌ترین بیضی در شهری با عرض جغرافیایی 51° درجه.....
الف) به افق زاویه 51° درجه دارد.
ب) موازی افق است.
ج) به افق زاویه 39° درجه می‌سازد.
د) عمود بر افق است.

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 100 km/s و چگالی تعدادشان $0/0039\text{ Mpc}^{-3}$ است. اگر جرم متوسط هر کهکشان $3 \times 10^{32}\text{ gr}$ باشد، چه فشار تقریبی را می‌توان به این خوشه‌ی کهکشانی نسبت داد؟

- الف) 10^{22} Pa (ب) $3 \times 10^{-17}\text{ Pa}$ (ج) $7 \times 10^6\text{ Pa}$ (د) $9 \times 10^{-20}\text{ Pa}$ (ه) $9 \times 10^6\text{ Pa}$

نمودار قدر ظاهری - رنگ برای دو خوشه‌ی ستار ای مطابق شکل های زیر به دست 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.

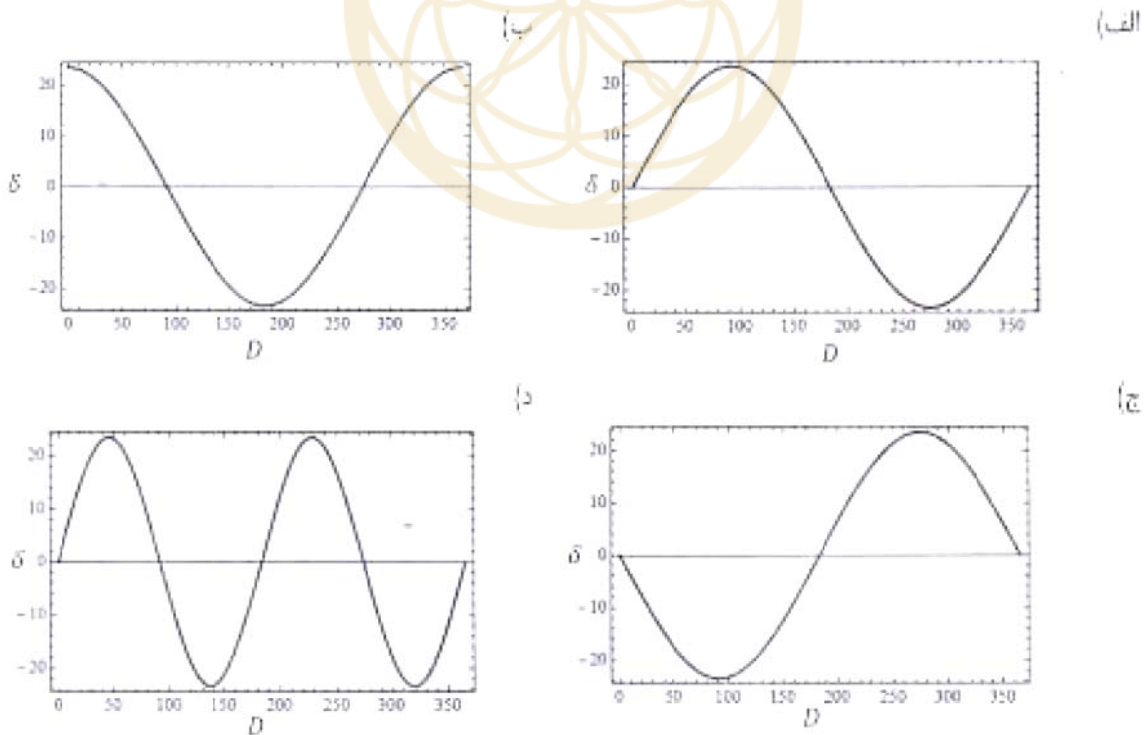
ب) خوشه‌ی ۱ کروی، خوشه‌ی ۲ باز و خوشه‌ی ۲ به زمین نزدیک‌تر است.

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

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

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.

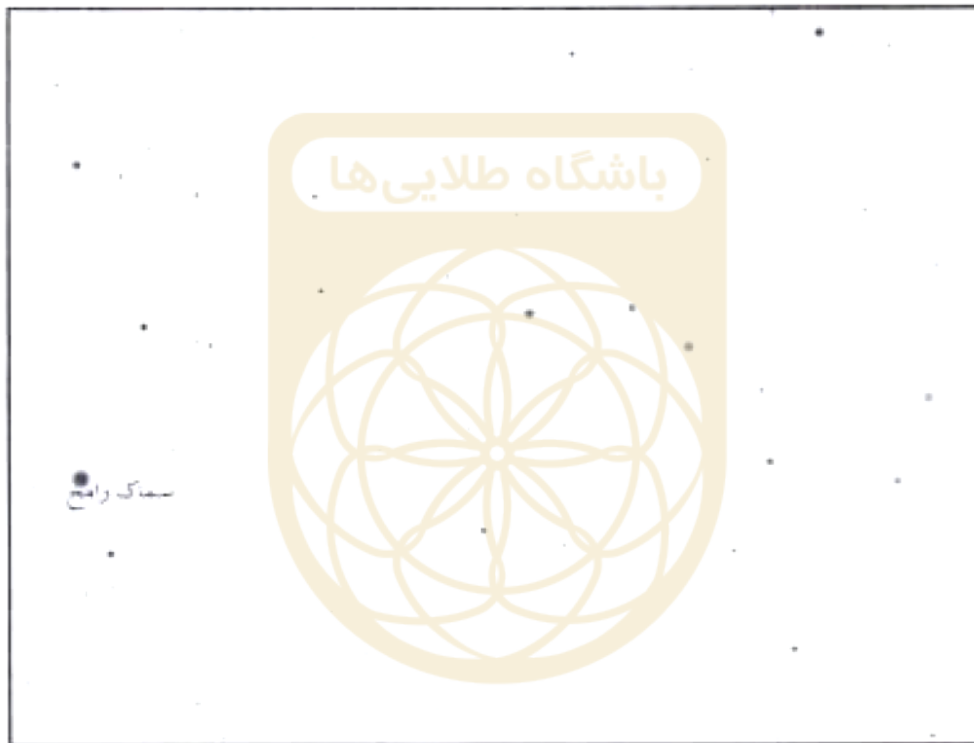
ج) رصدها نشان می‌دهند که کم‌تر از ۵۰ درصد عالم از ماده‌ی درخشان تشکیل شده است.

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 ستارهای آسمان را نشان می‌دهد که نام یکی از ستاره‌ها در آن مشخص شده است.



کدام یک از صورت‌های فلکی زیر در نقشه موجود نیست؟

الف) دب اکبر

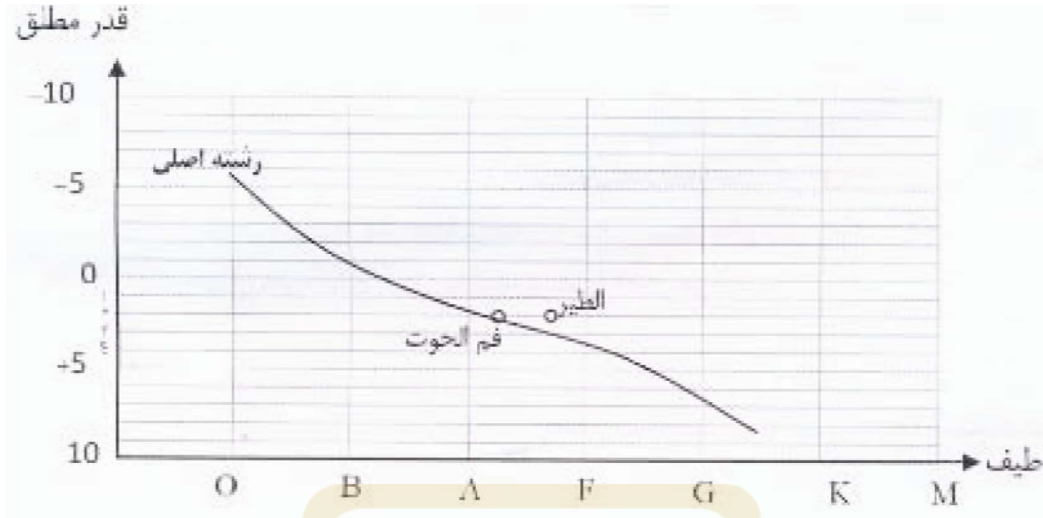
ب) کلیل شمالی

ج) سنبله

(۱۷)

بر اساس قانون انبساط هابل، سرعت نسبی دور شدن دو جسم که به واسطه R از یکدیگر قرار گرفته‌اند درزمان حال به صورت $v = H \cdot R$ است. با توجه به تعریف $t_H \equiv H^{-1}$ 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 دقیقاً برابر با t_H است.

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



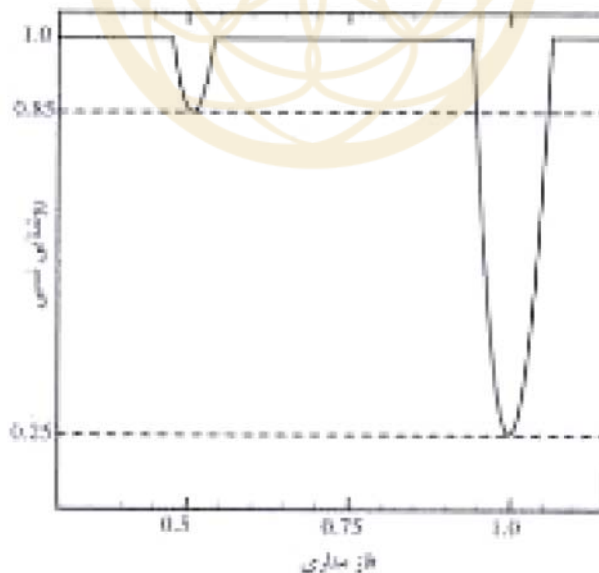
(د) ۲/۷

(ج) ۱/۷

(ب) ۱/۵

(الف) ۰/۷

(۱۹) نمودار زیر منحنی نوری یک دوتایی رفتی را نشان می دهد. اگر ستاره ای که در کمینه ی اولیه پوشانده می شود، یک ستاره ی خورشیدگون باشد، دمای سطح ستاره ی دیگر چه خواهد بود؟ (وقتی منظومه ی دوتایی کم ترین میزان روشنایی را داراست می گوئیم در کمینه ی اولیه قرار دارد)



(ج) $6200K$

(ب) $7500K$

(الف) $8100K$

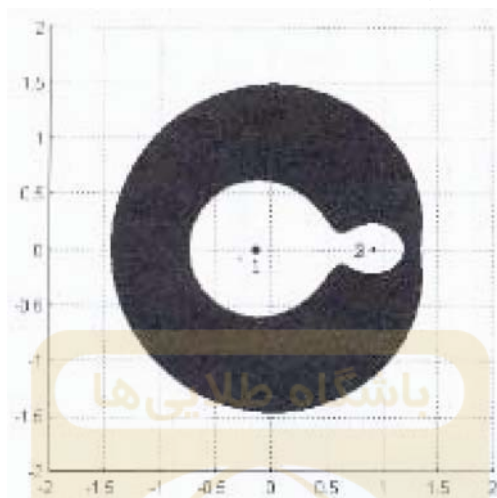
(ه) $2900K$

(د) $4400K$

(۲۰) یک سیستم دوتایی متشکل از دو ستاره ی ۱ و ۲ در یک صفحه، مطابق شکل قرار دارند یک ستاره ی کوچک در فضای میان دو ستاره قرار دارد و در صفحه ی مداری دو ستاره حرکت می کند. حرکت سیاره به گونه ای 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 ستاره ی ۱ و گاهی به دور ستاره ی ۲ می گردد.
 ب) سیاره همیشه به دور ستاره ی ۱ می گردد.
 ج) سیاره همیشه به دور ستاره ی ۲ می گردد.
 د) سیاره از این منظومه ی دوتایی فرار می کند.

(۲۱) در هزار سال گذشته، بسیاری از منجمین اسلامی نتایج رصدهای خود را در قالب « مریخ » منتشر کرده اند. محتوای زیج ها عموماً جدول های خسوف و کسوف، مقدار عددی توابع نجومی، تعدیل زمان، عرض های جغرافیایی، محاسبه ی سرعت میانگین خورشید و سیارات و ... بوده است. از مهم ترین زیج های دوره ی اسلامی می توان 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 سنجر (قرن ششم) سرعت زاویه ای میانگین خورشید در کره ی آسمان را بر حسب درجه بر روز، در دستگاه شصت گانی به صورت زیر گزارش کرده است:

$$۰^{\circ} : ۵۹ : ۰۸ : ۲۰ : ۲۳ : ۵۳ : ۰۴ : ۲۹ : ۴۰$$

باتوجه به این مقدار، سال اعتدالی چقدر است؟

- الف) ۳۶۵ روز و ۵ ساعت و ۵۰ دقیقه
 ب) ۳۶۵ روز و ۶ ساعت و ۱۰ دقیقه
 ج) ۳۶۴ روز و ۹ ساعت و ۲۰ دقیقه
 د) ۳۶۴ روز و ۲۲ ساعت و ۱۰ دقیقه
 ه) ۳۵۴ روز 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؟



(ج) $65^{\circ}S$

(و) $55^{\circ}N$

(ب) $55^{\circ}S$

(ه) $35^{\circ}N$

(الف) $35^{\circ}S$

(د) $65^{\circ}N$

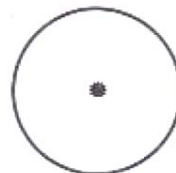
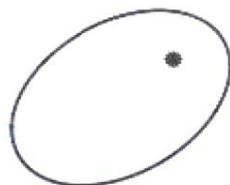
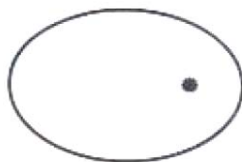
(۲۳) بردار کشیده شده در شکل، بردار سرعت یک جسم کوچک در منظومه‌ی شمسی را به سمت خورشید در یک لحظه نشان می‌دهد. شکل مدار این جسم کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟



(ج)

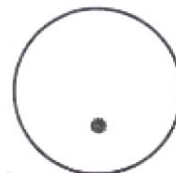
(ب)

(الف)

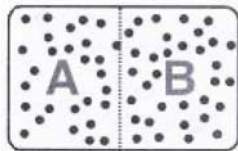


(ه)

(د)



(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) 10^{-13} ثانیه ب) 10^{-18} ثانیه ج) 10^{-10} ثانیه د) 10^{-2} ثانیه ه) ۱ ثانیه

(۲۵) دو دنباله دار در مدارهای باز در منظومه ی شمسی در گردش هستند. مدار دنباله دار اول سهمی شکل و مدار

دنباله دار دوم هذلولی شکل است. زمانی که دو دنباله دار در فاصله ی برابر از خورشید قرار گرفته اند، سرعت دنباله دار اول 40 km/s و سرعت دنباله دار دوم 50 km/s نسبت به خورشید است. هنگامی که دنباله دار دوم در فاصله ی بی نهایت از خورشید قرار می گیرد (از گرانش خورشید خارج می شود)، سرعت آن چند کیلومتر بر ثانیه خواهد بود؟

- الف) ۴۰ ب) ۳۰ ج) ۳۱ د) ۶۴ ه) ۱۰

باشگاه طلایی ها

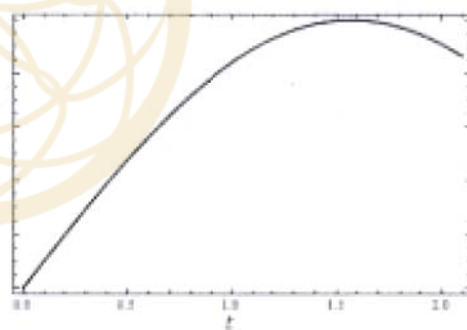
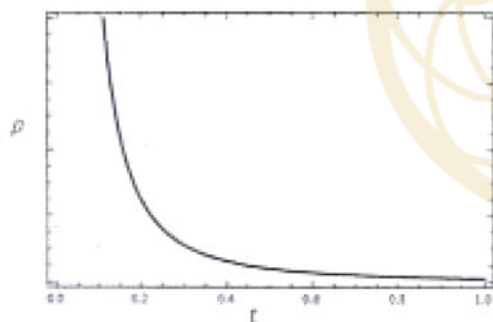
(۲۶) در دوره های از تحول کیهان، عالم عمدتاً از ماده ی غیر نسبیتی تشکیل شده باشد، نمودار چگالی عالم با زمان،

کدام گزینه است؟ فرض کنید ضریب مقیاس α ، که معیاری از شعاع عالم است، در آن دوران، با زمان رابطه ی زیر را دارد:

$$\alpha \propto t^{\frac{2}{3}}$$

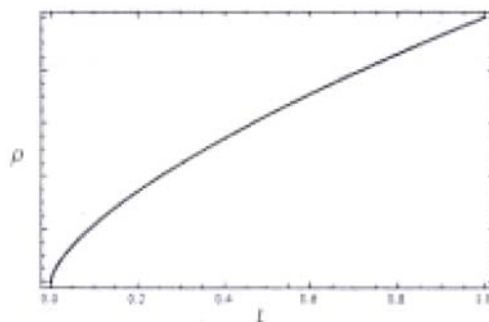
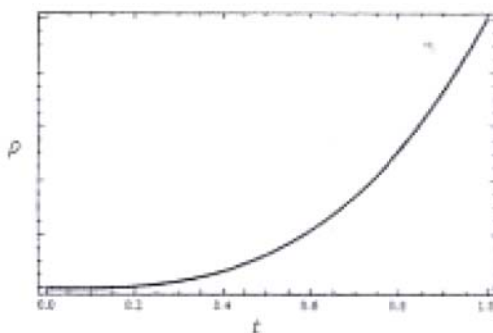
ب)

الف)

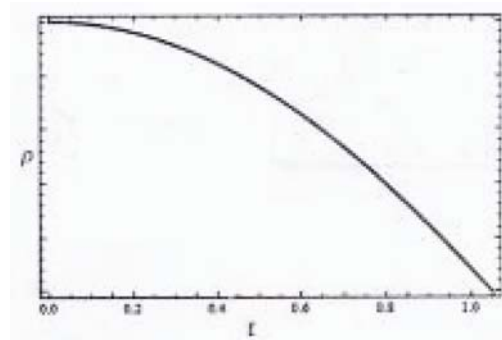


د)

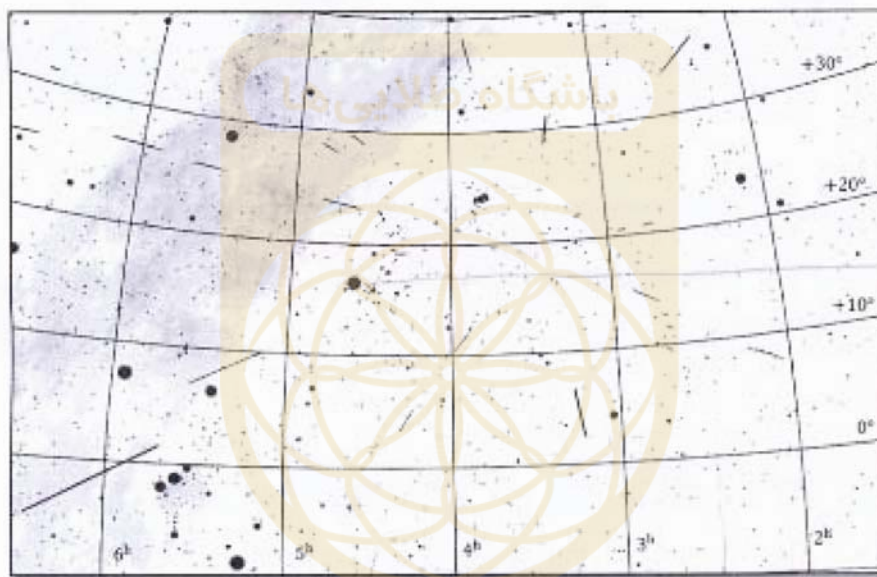
ج)



(۵)



(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) $\alpha = 2^h 30^m$ و $\delta = -20^\circ$
 (ب) $\alpha = 4^h 30^m$ و $\delta = +15^\circ$
 (ج) $\alpha = 3^h 30^m$ و $\delta = +20^\circ$
 (د) $\alpha = 2^h 30^m$ و $\delta = +35^\circ$

(۲۸) طول و عرض جغرافیایی مکه ی مکرمه به ترتیب $39^\circ 54'E$ و $21^\circ 27'N$ است. در لحظه‌ای که خورشید دقیقاً در سمت الرأس مکه قرار دارد. ناظری خورشید را به سمت صفر و ارتفاع 10° مشاهده می‌کند. مکان این ناظر، کدام یک از گزینه های زیر می‌تواند باشد؟

- (الف) $\phi = 78^\circ 33'N$ و $l = 140^\circ 6'W$ (ب) $\phi = 78^\circ 33'N$ و $l = 50^\circ 6'W$
 (ج) $\phi = 68^\circ 33'S$ و $l = 39^\circ 54'E$ (د) $\phi = 68^\circ 33'S$ و $l = 129^\circ 54'E$

(ه) این پدیده امکان پذیر نیست.

(۲۹)

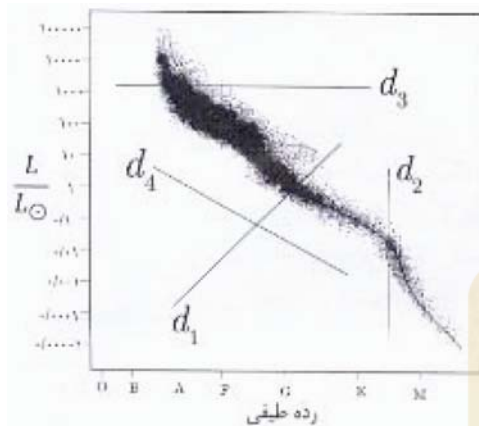
تا چه زمانی سرعت چرخش زمین به دور خودش بر اثر نیروی جزر و مدی ماه کاهش پیدا خواهد کرد؟

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.



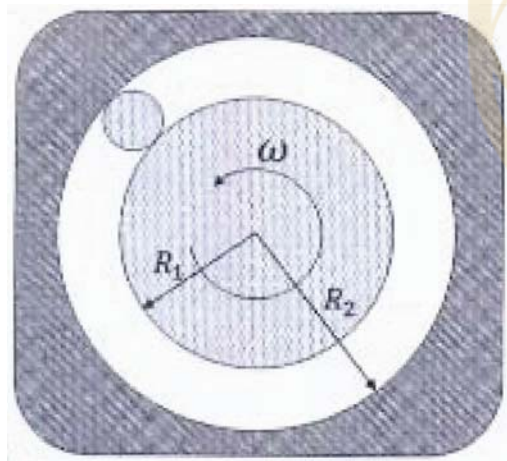
(د) d_4

(ج) d_2

(ب) d_2

الف) d_1

باشگاه طلایی‌ها



یک غلتک در فضای میان دو استوانه‌ی هم مرکز به شعاع

(۳۱)

های R_1 و R_2 مطابق شکل قرار گرفته‌است. استوانه‌ی خارجی ثابت است و استوانه‌ی داخلی با سرعت زاویه‌ای 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؟

(ه) $\frac{4}{3}$

(د) $\frac{5}{3}$

(ج) ۴

(ب) ۳

الف) ۲

مثث ABC را به گونه‌ای در نظر بگیرید که $\bar{A} = \frac{\pi}{4}$ ، $AB = \frac{\pi}{4}$ ، و $AC = \theta$. در کدام یک از حالات

(۳۲)

زیر مثث ABC حتماً به صورت یکتا مشخص می‌شود؟

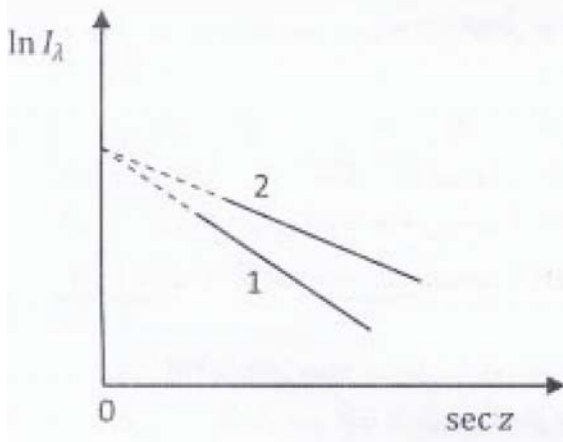
(ج) $\frac{\pi}{6} < \theta \leq \frac{\pi}{4}$

(ب) $\frac{\pi}{5} < \theta \leq \frac{2\pi}{7}$

الف) $\theta < \frac{\pi}{6}$

(ه) $\frac{\pi}{7} \leq \theta < \frac{\pi}{5}$

(د) $\frac{\pi}{4} \leq \theta < \frac{\pi}{2}$



(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 ثابتی مثبت هستند. اگر $\alpha > \beta$ و $m > n$ کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

- الف) در تمامی دماها آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی PP غالب است.
 ب) در تمامی دماها آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی CNO غالب است.
 ج) ابتدا آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی PP غالب است و سپس با افزایش دما آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی CNO غالب می‌شود.
 د) ابتدا آهنگ تولید انرژی در چرخه‌ی CNO غالب 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:

$$v = 3978 \text{ m/s} \quad a = 1/341 \text{ m/s}^2$$

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

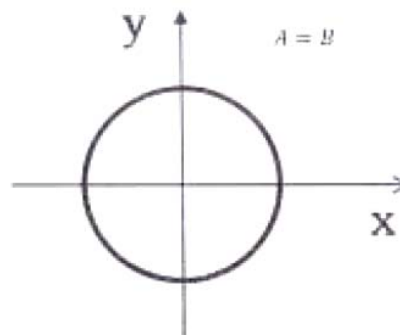
- الف) $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ (ب) $4 \times 10^{22} \text{ kg}$ (ج) $3 \times 10^{25} \text{ kg}$ (د) $4 \times 10^{23} \text{ kg}$ (ه) $7 \times 10^{23} \text{ kg}$

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

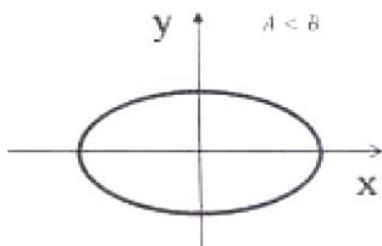
$$Ax^2 + By^2 = C$$

A ، B و C اعداد حقیقی مثبت هستند.

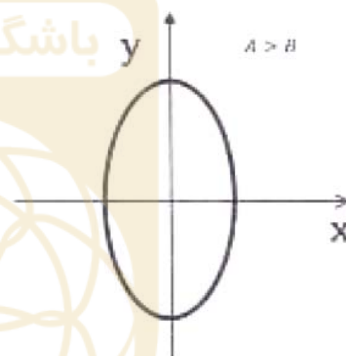
(الف)



(ب)



(ج)

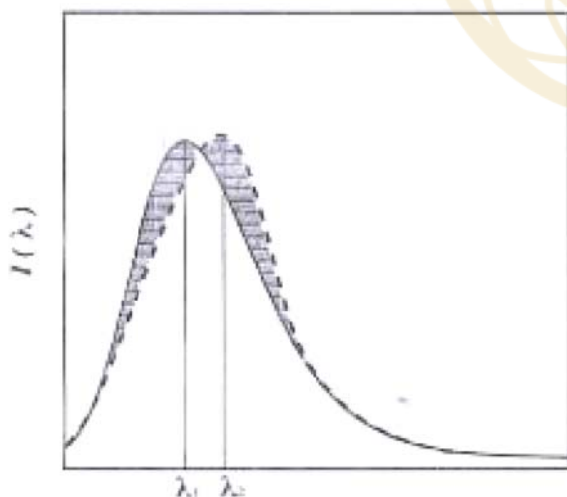


(د) هر سه گزینه درست هستند.

باشگاه طلایی‌ها

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 هلیوم تنها در ستاره‌ها تولید می‌شود، میزان جرم هلیوم تولید شده در یک ثانیه بر حسب کیلوگرم، در کل کیهان به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

(د) 10^{50}

(ج) 10^{45}

(ب) 10^{40}

(الف) 10^{25}

(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؟ $g = 10 \text{ m/s}^2$

(د) $\sqrt[3]{5}$

(ج) $\sqrt[3]{7}$

(ب) $\sqrt{10}$

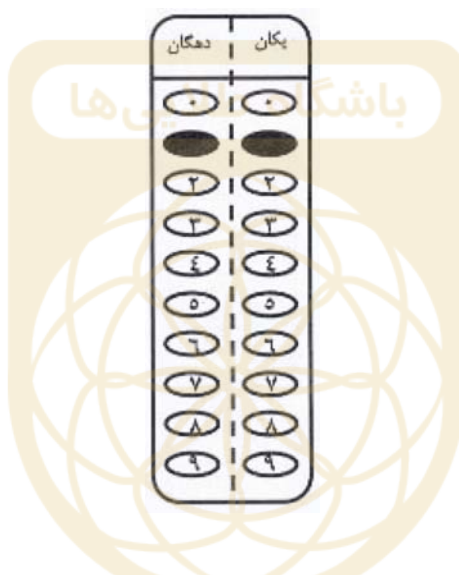
(الف) $\sqrt{5}$



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 به دست 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 $11\frac{1}{2} \frac{km}{s}$ 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. در حل مسئله‌ها فقط از این ثوابت استفاده کنید. اعداد باید تنها یک بار و آن هم در انتهای حل هر مسئله گرد شوند.

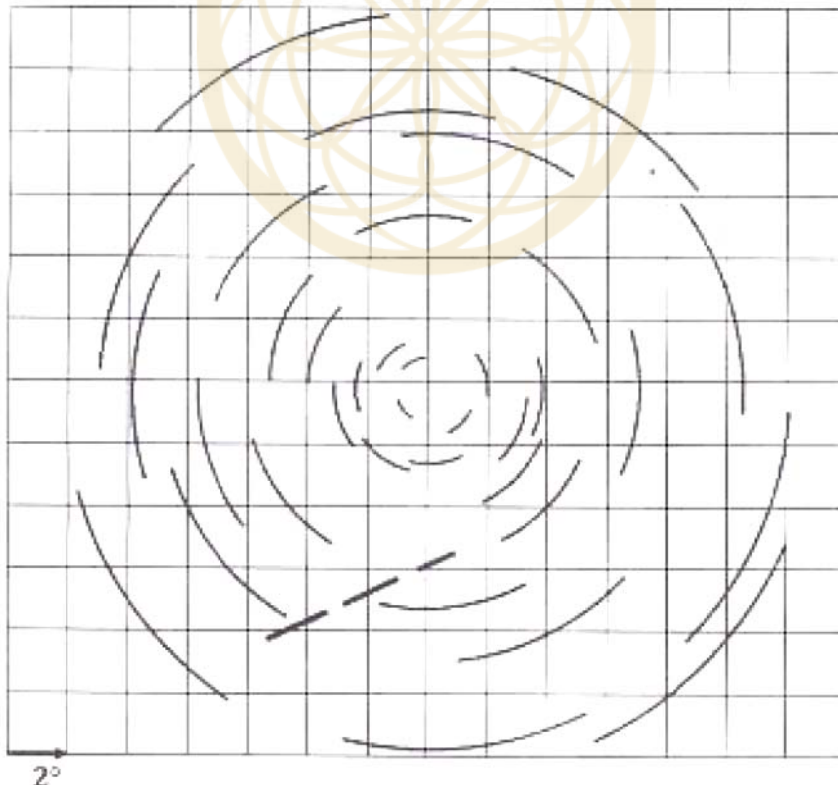
اگر مرتبه‌ی بزرگی جواب از شما خواسته شده بود، پس از محاسبه‌ی پاسخ، ابتدا آن را به شکل نماد علمی یعنی $a \times 10^b$ در آورید و b را در پاسخنامه وارد کنید. دقت کنید که در این حالت $1 \leq a < 10$ و b مرتبه‌ی بزرگی است. مثلاً یک واحد نجومی، یعنی $1.5 \times 10^{11} m$ را در نظر بگیرید. مرتبه‌ی بزرگی این عدد ۱۱ است. هر مسئله ۱۲ نمره دارد، پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.

$$ZHR = \frac{N \times r^{6/5-m}}{T_{eff} \times (1-C) \times \sin \theta}$$

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.

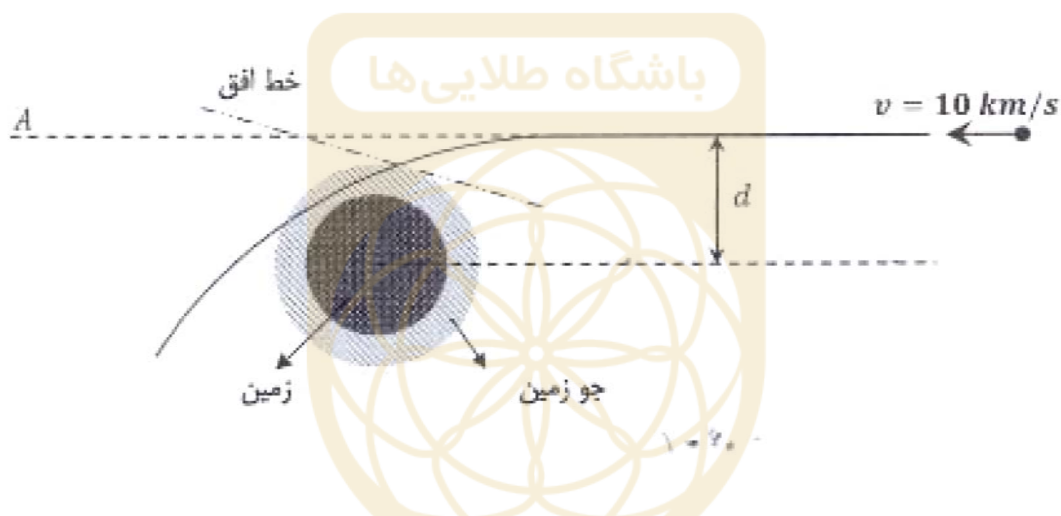
ناظری در شهر بلخ $\phi = 36^{\circ}45'N$ و $l = 66^{\circ}54'E$ در جایی که قدر حدی اش $6/5$ و زمان نجومی محلی (LST) برابر با 11^h25^m است. اقدام به ثبت بارش شهابی اسدی می‌کند. او در مدت ۱۱ دقیقه، ۱۳ شهاب از این بارش را مشاهده می‌کند. با توجه به اینکه آسمان بالای افق این شخص کاملاً باز است، ZHR را محاسبه کنید؟ (بعد و میل کانون این بارش را به ترتیب 10^h12^m و $23^{\circ}30'$ در نظر بگیرید).

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 می‌چرخد. توجه کنید که پره به طور کامل دهانه‌ی دوربین را می‌پوشاند. در نتیجه بر روی رد شهاب سنگ قطع شدگی‌هایی مشاهده می‌کنید. حال اگر فاصله شهاب سنگ از ماه ۱۰۰ کیلومتر باشد، با توجه به داده‌های موجود در تصویر، سرعت مماسی شهاب سنگ تقریباً چند کیلومتر بر ثانیه است؟



(۳) فرایند بی دررو برای گاز کامل فرایندی است که PV^γ 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 10^5 km به شعاع نهایی R می‌رسید. دمای اولیه، پوسته $5 \times 10^5 \text{ K}$ است. همچنین می‌دانیم دمای لازم برای فروپاشی هسته‌ی آهن به هسته‌ی هلیوم $5 \times 10^{12} \text{ K}$ 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 بی‌نهایت دور مانند شکل زیر به سمت زمین حرکت می‌کند. سرعت آن در بی‌نهایت برابر با 10 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 9000 کیلومتر است. زاویه‌ای که شهاب‌سنگ در هنگام ورود به جو یا خط افق می‌سازد، چند درجه است؟ (جو زمین و کره‌ای با شعاع 6700 کیلومتر در نظر بگیرید: خط افق نیز در هر نقطه بنا به تعریف، خطی عمود بر بردار شعاعی واقع در صفحه‌ی مداری است).



(۵) سیاه‌چاله‌ها 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.

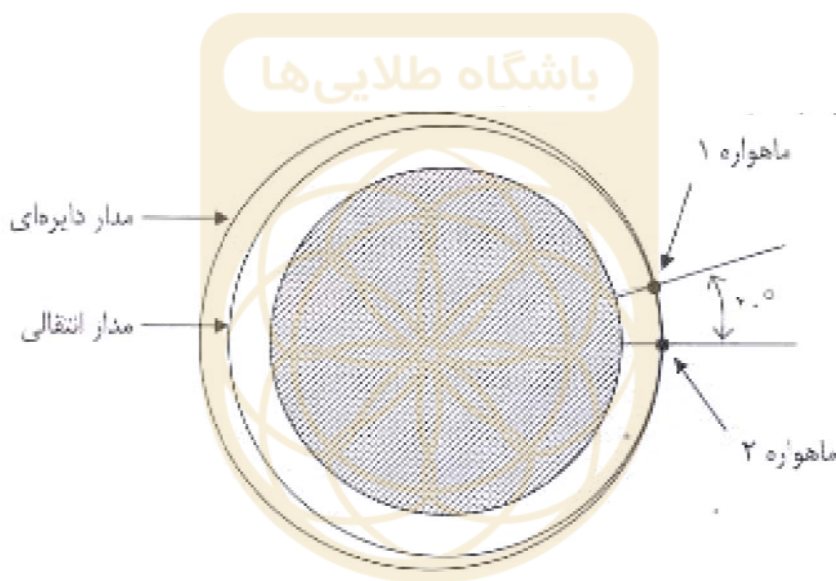
$$T = \frac{hc^3}{16k\pi^2 GM}$$

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

همچنین می‌دانیم که تابش زمینه‌ی کیهانی (CMB) تمام فضا را پر کرده است. سیاه‌چاله‌ها 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 $\lambda_{\max} = 1/0.6 \text{ mm}$ تبعیت می‌کند جرم سیاه‌چاله 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 $\rho_r = 0.260 \text{ MeV} / m^3$ است، با استفاده از اصل هم ارزی جرم انرژی 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 مرتبه‌ی 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، ۲۰ درجه، مطابق شکل است. ماهواره‌ی ۲ لازم است خود را به ماهواره‌ی ۱ جهت انجام تعمیرات، 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 می‌شود. 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 و عرض 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.

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

اطلاعات جدول بالا از زیج جامع نوشته‌ی کوشیار گیلانی نقل شده است که مبداء طول جغرافیایی آن جزایر خالدا (در غربی ترین قسمت آفریقا) است.

با توجه به این اطلاعات، ۱۰ فرسنگ چند کیلومتر است؟