



دفترچه سوال رسمی آزمون
واحد سنجشی و ارزیابی باشگاه دانش پژوهان جوان

باسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش پژوهان جوان



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

دفترچه سؤالات مرحله اول سال ۱۴۰۴

بیست و دومین دوره المپیاد نجوم و اخترفیزیک

تعداد سؤالات	مدت آزمون
چهارگزینه‌ای	۲۱۰ دقیقه
۳۵ سوال	

نام:	نام خانوادگی:	شماره صندلی:
------	---------------	--------------

استفاده از هر نوع ماشین حساب مجاز است.

توضیحات مهم

- ۱- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و همه برگه‌های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید، در صورت هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
- ۲- یک برگ پاسخ‌برگ در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است، در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخ‌برگ را با مداد مشکی بنویسید.
- ۳- برگه پاسخ‌برگ را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
- ۴- دفترچه سوال باید همراه پاسخ‌برگ تحویل داده شود.
- ۵- پاسخ درست به هر سوال ۳ نمره مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد.
- ۶- شرکت‌کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه دهم و یازدهم انتخاب می‌شوند.

کلیه حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش پژوهان جوان محفوظ است.
آدرس سایت اینترنتی: ysc.medu.gov.ir



این صفحه جهت استفاده به عنوان چرک نویس در نظر گرفته شده است

جدول ثوابت فیزیکی و ریاضیاتی

نماد	کمیت	مقدار
k_B	ثابت بولتزمن	$1.38 \times 10^{-23} J.K^{-1}$
c	سرعت نور	$3 \times 10^8 m.s^{-1}$
m_p	جرم پروتون	$1.67 \times 10^{-27} kg$
m_e	جرم الکترون	$9.11 \times 10^{-31} kg$
G	ثابت جهانی گرانش	$6.67 \times 10^{-11} m^3.kg^{-1}.s^{-2}$
h	ثابت پلانک	$6.63 \times 10^{-34} Js$
e	بار الکترون	$1.6 \times 10^{-19} C$

جدول ثوابت نجومی

نماد	کمیت	مقدار
σ	ثابت استفان - بولتزمن	$5.67 \times 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$
W	ثابت وین	$2.898 \times 10^{-3} m.K$
pc	پارسک	$3.09 \times 10^{16} m$
AU	واحد نجومی	$1.5 \times 10^{11} m$
Ly	سال نوری	$9.46 \times 10^{15} m$
H_0	ثابت هابل	$72 km.s^{-1}.Mpc^{-1}$
h_{MW}	ضخامت دیسک کهکشان راه شیری	$1500 pc$
D_{MW}	قطر کهکشان راه شیری	$26.8 kpc$

جدول ثوابت خورشیدی

نماد	کمیت	مقدار
M_{Sun}	جرم خورشید	$1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$
R_{Sun}	شعاع خورشید	$6.96 \times 10^8 \text{ m}$
L_{Sun}	درخشندگی خورشید	$3.85 \times 10^{26} \text{ W}$
b_{sun}	ثابت خورشیدی	1361 W.m^{-2}
T_{effSun}	دمای مؤثر سطح خورشید	5779 K
M_{sun}	قدر مطلق خورشید	4.83
m_{sun}	قدرظاهری خورشید	-26.7
	فاصله خورشید از مرکز کهکشان	8 kpc

جدول ثوابت منظومه‌ی شمسی

نماد	کمیت	مقدار
M_{Earth}	جرم زمین	$5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$
R_{Earth}	شعاع زمین	6378 km
	دوره تناوب وضعی زمین	86164 s
ε	انحراف محور چرخش زمین	23.5°
R_{Moon}	شعاع ماه	1737 km
M_{Moon}	جرم ماه	$7.34 \times 10^{22} \text{ kg}$
r_{moon}	فاصله ماه از زمین	384000 km
r_{mars}	شعاع مداری مریخ	1.52 AU

فیزیک پایه

۱- در مأموریتی برای فرود بر روی ماه، در نزدیکی سطح ماه بوسترهای ماه‌نشین روشن می‌شوند و سرعت فرود را زمانی که ماه‌نشین به ارتفاع ۵ متری از سطح ماه می‌رسد، به صفر می‌رسانند و سپس خاموش می‌شوند. سرعت فرود ماه‌نشین بر روی ماه چند کیلومتر بر ساعت است؟

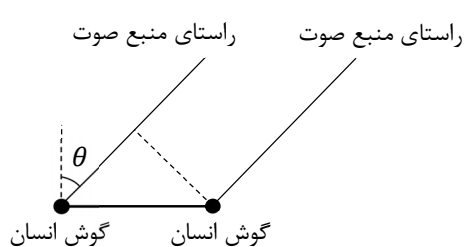
- (۱) ۰ (۲) ۴ (۳) ۱۴.۴ (۴) ۲۴.۶

۲- کدام کمیت در چارچوب مکانیک کوانتومی بصورت گسسته (کوانتیده) ظاهر می‌شود؟

- (۱) انرژی الکترون در اتم هیدروژن (۲) طول موج یک موج الکترومغناطیسی در خلا
(۳) مکان یک الکترون آزاد (۴) تکانه یک ذره آزاد

۳- می‌دانیم ذره‌ی باردار تحت تاثیر میدان مغناطیسی، تحت تاثیر نیروی لورنتس به فرم $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ حرکت می‌کند. اگر میدان مغناطیسی بر راستای حرکت ذره عمود باشد جسم مسیری به شکل یک دایره را طی می‌کند. حال اگر بدانیم میدان مغناطیسی در سطح لکه‌های خورشیدی برابر 0.3 T است آنگاه محاسبه کنید یک الکترون آزاد در دایره‌ای به چه شعاعی حرکت می‌کند؟ سرعت یک الکترون آزاد را در سطح خورشید $5 \times 10^5 \text{ m/s}$ در نظر بگیرید.

- (۱) ۱۰ m (۲) ۱۰ mm (۳) ۱۰ μm (۴) ۱۰ nm



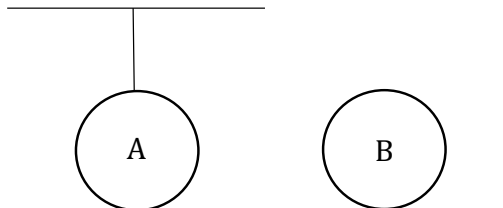
شکل ۱: شکل شماتیک دریافت صوت از گوش انسان

۴- گوش انسان برای تشخیص راستای صوت به اختلاف مدت زمان رسیدن صدا به دو گوش توجه می‌کند. این مکانیزم در فضای عادی بسیار خوب کار می‌کند ولی مشکلی که ایجاد می‌شود تشخیص جهت صدا در زیر آب است زیرا سرعت صوت در زیر آب ۴ برابر سرعت آن در هوای عادی است ولی از آنجایی که گوش ما با سرعت صوت در هوا تربیت شده است گمان می‌کند که این اختلاف زمانی ناشی از زاویه‌ی متفاوت منبع صوتی نسبت به ماست.

حال اگر منبع صوتی‌ای در زیر آب در زاویه‌ی ۴۵ درجه نسبت به ما باشد، با توجه به مکانیزم بالا ذهن ما گمان می‌کند که این منبع در چه زاویه‌ای از ما قرار دارد؟ (زاویه‌ی مورد نظر نسبت به راستای روبروی ما اندازه‌گیری می‌شود)

- (۱) ۱۰° (۲) ۲۰° (۳) ۷۰° (۴) ۸۰°

- ۵- دو توپ مشابه A و B را در نظر بگیرید که دارای دمای اولیه یکسان هستند. توپ A از سقفی با نخ عایق آویزان شده و توپ B روی کف اتاقی عایق، قرار گرفته است (شکل ۲). مقداری مساوی به آن‌ها گرما می‌دهیم. اگر از تبادل گرمایی توپ‌ها با محیط صرف نظر کنیم و T_A و T_B دمای دو توپ به محض رسیدن به ابعاد نهایی خود باشند، کدام گزینه درباره‌ی مقایسه‌ی دمای دو توپ صحیح است؟



شکل ۲

(۱) $T_A < T_B$

(۲) $T_A > T_B$

(۳) $T_A = T_B$

(۴) اطلاعات مساله کافی نیست و حرفی نمی‌توان زد.

اختر فیزیک و ابزار رصدی

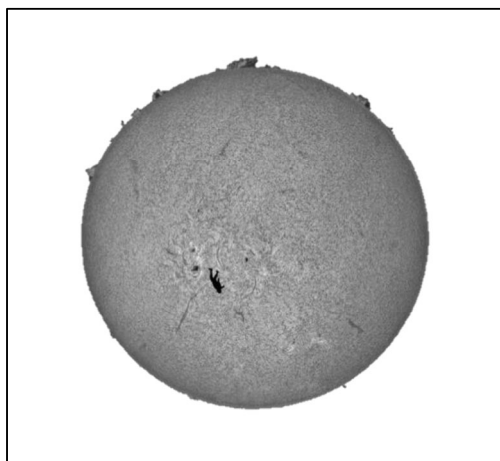
- ۶- یک خوشه‌ی ستاره‌ای کروی و همگن با ستاره‌های همسان را در نظر بگیرید که ما در مرکز آن قرار گرفته‌ایم. اگر شعاع این خوشه را بدون تغییر در تعداد ستارگان درون خوشه دو برابر کنیم و خوشه همچنان همگن باشد، مجموع شاری که از ستارگان دریافت می‌کنیم نسبت حالت قبل چند برابر می‌شود؟

(۴) ۴

(۳) ۲

(۲) $\frac{1}{4}$

(۱) $\frac{1}{2}$



شکل ۳

- ۷- در ماه نوامبر سال ۲۰۲۵ عکس مقابل (شکل ۳) توسط آقای اندرو مک‌کارتی (Andrew McCarthy) گرفته شد که جزو معروف‌ترین و محبوب‌ترین تصویرهای نجومی سال‌های اخیر شد. برای ثبت این لحظه طلایی، در موقعیت مکانی و زمانی مناسب یکی از دوستان این عکاس از روی بالنی که در آسمان شناور بود، به پایین پرید و در همین لحظه تصویر ثبت شد. با توجه به مشخصات فیزیکی خورشید و همچنین ابعاد حدودی یک انسان، تخمین بزنید در لحظه‌ی عکس برداری فاصله‌ی فرد مورد نظر در عکس تا دوربین عکاسی چقدر بوده است؟

(۴) 2.5×10^5 متر

(۳) 2.5×10^4 متر

(۲) 2.5×10^3 متر

(۱) 2.5×10^2 متر

۸- کدام یک از تلسکوپ‌های زیر می‌تواند تعداد ستارگان بیشتری را تفکیک کند؟

- (۱) تلسکوپ رصدخانه ملی با قطر دهانه‌ی ۳.۴ متر و طول موج رصدی‌ای از ۰.۳۲ میکرومتر تا ۲.۵ میکرومتر
- (۲) تلسکوپ UVIT با قطر دهانه‌ی ۳۷.۵ سانتی متر و طول موج رصدی‌ای از ۱۳۰ نانومتر تا ۵۵۰ نانومتر
- (۳) تلسکوپ فضایی هابل با قطر دهانه‌ی ۲.۴ متر و طول موج رصدی‌ای از ۰.۱ میکرومتر تا ۲.۵ میکرومتر
- (۴) تلسکوپ VISTA با قطر دهانه‌ی ۴.۱ متر و طول موج رصدی‌ای از ۰.۸۵ میکرومتر تا ۲.۳ میکرومتر



شکل ۴

۹- در یک شب رصدی تصویری از ماه (شکل ۴)، با استفاده از یک تلسکوپ با فاصله‌ی کانونی ۱۰۰۰ میلی‌متر، گرفته شده است. می‌دانیم که این تصویر با چشمی ۱۰ mm یا ۲۵ mm گرفته شده است. به ترتیب نسبت بزرگنمایی چشمی ۱۰ mm به ۲۵ mm چقدر است؟ و تصویر با کدام یک از این چشمی‌ها گرفته شده است؟ (میدان دید ظاهری چشمی: 45°)

(۱) ۰.۴ - چشمی ۱۰ mm (۲) ۰.۴ - چشمی ۲۵ mm

(۳) ۲.۵ - چشمی ۱۰ mm (۴) ۲.۵ - چشمی ۲۵ mm

۱۰- کدام گزینه دو پدیده‌ای را بیان می‌کند که عوامل اصلی آن‌ها به ترتیب "باد خورشیدی" و "فشار تابشی خورشید" هستند؟

(۱) گرما روی سطح زمین - شفق قطبی (۲) دنباله‌ی یونی دنباله‌دارها - شفق قطبی

(۳) دنباله‌ی غباری دنباله‌دارها - تولید انرژی توسط پل خورشیدی (۴) شفق قطبی - دنباله‌ی غباری دنباله‌دارها

۱۱- می‌دانیم تابع پلانک برای منحنی تابش جسم سیاه به صورت $B_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$ است. اگر از تقریب طول موج‌های

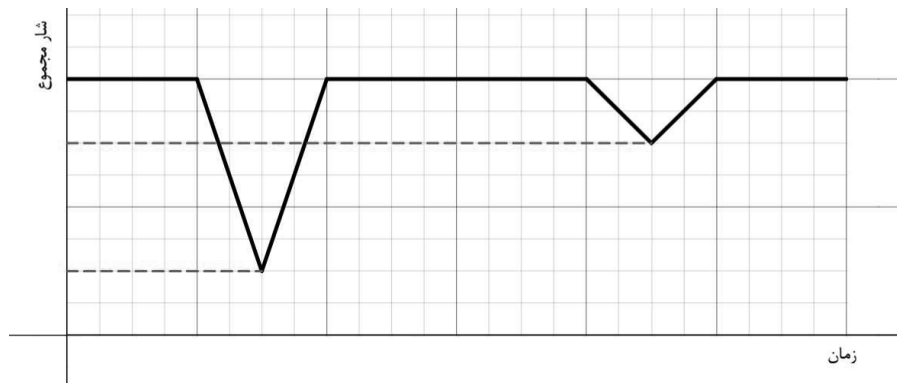
زیاد برای این تابع استفاده کنیم، برای ستاره‌ی دنب‌دچار چند درصد خطا در محاسبه B_λ خواهیم شد؟ (طول موج حدود

۵ میکرومتر و دمای ۸۵۰۰ کلوین)

(راهنمایی: $x \ll 1 \rightarrow e^x \approx 1 + x$)

(۱) ۷ درصد (۲) ۱۳ درصد (۳) ۱۹ درصد (۴) ۲۴ درصد

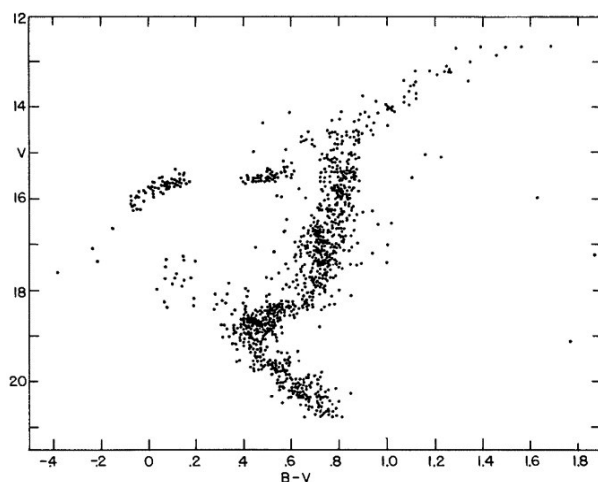
۱۲- در یک سامانه‌ی دوتایی که صفحه‌ی حرکت آن‌ها عمود بر صفحه‌ی دید است ($i = 90^\circ$)، نمودار شار برحسب زمان در یک دوره تناوب به شکل زیر است:



نمودار ۱: نمودار شار بر حسب زمان سامانه دوتایی

از این نمودار می‌توان چه نتیجه‌ای راجع به ستارگان این سامانه دوتایی گرفت؟

- (۱) شعاع دو ستاره با یکدیگر برابر است. (۲) دمای دو ستاره با یکدیگر برابر است.
(۳) جرم دو ستاره با یکدیگر برابر است. (۴) سرعت مداری دو ستاره با یکدیگر برابر است.



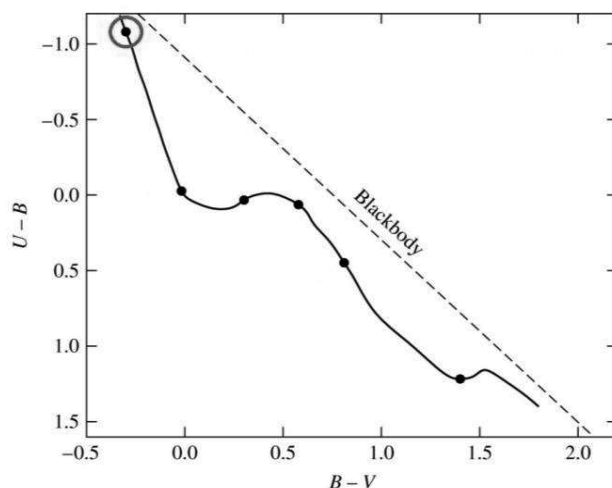
نمودار ۲: نمودار HR خوشه M3

۱۳- با توجه به نمودار HR مربوط به خوشه‌ی M3 (نمودار ۲)،

کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) با توجه به اقلیت ستارگان غول قرمز و وجود تعدادی کوتوله سفید در بالا سمت چپ نمودار، می‌توان نتیجه گرفت خوشه میانسال است.
(۲) وجود ستارگان پرنور در بخش بالا راست نمودار، بیان‌گر حضور تعداد زیادی غول آبی در خوشه است.
(۳) چون اکثر ستارگان روی شاخه‌ی اصلی‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که سن خوشه کمتر از عمر خورشید است.
(۴) چون نقطه‌ی گردش شاخه‌ی اصلی در قدرهای زیاد قرار دارد، می‌توان نتیجه گرفت که سن خوشه زیاد است.

۱۴- نمودار رنگ-رنگ نموداری است که رابطه‌ی میان شاخص‌های $U - B$ و $B - V$ را برای تمامی ستارگان رشته اصلی نشان می‌دهد. اگر ستارگان به صورت جسم سیاه رفتار کنند، نمودار رنگ-رنگ به صورت خط بریده‌ی مستقیم نشان داده شده در شکل خواهد بود. همچنین مقدار نور جذب شده در میان جو یک ستاره به طول موج نور و دمای ستاره بستگی دارد به طوری که هرچه دمای یک ستاره بیشتر شود، جذب کمتری در جو آن اتفاق می‌افتد. با توجه به این توضیحات، نوع ستاره‌ی اشاره شده کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟



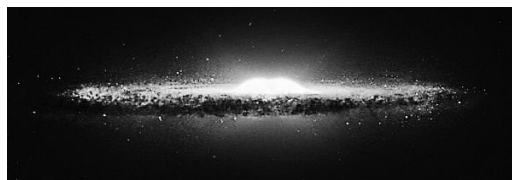
نمودار ۳: نمودار رنگ-رنگ ستارگان رشته اصلی

L (۴) G (۳) B (۲) M (۱)

۱۵- ذرات غبار در جو زمین قطر میانگین ۲.۵ میکرومتر دارند. چگالی عددی این ذرات حداکثر باید چند ذره در متر مکعب باشد تا قله دماوند در فاصله‌ی ۸۰ کیلومتری تهران، از دید ناظر تهران قابل مشاهده باشد؟

۲۵۰۰۰ (۴) ۲۵۰۰۰۰ (۳) ۲۵۰۰۰ (۲) ۲۵۰۰ (۱)

۱۶- در صورتی که غبار راه‌شیری موجود نباشد، قدر مجموع بالژ کهکشان را نزدیکتر به کدام گزینه‌ی زیر می‌دیدیم؟ (چگالی تعداد ستارگان در کل کهکشان را یکنواخت در نظر بگیرید.)



شکل ۵

(۱) ماه کامل (۲) زهره
(۳) شباهنگ (۴) ستاره قطبی

مکانیک سماوی

۱۷- می‌دانیم به دلیل برابر بودن دوره‌ی تناوب گردش ماه به دور زمین و به دور خودش همواره یک سمت ماه به سمت ناظر زمینی خواهد بود و بخشی از آن قابل مشاهده است. حال با دور شدن ماه از زمین، به علت پایداری تکانه زاویه‌ای مجموعه‌ی ماه و زمین، سرعت چرخش ماه به دور زمین دستخوش تغییر می‌شود. این تغییر سبب سرعت چرخش و باعث دیده شدن بخش از ماه از دید ناظر زمینی می‌شود.

- (۱) کاهش - کمتری (۲) کاهش - بیشتری (۳) افزایش - یکسانی (۴) افزایش - بیشتری

۱۸- ماهواره‌ای در مدار دایروی در صفحه‌ی استوای زمین در حرکت است و در روز اعتدال بهاری ۳۰ درصد از مسیرش در سایه‌ی زمین قرار می‌گیرد. ارتفاع این ماهواره از سطح زمین چند برابر شعاع زمین است؟

- (۱) ۰.۲ (۲) ۰.۸ (۳) ۱.۲ (۴) ۱.۸

۱۹- دنباله‌داری در مدار سهموی به خورشید نزدیک می‌شود. اگر زمانی که این دنباله‌دار به مدار مریخ می‌رسد زاویه‌ی پرواز آن برابر ۳۹° باشد باشد آنگاه طول حضیض مدار این دنباله‌دار چقدر است؟

- (۱) ۰.۶ AU (۲) ۰.۹ AU (۳) ۱.۲ AU (۴) ۱.۵ AU

۲۰- ذره‌ای به جرم m را در فاصله r از یک ذره دیگر به جرم M ($m \ll M$) با سرعت v عمود بر خط واصل دو جسم، پرتاب می‌کنیم. اگر v به صورت تصادفی از بازه صفر تا سرعت فرار جسم انتخاب شود، نسبت احتمال حضیض بودن نقطه‌ی پرتاب به احتمال اوج بودن نقطه‌ی پرتاب چقدر است؟

- (۱) ۰.۴ (۲) ۰.۷ (۳) ۱.۴ (۴) ۲.۵

۲۱- اگر فرم نیروی گرانش عوض شود و دیگر فرم نیوتونی به صورت $-\frac{k}{r^3}$ نباشد ولی همچنان نیرو مرکزی باقی بماند، کدام یک از قوانین کپلر همچنان برقرار است؟

- (۱) قانون اول کپلر (۲) قانون دوم کپلر (۳) قانون سوم کپلر (۴) هیچ کدام

۲۲- ماهواره خیام یک ماهواره‌ی سنجش از دور است که به سفارش سازمان فضایی ایران ساخته و در سال ۱۴۰۱ به فضا پرتاب شد. خروج از مرکز مدار پرتاب این ماهواره، حدوداً برابر ۰.۳ بوده است و به ارتفاع بیشینه ۳۰۰ کیلومتر از سطح زمین رسیده است. اگر فرض کنیم این ماهواره از استوا و در جهت چرخش زمین پرتاب شده باشد زمانی که به اوج مداری خود رسیده فاصله‌ی آن تا نقطه‌ی پرتاب چند کیلومتر بوده است؟ (از چرخش زمین به دور خود صرف نظر نکنید)

۲۳۰۰ (۱) ۲۶۰۰ (۲) ۲۹۰۰ (۳) ۳۲۰۰ (۴)

نجوم عمومی و رصد

۲۳- در بین صورت‌فلکی‌های کنونی آسمان، جوزا نام صورت‌فلکی دوپیکر است که سومین صورت‌فلکی دایره‌البروج است. ولی در زمان گذشته همان‌طور که در کتاب صورالکواکب خواجه نصیرالدین طوسی ذکر شده‌است، جوزا نام صورت‌فلکی دیگری بوده است.

با توجه به دانشی که از اسامی ستارگان دارید، جوزا نام کدام یک از صورفلکی زیر بوده است؟

۱) قوس ۲) جاثی ۳) حوت ۴) جبار

۲۴- در ماه‌گرفتگی کاملی که چند ماه پیش از ایران دیده شد، ماه در اوج گرفت (درون سایه‌ی کامل زمین) به جای اینکه تاریک شود، به رنگ نارنجی - قرمز درآمد.

با توجه به اینکه نور مستقیم خورشید در این لحظه کاملاً مسدود است، کدام گزینه توضیح درستی برای این رنگ دارد؟

۱) ماه در گرفت کامل به دلیل تابش جسم سیاه سطح خود، نور قرمز قابل مشاهده‌ای منتشر می‌کند.

۲) نور خورشید پس از عبور از جو زمین شکسته می‌شود؛ طول‌موج‌های قرمز بهتر عبور می‌کنند و به داخل سایه‌ی کامل نفوذ می‌کنند.

۳) نور مصنوعی شهرها و فعالیت‌های انسانی روی سطح زمین توسط ماه بازتاب می‌شود و ماه را در سایه روشن می‌کند.

۴) هیچ‌کدام

۲۵- در بارش شهابی جوزایی اخیر، رصدگران گزارش کردند که شهاب‌های زیادی با رنگ قرمز و نارنجی دیده می‌شدند. مهم‌ترین علت این پدیده چیست؟

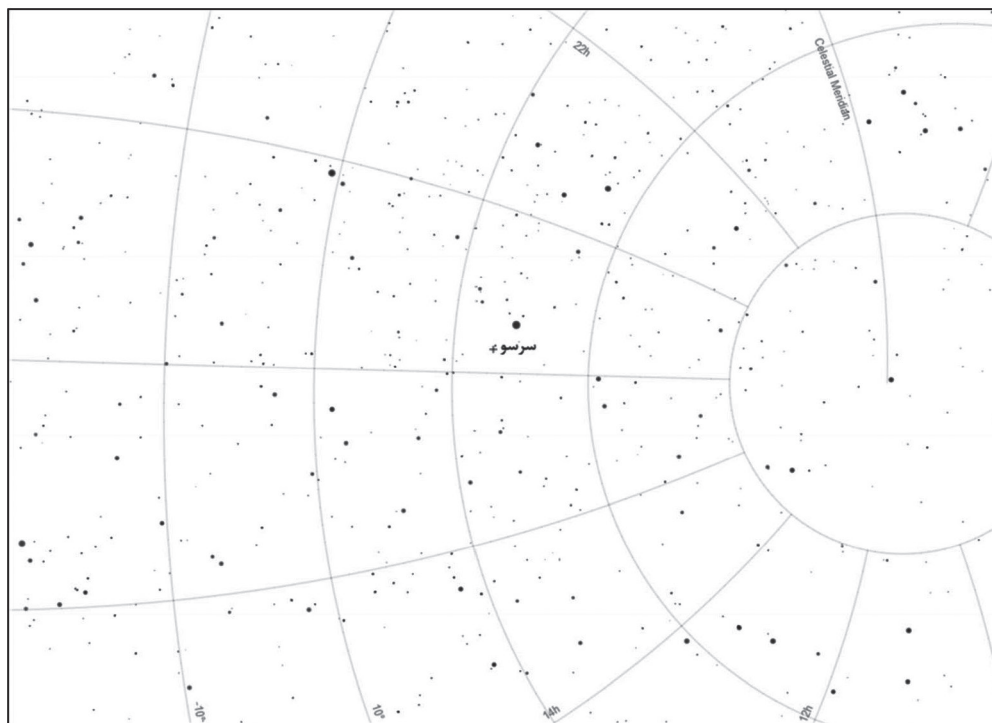
(۱) ذرات جوزایی به دلیل منشا سیارکی، غنی از عناصر فلزی‌اند و تابش این عناصر هنگام ورود به جو باعث ایجاد رنگ‌های قرمز و نارنجی می‌شود.

(۲) در فصل زمستان، ترکیب شیمیایی جو زمین تغییر می‌کند و باعث دیده شدن رنگ‌های گرم در شهاب‌ها می‌شود.

(۳) رنگ قرمز شهاب‌ها ناشی از بازتاب نور شهرها توسط ذرات غبار شهاب‌هاست.

(۴) سرعت کمتر شهاب‌های جوزایی باعث می‌شود دمای آن‌ها پایین‌تر بماند و نور قرمز تولید شود.

۲۶- تصویر زیر (شکل ۶) آسمان ناظری در تهران است و سرسوی ناظر در آن مشخص شده است. با توجه به تصویر زیر، کدام صورت فلکی در تهران هیچ‌گاه از سرسو عبور نمی‌کند؟



شکل ۶

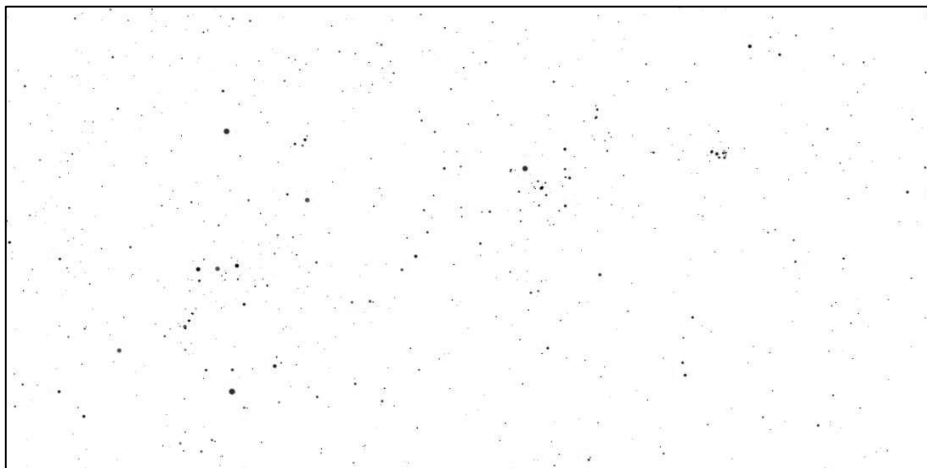
(۴) عوا

(۳) عقاب

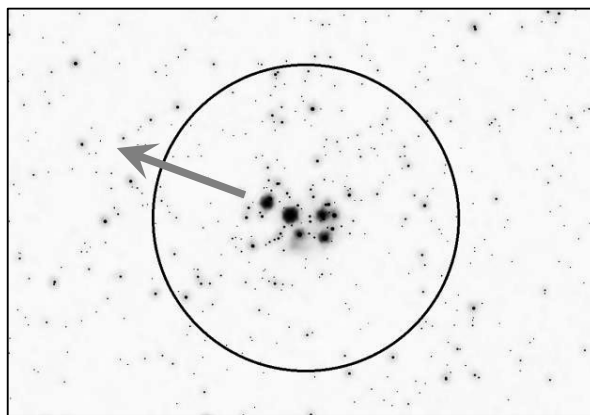
(۲) جاثی

(۱) دجاجة

۲۷- کوهنوردی در یکی از شب‌های کوهستان گم شده است. این شخص هیچ ابزار جهت‌یابی‌ای ندارد و آسمان نیز نیمه ابری است. برای لحظاتی خوشه پروین را می‌تواند از میان ابرها مشاهده کند که به صورت شکل زیر قرار گرفته است. جهت نشان داده شده در تصویر زیر (شکل ۸) به سمت کدام یک از جهت‌های جغرافیایی ناظر است؟



شکل ۷



شکل ۸

(۴) جنوب

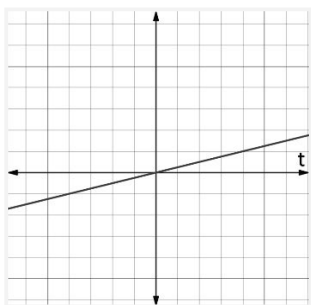
(۳) شرق

(۲) شمال

(۱) غرب

نجوم کروی

۲۸- نمودار خطی زیر مربوط به تغییرات یک پارامتر سماوی در طول یک شب، مربوط به یک ستاره از دید ناظری در شهر زاهدان است و محور افقی این نمودار، زمان می‌باشد. محور عمودی نمودار، کدام یک از پارامترهای سماوی می‌تواند باشد؟



نمودار ۴

(۱) ارتفاع

(۲) زاویه ساعتی

(۳) سمت

(۴) همه‌ی موارد

۲۹- مثلث کروی متساوی‌الاضلاعی داریم که طول تمامی اضلاع آن α و تمامی زوایای آن θ است. کدام یک از گزینه‌های زیر رابطه‌ی درستی برای $\cos \theta$ است؟

(۱) $\tan \frac{\alpha}{2} \cot \alpha$ (۲) $\tan \alpha \cot \frac{\alpha}{2}$ (۳) $\tan \frac{\alpha}{2} \tan \alpha$ (۴) $\cot \frac{\alpha}{2} \cot \alpha$

۳۰- دیوار مسجد النبی در راستای خط نصف‌النهار شهر مدینه در عرض جغرافیایی $\varphi = 24^{\circ}28'$ بنا نهاده شده است تا به کمک سایه‌ی آن زمان اذان ظهر و اذان عصر توسط مسلمانان تشخیص داده شود. در کتب تاریخی نقل شده است: «دیوار مسجد رسول خدا به اندازه‌ی یک قامت بود؛ هنگامی که سایه‌ی آن به یک ذراع رسید، نماز ظهر برپا می‌شد و وقتی سایه به دو ذراع رسید، نماز عصر اقامه می‌شد.» با توجه به اینکه این محاسبات در روز انقلاب تابستانی صورت گرفته است، فاصله‌ی زمانی بین اقامه‌ی نماز ظهر و عصر چند دقیقه بوده است؟

(۱) ۶۸ دقیقه (۲) ۳۳ دقیقه (۳) ۱۵ دقیقه (۴) ۷ دقیقه

۳۱- ناظری در هنگام رصد در می‌یابد که سمت نقاط تقاطع دایره‌البروج و افق در یک روز تمامی مقادیر بین ۰ تا ۳۶۰ درجه را اختیار می‌کند. این ناظر در کدام یک از شهرهای زیر می‌تواند باشد؟

- (۱) تهران (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی) (۲) ملبورن (عرض جغرافیایی ۳۸ درجه جنوبی)
(۳) نایروبی (تقریباً بر روی استوا) (۴) آلدرفیورد (عرض جغرافیایی ۷۰ درجه شمالی)

دینامیک کهکشان

۳۲- با توجه به متن زیر به سوال داده شده پاسخ دهید:

«در مراحل آغازین تشکیل یک کهکشان، تقریباً کل ماده‌ی موجود به صورت گاز میان ستاره‌ای است و هنوز ستاره‌زایی آغاز نشده است.

با گذشت زمان، ناپایداری‌های گرانشی باعث می‌شوند بخشی از این گاز فرو بریزد و نخستین نسل ستاره‌ها شکل بگیرد. این ستاره‌ها از گازی تشکیل می‌شوند که در ابتدا فلزیت بسیار پایینی دارد.

ستارگان در طول عمر خود عناصر سنگین‌تر تولید می‌کنند و پس از پایان عمر، بخشی از این فلزات را دوباره به محیط گازی اطراف بازمی‌گردانند.

در مدل «جعبه‌ی بسته» برای توصیف این فرایند، چند فرض ساده‌کننده در نظر گرفته می‌شود:

فرض می‌شود که عمر کهکشان با مقدار معینی گاز آغاز می‌شود و در طول زمان نه گازی وارد آن می‌شود و نه گازی از آن خارج می‌گردد. همچنین فرض می‌شود فلزات تولید شده توسط ستارگان به‌طور کامل به گاز میان‌ستاره‌ای بازمی‌گردند و این گاز همواره به خوبی مخلوط باقی می‌ماند.

در نتیجه‌ی این فرض‌ها، فلزیت گاز در طول زمان تغییر می‌کند و هر ستاره‌ای که در یک لحظه‌ی مشخص تشکیل می‌شود، فلزیتی برابر با فلزیت گاز در همان لحظه خواهد داشت.»

با توجه به فرضیات مدل «جعبه‌ی بسته»، اگر همه‌ی ستاره‌های یک کهکشان را بر اساس فلزیت‌شان مرتب کنیم، کدام توصیف بهتری از این مدل است؟

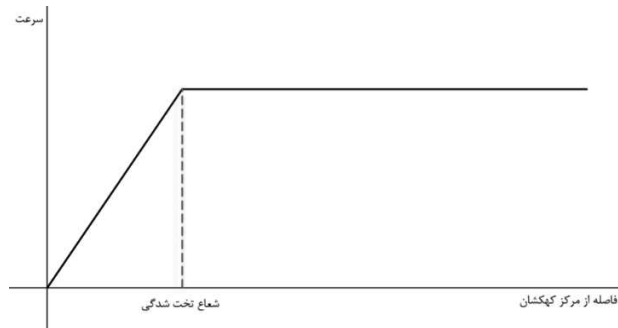
۱) ستاره‌هایی که در بازه‌های فلزیت پایین تشکیل شده‌اند، سهم بزرگی از کل جمعیت ستاره‌ای را تشکیل می‌دهند.

۲) ستاره‌ها تقریباً به‌طور یکنواخت در تمام مقادیر فلزیت توزیع شده‌اند.

۳) بیشترین جرم ستاره‌ها مربوط به ستاره‌هایی است که در فلزیت‌های بسیار بالا تشکیل شده‌اند.

۴) توزیع فلزیت ستاره‌ها مستقل از روند زمانی ستاره‌زایی است.

۳۳- منجمی در حال داده‌گیری از کهکشان IC ۵۳۳۲ است و قصد دارد منحنی چرخش (Rotation Curve) این کهکشان را استخراج کند. این منجم طبق مشاهدات درمی‌یابد که منحنی چرخش این کهکشان نیز مانند راه‌شیری است؛ که شامل دو قسمت بخش شیب ثابت و بخش تخت شدگی است (مانند نمودار ۵). اگر در فاصله‌ی R_1 که نزدیک مرکز کهکشان است سرعت اندازه‌گیری شده توسط منجم V_1 باشد و در فاصله‌ی دور R_2 سرعت برابر V_2 باشد مقدار شعاع تخت شدگی از کدام رابطه بدست می‌آید؟



نمودار ۵: نمودار شماتیک منحنی چرخش کهکشان

$$R_1 \frac{V_2}{V_1} \quad (۱)$$

$$R_1 \frac{V_1}{V_2} \quad (۲)$$

$$R_2 \quad (۳)$$

$$\frac{R_1^2 V_2}{R_2 V_1} \quad (۴)$$

کیهان‌شناسی

۳۴- فرض کنید در یک شب با تلسکوپ به آسمان نگاه می‌کنید. هر چقدر ابزار قوی‌تری داشته باشید، ستارگان بیشتری می‌بینید. حال تصور کنید تلسکوپی داشته باشید که بتواند هر ذره‌ی نوری را از هر نقطه‌ی عالم دریافت، ثبت و نمایش دهد. اگر جهان بی‌نهایت بزرگ، یکنواخت و ایستا باشد، آسمان شب درون تلسکوپ چطور باید به نظر برسد؟

(۱) تاریک، چون ستارگان دورتر آن قدر کم‌نورند که دیده نمی‌شوند.

(۲) روشن، چون در هر جهت، بی‌نهایت ستاره وجود دارد که نورشان به ما می‌رسد.

(۳) تاریک، چون نور ستارگان در مسیر جذب می‌شود و از بین می‌رود.

(۴) تاریک، چون سیارات و اجسام دیگر جلوی نور ستارگان را می‌گیرند.

۳۵- در جهانی تخت که چگالی از رابطه‌ی $\rho = \rho_0 a^{-\alpha}$ پیروی می‌کند، نسبت مقیاس تحول زمانی ثابت هابل به زمان هابل $(\frac{\tau}{t_h})$ را بیابید. (راهنمایی: مقیاس تحول زمانی هر پارامتر دلخواه Q از رابطه‌ی $\tau = \frac{Q}{|\frac{dQ}{dt}|}$ پیروی می‌کند.)

$$\frac{\alpha}{\alpha+1} \quad (۴)$$

$$\frac{2}{\alpha} \quad (۳)$$

$$\frac{\alpha}{2} \quad (۲)$$

$$\alpha(\alpha+1) \quad (۱)$$