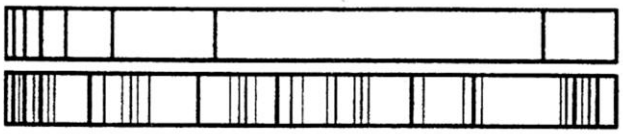
۱) توجه: این سوال شامل سه قسمتِ الف و ب و پ است.

الف) اگر بیشینه تابش در طیف ستاره A در طول موج ۲۹۰ نانومتر و بیشینه تابش در طیف ستاره B در طول موج ۸۷۰ نانومتر رصد شده باشد، مشخص کنید طیف های ۱ و ۲ به ترتیب متعلق به کدامیک از ستاره های A و B است.

طیف ۱

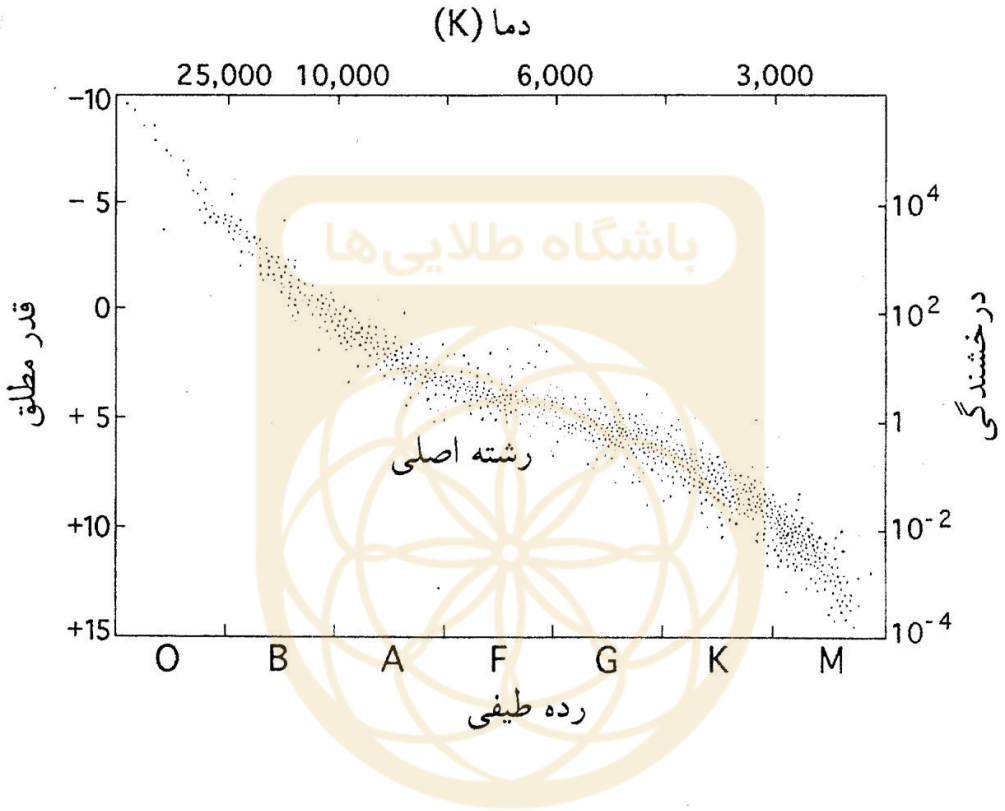
طیف ۲



طیف	۱	۲
ستاره		

باشگاه طلایی ها

ب) طیف جذبی ۱ دارای بیشترین و تاریک ترین خطوط جذبی هیدروژن نسبت به تمامی گونه های طیفی است. اگر فرض کنیم هردو ستاره A و B در مرحله هیدروژن سوزی در هسته باشند. مکان دو ستاره را در شکل زیر مشخص کنید.



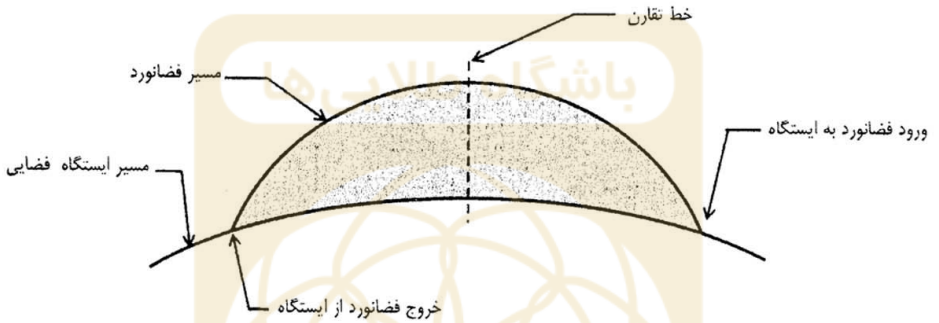
باشگاه طلایی‌ها

پ) نسبت جرم ستاره A به ستاره B چقدر است ؟

باشگاه طلایی‌ها

۲) توجه: این سوال شامل سه قسمتِ الف و ب و پ است.

یک ایستگاه فضایی در مداری دایروی با دوره‌ی تناوب T و شعاع R به دور زمین در گردش است. در یک حرکت نمایشی، فضانوردی قصد دارد با پرش از ایستگاه، طی یک حرکت در فضا مسیری را آزادانه (بدون استفاده از نیروی پیشرانش و یا ...) طی کرده و دوباره به ایستگاه برگردد. مسیر طی شده‌ی وی در فضا در شکل زیر نشان داده شده است. (شکل به مقیاس نیست) مسیر هم‌صفحه با مدار ایستگاه فضایی و هم‌چنین مسیر، نسبت به خط میانی متقارن است. (زاویه جدا شدن از ایستگاه و ورود به ایستگاه برابر است) مساحت قسمت رنگی در شکل πR^2 و زمان این مانور است.



الف) خروج از مرکز مدار فضانورد را محاسبه کنید.

باشگاه دانش‌پژوهان جوان

باشگاه طلایی‌ها

ب) نسبت نیم محور بزرگ مدار فضانورد، (a) به R را محاسبه کنید. $a/R = ۱/۳۴$

پ) هنگامی که فضانورد ~~و ایستگاه هر دو~~ به خط تقارن مانور می‌رسند، اندازه سرعت فضانورد ~~نسبت~~ به ایستگاه را بر حسب R و T بدست آورید.

باشگاه طلایی‌ها

۳) **توجه: این سوال شامل دو قسمتِ الف و ب است.**

سفینه‌ی فضایی به جرم ۲۵ کیلوگرم در کاوش‌های خارج از منظومه‌ی شمسی خود با یک ستاره‌ی غول سرخ مواجه می‌شود. جرم غول برابر جرم خورشید و درخشندگی آن ۱۰۰۰ برابر درخشندگی خورشید است. حرکت سفینه در یک خط مستقیم به سمت مرکز غول است و تحت گرانش آن به سویش سقوط می‌کند. هنگامی که سفینه به نزدیکی غول رسید، دما و حرارت بالا باعث روشن شدن علائم هشدار در سفینه می‌شود و سفینه بادبان‌های نوری خود را باز می‌کند. این بادبان‌هاتحت تاثیر فشار تابشی، بر نیروی گرانش غول غلبه کرده و سفینه از غول فاصله می‌گیرد. فاصله‌ی سفینه از مرکز غول، (D) بر حسب زمان t در نمودار ثبت شده است. بادبان‌ها نور را به صورت آینه‌ای دریافت و بازتاب می‌کنند و صفحه بادبان‌ها بر راستای تابش غول و راستای حرکت عمود است. در حل مسئله تنها نیروهای گرانش غول و فشار تابشی بر بادبان‌ها بعد از بازشدنشان را در نظر بگیرید و از تاثیرات جو غول و اثرات مغناطیسی و ... صرف‌نظر کنید. با استفاده از نمودار به سوالات زیر پاسخ دهید.

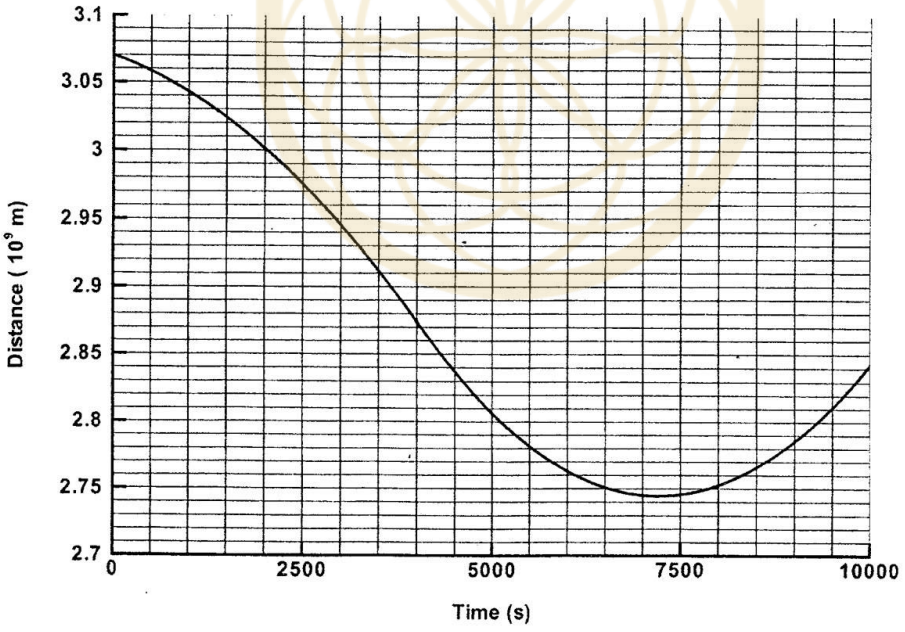
این ثوابت ممکن است به دردتان بخورد

جرم خورشید $M_\odot = ۲ \times ۱۰^{۳۰}\ kg$ است.

ثابت جهانی گرانش $G = ۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}\ m^۳ kg^{-۱} s^{-۲}$ است.

درخشندگی خورشید $L_\odot = ۳/۸۵ \times ۱۰^{۲۶}\ W$ است.

سرعت نور $c = ۳ \times ۱۰^{۸}\ m\,s^{-۱}$ است.



الف) سفینه در چه زمانی بادبان‌های خود را باز کرده است؟ برای پاسخ خود استدلال کافی بیاورید.

باشگاه طلایی‌ها

ب) مساحت بادبان‌های سفینه چند متر مربع است؟ حوالی $۴۰\,m^2$ میشه!

باشگاه طلایی‌ها

۴) توجه: این سوال شامل دو قسمتِ الف و ب است.

ناظری در شهری با عرض جغرافیایی ϕ (شمالی) زندگی می‌کند. کمترین طول دایره‌البروجیِ نقطه‌ای از آسمان که در سمت‌الرأس ناظر قرار دارد، چقدر است؟ (ε زاویه‌ی بین دایره‌البروج و استوای سماوی است.)

الف) در حالتی که $\phi < ۹۰ - \varepsilon$

باشگاه طلایی‌ها

۵) **توجه: این سوال شامل سه قسمتِ الف و ب و پ است.**

سرعت رصدی اجرام کیهانی برابر است با مجموع سرعت جریان هابلی $v = H_o r$ و مؤلفه‌ی سرعت خاصه در امتداد خط دید که به واسطه اثرات گرانشی موضعی پدید می‌آید.

این ثوابت ممکن است به دردتان بخورد

ثابت هابل $Ho = ۷۲\ km\,s^{-۱}\,Mpc^{-۱}$ است.

سرعت نور $c = ۳ \times ۱۰^{۸}\ m\,s^{-۱}$ است.

الف) فرض کنید می‌خواهیم ثابت هابل را با اندازه گرفتن فاصله و انتقال به سرخ یک جرم منفرد در کیهان موضعی تخمین بزنیم. ثابت هابل چگونه به سرعت خاصه این جرم مربوط می‌شود؟

باشگاه طلایی‌ها

ب) اگر مقدار مؤلفه‌ی در امتداد خط دیدِ سرعتِ خاصه برابر با $۶۰۰\ km/s$ باشد در چه فاصله‌ای درصد خطای نسبی در اندازه‌گیری ثابت هابل ۵% می‌شود؟

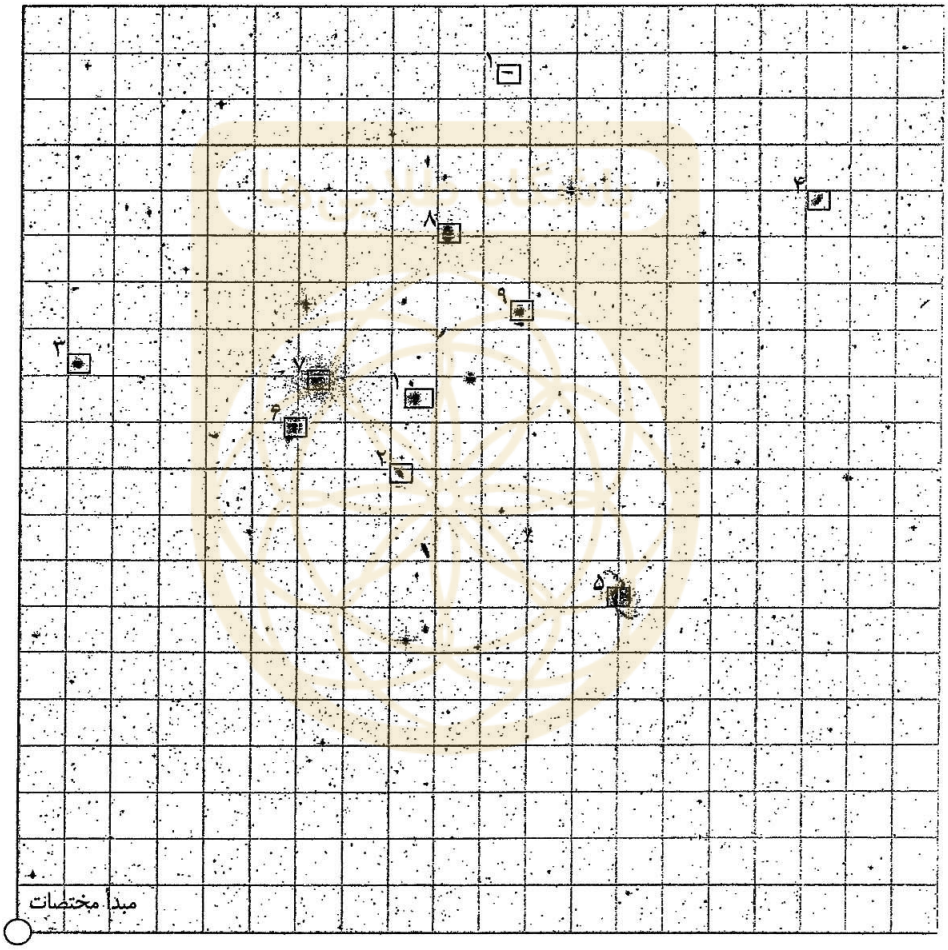
باشگاه طلایی‌ها

پ) اگر این جرم در انتقال به سرخ $z = ۰/۰۴$ قرار داشته باشد، در حضور سرعت خاصه ذکر شده در قسمت قبل میزان تغییر در انتقال به سرخ ناشی از انبساط هابلی چقدر است؟

. . . . . .

۶) **توجه: این سوال شامل دو قسمتِ الف و ب است.**

عکس زیر ناحیه‌ای از آسمان است که خوشه‌ای از کهکشان‌ها را نشان می‌دهد. این خوشه ۶۲ میلیون سال نوری از زمین فاصله دارد. خوشه‌ی کهکشان‌ها مجموعه‌ای از چندین کهکشان است که با یکدیگر برهم‌کنش گرانشی مستقیم دارند. مساحت این عکس برابر مساحت خوشه و مساوی $47' \times 47'$ است.



همان‌طور که مشاهده می‌کنید، این عکس به $20 \times 20 = 400$ ناحیه تقسیم شده است. بدین ترتیب می‌توان به هر نقطه از این عکس یک مختصات نسبت داد. مختصات گوشه‌ی چپ-پایین در این عکس $(0, 0)$ است. مکان ۱۰ کهکشان از اعضای این خوشه در عکس مشخص شده است. جدولی که در ادامه آمده است، مشخصات این ۱۰ کهکشان را نشان

می‌دهد. ستون اول جدول، شماره‌ی کهکشانی که در عکس آمده است را تعیین می‌کند. ستون دوم و سوم مختصات کهکشان را نشان می‌دهد. ستون چهارم نسبت جرم (M) به درخشندگی در فیلتر آبی (L_B) هر کهکشان را بر حسب واحدهای خورشیدی تعیین می‌کند. یعنی برای خورشید داریم $M/L_B = ۱$. ستون آخر نیز قدر ظاهری هر کهکشان در فیلتر آبی (B) را نشان می‌دهد.

شماره‌ی کهکشان	X	Y	M/L_B	B
۱	۱۰/۵۳	۱۸/۵۸	۷/۲۳	۱۹/۰۱
۲	۸/۲۱	۹/۹۳	۸/۹	۱۷/۹۱
۳	۱/۲۴	۱۲/۲۵	۷/۴	۱۴/۷۹
۴	۱۷/۳۷	۱۵/۷۹	۶/۹	۱۵/۸۸
۵	۱۳/۰۳	۷/۲۶	۴/۵	۱۰/۳۴
۶	۵/۹۵	۱۰/۹۴	۵/۱	۸/۸۱
۷	۶/۴۷	۱۱/۹۱	۹/۳	۹/۶۸
۸	۹/۲۳	۱۵/۰۸	۱۰/۰	۱۱/۹۶
۹	۱۰/۸۳	۱۳/۳۸	۳/۴	۱۳/۸۲
۱۰	۸/۵۵	۱۱/۵۳	۵/۷	۱۱/۳۶

این ثوابت ممکن است به دردتان بخورد

قدر مطلق خورشید در فیلتر آبی ۵/۴۷ است.

یک واحد نجومی $۱/۵ \times ۱۰^{۱۱}$ متر است.

یک پارسک ۲۰۶۲۶۵ واحد نجومی است.

الف) با توضیح مختصر و انجام محاسبات لازم، مختصات مرکز جرم خوشه را بدست آورید و مکان آن را در عکس با علامت + مشخص کنید.

باشگاه طلایی‌ها

ب) اگر این ۱۰ کهکشان، تنها ۱۰ درصد از کل درخشدگی خوشه را (در فیلتر آبی) تولید کنند، قدر یک ثانیه‌ی قوسی مربع از این خوشه را در فیلتر آبی محاسبه کنید.

باشگاه طلایی‌ها

۷) **توجه: این سوال شامل پنج قسمت است.**

اُسطرلاب یک ابزار نجومی قدیمی است که به‌وسیله‌ی آن می توان در هر لحظه سمت و ارتفاع ستاره‌ها را برای یک ناظر بیابیم. طی قرن‌ها و اعصار گذشته، منجمان به نوشتن کتاب‌ها و مقالات فراوانی در زمینه‌ی آن پرداخته‌اند. به عنوان نمونه می‌توان به کتاب «التفهیم» از ابوریحان بیرونی اشاره کرد که فصلی از آن به توضیح و توصیف اسطرلاب و اجزای آن اختصاص یافته است. علاوه بر نوشتن این کتب، برخی از منجمان به تکمیل اُسطرلاب‌ها و افزودن قابلیت‌های تازه به آنها می‌پرداختند و انواع تازه‌ای از اُسطرلاب را می‌ساختند. مثلاً ابوریحان بیرونی وقتی به اُسطرلاب‌های مختلف اشاره می‌کند، از اُسطرلابی به نام «زورقی» نام می‌برد که توسط ابوسعید سجزی ساخته شده و بر مبنای چرخش زمین است. در یک حالت ساده، ساختن یک اُسطرلاب بوسیله‌ی دو صفحه (در واقع دو دایره) امکان‌پذیر است.

صفحه‌ی ۱: این صفحه به صورت یک طلق در بسته‌ی سؤالات قرار گرفته است و همان‌طور که مشاهده می‌کنید از دایره‌ای که محیط آن بر حسب ساعات شبانه روز درجه‌بندی شده، تشکیل شده است. درون آن هم در واقع نقشه‌ای از ستاره‌ها و صورت‌های فلکی آسمان است. در مرکز این دایره، ستاره‌ی قطبی قرار گرفته است که در اطراف آن برخی از صورت‌های فلکی، قابل مشاهده هستند. ضمناً برای سهولت کار دایره‌البروج نیز رسم شده که در تصویر مشخص است.

صفحه‌ی ۲: این صفحه مشخص کننده‌ی سمت و ارتفاع برای ناظری در شهر تهران است و محیط آن به صورتی درجه‌بندی شده است که روزهای سال را نمایش می‌دهد. خم مربوط به افق ناظر را درون این صفحه مشاهده می‌کنید. پس از خمِ مربوط به اُفق، خم‌هایی مشخص شده است که در واقع دوایر هم ارتفاع هستند و نشان دهنده‌ی ارتفاع‌های صفر تا ۹۰ درجه (به صورت ۱۰ درجه، ۱۰ درجه) است. در نهایت، مرکز این دوایر به نقطه‌ای ختم شده است که نشان‌دهنده‌ی سمت‌الرأس ناظر است. خم‌های دیگری که از سمت‌الرأس خارج شده‌اند، خم‌های هم‌سمت هستند و سمت شرقی و غربی را از صفر تا ۱۸۰ درجه (به صورت ۱۵ درجه، ۱۵ درجه) مشخص کرده‌اند. نقطه‌ی سفیدی که در سمت صفر درجه و ارتفاع 36° قرار دارد، نشانگر قطب شمال سماوی است.

نحوه‌ی استفاده: مرکز این دو صفحه را بر روی هم قرار دهید. به طوری که ستاره‌ی قطبیِ صفحه‌ی ۱، در مکان صحیحش در صفحه‌ی ۲ قرار بگیرد. با چرخاندن این صفحه‌ها بر روی یکدیگر می‌توانید زمانی که مدنظر دارید را تنظیم کنید. مثلاً اگر قرار است اُسطرلاب را برای ساعت ۱۰ شب در روز اول فروردین تنظیم کنید باید صفحات را به نحوی بر روی هم قرار دهید که ساعت ۲۲ از صفحه‌ی ۱ بر روی ۱ فروردین از صفحه‌ی ۲ منطبق شود. سپس با توجه به محل قرارگیری هر ستاره در صفحه‌ی ۲، می توانید سمت و ارتفاع آن را بیابید.

اکنون با استفاده از اُسطرلابی که دارید، به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) پنج صورت فلکی که تماماً در نیمکره‌ی شمالی دایره‌البروج قرار دارند را نام ببرید. (این صورت‌های فلکی باید در نقشه موجود باشند.)

ب) سه صورت فلکی که در اول اسفند ماه ساعت ۱۰ شب، تمامی ستاره‌هایشان ارتفاعی بیش از ۳۰ درجه دارند را نام ببرید. (این صورت‌های فلکی باید در نقشه موجود باشند.)

پ) در ساعت ۸ شب چه روزی از سال ستاره‌ی دِنب از نصف‌النهار ناظر عبور می کند؟

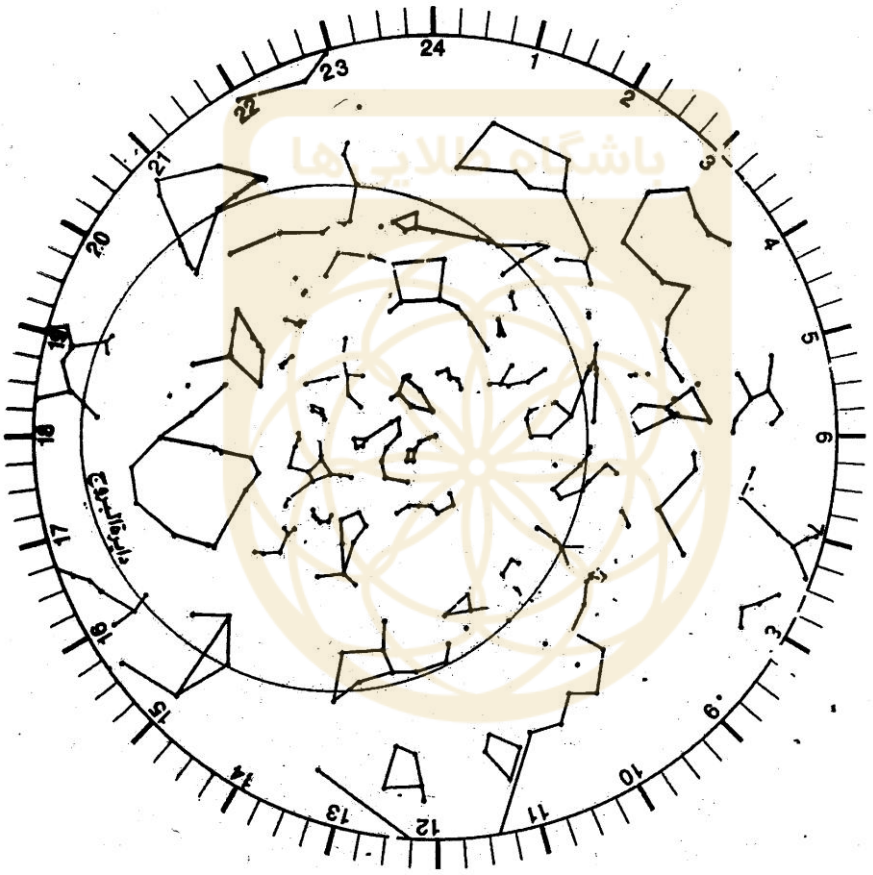
ت) ارتفاع نسرطائر وقتی که سمت آن از دید ناظر ۱۲۰ درجه است، چقدر خواهد بود؟

ث) این ناظر در فصل تابستان، خورشید را با ارتفاع 10° و سمت 80° مشاهده می‌کند. در این هنگام، خورشید در کنار کدام ستاره‌ی پرنور آسمان قرار دارد؟

باشگاه طلایی‌ها

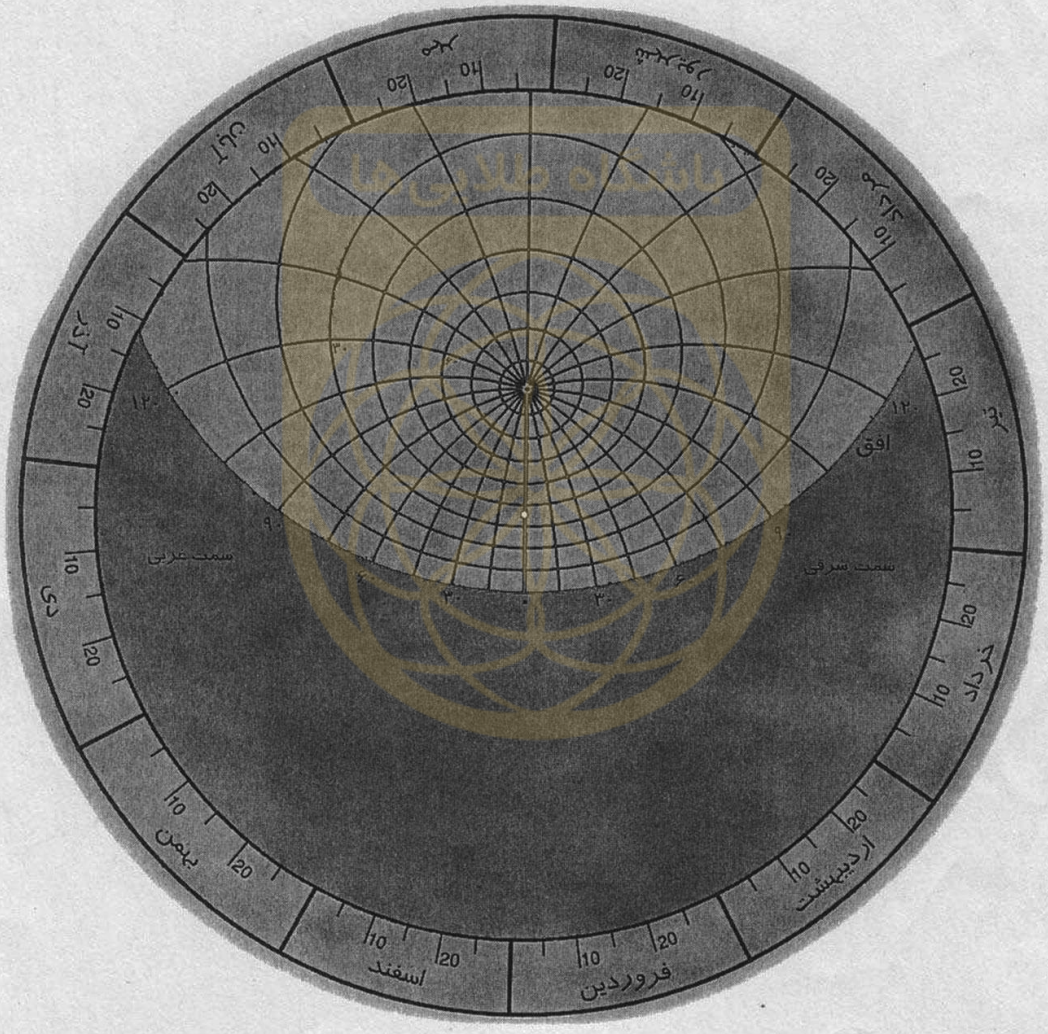
این صفحه و صفحه‌ی بعد را از دفترچه‌ی سوالات خود جدا نموده و دقت کنید که بر روی آن پاسخی ننویسید. در پایان آزمون، می‌توانید این دو صفحه را همراه خود ببرید.[1]

صفحه ۱



[1] طراحی و محاسبه‌ی صفحه‌های اسطرلاب از سید امیرسادات موسوی.

صفحه ۲


شرق
جنوب
غرب
شمال
افق
سمت شرقی
سمت غربی
خرداد
تیر
مرداد
شهریور
مهر
آبان
آذر
دی
بهمن
اسفند
فروردین
اردیبهشت