

به نام حضرت دوست

اردیبهشت ماه ۱۳۹۶

آزمون های دوازدهمین دوره تابستانه

المپیاد نجوم و اخترفیزیک



گرددآوری و بازنویسی توسط اعضای یازدهمین تیم جمهوری اسلامی ایران در المپیاد نجوم و اخترفیزیک

اعضای تیم به ترتیب حروف الفبا

امیراحسان علیزاده

سینا بلوکی

عباس فروزان نژاد

امیرحسین ستوده فر

زهرا فرهمند

عماد صالحی

علیرضا ملکی

پریماه صفریان

محمد علی نادمی

شايان عزيزى



بخش اول:

آزمون‌های تئوری

آزمون تئوری میان دوره

مدت آزمون : ۲۴۰ دقیقه

تاریخ آزمون ۹۵/۵/۱۹

۱- (۶۰ نمره) قبل از حل این سوال به نکات زیر توجه کنید :

در کنار برگه سوالات می بایست دو برگ کاغذ که شامل دو دایره نقشه اسٹرالاب هستند، یک پرگار، یک نقاله و یک خط کش قرار داشته باشد.

دقت کنید که فقط و فقط یکی از برگه های نقشه را به همراه پاسخنامه خود تحويل دهید.

در پاسخنامه خود راه حل کامل تمامی بخش ها و تمامی عملیات های خود را شرح دهید و هیچ توضیح یا عددی را روی نقشه یادداشت نکنید. دقت کنید که به جواب بدون راه حل هیچ نمره ای تعلق نمی گیرد.

نقشه های که در دست دارید کره ای آسمان است که توسط تسطیح اسٹرالاب بر روی کاغذ تسطیح شده است.

در این نقشه دایره هی پر رنگ، استوای سماوی است و مرکز نقشه، قطب شمال سماوی است و دوره تناوب وضعی زمین ۲۴ ساعت است.

تذکر : حداقل دو مرتبه مجاز به استفاده یکی از روابط مثلثاتی هستید (سینوس ها ، کسینوس ها ، چهارجزویی ، قطبی و قیاسی) بنابراین سعی کنید حتی الامکان از روش های هندسی استفاده کنید. استفاده از تمامی روابط به جز روابط ذکر شده مجاز است.

(الف) ابتدا مرکز نقشه را پیدا کرده و نقطه p را مشخص کنید.

(ب) روی استوای سماوی نقطه دلخواهی را به عنوان نقطه ای اعتدال بهاری مشخص کنید.

(ج) نقطه ای قطب شمال دایره البروج را روی نقشه مشخص کنید.

(د) دو ناظر در نظر بگیرید که در عرض جغرافیایی 60° و 80° درجه قرار گرفته اند و زمان نجومی را به ترتیب 3 ساعت و 12 ساعت اندازه گیری می کنند. نقاط سرسوی این دو ناظر را روی این نقشه مشخص کنید.

(ه) افق هر دو ناظر را بوسیله ای پرگار رسم کنید.

(و) میل و بعد ستارگانی که همزمان روی افق هر دو ناظر هستند را به دست آورید.

(ز) آیا ممکن است در لحظه ای از شبانه روز قطب شمال دایره البروج برای هر دو ناظر دیده شود ؟ اگر جوابتان مثبت است مدت زمانی که قطب شمال دایره البروج برای هر دو ناظر قابل مشاهده است را محاسبه کنید.

(ح) پس از گذشتن یک شبانه روز کامل، مجموع کل نواحی که در هر زمان، توسط هر دو ناظر دیده می شده است چه کسری از کل کره آسمان را تشکیل می دهد ؟ (در این قسمت سوال از روش بودن آسمان در روز و اثر خورشید صرف نظر کنید)

(ط) اگر نقشه در تاریخ ۲۰ خرداد تهیه شده باشد، چه کسری از مدت زمان یک شبانه روز، برای هر دو ناظر به طور همزمان روز بوده است ؟

ی) آیا ممکن است در روزی از سال، در حالی که خورشید برای یک ناظر در حال غروب است همزمان برای ناظر دیگر در حال طلوع باشد؟
اگر جوابتان مثبت است تاریخ این رویداد را بدست آورید.

۲-۵۰ نمره) الف) اثبات کنید اگر از نقطه P روی سهمی (به جز راس سهمی) بر محور تقارن آن عمود کنیم و پای عمود را N بنامیم و از نقطه P بر خط مماس بر سهمی در نقطه P عمودی رسم کنیم و محل برخورد این خط با محور تقارن سهمی را G بنامیم، فاصله NG برابر با طول نیم وتر قائم سهمی است. برای اثبات این قضیه می توانید از قضایی که سر کلاس درس داده شده بدون اثبات استفاده کنید و همچنین می توانید با روش تحلیلی آن را اثبات نمایید.

یک سفینه فضایی که سرنشینان آن اهالی سیاره‌ای ناشناخته‌اند در مداری سهمی که اندازه حضیض آن 25° واحد نجومی است به دور خورشید در حال گردش است. نحوه حرکت این سفینه به نحوی است که سمت جلوی سفینه همواره رو به جهتی است که سفینه به آن سمت در حرکت است (یعنی سرنشینان آن دید خوبی نسبت به راستای عمود بر سرعت آن ندارند). دانشمندان زمینی می خواهند توسط یک شاتل این سفینه را به نحوی تعقیب کنند که سرنشینان آن متوجه این موضوع نشوند، برای همین هنگامی که زمین در نقطه کور این سفینه و روی محور تقارن آن قرار دارد و پیش از آن که سفینه به راس مدار سهمی خود برسد، این شاتل به سمت خورشید روانه می‌شود و موتورهای قدرتمند این این شاتل آنرا طوری به حرکت درمی‌آورند که در خط راست حرکت کند و در هر لحظه این شاتل در نقطه کور این سفینه قرار داشته باشد. این شاتل همواره در نقطه کور این سفینه قرار دارد تا زمانی که مجدداً به فاصله ۱ واحد نجومی از خورشید برسد، سپس به کمک موتور هایش در همان نقطه باقی می‌ماند تا زمین مجدداً به آن نقطه برسد. مدار زمین را دایره‌ای با شعاع ۱ واحد نجومی درنظر بگیرید.

ب) این شاتل چه مدت باید در نقطه با فاصله ۱ واحد نجومی از خورشید منتظر بماند تا زمین به آن برسد؟

ج) سرعت لحظه‌ای این شاتل را هنگامی که در فاصله 5° واحد نجومی از خورشید قرار دارد بیابید. (بر حسب کیلومتر بر ثانیه)

۳-۴۰ نمره) یکی از روش‌هایی که ذرات در فضای بین ستاره‌ای شتابدار می‌شوند، برخورد کشسان آن‌ها با اجرام بزرگ‌تر و تغییر سرعت آن‌هاست.
(شتابدهی فرمی)

کره‌ای توپر به جرم M و شعاع R در فضای بی‌کران معلق است. مرکز دستگاه مختصات بر مرکز این کره منطبق است. یک ذره کوچک به جرم m با سرعت V از نقطه $aR\hat{x}$ به سمت این کره پرتاب می‌شود.

$$\text{این ذره با کره در مختصات } (\hat{x} + \hat{y} + \hat{z}) = \frac{V(\hat{y} + \hat{z})}{\sqrt{(1-\sqrt{3} a)^2 + 2}} \text{ برخورد کرده و با سرعت } \frac{1}{\sqrt{3}} R(\hat{x} + \hat{y} + \hat{z}) \text{ به سمت دیگری پرتاب می‌گردد.}$$

الف) سرعت کره را درست پس از لحظه برخورد بدست آورید.

ب) سرعت زاویه‌ای کره را درست پس از لحظه برخورد بدست آورید.

(راهنمایی: فرض کنید که ذره یک جرم نقطه‌ای است. از گرانش این دو کره بر روی هم صرف نظر کنید.)

۴- (۶۰ نمره) دنیایی همگن و همسانگرد با چگالی انرژی $P(t)$ و فشار $\rho(t)$ را در نظر بگیرید. ذرهای به جرم m و انرژی کل E در فاصله $r = a(t)\vec{x}$ از مبدا دلخواه O قرار دارد. فاکتور مقیاس کیهانی و \vec{x} مختصه همراه ذره است. در این مسئله سرعت نور برابر واحد در نظر گرفته شده است. (۱=c) حال فرض کنید پتانسیل گرانشی یک جرم نقطه‌ای M متفاوت با گرانش نیوتینی و به صورت زیر است:

$$\Phi(r) = \frac{MG}{r} + \frac{\Lambda}{6}r^2$$

که در آن $\Lambda > 0$ و یک ثابت است.

(الف) با بررسی معادله حرکت ذره m نشان دهید که $a(t)$ در معادله زیر صدق می‌کند:

$$\begin{aligned}\ddot{a} &= -\frac{4\pi G}{3}(\rho + 3P) + \frac{\Lambda}{3} \\ \dot{a}^2 + \frac{K}{a^2} &= \frac{8\pi G}{3}\rho + \frac{\Lambda}{3}\end{aligned}$$

که در آن $K = -\frac{2E}{mx^2}$ است. همچنین نشان دهید که K حتماً ثابت است.

(ب) با فرض اینکه دنیای فوق ایستا است و تحولی ندارد و از ماده غیرنسبیتی تشکیل شده است، فاکتور مقیاس (a_E)، چگالی (ρ_E) و فشار (P_E) را محاسبه کنید. با فرض اینکه K فقط سه مقدار $+1, 0, -1$ - را می‌تواند داشته باشد، مقدار K چقدر است؟

(ج) حال فرض کنید اختلال کوچکی به صورت $a(t) = a_E + \delta a(t)$ در "شعاع" این مدل ایجاد شده باشد. دقت کنید که $\frac{\delta a(t)}{a_E} \ll 1$ است. نشان دهید که $\delta a(t)$ در معادله زیر صدق می‌کند:

$$\delta \ddot{a} + f(\Lambda, \omega) \delta a = 0$$

و تابع $f(\Lambda, \omega)$ را پیدا کنید. ضمناً فرض کنید که اختلال ایجاد شده در فشار و چگالی سیستم به صورت $\delta P = \omega \delta \rho$ به هم مرتبط باشند. $\omega > 0$ و یک ثابت است.

پایداری مدل فوق به ازای اختلال ایجاد شده را بررسی کنید. اگر سیستم ناپایدار است، آهنگ رشد اختلال $\delta a(t)$ را محاسبه کنید.

راهنمایی ۱: دقت کنید که برخلاف گرانش نیوتینی، در نظریه نسبیت عام انشتین فشار یک سیال نیز منجر به نیروی گرانش می‌شود. بنابراین فرض کنید که نیروی گرانش معادل به اندازه $4\pi GmP(t)r$ از طرف فشار سیال به m وارد می‌شود.

راهنمایی ۲: پاسخ معادله دیفرانسیل مرتبه دوم همگن به فرم e^{at} یا e^{-at} به صورت $a^2 x = a^2 t$ است.

۵- (۴۰ نمره)تابع چگالی ستاره‌ای به صورت زیر است:

$$\rho(t) = \rho_0 \left(1 - \alpha \left(\frac{r}{R}\right)^2\right)$$

که r فاصله یک نقطه دلخواه از مرکز ستاره، R شعاع ستاره و α یک عدد ثابت است.

الف) ρ_0 چگالی در چه نقطه‌ای از ستاره می‌باشد؟

ب) چگالی متوسط ستاره را محاسبه کنید.

ج) بازه قابل قبول α را بدست آورده و برای مقادیر غیرقابل قبول آن دلایل خود را ذکر کنید.

۶- (۵۰ نمره) ذره‌ای به جرم سکون m_1 با تکانه‌ی p در راستای محور X به ذره‌ای دیگر به جرم سکون m_2 که ساکن است برخورد می‌کند. در اثر این برخورد، ذره دوم با زاویه θ و تکانه زاویه‌ای p' نسبت به راستای محور X پراکنده می‌شود. به علاوه در این برخورد ذره اول نیز نابود می‌شود و در عوض یک فوتون با انرژی E_γ با زاویه 90° درجه نسبت به راستای X گسیل می‌شود.

الف) p' و E_γ را برحسب θ و p بنویسید.

ب) به ازای m_1 ، m_2 ، m و p معلوم، E_γ و $\tan \theta$ را پیدا کنید.

ج) با توجه به قسمت ب، نمودار $\tan \theta$ و E_γ را برحسب p رسم کنید. بر اساس این دو نمودار بیشترین مقدار E_γ را تعیین کنید.

آزمون تئوری پایان دوره (نوبت صبح)

مدت آزمون : ۲۴۰ دقیقه

تاریخ آزمون ۹۵/۶/۱۷

۱- (۸۰ نمره) الف) تعداد n بیضی داریم که قطر بزرگ آنها برابر و منطبق برهم است. خطی موازی با قطر کوچک بیضی‌ها رسم می‌کنیم. محل برخورد این خط با بیضی اول P_1 و Q_1 با بیضی دوم P_2 و Q_2 و ... و با بیضی n ام، P_n و Q_n است. با روش تحلیلی (اثبات به روش هندسی هیچ نمره ای ندارد) اثبات کنید اگر از هر کدام از i و Q_i ها ($i = 1, 2, \dots, n$) خطی مماس بر بیضی i ام بکشیم تمام این خطوط در یک نقطه همسنند.

ب) جسمی به جرم ۱ کیلوگرم به یک سر فنری با ثابت فنر ۱ نیوتون بر متر و طول آزاد صفر بسته شده است و سر دیگر فنر روی مبدا مختصات محکم شده است. در زمان صفر جسم در فاصله ۵ متری از مبدا روی محور x قرار دارد و با سرعت V در جهت موازی با محور z پرتاب می‌شود. در زمان ۵ ثانیه ناگهان فنر پاره می‌شود و جسم روی مسیر مستقیم حرکت می‌کند. مسیر این جسم محور x را در چه نقطه‌ای قطع می‌کند؟

۲- (۱۰۰ نمره) در اثر برهمنکش پرتو های کیهانی با مولکول‌های موجود در جو و چندین مرحله واپاشی، بارش‌ها و بهمن‌های هوایی بوجود می‌آیند که شامل ذرات بنیادی مانند الکترون‌ها و میون‌ها و ... هستند. به علت باردار بودن این ذرات، میدان الکترومغناطیسی این ذرات را شتابدار می‌کند. در نتیجه می‌خواهیم تاثیر میدان مغناطیسی زمین را بر روی رفتار یک الکترون نوعی و یک میون نوعی بررسی کنیم. به علت بیشتر بودن اثر ناشی از میدان مغناطیسی زمین از اثر میدان الکتریکی آن صرف نظر می‌کنیم. فرض کنید میدان مغناطیسی زمین به صورت ثابت و یکنواخت و برابر $G \times 10^{-2} \text{ MeV}^2 = (28.1\hat{i} - 38.4\hat{k})$ باشد که راستای \hat{k} همان راستای سرسو می‌باشد. می‌دانیم به علت انرژی بالای این ذرات رفتار آن‌ها نیز نسبیتی خواهد بود. انرژی یک میون و یک الکترون را به ترتیب برابر 200 MeV و 10 MeV در نظر بگیرید.

الف) ثابت کنید بردار شتاب یک ذره نسبیتی از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{\gamma m_0} - \frac{\vec{v}}{\gamma m_0 c^2} (\vec{F} \cdot \vec{v})$$

که در آن \vec{F} بردار نیرو، \vec{v} بردار سرعت ذره، m_0 جرم سکون ذره، c سرعت نور و $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ می‌باشد.

راهنمایی : می‌دانیم

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v} \quad \text{که در آن} \quad \vec{F} = \frac{d(\vec{p})}{dt}$$

ب) بیشترین شتابی که به واسطه میدان مغناطیسی زمین ایجاد می شود را برای این میون نوعی و این الکترون نوعی محاسبه کنید.

ج) به واسطه میدان مغناطیسی، راستای حرکت ذرات باردار تغییر می کند. می دانیم ارتفاعی که ذرات بنیادی تشکیل می شوند به تناظر انرژی آن ها متفاوت است. در صورتی که ارتفاع تشکیل مربوط به یک الکترون نوعی و میون نوعی به ترتیب 350 متر و 7 کیلومتر باشند، بیشترین مقدار انحراف محل فرود هر کدام از آن ها روی زمین چند متر است؟ نسبت مقدار انحراف الکترون نوعی به میون نوعی را بیابید.

د) در چه حالتی کمترین نیرو به ذره وارد می شود؟ مقدار سرعت ذره و نیروی وارد بر آن را در این حالت بدست آورید. در چه حالتی بیشترین نیرو به ذره وارد می شود؟ مقدار سرعت ذره و نیروی وارد بر آن را در این حالت بدست آورید.

۳- (۱۰۰ نمره) کهکشانی با تقارن کروی در نظر بگیرید. در این کهکشانتابع پتانسیل بر حسب فاصله شعاعی از مرکز کهکشان به صورت زیر می باشد:

$$\phi(r) = -GM_0(r^2 + a^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

که در رابطه فوق G و a ثوابت مثبت هستند.

(الف) بردار سرعت را برای ستاره ای که در مدار دایروی و فاصله r_0 از مرکز کهکشان در جال حرکت می باشد بدست آورید.

اندازه این بردار v_C را به صورت کیفی و بر حسب r_0 رسم کنید و تفاوت نمودار بدست آمده با داده های رصدی را شرح دهید.

اکنون می خواهیم یک توجیه برای تفاوتی که در قسمت الف بیان کردہاید، ارائه دهیم.

بدین منظور فرض می کنیم که قانون دوم نیوتن در ابعاد بزرگ و شتاب های کم به صورت زیر تغییر می کند:

$$\Sigma \vec{F} = m\mu(|\vec{a}|)\vec{a} \quad (2)$$

که در معادله فوق $(|\vec{a}|)\mu$ یکتابع بر حسب اندازه بردار شتاب ستاره می باشد. یک مدل ساده برای این تابع را به صورت زیر در نظر بگیرید:

$$\mu(|\vec{a}|) = \frac{a}{a + a_0} \quad (3)$$

که در عبارت فوق a_0 یک ثابت است.

(ب) با فرض برقراری قانون گفته شده در بالا، موارد خواسته شده در قسمت الف را مجددا بدست آورید.

(پ) با فرض آنکه بردار شتاب ستاره بسیار بزرگ تر از a_0 باشد، شکل تصحیح شده قانون سوم کپلر را تا اولین مرتبه غیر صفر $\frac{a_0}{a}$ بدست آورید.

ت) نشان دهد که معادله (2) را می‌توان به فرم زیر نوشت:

$$\vec{a} = \lambda(|\vec{g}|)\vec{g}$$

که $(|\vec{g}|)\lambda$ یک تابع است که باید تعیین کنید.

میدان گرانشی نیوتونی برای این کهکشان به صورت $\phi = -\frac{1}{m}\vec{\nabla}\vec{g}$ تعریف می‌کنیم.

شار میدان گرانشی را برای کره ای به شعاع r و مرکزیت کهکشان به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$FLUX = \oint \vec{a} \cdot d\vec{S} \quad (4)$$

که در عبارت فوق $d\vec{S}$ بردار المان سطح کره می‌باشد.

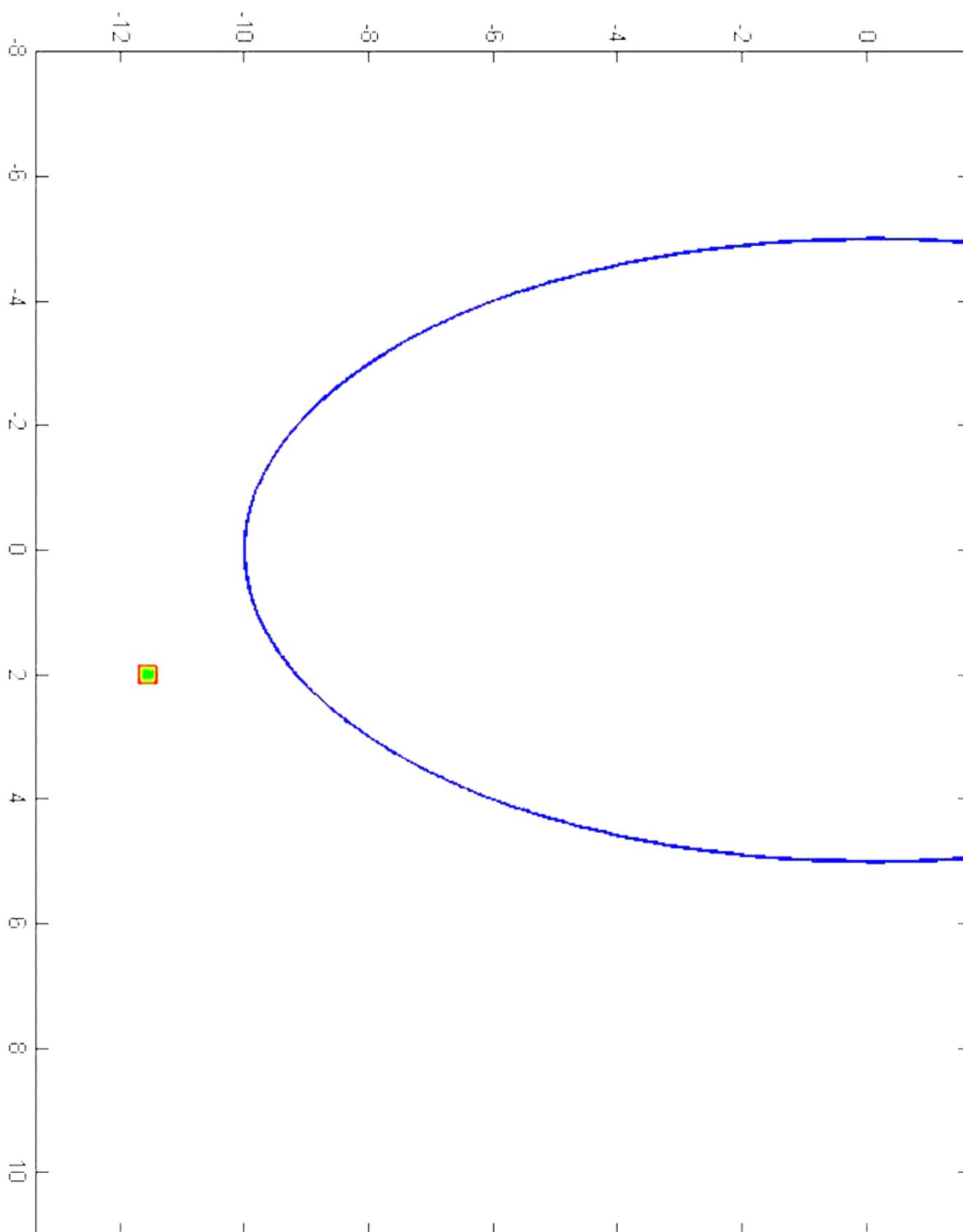
این شار را می‌توان به صورت $4\pi GM(r)$ نوشت که در اینجا $M(r)$ نشان دهنده جرمی از کهکشان است که در کره ای به شعاع r قرار دارد.

ث) $M(r)$ را بدست آورید و حد آن را به ازای $\infty \rightarrow r$ حساب کنید.

• به فرمول بندی ارائه شده در این مسئله، نظریه **MOND** گفته می‌شود.

۴- (۶۰ نمره) می‌خواهیم بسته ای را از شهر تهران به مختصات ($35.7^\circ N . 51.4^\circ E . 1190 m$) به شهر مشهد به مختصات ($36.2^\circ N . 59.4^\circ E . 1050 m$) ارسال کنیم. روش ارسال بسته به این صورت است که تونلی بین این دو شهر حفر می‌کنیم و بسته را داخل این تونل رها می‌کنیم. مدت زمانی که طول می‌کشد تا بسته به مقصد برسد را بر حسب دقیقه بدست آورید.

۵- (۶۰ نمره) با توجه به قضایایی که در مورد مقاطع مخروطی یاد گرفته اید و تنها با استفاده از خط کش و پرگار و بدون انجام محاسبات از نقطه مشخص شده روی شکل (که روی خط هادی این بیضی است) دو خط بر بیضی مماس کنید. محور های تقارن بیضی موازی محور های مختصاتند. (راهنمایی: ابتدا سعی کنید کانون بیضی را ببابید)



آزمون تئوری پایان دوره (نوبت بعد از ظهر)

مدت آزمون : ۱۸۰ دقیقه

تاریخ آزمون ۹۵/۶/۱۷

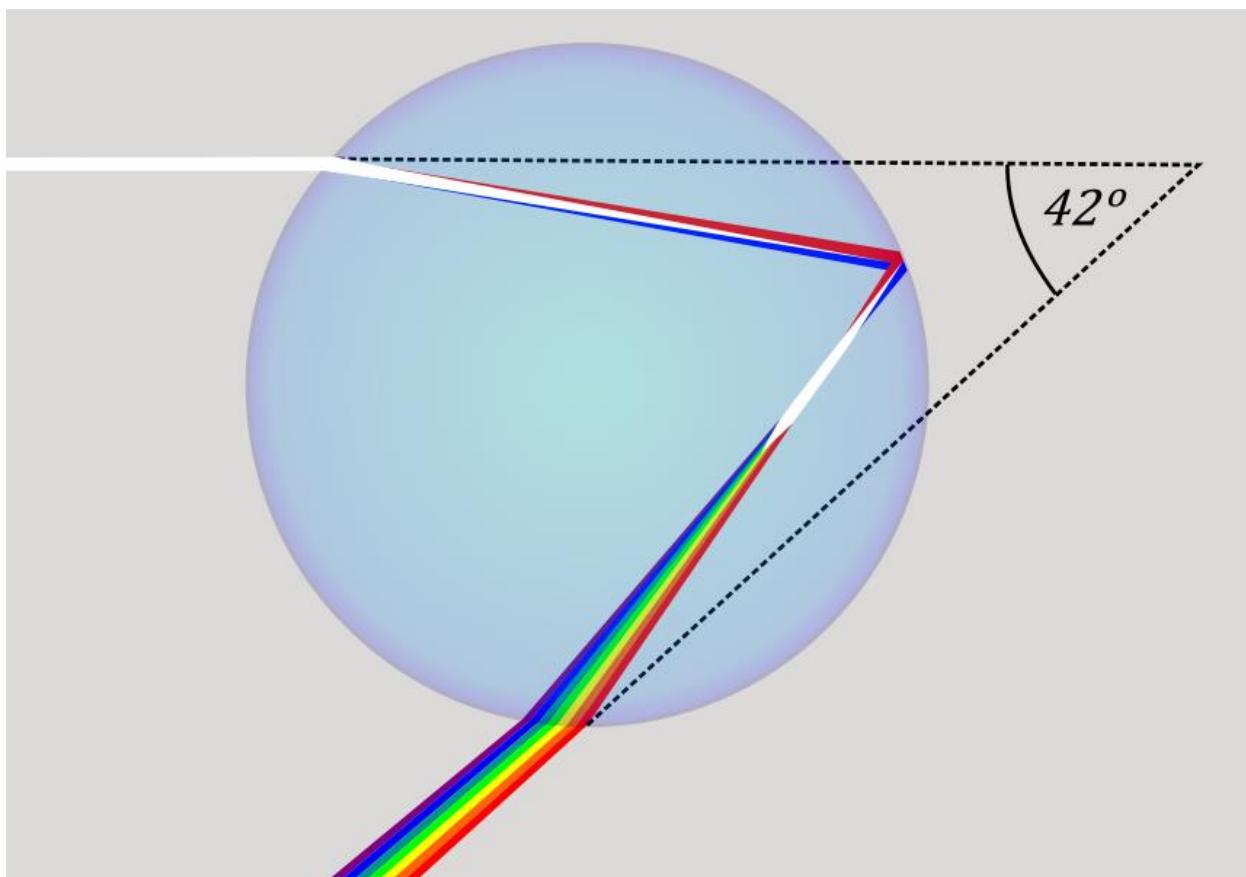
۱- (۱۰۰ نمره) در کنار برگه سوالات می بایست دو برگ کاغذ که شامل دو دایره نقشه اسٹرالاب هستند، یک پرگار، یک نقاله و یک خط کش قرار داشته باشد.

دقت کنید که فقط و فقط یکی از برگه های نقشه را به همراه پاسخنامه خود تحويل دهید.

در پاسخنامه خود راه حل کامل تمامی بخش ها و تمامی عملیات های خود را شرح دهید و هیچ توضیح یا عددی را روی نقشه یادداشت نکنید. دقت کنید که به جواب بدون راه حل هیچ نمره ای تعلق نمی گیرد.

رنگین کمان پدیده ای نوری است که زمانیکه خورشید به قطرات نم و رطوبت جو زمین می تابد باعث ایجاد طیفی از نور در آسمان می شود و این پدیده به شکل یک کمان رنگین در می آید.

همان طور که در شکل زیر مشاهده می کنید :



علت بوجود آمدن رنگین کمان شکست پرتوهای نور خورشید داخل قطره های باران است. به این صورت که اگر همهی پرتوهای ورودی خورشید به داخل قطرات آب را با یکدیگر موازی در نظر بگیرید پرتوهای خارج شده از قطره های آب در جهت مخالف پرتوی اولیه خورشید حرکت می کنند و با جهت ورودی زاویه تقریبی ۴۲ درجه می سازند و رنگین کمان در واقع آن دسته از پرتوهای خروجی هستند که به چشم ما می رسند.

الف) با توجه به اطلاعات بالا، به طور کامل توضیح دهید که مکان هندسی رنگین کمان در آسمان یک ناظر، چه می شود ؟

راهنمایی : تصور کنید که رنگین کمان در بی نهایت دور قرار دارد و می توان از اختلاف منظر صرفنظر کرد.

نقشه ای که در دست دارید، کره ای آسمان ناظر است که توسط تسطیح اسطلاب، بر روی کاغذ تسطیح شده است.

و دایره موجود بر روی نقشه افق ناظر است. تصور کنید ناظر در عرض جغرافیایی ۵۰ درجه شمالی قرار دارد و نقشه در روز ۱ دی ثبت شده است و در این روز در شهر ناظر، باران باریده است و شرایط مساعدی برای بوجود آمدن رنگین کمان وجود دارد.

تذکر : حداکثر سه مرتبه مجاز به استفاده یکی از روابط مثلثاتی هستید) سینوس ها ، کسینوس ها ، چهار جزیی ، قطبی و قیاسی)

بنابراین سعی کنید حتی الامکان از روش های هندسی استفاده کنی. استفاده از تمامی روابط به جز روابط ذکر شده مجاز است.

ب) مرکز نقشه را مشخص کنید و با Z علامت بزنید، نقطه ای دلخواهی را بر روی افق ناظر به عنوان نقطه ای شمال علامت بزنید و نقطه ای قطب شمال سماوی را با p مشخص کنید.

ج) لحظه ای را در نظر بگیرید که خورشید در سمت شرقی ۱۷۰ درجه قرار می گیرد. حال پس از علامت زدن مکان خورشید، با استفاده از پرگار رنگین کمان حاصله را روی نقشه رسم کنید.

د) سمت نقاط برخورد رنگین کمان با افق ناظر را بدست آورید.

ه) در این حالت قوس کمان مشاهده پذیر در آسمان چند درجه است ؟

ک) در چه روز یا روزهایی از سال دو نقطه با مختصات $a = 10$ در آسمان این ناظر، می توانند همزمان روی قوس رنگین کمان قرار بگیرند ؟ (در اینجا منظور از a ارتفاع و منظور از A سمت شرقی است)

۲- (۱۰۰ نمره) در کنار برگه سوالات می بایست دو بروگ کاغذ که شامل دو دایره نقشه اسٹرالاب هستند، یک پرگار، یک نقاله و یک خط کش قرار داشته باشد.

دقت کنید که فقط و فقط یکی از برگه های نقشه را به همراه پاسخنامه خود تحويل دهید.

در پاسخنامه خود راه حل کامل تمامی بخش ها و تمامی عملیات های خود را شرح دهید و هیچ توضیح یا عددی را روی نقشه یادداشت نکنید. دقت کنید که به جواب بدون راه حل هیچ نمره ای تعلق نمی گیرد.

نقشه ای که در دست دارید، کره ای آسمان است که توسط تسطیح اسٹرالاب بر روی کاغذ تسطیح شده است.

در این نقشه دایره هی پرنگ، استوای سماوی است و نقطه ای مرکز نقشه، قطب شمال سماوی است و دوره تناوب وضعی زمین ۲۴ ساعت است.

تذکر : در بخش هایی از سوال که صریحا ذکر نشده است، مجاز به استفاده از روابط مثلثات کروی هستید.

استفاده از روابط تسطیح اسٹرالاب نیز بلامانع است.

الف) ابتدا مرکز نقشه را پیدا کرده و نقطه P را مشخص کنید.

ب) روی استوای سماوی نقطه ای دلخواهی را به عنوان نقطه ای اعتدال بهاری مشخص کنید.

ج) نقطه ای قطب شمال دایره البروج را روی نقشه مشخص کنید.

د) اگر طول گره سعودی مدار ماه با استوای برابر با 80° درجه و زاویه آن با استوای برابر با 30° درجه باشد، مختصات قطب شمال مدار ماه را بدست آورید.

ه) حال مدار ماه را بوسیله پرگار رسم کنید.

ی) فرض کنید نقشه، پس از گذشت ۶ روز از آنکه ماه روی گره سعودی خود بوده است، تهیه شده است. مختصات ماه را محاسبه کنید و مکان آن را روی نقشه مشخص کنید. مدار ماه را دایری تصور کنید و دوره تناوب آنرا ۲۷ روز نجومی در نظر بگیرید.

ک) تصور کنید که ثبت این نقشه در تاریخ ۲۵ خرداد صورت گرفته است، مکان خورشید را روی نقشه علامت بزنید.

گ) حال ناظری را تصور کنید که در عرض جغرافیایی 30° درجه شمالی قرار دارد. فقط با استفاده از پرگار و نقاله، مدت زمان شب را برای این ناظر محاسبه کنید. (شب را زمانی تعریف می کنیم که خورشید زیر افق ناظر باشد)

ص) مجددا فقط با استفاده از پرگار و نقاله محاسبه کنید که در چند ساعت از شب، ماه در آسمان ناظر حضور ندارد؟

ض) مجددا فقط با استفاده از پرگار و نقاله محاسبه کنید که در چند ساعت از روز ناظر، ماه نیز در آسمان حضور دارد؟

۳- (۱۰۰ نمره) به همراه این سوال به شما یک تصویر داده شده است که در واقع نقشه مركاتور کره زمین می باشد. ولی قاره ها در شکل مشخص نشده اند.

همچنین دو نقطه A و B در شکل مشخص شده اند که عرض و طول جغرافیایی آنها در زیر آورده شده است. تصویر، مرز بین شب و روز را مشخص می کند. طبیعتاً نقاط تیره، شب و نقاط روشن، روز هستند.

A: latitude: 48N, longitude: 51E

B: latitude: 34S

از هیچ فرمولی تا قبل از آنکه، "اجازه بدست آوردن آن به شما داده شود یا خود فرمول به شما داده شود"，نمی توانید

استفاده کنید.

در هر قسمت از حل مساله، هر فرضی می کنید، بر روی پاسخنامه بنویسید.

میدانیم رابطه بین عرض و طول نقشه مركاتور بر حسب عرض و طول جغرافیایی بصورت زیر است:

$$x = al + x_0$$

$$y = a \ln(|\tan \phi + \sec \phi|) + y_0$$

همچنین رابطه بین بعد و میل خورشید بصورت زیر است:

$$\sin \alpha = \tan \delta \cot \epsilon$$

در نقشه مورد نظر همان طور که در شکل واضح است، مرکز دستگاه مختصات در گوش پایین سمت چپ نقشه، قرار گرفته است.

این تصویر در فصل بهار تهیه شده است.

با توجه به توضیحات بالا، به سوالات زیر پاسخ دهید:

۱. برای نقشه داده شده ثابت a, x_0, y_0 را بیابید.

۲. نقشه مورد نظر چه بازه ای از عرض جغرافیایی را نشان می دهد؟

۳. استوا را در نقشه رسم کنید.

۴. میل خورشید را بیابید.

۵. خورشید را در نقشه علامت بزنید.

۶. شهر C با مختصات $latitude = 15^{\circ}N$. $longitude = 100^{\circ}E$ را با نام C در شکل علامت بزنید.

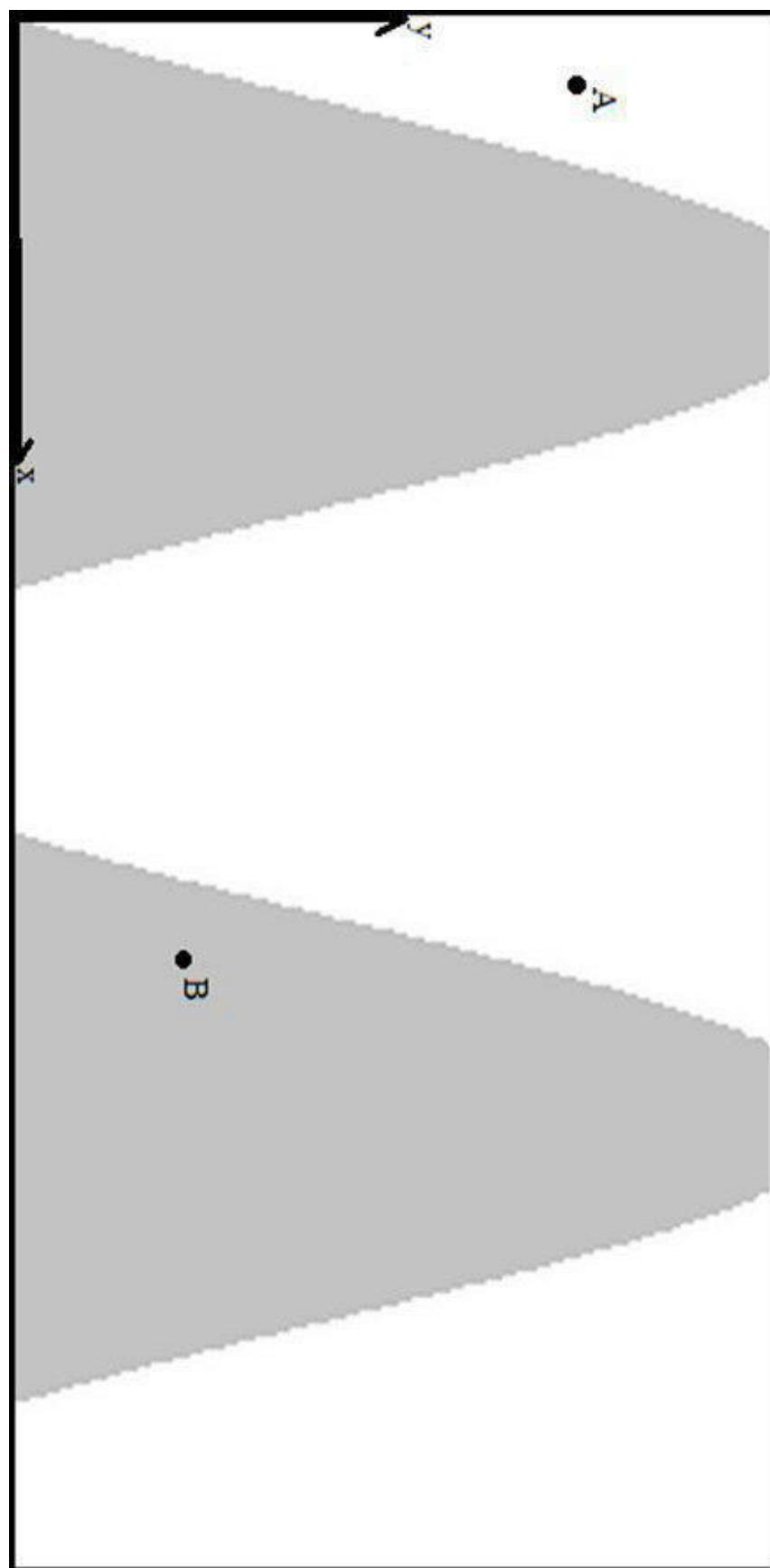
۷. تنها با استفاده از نقشه به دست آمده، محاسبه کنید زاویه ساعتی خورشید از دید ناظری در شهر C چقدر است؟

۸. تنها با استفاده از نقشه به دست آمده، محاسبه کنید از دید ناظری در شهر C خورشید چه مدت بعد غروب خواهد کرد؟

۹. تنها با استفاده از نقشه به دست آمده، ارتفاع خورشید از دید ناظری در شهر C را محاسبه کنید.

۱۰. ستاره Z با مختصات استوایی $Z: Declination = -45^{\circ}$. $Right Ascension = 20^h 8^m$ را در نظر بگیرید. شهری که ستاره مذکور در سمت الراس آن قرار دارد را با نام Z در شکل علامت بزنید.

۱۱. تنها با استفاده از نقشه به دست آمده تعیین کنید آیا ممکن است در ۲۴ ساعت اخیر که نقشه تهیه شده است، از دید ناظری در شهر C لحظاتی ستاره Z بالای افق باشد ولی خورشید زیر افق باشد؟ اگر جواب مثبت است، این مدت زمان را بیابید.





بخش دوم:

آزمون‌های تحلیل داده

آزمون تحلیل داده میان دوره

مدت آزمون : ۱۸۰ دقیقه

تاریخ آزمون ۹۵/۵/۲۵

۱- (۱۵ درصد) تلسکوپ فضایی در اختیار داریم که خطای آن در اندازه گیری اختلاف منظر، حرکت ویژه (خاصه) و سرعت شعاعی به ترتیب μarcsec ، μarcsec و μarcsec میکرو ثانیه قوسی است.

(الف) خطای مطلق و نسبی این تلسکوپ در تعیین فاصله ستاره ای در ۱۰، ۷۵۰ و ۳۰۰۰ پارسکی چه میزان است؟

(ب) خطای این تلسکوپ در تعیین سرعت فضایی یک ستاره با سرعت شعاعی 55 km s^{-1} و حرکت ویژه 0.26 arcsec در فاصله ۱۰۰۰ پارسکی چه قدر است؟

۲- (۳۵ درصد) با تحلیل داده های رصدی یک ناحیه از آسمان که شامل یک خوشه ستاره ای است به جدول شماره (۱) دست یافته ایم. در این جدول احتمال آن که یک ستاره واقعاً متعلق به خوشه باشد بر حسب فاصله از مرکز خوشه داده شده است. همچنین می دانیم تعداد ستاره های متعلق به خوشه بر واحد سطح در آسمان را می توان به صورت زیر نمایش داد :

$$\sigma(r) = k \exp(-\alpha r)$$

که در آن r فاصله تصویر شده در آسمان است که از مرکز خوشه بر حسب دقیقه قوسی اندازه گیری می شود. همچنین k و α دو مقدار ثابت هستند.

جدول (۱)

| $r(')$ | $P(\%)$ | $r(')$ | $P(\%)$ |
|--------|---------|--------|---------|
| ۲,۷۵ | ۹۸,۳ | ۲۷,۵۰ | ۸,۰ |
| ۵,۵۰ | ۹۸,۵ | ۳۰,۲۵ | ۴,۰ |
| ۸,۲۵ | ۹۱,۸ | ۳۳,۰۰ | ۲,۳ |
| ۱۱,۰۰ | ۸۳,۰ | ۳۵,۷۵ | ۱,۱ |
| ۱۳,۷۵ | ۷۳,۵ | ۳۸,۵۰ | ۰,۵ |
| ۱۶,۵۰ | ۵۹,۳ | ۴۱,۲۵ | ۰,۳ |
| ۱۹,۲۵ | ۴۳,۵ | ۴۴,۰۰ | ۰,۱ |
| ۲۲,۰۰ | ۲۸,۱ | ۴۶,۷۵ | ۰,۰ |
| ۲۴,۷۵ | ۱۶,۱ | | |

با فرض آنکه در ناحیه رصد شده خوشه دیگری وجود ندارد و تعداد ستاره های زمینه در واحد سطح مقداری ثابت و از مرتبه یک درصد بیشینه

چگالی عددی برای ستاره های خوشه باشد به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) رابطه بین $\sigma(r)$ و احتمال P را بدست آورید.

ب) مقدار عددی α و خطای آن را بدست آورید.

$$(راهنمایی: در برآش خطی به روش کمترین مربعات مجذور خطای شبیه عبارت است از \frac{1}{\Sigma(x_i - \bar{x})^2} \frac{\Sigma(y_i - mx_i - c)^2}{n-2})$$

ج)تابع چگالی سطحی مجموع برای تمامی ستاره ها در ناحیه رصد شده را با $f(r)$ نشان می دهیم. با انتخاب یک مقیاس مناسب (خطی، لگاریتمی و یا نیم لگاریتمی) نمودار βf را در کاغذ میلی متری داده شده رسم کنید. β یک عدد ثابت است و باید آن را به گونه ای اختیار کنید که برای رسم βf به ثابت k نیازی نداشته باشد. در رسم نمودار مقداری که برای β انتخاب کردید را ذکر کنید.

د) با استفاده از این نمودار تخمینی مناسب برای شعاع خوشه و خطای آن بدست آورید.

-۳- (۵۰ درصد) یک کهکشان می تواند دارای تعدادی کهکشان کوچک تر از خود باشد که از لحاظ گرانشی به آن مقید بوده و دارای مداری دور آن باشند. به این کهکشان های کوچک تر، کهکشان های اقماری^۱ گفته می شود. برای مثال کهکشان راه شیری و آندرومدا هر دو دارای تعداد قابل توجهی کهکشان اقماری هستند که از جمله آن می توان به ابر مازلانی کوچک و بزرگ اشاره کرد که هر دو اقمار راه شیری هستند. جدول شماره (۲) مختصات ۱۱ کهکشان اقماری را حول یک کهکشان مارپیچی در دستگاه مختصات دکارتی کهکشانی مشخص می کند. مرکز این دستگاه مختصات راست-گرد مرکز کهکشان مارپیچی و محور Z جهت قطب کهکشان مارپیچی (عمود بر صفحه کهکشان) را مشخص می کند.

جدول (۳) مولفه های سرعت سه قمر از این مجموعه اقمار را به عنوان نمونه مشخص می کند.

| $x(kpc)$ | $y(kpc)$ | $z(kpc)$ | شناسه کهکشان |
|----------|----------|----------|--------------|
| ۱۷,۱ | ۲,۵ | -۶,۴ | ۱ |
| -۰,۶ | -۴۱,۸ | -۲۷,۵ | ۲ |
| ۱۶,۵ | -۳۸,۵ | -۴۴,۷ | ۳ |
| -۴,۳ | ۶۲,۲ | ۴۳,۲ | ۴ |
| -۲۲,۲ | ۵۲,۰ | ۵۳,۵ | ۵ |
| -۵,۲ | -۹,۸ | -۸۵,۳ | ۶ |
| -۳۶,۷ | -۵۶,۹ | ۵۷,۸ | ۷ |
| -۲۵,۰ | -۹۵,۹ | -۳۹,۸ | ۸ |
| -۴۱,۳ | -۵۱,۰ | -۱۳۴,۱ | ۹ |
| -۷۷,۳ | -۵۸,۳ | ۲۱۵,۲ | ۱۰ |
| -۱۲۳,۶ | -۱۱۹,۳ | ۱۹۱,۷ | ۱۱ |

جدول (۲)

جدول (۳)

| $v_x(km\ s^{-1})$ | $v_y(km\ s^{-1})$ | $v_z(km\ s^{-1})$ | شناسه کهکشان |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| ۲ | -۱۶۱ | ۱۴۹ | ۳ |
| -۵۹ | ۸۷ | -۲۶۱ | ۴ |
| ۷ | ۸۹ | -۱۸۶ | ۵ |

در این سوال هدف بررسی توزیع اقمار در فضا و تحول دینامیکی آن‌ها حول کهکشان مارپیچی است. با توجه به جداول (۲) و (۳) و توضیحات داده شده به سوالات زیر پاسخ دهید :

الف) می‌دانیم هر صفحه را می‌توان به کمک یک نقطه دلخواه از آن صفحه و بردار عمود بر آن صفحه (بردار نرمال) مشخص کرد. با توجه به اینکه بردار نرمال بر تمامی بردار‌های داخل صفحه عمود است، نشان دهید می‌توان معادله یک صفحه را به صورت زیر نوشت:

$$z = Ax + By + C$$

که در آن A ، B و C همگی ثابت هستند.

ب) با استفاده از روش کمترین مربعات، معادله بهترین صفحه‌ای که مکان این اقمار را توصیف می‌کند مشخص کنید. در این قسمت لازم است اثبات فرمول‌هایی که برای برازش صفحه به روش کمترین مربعات استفاده می‌کنید را نشان دهید.

ج) با مقایسه ضخامت صفحه‌ای که برازش داده‌اید، با سایر ابعاد آن مشخص کنید که آیا صفحه نازک است یا خیر؟ به بیان دیگر آیا اقمار این کهکشان همگی با تقریب خوبی روی یک صفحه قرار گرفته‌اند و میزان پراکندگی آن‌ها حول صفحه در مقایسه با وسعت صفحه کم است یا خیر؟

د) زاویه این صفحه را نسبت به صفحه کهکشان مارپیچی تعیین کنید.

ه) با استفاده از داده‌های سرعت، میل صفحه مداری هر یک از اقمار ۳، ۴ و ۵ را نسبت به صفحه برازش داده شده تعیین کنید.

و) آیا می‌توان نتیجه گرفت که اقمار این کهکشان با تقریب خوبی در یک صفحه مداری قرار دارند؟

ز) با توجه به جواب خود در دو قسمت قبل و با فرض اینکه گشتاور وارد بر اقمار ناچیز است، مشخص کنید آیا صفحه‌ای که در قسمت (ب) برازش داده‌اید پایدار خواهد بود یا متحول خواهد شد؟

آزمون تحلیل داده پایان دوره

مدت آزمون : ۲۱۰ دقیقه

تاریخ آزمون ۹۵/۶/۱۵

اذان ظهر (۶۴ نمره)

در کشور پاراگوئه ($GMT - 4:00$) در شهر آسونسیون (*Asuncion*)، در زمان اذان ظهر (عبور خورشید از نصف النهار ناظر) بحسب روز های سال مطابق جدول ۱ می باشد. این زمان براساسی زمان رسمی کشور پاراگوئه می باشد. شکل ۱ مکان قرارگیری پاراگوئه را روی کره زمین نشان می دهد.

در بسیاری از کشور های جهان، ساعت تابستانی وجود دارد که باعث صرفه جویی در مصرف برق می شود. به عنوان مثال در ایران در روز اول فروردین و ۳۱ شهریور زمان را یک ساعت تغییر می دهیم. در اکثر کشور های جهان در m آمین یکشنبه و n آمین یکشنبه *Mar* و *Nov/Oct* زمان را یک ساعت تغییر می دهند که m و n به کشور مورد نظر بستگی دارد. مثلا در ایالات متحده در دومین یکشنبه *Mar* و اولین یکشنبه *Nov* در ساعت ۲:۰۰ AM، زمان را یک ساعت تغییر می دهند.



شکل ۱: مکان پاراگوئه

جدول ۱: اذان ظهر به افق آسونسیون

| ردیف | تاریخ | اذان ظهر |
|------|------------------------------|----------|
| 1 | Saturday, January 02, 2016 | 12:54:26 |
| 2 | Saturday, January 23, 2016 | 13:02:19 |
| 3 | Wednesday, February 10, 2016 | 13:04:45 |
| 4 | Sunday, February 21, 2016 | 13:04:09 |
| 5 | Sunday, March 06, 2016 | 13:01:35 |
| 6 | Monday, March 28, 2016 | 11:55:19 |
| 7 | Tuesday, April 12, 2016 | 11:51:04 |
| 8 | Wednesday, April 27, 2016 | 11:47:58 |
| 9 | Thursday, May 12, 2016 | 11:46:48 |
| 10 | Friday, May 27, 2016 | 11:47:42 |
| 11 | Monday, June 13, 2016 | 11:50:44 |
| 12 | Sunday, June 26, 2016 | 11:53:34 |
| 13 | Saturday, July 09, 2016 | 11:55:58 |
| 14 | Sunday, July 31, 2016 | 11:57:03 |
| 15 | Monday, August 08, 2016 | 11:56:16 |
| 16 | Friday, August 19, 2016 | 11:54:11 |
| 17 | Thursday, September 01, 2016 | 11:50:30 |
| 18 | Friday, September 16, 2016 | 11:45:19 |
| 19 | Sunday, October 02, 2016 | 12:39:49 |
| 20 | Monday, October 17, 2016 | 12:35:52 |
| 21 | Thursday, November 03, 2016 | 12:34:11 |
| 22 | Sunday, November 20, 2016 | 12:36:21 |
| 23 | Thursday, December 01, 2016 | 12:39:50 |
| 24 | Saturday, December 17, 2016 | 12:46:58 |

۱) آیا در پاراگوئه ساعت تابستانی وجود دارد؟ چرا؟

۲) با فرض دایروی بودن مدار زمین به دور خورشید، رابطه تقریبی زیر را نشان دهید.

$$E = \frac{\epsilon^2}{4} \sin 2\lambda$$

۳) میانگین تعديل زمان (\bar{E}) در یک دوره تناب چقدر است؟

۴) به کمک سوال ۳ و جدول ۱، طول جغرافیایی آسونسیون (*Asuncion*) را محاسبه کنید. (توجه کنید که مقدار ϵ را نمی‌دانیم و در

سوال ۶ محاسبه می‌کنیم)

۵) تعديل زمان را برای داده‌های جدول ۱ محاسبه کنید.

۶) به کمک برازش منحنی، ϵ را به همراه خطوط محاسبه کنید. (راهنمایی: از خطای E و λ می‌توانید صرف نظر کنید)

۷) میل خورشید را برای جدول فوق محاسبه کنید.

۸) نمودار میل بر حسب تعديل زمان رارسم کنید. (راهنمایی: اول فروردین ۱۳۹۵ معادل روز 20 March 2016 می‌باشد)

آهنگ تشکیل ستاره^۱(۳۶ نمره)

در این بخش نیازی به محاسبه خطای نیست.

در پژوهه *MOSA* آهنگ تشکیل ستاره را برای چندین ابر مولکولی غول شبیه سازی کردند. آهنگ تشکیل ستاره (*SFR*), میزان جرم منقبض شده در واحد زمان در واحد حجم را نشان می دهد. این جرم منقبض شده تبدیل به ستاره می شود که تعداد ستاره تولید شده در واحد زمان را نرخ ستاره زایی (\dot{N}) می نامیم. دانشمندان به این نتیجه رسیدند که با تغییر نرخ ستاره زایی (\dot{N}), آهنگ تشکیل ستاره تغییر می کند که در شکل ۲ نشان داده شده است. فرض کنید که جرم تمامی ابرهای مولکولی غول $10^8 M_{Sun}$ و قطرشان $5pc$ است و فقط ۲٪ از جرم ابر به ستاره تبدیل می شود. همچنین *SFR* و شعاع ابر در مدت زمان ستاره زایی ثابت می ماند.

۹) نرخ تولید ستاره (*SFR*) برای ابر $B96$ چقدر باشد تا تعداد ستاره های تولید شده، کمینه شود.

۱۰) مدت زمان ستاره زایی ابر $B96$ چقدر است؟

به دلیل ستاره زایی، قدر ظاهری خوش کروی ثابت نمی ماند. در بازه زمانی مشخصی، ناظران زمینی، قدر ظاهری بولومتریک خوشی کروی را در ابر $B96$ محاسبه کرده اند که در جدول ۲ موجود است؛ توجه کنید که مبدأ زمانی جدول ۲، لزوماً شروع ستاره زایی نیست.

۱۱) نمودار شار خوش کروی از دید ناظر زمینی را بر حسب زمان را در کاغذ مناسب رسم کنید.

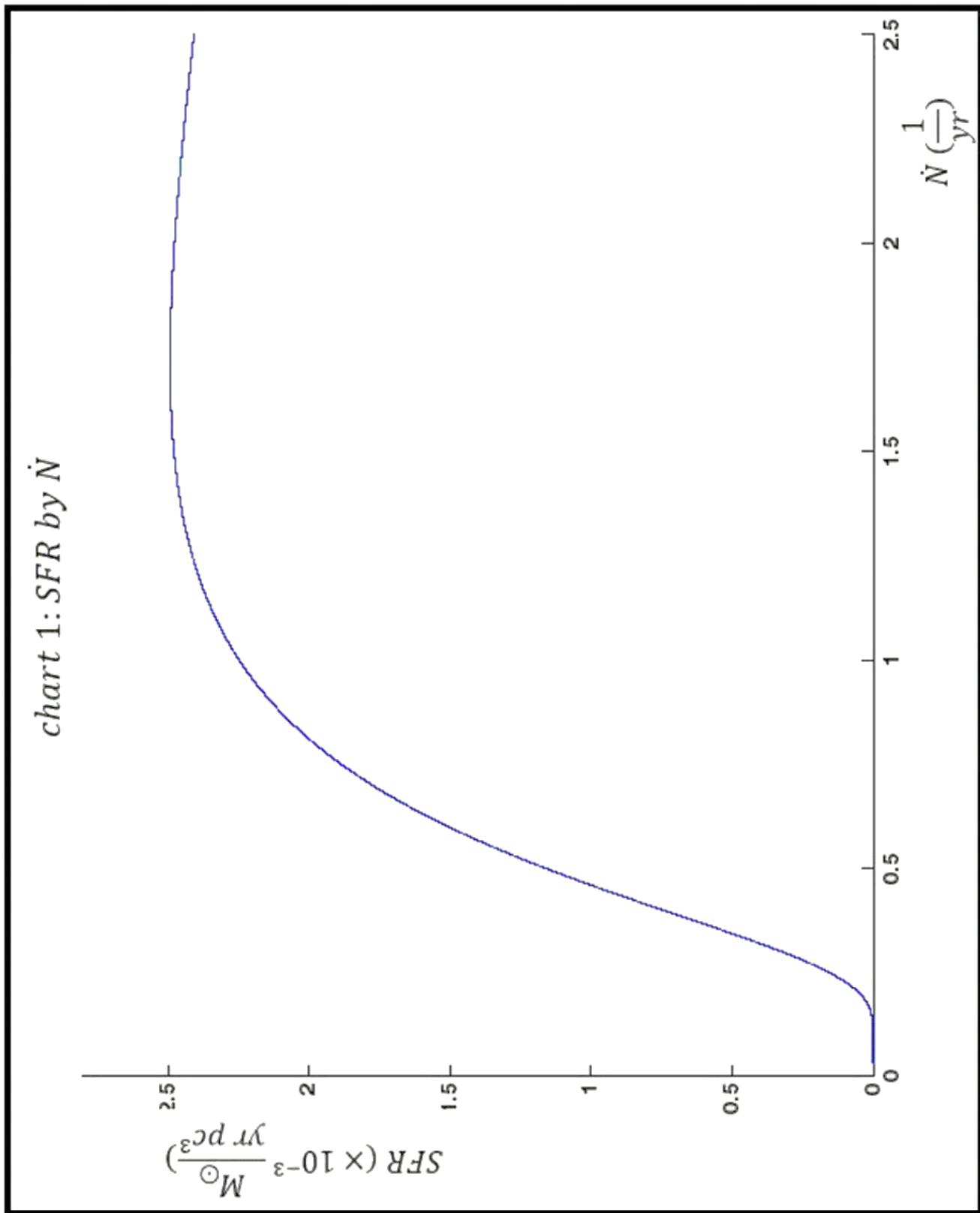
فرض کنید که جرم تمام ستاره های تولید شده با هم برابر باشد و رابطه جرم-درخشندگی $L \propto M^3$ است.

۱۲) فاصله خوش کروی از زمین را محاسبه کنید.

جدول ۲: قدر ظاهری بولومتریک خوش کروی بر حسب زمان

| t (Myr) | m |
|---------|------|
| 0 | 6.20 |
| 0.1 | 5.97 |
| 0.2 | 5.78 |
| 0.3 | 5.62 |
| 0.4 | 5.49 |
| 0.5 | 5.36 |
| 0.6 | 5.25 |
| 0.7 | 5.15 |
| 0.8 | 5.06 |
| 0.9 | 4.97 |

¹Star Formation Rate



شکل ۲: نمودار SFR بر حسب \dot{N}

• پیوست (صفحه الف)

روابط برازش خط راست

$$\mathbf{y} = \mathbf{A} + \mathbf{Bx}$$

$$d_i = y_i - (A + Bx_i)$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N y_i(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$A = \bar{y} - B\bar{x}$$

$$(\Delta B)^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N-2}$$

$$(\Delta A)^2 = \left(\frac{1}{N} + \frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \right) \frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N-2}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Bx}$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i}{\sum_{i=1}^N x_i^2}$$

$$(\Delta B)^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^N x_i^2} \frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N-1}$$

• پیوست (صفحه ب)

تعداد روزهای میلادی

| تعداد روزها | ماههای میلادی |
|-------------|---------------|
| 31 | Jan |
| 28/29 | Feb |
| 31 | Mar |
| 30 | Apr |
| 31 | May |
| 30 | Jun |
| 31 | Jul |
| 31 | Aug |
| 30 | Sep |
| 31 | Oct |
| 30 | Nov |
| 31 | Dec |



بخش سوم:

آزمون‌های رصد

آزمون پایان دوره رصد با چشم غیرمسلح

مدت آزمون : ۹۰ دقیقه

تاریخ آزمون ۹۵/۶/۱۰

۱- در امتحان رصد یازدهمین دوره‌ی تابستانی المپیاد نجوم و اخترفیزیک، یکی از دانش‌پژوهان در بخش اسکچ پاسخنامه‌ی نشان داده شده در شکل ۱ را تحویل داده است. با توجه به این شکل به سوالات مطرح شده پاسخ دهید.

(الف) آیا در میان صور فلکی نشان داده شده، صورت فلکی(ها) ای وجود دارد که به درستی نشان داده شده باشد؟ اگر بله، نام ببرید.

(ب) حال در میان صور فلکی‌ای که به اشتباه مشخص شده‌اند، آیا ستاره(ها)‌ای وجود دارد که در واقعیت نیز متعلق به همان صورت فلکی‌ای باشد که در شکل ۱ به آن نسبت داده شده است؟ اگر بله، آن ستاره(ها) را با علامت ۰ در شکل مشخص کنید.

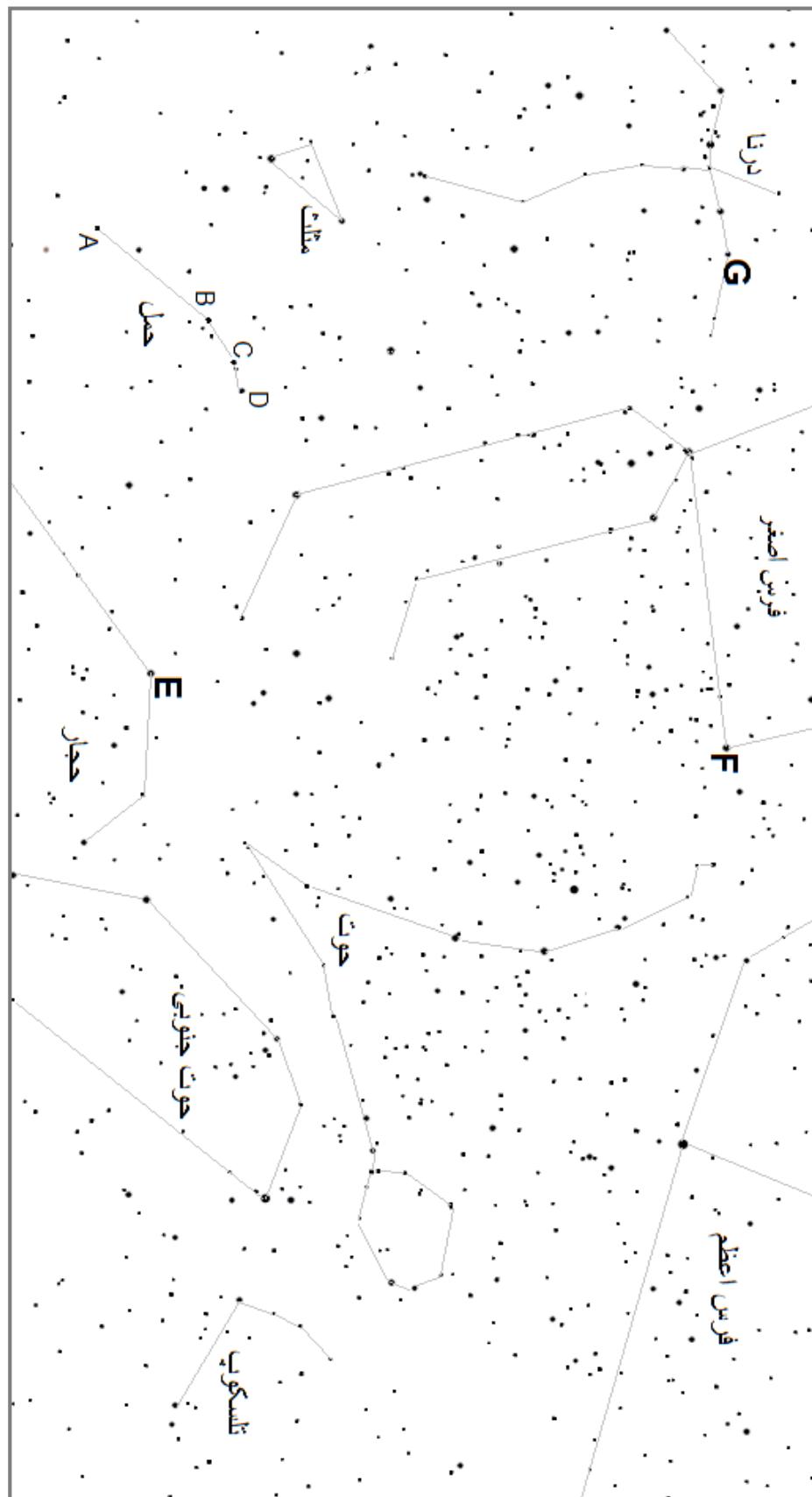
(پ) در صورت فلکی "حمل" نشان داده شده در شکل ۱، چهار ستاره‌ی مشخص شده را بر اساس روش با پر نامگذاری کرده و در جدول زیر بنویسید. (حروف الفبای یونانی: $\alpha, \beta, \gamma, \delta$)

| | |
|--|---|
| | A |
| | B |
| | C |
| | D |

(ت) میل ستاره‌های E, F, G که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند را اندازه‌گیری کرده و برحسب زاویه در جدول زیر بنویسید.

| | |
|--|---|
| | E |
| | F |
| | G |

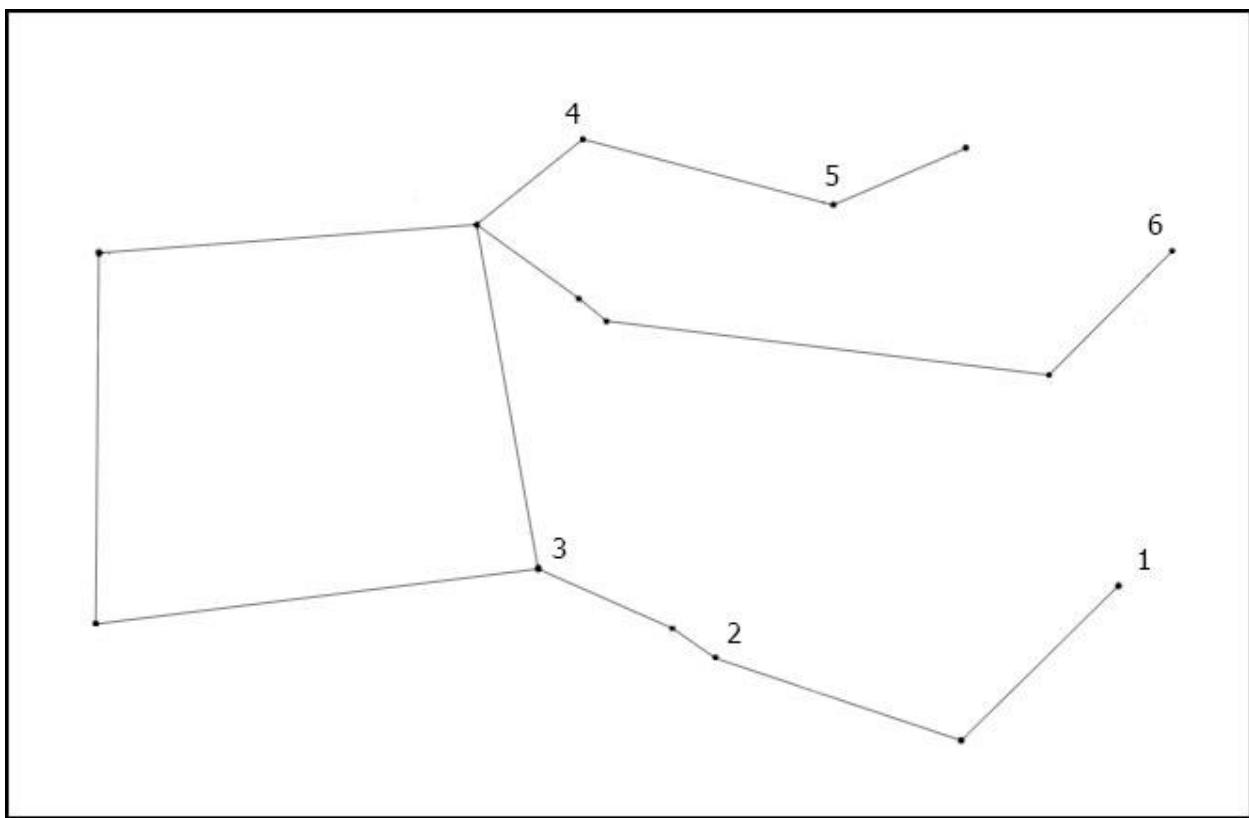
(ث) در هر یک از صورت‌های فلکی درنا، حوت، حوت جنوبی و فرس اصغر نشان داده شده در شکل ۱، نام مستعار یک ستاره را به دلخواه خود با مشخص کردن آن ستاره بنویسید. (نوشتن اسم بیش از یک ستاره در هر صورت فلکی نمره‌ی منفی خواهد داشت).



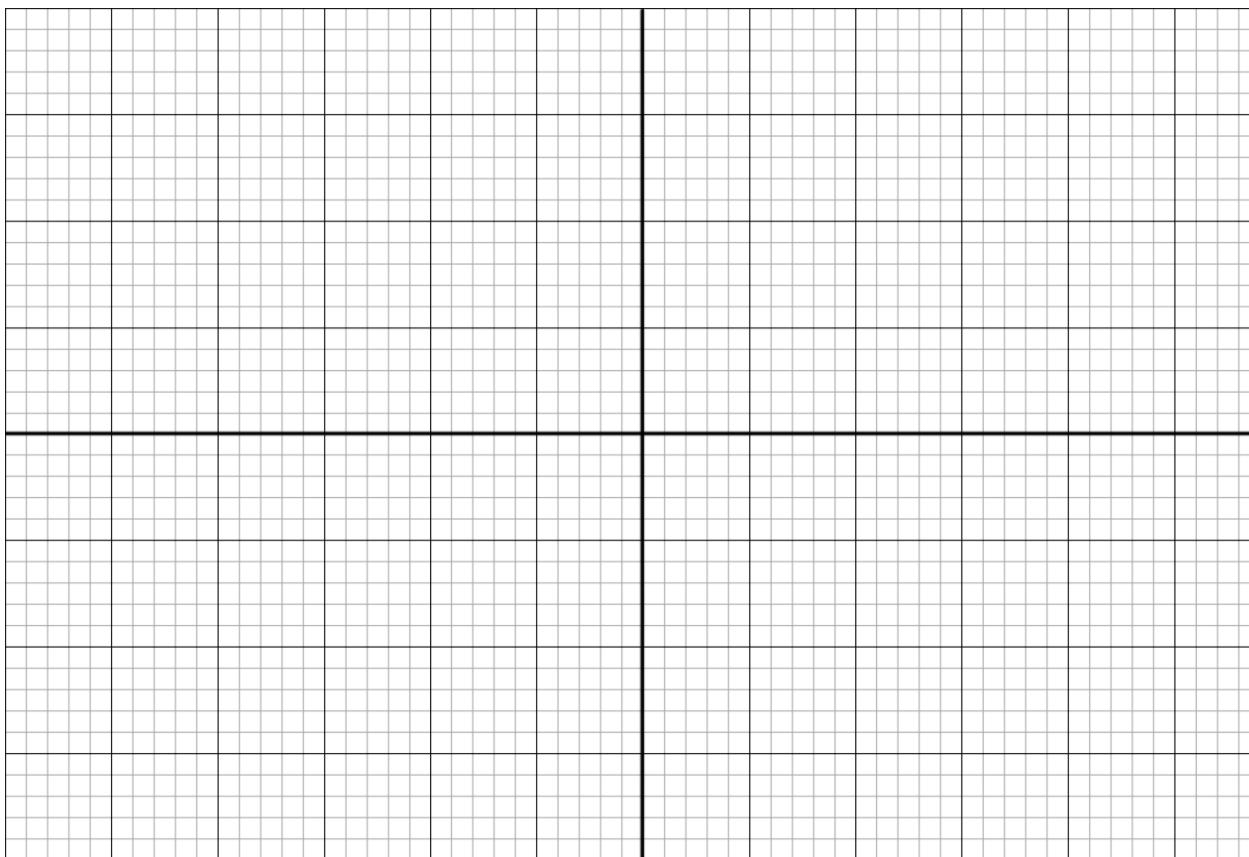
۲- نقشه‌ی یک، ستارگان صورت فلکی فرس اعظم را نشان می‌دهد.

(الف) ستارگانی را که با شماره مشخص شده اند در صفحه‌ی شطرنجی که محور افقی آن میل و محور عمودی آن قدر ظاهری است، با ذکر شماره رسم کنید.

(تذکر: مقیاس محورها را با ذکر واحد مشخص کنید. (اعداد قدر ظاهری اهمیتی ندارد و کافیست قدر ظاهری ستارگان به صورت نسبی مشخص شود)

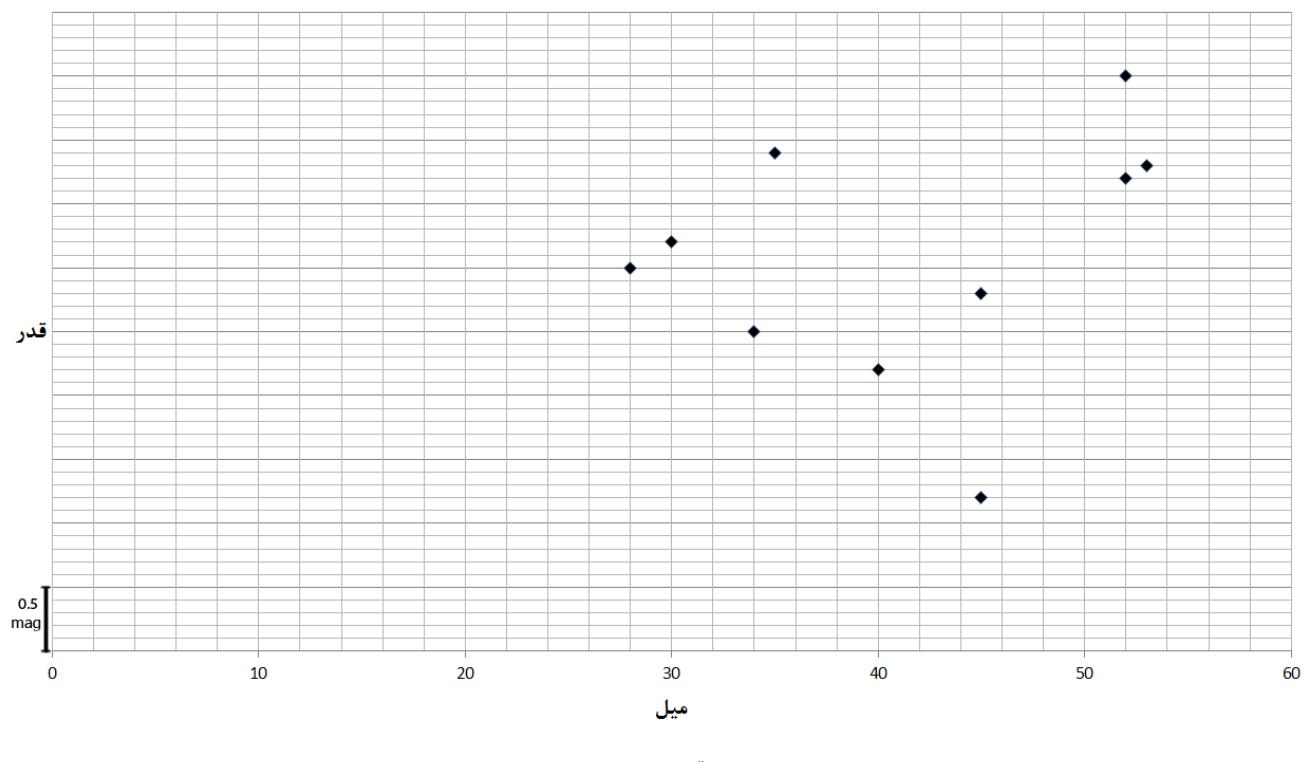


نقشه‌ی یک



ب) نام صورت فلکی مربوط به نقشه‌ی دو که محور افقی آن میل و محور عمودی آن قدر ظاهری است و همچنین شامل ستارگان اصلی آن صورت فلکی می باشد را بنویسید.



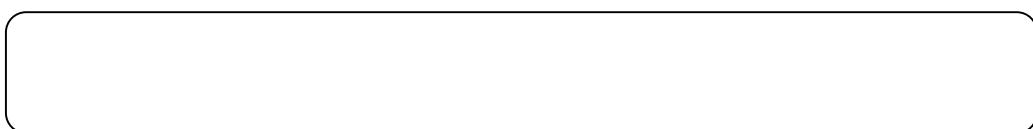


۳- تصویر زیر در دسته بندی تصاویر نجومی در دسته‌ی "رد ستارگان" (star trails) قرار می‌گیرد. این نوع تصاویر با استفاده از تکنیک‌های عکاسی و استفاده از نرم افزارهای پردازش تصویر ساخته می‌شوند. با توجه به این تصویر که به صورت نگاتیو ثبت شده است، به سوالات زیر پاسخ دهید.

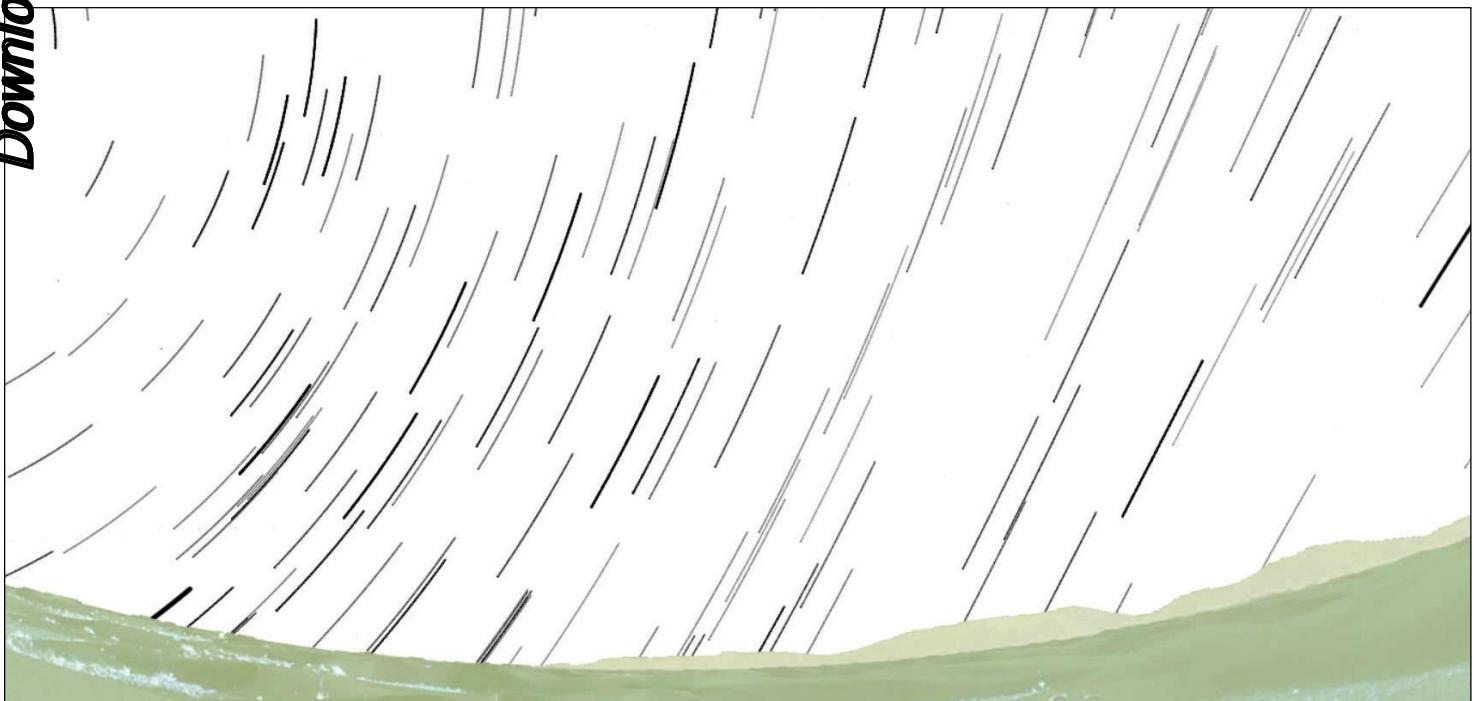
(الف) قطب‌های سیستم‌های مختصات سماوی که در عکس حضور دارند نام ببرید.



(ب) نام ۵ ستاره‌ای که در نقشه هستند را بنویسید و مسیرشان را مشخص کنید.



(ج) مساحت جاروب شده توسط دایره البروج در طول مدت عکاسی را در شکل هاشور بزنید.



۴- جدول زیر میل تعدادی از ستاره ها را در سیاره ایکس، که در مداری هم صفحه با دایره البروج به دور خورشید می گردد نمایش می دهد.

| نام ستاره | میل در سیاره ایکس |
|---------------|-------------------|
| بتا-ذاتالکرسی | ۴۰°۳۶' |
| بتا-دجاجه | ۶۳°۲۰' |
| دلتا-عقاب | ۵۷°۰۲' |
| آلfa-قیفاووس | ۴۷°۱۳' |
| آلfa-شلیاق | ۴۹°۴۶' |

الف) قطب شمال سماوی برای ناظران حاضر در این سیاره را بر روی نقشه ی زیر علامت بزنید.

ب) انحراف محوری این سیاره (که برای زمین $23,5$ درجه است) چقدر است؟

ج) علامت + در نقشه، نقطه‌ی مقابل خورشید در کره ی آسمان سیاره ایکس را نشان می دهد. هم اکنون طول سماوی خورشید از دید ناظران زمینی 16° است. زاویه ی جدایی زمین و سیاره ی ایکس از دید ناظران خورشیدی چقدر است؟

آزمون پایان دوره رصد مسلح

مدت آزمون : ۲۳ دقیقه

تاریخ آزمون : ۹۵/۶/۱۳

ایستگاه اول (مدت زمان : ۸ دقیقه)

اجرام زیر را در مرکز میدان دید چشمی تلسکوپ قرار دهید و برای تایید به ناظر نشان دهید. به صورت فلکی ای که هر جرم در آن قرار دارد اشاره شده است. پیچ های تلسکوپ باید کاملا سفت شوند.

| تایید ناظر (سومین اقدام) نمره کامل ۵۰٪ | تایید ناظر (دومین اقدام) نمره کامل ۸۰٪ | تایید ناظر (اولین اقدام) نمره کامل | نام جرم |
|---|---|---------------------------------------|---------------------------|
| محل امضاء | محل امضاء | محل امضاء | <i>M15</i> فرس اعظم |
| محل امضاء | محل امضاء | محل امضاء | <i>M76</i> برساوش |
| محل امضاء | محل امضاء | محل امضاء | <i>56 And</i> آندرودما |
| محل امضاء | محل امضاء | محل امضاء | <i>NGC 6940</i> دجاجه |

بخش/امتیازی : تنها افرادی می‌توانند این بخش را انجام دهند که تمامی اجرام قسمت قبل را ناظر تایید کرده باشد.

| تایید ناظر (سومین اقدام) نمره کامل ۵۰٪ | تایید ناظر (دومین اقدام) نمره کامل ۸۰٪ | تایید ناظر (اولین اقدام) نمره کامل | نام جرم |
|---|---|---------------------------------------|--------------------------|
| محل امضاء | محل امضاء | محل امضاء | <i>16 Vul</i> روباوهک |

ایستگاه دوم (مدت زمان : ۸ دقیقه)

بخش اول) در منطقه‌ای از آسمان که در نقشه‌ی (۱) با علامت  مشخص شده است، تعدادی ستاره وجود دارد که صورتواره مرغ فردوس نام دارد.

الف) با توجه به نقشه (۱) و (۲)، صورتواره مرغ فردوس را در مرکز چشمی تلسکوپ قرار دهید و پس از سفت کردن پیچ‌های تلسکوپ آن را جهت تایید به ناظر نشان دهید. (دقیق کنید اندازه‌ی ستاره‌های این صورتواره در نقشه‌ها تغییر داده شده است)

| |
|------------|
| تایید ناظر |
| محل امضاء |

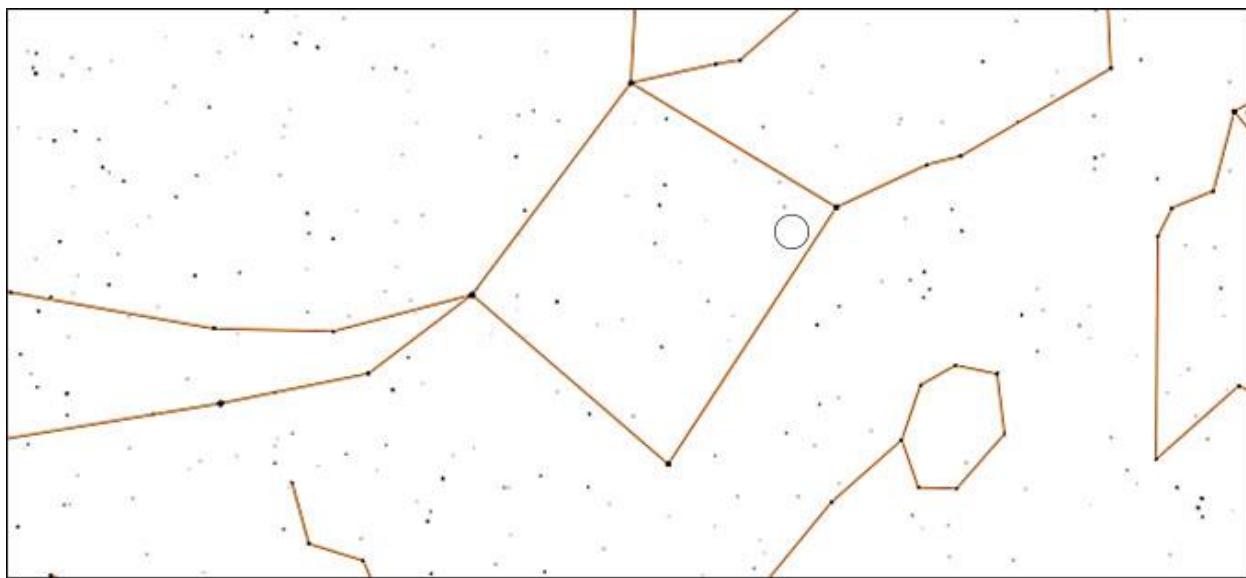
ب) در نقشه‌ی (۳)، این صورتواره از داخل میدان دید تلسکوپ نشان داده شده است. جهت‌های اصلی و ستاره با میل کمتر از بین ستارگان این صورتواره را در این نقشه مشخص کنید.

ج) در نقشه‌ی (۴) فاصله زاویه‌ای برخی ستارگان صورتواره مرغ فردوس نشان داده شده است. میدان دید تلسکوپ (FOV) را بحسب واحدهای مورد نظر مسئله تخمین بزنید.

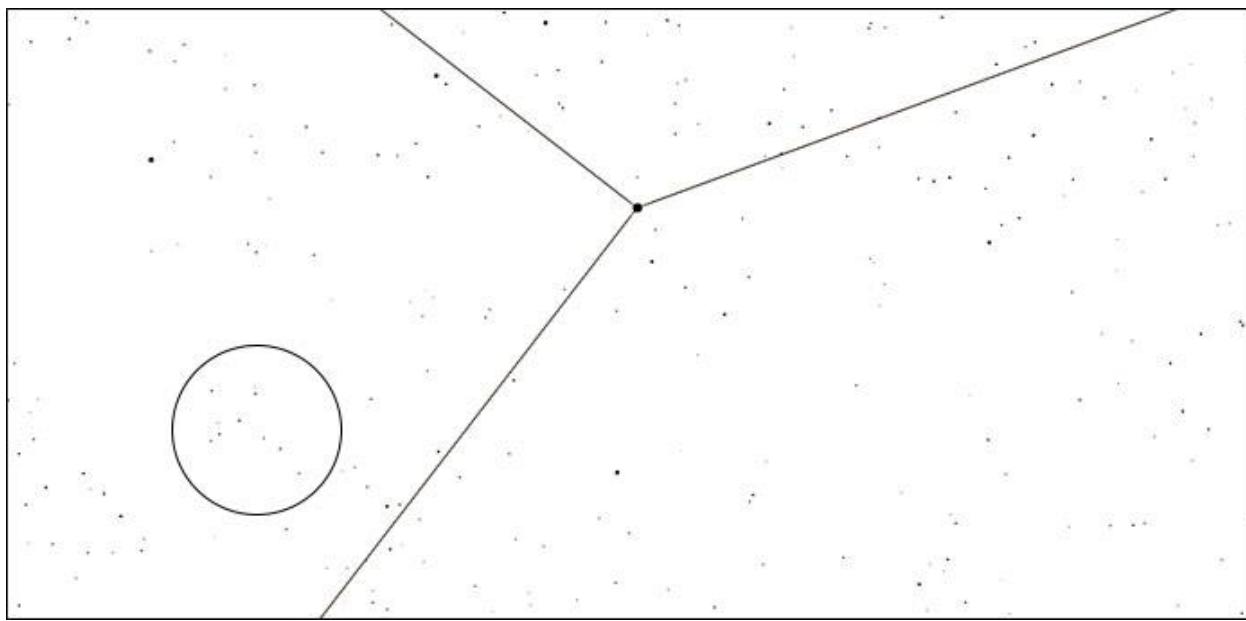
$$\text{FOV} = \boxed{\quad}$$

د) قدر چند ستاره از صورتواره مرغ فردوس در نقشه (۵) آمده است. قدر ستارگان A و B را تخمین بزنید.

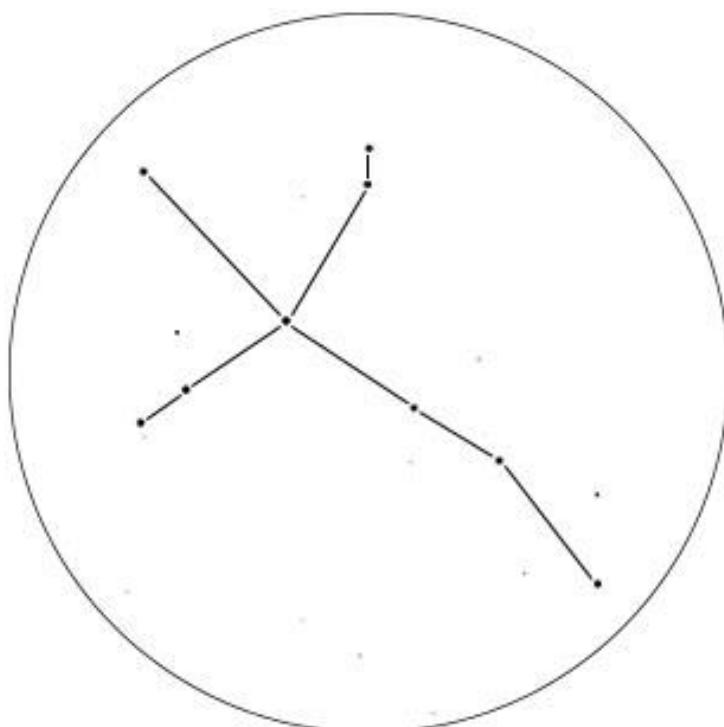
| | |
|--|-----------|
| | ستاره‌ی A |
| | ستاره‌ی B |



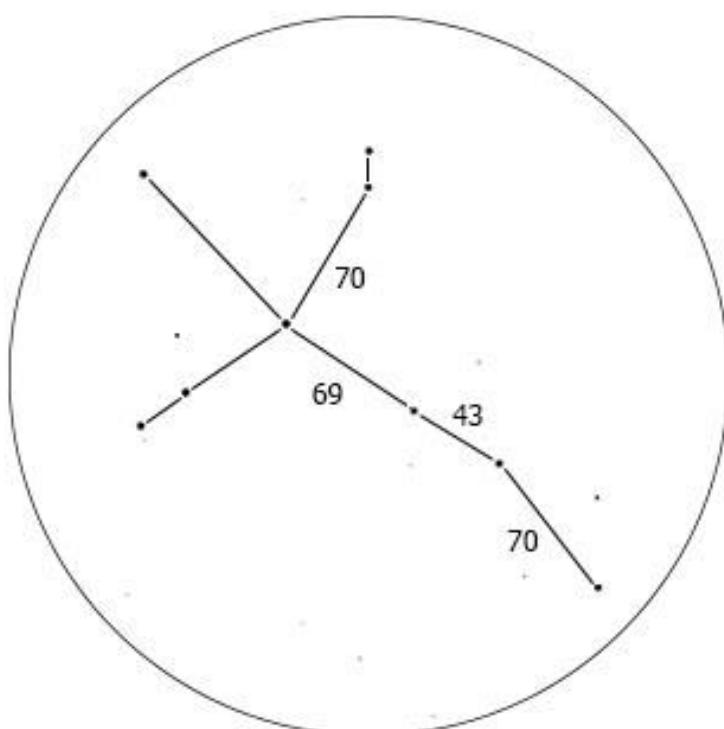
نقشه (۱)



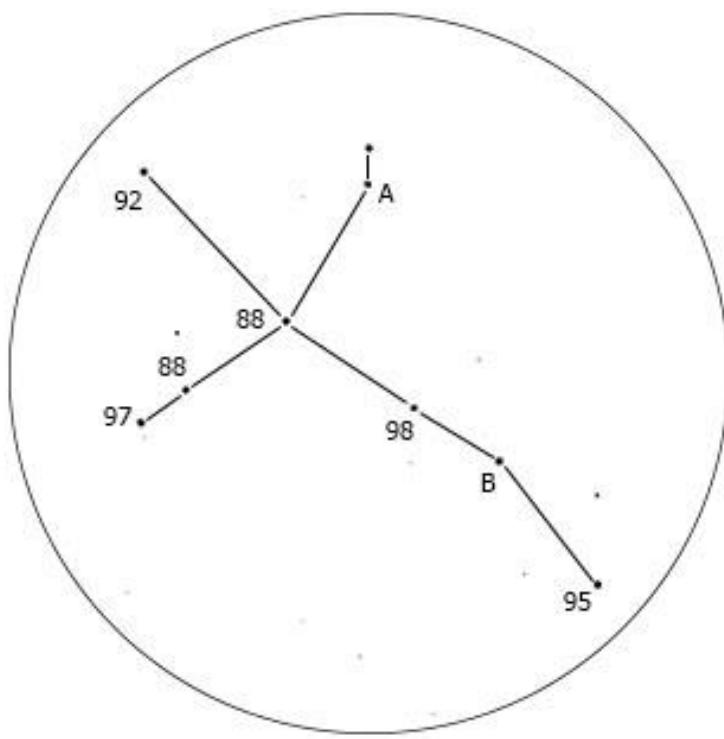
نقشه (۲)



نقشه (۳)



نقشه (۴)



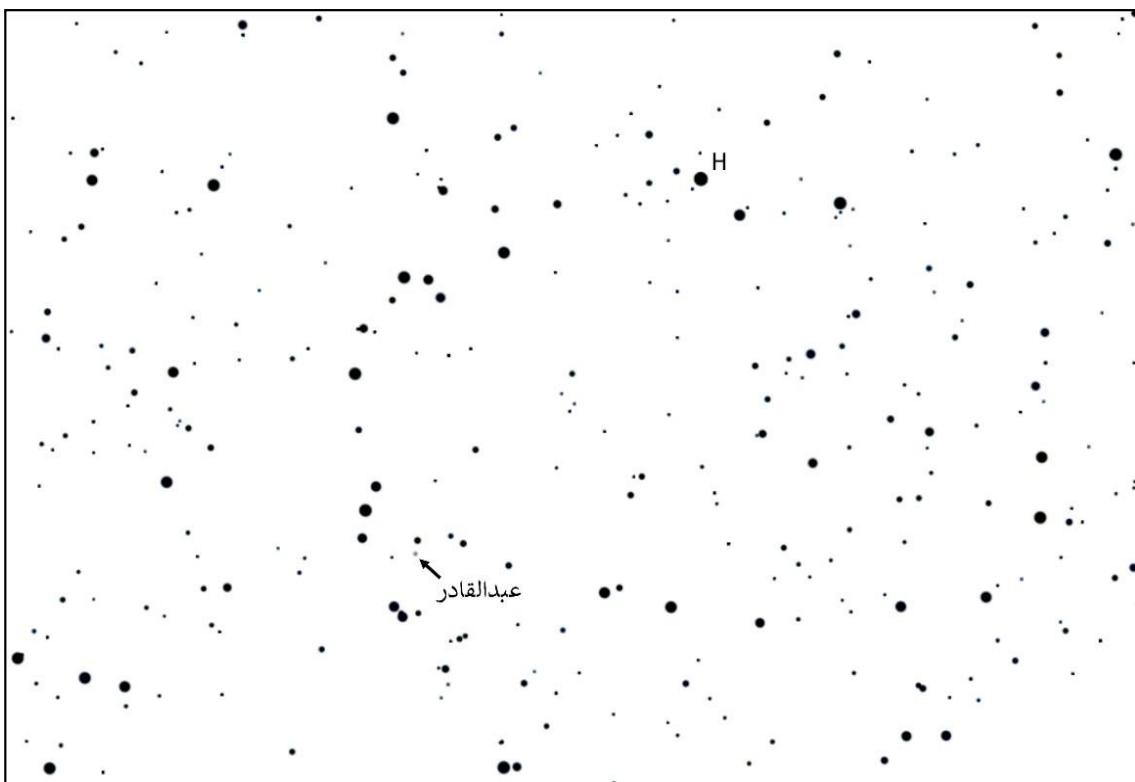
نقشه (۵)

بخش دوم) با توجه به نقشه‌ی آسمان، سیارک عبدالقادر را پس از قرار دادن در مرکز میدان دید چشمی تلسکوپ، برای تأیید به ناظر نشان دهید. باید پیچ‌های تلسکوپ کاملاً سفت شود.

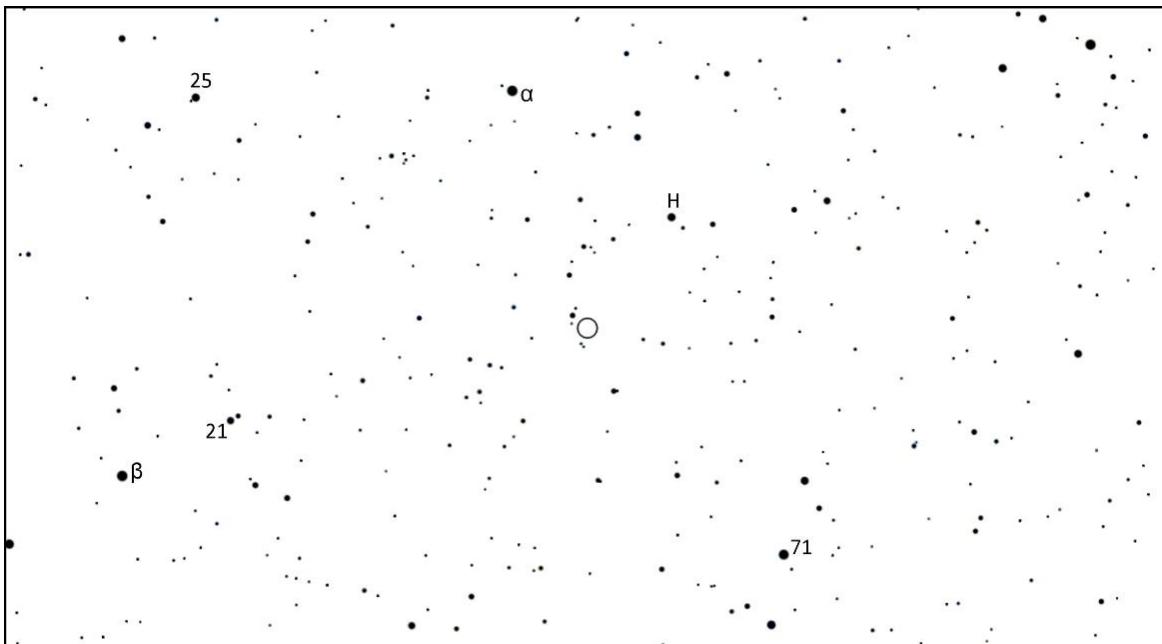
نقشه‌ی (۱) نمای کلی از محل سیارک عبدالقادر را در آسمان نشان می‌دهد و نقشه‌های (۲) و (۳) محل  را با جزئیات بیشتری نشان می‌دهد.

| تایید ناظر (سومین اقدام) نمره کامل ۵۰٪ | تایید ناظر (دومین اقدام) نمره کامل ۸۰٪ | تایید ناظر (اولین اقدام) نمره کامل | نام جرم |
|---|---|---------------------------------------|-----------------|
| محل امضاء | محل امضاء | محل امضاء | سیارک عبدالقادر |





نقشه‌ی (۲)



نقشه‌ی (۳)

ایستگاه سوم (مدت زمان : ۷ دقیقه)

الف) در مقابل شما تلسکوپی قرار دارد که جهت آن تقریبا در راستای شمال قرار دارد و بر روی آن، فایندر نصب شده است. با استفاده از پولارسکوپ (polar scope) تلسکوپ خود را قطبی کنید و سپس برای تأیید، آن را به ناظر ایستگاه خود نشان دهید.



ب) مختصات ستاره *Er Rai* در زیر به شما داده شده است. با استفاده از طوقه های تلسکوپ، بعد و میل ستاره خواسته شده را گزارش کنید.

| ستاره | میل | بعد |
|---------------|-----------------|------------|
| <i>Er Rai</i> | $77^{\circ}43'$ | 23^h40^m |
| گاما-دلفین | | |