



مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت هاست. «امام خمینی (ره)»

دفترچه سؤالات مرحله اول سال ۱۴۰۳

## بیست و یکمین دوره المپیاد نجوم و اختر فیزیک

| مدت آزمون | تعداد سؤالات |               |
|-----------|--------------|---------------|
|           | پاسخ کوتاه   | چهار گزینه ای |
| ۲۴۰ دقیقه | ۸ سوال       | ۳۰ 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 برگه های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید، در صورت هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسؤول جلسه را مطلع کنید.
- ۲- یک برگ پاسخ برگ در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است، در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسؤول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخ برگ را با مداد مشکی بنویسید.
- ۳- برگه پاسخ برگ را دستگاه تصحیح می کند، 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 پاسخ برگ تحویل داده شود.
- ۵- پاسخ درست به هر سوال ۳ نمره مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد. در مسأله های کوتاه هر پاسخ درست ۶ نمره مثبت و پاسخ نادرست نمره منفی ندارد.
- ۶- شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش آموزان پایه دهم و یازدهم انتخاب می شوند.

کلیه حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش پژوهان جوان محفوظ است.

آدرس سایت اینترنتی: [ysc.medu.gov.ir](http://ysc.medu.gov.ir)

## جدول ثوابت فیزیکی و ریاضیاتی

| مقدار   | کمیت                                  | نماد                |
|---|---------------------------------------|---------------------|
| $1.38 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$            | ثابت بولتزمن                          | $k$                 |
| $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$                   | سرعت نور                              | $c$                 |
| $1.67 \times 10^{-27} kg$                     | جرم پروتون                            | $m_p$               |
| $9.11 \times 10^{-31} kg$                     | جرم الکترون                           | $m_e$               |
| $1.6 \times 10^{-19} J$                       | الکترون ولت                           | $eV$                |
| $13.6 eV$                                     | انرژی یونش اتم هیدروژن                |                     |
| $6562.8 \text{ \AA}$                          | طول موج خط هیدروژن آلفا ( $H\alpha$ ) | $\lambda_{H\alpha}$ |
| $25.4 mm$                                     | اینچ                                  | "                   |
| $2.718$                                       | عدد نپر (عدد اولیبر)                  | $e$                 |
| (یا مقدار ذخیره شده در ماشین حساب‌های مهندسی) |                                       |                     |

## جدول ثوابت نجومی

| مقدار                                     | کمیت                                 | نماد      |
|---|--------------------------------------|-----------|
| $6.67 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kg.s^2}$ | ثابت جهانی گرانش                     | $G$       |
| $6.63 \times 10^{-34} Js$                 | ثابت پلانک                           | $h$       |
| $5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$   | ثابت استفان - بولتزمن                | $\sigma$  |
| $2.898 \times 10^{-3} m.K$                | ثابت وین                             | $W$       |
| $3.09 \times 10^{16} m$                   | پارسک                                | $pc$      |
| $1.5 \times 10^{11} m$                    | واحد نجومی                           | $AU$      |
| $9.46 \times 10^{15} m$                   | سال نوری                             | $Ly$      |
| $72 \frac{km}{s.Mpc}$                     | ثابت هابل                            | $H_0$     |
| $8 kpc$                                   | فاصله خورشید تا مرکز کهکشان          |           |
| $226 Myr$                                 | دوره تناوب گردش خورشید به دور کهکشان |           |
| $2.7 K$                                   | دمای تابش پس زمینه کیهان             | $T_{CMB}$ |
| $6 mm$                                    | قطر مردمک چشم                        |           |
| $6.5$                                     | حد قدر چشم انسان                     |           |

## جدول ثوابت خورشیدی

| مقدار                              | کمیت                                  | نماد         |
|------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$   | جرم خورشید                            | $M_{Sun}$    |
| $6.96 \times 10^8 \text{ m}$       | شعاع خورشید                           | $R_{Sun}$    |
| $3.85 \times 10^{26} \text{ W}$    | درخشندگی خورشید                       | $L_{Sun}$    |
| $1361 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ | ثابت خورشیدی (روشنایی خورشید از زمین) | $b_{Sun}$    |
| $5779 \text{ K}$                   | دمای مؤثر سطح خورشید                  | $T_{effSun}$ |
| 4.83                               | قدر مطلق خورشید                       | $M_{sun}$    |
| -26.7                              | قدر ظاهری خورشید                      | $m_{sun}$    |
| -0.14                              | تصحیح بولومتریک خورشید                | $BC_{Sun}$   |

## جدول ثوابت منظومه‌ی شمسی

| مقدار                            | کمیت  | نماد          |
|----------------------------------|---|---------------|
| $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ | جرم زمین  | $M_{Earth}$   |
| $6378 \text{ km}$                | شعاع زمین   | $R_{Earth}$   |
| $86164 \text{ s}$                | دوره تناوب وضعی زمین                                  |               |
| $23.5^\circ$                     | انحراف محور چرخش زمین نسبت به خط عمود بر دایره البروج | $\varepsilon$ |
| $1737 \text{ km}$                | شعاع ماه  | $R_{Moon}$    |
| 0.055                            | خروج از مرکز مدار ماه                                 | $e_{Moon}$    |
| -12.7                            | قدر ظاهری ماه کامل                                    |               |
| $5.2 \text{ AU}$                 | نیم قطر بزرگ مدار مشتری                               | $a_{Jupiter}$ |
| $69911 \text{ km}$               | شعاع مشتری  | $R_{Jupiter}$ |

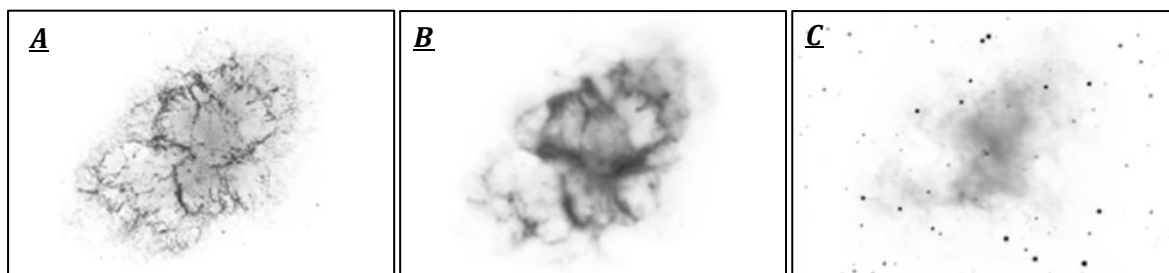
اخترفیزیک و ابزار رصدی

۱- فیلتر سبز، طول موج عبوری بین ۵۰۰ الی ۵۶۰ نانومتر دارد و بازه‌ی عبوری فیلتر قرمز ۶۲۰ الی ۷۵۰ نانومتر است. اگر ستاره ای داشته باشیم که طول موج بیشینه‌ی تابش آن دقیقاً مرکز رنگ سبز باشد، آنگاه نسبت درخشندگی این ستاره در فیلتر سبز به فیلتر قرمز با تقریب چقدر است؟

درخشندگی ستاره در هر بازه‌ی طول موج را به تقریب می‌توان متناسب با  $\lambda^{-5} e^{-\frac{hc}{\lambda kT}} \Delta\lambda$  در نظر گرفت.

(۱) ۰.۵۴ (۲) ۰.۸۴ (۳) ۱.۱۹ (۴) ۱.۸۱

۲- منجمی از سحابی خرچنگ (M1) در سه فیلتر مرئی، فرورسرخ و فرابنفش عکس برداری کرده است. او نگاتیو هر سه عکس را به ما داده اما فراموش کرده است مشخص کند که کدام عکس برای کدام فیلتر است. کدام گزینه مقایسه‌ی درستی برای طول موج‌های سه فیلتر در سه عکس زیر است؟



(۱)  $\lambda_A > \lambda_C > \lambda_B$  (۲)  $\lambda_B > \lambda_C > \lambda_A$

(۳)  $\lambda_B > \lambda_A > \lambda_C$  (۴)  $\lambda_C > \lambda_A > \lambda_B$

۳- کدام گزینه در مورد ویژگی‌های یک ستاره در فاز رشته اصلی و شاخه‌ی غول سرخ صحیح است؟

(۱) درخشندگی ستاره در فاز غول قرمز همواره بیشتر از درخشندگی همان ستاره در زمانی است که در رشته‌ی اصلی بوده است.

(۲) انرژی خارج شده در واحد سطح یک غول سرخ کمتر از حالتی است که در رشته‌ی اصلی بوده است.

(۳) انرژی تولید شده در واحد جرم، ناشی از سوختن هلیوم، تحت واکنش آلفای سه‌گانه کمتر از انرژی تولید شده در واحد جرم ناشی از واکنش زنجیره‌ی پروتون-پروتون است.

(۴) عمده‌ی انرژی تولید شده در هسته‌ی ستاره در فاز غول قرمز ناشی از چرخه‌ی CNO و آلفای سه‌گانه است.

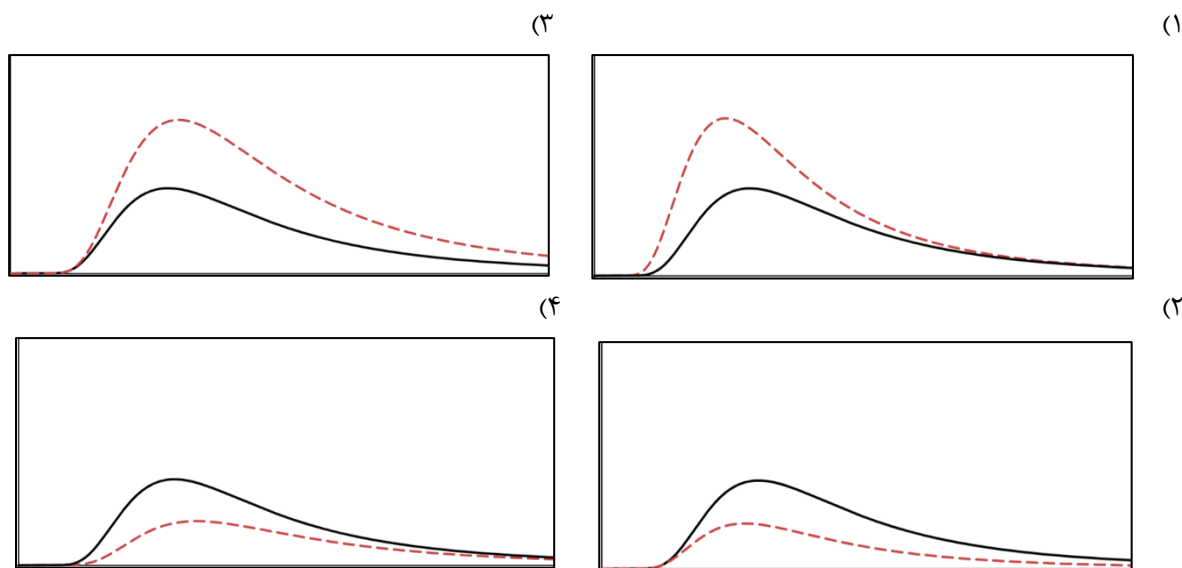
۴- وقتی در شب در اتوبان تهران-زنجان به فاصله‌ی حدودی ۳۰ کیلومتری شهر زنجان می‌رسیم کم‌کم تک‌تک چراغ‌های این شهر با چشم غیرمسلح قابل رویت می‌شوند. اگر فرض کنیم توان تابشی هر چراغ به طور میانگین ۱۰۰ وات باشد، مقدار کدرشدگی متوسط ناشی از جو، چند قدر بر کیلومتر است؟

- (۱) ۰.۹۳ (۲) ۰.۰۱۵ (۳) ۰.۳۶ (۴) ۰.۱۸

۵- در یک انفجار ابرنواختری درخشندگی یک ستاره با درخشندگی برابر خورشید تا  $10^{10}$  برابر افزایش می‌یابد و روند انبساط حدود ۲ ماه طول می‌کشد. فرض می‌کنیم بخش عمده‌ی انرژی آزاد شده در انفجار ابرنواختری به صورت انرژی جنبشی تبدیل شده و مواد ستاره‌ای را به بیرون پرتاب می‌کند. با فرض اینکه مجموع جرم مواد پرتاب شده در حدود جرم خورشید باشد، سرعت پرتاب این مواد به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

- (۱)  $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$  (۲)  $3 \times 10^7 \frac{m}{s}$  (۳)  $3 \times 10^6 \frac{m}{s}$  (۴)  $3 \times 10^5 \frac{m}{s}$

۶- در هر گزینه نمودار شدت تابش بر حسب طول موج برای خورشید را به صورت یک خم پیوسته مشاهده می‌کنید. کدام گزینه نمودار تابش مناسب برای ستاره‌ای به رنگ آبی را (که به صورت خط چین مشخص شده است) به نسبت خورشید درست نشان می‌دهد؟



۷- در آسمانی بسیار شفاف و تمیز ستاره‌ای که به سختی می‌توانیم با چشمان غیرمسلح ببینیم را با تلسکوپی با قطر دهانه‌ی ۸ اینچ رصد می‌کنیم. قدر این ستاره از پشت تلسکوپ به قدر کدام ستاره با چشمان غیرمسلح نزدیک‌تر است؟

- (۱) سیریوس (شباهنگ) (۲) وگا (نسر واقع) (۳) ستاره‌ی قطبی (۴) میرا

۸- اطلاعات طیفی سه فیلتر مختلف در جدول صفحه‌ی بعد آمده است. می‌خواهیم به کمک این فیلترها و با یک تلسکوپ ۸ اینچی، یک سیستم دوتایی با دو مولفه‌ی هم‌جرم که در مداری دایروی به دور یکدیگر می‌گردند را رصد کنیم. فاصله‌ی این دوتایی از ما برابر ۱۰ پارسک، انحراف صفحه‌ی مداری سیستم (i) ۴۰ درجه و شعاع مداری آنها ۵ واحد نجومی است. در چند عدد از این سه فیلتر این دو مولفه همواره قابل تفکیک هستند؟

اطلاعات فیلترها:

| بازه‌ی عبوردهی (بر حسب نانومتر) |           |
|---------------------------------|-----------|
| ۲۵۰ - ۳۵۰                       | فیلتر اول |
| ۴۵۰ - ۵۵۰                       | فیلتر دوم |
| ۶۵۰ - ۷۵۰                       | فیلتر سوم |

(۱) ۳ فیلتر (۲) هیچ کدام (۳) ۱ فیلتر (۴) ۲ فیلتر

۹- کدام مورد درباره‌ی آزمایش دو شکاف یانگ صحیح نیست؟

- (۱) با تغییر اندازه فاصله‌ی دو شکاف، می‌توان هم ماهیت موجی و هم ماهیت ذره‌ای نور را مشاهده کرد.  
 (۲) افزایش شدت نور تابش شده منجر به افزایش فاصله‌ی خطوط تاریک و روشن می‌شود.  
 (۳) به ازای هر طول موج دلخواهی طرح‌های تداخلی اتفاق می‌افتد.  
 (۴) برای تشکیل طرح‌های منظم تاریک و روشن نیاز به نور تک‌فام داریم.

۱۰- موجوداتی فرازمینی در کهکشان آندرومدا با فاصله‌ی ۲.۵ میلیون سال نوری از کهکشان راه شیری، بر روی سیاره‌ای با شعاع ۸۰۰۰

کیلومتر و با شعاع مداری  $9 \times 10^{11} m$  به دور ستاره‌ی مرکزی منظومه‌ی خود در صلح و آرامش زندگی می‌کنند. آن‌ها می‌خواهند مقیاس فاصله‌ای مشابه سیستم پارسک زمینیان تعریف کنند. مقیاس پارسک آن‌ها چند برابر مقیاس پارسک زمینیان خواهد شد؟  
 (۱) برابر است (۲) ۳ برابر (۳) ۶ برابر (۴) ۲.۵ برابر

۱۱- فرض کنید برای هر ستاره پارامتر انحراف از جسم سیاه را به صورت  $\epsilon = \frac{T_{eff} - T_{blackBody}}{T_{blackBody}}$  تعریف کنیم. ستاره HD1500، با

شعاع دو برابر شعاع خورشید ( $R = 2R_{\odot}$ ) و درخشندگی سه برابر درخشندگی خورشید ( $L = 3L_{\odot}$ ) را در نظر بگیرید. اگر این ستاره به طور کامل جسم سیاه بود، بیشینه‌ی تابش آن در طول موج  $\lambda_{max} = 358nm$  قرار داشت. انحراف از جسم سیاه را برای این ستاره محاسبه کنید.

(۱) 0.34 (۲) 0.51 (۳) -0.51 (۴) -0.34

### مکانیک سماوی

۱۲- دو سیاره کاملاً کروی داریم که در یکی از آنها چگالی به صورت یکنواخت پخش شده است و در دیگری تابع چگالی برحسب فاصله از مرکز برابر  $\rho(r) = a - br$  است که  $a$  و  $b$  ثوابتی مثبت هستند. این تابع چگالی از مرکز تا سطح سیاره دوم برقرار است. اگر نیروی گرانش در فاصله مشخصی از سیاره اول ۲ برابر همان فاصله از سیاره دوم باشد، آنگاه در مورد پتانسیل گرانشی در همین فاصله برای سیاره‌ها داریم:

(۱)  $V_1 > 2V_2$  (۲)  $V_1 = 2V_2$  (۳)  $V_1 < 2V_2$  (۴) نمی‌توان به صورت قطعی گفت

۱۳- پیاده‌روی فضایی (Extravehicular Activity یا EVA) به عملیاتی گفته می‌شود که فضانوردان در خارج از ایستگاه فضایی یا فضاپیما انجام می‌دهند. این کار معمولاً برای تعمیرات، نصب تجهیزات جدید یا آزمایش‌های علمی انجام می‌شود. برای حفظ امنیت فضانوردان، آن‌ها همیشه با یک کابل ایمنی به بدنه‌ی ایستگاه متصل هستند.

فرض کنید به دلیل سهل انگاری یکی از کابل‌ها جدا شده و فضانورد با سرعت ۱ متر در ثانیه شروع به دور شدن از ایستگاه فضایی می‌کند. او با جرم ۷۰ کیلوگرم در حالی که یک لباس ۱۲۰ کیلوگرمی بر تن دارد تصمیم می‌گیرد با پرتاب جعبه‌ی ابزار ۵۰ کیلوگرمی که در دست دارد خود را به سمت ایستگاه فضایی بازگرداند. حداقل سرعتی که نسبت به خود باید جعبه را پرتاب کند تا موفق به بازگشت به ایستگاه فضایی بشود چقدر است؟

۴)  $4.8 \frac{m}{s}$

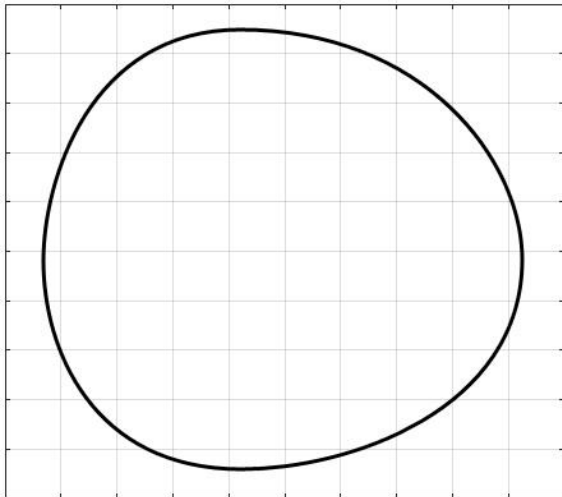
۳)  $3.8 \frac{m}{s}$

۲)  $2.8 \frac{m}{s}$

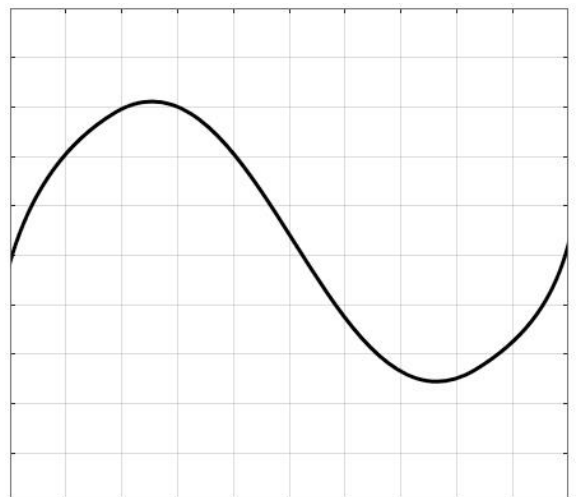
۱)  $1.8 \frac{m}{s}$

۱۴- دو جرم در میدان گرانشی یکدیگر در مدارهای بیضوی به دور یکدیگر می‌گردند. بر روی یک نمودار مولفه شعاعی سرعت نسبی (محور عمودی) را بر حسب فاصله‌ی دو جسم (محور افقی) رسم می‌کنیم. این نمودار کدام گزینه می‌تواند باشد؟

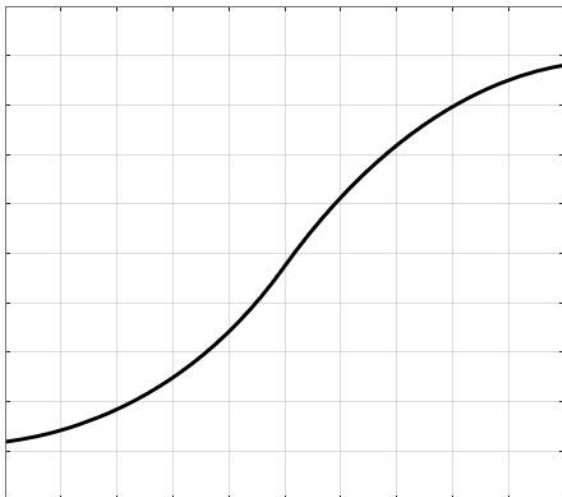
(۲)



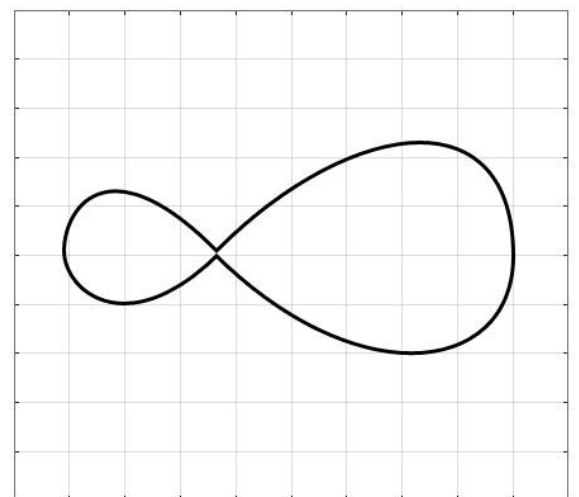
(۱)



(۴)



(۳)



۱۵- چراغی که در شکل نمایش داده شده است از مرکز سقف اتاقی مکعب شکل آویزان است. ارتفاع سقف به نحوی است که نور این چراغ قسمتی از دیوارهای این اتاق را نیز روشن می‌کند. مرز سایه روی یکی از این دیوارها بخشی از کدام شکل هندسی است؟

(۱) دایره (۲) خط (۳) سهمی (۴) هذلولی



۱۶- سفینه‌ی A در بیرون و سفینه‌ی B در داخل یک سحابی سیاره‌نمای کروی با ضخامت بسیار کم قرار دارند. هر دوی این سفینه‌ها جرمی برابر ۱۰ هزار کیلوگرم دارند. با توجه به اطلاعات داده شده در مورد موقعیت سفینه‌ها و سحابی مورد نظر، اختلاف پتانسیل گرانشی دو سفینه چقدر است؟

مشخصات سحابی:

|      |              |
|------|--------------|
| جرم  | $5M_{\odot}$ |
| شعاع | $50 AU$      |

موقعیت سفینه‌ها:

|                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| فاصله‌ی سفینه‌ی A تا مرکز سحابی | ۱.۵ برابر شعاع سحابی |
| فاصله‌ی سفینه‌ی B تا مرکز سحابی | ۰.۷ شعاع سحابی       |

(۱)  $2.95 \times 10^{11} J$  (۲)  $6.77 \times 10^{11} J$  (۳)  $1.11 \times 10^{12} J$  (۴)  $5.92 \times 10^{11} J$

۱۷- اگر خطی فرضی بین زمین و خورشید در نظر بگیریم، در کدام یک از فصول سال این خط بیشترین مساحت را جارو میکند؟ فرض کنید هنگامی که زمین در حضیض مدار خود قرار دارد، خورشید را در صورت فلکی قوس مشاهده می‌کنیم.

(۱) بهار (۲) تابستان (۳) پاییز (۴) زمستان

### نجوم کروی

۱۸- با قرار دادن یک شاخص عمودی بر روی زمین ساعتی آفتابی می‌سازیم اما به دلیل نداشتن اطلاعات کافی و ندانستن روابط نجوم کروی، برای اطلاع از ساعت، زاویه‌ی ایجاد شده بین راستای سایه و راستای شمال را بر حسب ساعت با دوازده جمع یا تفریق کرده و به عنوان زمان گزارش می‌کنیم. با چنین سیستمی در کدام یک از شهرهای زیر این ساعت آفتابی دقیق‌تر کار خواهد کرد؟

(۱) تهران (۳۵.۷ درجه شمالی) (۲) کوالالمپور (۳.۱ درجه شمالی)  
(۳) سن پترزبورگ (۵۹.۹ درجه شمالی) (۴) بوینس آیرس (۳۴.۶ درجه جنوبی)



۱۹- در یک مثلث کروی، هر ضلع و زاویه‌ی رو به رو به آن ضلع متمم یکدیگر هستند. در مورد زوایای این مثلث کروی کدام گزینه همواره صحیح است؟

$$\cos A = \cos B \cos C \quad (۲) \quad A = B = C \quad (۱)$$

$$A + B + C = \pi \quad (۴) \quad A + B + C = 2\pi \quad (۳)$$

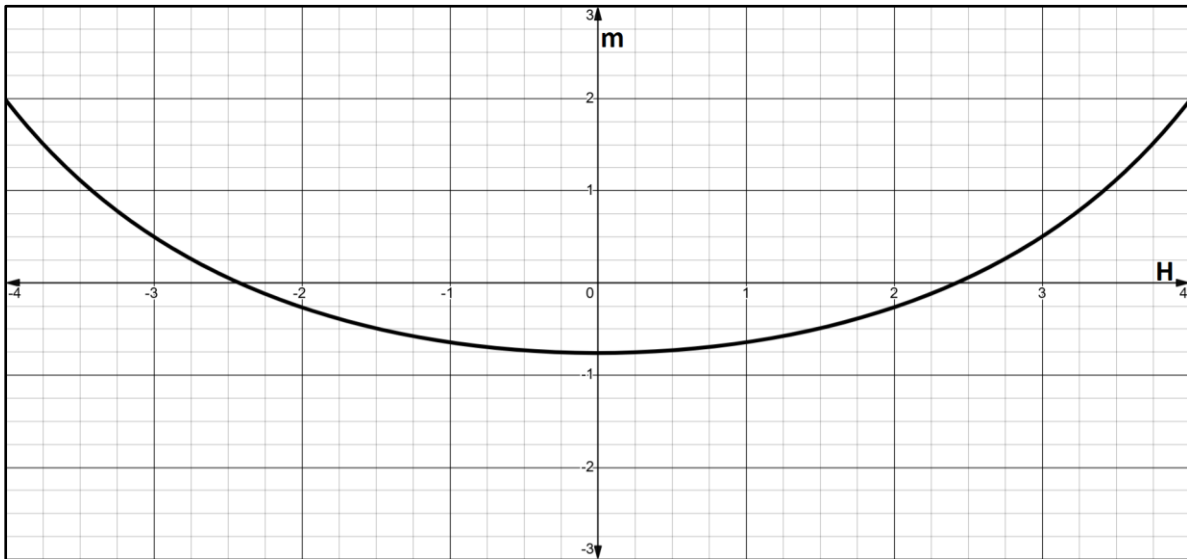
۲۰- در تنها روزی که خورشید برای ناظران عرض جغرافیایی ۶۶.۵ درجه دورقطبی است، جدایی زاویه‌ای زهره و خورشید برابر ۳۰ درجه است. در طول آن روز بیشترین ارتفاعی که زهره به آن می‌رسد چند درجه خواهد بود؟

$$۴۳.۷ \quad (۱) \quad ۲۰.۲ \quad (۲) \quad ۲۳.۵ \quad (۳) \quad ۵۵.۵ \quad (۴)$$

۲۱- یک ستاره هر چه در فاصله‌ی سمت‌الراسی ( $Z$ ) بیشتری قرار بگیرد، نورش مسافت بیشتری را در جو باید طی کند تا به چشم ما برسد. به همین دلیل قدر یک ستاره در فواصل سمت‌الراسی مختلف تغییر خواهد کرد که رابطه‌ی آن به صورت زیر است:

$$m = m_0 + k \sec (z)$$

نمودار زیر قدر ظاهری ( $m$ ) ابرنواختری نوظهور با میل ۲۰ درجه، در یکی از شب‌های آلوده‌ی شهر تهران با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه را برحسب زاویه ساعتی ( $H$ ) آن نشان می‌دهد. اعداد محور افقی بر حسب ساعت هستند.



با توجه به اطلاعات موجود مقدار  $k$  برای جو تهران در این شرایط چقدر است؟

$$۰.۰۵ \quad (۴) \quad ۵.۶ \quad (۳) \quad ۴ \quad (۲) \quad ۰.۹ \quad (۱)$$

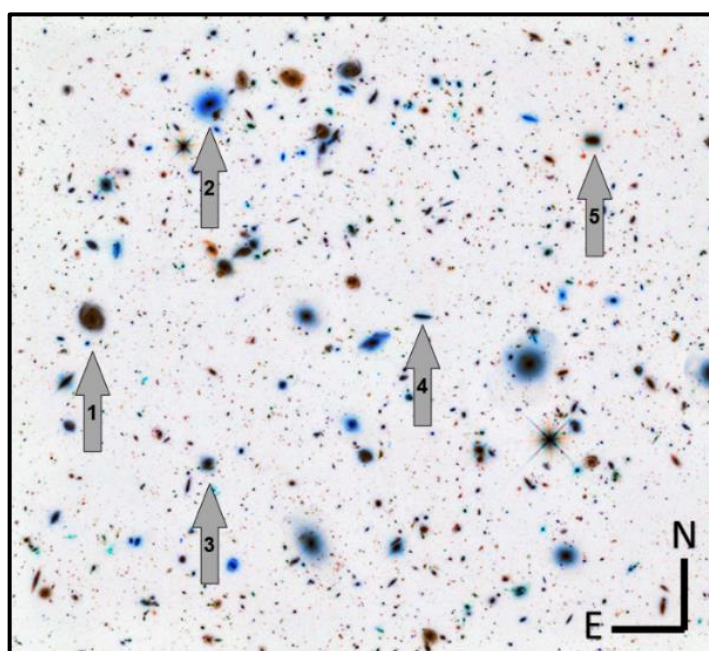
### نجوم رصدی

۲۲- در روز آزمون زمان عبور بالایی کدام یک از سیارات به ساعت ۱۲ نیمه شب نزدیکتر است؟

- (۱) مریخ (۲) مشتری (۳) زحل (۴) زهره

۲۳- در تصویر نگاتیو زیر که از محدوده‌ای بسیار کوچک از صورت فلکی دب اکبر در آسمان شب تهیه شده است، تعداد زیادی کهکشان مشاهده می‌کنید. طبق شایعاتی مرموز یکی از ۵ کهکشان مشخص شده محل سکونت موجوداتی فضایی به نام "مگوت" می‌باشد. نامی زیر به دست محققان رسیده که طبق آن می‌توان محل سکونت مگوت‌ها را نشان داد. بخشی از نامه به این صورت است: "در تصویر، میل کهکشان مگوت‌ها از میل تنها یک یا دو کهکشان دیگر بیشتر است و بعد کهکشان مگوت‌ها از بعد تنها دو یا سه

کهکشان دیگر کمتر است. آن‌ها به دنبال شما هستند!"  
به نظر شما کهکشانی که محل سکونت مگوت‌ها است  
با چه شماره‌ای مشخص شده است؟



(۱) شماره ۱

(۲) شماره ۲

(۳) شماره ۳

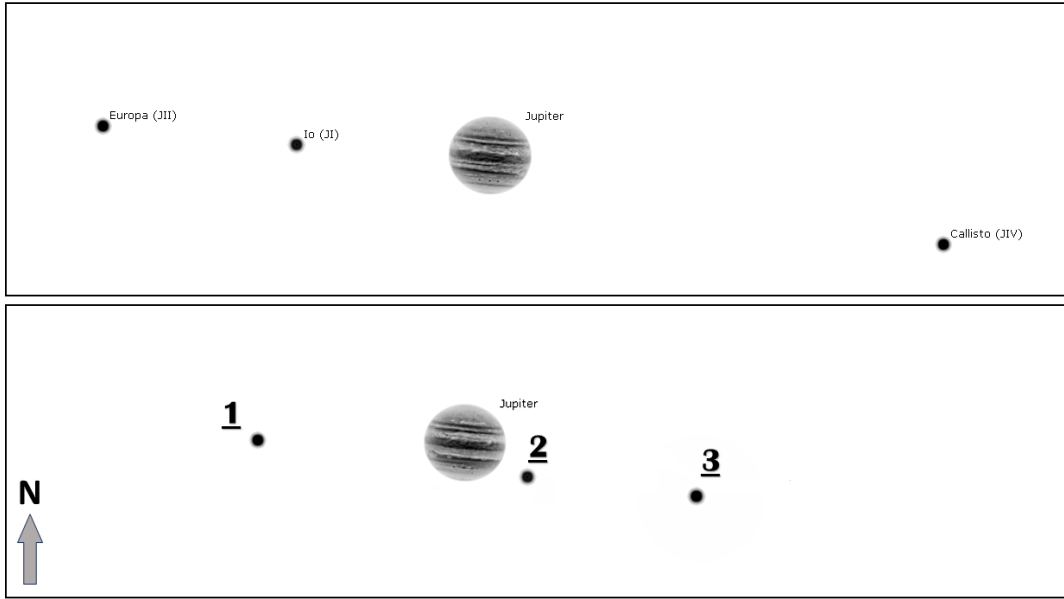
(۴) شماره ۴

۲۴- گنبد نوری به پدیده‌ای گفته می‌شود که در آن نور مصنوعی از شهرها و مناطق پرنور به سمت آسمان پراکنده می‌شود و با ذرات موجود در جو (مانند گرد و غبار یا بخار آب) برخورد کرده و دوباره بازتاب پیدا می‌کند. این بازتاب باعث ایجاد یک گنبد روشن در آسمان شب اطراف شهرها می‌شود که دید ستاره‌ها و اجرام آسمانی را محدود می‌کند. بیشترین ارتفاع گنبد نوری تهران از سطح زمین با توجه به عوامل مختلف تا ۵ کیلومتر تخمین زده می‌شود. تخمین بزنید تا چند کیلومتر باید از شهر تهران دور شویم تا نتوانیم هیچ اثری از گنبد نوری تهران ببینیم؟

- (۱) ۲۰ کیلومتر (۲) ۲۵۰ کیلومتر (۳) ۶۰۰ کیلومتر (۴) ۱۳۰۰ کیلومتر

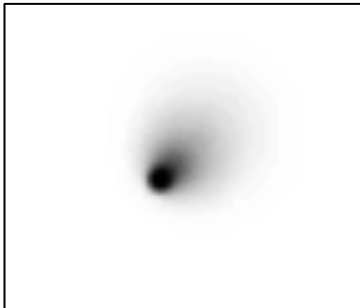
۲۵- گانیمد بزرگترین قمر منظومه شمسی و نهمین جرم بزرگ منظومه‌ی ما است که در فاصله‌ی ۱ میلیون کیلومتری با دوره تناوب تقریبی ۷ روز به دور مشتری در گردش است. در عکس صفحه‌ی بعد، تصویر بالایی در شبی از شب‌های زمستان از مشتری و اقمار گالیله‌ای آن ثبت شده است و قمر گانیمد در پشت سیاره‌ی مشتری قرار دارد و از دیدگان ما پنهان است، چهار روز بعد تصویری از مشتری به همراه اقمار گالیله‌ای آن (تصویر پایینی) تهیه می‌شود. گانیمد در تصویر پایینی با چه عددی نمایش داده شده است؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) در حال عبور از مقابل مشتری است.



۲۶- منجمی توسط یک تلسکوپ بازتابی از ستارگان عکس برداری کرده است اما متاسفانه تلسکوپ او ابیراهی داشته و تصویر را خراب کرده است. با فرض اینکه این تلسکوپ فقط و فقط یک ابیراهی داشته باشد بگویید تصویر نگاتیو تک ستاره‌ی زیر دارای چه ابیراهی است؟

- (۱) کروی  
(۲) آستیگماتیسم  
(۳) کما  
(۴) واپیچش



### کیهان شناسی

۲۷- دوره‌ی تابش غالب به بازه‌ی زمانی‌ای گفته می‌شود که اکثریت سهم اجزای تشکیل دهنده کیهان متعلق به فوتون‌ها باشد. این دوره اولین دوره پس از رویدادهای جهان اولیه است. اگر در حال حاضر نسبت چگالی ماده به کل چگالی در کیهان  $0.3$  باشد و این نسبت برای تابش  $9 \times 10^{-5}$  باشد، تخمین بزنید دوره‌ی تابش غالب در روند شکل‌گیری جهان ما تقریباً چند سال طول کشیده است؟

(۱) ۵۰۰ سال (۲) ۵۰ هزار سال (۳) ۵ میلیون سال (۴) ۵۰۰ میلیون سال

۲۸- کدام یک از بررسی دقیق تابش ریزموج پس زمینه‌ی کیهان ( $CMB$ ) بدست نیامده است؟

- (۱) اطلاعات بدست آمده از این تابش تطابق بالایی با تئوری وجود مهبانگ به عنوان شروع جهان دارد.  
(۲) تابش پس زمینه کاملاً مطابق بر تابش یک جسم سیاه است.  
(۳) با استفاده از تصحیح اثر داپلر این تابش میتوان سرعت خاصه خورشید به نسبت کیهان را محاسبه کرد.  
(۴) هر ۳ گزینه از نتایج بررسی  $CMB$  است.

دینامیک کهکشانی

۲۹- ثوابت اورت (*Oort constants*) دو پارامتری هستند که توسط اخترشناس هلندی، یان اورت، مطرح شدند تا بتوانیم دقیق تر به بررسی چرخش موضعی اجسام به دور مرکز کهکشان بپردازیم. تعریف هر کدام از ثوابت اورت (*A* و *B*) در زیر آمده است.  $R_0$  فاصله تا مرکز کهکشان و  $\Omega$  سرعت زاویه ای چرخش کهکشان است. اگر دیسک کهکشان راه شیری یک جسم کاملاً صلب می بود، ثوابت اورت (*Oort constants*) برای منظومه شمسی چقدر می شد؟

$$A = -\frac{1}{2} R_0 \frac{d\Omega}{dr} \Big|_{R_0}, B = -\frac{1}{2} R_0 \frac{d\Omega}{dr} \Big|_{R_0} - \Omega$$

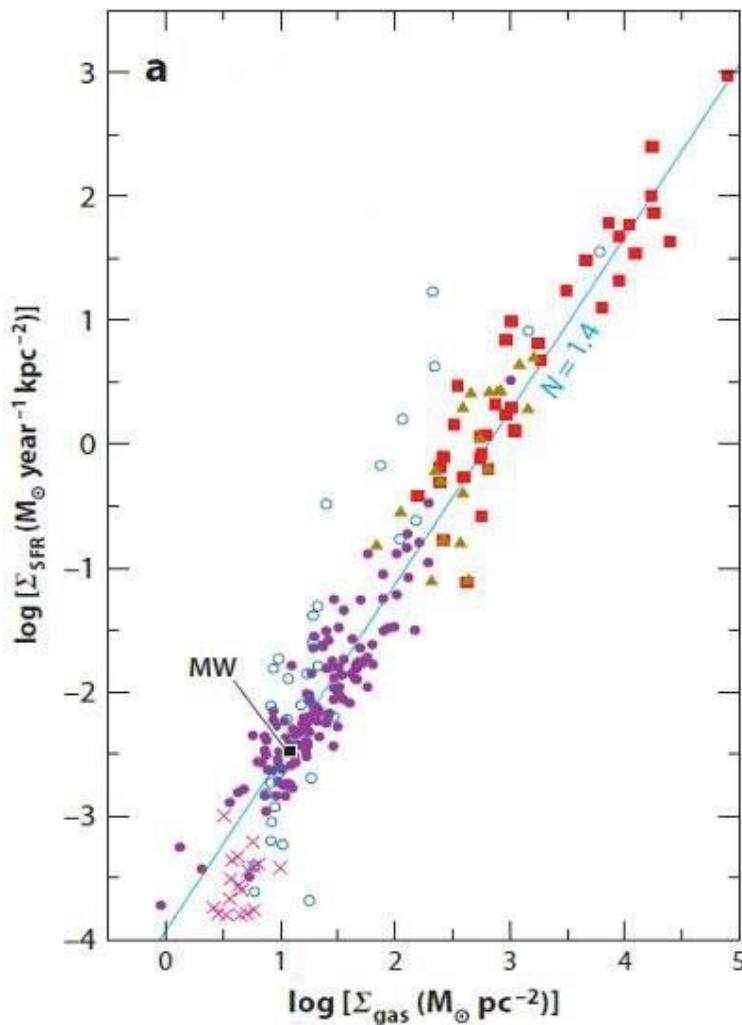
$$A = 27.2 \frac{km}{s.kpc}, B = 0 \quad (۲)$$

$$A = 27.2 \frac{km}{s.kpc}, B = -27.2 \frac{km}{s.kpc} \quad (۱)$$

$$A = 0, B = 0 \quad (۴)$$

$$A = 0, B = -27.2 \frac{km}{s.kpc} \quad (۳)$$

۳۰- نرخ تشکیل ستاره در واحد سطح کهکشانها مطابق شکل زیر با چگالی سطحی گاز کهکشانها متناسب است. برای کهکشانی به شعاع  $R = 10 \text{ kpc}$  و با چگالی سطحی گاز  $\Sigma_{gas} = 10 M_{\odot} pc^{-2}$ ، مقدار نرخ تشکیل ستاره ای (SFR) به کدام گزینه نزدیک تر است؟ (بر حسب  $M_{\odot} yr^{-1}$ )



$10^{-2}$  (۱)

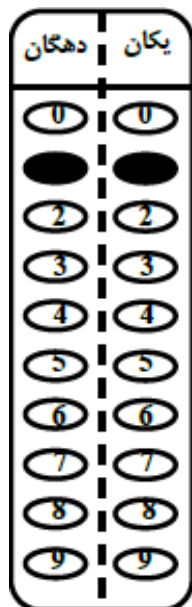
1 (۲)

$10^2$  (۳)

$10^6$  (۴)

مسأله‌های کوتاه پاسخ

پیش از شروع به حل مسأله‌های کوتاه توضیحات زیر را با دقت بخوانید.



در این مسأله‌ها باید پاسخ را بر حسب واحدهای مورد نظر (متر، کیلوپارسک، ثانیه قوسی و غیره) که در صورت مسأله خواسته شده، به دست آورید. پاسخ معمولاً عددی یک رقمی یا دو رقمی صحیح است. 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. اگر پاسخ شما عدد صحیح نشد جواب را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید و در پاسخنامه علامت بزنیید. اگر پاسخ عدد یک رقمی شد، عدد را در رقم یکان علامت بزنیید و رقم دهگان را صفر بزنیید. به عنوان مثال فرض کنید سرعت دنباله‌دار بر حسب کیلومتر بر ثانیه خواسته شده است و شما مقدار آن را  $11.2 \frac{km}{s}$  محاسبه کرده‌اید. ابتدا باید این عدد را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا 11 به دست آید. سپس مطابق شکل رو به رو، آن را در پاسخنامه وارد کنید. ثوابت فیزیکی و نجومی در ابتدای برگه سؤالات داده شده‌اند. در حل مسأله‌ها فقط از این ثوابت استفاده کنید. اعداد باید تنها یک بار و آن هم در انتهای حل هر مسأله گرد شوند. قاعده‌ی گرد کردن به این گونه است که اگر نتیجه‌ی به دست آمده از حل مسأله در مبنای ده به شکل  $A = XX.XXXXX$  باشد، ابتدا اختلاف  $A$  با همان عدد وقتی که رقم‌های بعد از اعشار

آن صفر شده یعنی  $\Delta = XX.XXXXX - XX.00000$  حساب می‌شود. اگر  $\Delta$  کوچکتر یا مساوی 0.5 باشد  $A = XX$  و اگر  $\Delta$  بزرگتر از 0.5 باشد  $A = XX + 1$  در نظر گرفته خواهد شد. 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. اگر  $a \leq 5$  بود مرتبه‌ی بزرگی می‌شود  $b$  و اگر  $a > 5$  بود مرتبه بزرگی می‌شود  $b + 1$ . مثلاً یک واحد نجومی یعنی  $1.5 \times 10^{11}$  را در نظر بگیرید. مرتبه بزرگی این عدد 11 است.

۱- داده‌های اخیر از ستاره‌ی  $HD1200$  که توسط تلسکوپ فضایی جیمزوب گرفته شده است، نشان می‌دهد سرعت فضایی این ستاره مقداری ثابت است. با فرض اینکه در حال حاضر اختلاف منظر این ستاره  $\pi = 0.2''$  و سرعت خاصی آن  $\mu = 2.5 \frac{\text{arcsec}}{\text{year}}$  باشد، سرعت شعاعی آن پس گذشت 100000 سال، چند کیلومتر بر ثانیه است؟ همچنین داده‌های طیفی این ستاره، طول موج  $\lambda = 6563.5 \text{ \AA}$  را برای خط  $H\alpha$  نشان می‌دهند.

۲- محاسبه‌ی سرعت وزش باد در سطح سیارات، اطلاعات مفیدی درباره‌ی سطح آنان در اختیار ما می‌گذارد. فرض کنید رابطه‌ی سرعت وزش باد بین دو نقطه با اختلاف دمای دو آن دو نقطه و با سرعت دوران وضعی سیاره به صورت زیر است:

$$v^2 = C\omega\Delta T$$

$C$  مقداری ثابت و برابر  $C = \frac{25000 \text{ m}^2}{sK}$  می‌باشد.  $\omega$  نیز سرعت زاویه‌ای دوران سیاره می‌باشد. سیاره‌ای با آلبدوی 0.6، فاصله‌ی  $1.5 \text{ AU}$  از ستاره‌ی مرکزی خورشیدگون خود و دوره‌ی تناوب وضعی دو برابر دوره‌ی تناوب وضعی زمین را در نظر بگیرید. اگر دمای نقطه‌ای از سیاره برابر  $10K$  باشد، سرعت وزش باد ستاره‌ای در این نقطه که ناشی از تفاوت دما با نقطه‌ای از سیاره با دمای تعادل سیاره است، چند متر بر ثانیه است؟

۳- یک سحابی همگن و کروی تشکیل شده از هیدروژن با جرمی برابر جرم خورشید که در حالت تعادل قرار دارد را در نظر بگیرید. با استفاده از روش‌های فاصله‌سنجی فاصله‌ی آن را  $d = 1001 \text{ pc}$  تخمین زده‌ایم. چنانچه قطر زاویه‌ای خوشه برابر  $\theta = 3''$  باشد، دمای این سحابی چند کلوین است؟

۴- مرتبه‌ی بزرگی میزان نیروی تابشی که از طرف خورشید به زمین وارد می‌شود چقدر است؟

۵- در یک منظومه‌ی فراخورشیدی که در فاصله‌ی بسیار دور قرار دارد و سرعت نسبی آن نسبت به خورشید صفر است، دوره تناوب مداری یکی از سیارات آن ۷۰۰ روز است و خروج از مرکز مدار آن سیاره ۰.۹ می‌باشد. تصور کنید ناظری روی این سیاره زمانی که سیاره در حضيض مداری قرار دارد طوری ایستاده که ستاره‌ی مرکزی منظومه‌ی خود در سرسوی او و خورشید در زاویه‌ی سرسویی ۴۵ درجه قرار دارد. اگر جرم ستاره‌ی مرکزی این منظومه برابر جرم خورشید باشد، بیشترین سرعت شعاعی سیاره نسبت به خورشید چند کیلومتر بر ثانیه می‌باشد؟ فرض کنید صفحه مداری سیاره از روی زمین از لبه دیده می‌شود. از انبساط هابلی صرف نظر کنید.

۶- دنباله‌داری داری در صفحه‌ی دایره‌البروج در مداری سهموی با حضيض مداری ۱ واحد نجومی در گردش است. هنگامی که زمین در مدار دایروی‌اش به نقطه‌ی حضيض مدار دنباله‌دار می‌رسد، دنباله دار را در زاویه‌ی کشیدگی ۲۵ درجه رصد می‌کند. در این لحظه فاصله‌ی دنباله‌دار تا زمین بر حسب واحد نجومی چقدر است؟

۷- ناظری در تهران در حال رصد یک ماهواره است که دقیقاً در سرسوی او قرار دارد. در همین لحظه ناظری در نقطه‌ی ای از شهر تونس که عرض جغرافیایی آن با تهران یکی است، ماهواره را دقیقاً در افق خود می‌بیند. ارتفاع ماهواره از سطح زمین چند درصد شعاع زمین است؟

| شهر   | عرض جغرافیایی (درجه) | طول جغرافیایی (درجه) |
|-------|----------------------|----------------------|
| تهران | ۳۶                   | ۵۱                   |
| تونس  | ۳۶                   | ۱۰                   |

۸- یکی از روش‌های پیدا کردن جهت قبله این است که دقیقاً زمانی که خورشید در سرسوی شهر مکه است، شاخصی عمودی روی زمین بگذاریم و در نتیجه جهت خلاف سایه، راستای قبله را نشان می‌دهد. اگر شاخصی به طول یک متر در تهران قرار داده باشیم در این لحظه طول سایه‌ی آن چند سانتی متر است؟

| شهر   | عرض جغرافیایی (درجه) | طول جغرافیایی (درجه) |
|-------|----------------------|----------------------|
| تهران | ۳۶                   | ۵۱                   |
| مکه   | ۲۱                   | ۴۰                   |