به نام خدا

وزارت آموزش و پرورش

باشگاه دانش‌پژوهان جوان

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جستجو و کشف واقعیت‌ها است.

«امام خمینی (ره)»

آزمون مرحله‌ی دومِ دومین المپیاد نجوم کشور

۳۰ فروردین ۱۳۸۵

مدت آزمون: ۴٫۵ ساعت — از ساعت ۹ تا ۱۳:۳۰

تذکرها:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌آموز گرامی، خواهشمندیم به موارد زیر دقیقاً توجه فرمایید:

۱) لطفاً نام و نام خانوادگی خود را روی همه‌ی برگه‌ها بنویسید. توجه کنید که برگه‌ها از هم جدا می‌شوند.

۲) این آزمون ۹ مسئله دارد و وقت آن ۴٫۵ ساعت است.

۳) استفاده از ماشین‌حساب مهندسی که قابل برنامه‌ریزی نباشد، مجاز است.

۴) استفاده از جدول‌های نجومی، تقویم‌های نجومی، اطلس‌ها و آلماناک‌ها، به هر شکل که باشند مجاز نیست.

۵) پاسخ هر سؤال را در برگه‌ی همان سؤال بنویسید. اگر جا برای پاسخ دادن کم بود، از ممتحنان برگه‌ی اضافه بگیرید. روی برگه‌های اضافه، نام و نام خانوادگی خود را بنویسید. در پایان امتحان از ممتحنان بخواهید برگه‌های اضافه را به برگه‌ی سؤالِ مورد نظر الصاق کنند.

ثوابت فیزیکی و نجومی

ثابت جهانیِ گرانش	$(m^{۳})(kg^{-۱})(s^{-۲})$	$۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}$
درخشندگیِ خورشید	$watt$	$۳/۸۵ \times ۱۰^{۲۶}$
سرعت نور	$(m)(s^{-۱})$	۳×۱۰^{۸}
شعاع سیاره‌ی زهره	km	۶۰۵۲
شعاع سیاره‌ی عُطارِد	km	۲۴۴۰
شعاع خورشید	km	۷×۱۰^{۵}
شعاع زمین	km	۶۳۷۸
شعاع مداریِ زهره	AU	۰/۷۲۳
شعاع مداریِ عُطارِد	AU	۰/۳۸۷
پارسک	km	$۳/۱ \times ۱۰^{۱۳}$
واحد نجومی	km	$۱/۵ \times ۱۰^{۸}$
جرم خورشید	kg	$۱/۹۹ \times ۱۰^{۳۰}$
جرم عُطارِد	kg	$۳/۲۸ \times ۱۰^{۲۳}$
جرم زهره	kg	$۴/۸۷ \times ۱۰^{۲۴}$
جرم زمین	kg	$۵/۹۷ \times ۱۰^{۲۴}$
دوره‌ی تناوب مداریِ عُطارِد	day	۸۸
دوره‌ی تناوب مداریِ زهره	day	۲۲۵

۱) بیش‌ترین مدت زمانِ ممکن بر حسب ساعت (ΔT) برای گذر سیاره‌ی عُطارِد از مقابل قرص خورشید (از تماسِ اول تا تماس چهارم)، از دید ناظرِ سیاره‌ی زهره چقدر است؟ مدار سیارات زهره و عُطارِد را دایره و منطبق بر صفحه‌ی دایرةالبروج فرض کنید و از حرکتِ وضعی و ابرهای زهره صرف نظر کنید.

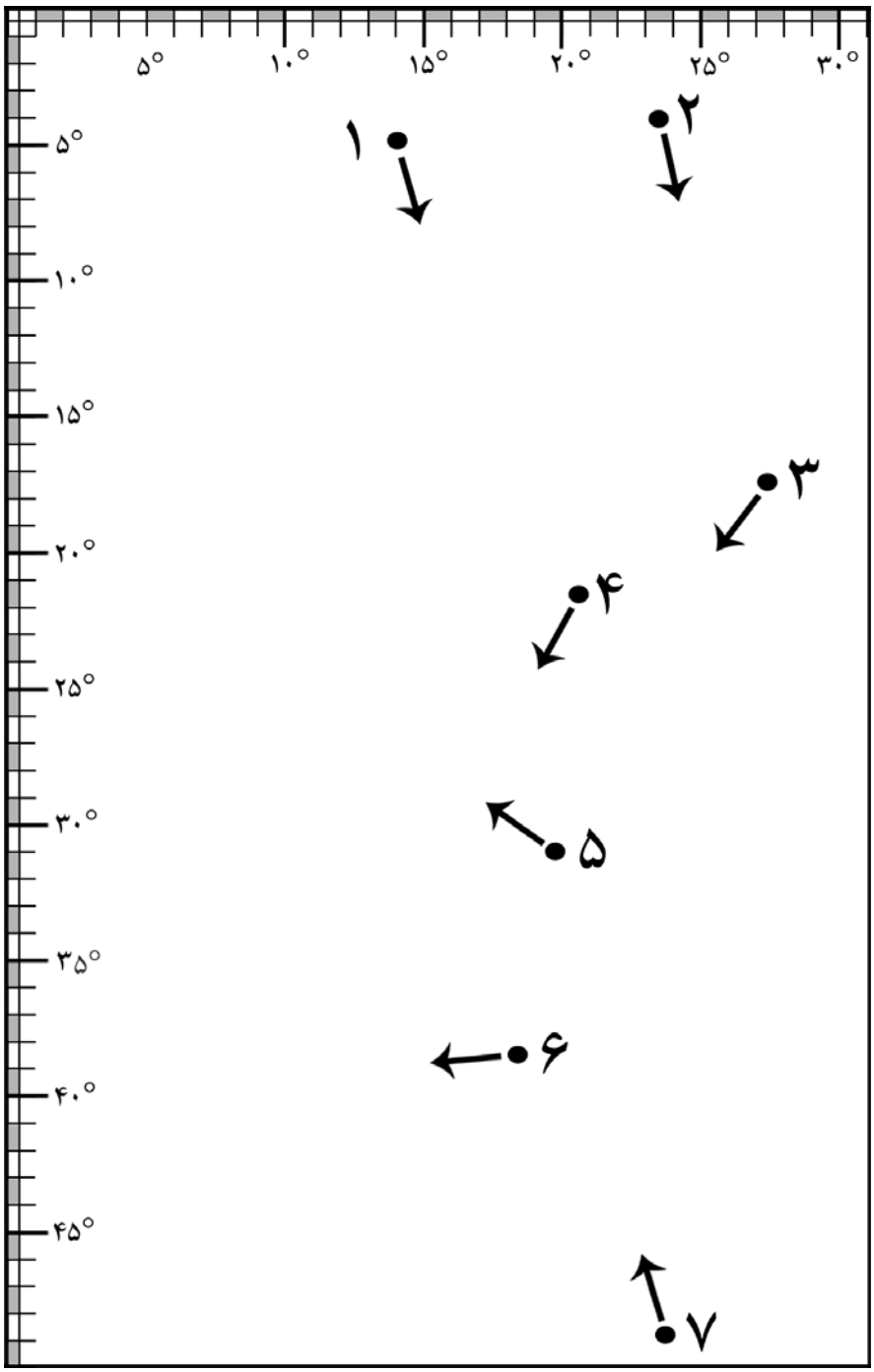
$\Delta T =$

۲) باستان‌شناسان با بررسیِ نقوش حک شده بر دیوار غاری که به نظر می‌رسد ۵۰۰۰ سال قدمت داشته باشد به این نتیجه رسیده‌اند که این نقوش ستاره‌های آسمان را نشان می‌دهند. باستان شناسان بر مبنای اسطوره‌های قدیمی، بعضی از آن ستاره‌ها را شناخته‌اند. در شکلِ صفحه‌ی بعد، یکی از این نقوش نشان داده شده و در جدول زیر مشخصات اخترفیزیکیِ ستاره‌هایی که شناسایی شده‌اند، داده شده است. بردارهایی که در شکل کشیده شده، جهت حرکتِ فضاییِ ستاره‌ها را نشان می‌دهند. به کمک اطلاعاتی که در جدولِ زیر داده شده، ضمن محاسبه‌ی حرکت ویژه‌ی ستاره‌ی ۴، مشخص کنید که این نقش مربوط به کدام صورت فلکی در آسمانِ فعلی است.

ستاره	سرعت فضایی V_s	جابجایی خط جذبیِ $\lambda_\circ = ۴۴۰۵\mathring{A}$	زاویه‌ی اختلاف منظر	حرکت ویژه
۱	۷۶٫۸ km/s	۰٫۳۶۷۱ $\mathring{A}$	۰٫۲۵ $arcsec$	۳٫۸۳ $arcsec/yr$
۲	۸۶٫۲ km/s	۰٫۲۲۸۵ $\mathring{A}$	۰٫۵۰ $arcsec$	۸٫۹۴ $arcsec/yr$
۳	۹۹٫۴ km/s	۰٫۴۵۵۲ $\mathring{A}$	۰٫۴۰ $arcsec$	۷٫۹۷ $arcsec/yr$
۴	۷۰٫۱ km/s	۰٫۲۴۸۵ $\mathring{A}$	۰٫۳۱ $arcsec$	؟
۵	۴۸٫۴ km/s	۰٫۵۵۸۶ $\mathring{A}$	۰٫۵۹ $arcsec$	۳٫۷۲ $arcsec/yr$
۶	۶۸٫۹ km/s	۰٫۵۹۲۰ $\mathring{A}$	۰٫۶۲ $arcsec$	۷٫۳۱ $arcsec/yr$
۷	۶۸٫۹ km/s	۰٫۱۰۶۲ $\mathring{A}$	۰٫۳۳ $arcsec$	۴٫۷۷ $arcsec/yr$

حرکت ویژه‌ی ستاره‌ی ۴ $= arcsec/yr$

نام صورت فلکی کنونی :


۵°
۱۰°
۱۵°
۲۰°
۲۵°
۳۰°
۳۵°
۴۰°
۴۵°
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷

۳) سیاره‌ی زهره به گونه‌ای به دور خورشید می‌گردد که دوره‌ی تناوبِ گردشِ مداریِ آن تقریباً برابر است با دوره‌ی تناوبِ گردشِ این سیاره به دور خودش. حساب کنید یک سالِ زهره برابر با چند شبانه‌روزِ این سیاره است؟

شبانه روز

۴) مشاهدات دقیق نشان داده است که درخشان‌ترین حالتِ سیاره‌ی زهره در آسمانِ زمین هنگامی رخ می‌دهد که زاویه‌ی کشیدگیِ این سیاره، ۳۹ درجه است. فاز (ϕ) (زاویه‌ی قاچی از نیم‌کره‌ی روشنِ زهره که از زمین قابل مشاهده است) و اندازه‌ی قطرِ ظاهری (θ) زهره را در این حالت حساب کنید.

$\phi =$

$\theta =$

۵) در یک کهکشانِ مارپیچی با دو بازو (طبق شکل زیر)، ساختارِ مارپیچی با سرعتِ زاویه‌ایِ $\Omega_p = ۱۰(km)(s^{-۱})(kpc^{-۱})$ دوران می‌کند. در صورتی که دوره‌ی تناوبِ مداری‌ِستاره‌ی S که در مداری دایره‌ای به دورِ مرکزِ کهکشان می‌گردد برابر با $T_s = ۲ \times ۱۰^۸$ سال و مدت زمانِ عبورستاره از داخلِ بازو، $t = ۴ \times ۱۰^۷$ سال باشد، اندازه‌ی زاویه‌ایِ مسیری که ستاره در داخلِ بازوی کهکشان طی می‌کند$(\Delta\theta)$، چقدر است؟

فرض کنیم بازوهای کهکشان تا جایی ادامه پیدا می‌کنند که دوره‌ی تناوبِ مدارِیِ ستاره‌ها $۲\pi/\Omega_p$ است. در این صورت شعاعِ خارجیِ کهکشان $(R_۰)$، چند برابر شعاعِ مدارِستاره‌ی S (R_s) است؟ در حل این مسئله فرض کنید نیروی مرکزیِ اِعمالی به هر ستاره، متناسب با $\frac{۱}{R}$ است که در آن R فاصله‌ی ستاره از مرکزِ کهکشان است.

$\Delta\theta =$	$R_۰ =$

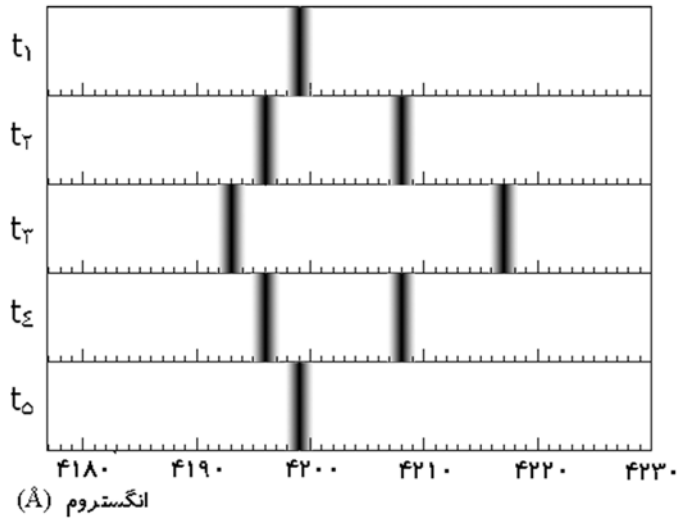
۶) ذراتِ گرد و غبار در بسیاری از منظومه‌های اخترفیزیکی، از جمله در محیط‌های میان‌ستاره‌ای و قرص‌های برافزایشی مشاهده می‌شوند. البته نوع این ذرات در منظومه‌های مختلف یکسان نیست و اغلب ترکیباتی پیچیده دارند. در برخی از قرص‌های برافزایشی که احتمالاً بستر شکل‌گیری سیارات هستند، چنین ذراتی که اندازه‌ی آنها از مرتبه‌ی بزرگی $۱۰^{-۳} cm$ است، مشاهده شده است. در یکی از این منظومه‌ها که جرم ستاره‌ی مرکزی آن در حدود جرم خورشید تخمین زده می‌شود، شارِ انرژیِ گسیل شده از جرم مرکزی، در فاصله‌ی r برابر است با

$$F(r) = \frac{۱.۴ \times ۱۰^{۷}}{r^{۲}} (erg)(cm^{-۲})(s^{-۱}),$$

که در آن r بر حسب واحد نجومی اندازه‌گیری می‌شود. با این فرض که ذراتِ گرد و غبار در مدارهایی دایره‌ای به دور ستاره‌ی مرکزی می‌گردند، می‌خواهیم جنس ذرات را تعیین کنیم. اگر فرض کنیم همه‌ی این ذرات از یک جنس هستند، کمترین چگالیِ ممکن برای یک ذره در این قرصِ برافزایشی (ρ_{min}) بر حسبِ گرم بر سانتی‌متر مکعب چقدر است؟

$\rho_{min} =$

۷) در یک مطالعه‌ی طیف‌سنجی برای یک منظومه‌ی دوتایی با دوره‌ی تناوبِ P و زاویه‌ی میل مداری $i = ۹۰^\circ$، طیف‌های زیر به دست آمده‌اند. اگر زمانِ ثبتِ طیفِ n اُم برحسبِ تاریخ ژولینی را با t_n نشان دهیم، با فرضِ این‌که $t_n - t_{n-۱}$ مقداری ثابت باشد و $t_۱ =$ ۲۴۴۳۵۴۶٫۳۴۵ و $t_۵ =$ ۲۴۴۳۵۴۸٫۷۵۶، اندازه‌ی نیم‌محورِ بزرگِ مدار (a) و زمان‌های $t_۲$ و $t_۴$ را برای این منظومه‌ی دوتایی به دست آورید. جرم مؤلفه‌ی کم جرم را برابر جرم خورشید بگیرید.



$a =$

$t_۲ =$

$t_۴ =$

۸) اخترشناسان برای بررسیِ حرکتِ ستاره‌ها در کهکشان راه شیری، از دستگاهِ مختصاتِ کهکشانی استفاده می‌کنند. در این دستگاهِ مختصات، صفحه‌ی مرجع، صفحه‌ی کهکشان راه شیری است. هر نقطه روی کره‌ی سماوی در دستگاهِ مختصاتِ کهکشانی، با دو زاویه‌ی عرضِ کهکشانی (b) و طولِ کهکشانی (l) مشخص می‌شود. عرض و طولِ کهکشانی همچون زاویه‌ی میل و بُعد در دستگاهِ مختصاتِ استوایی تعریف می‌شوند؛ با این تفاوت که در دستگاهِ مختصاتِ کهکشانی، صفحه‌ی مرجع، صفحه‌ی کهکشان و راستای مبدأ اندازه‌گیریِ طولِ کهکشانی، راستای مرکزِ کهکشان راه شیری (نقطه‌ای در صورت فلکی قوس با مختصات استوایی $\alpha = ۱۷^h\ ۴۶^m\ ,\delta = -۲۹^\circ\ ۰۰'$) است. در دستگاهِ مختصاتِ کهکشانی، مختصاتِ استوایيِ قطب شمالِ کهکشان عبارت است از $\alpha_G = ۱۲^h\ ۵۱.۴^m\ ,\delta_G = ۲۷^\circ\ ۰۸'$. طرف راستِ روابطِ داخلِ مستطیل‌های زیر را که معادلاتِ تبدیل مختصاتِ استوایی به مختصاتِ کهکشانی است، به‌دست آورید. l_N نشان‌دهنده‌ی طولِ کهکشانيِ قطب شمال سماوی است.

$\sin(l_N - l)\cos b =$

$\cos(l_N - l)\cos b =$

$\sin b =$

۹) درشکلِ زیر ساعت آفتابیِ افقیِ ساده‌ای را مشاهده می‌کنید که شاخصِ آن مثلثی است که به طور عمودی روی سطحِ افقیِ ساعت، ثابت شده است. زاویه‌ی ϕ درشکلِ زیر برابر است با عرضِ جغرافیاییِ مکانی که ساعت در آن به کار می‌رود. رابطه‌ای به دست آورید که به کمک آن بتوان برای هر ساعت از روز (h)، زاویه‌ی γ (زاویه‌ای که سایه‌ی راستای ضلعِ مورّبِ شاخص (AB)، روی سطحِ ساعت با راستای شمال می‌سازد) را حساب کرد. مسئله را برای حالتی حل کنید که خورشید در نقطه‌ی اعتدالِ بهاری قرار دارد.