باسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

دفترچه سوال رسمی آزمون
واحد سنجش و ارزیابی باشگاه دانش‌پژوهان جوان

علم برای یک ملّت مهم‌ترین ابزار آبرو، پیشرفت و اقتدار است. «امام خامنه‌ای (ره)»

دفترچهٔ سؤالات مرحلهٔ دوم سال تحصیلی ۱۴۰۵-۱۴۰۴

بیست و دومین دورهٔ المپیاد نجوم و اخترفیزیک

مدت پاسخگویی: ۲۴۰ دقیقه	نوع آزمون: تشریحی
	تعداد سؤالات: ۸

توضیحات مهم

استفاده از ماشین‌حساب مجاز است.

۱- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه تطبیق دهید در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخ نامه با مشخصات شما همخوانی ندارد بلافاصله مراقبین را مطلع نمایید.

۲- پاسخ هر سوال را در محل تعیین شده خود بنویسید. چنانچه همه یا قسمتی از جواب سوال را در محل پاسخ سوال دیگری بنویسید به شما نمره ای تعلق نمی گیرد.

۳- با توجه به آنکه برگه‌های پاسخ نامه به نام شما صادر شده است امکان ارائه هیچ‌گونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می‌شود ابتدا سوالات را در برگه چرک نویس ، حل کرده و آنگاه در پاسخنامه پاکنویس نمایید.

٤- عملیات تصحیح توسط مصححین پس از قطع سربرگ به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از درج هرگونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان دهنده صاحب برگه باشد، خودداری نمایید. در غیر این صورت تقلب محسوب شده و در هر مرحله‌ای که باشید از ادامه حضور در المپیاد محروم خواهید شد.

٥- از مخدوش کردن بارکدها و مربع‌ها در چهارگوشهٔ صفحه در دفترچهٔ پاسخ‌برگ جداً خودداری کنید. در غیر این صورت برگهٔ شما تصحیح نخواهد شد.

٦- همراه داشتن هر گونه کتاب جزوه یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ساعت هوشمند، دستبند هوشمند و لپتاپ ممنوع است همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد تقلب محسوب خواهد شد.

۷- در این آزمون کلیه موارد درخواست شده برای هر سوال در قسمت‌های مستطیلی قرار داده شده است. لطفاً در برگه های پاسخ، دقیقاً مشخص کنید که جواب کدام پرسش را می دهید.

۸- این دفترچه شامل ۸ سوال و با احتساب جلد ۷ برگ است.

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

این صفحه جهت استفاده به عنوان چرک‌نویس در نظر گرفته شده است.

جدول ثوابت فیزیکی و ریاضیاتی

نماد	کمیت	مقدار
k	ثابت بولتزمن	$۱.۳۸ \times ۱۰^{-۲۳}\ J.K^{-۱}$
c	سرعت نور	$۳ \times ۱۰^{۸}\ m.s^{-۱}$
m_p	جرم پروتون	$۱.۶۷ \times ۱۰^{-۲۷}\ kg$
m_e	جرم الکترون	$۹.۱۱ \times ۱۰^{-۳۱}\ kg$
$Z_{N_۲}$	عدد جرمی مولکول نیتروژن	۱۴
$Z_{O_۲}$	عدد جرمی مولکول اکسیژن	۱۶
eV	الکترون ولت	$۱.۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ J$
G	ثابت جهانی گرانش	$۶.۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}\ m^{۳}.kg^{-۱}.s^{-۲}$
h	ثابت پلانک	$۶.۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\ Js$
e	عدد نپر (عدد اویلر)	۲.۷۱۸ (یا مقدار ذخیره شده در ماشین حساب‌های مهندسی)

جدول ثوابت نجومی

نماد	کمیت	مقدار
σ	ثابت استفان - بولتزمن	$۵.۶۷ \times ۱۰^{-۸}\ W.m^{-۲}.K^{-۴}$
W	ثابت وین	$۲.۸۹۸ \times ۱۰^{-۳}\ m.K$
pc	پارسک	$۳.۰۹ \times ۱۰^{۱۶}\ m$
AU	واحد نجومی	$۱.۵ \times ۱۰^{۱۱}\ m$
Ly	سال نوری	$۹.۴۶ \times ۱۰^{۱۵}\ m$

جدول ثوابت زمینی

نماد	کمیت	مقدار
M_{Earth}	جرم زمین	$۵.۹۷ \times ۱۰^{۲۴}\ kg$
R_{Earth}	شعاع زمین	$۶۳۷۸\ km$
	دوره تناوب وضعی زمین	$۸۶۱۶۴\ s$
ε	انحراف محور چرخش زمین نسبت به خط عمود بر دایره البروج	۲۳.۵°
$\phi_{\text{تهران}}$	عرض جغرافیایی تهران	۳۵.۷°
$\rho_{\text{جو}}$	چگالی جو زمین	$۱.۲۹\ kg.m^{-۳}$
$h_{\text{جو}}$	ارتفاع جو زمین	$۱۰^{۵}\ m$

جدول ثوابت خورشیدی

نماد	کمیت	مقدار
M_{Sun}	جرم خورشید	$۱.۹۹ \times ۱۰^{۳۰}\ kg$
R_{Sun}	شعاع خورشید	$۶.۹۶ \times ۱۰^{۸}\ m$
L_{Sun}	درخشندگی خورشید	$۳.۸۵ \times ۱۰^{۲۶}\ W$
b_{Sun}	ثابت خورشیدی (روشنایی خورشید از زمین)	$۱۳۶۱\ W.m^{-۲}$
$T_{eff_{Sun}}$	دمای مؤثر سطح خورشید	$۵۷۷۹\ K$
M_{Sun}	قدر مطلق خورشید	۴.۸۳
m_{Sun}	قدرظاهری خورشید	-۲۶.۷
BC_{Sun}	تصحیح بولومتریک خورشید	-۰.۱۴

روابط ریاضی مفید:

$$\int_a^b f'(x)dx = f(b) - f(a)$$

$$\int x^n\, dx = \frac{۱}{n+۱}x^{n+۱} + C$$

$$\int \sin x\ \ dx = -\cos x + C$$

$$\int \cos x\ \ dx = \sin x + C$$

$$\frac{d\left(\sqrt{f(x)}\right)}{dx} = \frac{۱}{۲\sqrt{f(x)}}\frac{d\left(f(x)\right)}{dx}$$

$$\frac{d\left(\frac{۱}{f(x)}\right)}{dx} = \frac{-۱}{f(x)^{۲}}\frac{d\left(f(x)\right)}{dx}$$

۱- **(۶۰ نمره)** هواپیماهای جنگنده با اســـتفاده از جنگ الکترونیک، رادارها را مختل می‌کنند و از رهگیری شـــدن جلوگیری می‌کنند. جنس بدنه آنها به گونه‌ای است که سینگال‌ها را جذب کرده و باعث عدم بازتاب سیگنال می‌شود. از آنجا که نمی‌توان از پژواک سیگنال برای ردیابی استفاده کرد می‌خواهیم از طبیعت کمک بگیریم و برخورد ذرات هوا به جنگنده را با مدلی بسیار ســاده بررســی کنیم. بازه ســرعت جنگنده را از ۱.۵ تا ۲ ماخ در نظر بگیرید.(هر ماخ تقریبا $۱۲۰۰\frac{km}{h}$ اســت) همچنین فرض کنید ۸۰ درصد جو را $N_۲$ و ۲۰ درصد آن را $O_۲$ تشکیل می‌دهند.

آ) فرض کنید یک توده هوای ســاکن در مســیر حرکت جنگنده قرار دارد. این جنگنده با این ذرات برخورد کشـــســان می‌کند و باعث انتقال سرعت به آنها می‌شود. با در نظر گرفتن اینکه برخورد یک بعدی بوده است، بازه سرعت ذرات هوا بعد از برخورد با جنگنده را به صورت تقریبی حساب کنید.

ب) ذرات هوا بعد از برخورد با جنگنده دچار افزایش انرژی جنبشی می‌شوند. این انرژی جنبشی کسب شده توسط ذرات ناحیه اطراف را به تعادل گرمایی می‌رساند. بازه دما و طول موج حداکثر تابش ذرات هوا پس از انتقال انرژی را محاسـبه کنید. (فرض کنید کل انرژی جنبشی کسب شده در قسمت قبل، صرف حرکت گرمایی ذرات بشود)

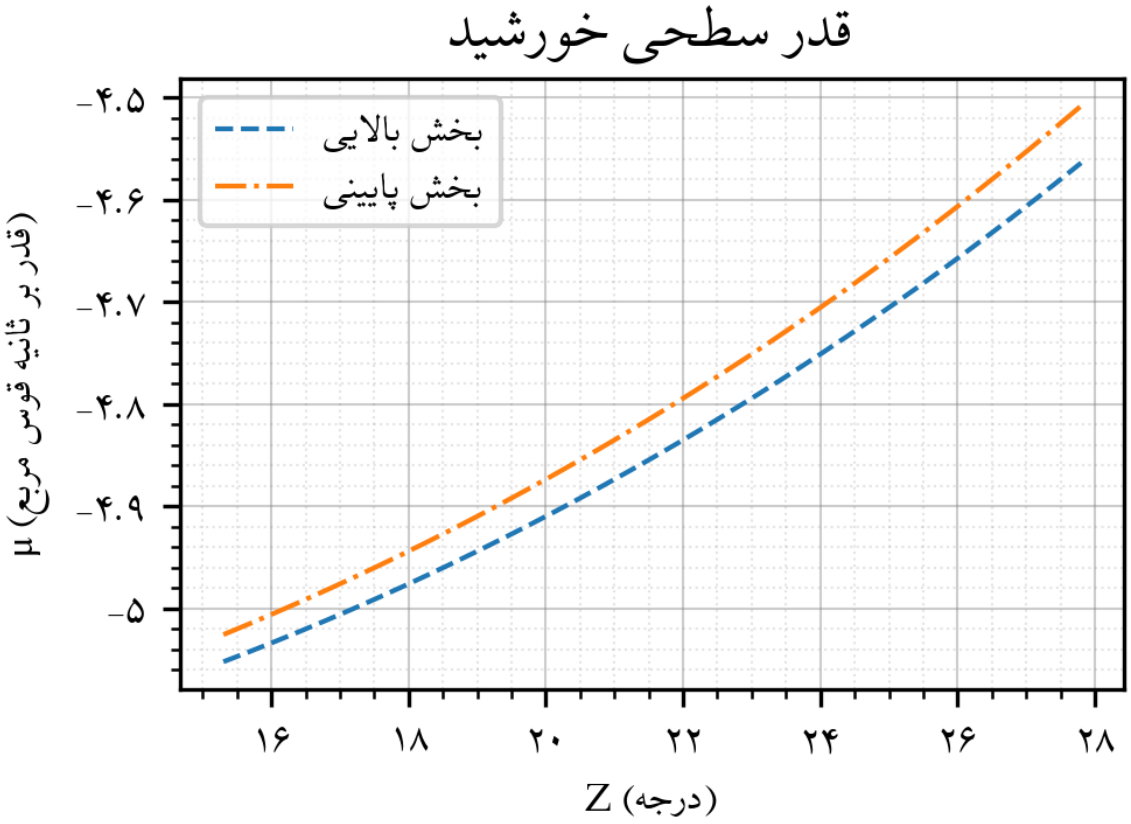
پ) فرض کنید جنگنده دشمن دقیقا از بالای سر پدافند رد شود. ۲۰ ثانیه بعد از عبور جنگنده از بالای سر پدافند، آشکارساز موجود در کنار پدافند انتقال به سرخی به اندازه $۱۰^{-۶}$ از این جنگنده مشاهده می‌کند. اگر فرض کنیم جنگنده مسیری کاملا موازی با سطح زمین داشته باشد و سرعت آن همواره ثابت باشد، بازه‌ای برای ارتفاع پرواز این جنگنده از سطح زمین بدست بیاورید.

۲- **(۷۰ نمره)** می‌دانیم که جو زمین همواره میزانی از نور ستارگان و دیگر اجرام آسمانی را جذب می‌کند که باعث تغییر قدر ظاهری آنها می‌شود. اگر جو زمین را یک ناحیه تخت با ارتفاع h در نظر بگیریم و چگالی هوا در همه جای آن یکسان باشد و بدون در نظر گرفتن اثرات شکست در جو زمین، به سوالات زیر پاسخ دهید.

آ) اگر یک ستاره دارای زاویه سمت الراسی z باشد، قدر ظاهری که از آن ستاره مشاهده می‌کنیم چقدر بیشتر از قدر ظاهری این ستاره خارج از جو است؟

ب) حالا اگر این ستاره کمی حرکت کند به گونه‌ای که زاویه سمت الراسی به اندازه Δz زیاد شود، اختلاف قدر ظاهری با حالت قبلی(که در بخش آ گفته شده بود) چقدر خواهد بود؟ فرض کنید Δz خیلی کوچک است.

پ) فرض کنید در حال رصد خورشید هستیم. قطر زاویه‌ای خورشید را برابر با ۱ درجه در نظر بگیرید. در نمودار زیر قدر سطحی بالایی ترین نقطه و پایینی ترین نقطه خورشید(نقاطی که هر لحظه بیشترین و کمترین ارتفاع را دارند) را برای یک ناحیه ۱ ثانیه قوسی در ۱ ثانیه قوسی بر حسب زاویه سمت الراسی کشیده ایم. با استفاده از این نمودار ضریب جذب جو κ را محاسبه کنید.



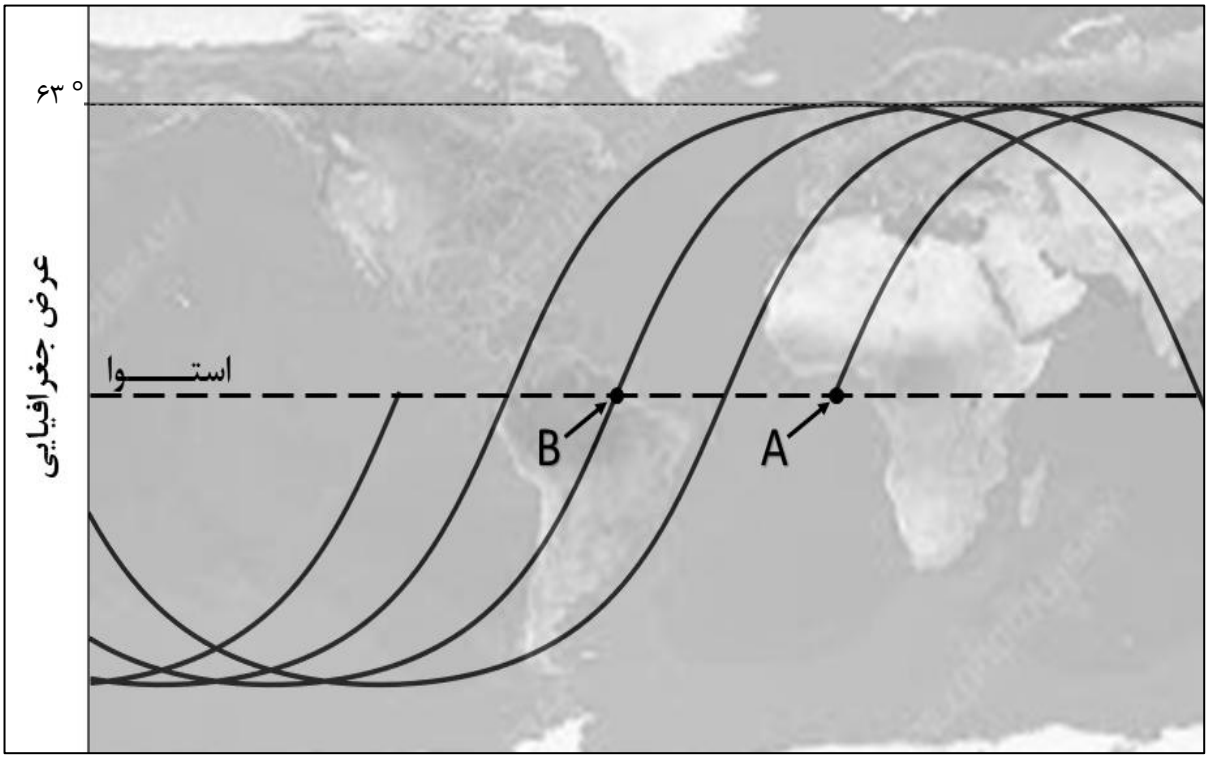
۳- **(۸۰ نمره)** مسیر حرکت تصویر عمودی یک ماهواره روی سطح زمین Ground track نام دارد. به این معنا که اگر محل برخورد خط واصل مرکز زمین و ماهواره با سطح زمین را در نظر بگیریم، مسیر حاصل از حرکت این نقطه روی زمین همان Ground track خواهد بود. این مسیر نتیجه‌ی حرکت مداری ماهواره به دور زمین و هم‌زمان چرخش زمین به دور محور خودش است. به همین دلیل معمولاً به شکل خطوط موج‌دار و جابه‌جا شونده نسبت به خطوط طول جغرافیایی دیده می‌شود. بررسی Ground track برای تعیین نواحی تحت پوشش ماهواره، زمان عبور از یک منطقه‌ی مشخص و الگوی تکرار مسیر ماهواره اهمیت زیادی دارد. در شکل زیر قسمتی از Ground track را برای ماهواره‌ای می‌بینید. مدار این ماهواره طوری طراحی شده که ماهواره بتواند تمامی نقاط زمین را طی چرخش‌های چندباره‌ی خود به دور زمین رصد کند و در عین حال کمترین دوره تناوب ممکن را داشته باشد.

آ) دوره‌ی تناوب این ماهواره چند ساعت است؟(بدلیل اینکه مقیاس عمودی و افقی در نقشه یکسان نیست و همچنین نقشه زمین نیز کامل داده نشده است، استفاده از خط کش برای اندازه گیری روی نقشه توصیه نمی‌شود)

ب) فاصله‌ی نقطه‌ی A تا B در شکل، روی سطح زمین چند کیلومتر است؟

ج) بیشترین ارتفاع ممکن برای این ماهواره از دید ناظران تهران چقدر می‌تواند باشد؟

د) آیا نقطه‌ای روی زمین وجود دارد که احتمال دیدن عبور این ماهواره از مقابل خورشید از دید آن صفر باشد؟ اگر بله یک عرض جغرافیایی خاص به عنوان مثال بنویسید. اگر خیر توضیحات خود را بنویسید.



۴- **(۱۰۰ نمره)** رویت هلال ماه یکی از لحظات حساس در فهمیدن شروع و پایان ماه مبارک رمضان است؛ اما رویت هلال ماه در ماه نو اتفاق ساده‌ای نیست. برای رویت هلال همزمان باید آسمان تقریبا تاریک شده و همچنین شرایط آب و هوایی و غبار آسمان مناسب باشد. می‌خواهیم برای عید فطر گذشته رویت هلال را بررسی کنیم. از آنجایی که انتهای ماه رمضان امسال بسیار به سال تحویل نزدیک بود، در روند این مساله خورشید را در اعتدال بهاری در نظر بگیرید.

آ) فاصله زمانی غروب خورشید و اذان مغرب را برای شهر تهران در این روز پیدا کنید. اذان مغرب لحظه‌ای اتفاق میفتد که خورشید ۴ درجه زیر افق باشد.

ب) اگر زاویه صفحه مداری ماه با صفحه دایره البروج ۵ درجه باشد، محاسبه کنید که ارتفاع ماه در لحظه غروب خورشید چقدر باشد تا موقع اذان مغرب، ماه غروب کند؟

پ) فرض کنید غباری به ارتفاع ۱۰ درجه روی افق شهر تهران باشد. برای اینکه موقع اذان مغرب ماه قابل رویت باشد، باید فاصله زاویه‌ای ماه و خورشید چند درجه باشد؟

ت) با توجه به داده های مساله، حداقل فاز ماه برای رویت هلال آن را بدست بیاورید.

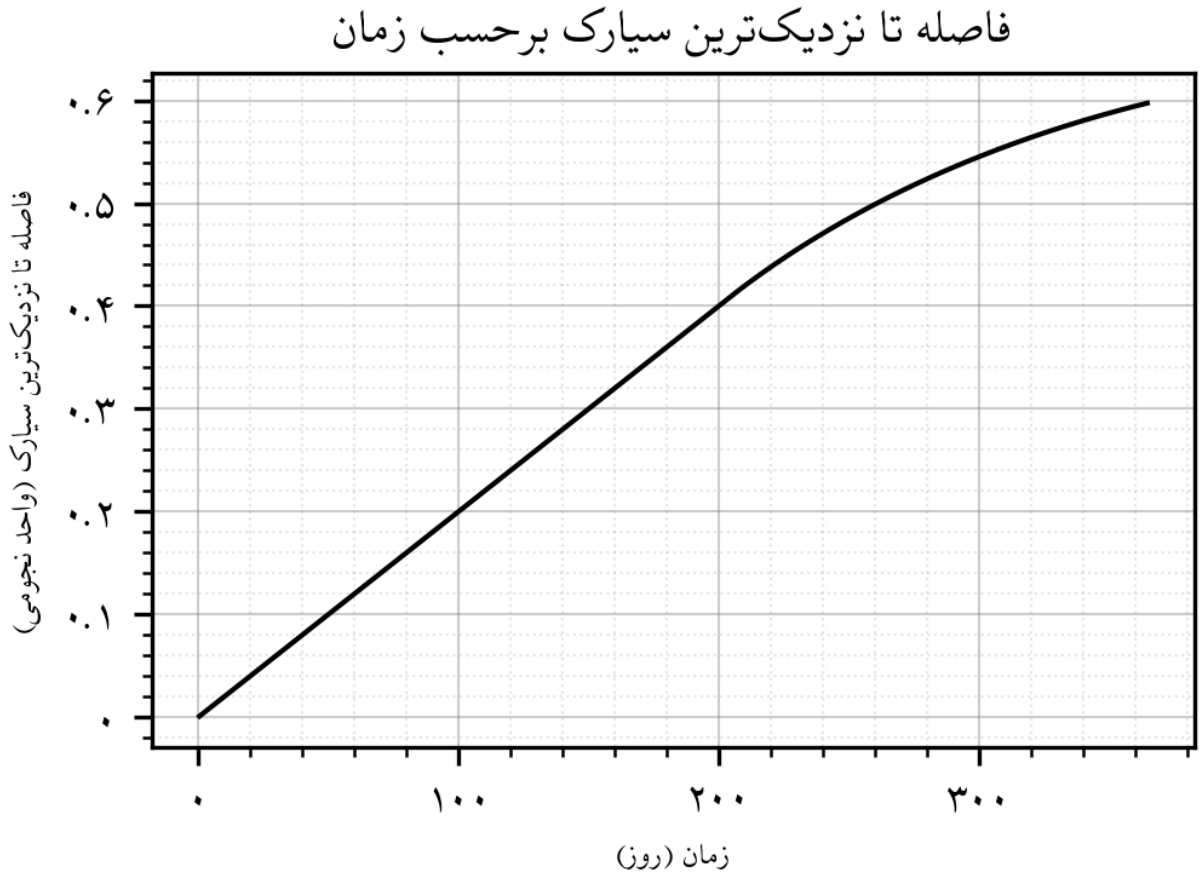
۵- **(۱۴۰ نمره)** ناظری در حال رصد دو ستاره خاص در طول یک شب رصدی است. در لحظه اول یکی از این ستاره‌ها در حال طلوع است و دیگری در حال غروب. نکته قابل توجه برای رصدگر در لحظه اول این است که سمت این دو ستاره مخالف همدیگر است.(به عنوان مثال، اگر ستاره اول سمت A داشته باشد ستاره دوم سمت $-\mathrm{A}$ یا A غربی دارد)

در لحظه‌ای دیگر ناظر دوباره به رصد این دو ستاره می‌پردازد. او می‌بیند که در این لحظه سمت این دو ستاره دقیقا یکی شده و درست در همان لحظه هم سمتی، ارتفاع این دو ستاره نیز متمم یکدیگر شده است.(به عنوان مثال، اگر ارتفاع یک ستاره a باشد ارتفاع دیگری $a - ۹۰$ شده است)

این ناظر متوجه می‌شود که با توجه به این دو شرایط رصدی که مشاهده کرده است می‌تواند عرض جغرافیایی محل رصد را به صورت یکتا مشخص کند. این عرض جغرافیایی چقدر است؟ روند استدلال و راه حل خود را توضیح دهید.

۶- **(۱۷۰ نمره)** در منظومه‌ی MGJH که ستاره‌ی آن خورشیدگون است کمربند سیارکی‌ای وجود دارد که سیارک‌ها همه در مداری یکسان به دور ستاره‌ی مرکزی در حال گردشند و در کل طول مدار یکسان پخش شده‌اند. بر روی یکی از این سیارک‌ها گونه‌ای از آدم فضایی‌ها زندگی می‌کنند و آن‌ها در تلاشند تا با فرستادن یک فضاپیما از باقی سیارک‌ها اطلاعات بگیرند و مدار سیارک‌ها را تشخیص دهند. آن‌ها زمانی که در اوج مداری هستند فضاپیمایی را به سمت ستاره‌ی مرکزی روانه می‌کنند. این فضاپیما به گونه‌ای طراحی شده که در هر لحظه فاصله‌ی نزدیک‌ترین سیارک تا خود را گزارش می‌کند. همین‌طور موتور این فضاپیما به‌گونه‌ای طراحی شده‌است که با سرعت ثابت و در خط راست حرکت می‌کند.

نمودار زیر حاصل از مقادیر گزارش شده‌ی این فضاپیما در یک دوره‌ی تناوب کامل سیارک‌ها است:



در این نمودار محور افقی زمان (برحسب روز زمینی) و محور عمودی فاصله‌ی نزدیک‌ترین سیارک تا این فضاپیما (برحسب واحد نجومی) است.

آ) سرعت این فضاپیما را بیابید.

ب) رابطه‌ای برای فاصله‌ی نزدیک‌ترین سیارک تا فضاپیما برحسب زمان بیابید.

پ) با توجه به نمودار فوق و اطلاعات مساله مقادیر نیم‌قطر بزرگ مدار و خروج از مرکز آن را بیابید.

۷- **(۱۹۰ نمره)** اخترشناسان در حال رصد کهکشانی پرجرم و دوردست به نام «رستم» هستند. در هاله ماده تاریک رستم، یک کهکشان اقماری کوچک به نام «سهراب»، بر اثر پدیده‌ی اصطکاک دینامیکی، در یک مسیر مارپیچی به سمت مرکز کهکشان در حال سقوط است. هر دو کهکشان رستم و سهراب را می‌توان با مدل «کره هم‌دمای تکین» بررسی کرد. توزیع چگالی جرم یک کره هم‌دمای تکین به صورت زیر داده می‌شود:

$$\rho(r) = \frac{\sigma^2}{2\pi G r^2}$$

که σ مقداری ثابت برای هر کهکشان است که پراکندگی تندی نام دارد. این مقدار برای کهکشان رستم σ_H و برای کهکشان سهراب σ_s است. r فاصله از مرکز است. کهکشان سهراب نیروی پسار ناشی از اصطکاک دینامیکی را حس می‌کند. نیروی اصطکاک دینامیکی برابر با رابطه زیر است:

$$F_{df} = -\frac{4\pi G^2 m^2 \ln(\Lambda)\, \rho_H(R)}{v^2} B$$

که در آن m جرم کهکشان اقماری، v سرعت مداری آن، $\rho_H(R)$ چگالی جرمی کهکشان میزبان در شعاع مداری R ، $\ln(\Lambda)$ لگاریتم کولن (آن را ثابت فرض کنید) و B یک ثابت بدون بُعد برای مدار دایروی در یک کره هم‌دما است.

آ) پس از بدست آوردن جرم داخلی هاله کهکشان رستم تا شعاع R، سرعت مداری دایروی سهراب، v_c ، را در هاله رستم به دست آورید. نشان دهید که v_c ثابت و مستقل از شعاع R است.

در واقعیت، جرم سهراب ثابت نیست. هرچه سهراب به اعماق رستم نفوذ می‌کند، نیروهای کشندیِ میزبان، لایه‌های بیرونی سهراب را جدا می‌کنند. شعاع کشندی r_t (بیشترین شعاعی که سهراب می‌تواند ستارگانش را از نظر گرانشی حفظ کند) در پتانسیل یک کره هم‌دمای تکین، دقیقاً توسط رابطه حد روش (Roche limit) توصیف می‌شود:

$$r_t = R\left(\frac{m(r_t)}{2M_H(R)}\right)^{\frac{1}{3}}$$

که در آن $m(r_t)$ جرم مقید باقیمانده سهراب در داخل r_t و $M_H(R)$ جرم محصور رستم در داخل مدار R است.

ب) از آنجا که سهراب نیز یک کره هم‌دمای تکین است، جرم مقید آن را به عنوان تابعی از r_t و σ_s بیان کنید.

پ) عبارات مربوط به جرم سهراب و جرم رستم را در رابطه شعاع کشندی جایگذاری کنید. ثابت کنید که نسبت شعاع کشندی به شعاع مداری، یعنی $\frac{r_t}{R}$، همواره یک مقدار ثابت است.

ت) با اثبات اینکه جرم مقید سهراب، $m(R)$، با شعاع مداری آن رابطه $m(R) = kR$ دارد، ثابت تناسب k را تعیین کنید.

ث) از آنجا که سهراب نیروی پسار مماسی F_{df} را تجربه می‌کند، تکانه زاویه‌ای L خود را از دست می‌دهد. نرخ تغییرات شعاع مداری آن، یعنی $\frac{dR}{dt}$ را بیابید. ماهیت سرعت سقوط مارپیچی را توصیف کنید (آیا سقوط شتاب‌دار است، کُندشونده است، یا ثابت؟). در نوشتن معادلات دقت کنید که سهراب خود در حال از دست دادن جرم است.

ج) این معادله را برای $R(t)$ حل کنید و زمان سقوط T که لازم است تا سهراب از موقعیت R. به مرکز برسد را محاسبه کنید.

۸- **(۱۹۰ نمره)** تپ‌اخترها ستاره های نوترونی بسیار چگالی هستند که به سرعت می‌چرخند و در حین چرخش از قطب‌های مشخص، پالس‌های منظمی بشکل امواج الکترومغناطیسی ساطع میکنند. انرژی‌ای که ما از تپ‌اخترها دریافت می‌کنیم ناشی از انرژی همین امواج الکترومغناطیسی تابشی است. بدلیل اینکه فیزیک تپ‌اخترها بسیار پیچیده و نامشخص است، در این مساله قصد داریم با مدل سازی ساده، به اطلاعاتی مفید راجع به این نوع خاص از ستارگان دست پیدا کنیم. از نظریه الکترومغناطیس می‌دانیم که آهنگ تغییرات انرژی تابشی ناشی از یک دوقطبی مغناطیسی متغیر با زمان، توسط رابطه زیر داده می‌شود:

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{۲}{۳c^۳}|\ddot{\vec{m}}|^۲$$

که c سرعت نور و به $\vec{m}$ بردار دوقطبی مغناطیسی می‌گویند.

آ) فرض کنید در تپ‌اختر مورد بررسی، بردار $\vec{m}$ با محور چرخش ستاره زاویه α می‌سازد و توسط رابطه زیر داده می‌شود:

$$\vec{m} = \frac{۱}{۲}BR^۳(\cos\alpha\,\hat{k} + \sin\alpha\cos\Omega t\;\hat{j} + \sin\alpha\sin\Omega t\;\hat{\imath})$$

که $\hat{k}$ بردار یکه در جهت محور دوران و $\hat{\imath}$ و $\hat{j}$ دو بردار یکه متعامد نسبت به آن هستند. B اندازه میدان مغناطیسی، R شعاع ستاره و Ω سرعت زاویه دورانی ستاره است. با توجه اطلاعات داده شده، آهنگ تغییرات انرژی تابشی را برای تپ‌اختر بر حسب ثوابت و پارامترهای داده شده بدست آورید. به ازای چه اندازه‌ای از α این مقدار صفر است؟ باتوجه به مقیاس‌های زمانی سوال، در این بخش می‌توانید از تغییرات زمانی پارامترهای ستاره با تقریب خوبی صرف نظر کنید ولی در ادامه به تناسب هر بخش، باید به عدم تغییر یا تغییر زمانی کمیت‌ها توجه داشته باشید.

ب) انرژی از دست رفته توسط تابش از ستاره، به شکل کاهش انرژی دورانی خود را نشان می‌دهد. رابطه ای برای آهنگ تغییرات سرعت دورانی بیابید.

پ) اگر لحظه تولد تپ‌اختر را در $t = ۰$ بگیریم و عمر فعلی آن را با t_o نشان دهیم، مقیاس زمانی مربوطه را به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

$$T \equiv -\left(\frac{\Omega}{\dot{\Omega}}\right)\Big|_{t=t_o}$$

رابطه‌ای برای عمر فعلی تپ‌اختر برحسب T و $\Omega_{t=t_o}$ و $\Omega_{t=۰}$ بدست آورید. در حد $\Omega_{t=۰} \ll \Omega_{t=t_o}$ رابطه بدست آمده چه می‌شود؟

ت) با مشاهدات دقیق‌تر، می‌توانیم فرض کنیم رابطه سرعت دورانی تپ‌اختر برحسب زمان، به شکل کلی‌تر زیر باشد:

$$\Omega(t) = \Omega_o\left(۱ + \frac{t}{\tau}\right)^{-\alpha}; \quad \alpha = \frac{۱}{n-۱}$$

در این صورت میدان مغناطیسی با زمان می‌تواند متغیر باشد. با فرض اینکه هنوز رابطه قسمت ب برای آهنگ تغییرات سرعت زاویه‌ای برقرار بماند، رابطه‌ای برای میدان مغناطیسی برحسب زمان پیدا کنید. اگر درخشندگی رادیویی(مقدار تابش در باند رادیویی) این تپ‌اختر کسر f از کل انرژی از دست رفته توسط تابش دوقطبی مغناطیسی باشد، رابطه‌ای برای درخشندگی رادیویی برحسب زمان برای این تپ‌اختر پیدا کنید.

ث) در نمودار زیر نسبت تغییرات روشنایی به روشنایی اولیه(لحظه شروع رصد) برحسب زمان گذشته از شروع رصد، برای این تپ اختر رسم شده است. این نمودار کمی بعد از تولد تپ اختر کشیده شده به صورتی که $t \ll \tau$ است(t زمان شروع به رصد است). با برازش خطی مناسب بر این نمودار و فرض های مناسب، مقدار n را از این داده‌های رصدی بدست بیاورید و با مقداری که از روابط تئوری در قسمت ب با فرض ثابت بودن میدان مغناطیسی بدست آمده بود، مقایسه کنید. دقت کنید برای برازش خط نیاز به استفاده از روابط تحلیل داده و عدد دقیق داده‌ها نیست و کافیست به صورت کیفی و با رسم یک خط برازش انجام دهید. مقدار عددی τ را تقریبا ۱۰ سال درنظر بگیرید.