

به نام خدا
وزارت آموزش و پرورش
مرکز ملی پرورش استعداد‌های درخشان و دانش‌پژوهان جوان

مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست. «امام خمینی (ره)»



آزمون اکسل تحلیل داده دهمین دوره‌ی انتخابی تیم المپیاد نجوم و اخترفیزیک

بخش تحلیل داده

۱۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۴

مدت آزمون: ۳۰۰ دقیقه (۱۹:۰۰ – ۱۴:۰۰)

دفترچه‌ی سؤالات

-
- ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌پژوه گرامی، خواهشمندیم به موارد زیر توجه فرمایید:
- (۱) این آزمون ۱۲ سوال دارد و وقت آن ۳۰۰ دقیقه است.
 - (۲) به همراه دفترچه‌ی سؤالات، دفترچه‌ی پاسخنامه، چرک‌نویس و یک فایل در اختیار شما قرار گرفته است.
 - (۳) مجاز به استفاده از ماشین‌حساب خودتان هستید.
 - (۴) همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه و تبلت بجز لپ‌تاپ ممنوع می‌باشد.
 - (۵) در پایان امتحان پاسخنامه و فایل اکسل را باید تحویل بدهید.

(ح) کلیه‌ی حقوق این سوال‌ها برای معاونت دانش‌پژوهان جوان محفوظ است.

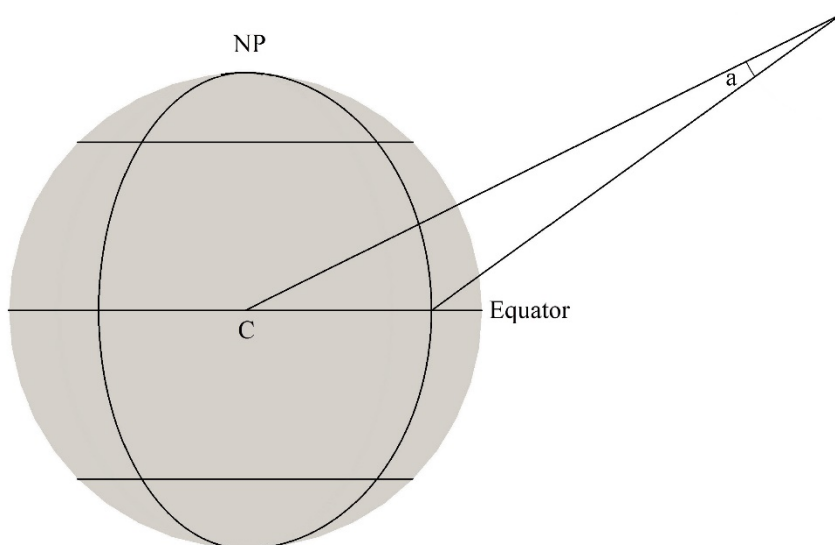


دقت کنید:

۱. در تمامی مراحل توضیح دهید که چگونه عمل می‌کنید و چه فرض‌هایی را در نظر گرفته‌اید.
۲. در توضیحات خود اصل ایجاز و اختصار را رعایت کنید و در کمترین جملات منظور خود را برسانید.

مدارهای چرخنده: (۱۰۰ نمره)

سازمان فضایی ایالات متحده (ناسا) در پروژه‌ی شامو (SHAMO) که در سال ۲۰۱۴ موفق به انجام آن شد، ماهواره‌ای به نام SH1 را به سمت سیاره زهره فرستاد. داده‌های این ماهواره (SH1) در فایل “Data SAT” موجود می‌باشد، SH1 برای فاصله‌یابی پالسی به سمت نزدیک‌ترین نقطه بر روی سطح زهره می‌فرستد و مدت زمان رفت و برگشت پالس را اندازه می‌گیرد که این داده‌ها بر حسب میلی ثانیه در ستون دوم فایل می‌باشد. برای بدست آوردن موقعیت کامل ماهواره دو کار دیگر نیز انجام می‌شود، ابتدا مطابق شکل ۱، SH1 زاویه‌ی بین نزدیک‌ترین نقطه بر روی سطح زهره با دایره‌ی عظیمه استوا را اندازه می‌گیرد، توجه کنید که اگر میل زهره مرکزی ماهواره منفی باشد، این زاویه نیز منفی خواهد بود، مقدار این زاویه بر حسب درجه در ستون سوم موجود می‌باشد برای بدست آوردن بعد زهره مرکزی ماهواره هم در هر لحظه ماهواره، بعد ستاره‌ی مماس بر خط استوا را اندازه می‌گیرد که ما برای ساده شدن مسئله در ستون چهارم، بعد زهره مرکزی ماهواره را بر حسب درجه داده‌ایم، ستون پنجم هم میزان شارژ باتری ماهواره و ستون ششم زمان اندازه‌گیری داده‌ها در ماهواره را نشان می‌دهد. همچنین می‌دانیم که جو سیاره‌ی زهره بسیار غلیظ می‌باشد و می‌تواند باعث تغییر شتاب گرانشی شود! ولی از اثر اصطکاک جو با ماهواره صرف‌نظر می‌کنیم. ثوابت مورد نیاز در جدول ۱ داده شده است. با توجه به این توضیحات، به سوالات زیر پاسخ دهید.



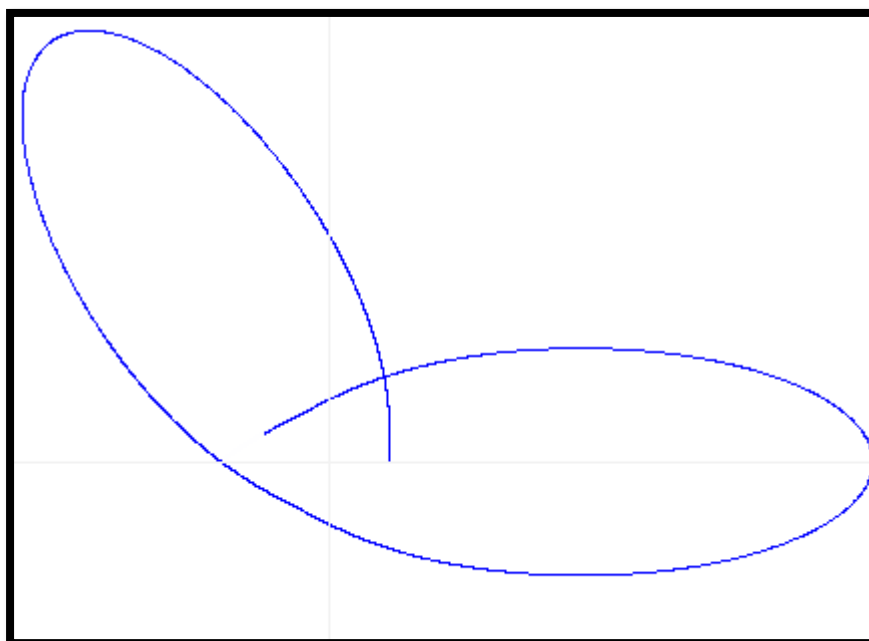
شکل ۱: اندازه‌گیری زاویه a



مقدار	نام کمیت
$4.87 \times 10^{24} \text{ kg}$	جرم سیاره زهره بدون جو M_V
$6.05 \times 10^6 \text{ m}$	شعاع سیاره زهره بدون جو R_V
$6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2}$	ثابت جهانی گرانش G
$3.00 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	سرعت نور c
$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$	واحد جرم اتمی amu
670 K	دما در ارتفاع 400 km از سطح
$1.38 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$	ثابت بولتزمن k_B

جدول ۱: ثوابت (ثوابت خطا ندارند)

- (۱) با توجه به داده‌ها فاصله‌ی ماهواره از مرکز زهره (r) را به همراه خطا گزارش کنید.
- (۲) میل زهره مرکزی ماهواره را محاسبه کنید. (لزومی به محاسبه خطا نیست)
- (۳) فاصله‌ی زاویه‌ای تمام مکان‌های ماهواره از مکان داده شماره یک (θ) از دید ناظر در مرکز زهره بدست آورید، توجه کنید که این زاویه می‌تواند از 180° درجه بیشتر باشد. (لزومی به محاسبه خطا نیست)
- (۴) نمودار قطبی r بر حسب θ را بدون خطوط خطا رسم کنید. نمودار دکارتی r بر حسب θ را با خطوط خطا رسم کنید.
- (۵) زاویه اوج و حضیضی مدار فوق را از روی نمودارهای قسمت بالا به همراه خطا محاسبه کنید. (روش کارتان را توضیح دهید.)
- (۶) می‌دانیم که معادله قطبی مدار $r = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos(\omega'\theta - \theta_0)}$ است و ω' هم یک ضریب ثابت است که باعث چرخش حضیض مدار می‌شود. a, e, θ_0 را فقط با استفاده از برازش منحنی به همراه خطا محاسبه کنید.



شکل ۲: شکل مدار فوق با پارامترهای دلخواه (شکل مقیاس نیست!)



برای سوالات ۷ تا ۱۲ لزومی به ارایه خطا نیست.

(۷) مابقی عناصر مداری (Ω, ω, i) را برای تناوب اول ماهواره بدست آورید. (لزومی ندارد از برازش منحنی استفاده کنید).

(۸) با فرض اینکه تکانه‌ی زاویه‌ای ماهواره ثابت است، تابع نیروی وارد بر ماهواره را بر حسب r بدست آورید.

(۹) با توجه به محاسبات قسمت قبل و اینکه مسئله تقارن کروی دارد، تابع چگالی را بر حسب r بدست آورید.

(۱۰) متأسفانه بعد از ارسال داده‌ی شماره‌ی ۶۸، ساعت ماهواره از کار می‌افتد و دیگر زمانی ثبت نمی‌شود،

زمان اندازه‌گیری این داده‌ها را محاسبه کنید.

(۱۱) با استفاده از تعادل هیدرواستاتیک و معادله گاز کامل، دمای هوای مجاور ماهواره را بدست آورید. توجه

کنید که به دلیل نرخ یونیزاسیون بالا در جو سیاره و همچنین دمای بالای آن به عنوان یک تخمین جرم میانگین ذرات سازنده آن را برابر با 1 amu در نظر بگیرید.

(۱۲) با توجه به اینکه سازنده این ماهواره، شرکت آنتونف می‌باشد شما به عنوان مهندس این شرکت استخدام

شده‌اید! محصولات این شرکت طوری ساخته می‌شود که اگر دمای هوای مجاور ماهواره از 400 درجه

سانتی‌گراد بیشتر باشد، احتمال از کار افتادن ماهواره وجود دارد که این احتمال برابر با

$$\text{است که } \tau = 60.00 \text{ min} \text{ و } t \text{ مدت زمانی است که دمای } \begin{cases} P = 0, & T < 400^\circ\text{C} \\ P = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}, & T \geq 400^\circ\text{C} \end{cases}$$

هوای مجاور ماهواره بیشتر از 400 درجه است. حال احتمال از کار افتادن $SH1$ در یک دوره تناوب را

محاسبه نمایید.

موفق باشیم!

شهاب‌الدین محین