



باسمه تعالی  
وزارت آموزش و پرورش  
باشگاه دانش پژوهان جوان

«مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست.»

امام خمینی (ره)

## پنجمین المپیاد نجوم کشور

### مرحله‌ی دوم

سه شنبه ۱ اردیبهشت ۱۳۸۸

باشگاه طلایی‌ها

شروع: ۱۴:۰۰ الی ۱۷:۳۰

مدت آزمون: ۳ ساعت و ۳۰ دقیقه

### دسترچه‌ی سؤالات

#### تذکرات:

- ۱- ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به نکات زیر دقیقاً توجه فرمایید:
- ۲- بر روی هر برگه پیش نویس که به شما داده می شود نام و نام خانوادگی خود را حتماً بنویسید.
- ۳- در زیر خط چین بالای پاسخنامه غیر از جواب سؤالات هیچ علامت یا عبارت مشخصه‌ای ننویسید.
- ۴- معرفی نامه و کارنامه‌ی خود را در دسترس نگه دارید تا مسئول مربوط بتواند آن‌ها را ملاحظه و جمع آوری نماید.
- ۵- استفاده از ماشین حساب مهندسی که قابل برنامه ریزی نباشد، مجاز است.
- ۶- استفاده از جدول‌های نجومی، اطلس‌ها و الماناک‌ها به هر شکل که باشند، مجاز نیست.
- ۷- هنگام آزمون همراه داشتن تلفن همراه ( خاموش یا روشن ) تخلف محسوب می شود. لذا آن را قبل از شروع آزمون به مسئول حوزه تحویل دهید.
- ۸- نتایج این آزمون در اواخر خرداد ماه اعلام خواهد شد.

(۱) با فروپاشی  $\alpha$  در هسته پلوتونیوم  $^{238}\text{Pu}$  (نیمه عمر ۸۷/۷ سال، جرم هسته ۲۳۸/۰۵)، هسته اورانیوم  $^{234}\text{U}$  به وجود می‌آید. در این فرایند مقدار  $5/49 \text{ MeV}$  انرژی آزاد می‌شود. در مولدهای موسوم به رادیوگرمایی، از انرژی گرمایی این فرایند برای تولید انرژی استفاده می‌شود. فضاپیمای *Voyager ۲*، که در تاریخ ۳۰ مرداد ۱۳۵۶ به فضا پرتاب شد، در مسیر خود از نزدیکی ۴ سیاره، از جمله سیاره زحل در فاصله  $9/5 \text{ AU}$  از خورشید، در تاریخ ۵ شهریور ۱۳۵۸ عبور کرد. منبع تغذیه آن یک مولد رادیوگرمایی با بازدهی  $5/5\%$  بود که  $4/5 \text{ kg}$  پلوتونیوم  $^{238}\text{Pu}$  به همراه داشت. هم دوره با این فضاپیما، ایستگاه فضایی *SkyLab* (سال‌های ۱۳۵۷-۱۳۵۲) بود که برای تغذیه انرژی آن پنل‌های خورشیدی با مساحت  $73 \cdot \text{m}^2$  و توان  $10/5 \text{ kW}$  طراحی شده بودند اما در هنگام پرتاب آسیب دیدند. اگر در فضاپیمای *Voyager ۲* نیز برای تولید انرژی از پنل‌های خورشیدی همانند ایستگاه فضایی *SkyLab* استفاده می‌شد، به گونه‌ای که مقدار انرژی آن برابر با مولد رادیوگرمایی آن باشد، چه مساحتی برای این پنل‌ها باید در نظر گرفته می‌شد؟

(۲) رصد و اندازه‌گیری سرعت‌های چرخشی ستاره‌ها به دور مرکز کهکشان‌های مارپیچی نشان می‌دهد که در فاصله‌های زیاد، چند کیلو پارسی، از مرکز کهکشان داریم:  $\lim_{r \rightarrow \infty} V(r) = V_{\text{Const}}$ . فرض کنید که در کهکشان‌های مارپیچی، نسبت جرم به درخشندگی و همچنین نسبت درخشندگی به سطح مقدار ثابتی است. رابطه‌ی زیر را با فرض توزیع کروی و متقارن برای ستاره‌ها و قانون جاذبه‌ی نیوتنی بدست آورید.

$$M = -10 \log V_{\text{Const}} + \text{Const}$$

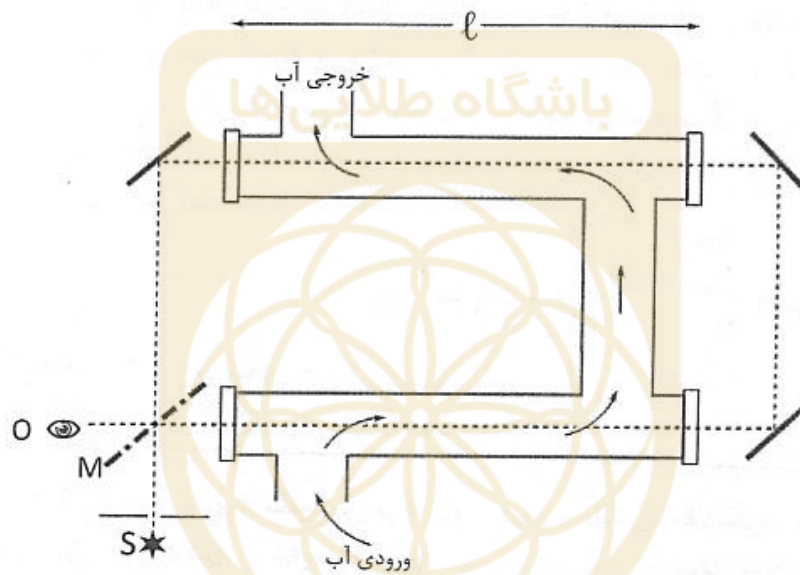
( $M$  قدر مطلق کهکشان است.)

(۳) کوتوله‌ی سفید ستاره‌ای است که جرم آن از مرتبه‌ی جرم خورشید، و شعاع آن از مرتبه‌ی شعاع زمین است.

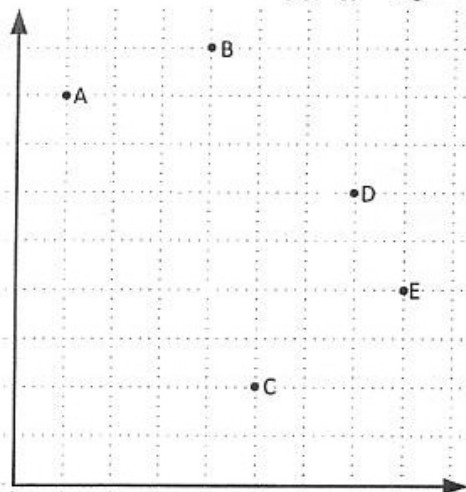
الف) فرض کنید یک کوتوله‌ی سفید از تحول ستاره‌ای مثل خورشید ساخته شده باشد. و فرض کنید طی این تحول ماده‌ی مجاور سطح این ستاره یک رسانای بسیار خوب است، چنان‌که هر مدار فرضی که بگیریم، نیروی محرکه‌ی الکتروموتوری در آن مدار صفر است. شار مغناطیسی که از یک مدار فرضی می‌گذرد را در نظر بگیرید، انقباض مدار همراه با ستاره را دنبال کنید، و از آنجا شدت میدان مغناطیسی در سطح ستاره ( $B$ ) را وقتی شعاع ستاره در حال انقباض ( $r$ ) است، حساب کنید.

ب) با استفاده از اینکه شدت میدان مغناطیسی در سطح خورشید  $10^{-4} \text{ T}$  است، شدت میدان مغناطیسی در سطح یک کوتوله‌ی سفید را تخمین بزنید.

۴) در سال ۱۸۵۱، فیزو سرعت نور را در محیط متحرک به وسیله‌ی تداخل‌سنجی که طرح آن را در شکل زیر می‌بینید، مورد بررسی قرار داد. نوری با طول موج  $\lambda$  از منبع  $S$  به وسیله‌ی آینه‌ی  $M$  به دو شعاع تقسیم می‌شود. شعاع‌ها به دور تداخل‌سنج در دو جهت مختلف حرکت می‌کنند و در تلسکوپ ناظر  $O$  که شکل فریز را می‌بیند با هم ترکیب می‌شوند. دو بازوی تداخل‌سنج لوله‌هایی پر از آب به طول  $l$  هستند که به صفحه‌هایی از شیشه‌ی مسطح منتهی می‌شوند. آب در لوله‌ها جاری است، به طوری که یکی از شعاع‌های نوری در جهت جریان آب و دیگری در خلاف جهت جریان آب حرکت می‌کند. بدون در نظر گرفتن اثرات نسبیتی جمع سرعت‌ها، جابه‌جایی فریز وقتی آب با سرعت  $v$  جریان دارد چه قدر است؟



۵) شکل زیر پنج نقطه از مدار جرمی آسمانی را نشان می‌دهد که مختصات نقاط آن به صورت زیر است.



$A: (1, 8)$   $B: (4, 9)$   $C: (5, 2)$   $D: (7, 6)$   $E: (8, 4)$

این مدار کدام یک از مقاطع مخروطی است؟ مشخصات مدار را محاسبه کنید.

۶) مدار جسم A که به دلیل گرانش جسم B دور B می‌گردد، یک بیضی است. جسم B یک کانون این بیضی است. معادله‌ی مدار به صورت

$$r = \frac{a(1 - \varepsilon^2)}{1 + \varepsilon \cos \theta}$$

است، که  $a$  نیم‌قطر بزرگ بیضی،  $\varepsilon$  خروج از مرکز بیضی،  $r$  فاصله‌ی A با B، و  $\theta$  زاویه‌ی بردار واصل B به A با بردار واصل B به D (حضیض مدار A) است.

جسم A را کره‌ی کوچکی بگیری که به دور خودش هم می‌چرخد. محور این چرخش بر مدار A عمود است، جهت چرخش همان جهت گردش مداری A است، دوره‌ی چرخش با دوره‌ی مداری برابر است و سرعت چرخش ثابت است. در این صورت اگر خروج از مرکز مدار صفر می‌بود، از B فقط نیمی از A دیده می‌شد. فرض کنید خروج از مرکز مدار بسیار کوچک‌تر از یک است و وابستگی زاویه  $\theta$  با زمان  $t$  به صورت زیر است، که در آن صفر  $t$  از حضیض مدار محاسبه می‌شود.  $l$  اندازه حرکت زاویه‌ای است.

$$t = \frac{1}{\lambda} (\theta - \varepsilon \sin \theta) \quad , \quad \lambda = \frac{l}{ma^2(1 - \varepsilon^2)^2}$$

حالا B چه کسری از A را می‌بیند؟

۷) هواپیمایی در ارتفاع ۴۰۰۰ متری از سطح زمین در نقطه‌ای با عرض جغرافیایی  $60^\circ$  شمالی، با سرعت  $200 \text{ km/h}$  نسبت به سطح زمین به سمت شرق در حال پرواز است. از دید او ستاره‌ی A با افق مماس می‌شود. ستاره‌ی B که ۶ ساعت جلوتر از A است و میل آن  $18^\circ$  کمتر از میل ستاره‌ی A است، چند ساعت بعد، از دید خلبان غروب می‌کند؟

## ثوابت فیزیکی و نجومی

$6/67 \times 10^{-11}$	$m^2 kg^{-1} s^{-2}$	ثابت جهانی گرانش	G
$5/67 \times 10^{-8}$	$W m^{-2} K^{-4}$	ثابت استفان بولتزمن	$\sigma_B$
$6/63 \times 10^{-24}$	Js	ثابت پلانک	h
$3 \times 10^8$	$ms^{-1}$	سرعت نور	c
365/24	days	سال نجومی	
$3/09 \times 10^{16}$	m	پارسک	pc
$1/50 \times 10^{11}$	m	واحد نجومی	Au
$9/46 \times 10^{15}$	m	سال نوری	Ly
$6/96 \times 10^8$	m	شعاع خورشید	$R_{\odot}$
$6/38 \times 10^6$	m	شعاع زمین	$R_{\oplus}$
$7/15 \times 10^7$	m	شعاع مشتری در استوا	
$1/74 \times 10^6$	m	شعاع ماه	
$3/84 \times 10^8$	m	شعاع مداری ماه	
$1/99 \times 10^{22}$	kg	جرم خورشید	$M_{\odot}$
$5/97 \times 10^{24}$	kg	جرم زمین	$M_{\oplus}$
$1/90 \times 10^{27}$	kg	جرم مشتری	
$5/79 \times 10^3$	K	دمای خورشید	$T_{\odot}$
$3/85 \times 10^{26}$	W	درخشندگی خورشید	$L_{\odot}$
$1/37 \times 10^4$	$W m^{-2}$	ثابت خورشیدی	
4/72		قدر مطلق بولومتریک خورشید	
-26/8		قدر ظاهری خورشید	$m_{\odot}$
-12/7		قدر ظاهری ماه بدر	
$10^{10}$	years	عمر خورشید	
70	$Ks^{-1} Mpc^{-1}$	ثابت هابل	H.

باشگاه طلایی‌ها

