

به نام او که تنها او حق است و باقی همه جوب!

# آزمون شبیه‌ساز مرحله اول

## المپیاد نجوم و اختر فیزیک



- در این آزمون ۱۰ صفحه سوال در ۵ برگ (به همراه جلد) و دو برگ پاسخنامه به شما تحویل داده شده است که پیش از شروع آزمون از کامل بودن آن اطمینان حاصل کنید.
- این آزمون شامل ۳۰ سوال چهارگزینه‌ای و ۷ سوال کوتاه پاسخ می باشد.
- مدت آزمون ۴ ساعت است.
- استفاده از ماشین حساب مجاز است.
- استفاده از هر گونه یادداشت، اطلس های نجومی و لوازم الکترونیکی ممنوع است.
- سوالات چهارگزینه ای شامل نمره منفی می شوند و به ازای هر سه پاسخ اشتباه یک پاسخ صحیح حذف می شود.
- ارزش سوالات کوتاه پاسخ ۲ برابر سوالات چهارگزینه ای می باشد.
- پس از اتمام آزمون تمامی برگه های سوال و چرک نویس را به همراه پاسخنامه به مراقب تحویل دهید.

ثوابت فیزیکی و نجومی

$6.67 \times 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$	ثابت جهانی گرانش	$G$
$5.67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$	ثابت استفان بولتزمن	$\sigma$
$1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}$	ثابت بولتزمن	$k_B$
$6.63 \times 10^{-34} Js$	ثابت پلانک	$h$
$3.00 \times 10^8 ms^{-1}$	سرعت نور	$C$
$3.09 \times 10^{16} m$	پارسک	$pc$
$1.50 \times 10^{11} m$	واحد نجومی	$AU$
$9.46 \times 10^{15} m$	سال نوری	$ly$
$6.99 \times 10^8 m$	شعاع خورشید	$R_{\odot}$
$1.99 \times 10^{30} kg$	جرم خورشید	$M_{\odot}$
$3.85 \times 10^{26} W$	درخشندگی خورشید	$L_{\odot}$
$4.72 mag$	قدر مطلق بولومتریک خورشید	$M_{bol,\odot}$
$-26.8 mag$	قدر ظاهری خورشید	$m_{\odot}$
$1.67 \times 10^{-27} kg$	جرم پروتون	$m_p$
$9.11 \times 10^{-31} kg$	جرم الکترون	$m_e$
$1.60 \times 10^{-19} C$	بار الکترون	$e$
$5.97 \times 10^{24} kg$	جرم زمین	$M_{\oplus}$
$6.38 \times 10^6 m$	شعاع زمین	$R_{\oplus}$
$23.5^{\circ}$	زاویه تمایل محور زمین	$\epsilon$
$0.007$	ضریب کارایی همجوشی هیدروژن	$\epsilon_{pp}$
$2.54 cm$	اینچ	$inch$
$70 kms^{-1} Mpc^{-1}$	پارامتر هابل	$H.$
$82^{\circ}22'W, 23^{\circ}08'N$	مختصات هاوانا	$l_{Hav}, \varphi_{Hav}$
$51.32^{\circ}E, 33.67^{\circ}N$	مختصات رصدخانه ملی ایران	$l_{INO}, \varphi_{INO}$
$\alpha = 7^h 35^m 48^s, \delta = 31.84^{\circ}$	مختصات سماوی ستاره ی کستور	$\alpha_{cas}, \delta_{cas}$
$55^{\circ}17'50"E, 25^{\circ}15'47"N$	مختصات برج خلیفه دبی	$l_{burj}, \varphi_{burj}$
$830 m$	ارتفاع برج خلیفه دبی	$h_{burj}$
$-4 GMT$	منطقه زمانی تابستانه هاوانا	$CDT$
$29.53 d$	طول ماه قمری	$T_{moon}$
$1000 kg \cdot m^{-3}$	چگالی آب	$\rho_w$
$4.2 Jg^{-1}K^{-1}$	ظرفیت گرمایی ویژه آب	$c_w$
$1.097 \times 10^7 m^{-1}$	ثابت ریدرگ	$R_{\infty}$



۸- دو جسم ۱ و ۲ بر روی مدار هایی هم صفحه تحت گرانش جسمی به جرم ۲ برابر خورشید حرکت می کنند. مدار جسم یک دایروی و مدار جسم دو یک بیضی بسیار نزدیک به دایره است، و دو جسم هم جهت گردش می کنند. هنگامی که جسم ۲ در حوض خودش است، جدایی زاویه ای دو جسم از دید جسم مرکزی برابر  $\Delta\theta = 2^\circ$  است. می دانیم دوره تناوب گردش هر دو جسم یکسان است. می خواهیم بعد از گذشت ۷۲ روز و ۱۱ ساعت این دو جسم از دید جسم مرکزی هم خط شوند و در یک طرف قرار بگیرند. اگر شعاع مداری جسم ۱ برابر ۲ واحد نجومی باشد، خروج از مرکز مدار جسم ۲ را بدست آورید.

- (۱) ۰.۰۷ (۲) ۰.۰۰۷ (۳) ۰.۰۰۳ (۴) ۰.۰۳

۹- سحابی سیاره‌نمایی با قطر زاویه‌ای ۱۶ دقیقه قوسی و در فاصله ۲۱۳ pc از زمین در نظر بگیرید که با سرعت ثابت منبسط می‌شود. اگر طول موج H $\alpha$  در فاصله ۳ دقیقه قوسی از مرکز سحابی ۶۵۶.۲۹ nm باشد، سن سحابی چند هزار سال است؟

- (۱) ۱۵ (۲) ۴۸ (۳) ۲۲ (۴) ۱۰

۱۰- منشأ نور منطقه البروجی چیست؟

- (۱) گرد و غبار میان سیاره ای  
(۲) بازتاب سیارک ها  
(۳) بقایای دنباله‌دارها در مسیر حرکت زمین  
(۴) فعالیت مغناطیسی خورشید

۱۱- هنگامی که یک طناب را به دو درخت می‌بندیم، طناب چه شکلی می‌سازد؟

- (۱) قطاعی از یک سهمی  
(۲) قطاعی از یک بیضی  
(۳) یک خم با تابعیت هایپربولیکی  
(۴) قطاعی از یک دایره

۱۲- دانشمندان در یک راکتور تحقیقاتی تصمیم به درست کردن چای می‌گیرند. راکتور را یک استوانه به شعاع سطح مقطع ۰.۷۵m و ارتفاع ۳.۱۵m در نظر بگیرید. برای این کار یک محفظه پوسته‌ای باریک به ضخامت ۸mm روی مساحت جانبی استوانه راکتور قرار می‌دهند و آن را از آب پر می‌کنند. (توجه کنید محفظه آبگرمکن فقط روی مساحت جانبی قرار می‌گیرد). راکتور با آهنگ ۶۷۳ kW از کل دیواره ها شامل دو سطح مقطع و مساحت جانبی اش گرما به محیط می‌دهد. حال شما محاسبه کنید که این محفظه در حالت کاملاً پر، به ترتیب چند لیتر آب دمای اتاق ( $25^\circ\text{C}$ ) را در چند ثانیه به حالت جوش می‌رساند؟ (مساله را ایده‌آل فرض کنید)

- (۱) ۱۳۱L, ۶۹S (۲) ۱۱۹L, ۴۵S (۳) ۱۳۱L, ۴۵S (۴) ۱۱۹L, ۶۹S

۱۳- سطح سیارات گازی جایی تعریف می‌شود که:

- (۱) عمق اپتیکی آن برابر با یک شود.  
(۲) فشار آن برابر با یک اتمسفر باشد.  
(۳) چگالی آن یک صدم برابر چگالی مرکز باشد.  
(۴) عمق اپتیکی آن برابر با دو سوم شود.

۱۴- دوره تناوب حرکت وضعی کدام سیاره از همه کمتر است؟

- (۱) مشتری (۲) زحل (۳) عطارد (۴) مریخ

۱۵- در مرکز یک سحابی عظیم که در فاصله ۵۰ پارسی از زمین قرار گرفته، یک کوتوله‌ی سفید قرار دارد. دقیقاً در همان راستا، پشت سحابی یک کوتوله‌ی سفید مشابه در فاصله ۱۵۰ پارسی قرار دارد. (فرض کنید دو ستاره همپوشانی نداشته و نور ستاره‌ی دورتر توسط ستاره‌ی نزدیک‌تر کم نمی‌شود). فرض کنید کوتوله‌های سفید قدر مطلق بولومتريک ۱۴.۲ و اندیس‌های رنگی  $(B - V)_1 = 0.300$  و  $(U - V)_1 = 0.330$  دارند. جذب توسط ماده‌ی میان ستاره‌ای و سحابی انجام می‌شود. اندیس‌های رنگی را برای کوتوله‌ی سفیدی که در مرکز سحابی قرار دارد  $(B - V)_1 = 0.327$  و  $(U - B)_1 = 0.38$  اندازه می‌گیریم. آهنگ جذب میان ستاره‌ای در باند U، B و V به ترتیب ۱.۵، ۱.۲۳ و ۱ قدر بر کیلوپارسک است. اندیس‌های رنگی رصد شده  $(U - B)_2$  و  $(B - V)_2$  برای کوتوله‌ی سفید دوم به ترتیب برابر است با:

- (۱)  $0.241 - 0.366$  و  $0.241(3) - 0.467$   
 (۲)  $0.060$  و  $0.366$  و  $0.104$  و  $0.366(4)$

۱۶- ستاره‌ای را در نظر بگیرید که به طور کامل از گاز تابشی تشکیل شده است. فرض کنید این ستاره به گونه‌ای منبسط می‌شود که جرم آن تغییر نمی‌کند. اگر شعاع ستاره ۴ برابر شود. دمای مرکز ستاره چند برابر می‌شود؟

- (۱) ۴ (۲) ۰.۲۵ (۳) ۲ (۴) ۰.۵

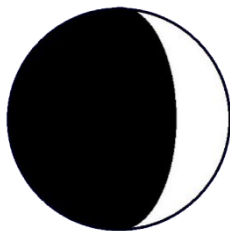
۱۷- در روز ۱۵ مرداد هنگامی که در تهران با طول جغرافیایی  $51^{\circ}30'$  ساعت رسمی کشور ۱۷:۰۰ است، ارتفاع خورشید چقدر است؟

- (۱)  $13.5^{\circ}$  (۲)  $45.7^{\circ}$  (۳)  $36.2^{\circ}$  (۴)  $29.1^{\circ}$

۱۸- دانش‌آموزی می‌خواست اختلاف قدر دو ستاره با ارتفاع‌های ۱۰ و ۸۰ درجه را محاسبه کند. او عدد ۰.۴ را گزارش کرد؛ اما به علت جذب، این عدد با اختلاف قدر واقعی دو ستاره تفاوت داشت. اگر دو ستاره‌ی انتخاب شده، هر دو خورشیدگون باشند و زوایای اختلاف منظر آنها ۰.۱ و ۰.۵ ثانیه قوسی باشد، ضریب جذب جو زمین برابر با کدام گزینه می‌تواند باشد؟ جو را تخت و ارتفاع جو را  $100 \text{ km}$  در نظر بگیرید. (زاویه اختلاف منظر ۰.۱ متعلق به ستاره‌ی با ارتفاع کمتر است).

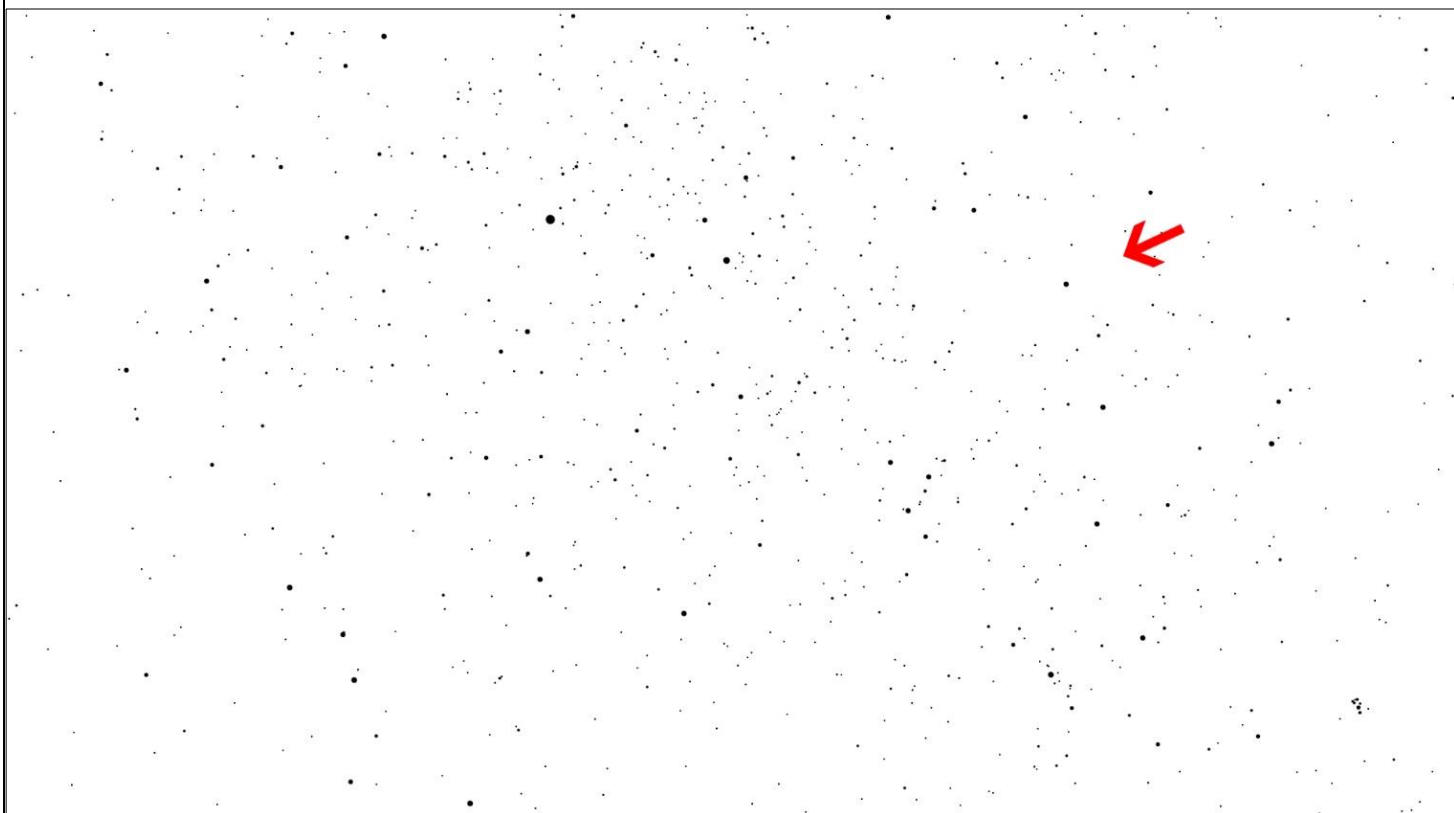
- (۱)  $1.03 \times 10^{-3} \frac{\text{mag}}{\text{km}}$  (۳)  $6.82 \times 10^{-5} \frac{\text{mag}}{\text{m}}$   
 (۲)  $1.03 \times 10^{-5} \frac{\text{mag}}{\text{m}}$  (۴)  $6.82 \times 10^{-3} \frac{\text{mag}}{\text{km}}$

۱۹- ناظری در سیدنی، عکس روبرو را از ماه گرفته است. با توجه به عکس، چند روز دیگر او آسمانی خوب برای رصد ستارگان خواهد داشت؟



- (۱) ۲۴ (۳) ۲۲  
 (۲) ۵ (۴) ۷

۲۰- در نقشه‌ی آسمان زیر مکان NGC85 نشان داده شده است. اگر فرض کنیم تسطیح تصویر بصورتی باشد که فاصله دو ستاره روی تصویر متناظر با فاصله زاویه ای آن دو باشد و همچنین تسطیح حافظ زاویه باشد، عرض کهکشانی NGC85 را بدست آورید.



۳۵° (۱)      -۳۵° (۲)      ۲۵° (۳)      -۲۵° (۴)

۲۱- سرسوی ناظری در هاوانا در ۲۲ شهریور در ساعت ۱۷:۰۰ به وقت رسمی هاوانا، به کدام صورت فلکی نزدیک‌تر است؟

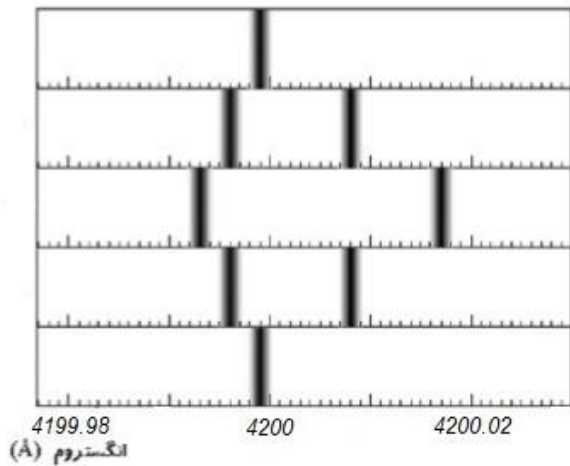
(۱) سنبله      (۲) عقرب      (۳) قیفاووس      (۴) دوپیکر

۲۲- به تازگی رصدگران دو متغیر قیفاووسی با یک ویژگی جالب پیدا کردند، و آن این است که دمای هر دو آنها با هم برابر است. یکی از آنها در کهکشان راه شیری و دیگری در کهکشان آندرومدا است؛ شعاع آنها به ترتیب ۱.۵ و ۴.۵ برابر شعاع خورشید و جرم آنها به ترتیب ۱ و ۳ برابر جرم خورشید می‌باشد. نسبت دوره تناوب نوسانات آنها چقدر است؟

(۱)  $\frac{1}{3}$       (۲) ۳      (۳)  $\frac{1}{9}$       (۴)  $\sqrt{3}$

۲۳- اگر کالیبراسیون قدر چشم انسان به جای هر ۵ اختلاف قدر، هر ۴ اختلاف قدر معادل ضریب ۱۰۰ در روشنایی باشد، اختلاف قدر دو ستاره که نسبت روشنایی آن‌ها ۲۰ است، چقدر است؟

(۱) ۲.۶      (۲) ۳.۳      (۳) ۱.۳      (۴) ۵.۴



۲۴- طیف یک منظومه دوتایی با زاویه میل مداری ۹۰ درجه به شکل روبرو است. با توجه به اینکه مدار آنها دایروی است، فاصله‌ی دو مولفه از یکدیگر را بدست آورید.

(جرم مولفه کوچک  $= 0.3 M_{sun}$ )

(۱)  $8.5 AU$

(۲)  $52.4 AU$

(۳)  $23.7 AU$

(۴)  $36.3 AU$

۲۵- در هر لحظه میلیاردها واکنش هسته‌ای در مرکز خورشید در حال رخ دادن است. اگر واکنش غالب در مرکز چرخه پروتون-پروتون باشد، که در این واکنش هر ۴ اتم هیدروژن به یک اتم هلیوم تبدیل می‌شود ( $4 \text{H} \rightarrow \text{He}$ ) و بدین ترتیب تولید انرژی صورت می‌گیرد؛ محاسبه کنید پس از ۱۰۰۰ سال شعاع مداری زمین بر اثر تغییر جرم خورشید چه مقدار و چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) ۱۰ متر افزایش می‌یابد.

(۲) ۱۰۰ متر کاهش می‌یابد.

(۳) ۵ کیلومتر کاهش می‌یابد.

(۴) ۱ متر افزایش می‌یابد.

۲۶- گلوله‌ای با جرم  $m$  را با سرعت اولیه  $v$  وارد یک سیال مقاوم می‌کنیم که رابطه‌ی مقاومت آن به صورت  $F = -b\sqrt{v}$  است. طولی که این گلوله داخل سیال طی می‌کند تا از حرکت بایستد چقدر است؟ فرض کنید نیروی دیگری نداریم.

(۱)  $\frac{mv^{3/2}}{3b}$  (۱) (۲)  $\frac{mv^{3/2}}{b}$  (۲) (۳)  $\frac{2mv^{3/2}}{3b}$  (۳) (۴)  $\frac{3mv^{3/2}}{2b}$  (۴)

۲۷- فرض کنید در کیهانی فرضی، رابطه‌ی پارامتر هابل با پارامتر مقیاس به صورت  $H = H_0 \times a^{-5}$  است. محاسبه کنید کهکشانی که ۲ میلیارد سال پیش فاصله‌اش از ما ۵ Mpc بوده است، اکنون فاصله‌اش از ما چند مگاپارسک است؟

(۴) ۵.۵

(۳) ۶.۵

(۲) ۷.۵

(۱) ۸.۵

۲۸- کدام گزینه از بقایای ابرنواختر است؟

(۱) النیتاک (ζ جبار)

(۲) لعل (μ قیفاووس)

(۳) M۴۰

(۴) میرا (O قیطس)

۲۹- در کلان شهر هایی مانند تهران، آلودگی هوا یک مشکل بزرگ است و موجب ناراحتی مردم. در این سوال قصد داریم آلاینده های هوا و ترکیبات آنها را بررسی کنیم. فرض کنید هوای پاک از ۷۸.۰۸٪ گاز نیتروژن، ۲۰.۹۵٪ گاز اکسیژن و ۰.۹۷٪ گاز آرگون تشکیل شده است. همچنین فرض کنید که هوای آلوده از ترکیبات زیر به علاوه ی ترکیبات هوای پاک با نسبت قبل تشکیل شده است. (توجه کنید با نسبت قبل، نه با درصد قبل!)

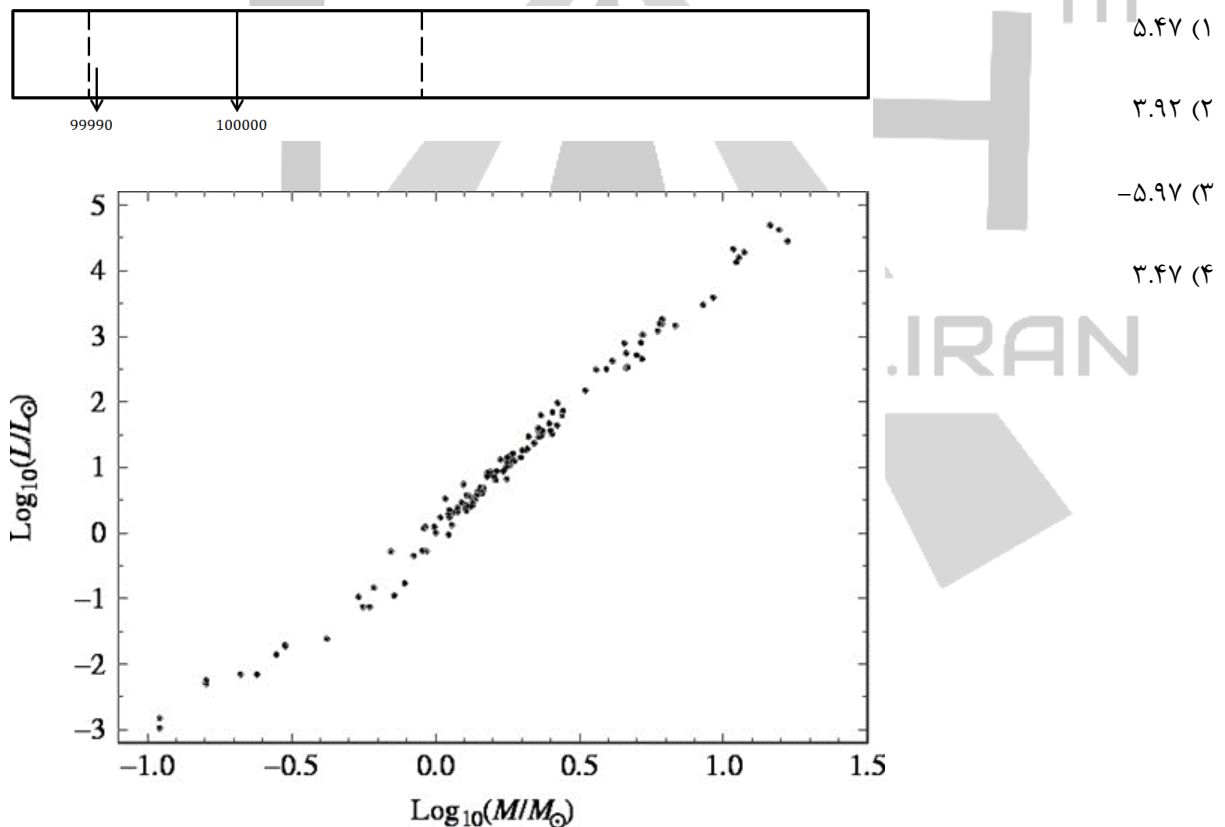
۴۰ ppm CO, ۱ ppm SO<sub>۲</sub>, ۱ ppm NO<sub>۲</sub>

حال با فرض ثابت بودن حجم هواکره و اینکه تعداد ذرات تشکیل دهنده هوا در هر دو حالت پاک و آلوده برابر هستند، نسبت جرم هواکره در حالت آلوده به حالت پاک را محاسبه کنید.

(نکته: تمام درصد های ذکر شده در این سوال، درصد حجمی هستند)

۱.۰۲۵ (۴)                      ۱.۰۲۰ (۳)                      ۱.۰۱۰ (۲)                      ۱.۰۰۵ (۱)

۳۰- سال گذشته، اتحادیه بین المللی نجوم مسئولیت نام گذاری ستاره ی HD۱۷۵۵۴۱ و سیاره ی فراخورشیدی HD۱۷۵۵۴۱b که به دور آن می گردید را به ایران واگذار کرد و نام های کاوه و کاویان به ترتیب برای آن ها تصویب شد. سیاره کاویان با دوره تناوب ۲۹۸.۴ روز به دور ستاره ی کاوه در حال گردش است. اگر طیف گرفته شده برای حرکت کاویان به دور کاوه باشد (خط چین ها بیشترین و کمترین اختلاف خطوط طیفی رصد شده هستند)، قدر مطلق کاوه را پیدا کنید. (راستای دید ما در صفحه ی مدار و عمود بر نیم محور اطول سیستم است.)





## سوالات کوتاه پاسخ

۳۱- فرض کنید نور روی کره و روی دایره عظیمه حرکت می‌کند. همچنین می‌دانیم که نور همواره سریع‌ترین مسیر بین دو نقطه را طی می‌کند. حال فرض کنید پرتوی نوری از شهری با عرض جغرافیایی  $N 20^\circ$  به سمت شهری با عرض جغرافیایی  $S 45^\circ$  شروع به حرکت می‌کند. سرعت نور در نیم کره شمالی  $C$  می‌باشد، اما به دلایلی سرعت نور در نیم کره جنوبی به  $0.5C$  کاهش می‌یابد. ناظری در استوا،  $0.01S$  بعد از شروع حرکت پرتوی نور را دریافت می‌کند. چند ثانیه طول می‌کشد که پرتوی نور از استوا به شهر دوم برسد؟

۳۲- فاصله‌ی ستاره‌ای از ما  $194$  پارسک و جرم آن  $5$  برابر جرم خورشید است. با فرض این که ستاره در رشته اصلی است و آهنگ برافزایش جرم روی آن  $10^{-4} \frac{M_\odot}{yr}$  باشد، چند سال طول می‌کشد تا قدر آن از دید ما  $1.5$  قدر کم‌تر شود؟

۳۳- چهار جرم به جرم  $m$  در یک مدار دایروی به شعاع  $R$  می‌گردند، به طوری که اجرام بر راس مربع محیط شده در دایره قرار دارند. می‌دانیم که دوره تناوب این مدار را به صورت زیر می‌توان بدست آورد. ضریب  $\alpha$  را به دست بیاورید.

$$T^2 = \frac{\alpha \pi^2 R^3}{Gm}$$

۳۴- رصدگری آماتور با استفاده از تلسکوپ به قطر  $2$  اینچ و یک آشکار ساز (CCD) که بازده کوانتومی  $60\%$  در بازه‌ی طول موج مرئی دارد، در حال نورگیری از ستاره  $PJ23279$  است. اگر قدر مرئی این ستاره  $17.36$  اندازه‌گیری شده باشد، خطای اندازه‌گیری قدر مرئی ( $\Delta m$ ) چقدر است؟

زمان نورگیری  $10$  ثانیه بوده است.  $m = 17.36 \pm \Delta m$  (خطا را فقط خطای ناشی از نور ستاره در نظر بگیرید).

۳۵- پارامتر کند شونده‌ی حال حاضر را برای یک جهان  $3$  مولفه‌ای با مولفه‌های  $1$  و  $2$  و  $3$  با پارامتر چگالی‌های حال حاضر  $\Omega_{1,1} = 0.3$ ،  $\Omega_{2,2} = 0.5$  و  $\Omega_{3,3} = 0.7$  بدست آورید. فرض کنید معادله حالت  $P = w\rho c^2$  برای هر مولفه برقرار است، که ثابت هر مولفه به این صورت است:  $w_1 = 0.3$ ،  $w_2 = 0.5$ ،  $w_3 = 0.7$

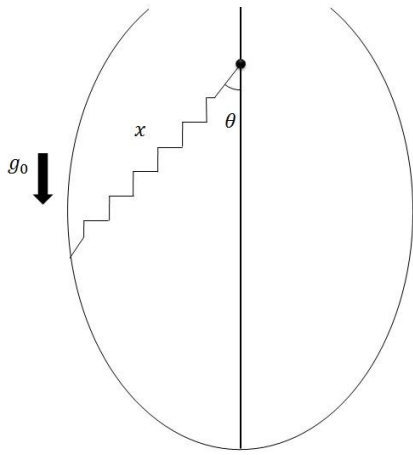
۳۶- رصدگری با چند بار فوتومتری یک ستاره‌ی بخصوص در طول شب قصد دارد تا ارتفاع جو را محاسبه کند. جو را متشکل از ذرات گاز کامل و هم‌دما در نظر بگیرید و از تغییرات شتاب گرانش و کدریت در جو صرف نظر کنید. فشار در سطح زمین را برابر  $1$  اتمسفر، چگالی جو در سطح زمین را برابر  $1.2 \frac{kg}{m^3}$  و کدریت جو را  $2.6 \times 10^{-5} \frac{m^2}{kg}$  در نظر بگیرید.

قدر (m)	فاصله سرسویی (Z)
11.21	$63^\circ$
10.94	$27^\circ$

رصدگر دو مرتبه در زمان‌های مختلف قدر ستاره را اندازه‌گیری کرد، نتایج رصدی در جدول روبرو است.

با توجه به اطلاعات داده شده، ارتفاع جو برحسب کیلومتر چقدر است؟

۳۷- توپی به جرم ۵۰۰ گرم که متصل به فنری با ضریب سختی  $10 \frac{N}{m}$  است، طبق شکل روبرو بر روی خمی بیضی شکل با خروج از مرکز ۰.۵ قرار دارد. اگر توپ را رها کنیم لحظه‌ای که به اوج بیضی می‌رسد سرعت آن برحسب متر بر ثانیه چقدر است؟ محل اتصال فنر کانون بیضی می‌باشد.



$$x = 2m, \theta = 30^\circ, g \approx 10 \frac{N}{kg}$$

با آرزوی موفقیت

چهاردهمین تیم ایران در المپیاد جهانی نجوم و اخترفیزیک

اعضای تیم:

کسری حاجیان

محمد امین ثریا

امیررضا قدیانی

پریشان جوانرود

فاطمه علیمرادی

امیرحسین حاجی محمد رضایی

متین محمودی سرای

حسین محمدی

محمد مهدی واحدی

علی رازقندی

**سوال فلسفی (بسیار مهم)**

\*\*\* کدام قمر سیاره ندارد؟ (۳)

(۴) هیچکدام

(۳) سهل الوصال

(۲) صدر

(۱) صعب الجماع