



باسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت آموزش و پرورش



سازمان ملی پرورش استعداد های درخشان

مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت هاست. «امام خمینی (ره)»

دفترچه سؤالات مرحله اول سال ۱۴۰۲

# بیستمین دوره المپیاد نجوم و اختر فیزیک

## کد دفترچه: ۱

مدت آزمون	تعداد سؤالات	
	پاسخ کوتاه	چهار گزینه ای
۲۴۰ دقیقه	۸ سوال	۳۰ سوال

نام: \_\_\_\_\_ نام خانوادگی: \_\_\_\_\_ شماره صندلی: \_\_\_\_\_

استفاده از هر نوع ماشین حساب مجاز است.

توضیحات مهم

۱- کد دفترچه سؤالات شما یک است. این کد را در محل مربوط روی پاسخ نامه با مداد پر کنید، در غیر این صورت پاسخ نامه شما تصحیح نخواهد شد.

۲- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و همه برگه های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید، در صورت هر گونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسؤول جلسه را مطلع کنید.

۳- یک برگ پاسخ نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است، در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسؤول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخ نامه را با مداد مشکی بنویسید.

۴- برگه پاسخ نامه را دستگاه تصحیح می کند، پس آن را تا نکیند و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.

۵- دفترچه باید همراه پاسخ نامه تحویل داده شود.

۶- پاسخ درست به هر سوال ۳ نمره مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد. در مسأله های کوتاه هر پاسخ درست ۶ نمره مثبت و پاسخ نادرست نمره منفی ندارد.

۷- شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش آموزان پایه دهم و یازدهم انتخاب می شوند.

کلیه حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش پژوهان جوان محفوظ است.

آدرس سایت اینترنتی: [ysc.medu.ir](http://ysc.medu.ir)

## جدول ثوابت

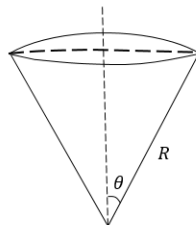
مقدار	کمیت	نماد
$6.67 \times 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg}$	ثابت جهانی گرانش	$G$
$6.63 \times 10^{-34} Js$	ثابت پلانک	$h$
$3 \times 10^8 \frac{m}{s}$	سرعت نور	$c$
$5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$	ثابت استفان - بولتزمن	$\sigma$
$1.67 \times 10^{-27} kg$	جرم پروتون	$m_p$
$9.11 \times 10^{-31} kg$	جرم الکترون	$m_e$
$1.6 \times 10^{-19} J$	الکترون ولت	$eV$
$3.09 \times 10^{16} m$	پارسک	$pc$
$1.5 \times 10^{11} m$	واحد نجومی	$AU$
$1.99 \times 10^{30} kg$	جرم خورشید	$M_{Sun}$
$6.96 \times 10^8 m$	شعاع خورشید	$R_{Sun}$
$3.85 \times 10^{26} W$	درخشندگی خورشید	$L_{Sun}$
$5777 K$	دمای مؤثر سطح خورشید	$T_{eff Sun}$
4.83	قدر مطلق خورشید	
-26.7	قدر ظاهری خورشید	
-0.14	تصحیح بولومتریک خورشید	$BC_{Sun}$
$3.84 \times 10^8 m$	نیم قطر بزرگ مدار ماه	$a_{Moon}$
$1737 km$	شعاع ماه	$R_{Moon}$
0.055	خروج از مرکز مدار ماه	$e_{Moon}$
-12.7	قدر ظاهری ماه کامل	
$5.2 AU$	نیم قطر بزرگ مدار مشتری	$a_{Jupiter}$
$69911 km$	شعاع مشتری	$R_{Jupiter}$
$1.5 AU$	نیم قطر بزرگ مدار مریخ	$a_{Mars}$
$5.97 \times 10^{24} kg$	جرم زمین	$M_{Earth}$
$6371 km$	شعاع زمین	$R_{Earth}$
$30 ^\circ C$	دمای سطح زمین	
$1 bar$	فشار جو در سطح زمین	
$26000 yr$	دوره تناوب حرکت تقدیمی زمین	
$23.5^\circ$	انحراف محور چرخش زمین نسبت به خط عمود بر دایره البروج	$\varepsilon$
$480 ^\circ C$	دمای سطح زهره	
$92 bar$	فشار جو در سطح زهره	

$72 \frac{km}{s.Mpc}$	ثابت هابل	$H_0$
$2.7 K$	دمای تابش پس زمینه کیهان	
$1.2 \times 10^{-10} m$	قطر اتم هیدروژن	
$3.6 \times 10^{-10} m$	قطر مولکول نیتروژن	
$3.3 \times 10^{-10} m$	قطر مولکول کربن دی اکسید	
1089	قرمز گرایی زمان واجفتیدگی	$z_{dec}$
$13.6 eV$	انرژی یونش اتم هیدروژن	
$1875 nm$	طول موج خط $Pa - \alpha$ اتم هیدروژن	

قطر مردمک چشم انسان  $\approx 6 mm$

\*\*\* مساحت عرق چین با شعاع زاویه ای  $\theta$  :

$$2\pi R^2(1 - \cos \theta)$$



\*\*\* اگر  $x \ll 1$  باشد می توان به صورت تقریبی نوشت :

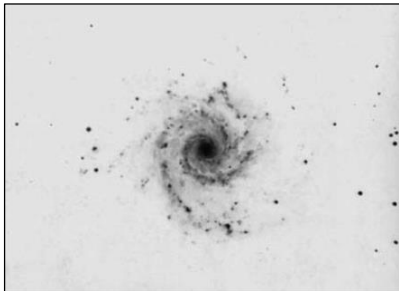
$$\sin x \approx x - \frac{x^3}{6}$$

$$\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}$$

۱- تلسکوپ فضایی گایا که در حال سنجش موقعیت ستاره‌ها است دارای قدرت تفکیک ۲۰ میکروثانیه قوسی است.

کدام از جملات زیر نادرست است؟

- ۱) با این تلسکوپ از روی زمین می‌توان سر و ته یک خودکار را در کره‌ی ماه تفکیک کرد.
  - ۲) با این تلسکوپ از روی زمین می‌توان سر و ته یک اتوبوس در سیاره‌ی مریخ را در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به زمین تفکیک کرد.
  - ۳) با این تلسکوپ می‌توان ضخامت (قطر) یک تار مو را که در شهر زاهدان گذاشته شده است و از شهر تبریز مشاهده می‌شود تفکیک کرد.
  - ۴) با این تلسکوپ از روی زمین می‌توان سر و ته یک زمین چمن فوتبال را روی سیاره مشتری در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به زمین تفکیک کرد.
- ۲- بر اساس دسته‌بندی هابل، کهکشان M74 که تصویر آن در زیر آمده است، در کدام‌یک از دسته‌های زیر قرار می‌گیرد؟



۱) Sa    ۲) SBa    ۳) Sc    ۴) E1

۳- شخصی از تهران (عرض جغرافیایی ۳۵,۵ درجه شمالی) شروع به حرکت می‌کند و می‌خواهد بدون اینکه عرض

جغرافیایی خود را تغییر بدهد ۱۰۰۰ کیلومتر حرکت کند. در انتها طول جغرافیایی او چقدر تغییر کرده است؟

۱) ۹ درجه    ۲) ۱۱ درجه    ۳) ۱۵ درجه    ۴) ۱۹ درجه

۴- با استفاده از تلسکوپ و CCD می‌خواهیم از ستاره‌های خوشه‌ستاره‌ای باز عکس برداری کنیم. دو ستاره خورشیدگون

A و B از این خوشه را در نظر می‌گیریم. مدت زمان نوردهی برای عکس برداری از A را دو برابر مدت زمان نوردهی

ستاره B در نظر می‌گیریم. وقتی عکس این دو ستاره ثبت شد، اختلاف قدری که به نظر می‌رسد این دو ستاره از هم

دارند به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

۱) ۲    ۲) ۰,۳    ۳) ۰,۷۵    ۴) اطلاعات مسأله کافی نیست.

۵- وقتی سیاره‌ای از مقابل ستاره‌ی میزبان عبور می‌کند ممکن است اختفا رخ دهد که نتیجه‌ی آن تغییر اندکی در قدر

ظاهری ستاره است. از این روش برای کشف سیارات فراخورشیدی استفاده می‌شود. اگر دقت اندازه‌گیری قدر ظاهری

یک سیستم قدرسنجی برابر با 0.0001 باشد، حداقل شعاع سیاره‌ای که با این روش می‌توان برای ستاره میزبان

خورشیدگون آشکارسازی کرد به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

۱) شعاع زمین    ۲) شعاع مشتری    ۳) ۱۰۰ برابر شعاع زمین    ۴) ۱۰ برابر شعاع مشتری

۶- باستان شناسان در رمزگشایی یک لوح بسیار کهن، با توصیف ستاره‌ای مواجه شده‌اند که در شهر سومر (بغداد کنونی،

عرض جغرافیایی ۳۳,۳ شمالی) هیچگاه غروب نمی‌کرده است و تنها بر لبه‌ی افق مماس می‌شده است. اگر این ستاره

همان ستاره‌ای باشد که ما به عنوان ستاره قطبی می‌شناسیم، این لوح حدوداً مربوط به چه دورانی است؟

۱) ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح    ۲) ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح

۳) ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح    ۴) ۷۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح

۷- هنگام رصد خورشید با تلسکوپ حتماً باید از فیلتر جذب کننده نور استفاده کنیم تا چشم دچار آسیب نشود. با تلسکوپی ۵ اینچی فیلتر با چه کسری از عبور نور را باید در دهانه تلسکوپ بگذاریم که پشت چشمی تلسکوپ، روشنایی خورشید را همانند ماه کامل در رصد غیر مسلح ببینیم؟

(۱)  $10^{-2}$  (۲)  $10^{-4}$  (۳)  $10^{-6}$  (۴)  $10^{-8}$

۸- جرم سیاهچاله‌ی مرکزی کهکشان ۴ میلیون برابر جرم خورشید است. فرض کنید تابع توزیع چگالی جرمی کهکشان در اطراف این سیاهچاله با رابطه‌ی زیر داده شود:

$$\rho = \frac{\alpha}{4\pi r^2}$$

اگر سرعت چرخش یک ستاره در مداری دایره‌ای به شعاع ۲ پارسک از مرکز کهکشان ۱۰۰ کیلومتر بر ثانیه باشد، مقدار عددی  $\alpha$  (برحسب جرم خورشید بر پارسک) به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

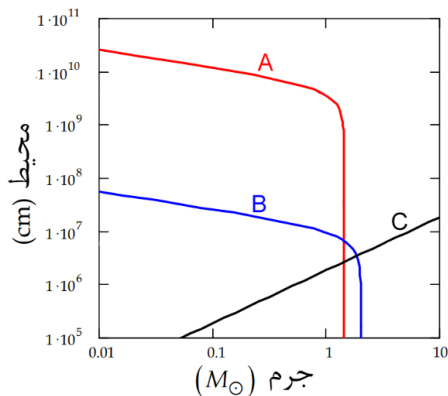
(۱) ۲۰۰۰۰۰ (۲) ۳۰۰۰۰۰ (۳) ۱۰۰۰۰ (۴) ۱۰۰۰

۹- دنباله داری به دور خورشید در مداری به خروج از مرکز ۰.۵ حرکت می‌کند. از لحظه حضیض این دنباله دار تا زمانی که برای اولین بار، راستای حرکت دنباله‌دار و امتداد دنباله‌گازی‌اش زاویه ۶۰ درجه بسازند، چه زمانی می‌گذرد؟

(۱) دوره تناوب دنباله دار ۰.۰۷ (۲) دوره تناوب دنباله دار ۰.۱۷ (۳) دوره تناوب دنباله‌دار ۰.۲۷ (۴) دوره تناوب دنباله دار ۰.۳۷

۱۰- شکل زیر نمودار محیط بر حسب جرم سه نوع از بقایای ستاره‌ای است که با حروف A و B و C روی شکل مشخص شده است. اگر سیاهچاله را با BH، ستاره نوترونی را با NS و کوتوله سفید را با WD نشان دهیم، در کدام گزینه حروف A و B و C درست به اجرام نسبت داده شده‌اند؟

(۱) A=NS, B=BH, C=WD  
 (۲) A=BH, B=NS, C=WD  
 (۳) A=WD, B=BH, C=NS  
 (۴) A=WD, B=NS, C=BH



۱۱- انرژی لایه‌های اتم هیدروژن به صورت  $E_n = E_1/n^2$  است. دو خط از خطوط طیفی مهم در اختربیزیک خط طیفی لیمان آلفا (گذار از لایه دوم به لایه اول) و دیگری خط طیفی اچ آلفا (گذار از لایه سوم به لایه دوم) است. طول موج‌های متناظر آنها بر حسب نانومتر به ترتیب عبارتند از:

(۱) ۱۲۱.۶ و ۶۵۶.۴ (۲) ۱۲۱۶ و ۶۵۶۴ (۳) ۱۰۲.۶ و ۴۸۶.۰ (۴) ۱۰۲۶ و ۴۸۶۰

۱۲- ستاره‌ای دارای سرعت فضایی ثابت است. با فرض این که در حال حاضر اختلاف منظر این ستاره  $\pi = 0.2''$  و سرعت خاصه آن  $\mu = 2.5 \frac{\text{arcsec}}{\text{year}}$  باشد، مسافت طی شده توسط ستاره را پس از گذشت 1000 سال محاسبه کنید. داده‌های طیفی، طول موج  $\lambda = 1870 \text{ nm}$  را برای خط  $P\alpha - \alpha$  این ستاره نشان می‌دهند.

(۱) 80 pc (۲) 8 pc (۳) 0.8 pc (۴) 0.08 pc

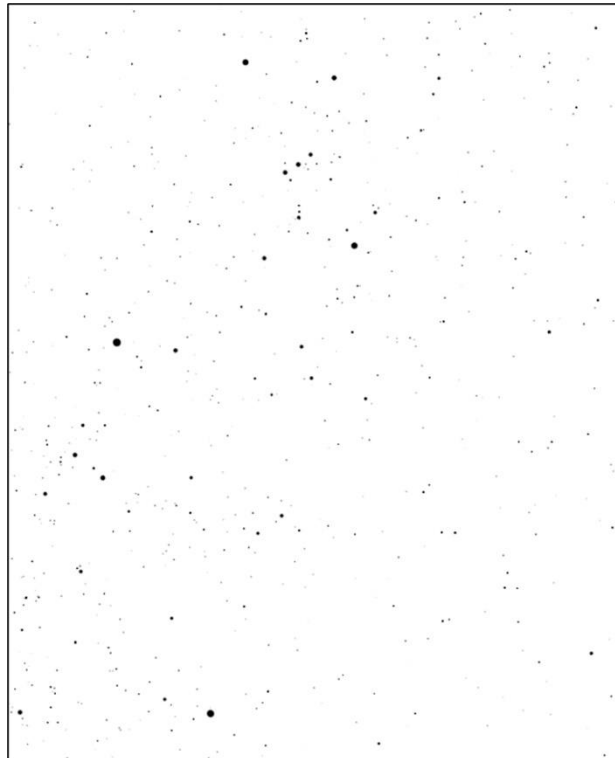
صفحه ۴ از ۱۰

۱۳- جو مریخ رقیقتر از ۵٪ جو زمین است. بنابراین می‌توانیم فرض کنیم که اثر گلخانه‌ای روی سیاره مریخ تقریباً قابل صرف نظر کردن است. آلبدوی مریخ ۱۷٪ است. دمای سطح مریخ چند درجه سانتیگراد خواهد بود؟

- (۱) ۵۵- (۲) ۴۵- (۳) ۱۳۰- (۴) ۳۱

۱۴- کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد تصویر زیر نادرست است؟

- (۱) صورت فلکی خرگوش و پرنورترین ستاره‌ی آسمان در تصویر قابل مشاهده هستند.  
 (۲) تصویر شامل یک سحابی است که در آسمانی تاریک می‌توان آن را با چشم غیرمسلح رصد کرد.  
 (۳) بیشتر صور فلکی این تصویر امشب (۹ بهمن ۱۴۰۲) در اکثر شهرهای ایران قابل رؤیت نیستند.  
 (۴) ستاره‌ی سهیل و بخشی از استوای سماوی در تصویر قرار دارند.



۱۵- انرژی تابشی ناشی از فوتون‌های تابش پس زمینه‌ی کیهانی (CMB) در زمان واجفتیدگی، در حجمی معادل با حجم یک کوله پشتی مدرسه‌ای معمولی (بر حسب ژول) به کدام گزینه نزدیکتر است؟

- (۱)  $10^{-9}$  (۲)  $10^{-6}$  (۳)  $10^{-3}$  (۴) 1

۱۶- جسمی حول جرم  $M$  در یک مدار بیضوی با نیم قطر بزرگ  $a$  در حال گردش است. نسبت سرعت حضيض به سرعت اوج در این مدار برابر ۴ است. جسم دیگری با همان نیم قطر  $a$  و با خروج از مرکز صفر به دور جرم  $M$  در گردش است. مساحت جاروب شده توسط جسم اول در طول مدت یک سوم دوره تناوب جسم اول نسبت به مساحت جاروب شده توسط جسم دوم در همان فاصله زمانی چقدر است؟

- (۱) ۰,۸ (۲) ۰,۷ (۳) ۰,۶ (۴) ۰,۳۳

۱۷- نسبت جرم به درخشندگی ( $M/L$ ) اجرام زیر به ترتیب بزرگی در کدام گزینه به طور صحیح آمده است؟

WD: کوتوله‌ی سفید به جرم خورشید و دمای سطحی ۲۰۰۰۰ کلوین

SS: منظومه‌ی شمسی

GS : ستاره ای به جرم خورشید در شاخه ی غول قرمز

G : کهکشانی با درخشندگی ۲۰ میلیارد برابر خورشید و سرعت دورانی ۲۰۰ کیلومتر بر ثانیه در فاصله ۱۰ کیلوپارسک

از مرکز کهکشان

$$G > GS > SS > WD \quad (۲)$$

$$WD > SS > G > GS \quad (۱)$$

$$WD > G > SS > GS \quad (۴)$$

$$G > WD > GS > SS \quad (۳)$$

۱۸- ناظری در سنگاپور (عرض جغرافیایی ۱,۴ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰۴ درجه شرقی) در ساعت ۰۰:۳۰ به وقت سنگاپور در حال رصد ستاره ای با میل ۴۸ درجه در ارتفاع ۴۰ درجه در نیمه غربی آسمان می باشد که متوجه پدیده ای خاص می شود. در این لحظه او به همکار خود در رصدخانه مراغه (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه شرقی) پیامی ارسال می کند تا او را مطلع کند. همکار او در ساعت ۵ صبح به وقت ایران پیام را مشاهده می کند. او برای رصد ستاره در چه ارتفاعی باید به دنبال آن بگردد؟

منطقه زمانی تهران: GMT+3.5 و سنگاپور: GMT+8

(۱) ناظر در مراغه در ساعت ۵ نمی تواند ستاره را ببیند. (۲) ۲۲ درجه (۳) ۶۱ درجه (۴) ۷۸ درجه

۱۹- بررسی ستاره در فیلترهای مختلف، کمک شایانی در تحلیل اختریفیزیکی آن به ما می کند. ستاره ای با اختلاف منظر  $\pi = 0.1''$  رصد کرده ایم و می دانیم که عمده تابش آن در باند مرئی و آبی می باشد. اگر قدر این ستاره در باند مرئی

و آبی به ترتیب  $V = 1.2$  و  $B = 1.5$  ، درخشندگی این ستاره چند برابر درخشندگی خورشید است؟

(۱) ۴۵ (۲) ۳۵ (۳) ۶۵ (۴) ۵۵

۲۰- پرتابه ای را از تهران (عرض ۳۵,۵ درجه شمالی و طول ۵۱,۳ شرقی) با سرعت  $v = 10 \frac{km}{s}$  به سمت نقطه ای به مختصات  $A = 30^\circ$  در آسمان تهران پرتاب می کنیم. یک بار فاصله بین نقطه پرتاب و نقطه برخورد به زمین را از روی سطح زمین و بار دیگر از کوتاه ترین فاصله بین نقطه پرتاب و برخورد به دست می آوریم. اختلاف بین دو عدد به دست آمده به کدام گزینه نزدیک است؟ از چرخش زمین به دور خود صرف نظر کنید.

(۱) ۲۹۰۰ km (۲) ۴۵۰۰ km (۳) ۱۹۰۰۰ km (۴) ۱۰۰۰ km

۲۱- ناظری ستاره سروش (عیوق-Capella) با میل  $46^\circ$  و بعد  $5^h 17^m$  را در ارتفاع  $30^\circ$  در سمت  $135^\circ$  درجه غربی مشاهده کرده است. اگر این رصد در ساعت ۱ بامداد به وقت محلی باشد، تاریخ رصد را محاسبه کنید.

(۱) اطلاعات مسئله کافی نیست (۲) ۵ اسفند (۳) ۳ اردیبهشت (۴) ۵ بهمن

۲۲- لامپ کروی شکلی داریم که  $100 W$  از توان آن به صورت نور مرئی ساطع می شود. قسمتی از لامپ به شکل یک عرقچین کدر است. فرض کنید قسمت کدر تمام انرژی دریافتی را جذب می کند. اگر شعاع کره و شعاع مقطع دایروی عرقچین به ترتیب  $5cm$  ،  $3cm$  باشد، توان ساطع شده از لامپ به شکل نور مرئی به محیط اطراف را به دست آورید.

(۱)  $10 W$  (۲)  $20 W$  (۳)  $90 W$  (۴)  $80 W$

۲۳- یک عدد چشمی و سه عدد تلسکوپ با نسبت کانونی های برابر در اختیار داریم. این چشمی را می توانیم روی هر کدام از سه تلسکوپ بگذاریم. در شب رصدی در نزدیکی کوهی هستیم که دو تیر چراغ برق در دامنه آن قرار دارند. با تلسکوپ ۱ نمی توان دو چراغ را از همدیگر تشخیص داد. با تلسکوپ ۲ نمی توان دو چراغ را کاملاً با هم در دایره میدان

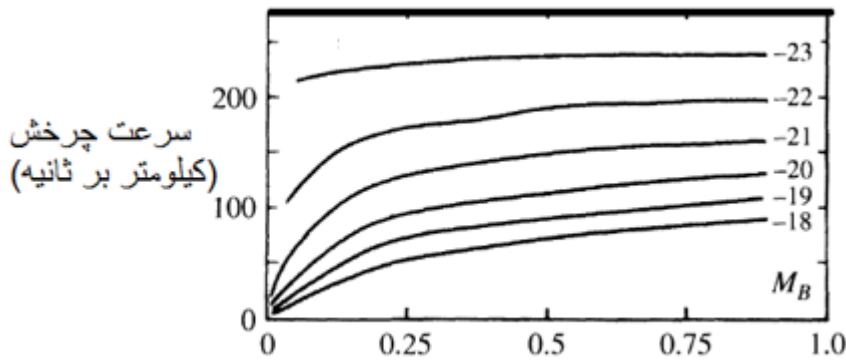
دید پشت تلسکوپ دید. با تلسکوپ ۳ چراغ‌ها پرنورتر از تلسکوپ ۲ دیده می‌شوند. با تلسکوپ ۳ چراغ‌ها کوچکتر از تلسکوپ ۱ دیده می‌شوند. کدام یک از جملات زیر درست است؟

- (۱) با تلسکوپ ۲ چراغ‌ها بزرگتر از تلسکوپ ۱ دیده می‌شوند.
- (۲) با تلسکوپ ۳ می‌توان دو چراغ را کاملاً با هم در یک دایره میدان دید پشت تلسکوپ دید.
- (۳) با تلسکوپ ۳ چراغ‌ها پرنورتر از تلسکوپ ۱ دیده می‌شوند.
- (۴) با تلسکوپ ۳ نمی‌توان دو چراغ را از همدیگر تشخیص داد.

۲۴- رابطه ی تالی - فیشر بیانگر ارتباط بین بیشنیهی سرعت چرخش کهکشانی ( $V_{max}$ ) و قدر مطلق کهکشان ( $M$ ) است. منحنی سرعت دورانی تعدادی کهکشان با قدر مطلق‌های مختلف در باند آبی ( $M_B$ ) که مقدار آن در کنار منحنی‌ها آمده است) بر حسب فاصله‌ی شعاعی از مرکز کهکشان (که به یک مقیاس شده است) برای رده‌ای از کهکشان‌ها در شکل زیر داده شده است. کدام گزینه بیان دقیقتری از رابطه‌ی تالی-فیشر در این گروه از کهکشان‌ها است؟

$$M_B = -4.5 \log(V_{max}) + 2 \quad (۲) \quad M_B = -10.2 \log(V_{max}) + 2 \quad (۱)$$

$$M_B = -6.1 \log(V_{max}) + 6 \quad (۴) \quad M_B = -14.1 \log(V_{max}) + 6 \quad (۳)$$



۲۵- خوشه‌ای کروی متشکل از  $10^6$  ستاره خورشیدگون که در حالت تعادل قرار دارد را در نظر بگیرید. با استفاده ستاره‌های متغیر این خوشه فاصله آن را  $d = 120 pc$  تخمین زده‌ایم. چنانچه قطر زاویه‌ای خوشه برابر  $\theta = 0.1''$  باشد، سرعت یک ستاره در خوشه را تخمین بزنید.

$$۱۰ \frac{km}{s} \quad (۴) \quad ۵۰۰ \frac{km}{s} \quad (۳) \quad ۱۰۰۰۰ \frac{km}{s} \quad (۲) \quad ۵۰۰۰۰ \frac{km}{s} \quad (۱)$$

۲۶- تباین چگالی به صورت  $\Delta = \frac{\rho - \rho_{cr}}{\rho_{cr}}$  تعریف می‌شود که در تشکیل ساختارهای عالم پارامتر مهمی است. در این فرمول  $\rho$  مقدار چگالی متوسط ناحیه مورد بررسی و  $\rho_{cr}$  چگالی بحرانی کیهان است. مقدار تباین چگالی برای کهکشان راه شیری چقدر است؟

کهکشان راه‌شیری را استوانه‌ای به ارتفاع  $300 pc$  و شعاع  $25 kpc$  فرض کنید و کهکشان را شامل  $10^{11}$  ستاره

$$\rho_{cr} = 10^{-27} \frac{kg}{m^3} \text{ در نظر بگیرید.}$$

$$10^9 \quad (۴) \quad 10^8 \quad (۳) \quad 10^7 \quad (۲) \quad 10^6 \quad (۱)$$

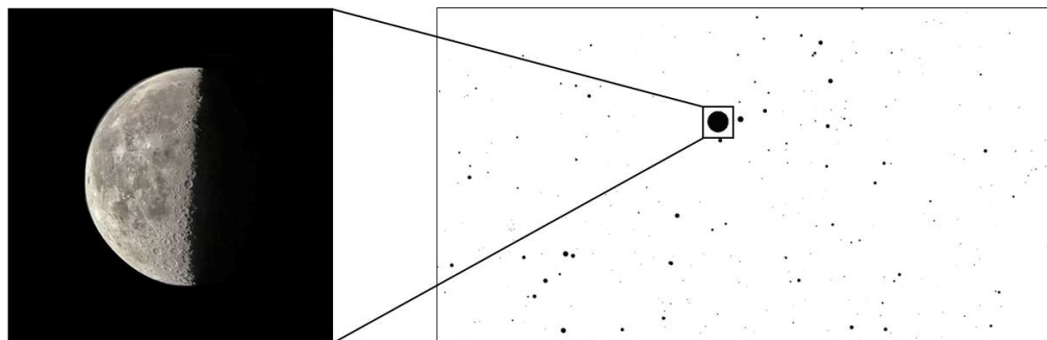
۲۷- فردی می‌خواهد با یک طناب به طول  $L$  نشان دهد که زمین کروی است. او با این طناب دایره‌ای به شعاع  $L$  روی سطح زمین رسم می‌کند و محیط دایره را اندازه می‌گیرد. حداقل طول طناب تقریباً چه قدر باید باشد که محیط دایره رسم شده روی کره زمین نسبت به دایره‌ای که با همان طناب روی سطح تخت ترسیم می‌شود یک کیلومتر تفاوت داشته باشد؟

$$۳۰۰۰۰ km \quad (۴) \quad ۹۰۰۰ km \quad (۳) \quad ۳۰۰ km \quad (۲) \quad ۹۰۰ km \quad (۱)$$



۲۸- دو تصویر زیر با دو بزرگنمایی مختلف به هدف عکاسی از ماه ثبت شده‌اند. تاریخ عکس‌برداری کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟

- (۱) ۵ بهمن ۱۳۸۵ (۲) ۲۴ شهریور ۱۳۸۹ (۳) ۷ آبان ۱۴۰۰ (۴) ۱۵ اسفند ۱۳۹۷



۲۹- ناظری ستاره ای با میل ۴۶ درجه را در سمت ۴۵ درجه شرقی و ارتفاع ۶۰ درجه مشاهده کرده است. عرض جغرافیایی ناظر را بیابید.

- (۱) ۲۸ درجه شمالی (۲) ۱۸ درجه شمالی (۳) ۲۲ درجه جنوبی (۴) ۳۴ درجه جنوبی

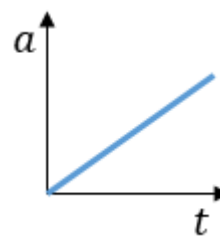
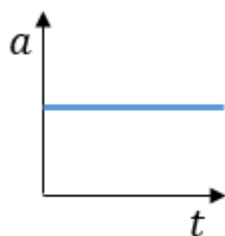
۳۰- بر اساس معادله فریدمن تغییرات فاکتور مقیاس عالم بر حسب چگالی، برای یک عالم تخت به صورت

$$\rho = \rho_0 a^{-2} \quad H = \frac{da}{dt} = \sqrt{\frac{8\pi G \rho}{3}}$$

با فاکتور مقیاس مرتبط باشد، انتظار داریم فاکتور مقیاس چگونه در طول زمان تغییر کند؟

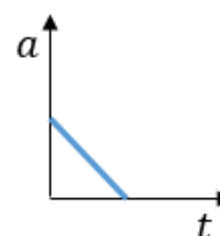
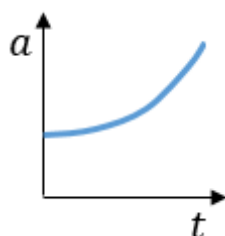
(۲)

(۱)



(۴)

(۳)



## مسأله‌های کوتاه

پیش از شروع به حل مسأله‌های کوتاه توضیحات زیر را با دقت بخوانید. در این مسأله‌ها باید پاسخ را بر حسب واحدهای مورد نظر (متر، کیلوپارسک، ثانیه قوسی و غیره) که در صورت مسأله خواسته شده، به دست آورید. پاسخ معمولاً عددی یک رقمی یا دو رقمی صحیح است. سپس خانه‌های مربوط به رقم‌های این عدد را در پاسخنامه سیاه کنید. توجه داشته باشید که رقم یکان عدد در ستون یکان و رقم دهگان در ستون دهگان علامت زده شود. اگر پاسخ شما عدد صحیح نشد جواب را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید و در پاسخنامه علامت بزنید. اگر پاسخ عدد یک رقمی شد، عدد را در رقم یکان علامت بزنید و رقم دهگان را صفر بزنید.

مثال فرض کنید سرعت دنباله‌دار بر حسب کیلومتر بر ثانیه خواسته شده است و شما مقدار آن را  $11.2 \frac{km}{s}$  محاسبه کرده‌اید. ابتدا باید این عدد را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا 11 به دست آید. سپس مطابق شکل مقابل، آن را در پاسخنامه وارد کنید. ثوابت فیزیکی و نجومی در ابتدای برگه سؤالات داده شده‌اند. در

یکان	دهگان
0	0
●	●
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

حل مسأله‌ها فقط از این ثوابت استفاده کنید. اعداد باید تنها یک بار و آن هم در انتهای حل هر مسأله گرد شوند. اگر مرتبه بزرگی جواب از شما خواسته شده بود، پس از محاسبه‌ی پاسخ، ابتدا آن را به شکل نماد علمی یعنی  $a \times 10^b$  درآورید. اگر  $a \leq 5$  بود مرتبه بزرگی می‌شود  $b$  و اگر  $a > 5$  بود مرتبه بزرگی می‌شود  $b + 1$ . مثلاً یک واحد نجومی یعنی  $1.5 \times 10^{11}$  را در نظر بگیرید. مرتبه بزرگی این عدد 11 است.

قاعده گرد کردن به این گونه است که اگر نتیجه به دست آمده از حل مسأله در مبنای ده به شکل  $A = XX.XXXXX$  باشد، ابتدا اختلاف  $A$  با همان عدد وقتی که رقم‌های بعد از اعشار آن صفر شده یعنی  $\Delta = XX.XXXXX - XX.00000$  حساب می‌شود. اگر  $\Delta$  کوچکتر یا مساوی 0.5 باشد  $A = XX$  و اگر  $\Delta$  بزرگتر از 0.5 باشد  $A = XX + 1$  در نظر گرفته خواهد شد.

۱- در نزدیکی سطح زمین طول پویش آزاد یک مولکول از جو چند برابر طول پویش آزاد یک مولکول از جو در نزدیکی سطح زهره است؟

---

۲- یک کوازار با قدر ظاهری ۱۷ و انتقال به سرخ ۰,۰۵ را رصد کرده‌ایم. کمترین جرمی که می‌توانیم برای این کوازار تصور کنیم تقسیم بر جرم خورشید برابر با عدد  $A$  است. مرتبه بزرگی عدد  $A$  چقدر است؟

---

۳- سه سیاره با دوره تناوب‌های  $T$  و  $3T$  و  $4T$  در یک صفحه و یک جهت حول ستاره‌ای می‌گردند. در زمانی خاص هر سه سیاره از دید ستاره، در یک راستا قرار می‌گیرند. این اتفاق در زمان  $nT$  بعد برای اولین بار تکرار می‌شود.  $n$  را بیابید.

---

۴- رصدگری در استوای زمین علاقه به عکاسی از ماه کامل در ماه‌های مختلف سال دارد. این رصدگر برای این که عکس بهتری بتواند بگیرد که در آن آلودگی نوری کمتر معلوم باشد، صبر می‌کند تا در شبی که ماه کامل است، ماه به سرسویش برسد و سپس عکس را بگیرد. نسبت بزرگترین قطر ماه به کوچکترین قطر ماه در عکس‌های این رصدگر چند درصد از یک بزرگتر است؟ از میل مداری ماه به دور زمین و از انحراف محور چرخش زمین نسبت به راستای عمود بر دایره البروج چشم ببوشید.

---

۵- اگر فاصله ماه تا زمین  $\frac{1}{30}$  فاصله فعلی‌اش از زمین باشد، بیشترین میل مداری ماه نسبت به دایره البروج را بر حسب درجه به نحوی به دست آورید که در هر ماه از سال، حتماً پدیده ماه گرفتگی داشته باشیم.

---

۶- فرض کنید دیسکی یکنواخت با جرم کم در حال گردش به دور خورشید از نزدیکی خورشید تا شعاع  $r = 6AU$  می‌باشد. اگر به طور ناگهانی دیسک به صورتی منفجر شود که تمام ذرات آن پس از انفجار سرعت  $v = 20 \frac{km}{s}$  داشته باشند، چند درصد ذرات این دیسک برای همیشه از منظومه شمسی خارج می‌شوند؟

---

۷- نسبت شار دریافتی از ماه کامل به شار دریافتی از ماه شب هفتم ماه قمری را  $A$  می‌نامیم. ماه قمری را ۲۹ روزه در نظر بگیرید.  $10 \times A$  چه قدر است؟

---

۸- در طی یک کسوف جزئی، در بیشینه‌ی گرفت، فاصله‌ی مراکز ماه و خورشید از دید ناظر زمینی به ۱۵ دقیقه‌ی قوسی می‌رسد. قطر زاویه‌ای خورشید و ماه را برابر و به اندازه‌ی ۳۰ دقیقه‌ی قوسی در نظر می‌گیریم. در این حالت بیشینه، ماه چند درصد قرص خورشید را پوشانده است؟