

باسمه تعالی
وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش پژوهان جوان
مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت‌هاست. «امام خمینی (ره)»



دفترچه سوالات پنجمین المپیاد اختر فیزیک (نجوم) کشور

مرحله‌ی اول

۲ بهمن ماه ۱۳۸۷ (۱۴:۰۰ تا ۱۷:۰۰)

کد دفترچه‌ی سوالات : ۱

مدت آزمون : ۱۸۰ دقیقه

تذکرات :

- ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به موارد زیر دقیقاً توجه کنید.
- ۱) کد برگه‌ی سوالات شما ۱ است. این کد را در محل مربوط روی پاسخ‌نامه بنویسید. در غیر این صورت پاسخ‌نامه‌ی شما **تصحیح نخواهد شد**. توجه داشته باشید کد برگه‌ی سوالات شما که در زیر هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است یکی باشد.
- ۲) این آزمون ۳۰ سوال چهار گزینه‌ای و ۱۰ مسئله‌ی کوتاه دارد و وقت آن ۱۸۰ دقیقه است.
- ۳) پاسخ درست به هر سوال ۳ نمره‌ی مثبت و پاسخ غلط ۱ نمره‌ی منفی دارد. در هر سوال از میان گزینه‌های داده شده دقیقاً یک گزینه پاسخ صحیح آن سوال است. مسئله‌های کوتاه نمره منفی ندارند و هر پاسخ صحیح ۱۲ نمره مثبت دارد.
- ۴) مشخصات خواسته شده را «به طور کامل» روی برگه‌ی پاسخ‌نامه بنویسید. در صورت کامل نبودن اطلاعات خواسته شده، یا غلط بودن آن‌ها پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد.
- ۵) همراه داشتن تلفن همراه مجاز نیست. اگر دارید در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید تا آن را تحویل بگیرد. در غیر این صورت حتی اگر از آن استفاده نکنید تقلب محسوب خواهد شد. استفاده از ماشین حساب مهندسی که قابل برنامه ریزی نیست، مجاز است.
- ۶) استفاده از جدول‌های نجومی، تقویم‌های نجومی، اطلس‌ها و آلماناک‌ها به هر شکل که باشند، مجاز نیست.
- ۷) برگه‌ی پاسخ‌نامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید.
- ۸) نتیجه‌ی این آزمون اواخر اسفندماه اعلام خواهد شد.
- ۹) پس از پایان آزمون می‌توانید دفترچه‌ی سوالات را همراه خود ببرید.

ثوابت فیزیکی و نجومی

$6/67 \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$	ثابت جهانی گرانش	G
$5/67 \times 10^{-8}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$	ثابت استفان بولتزمن	σ
$6/63 \times 10^{-34}$	J s	ثابت پلانک	h
$1/38 \times 10^{-23}$	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$	ثابت بولتزمن	k_B
3×10^8	ms^{-1}	سرعت نور	c
365/26	روز	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	
$1/99 \times 10^{30}$	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	$L_{\odot}$
$1/37 \times 10^3$	W m^{-2}	ثابت خورشیدی	
4/72		قدر مطلق بولومتريک خورشید	
-26/8		قدر ظاهری خورشید	$m_{\odot}$
-12/7		قدر ظاهری ماه بدر	
70	$\text{km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$	پارامتر هابل در زمان حال	H_0

۱) کدام یک از دانشمندان زیر با استفاده از بالون نشان داد که شار پرتوهایی که بعدها پرتوهای کیهانی نام گرفتند با ارتفاع

افزایش می‌یابد و برنده‌ی جایزه‌ی نوبل سال ۱۹۳۶ شد؟

الف) کارل جانسکی (ب) هانس ولتر (ج) فریتس زویکی (د) ویکتور هس

۲) اگر ستاره‌ی قطبی را با یک دایره‌ی عظیمه به ستاره‌ی الدبران وصل کنیم، این خط از کدام یک از صورت‌های فلکی زیر عبور می‌کند؟

الف) برساوش ، زرافه (ب) برساوش ، اربه‌ران (ج) ذات‌الکرسی ، زرافه (د) برساوش ، مثلث

۳) روز انقلاب تابستانی، در ظهر محلی نقطه‌ی A، میله‌ای به ارتفاع ۱/۰۰ m سایه‌ای به طول ۰/۲۴ m دارد. عرض جغرافیایی نقطه‌ی A چند درجه است؟

الف) ۵/۰ (ب) ۵۰/۰ (ج) ۳۹/۰ (د) ۱۰/۰

۴) دنباله‌داری تحت تاثیر گرانش خورشید، روی مسیری با انرژی کل صفر، به خورشید نزدیک می‌شود. مسیر دنباله‌دار مدار زمین را در دو نقطه قطع می‌کند. نقطه دوم نسبت به خورشید، قرینه‌ی نقطه اول است. کم‌ترین فاصله‌ی دنباله‌دار از خورشید چقدر است؟ (مدار زمین را دایره در نظر بگیرید.)

الف) ۰/۷۵ Au (ب) ۰/۲۵ Au (ج) ۰/۵ Au (د) ۱ Au

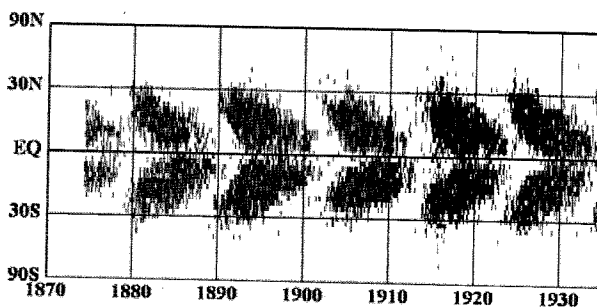
۵) در یک سال حداکثر چند بار اذان ظهر درست در ساعت ۱۲ ظهر به وقت محلی اعلام می‌شود؟

الف) هیچ‌گاه (ب) دو بار (ج) چهار بار (د) ۳۶۵ بار

۶) کدام ناحیه از طیف الکترومغناطیس برای مطالعه‌ی فرایند تشکیل ستاره‌ها مناسب‌تر است؟

الف) پرتو X (ب) رادیویی (ج) فروسرخ (د) مرئی

۷) تصویر روبه‌رو به نمودار پروانه معروف است، این نمودار نشانه‌ی تغییرات سالانه چه چیزی در خورشید است؟



(ب) دمای سطحی

الف) شدت میدان مغناطیسی

(د) تعداد لکه‌ها

(ج) تعداد شراره‌ها

۸) اگر با یک تلسکوپ ۲۴ سانتی‌متری به ستاره‌ای نگاه کنیم، این ستاره چند برابر روشن‌تر از هنگامی دیده می‌شود که آن را با چشم غیر مسلح می‌بینیم؟

- الف) ۱۰ (ب) ۱۰۰ (ج) ۱۰,۰۰۰ (د) ۱۰۰۰

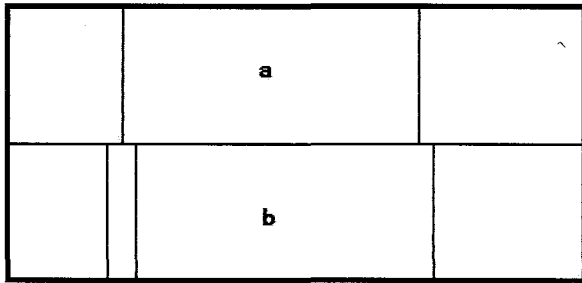
۹) ستاره‌ای با شعاع $18R_{\odot}$ و دمای موثر 35000 K را در مرکز یک لایه‌ی کروی بسیار باریک به شعاع 0.2 pc در نظر بگیرید. با این فرض که این لایه همانند جسم سیاه رفتار می‌کند و دمای لایه ناشی از تابش ستاره است، دمای آن چقدر است؟

- الف) 50 K (ب) 35 K (ج) 42 K (د) 18 K

۱۰) اساس کار یک CCD (تصویرگر دیجیتال) چیست؟

الف) اثر کامپتون (ب) تولید زوج الکترون-پوزیترون

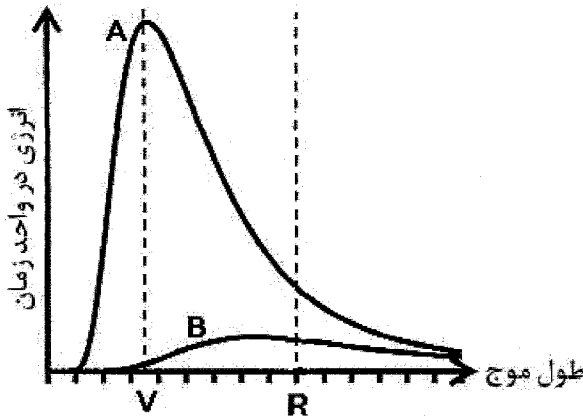
ج) اندازه‌گیری انرژی حرارتی فوتون (د) پدیده‌ی فوتوالکتریک



۱۱) نتیجه‌ی طیف‌نگاری نور یک جرم آسمانی در دو زمان مختلف a و b در نمودار روبرو رسم شده است. این جرم از چه نوعی است؟

الف) نوترونی (ب) دوتایی (ج) کوتوله‌ی سفید (د) تپ‌اختر

۱۲) با توجه به نمودار، پاسخ دو سوال زیر به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



۱- کدام ستاره نور قرمز بیشتری تابش می‌کند؟

۲- کدام ستاره قرمزتر به نظر می‌رسد؟

الف) B-A (ب) A-A (ج) A-B (د) B-B

(۱۳) یک مدل ساده برای بررسی میزان انحراف نور ستاره‌های با ارتفاع زیاد، هنگام عبور از جو زمین این است که جو زمین را به صورت لایه‌های تخت موازی با ضریب شکست‌های مختلف n_i در نظر بگیریم، که i شماره‌ی لایه‌ی جو است. فرض کنید ناظر زمینی، در محیطی با ضریب شکست n_0 در حال رصد ستاره‌ای است. ناظر فاصله‌ی سمت‌الرأسی ستاره را Z اندازه می‌گیرد. تغییر ارتفاع ستاره در اثر عبور از جو چقدر است؟

الف) $(n_0 - 1) \cot z$ ب) $(n_0 - 1) \tan z$ ج) $\sin z \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n_i}$ د) $(n_0 - 1) \tan z \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n_0 - n_i}$

(۱۴) جسمی با جرمی برابر با جرم زمین و سرعت $1000 \frac{m}{s}$ در فاصله‌ای دور از خورشید، در اثر نیروی گرانش خورشید از مسیر خود منحرف می‌شود. اگر زاویه‌ی انحراف 84° درجه باشد، تغییر سرعت خطی خورشید چقدر است؟

الف) $4 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$ ب) $2 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$ ج) $8 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$ د) $6 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$

(۱۵) خورشید از زمان تشکیل تا کنون چند بار مرکز کهکشان را دور زده است؟

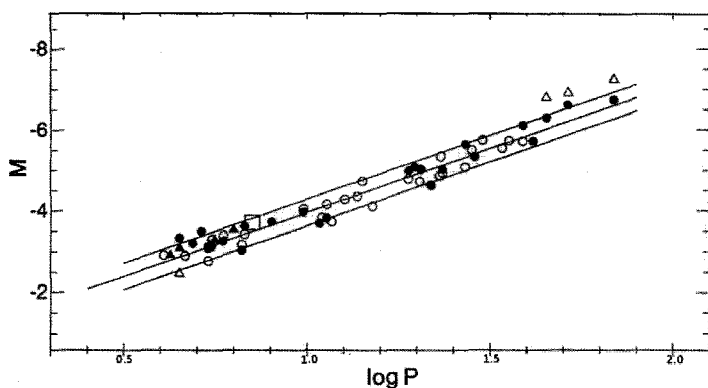
الف) کمتر از یک دور ب) ۲۰۰ دور ج) ۲۰ دور د) تقریباً دو دور

(۱۶) ناظر زمینی ابرنواختری را که درخشندگی آن $5/8 \times 10^9 L_{\odot}$ و روشنایی آن $1/6 \times 10^{-7}$ برابر روشنایی وگا است در یک کهکشان دور دست هم اکنون مشاهده می‌کند. انفجار ابرنواختر دومی در همان کهکشان 2×10^2 میلیون سال پس از ابرنواختر اول اتفاق می‌افتد. انفجار ابرنواختر دوم چه فاصله‌ی زمانی با زمان مشاهده‌ی ابرنواختر اول دارد؟ (قدر ظاهری وگا صفر است. از انبساط عالم چشم‌پوشی کنید.)

الف) 2×10^2 میلیون سال ب) 5×10^2 میلیون سال ج) 7×10^2 میلیون سال د) 3×10^2 میلیون سال

(۱۷) اگر قطر زاویه‌ای یک ستاره برابر با $0/1$ ثانیه قوسی و روشنایی آن $4/5 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}$ باشد، دمای موثر این ستاره چقدر است؟

الف) $10^2 K$ ب) $4 \times 10^3 K$ ج) $6 \times 10^3 K$ د) $1 K$



الف) $1/6 \text{ Mpc}$ ب) 250 Mpc ج) 16 Mpc د) 250 kpc

(۱۸) یک ستاره‌ی قیفاووسی در خوشه‌ی کهکشانی سنبله (Virgo) با قدر ظاهری $26/3$ و دوره‌ی تناوب P برابر با ۲۰ روز قرار دارد. با استفاده از نمودار زیر تخمین بزنید که این خوشه در چه فاصله‌ای از ما قرار دارد.

۱۹) اگر مثلث تابستانی را فلشی در نظر بگیریم که ستاره‌ی وگا در نوک آن قرار گرفته است، این فلش به سمت کدام صورت فلکی اشاره می‌کند؟

الف) هرکول ب) قیفاووس ج) ذات‌الکرسی د) قوس

۲۰) چه مدت طول می‌کشد تا فاصله‌ی بین دو کهکشان به اندازه‌ی ۱۰٪ افزایش یابد. (از تغییر پارامتر هابل چشم‌پوشی کنید).

الف) ۱۴ میلیارد سال ب) ۲۸ میلیارد سال ج) ۷ میلیارد سال د) ۱/۴ میلیارد سال

۲۱) بعد خورشید در روز ۳۱ فروردین به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

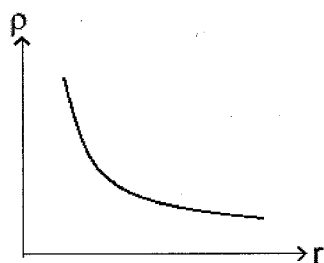
الف) $2/3 h$ ب) $1/9 h$ ج) $1/2 h$ د) $1/6 h$

۲۲) یک منجم تازه‌کار، تلسکوپ گالیله‌ای خود را وارونه به سمت ماه نشانه می‌رود. قرص ماه به طور کامل در این تلسکوپ دیده می‌شود. کدام یک از گزاره‌های زیر درست است؟

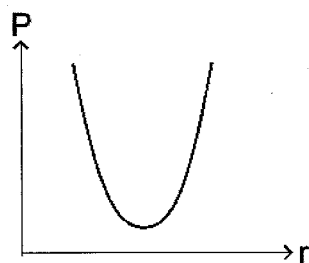
الف) مقدار بزرگ‌نمایی تلسکوپ وارونه می‌شود. ب) تصویر ماه بزرگ‌تر دیده می‌شود.

ج) وارونگی تلسکوپ هیچ تاثیری در تصویر ماه ندارد. د) تصویری تشکیل نمی‌شود.

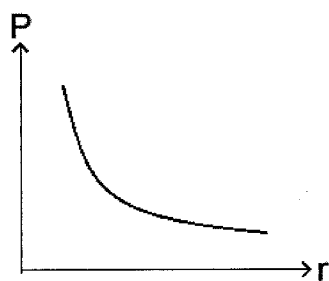
۲۳) نمودار تغییر چگالی در یک ناحیه کوچک در سطح ستاره‌ای به صورت زیر است. اگر دما در این ناحیه تقریباً ثابت باشد و از تقریب گاز ایده‌آل برای پلاسمای این ناحیه استفاده کنیم، کدام شکل تغییر درست فشار در این ناحیه را نشان می‌دهد.



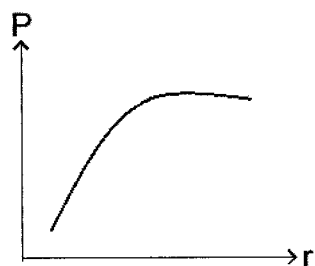
ب)



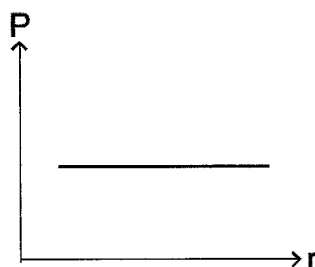
الف)



د)



ج)



- (۲۴) خوشه‌های کهکشانی مجموعه‌ای از حدود ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کهکشان هستند که تحت تأثیر نیروی گرانش گرد هم آمده‌اند. فضای خوشه از گازی پر شده است که جرم آن معمولاً هم‌رتبه با جرم کهکشان‌های آن است. به کمک قضیه‌ی ویرال دمای یک خوشه‌ی کهکشانی را تخمین بزنید.
- الف) 10^7 K (ب) 10^2 K (ج) 10^{14} K (د) 3 K

- (۲۵) ستاره‌ای که ۱۰ برابر خورشید جرم دارد، تقریباً چند سال عمر می‌کند؟

الف) $10^7 \times 3 \text{ سال}$ (ب) $10^{13} \times 3 \text{ سال}$ (ج) $10^6 \times 3 \text{ سال}$ (د) $10^{12} \times 3 \text{ سال}$

- (۲۶) کدامیک از پدیده‌های زیر با مشاهدات امروزی بشر در تناقض نیست؟

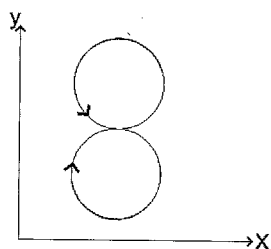
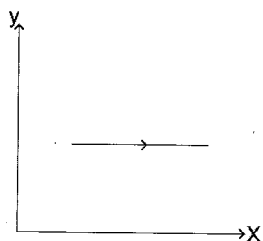
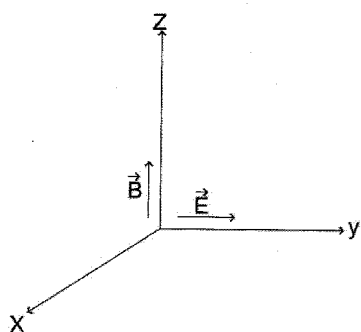
الف) سیاره‌ای که در آن ساعت‌های نوع متعارف، به عقب بازمی‌گردند.

ب) سیاره‌ای که بدون حضور عامل خارجی ناگهان منفجر شود.

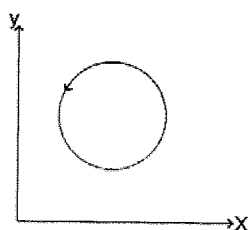
ج) سیاره‌ای که در آن ماه و خورشید گرفتگی همزمان رخ دهد.

د) ستاره‌ی رشته‌ی اصلی که منبع انرژی آن شکافت هسته‌ای باشد.

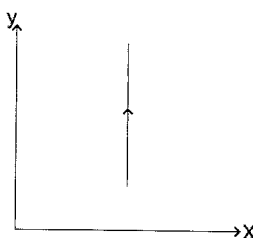
- (۲۷) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ثابت غیر صفری مطابق شکل وجود دارند. اگر یک ذره‌ی باردار در صفحه‌ی $x-y$ حرکت کند، کدام گزینه مسیر ممکن برای حرکت ذره را نشان می‌دهد؟



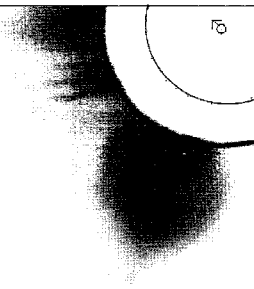
- الف) (ب)



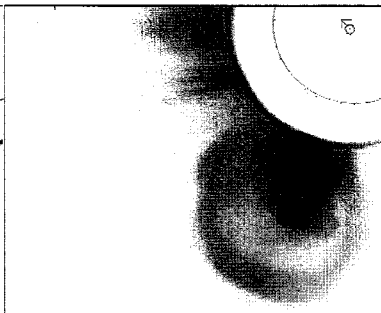
- ج) (د)



(۲۸) CME پدیده‌ای است که در آن مقدار زیادی ماده از سطح خورشید به بیرون پرتاب می‌شود. در شکل‌های زیر یکی از این رویدادها در دو زمان GMT ۱۱:۵۴ و GMT ۱۲:۱۵ است. لبه‌ی این حباب گازی تقریباً با چه سرعتی از خورشید دور می‌شود؟ (دایره‌ی درونی، مکان تقریبی خورشید را نشان می‌دهد)



11:54



12:15

(د) $10^9 \frac{m}{s}$

(ج) $10^7 \frac{m}{s}$

(ب) $10^3 \frac{m}{s}$

(الف) $10^5 \frac{m}{s}$

(۲۹) اوج بارش شهابی شلیاکی سال ۱۳۸۸ در چه ماهی خواهد بود؟

(د) اردیبهشت

(ج) آبان

(ب) تیر

(الف) خرداد

(۳۰) ماموریت ماهواره‌ی SOHO بررسی کدام جرم منظومه‌ی شمسی است؟

(د) زهره

(ج) مشتری

(ب) خورشید

(الف) تیتان

مسئله‌های کوتاه

پاسخ غلط در این قسمت نمره‌ی منفی ندارد. در این مسئله‌ها باید پاسخ را به صورت نماد علمی وارد پاسخ‌نامه کنید. در نماد علمی عدد به شکل $\pm a \times 10^n$ نوشته می‌شود که n عددی صحیح است و $1 \leq a < 10$.

ابتدا مسئله را حل کنید و پاسخ را بر حسب واحد خواسته شده (مثلاً ثانیه، درجه، کیلو پارک و ...) به دست آورید؛ سپس آن را به شکل نماد علمی بنویسید و عدد a را تا دو رقم اعشار گرد کنید. بدیهی است، اگر در صورت سوال پاسخ تا یک رقم خواسته شده باشد، رقم دوم اعشار صفر خواهد بود. در آخر، آن را به روشی که در شکل توضیح داده شده است وارد پاسخ‌نامه کنید.

مثلاً فرض کنید که پاسخ مسئله، عدد 0.04587 است، نماد علمی این عدد 4.587×10^{-2} است. بنابراین عدد a پس از گرد شدن تا دو رقم اعشار، برابر 4.59 و عدد n ، -2 است. شما باید پاسخ خود را در پاسخ‌نامه، در محلی که شکل آن در زیر آمده است وارد کنید. به این ترتیب که ابتدا علامت عدد 4.59 ، یعنی $+$ را در اولین مربع سمت چپ بنویسید. سپس عدد 4.59 را در سه مربع مربوط به این عدد وارد کنید، رقم 4 را در مربع اول و ارقام 5 و 9 را به ترتیب در مربع دوم و سوم. برای n ، یعنی -2 ، سه مربع جداگانه وجود دارد. در اولین مربع سمت چپ، علامت -2 ، یعنی $-$ را وارد کنید. در دو مربع دیگر، از چپ به راست به ترتیب رقم دهگان و یکان، یعنی 0 و 2 را بنویسید.

عدد صحیح توان				علامت	
				-	

رقم اعشار		رقم صحیح		علامت	

+
4
/
5
9
× 10

(۱) ناظری در حال رصد دنباله‌داری است که از فاصله‌ای دور به منظومه‌ی شمسی نزدیک می‌شود. وقتی دنباله‌دار در فاصله‌ی 100 AU از خورشید قرار دارد، اندازه‌ی سرعت آن $\frac{m}{s} 7200$ است. اگر دنباله‌دار در دام میدان گرانش خورشید نیافتد، مسیر خود را در امتداد خط راستی طی می‌کند که کمترین فاصله‌اش از خورشید 40 AU خواهد بود. اما دنباله‌دار تحت تاثیر میدان گرانشی مسیرش تغییر می‌کند. خروج از مرکز مدار دنباله‌دار چقدر است؟

(۲) فرض کنید تلسکوپی به قطر $6/5$ متر و نسبت کانونی ۱۱ به یک دوربین CCD، که هر پیکسل آن $15 \mu m$ طول و عرض دارد، متصل شده است. جرمی با قطر یک ثانیه قوسی بر روی این CCD چه مساحتی در واحد پیکسل مربع در برمی‌گیرد؟

(۳) دو سیاره‌ی کوچک تحت تاثیر گرانش یک ستاره، با دوره‌ی تناوب یکسان، به‌گرد آن در حال گردش‌اند، مسیر حرکت سیاره‌ی A دایره‌ای به شعاع R و مسیر حرکت سیاره‌ی B بیضی با خروج از مرکز $\frac{1}{3}$ است. مدارهای این دو سیاره یک‌دیگر را در دو نقطه قطع می‌کنند. هنگامی که سیاره‌ی B در یکی از نقاط تقاطع قرار دارد سیاره‌ی A را در مقارنه می‌بیند. سیاره‌ی B بدون عبور از اوجش به نقطه‌ی تقاطع دیگر دو مدار می‌رسد. سیاره‌ی A در این مدت چند درجه جابه‌جا شده است؟

(۴) ناظری در عرض جغرافیایی 30° درجه‌ی شمالی در انتظار طلوع ستاره‌ای با میل 10° درجه در زمانی مشخص چشم به افق دوخته است. در فاصله‌ی 20 km از ناظر، کوهی به ارتفاع 4800 m قرار دارد به‌طوری‌که او در لحظه‌ی طلوع قادر به دیدن ستاره نیست. چند ساعت پس از زمان طلوع، ستاره درست در نوک قله دیده می‌شود. (پاسخ را تا یک رقم اعشار محاسبه کنید).

(۵) فرض کنید ستاره‌ای با قدر ظاهری $10/83 = m_v$ و شاخص رنگی $B-V = 0/64$ و ستاره‌ی دیگری با قدر ظاهری $11/9 = m_v$ و شاخص رنگی $B-V = 0/81$ منظومه‌ی دوتایی تشکیل داده‌اند. در تصویری که از این منظومه‌ی دوتایی غیرگرفتی، ثبت شده است، دوتایی غیر قابل تفکیک است. شاخص رنگی این دوتایی چقدر است؟

(۶) در طول یک شب رصدی، ارتفاع و قدر ظاهری یک ستاره در چهار نوبت اندازه‌گیری و در جدول زیر داده شده است. با توجه به اینکه بین قدر ظاهری و جرم هوا رابطه‌ی خطی برقرار است، قدر ظاهری ستاره خارج از جو زمین چقدر است؟

M	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۸۲
a	35°	45°	55°	65°

(۷) اگر خوشه‌ای از کهکشان‌ها با انتقال به سرخی برابر با $0/3$ دارای جرمی معادل با $10^{14} \times 6 M_\odot$ باشد، با استفاده از قضیه‌ی ویرال، قطر زاویه‌ای این خوشه را برای ناظر زمینی تخمین بزنید. فرض کنید سرعت متوسط کهکشان‌ها در خوشه برابر با $\frac{\text{km}}{s} 1000$ است و کهکشان‌ها به طور همگن در خوشه توزیع شده‌اند.

(۸) اگر ستاره‌ی A با میل 4° درجه از دید ناظری که در عرض جغرافیایی 30° درجه‌ی شمالی قرار دارد در ارتفاع 60° درجه باشد، ستاره‌ی B با میل 5° درجه از دید همان ناظر در حال طلوع است. بُعد ستاره‌ی A و B حداقل چند ساعت تفاوت دارد؟

(۹) ضخامت اپتیکی، τ ، به شکل $L = L_0 e^{-\tau}$ تعریف می‌شود. اگر در یک هوای مه گرفته، خورشید با روشنایی ماه کامل در آسمان شب بر ما بتابد، ضخامت اپتیکی مه چقدر است؟