

دفترچه سؤالات مرحله اول

شانزدهمین المپیاد نجوم و اخترفیزیک

سال برگزاری	تعداد سؤالات	زمان پاسخ‌گویی
۱۳۹۸	۱۰+۲۴	۲۱۰ دقیقه

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب مجاز است.

- ۱- کد دفترچه‌ی سؤالات شما ۱ است. این کد را در محلّ مربوط روی پاسخ‌نامه با مداد پر کنید. در غیر این صورت پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد. توجه داشته باشید کد دفترچه‌ی سؤالات شما که در زیر هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است، یکی باشد.
- ۲- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه‌ی برگه‌های دفترچه‌ی سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هر گونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
- ۳- یک برگ پاسخ‌نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در بالای پاسخ‌نامه را با مداد مشکی بنویسید.
- ۴- برگه‌ی پاسخ‌نامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محلّ مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه‌ی مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
- ۵- پاسخ درست هر سؤالات تستی ۳ نمره مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد. هر مسئله کوتاه ۶ نمره مثبت دارد.
- ۶- همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت، و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ماشین حساب و لپ‌تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلّب محسوب خواهد شد.
- ۷- شرکت‌کنندگان در دوره‌ی تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه‌ی دهم و یازدهم انتخاب می‌شوند.
- ۸- داوطلبان نمی‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند. (دفترچه باید همراه پاسخ‌نامه تحویل داده شود).



ثوابت فیزیکی و نجومی

مقدار		کمیت
$6,67 \times 10^{-11}$	$m^3 s^{-2} kg^{-1}$	ثابت جهانی گرانش G
$3,00 \times 10^8$	ms^{-1}	سرعت نور c
$5,67 \times 10^{-8}$	$W m^{-2} K^{-4}$	ثابت استفان - بولتزمن σ
$9,46 \times 10^{15}$	kg	جرم الکترون m_e
$9,46 \times 10^{15}$	m	سال نوری Ly
$3,09 \times 10^{16}$	m	پارسک pc
$1,50 \times 10^{11}$	m	واحد نجومی $r_{earth} = AU$
$1,99 \times 10^{30}$	kg	جرم خورشید M_{\odot}
$6,96 \times 10^8$	m	شعاع خورشید R_{\odot}
$3,85 \times 10^{26}$	W	درخشندگی خورشید L_{\odot}
1362	$W m^{-2}$	ثابت خورشیدی f_{\odot}
$3,85 \times 10^{26}$	W	درخشندگی خورشید L_{sun}
4,83		قدر مطلق خورشید
-26,7		قدر ظاهری خورشید
0,39	AU	نیم قطر بزرگ مدار عطارد
2,8	AU	نیم قطر بزرگ مدار زهره
2,8	AU	نیم قطر بزرگ مدار سیارک سرس
71492	km	شعاع مشتری
60268	km	شعاع زحل
$5,97 \times 10^{24}$	kg	جرم زمین M_{\oplus}
6380	km	شعاع زمین R_{\oplus}
2,73	K	دمای تابش زمینه کیهانی در زمان حال T_{\circ}

گوس $10^4 = 1$ تسلا



محاسبات و نکته‌های مهم





۱- مسیر ظاهری سالانه خورشید (دایره البروج) از چند صورت فلکی می‌گذرد؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۱۲ (۳) ۸۸ (۴) ۱۳

۲- می‌دانیم که ضریب مقیاس در زمان برابری ماده و تابش تقریباً برابر 10^{-4} بوده است. دمای تابش زمینه کیهانی یا همان دمای کیهان در این زمان برابر است با:

- (۱) $2,73$ (۲) 2730 (۳) 27300 (۴) $2,73 \times 10^{-4}$

۳- ستاره‌ای در لبه خارجی یک کهکشان به شعاع 10^5 هزار پارسک با سرعت 250 کیلومتر بر ثانیه به دور کهکشان می‌چرخد. جرم کهکشان بر حسب کیلوگرم به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

- (۱) 10^{50} (۲) 10^{25} (۳) 10^{36} (۴) 10^{41}

۴- کدام یک از سیارک‌های زیر از همه کوچک‌تر است؟

- (۱) وستا (۲) پالاس (۳) سرس (۴) جونو

۵- ستاره‌های کم جرم همانند خورشید در پایان عمر خود به غول‌های قرمز بزرگی به ابعاد حدود یک واحد نجومی تبدیل خواهند شد. در مرکز این ستاره‌ها هسته‌ای از جنس کربن و در اطراف آن پوسته‌ای از هلیوم و در اطراف پوسته هلیومی، پوسته‌ای از هیدروژن همه در حال همجوشی هسته‌ای هستند. منبع اصلی انرژی در این ستاره‌ها همجوشی کدامیک از عناصر زیر است؟

- (۱) کربن (۲) هلیوم (۳) هیدروژن (۴) سیلیسیوم

۶- کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

(۱) در دوره تورم شتاب انبساط عالم مثبت است.

(۲) در اثر پدیده سانیف زلدوویچ دمای تابش زمینه کیهانی در خوشه‌های کهکشانی حتماً کاهش می‌یابد.

(۳) هم اکنون در دوره‌ای از عمر عالم هستیم که همچون دوره تورم، شتاب عالم مثبت است.

(۴) گزینه‌های ۱ و ۳ هر دو درستند.



محاسبات و نکته‌های مهم



۷- از گذشته‌های دور انسان‌ها با دقت خوبی می‌دانسته‌اند که زمین تخت نیست و کروی شکل است. پیشینیان ما با کدامیک از روش‌های زیر، پی به کروی بودن سیاره زمین نبرده بودند؟

- (۱) ماه گرفتگی‌ها (۲) اندازه سایه شاخص (۳) افت افق (۴) روش اراتسین

۸- کدامیک از روش‌های زیر در فاصله‌سنجی، برای اندازه‌گیری فاصله کهکشان‌های گروه محلی تا ما، پر کاربردتر است؟

- (۱) اختلاف منظر (۲) قانون هابل
(۳) متغیرهای قیفاووسی (۴) ابرنواختران نوع Ia

۹- دو ستاره با شعاع‌های یکسان دارای تابندگی‌های متفاوت‌اند؛ اگر قدر ظاهری ستاره سردتر در آسمان ما کمتر باشد، کدام گزینه درست است؟ (از جذب میان ستاره‌ای صرف نظر کنید)

- (۱) ستاره سردتر حتماً به ما نزدیک‌تر است. (۲) ممکن است ستاره سردتر یا داغ‌تر به ما نزدیک‌تر باشد.
(۳) ستاره داغ‌تر حتماً به ما نزدیک‌تر است. (۴) چنین امکانی اصلاً وجود نخواهد داشت.

۱۰- دستگاهی از واحدها را در نظر بگیرید که در آن واحد اندازه‌گیری زمان یک سال زمینی و واحد اندازه‌گیری طول، فاصله متوسط زمین تا خورشید یا یک واحد نجومی است. مقدار کمیت $G(M+m)$ در این دستگاه چقدر خواهد بود. G ثابت گرانش، M جرم خورشید و m جرم زمین است.

- (۱) $1,33 \times 10^{20}$ (۲) ۳۹,۴۸ (۳) ۱ (۴) قابل تعیین نیست

۱۱- اگر شیب یک خط در یک نمودار به صورت تانژانت زاویه‌ای که خط با محور افقی می‌سازد، تعریف شود (زاویه در جهت پاد ساعت‌گرد، از محور افقی تا خط اندازه‌گیری می‌شود). شیب خطوط هم شعاع در نمودار هرتزپرونگ-راسل (HR) چقدر است؟ خطوط هم شعاع، مکان هندسی ستاره‌هایی در نمودار HR هستند که شعاع یکسان دارند.

- (۱) ۴ (۲) -۴ (۳) ۲ (۴) بی‌نهایت



محاسبات و نکته‌های مهم



۱۲- کدام سیاره اگر به جای ناهید قرار می گرفت در هنگام گذر، کسوف کامل از زمین دیده می شد؟

- (۱) زحل (۲) مشتری (۳) گزینه ۱ و ۲ (۴) هیچ کدام

۱۳- ستاره‌ای از نوع رشته اصلی با جرم خورشید را در نظر بگیرید که با دوره تناوب 30 روز به دور خود می چرخد. این ستاره در پایان عمر خود تبدیل به یک کوتوله سفید خواهد شد. اگر نسبت شعاع ستاره با شعاع کوتوله سفید 100 باشد و فرض کنیم در تمامی عمر ستاره جرم آن ثابت بماند، دوره تناوب کوتوله سفید چقدر خواهد بود؟

- (۱) 260 ثانیه (۲) 30 روز (۳) کمتر از 1 ثانیه (۴) 10 روز

۱۴- ستاره‌ای را در نظر بگیرید به جرم M و شعاع R . به کمک معادله تعادل هیدرواستاتیک می توانیم نشان دهیم که فشار در این ستاره با $\frac{M^2}{R^4}$ متناسب است. اگر به همین روش دمای ستاره را تخمین بزنیم، دمای مرکزی با کدام گزینه متناسب خواهد بود؟

- (۱) $\frac{M^2}{R^2}$ (۲) MR (۳) $\frac{M}{R}$ (۴) $\frac{M^2}{R^4}$

۱۵- در کدامیک از گزینه‌های زیر، ابیراهی‌های تلسکوپ همراه با نحوه برطرف کردنشان درست نوشته نشده است؟

(۱) ابیراهی آستیگمات: از آینه ثانویه محدب یا مقعر استفاده می کنند.

(۲) ابیراهی رنگی: از عدسی‌های آکروماتیک و آپوکروماتیک استفاده می کنند.

(۳) ابیراهی کروی: از آینه‌های سهموی و یا هذلولی استفاده می کنند.

(۴) ابیراهی گیسو یا کما: از تیغه‌های اشمیت و یا ماکستوف استفاده می کنند.

۱۶- دوره تناوب سیاره ناهید به دور خورشید 225 روز و دوره چرخش آن به دور خودش 243 روز و تمایل مداری آن 177 درجه است. طول یک شبانه‌روز خورشیدی در سیاره زهره به کدام عدد نزدیک تر است.

- (۱) 12 (۲) 225 (۳) بی نهایت (۴) 117



محاسبات و نکته‌های مهم



۱۷- از جمله ذرات باد خورشیدی، ذرات بتا یا الکترون‌های حاصل از یونیزاسیون در سطح خورشید هستند که با سرعت 350 کیلومتر بر ثانیه به استوای زمین می‌رسند و از طریق میدان مغناطیسی $3/0$ گاوسی کمرندهای وان آلن به صورت مارپیچی به نواحی قطبی راه یافته و سبب پدیده شفق‌های قطبی می‌شوند. شعاع دایره‌ای که این ذرات به شکل فنروار طی می‌کنند چقدر است؟

- (۱) 7 کیلومتر (۲) 7 متر (۳) 7 سانتی‌متر (۴) 7 میکرومتر

۱۸- برخی محاسبات نشان‌دهنده برخوردی عظیم میان کهکشان‌های راه شیری و آندرومدا در حدود 4 میلیارد سال دیگر است و این دو اکنون با سرعت 110 کیلومتر بر ثانیه در حال نزدیک شدن به یکدیگرند. تخمین بزنید احتمال برخورد رودرروی خورشید با ستاره ای از کهکشان آندرومدا در کهکشان نهایی تولید شده (که احتمالاً نامی به صورت Milkmeda یا Milkdromeda خواهد داشت!) چقدر خواهد بود؟

- (۱) 10^{-22} (۲) 10^{-12} (۳) 10^{-7} (۴) 10^{-2}

۱۹- پارامتر فرید به طور میانگین ابعاد محدوده‌ای از هوا در جو زمین است که ضریب شکست را در آن محدوده می‌توان ثابت فرض کرد. اگر پارامتر فرید در یک رصدگاه 10 سانتی‌متر باشد، قدرت تفکیک یک تلسکوپ 1 متری با قدرت تفکیک تلسکوپی با چه دهانه‌ای (برحسب سانتی‌متر) برابر خواهد بود؟

- (۱) 122 (۲) $1,22$ (۳) $2,44$ (۴) 10

۲۰- در تلسکوپ‌های بزرگ معمولاً جریان بادی با سرعت ثابت بر روی آینه اولیه ایجاد می‌کنند. به نظر شما علت این امر چیست؟

(۱) جلوگیری از نشستن گرد و غبار بر روی آینه و کاهش کیفیت تصویر

(۲) کاهش ابیراهی رنگی ناشی از پراش در لبه‌های آینه اولیه

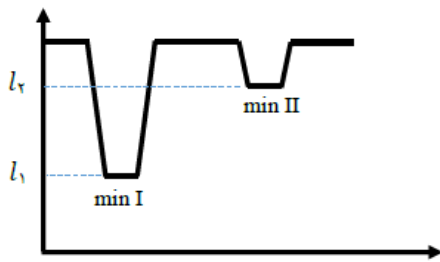
(۳) کاهش اثرات ناشی از پستی بلندی‌های به وجود آمده بر روی سطح آینه به علت مشکلات پولیش

(۴) کاهش اثر پارامتر دید آینه (Seeing)



محاسبات و نکته‌های مهم





۲۱- منحنی نوری یک ستاره متغیر نموداری است که محور افقی آن زمان و محور عمودی آن روشنایی ظاهری ستاره است. شکل مقابل منحنی نوری یک ستاره دو تایی گرفتی را نشان می‌دهد. در این منحنی دو کمینه یا مینیمم دیده می‌شود در کمینه اول (min I) ستاره کوچک‌تر در پشت ستاره بزرگ‌تر قرار دارد در این حالت روشنایی کل دوتایی l_1 است. در کمینه دوم (min II) ستاره کوچک‌تر در مقابل ستاره بزرگ‌تر قرار گرفته است. در این حالت

روشنایی کل l_2 است. اگر نسبت $\frac{l_2}{l_1}$ برابر دو باشد. نسبت $\frac{R_s}{R_b}$ چقدر است؟ شعاع ستاره کوچک‌تر و R_b شعاع ستاره بزرگ‌تر است. فرض کنید دمای ستاره کوچک‌تر دو برابر دمای ستاره بزرگ‌تر باشد.

- (۱) $\frac{\sqrt{15}}{4}$ (۲) $\frac{1}{\sqrt{15}}$ (۳) $\frac{1}{2}$ (۴) $\frac{1}{4}$

۲۲- اثرات جذب میان ستاره‌ای در کهکشان راه شیری، روی نور دریافتی از کدامیک از کهکشان‌های زیر بیشتر خواهد بود؟

- (۱) M۶۴ (۲) M۸۷ (۳) NGC۲۵۳ (۴) NGC۸۹۱

۲۳- مدت طمان بین الطلوعین نجومی، از هنگامی است که خورشید 18° زیر افق شرقی قرار دارد (اقامه اذان صبح) تا آن زمان که قرص آن از شرق طلوع می‌کند و زمان آدای نماز صبح نیز در همین بازه است. برای ناظری در شهر تهران با عرض جغرافیایی 35.5° شمالی در کدامیک از روزهای سال مدت زمان بین الطلوعین نجومی طولانی‌تر است؟

- (۱) اعتدال بهاری (۲) انقلاب تابستانی (۳) اعتدال پاییزی (۴) انقلاب زمستانی

۲۴- آبرخوشه کهکشان سنبله با شعاعی در حدود 2.2 مگاپارسک، دارای 1500 عضو و جرمی در حدود 10^{15} برابر جرم خورشید است. سرعت هر یک از کهکشان‌ها را حدود چند کیلومتر بر ثانیه به دست می‌آورید؟

- (۱) ۱۰۰ (۲) ۱۰۰۰ (۳) ۱۰۰۰۰ (۴) ۱۰



محاسبات و نکته‌های مهم



مسئله‌های کوتاه

پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه، توضیحات زیر را با دقت بخوانید. در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (متر، کیلوپارسک، ثانیه قوسی و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، به دست آورید. پاسخ معمولاً یک عدد یک رقمی یا دو رقمی صحیح است. سپس خانه‌های 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 بزیند. اگر پاسخ عدد یک رقمی شد، فقط در رقم یکان علامت بزیند و رقم دهگان را صفر بزیند یا خالی بگذارید.

دهگان	یکان
○	○
●	●
○	○
○	○
○	○
○	○
○	○
○	○
○	○
○	○

مثال: فرض کنید سرعت یک دنباله‌دار برحسب کیلومتر بر ثانیه خواسته شده است و شما مقدار آن را 11.2 kms^{-1} محاسبه کرده‌اید. ابتدا باید این عدد را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا ۱۱ به دست آید. سپس مطابق شکل مقابل، آن را در پاسخنامه وارد کنید. ثوابت فیزیکی و نجومی در ابتدای برگه سؤالات داده شده‌اند. در حل مسئله‌ها فقط از این ثوابت استفاده کنید. اعداد باید تنها یک بار و آن هم در انتهای حل هر مسئله گرد شوند. اگر مرتبه بزرگی جواب از شما خواسته شده بود، پس از محاسبه پاسخ، ابتدا آن را به شکل نماد علمی یعنی $a \times 10^b$ در آورید و b را در پاسخنامه کنید. دقت کنید که در این حالت $1 \leq a < 10$ و b مرتبه بزرگی است. مثلاً یک واحد نجومی یعنی $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ در نظر بگیرید. مرتبه بزرگی این عدد ۱۱ است.

توجه:

مسئله‌های کوتاه نمره منفی ندارند. امسال نمره مسئله‌های کوتاه فقط در مرحله اول تأثیر دارد و نمره مرحله دو مثال سال‌های قبل فقط از روی برگه‌های مرحله دو تعیین می‌شود. از سال آینده نمره مسئله‌های کوتاه مرحله اول در تعیین کف قبولی مرحله دوم مؤثر خواهند بود.



محاسبات و نکته‌های مهم



مسئله‌های کوتاه

۱- سیاره‌ای فراخورشیدی با استفاده از تکنیک عبور، یافته شده است. مشاهدات دقیق معلوم کرده که این سیاره تا ۰.۰۰۰۱ قدر، نورانیت ستاره مادرش را افزایش داده است. اگر این ستاره در نمودار هرتسپرونگ راسل دقیقاً در مکان خورشید ما قرار گرفته باشد و اختلاف منظری در حدود ۰.۰۱ ثانیه داشته باشد، قطر سیاره چند هزار کیلومتر است (قطر سیاره در یکای هزار کیلومتر چه عددی است)؟

۲- در یک جسم سیاه نسبت چگالی انرژی تابشی به فشار تابش چقدر است؟

۳- سیارکی در مداری به شکل هذلولی به دور خورشید می‌چرخد. فاصله حضيض سیارک ۱۵ واحد نجومی است. اگر نیم قطر بزرگ هذلولی ۵ واحد نجومی باشد، خروج از مرکز مدار سیارک چقدر خواهد بود؟

۴- اختلاف منظر ستاره‌ای از نظر رصدگری که روی سیارک سرس زندگی می‌کند ۰.۲ ثانیه قوسی است. فاصله این ستاره چند پارسک است؟

۵- اگر دمای یک گاز را ۱۰۰ برابر کنیم، سرعت میانگین ذرات آن چند برابر می‌شود؟ در اینجا منظور از سرعت میانگین ریشه دوم میانگین مجذور سرعت یا v_{rms} است.

۶- برای یک سیارک خارجی (سیارکی که فاصله آن از خورشید در تمامی نقاط از یک واحد نجومی بیشتر است) دوره تناوب هلالی و نجومی با هم برابرند. دوره تناوب هلالی این سیارک چند سال زمینی است؟



محاسبات و نکته‌های مهم





۷- دو سیاره A و B با شعاع‌های R_A و R_B و فواصل $r_A = 15 \text{ AU}$ و $r_B = 3 \text{ AU}$ از ستاره‌ای به درخشندگی L به درو آن، در مدارهای کاملاً دایره‌ای می‌گردند. قدر سیاره A از نظر ناظر ساکن در سیاره B هنگامی که سیاره A در حالت مقارنه است m_A و قدر سیاره B از نظر ناظر ساکن در سیاره A هنگامی که سیاره B در حالت مقارنه علیا (بیرونی) است m_B می‌نامیم اگر $m_A = m_B$ باشد، نسبت $\frac{R_A}{R_B}$ چقدر است. مقارنه علیا یا بیرونی، مقارنه ایست که در آن فاصله سیاره B از سیاره A از r_A بزرگ‌تر باشد.

۸- ستاره‌ای را در نظر بگیرید که سرتاسر آن هم دماست (دمای همه نقاط ستاره یکسان است). اگر در این ستاره رابطه چگالی جرمی (ρ) با فاصله از مرکز (r) به شکل $\rho \propto r^{-n}$ باشد، n چقدر است.

۹- جهانی را در نظر بگیرید که در آن ضریب مقیاس، a به شکل زیر با زمان رابطه داشته باشد.

$$a = a_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{\frac{4}{5}}$$

که در آن t_0 و a_0 به ترتیب زمان حال و مقدار ضریب مقیاس در زمان حال است. در این جهان اندازه افق ذره در زمان حال چند برابر ct_0 خواهد بود؟

۱۰- طول حضیض زمین، زاویه حضیض مداری زمین تا نقطه اعتدال بهاری تعریف می‌شود. در صورتی که طی اختلالی، این زاویه برای مدار زمین که خروج از مرکز کوچک دارد تغییر کند، در بیشترین حالت طول بهار و تابستان چند روز از پاییز و زمستان بیشتر خواهد شد؟ (خروج از مرکز مدار زمین $e = 0.017$)



محاسبات و نکته‌های مهم

