



باسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملی پرورش استعداد های درخشان
معاونت دانش پژوهان جوان



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

دفترچه سؤالات مرحله اول سال ۱۴۰۰

هیجدهمین دوره المپیاد نجوم و اخترفیزیک

صبح - ساعت: ۹:۰۰

کد دفترچه: ۱

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

نام:

نام خانوادگی:

شماره صندلی:

استفاده از ماشین حساب مجاز است.

توضیحات مهم

۱. کد دفترچه شما ۱ است. این کد را در محل مربوط با مداد وارد کنید. در غیر این صورت پاسخ نامه شما تصحیح نخواهد شد.
۲. بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه برگه های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود 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 نکنید و تمیز نگه دارید، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
۵. در سوال های چهارگزینه ای هر پاسخ درست ۳ نمره مثبت و هر پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد. در مسأله های کوتاه هر پاسخ درست ۶ نمره مثبت و پاسخ نادرست نمره منفی ندارد.
۶. شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش آموزان پایه دهم و یازدهم انتخاب می شوند.
۷. داوطلبان نمی توانند دفترچه سؤالات را با خود ببرند. (دفترچه باید همراه پاسخ نامه تحویل داده شود).

ثوابت فیزیکی و نجومی

مقدار	کمیت	
$6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$	ثابت جهانی گرانش	G
$3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$	سرعت نور	c
$5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$	ثابت استفان-بولتزمن	σ
$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$	جرم الکترون	m_e
$1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$	الکترون ولت	eV
$9.46 \times 10^{15} \text{ m}$	سال نوری	ly
$3.09 \times 10^{16} \text{ m}$	پارسک	pc
$1.50 \times 10^{11} \text{ m}$	واحد نجومی	AU
$1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$	جرم خورشید	$M_{\odot}$
$6.96 \times 10^8 \text{ m}$	شعاع خورشید	$R_{\odot}$
$3.85 \times 10^{26} \text{ W}$	درخشندگی خورشید	$L_{\odot}$
5777 K	دمای موثر سطح خورشید	$T_{\odot}$
4.83	قدر مطلق خورشید	
-26.8	قدر ظاهری خورشید	
0.39 AU	نیم قطر بزرگ مدار عطارد	
0.72 AU	نیم قطر بزرگ مدار زهره	
71492 km	شعاع مشتری	
60268 km	شعاع زحل	
$5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$	جرم زمین	$M_{\oplus}$
6380 km	شعاع زمین	$R_{\oplus}$
$69 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$	ثابت هابل	H_0

1- از دید ناظری که در فاصله 100 پارسی از ما قرار دارد، فاصله زاویه‌ای بین زمین و خورشید، چند ثانیه قوس است؟

- (1) 100 (2) 1 (3) 0.01 (4) 10

2- کدام عدد به سن خورشید نزدیکتر است؟

- (1) 10 میلیون سال (2) 5 میلیارد سال (3) 20 میلیارد سال (4) 1 میلیارد سال

3- کدام گزینه درست است؟

- (1) سیارات دورتر کندتر حرکت می‌کنند. (2) سیارات نزدیکتر خاکی هستند.
(3) سیارات پرجرم تر کندتر حرکت می‌کنند. (4) هر سه درست است.

4- ادوین هابل در اوایل قرن بیستم برای اولین بار با مشاهده سرعت دور شدن کهکشان‌ها مقدار ثابت هابل را تقریباً $H_0 = 550 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ به دست آورد. با فرض ثابت بودن H_0 ، سنی که فیزیکدانان در آن زمان برای کل عالم تخمین می‌زدند در چه حدودی بود؟

- (1) 2 میلیارد سال (2) 20 میلیون سال (3) 10 میلیارد سال (4) 100 میلیارد سال

5- کدام رده طیفی از همه سردتر است؟

- (1) B (2) G (3) M (4) F

6- مشاهدات کیهانی نشان می‌دهد که عالم از سه جزء اصلی ماده روشن، ماده تاریک و انرژی تاریک تشکیل شده است. اگر بخواهیم این سه را به ترتیب نزولی از نظر چگالی در زمان حال مرتب کنیم، کدام گزینه درست خواهد بود؟

- (1) ماده روشن، ماده تاریک، انرژی تاریک (2) انرژی تاریک، ماده روشن، ماده تاریک
(3) انرژی تاریک، ماده تاریک، ماده روشن (4) ماده روشن، انرژی تاریک، ماده تاریک

7- اگر قدر مطلق و قدر ظاهری یک ستاره با هم برابر باشند:

- (1) ستاره از نوع رشته اصلی است (2) وجود چنین ستاره‌ای غیر ممکن است
(3) فاصله ستاره 10 پارسک است (4) درخشندگی ستاره = درخشندگی خورشید

8- کدام دسته از ستاره‌های متغیر زیر، از انواع متغیرهای ذاتی نیستند؟

- (1) δ -قیفاووسی‌ها (2) β -شلیاقی‌ها
(3) RR-شلیاقی‌ها (4) متغیرهای بلند دوره از نوع Mira

9- با توجه به ویژگی های گفته شده برای چهار مورد از اجرام آسمانی در جدول زیر، دیدن کدامیک در شب های رصدی دشوارتر است؟

نوع جرم سماوی	قدر مجموع ظاهری	قدر سطحی (قدر بر دقیقه قوس مربع)	اندازه ظاهری (دقیقه قوسی)
سحابی گسترده	+5.5	+14	60
کهکشان	+10	+12.5	6
سحابی سیاره نما	+9	+9	1
خوشه ستاره ای	+6	+10	25

(1) سحابی گسترده (2) سحابی سیاره نما (3) کهکشان (4) خوشه ستاره ای

10- دو ستاره یکسان به علت تفاوت در فاصله و جذب میان ستاره ای از دید ما 4 واحد اختلاف قدر دارند. اگر دو ستاره دقیقاً هم راستا باشند و نسبت فاصله آنها تا ما نیز 4 باشد، میزان جذب نور برای ستاره دورتر چند برابر ستاره نزدیکتر است؟

(1) اطلاعات مسئله کافی نیست (2) 10 برابر
(3) 4 برابر (4) 2.5 برابر

11- در کدامیک از گزینه های زیر در عکاسی نجومی، ابزار مناسب بکار نرفته است؟

(1) برای ثبت بارش های شهابی – عدسی Fish-eye
(2) برای عکاسی از تاج خورشیدی در کسوف – عدسی های Tele-zoom
(3) برای ثبت جزئیات دهانه های ماه – استفاده از تلسکوپ های با نسبت کانونی کمتر
(4) برای عکاسی از نوار راه شیری – عدسی های Wide

12- دو ناظر در دو شهر با عرض جغرافیایی یکسان قرار دارند. این دو ناظر درمی یابند که کمترین فاصله این دو شهر از هم برابر کمترین فاصله هر کدام از این شهرها از قطب شمال زمین است. حداقل عرض جغرافیایی این ناظرها چقدر می تواند باشد؟

(1) صفر درجه (2) 30 - (3) 60 - (4) 90 -

13- در شهری با عرض جغرافیایی 18 درجه شمالی زمانی که قطب شمال دایرة البروج طلوع می کند، زمان نجومی چقدر است؟

(1) $3^h 13^m$ (2) $8^h 46^m$ (3) $15^h 13^m$ (4) $20^h 46^m$

14- رصدگران در حال رصد سیارات منظومه شمسی بودند که دریافتند زهره و عطارد هر دو در بیشترین کشیدگی غربی خود هستند. کدام یک از دو سیاره زودتر به حالت مقارنه می‌رسد؟

(1) زهره

(2) عطارد

(3) هر دو با هم می‌رسند.

(4) اینکه کدام زودتر برسد وابسته به تاریخ رصد اولیه است.

15- رصدگران در حال بررسی یک سیاره فراخورشیدی با جرم 1.6 جرم زمین هستند که در مداری دایروی با شعاع 2.1 واحد نجومی به دور ستاره مرکزی خورشیدگون در حال گردش است. این منظومه کمی غبار یکنواخت دارد که باعث می‌شود نیروی بازدارنده به شکل $F = \alpha v^2$ به سیاره وارد شود که در آن α یک ثابت و v سرعت مداری سیاره است. اگر بعد از یک دوره تناوب منجمان متوجه شوند که فاصله سیاره تا ستاره مرکزی 0.05 واحد نجومی کاهش داشته است، مرتبه ثابت α در واحد SI در چه حدودی خواهد بود؟

(1) 10^6 (2) 10^8 (3) 10^{10} (4) 10^{12}

16- میزان انرژی تولید شده در درخشش‌های پرتو گاما (GRB) بر حسب ژول به کدام عدد نزدیکتر است؟

(1) 10^5 (2) 10^{10} (3) 10^{20} (4) 10^{50}

17- آینه تلسکوپ فضایی جیمز وب چند برابر از آینه تلسکوپ هابل بزرگتر است؟

(1) 1 (2) 4.6 (3) 1.4 (4) 2.7

18- کدام دو صورت فلکی با هم مرز مشترک ندارند؟

(1) اژدها و جاثی
(2) اسد و تازی‌ها
(3) چلباسه و قیفاووس
(4) عقرب و مارافسای

19- خروج از مرکز مدار زمین به دور خورشید $e = 0.0167$ است. از نظر ناظر زمینی، وقتی زمین در حضیض مدار خود است، خورشید چند قدر نسبت به زمانی که زمین در اوج است روشن تر دیده می‌شود؟

(1) 0.04 (2) 0.4 (3) 0.07 (4) 0.7

-20 در یک خوشه ستاره ای عجیب 1 ستاره با قدر 1، 2 ستاره با قدر 2، 3 ستاره با قدر 3، و ... N ستاره با قدر N داریم که N عددی بسیار بزرگ است. قدر ظاهری خوشه چقدر است؟

- (1) -0.1 (2) -2.8 (3) -1.4 (4) 0.4

-21 یک دوتایی شامل یک ستاره رشته اصلی خورشیدگون با قدر ظاهری -0.15 و یک کوتوله سفید با قدر ظاهری 8.5 است. اگر شعاع کوتوله سفید 0.01 برابر شعاع ستاره رشته اصلی باشد، دمای سطحی کوتوله سفید چند کلوین است؟

- (1) 5800 (2) 7900 (3) 2320 (4) 23200

-22 در نمودار هرتسپرونگ-راسل، محورهای عمودی و افقی به این ترتیب معرفی می شوند: $X = -A \times \log(T) + B$ و $Y = C \times \log(L) + D$. دقت کنید که ضریب لگاریتم در مولفه افقی منفی است. ضریب زاویه خطوط هم‌شعاع چقدر است؟

- (1) $-\frac{4C}{A}$ (2) $-\frac{A}{C}$ (3) $-\frac{A}{4C}$ (4) $-\frac{2C}{A}$

-23 تلسکوپ فضایی جیمز وب در ماه های آینده در نقطه دوم لاگرانژی در فاصله $1.5 \times 10^6 km$ از زمین قرار خواهد گرفت. برای محافظت از آینه تلسکوپ از تابش خورشید، تعدادی صفحه محافظتی به ابعاد $21 \times 14 m^2$ زیر تلسکوپ نصب شده است. نسبت نیروی گرانشی که از طرف زمین و خورشید به تلسکوپ وارد می شود به نیروی تابشی خورشید که به محافظ وارد می شود از چه مرتبه ای است؟ جرم کل سیستم تلسکوپ 6.2 تن است.

- (1) 1 (2) 10^2 (3) 10^4 (4) 10^6

-24 در حال رصد دو کهکشان با قرمز گرایی های z_1 و z_2 و فاصله زاویه ای θ هستیم قرمز گرایی کهکشان 1 از دیدگاه کهکشان 2 چه مقداری است؟

$$z_1 \sqrt{1 - 2 \frac{z_2}{z_1} \cos \theta + \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^2} \quad (2) \quad z_1 + z_2 \quad (1)$$

$$\sin \theta \sqrt{z_1^2 + z_2^2} \quad (4) \quad \sqrt{z_1^2 + z_2^2} \quad (3)$$

-25 میل خورشید در زمان حضیض زمین چقدر است؟

- (1) -15.2 (2) 5.2 (3) -22.7 (4) 13.4

26- در شب‌های رصد می‌توانیم با مقیاس کردن دست با فواصل زاویه ای آسمان، عرض جغرافیایی، ساعت و فاصله زاویه ای دو ستاره را تخمین بزنیم. خطاهای این تخمین بسته به دقت مقیاس کردن و اندازه زاویه مورد اندازه گیری متفاوت است. دانش پژوهی مطابق شکل زیر دست خود را مقیاس کرده و با تعدادی اندازه گیری و میانگین گیری خطای آن مقیاس ها را محاسبه کرده است. با توجه به انواع مقیاسی که در اختیار دارد، می‌تواند یک زاویه را به شیوه‌های مختلفی اندازه‌گیری کند. کمترین خطای ممکن اندازه گیری زاویه 107° برای این دانش پژوه چقدر است؟



$1^\circ \pm 0.2^\circ$ $5^\circ \pm 0.9^\circ$ $10^\circ \pm 1.2^\circ$ $20^\circ \pm 1.5^\circ$

8.8° (4) 3.5° (3) 4.6° (2) 5.2° (1)

27- سالانه بیش از 10 میلیون تن زباله پلاستیکی وارد اقیانوس‌ها می‌شود. زباله‌های پلاستیکی بیش از 80 درصد زباله‌های ریخته شده در اقیانوس‌ها را تشکیل می‌دهند و خطر بزرگی برای آبزیان هستند. گاهی جانوران در میان زباله‌ها گیر می‌کنند و گاهی با خوردن زباله از مسمومیت جان می‌دهند. اگر نرخ ریخته شدن زباله‌های پلاستیکی ثابت بماند، حدوداً چند سال طول می‌کشد تا در اقیانوس‌ها جزیره‌ای متشکل از پلاستیک با مساحت ایران و ارتفاع 1 سانتی‌متر ایجاد شود؟ (چگالی زباله را $10 \frac{kg}{m^3}$ در نظر بگیرید.)

1000 (4) 100 (3) 10 (2) 1 (1)

28- در روز اعتدال بهاری مسیر نوک سایه شاخص 1 متری در شهری با عرض جغرافیایی 66.5 درجه شمالی چه شکلی می‌سازد؟

(1) قطاعی از دایره (2) سهمی (3) هذلولی (4) خط

29- تلسکوپ فضایی جیمز وب وقتی دقیقاً در نقطه L_2 قرار دارد از سمت الراس کدام یک از شهرهای زیر عبور خواهد کرد؟ (عدد داخل پرانتز عرض جغرافیایی شهر است)

(1) تهران (36) (2) پاریس (49) (3) قاهره (30) (4) صنعا (15)

30- دو برج مخابراتی با ارتفاع 500 متر در زمینی مسطح در فاصله 100 کیلومتری از هم قرار گرفته‌اند. مساحت مشترک تحت پوشش این دو برج چند کیلومتر مربع است؟

2500 (4) 250 (3) 5000 (2) 500 (1)

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، ثانیه‌ی قوسی و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، به‌دست آورید. پاسخ معمولاً یک عدد یک رقمی یا دورقمی 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 پاسخ نامه علامت بزنید. اگر پاسخ عدد یک رقمی شد، فقط در رقم یکان علامت بزنید و رقم دهگان را صفر بزنید یا خالی بگذارید.

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

مثال: فرض کنید سرعت یک دنباله دار 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 11 بدست آید. سپس مطابق شکل مقابل، آن را در پاسخنامه وارد کنید. ثوابت فیزیکی و نجومی در ابتدای برگه‌ی سوالات 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 مرتبه‌ی بزرگی جواب از شما خواسته شده بود، پس از محاسبه‌ی پاسخ، ابتدا آن را به شکل نماد علمی یعنی $a \times 10^b$ درآورید و b را در پاسخنامه وارد کنید. دقت کنید که در این حالت $1 \leq a < 10$ و b مرتبه‌ی بزرگی است. مثلاً یک واحد نجومی یعنی $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ را در نظر بگیرید. مرتبه‌ی بزرگی این عدد 11 است.

قاعده گرد کردن بدین گونه است که اگر نتیجه به دست آمده از حل مسئله 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 Δ کوچکتر یا مساوی 0.5 باشد $A = XX$ و اگر Δ بزرگتر از 0.5 باشد $A = XX + 1$ در نظر گرفته خواهد شد.

1- می‌دانیم تلسکوپ فضایی جیمز-وب حول نقطه لاگرانژی L_2 در فاصله 1.5 میلیون کیلومتری از زمین و پشت به خورشید قرار دارد؛ اگر این تلسکوپ دقیقاً به نقطه L_2 برود و مستقیم به خورشید نگاه کند، شاهد چند درصد گرفت حلقوی از آن خواهد بود؟

2- در سال 2017 ایلان ماسک طرحی برای سفرهای بین شهری توسط راکت ارائه کرد. با استفاده از راکت و حرکت بر روی یک مدار مدت زمان سفرها به شدت کوتاه‌تر می‌شود. اگر مسیر یکی از سفرها بر روی مداری بیضوی با نیم قطری برابر شعاع زمین و $e = \frac{1}{3}$ باشد، مدت زمان این سفر را به دقیقه محاسبه کنید و در پاسخنامه علامت بزنید.

3- فرکانس خط جذبی H_γ چند درصد از فرکانس خط جذبی H_β بیشتر است؟

4- در ابتدای دی ماه سال گذشته، شاهد "مقایسه بسیار نزدیک" دو سیاره مشتری و زحل در آسمان زمین بودیم. اگر شعاع مداری این دو سیاره به ترتیب 5.2 و 9.6 واحد نجومی باشد، این پدیده چند سال یک بار تکرار می‌شود؟

-5 جرم سکون الکترون 511 کیلو الکترون ولت، جرم سکون پروتون 938 مگا الکترون ولت و تفاوت جرم نوترون و پروتون 0.0014 برابر جرم پروتون است. در فرایند واپاشی نوترون اگر 75% انرژی آزاد شده توسط الکترون حمل شود، سرعت الکترون چند درصد از سرعت نور است؟

-6 کهکشان راه شیری ترکیبی از قرص (یک صفحه استوانه ای به شعاع 15 کیلو پارسک و ضخامت 300 پارسک) و یک برآمدگی مرکزی (یک کره به شعاع 4 کیلو پارسک) است. جرم کهکشان صد میلیارد برابر جرم خورشید است. چگالی متوسط کهکشان چند مرتبه بزرگی از چگالی بحرانی کیهان بزرگتر یا کوچکتر است؟ (مثلا اگر چگالی 100 برابر باشد، 2 مرتبه بزرگی، بزرگتر است و اگر 0.001 برابر باشد، 3 مرتبه بزرگی، کوچکتر است.)

-7 ماهواره‌ای را عمود بر صفحه دایرة البروج و به سمت اوج مدارش به دور خورشید پرتاب می‌کنیم. این ماهواره تا فاصله 4.2 واحد نجومی در اوج خود از صفحه دایره البروج دور می‌شود. مدت زمانی که طول می‌کشد تا ماهواره دوباره مدار زمین را قطع کند، چند درصد از دوره تناوب مداری اش است؟

-8 در شکل زیر که نقشه جهان را نشان می‌دهد دو نقطه A و B مشخص شده‌اند. فاصله این دو نقطه به فاصله تهران با کدام یک از نقاط مشخص شده در شکل نزدیک‌تر است؟
(عرض جغرافیایی تهران: 36 درجه شمالی طول جغرافیایی تهران: 52 درجه شرقی)

