



باسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
سازمان ملی پرورش استعدادهای 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 ۱۳۹۹

هفدهمین دوره المپیاد نجوم و اخترفیزیک

صبح - ساعت: ۰۹:۰۰

کد دفترچه: ۱

مدت آزمون (دقیقه)	تعداد سؤالات	
	پاسخ کوتاه	چهار گزینه ای
۱۵۰	۸	۲۰

شماره صندلی:

نام خانوادگی:

نام:

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. توجه کنید کد دفترچه سؤالات شما که در زیر هر یک از صفحه های 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 همه برگه های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول 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 مسئول 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 چهار گزینه 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. همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه و لپ تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.
۷. شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش آموزان پایه دهم و یازدهم انتخاب می شوند.
۸. داوطلبان نمی توانند دفترچه سؤالات را با خود ببرند. (دفترچه باید همراه پاسخ نامه تحویل داده شود).
۹. در صورتی که به هر دلیل مثل قطعی برق و خرابی دستگاه تکثیر و... آزمون با تأخیر شروع شد به همان اندازه، شما وقت اضافه خواهید داشت.

کلیه حقوق این سؤالات برای سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان محفوظ است.

آدرس سایت اینترنتی: www.ysc-sampad.medu.ir

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
$9.46 \times 10^{15} \text{ m}$	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	$L_{\odot}$
1362 W m^{-2}	ثابت خورشیدی	$F_{\odot}$
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	
$1.90 \times 10^{27} \text{ kg}$	جرم مشتری	
$5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$	جرم زمین	$M_{\oplus}$
6380 km	شعاع زمین	$R_{\oplus}$
656.28 nm	طول موج خط H_{α}	
$23^{\circ}.4$	تمایل مداری زمین	ε

توجه:

در این آزمون مسئله های کوتاه نمره منفی ندارند. امسال نمره مسئله های کوتاه علاوه بر مرحله اول در محاسبه نمره نهایی و کف قبولی مرحله دوم موثر خواهند بود.

1- ستاره های T- ثوری در چه مرحله ای از تحول خود هستند؟

- (1) رشته اصلی (2) غول ها (3) پیش رشته اصلی (4) کوتوله سفید

2- می دانیم فاصله سنجی اجرام نجومی روش های مختلفی دارد که اصطلاحاً به مجموع این روش ها نردبان فاصله گفته می شود. در کدام گزینه محدوده معمول فاصله یابی برای هر روش به درستی آمده است؟

- (1) اختلاف منظر مثلثاتی: 1 پارسک تا 1 کیلوپارسک / متغیرهای قیفاووسی: 100 پارسک تا 10 کیلوپارسک
(2) ابرنواخترهای نوع یک: 1 کیلوپارسک تا 1 مگاپارسک / استفاده از رادار: کمتر از 1 واحد نجومی تا 10 پارسک
(3) سحابی های سیاره نما: 1 مگاپارسک تا 1 گیگاپارسک / اختلاف منظر مثلثاتی: 1 کیلوپارسک تا 1 مگاپارسک
(4) متغیرهای قیفاووسی: 100 پارسک تا 10 مگاپارسک / ابرنواخترهای نوع یک: 100 کیلوپارسک و بالاتر

3- در کدام حالت تمامی ساختارهایی که می شناسیم از هم خواهند گسست؟ (Ω_M پارامتر چگالی انرژی تاریک است)

- (1) $\frac{d\Omega_M}{dt} = 0$ (2) $\frac{d\Omega_M}{dt} > 0$
(3) $\frac{d\Omega_M}{dt} < 0$ (4) هیچ نیروی قادر به شکست ساختارهای اتمی و زیراتمی نیست.

4- در چه صورت دمای زمین 10 درجه کاهش می یابد؟ (آلبدوی زمین یا ضریب بازتاب آن 0.3 است، محاسبات بدون در نظر گرفتن اثرات جو زمین انجام شود).

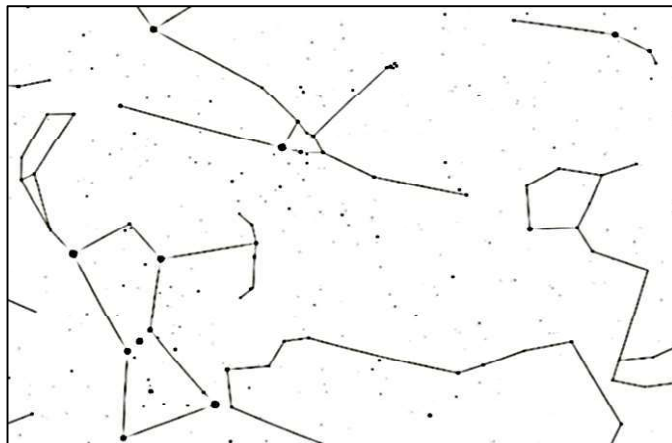
- (1) قرار گرفتن در مدار دایروی با تکانه زاویه ای 2٪ بیشتر
(2) قرار گرفتن در مدار دایروی با تکانه زاویه ای 2٪ کمتر
(3) 0.1 آلبدو افزایش یابد
(4) 0.1 آلبدو کاهش یابد

5- با توجه به اجرام سماوی مختلف، کدام یک از اجرام زیر اندازه کوچکتری دارد؟

- (1) سیارات مشتری گون داغ (2) کوتوله های سفید (3) کوتوله های قرمز (4) کوتوله های قهوه ای

6- معبد آپسالا (Uppsala) معبد مقدس قوم وایکینگ بوده است که اکنون در کشور سوئد و در عرض جغرافیایی 60 درجه واقع شده است. یکی از رسوم سالیانه قوم وایکینگ ها در روزی برگزار می شد که مدت زمان سیاهی آسمان (تاریکی کامل) و روشنی آسمان برابر باشد. این اتفاق در چه روزی اتفاق می افتد؟

- (1) 1 مهر (2) 1 آبان (3) 1 آذر (4) 1 دی



7- گیلگمش حماسه کهن سومری است که حدود 4000 سال پیش به خط میخی بر روی لوحه‌های گلی نوشته شده است. بسیاری از محققان بر این باورند این متن نه داستان حماسی یک پادشاه بزرگ، بلکه بزرگداشت حرکت تقدیمی ستارگان در پهنه آسمان است. در متن این داستان می‌خوانیم که گیلگمش (صورت فلکی جبار)، گاو آسمانی (ثور) را می‌کشد و پس آن دوره حمل آغاز می‌شود. قبل از کشتن گاو، گیلگمش می‌بایست بر نگهبان او، هومبابا (خوشه‌ی پروین)، پیروز شود.

فرض کنید در آسمان، گیلگمش با استفاده از تیر و کمان قصد کشتن هومبابا را داشته باشد. او تیری به سمت سر قیطس پرتاب می‌کند تا تیر بازتاب شده به نگهبان برخورد کند. مسیری که نوک تیر طی می‌کند تا به هومبابا برخورد کند حدوداً چند درجه است؟ (هنگام پرتاب، نوک تیر درست روی کمان قرار دارد.)

75 (4)

60 (3)

45 (2)

30 (1)

8- فضانوردی روی ماه ایستاده است و یک سیب در دست دارد. در داخل سیب، یک کرم وجود دارد که لباس فضانوردی مخصوص کرم‌ها را پوشیده است. فضانورد سیب را با سرعت بسیار زیادی رو به بالا پرتاب می‌کند به گونه‌ای که سیب از ماه دور می‌شود. بعد از لحظه‌ای که سیب از دست فضانورد جدا شد:

- 1) کرم احساس بی‌وزنی دارد.
- 2) کرم احساس سنگینی دارد.
- 3) کرم در ابتدا که سیب هنوز به ماه نزدیک است احساس سنگینی دارد، ولی وقتی که به اندازه کافی از ماه دور شد احساس بی‌وزنی دارد.
- 4) بستگی به سرعت پرتاب دارد.

9- اگر گاز و غبارهای میان ستاره‌ای در کهکشان راه شیری همگن و جذب آنها به ازای پرتوهای فرابنفش 5 برابر بیشتر از پرتوهای مرئی باشد، با فرض اینکه همه ستارگان کاملاً یکسان و با پخش‌شدگی یکنواخت باشند، در فیلتر V چند برابر بیشتر از فیلتر U می‌توان ستاره دید؟ (فرض کنید شدت تابش این ستارگان در همه طول موج‌ها یکسان است)

1.8 (4)

11 (3)

110 (2)

1800 (1)

10- در یک سامانه دوتایی طیف‌سنجی، دامنه جابجایی خطوط طیفی هر دو ستاره یکسان و برای خطوط H_{α} حدود 0.2 نانومتر است. اگر فاصله این دو مؤلفه رشته اصلی از هم یک واحد نجومی باشد، مکان قرارگیری آنها بر روی نمودار هرتسپرونگ - راسل در کدام بخش است؟

- 1) محدوده کوتوله‌های سفید
- 2) ستاره‌های رده طیفی M و K
- 3) ستاره‌های رده طیفی F و G
- 4) ستاره‌های رده طیفی B و O

11- از بارش‌های شهابی پرشمار سال، بارش شهابی ربیعی یا Quadrantids در دی‌ماه هر سال است. اما اکنون صورت فلکی‌ای در آسمان به این نام وجود ندارد و در میان دیگر صور فلکی به اشتراک گذاشته شده است. در کدام گزینه صورت‌های فلکی دربرگیرنده بخش‌هایی از آن، به درستی اشاره شده است؟

- 1) دب اکبر - اژدها - گاوران - هرکول
- 2) دب اکبر - ذات‌الکریسی - اژدها - قیفاووس
- 3) مارافسای - میزان - عقرب
- 4) نهر - ققنوس - توکان - مار آبی

12- تلسکوپ فضایی جیمز وب (جانشین تلسکوپ فضایی هابل در سال جاری میلادی) پس از پرتاب به فضا در نقطه لاگرانژی L_2 مستقر خواهد شد. طبق برنامه قرار است این تلسکوپ حول این نقطه نوسان کند. کدام یک از گزینه‌های زیر دلیل چنین نوسانی نیست؟

- (1) به علت کار روی امواج فروسرخ ناشی از دورترین کهکشان‌ها، لازم است در نیم‌سایه زمین قرار گیرد.
- (2) برای شارژ باتری‌های خود، نیاز به تابیده شدن نور خورشید دارد.
- (3) امکان دسترسی آسان‌تر، چنانچه در ابتدا مشکلاتی در تصویربرداری داشته باشد.
- (4) قرارگیری در دماهای کمتر (40 تا 50 کلوین) برای کیفیت تصویر بهتر.

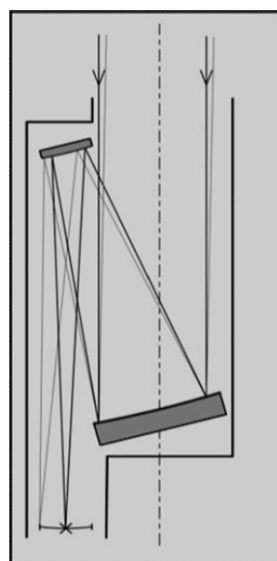
13- تلسکوپ 3.4 متری رصدخانه ملی ایران دارای کانون کاسگرین و فاقد تیغه اشمیت است. تصویر این تلسکوپ کجا تشکیل می‌شود؟

- (1) پشت آینه اولیه
- (2) جلوی آینه ثانویه
- (3) بین آینه اولیه و آینه ثانویه
- (4) طرفین تلسکوپ

14- کدام سیاره بیشترین نوسان دما را در طول یک شبانه‌روز دارد؟

- (1) تیر
- (2) ناهید
- (3) بهرام
- (4) کیوان

15- در مدلی جدید از تلسکوپ‌ها که شیفس پیگلر (Schiefspiegler در زبان آلمانی به معنای مَورَب است) نامیده می‌شوند، همان‌گونه که در تصویر دیده می‌شود آینه ثانویه جلوی آینه اولیه را نخواهد گرفت و زاویه‌دار بودن هردوی آنها باعث می‌شود که نور ورودی بدون مانعی به سمت عدسی چشمی هدایت شده و تصویر تشکیل شود.



بنظر شما اینکار کدام یک از اثرات زیر را ایجاد نمی‌کند؟

- (1) مقدار پراش نور که به خاطر وجود آینه ثانویه و بازوهای نگهدارنده آن ایجاد می‌شد را کاهش می‌دهد.
- (2) باعث سد نشدن بخشی از نور ورودی و روشنائی بیشتر در تصویر نهایی می‌شود.
- (3) تضاد نوری در جزئیات افزایش یافته و مناسب برای مشاهدات عوارض ماه و دیگر سیارات است.
- (4) اثرات گما و آستیگماتیسم در تصویر با توجه به نحوه قرارگیری آینه‌ها کاهش می‌یابد.

16- فرض کنید شما ناظری در یک سیاره فراخورشیدی، در حال رصد مشتری و خورشید هستید. از مشاهدات خود دوره تناوب چرخش مشتری به دور خورشید را 11.86 سال به دست آورده‌اید. حداکثر جابه‌جایی خط H_{α} هیدروژن که در طیف خورشید به دلیل چرخش مشتری به دور آن به وجود می‌آید چند نانومتر است؟

- (1) 3.9×10^{-4} (2) 2.7×10^{-5} (3) 5.5×10^{-5} (4) 1.1×10^{-4}

17- کدام یک از اتفاقات زیر می‌تواند منشأ درخشش پرتوهای گاما (GRB) باشد؟

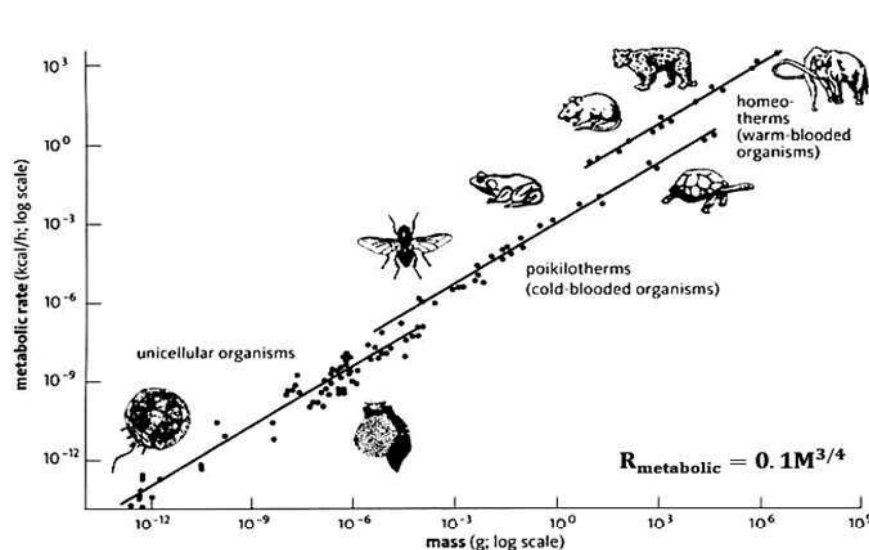
- (1) مه‌بانگ (2) برخورد دو ستاره نوترونی
(3) انفجار ابرنواختران نوع II (4) کواذاری که در هسته فعال کهکشانی قرار دارد.

18- لیلا، شیرین و بهار بر روی سطح زمین به ترتیب در مختصات‌های $(\varphi, 0)$ و $(\varphi, 120)$ و $(\varphi, 240)$ قرار دارند. در یک لحظه هر سه با سرعت ثابت و برابر و در کوتاه‌ترین مسیر شروع به حرکت می‌کنند به این صورت که لیلا همواره به سمت شیرین حرکت می‌کند و شیرین همواره به سمت بهار حرکت می‌کند و بهار نیز همواره به سمت لیلا ... راجع به عرض جغرافیایی آنها در نهایت می‌توان گفت :

- (1) آنها حتماً در قطب به هم می‌رسند
(2) آنها همواره در عرض جغرافیایی مشخصی به دور هم می‌چرخند
(3) با توجه به مقدار φ آنها ممکن است به قطب برسند یا نه
(4) فاصله زاویه‌ای آنها همواره در حال کم شدن است

19- بیشترین سرعت زاویه‌ای که از مشتری می‌توانیم ببینیم در چه نقطه‌ای از مدار آن اتفاق می‌افتد؟

- (1) مقابله (2) مقارنه (3) اقامت‌ها (4) تربیع‌ها



1 kcal/h = 1.162 watts

20- قانون توانی قانونی بسیار عجیب است؛ بسیاری از پدیده‌ها در طبیعت پارامترهایی دارند که به صورت توانی به هم مربوط می‌شوند که البته هنوز برای بسیاری از این روابط توضیح نظری به دست نیامده است. ماکس کلیپر زیست‌شناس، رابطه‌ای میان نرخ سوخت و ساز حیوانات و جرم آنها به دست آورده است که نمودار مشاهدات وی را

می‌بینید. محور افقی جرم بر حسب گرم و محور عمودی آهنگ سوخت و ساز بر حسب کیلوکالری بر ساعت است. گونه‌ای آدم فضایی آدم‌خوار در زمین پیدا شده‌اند؛ هر آدم فضایی آدم‌خوار بالغ، به طور متوسط هر پنج روز یک انسان متوسط را خوراک خود می‌کند. با این فرض که سوخت و ساز بدن این آدم فضایی نیز از قانون کلیپر پیروی می‌کند. تخمین بزنید جرم این گونه آدم فضایی چند کیلوگرم است.

صرفاً جهت اطلاع، هر 100 گرم خوراک حیوانی شامل استخوان و چربی و ماهیچه و ... حاوی 200 کیلوکالری است.

- (1) 30 (2) 3×10^3 (3) 3×10^5 (4) 3×10^7

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.

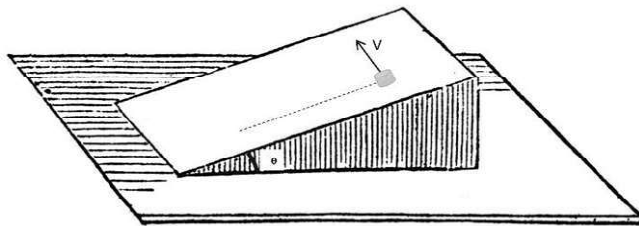
یکان	دهگان
0	0
●	●
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

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 شده اند. 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 $1.5 \times 10^{11} m$ را در نظر بگیرید. مرتبه‌ی بزرگی این عدد 11 است.

1. اگر قرار باشد کره‌ای به شعاع مدار سیاره زمین را پر از خورشید کنیم، مرتبه‌ی بزرگی تعداد خورشیدهای مورد نیاز چند است؟

2. اگر جرم و شعاع يك ستاره در لحظه دو برابر شوند، دمای مرکز ستاره چند برابر می‌شود؟

3. مکعبی روی سطح شیب‌داری با زاویه θ قرار گرفته است. ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و مکعب برابر $\mu = \tan(\theta)$ است. به جسم ضربه‌ی اولیه‌ای (مطابق شکل زیر) وارد می‌کنیم تا شروع به حرکت کند. ضربه در راستای افقی (راستای عمود بر مسیر مستقیم سطح شیب‌دار) وارد شده و سرعت اولیه در این راستا برابر V است. بعد از مدتی طولانی، سرعت مکعب چند درصد سرعت اولیه است؟

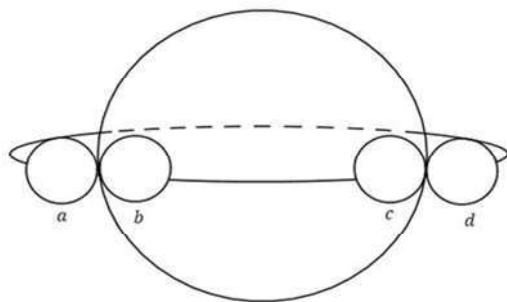


4. تلسکوپ رادیویی آرسیبو (*Arecibo Telescope*) که قطری به اندازه 305 m دارد، در سال 1963 میلادی (1342 شمسی) ساخته شد و امسال در تاریخ 1 دسامبر 2020 (11 آذر 1399 شمسی) پس از 57 سال فرو ریخت و دچار آسیب شدیدی شد. معمولا در تلسکوپ‌های رادیویی، توان دریافت شده در تلسکوپ را برای راحتی بیشتر برحسب dB بیان می‌کنند که رابطه‌ی آن به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$P(dB) = -10 \log(P(\text{watt}))$$

کمترین توانی که تلسکوپ آرسیبو می‌توانست اندازه بگیرد 108.24 dB بود. کهکشان $M87$ در فاصله 60 میلیون سال نوری از ما در صورت فلکی سنبله قرار دارد. اگر توان کل اندازه‌گیری شده از این کهکشان در بازه طول موج رادیویی توسط تلسکوپ آرسیبو 200 برابر بیشتر از کمینه توانی باشد که این تلسکوپ می‌تواند اندازه بگیرد، مرتبه بزرگی درخشندگی گسیل شده از کهکشان $M87$ در این بازه طول موج چقدر است؟

5. یکی از راه‌های کشف سیارات فراخورشیدی، بررسی روشنائی ظاهری ستاره‌ی مادر است. هنگامی که سیاره از جلوی ستاره مادر خود عبور می‌کند، سبب کاهش روشنائی ظاهری آن می‌شود. در شکل زیر مدار یک سیاره فراخورشیدی را که زاویه تمایل مداری آن $i = 90^\circ$ است، می‌بینید. با بررسی منحنی نوری ستاره مادر جدول زیر تهیه شده است که در آن موقعیت a را مبدا زمانی گرفته‌ایم و سایر مقادیر جدول زمان گذشته از این موقعیت هستند. با توجه به اطلاعات داده‌شده، 1000 برابر بیش‌ترین تغییر قدر ظاهری ستاره چقدر است؟



t_a	0
t_b	34.32 days
t_c	171.11 days
t_d	205.43 days

6. می‌خواهیم فضاپیمایی را از سطح زمین برای بررسی سطح خورشید بفرستیم به این صورت که فضاپیما بسیار به سطح خورشید نزدیک شود ولی داخل آن نرود. می‌خواهیم برای داده‌گیری بیشتر از خورشید مسیر حرکت فضاپیما به گونه‌ای طراحی شده باشد که در نزدیکی سطح خورشید کمترین سرعت ممکن را داشته باشد. این سرعت حداقل چقدر است؟ (چند برابر سرعت مداری زمین است؟)

7. فرض کنید 4 ماهواره استوایی مخابراتی داریم که همگی در یک مدار به دور زمین می‌چرخند. مدار این ماهواره‌ها به گونه‌ای است که سطح قابل رویت آن‌ها بر روی زمین هیچ همپوشانی ای ندارند ولی مجموعا سطح قابل مشاهده آن‌ها در این حالت بیشینه است. (یعنی در بیشترین ارتفاعی هستند که هم پوشانی نداشته باشند)

حساب کنید که نسبت ناظرانی که هیچ وقت هیچ یک از این ماهواره‌ها را نمی‌بینند به ناظرانی که در یک لحظه آن‌ها را نمی‌بینند چند درصد است. (فرض کنید ناظران به صورت یکنواخت بر روی زمین پخش شده‌اند.)

8. نخستین و تنها دیدار رستم و ته‌مینه در سمنگان ($l = 68.0^\circ$ و $\phi = 36.2^\circ$) در شاهنامه این چنین وصف شده است:

چونیم ز تیره شب اندر گذشت شب‌بانگ بر چرخ گردان بگشت

بیت را به این صورت معنی می‌کنیم که پیش از نیمه شب شب‌هانگ ($\alpha = 6\text{h } 46\text{m}$ و $\delta = -16^\circ 44'$) طلوع کرده و دقیقا در زمان نیمه شب، غروب می‌کند. با صرف نظر از حرکت تقدیمی زمین، این دیدار چند روز با نزدیک‌ترین نقطه اعتدال فاصله دارد؟