

هووالعلی

اولین آزمون آزمایشی مرحله اول

آذر 95



II TH IOAA TEAM  
I.R. IRAN

یازدهمین تیم جمهوری اسلامی ایران در المپیاد جهانی نجوم و اختر فیزیک

امیراحسان علیزاده	علی نادمی
امیرحسین ستوده فر	پریمه صفریان
زهرا فرهمند	شایان عزیزی
عباس فروزان نژاد	سینا بلوکی
عماد صالحی	علیرضا ملکی

## تذکرات:

- مدت آزمون 210 دقیقه میباشد
- این آزمون شامل 35 سوال 4 گزینه ای می باشد
- هر پاسخ درست سه نمره مثبت و هر پاسخ غلط یک نمره منفی دارد
- استفاده از ماشین حسابی که قابل برنامه ریزی باشد مجاز نمی باشد
- استفاده از جدول های نجومی،اطلس ها،تقویم های نجومی و آنالما ها مجاز نمی باشد
- کلید و نتیجه این آزمون را می توانید از طریق وبسایت [11thioaa.ir](http://11thioaa.ir) پیگیری کنید

### ثوابت نجومی و فیزیکی

$6.67 * 10^{-11} \frac{m^3}{Kg.s^2}$	ثابت جهانی گرانش	<b>G</b>
$5.67 * 10^{-8} \frac{W}{K^4.m^2}$	ثابت استفان بولتزمن	$\sigma$
$1.38 * 10^{-23} \frac{J}{K}$	ثابت بولتزمن	<b>k<sub>B</sub></b>
$1 * 10^{-34} Js$	ثابت پلانک کاهش یافته	$\hbar$
$3 * 10^8 \frac{m}{s}$	سرعت نور	<b>c</b>
$1.989 * 10^{30} Kg$	جرم خورشید	<b>M<sub>s</sub></b>
$6.96 * 10^8 m$	شعاع خورشید	<b>R<sub>s</sub></b>
$5.97 * 10^{24} Kg$	جرم زمین	<b>M<sub>e</sub></b>
6378 Km	شعاع زمین	<b>R<sub>e</sub></b>
$1.5 * 10^{11} m$	واحد نجومی	<b>A. U.</b>
$3.09 * 10^{16} m$	پارسک	<b>pc</b>
$9.46 * 10^{15} m$	سال نوری	<b>ly</b>
$3.85 * 10^{26} W$	درخشندگی خورشید	<b>L<sub>s</sub></b>
$73 \frac{Km}{s.Mpc}$	ثابت هابل	<b>H<sub>0</sub></b>
1.52 A.U.	شعاع مداری مریخ	<b>a<sub>m</sub></b>
3400 Km	شعاع میانگین مریخ	<b>R<sub>m</sub></b>
$1.674 * 10^{-27} kg$	جرم هیدروژن	<b>m<sub>H</sub></b>
35.5N, 51.5E	مختصات تهران	

1) موشکی در مدار بیضوی با نیم قطر اطول  $a$  و با خروج از مرکز  $e$  از تهران به سمت شمال پرتاب می شود. موشک هر لحظه از زمین عکس میگیرد و در هر عکس مساحتی از زمین قابل رویت است. زمانی که مساحت قابل رویت در عکس بیشینه میشود، موشک چه فاصله ای از مرکز زمین دارد؟ شعاع زمین:  $R_e$

الف)  $\frac{2a(1-e^2)}{2-e}$

ب)  $R_e$

ج)  $a(1+e)$

د)  $a$

2) در سیستم های گرانشی مانند ابر های هیدروژنی که در آن ها تولید ستاره انجام می شود ، یکی از راه های تولید انرژی انقباض گرانشی است و این تولید انرژی متناظر با یک درخشندگی است . فرض کنید این واقعه در مدت زمان سقوط آزاد گرانشی ( $t_{FF}$ ) ابر رخ می دهد . با دانستن آنکه دمای ابر در لحظه اول برابر با 20 کلوین باشد و درخشندگی ابر در این مدت ثابت باشد ، مقدار عددی درخشندگی ابر را بدست آورید ( فرض کنید از شعاع ثانویه ابر نسبت به شعاع اولیه آن می توان صرف نظر کرد . )

الف)  $6.9 \times 10^{24}$

ب)  $2.3 \times 10^{25}$

ج)  $2.3 \times 10^{24}$

د) اطلاعات مسئله کافی نیست .

3)  ${}_{13}^{26}Al$  به  ${}_{12}^{26}Mg$  با نیمه عمر 720000 سال واپاشی می کند. به چه مقدار از ماده ی فوق نیازمندیم تا در لحظه ی اول درخشندگی معادل یک لامپ 100w به دست آوریم؟

الف) 0.2

ب) 2

ج) 20

د) 200

4) غواصی در عرض جغرافیایی 36 درجه درون آب خورشید را یک بیضی با خروج از مرکز 0.21 مشاهده میکند. اگر ضریب شکست آب 1.34 باشد و سمت خورشید در آن لحظه 151 درجه غربی باشد تاریخ را بیابید.

الف) 30 اردیبهشت      ب) 30 دی      ج) 30 تیر      د) 30 آبان

5) در یک سیستم دوتایی نزدیک، مقدار ریزش جرم از ستاره سنگین تر روی ستاره سبک تر،  $10^{-9} M_{\text{sun}}/\text{yr}$  است. با فرض آنکه جرم دو ستاره، یک و دو برابر جرم خورشید باشد، نسبت تغییرات دوره تناوب به دوره تناوب مدار  $\dot{T}/T$  را در طول یک سال محاسبه کنید.

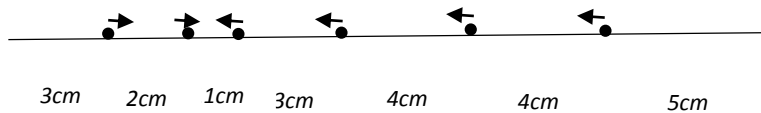
الف)  $7.5 \times 10^{-10}$

ب)  $2.5 \times 10^{-10}$

ج) 0.008

د) هیچکدام

6) 6 مورچه کوچک روی میله ای مطابق شکل زیر با سرعتهای برابر  $1 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$  درجهتهایی که روی شکل مشخص شده، شروع به حرکت میکنند. هرگاه دو مورچه به یکدیگر برخورد کنند جهت حرکت هر کدام برعکس میشود. پس از چه مدت زمانی میله خالی از مورچه میشود؟ (وقتی مورچه ها به انتهای میله میرسند از آنجا سقوط میکنند.)



د) هرگز میله خالی از مورچه

ج) 19 ثانیه

ب) 25 ثانیه

الف) 22.5 ثانیه

نمیشود

7) کدام یک از عوامل زیر باعث وجود سیارک های تراوایی می باشد؟

الف ( گرانش سیاره زحل

ب ( پایداری نقاط L4 و L5 لاگرانژی

ج ( تصحیحات نسبیتی قانون گرانش نیوتون

د) تعدا زیاد و پر جرم بودن این سیارک ها

8) "جارو فضایی" به ستارگانی با جرم زیاد گفته می شود که با سرعتی مقداری بیش تر از ستارگان اطراف در حال حرکت در دیسک کهکشانی هستند. اگر جرم یک جارو فضایی  $10 M_{\odot}$  و سرعت آن نسبت به ستارگان نزدیک حدود  $30 \text{ km/s}$  باشد در طول عمر رشته اصلی خود چند درصد از دیسک راه شیری را جارو خواهد کرد؟

الف)  $4.7 \times 10^{-7}$

ب)  $5.6 \times 10^{-6}$

ج)  $4.5 \times 10^{-5}$

د)  $3.4 \times 10^{-4}$

شعاع دیسک 25 کیلو پارسک

ضخامت دیسک 0.3 کیلو پارسک

9) نقاط اقامت برای سیارات نقاطی هستند که در آنها سیاره در آسمان ناظر، برای مدتی متوقف می شود و حرکتش معکوس می شود. به این حرکت معکوس سیارات در آسمان ناظر، حرکت رجعی می گویند. فرض کنید مسیر حرکت رجعی برای مریخ در آسمان ناظر در زمین کاملاً روی یک خط راست است، به این معنا که ناظر و مریخ، هر دو را در صفحه دایره البروج فرض کنید. از زمانی که مریخ در نقطه اولین اقامت قرار می گیرد تا نقطه دومین اقامت، ما به بررسی جرمی با قطر زاویه ای 2 ثانیه قوس در فاصله ای بسیار دور می پردازیم. جرم در همان محدود حرکت رجعی مریخ و در صفحه دایره البروج قرار دارد. اگر در یک زمان دلخواه بین زمان اولین اقامت تا دومین اقامت از جرم عکسی بگیریم، احتمال اینکه جرم مورد نظر در تصویر گرفته شده نباشد، چقدر است؟ (از تغییرات قطر زاویه ای مریخ نیز صرف نظر کنید.)

الف)  $1.3 * 10^{-5}$

ب)  $5.7 * 10^{-5}$

ج)  $1.95 * 10^{-5}$

د)  $1.6 * 10^{-4}$

بنابر مدل **Steady State** ، اصل کیهانشناختی ایده آل بیان می کند که علاوه بر همگنی و همسانگردی در مکان ، پارامتر های کیهان نسبت به زمان نیز همگن و همسانگرد باشند به این معنی که تغییر نکنند . با توجه به توضیحات بالا به دو سوال بعد پاسخ دهید :

10) سفینه ای را به سمت کهکشان **Glx 1313** می فرستیم که هم اکنون در فاصله  $5 \text{ Mpc}$  از ما قرار دارد اگر این سفینه با سرعت  $0.3 c$  به سمت این کهکشان حرکت کند ، پس از چه مدت به این کهکشان می رسد؟ ( از اثرات نسبیتی صرف نظر کنید . )

الف)  $100 \text{ Myr}$

ب)  $10 \text{ Myr}$

ج)  $54 \text{ Myr}$

د)  $5.4 \text{ Myr}$

11) این مدل پیش بینی می کند که کیهان تولید جرم دارد ! با فرض آنکه شعاع کیهان شعاع قابل مشاهده آن و چگالی کیهان مقدار چگالی حدی آن باشد ، میزان تولید جرم بر واحد زمان را برحسب جرم خورشید بر سال ( $M_{\text{sun}}/\text{yr}$ ) بدست آورید .

الف)  $10^{10}$

ب)  $10^{11}$

ج)  $10^{12}$

د)  $10^{13}$

12) جسمی به جرم  $m$  را روی سطح شیب‌داری به جرم  $M$  رها می‌کنیم و شروع به حرکت می‌کند. شتاب سطح شیب‌دار کدام است؟ (زاویه سطح شیب‌دار با افق  $\theta$  می‌باشد).

الف)  $\frac{mg}{(M+m)\tan\theta + M\cot\theta}$

ب)  $\frac{(m+M)g}{m\tan\theta + M\cot\theta}$

ج)  $(m+M)g \sin\theta$

د)  $(m+M)g \cos\theta$

13) دو ماهواره اطلاعاتی با شعاع مداری یکسان به اندازه 37000 کیلومتر به دور زمین در مدارهایی دایروی در گردش‌اند. یک ماهواره، ماهواره ای استوایی است و دیگری یک ماهواره نصف‌النهاری! (به این معنا که همواره در یک نصف‌النهار ثابت در حال حرکت است). چند درصد از سطح زمین توسط هر دو ماهواره اطلاعات دریافت می‌کند؟ از چرخش زمین به دور خود صرف نظر نکنید.

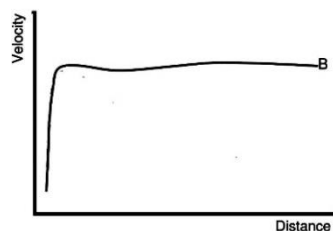
الف) 100

ب) 32.6

ج) 1.9

د) 0.05

14) در نزدیکی خورشید در کهکشان انتظار داریم مجموع ضرایب اورت به کدام گزینه نزدیک تر باشد؟



الف) 26 km/s.kpc    ب) 13 km/s.kpc    ج) 6 km/s.kpc    د) 0



15) ماهواره ای با دوره تناوب 5 ساعت و 34 دقیقه و خروج از مرکز 0.64 را در نظر بگیرید که حول زمین در گردش است و زمانی که در حضيض قرار دارد، بین مجموعه ناظرانی که این ماهواره در مسیرش از سرسوی آنها عبور میکند، ناظری که آن را در سرسو میبیند در آن لحظه بیشترین عرض جغرافیایی را دارد. ناظر دیگری در شهر Taubate کشور برزیل مشاهده می کند که این ماهواره در ساعت 9:17 در سرسوی خودش قرار دارد و در 1.5 ساعت بعد دوباره این ماهواره را در سرسو مشاهده میکند. (Taubate: (23S, 45.5W) میل مداری این ماهواره در کدام یک از گزینه های زیر است؟

الف) 26

ب) 13

ج) 48

د) هیچکدام

16) بابا نوئل در شب کریسمس با سورتمه خود از قطب شمال حرکت کرده و کادوهای بچه ها را به تمام شهرهای جهان می برد. بابا نوئل برای انجام این کار حدوداً چند کیلومتر را می پیماید؟

الف)  $10^6$  ب)  $10^8$  ج)  $10^{10}$  د)  $10^4$

17) در لکه های خورشید اختلاف دمای تا حدود 400k مشاهده می کنیم. اگر دماهای موثر یک لکه ی تاریک و روشن به ترتیب 5600 و 6000 کلوین باشد نسبت شدت دو لکه در  $\lambda = 550nm$  به ترتیب ذکر شده چقدر است؟

الف) 1.4

ب) 1

ج) 0.74

د) 0.56

18) هواپیمایی با ارتفاع 55 کیلومتری از سطح زمین در مدار استوایی با سرعت 4.2 کیلومتر بر ثانیه نسبت به سطح زمین به صورت ساعتگرد حرکت میکند.

اگر اکنون در طول جغرافیایی صفر درجه باشد، چند روز بعد توسط ناظر ساکن در Ambato اکوادور قابل رویت است؟ (Ambato: (1.25S, 78.62W)

الف) 4.19

ب) 4.86

ج) 4.99

د) هیچکدام

19) اگر به اندازه ی ریشه ی پنجم تعداد ستاره های کهکشان بشکه نفت داشته باشیم، ارزش این مقدار نفت چند دلار خواهد بود؟

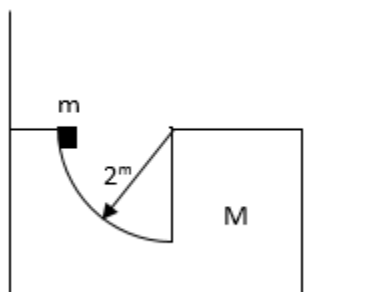
الف) 8000

ب) 1500

ج) 800

د) 15000

20) جسمی به جرم  $M$  و جسم دیگری به جرم  $m$  مطابق شکل رها میشوند. برخورد جسم  $m$  با سطح عمودی  $M$  کاملاً ناکشسان است. اگر ضریب اصطکاک جنبشی سطح و  $M$  باشد و  $M$  و  $m$  به ترتیب 5 و 2 کیلوگرم باشند؛ جسم  $M$  چند سانتی متر روی سطح حرکت میکند تا متوقف شود؟



ب) 20

الف) 27

د) 37

ج) 50

21) ناظری با قد  $1m$  در رفسنجان فکری به ذهنش می رسد. او دیواری در جهت شرق-غرب به طول  $6m$  و ارتفاع  $4m$  می سازد. هدف وی از ساخت این دیوار این است که اگر وی در فاصله ای از دیوار بایستد، لبه بالایی دیوار همان استوای سماوی باشد. او در چه فاصله ای از دیوار باید بایستد؟ ( عرض و طول جغرافیایی رفسنجان :  $\varphi = 30^\circ$  و  $l = 52^\circ$  )

الف ( 2.3 m

ب ( 5.2 m

ج ( 1.7 m

د ( چنین کاری امکان پذیر نمی باشد.

22) سیاهچاله ها به دلیل تابش هاوکینگ پس از مدتی تبخیر می شوند. زمان تبخیر شدنشان با مساحت و جرم آن ها و ثابت پلانک متناسب است، همچنین ضریب تناسب را  $2560 \pi$  بگیرید. عمر سیاهچاله ی مرکز کهکشان راه شیری چند برابر عمر عالم است؟

الف) 1

ب)  $10^{10}$

ج)  $10^{75}$

د)  $10^{85}$

23) چرا در روز ماه را نسبت به شب کمی تار مشاهده میکنیم؟

الف) زیرا بخاطر بالاتر بودن دمای جو در روز ضریب شکست آن کمی تغییر میکند

ب) بدلیل تفاوت در نور زمینه

ج) زیرا در روز قطر مردمک چشم کمتر میشود

د) زیرا سرعت جریانهای هوایی در شب و روز متفاوت است

24) می دانیم درخشندگی ستارگان در مرحله رشته اصلی تغییرات بسیار کمی دارد. فرض کنید تغییرات آن با

نرخ ثابتی انجام می گیرد و روند افزایشی دارد. می دانیم سن خورشید هم اکنون نصف عمر رشته اصلی آن

است و می تواند حدودا 10 درصد از جرم خود را که تماما از هیدروژن است، مصرف کند. با استفاده از این

فرض ها عمر خورشید را بدست آورید.

الف) 10 Gyr

ب) 9.8 Gyr

ب) 9.1 Gyr

د) اطلاعات مسئله کافی نیست.

25) در سیاره ای به شعاع زمین رابطه ضریب شکست جو، با ارتفاع از سطح سیاره ( $h$ ) به صورت زیر است:

$$n = n_0 - bh$$

که در آن  $n_0 = 1.5$  و  $b = 1.6 * 10^{-7}$  است.

اگر از بالای کوهی، پرتو لیزری را به طور افقی بتابانیم، پرتو لیزر پس از دور زدن سیاره به مکانی که از آن تابش شده باز میگردد.

ارتفاع کوه برحسب کیلومتر چقدر است؟

الف) 403

ب) 697

ج) 1498

د) 1673

26) یکی از رصدگران ایرانی می خواهد پارامترهای مدار یکی از سیارک های منظومه شمسی را بدست آورد.

او برای این کار از دستگاه مختصاتی استفاده کرده است که محور X آن از روی نقطه حمل و محور Z آن در راستای قطب شمال دایره البروج می باشد، او با رصد های فراوان توانسته است که سرعت مولفه X سیارک را بر حسب زاویه طی شده از گره صعودی در یک نمودار گزارش کند و همچنین کم ترین فاصله سیارک تا خورشید را  $2au$  و طول گره را  $90^\circ$  درجه اندازه گیری کرده است. با استفاده از نمودار زیر خروج از مرکز و انحراف مداری سیارک را بدست آورید.

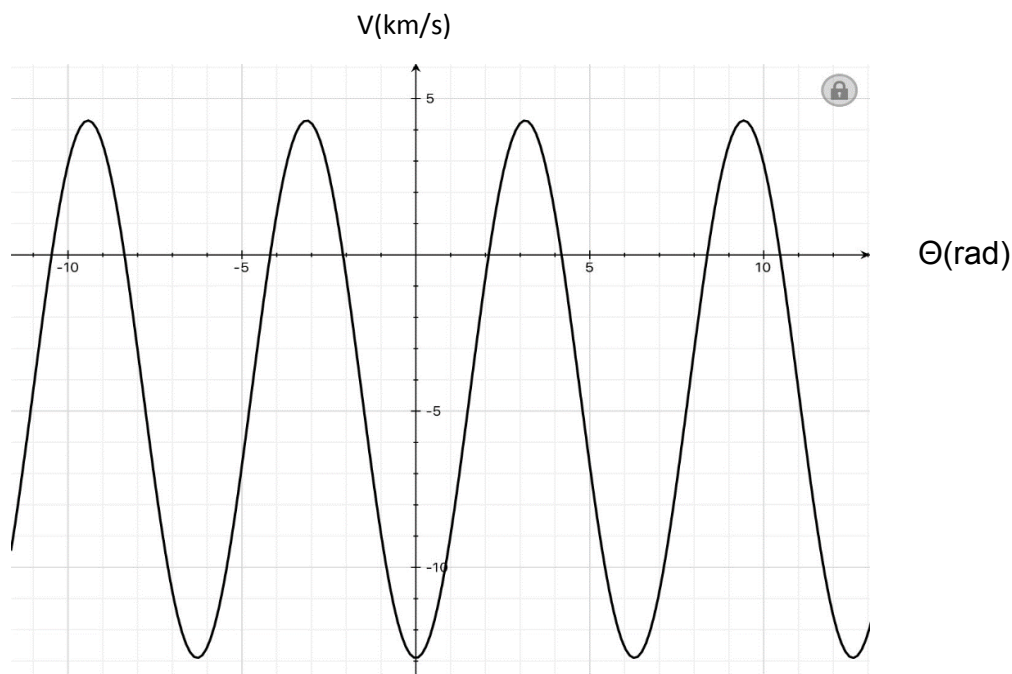
(دستگاه نسبت به خورشید ساکن است)

الف) ۰,۴ و ۳۰

ب) ۰,۵ و ۳۰

ج) ۰,۴ و ۴۵

د) ۰,۵ و ۶۰



27) کدام گزینه نادرست است ؟

- الف) ابرنواختر های نوع اول خطوط هیدروژن بسیار ضعیفی دارند .  
 ب) ابرنواختر های نوع دوم هسته فروریزشی ندارند و این ساز و کار مختص ابرنواختر های نوع یک ( دسته دوم و سوم آن ) است .  
 ج) دسته ای از ابرنواختر های نوع دوم وجود دارند که منحنی نوری آن ها در یک بازه کوتاه درخشندگی ثابت دارد و به آن دسته " پی " گفته می شود .  
 د) یکی از روش های آشکار سازی یک ابرنواختر با هسته فروریزشی ، شارش نوترینویی از آن است .

28) در کیهان اولیه زمانی که نوترینو ها واجفتیده شدند ( $T = 10^{10}k$ ) تولید نوترینو متوقف شد. نسبت تعداد نوترون ها به پروتون ها در دمای  $T$  با رابطه زیر داده می شود:

$$\frac{n_n}{n_p} = e^{-(m_p - m_n)c^2 / kT}$$

پس از این زمان نوترون ها شروع به واپاشی به پروتون می کنند و برخی از آن ها تبدیل به پروتون می شوند. حد بالایی برای کسر جرمی هلیوم جهان به دست آوری.

الف) 33٪

ب) 25٪

ج) 24٪

د) 20٪

29) اگر در یک لحظه ستاره ای در شهری با عرض جغرافیایی  $\varphi = 50^\circ N$  و طول جغرافیایی  $l = 80^\circ E$  در حال عبور زیر افق باشد، در کدام یک از نقاط زیر قطعاً میتوان گفت در این لحظه ستاره در حال عبور زیر افق است؟

الف)  $(\varphi, l) = (53^\circ N, 80^\circ E)$  (الف)      ب)  $(\varphi, l) = (53^\circ N, 100^\circ W)$  (ب)

ج)  $(\varphi, l) = (44^\circ N, 80^\circ E)$  (ج)      د)  $(\varphi, l) = (47^\circ N, 100^\circ W)$  (د)

30) قطره ی مایعی را در نظر بگیرید که به شکل کره ای به شعاع R است. چگالی مایع  $\rho$  و کشش سطحی آن  $\sigma \text{ kg/s}^2$  است. اگر این قطره را به ارتعاش در آوریم شکل آن دیگر کره نخواهد بود و نوسان می کند. دوره تناوب نوسانات با چه توانی از  $\sigma$  متناسب است؟

الف) 1

ب)  $\frac{1}{2}$

ج)  $-\frac{1}{2}$

د) -1

31) شیب دمای بحرانی برای همرفت به صورت  $\frac{dT}{dr} < \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{T}{P} \frac{dP}{dr}$  می باشد که در آن  $\gamma$  ضریب بی دررویی گار است. با توجه به این رابطه، کدام یک از گزینه های زیر صحیح می باشد؟

الف) هر گاه  $g(r)$  کوچکتر باشد، همرفت ساده تر رخ می دهد.

ب) هر گاه  $g(r)$  بزرگتر باشد، همرفت ساده تر رخ می دهد.

ج) هر گاه گرمای درون ستاره توسط اتم ها و تفکیک مولکول ها جذب نشود، همرفت غالب است.

د) با کاهش درجه آزادی ذرات گاز، همرفت غالب می شود.

32) در یک فضا به صورت شش ضلعی منتظم به ضلع 1 متر که در درون هر رأس آن (در هر گوشه) شکاف بسیار باریکی تعبیه شده است، به هر رأس با لیزر به صورت مداوم پرتو با طول موج 550 نانومتر و دامنه 100

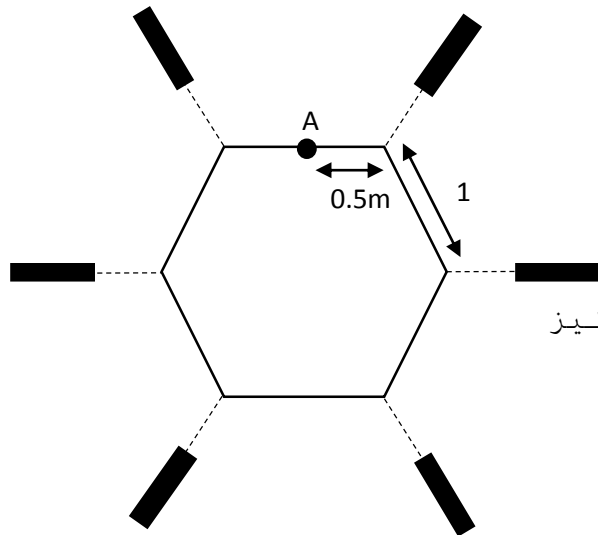
نانومتر تابانده می شود (مانند شکل). با توجه به شکل مشخص کنید کدام گزاره در مورد نقطه A صحیح است؟  
 (فرض کنید فاصله لیزرها از هر رأس مقداری یکسان است).

(الف) نقطه A نقطه ایست روشن که دامنه موج الکترومغناطیسی در آن برابر با 100 نانومتر می باشد.

(ب) نقطه A نقطه ایست روشن که دامنه موج الکترومغناطیسی در آن برابر 50 نانومتر می باشد.

(ج) نقطه A نقطه ای تاریک است.

(د) نقطه A نقطه ایست روشن که دامنه موج الکترومغناطیسی در آن برابر با 200 نانومتر می باشد.



33) منجم دونده ای برای قدرت نمایی به بقیه اعضای گروه رصدی که در کاروانسرای قصر بهرام مستقرند، دست به اقدامی متهورانه می زند. این منجم تصمیم می گیرد از این کاروانسرا به سمت دامغان دویده و هر وقت به نزدیک ترین فاصله از سمنان رسیده جهت خود را تغییر داده و به سمت سمنان حرکت کند. این منجم دونده چقدر باید بدود؟

(الف) 250.46 km (ب) 144.56 km (ج) 140.5 km (د) 100.45 km

$$\text{سمنان: } \begin{cases} \varphi = 35.58^\circ N \\ l = 53.38^\circ E \end{cases}$$

$$\text{دامغان: } \begin{cases} \varphi = 36.16^\circ N \\ l = 54.36^\circ E \end{cases}$$

$$\text{قصر بهرام: } \begin{cases} \varphi = 34.77^\circ N \\ l = 52.18^\circ E \end{cases}$$

34) اگر به سطح خورشید با دقت نگر کنیم، متوجه وجود سطح دانه دانه می شویم. در کدام نوع از ستارگان نمی توان این لکه ها را مشاهده نمود؟

الف ) ستارگان رشته اصلی بسیار پر جرم

ب ) ستارگان رشته اصلی بسیار کم جرم

ج ) ستارگان معمولی رشته اصلی

د ) در تمامی ستارگان این دانه ها روی سطح مشاهده می شوند.

35) فرض کنید در کهکشان ها ، قانون سوم نیوتن از فرم اصلی خود خارج شده و تابعی به شکل زیر باشد :

$$\vec{F} = m\mu(|\vec{a}|)\vec{a}$$

که در آن  $\mu(|\vec{a}|)$  تابعی از اندازه شتاب و جمله تصحیحی نظریه MOND است . با فرض آنکه این تابع در ساده ترین حالت صورت  $\mu(|\vec{a}|) = \frac{a}{a_0}$  باشد که در آن  $a$  شتاب جسم و  $a_0$  یک ثابت است می خواهیم با استفاده از داده های ستارگان درون کهکشان رابطه بالا را کالیبره کنیم . با دانستن جرم کهکشان  $M = 10^{11} M_{\text{Sun}}$  و انحراف معیار سرعت شعاعی  $\sigma_r = 115 \text{ km/s}$  ، مقدار  $a_0$  را بر حسب  $m/s$  بدست آورید.

الف)  $1.2 \times 10^{-10}$

ب)  $1.3 \times 10^{-11}$

ج)  $1 \times 10^{-23}$

د)  $2.9 \times 10^{-21}$

موفق هستیم!