بسمه تعالی

وزارت آموزش و پرورش

مرکز ملّی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست. «امام خمینی(ره)»

سیزدهمین دوره‌ی المپیاد نجوم و اخترفیزیک

آزمون‌های میان‌دوره

آزمون تحلیل داده ۱

(۱۵ مرداد ۱۳۹۶ - ساعت ۸:۰۰ تا ۱۲:۳۰)

توضیحات مهم:

۱. این آزمون ۳ سؤال دارد و زمان آن ۲۷۰ دقیقه است.
۲. به همراه سؤالات، دفترچه‌ی پاسخ‌نامه، ٦ کاغذ رسم نمودار و چرک‌نویس در اختیار شما قرار گرفته است. نام و نام خانوادگی خود را **تنها بر روی دفترچه‌ی پاسخ‌نامه** وارد کنید.
۳. در دفترچه‌ی پاسخ‌نامه، پاسخ هر سؤال را در برگه‌ی مربوط به همان سؤال بنویسید.
٤. استفاده از ماشین حساب CASIO $fx-82MS$ مجاز است.
٥. همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی مجاز نیست.

ثوابت فیزیکی و نجومی

کمیت		مقدار	
G	ثابت جهانی گرانش	$\mathrm{m^3\ s^{-2}\ kg^{-1}}$	$۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}$
c	سرعت نور	$\mathrm{m\ s^{-1}}$	$۳/۰۰ \times ۱۰^{۸}$
h	ثابت پلانک	$\mathrm{J\ s}$	$۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}$
k	ثابت بولتزمن	$\mathrm{J\ K^{-1}}$	$۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۳}$
σ	ثابت استفان-بولتزمن	$\mathrm{W\ m^{-2}\ K^{-4}}$	$۵/۶۷ \times ۱۰^{-۸}$
m_H	جرم اتم هیدروژن	kg	$۱/۶۷ \times ۱۰^{-۲۷}$
pc	پارسک	m	$۳/۰۹ \times ۱۰^{۱۶}$
ly	سال نوری	m	$۹/۴۶ \times ۱۰^{۱۵}$
$L_\odot$	درخشندگی خورشید	W	$۳/۸۵ \times ۱۰^{۲۶}$
$M_\odot$	جرم خورشید	kg	$۱/۹۹ \times ۱۰^{۳۰}$
$R_\odot$	شعاع خورشید	m	$۶/۹۷ \times ۱۰^{۸}$
$M_\oplus$	جرم زمین	kg	$۵/۹۷ \times ۱۰^{۲۴}$
$R_\oplus$	شعاع زمین	km	۶۳۷۸
	دوره‌ی تناوب انتقالی زمین	روز	۳۶۵/۲۵
	تمایل محوری زمین		$۲۳/۵^\circ$
	طول جغرافیایی تهران	E	$۵۱/۵^\circ$

سؤال ۱: تحوّل کوتوله‌های سفید (۱۳۰ نمره)

ستارگانی که در زمان رشته‌ی اصلی جرمشان از ۱۰ برابر جرم خورشید کمتر باشد، همگی به کوتوله‌های سفید تبدیل می‌شوند. در این دوره، الکترون‌های درون ستاره تبهگن شده و فشار ناشی از آنها وظیفه‌ی مقابله با گرانش ستاره را بر عهده دارد. در یک مدل ساده، فرض می‌کنیم کوتوله‌های سفید از دو لایه تشکیل شده باشند. لایه‌ی اول جایی است که در آن فشار تبهگنی غالب است. لایه‌ی دوم، لایه‌ی نازکی در نزدیکی سطح ستاره است که به دلیل دمای بالا، کاملاً یونیزه است و فشار آن از فرمول گاز کامل پیروی می‌کند. شعاعی که در آن، فشار تبهگنی الکترونی لایه‌ی اول با فشار گاز کامل الکترونی لایه‌ی دوم برابر می‌شود را r_{tr} می‌نامیم و فرض می‌کنیم مرز بین لایه‌ی اول و دوم در این شعاع قرار دارد. اگر دمای ستاره در شعاع r_{tr} برابر T_{tr} باشد، انرژی گرمایی این لایه، همان انرژی‌ای است که بر اثر تابش توسط لایه‌ی خارجی کوتوله سفید به بیرون منتقل می‌شود. هم‌چنین درخشندگی کل ستاره ناشی از انرژی تولید شده تا r_{tr} است و دمای کوتوله تا شعاع r_{tr} ثابت است. می‌توان از جرم لایه‌ی دوم در مقابل لایه‌ی درونی صرف‌نظر کرد. در این سوال قصد داریم ستاره‌ی کوتوله‌ی سفید Jaguar را بررسی کنیم و منحنی درخشندگی آن را بر حسب زمان به دست آوریم. اطلاعات رصدشده از این ستاره در پیوست آورده شده است.

الف) با استفاده از تحلیل ابعادی معادلات ساختار ستاره‌ای، رابطه‌ی جرم بر حسب شعاع را برای کوتوله‌های سفید به دست آورید.

ب) در جدول ۱ جرم و شعاع چند کوتوله‌ی سفید آورده شده است. با برازش منحنی مناسب به داده‌های این جدول، جرم ستاره‌ی Jaguar را حساب کنید.

ج) نشان دهید رابطه‌ی بین L و T_{tr} به صورت زیر است.

$$L = CMT_{tr}^{۳/۵}$$

د) با استفاده از رابطه‌ی فوق و انرژی کل ستاره، نشان دهید که زمان بر حسب دمای ستاره به صورت زیر است.

$$\Delta t = AT_{tr}^{-۲/۵} + B$$

منظور از Δt، مدت زمان گذشته از زمان تبدیل شدن ستاره به کوتوله‌ی سفید است. مقادیر رصد شده T_{tr} در Δtهای مختلف برای کوتوله‌ی سفید Jaguar در جدول ۳ آمده است.

ه) با برازش منحنی مناسب بر داده‌های جدول ۳، A و C را به دست آورید.

و) درخشندگی کوتوله‌ی سفید را در هر یک از زمان‌های داده‌شده در جدول۳ محاسبه کرده و در جدول داده شده در پاسخ‌نامه یادداشت کنید.

ز) منحنی «درخشندگی برحسب زمان» را برای این کوتوله‌ی سفید رسم کنید (L برحسب $L_\odot$ باشد).

ح) ستاره‌ی کوتوله‌ی سفید Dragon با مشخصات پیوست شده در یک خوشه‌ی کروی رصد شده است. حداقل سن این خوشه‌ی کروی را به دست آورید.

روابط اخترفیزیکی مورد نیاز:

معادله‌ی حالت گاز تبهگن غیرنسبیتی:

$$P = ۱/۰ \times ۱۰^{۱۳} \left(\frac{\rho}{\mu_e}\right)^{\frac{۵}{۳}}$$

معادله‌ی چگالی برحسب دما برای کوتوله سفید:

$$\rho = \left(\frac{۲}{۸/۵}\frac{۴ac}{۳}\frac{۴\pi GM}{\kappa_\circ L}\frac{\mu m_H}{k}\right)^{۰/۵} T^{۳/۲۵}$$

انرژی کل گاز یونیزه‌ی غیرنسیبیتی:

$$U = \frac{۳}{۲} NkT$$

جدول ۱ - جرم برحسب شعاع کوتوله‌های سفید

#	M (kg)	R (m)
1	2.22E + 30	7.96E + 06
2	2.40E + 30	7.61E + 06
3	8.50E + 29	1.08E + 07
4	2.41E + 30	7.62E + 06
5	1.86E + 30	8.18E + 06
6	7.91E + 29	1.12E + 07
7	1.15E + 30	9.85E + 06
8	1.69E + 30	8.60E + 06
9	2.50E + 30	7.68E + 06
10	2.52E + 30	7.45E + 06

جدول ۲ - مشخصات ستاره‌ی Jaguar

شعاع	$0.012\ R_{\odot}$
رده‌ی طیفی	O
$\bar{m}$	$4.67\ m_H$

جدول ۳ - زمان گذشته از کوتوله‌ی سفید شدن بر حسب دما

#	Δt (Gyr)	T_{tr} (K)
1	0.1576	$2.162E+07$
2	0.7706	$1.147E+07$
3	0.9572	$1.060E+07$
4	0.4854	$1.409E+07$
5	0.6003	$1.269E+07$
6	0.0419	$3.670E+07$
7	0.2218	$1.889E+07$
8	0.3515	$1.549E+07$
9	0.7922	$1.132E+07$
10	1.023	$9.955E+06$

جدول ۴ - مشخصات ستاره‌ی Dragon

شعاع	$0.02\ R_{\odot}$
L	$0.001\ L_{\odot}$
$\bar{m}$	$4.67\ m_H$

سؤال ۲: جهانگرد گم‌شده! (۲۵۰ نمره)

یک جهانگرد ایرانی تصمیم به گذراندن تابستان خود در نقاط شمالی کره زمین می‌گیرد. او در میان راه گم شده و حتی حساب روزها را از نیز دست می‌دهد! از آن‌جایی که در گذشته به نجوم علاقه داشته، سعی می‌کند از اطلاعات نجومی خود استفاده کند تا تاریخ و موقعیت مکانی خود را بفهمد. برای این کار، او از تقویم جیبی خود که مختصات و زمان‌های شرعی محلی تهران در آن آورده شده، یک متر، یک میله و ساعتش که وقت محلی تهران را نشان می‌دهد، استفاده می‌کند. او میله را عمودی در زمین فرو می‌کند، به طوری که ارتفاع سر میله از سطح زمین یک متر باشد. جهانگرد در زمان‌های مختلف، نوک سایه میله را علامت‌گذاری کرده و مختصات آن نقطه را در یک دستگاه مختصات گزارش می‌کند. مبدأ آن دستگاه مختصات روی میله، محور x آن در راستای شمال و محور y آن در راستای غرب است. داده‌های جهانگرد در جدول ۵ آمده است. دقت کنید ساعت‌ها به وقت محلی تهران است.

جدول ۵ - داده‌های جهانگرد

#	ساعت محلی	x (cm)	y (cm)
1	۵:۳۰	89	184
2	۷:۰۰	128	114
3	۸:۳۰	153	45
4	۱۰:۰۰	155	−18
5	۱۱:۳۰	142	−89
6	۱۳:۰۰	105	−155
7	۱۴:۳۰	42	−219
8	۱۶:۰۰	−50	−275
9	۱۷:۳۰	−192	−302
10	۱۹:۰۰	−365	−262
11	۲۰:۳۰	−514	−136
12	۲۲:۰۰	−538	65
13	۲۳:۳۰	−429	228
14	۱:۰۰	−256	296
15	۲:۳۰	−100	291
16	۴:۰۰	11	242

*** تذکر مهم: در هر بخش تنها می‌توانید از نمودارهای بخش‌های قبلی استفاده کنید.**

*** برای بخش‌های «الف» تا «ح» نیازی به محاسبه خطا نیست.**

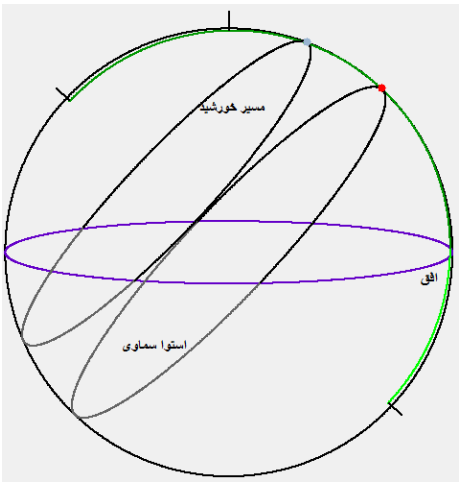
الف) طول سایه را برای هر یک از زمان‌ها محاسبه کرده و در جدول داده شده در پاسخ‌نامه یادداشت کنید.

ب) مسیر نوک سایه را رسم کنید. نقطه $(0,0)$ را در مرکز نمودار قرار دهید و مبدا و محورهای دستگاه مختصات را به طور واضح مشخص کنید. برای محورهای نمودار، مقیاس یکسانی انتخاب کنید.

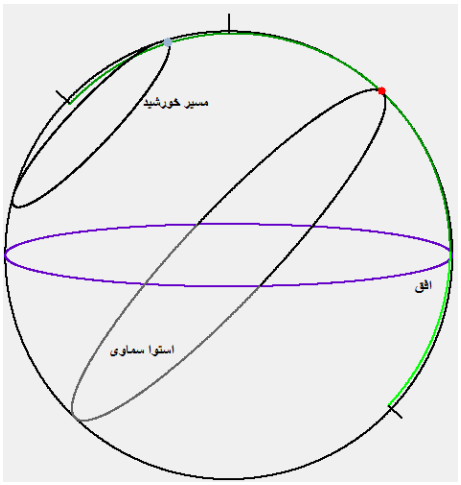
ج) استدلال کنید خم بدست آمده یک مقطع مخروطی است. با توجه به مسیر رسم شده، نوع مقطع مخروطی را مشخص کنید.

د) سمت **غربی** خورشید را در هر یک از زمان‌ها محاسبه کرده و در جدول پاسخ‌نامه یادداشت کنید.

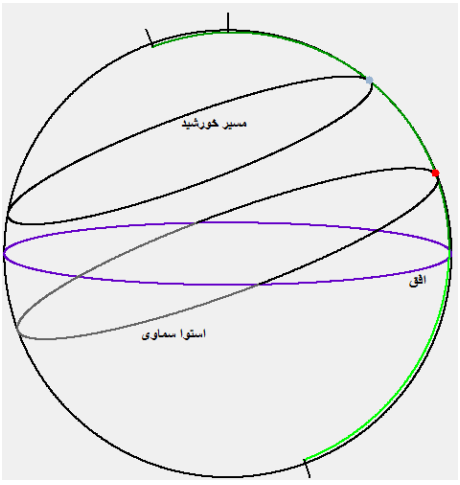
ه) مسیر خورشید در طول آن روز کدام یک از شکل‌های زیر است؟ دلیل خود را بیان کنید.



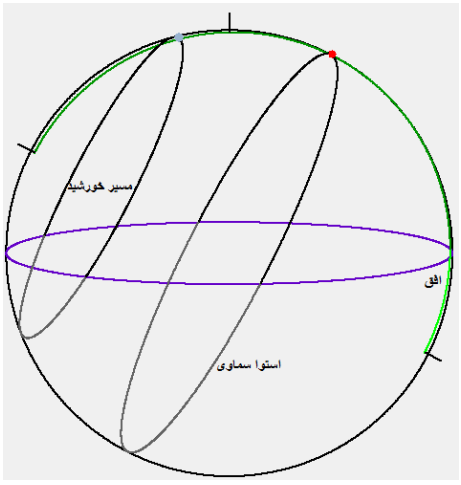
شکل ۱



شکل ۲



شکل ۳



شکل ۴

و) مقطع مخروطی مناسب را در نمودار داده‌ها رسم کنید و به کمک آن پارامترهای زیر را محاسبه کنید.

- برای هذلولی: کمترین فاصله نقطه انتهایی سایه (حضیض هذلولی) از میله و زاویه مجانب هذلولی
- برای بیضی: کمترین و بیشترین فاصله نقطه انتهایی سایه از میله

ز) با استفاده از نتایج قسمت قبل، عرض جغرافیایی جهانگرد، میل خورشید و تاریخ آن روز را بیابید.

ح) نمودار طول سایه بر حسب زمان را بکشید و با رسم دستی منحنی مناسب، زمان اذان ظهر در مکان جهانگرد را برحسب زمان محلی تهران به دست آورید.

*** در بخش‌های بعدی از خطای اذان ظهر بدست آمده در بخش «ح» صرف‌نظر کنید.**

ط) با استفاده از تقویم اذان ظهر به وقت محلی تهران، طول جغرافیایی جهانگرد را به دست آورید.

پس از مدتی، جهانگرد متوجه می‌شود که می‌تواند با استفاده از یک مثلث کروی خاص، با راه حل دقیق‌تری مکان خود و تاریخ را محاسبه کند.

ی) مثلث کروی مذکور چه مثلثی است؟ با نوشتن رابطه‌ی مناسب و برازش یک خط بر آن، عرض جغرافیایی جهانگرد و تاریخ را به دست آورید. (به‌دلیل افزایش خطا در محاسبات، در این قسمت مجاز به استفاده از اطلاعات نمودارهای کشیده شده **نیستید**.)

ک) خطای عرض جغرافیایی در این مرحله چقدر است؟

*** در بخش‌های بعدی سوال از خطای میل صرف‌نظر کنید.**

ل) با استفاده از تقویم اذان ظهر به وقت محلی تهران، طول جغرافیایی جهانگرد و خطای آن را به دست آورید.

م) اگر یک گروه امداد و نجات بخواهد با استفاده از داده‌هایی که جهانگرد از روش دوم به دست آورده او را پیدا کند، باید تا چه شعاعی اطراف مختصات داده شده را پیمایش کند؟

ن) اگر داده‌های جهانگرد از روش دوم به علت قطع شدن ارتباط به گروه امداد و نجات نرسیده باشد، گروه امداد و نجات باید تا چه شعاعی اطراف مختصات داده شده را پیمایش کند تا حتماً جهانگرد را پیدا کند؟ (راهنمایی: به قسمت م توجه کنید!)

سؤال ۳: نظریه‌ی زبان‌شناسی موجودات فضایی (۲۰۰ نمره)

پرسش مهم مطرح شده در دنیای اکتشافات امروزی، مسئله‌ی وجود حیاتی هوشمند خارج از سیاره‌ی زمین است. تلاش‌های زیادی از حدود نیم قرن پیش برای پیدا کردن موجودات فرازمینی انجام شده اما تا به امروز دانشمندان به نتیجه‌گیری دقیقی در این باره نرسیده‌اند. در ابتدا محققان سعی داشتند پیام‌هایی از زمین به سرتاسر دنیا ارسال کنند اما امروزه رویکرد آنان تغییر کرده و دانشمندان به بررسی پالس‌هایی که توسط تلسکوپ‌ها دریافت می‌شود، مشغول‌اند تا شاید رد پایی از موجودات هوشمند کشف کنند. یکی از نظریه‌های جالب مطرح شده برای پاسخ به این پرسش، بررسی پالس‌های دریافتی از دیدگاه **زبان‌شناسی** است! ما در این مسئله قصد آزمایش این نظریه را داریم.

پژوهشگران با بررسی متون به جا مانده از قرن‌ها پیش تا به امروز، دریافته‌اند که توزیع فراوانی تعداد حروف استفاده شده در یک متن، تصادفی نبوده و قاعده‌مند است. یعنی اگر متنی یافتیم که شرط‌های مطرح شده‌ی ما را برقرار نکرد، می‌توانیم بگوییم که از موجود هوشمندی دریافت نشده است.

آزمون اول:

الف) در جدول ۶ فراوانی حروف در زبان روتوکاس[۱] آمده است. نمودار لگاریتمی درصد فراوانی حروف را رسم کنید.

جدول ۶ - فراوانی حروف در زبان روتوکاس

#	حرف	درصد فراوانی
1	P	17.57
2	T	10.73
3	K	9.99
4	B	9.76
5	ɾ	9.05
6	ɣ	8.78
7	M	8.23
8	N	7.92
9	ɲ	6.73
10	B	4.48
11	D	4.19
12	g	2.57

[۱] روتوکاس زبان اهالی جزیره بوگنویل در شرق گینه‌ی نو است. این زبان کمترین تعداد حرف الفبا را دارد.

ب) با برازش خط مناسب، نسبت شیب به عرض از مبدأ این نمودار را به دست آورید. توجه کنید که نمودار رسم شده به صورت نزولی مرتب شده باشد.

تحقیقات نشان می‌دهد در متون معنادار، نسبت شیب به عرض از مبدأ این نمودار در بازه‌ی خاصی قرار دارد. معیار تعریف شده برای آزمون اول این است که اگر نسبت شیب به عرض از مبدأ ذکر شده برای یک متن حداکثر به مقدار ۲۵ درصد با نسبت شیب به عرض از مبدأ یک زبان معنادار (در اینجا زبان روتوکاس) تفاوت داشت، احتمال اینکه متن دریافت شده از سوی موجودی هوشمند باشد زیاد است.

نمودارهای A و B در انتهای سوال، نمودار فرکانس بر حسب زمانِ موج‌های دریافتی‌اند؛ هر یک از نقاط شکل، یک داده‌ی ثبت شده را نشان می‌دهد. فرض کنید کمترین و بیشترین فرکانس دریافت شده، به ترتیب برابر ۸۵ و ۱۸۵ هرتز باشد. هم‌چنین تخمین می‌زنیم اگر این موج‌ها از موجودات هوشمندی مخابره شده باشد، زبان آن‌ها دارای ۷ حرف است که موج ناشی از هر یک از این حروف، یک بازه فرکانسی را در بر می‌گیرد و اندازه بازه‌های فرکانسی حرف‌ها یکسان است.

ج) هر یک از نمودارهای A و B را در راستای محور فرکانس به هفت بازه مساوی تقسیم کرده و تعداد نقاط درون هر بازه را در یک جدول بنویسید. فرض می‌کنیم هر بازه‌ی فرکانسی مشخص شده نشان‌دهنده‌ی یک حرف الفبای بیگانه باشد.

د) نمودار لگاریتم فراوانی حروف موج‌های A و B را **در کاغذهای نمودار مجزّا** رسم کنید. توجه کنید که فراوانی به ترتیب نزولی مرتب شده باشد.

هـ) با برازش خط مناسب، شیب، عرض از مبدأ و نسبت شیب به عرض از مبدأ نمودارها را به دست آورید.

آزمون دوم:

در نمودارهای پیوست شده، تعدادی از داده‌ها با شماره‌ای در کنارشان مشخص شده‌اند. اختلاف زمانی بین داده‌ی شماره‌ی n و داده‌ی شماره‌ی $n+1$ را ΔT_n می‌نامیم. بین هر دو نقطه‌ی مشخص شده، ۴ نقطه‌ی دیگر وجود دارد.

حال برای تشکیل آزمون دوم، فرض کنید طول هر کلمه‌ی موجودات فضایی به طور میانگین برابر ۵ حرف است. بنابراین طبق این فرض می‌توان گفت هر داده‌ی مشخص شده شروع یک کلمه‌ی جدید در زبان است. در صورتی که این فرض درست باشد و موج دریافتی از موجود هوشمندی مخابره شده باشد، زمان تلفظ هر کلمه با کلمات دیگر نباید تفاوت زیادی داشته باشد. بنابراین فرض می‌کنیم فاصله‌ی زمانی بین شروع دو کلمه تقریباً یکسان است.

و) جدول ΔT_n ها را برای هر یک از دو نمودار تشکیل دهید.

ز) میانگین و انحراف معیار ΔT_n ها را برای دو نمودار به دست آورید.

طبق فرض انجام شده، آزمون دوم را این گونه در نظر می‌گیریم که اگر بالای ۷۵ درصد از ΔT_n ها کمتر از یک انحراف معیار از مقدار میانگین تفاوت داشتند، احتمال این که موج دریافتی از موجود هوشمند باشد زیاد است.

ح) نتایج آزمون‌های بررسی شده برای موج‌های A و B را در جدولی مانند جدول زیر در پاسخنامه‌ی خود علامت بزنید. آیا هر یک از آزمون‌های فوق تایید می‌کند که موج‌های A و B از موجودی هوشمند مخابره شده است یا خیر؟

موج	آزمون اول	آزمون دوم
A	تایید می‌کند / نمی‌کند	تایید می‌کند / نمی‌کند
B	تایید می‌کند / نمی‌کند	تایید می‌کند / نمی‌کند

روابط مورد نیاز

$$d_i = x_i - \bar{x}$$

$$s^۲ = \frac{۱}{n}\Sigma d_i^۲ \qquad\qquad \sigma^۲ = \frac{n}{n-۱}s^۲$$

روابط برازش خطّ راست

$$\boldsymbol{y = A + Bx}$$

$$d_i = y_i - (A + Bx_i)$$

$$B = \frac{\sum_{i=۱}^{N} y_i(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=۱}^{N}(x_i - \bar{x})^۲} \qquad\qquad A = \bar{y} - B\bar{x}$$

$$(\Delta B)^۲ = \frac{۱}{\sum_{i=۱}^{N}(x_i - \bar{x})^۲}\frac{\sum_{i=۱}^{N} d_i^۲}{N-۲} = \frac{B^۲}{n-۲}\left(\frac{۱}{r^۲} - ۱\right)$$

$$(\Delta A)^۲ = \left(\frac{۱}{n} + \frac{\bar{x}^۲}{\sum_{i=۱}^{N}(x_i - \bar{x})^۲}\right)\frac{\sum_{i=۱}^{N} d_i^۲}{N-۲} \quad = (\Delta B)^۲(s_x^۲ + \bar{x}^۲)$$

$\boldsymbol{y = Bx}$

$$d_i = y_i - Bx_i$$

$$B = \frac{\sum_{i=۱}^{N} x_i y_i}{\sum_{i=۱}^{N} x_i^۲}$$

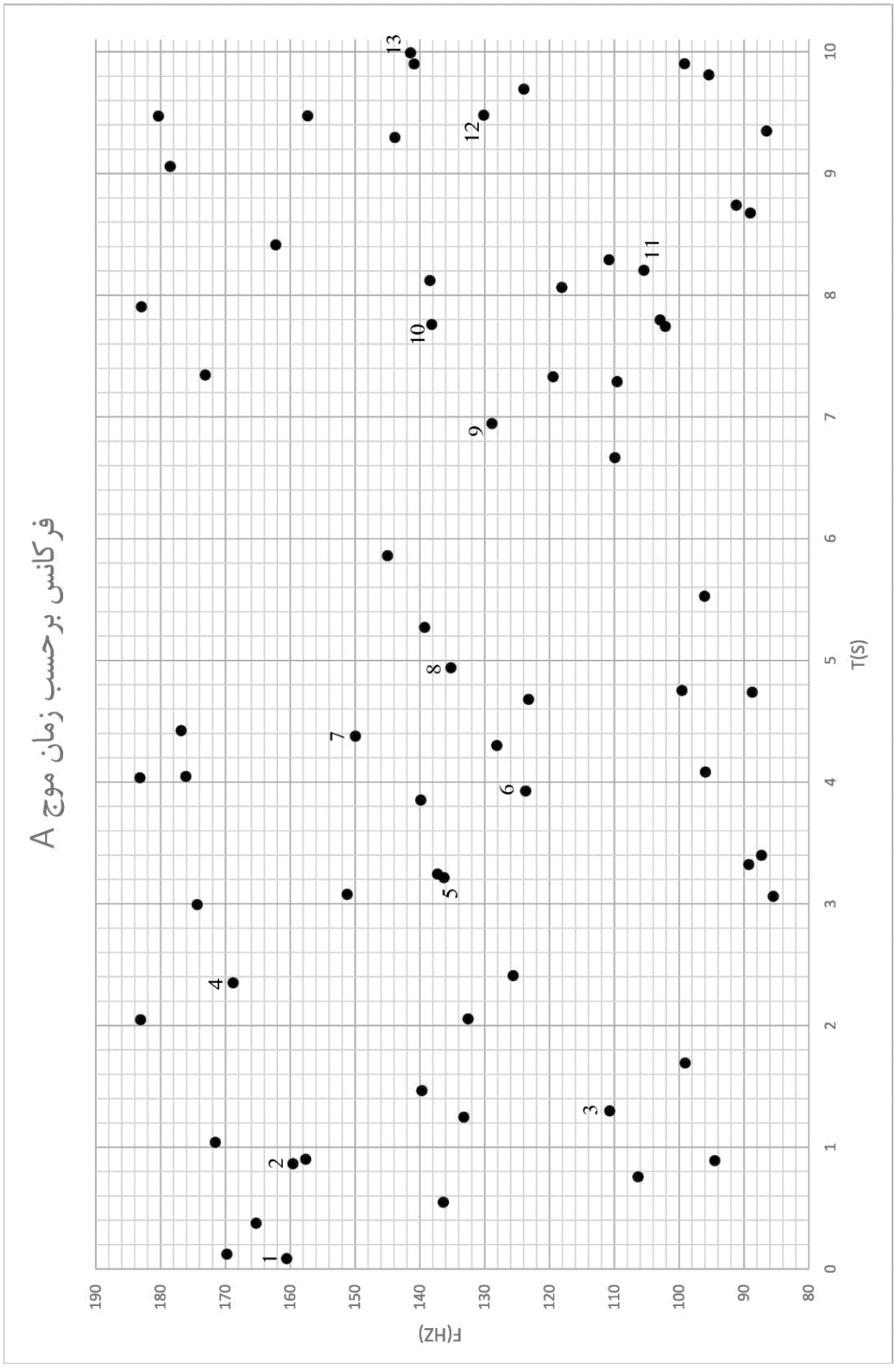
$$(\Delta B)^۲ = \frac{۱}{\sum_{i=۱}^{N} x_i^۲}\frac{\sum_{i=۱}^{N} d_i^۲}{N-۱}$$

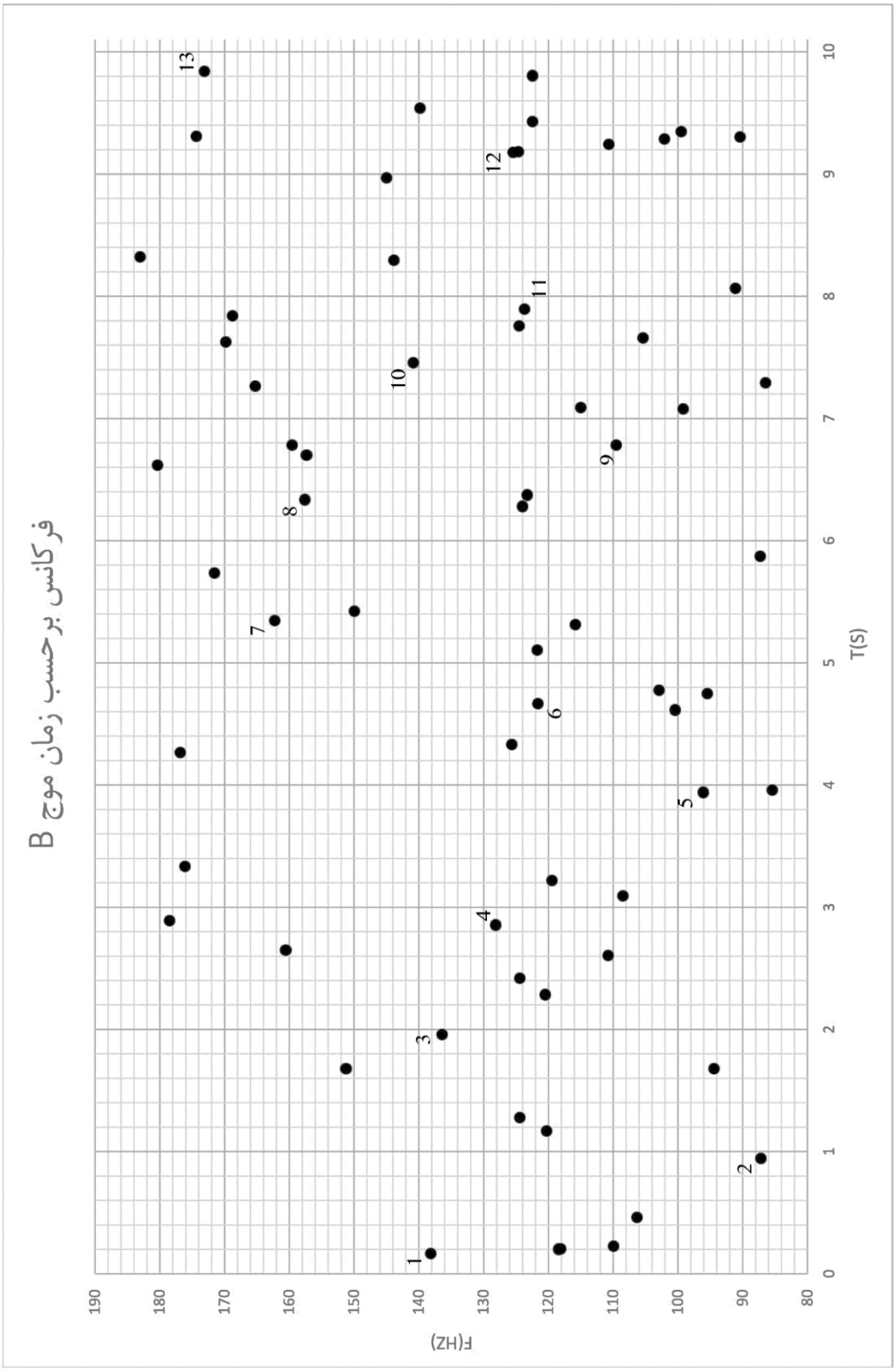
تقویم سؤال ۲: اذان ظهر تهران به وقت محلی تهران

*** دقّت زمان‌های داده شده، ۱ دقیقه است.**

تاریخ	اذان ظهر	تاریخ	اذان ظهر	تاریخ	اذان ظهر
۱ شهریور	۱۳:۰۳	۱ مرداد	۱۳:۰۷	۱ تیر	۱۳:۰۲
۲ شهریور	۱۳:۰۳	۲ مرداد	۱۳:۰۷	۲ تیر	۱۳:۰۳
۳ شهریور	۱۳:۰۳	۳ مرداد	۱۳:۰۷	۳ تیر	۱۳:۰۳
۴ شهریور	۱۳:۰۲	۴ مرداد	۱۳:۰۷	۴ تیر	۱۳:۰۳
۵ شهریور	۱۳:۰۲	۵ مرداد	۱۳:۰۷	۵ تیر	۱۳:۰۳
۶ شهریور	۱۳:۰۲	۶ مرداد	۱۳:۰۷	۶ تیر	۱۳:۰۳
۷ شهریور	۱۳:۰۱	۷ مرداد	۱۳:۰۷	۷ تیر	۱۳:۰۴
۸ شهریور	۱۳:۰۱	۸ مرداد	۱۳:۰۷	۸ تیر	۱۳:۰۴
۹ شهریور	۱۳:۰۱	۹ مرداد	۱۳:۰۷	۹ تیر	۱۳:۰۴
۱۰ شهریور	۱۳:۰۰	۱۰ مرداد	۱۳:۰۷	۱۰ تیر	۱۳:۰۴
۱۱ شهریور	۱۳:۰۰	۱۱ مرداد	۱۳:۰۷	۱۱ تیر	۱۳:۰۴
۱۲ شهریور	۱۳:۰۰	۱۲ مرداد	۱۳:۰۷	۱۲ تیر	۱۳:۰۵
۱۳ شهریور	۱۲:۵۹	۱۳ مرداد	۱۳:۰۶	۱۳ تیر	۱۳:۰۵
۱۴ شهریور	۱۲:۵۹	۱۴ مرداد	۱۳:۰۶	۱۴ تیر	۱۳:۰۵
۱۵ شهریور	۱۲:۵۹	۱۵ مرداد	۱۳:۰۶	۱۵ تیر	۱۳:۰۵
۱۶ شهریور	۱۲:۵۸	۱۶ مرداد	۱۳:۰۶	۱۶ تیر	۱۳:۰۵
۱۷ شهریور	۱۲:۵۸	۱۷ مرداد	۱۳:۰۶	۱۷ تیر	۱۳:۰۵
۱۸ شهریور	۱۲:۵۸	۱۸ مرداد	۱۳:۰۶	۱۸ تیر	۱۳:۰۶
۱۹ شهریور	۱۲:۵۷	۱۹ مرداد	۱۳:۰۶	۱۹ تیر	۱۳:۰۶
۲۰ شهریور	۱۲:۵۷	۲۰ مرداد	۱۳:۰۶	۲۰ تیر	۱۳:۰۶
۲۱ شهریور	۱۲:۵۷	۲۱ مرداد	۱۳:۰۵	۲۱ تیر	۱۳:۰۶
۲۲ شهریور	۱۲:۵۶	۲۲ مرداد	۱۳:۰۵	۲۲ تیر	۱۳:۰۶
۲۳ شهریور	۱۲:۵۶	۲۳ مرداد	۱۳:۰۵	۲۳ تیر	۱۳:۰۶
۲۴ شهریور	۱۲:۵۶	۲۴ مرداد	۱۳:۰۵	۲۴ تیر	۱۳:۰۶
۲۵ شهریور	۱۲:۵۵	۲۵ مرداد	۱۳:۰۵	۲۵ تیر	۱۳:۰۶
۲۶ شهریور	۱۲:۵۵	۲۶ مرداد	۱۳:۰۴	۲۶ تیر	۱۳:۰۷
۲۷ شهریور	۱۲:۵۵	۲۷ مرداد	۱۳:۰۴	۲۷ تیر	۱۳:۰۷
۲۸ شهریور	۱۲:۵۴	۲۸ مرداد	۱۳:۰۴	۲۸ تیر	۱۳:۰۷
۲۹ شهریور	۱۲:۵۴	۲۹ مرداد	۱۳:۰۴	۲۹ تیر	۱۳:۰۷
۳۰ شهریور	۱۲:۵۴	۳۰ مرداد	۱۳:۰۴	۳۰ تیر	۱۳:۰۷
۳۱ شهریور	۱۲:۵۳	۳۱ مرداد	۱۳:۰۳	۳۱ تیر	۱۳:۰۷

نمودارهای سؤال ۳




فرکانس برحسب زمان موج B
F(HZ)
T(S)
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13