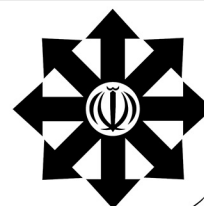




جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش و پرورش  
مرکز ملی پرورش استعداد های درخشان و دانش پژوهان جوان  
معاونت دانش پژوهان جوان



مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان  
و دانش پژوهان جوان

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

اینجانب ..... (شرکت کننده) این دفترچه را به صورت کامل (۲۴ برگه با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

اینجانب ..... (منشی حوزه) تعداد ..... برگه (با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

## چهاردهمین دوره المپیاد نجوم و اختر فیزیک

تاریخ: ۱۳۹۷/۲/۷ - ساعت: ۱۴:۰۰ مدت: ۲۴۰ دقیقه

نام و نام خانوادگی :

شماره پرونده:

استان:

کد ملی:

منطقه:

نام پدر:

پایه تحصیلی:

نام مدرسه:

حوزه:

شماره سندلی

### توضیحات مهم

استفاده از هر نوع ماشین حساب مجاز است

- این پاسخ نامه به صورت نیمه کامپیوتری تصحیح می شود، بنابراین از مجاله و کثیف کردن آن جداً خودداری نمایید.
- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه تطبیق دهید. در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخ نامه با مشخصات شما همخوانی ندارد، بلافاصله مراقبین را مطلع نمایید.
- پاسخ هر سوال را در محل تعیین شده خود بنویسید. چنانچه همه یا قسمتی از جواب سوال را در محل پاسخ سوال دیگری بنویسید، به شما نمره ای تعلق نمی گیرد.
- با توجه به آنکه برگه های پاسخ نامه به نام شما صادر شده است، امکان ارائه هیچگونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می شود ابتدا سوالات را در برگه چرک نویس، حل کرده و آنگاه در پاسخنامه پانویس نمایید.
- عملیات تصحیح توسط مصححین، پس از قطع سربرگ، به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از درج هرگونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان دهنده صاحب برگه باشد، خودداری نمایید. در غیر این صورت تقلب محسوب شده و در هر مرحله ای که باشید از ادامه حضور در المپیاد محروم خواهید شد.
- از مخدوش کردن دایره ها در چهار گوشه صفحه و بارکدها خودداری کنید، در غیر این صورت برگه شما تصحیح نخواهد شد.
- همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ساعت هوشمند، دستبند هوشمند و لپ تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.
- شرکت کنندگان در دوره تابستان از بین دانش آموزان پایه دهم و یازدهم انتخاب می شوند.
- علاوه بر نوشتن پاسخ تشریحی در دفترچه آزمون، وارد کردن پاسخ های نهایی در پاسخ برگ ارائه شده (صفحه ۱ الی ۶) الزامی است. در صورت عدم انتقال پاسخ های نهایی به پاسخ برگ، برگه شما تصحیح نخواهد شد.

$6.67 \times 10^{-11}$	$N m^2 kg^{-2}$	ثابت جهانی گرانش	$G$
$5.67 \times 10^{-8}$	$W m^{-2} K^{-4}$	ثابت استفان-بولتزمن	$\sigma$
$7.56 \times 10^{-16}$	$J m^{-2} K^{-4}$	ثابت تابش	$a = \frac{4\sigma}{c}$
$1.38 \times 10^{-23}$	$J K^{-1}$	ثابت بولتزمن	$k_B$
$6.63 \times 10^{-34}$	$J.s$	ثابت پلانک	$h$
365.25	day	سال	year
$9.1 \times 10^{-31}$	kg	جرم الکترون	$m_e$
$1.67 \times 10^{-27}$	kg	جرم اتم هیدروژن	$m_H$
$3.0 \times 10^8$	m/s	سرعت نور	$c$
$3.09 \times 10^{16}$	m	پارسک	pc
$1.5 \times 10^{11}$	m	واحد نجومی	$r_{earth} = AU$
$9.46 \times 10^{15}$	m	سال نوری	Ly
$6.96 \times 10^8$	m	شعاع خورشید	$R_{sun}$
$1.99 \times 10^{30}$	kg	جرم خورشید	$M_{sun}$
$6.38 \times 10^6$	m	شعاع زمین	$R_{earth}$
$5.97 \times 10^{24}$	kg	جرم زمین	$M_{earth}$
50	AU	شعاع منظومه شمسی	$R_{solars sys}$
0.08		ضریب کارایی چشم انسان	$\epsilon$
50	kpc	فاصله‌ی ابر ماژلانی بزرگ	$R_{LMC}$
60	kpc	فاصله‌ی ابر ماژلانی کوچک	$R_{SMC}$
0.07		ضریب بازتاب سطح ماه	$A_{moon}$
$1.6 \times 10^{-19}$	J	الکترون ولت	eV
4	Gpc	ابعاد کیهان	$D_{cosmos}$
13.6	eV	انرژی حالت پایه اتم هیدروژن	$E_H$
68	(km/s)/Mpc	ثابت هابل	$H_0$
$1.37 \times 10^3$	$W m^{-2}$	ثابت خورشیدی	$f_{sun}$
$3.85 \times 10^{26}$	W	درخشندگی خورشید	$L_{sun}$
4.72		قدر مطلق خورشید	$M_{sun}$
-26.7		قدر ظاهری خورشید	$m_{sun}$
23.45	Degree	زاویه تمایل محور دوران زمین	
6.5		حد قدری چشم انسان	
6	mm	قطر مردمک چشم انسان	$D_{pupil}$
159	litr	حجم یک بشکه	Barrel
$5.5 \times 10^3$	kg/m <sup>3</sup>	چگالی متوسط زمین	$\rho_{earth}$
$1.6 \times 10^{-19}$	C	بار الکترون	e



نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



علاوه بر نوشتن پاسخ تشریحی در دفترچه آزمون وارد کردن پاسخ‌های نهایی در پاسخ‌برگ ارائه شده (صفحه ۱ الی ۶) الزامی است. در صورت عدم انتقال پاسخ‌های نهایی به پاسخ‌برگ، برگه شما تصحیح نخواهد شد.

۱- سوال اول:

الف) شکل شماتیک	ب)	$\Delta g/g =$
	ج)	$\Delta g/g =$
	د)	$\Delta g/g =$

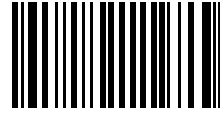
۲- سوال دوم :

الف) $L_1, L_2, L_3$		
الف) $L_4, L_5$		
ب) فاصله بر حسب متر:	ب) نسبت به فاصله زمین تا خورشید:	

ج)	$L_1:$
ج)	$L_2:$
ج)	$L_3:$



نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



۳- سوال سوم:

(الف)	
(ب)	$m =$
(ج)	$L_{\text{star}} / L_{\text{sun}} =$
(د)	$M_{\text{star}} / M_{\text{sun}} =$

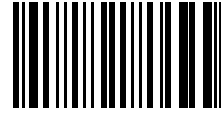
۴- سوال چهارم:

(الف) واحد اندازه گیری $\alpha$ در دستگاه SI	$[\alpha] =$
(ب) بیشترین طول موج	$\lambda =$
(ج) شعاع ابر H II	$R_{\text{H II}} =$

رده طیفی ستاره مرکزی	$N (s^{-1})$	$R_{\text{H II}} (pc)$	فاصله (pc)
O5V	$3 \times 10^{49}$	(د)	(ه)
B0V	$4 \times 10^{46}$		
G2V	$1 \times 10^{39}$		



نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



۵- سوال پنجم:

الف) کمترین طول سایه	
الف) بیشترین طول سایه	

(ج) میل خورشید a =	(ب) عرض جغرافیایی ناظر $\Phi =$
(ه) طول سایه: L =	(د)



نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



۶- سوال ششم:

الف)	$R_{hm} / R_{hl} =$
ب) رابطه:	$R_{hm} / R_{hl} =$
ب) مقدار:	$R_{hm} / R_{hl} =$
ج) توجیه نتایج بالا در ۳ سطر	

۷- سوال هفتم:

رابطه	مقدار
$r =$	$r =$





نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



۹- سوال نهم:

(الف)	$r =$
(ب)	$(M/L)(r) =$
(ج)	$(M/L) =$

۱۰- سوال دهم:

(الف)	$m_2 =$
(ب)	$a_{m1} =$ <span style="margin-left: 200px;"><math>a_{m2} =</math></span>
(ج)	$r =$ <span style="margin-left: 200px;"><math>V_{cm} =</math></span>

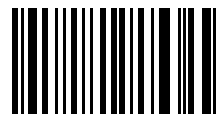




نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



- ۱- برای حجم یک حوزه نفتی در جنوب کشور ۴۰ میلیون بشکه نفت تخمین زده می‌شود. این حوزه نفتی در عمق یک کیلومتری ( $d=1 \text{ km}$ ) از سطح زمین قرار گرفته است.
- یکی از روش‌هایی که به اکتشاف منابع نفتی منجر می‌شود اندازه گیری شتاب گرانش است. چگالی نفت خام برای نفت سبک و سنگین به ترتیب ۸۷۰ و ۹۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب است.
- الف) شکل شماتیکی از مسئله ترسیم کنید. فرض کنید مخزن نفتی به صورت کره باشد.
- ب) تغییرات نسبی شتاب گرانش را برای نقطه نصب دکل نفتی به صورت پارامتری به دست آورید.
- ج) مقدار عددی تغییرات نسبی شتاب گرانش را محاسبه کنید.
- د) دقت در اندازه گیری شتاب گرانش دست کم چقدر باید باشد تا از اندازه گیری شتاب گرانش بتوانیم به سبک یا سنگین بودن نفت پی ببریم. (۲۰ نمره)

در صورت لزوم از این قسمت

به عنوان چرک نویس

استفاده کنید

مطالب این قسمت

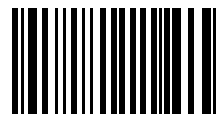
تحت هیچ شرایطی

تصحیح نخواهد شد



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



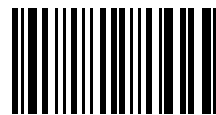
پاسخ سوال ۱

از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 1.



نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

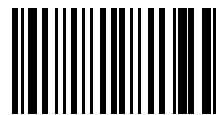
ادامه پاسخ سوال ۱ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 1.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



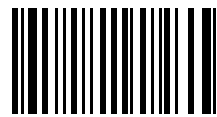
ادامه پاسخ سوال ۱ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 1.

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



۲- پتانسیل گرانشی را در اطراف یک سامانه دوتایی (مثل خورشید (M) - زمین (m)) به فاصله  $d$  از یکدیگر را ترسیم می‌کنیم.

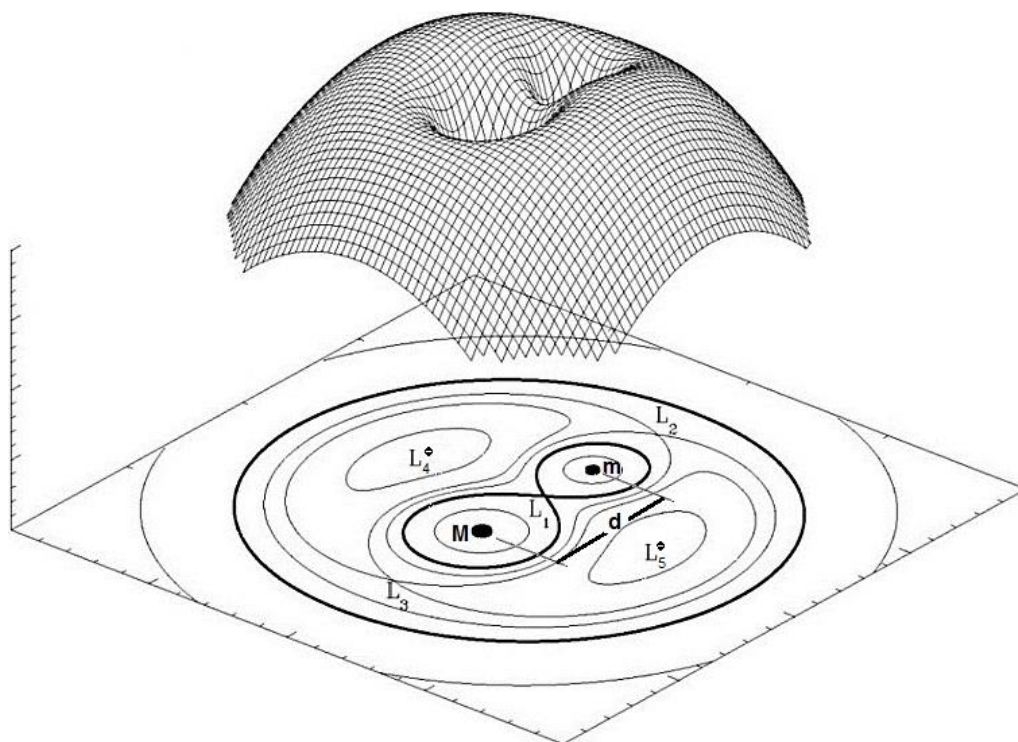
این سامانه با سرعت زاویه‌ای  $\omega$  حول مرکز خود در حال دوران است. نقاط  $L_1$  تا  $L_5$  به نقاط لاگرانژ موسوم هستند. اگر جسم سومی با جرمی بسیار کوچکتر از این دو جرم  $[M, m \ll \mu]$  در نقاط لاگرانژ قرار گیرد، موقعیت آن نسبت به جرم‌های  $m$  و  $M$  همواره ثابت خواهد ماند.

این نقاط مکان‌های مناسبی برای قرارگیری ماهواره‌های تحقیقاتی هستند. ماهواره تحقیقاتی SOHO در نقطه  $L_1$  قرار گرفته و تلسکوپ فضایی جیمز وب JWST در نقطه  $L_2$  نصب خواهد شد چرا که همواره در سایه زمین نسبت به خورشید قرار خواهد داشت.

الف) با توجه به شکل، مشخصه‌های نقاط لاگرانژ از دید تعادل و پایداری را در دو دسته  $(L_1, L_2, L_3)$  و  $(L_4, L_5)$  بنویسید.

ب) فاصله خورشید از مرکز جرم مشترک سیستم خورشید زمین را بر حسب متر محاسبه کرده و نسبت آن را به فاصله زمین تا خورشید به دست آورید.

ج) با یک تقریب خوب می‌توانیم فرض کنیم که مرکز جرم زمین-خورشید در مرکز خورشید قرار گرفته باشد. سه معادله برای محاسبه  $x_1$  (فاصله نقطه  $L_1$  از مرکز خورشید)،  $x_2$  (فاصله نقطه  $L_2$  از مرکز خورشید) و  $x_3$  (فاصله نقطه  $L_3$  از مرکز خورشید) بدست آورید که با حل آنها بتوان مقادیر فوق را محاسبه کرد. (۲۰ نمره)



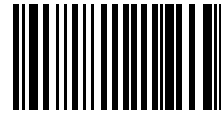


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



پاسخ سوال ۲

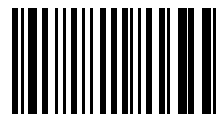
از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 2.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۲ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.

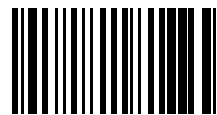


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۲ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.





نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



- ۳- یک منجم آماتور می‌خواهد رصدهای خود را با دقت بیشتری ساماندهی کند. به یک سایت رصدی خوب (حد قدری ۶٫۵) می‌رود. ضریب کارایی چشم انسان در حدود ۸٪ است. در همین شرایط از یک تلسکوپ ۸ اینچی (قطر شیئی ۲۰ سانتیمتر) و یک دوربین با ضریب کارایی ۹۰٪ برای تصویر برداری استفاده می‌کند و تصویر دریافتی را روی مونیتر لپ تاپ خود مشاهده می‌کند.
- الف) رابطه قدر ظاهری- قدر مطلق را با وجود خاموشی بنویسید.
- ب) قدر کم نورترین ستاره‌ای را که روی مونیتر لپ تاپ خود مشاهده می‌کند محاسبه کنید.
- ج) یکی از این کم نورترین ستاره‌ها در فاصله ۴ کیلوپارسکی از ما (لبه بالچ کهکشان) قرار گرفته است. ضریب خاموشی نیز ۱ قدر بر کیلوپارسک است. درخشندگی ستاره را بر حسب درخشندگی خورشید به دست آورید.
- د) اگر از رابطه  $L \propto M^3$  استفاده کنیم، مقدار جرم ستاره را بر حسب جرم خورشید محاسبه کنید. (۲۵ نمره)

در صورت لزوم از این قسمت

به عنوان چرک نویس

استفاده کنید

مطالب این قسمت

تحت هیچ شرایطی

تصحیح نخواهد شد

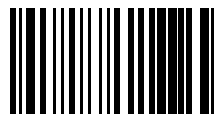


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



پاسخ سوال ۳

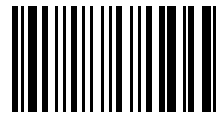
از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



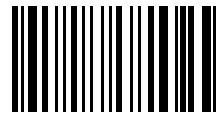
ادامه پاسخ سوال ۳ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۳ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

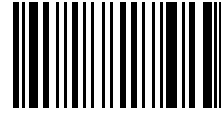
A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



۴- ابرهای گازی یونیزه (H II) شمع‌های استاندارد برای اندازه‌گیری فاصله هستند. چرا که منطقه‌ای را به صورت کروی شکل در داخل یک ابر گازی تک اتمی یونیزه می‌کند. شعاع کره توسط کمیت‌های قابل رصد محاسبه می‌شود و از طرفی قطر زاویه‌ای این کره نیز بر حسب ثانیه قوس قابل اندازه‌گیری است. در ابرهای گازی تک اتمی مثل سحابی سر اسب یا سحابی انا شاه تخته چنین پدیده‌ای دیده می‌شود. ستاره‌ای پر جرم و آبی رنگ فوتون‌های فرابنفش قابل توجهی تولید می‌کنند که این فوتون‌ها قادر به یونیزاسیون اتم‌های هیدروژن موجود در ابر هستند. بنابراین توسط این فوتون‌های پر انرژی کسری از اتم‌ها یونیزه شده و الکترون‌های آزاد تولید می‌کنند. الکترون‌های آزاد شده برای بازترکیب نیاز به برخورد با هیدروژن‌های یونیزه یا همان پروتون‌ها دارند. آهنگ بازترکیب در واحد حجم با حاصلضرب چگالی الکترونی ( $n_e$ ) و چگالی پروتونی ( $n_p$ ) متناسب است ( $\text{Rate} = \alpha n_e n_p$ )؛  $\alpha$  ضریب بازترکیب است. تعداد فوتون‌های تابشی در واحد زمان از ستاره مرکزی که قادر به یونیزاسیون گاز هیدروژن موجود هستند برابر  $N$  است (اعداد مورد نیاز در جدول زیر موجود است):

الف) واحد اندازه‌گیری  $\alpha$  را در دستگاه SI به دست آورید.

ب) بیشترین طول موج فوتون‌های لازم برای یونیزه کردن یک اتم هیدروژن از حالت پایه را محاسبه کنید.

ج) شعاع ابر H II ایجاد شده را بر حسب  $N$ ،  $n_e$  و  $\alpha$  محاسبه کنید.

د) اگر  $n_e = 10^7$  و  $\alpha = 3 \times 10^{-19}$  هر دو در دستگاه SI باشند، شعاع ابر H II ( $R_{\text{H II}}$ ) برای ستاره‌های مرکزی داده شده را محاسبه کنید.

ه) اگر قطر زاویه‌ای این ابرهای گازی در حدود یک ثانیه قوسی باشد فاصله این ابرهای گازی داده شده در قسمت د را محاسبه کنید. (۲۵ نمره)

رده طیفی ستاره مرکزی	$N (s^{-1})$
O۵V	$3 \times 10^{49}$
B۰V	$4 \times 10^{46}$
G۲V	$1 \times 10^{39}$

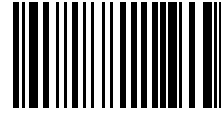


مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان  
و دانش‌پژوهان جوان

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



پاسخ سوال ۴

از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 4.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
و دانش پرتوهای جوان

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۴ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.

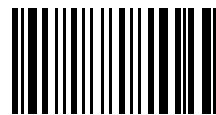


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۴ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.





نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



- ۵- شخصی یک ساعت آفتابی با شاخصی به طول یکصد سانتیمتر می‌سازد. در یک روز مشخص وقتی انتهای سایه را روی سطح زمین علامت می‌زند، این علامت‌ها یک شکل بسته را تشکیل می‌دهد. کوتاهترین طول سایه ۱۷۳ سانتیمتر و بلندترین طول سایه ۵۶۷ سانتیمتر است. (۲۵ نمره)
- الف) ترکیب قرارگیری خورشید، زمین و شاخص را برای بیشترین و کمترین طول سایه ترسیم کنید.
- ب) عرض جغرافیایی ناظر را به دست آورید.
- ج) میل خورشید را به دست آورید.
- د) این پدیده در چه تاریخی یا تاریخ‌هایی رخ می‌دهد؟
- ه) ۶ ساعت پس از کوتاهترین سایه، طول سایه چند سانتیمتر خواهد بود؟

در صورت لزوم از این قسمت

به عنوان چرک نویس

استفاده کنید

مطالب این قسمت

تحت هیچ شرایطی

تصحیح نخواهد شد

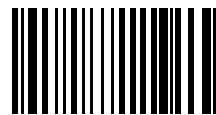


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



پاسخ سوال ۵

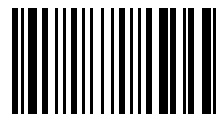
از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 5.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



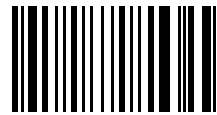
ادامه پاسخ سوال ۵ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان  
وزارت آموزش پرورش

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۵ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



۶- در یک خوشه ستاره‌ای فرض کنید دو نوع ستاره با جرم‌های  $m_1 = 1 M_{\text{sun}}$  و  $m_2 = 10 M_{\text{sun}}$  وجود دارد و چگالی عددی آنها به این صورت با شعاع تغییر می‌کند  $n_1(r) = n_{0,1}/r^2$  و  $n_2(r) = n_{0,2}/r^2$ . از رابطه  $L \propto M^3$  استفاده کنید. شعاع‌های نیمه جرم ( $R_{\text{hm}}$ ) و نیمه درخشندگی ( $R_{\text{hl}}$ ) به شعاع‌هایی گفته میشود که به ترتیب نیمی از جرم خوشه و نیمی از درخشندگی خوشه در آن وجود داشته باشد.

الف) فرض کنید هر دو نوع ستاره تا شعاع  $R$  توزیع شده باشند. نسبت شعاع نیمه جرم به شعاع نیمه درخشندگی را به دست آورید.

ب) می‌دانیم در اثر تحول دینامیکی به مرور زمان ستاره‌های سنگین‌تر به نواحی درونی‌تر خوشه هدایت می‌شوند و تجمع آنها در نواحی مرکزی‌تر خوشه بیشتر می‌شود. به این پدیده جداسازی جرمی (mass segregation) گفته می‌شود.

پس از جداسازی جرمی، ستاره‌های  $m_2$  تا شعاع  $R/2$  توزیع شده و ستاره‌های  $m_1$  در همان وضعیت قبلی باقی می‌مانند. رابطه‌ی نسبت شعاع نیمه جرم و شعاع نیمه روشنایی را برای این حالت به دست آورده و مقدار عددی این نسبت را به ازای  $n_{0,1} = 10 n_{0,2}$  محاسبه کنید.

ج) با مقایسه حالت‌های الف و ب در حداکثر ۳ خط، نتایج بالا را توجیه کنید. (۲۵ نمره)

در صورت لزوم از این قسمت

به عنوان چرک نویس

استفاده کنید

مطالب این قسمت

تحت هیچ شرایطی

تصحیح نخواهد شد

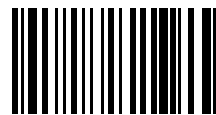


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

پاسخ سوال ۶

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 6.

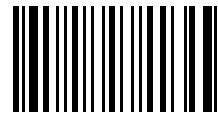


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۶ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۶ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.

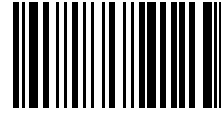




نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



۷- سیارکی در صفحه دایره البروج در مداری دایروی به دور خورشید در حرکت است. سفینه‌ای بر روی این سیارک فرود می‌آید و با مرکز فرماندهی بر روی زمین با ارسال یک سیگنال رادیویی تماس می‌گیرد. سفینه هرگاه که سیگنالی از زمین دریافت می‌کند، فوراً به آن پاسخ می‌دهد. می‌دانیم که وقتی سیارک در وضعیت تربیع قرار می‌گیرد، فاصله زمانی بین ارسال سیگنال و دریافت مجدد آن توسط مرکز فرماندهی در مرکز زمین به مقدار  $\Delta t = 775.6s$  طولانی‌تر از حالتی است که سیارک در وضعیت مقابله قرار گرفته باشد. فرض کنید مدار زمین به دور خورشید دایره‌ای به شعاع  $a_E$  است. شعاع مداری سیارک،  $a$ ، را بر حسب  $a_E$ ،  $c$  (سرعت نور) و  $\Delta t$  به دست آورده و مقدار عددی آن را محاسبه کنید. (۲۰ نمره)

در صورت لزوم از این قسمت

به عنوان چرک نویس

استفاده کنید

مطالب این قسمت

تحت هیچ شرایطی

تصحیح نخواهد شد



مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان  
وزارت آموزش پرورش

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



پاسخ سوال ۷

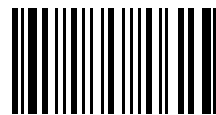
از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 7.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۷ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۷ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



۸- رمبش شدید گرانشی ستاره‌ای به جرم  $M=1 \cdot M_{\text{sun}}$  در مراحل پایانی عمر خود، منجر به یک انفجار شدید ابرنواختری می‌شود؛ به گونه‌ای که هسته ستاره که کوتوله‌ای سفیدی بوده، تبدیل به یک ستاره نوترونی می‌شود و مابقی ستاره به صورت یک پوش به بیرون پرتاب می‌شود. جرم کوتوله سفید تقریباً  $M_c=1.4M_{\text{sun}}$ ، شعاع آن به اندازه شعاع زمین و شعاع ستاره نوترونی تقریباً  $20 \text{ km}$  است.

الف) مقدار کل انرژی آزاد شده در فرایند رمبش گرانشی چند ژول است؟

انرژی آزاد شده به سه قسمت تبدیل می‌شود: انرژی جنبشی پوش ( $E_1$ )، انرژی تابشی ( $E_2$ ) و انرژی نوترینوهای آزاد شده ( $E_3$ ).

ب) در اثر انرژی آزادشده‌ی پوش، لایه اطراف هسته رمبنده با سرعتی زیاد به بیرون پرتاب می‌شود. پهن شدن خطوط جذبی در طیف مشاهده شده ابرنواختر، برابر  $\Delta\lambda/\lambda=0.0333$  است. انرژی جنبشی آزاد شده در ابرنواختر را بر حسب ژول به دست آورید. این انرژی چند درصد از انرژی کل آزاد شده در قسمت الف است؟

ج) در طول انفجار ابرنواختری که به مدت ۲ ماه به طول می‌انجامد، ابر نواختر با قدر مطلق متوسط  $M_v = -1$  می‌درخشد. این مقدار انرژی را بر حسب ژول به دست آورید. چند درصد از انرژی آزاد شده ابرنواختر به شکل انرژی تابشی فوتون‌ها است؟

د) مقدار انرژی آزاد شده توسط نوترینوها را بر حسب ژول به دست آورید. این انرژی تقریباً چند درصد از کل انرژی آزاد شده است؟

ه) اگر انرژی متوسط نوترینوهای آزاد شده برابر  $E_v=5 \text{ MeV}$  باشد، تعداد نوترینوهای آزاد شده را به دست آورید.

و) اگر این ستاره در ابر ماژلانی بزرگ واقع شده باشد، تعداد نوترینوهای عبوری از سطح مقطع بدن هر یک از انسان‌ها (تقریباً  $0.5$  متر مربع) ناشی از این انفجار ابرنواختری چقدر خواهد بود؟ (۳۰ نمره)

در صورت لزوم از این قسمت به عنوان چرک نویسی

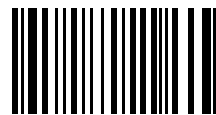
استفاده کنید مطالب این قسمت

تحت هیچ شرایطی تصحیح نخواهد شد



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



پاسخ سوال ۸

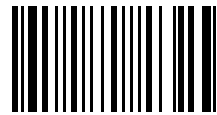
از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 8.



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
و دانش پرتوهای جوان

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۸ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.

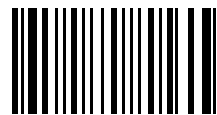


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۸ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.

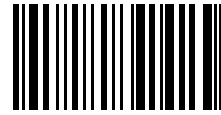




نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



۹- یکی از روش‌های فاصله یابی کهکشان‌ها استفاده از تابع توزیع درخشندگی خوشه‌های ستاره‌ای درون آنهاست. تابع توزیع تعداد خوشه‌ها برحسب درخشندگی، یک تابع تپه‌ای شکل بوده، که بیشینه آن در قدر مطلق  $M_V = -7.7$  است (یعنی بیشترین فراوانی خوشه‌ها مربوط به خوشه‌های کروی با قدر مطلق  $-7.7$  می‌باشد). این موضوع برای همه کهکشان‌ها تقریباً یکسان است. اخیراً گروهی به رهبری پیتر وان داکوم در تاریخ ۱۶ فروردین ۱۳۹۷ مقاله‌ای در مجله نیچر به چاپ رسانده‌اند که در آن خوشه‌های ستاره‌ای موجود در کهکشان کوتوله NGC 1052-DF2 را مورد بررسی قرار داده‌اند. فاصله این کهکشان کوتوله از روش دیگری (روش نوسانات روشنایی سطحی) اندازه‌گیری شده و مقدار آن  $D=20 \text{ Mpc}$  به دست آمده است. نکته عجیبی که گزارش شده این است که محل بیشینه تابع توزیع درخشندگی خوشه‌های کروی در این کهکشان بر خلاف همه کهکشان‌های دیگر در قدر مطلق  $M_V = -9.1$  است.

الف) با توجه به مقدار قدر مطلق خوشه‌های کروی با بیشترین فراوانی ( $M_V = -9.1$ ) فاصله کهکشان کوتوله NGC 1052-DF2 را به دست آورید.

وان داکوم و همکاران، مقدار جرم این کهکشان کوتوله را از روی سرعت خوشه‌های ستاره‌ای که درون کهکشان در حال چرخش هستند به دست آوردند. مقدار سرعت چرخشی در این کهکشان تقریباً  $\sigma=3.2 \text{ km/s}$  و مقدار جرم لازم برای ایجاد چنین سرعت‌هایی برابر  $2 \times 10^8 M_{\text{sun}}$  محاسبه می‌شود. همچنین با توجه به درخشندگی اندازه‌گیری شده که برابر است با  $L=1 \times 10^8 L_{\text{sun}}$  نسبت جرم به درخشندگی این کهکشان برابر  $2 (M/L = 2 M_{\text{sun}}/L_{\text{sun}})$  محاسبه شده است؛ و از آن نتیجه گرفته‌اند که این کهکشان فاقد ماده تاریک است.

ب) با توجه به این که جرم کهکشان بر اساس شعاع کهکشان و نیز سرعت حرکت ستاره‌ها و خوشه‌های ستاره‌ای در آن تعیین می‌شود، مقدار  $M/L$  را بر حسب فاصله ناظر از کهکشان  $D$  به دست آورید.

ج) اگر قبول کنیم که آنها در تخمین فاصله ذکر شده در قسمت الف مرتکب اشتباه شده باشند، مقدار  $M/L$  واقعی کهکشان را بر حسب  $M_{\text{sun}}/L_{\text{sun}}$  به دست آورید. (۲۵ نمره)

در صورت لزوم از این قسمت به عنوان چرک نویس

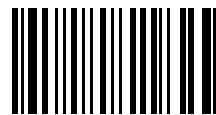
استفاده کنید مطالب این قسمت

تحت هیچ شرایطی تصحیح نخواهد شد



مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



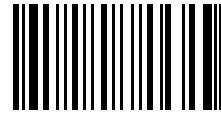
پاسخ سوال ۹

از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing the answer to question 9.



نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۹ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.

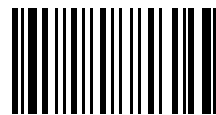


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۹ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

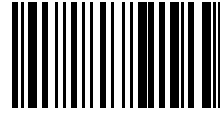
A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.



نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :

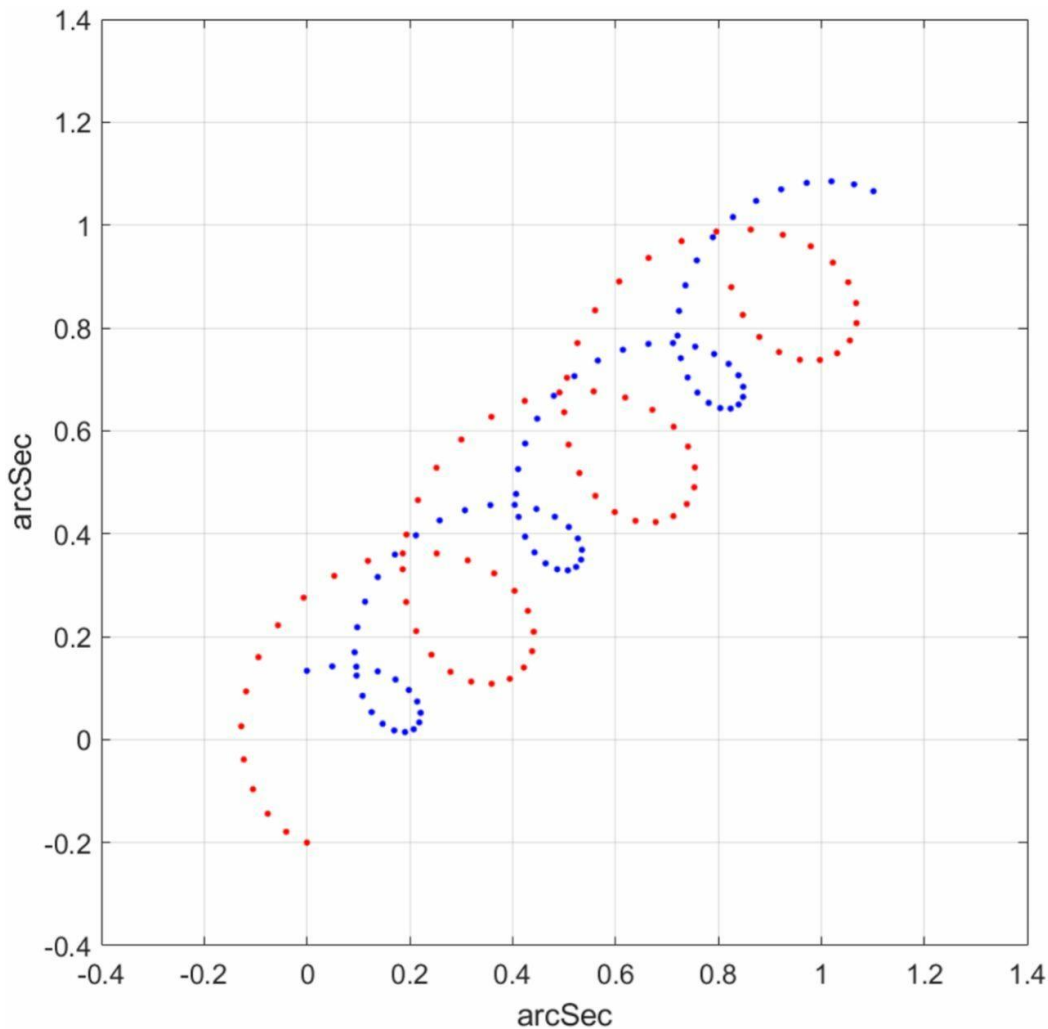


۱۰- یک منظومه دوتایی رصد شده و میل مداری آن دقیقاً صفر است یعنی صفحه‌ی مدارشان عمود بر راستای دید ناظر است. همچنین مدار دو ستاره دایروی است. ستاره کم جرم تر ( $m_1$ ) این منظومه یک ستاره خورشیدگون است. تلسکوپ در مدت زمان ۲ سال تصویر زیر را از رد دو ستاره در آسمان ثبت کرده است. داده برداری از دو ستاره هر ۱۰ روز یکبار انجام شده است. (محورهای تصویر، بر حسب ثانیه قوسی است) موقعیت دو ستاره در لحظه‌ی اول نیز نشان داده شده است. (۲۵ نمره)

الف) جرم ستاره بزرگتر چقدر است؟

ب) شعاع مداری هر کدام از ستارگان چند است؟

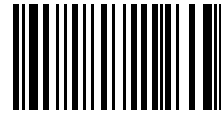
ج) فاصله‌ی منظومه از ما و سرعت مرکز جرم سیستم چقدر است؟





مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :  
نام خانوادگی :  
کد ملی :



پاسخ سوال ۱۰

از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.

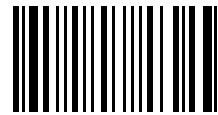


مرکز ملی پژوهش‌های فضا و نجوم  
دانشگاه تهران

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۱۰ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.

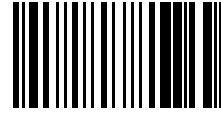


مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان  
و دانش‌پژوهان جوان

نام :

نام خانوادگی :

کد ملی :



ادامه پاسخ سوال ۱۰ از نوشتن جواب سوالات دیگر در قسمت تعیین شده برای این سوال خودداری کنید در غیر این صورت، پاسخ داده شده تصحیح نخواهد شد

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing answers.