

باسمه تعالی

سوالات آزمون فیزیولوژی دوره تابستانه بیست و یکمین المپیاد زیست شناسی ایران

زمان آزمون: ۲۱۰ دقیقه

مجموع نمره: ۵۹ نمره

شماره آزمون: ۱۲

تاریخ آزمون: ۲۴ شهریورماه ۱۳۹۷

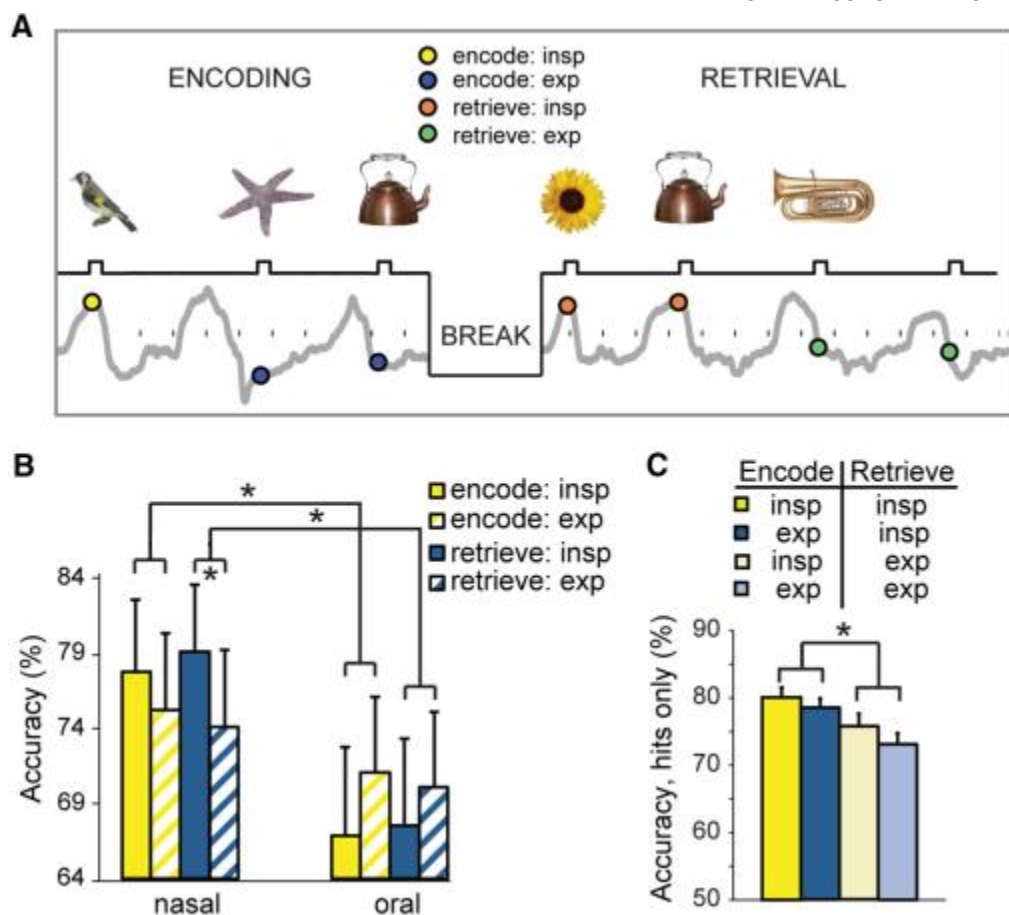
ساعت شروع آزمون: ۸:۰۰

درصد: ۷,۵ درصد نمره نهایی

استفاده از ماشین حساب مجاز می باشد

تعداد سوالات: ۱۵

(۱) در یک آزمون حافظه، تصویر اشیای مختلفی در زمان های مختلف سیکل تنفس به افراد نشان داده شد. فواصل بین نمایش تصاویر ۳ الی ۶ ثانیه بود. پس از ۲۰ دقیقه استراحت، همان تصاویر بعلاوه تعداد برابری از تصویر اشیای جدید به افراد نشان داده شد و شرکت کنندگان در صورتی که تصویر شی را قبلا دیده بودند دکمه Yes و در صورتی که تصویر جدید بود دکمه No را فشار می دادند. عملکرد حافظه شرکت کنندگان در فازهای دم و بازدم و در تنفس دهانی و تنفس بینی بررسی شد ($p < 0.05$). صحیح یا غلط بودن هریک از گزاره های زیر را تعیین کنید. (هر گزاره ۵، ۰ نمره)



الف) فاز دم و بازدم در طی تنفس دهانی اثری بر عملکرد حافظه ندارد.

ب) در تنفس از طریق بینی، عملکرد حافظه در فاز دم به طور معناداری بیشتر از فاز بازدم است.

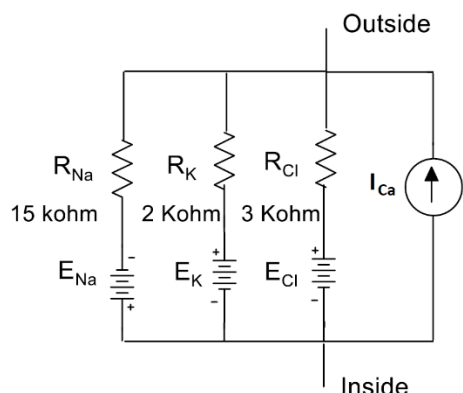
ج) بدون توجه به اینکه تصویر شی در طی Encoding در فاز دم یا بازدم نشان داده شود، اگر در طی retrieval تصویر اشیای در فاز دم نشان داده شوند عملکرد حافظه به طور معناداری بیشتر است.

د) در تنفس از طریق بینی، برخلاف Encoding، دقت retrieval در فاز دم به طور معناداری بیشتر از فاز بازدم است.

(۲) شکل و جدول زیر مدار معادل و غلظت یون های نفوذپذیر غشا یک سلول را نشان می دهند. اگر غشا مذکور تنها دارای پمپ فعال برای

Ca^{2+} باشد، صحیح یا غلط بودن هریک از گزاره های زیر را تعیین کنید. (هر گزاره ۵، ۰ نمره)

(در دمای ۳۷ درجه: $E_{\text{Ion}} = (61.5/z) \log_{10} [\text{Ion}]_{\text{in}}/[\text{Ion}]_{\text{out}}$, (z: charge) (پتانسیل استراحت غشا: $V_m = -61.65 \text{ mV}$)



یون	خارج سلول (mmol)	داخل سلول (mmol)
K^+	۶۰	۶۰۰
Na^+	۴۰۰	۴۰
Cl^-	۵۰۰	۵۰

الف) جریان پمپ کلسیم outward است.

ب) در پتانسیل استراحت غشا، $I_{\text{Na}} + I_{\text{K}} + I_{\text{Cl}} = 0$

ج) $I_{\text{K}} = (E_{\text{K}} - V_m)/R_{\text{K}}$

د) $E_{\text{Na}} = -E_{\text{Cl}}$

(۳) به دلیل عبور عصب بینایی از روی شبکه، در میدان بینایی هر چشم نقطه کور (blind spot) به وجود می آید. فرض کنید در آزمایشی

اندازه گستره نقطه کور در هر چشم را محاسبه کنیم. صحیح یا غلط بودن هریک از گزاره های زیر را تعیین کنید. (هر گزاره ۵، ۰ نمره)

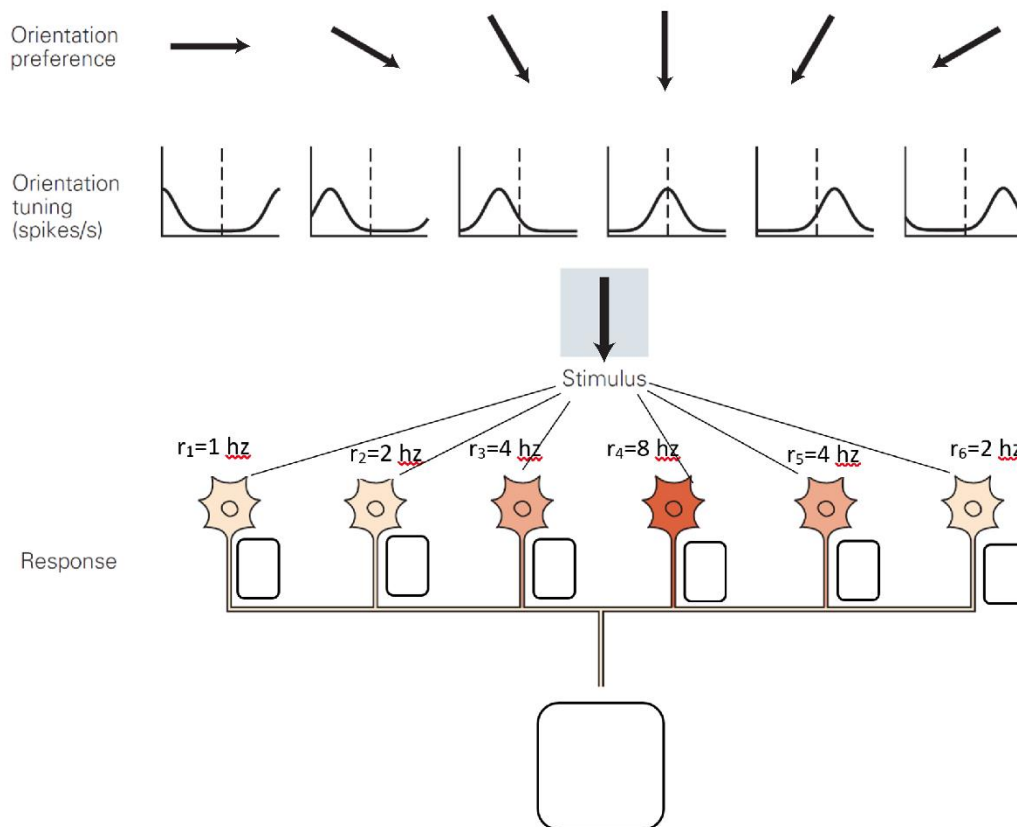
الف) می توان به کمک تمرین گستره ی نقطه ی کور در هر چشم را کاهش داد.

ب) انجام تمرینات نمی تواند حساسیت (sensitivity) پاسخ به تشخیص جهت حرکت در نقطه کور را تغییر دهد.

(۴) پاسخ یک نورون در نواحی ابتدایی بینایی را در نظر بگیرید. نورون‌ها در این ناحیه به محرک با جهت خاص (orientation preference) بیشترین پاسخ را می‌دهند. اما هر یک از این نورون‌ها به سایر جهت‌ها نیز پاسخ می‌دهند. پاسخ نورون به جهت‌های مختلف، منحنی tuning (orientation tuning) را تشکیل می‌دهد. فرض کنید پاسخ نورون a به محرک دلخواه S را به صورت برداری در نظر بگیریم. جهت این بردار همراستا با جهت محرکی است که در نورون a بیشترین پاسخ را ایجاد می‌کند (همجهت با orientation preference)؛ و بزرگی این بردار متناسب با پاسخ نورون a به محرک S است.

الف) فرض کنید جهت مطلوب نورون a (جهتی که بیشترین پاسخ را ایجاد می‌کند: orientation preference) با بردار یکه \vec{C}_a نمایش داده شود؛ به کمک بردارهای پیشنهادی، مدلی را برای رمز شدن (coding) اطلاعات مربوط به محرک S با جهت دلخواه، در جمعیت نورونی با n نورون، بیان کنید. (پاسخ نورون a به محرک S برابر با r_a هرتز و بیشترین پاسخ نورون a برابر با R_a هرتز است) (۲ نمره)

ب) با توجه به مدل پیشنهادی، بازنمایی برداری محرک ارائه شده را برای هر یک از نورون‌ها (داخل مربع‌های کوچک) و جمعیت نورونی (داخل مربع بزرگ) رسم کنید. (بیشترین پاسخ برای همه نورون‌ها ۸ هرتز است). (۸ نمره)



(۵) در گونه ای از جوندگان، جریان های یونی گیرنده نیکوتینی استیل کولین در عضله اسکلتی با تکنیک کلمپ ولتاژ ثبت و نتایج زیر به دست آمده است:

پتانسیل غشا (mV)	جریان سدیم (pA)	جریان پتاسیم (pA)
+۶۰	۰	+۱۰۰
+۴۰	-۱۰	+۵۰
+۲۰	-۲۵	+۲۵
۰	-۳۸	+۱۰
-۲۰	-۷۵	+۵
-۴۰	-۱۴۰	+۳
-۶۰	-۲۵۰	۰

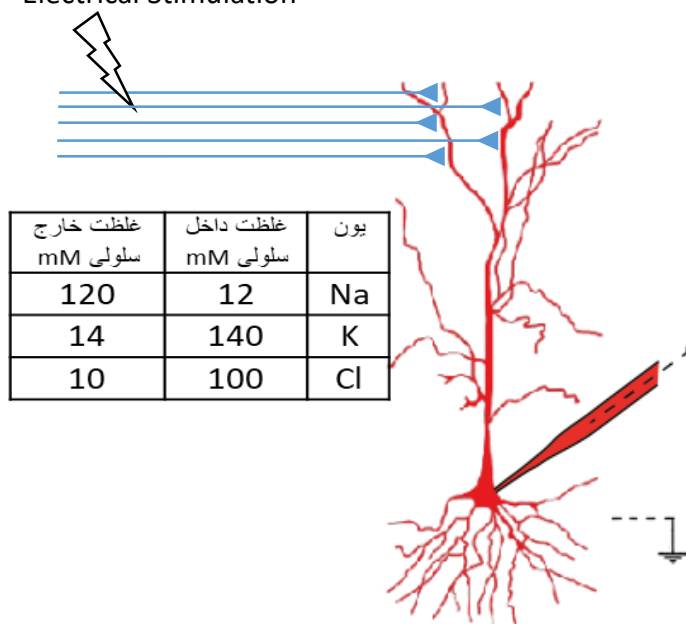
اگر حاصل RT/F را برابر با ۶۰ در نظر بگیریم، با توجه به این مقادیر، به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) پتانسیل معکوس (reverse potential) این گیرنده چه میزان است؟ (۵, ۰ نمره)

ب) بر اساس پتانسیل معکوس، نسبت هدایت سدیم به هدایت پتاسیم (g_{Na}/g_K) در این گیرنده را محاسبه کنید. (۵, ۳ نمره)

ج) غلظت پتاسیم داخل سلولی چند برابر پتاسیم خارج سلولی است؟ (۱ نمره)

Electrical Stimulation



(۶) شکل مقابل یک نورون پس سیناپسی را نشان می دهد که با تکنیک whole cell patch clamp در ولتاژهای مختلف از جسم سلولی آن ثبت گرفته می شود. غلظت داخل و خارج سلولی یون های اصلی در جدول سمت چپ شکل آورده شده است. به علاوه، مهارگر کانال سدیم و پتاسیم حساس به ولتاژ نیز به مایع داخل سلولی افزوده شده است. در هریک از موارد مشخص شده در جدول زیر در دو ستون سمت چپ بنویسید به دنبال تحریک الکتریکی ورودی های پیش سیناپسی این نورون، چه نوع جریانی (جریان AMPA، NMDA یا GABA_A) و در چه جهتی (inward یا outward) ثبت می شود؟

(نکته: پتانسیل معکوس گیرنده های گلوتاماتی را صفر در نظر بگیرید و بجز گلوتامات و گابا از نقش نوروترانسمیترهای دیگر و جریان های کلسیمی چشم پوشی کنید). (هر ردیف، ۱ نمره، در مجموع، ۸ نمره).

ولتاژ کلمپ شده	ترکیبات اضافه شده به خارج سلول	نوع جریان	جهت جریان
- ۶۰ mV	مهارگر گیرنده GABA _A		
- ۷۰ mV	مهارگر گیرنده AMPA + مهارگر گیرنده NMDA		
صفر mV	مهارگر گیرنده GABA _A		
+ ۳۰ mV	مهارگر گیرنده AMPA و GABA _A		
- ۹۰ mV	مهارگر گیرنده NMDA		
+ ۶۰ mV	مهارگر گیرنده AMPA		
+ ۱۰ mV	تتروdotوکسین (TTX) + مهارگر گیرنده GABA _A		
+ ۲۰ mV	تتروdotوکسین (TTX) + مهارگر گیرنده AMPA + تزریق کوتاه مدت یک پالس GABA		

(۷) فردی دچار یک بیماری نورودژنراتیو شده که باعث آسیب دیدن سلول های الیگودندروسیت می شود. اگر در آکسون های این فرد که قبل از بیماری الیگودندروسیت ۸ بار به دور آکسون پیچیده بود، نیمی از لایه ها از دست برود، سرعت انتقال پتانسیل عمل در این آکسون ها حدوداً به چه نسبت تغییر می کند؟ خصوصیات مقاومتی و خازنی غشای الیگودندروسیت و نورون را مشابه در نظر بگیرید و محاسبات خود را بطور کامل بنویسید. (۵ نمره)

(۸) محققان برای بررسی آکسون های ویژه ای در نوعی نرم تن که به تازگی کشف شده است آزمایش های متفاوتی را انجام دادند. آن ها ابتدا نورون طبیعی را بررسی کردند و متوجه شدند مقاومت غشا ۲۰ میلی اهم و مقاومت بین شاخه های نورون (مقاومت شعاعی) ۱۸۰ میلی اهم است. همچنین متوجه شدند حد آستانه تحریک کانال های سدیمی ۲۰ میلی ولت و حداکثر ولتاژ در زمان دپلاریزاسیون ۷۵ میلی ولت است. زمان تحریک ناپذیری مطلق و نسبی به ترتیب ۱,۵ و ۲ میلی ثانیه اندازه گیری شد. (پتانسیل استراحت غشا = - ۷۵ میلی ولت)

* واحد ثابت طول را متر و ثابت زمان را ثانیه در نظر بگیرید.

الف) در حالت طبیعی سرعت هدایت پیام چقدر است؟ (۵, ۰ نمره)

ب) حداکثر سرعت هدایت پیام در آکسون چقدر است؟ (۵, ۰ نمره)

سپس مطابق جدول زیر تغییراتی در هر نورون بوجود آوردند. مقادیر خواسته شده را بدست آورید.

تغییر ایجاد شده	کمیت های خواسته شده (هر مورد ۵, ۰ نمره)
اطراف نورون ۴ دور غلاف میلین پیچیدند	سرعت هدایت نرمال پیام:
	حداکثر سرعت هدایت پیام:
با ماده ای محرک پتانسیل آستانه تحریک را به ۱۰ میلی ولت کاهش دادند.	سرعت هدایت نرمال پیام:
	حداکثر سرعت هدایت پیام:
با ماده ای زمان های تحریک ناپذیری مطلق و نسبی را نصف کردند.	سرعت هدایت نرمال پیام:
	حداکثر سرعت هدایت پیام:

(۹) در هریک از موارد زیر تأثیر عامل نام برده شده بر کمیت مورد نظر را به صورت افزایش، کاهش و یا بی اثر مشخص نمایید. (هر مورد ۰,۵ نمره)

الف) اثر اگزوسیتوز ویزیکول های حاوی هیستامین در Mast cell بر ظرفیت خازنی غشای این سلول

ب) اثر پدیده دونان بر نگاتیویته پتانسیل غشا

ج) اثر افزایش ثابت زمانی بر سرعت هدایت الکترونیک

د) اثر کاهش غلظت منیزیم بر تحریک پذیری نورون

(۱۰) یکی از گزینه های داخل پرانتز را مشخص کنید (هر مورد ۰,۲۵ نمره. نمره منفی ۹۰٪ نمره سوال)

الف) کورتکس مغز در T1-weighted (تیره - روشن)

ب) افزایش پروتئین در محل (افزایش T1 - کاهش T1)

ج) تومور مغزی در T1-weighted (تیره - روشن)

د) شش ها در Radiography (تیره - روشن)

ه) مرکز نخاع در T2-weighted (تیره - روشن)

و) عروق کرونری در angiography (تیره - روشن)

ز) کورتکس مغز در CT-scan (تیره - روشن)

ح) نخاع در CT-scan (تیره - روشن)

ط) تومور ریوی در CT-scan (تیره - روشن)

ی) ناحیه hematoma در CT-scan (تیره - روشن)

ک) حمله صرع در EEG (تغییر در میانگین امواج - ثابت ماندن میانگین امواج)

ل) کیست در T2-weighted (تیره - روشن)

م) آرتریت روماتوئید در T2-weighted (تیره - روشن)

ن) افزایش میدان مغناطیسی ثابت (افزایش ثابت T1 - کاهش ثابت T1)

(۱۱) در آزمایشی برای تصویربرداری MRI، اطراف سر بیمار را با پروتئینی که ۵ زیرواحد دارد پوشانده ایم. این پروتئین دارای خاصیت FRET است و هرکدام از زیرواحد های آن یک طول موج مشخص را جذب کرده و یک طول موج مشخص دیگر را نشر میدهند. برای شناسایی زیرواحدها ترکیب های مختلفی از آن ها را می سازیم و در معرض تابش قرار میدهم و طول موج نشر شده را ثبت میکنیم (مطابق جدول زیر). برای تصویربرداری میتوانیم از ۳ نوع شیب میدان مغناطیسی a و b و c استفاده کنیم که نمودار آن ها نشان داده شده است. با استفاده از تابشی پروتئین اطراف سر را تحریک کرده و از تابش نشر شده به عنوان RF (radiofrequency) استفاده میکنیم. (میزان میدان مورد نیاز برای هر RF مشخص از فرمول ۱-۱ بدست می آید).

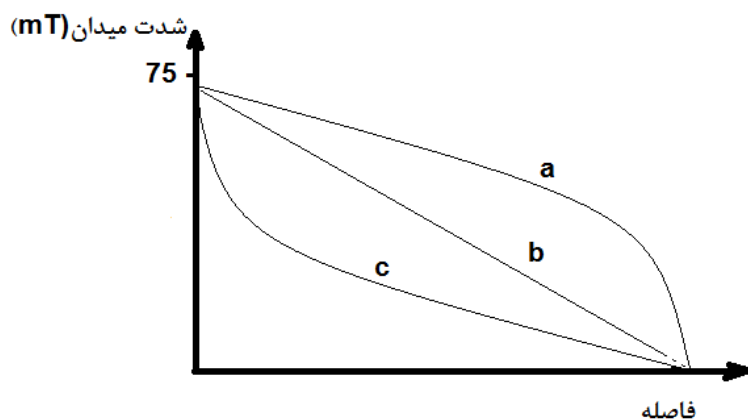
$$B = \lambda \cdot e^{-RT} \quad \text{فرمول ۱-۱}$$

λ : طول موج برحسب نانومتر

R: ثابت گازها = ۰,۰۰۸۳۱۴

طول موج نشری	طول موج جذبی	
537	272	A+C+D
561	310	C+E
610	537	A+D+E
310	272	B+D+E
645	537	A+B+E

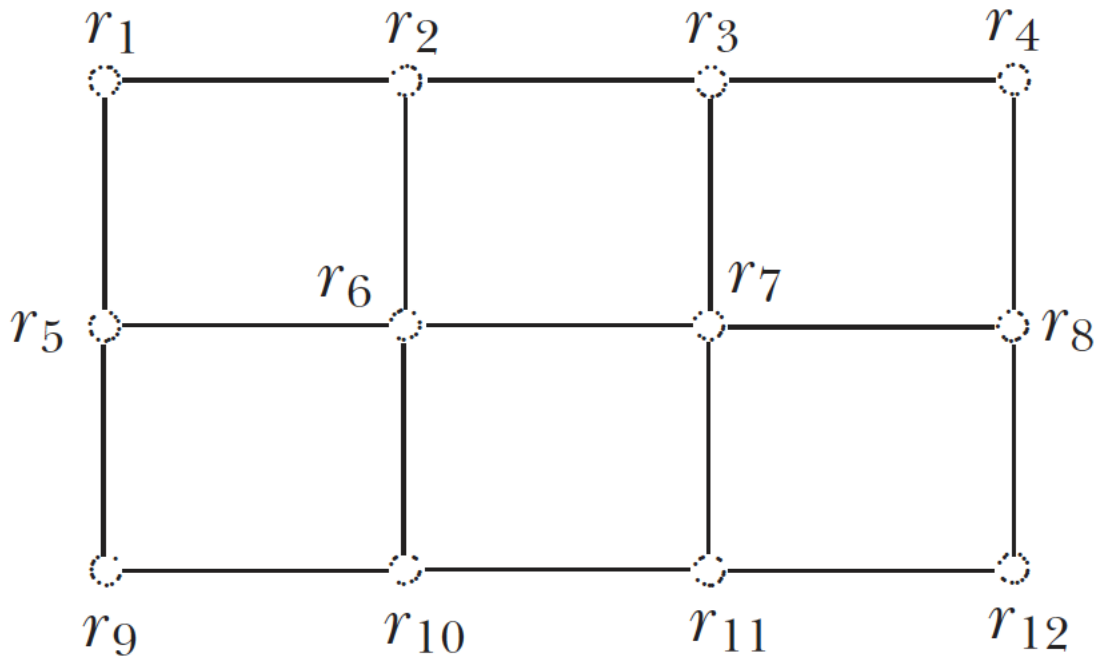
الف) باتوجه به اطلاعات بالا مشخص کنید طول موج RF چقدر است و از کدام شیب میدان استفاده کنیم مناسب تر است؟ (۱ نمره)
 ب) در صورتی که زیرواحد c را حذف کنیم طول موج RF چقدر است و از کدام شیب میدان استفاده کنیم که مناسب تر باشد؟ (۱ نمره)



ج) پالس های ۹۰ درجه و ۱۸۰ درجه را به سر می تابانیم و سپس میزان اسپین را در محور های (x,y) و z اندازه گیری میکنیم در هرکدام از روش های T1-weighted و T2-weighted چه مدت بعد از تابش اسپین ها را ثبت کنیم تا بیشترین رزولوشن بین ماده خاکستری و CSF داشته باشیم؟ (۲ نمره)

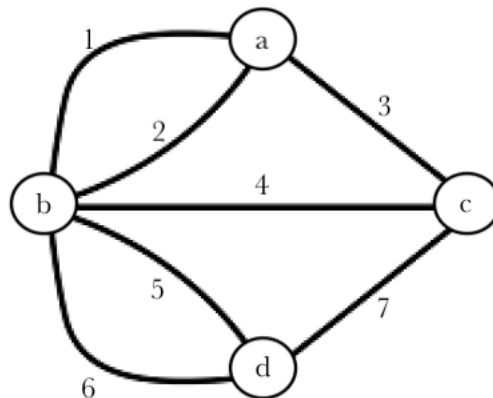
ثابت زمانی T2	ثابت زمانی T1	
2000	4000	CSF
90	900	ماده خاکستری

(۱۲) مجموعه‌ای از دوازده نورون (r_1 تا r_{12}) مطابق شکل زیر یک شبکه را تشکیل می‌دهند.



می‌توان چهار نورون را به گونه‌ای انتخاب کرد که اگر آن‌ها را دپلاریزه کنیم، هر نورون یا خودش دپلاریزه باشد یا به نورونی که دپلاریزه است سیناپس داشته باشد. نام این چهار نورون را بنویسید. (۲ نمره)

(۱۳) شبکه عصبی کُنِیسبرگ (Königsberg) ۴ نورون (a تا d) و ۷ سیناپس (۱ تا ۷) دارد. می‌دانیم که نمی‌توان مسیری در این شبکه پیدا کرد که از همه نورون‌ها رد شود و از همه سیناپس‌ها نیز فقط یک بار رد شود. اما طبعاً می‌توان با حذف شرط فقط یک بار رد شدن از هر سیناپس این کار را انجام داد.



می‌خواهیم از یک نورون شروع کرده و با طی توالی‌ای از سیناپس‌ها و نورون‌ها به طوری که از هر یک حداقل یک بار رد شویم، در مرحله آخر به همین نورون آغازین برسیم. حداقل چند بار باید از سیناپس رد شویم تا بتوانیم این کار را انجام دهیم؟ مسیر خود را بنویسید. (۱ نمره)

(۱۴) شما ده عدد نورون در اختیار دارید. از شما می‌خواهیم ده شبکه عصبی متمایز با این نورون‌ها رسم کنید به طوری که قواعد زیر رعایت شود. (۲,۵ نمره)

الف) شبکه‌ها از نظر توپولوژیک هم‌سان‌ریخت نباشند (مثلا یک مربع با یک لوزی هم‌سان‌ریخت است).

ب) هیچ فضای بسته‌ای در صفحه ایجاد نشود (یا همان $F=1$ باقی‌ماند).

ج) هیچ نورونی ۲ سیناپس نداشته باشد.

(۱۵) شما در طبقه هم‌کف (صفرم) یک ساختمان بیست‌وپنج طبقه قرار دارید. در طبقه بیست‌وپنجم یک هوش مصنوعی بسیار باهوش و شرور به نام هَل (Hal) قرار دارد که کنترل تمام شهر را در دست گرفته‌است. شما باید به طبقه آخر این ساختمان رفته و دکمه خاموش‌شدن دستی هَل را فشار دهید تا شهر نجات پیدا کند. مشکل این جاست که آسانسوری که باید با آن به طبقه بیست‌وپنجم بروید کاملاً در اختیار شما نیست. شما می‌توانید هر بار آسانسور را ۱، ۳ یا ۴ طبقه بالا ببرید. بعد از هر بار، نوبت هَل می‌شود تا همین کار را بکند. اگر شما با حرکت خودتان به طبقه بیست‌وپنجم برسید (مثلاً در طبقه ۲۴ نوبت شما شده و شما با یک طبقه بالا بردن آسانسور به طبقه ۲۵ برسید)، می‌توانید از آن خارج شده و هَل را خاموش کنید. اما اگر با حرکت هَل به این طبقه برسید (در واقع هَل شما را به این طبقه بیاورد)، آسانسور منفجر خواهد شد و شما می‌میرید.

هَل به قدری باهوش است که حتی اگر در یکی از مراحل از استراتژی بُرد خطا کنید، او می‌بُرد.

شما شروع می‌کنید.

الف) در صورتی که روی چه طبقاتی نوبت هَل باشد، قطعاً بازنده‌اید؟ (۴,۵ نمره)

ب) طبقاتی را که به ترتیب به آن‌ها می‌روید بنویسید به طوری که برنده قطعی باشید. از طبقه صفر شروع کنید. (در صورتی که بسته به حرکات هَل ممکن است به طبقات متفاوتی بروید، کوتاه‌ترین حالت ممکن را بنویسید.) (۲ نمره)

ج) اگر هَل شروع می‌کرد، آیا ممکن بود به نحوی بتوانید او را در چارچوب این قوانین خاموش کنید؟ (نمره منفی هم‌اندازه نمره مثبت) (۵,۰ نمره)