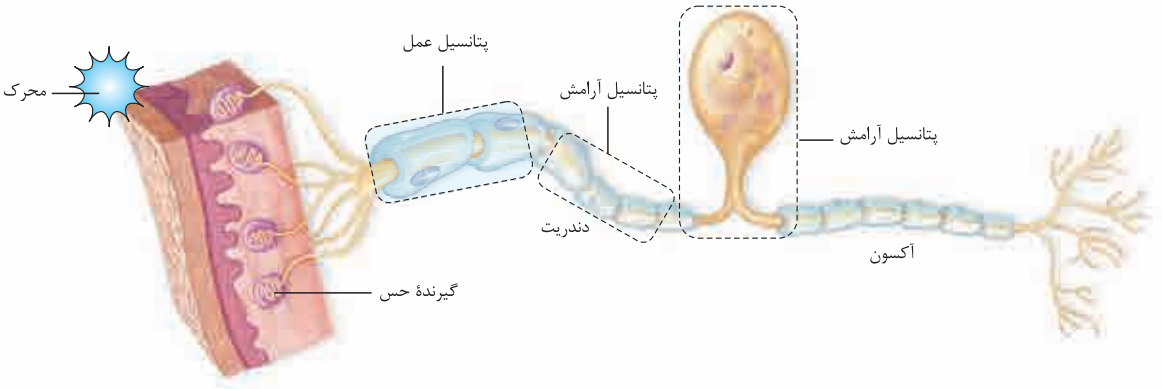
فهرست

فصل	درس‌نامه‌ها و تست‌ها	تست‌های ترکیبی	پاسخ‌نامه تشریحی
تنظیم عصبی	۷	۷۱	۷۵
حواس	۱۰۴	۱۶۰	۱۶۳
دستگاه حرکتی	۱۸۶	۲۲۶	۲۳۰
تنظیم شیمیایی	۲۴۸	۲۹۴	۲۹۹
ایمنی	۳۲۳	۴۸۸	۴۹۳
تقسیم یاخته	۴۲۳	۴۸۹	۴۹۲
تولیدمثل	۵۲۴	۵۹۰	۵۹۲
تولیدمثل جانوران	۶۲۳	۶۷۰	۶۷۴
پاسخ گیاهان به محرک‌ها	۷۰۲	۷۳۷	۷۴۱

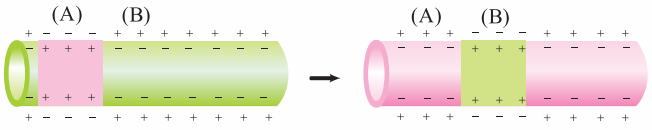
نکته نکات حاشیه یادآوری ترکیب پاورقی مفهوم جمع‌بندی

پتانسیل عمل و نقش گیرنده‌های رانویه

۱ وقتی یک محرک مؤثر، یک سلول گیرندهٔ حس (که سلول یا بخشی از آن است) را تحریک می‌کند، سلول گیرنده اثر محرک را دریافت و به پیام عصبی تبدیل می‌کند. سلول عصبی این پیام عصبی را از طریق دندریتش دریافت می‌کند. البته گیرندهٔ حسی می‌تواند سلول جدایی نباشد؛ یعنی می‌تواند قسمتی از نورون (دندریت نورون حسی) باشد. در این حالت در دندریت نورون حسی پیام عصبی تولید می‌شود و نورون پیام عصبی را از سلول دیگری دریافت نمی‌کند.



وقتی سلول عصبی تحریک می‌شود، در محل تحریک، اختلاف پتانسیل دو سمت غشای آن به طور ناگهانی تغییر می‌کند و داخل سلول نسبت به خارج آن مثبت‌تر می‌شود و بعد از مدت‌زمان کوتاهی، اختلاف پتانسیل دو سمت غشا دوباره به حالت آرامش برمی‌گردد. به این تغییر، پتانسیل عمل می‌گویند، پس پتانسیل عمل یعنی تغییر **ناگهانی** و **کوتاه‌مدت** اختلاف پتانسیل دو سوی غشا و بازگشت آن به حالت آرامش پس از این مدت‌زمان کوتاه. یادتان هست که در پتانسیل آرامش، درون غشا نسبت به بیرون آن منفی‌تر بود. در پتانسیل عمل، در زمان بسیار کوتاهی درون غشا نسبت به بیرون آن مثبت‌تر می‌شود و بلافاصله (در زمان کوتاهی) به حالت اول برمی‌گردد، یعنی دوباره درون، منفی‌تر از بیرون می‌شود. در واقع داستان از این قرار است که در زمان خیلی کوتاهی در نقطهٔ A، پتانسیل آرامش تبدیل به پتانسیل عمل می‌شود و بعد به سرعت پتانسیل عمل از نقطهٔ A رد شده، می‌رود به نقطهٔ B و در این حالت مجددن در نقطهٔ A پتانسیل آرامش برقرار می‌شود.



در واقع پتانسیل عمل ۲ مرحله دارد:

- مثبت‌شدن درون نسبت به بیرون
- منفی‌شدن درون نسبت به بیرون (بازگشت به حالت اولیه)

۲ عبور یون‌ها از غشای سلول‌های عصبی طی پتانسیل عمل به وسیلهٔ پروتئین‌هایی انجام می‌شود که به آن‌ها کانال‌های دریچه‌دار می‌گویند.

دو نوع کانال دریچه‌دار به جابه‌جایی یون‌ها و ایجاد پتانسیل عمل در سلول عصبی کمک می‌کنند: کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی.

با تحریک سلول عصبی ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و یون‌های سدیم از طریق آن‌ها وارد سلول می‌شوند و درون سلول را نسبت به بیرون مثبت‌تر می‌کنند. پس از مدت‌زمان کوتاهی این دریچه‌ها بسته و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و یون‌های پتاسیم را از سلول خارج می‌کنند و درون سلول نسبت به بیرون آن منفی‌تر می‌شود. این کانال‌ها هم پس از مدت کوتاهی بسته می‌شوند و به این ترتیب پتانسیل غشا دوباره به حالت آرامش یعنی پتانسیل ۷۰- میلی‌ولت برمی‌گردد. در پایان پتانسیل عمل هم فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، جای یون‌های سدیم و پتاسیم را عوض می‌کند تا غلظت این یون‌ها در دو سمت غشا با حالت آرامش یکسان شود.

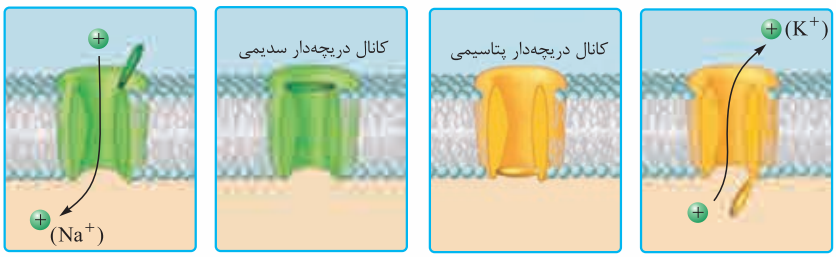
این یک شمای کلی از پتانسیل عمل بود. به زودی به جزئیات آن خواهیم پرداخت.

ورود سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی به سلول و خروج پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی از سلول، هر دو در جهت شیب غلظت، بدون مصرف انرژی و از طریق انتشار تسهیل‌شده انجام می‌شود.

یک سلول عصبی حتمن به وسیلهٔ یک محرک تحریک می‌شود و آن محرک باعث ایجاد پیام عصبی در سلول عصبی می‌شود. پیام عصبی که خودبه‌خود در سلول عصبی ایجاد نمی‌شود! در حالت طبیعی در سلول عصبی پتانسیل آرامش وجود دارد. برای این‌که در نورون پیام عصبی به وجود بیاید، ۳ حالت وجود دارد: ● یک گیرندهٔ حسی (در فصل بعد به طور مفصل می‌خوانید) که توسط محرک، تحریک شده و اثرش را روی نورون می‌گذارد ● نورون که به وسیلهٔ اثر محرک (خودش به طور مستقیم) تحریک می‌شود ● و یا یک نورون دیگر که خودش پتانسیل عمل دارد و آن را به نورون جدید منتقل می‌کند. این ۳ حالت باعث می‌شوند نورون جدید تحریک شود. این تحریک باعث می‌شود کانال‌های دریچه‌دار باز شوند و نورون فعلی! هم دچار پتانسیل عمل شود. پس منشأ این تحریک یا یک محرک خارجی یا داخلی است و یا یک نورونِ دارای پیام عصبی است که پیامش را به نورون فعلی می‌رساند.

کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی

می‌خواهیم ببینیم کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی چه مُدلی هستن. به شکل ۷ کتاب درسی نگاه کنید.



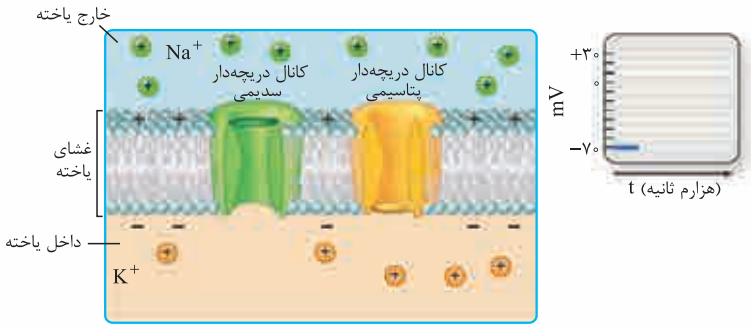
کانال دریچه‌دار سدیمی یک دریچه در بالا به سمت خارج سلول (در سمت خارج غشا) دارد که فقط موقع ورود یون‌های سدیم به درون سلول طی پتانسیل عمل باز است.

کانال دریچه‌دار پتاسیمی یک دریچه در پایین به سمت داخل سلول (در سمت داخل غشا) دارد که فقط هنگام خروج یون‌های پتاسیم از سلول طی پتانسیل عمل باز است.

چگونگی ایجاد پتانسیل عمل

بیایید با هم چگونگی ایجاد پتانسیل عمل در یک نقطه از سلول عصبی را با توجه به شکل ۷ کتاب مرحله به مرحله بریم جلو.

۱ مرحلهٔ پتانسیل آرامش (قبل از تحریک)



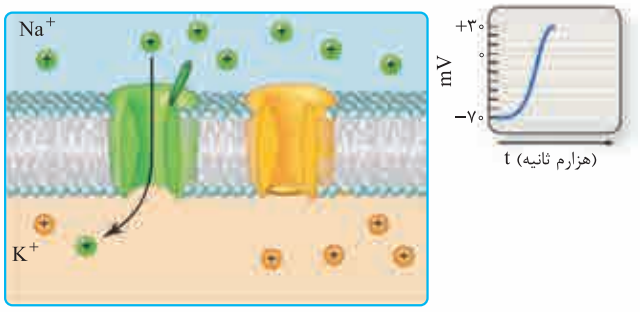
۱- شکل «الف» مرحلهٔ پتانسیل آرامش را نشان می‌دهد. همان‌طور که گفتیم و در این شکل هم می‌بینید در زمان پتانسیل آرامش، سدیم‌ها در بیرون سلول بیشتر هستند و پتاسیم‌ها در درون سلول.

۲- در شکل می‌بینید که کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی هر دو در این مرحله بسته‌اند و هیچ یونی از طریق آن‌ها جابه‌جا نمی‌شود.

۳- کانال‌های نشتی همیشه باز هستند. با این‌که شما آن‌ها را در شکل نمی‌بینید ولی بدانید در شکل نیفتاده! ولی بازند و دارند سدیم‌ها و پتاسیم‌ها را در جهت شیب غلظتشان (سدیم را به درون و پتاسیم را به بیرون) جابه‌جا می‌کنند و چون نسبت به پتاسیم نفوذپذیری بیشتری دارند، پتاسیم‌ها را بیشتر خارج می‌کند. پمپ سدیم ـ پتاسیم را هم در شکل نمی‌بینید؛ ولی بدانید آن هم فعال است و دارد سدیم‌ها و پتاسیم‌ها را در خلاف جهت شیب غلظتشان جابه‌جا می‌کند. بدانید و آگاه باشید که پمپ سدیم ـ پتاسیم در تمام طول پتانسیل عمل و آرامش در حال فعالیت است. کانال‌های نشتی هم که دریچه ندارند همیشه بازند!

۴- نمودار اختلاف پتانسیل دو طرف غشا در این مرحله (در حالت آرامش) یک خط راست است که عدد ثابت ۷۰− را نشان می‌دهد؛ یعنی پتانسیل درون نسبت به بیرون ۷۰− میلی‌ولت است (پتانسیل غشا ۷۰− میلی‌ولت است).

۲ مرحلهٔ صعودی (بالاروی) نمودار پتانسیل عمل

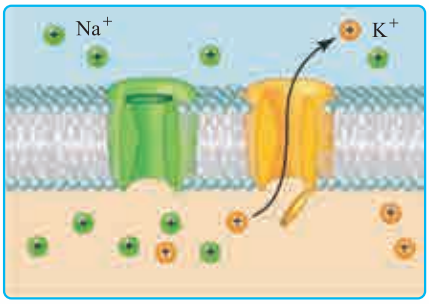


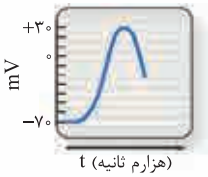
۱- در این مرحله یون‌های سدیم به صورت ناگهانی و از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی وارد سلول می‌شوند و درون سلول را نسبت به بیرون مثبت‌تر می‌کنند و پتانسیل غشا را از حدود ۷۰− به ۳۰+ میلی‌ولت می‌رسانند.

۲- در قسمت بالاروی (صعودی) نمودار، دریچهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز شده است و سدیم‌ها وارد سلول می‌شوند. ورود این یون‌ها از طریق انتشار تسهیل‌شده و در جهت شیب غلظت است. می‌بینید که در این مرحله کانال دریچه‌دار پتاسیمی هم‌چنان بسته است.

۳- دقت کنید در مرحلهٔ صعودی نمودار پتانسیل عمل، پتانسیل غشای درون سلول از ۷۰− می‌رسد به ۳۰+ میلی‌ولت. باز هم دقت کنید در این حالت درون سلول از ۷۰− اول می‌شود صفر و بعد می‌رسد به ۳۰+، یعنی تغییرات پتانسیل غشا در این حالت ۱۰۰ میلی‌ولت است (از ۷۰− تا ۳۰+).

۳ مرحلهٔ نزولی (پایین‌روی) نمودار پتانسیل عمل





۱- در این مرحله پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی از سلول خارج شده و درون سلول را نسبت به بیرون آن دوباره منفی‌تر می‌کنند.

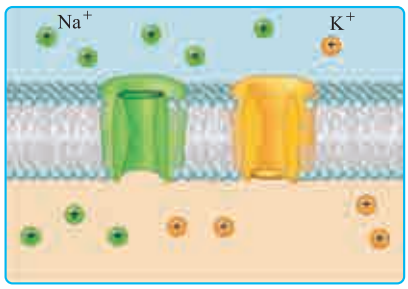
۲- با بازشدن دریچهٔ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتاسیم‌ها که درون سلول بیشتر از بیرون هستند، در جهت شیب غلظت، بدون مصرف انرژی، از طریق این کانال‌ها با انتشار تسهیل‌شده از سلول خارج می‌شوند.

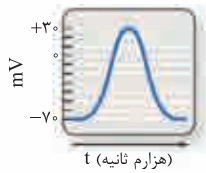
۳- خروج پتاسیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار از سلول، پتانسیل غشا را از ۳۰+ به ۷۰− میلی‌ولت می‌رساند. در این نقطه (پتانسیل ۷۰−) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته می‌شوند. دقت کنید طی خروج پتاسیم‌ها هم یک بار دیگر در یک لحظهٔ کوتاه اختلاف پتانسیل دو سمت غشا صفر شد، پتانسیل غشا از ۳۰+ رسید به صفر و بعد رسید به ۷۰−. تغییرات پتانسیل غشا در این مرحله هم ۱۰۰ میلی‌ولت است.

قلهٔ نمودار پتانسیل عمل، در پتانسیل ۳۰+ است. قبل از این نقطه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی برای مدت‌زمان کوتاهی باز می‌شوند و سدیم‌ها وارد سلول می‌شوند. ورود سدیم‌ها باعث می‌شود پتانسیل غشا به ۳۰+ برسد. در نقطهٔ ۳۰+ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند و در نتیجه پتانسیل غشا از ۳۰+ مثبت‌تر نمی‌شود (دیگر سدیم بیشتری وارد نمی‌شود).

خب چرا در این نقطه پتانسیل غشا از ۳۰+ بیشتر نمی‌شود؟ چون کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند. چرا پتانسیل غشا از ۳۰+ کم‌تر نمی‌شود! چون هنوز کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز نشده‌اند؛ پس دقیقن در یک لحظه هم کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و هم کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز نشده‌اند (هر دو کانال بسته‌اند) که این لحظه قلهٔ نمودار را تشکیل می‌دهد.

۴ مرحلهٔ فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم!





۱- اگر یادتان باشد، گفتیم که در پایان پتانسیل عمل، پمپ سدیم ـ پتاسیم، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم دو سمت غشا را دوباره به حالت آرامش برمی‌گرداند (چون الان جاهاشون برعکس شده دیگه).

۲- در پایان پتانسیل عمل، پتانسیل درون غشا می‌رسد به ۷۰−. در این مرحله با فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، جای سدیم‌هایی که آمدند داخل با پتاسیم‌هایی که رفتند بیرون عوض می‌شود. به وسیلهٔ این پمپ، سلول عصبی برای پتانسیل عمل بعدی آماده می‌شود.

دقت کنید در انتهای پتانسیل عمل ما یک **حالت آرامش** داریم، یک **پتانسیل حالت آرامش**.

حالت آرامش حالتی است که هم پتانسیل آن، پتانسیل حالت آرامش و هم آرایش یون‌ها در آن مانند آرایش یون‌ها در حالت آرامش است. حالت دیگر این است که پتانسیل حالت آرامش وجود دارد اما خودِ حالت آرامش حاکم نیست؛ پس هر جا که پتانسیل حالت آرامش داشته باشیم، لزومن حالت آرامش وجود ندارد (یعنی در اختلاف پتانسیل ۷۰−، لزومن جای یون‌های سدیم و پتاسیم درست نیست و اتفاقن برعکس است! یعنی **حالت** آرامش رو نداریم اما **پتانسیل** آرامش رو داریم!).

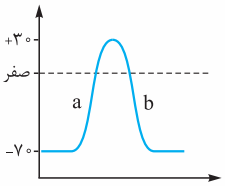
در واقع همهٔ ۷۰− ها، هم‌پتانسیل با حالت آرامش هستند (چون پتانسیل حالت آرامش ۷۰− است!) یعنی چه قبل از فعالیت پمپ و چه بعد از فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم و جابه‌جایی یون‌ها.

در واقع پتانسیل ۷۰− پتانسیل حالت آرامش است، اما این به معنی این‌که ما در حالت آرامش هستیم، نیست. پس اشتباه نکنید که در انتهای پتانسیل عمل وقتی به اختلاف پتانسیل ۷۰− می‌رسیم، یعنی به حالت آرامش می‌رسیم! خیر! این‌گونه نیست؛ ما به پتانسیل آرامش می‌رسیم، نه به حالت آرامش.

همیشه شیب غلظت پتاسیم به سمت بیرون و شیب غلظت سدیم به سمت داخل است. شاهدی بر این ادعا این است که در پایان پتانسیل عمل که غلظت سدیم درون سلول بسیار بیشتر از قبل شده و همین‌طور پتاسیم بیرون سلول خیلی بیشتر از قبل شده است، اما پمپ سدیم ـ پتاسیم **با صرف انرژی**، سدیم‌ها را بیرون و پتاسیم‌ها را داخل می‌کند. این یعنی سدیم‌ها هنوز تمایل دارند به سلول وارد شوند، پس یعنی شیب غلظتشان به سمت داخل سلول است و پتاسیم‌ها هنوز تمایل دارند از سلول خارج شوند، پس شیب غلظتشان به سمت بیرون سلول است.

این نکته فهمیدنش آسان نیست! با این‌که در پتانسیل عمل سدیم‌ها می‌آیند داخل و غلظت سدیم درون سلول بیشتر از قبل می‌شود، اما کماکان غلظت سدیم بیرون سلول بیشتر از غلظت سدیم درون سلول است. همین‌طور در مورد پتاسیم؛ با این‌که طی پتانسیل عمل، پتاسیم‌ها می‌روند بیرون و این اتفاق درون نورون را منفی‌تر از قبل می‌کند و غلظت پتاسیم بیرون افزایش می‌یابد، اما کماکان در این حالت هم غلظت پتاسیم درون سلول بیش از بیرون آن است. حالا چرا این‌جوری؟! چرا با این‌که در مرحلهٔ صعودی نمودار پتانسیل عمل سدیم‌ها می‌آیند داخل، سدیم‌های درون بیشتر از سدیم‌های بیرون نمی‌شوند؟

چون سدیم‌ها آن‌قدر وارد می‌شوند که پتانسیل غشا را از ۷۰− برسانند به ۳۰+ و پتاسیم‌ها آن‌قدر خارج می‌شوند که پتانسیل غشا را از ۳۰+ برسانند به ۷۰−. سدیم‌ها آن‌قدر وارد نمی‌شوند که سدیم‌های درون بیشتر از بیرون شود و پتاسیم‌ها آن‌قدر خارج نمی‌شوند که پتاسیم‌های بیرون بیشتر از درون شود. این‌ها فقط با این هدف جابه‌جا می‌شوند که بتوانند پتانسیل غشا را بین ۷۰− و ۳۰+ و ۳۰+ و ۷۰− تغییر دهند. در اختلاف پتانسیل صفر (بین پتانسیل ۷۰ و ۳۰) مجموع بار الکتریکی یون‌های داخل با یون‌های خارج برابر است.



۵ خیلی‌ها فکر می‌کنند که چون در حالت a، نمودار صعودی است، پس اختلاف پتانسیل غشا در حال افزایش است. این تصور کاملن غلط است، در واقع آن‌چه در مرحلهٔ a صعودی و در حال افزایش است، بار مثبت درون است؛ اما اختلاف پتانسیل دو طرف غشا از ۷۰ می‌رسد به صفر.

در این حالت اختلاف پتانسیل در حال کاهش است. نگویید از ۷۰- تا صفر در حال افزایش است! نه! اختلاف پتانسیل ۷۰ بیشتر از اختلاف پتانسیل صفر است (گفتیم که آن منفی خیلی هم منفی نیست و در واقع مبدأ مقایسه را نشان می‌دهد!)؛ پس در مرحلهٔ a ابتدا اختلاف پتانسیل دو طرف غشا کم می‌شود (۷۰ ⟵ صفر) و بعد افزایش می‌یابد (صفر ⟵ ۳۰). در مرحلهٔ b هم ابتدا اختلاف پتانسیل دو طرف غشا کاهش می‌یابد (۳۰ ⟵ صفر) و بعد افزایش می‌یابد (صفر ⟵ ۷۰).

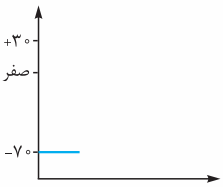
۶ خب حالا ببینیم در یک سلول عصبی بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا در چه زمانی و کم‌ترین اختلاف پتانسیل در چه زمانی است.

خیلی‌ها فکر می‌کنند، در زمان پتانسیل عمل و در قلهٔ نمودار آن که اختلاف پتانسیل به ۳۰+ میلی‌ولت می‌رسد، ۳۰+ چون مثبت است، بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشاست. در حالی که این‌طوری نیست و ۷۰−، بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا است که پس از خروج پتاسیم‌ها از نورون دیده می‌شود. پس بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا ۷۰ میلی‌ولت است (گفتیم آن منفی مهم نیست! و داره درون رو نسبت به بیرون نشون میده!).

کم‌ترین اختلاف پتانسیل دو سمت غشا هم صفر است. طی پتانسیل عمل، ۲ بار اختلاف پتانسیل دو سمت غشا صفر می‌شود که هر ۲ بار هم حدودن اواسط پتانسیل عمل است؛ یک بار وقتی که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و سدیم‌ها در حال ورود به سلول‌اند (مرحلهٔ صعودی نمودار، ۷۰− ⟵ صفر) و یک بار هم وقتی کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند و پتاسیم‌ها در حال خارج‌شدن از سلول‌اند (مرحلهٔ نزولی نمودار، ۳۰+ ⟵ صفر).

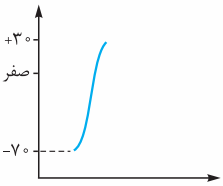
جمع‌بندی کلی مرحله به مرحله از روی نمودار:

۱ پتانسیل آرامش:



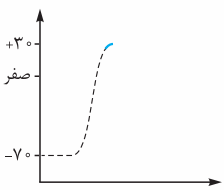
- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا: ۷۰−
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: در حال فعالیت
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- کانال‌های نشتی: باز

۲ مرحلهٔ صعودی نمودار پتانسیل عمل:



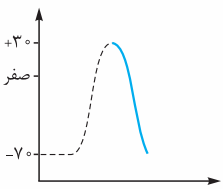
- تغییر پتانسیل دو سمت غشا: ۷۰− تا ۳۰+
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: در حال فعالیت
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: باز
- کانال‌های نشتی: باز

۳ قلهٔ نمودار پتانسیل عمل:



- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا: ۳۰+
- در یک لحظهٔ کوتاه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند.
- کانال‌های نشتی: باز
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: در حال فعالیت

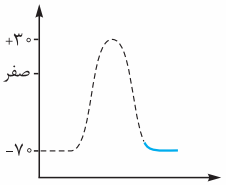
۴ مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل:



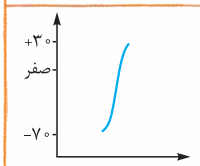
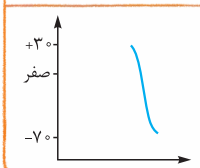
- تغییر پتانسیل دو سمت غشا: ۳۰+ تا ۷۰−
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: باز
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: *بدتر از کانال‌های نشتی!!*
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- کانال‌های نشتی: *ول‌کن نیستن!*

۵ فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم در پایان پتانسیل عمل:

- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا: ۷۰−
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- کانال‌های نشتی: باز
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: در حال فعالیت. با فعالیت بیشتر پمپ در این مرحله سدیم‌هایی که آمدند تو، می‌روند بیرون و پتاسیم‌هایی که رفتند بیرون، می‌آیند تو تا غلظت این یون‌ها در دو طرف غشا به حالت آرامش برگردد.



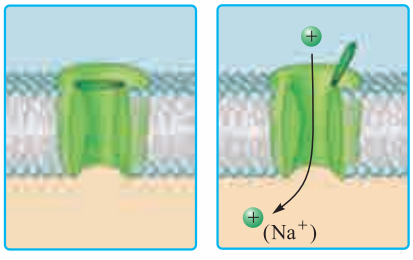
انواعی از پروتئین‌های غشا در یک جدول!

نوع پروتئین	نیاز به مصرف انرژی	روش انتقال مواد	چه کار می‌کنند؟	در پتانسیل آرامش	در پتانسیل عمل	تصویر پتانسیل عمل
کانال‌های نشتی سدیمی	هر دو بدون مصرف ATP	هر دو انتشار تسهیل‌شده (در جهت شیب غلظت)	سدیم، وارد	هر دو باز هستند	هر دو باز هستند	–
کانال‌های نشتی پتاسیمی			پتاسیم، خارج			
پمپ سدیم ـ پتاسیم	با مصرف ATP	انتقال فعال (خلاف شیب غلظت)	سدیم، خارج ـ پتاسیم، وارد	فعال است	فعال است (در پتانسیل ۷۰−، بیشتر)	–
کانال‌های دریچه‌دار سدیمی	بدون مصرف ATP	انتشار تسهیل‌شده (در جهت شیب غلظت)	سدیم، وارد	بسته‌اند	باز هستند (در پتانسیل ۷۰− تا ۳۰+)	
کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی	بدون مصرف ATP	انتشار تسهیل‌شده (در جهت شیب غلظت)	پتاسیم، خارج	بسته‌اند	باز هستند (در پتانسیل ۳۰+ تا ۷۰−)	

چه اختلاف پتانسیلی برای تحریک کانال‌های دریچه‌دار لازم است؟

- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در پتانسیل ۷۰− باز می‌شوند و در پتانسیل ۳۰+ بسته می‌شوند؛ یعنی در پتانسیل ۷۰− تا ۳۰+ باز هستند، پس میزان تغییر پتانسیل غشا در زمان بازبودن این کانال‌ها ۱۰۰ میلی‌ولت است.
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در پتانسیل ۳۰+ باز می‌شوند و در پتانسیل ۷۰− بسته می‌شوند؛ پس در محدودهٔ پتانسیل ۳۰+ تا ۷۰− باز هستند و تغییرات پتانسیل غشا در زمان بازبودن این کانال‌ها هم، ۱۰۰ میلی‌ولت است.

جمع‌بندی کانالی: وضعیت کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی در پتانسیل آرامش و عمل

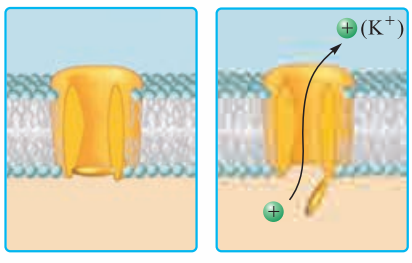


۱ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی:

۱- فقط در مرحلهٔ صعودی نمودار پتانسیل عمل باز هستند (در پتانسیل ۷۰− تا ۳۰+). در بقیهٔ مراحل پتانسیل عمل و در پتانسیل آرامش بسته‌اند.

۲- این کانال‌ها یک دریچه در سمت بالا دارند که در پتانسیل آرامش بسته است.

۳- در پتانسیل عمل هنگام تحریک‌شدن، دریچهٔ آن‌ها در سمت خارج غشا باز می‌شود.



۲ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی:

۱- فقط در مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل باز هستند (از پتانسیل ۳۰+ تا ۷۰−). در بقیهٔ مراحل پتانسیل عمل و در پتانسیل آرامش بسته‌اند.

۲- این کانال‌ها یک دریچه در سمت پایین دارند که در زمان پتانسیل آرامش بسته است.

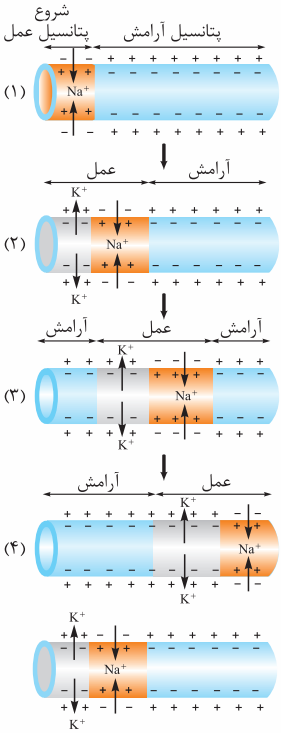
۳- در زمان پتانسیل عمل با بازشدن دریچهٔ کانال در سمت داخل غشا، باز می‌شوند.

پیام عصبی و هدایت آن و نقش گره رانویه در هدایت

۸ پیام عصبی همان پتانسیل عمل است. در واقع محرک با تبدیل پتانسیل آرامش نورون به پتانسیل عمل، پیام عصبی را در آن ایجاد می‌کند.
وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از سلول عصبی ایجاد می‌شود، نقطه به نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشتهٔ عصبی برسد. به آکسون یا دندریت بلند رشتهٔ عصبی می‌گویند. به این جریان، پیام عصبی می‌گویند.

۹ پیام عصبی (پتانسیل عمل) در طول نورون حرکت می‌کند؛ به حرکت پتانسیل عمل یا پیام عصبی در طول نورون، هدایت پیام عصبی می‌گویند. دقت کنید در یک لحظه همهٔ نورون دارای پتانسیل عمل و پیام عصبی نمی‌شود. پتانسیل عمل در یک نقطه از سلول عصبی ایجاد شده و نقطه به نقطه تا انتهای آکسون جلو می‌رود. وقتی پتانسیل عمل از نقطهٔ A به نقطهٔ B رفت، نقطهٔ A مجددن به پتانسیل آرامش برمی‌گردد.

۱۵ در این شکل‌ها هدایت پیام عصبی را از سمت چپ به سمت راست در طول نورون می‌بینید:



۱ در شکل (۱) می‌بینید در سمت چپ نورون با ورود یون‌های سدیم، پتانسیل عمل شروع شده است. سدیم‌ها وارد شده‌اند و درون را نسبت به بیرون مثبت کرده‌اند.

۲ در شکل (۲) در ادامهٔ پتانسیل عمل قبلی؛ در نقطهٔ قبلی در مرحلهٔ (۱) (که سدیم‌ها در حال ورود به سلول بودند)، پتاسیم‌ها در حال خروج از سلول هستند و درون را نسبت به بیرون منفی کرده‌اند. در نقطهٔ بعدی (نقطهٔ دیگری) پتانسیل عمل بعدی شروع شده و سدیم‌ها وارد سلول شده‌اند و درون را نسبت به بیرون مثبت کرده‌اند.
دقت کنید فلشی که با آن محدودهٔ پتانسیل عمل را در مرحلهٔ (۲) مشخص کرده‌ایم مربوط به یک نمودار پتانسیل عمل و یک نقطه نیست. خروج پتاسیم‌ها مربوط به پتانسیل عمل قبلی است (همان نقطه‌ای که در مرحلهٔ (۱) سدیم‌ها به آن وارد شده بودند) و ورود سدیم‌ها مربوط به پتانسیل عمل نقطهٔ جدید است که خروج پتاسیم آن را در مرحلهٔ (۳) می‌بینید.

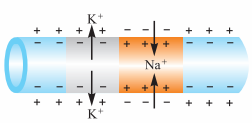
۳ در مرحلهٔ (۳) می‌بینید که نقطهٔ اول کاملن به حالت آرامش برگشته است، نقطهٔ دوم در حال خارج‌کردن پتاسیم است و در نقطهٔ جدید دیگری کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز شده‌اند و یون‌های Na^+ در حال ورود به سلول هستند و درون را نسبت به بیرون مثبت کرده‌اند. فلش پتانسیل عمل در این مرحله هم مربوط به پتانسیل عمل دو نقطه است.

۴ در مرحلهٔ (۴) پتانسیل آرامش در دو نقطهٔ اول، خروج پتاسیم در نقطهٔ سوم و شروع پتانسیل عمل (ورود سدیم) در نقطهٔ جدید ... .

همان‌طور که می‌بینید پتانسیل عمل همین‌طور! نقطه به نقطه از سمت چپ به سمت راست در حال حرکت است.

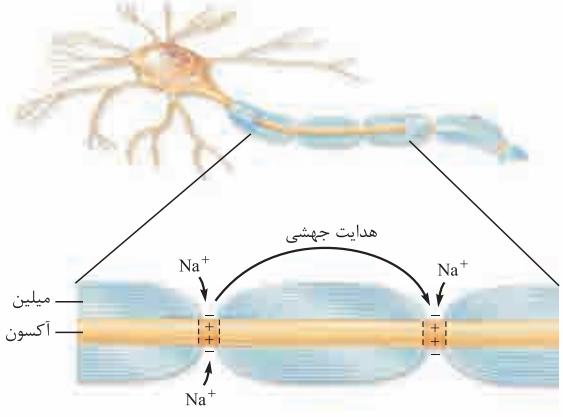
با توجه به این شکل‌ها می‌بینید که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی می‌توانند هم‌زمان با هم باز باشند، منتها در **دو نقطهٔ مختلف** از نورون.
در این شکل می‌بینید هر دو کانال هم‌زمان باز هستند، اما مربوط به دو نقطهٔ مختلف و دو پتانسیل عمل جدا هستند.
در نقطهٔ اول کانال‌های دریچه‌دار سدیمی غیرفعال و تعطیل شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و فعال شده‌اند!!! و در عین حال کانال‌های دریچه‌دار سدیمی نقطهٔ بعدی هم باز شده‌اند.

با توجه به این شکل یه چیز دیگر هم متوجه می‌شویم و آن این‌که با تمام‌شدن پتانسیل عمل در **یک نقطه** از نورون، **همهٔ** کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی آن نورون بسته نمی‌شوند. ممکن است در نقطهٔ دیگری باز باشند.



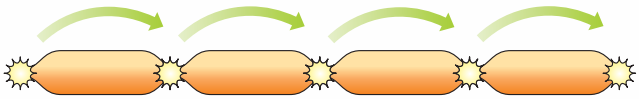
این شکل را نگاه کنید. در سمت چپ شکل در نقطهٔ اول پتانسیل عمل تمام شده (در حالت آرامش است) و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در این نقطه بسته شده‌اند. اما همان‌طور که می‌بینید در نقطهٔ بعدی کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند. دیدید گفتم!

نقش گره‌های رانویه در هدایت پیام عصبی



۱۱ در درس‌نامهٔ اول گفتیم نورون‌های میلین‌دار، گره رانویه دارند. در این نورون‌ها هر جا که گره رانویه وجود دارد، میلین وجود ندارد و در این محل‌ها غشای نورون با مایع بین سلولی (با محیط اطراف) در ارتباط است.
تماس مایع بین سلولی با غشای نورون فقط در گره‌های رانویه، باعث می‌شود هدایت پیام عصبی در رشته‌های میلین‌دار به صورت جهشی باشد. به نظر می‌رسد پیام عصبی از یک گره رانویه به گره رانویهٔ دیگر می‌جهد. به همین علت به این هدایت، **هدایت جهشی** می‌گویند.

۱۲ میلین‌ها باعث عایق‌شدن قسمت‌های دارای میلین می‌شوند و در آن قسمت‌ها پیام عصبی (پتانسیل عمل) ایجاد نمی‌شود. در گره‌های رانویه که مایع خارجی سلول با غشای نورون در تماس است، پیام عصبی ایجاد می‌شود و پیام از یک گره



هدایت پیام عصبی در رشته‌های میلین‌دار؛ گره به گره!

به گره بعدی هدایت می‌شود. جهش پیام عصبی در نورون‌های میلین‌دار و این‌که در قسمت‌های میلین‌دار پیام عصبی ایجاد نمی‌شود، باعث افزایش سرعت هدایت پیام عصبی در این نورون‌ها می‌شود، پس سرعت هدایت پیام عصبی در نورون‌های میلین‌دار بسیار بیشتر از نورون‌های فاقد میلین است البته در صورتی که هم‌قطر باشند!

در قسمت‌های میلین‌دار یک نورون فقط در گره‌های رانویه پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و به گره رانویه بعدی جهش می‌کند. پتانسیل عمل و پیام عصبی از قسمت‌های دارای میلین عبور نمی‌کند. به همین دلیل می‌گویند میلین، نورون‌ها را عایق می‌کند.

در ماهیچه‌های اسکلتی سرعت هدایت پیام عصبی اهمیت زیادی دارد، به همین علت نورون‌های حرکتی که پیام حرکتی را به آن‌ها ارسال می‌کنند، میلین‌دار هستند. **کاهش** یا **افزایش** مقدار میلین این نورون‌های حرکتی (حتمن می‌دانید در آکسونشان میلین دارند) باعث ایجاد بیماری می‌شود. مثلن در بیماری مالتیپل اسکلروزیس (MS) سلول‌های پشتیبانی که در دستگاه عصبی مرکزی میلین می‌سازند، از بین می‌روند؛ در نتیجه ارسال پیام‌های حرکتی به ماهیچه‌های اسکلتی به درستی انجام نمی‌شود و علائمی مثل اختلال در بینایی و حرکت و بی‌حسی و لرزش در فرد بیمار به وجود می‌آید.

در فصل ۵ همین کتاب می‌خوانید که در بیماری خودایمنی MS (مالتیپل اسکلروزیس)، دستگاه ایمنی به غلاف میلین در دستگاه عصبی مرکزی (نه محیطی) حمله می‌کند و آن را از بین می‌برد. با این کار سرعت هدایت پیام عصبی در قسمت‌هایی از دستگاه عصبی مرکزی که مورد حمله قرار گرفته، کم می‌شود. در این بیماری، در ارتباط دستگاه عصبی مرکزی با بقیهٔ بدن اختلال به وجود می‌آید. دقت کنید کتاب درسی در این فصل نوشته در بیماری MS سلول‌های پشتیبان از بین می‌روند و در فصل ۵ نوشته غلاف میلین از بین می‌رود. باز هم دقت کنید این دو با هم تضاد ندارند چرا که گفتیم غلاف میلین همان غشای سلول‌های پشتیبان هستند.

بیماری ناشی از افزایش میلین، بیماری عقب‌ماندگی ذهنی «تای ساکس» نام دارد و به علت نبود آنزیمی که میلین اضافه را از بین می‌برد، ایجاد می‌شود. وجود این بیماری در کودکان معمولن از روی مشکلات بینایی، شنوایی و حرکتی تشخیص داده می‌شود.

۱- بیماری MS باعث افزایش تماس غشای نورون‌ها در دستگاه عصبی مرکزی با مایع بین سلولی می‌شود.

۲- مغز و نخاع (دستگاه عصبی مرکزی) از دو قسمت مادهٔ خاکستری و سفید تشکیل شده‌اند. مادهٔ سفید شامل رشته‌هایی است که میلین دارند و به خاطر وجود میلین سفیدرنگ است و مادهٔ خاکستری شامل جسم سلولی‌هاست که میلین ندارند و همین‌طور شامل رشته‌های بدون میلین.

هم میلین در سرعت هدایت نقش تعیین‌کننده دارد و هم قطر نورون. هر چه‌قدر قطر یک نورون بیشتر باشد، سرعت هدایت آن بیشتر است. کتاب با آوردن عبارت «هم‌قطر» به صورت غیرمستقیم گفته است که قطر علاوه بر میلین عامل مهمی در سرعت هدایت پیام عصبی است.

۱- نورونی که گره رانویه دارد، یعنی میلین هم دارد و برعکس.

۲- نورون‌هایی که مربوط به حرکات سریع بدن هستند (مثل انعکاس‌ها) میلین دارند، چون سرعت هدایت پیام عصبی در آن نورون‌ها باید زیاد باشد تا آن حرکات به اندازهٔ کافی سریع باشند.

۳- انعکاس‌ها را جلوتر می‌خوانید! حرکات غیرارادی که در طول تکامل شکل گرفته‌اند! مثلن وقتی دستتان را به جسم خیلی‌خیلی داغی می‌زنید به صورت غیرارادی آن را عقب می‌کشید، این حرکت نوعی انعکاس است که سرعت بالایی دارد و نورون‌های انجام‌دهنده‌اش میلین دارند.

گفتیم در نورون‌ها و رشته‌های میلین‌دار، پتانسیل عمل از یک گره به گره رانویهٔ دیگر جهش می‌کند و در فاصلهٔ بین دو گره رانویه **تشکیل نمی‌شود**. فعالیت ۴ صفحهٔ ۷ کتاب درسی هم این موضوع را تأیید می‌کند که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی که باعث ایجاد پتانسیل عمل می‌شوند، در رشته‌های عصبی میلین‌دار فقط در گره‌های رانویه وجود دارند. در واقع رشته‌های عصبی در فواصل بین دو گره رانویه (که زیر غلاف میلین قرار دارند) فاقد کانال‌های دریچه‌دار هستند، پس پتانسیل عمل در طول این رشته‌ها به طور پیوسته تشکیل نمی‌شود بلکه از یک گره رانویه جهش می‌کند به گره رانویهٔ بعدی؛ پس فقط گره‌های رانویه لازم است که پتانسیل عمل تشکیل بدهند و فقط آن‌ها لازم دارند که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی داشته باشند. راستی! در نورون‌های فاقد میلین و همین‌طور در رشته‌های بدون میلینِ نورون‌ها که هدایت، جهشی نیست در تمام طول نورون و تمام طول رشته، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی حضور دارند.

پتانسیل عمل و نقش گره‌های رانویه

۲۹- کدام‌یک از عبارت‌های زیر جملهٔ مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «طی پتانسیل عمل در یک نقطه از نورون، ..... .»

۱) اول کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند
۲) در انتها پتانسیل غشا به اندازهٔ پتانسیل آرامش است
۳) در مرحلهٔ آخر کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتاسیم‌ها را از سلول خارج می‌کنند
۴) درون نورون نسبت به بیرون آن ابتدا مثبت و سپس منفی می‌شود

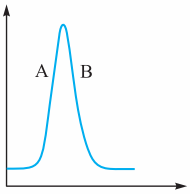
۳۰- ..... به ایجاد پتانسیل آرامش نورون کمک نمی‌کند.

۱) مصرف انرژی
۲) نفوذپذیری متفاوت غشای سلول‌ها به یون‌ها
۳) باز و بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار
۴) خروج بیشتر یون‌های مثبت از سلول نسبت به ورود آن‌ها

۳۱- کدام‌یک نادرست است؟

۱) طی پتانسیل عمل اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به صورت ناگهانی تغییر می‌کند.
۲) طی پتانسیل عمل در زمان کوتاهی پتانسیل داخل نورون نسبت به خارج مثبت‌تر می‌شود.
۳) به حرکت پتانسیل عمل در طول یک نورون، هدایت پیام عصبی می‌گویند.
۴) در انتهای پتانسیل عمل داخل غشا نسبت به بیرون آن مثبت‌تر است.

۳۲- شکل زیر تغییرات اختلاف پتانسیل غشای یک نورون را در پتانسیل عمل نشان می‌دهد. فعالیت A به وسیلهٔ ..... و فعالیت B ..... صورت می‌گیرد.



۱) پروتئین ناقل ـ با مصرف انرژی
۲) پروتئین کانالی ـ با مصرف انرژی
۳) پروتئین ناقل ـ بدون مصرف انرژی
۴) پروتئین کانالی ـ بدون مصرف انرژی

۳۳- پمپ سدیم ـ پتاسیم برخلاف کانال‌های نشتی ..... .

۱) توانایی انتقال یون‌ها در خلاف جهت شیب غلظت را دارد
۲) موجب کاهش میزان یون‌های پتاسیم سیتوپلاسم نورون می‌شود
۳) تنها می‌تواند هم‌زمان با پتانسیل آرامش نورون فعالیت نماید
۴) موجب منفی‌تر شدن داخل نورون نسبت به مایع میان‌بافتی می‌شود

۳۴- با فرض این‌که در انسان تراکم یون پتاسیم داخل نورون شدیداً کاهش یافته و سدیم درون نورون انباشته گردد، ..... در برقراری پتانسیل آرامش اثر سوء دارد. *(سراسری ۸۷)*

۱) فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم
۲) بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی
۳) بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی
۴) فعالیت پروتئین هیدرولیزکنندهٔ ATP در غشا

۳۵- در انتهای پتانسیل عمل غلظت یون‌های سدیم در ..... سلول بیشتر از پتانسیل آرامش است ضمن این‌که یون‌های پتاسیم باید ..... تا غلظت یون‌ها به حالت اولیه برگردد.

۱) داخل ـ از سلول خارج شوند
۲) خارج ـ وارد سلول شوند
۳) داخل ـ وارد سلول شوند
۴) خارج ـ از سلول خارج شوند

۳۶- در یک نقطه از سلول عصبی، با رسیدن پتانسیل غشا به حدود ۳۰+ ، ..... از طریق کانال دریچه‌دار ..... می‌شود.

۱) ورود پتاسیم به سلول ـ بیشتر
۲) خروج پتاسیم از سلول ـ کم‌تر
۳) ورود سدیم به سلول ـ متوقف
۴) ورود سدیم به سلول ـ کم‌تر

۳۷- چند مورد از موارد زیر به نادرستی بیان شده است؟

الف ـ برای رسیدن پتانسیل غشای نورون از ۳۰+ به صفر، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.

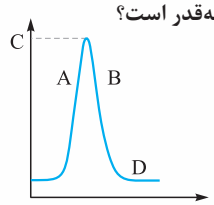
ب ـ در آخرین مرحلهٔ پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته‌اند.

ج ـ بعد از پایان پتانسیل عمل، فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم بیشتر می‌شود.

د ـ در یک نورون در حالت آرامش، درون نورون نسبت به بیرون ۷۰ میلی‌ولت منفی‌تر است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۳۸- نمودار زیر، نمودار پتانسیل عمل در یک نقطه از نورون است. در قسمت A چه اتفاقی می‌افتد و پتانسیل غشا در نقطهٔ C چه‌قدر است؟



۱) یون‌های سدیم وارد نورون می‌شوند، ۳۰+
۲) یون‌های پتاسیم وارد نورون می‌شوند، ۳۰+
۳) یون‌های سدیم از نورون خارج می‌شوند، ۷۰−
۴) یون‌های پتاسیم از نورون خارج می‌شوند، ۷۰−

۳۹- با توجه به نمودار سؤال قبل، آخرین مرحلهٔ پتانسیل عمل ..... است و فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم در ..... از بقیهٔ مراحل بیشتر است.

۱) D ـ B ۲) D ـ D ۳) B ـ D ۴) B ـ B

۴۰- رشته‌های آوران پیام‌های عصبی به جسم سلولی نورون، قطعاً ..... .

۱) از رشته‌های وابران پیام عصبی بلندتر هستند
۲) در تمام قسمت‌های خود در نورون حسی با غشای سلول پشتیبان در تماس هستند
۳) توسط لایه‌هایی از جنس غشای سلولی عایق شده‌اند
۴) در صورت میلین‌دار بودن، پیام عصبی را سریع‌تر هدایت می‌کنند

۴۱- کدام عبارت به درستی بیان شده است؟

۱) تنها عامل مؤثر در سرعت هدایت پیام عصبی، وجود یا عدم وجود میلین است.
۲) پیچیده‌شدن سلول پشتیبان به دور نورون، موجب جهشی‌شدن انتقال پیام عصبی می‌شود.
۳) در طول یک رشتهٔ عصبی میلین‌دار، تنها در گره‌های رانویه پتانسیل عمل ایجاد می‌شود.
۴) در هر نورون میلین‌دار بخشی وجود دارد که مانع از انتشار یون‌ها به منظور تولید پیام عصبی می‌گردد.

۴۲- کدام عبارت در مورد پتانسیل عمل ایجادشده در غشای یک نورون حسی، صحیح است؟ *(سراسری ۹۲ ـ با کمی تغییر)*

۱) در ابتدای پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.

۲) در پایان پتانسیل عمل، تراکم پتاسیم داخل سلول شدیداً کاهش خواهد یافت.

۳) با نزدیک‌شدن پتانسیل عمل از صفر به ۳۰+، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته می‌شوند.

۴) در پی بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، پتانسیل درون سلول نسبت به خارج منفی می‌شود.

۴۳- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «طی فرایندهای پتانسیل عمل ..... .»

الف ـ پتانسیل غشا ۲ بار صفر می‌شود

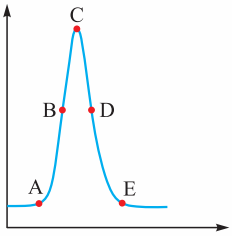
ب ـ حرکت یون‌ها از خلال غشای فسفولیپیدی ممکن نیست

ج ـ پتانسیل غشا در انتهای آن برابر با میزان پتانسیل غشا در زمان آرامش است

د ـ غلظت سدیم و پتاسیم داخل و خارج در پایان، شبیه ابتدای آن است

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

با توجه به نمودار مقابل به سؤالات ۴۴ تا ۴۶ پاسخ دهید.



۴۴- بیشترین غلظت سدیم مایع میان‌بافتی در نقطهٔ ..... وجود دارد و بیشترین اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در نقطهٔ ..... است.

۱) E ـ A ۲) A ـ C

۳) C ـ A ۴) C ـ E

۴۵- بیشترین غلظت پتاسیم درون سلول در نقطهٔ ..... و بیشترین غلظت پتاسیم بیرون سلول در نقطهٔ ..... است.

۱) E ـ C ۲) C ـ E ۳) C ـ A ۴) A ـ C

۴۶- در نقاط ..... غلظت ..... درون سلول کم‌ترین اختلاف را با هم دارد.

۱) B و C ـ سدیم ۲) A و E ـ پتاسیم ۳) D و E ـ سدیم ۴) C و D ـ پتاسیم

۴۷- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «هم‌زمان با پتانسیل عمل ..... .»

الف ـ ورود سدیم از کانال‌های فاقد دریچه به درون نورون انجام می‌شود

ب ـ اختلاف پتانسیل دو سمت غشا می‌تواند از حالت آرامش کم‌تر شود

ج ـ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی همواره اختلاف پتانسیل دو سوی غشا را کاهش می‌دهند

د ـ ممکن نیست به منظور عبور و مرور یون‌ها در دو طرف غشا، انرژی زیستی مصرف شود

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۴۸- در نقطه‌ای از یک نورون حرکتی زمانی که مصرف ATP افزایش می‌یابد، ..... .

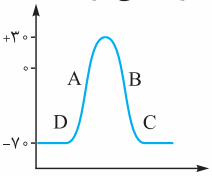
۱) یون سدیم از طریق کانال دریچه‌دار وارد می‌شود

۲) ورود یون‌های پتاسیم متوقف می‌شود

۳) جریان عصبی در حالت هدایت نیست

۴) تغییر ناگهانی در اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سمت غشا رخ می‌دهد

۴۹- با توجه به شکل زیر در مرحلهٔ ..... منحنی پتانسیل عمل در یک نقطه از نورون، هم‌زمان با ..... بر مقدار ..... افزوده می‌شود.



۱) A ـ ورود یون‌های سدیم ـ خروج یون‌های پتاسیم

۲) B ـ خروج فعال یون پتاسیم ـ ورود یون‌های سدیم

۳) D ـ فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم ـ فعالیت کانال‌های دریچه‌دار

۴) C ـ بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی ـ فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم

۵۰- زمانی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به اندازهٔ پتانسیل در زمان آرامش است، ..... زمانی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به اندازهٔ بیشترین مقدار آن در زمان مثبت‌بودن درون سلول نسبت به بیرون را نشان می‌دهد، قطعاً ..... .»

۱) همانند ـ پمپ سدیم ـ پتاسیم در بیشینهٔ فعالیت خود است

۲) برخلاف ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته هستند

۳) همانند ـ از محصولات میتوکندری برای جابه‌جایی یون‌ها استفاده می‌شود

۴) برخلاف ـ اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در کم‌ترین حد خود است

۵۱- چند مورد از موارد زیر برای تکمیل عبارت مقابل مناسب نیست؟ «به طور معمول یک نورون حسی ..... است.»

الف ـ در تمام طول رشته‌های خود، قادر به ایجاد پتانسیل عمل

ب ـ در دو انتهای خود، دارای غلافی از جنس غشا

ج ـ در حال استراحت، فاقد هر نوع فعالیت همراه با صرف انرژی

د ـ در حال فعالیت، فاقد هر نوع فعالیت بدون مصرف انرژی

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵۲- هرگاه اختلاف پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به صفر نزدیک شود، ..... .

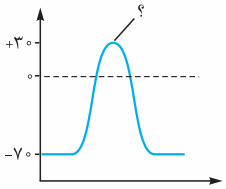
۱) یون‌های سدیم در حال انباشته‌شدن درون سیتوپلاسم نورون هستند

۲) گروهی از یون‌های مثبت در حال حرکت در خلاف جهت شیب غلظت هستند

۳) مصرف مولکول‌های ATP موجب تقویت اثرات انتشار در سلول می‌شود

۴) تنها یک نوع کانال می‌تواند یون‌های پتاسیم را در جهت شیب غلظت از خود عبور دهد

۵۳- چند مورد از موارد زیر، عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «با توجه به نمودار پتانسیل عمل در شکل زیر، در نقطه‌ای که با علامت سؤال مشخص شده، نمی‌توان گفت ..... .»



الف ـ غلظت یون سدیم در خارج از سلول کم‌تر از درون سلول است

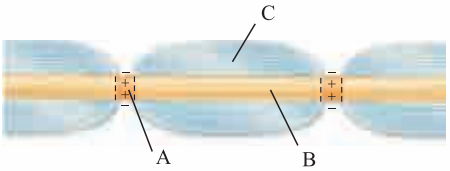
ب ـ ورود و خروج یون‌های سدیم و پتاسیم امکان‌پذیر نیست

ج ـ اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو سمت غشا به حداکثر خود رسیده است

د ـ وضعیت کانال‌های پروتئینی غشا در این حالت شبیه وضعیت آن‌ها قبل از پتانسیل عمل است

۱) ۳ ۲) ۲ ۳) ۱ ۴) ۴

۵۴- با توجه به شکل زیر نمی‌توان گفت (در) بخش ..... .



۱) A برخلاف B، فعالیت کانال‌های دریچه‌دار موجب ایجاد پتانسیل آرامش می‌شود

۲) B برخلاف C، می‌توان مولکول‌های دنای نوعی سلول بافت عصبی را مشاهده نمود

۳) B برخلاف A، نفوذپذیری غشا به یون پتاسیم موجب منفی‌تر شدن داخل نورون نمی‌شود

۴) A برخلاف C، توانایی هدایت‌کردن نوعی جریان عصبی را در طول خود دارد

۵۵- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در بخش ..... نمودار پتانسیل عمل یک یاختهٔ عصبی حسی، ..... .»

الف ـ صعودی ـ نهایتاً غلظت یون‌های سدیم درون سلول از بیرون آن بیشتر می‌شود

ب ـ نزولی ـ در یک نقطه اختلاف پتانسیل داخل و خارج نورون با هم برابر می‌شود

ج ـ صعودی ـ اختلاف پتانسیل داخل غشا نسبت به بیرون آن ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد

د ـ نزولی ـ یون‌های پتاسیم تنها می‌توانند از سیتوپلاسم وارد مایع بین یاخته‌ای شوند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵۶- به دنبال تحریک نقطه‌ای از نورون حسی در بدن انسان، پس از ..... .

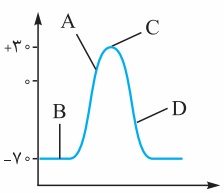
۱) بازشدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، اختلاف پتانسیل دو سمت غشا افزایش می‌یابد

۲) افزایش فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم، پتانسیل آرامش در دو سوی غشای نورون برقرار می‌شود

۳) بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، غلظت سدیم در دو سوی غشا به حالت آرامش برمی‌گردد

۴) رسیدن اختلاف پتانسیل داخل غشا به ۳۰+ میلی‌ولت، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند

۵۷- با توجه به نمودار مقابل که در نقطه‌ای از نورون به وجود آمده است، می‌توان گفت در نقطهٔ ..... .



۱) A، پتانسیل خارج نورون نسبت به داخل آن مثبت‌تر می‌شود

۲) B، کانال‌های دریچه‌دار برخلاف کانال‌های نشتی فعالیتی ندارند

۳) C، دریچه‌های پتاسیمی بسته و دریچه‌های سدیمی باز می‌شوند

۴) D، پمپ سدیم ـ پتاسیم موجب برقراری پتانسیل آرامش در نورون می‌شود

۵۸- چند مورد از موارد زیر به درستی بیان شده است؟

الف ـ پتانسیل عمل به وسیلهٔ انتشار تسهیل‌شده و بدون مصرف انرژی انجام می‌شود.

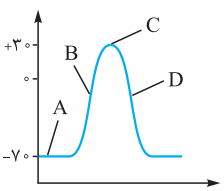
ب ـ ایجاد پتانسیل آرامش مستلزم فعالیت میتوکندری‌های سلول است.

ج ـ ورود سدیم به درون سلول در پتانسیل عمل، پتانسیل غشا را ۱۰۰ میلی‌ولت تغییر می‌دهد.

د ـ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بار مثبت درون سلول را همواره کاهش می‌دهند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵۹- با توجه به نمودار زیر که فعالیت الکتریکی در یک نقطه از یک سلول عصبی را نشان می‌دهد، می‌توان گفت در نقطهٔ ..... .



۱) D، حجم پتاسیم مایع بین سلولی برخلاف سدیم سیتوپلاسم تغییر می‌کند

۲) C، ورود یون‌های سدیم به درون سیتوپلاسم نورون متوقف می‌شود

۳) A، پروتئین‌ها با یا بدون مصرف انرژی بار مثبت بیرون را زیاد می‌کنند

۴) B، تولید مولکول‌های ADP توسط پمپ غشایی سلول قطع شده است

۶۰- هر کانالی که در غشای نورون ..... به طور حتم ..... .

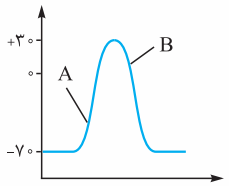
۱) با تحریک سلول عصبی باز می‌شود ـ یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند

۲) همیشه باز است ـ قبل از فعال‌شدن پمپ سدیم ـ پتاسیم یون‌ها را جابه‌جا می‌کند

۳) دارای دریچه است ـ بدون مصرف انرژی به انجام اعمال تخصصی خود می‌پردازد

۴) یونی با بار مثبت را از خود عبور می‌دهد ـ بار الکتریکی داخل نورون را مثبت‌تر می‌کند

۶۱- با توجه به نمودار مقابل می‌توان گفت در نقطهٔ ..... نقطهٔ ..... .



۱) A مانند ـ B، یون‌ها تنها در جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌شوند

۲) A برخلاف ـ B، ورود سدیم به درون سلول عصبی قابل مشاهده است

۳) B مانند ـ A، اختلاف پتانسیل دو سمت یاختهٔ عصبی در حال کاهش است

۴) B برخلاف ـ A، در بین کانال‌های غشایی تنها گروهی که دریچهٔ آن‌ها به سمت داخل نورون است، فعال هستند

۶۲- در نقطه‌ای از یک یاختهٔ عصبی هر زمان که ..... .

۱) یون‌های پتاسیم وارد مایع بین سلولی می‌شوند، یون‌های سدیم نمی‌توانند به این محل وارد شوند

۲) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند، کانال‌های عبوردهندهٔ سدیم از غشا هیچ نوع فعالیتی ندارند

۳) اختلاف پتانسیلی بین دو سوی غشا وجود ندارد، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته و غیرفعال هستند

۴) فعالیت پمپ منجر به بازگشت غشا به حالت آرامش می‌شود، تمام کانال‌های دریچه‌دار بسته هستند

۶۳- چند مورد از موارد زیر به درستی بیان شده است؟

الف ـ هستهٔ سلول پشتیبان در انتهای فرایند عایق‌بندی در بخش خارجی غلاف میلین‌دار قرار می‌گیرد.

ب ـ با بازشدن کانال دریچه‌دار پتاسیمی، اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون، مداوماً کاهش می‌یابد.

ج ـ با بازشدن کانال دریچه‌دار سدیمی، اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون، مداوماً افزایش می‌یابد.

د ـ ورود یون سدیم به درون نورون همیشه بیرون را نسبت به درون منفی‌تر می‌کند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶۴- در بخشی از نمودار تغییر پتانسیل غشای یک نقطه از نورون زمانی که اختلاف پتانسیل به ..... می‌رسد، به طور حتم ..... .

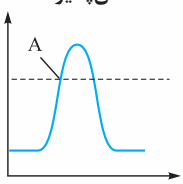
۱) ۱۰+ ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی یون‌ها را از خود عبور می‌دهند

۲) ۲۰+ ـ مقدار یون‌های پتاسیم در بیرون از نورون بیشتر از داخل است

۳) ۳۰− ـ پمپ سدیم - پتاسیم در حال مصرف انرژی زیستی است

۴) ۴۰− ـ مقدار یون‌های منفی درون نورون بیشتر از بیرون آن است

۶۵- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در منحنی تغییر پتانسیل غشای زیر ..... فقط بعد از نقطهٔ A امکان‌پذیر است.»



الف ـ افزایش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا

ب ـ مثبت‌شدن پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون

ج ـ بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار غشا

د ـ برابرشدن اختلاف پتانسیل دو سمت غشا

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۱

۶۶- کدام‌یک از عبارات زیر به درستی بیان شده است؟

۱) در پایان پتانسیل عمل، یون پتاسیم بیش از یون سدیم در خلاف جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌شود.

۲) با هر بار ورود یون‌های سدیم به درون سیتوپلاسم نورون، نمودار اختلاف پتانسیل دو سمت غشای سلول بالا می‌رود.

۳) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی پس از انجام فعالیت خود، در بخش داخلی غشای نورون مسیر منفذ خود را می‌بندند.

۴) ممکن است در طول یک نورون حرکتی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی به صورت هم‌زمان باز باشند.

۶۷- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «به هنگام پتانسیل عمل در یک نقطه از نورون حرکتی ممکن نیست ..... .»

الف ـ مصرف مولکول ATP موجب بازگشت دوبارهٔ غشا به پتانسیل آرامش گردد

ب ـ یک کانال نشتی یون‌ها را در بیش از یک جهت جابه‌جا نماید

ج ـ در اختلاف پتانسیل ۲۰+ ، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی فعالیت نکنند

د ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی به صورت هم‌زمان بسته باشند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶۸- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «تعدادی از کانال‌های دریچه‌دار در یک نقطه از غشای نورون ..... کانال‌های نشتی ..... .»

الف ـ مانند ـ هنگام رسیدن اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به ۳۰+ ، فعال هستند

ب ـ برخلاف ـ در صورت انتقال یون‌های متفاوت، نمی‌توانند به صورت هم‌زمان باز باشند

ج ـ مانند ـ همهٔ یون‌ها را در جهت شیب غلظت و به صورت اختصاصی جابه‌جا می‌کنند

د ـ برخلاف ـ یون‌ها را هم به سمت بیرون و هم به سمت داخل نورون هدایت می‌کنند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶۹- چند مورد از موارد زیر به نادرستی بیان شده است؟

الف ـ خروج پتاسیم از نورون از طریق کانال‌ها، همیشه در پی ورود سدیم به نورون انجام می‌شود.

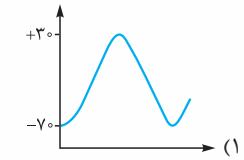
ب ـ خروج سدیم از نورون در پتانسیل عمل انجام نمی‌شود.

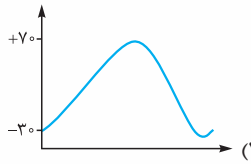
ج ـ ایجاد جریان عصبی در یک نورون باعث تحریک‌پذیری آن و هدایت جریان عصبی می‌شود.

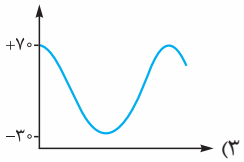
د ـ در پتانسیل آرامش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا حداکثر ۱۰۰ میلی‌ولت بیشتر از پتانسیل عمل است.

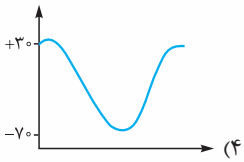
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷۰- اگر در دستگاهی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون را طی پتانسیل عمل اندازه می‌گیرد، جای الکترود (+) و (−) را با هم عوض کنیم، نمودار پتانسیل عمل غشا چگونه خواهد شد؟

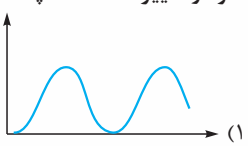
۱) 

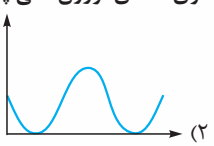
۲) 

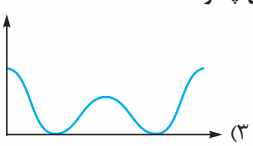
۳) 

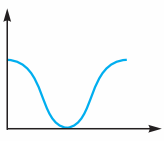
۴) 

۷۱- نمودار تغییرات اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون، طی پتانسیل عمل چگونه است؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۷۲- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «زمانی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشا از ..... می‌رسد، مانند حالت عکس آن ..... .»

الف ـ ۷۰− به ۲۰+ ـ اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ابتدا کاهش و سپس افزایش پیدا می‌کند

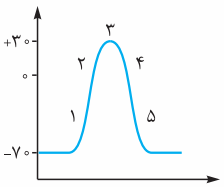
ب ـ ۱۰+ به ۳۰+ ـ نفوذپذیری غشا به یون‌های پتاسیم بیشتر از سدیم است

ج ـ صفر به ۳۰+ ـ پتانسیل الکتریکی درون سلول نسبت به بیرون آن مثبت است

د ـ ۷۰− به صفر ـ انرژی مولکول ATP برای ایجاد این اختلاف پتانسیل مورد نیاز است

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷۳- با توجه به منحنی زیر که تغییرات پتانسیل غشا را در بخشی از یک رشتهٔ عصبی نشان می‌دهد، چند مورد از موارد زیر جمله را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «در نقطه‌ای که با شمارهٔ (۴) نشان داده شده است ..... نقطهٔ ..... .»



الف ـ همانند ـ ۱، فعال‌شدن کانال‌های نشتی سدیمی، منجر به خروج سدیم از یاخته می‌شود

ب ـ همانند ـ ۵، پتانسیل داخل یاخته نسبت به خارج آن، منفی می‌باشد

ج ـ برخلاف ـ ۱، یون‌های سدیم در جهت شیب غلظت حرکت نمی‌کنند

د ـ برخلاف ـ ۲، پمپ سدیم - پتاسیم شروع به فعالیت می‌کند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷۴- هرگاه اختلاف پتانسیل دو سوی نقطه‌ای از غشای یک یاختهٔ عصبی در مغز ..... باشد، به طور حتم ..... .

۱) ۵+ ـ تنها یکی از کانال‌های عبوردهندهٔ پتاسیم باز است

۲) صفر ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز و در حال فعالیت‌اند

۳) ۷۰− ـ پمپ سدیم - پتاسیم در حال فعالیت حداکثری می‌باشد

۴) ۲۰+ ـ هر کانال مؤثر در پتانسیل آرامش قدرت فعالیت دارد

۷۵- در یک نقطه از یک نورون رابط تحریک‌شده ..... .

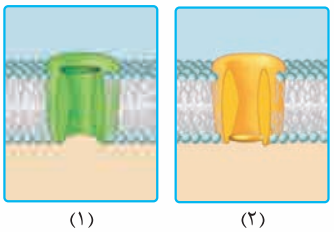
۱) پس از ثبت قلهٔ نمودار اختلاف پتانسیل، همهٔ کانال‌هایی که سدیم را عبور می‌دهند، بسته می‌شوند

۲) در پایان پتانسیل عمل، هم‌زمان با فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، سدیم تنها می‌تواند وارد مایع بین سلولی شود

۳) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در زمانی باز می‌شوند که پتانسیل الکتریکی خارج نورون از داخل آن منفی‌تر باشد

۴) هرگاه اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون در حال کاهش باشد، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در حال فعالیت هستند

۷۶- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «با توجه به شکل مقابل که بخشی از غشای یک نورون را نشان می‌دهد، می‌توان گفت پروتئین ..... .»


(۱) (۲)

الف ـ (۲) برخلاف (۱)، فقط با تحریک سلول عصبی باز می‌شود

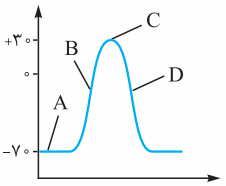
ب ـ (۱) همانند (۲)، می‌تواند اختلاف پتانسیل دو سمت غشا را به صفر برساند

ج ـ (۲) برخلاف (۱) همواره اختلاف پتانسیل دو سمت غشا را افزایش می‌دهد

د ـ (۱) همواره در طول یک نورون پس از بسته‌شدن (۲)، باز می‌شود

۱) ۳ ۲) ۲ ۳) ۱ ۴) ۴

۷۷- با توجه به نمودار مقابل کدام عبارت به درستی بیان نشده است؟



۱) در نقطهٔ A، اختلاف پتانسیل بیشتری بین دو سمت غشا نسبت به C وجود دارد.
۲) در نقطهٔ B، تغییری در میزان پتاسیم میان‌یاختهٔ نورون صورت نمی‌گیرد.
۳) در نقطهٔ C، کم‌ترین بار مثبت در بیرون از نورون مشاهده می‌شود.
۴) در نقطهٔ D، مانند B ورود سدیم به سلول از طریق کانال‌ها صورت می‌گیرد.

۷۸- چند مورد از موارد زیر عبارت مقابل را به درستی تکمیل نمی‌کند؟ «در هنگام ثبت تغییرات پتانسیل عمل ایجادشده در یک نقطه از نورون رابط هر زمانی که ..... می‌شود، ..... .»

الف ـ اختلاف پتانسیل دو سوی غشا صفر ـ یکی از کانال‌های دریچه‌دار باز است

ب ـ نفوذپذیری غشا به یون‌های سدیم کم ـ پتاسیم‌ها در حال خروج از سلول هستند

ج ـ اختلاف پتانسیل دو سمت غشا حداکثر است ـ پمپ سدیم - پتاسیم حداکثر فعالیت را دارد

د ـ فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم زیاد می‌شود ـ پتانسیل آرامش به وجود آمده است

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷۹- چند مورد از موارد زیر برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «به دنبال ایجاد پتانسیل عمل در یک نقطه از نورون رابط، ..... رخ می‌دهد.»

الف ـ بازشدن کانال سدیمی از رسیدن اختلاف پتانسیل به ۳۰+ میلی‌ولت، دیرتر

ب ـ افزایش فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم از بازشدن کانال دریچه‌دار پتاسیمی، زودتر

ج ـ خروج پتاسیم از کانال‌های دریچه‌دار نورون از ایجاد پتانسیل آرامش در نورون، زودتر

د ـ رسیدن اختلاف پتانسیل به ۷۰- از برگشتن یون‌های سدیم به جای قبلی خود در حالت آرامش، دیرتر

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۰- به دنبال آغاز تحریک نقطه‌ای از یک نورون، هنگامی که پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون آن برای ..... بار به ..... می‌رسد، ..... .

۱) اولین ـ (۲۵+) ـ یون پتاسیم به نورون وارد نمی‌شود
۲) دومین ـ (۱۵−) ـ خروج یون سدیم از نورون ادامه دارد
۳) دومین ـ (۲۰+) ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند
۴) اولین ـ (۳۰−) ـ پتاسیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار منتقل می‌شود

۸۱- در یک سلول عصبی ..... در ایجاد و حفظ پتانسیل آرامش نقش ..... .

۱) بازشدن کانال‌های دریچه‌داری که دریچه‌های آن‌ها در سمت داخل غشا است مانند برگشتن یون‌های جابه‌جاشده به محل قبلی خود ـ دارد
۲) فعالیت انرژی‌خواه نوعی پروتئین غشایی برخلاف افزایش غلظت پتاسیم در بیرون نورون ـ ندارد
۳) تغییر غلظت یون سدیم در مایع بین یاخته‌ای مانند بازشدن منفذ پروتئین‌های غشا برای عبور پتاسیم ـ ندارد
۴) نفوذپذیری بیشتر غشا به یون‌های پتاسیم برخلاف فعالیت پروتئین‌هایی با منافذ همیشه‌باز ـ دارد

۸۲- چند مورد از موارد زیر عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «وقوع ..... هم‌زمان با ..... دور از انتظار ..... .»

الف ـ خروج هم‌زمان سدیم و پتاسیم از سیتوپلاسم نورون ـ حداکثر فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم ـ است

ب ـ کاهش اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سمت غشای نورون ـ ورود سدیم به میان‌یاختهٔ نورون ـ نیست

ج ـ شروع خروج پتاسیم از نورون توسط کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی ـ کاهش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ـ است

د ـ ورود سدیم به درون نورون ـ بازبودن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در نورون ـ نیست

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۳- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در صورتی که فقط ..... موجود در غشای یک نورون غیرفعال گردد، ..... دور از انتظار است.»

الف ـ کانال‌های نشتی پتاسیمی ـ خروج یون پتاسیم از درون نورون

ب ـ پمپ سدیم - پتاسیم ـ کاهش بار منفی داخل یاخته

ج ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی ـ افزایش بار مثبت درون نورون نسبت به بیرون آن

د ـ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی ـ برابرشدن اختلاف پتانسیل دو سمت غشا

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۴- در مراحل مربوط به پتانسیل عمل در نقطه‌ای از یک نورون، هنگامی که اختلاف پتانسیل بین دو سوی غشای نورون بیشتر می‌شود، قطعاً ..... .

۱) خروج یون سدیم از نورون صورت نمی‌گیرد
۲) یون پتاسیم به سیتوپلاسم نورون وارد می‌شود
۳) پتانسیل داخل نورون نسبت به بیرون آن مثبت است
۴) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند

۸۵- چند مورد از موارد زیر عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «هنگامی که اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون صفر است، قطعاً ..... .»

الف ـ یون سدیم به کمک کانال‌های دریچه‌دار به نورون وارد می‌شود
ب ـ یون سدیم از نورون به مایع بین یاخته‌ای وارد نمی‌شود
ج ـ پتانسیل داخل نورون نسبت به خارج در حال مثبت‌تر شدن است
د ـ یون پتاسیم به سیتوپلاسم نورون وارد می‌شود

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۲۹- گزینهٔ «۳» طی پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتاسیم‌ها را از درون می‌برند بیرون؛ اما این مرحلهٔ آخر پتانسیل عمل نیست. مرحلهٔ آخر فعالیت بیشتر پمپ برای جابه‌جاکردن یون‌ها است که غلظت یون‌ها را در دو سمت غشا به حالت آرامش برمی‌گرداند.

۳۰- گزینهٔ «۳» کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی در پتانسیل عمل فعالیت می‌کنند. در پتانسیل آرامش سدیم‌ها و پتاسیم‌ها به وسیلهٔ کانال‌های نشتی غیردریچه‌دار و در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): پمپ سدیم ـ پتاسیم!/ گزینهٔ (۲): نفوذپذیری بیشتر غشا به یون پتاسیم نسبت به یون سدیم./ گزینهٔ (۴): در پتانسیل آرامش خروج پتاسیم‌ها از سلول نسبت به ورود سدیم به داخل سلول بیشتر است (به دلیل نفوذپذیری بیشتر غشا به پتاسیم). همین‌طور پمپ سدیم ـ پتاسیم ۲ یون مثبت را وارد سلول و ۳ یون مثبت را از سلول خارج می‌کند (خروج بیشتر یون مثبت).

۳۱- گزینهٔ «۴» در انتهای پتانسیل عمل داخل غشا نسبت به خارج آن منفی‌تر می‌شود، یعنی در انتهای پتانسیل عمل، پتانسیل غشا دوباره به حالت اول برمی‌گردد. در مورد گزینهٔ (۲) بدانید که طی پتانسیل عمل، پتانسیل داخل نورون نسبت به خارج ابتدا مثبت و بعد منفی می‌شود.

۳۲- گزینهٔ «۴» کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی، پروتئین کانالی هستند دیگه! این کانال‌های دریچه‌دار از طریق انتشار تسهیل‌شده عمل می‌کنند و انرژی مصرف نمی‌کنند.

۳۳- گزینهٔ «۱» پمپ سدیم ـ پتاسیم موجب جابه‌جایی یون‌ها در خلاف جهت شیب غلظت می‌شود در حالی که همهٔ کانال‌ها (چه نشتی و چه دریچه‌دار) موجب انتقال یون‌ها در جهت شیب غلظت می‌شوند.

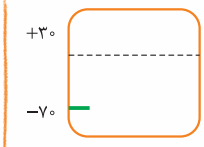
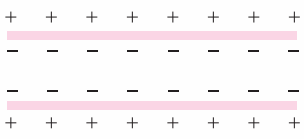
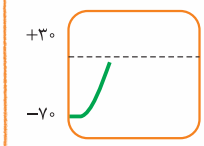
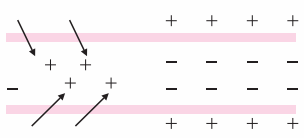
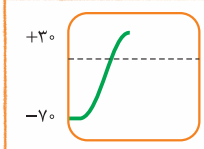
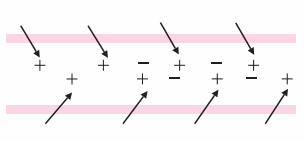
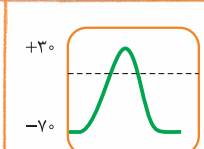
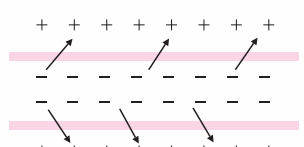
بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): پمپ سدیم ـ پتاسیم با واردکردن پتاسیم به درون سیتوپلاسم، غلظت آن را در این محل افزایش می‌دهد./ گزینهٔ (۳): پمپ سدیم ـ پتاسیم همواره فعال است، چه در پتانسیل آرامش و چه در پتانسیل عمل./ گزینهٔ (۴): پمپ سدیم ـ پتاسیم موجب منفی‌تر شدن داخل نورون نسبت به خارج آن می‌شود اما نه برخلاف کانال‌های نشتی، بلکه همانند آن‌ها!

۳۴- گزینهٔ «۲» صورت سؤال در واقع می‌گوید نورونی در وضعیت پتانسیل عمل قرار گرفته و حالا که می‌خواهد به پتانسیل آرامش برگردد، کدام‌یک در ایجاد پتانسیل آرامش جدید اثر مخالف و بدی دارد؟!

بررسی سایر گزینه‌ها گزینه‌های (۱)، (۳) و (۴) شامل کارهایی هستند که به ایجاد پتانسیل آرامش کمک می‌کنند. دقت کنید که پمپ سدیم ـ پتاسیم خودش نوعی پروتئین هیدرولیزکنندهٔ ATP در غشا است. بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، اتفاقی است که به پتانسیل عمل کمک می‌کند.

۳۵- گزینهٔ «۳» در انتهای پتانسیل عمل یون‌های سدیم در داخل سلول نسبت به پتانسیل آرامش بیشتر هستند (چرا که طی پتانسیل عمل آمده‌اند داخل) و پتاسیم‌ها هم در بیرون نسبت به پتانسیل آرامش بیشترند. یون‌های پتاسیم باید با کمک پمپ سدیم ـ پتاسیم بیایند داخل تا غلظت یون‌ها به حالت اولیه (قبل از پتانسیل عمل، یعنی پتانسیل آرامش) برگردد.

۳۶- گزینهٔ «۳» با رسیدن پتانسیل غشا به ۳۰+ در یک نقطه از نورون، دریچه‌های کانال‌های سدیمی بسته می‌شوند و ورود سدیم به سلول از طریق کانال‌های دریچه‌دار متوقف می‌شود.

۱- در پتانسیل آرامش، داخل غشا نسبت به خارج آن ۷۰ میلی‌ولت منفی‌تر است.		
۲- در پتانسیل عمل ابتدا یون‌های سدیم از طریق کانال‌های سدیمی (انتشار تسهیل‌شده) وارد می‌شود.		
۳- با ورود سدیم اختلاف پتانسیل غشا به ۳۰+ می‌رسد		
۴- در مرحلهٔ بعد یون‌های پتاسیم خارج می‌شوند و پتانسیل غشا مجدداً منفی می‌شود. ۵- در پایان پتانسیل عمل، جای یون‌های سدیم و پتاسیم به وسیلهٔ انتقال فعال (پمپ سدیم ـ پتاسیم) عوض می‌شود.		

۳۷- گزینهٔ «۱» فقط مورد «ج» نادرست است.

(الف): بله باز می‌شوند./ (ب): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در آخرین مرحلهٔ پتانسیل عمل باز نمی‌شوند. آخرین مرحله بعد از بسته‌شدن این کانال‌ها و هم‌زمان با حداکثر فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم است./ (ج): دقت کنید که حداکثر فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم **در پایان** پتانسیل عمل است نه پس از پایان پتانسیل عمل./ (د): بله در یک نورون در حالت استراحت اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ۷۰− میلی‌ولت است، یعنی درون نسبت به بیرون ۷۰ میلی‌ولت منفی‌تر است.

۳۸- گزینهٔ «۱» در قسمت A کانال دریچه‌دار سدیمی باز است و یون‌های سدیم وارد نورون می‌شوند.

۳۹- گزینهٔ «۲» دقت کنید که D در پایان پتانسیل عمل اتفاق می‌افتد و آخرین مرحلهٔ پتانسیل عمل است. در پایان پتانسیل عمل (در نقطهٔ D) فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم بیشتر می‌شود.

۴۰- گزینهٔ «۴» منظور از رشته‌های آوران پیام عصبی همان دندریت‌ها هستند که پیام عصبی را به جسم سلولی می‌آورند. هر رشته‌ای که دارای میلین باشد به خاطر داشتن گره رانویه و هدایت جهشی، پیام عصبی را بسیار سریع‌تر از رشته‌های بدون میلین هدایت می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در نورون‌های حسی این‌جوری است! در نورون‌های رابط و حرکتی، آکسون بلندتر از دندریت است./ گزینهٔ (۲): اولن در محل گره‌های رانویه در تماس نیستند! دومن در شکل ۳ کتاب درسی می‌بینید ابتدای دندریت نورون حسی که انشعاب دارد، فاقد میلین (غشای سلول پشتیبان) است./ گزینهٔ (۳): در نورون‌های رابط و حرکتی، دندریت‌ها فاقد غلاف میلین هستند.

۴۱- گزینهٔ «۳» رشتهٔ عصبی میلین‌دار، تنها در محل گره‌های رانویه با محیط بیرون از یاخته (مایع بین یاخته‌ای) ارتباط دارد و می‌تواند پتانسیل عمل ایجاد کند. یادتان هست که در محل غلاف میلین، پتانسیل عمل ایجاد نمی‌شود، چون در این مناطق کانال‌های دریچه‌دار وجود ندارد. به همین دلیل پتانسیل عمل تشکیل نشده و پیام عصبی ایجاد نمی‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): قطر رشتهٔ عصبی هم در سرعت هدایت پیام مؤثر است. کتابتون این‌طوری می‌گه که: هدایت پیام عصبی در رشته‌های عصبی میلین‌دار، سریع‌تر از رشته‌های بدون میلین **هم‌قطر** است./ گزینهٔ (۲): پیچیده‌شدن غلاف میلین (سلول پشتیبان) به دور رشتهٔ عصبی موجب جهشی‌شدن هدایت پیام عصبی می‌شود، نه انتقال پیام عصبی!/ گزینهٔ (۴): در هر نورون میلین‌دار، بخشی از نورون مانع از انتشار یون‌ها به منظور تولید پیام عصبی **نمی‌شود**. درست است که در نورون‌های میلین‌دار، میلین جلوی انتشار یون‌ها برای تولید پیام عصبی را می‌گیرد ولی میلین **بخشی از نورون نیست**، بلکه بخشی از سلول پشتیبان است. *می‌دونم گول خوردی عزیزم!*

۴۲- گزینهٔ «۴» در پتانسیل عمل در پی بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و پتاسیم‌ها از نورون خارج می‌شوند و پتانسیل داخل سلول نسبت به خارج آن منفی می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در ابتدای پتانسیل عمل، کانال دریچه‌دار سدیمی باز می‌شود، نه پتاسیمی./ گزینهٔ (۲): در پایان پتانسیل عمل پمپ سدیم ـ پتاسیم با فعالیت حداکثری خود جای سدیم‌ها و پتاسیم‌ها را عوض می‌کند، یعنی سدیم‌ها را از سلول، خارج و پتاسیم‌ها را وارد سلول می‌کند؛ پس در پایان پتانسیل عمل غلظت پتاسیم داخل سلول بالا می‌رود./ گزینهٔ (۳): با نزدیک‌شدن پتانسیل عمل به ۳۰+، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.

۴۳- گزینهٔ «۳» فقط مورد «د» غلط است.

(الف): اگر به نمودار پتانسیل عمل دقت کنید می‌بینید که پتانسیل و اختلاف پتانسیل غشا (این‌جا هر دو یکی‌ست چون صفر، مثبت و منفی ندارد!) ۲ بار صفر می‌شود. یک بار وقتی از ۷۰- به ۳۰+ می‌رود و بار دیگر وقتی از ۳۰+ به ۷۰- برمی‌گردد. در هر دو دفعه برای لحظهٔ کوتاهی پتانسیل غشا صفر می‌شود، یعنی بارهای مثبت و منفی بیرون و درون با هم برابر و اختلاف آن‌ها صفر می‌شود./ (ب): در پتانسیل عمل یون‌ها طی انتشار تسهیل‌شده و به وسیلهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی جابه‌جا می‌شوند، نه از طریق انتشار ساده و از خلال غشای فسفولیپیدی./ (ج): در انتهای پتانسیل عمل میزان پتانسیل غشا برابر است با میزان پتانسیل حالت آرامش؛ یعنی ۷۰- میلی‌ولت./ (د): غلظت سدیم و پتاسیم داخل و خارج غشا در پایان پتانسیل عمل برعکس ابتدای آن است چون در پایان پتانسیل عمل، پتاسیم‌ها رفته‌اند بیرون غشا و سدیم‌ها آمده‌اند درون سلول و جایشان برعکس ابتدای پتانسیل عمل است.

۴۴- گزینهٔ «۱» سدیم‌ها در پتانسیل آرامش و ابتدای پتانسیل عمل در بیرون بیشتر هستند و طی پتانسیل عمل می‌ریزند داخل سلول، پس سدیم مایع میان‌بافتی (خارج سلول) در ابتدای پتانسیل عمل (A) از همه بیشتر است. اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در نقطهٔ A و E، ۷۰ است و در نقطهٔ C، ۳۰.

۴۵- گزینهٔ «۱» در پتانسیل آرامش پتاسیم در درون سلول بیش از بیرون آن است. ضمن این‌که در ابتدای پتانسیل عمل هم پتاسیم‌ها جابه‌جا نمی‌شوند؛ پس در A، B و C، پتاسیم درون سلول حداکثر بوده و با یکدیگر برابر است. در نقطهٔ E، پتاسیم‌ها از داخل آمده‌اند بیرون و در بیرون در بیشترین مقدار ممکن هستند.

۴۶- گزینهٔ «۳» دقت کنید نقاط A، B و C در مورد غلظت سدیم (درون و بیرون) با هم اختلاف دارند، چون سدیم دارد وارد می‌شود ولی غلظت پتاسیم در درون یا بیرون، در نقاط A، B و C با هم برابر است. در مورد پتاسیم، غلظت آن در نقاط C، D و E در درون و بیرون در حال تغییر است چون دارد خارج می‌شود، اما غلظت سدیم درون و بیرون، در نقاط C، D و E تقریبن ثابت و با هم برابر است چون دیگر نوبت خروج پتاسیم‌هاست.

۴۷- گزینهٔ «۲» موارد «الف» و «ب» درست هستند.

(الف): کانال‌های نشتی سدیمی فاقد دریچه، فاقد دریچه‌اند! و کسی نمی‌تواند جلوی ورود سدیم از طریق آن‌ها (ورود سدیم به سلول طبق انتشار) را بگیرد (یعنی حتمن به هنگام پتانسیل عمل هم بخشی از سدیم از طریق این کانال‌ها وارد نورون می‌شود)./ (ب): اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در حالت آرامش ۷۰ میلی‌ولت است. طی پتانسیل عمل، با ورود سدیم‌ها به درون نورون، اختلاف پتانسیل از ۷۰ به صفر و از صفر به ۳۰ می‌رسد و با خروج پتاسیم‌ها از نورون، از ۳۰ به صفر و از صفر به ۷۰ می‌رسد. می‌بینید که هم‌زمان با پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل دو سمت غشا می‌تواند از حالت آرامش کم‌تر باشد مثل زمانی که اختلاف پتانسیل ۳۰ میلی‌ولت و یا صفر است./ (ج): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی ابتدا اختلاف پتانسیل را از ۳۰ به صفر می‌رسانند (آن را کاهش می‌دهند) و بعد آن را از صفر به ۷۰ می‌رسانند (آن را افزایش می‌دهند)؛ پس کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی طی پتانسیل عمل همواره اختلاف پتانسیل دو سمت غشا را کاهش نمی‌دهند./ (د): برای خود پتانسیل عمل و ورود سدیم‌ها به سلول از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و خروج پتاسیم‌ها از سلول از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، انرژی مصرف نمی‌شود، اما این را بدانید که پمپ در همهٔ قسمت‌های پتانسیل عمل فعال است و برای عبور و مرور یون‌ها در دو طرف غشا انرژی مصرف می‌کند. تازه در انتهای پتانسیل عمل فعالیت پمپ برای جابه‌جایی یون‌های سدیم و پتاسیم بیشتر می‌شود.

۴۸- گزینهٔ «۳» در انتهای پتانسیل عمل فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم افزایش می‌یابد و چون این پمپ برای انجام فعالیت خود به انرژی نیاز دارد، پس مصرف ATP هم در نورون افزایش می‌یابد. در انتهای پتانسیل عمل میزان پتانسیل غشا به اندازهٔ پتانسیل آرامش است (۷۰-) و فقط حالت و آرایش یون‌ها با حالت آرامش تفاوت دارد. در این زمان در این نقطه ما جریان عصبی نداریم. خبری از جریان عصبی نیست! جریان عصبی شامل قسمتی از پتانسیل عمل است که سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار وارد و پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار خارج می‌شوند. در انتهای پتانسیل عمل که پتانسیل غشا به اندازهٔ پتانسیل حالت آرامش رسیده، دیگر جریان عصبی از این نقطه عبور کرده و رفته است و نداریمش!

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در انتهای پتانسیل عمل کانال‌های دریچه‌دار فعال نیستند./ گزینهٔ (۲): اتفاقن در انتهای پتانسیل عمل با فعالیت بیشتر پمپ، پتاسیم‌هایی که خارج شده بودند، وارد سلول می‌شوند. پمپ در این زمان با فعالیت بیشتر، یون‌ها را به جای قبل بازمی‌گرداند: پس پتاسیم وارد سلول می‌شود./ گزینهٔ (۴): تغییر ناگهانی در اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در انتهای پتانسیل عمل رخ نمی‌دهد. زمانی که مصرف ATP افزایش می‌یابد یعنی یون‌ها می‌خواهند جابه‌جا شوند. پس از افزایش مصرف ATP و جابه‌جایی یون‌ها و ایجاد حالت کامل آرامش برای نورون، تغییر ناگهانی در ... رخ می‌دهد!

۴۹- گزینهٔ «۴» پمپ سدیم ـ پتاسیم هم در حالت آرامش و هم در پتانسیل عمل فعالیت دارد، اما در پایان پتانسیل عمل (نقطهٔ C) چون غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم با حالت آرامش متفاوت است، فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم جهت برگرداندن غلظت یون‌ها در دو سوی غشا به حالت آرامش، افزایش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در مرحلهٔ بالارو بر خروج یون‌های پتاسیم **افزوده نمی‌شود.** خروج پتاسیم از طریق کانال‌های نشتی پتاسیمی داریم اما چون در این مرحله کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته‌اند، بر مقدار خروج یون‌های پتاسیم افزوده نمی‌شود./ گزینهٔ (۲): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و به طور کلی هر کانالی به صورت غیرفعال و در جهت شیب غلظت عمل می‌کنند./ گزینهٔ (۳): در پتانسیل آرامش، کانال‌های دریچه‌دار فعالیت ندارند.

۵۰- گزینهٔ «۳» ATP از محصولات میتوکندری است. پمپ سدیم ـ پتاسیم از انرژی ATP برای انتقال یون‌ها استفاده می‌کند و همواره فعال است.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در زمان آرامش ۷۰- است. در انتهای پتانسیل عمل هم بعد از بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، در دو سمت غشا اختلاف پتانسیل ۷۰- به وجود می‌آید. بیشترین اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در زمان پتانسیل عمل در قله (۳۰+) است. حداکثر فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم در پتانسیل ۷۰- در زمان پتانسیل عمل است، نه پتانسیل ۷۰- در زمان آرامش؛ پس زمانی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ۷۰- است، قطعن حداکثر فعالیت پمپ را نداریم؛ چون ممکن است حالت آرامش داشته باشیم./ گزینهٔ (۲): زمانی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ۷۰- است چه در آرامش و چه در انتهای عمل، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته‌اند. زمانی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ۳۰+ است هم این کانال‌ها بسته‌اند. قبل از رسیدن به ۳۰+ در فاز صعودی نمودار پتانسیل عمل، باز بوده‌اند و با رسیدنِ اختلاف پتانسیل به ۳۰+، بسته می‌شوند./ گزینهٔ (۴): اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در دو نقطه از پتانسیل عمل به کم‌ترین حد خود یعنی صفر می‌رسد، یک بار در نمودار صعودی و یک بار در نمودار نزولی پتانسیل عمل؛ پس در هیچ‌کدام، نه در اختلاف

پتانسیل ۷۰– و نه در اختلاف پتانسیل ۳۰+ کم‌ترین حد اختلاف پتانسیل را در دو سمت غشا نداریم. همان‌طور که در درس‌نامه اشاره شد، علامت منفی در واقع مبدأ مقایسه (درون نسبت به بیرون) را نشان می‌دهد و واقعن منفی نیست! پس بیشترین اختلاف پتانسیل دو سمت غشا را در پتانسیل ۷۰– و کم‌ترین اختلاف پتانسیل دو سمت غشا را در پتانسیل صفر داریم.

۵۱– گزینهٔ «۴» همهٔ موارد نادرست هستند.

(الف): بخش‌هایی از رشته‌های نورون حسی توسط غلاف میلین پوشیده شده است و پتانسیل عمل در این قسمت‌ها که اطراف آن‌ها میلین وجود دارد، ایجاد نمی‌شود./ (ب): در دو انتهای نورون حسی، در یک طرف پایانهٔ آکسون و طرف دیگر انشعابات دندریت قرار دارند که هر دو فاقد غلاف میلین (غلافی از جنس غشا) هستند (نورون حسی را در شکل ۳ ببینید)./ (ج): پمپ سدیم ـ پتاسیم در حالت استراحت فعال است و برای فعالیت خود انرژی مصرف می‌کند./ (د): در هنگام فعالیت و ایجاد پتانسیل عمل در یک نورون حسی، کانال‌های دریچه‌دار و کانال‌های نشتی فعالیت خود را بدون مصرف انرژی انجام می‌دهند.

۵۲– گزینهٔ «۲» اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون دو بار به صفر نزدیک می‌شود؛ یک بار در فاز صعودی از ۷۰- به سمت صفر می‌رود و یک بار هم در فاز نزولی از ۳۰+ به صفر نزدیک می‌شود. می‌دانید که در هر دو حالت پمپ سدیم ـ پتاسیم فعال است و یون‌های Na^+ و K^+ را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): فقط در فاز صعودی که به سمت اختلاف پتانسیل صفر می‌رویم، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و Na^+ زیادی وارد نورون شده و درون سیتوپلاسم آن انباشته می‌گردد./ گزینهٔ (۳): پمپ سدیم ـ پتاسیم با مصرف مولکول ATP مواد را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند و هرگز موجب تقویت اثرات انتشار نمی‌شود بلکه اثرات آن را کم می‌کند؛ چون انتشار، یون‌ها را در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند در حالی که پمپ خلاف آن عمل می‌کند./ گزینهٔ (۴): هم‌زمان با فاز نزولی دو نوع کانال می‌تواند K^+ را از خود عبور دهد: کانال‌های نشتی پتاسیمی و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی.

۵۳– گزینهٔ «۳» فقط مورد «د» را می‌توان گفت؛ پس این مورد نادرست است. نقطه‌ای که با علامت سؤال مشخص شده است، قلهٔ نمودار پتانسیل عمل را نشان می‌دهد. در این نقطه، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند.

(الف): با وجود بازشدن کانال‌های دریچه‌دار و ورود یون‌های سدیم به درون سلول (قبل از این نقطه)، همواره سدیم در خارج از سلول نسبت به داخل سلول غلظت بیشتری دارد./ (ب): در محل علامت سؤال، اگرچه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند، اما ورود و خروج یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق کانال‌های نشتی و پمپ سدیم ـ پتاسیم امکان‌پذیر است./ (ج): حداکثر اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در ۷۰– است نه ۳۰+ . می‌دانید که علامت‌های مثبت و منفی در نظر گرفته نمی‌شوند./ (د): در محل علامت سؤال، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته‌اند، اما کانال‌های نشتی همواره در حال فعالیت هستند. درست وضعیتی شبیه به قبل از پتانسیل عمل، یعنی پتانسیل آرامش.

۵۴– گزینهٔ «۲» در C (غلاف میلین) مولکول دنای سلول پشتیبان (سلول غیرعصبی که جزئی از بافت عصبی است) یافت می‌شود اما در B (رشتهٔ عصبی) هیچ نوع مولکول دنای هسته‌ای وجود ندارد، چون تمام دنای هسته‌ای نورون در جسم سلولی آن است و در رشته‌های عصبی مثل دندریت و آکسون دنای هسته‌ای نداریم.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): بخش A گره رانویه را نشان می‌دهد که در آن پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و طی آن فعالیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی موجب ایجاد پتانسیل آرامش می‌شود ولی در بخش B که میلین وجود دارد، در فاصلهٔ بین دو گره، کانال‌های دریچه‌دار وجود ندارند. بنابراین اصلن پتانسیل عملی در این قسمت‌ها تشکیل نمی‌شود که بخواهد (با فعالیت کانال‌های دریچه‌داری که وجود ندارند!!) به حالت آرامش برگردد./ گزینهٔ (۳): به علت وجود غلاف میلین در بخش B جابه‌جایی یون‌ها در دو سوی غشا اصلن انجام نمی‌شود و منفی‌تر و مثبت‌تر شدن داخل سلول رخ نمی‌دهد. نفوذپذیری زیاد غشا به یون پتاسیم موجب منفی‌تر شدن داخل نورون می‌شود./ گزینهٔ (۴): A، بخشی از آکسون یا دندریت یک نورون است و توانایی هدایت جریان عصبی را در طول خود دارد اما C سلول پشتیبان را نشان می‌دهد که اصلن در آن پتانسیل عمل و جریان عصبی تولید نمی‌شود.

۵۵– گزینهٔ «۲» موارد «ب» و «ج» درست هستند.

(الف): غلظت سدیم همواره در بیرون یاخته بیشتر از داخل آن است. حتی در قلهٔ نمودار پتانسیل عمل. در پتانسیل عمل در مرحلهٔ صعودی که سدیم‌ها وارد نورون می‌شوند، سدیم‌های درون بیشتر از سدیم‌های بیرون نمی‌شوند. یون‌های سدیم آن‌قدر وارد نمی‌شوند که سدیم‌های درون بیشتر از بیرون شود بلکه آن‌قدر وارد می‌شوند تا اختلاف پتانسیل دو سمت غشا را از ۷۰– به ۳۰+ برسانند./ (ب): وقتی نمودار پتانسیل عمل از نقطهٔ صفر رد می‌شود، در این نقطه اختلاف پتانسیل داخل و خارج نورون با هم برابر است. اختلاف پتانسیل صفر یعنی برایند بار یون‌های داخل سلول با یون‌های خارج سلول برابر است./ (ج): در بخش صعودی، پتانسیل غشا ابتدا از ۷۰mV– تا صفر کاهش می‌یابد (یعنی وقتی به صفر می‌رسد اصلن اختلاف پتانسیلی بین بخش داخلی و خارجی غشا وجود ندارد) و سپس از صفر تا ۳۰+ افزایش پیدا می‌کند./ (د): هم‌زمان با ثبت بخش نزولی نمودار، پمپ سدیم ـ پتاسیم فعال است و K^+ را از مایع بین یاخته‌ای وارد سیتوپلاسم می‌کند.

۵۶– گزینهٔ «۳» پس از بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم در انتهای پتانسیل عمل باعث می‌شود غلظت یون‌های Na^+ و K^+ در دو سوی غشا به حالت اولیه (آرامش) برگردد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): بازشدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و ورود یون‌های Na^+ از مایع بین سلولی به سیتوپلاسم باعث می‌شود نمودار اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به سمت صفر برود و اختلاف پتانسیل کم شود./ گزینهٔ (۲): ابتدا پتانسیل آرامش (۷۰–) برقرار می‌شود (در پی فعالیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی) سپس افزایش فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم باعث می‌شود غلظت یون‌ها به حالت آرامش برگردد. در واقع می‌توانیم بگوییم که ایجاد پتانسیل آرامش (رسیدن اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به میزان پتانسیل آرامش یعنی ۷۰– میلی‌ولت) نتیجهٔ افزایش فعالیت پمپ نیست و قبل از آن توسط کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی اتفاق می‌افتد./ گزینهٔ (۴): با رسیدن اختلاف پتانسیل غشا به ۳۰+ میلی‌ولت، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند.

۵۷- گزینهٔ «۲» در نقطهٔ B پتانسیل آرامش برقرار است. هنگام پتانسیل آرامش، کانال‌های دریچه‌دار فعالیتی ندارند اما کانال‌های نشتی مشغول هستند! و فعالیت می‌کنند، سدیم‌ها، سدیم‌ها را وارد و پتاسیم‌ها، پتاسیم‌ها را از سلول خارج می‌کنند!

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در نقطهٔ A کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و با ورود Na^+ به درون یاختهٔ عصبی، پتانسیل داخل آن نسبت به خارج مثبت‌تر می‌شود و طبیعتن خارج نسبت به داخل منفی‌تر می‌گردد./ گزینهٔ (۳): در نقطهٔ C دریچه‌های سدیمی بسته می‌شوند!/ گزینهٔ (۴): در نقطهٔ D، فعالیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی را داریم که موجب می‌شود پتانسیل غشا دوباره به پتانسیل حالت آرامش برگردد. توجه کنید که با بسته‌شدن این کانال‌ها، میزان پتانسیل غشا به اندازهٔ پتانسیل آرامش و ۷۰− است اما آرایش یون‌ها برعکسِ حالت آرامش است.

۵۸- گزینهٔ «۳» فقط مورد «الف» نادرست است.

(الف): کانال‌های دریچه‌دار، سدیم و پتاسیم را در جهت شیب غلظت، بدون مصرف انرژی و از طریق انتشار تسهیل‌شده جابه‌جا می‌کنند اما در انتهای پتانسیل عمل، با فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سمت غشا به حالت آرامش برمی‌گردد. پمپ یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت، با مصرف انرژی و از طریق انتقال فعال جابه‌جا می‌کند./ (ب): پمپ سدیم ـ پتاسیم با مصرف انرژی به ایجاد پتانسیل آرامش کمک می‌کند. وظیفهٔ میتوکندری، تأمین انرژی برای سلول است./ (ج): قبل از شروع پتانسیل عمل (در پتانسیل آرامش) پتانسیل غشا ۷۰− میلی‌ولت است. با ورود سدیم به درون سلول پتانسیل غشا به ۳۰+ میلی‌ولت می‌رسد. پتانسیل غشا ابتدا از ۷۰− به صفر می‌رسد (تا این‌جا ۷۰ میلی‌ولت تغییر کرده) سپس از صفر به ۳۰ می‌رسد (۳۰ میلی‌ولت هم این‌جا تغییر می‌کند) $۷۰ + ۳۰ = ۱۰۰$./ (د): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی طی پتانسیل عمل، پتاسیم‌ها را از سلول خارج می‌کنند و با این کار همواره بار مثبت درون سلول را کاهش می‌دهند.

۵۹- گزینهٔ «۳» هنگام پتانسیل آرامش (نقطهٔ A) کانال‌های پروتئینی نشتی پتاسیمی (با خارج‌کردن K^+ ـ بدون مصرف انرژی) و پمپ سدیم ـ پتاسیم با خارج‌کردن Na^+ (با مصرف انرژی) بار مثبت بیرون یاخته را زیاد می‌کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در نقطهٔ D حجم سدیم سیتوپلاسم هم تغییر می‌کند. فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم، سدیم را از سیتوپلاسم خارج و کانال‌های نشتی سدیمی، سدیم را وارد سیتوپلاسم می‌کنند./ گزینهٔ (۲): در نقطهٔ C کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند و دیگر سدیم را وارد سلول نمی‌کنند اما یادتون نره که کانال‌های نشتی سدیمی هنوز هم فعال هستند و می‌توانند سدیم را وارد سلول کنند./ گزینهٔ (۴): پمپ سدیم ـ پتاسیم همواره فعال است و در طی فعالیت خود ATP مصرف و ADP تولید می‌کند.

۶۰- گزینهٔ «۳» کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی یون‌ها را در جهت شیب غلظت خود منتشر می‌کنند (انتشار تسهیل‌شده) و برای انجام اعمال تخصصی خود نیازی به مصرف انرژی ندارند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): کانال‌های دریچه‌دار با تحریک سلول عصبی باز می‌شوند و یون‌ها را در جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌کنند (در واقع Na^+ از مایع بین سلولی (غلظت بیشتر) به سلول (غلظت کم‌تر) وارد می‌شود)./ گزینهٔ (۲): کانال‌های نشتی، فاقد دریچه بوده و همیشه بازند. این کانال‌ها همواره در حال فعالیت هستند و یون‌ها را جابه‌جا می‌کنند. در ضمن خود پمپ سدیم ـ پتاسیم هم همواره فعال است حتی در طی پتانسیل عمل!/ گزینهٔ (۴): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی (یا کانال‌های نشتی پتاسیمی) یون K^+ را از خود عبور می‌دهند اما همان‌طور که می‌دانید این کانال‌ها با خارج‌کردن K^+ از سیتوپلاسم نورون، داخل نورون را منفی‌تر می‌کنند.

۶۱- گزینهٔ «۳» در نقطهٔ A اختلاف پتانسیل بین دو سمت غشای نورون از ۷۰ به صفر در حال کاهش است و در نقطهٔ B هم اختلاف پتانسیل از ۳۰ به صفر در حال کاهش‌یافتن است.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): همان‌طور که بارها گفتیم پمپ سدیم ـ پتاسیم در تمام مراحل پتانسیل عمل فعال است و یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌کند./ گزینهٔ (۲): هم در A و هم در B یون Na^+ از طریق کانال‌های نشتی سدیمی وارد نورون می‌شود. توجه کنید که در نقطهٔ A یون سدیم می‌تواند از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی هم به نورون وارد شود./ گزینهٔ (۴): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در B و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در A باز هستند. دریچهٔ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در سمت داخل سلول و دریچهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در سمت خارج سلول است؛ پس در نقطهٔ B برخلاف A کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی که دریچهٔ آن‌ها در سمت داخل نورون است، فعالیت می‌کنند، اما دوست من، کانال‌های نشتی هم در بین کانال‌های غشایی جای دارند! فعالیت دارند! و اصلن دریچه‌ای ندارند.

۶۲- گزینهٔ «۴» در پایان پتانسیل عمل، فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم سبب می‌شود غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سمت یاخته به حالت اولیه خود برگردد، با این اتفاق پتانسیل غشا به حالت آرامش بازمی‌گردد. در این زمان کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): به دلیل وجود کانال‌های نشتی در غشای یاخته‌های عصبی و فعالیت همیشگی آن‌ها، سدیم همواره وارد یاخته می‌شود و پتاسیم از یاخته خارج می‌گردد. همین‌طور به دلیل وجود پمپ سدیم ـ پتاسیم در غشا و فعال‌بودن همیشگی آن، یون پتاسیم همواره وارد سلول و یون سدیم وارد مایع بین سلولی می‌شود./ گزینهٔ (۲): در بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند؛ در این زمان کانال‌های نشتی سدیمی (و حتی پتاسیمی!) به فعالیت خود ادامه می‌دهند./ گزینهٔ (۳): زمانی‌که اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به صفر می‌رسد (اختلاف پتانسیلی بین دو سوی غشا وجود ندارد)، ممکن است در بخش صعودی منحنی پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز باشند یا در بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز باشند.

۶۳- گزینهٔ «۱» فقط مورد «الف» درست است.

(الف): در شکل ۲ کتاب درسی که غلاف میلین و چگونگی ساخت آن نشان داده شده است، می‌بینید که سلول پشتیبان به دور رشتهٔ عصبی پیچیده شده و هستهٔ آن در قسمت خارجی غلاف میلین قرار می‌گیرد./ (ب): با بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی (هنگام شروع فاز نزولی نمودار پتانسیل عمل) اختلاف پتانسیل ابتدا از ۳۰+ تا صفر کاهش می‌یابد و سپس از صفر تا ۷۰− افزایش می‌یابد. توجه کنید که علامت منفی در اختلاف پتانسیل ۷۰−، فقط بیانگر این است که درون سلول

نسبت به بیرون منفی‌تر است. به خاطر همین در مقایسهٔ اختلاف پتانسیل آن را در نظر نگرفتیم و گفتیم اختلاف از صفر به ۷۰− زیاد می‌شود!/ (ج): با بازشدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی (فاز صعودی نمودار پتانسیل عمل) اختلاف پتانسیل غشای نورون ابتدا از ۷۰− تا صفر کاهش و سپس از صفر تا ۳۰+ افزایش می‌یابد./ (د): ورود سدیم به درون سلول در زمان پتانسیل عمل این کار را می‌کند ولی در پتانسیل آرامش نه. در پتانسیل آرامش سدیم‌ها می‌آیند داخل و پتاسیم‌ها خارج می‌شوند، اما چون نفوذپذیری نسبت به پتاسیم بیشتر است، خروج یون‌های مثبت از سلول بیشتر است و درون نسبت به بیرون منفی‌تر می‌شود.

۶۴- گزینهٔ «۳» طبق نمودار، اختلاف پتانسیل دو سمت غشا دو بار به ۳۰− می‌رسد؛ یک بار وقتی از ۷۰− به ۳۰+ می‌رویم (فاز صعودی نمودار) و یک بار هم وقتی از ۳۰+ به ۷۰− می‌رویم (فاز نزولی). می‌دانید که پمپ سدیم ـ پتاسیم در هر دو حالت فعال است و برای انجام فعالیت خود انرژی زیستی مصرف می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): اختلاف پتانسیل دو سر غشا یک بار در فاز صعودی نمودار و یک بار در فاز نزولی نمودار به ۱۰+ می‌رسد. در فاز نزولی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته هستند و یون‌ها را از خود عبور نمی‌دهند./ گزینهٔ (۲): این را به خاطر بسپارید که **همیشه** (چه در آرامش چه در عمل!) مقدار یون‌های K^+ در داخل نورون و مقدار یون‌های Na^+ در خارج از نورون بیشتر است. در فاز نزولی زمانی که اختلاف پتانسیل به ۲۰+ می‌رسد، پتاسیم‌ها در حال خروج از سلول هستند اما دقت کنید با این اتفاق، مقدار پتاسیم‌های بیرون از درون بیشتر نمی‌شود. در واقع پتاسیم‌ها در فاز نزولی نمودار پتانسیل عمل آن‌قدر خارج می‌شوند که اختلاف پتانسیل دو سمت غشا را از ۳۰+ برسانند به ۷۰−، آن‌قدر خارج نمی‌شوند که پتاسیم بیرون بیشتر از درون شود./ گزینهٔ (۴): همان‌طور که تا حالا متوجه شدید وقتی دربارهٔ پتانسیل عمل صحبت می‌کنیم با یون‌های Na^+ و K^+ سروکار داریم و اشاره‌ای به یون‌های منفی نمی‌کنیم. در مورد این گزینه باید این طور می‌گفتیم «وقتی اختلاف پتانسیل به ۴۰− می‌رسد، مقدار یون‌های مثبت درون نورون کم‌تر از بیرون آن است».

۶۵- گزینهٔ «۲» موارد «الف»، «ب» و «ج» جمله را به درستی تکمیل می‌کنند.

(الف): نقطهٔ A اختلاف پتانسیل صفر را نشان می‌دهد. در نمودار صعودی از پتانسیل ۷۰− تا نقطهٔ A اختلاف پتانسیل دو سمت غشا کاهش می‌یابد. از نقطهٔ A تا قلهٔ نمودار (۳۰+)، اختلاف پتانسیل دو سمت غشا افزایش می‌یابد. در نمودار نزولی از ۳۰+ تا صفر اختلاف پتانسیل دو سمت غشا کاهش و از صفر تا ۷۰− اختلاف پتانسیل دو سمت غشا افزایش می‌یابد؛ پس افزایش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا فقط بعد از نقطهٔ A امکان‌پذیر است./ (ب): در فاز صعودی نمودار پتانسیل عمل، از پتانسیل ۷۰− تا صفر پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون منفی است. از صفر تا ۳۰+ پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون مثبت است. در فاز نزولی، نمودار پتانسیل عمل از ۳۰+ تا صفر پتانسیل درون نسبت به بیرون مثبت است و از صفر تا ۷۰− پتانسیل درون نسبت به بیرون غشا منفی است؛ پس مثبت‌شدن پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون فقط بعد از نقطهٔ A امکان‌پذیر است./ (ج): در پتانسیل عمل، ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و سدیم‌ها وارد سلول می‌شوند. از پتانسیل ۷۰− تا ۳۰+ (نمودار صعودی)، سپس این کانال‌ها بسته می‌شوند. در مرحلهٔ بعد، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و پتاسیم‌ها از سلول خارج می‌شوند، از پتانسیل ۳۰+ تا ۷۰− (نمودار نزولی) و بعد از آن این کانال‌ها نیز بسته می‌شوند؛ پس بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار نیز فقط بعد از نقطهٔ A اتفاق می‌افتد./ (د): در نقطهٔ A که اختلاف پتانسیل صفر را نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل داخل و خارج نورون با هم برابر است. اختلاف پتانسیل صفر یعنی برایند بار یون‌های داخل سلول و خارج سلول برابر است و اختلاف پتانسیلی بین داخل و خارج غشا وجود ندارد.

۶۶- گزینهٔ «۴» همان‌طور که در شکل ۸ می‌بینید ممکن است کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی مربوط به **نقاط مختلف نورون** به صورت هم‌زمان باز باشند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در پایان پتانسیل عمل فعالیت پمپ افزایش می‌یابد. پمپ در هر بار فعالیت خود ۳ یون Na^+ را از نورون خارج می‌کند (در خلاف شیب غلظت) و ۲ یون K^+ را به نورون وارد می‌کند (باز هم در خلاف جهت شیب غلظت). پس یون سدیم بیش از پتاسیم در خلاف جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌شود./ گزینهٔ (۲): ورود یون‌های Na^+ می‌تواند توسط کانال‌های نشتی سدیمی و **هنگام پتانسیل آرامش** رخ بدهد که در این صورت اصلن نمودار اختلاف پتانسیل تغییری نمی‌کند و با بالارفتن همراه نیست!/ گزینهٔ (۳): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی مسیر منفذ خود را در بخش خارجی غشای نورون می‌بندند *(شکل ۷ «ب» و «پ»)*.

۶۷- گزینهٔ «۲» موارد «الف» و «ب» درست هستند.

(الف): فعالیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باعث بازگشت پتانسیل غشا به پتانسیل آرامش یعنی ۷۰− میلی‌ولت می‌شود. می‌دانید که این کانال‌ها برای انجام فعالیت خود نیازی به مصرف ATP ندارند. در واقع با بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتانسیل غشا به پتانسیل آرامش برمی‌گردد. پمپ فقط جای یون‌ها را با هم عوض می‌کند تا آرایش یون‌ها مثل حالت آرامش شود./ (ب): کانال‌های نشتی همیشه باز و فعال هستند و هر کانال نشتی سدیمی و پتاسیمی یون‌ها را در یک جهت جابه‌جا می‌کند. کانال نشتی سدیمی، سدیم را وارد و کانال نشتی پتاسیمی، پتاسیم را خارج می‌کند./ (ج): وقتی اختلاف پتانسیل غشا از ۳۰+ به ۲۰+ می‌رود (فاز نزولی نمودار پتانسیل عمل) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی فعالیت نمی‌کنند، اما وقتی که از ۱۰+ به ۲۰+ می‌رسد (فاز صعودی پتانسیل عمل)، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در حال فعالیت هستند./ (د): در قلهٔ نمودار پتانسیل عمل (نقطهٔ ۳۰+) در یک لحظه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند. این یعنی هر دو نوع کانال‌های دریچه‌دار به صورت هم‌زمان بسته هستند.

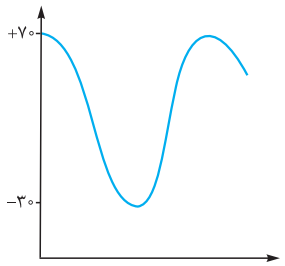
۶۸- گزینهٔ «۲» موارد «الف» و «ج» درست هستند.

(الف): هنگام رسیدن اختلاف پتانسیل به ۳۰+؛ یعنی زمانی که داریم به ۳۰+ می‌رسیم (هنوز به قله نرسیدیم) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته هستند. کانال‌های نشتی هم که همواره فعال‌اند، پس تو زمانی که گزینه مدنظرشه هم کانال دریچه‌دار فعال داریم (سدیمی) و هم کانال نشتی./ (ب): در مورد کانال‌های دریچه‌دار باید کمی درایت به خرج بدهید. در هر نقطه از نورون با بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند. با این وجود در شکل ۸ می‌بینید که **در نقاط مختلف** یک نورون ممکن است کانال‌های دریچه‌دار مختلف به صورت هم‌زمان باز باشند. حالا چه‌طور؟ وقتی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی یک نقطه باز می‌شوند، کانال‌های پتاسیمی نقطهٔ قبلی هنوز باز هستند./ (ج): کانال‌های دریچه‌دار یون‌ها را در جهت شیب غلظت و به صورت اختصاصی عبور می‌دهند، دریچه‌دار سدیمی و دریچه‌دار پتاسیمی ... . کانال‌های نشتی هم یون‌ها را در جهت شیب غلظتشان جابه‌جا می‌کنند، سدیم‌ها به درون و پتاسیم‌ها به بیرون و به صورت اختصاصی؛ کانال نشتی سدیمی و کانال نشتی پتاسیمی./ (د): کانال‌های نشتی سدیمی و دریچه‌دار سدیمی، یون‌های سدیم را به داخل سلول و کانال‌های نشتی پتاسیمی و دریچه‌دار پتاسیمی یون‌های پتاسیم را به خارج هدایت می‌کنند.

۶۹- گزینهٔ «۴» همهٔ موارد نادرست هستند.

(الف): دقت کنید که خروج پتاسیم از سلول در زمان پتانسیل آرامش هم از طریق کانال‌ها (کانال‌های غیردریچه‌دار پتاسیمی) انجام می‌شود؛ پس همیشه در پی ورود سدیم به نورون (در زمان پتانسیل عمل) نیست./ (ب): انجام می‌شود؛ در انتهای پتانسیل عمل وقتی که با فعالیت بیشتر پمپ، جای یون‌های سدیم و پتاسیم عوض می‌شود و به حالت آرامش برمی‌گردند، سدیم‌ها از سلول خارج و پتاسیم‌ها وارد سلول می‌شوند./ (ج): خیر، تحریک‌شدن نورون باعث ایجاد جریان عصبی در آن و هدایت پیام عصبی می‌شود./ (د): در پتانسیل آرامش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ۷۰− میلی‌ولت است و در پتانسیل عمل حداکثر ۳۰+ میلی‌ولت است؛ پس در زمان آرامش ۴۰ میلی‌ولت بیشتر است.

۷۰- گزینهٔ «۳» به طور قراردادی پتانسیلِ درون غشا نسبت به بیرون آن سنجیده می‌شود یعنی در حالت طبیعی می‌گوییم پتانسیل غشا ۷۰− است یعنی درون ۷۰ میلی‌ولت نسبت به بیرون منفی‌تر است اما وقتی جای الکترودها عوض شود، به دلیل تغییر مبدأ اندازه‌گیری، اختلاف پتانسیل ۷۰+ خواهد بود. یعنی همان اختلاف، با تغییر مبدأ اندازه‌گیری که به عبارتی یعنی **بیرون ۷۰ میلی‌ولت نسبت به درون مثبت‌تر است**. در این حالت با ورود یون‌های سدیم، درون مثبت‌تر خواهد شد و بیرون هم منفی‌تر و به دلیل کاهش سدیم‌های خارج سلولی، پتانسیل افت می‌کند (چون بیرون را نسبت به درون می‌سنجیم). این پتانسیل همین‌طور از ۷۰+ افت می‌کند تا به ۳۰− برسد. در نهایت بیرون نسبت به درون ۳۰تا منفی‌تر می‌شود. سپس پتاسیم‌ها خارج شده و بیرون را مثبت می‌کنند.



۷۱- گزینهٔ «۳» تغییرات اختلاف پتانسیل غشا یک عدد مثبت است، یعنی در پتانسیل آرامش، اختلاف پتانسیل ۷۰ است. از ۷۰ می‌آید می‌شود صفر و بعد، از صفر می‌شود ۳۰ و بعد، از ۳۰ دوباره می‌شود صفر و از صفر دوباره می‌شود حدود ۷۰؛ پس نمودار اختلاف پتانسیل، اول و آخرش باید ۷۰ را نشان دهد و یک قلهٔ ۳۰ در وسطش داشته باشد (که قله از ۷۰ پایین‌تر است) و باید ۲ بار هم نمودار xها را لمس کند چرا که اختلاف پتانسیل غشا ۲ بار صفر می‌شود.

۷۲- گزینهٔ «۳» فقط مورد «د» نادرست است.

(الف): از ۷۰− تا صفر، اختلاف پتانسیل کم می‌شود، از صفر تا ۲۰+ زیاد می‌شود. آن طرف هم از ۲۰+ تا صفر ابتدا کاهش می‌یابد و سپس از صفر تا ۷۰− افزایش می‌یابد./ (ب): همیشه و در همه حال نفوذپذیری غشا به یون‌های پتاسیم بیشتر از سدیم است./ (ج): بله، از صفر تا ۳۰+ و از ۳۰+ تا صفر، درون سلول نسبت به بیرون سلول بار مثبت بیشتری دارد./ (د): برای ورود سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و خروج پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی طی پتانسیل عمل، به صرف انرژی ATP نیازی نیست و این یون‌ها در جهت شیب غلظتشان حرکت می‌کنند، گرچه طی پتانسیل عمل پمپ فعال است و ATP مصرف می‌کند.

۷۳- گزینهٔ «۴» همهٔ موارد نادرست هستند.

(الف): کانال‌های نشتی در غشای نورون همیشه فعال هستند. کانال‌های نشتی سدیمی، سدیم را به نورون وارد و کانال‌های نشتی پتاسیمی، پتاسیم را از نورون خارج می‌کنند./ (ب): نقاط (۴) و (۵) هر دو در مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل هستند که در آن اختلاف پتانسیل از ۳۰+ به ۷۰− می‌رسد، اما دقت کنید بین ۳۰+ تا صفر، پتانسیل درون سلول نسبت به بیرون مثبت است (نقطهٔ ۴) اما بین نقطهٔ صفر تا ۷۰− پتانسیل درون نسبت به بیرون منفی می‌شود (نقطهٔ ۵)./ (ج): سدیم‌ها به خاطر وجود کانال‌های نشتی سدیمی همیشه در جهت شیب غلظت حرکت می‌کنند!/ (د): پمپ سدیم ـ پتاسیم در غشای نورون همواره فعال است.

۷۴- گزینهٔ «۴» اختلاف پتانسیل دو سمت غشای یاخته دو بار به ۲۰+ می‌رسد، یک بار در فاز صعودی نمودار و بار دیگر در فاز نزولی. در هر دو حالت هم کانال‌های نشتی که دریچه ندارند و راهشون بازه (همان کانال‌های فعال در حالت آرامش!) فعال هستند و *دارن کار می‌کنن بدبفتا!*

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): اختلاف پتانسیل غشا یک بار در فاز صعودی نمودار ۵+ می‌شود و یک بار هم در فاز نزولی. هم‌زمان با فاز صعودی نمودار از بین کانال‌های عبوردهندهٔ پتاسیم فقط کانال‌های نشتی فعال هستند اما هم‌زمان با فاز نزولی نمودار همهٔ کانال‌های عبوردهندهٔ K^+ (کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و کانال‌های نشتی) فعال هستند./ گزینهٔ (۲): اختلاف پتانسیل دو سمت غشا یک بار در فاز صعودی و یک بار هم در فاز نزولی صفر می‌شود. همان‌طور که می‌دانید هم‌زمان با فاز نزولی (یعنی از ۳۰+ تا ۷۰−) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته و فاقد فعالیت هستند./ گزینهٔ (۳): پمپ سدیم ـ پتاسیم فقط در انتهای پتانسیل عمل (۷۰− میلی‌ولت) فعالیت حداکثری دارد و به مرور زمان (که اختلاف پتانسیل هنوز هم ۷۰− میلی‌ولت مانده است) از این فعالیت کاسته می‌شود. در واقع هم در پایان پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل دو طرف غشا ۷۰− است و هم در زمان پتانسیل آرامش؛ اما از بین این دو فقط در زمان پایان پتانسیل عمل، برای این‌که غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سمت غشا به حالت آرامش برگردد، پمپ فعالیت **بیشتری** می‌کند. زمانی که پتانسیل غشا ۷۰− باشد ولی جای یون‌ها در دو سمت غشا درست باشد، فعالیت پمپ دیگر زیاد نیست.

۷۵- گزینهٔ «۳» کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در اختلاف پتانسیل ۳۰+ باز می‌شوند. منظور از این اختلاف پتانسیل الکتریکی این است که داخل نورون نسبت به خارج آن به اندازهٔ ۳۰ mV مثبت‌تر است و طبیعتن پتانسیل الکتریکی خارج نسبت به داخل منفی‌تر.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): با ثبت قلهٔ نمودار همهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند اما کانال‌های نشتی که بسته نمی‌شوند!/ گزینهٔ (۲): درست است که پمپ سدیم ـ پتاسیم فقط سدیم را وارد مایع بین سلولی می‌کند اما در پایان پتانسیل عمل کانال‌های نشتی هم فعال هستند و نشتی‌های سدیمی می‌توانند Na^+ را وارد سیتوپلاسم نورون بکنند./ گزینهٔ (۴): وقتی اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون از ۷۰ mV− تا صفر کاهش می‌یابد (بخشی از فاز صعودی نمودار پتانسیل عمل) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در حال فعالیت نیستند.

۷۶- گزینهٔ «۳» فقط مورد «ب» درست است. شکل (۱)، کانال دریچه‌دار پتاسیمی است و شکل (۲)، کانال دریچه‌دار سدیمی.

(الف): با تحریک سلول عصبی ابتدا کانال دریچه‌دار سدیمی باز می‌شود و پس از بسته‌شدن آن‌ها، کانال دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شود؛ پس کانال دریچه‌دار پتاسیمی هم در نهایت، در اثر تحریک باز می‌شود./ (ب): با بازشدن (۲)، اختلاف پتانسیل از ۷۰− به صفر می‌رسد و با بازشدن (۱)، پتانسیل از ۳۰+ به صفر می‌رسد، پس هر

دو می‌توانند پتانسیل را به صفر برسانند./ (ج): با بازشدن (۲)، ابتدا اختلاف پتانسیل از ۷۰− به صفر می‌رسد (کاهش) و بعد از صفر به ۳۰+ (افزایش). با بازشدن (۱) هم اختلاف پتانسیل ابتدا از ۳۰+ به صفر (کاهش) و سپس از صفر به ۷۰− (افزایش) می‌رسد؛ پس نمی‌توان گفت که (۲) همواره افزایش‌دهندهٔ اختلاف پتانسیل است./ (د): با توجه به شکل ۸ کتاب درسی می‌بینید؛ در حالی که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در یک نقطه از نورون بازند، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هم در نقطهٔ دیگری از نورون باز هستند؛ پس نمی‌توانیم بگوییم در **طول** نورون، **همواره** کانال دریچه‌دار پتاسیمی پس از بسته‌شدن کانال دریچه‌دار سدیمی، باز می‌شود. این دو در نقاط مختلف نورون می‌توانند هم‌زمان باز باشند. می‌توانیم بگوییم **در یک نقطه** از نورون، همواره کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی پس از بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند.

۷۷- گزینهٔ «۲» در نقطهٔ B، کانال‌های نشتی و پمپ سدیم ـ پتاسیم فعال هستند و میزان K^+ را (نشتی‌ها: نشتی پتاسیمی) در میان‌یاختهٔ نورون تغییر می‌دهند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): اختلاف پتانسیل در نقطهٔ A، ۷۰ میلی‌ولت و در نقطهٔ C، ۳۰ میلی‌ولت است؛ پس اختلاف پتانسیل در نقطهٔ A بیشتر از نقطهٔ C است./ گزینهٔ (۳): در نقطهٔ C مقدار سدیم زیادی از طریق کانال‌های دریچه‌دار وارد نورون شده و هنوز پتاسیم قابل توجهی نیز از نورون خارج نشده، پس درون نورون بیشترین بار مثبت و بیرون آن کم‌ترین بار مثبت را دارد./ گزینهٔ (۴): ورود Na^+ به درون نورون در نقطهٔ B از طریق کانال‌های نشتی سدیمی و دریچه‌دار سدیمی و در نقطهٔ D از طریق کانال‌های نشتی سدیمی صورت می‌گیرد.

۷۸- گزینهٔ «۱» فقط مورد «ب» نادرست است.

(الف): اختلاف پتانسیل دو سوی غشا هم در مرحلهٔ نزولی و هم در مرحلهٔ صعودی می‌تواند صفر باشد که در هر دو حالت یکی از کانال‌های دریچه‌دار سدیمی یا پتاسیمی باز است. در مرحلهٔ صعودی کانال دریچه‌دار سدیمی و در مرحلهٔ نزولی کانال دریچه‌دار پتاسیمی باز است./ (ب): نفوذپذیری غشا به یون‌های سدیم در مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز شده‌اند و پتاسیم‌ها در حال خروج از سلول هستند، کم می‌شود. دقت کنید در این زمان پمپ هم در حال فعالیت است و پتاسیم‌ها را وارد سلول می‌کند./ (ج): اختلاف پتانسیل حداکثر برای دو سمت غشا ۷۰ میلی‌ولت است که در انتهای پتانسیل عمل، قبل از حداکثر فعالیت پمپ و برگشتن یون‌ها به جای اولیهٔ خود، به وجود می‌آید. در انتهای پتانسیل عمل برای برگشت غلظت یون‌ها به حالت آرامش، پمپ حداکثر فعالیت را دارد./ (د): در انتهای پتانسیل عمل فعالیت پمپ زیاد می‌شود. در این زمان پتانسیل غشا به اندازهٔ پتانسیل آرامش است و فقط آرایش یون‌ها با حالت آرامش فرق دارد.

۷۹- گزینهٔ «۱» فقط مورد «ج» درست است.

(الف): پس از رسیدن اختلاف پتانسیل داخل نسبت به خارج نورون به ۳۰+ میلی‌ولت، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند؛ پس بازشدن این کانال‌ها زودتر از رسیدن اختلاف پتانسیل به ۳۰+ رخ می‌دهد./ (ب): افزایش فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم، در انتهای پتانسیل عمل و بعد از بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی اتفاق می‌افتد، یعنی افزایش فعالیت پمپ دیرتر از بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی است./ (ج): پس از افزایش ناگهانی بار الکتریکی مثبت درون سلول (یعنی پس از ۳۰+) افزایش فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم را نداریم. افزایش فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم را در انتهای پتانسیل عمل داریم زمانی که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته شده‌اند و اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به ۷۰− رسیده است./ (د): در انتهای پتانسیل عمل برگشتن یون‌ها به جای قبلی خود (حالت آرامش)، پس از رسیدن پتانسیل غشا به ۷۰− میلی‌ولت انجام می‌شود.

۸۰- گزینهٔ «۲» منحنی پتانسیل عمل از یک بخش صعودی (از ۷۰− به ۳۰+) و یک بخش نزولی (از ۳۰+ تا حدود ۷۰−) تشکیل شده است. هنگامی که برای دومین بار پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به ۱۵− می‌رسد (بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل) *(یعنی کلن همیشه!)* خروج یون سدیم توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم صورت می‌گیرد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): همواره یون پتاسیم توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم به نورون وارد می‌شود./ گزینهٔ (۳): هنگامی که در پتانسیل عمل، برای دومین بار پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به ۲۰+ می‌رسد، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته هستند./ گزینهٔ (۴): هنگامی که در پتانسیل عمل، برای اولین بار پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به ۳۰− می‌رسد (بخش صعودی منحنی پتانسیل عمل)، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند.

۸۱- گزینهٔ «۱» دریچه‌های کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در سمت داخل غشا است. بازشدن این کانال‌ها و خروج یون پتاسیم از آن‌ها در مرحلهٔ نزولی پتانسیل عمل، باعث می‌شود پتانسیل غشا به پتانسیل آرامش (۷۰−) برگردد (ایجاد پتانسیل آرامش). برگشتن یون‌های جابه‌جاشده به محل قبلی خود هم در انتهای پتانسیل عمل رخ می‌دهد که با فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، یون‌ها آرایش پتانسیل آرامش را پیدا می‌کنند. پمپ چه کار می‌کند؟ با هر بار فعالیت ۳تا Na^+ را می‌فرستد بیرون و ۲تا K^+ را می‌آورد داخل. با این کار پمپ که آشنا هستید! باعث ایجاد پتانسیل آرامش می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): پمپ سدیم ـ پتاسیم در ایجاد و حفظ پتانسیل آرامش نقش دارد. افزایش غلظت پتاسیم در بیرون سلول هم چه توسط کانال دریچه‌دار پتاسیمی (همین الان بالا گفتیم!) و چه به وسیلهٔ کانال‌های نشتی پتاسیمی باعث ایجاد پتانسیل آرامش می‌شود./ گزینهٔ (۳): بازشدن منفذ پروتئین‌های غشا برای عبور پتاسیم همان بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی است که نقش دارد ...!/ گزینهٔ (۴): نفوذپذیری بیشتر غشا به پتاسیم (چه از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و چه کانال‌های نشتی پتاسیمی) همانند فعالیت کانال‌های نشتی که منافذ آن‌ها همیشه باز است، در ایجاد پتانسیل آرامش نقش دارد.

۸۲- گزینهٔ «۲» موارد «ب» و «د» درست هستند.

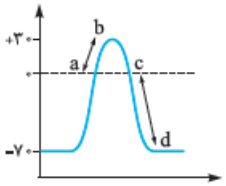
(الف): هم‌زمان با حداکثر فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم (ابتدای پتانسیل آرامش) خروج سدیم و پتاسیم از سیتوپلاسم نورون اتفاق می‌افتد. خروج K^+ توسط کانال‌های نشتی پتاسیمی و خروج Na^+ توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم./ (ب): اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در دو بخش در حال کاهش است؛ یکی در فاز صعودی هنگامی که از پتانسیل ۷۰mV− به صفر نزدیک می‌شویم و دیگری در فاز نزولی که از ۳۰mV+ به صفر نزدیک می‌شویم. در فاز صعودی کانال‌های نشتی سدیمی و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی مشغول واردکردن سدیم به سیتوپلاسم هستند. در فاز نزولی هم فقط کانال‌های نشتی سدیمی این کار را انجام می‌دهند./ (ج): وقتی اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در مرحلهٔ نزولی، از ۳۰+ به سمت صفر در حال کاهش است؛ همان اوایل ۳۰+ به سمت صفر، هم‌زمان با شروع خروج پتاسیم‌ها از

نورون توسط کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی است./ (د): کانال‌های پتاسیمی در مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل باز هستند و پتاسیم‌ها را از سلول خارج می‌کنند. و سدیم هم می‌تواند همیشه از طریق کانال‌های نشتی سدیمی وارد سلول شود.

۸۳- گزینهٔ «۲» موارد «ب» و «ج» درست هستند.

(الف): در صورتی که کانال‌های نشتی (کانال نشتی پتاسیمی) غیرفعال بشوند، یون پتاسیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی می‌تواند از یاخته خارج شود./ (ب): پمپ سدیم ـ پتاسیم دو یون پتاسیم را به داخل یاخته و سه یون سدیم را به خارج از یاخته وارد می‌کند؛ بنابراین با یک بار فعالیت، اختلاف پتانسیل ۱− (داخل نسبت به خارج) ایجاد می‌کند. اگر پمپ سدیم ـ پتاسیم غیرفعال گردد، بار منفی داخل یاخته کاهش نمی‌یابد./ (ج): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باعث مثبت‌شدن درون نسبت به بیرون می‌شوند. در نتیجه در صورتی که غیرفعال شوند، بار مثبت یاخته نمی‌تواند افزایش یابد./ (د): طی پتانسیل عمل با عملکرد کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی، ۲ بار اختلاف پتانسیل دو سمت غشا برابر می‌شود و به صفر می‌رسد. یک بار در مرحلهٔ صعودی نمودار پتانسیل عمل (۷۰− ⟵ صفر ⟵ ۳۰+) و یک بار در مرحلهٔ نزولی نمودار (۳۰+ ⟵ صفر ⟵ ۷۰−). پس با غیرفعال‌شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، برابرشدن اختلاف پتانسیل دو سمت غشا دور از انتظار نیست، چون یک بار دیگر به وسیلهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی اختلاف پتانسیل دو طرف برابر با هم و صفر می‌شود.

۸۴- گزینهٔ «۲» در مسیر a به b و مسیر c به d اختلاف پتانسیل بین دو سوی غشای نورون در حال افزایش است.



در مسیر c به d یون پتاسیم توسط کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و نیز از طریق پمپ سدیم ـ پتاسیم به نورون وارد می‌شود. ولی در مسیر a به b فقط پمپ سدیم ـ پتاسیم در حال واردکردن یون پتاسیم به سیتوپلاسم نورون است.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): پمپ سدیم ـ پتاسیم همواره یون سدیم را از نورون خارج می‌کند./ گزینهٔ (۳): در مسیر c به d، پتانسیل داخل نورون نسبت به بیرون آن منفی است./ گزینهٔ (۴): در مسیر c به d، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته هستند.

۸۵- گزینهٔ «۲» فقط مورد «د» درست است. هنگامی که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند (بخش صعودی منحنی پتانسیل عمل) و هنگامی که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند (بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل)، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون، در دو نقطه صفر می‌شود.

(الف): نه، ممکن است در فاز نزولی باشیم! و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز باشند و پتاسیم‌ها در حال خارج‌شدن از سلول./ (ب) و (د): پمپ سدیم ـ پتاسیم همواره فعال است و یون پتاسیم را به سیتوپلاسم نورون وارد می‌کند؛ هم‌چنین این پروتئین به طور پیوسته یون سدیم را از سیتوپلاسم نورون، به مایع بین یاخته‌ای می‌ریزد./ (ج): در بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل، که پتانسیل داخل نورون، در حال منفی‌شدن است، برای یک لحظه، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا صفر می‌شود.