

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

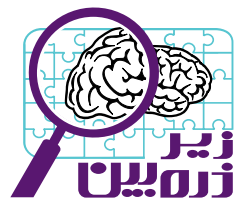
کتاب درسی زیردربین

# زیست‌شناسی (۲)

پایه یازدهم

تألیف:

مجید علی‌نوری





کتاب آموزشی پیشرو

سرشناسه : علی نوری، مجید، ۱۳۶۶  
عنوان و نام پدیدآور : کتاب درسی زیر ذره بین زیست‌شناسی (۲) - پایه یازدهم / تألیف مجید علی نوری؛ ویراستار مریم مجاور  
مشخصات نشر : تهران: کتب آموزشی پیشرو، ۱۴۰۱  
مشخصات ظاهری : ۲۶۰ ص: مصور (رنگی): ۲۲ × ۲۹ س م.  
شابک : ۲۷۰۰۰۰۰ ریال: ۶-۷-۹۴۵۷۴-۹۴۵۷۴-۶۲۲-۹۷۸-۶۲۲-۹۴۵۷۴-۶-۷  
وضعیت فهرست‌نویسی : فیبای مختصر  
شماره کتابشناسی ملی : ۸۹۳۸۵۶۱  
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا



نام کتاب : کتاب درسی زیر ذره بین زیست‌شناسی (۲) - پایه یازدهم  
ناشر : کتب آموزشی پیشرو (کاپ)  
عنوان پروژه : کتاب درسی زیر ذره بین  
تألیف : مجید علی نوری  
ناظر کیفی بخش فنی : سپیده زارعی  
صفحه‌بندی : نازنین احمدی  
طراح عکس روی جلد : زهرا عسگری  
حروفچینی : جواد جعفریان  
ویراستار : مریم مجاور  
بازبینی و مطابقت : مریم طهرانیان  
لینوگرافی و چاپ : گلپا گرافیک / نگارنقش  
سال و نوبت چاپ : ۱۴۰۲ / اول  
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۵۷۴-۹۴۵۷۴-۶۲۲-۹۷۸-۶۲۲-۹۴۵۷۴-۶-۷  
شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه  
قیمت : ۲۷۰۰۰۰ تومان



کتاب آموزشی پیشرو

این کتاب: ۲۶۰ صفحه می‌باشد

مرکز فروش: میدان انقلاب - فیابان فخر رازی - فیابان وهمید نظری غربی - پلاک ۸۳

۰۲۱-۶۶۹۵۳۵۱۷-۱۸-۱۸ فروشگاه: ۰۲۱-۶۶۹۶۴۷۲۳-۵ ۰۲۱-۶۶۹۶۱۰۷۹ ۰۲۱-۶۶۴۹۳۱۴۹۰

مندوق پستی: ۱۳۱۴۵-۱۱۳۹ آدرس سایت زیرذره‌بین: www.zirezarebinpub.ir

سایت نشر کاپ: www.cup-book.com

cupbook.pub

تقديم به نگاه دقيق و عميق شما ...

خیلی خیلی

کتاب درسی مهم است...





استاد مجید علی‌نوری

استاد مجید علی‌نوری دانش‌آموخته زیست‌شناسی دانشگاه تهران است. وی که از فوش‌نامان سال‌های افیر در موزه تألیف و تدریس زیست‌شناسی ممسوب می‌شود، دارای رده‌های ماندگاری در این عرصه است. کتاب «گیاه‌شناسی برای المپیاد»، یکی از آثار مهم و اثرگذار او در فضای آموزش کشور است که در سال ۱۳۹۶ و به همت فانه زیست‌شناسی چاپ و در اختیار دانش‌پژوهان کشور قرار گرفته است.

بعد از تألیف این کتاب، ردپای ایشان را در گروه ترجمه «بیولوژی کمپیل» می‌بینیم که بسیار پرمعنا و مائز اهمیت است. اصولاً مدرسینی که بر ممتوای بیولوژی کمپیل به‌عنوان مهم‌ترین منبع تألیف کتاب‌های درسی تکیه می‌کنند، دیررانی به‌شدت مفهوم‌گرا و عمیق هستند که آگاهانه دانش‌آموزان را با چالش‌های بزرگ دنیای زیست‌شناسی و پزشکی آشنا می‌کنند.

مجید علی‌نوری از سال ۱۳۸۴ تا به امروز در مدارس ممتاز کشور، به‌ویژه در مقطع کنکور مشغول به تدریس بوده است. ماصل این اندوخته‌های ناب، مشارکت در فلق متفاوت‌ترین مجموعه مربوط به کنکور زیست‌شناسی نظام جدید، با عنوان «کتاب» می‌باشد؛ مجموعه بیست و چهار جلدی که به‌زودی با همکاری فانه زیست‌شناسی و انتشارات کاپ منتشر خواهد شد.

بازنویسی کتاب‌های درسی زیرذره‌بین، جدیدترین اثر مجید علی‌نوری است که تدوین، تألیف و گردآوری آن در فانه زیست‌شناسی به سرانجام رسیده است. در تألیف مجموعه زیرذره‌بین، نوع نگاه طرامان سازمان سنجش در کنکورهای نظام جدید بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مهم‌ترین دلیل انتفاب این استاد برآمسته کنکور برای بازنویسی این کتاب‌ها، موفقیت‌های چشم‌گیر دانش‌آموزان ایشان در کنکورهای سال‌های افیر بوده است.

## مقدمه مؤلف

سلام به همه شما عزیزان؛

می‌دونم همه‌تون علاقه دارید ده صفحه جزوه بخونید ولی یک صفحه کتاب درسی رو نه! خود من هم اگرچه همیشه به بچه‌ها توصیه می‌کنم که در کنار جزوه کلاس، کتاب درسی رو هم بخوند ولی متأسفانه فقط بعضی از بچه‌ها گوش می‌کنن که اتفاقاً نتیجه بهتری هم می‌گیرن! واقعیت اینه که شما باید به متن و شکل‌های کتاب درسی‌تون تسلط کافی داشته باشین تا از پس سوالات ترکیبی و مفهومی کنکور بر بیایید. کنکورهای اخیر ثابت کردن که شکل‌ها هم به اندازه متن کتاب درسی‌تون مهم هستن! به پیشنهاد آقای پویان عزیز؛ بنا شد کاری کنیم، کارستون! کاری که دیگه نه تنها از خوندن کتاب درسی خسته نشین، بلکه لذت هم ببرین.

در مجموعه زیر ذره‌بین (نیو فیس):

- ۱- کج‌گویی‌های کتاب درسی رو براتون به‌طور کامل تشریح کردم!
- ۲- نکات ترکیبی با فصل‌های دیگه و پایه‌های دیگه رو با ذکر آدرس براتون آوردم توی حاشیه صفحات کتاب درسی!
- ۳- اهمیت بسیار زیاد برای شکل‌ها قائل شدم!
- ۴- جمع‌بندی‌های جذابی توی صفحات ضمیمه این مجموعه هست که احتمالاً مشابه‌شون رو جای دیگه پیدا نمی‌کنین!
- ۵- جاهایی که لازم بود، خودم دست به قلم شدم و طرح و نقاشی کشیدم که مطلب رو بهتر یاد بگیرید.
- ۶- می‌تونین کادرهای کنکور رو در صفحات مربوطه ببینید که از اونها در کنکور نام‌برده، استفاده شده!
- ۷- به‌اندازه و در حد کنکور توضیح دادم؛ نه بیشتر بدانید! و نه کمتر!
- ۸- چند صفحه‌شو بخونین، خودتون متوجه میشین که به تغییرات چاپ جدید، بسیار اهمیت دادم و هیچ مطلبی از کنکورهای قبلی که از رده خارج بودند رو نیاوردم!

از آقای پویان، مدیر محترم خانه‌زیست‌شناسی بابت تمام لطف‌هاشون به بنده، صمیمانه سپاسگزارم و برایشون آرزوی سلامتی دارم تا آموزش زیست‌شناسی کشور همچنان زیر سایه‌شون، پیشرفت‌های بیشتری داشته باشه.

از دوستان خوبم خانم دکتر سپیده سپهری و مهندس حمید حاجیان بابت نقطه نظرات ایشان در راستای بهبود مجموعه زیر ذره‌بین، صمیمانه سپاسگزارم. همچنین جا داره از مدیر محترم انتشارات کاپ، جناب آقای موسوی تشکر ویژه داشته باشم که با قیمت‌گذاری بسیار مناسب برای این مجموعه، شرایط استفاده از کتاب‌های زیر ذره‌بین رو برای همه فرزندان سرزمینم فراهم نمودند.

در پایان از تیم فنی خانه زیست‌شناسی و انتشارات کاپ که برای هرچه بهتر شدن این مجموعه زحمات زیادی رو متحمل شدن، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنم. یادمون باشه که موفقیتو بهمون نمیدن؛ موفقیت رو باید به دستش بیاریم ... به امید موفقیت همه شما عزیزان.

مجید علی‌نوری

عضو کوچک و مدیر آموزش‌های دانش‌آموزی خانه زیست‌شناسی

@Zist\_fahmidani\_ast

## با کتابهای زیر ذره‌بین چه اهدافی را دنبال می‌کنیم؟

چندسالی است که رویکرد آزمون‌های سراسری با تغییراتی بنیادی روبه‌رو شده است. درکنکورهای نگاه جدید با شیوه‌ای جدید از طرح سؤالات روبرو شدیم که لازمه پاسخ دادن به آنها، تسلط کامل و بدون نقص کتاب‌های درسی را می‌طلبد! میزان این تغییرات به حدی بوده است که تقریباً همه کتاب‌های کمک‌آموزشی موجود در بازار را با چالش بزرگی روبه‌رو کرده است! ناشران مختلف در صدد اعمال تغییرات در کتاب‌های چاپ شده گذشته برآمدند، اما واقعیت این است که باز هم دانش‌آموز قادر نیست با کمک این کتاب‌ها به اکثر سؤالات کنکور پاسخ دهد! آنچه در این میان بیش از همه جلب توجه می‌کند حجم شدن کتاب‌های کمک‌آموزشی به دلیل توضیحات مفصل به‌منظور پوشش حداکثری سؤالات کنکور است. اما واقعیت در جای دیگری نهفته است؛ کتاب درسی! بله، کتاب درسی همان حلقه گمشده‌ای است که به آن توجه کمتری می‌شود و متأسفانه دانش‌آموزان، در بسیاری از اوقات، کتاب درسی را کنار می‌گذارند!

زیر ذره‌بین بردن متن کتاب درسی، حاوی این پیام ساده است که:

## کتاب درسی خیلی خیلی مهم است!

ما در این پروژه‌ای که تعریف کرده‌ایم اهداف زیر را دنبال می‌کنیم:

### ۱. تأکید بیشتر و بیشتر بر متن کتاب درسی

در حقیقت ذره‌بین مؤلف روی متن کتاب درسی قرار می‌گیرد تا با نگاهی عمیق، دقیق و موشکافانه توجه دانش‌آموز را به نکات مورد نظر نویسندگان کتاب درسی، مدرسین و طراحان کنکور جلب نماید. ذره‌بین مورد نظر توسط دبیری حرفه‌ای، که خود تجربه تألیف، تدریس و طراحی آزمون‌های مختلف را داشته است، روی متن کتاب درسی به حرکت درآمده است.

### ۲. بررسی بسیار دقیق تر شکل‌ها

تصاویر کتاب‌های درسی همواره از اهمیت بالایی در طرح تست‌های خاص و متفاوت برخوردار بوده‌اند؛ اما زاویه دید طراحان کنکور، به‌ویژه در سال‌های اخیر، این پیام بسیار مهم را به داوطلبان شرکت در کنکور منتقل کرده است که به هیچ وجه نباید از کنار تصاویر کتاب به سادگی عبور کرد!

### ۳. احترام گذاشتن به گروه مؤلفین کتاب‌های درسی

گروه تألیف کتاب‌های درسی معمولاً از بین اساتید حرفه‌ای و دبیران با تجربه‌ای تشکیل می‌شوند که سال‌های سال در این حوزه فعالیت کرده‌اند. استراتژی حاکم بر تألیف کتاب درسی توسط شورای عالی برنامه‌ریزی تدوین و ابلاغ می‌شود. سیاست‌های کلی این شورا باید به‌طور کامل توسط گروه تألیف در نظر گرفته شود. ممکن است ما با خیلی از این سیاست‌گذاری‌ها موافق نباشیم ولی باید واقعیت موجود را بپذیریم! در هر صورت این کتاب، کتاب درسی فرزندان ماست و در خاطره‌های درازمدت آنها ماندگار خواهد شد. رجوع موشکافانه به مطالب کتاب درسی، دقیقاً احترام گذاشتن به همه اینهاست.

#### ۴. به راحتی نقاط ضعف کتاب درسی در مواجهه با مثال‌های کنکوری مشخص می‌شود

قطعاً یکی از نکات مهمی که در هنگام مطالعه کتاب‌های زیر ذره‌بین مشخص می‌شود کاستی‌های کتاب درسی است. ما تلاش کرده‌ایم مثال‌های کنکور را در جایگاه مناسب و مرتبط با متن کتاب قرار دهیم. دانش‌آموز با مقایسه این دو متوجه می‌شود که آیا می‌تواند با اطلاعات کتاب درسی از پس تست‌های مطرح‌شده در کنکورهای گذشته بر بیاید یا خیر! با توجه به این موضوع کلیدی، تألیف کتاب‌های جدید با حجم کم که فقط نقاط ضعف کتاب را پوشش دهند نیاز جدیدی است که ناشران مختلف با آن روبه‌رو خواهند بود. ناشران باید در این حوزه کتاب‌های جدیدی را طراحی و تألیف نمایند.

#### ۵. جلوگیری از سردرگمی دانش‌آموزان در میان انبوهی از کتاب‌های کمک‌آموزشی موجود در بازار

کاملاً با شما موافقیم. اولین سؤالی که برای شروع مطالعه یک درس یا در آغاز سال تحصیلی در ذهن همه دانش‌آموزان نقش می‌بندد این است: «کدام کتاب کمک آموزشی پاسخ‌گوی نیاز من در آزمون‌هاست؟» و برای پاسخ به این پرسش هر دبیری کتاب مورد نظر خود را پیشنهاد می‌دهد و اینجاست که دانش‌آموزان با انبوهی از توصیه‌ها روبه‌رو می‌شوند که قطعاً موجب سردرگمی خواهد شد. ما با قاطعیت توصیه و تأکید می‌کنیم که مطالعه دقیق کتاب درسی، آن‌هم با رویکرد زیرذره‌بینی، از همان ابتدا دانش‌آموز را در مسیر واقعی مورد نظر سیستم آموزشی و طراحان کنکور قرار می‌دهد. کتاب درسی زیرذره‌بین کتابی است که مکمل هر یک از کتاب‌های کمک‌آموزشی موجود در بازار است و موجب می‌شود دانش‌آموز با تسلط بیشتری به تجزیه و تحلیل سؤالات کنکور بپردازد.

#### ۶. هم در ابتدای مسیر و هم در انتهای راه

در حقیقت رویکرد تدوین این کتاب، کاربرد دوگانه‌ای را در ذهن تداعی می‌کند. رویکرد اول قبل از مراجعه به سایر کتاب‌های کمک‌آموزشی است. در این حالت دانش‌آموز با نگاهی متفاوت‌تر و عمیق‌تر به سراغ این کتاب‌ها رفته و بیشترین استفاده را در زمان کوتاهی خواهد داشت. رویکرد دوم، پس از مطالعه کتاب‌های کمک‌آموزشی است. در این حالت نیز یک دوره جمع‌بندی شیرین را با کتاب‌های زیر ذره‌بین تجربه خواهد کرد. در هر دو حالت، کتاب درسی زیرذره‌بین، یک دوست قابل اعتماد برای شما خواهد بود.

صمیمانه آرزو می‌کنیم موفقیت در کنکور سراسری، یکی از بهترین اتفاق‌های زندگی‌تان باشد.

**مصطفی پویان**  
مدیر خانه زیست‌شناسی

## فهرست

فصل اول (تنظیم عصبی) .....	۱
گفتار ۱: یاخته‌های بافت عصبی .....	۲
گفتار ۲: ساختار دستگاه عصبی .....	۹
فصل اول در آئینه‌کنکور سراسری .....	۱۸-۲
فصل دوم (حواس) .....	۱۹
گفتار ۱: گیرنده‌های حسی .....	۲۰
گفتار ۲: حواس ویژه .....	۲۳
گفتار ۳: گیرنده‌های حسی جانوران .....	۳۳
فصل دوم در آئینه‌کنکور سراسری .....	۳۶-۲
فصل سوم (دستگاه حرکتی) .....	۳۷
گفتار ۱: استخوان‌ها و اسکلت .....	۳۸
گفتار ۲: ماهیچه و حرکت .....	۴۵
فصل سوم در آئینه‌کنکور سراسری .....	۵۲-۱
فصل چهارم (تنظیم شیمیایی) .....	۵۳
گفتار ۱: ارتباط شیمیایی .....	۵۴
گفتار ۲: غده‌های درون‌ریز .....	۵۶
فصل چهارم در آئینه‌کنکور سراسری .....	۶۲-۲
فصل پنجم (ایمنی) .....	۶۳
گفتار ۱: نخستین خط دفاعی: ورود ممنوع .....	۶۴
گفتار ۲: دومین خط دفاعی: واکنش‌های عمومی اما سریع .....	۶۶
گفتار ۳: سومین خط دفاعی: دفاع اختصاصی .....	۷۲
فصل پنجم در آئینه‌کنکور سراسری .....	۷۸-۲
فصل ششم (تقسیم یاخته) .....	۷۹
گفتار ۱: کروموزوم .....	۸۰
گفتار ۲: میتوز .....	۸۴
گفتار ۳: میوز و تولید مثل جنسی .....	۹۲
فصل ششم در آئینه‌کنکور سراسری .....	۹۶-۱
فصل هفتم (تولیدمثل) .....	۹۷
گفتار ۱: دستگاه تولید مثل جنسی .....	۹۸
گفتار ۲: دستگاه تولیدمثل در زن .....	۱۰۲
گفتار ۳: رشد و نمو جنین .....	۱۰۸
گفتار ۴: تولیدمثل در جانوران .....	۱۱۵
فصل هفتم در آئینه‌کنکور سراسری .....	۱۱۸-۱
فصل هشتم (تولیدمثل نهاندانگان) .....	۱۱۹
گفتار ۱: تولیدمثل غیرجنسی .....	۱۲۰
گفتار ۲: تولیدمثل جنسی .....	۱۲۴
گفتار ۳: از یاخته تخم تا گیاه .....	۱۳۰
فصل هشتم در آئینه‌کنکور سراسری .....	۱۳۶-۱
فصل نهم (پاسخ گیاهان به محرک‌ها) .....	۱۳۷
گفتار ۱: تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان .....	۱۳۸
گفتار ۲: پاسخ به محیط .....	۱۴۶
فصل نهم در آئینه‌کنکور سراسری .....	۱۵۲-۱
پاسخنامه تشریحی تست‌های کنکور .....	۱۵۲-۲
سوالات کنکور سراسری ۱۴۰۲ .....	۱۷۲
پاسخنامه تشریحی تست‌های کنکور ۱۴۰۲ .....	۱۷۶



نوار مغزی بر فلاف نوار قلب، الگوی ثابت و تکراری ندارد.



## فصل ۱

### تنظیم عصبی ← فقط در جانوران

متخصصان برای بررسی فعالیت‌های مغز از نوار مغزی استفاده می‌کنند. نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت شده یاخته‌های عصبی (نورون‌های) مغز است. چگونه در یاخته‌های عصبی، جریان الکتریکی ایجاد می‌شود؟ جریان الکتریکی در فعالیت این یاخته‌ها چه نقشی دارد؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها باید با ساختار یاخته‌های عصبی و دستگاه عصبی بیشتر آشنا شویم.

یافته‌های عصبی (نورون‌ها) ← یافته‌های اصلی بافت عصبی  
بافت عصبی } یافته‌های پشتیبان (نوروگلیاها) ← فاقد جریان الکتریکی

\* مصرف الکل و آکالوئیدها موجب بروز تغییراتی در نوار مغز خواهد شد.

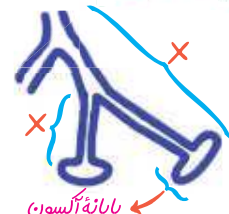
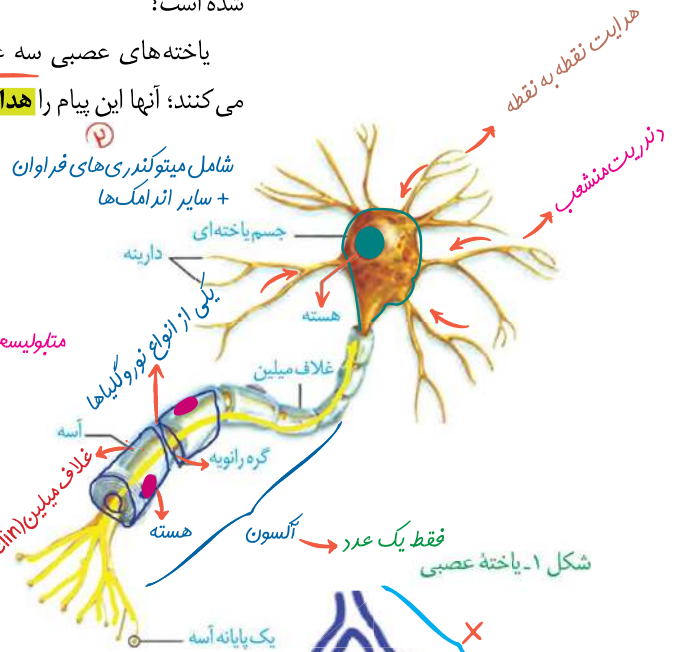
هدایت پیام عصبی؛ در طول غشای نورون	الکتریکی	جابه‌یابی یون‌های $K^+$ و $Na^+$
انتقال پیام عصبی؛ از پایانه آکسون به یافته بصری	شیمیایی	به واسطه موکول‌هایی به نام ناقلین عصبی

## گفتار ۱

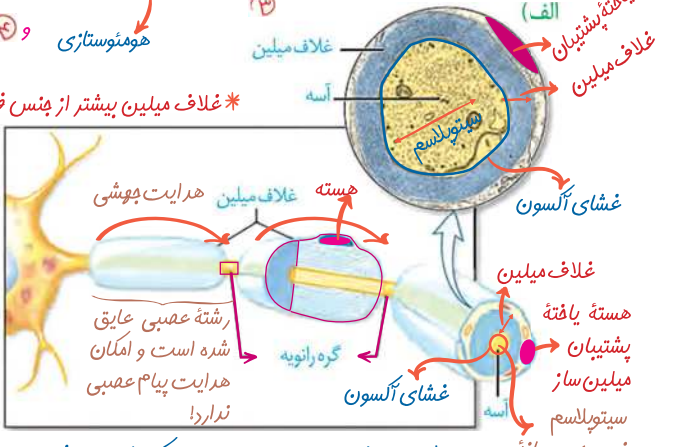
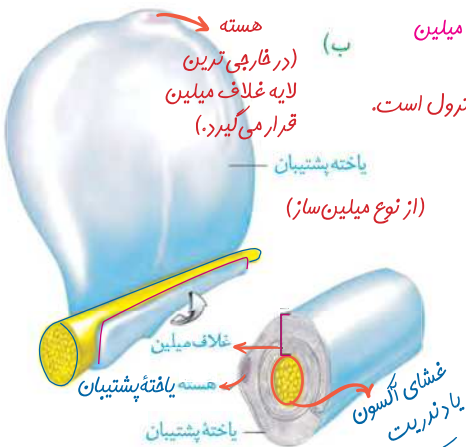
### یاخته‌های بافت عصبی

می‌دانید بافت عصبی از **یاخته‌های عصبی و یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیاها)** تشکیل شده است. شکل ۱، یک یاخته عصبی را نشان می‌دهد. این یاخته عصبی از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟

یاخته‌های عصبی سه عملکرد دارند: این یاخته‌ها **تحریک پذیرند و پیام عصبی تولید می‌کنند**؛ آنها این پیام را **هدایت** و به یاخته‌های دیگر **منتقل** می‌کنند. **به کمک ناقلین عصبی در محل سیناپس دارینه (دندربت) رشته‌ای** است که پیام‌ها را دریافت و به جسم یاخته عصبی وارد می‌کند. **آسه (آکسون) رشته‌ای** است که پیام عصبی را از جسم یاخته عصبی تا انتهای خود که **پایانه آسه** نام دارد، هدایت می‌کند. پیام عصبی از محل پایانه آسه یک یاخته عصبی به یاخته دیگر **منتقل** می‌شود. جسم یاخته‌ای محل قرار گرفتن هسته و انجام سوخت‌وساز یاخته‌های عصبی است و می‌تواند پیام نیز دریافت کند. یاخته عصبی که در شکل ۱ می‌بینید، پوششی به نام **غلاف میلین** دارد. غلاف میلین، رشته‌های آسه و دارینه بسیاری از یاخته‌های عصبی را می‌پوشاند و آنها را **عایق بندی** می‌کند. غلاف میلین پیوسته نیست و در بخش‌هایی از رشته قطع می‌شود. این بخش‌ها را **گره رانویه** می‌نامند که با نقش آنها در ادامه درس، آشنا خواهید شد.



غلاف میلین را یاخته‌های پشتیبان بافت عصبی می‌سازند. شکل ۲ را ببینید، یاخته پشتیبان به دور رشته عصبی می‌پیچد و غلاف میلین را به وجود می‌آورد. تعداد یاخته‌های پشتیبان چند برابر یاخته‌های عصبی است و انواع گوناگونی دارند. این یاخته‌ها داربست‌هایی را برای استقرار یاخته‌های عصبی ایجاد می‌کنند؛ آنها در دفاع از یاخته‌های عصبی و حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف آنها (مثل حفظ مقدار طبیعی یون‌ها) نیز نقش دارند.



- سلول‌های پشتیبان را بر اساس نوع عملکردشان در بافت عصبی تقسیم‌بندی می‌کنیم:
- ۱- سازنده غلاف میلین
  - ۲- سازنده داربست‌هایی برای استقرار نورون‌ها
  - ۳- پشتیبان‌های محافظ که نقش دفاع از نورون‌ها را بر عهده دارند.
  - ۴- تغذیه‌کننده نورون‌ها
  - ۵- حفظ کننده هومئوستازی (مثلاً فقط مقدار طبیعی یون‌ها) در مایع بین سلولی بافت عصبی

کنکور  
همه نوروگلیاها سلول‌های غیر عصبی و هسته‌دار می‌باشند. (سر اسری - ۸۹)

### کنکور

ژن سازنده پروتئین‌های غلاف میلین، توسط نورون‌های انسانی بیان نمی‌شود. (قارچ از کشور - ۸۷)

### نکته

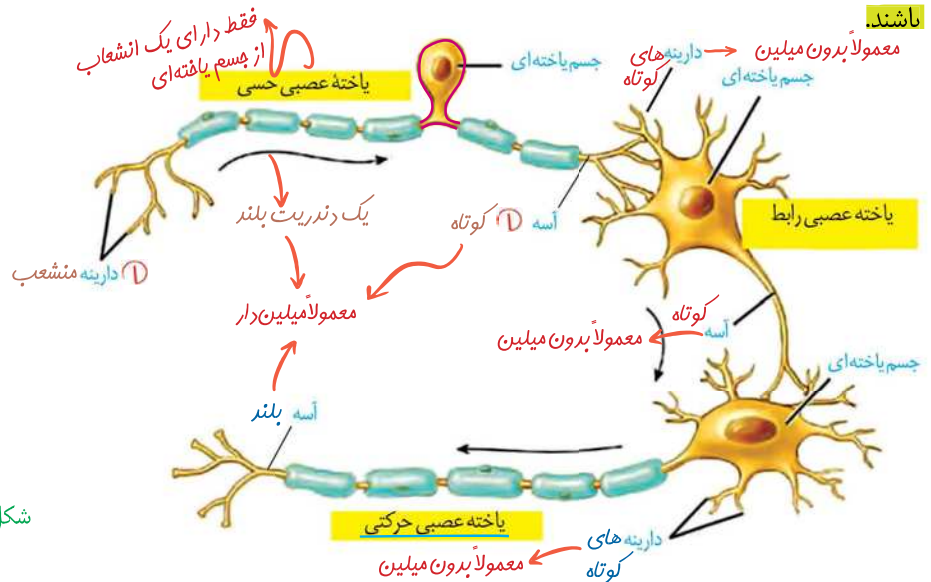
\* دقت کنید که در همه انواع نورون‌ها، جسم یاخته‌ای، نوک دندریت‌ها، انشعابات انتهایی آکسون‌ها و همپتین پایانه‌های آکسونی فاقد غلاف میلین و کره رانویه‌اند.

دستگاه عصبی } بخش مرکزی } مغز و نخاع } شامل نورون‌های حسی، رابط و حرکتی  
 } شامل نورون‌ها و نوروگلیاها  
 } بخش محیطی } بخش حسی } شامل نورون‌های حسی  
 } بخش حرکتی } شامل نورون‌های حرکتی

### انواع یاخته‌های عصبی

شکل ۳، انواع یاخته‌های عصبی را نشان می‌دهد. یاخته‌های عصبی حسی پیام‌ها را به سوی بخش مرکزی دستگاه عصبی (مغز و نخاع) می‌آورند. یاخته‌های عصبی حرکتی پیام‌ها را از بخش مرکزی دستگاه عصبی به سوی اندام‌ها (مانند ماهیچه‌ها) می‌برند. نوع سوم یاخته‌های عصبی شکل ۳، یاخته‌های عصبی رابط اند که در مغز و نخاع قرار دارند. این یاخته‌ها ارتباط لازم بین یاخته‌های عصبی را فراهم می‌کنند. هر سه نوع یاخته عصبی می‌توانند میلین دار یا بدون میلین باشند.

\* در نورون‌های رابط و حرکتی، طول آکسون هر نورون، بلندتر از طول دندریت‌های خودش می‌باشد. اما در نورون حسی، طول دندریت، بلندتر از طول آکسون خودش است.



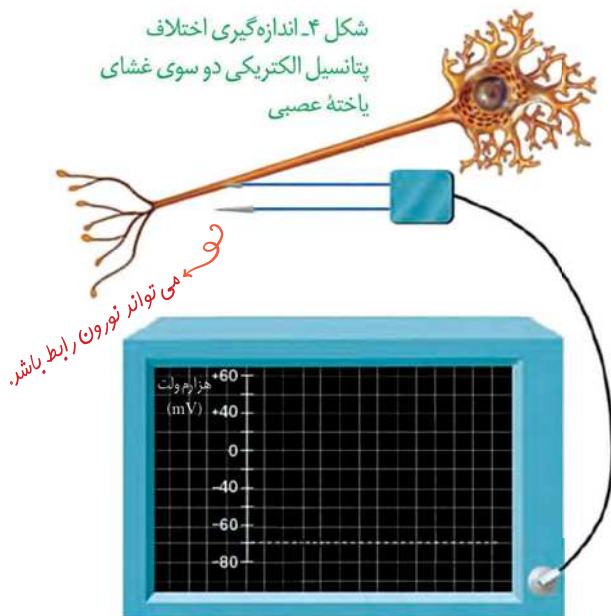
شکل ۳. انواع یاخته‌های عصبی

ساختار و کار سه نوع یاخته عصبی را که در شکل ۳ می‌بینید، مقایسه کنید.

### فعالیت ۱

#### پیام عصبی چگونه ایجاد می‌شود؟

پیام عصبی در اثر تغییر مقدار یون‌ها در دو سوی غشای یاخته عصبی به وجود می‌آید. از آنجا که مقدار یون‌ها در دو سوی غشا، یکسان نیستند، بار الکتریکی دو سوی غشای یاخته عصبی، متفاوت است و در نتیجه بین دو سوی آن، اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود دارد. شکل ۴، اندازه‌گیری این اختلاف پتانسیل را نشان می‌دهد.



پتانسیل آرامش: وقتی یاخته عصبی فعالیت عصبی ندارد (حالت آرامش)، در دو سوی غشای آن اختلاف پتانسیلی در حدود -۷۰ میلی‌ولت برقرار است (شکل ۵). این اختلاف پتانسیل را پتانسیل آرامش می‌نامند. چگونه این اختلاف پتانسیل ایجاد می‌شود؟ برای پاسخ به این پرسش، درباره یاخته‌های عصبی باید بیشتر بدانیم.

در جدول زیر مقایسه کلی از سه نوع نورون را مشاهده می‌کنید.

نورون حرکتی	نورون رابط	نورون حسی	وظیفه
هدایت پیام از مغز و نخاع به سایر اندامها	ارتباط بین سایر نورونها	هدایت پیام به مغز و نخاع	
بخش میپطی + مرکزی (فاکستری)	مرکزی	بخش میپطی + مرکزی (بیشتر سفید)	محل قرارگیری
کوتاه	کوتاه	بلند	طول دندریت
بلند	کوتاه	کوتاه	طول آکسون
چند	چند	۱	تعداد دندریت
۱	۱	۱	تعداد آکسون
معمولاً ندارد	معمولاً ندارد	معمولاً دارد	غلاف میلین و گره رانویه در دندریت
معمولاً دارد	معمولاً ندارد	معمولاً دارد	غلاف میلین و گره رانویه در آکسون
چند قطبی (دوقطبی)	چند قطبی (دوقطبی)	 تک قطبی	تعداد انشعاب در جسم سلولی
معمولاً در آکسون دارد	معمولاً ندارد	معمولاً دارد	هدایت پهنی پیام عصبی

طول دندریت: رابط > حرکتی > حسی

طول آکسون: رابط > حسی > حرکتی

\* در نورونهای رابط و حرکتی طول آکسون بلندتر از طول دندریت‌های خودشان است.

خیلی خیلی  
کتاب درسی مهم است...



کتاب آموزشی پیشرفته



یادداشت:

A series of horizontal dashed lines for writing notes.

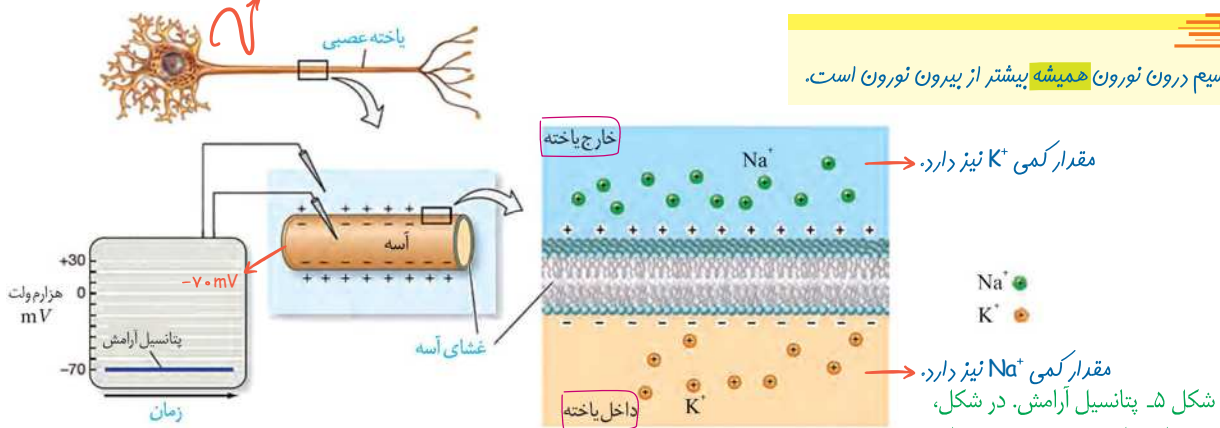
**نکته**

غلظت یون‌های سدیم بیرون نورون (مابعد بین‌یاخته‌ای) همیشه بیشتر از درون نورون (سیتوپلاسم، میان‌یاخته) است.

احتمالاً نورون رابط است.

**نکته**

\* غلظت پتاسیم درون نورون همیشه بیشتر از بیرون نورون است.



**در حالت آرامش**، مقدار یون‌های سدیم در بیرون یاخته عصبی زنده از داخل آن بیشتر است و در مقابل، مقدار یون‌های پتاسیم درون یاخته، از بیرون آن بیشتر است. در غشای یاخته‌های عصبی، مولکول‌های پروتئینی وجود دارند که به عبور یون‌های سدیم و پتاسیم از غشا کمک می‌کنند.

مقدار کمی  $K^+$  نیز دارد. مقدار کمی  $Na^+$  نیز دارد. شکل ۵- پتانسیل آرامش. در شکل، یون‌های پتاسیم در بیرون و یون‌های سدیم در درون یاخته نشان داده نشده‌اند.

یکی از این پروتئین‌ها، **کانال‌های نشستی** هستند که یون‌ها می‌توانند به روش انتشار تسهیل شده از آنها عبور کنند (شکل ۶- الف). از راه این کانال‌ها، یون‌های پتاسیم، خارج و یون‌های سدیم به درون یاخته عصبی وارد می‌شوند. تعداد یون‌های پتاسیم خروجی بیشتر از یون‌های سدیم ورودی است؛ زیرا

کانال‌های نشستی و دریچه‌دار و پمپ سدیم-پتاسیم

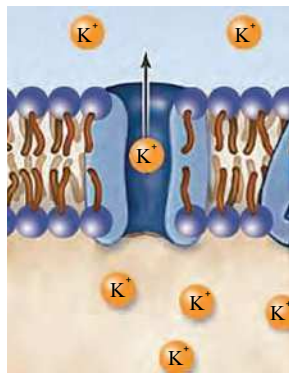
غشا به این یون، نفوذپذیری بیشتری دارد. بیشتر بودن تعداد

**پمپ سدیم - پتاسیم**، پروتئین دیگری است که در سال گذشته با آن آشنا شدید. در هر بار فعالیت این پمپ، سه یون سدیم از یاخته عصبی خارج و دو یون پتاسیم وارد آن می‌شوند. این پمپ از انرژی مولکول ATP استفاده می‌کند (شکل ۶- ب).

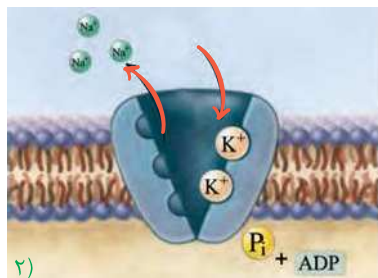
کانال‌های نشستی پتاسیمی

\* کانال‌ها و پمپ‌ها، پروتئین‌های سرتاسری در عرض غشا هستند.

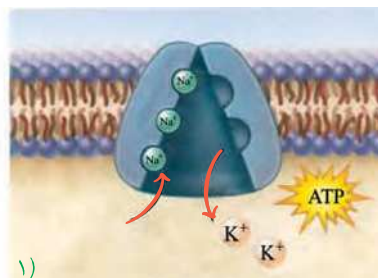
\* دقت کنید که یک یون پتاسیم بزرگ‌تر از یک یون سدیم است.



\* می‌توان گفت پمپ سدیم-پتاسیم خاصیت انرژی‌زی می‌دارد و در هر بار فعالیت خود، یک مولکول ATP را همراه با مصرف یک مولکول آب، هیدرولیز می‌کند.



وقتی رو به بیرون باز است، در سمت داخل، فسفات به آن پسبیده است.



وقتی به داخل باز است، ATP به آن می‌پسبد.

شکل ۶- الف) کانال نشستی که عبور یون‌های پتاسیم از آن نشان داده شده است. ب) چگونگی کار پمپ سدیم-پتاسیم

\* پمپ بر خلاف کانال نشستی در غشای نورون، تغییر وضعیت مکانیکی دارد. البته دقت کنید که شل فصل یک دهم برای انتشار تسهیل شده، نوعی پروتئین خاص برای انتشار تسهیل شده است که می‌تواند تغییر وضعیت مکانیکی داشته باشد.

## فعالیت ۲

در گروه خود درباره پرسش های زیر گفت و گو و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

۱- کار پمپ سدیم-پتاسیم و کانال های نشستی را با هم مقایسه کنید.

۲- چرا در حالت آرامش، بار مثبت درون یاخته های عصبی از بیرون آنها کمتر است؟

**پتانسیل عمل:** دانستید که در حالت آرامش، بار مثبت درون یاخته عصبی از بیرون آن کمتر

است. وقتی یاخته عصبی تحریک می شود، در محل تحریک، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای

آن به طور ناگهانی تغییر می کند؛ داخل یاخته از بیرون آن، مثبت تر می شود و پس از زمان کوتاهی،

اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، دوباره به حالت آرامش برمی گردد. این تغییر را پتانسیل عمل می نامند.

هنگام پتانسیل عمل، در یاخته عصبی چه اتفاقی می افتد؟

در غشای یاخته های عصبی، پروتئین هایی به نام **کانال های دریچه دار** وجود دارند که با تحریک

یاخته عصبی باز می شوند و یون ها از آنها عبور می کنند. وقتی غشای یاخته تحریک می شود، ابتدا

**کانال های دریچه دار سدیمی** باز می شوند و یون های سدیم فراوانی وارد یاخته و بار الکتریکی

درون آن، مثبت تر می شود. پس از زمان کوتاهی این کانال ها بسته می شوند و **کانال های دریچه دار**

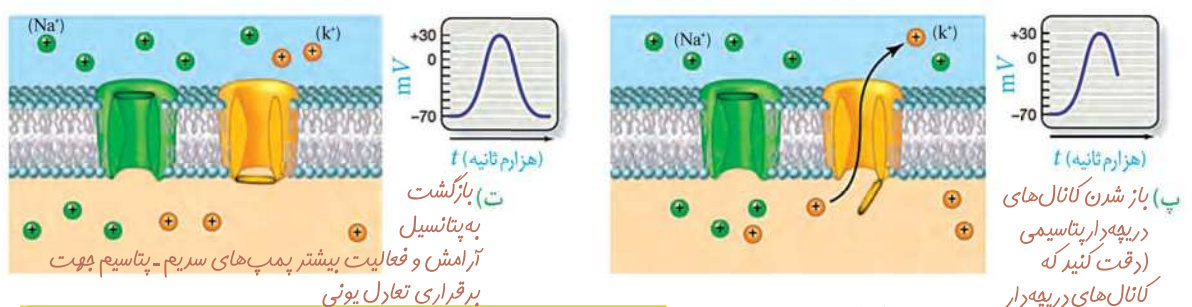
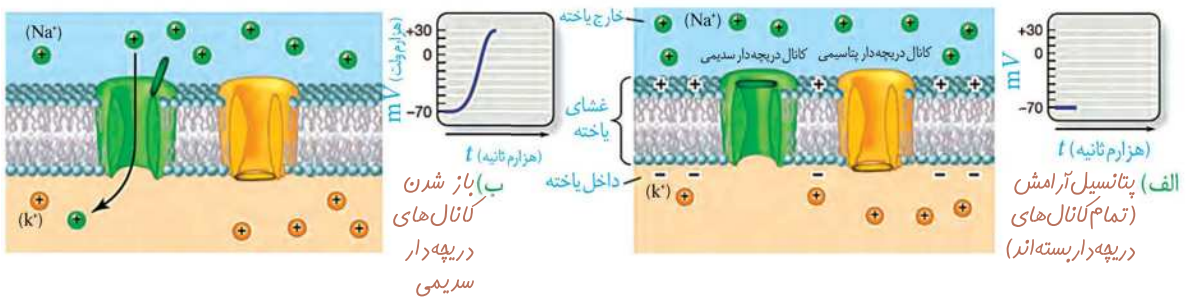
**پتاسیمی** باز و یون های پتاسیم خارج می شوند. این کانال ها هم پس از مدت کوتاهی بسته می شوند

(شکل ۷). به این ترتیب، دوباره پتانسیل غشا به پتانسیل آرامش (-۷۰) بر می گردد.

فعالیت بیشتر پمپ سدیم-پتاسیم موجب می شود غلظت یون های سدیم و پتاسیم در دو سوی

غشا دوباره به حالت آرامش باز گردد. **رأثما فعال است، اما پس از پتانسیل عمل، فعالیت بیشتری دارد.**

با تعادل یونی



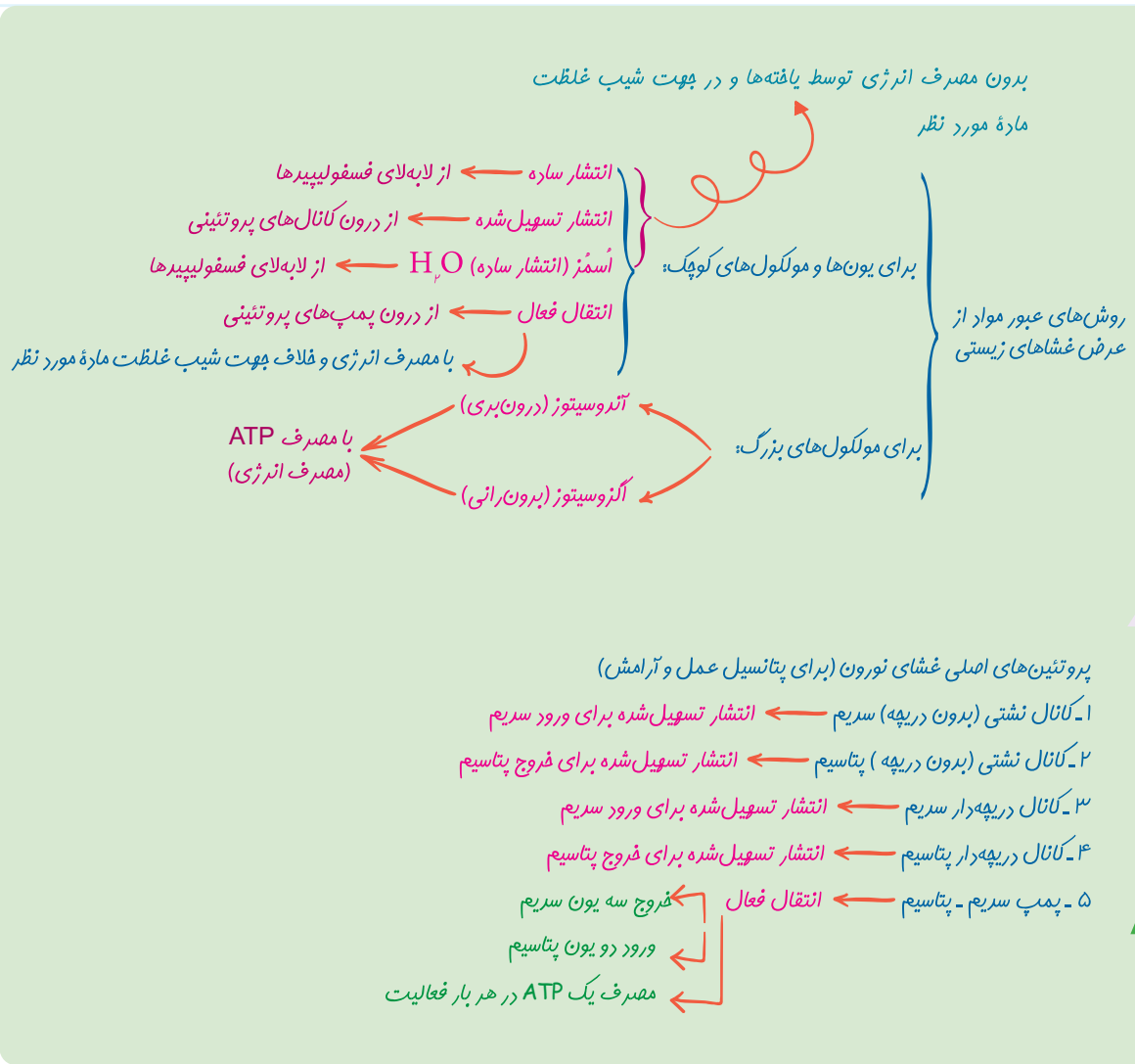
شکل ۷- چگونگی ایجاد پتانسیل عمل؛ در شکل یون های پتاسیم بیرون و یون های سدیم درون یاخته، نشان داده نشده اند.

## کنکور

در مورد پتانسیل عمل ایفاد شده در غشای یک نورون هسی، در پی بسته شدن کانال های دریچه دار سدیمی، پتانسیل درون سلول نسبت به فارچ منفی می شود. (سراسری - ۹۲)

\* دریچه کانال دریچه دار سدیمی رو به بیرون غشای نورون است.

\* دریچه کانال دریچه دار پتاسیمی رو به درون غشای نورون است.

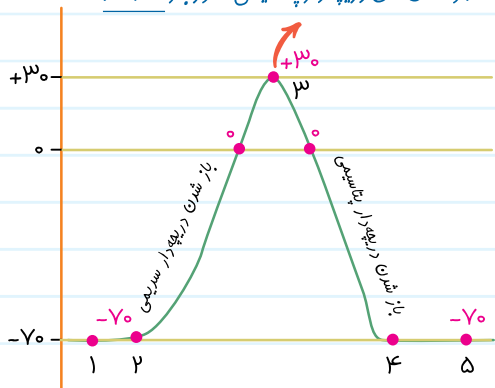


نکته

انتشار تسهیل‌شده  
انتقال فعال  
هم ورود و فروچ سدیم و هم ورود و فروچ پتاسیم از عرض غشای یافته عصبی به‌طور دائم (هم در پتانسیل آرامش و هم در پتانسیل عمل) انجام می‌شود.  
انتقال فعال  
انتشار تسهیل‌شده



نوک قله: تمام کانال‌های دریچه‌دار سریمی بسته شده اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده اند.



۱ تا ۲ ← (آرامش)

۲ ← باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سریمی

۲ تا ۳ ← کانال‌های دریچه‌دار سریمی بازند.

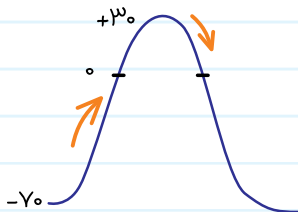
۳ ← دریچه‌دارهای سریمی بسته می‌شوند و دریچه‌دارهای پتاسیمی باز می‌شوند (پتانسیل عمل)

۳ تا ۴ ← کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بازند.

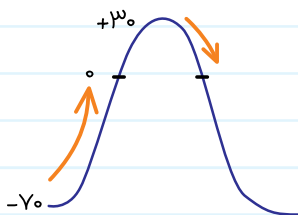
۴ ← دریچه‌دارهای پتاسیمی بسته می‌شوند (بازگشت به پتانسیل آرامش)

۴ تا ۵ ← فعالیت شدیدتر پمپ‌های سریم - پتاسیم ← برقراری تعادل یونی در نقطه ۵ شبیه به نقطه ۱ تا نقطه ۲

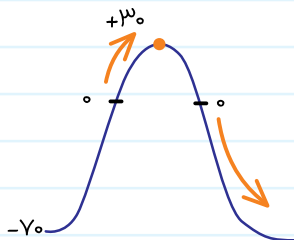
افتلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون در طی دو مرحله به صفر نزدیک می‌شود.



کجاها افتلاف پتانسیل بین دو سوی غشای نورون کاهش می‌یابد؟



کجاها افتلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون افزایش می‌یابد؟

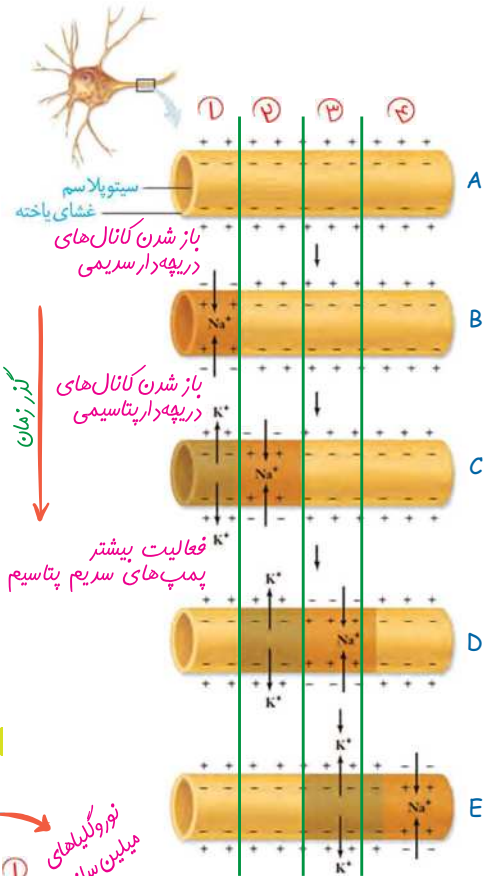


\* در جسم یافته‌ای، نوک درنریته‌ها و انتهای آکسون و پایانه‌های آکسونی، غلاف میلین نداریم!

### فعالیت ۳

وضعیت کانال‌های غشای یاخته عصبی را در ۴ مرحله شکل ۷ مقایسه کنید.

وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از یاخته عصبی ایجاد می‌شود، نقطه به نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشته عصبی برسد. این جریان را **پیام عصبی** می‌نامند (شکل ۸). رشته عصبی **آسه** یا **دارینه** بلند است. **الکتريکی حاصل جابه‌جایی یون‌ها نه ریشه عصبی!**



شکل ۸- هدایت پیام عصبی

### گره‌های رانویه چه نقشی دارند؟

هدایت پیام عصبی در رشته‌های عصبی میلین‌دار از رشته‌های بدون میلین هم‌قطر سریع‌تر است؛ درحالی که میلین عایق است و از عبور یون‌ها از غشا جلوگیری می‌کند. دانستید در یاخته‌های عصبی میلین‌دار، گره‌های رانویه وجود دارد. در محل این گره‌ها، میلین وجود ندارد و رشته عصبی با محیط بیرون از یاخته ارتباط دارد. بنابراین، در این گره‌ها پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و پیام عصبی درون رشته عصبی از یک گره به گره دیگر هدایت می‌شود. در این حالت به نظر می‌رسد پیام عصبی از یک گره به گره دیگر می‌جهد. به همین علت، این هدایت را **هدایت جهشی** می‌نامند (شکل ۹). در ماهیچه‌های اسکلتی سرعت ارسال پیام اهمیت زیادی دارد. بنابراین، نورون‌های حرکتی آنها میلین‌دار است. کاهش یا افزایش میزان میلین به بیماری منجر می‌شود؛ مثلاً در بیماری ام. ام. اس (مالتیپل اسکلروزیس) یاخته‌های بیماری پشیمانی که در سیستم عصبی مرکزی میلین می‌سازند، از بین می‌روند. در نتیجه ارسال پیام‌های عصبی به درستی انجام نمی‌شود. بینایی و حرکت، مختل و فرد دچار بی‌حسی و لرزش می‌شود. مغز و نفاق

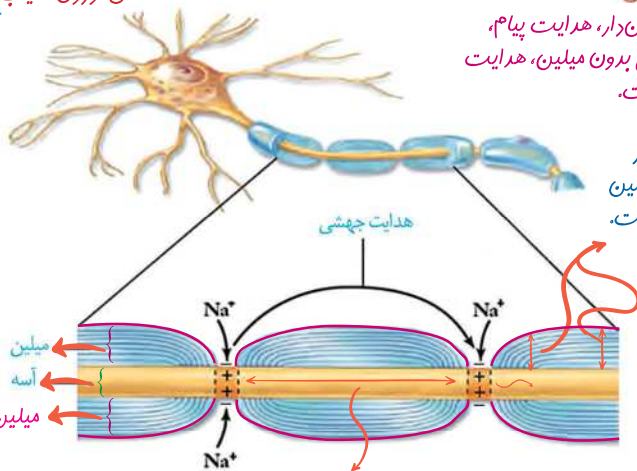
بیماری فوریمنی

نورون‌های میلین‌ساز

\* دقت کنید که در بیماری MS، غشای نورون آسیب نمی‌بیند.

### کنکور

در انسان برای انتقال هر نوع فعالیت انعکاسی، سلول‌های نورون نقش موثری دارند. (سراسری، قاجار از کشور - ۹۴)



نمی‌توان گفت در پتانسیل آرامش است!

\* در رشته عصبی میلین‌دار، هدایت پیام جهشی و در رشته عصبی بدون میلین، هدایت پیام، نقطه به نقطه است.

تعداد لایه‌ها و قطر آنها در بخش میانی هر غلاف میلین بیشتر از دو طرف آن است.

### کنکور

عامل مولد بیماری مالتیپل اسکلروزیس هدایت جریان عصبی را در برخی نورون‌های سیستم عصبی مفل می‌سازد. (قاجار از کشور - ۸۸)

### کنکور

در دستگاه عصبی انسان، میلین، مانعی در مقابل تغییر پتانسیل غشای سلول عصبی است. (قاجار از کشور - ۹۱)

شکل ۹- هدایت جهشی در نورون میلین‌دار

۱- Multiple Sclerosis

\* طبق فعالیت صفحه بصری، میپوریم بگیریم در محل غلاف میلین، غشای نورون فاقد کانال‌های درپه‌دار است.

### کنکور

در ارتباط با یک یافته عصبی فاقد میلین انسان، سرعت هدایت پیام عصبی در بین هر دو نقطه متوالی یک رشته عصبی (با قطر یکنواخت)، مقدار ثابتی است. (سراسری-۹۹)