

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

## زیست شناسی (۳)

رشته علوم تجربی

راهنمای معلم

پایه دوازدهم  
دوره دوم متوسطه

دانلود سوالات آزمون

راهنمای کامل آزمون



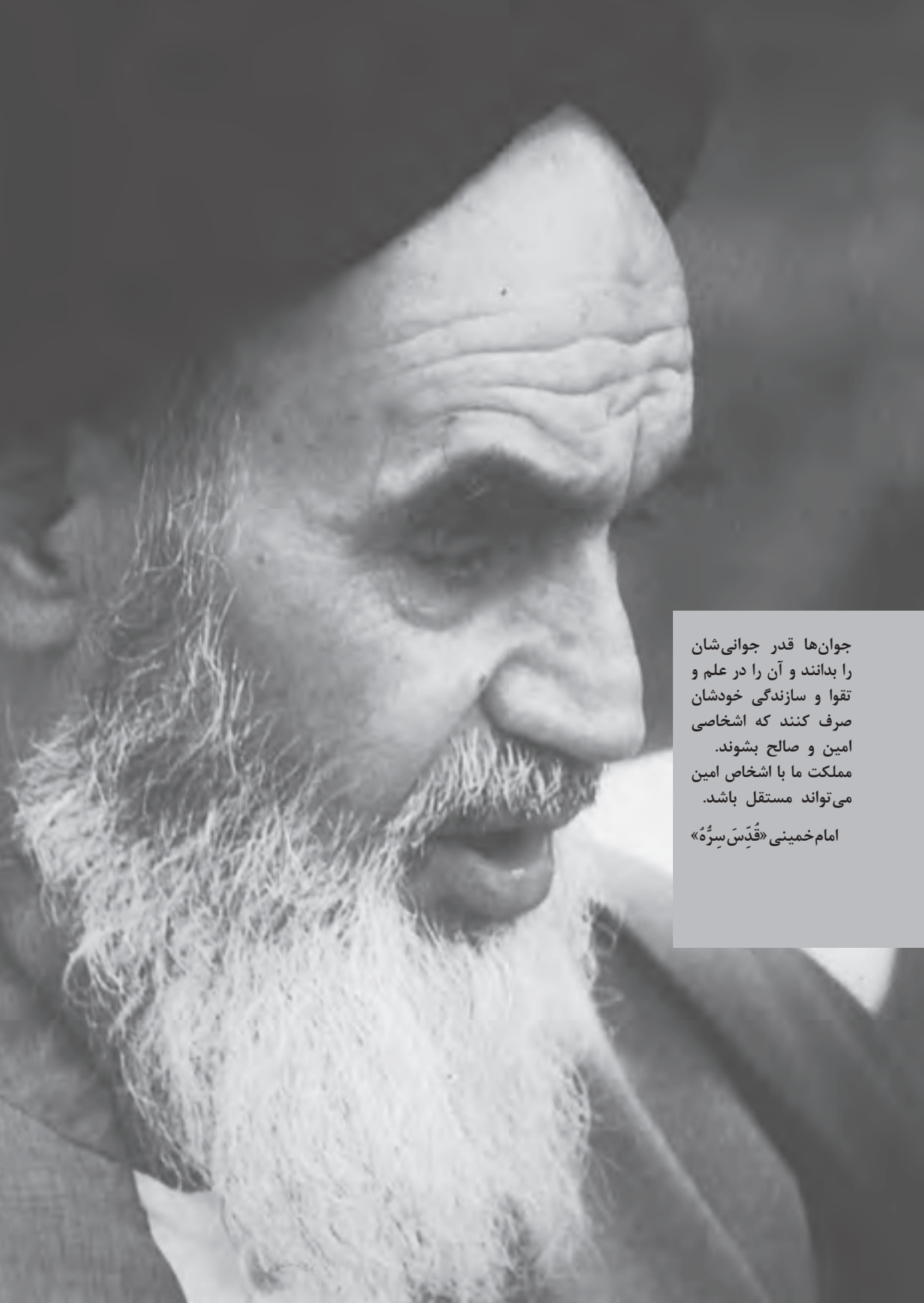
وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

- نام کتاب: راهنمای معلم زیست‌شناسی (۳) - پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۳۹۱
- پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: سیدعلی آل محمد، محمد ابراهیمی، مریم انصاری، الهه علوی، اعظم غلامی و بهمن فخریان (اعضای گروه تألیف) - سعید فرمانی (ویراستار)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری) - رضوان جهانی فریمانی (صفحه‌آرا) - سیده فاطمه محسنی، زهرا ایمانی نصر، فرشته ارجمند، زهرا رشیدی مقدم، زینت بهشتی شیرازی و ناهید خیام‌باشی (امور آماده‌سازی)
- نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹  
وبگاه: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir
- ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سپاهی خاص»
- سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۸

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۳۴۰۸-۳

ISBN: 978-964-05-3408-3



جوان‌ها قدر جوانی‌شان  
را بدانند و آن را در علم و  
تقوا و سازندگی خودشان  
صرف کنند که اشخاصی  
امین و صالح بشوند.  
مملکت ما با اشخاص امین  
می‌تواند مستقل باشد.  
امام خمینی «قُدَسِ سِرُّهُ»

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

# فهرست

کلیات .....	۱
فصل ۱: مولکول‌های اطلاعاتی .....	۴۳
فصل ۲: جریان اطلاعات در یاخته .....	۵۹
فصل ۳: انتقال اطلاعات در نسل‌ها .....	۷۹
فصل ۴: تغییر در اطلاعات وراثتی .....	۹۱
فصل ۵: از ماده به انرژی .....	۱۰۷
فصل ۶: از انرژی به ماده .....	۱۲۷
فصل ۷: فناوری‌های نوین زیستی .....	۱۴۳
فصل ۸: رفتارهای جانوری .....	۱۷۱
پیوست (توضیح واژگان فرهنگستان) .....	۱۹۵
منابع .....	۲۲۰

## مقدمه

کتاب زیست‌شناسی ۳، سومین کتاب زیست‌شناسی دانش‌آموزان رشته علوم تجربی دوره دوم متوسطه است که برای ۴ جلسه آموزش در هفته طراحی شده است. این کتاب همانند کتاب زیست‌شناسی ۱ و ۲ بر اساس اسناد بالادستی برنامه درسی ملی، سند تحول بنیادین، راهنمای برنامه درسی حوزه علوم تجربی و راهنمای برنامه درسی زیست‌شناسی نگاشته شده است. محتوای کتاب بر اساس چارچوب مصوب سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی درسی سازمان‌دهی شده است. در کتاب راهنمای معلم زیست‌شناسی ۳، ابتدا کلیاتی از بخش زیست‌شناسی برنامه حوزه یادگیری علوم تجربی به‌ویژه شایستگی‌ها و اهداف این برنامه ارائه شده، سپس در هر فصل نقشه مفهومی ایده‌های کلیدی، پیامدهای شایستگی‌محور، پرسش‌های اساسی و مفاهیم و مهارت‌های کلیدی درس بیان شده است. علاوه بر آن، در هر فصل فعالیت‌های یادگیری و روش‌های پیشنهادی آموزش به همراه دانستنی‌های لازم برای معلم و تکالیف عملکردی مربوط توضیح داده شد، در انتهای فصل نیز راهنمای فعالیت‌های یادگیری ارائه شده است. در بخش ضمیمه کتاب، توضیحات فرهنگستان زبان و ادب فارسی درباره برخی اصطلاحات جایگزین در کتاب درسی ارائه شده است.

دبیران و صاحب نظران محترم، می‌توانند نظرات اصلاحی خود درباره این کتاب را به دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی ([talif@talif.sch.ir](mailto:talif@talif.sch.ir)) ارسال کنند.

گروه زیست‌شناسی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

کلیات

یکی از حوزه‌های تربیت و یادگیری در برنامه درسی ملی، حوزه علوم تجربی است. در بیانیه این حوزه، تعریف، کارکرد، قلمرو و جهت‌گیری‌های کلی به شرح زیر مورد توجه قرار گرفته است:

## تعریف علوم تجربی

علوم تجربی، حاصل کوشش انسان برای درک واقعیت‌های هستی و کشف افعال و صفات خداوند است.

### کارکرد حوزه علوم تجربی

۱. برخورداری متربیان از سواد علمی فناورانه در بُعد شخصی و اجتماعی
۲. رشد و ارتقای شایستگی‌های عقلانی، ایمانی، دانشی، مهارتی و اخلاقی
۳. شناخت و استفاده مسئولانه از طبیعت به مثابه بخشی از خلقت الهی
۴. ایفای نقش سازنده در ارتقای سطح زندگی فردی، خانوادگی، ملی و جهانی
۵. زمینه‌سازی برای تعظیم نسبت به خالق متعال از طریق درک عظمت خلقت
۶. تعمیق نگرش توحیدی و دستیابی به درک غایت‌مند از خلقت.

### قلمرو حوزه علوم تجربی

۱. دانش: شامل زندگی و موجودات، زمین و پیرامون آن، ماده و تغییرات آن، انرژی و تغییرات آن، طبیعت و مواد فراوری‌شده، علوم در اجتماع، علوم در زندگی روزانه، تاریخ علم در ایران و اسلام و ...
۲. فرایندهای علمی: شامل مهارت‌های فرایندی مانند مشاهده، جمع‌آوری اطلاعات، اندازه‌گیری، تفسیر یافته‌ها، فرضیه و مدل‌سازی، پیش‌بینی، طراحی تحقیق، برقراری ارتباط و مهارت‌های پیچیده تفکر
۳. فناوری: بیوتکنولوژی، نانو تکنولوژی، انرژی‌های نو، نجوم.

## جهت‌گیری‌های کلی

در سازماندهی محتوا و آموزش باید به موارد زیر توجه شود:

۱. پذیرش اصل همه‌جانبه‌نگری بر اساس پذیرش رویکرد تلفیقی
۲. تلفیق نظر و عمل جهت پرورش مهارت‌های فرایندی علمی
۳. آموختن روش و مسیر کسب علم، آگاهی و توانایی
۴. پرورش انواع تفکر جهت نیل به خودیادگیری، ژرف‌اندیشی و تعالی‌جویی
۵. ایجاد ارتباط بین آموزه‌های علمی و زندگی واقعی (علم سودمند، هدفدار و ...)



۶ مرتبط ساختن محتوای یادگیری با کاربردهای واقعی (یادگیری معنادار)

۷ پرورش انسان‌هایی مسئولیت‌پذیر، متفکر و خلاق.

## فلسفه آموزش علوم تجربی

یکی از ویژگی‌های بارز انسان «کنجکاوی» است که از دوران کودکی تا پایان عمر، او را به «دانستن» و کشف حقایق و پرده‌برداری از مجهولات سوق می‌دهد. این نیروی درونی، تکاپوی انسان را برای کسب «علم» و گریز از «جهل» افزون می‌کند.

آنچه امروزه از دانش بشری در شاخه‌های مختلف و رشته‌های گوناگون در دسترس ماست، حاصل تلاش انسان‌های گذشته و همین نیروی درونی خدادادی آنهاست. بی‌تردید نسل‌های کنجکاو آینده بسیاری از مطالبی را که اکنون برای ما مجهول است، کشف خواهند کرد. بخشی از دانش امروز بشر که حاصل مطالعه و جست‌وجوی انسان‌ها در جهت شناخت جهان مادی و نظام‌ها و قوانین آن است، «علوم تجربی» نام دارد. بشر برای کشف و شناخت اسرار این جهان مادی، عمدتاً از ابزارهای حسی خود استفاده می‌کند. به همین دلیل، نقش «تجربه» در این حوزه بسیار اساسی و تکیه بر آن بسیار ضروری است. بر این اساس، انسان برای توسعه و تقویت حوزه عمل خود، به ساخت دستگاه‌های گوناگون و دقیق دست زده است. ساخت و تولید ابزارهای گوناگون، توانایی انسان را برای کشف رازهای جهان و طبیعت بالا می‌برد و زندگی او را متحول می‌سازد.

استفاده از دستاوردهای علمی و فناوری، در بعضی جهات، رفاه نسبی به همراه می‌آورد و به انسان کمک می‌کند تا کارهایی را که در گذشته با رنج و سختی و صرف وقت زیاد انجام می‌داده است، بسیار راحت‌تر و سریع‌تر انجام دهد.

دانش‌آموزی که به مدرسه وارد می‌شود، دارای نیروی خدادادی کنجکاوی است؛ نیرویی که هر لحظه او را به سوی دانشی تازه و پاسخی برای پرسش‌های بی‌شمار می‌کشاند. از سوی دیگر، او باید برای زندگی در دنیای علم و فناوری آماده شود. به این ترتیب، نظام آموزشی باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که هم قوه جست‌وجوگری را در دانش‌آموزان شکوفا کند و دانستن و کشف مجهولات را برای آنها لذت‌بخش و نشاط‌آور سازد و هم آنچه را برای زندگی در دنیای امروز و فردا به آن نیازمندند، به آنها بیاموزد.

درس زیست‌شناسی که یکی از درس‌های اصلی رشته علوم تجربی است، به نوبه خود باید بتواند به هر دو هدف یادشده دست یابد. در این درس، محتوا و روش باید به گونه‌ای طراحی شود که از یک سو به نیازهای فطری دانش‌آموزان در زمینه شناخت محیط پاسخ گوید، به آنان در پی‌بردن به شگفتی‌های جهان خلقت

کمک کند و معرفت آنان را نسبت به خالق جهان افزایش دهد و از سوی دیگر، آنها را با دانش و بینش مورد نیاز زندگی حال و آینده آشنا سازد.

بر همین اساس، کارشناسان گروه علوم تجربی «دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی» به‌ویژه کارشناسان درس زیست‌شناسی درصدد برآمدند که با مطالعه برنامه آموزش علوم سایر کشورها و تشخیص نیازها و شرایط کشورمان، طرح جدیدی را برای آموزش بی‌ریزی کنند که مبتنی بر برنامه درسی ملی باشد و در راستای اجرایی کردن بیانیه حوزه یادگیری علوم، عمل کند.

## فلسفه وجودی، ماهیت و ساختار ماده درسی (زیست‌شناسی)

فلسفه تعلیم و تربیت در کشور ما، برگرفته از دین مبین اسلام و فرهنگ ایرانی اسلامی است. از نظر دین مبین اسلام، جهان تجلی اراده خداوند است و پدیده‌های جهان، آیات و نشانه‌های وجود آفریننده یکتا است. جهان هستی در حال تغییر و حرکت است و غایت آن، خداوند متعال است. نظام هستی متشکل از عالم غیب و شهادت است و از یک سلسله قوانین پیروی می‌کند. انسان عصاره هستی است و از روح الهی در او دمیده شده است.

با توجه به مبانی تعلیم و تربیت اسلامی، فلسفه تعلیم و تربیت در دوره متوسطه را می‌توان رشد استعدادهای فردی در جهت تربیت انسان‌هایی باایمان و خداپرست، برخوردار از تعالی و ارزش‌های مذهبی و مجهز به دانش و مهارت‌های ضروری برای ورود به جامعه برای داشتن زندگی رضایت‌بخش و مسئولانه دانست. زیست‌شناسی می‌تواند با معرفی پدیده‌های زیستی، جزئیات و نظم حاکم بر آنها، آیات و نشانه‌های حکمت و قدرت خداوندی را آشکار سازد و از این طریق پیوند بین خالق و مخلوق را مستحکم‌تر کند.

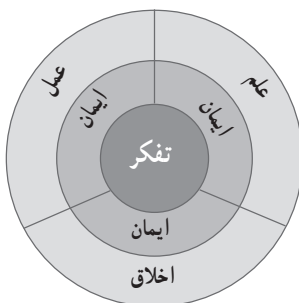
از سوی دیگر، با پیشرفت سریع علم و فناوری در جهان امروز، توجه به سواد علمی فناورانه، یکی از ارکان اساسی در آموزش قرار گرفته است. محل تعریف سواد علمی — فناورانه شرایط بهره‌مندی از آنچه را که دانش‌آموز در اختیار بشر قرار داده است، فراهم می‌سازد. به این ترتیب، داشتن سواد علمی — فناورانه افراد جامعه را در حل مسائل و مشکلات جامعه توانمند می‌کند؛ از این رو می‌توان گفت دانش‌آموزی که مجهز به سواد علمی — فناورانه است، راحت‌تر و مؤثرتر می‌تواند از دستاوردهای علمی روز بهره‌گیر و به نحو مؤثرتری نقش خود را به‌عنوان شهروند امروز و فردای جامعه‌ای مسلمان و موحد ایفا کند.

زیست‌شناسی که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخه‌های علوم تجربی، حوزه بسیار وسیعی از دانش بشری را دربر می‌گیرد، می‌تواند نقش بسیار مهمی در تحقق و گسترش سواد علمی — فناورانه و مهارت‌ها داشته باشد. نقش زیست‌شناسی به‌عنوان درس پایه برای بهبود و گسترش کشاورزی، پرداختن به مسائل زیست‌محیطی

و سلامت و بهداشت کاملاً آشکار است؛ از این رو است که زیست‌شناسی با پرداختن به موضوعاتی مثل جانورشناسی، گیاه‌شناسی، فیزیولوژی، ژنتیک و... زمینه را برای گسترش فعالیت در زمینه‌هایی که به آنها اشاره شد، فراهم می‌کند.

## اهداف کلی برنامه درسی آموزش زیست‌شناسی

اهداف کلی برنامه درسی زیست‌شناسی در جهت انطباق با عناصر برنامه درسی ملی در پنج قلمرو تفکر و تعقل؛ ایمان، باور و علایق؛ علم و آگاهی؛ عمل و اخلاق به شرح زیر است :



### تفکر و تعقل

- کسب مهارت‌های تفکر (تفکر حل مسئله، تفکر تحلیلی، تفکر خلاق، تفکر نقّاد)
- پرورش مهارت‌های فرایند تفکر (مفهوم‌سازی، درک معنا، درک روابط، طبقه‌بندی، فرضیه‌سازی، تجزیه و تحلیل، استدلال، قضاوت و داوری، دقت و تمرکز، نتیجه‌گیری، تعمیم)
- درک روابط علت و معلولی، تشخیص حقیقت از کذب، کشف راه‌حل، درک رابطه کل با جزء، درک سیستمی (ورودی، فرایند، خروجی، بازخورد) و ارتباط با سایر سیستم‌ها
- تفکر در پدیده‌های خلقت و روابط بین آنها به‌عنوان آثار قدرت خداوند
- تفکر در نحوه برخورد مناسب با حوادث زندگی، پندگیری و عبرت‌آموزی از آنها

### ایمان، باور و علایق

- تقویت ایمان به خداوند و احساس نیاز همیشگی به او به‌عنوان بنده خدا
- تقویت بینش آیه‌ای از طریق مشاهده پدیده‌های خلقت و نظام هستی
- علاقه به علم و فناوری و یادگیری مادام‌العمر
- باور به ارزشمندی مقام انسان و سایر مخلوقات

- علاقه‌مندی به آداب، سنن، مفاخر و شخصیت‌های علمی ایرانی و اسلامی
- باور به هدفدار بودن آفرینش انسان
- باور به هدفدار بودن عالم خلقت و زیبایی‌های آن به‌عنوان مظهر افعال و جمال و جلال خداوند

## علم و آگاهی

- آشنایی با ساختار، عملکرد و شیوه زندگی موجودات زنده و یادگیری درباره نحوه برقراری ارتباط منطقی با آنها
- آگاهی از نقش دین، علم و فناوری در حل مشکلات فردی و اجتماعی
- آگاهی از توانایی‌ها و استعدادها و نیازهای زیستی و روانی خود
- آشنایی با مفاهیم پایه زیست‌شناسی و منابع یادگیری آن
- آگاهی از جنبه‌های کاربردی زیست‌شناسی و فناوری اطلاعات و ارتباطات و توانایی بهره‌گیری از آنها
- درک زیبایی‌ها، رویدادها و قوانین جهان آفرینش به‌عنوان آیات الهی
- آشنایی با مخاطرات محیطی و راه‌های حفاظت از سیاره زمین
- آگاهی از روابط انسان و محیط و درک یکپارچگی جهان هستی

## عمل (مهارت‌ها)

- توانایی به‌کارگیری مهارت‌های روش علمی (مشاهده علمی، جمع‌آوری اطلاعات، طبقه‌بندی، فرضیه‌سازی، طراحی آزمایش، انجام آزمایش، تجزیه و تحلیل، تغییر یافته‌ها و...) را در برخورد با پدیده‌های طبیعی و محیط به دست آورد.
- توانایی انجام کار عملی و تولید اطلاعات علمی را به دست آورد.
- توانایی ارائه یافته‌های علمی با استفاده از روش‌های مختلف مانند گزارش‌نویسی، استفاده از IT و ICT (اطلاعات، بازیافت اطلاعات، ذخیره‌سازی و انتقال اطلاعات) را به دست آورد.
- مهارت‌های علمی و روحیه تحقیق و اکتشاف را کسب کند و به کتاب‌خوانی و مطالعه توجه عملی داشته باشد.
- برای حفظ سلامت و بهداشت فردی و اجتماعی تلاش کند.
- توانایی انجام کارهای فردی را به‌طور مستقل به دست آورد و با مشکلات فردی و چالش‌های زندگی روزانه برخوردی عاقلانه داشته باشد.
- الگوی مصرف بهینه را در استفاده از منابع خدادادی رعایت کند.

- در برابر خداوند متعال و انجام اعمال احساس مسئولیت کند.
- توانایی برقراری ارتباط مناسب با دیگران را به دست آورد، روحیه کار جمعی و گروهی را به دست آورد.
- با پرهیز از تخریب طبیعت و هدر دادن منابع برای پاکیزه نگه داشتن محیط زندگی تلاش کند.

## اخلاق

- از منابع طبیعی به طور صحیح و عاقلانه استفاده کند.
- در برابر محیط زیست و تلاش در جهت حفظ گیاهان و جانوران مسئولیت اخلاقی از خود نشان دهد.
- به معلم، والدین، همکلاسی‌ها و سایر افراد جامعه احترام بگذارد و حقوق آنان را رعایت کند.
- در کسب روزی حلال و سخت‌کوشی در زندگی، احساس مسئولیت کند و از خود تعهد نشان دهد.

## اهداف درس زیست‌شناسی و هماهنگی آن با اهداف

### سایر موضوعات درسی

بسیاری از مهارت‌ها، نگرش‌ها و عقایدی که دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی از طریق فعالیت‌های علمی کسب می‌کنند، به گونه‌ای است که می‌توانند آنها را در بقیه موضوعات درسی نیز بیاموزند و به کار گیرند. همه مهارت‌هایی که فرایند آموزش علوم به‌ویژه زیست‌شناسی به آنها وابسته است، مثل مشاهده کردن، پیش‌بینی، استنباط و ... به عنوان مهارت‌های یادگیری در سطوح وسیعی از موضوعات درسی تلقی می‌شود. طبقه‌بندی یک فعالیت به عنوان فعالیت علوم تجربی یا ریاضی چندان تغییری در نحوه فعالیت نمی‌دهد، با این حال اگرچه بسیاری از اهداف با اهداف موضوعات آموزشی دیگر یکسان است، باید دقت کرد که این یکسانی شامل همه اهداف نمی‌شود. مثلاً در تاریخ، زمانی که با استناد به شواهد تاریخی یک تعریف پیشنهاد می‌شود امکان تکرار تاریخ برای اثبات صحت یا عدم صحت آن وجود ندارد، اما در زیست‌شناسی وقتی گفته می‌شود که «نور در رشد گیاهان نقش اساسی دارد»، می‌توان گیاهان را تحت شرایط کنترل‌شده‌ای پرورش داد و تأثیر نور را بر آنها مشاهده کرد. یا وقتی به دانش‌آموز گفته می‌شود «درخت یک موجود زنده است» وی باید تجارب کافی از درخت و موجود زنده کسب کرده باشد تا با ارتباط آنها با یکدیگر این واقعیت را پذیرد. بنابراین آن دسته از فعالیت‌ها که دانش‌آموزان طی انجام آن با روش علمی و مشاهده اشیا اطراف عقایدی را کسب می‌کنند، به منزله آموزش علوم تجربی قلمداد می‌شود. و این وجه تمایز اصلی علوم تجربی با بسیاری از موضوعات درسی است.

بسیاری از نگرش‌هایی که ما از آنها به عنوان نگرش‌های علمی نام می‌بریم مانند کنجکاوی، انعطاف‌پذیری، عدم تعصب، در هر نوع آموزشی مهم است. بنابراین وقتی دانش‌آموز در فعالیتی مهارت‌ها و نگرش‌ها را

به کار می‌برد، می‌توان گفت وی در حال یادگیری علوم تجربی است و این وابستگی شدید این علوم و سایر موضوعات درسی را می‌رساند.

در برنامه درسی جدید، اهداف آموزشی در سه حیطه کسب دانستنی‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌های ضروری به صورت یکپارچه در قالب شایستگی‌ها تبیین شده است. این شکل از بیان اهداف نیازمند آن است تا دانش‌آموزان قادر باشند آموخته‌های خود را به صورت معنادار به کار گیرند و آن را به موقعیت جدید انتقال دهند. این مفهوم ناظر به بافت و زمینه‌ای که یادگیری در آن رخ می‌دهد و نیز پیامدهای حاصل از یادگیری است.

### شایستگی‌ها (اهداف) پوشش دهنده از ساحت‌های تربیت

- ۱ با کشف و درک مفاهیم، الگوها و روابط حاکم بر پدیده‌های طبیعی (آیات الهی)، مسائل واقعی زندگی را بررسی کند و با به کارگیری معیارهای علمی برای آنها راه حل‌هایی ارائه دهد (مستقیم).
- ۲ با ارزیابی روش به کارگیری قوانین و اصول علمی در تولید محصولات و فرایندهای مورد استفاده در زندگی، ایده‌هایی مبتنی بر معیارهای ارزشی برای بهبود این فرایندها و محصولات ارائه کند (مستقیم).
- ۳ با مطالعه ایده‌ها و یافته‌های علمی – فناوریانه در سطح ملی و بین‌المللی، یافته‌های خود را طی فرایندی مشارکتی با رعایت اخلاق علمی ارائه کند (مستقیم).
- ۴ عوامل تأثیرگذار بر سلامت و توانایی جسمانی و روانی خود را شناسایی کند و با راهکارهایی آن را ارتقا دهد و الگوی رفتاری خود را بهبود بخشد (پشتیبان، از ساحت زیستی بدن).

### شایستگی‌ها (اهداف) پوشش دهنده از حوزه‌های تربیت و یادگیری

- ۱ نظام‌مندی طبیعت را بر اساس درک و تحلیل مفاهیم، الگوها و روابط بین پدیده‌های طبیعی کشف و گزارش می‌کند و نتایج آن را برای حل مسائل حال و آینده در ابعاد فردی و اجتماعی در قالب ایده یا ابزار ارائه می‌دهد و به کار می‌گیرد.
- ۲ با ارزیابی رفتارهای متفاوت در ارتباط با خود و دیگران در موقعیت‌های گوناگون زندگی، رفتارهای سالم را انتخاب می‌کند، گزارش می‌کند و به کار می‌گیرد.

- ۲ با درک ماهیت، روش و فرایند علم تجربی، امکان به کارگیری این علم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده)، تحلیل و محدودیت‌ها و توانمندی‌های علوم تجربی را در حل این مسائل گزارش می‌کند.
- ۳ با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، می‌تواند ایده‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیت‌های علمی ارائه دهد و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت کند.

## محتوای کتاب

الف) مفاهیم اساسی / خرده مفاهیم  
مولکول‌های اطلاعاتی (نوکلئیک اسیدها – همانندسازی دنا – پروتئین‌ها)  
جریان اطلاعات در یاخته (رونویسی، ترجمه، تنظیم بیان ژن)  
جریان اطلاعات در نسل‌ها (مفاهیم پایه، انواع صفات)  
تغییر در اطلاعات وراثتی (جهش و انواع آن، تغییر در جمعیت‌ها، تغییر در گونه‌ها)  
تأمین انرژی در یاخته (تأمین انرژی، اکسایش بیشتر، زیستن مستقل از اکسیژن)  
تأمین انرژی برای ساختن مواد آلی (فتوسنتز، واکنش‌های فتوسنتزی، فتوسنتز در شرایط دشوار)  
فناوری‌های نوین زیستی (زیست فناوری و مهندسی ژنتیک، فناوری مهندسی پروتئین و بافت، کاربردهای زیست فناوری)  
رفتارهای جانوران (اساس رفتار، انتخاب طبیعی و رفتار، ارتباط و زندگی گروهی)

ب) مهارت‌های اساسی / خرده مهارت‌ها  
مهارت اساسی: به کارگیری روش علمی  
خرده مهارت‌ها: حل مسئله، طراحی آزمایش، مشاهده، گزارش، اندازه‌گیری

## ب) استانداردهای محتوا و عملکرد

دوره چهارم (پایه‌های ۱۰ تا ۱۲) زیست‌شناسی			
ایده کلیدی	مفهوم اساسی	استاندارد محتوا	استاندارد عملکرد
ساختار و عملکرد	واحد سازنده	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ یاخته‌ها از مولکول‌های زیستی ساخته شده‌اند و با اندامک‌هایی که دارند مولکول‌های زیستی تولید می‌کنند.</li> <li>■ پیکر گیاهان و جانوران از انواع متفاوتی یاخته ساخته می‌شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ساختار مولکول‌های زیستی را مقایسه و عملکرد اندامک‌ها را در ارتباط با ساخته‌شدن این مولکول‌ها توصیف و تحلیل می‌کند.</li> <li>■ با مطالعه و مقایسه انواع یاخته‌های تشکیل‌دهنده پیکر گیاهان، جانوران و ویژگی‌های آنها، ارتباط بین ساختار و عملکرد این یاخته‌ها را تحلیل می‌کند.</li> </ul>
	ماده و انرژی	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ فرایندهای کلان (جذب و گوارش، دفع، گردش مواد، تنفس) و فرایندهای خرد (تبادل فعال و غیرفعال، ترابری، واکنش‌های آنزیمی، تنفس سلولی) در کسب ماده و انرژی در جانداران نقش دارند.</li> <li>■ سامانه‌های مرتبط با فرایندهای کلان در کسب ماده و انرژی، متناسب با نوع جاندار سازش‌هایی دارند.</li> <li>■ تولیدکنندگان، ماده و انرژی مورد نیاز مصرف‌کنندگان را فراهم می‌کنند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ تنوع فرایندها و ساختارهای مرتبط با کسب ماده و انرژی را در جانداران با تأکید بر سازگاری‌ها مقایسه و تحلیل، موقعیت‌هایی برای بررسی آنها طراحی و اجرا می‌کند.</li> <li>■ ایده‌هایی برای ارتقای منابع زیستی ماده و انرژی به‌منظور تأمین نیازهای جامعه ایرانی ارائه می‌دهد.</li> </ul>
	رفتار و عملکرد	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ سامانه‌هایی برای تنظیم فعالیت‌های زیستی در بدن جانداران متناسب با نیازهای آنها شکل گرفته است.</li> <li>■ یاخته درباره زمانی مشخص با طی کردن چرخه‌ای برای تقسیم میتوز یا میوز آماده می‌شود.</li> <li>■ نتیجه تولید مثل جنسی، گوناگونی افراد است و رفتارهای تولید مثل، محل رشد و نمو تخم و رویان در جانوران متفاوت فرق می‌کند.</li> <li>■ پیکر گیاهان در سه سامانه بافتی مرتبط با هم شکل گرفته است. سامانه‌ها متناسب با نوع گیاه و شرایط محیط تغییراتی دارند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ با مطالعه تنوع فرایندها و سامانه‌های تنظیم‌کننده فعالیت‌های زیستی، عملکرد آنها را در حفظ سلامت خود/ جانداران با تأکید بر ویژگی‌ها و سازگاری‌ها توصیف و تحلیل می‌کند.</li> <li>■ با مطالعه چرخه یاخته‌ای، اهمیت نظم دقیق این چرخه را در حفظ سلامت و بقای خود / جانداران توصیف و تحلیل می‌کند.</li> <li>■ با مقایسه سازوکارهای مربوط به تولید مثل جنسی در جانداران، نتیجه هر یک از این سازوکارها را در اندازه جمعیت‌ها و بقای گونه تحلیل می‌کند.</li> <li>■ موقعیت‌هایی برای بررسی سیستم‌های بافتی و سازش این سامانه‌ها در پیکر گیاهان طراحی و اجرا می‌کند و یافته‌های آن را برای ارائه ایده‌هایی به‌منظور گسترش فضای سبز متناسب با شرایط بومی به‌کار می‌گیرد.</li> </ul>



رابطه الگوها	الگوها	مجموعه‌ها	اجتماعات زیستی از جمعیت‌های گونه‌های متفاوت شکل می‌گیرند و حاصل روابط بین گونه‌ها هستند. تنوع زیستی سبب حفظ و پایداری حیات در کره زمین می‌شود.	با مطالعه یک اجتماع زیستی آن را توصیف و تحلیل می‌کند. با مطالعه اهمیت تنوع زیستی و تأثیر آن بر حفظ حیات راهکارهایی برای کاهش آثار منفی فعالیت‌های انسانی بر آن ارائه می‌دهد و به کار می‌گیرد.
پایداری، تغییر و اندازه‌گیری	تغییر پایداری و زمان	احتمال بروز صفات ارثی قابل محاسبه است. مولکول‌های وراثتی عامل تغییر و ثبات صفات هستند. گونه‌ها در گذر زمان تغییر می‌کنند و سازوکارهایی برای تغییر و ماندگاری آنها وجود دارد. عواملی سبب تغییر خزانه ژنی جمعیت‌ها می‌شود. تخم در جانداران بعد از طی مراحل به جاندار کامل تبدیل می‌شود. سازوکارهای ایمنی در جانداران در حفظ حالت پایدار نقش دارند.	گیاهان دارای الگوی تناوب نسل‌اند. وراثت صفات ارثی براساس الگوهای متفاوتی انجام می‌شود. رشد جمعیت دارای انواعی از الگوهاست. تغییر و توزیع گونه‌ها دارای الگوهای مشخصی است. رفتارهای غریزی و یادگیری، الگوهای متفاوتی دارند.	با مطالعه و تحلیل الگوی تناوب نسل در گیاهان دلالت‌هایی برای پوشش گیاهی در کره زمین ارائه می‌دهد. با استفاده از داده‌ها الگوی وراثت صفات ارثی، رشد جمعیت، تغییر و توزیع گونه‌ها را گزارش می‌کند. با مطالعه رفتارهای جانوری، الگوهای متفاوت رفتار در جانوران را همراه با تحلیل کارکرد آنها گزارش می‌کند.
تغییر و اندازه‌گیری	تغییر پایداری و زمان	احتمال انتقال صفات ارثی از والدین به فرزندان قابل محاسبه است. رشد جمعیت اندازه‌گیری می‌شود. تغییر فراوانی الل‌ها در جمعیت را می‌توان محاسبه کرد.	احتمال انتقال صفات ارثی را محاسبه و گزارش می‌کند. رشد جمعیتی را با استفاده از داده‌ها اندازه‌گیری و گزارش می‌کند. تغییر فراوانی الل‌های یک زن را در جمعیت محاسبه و نتایج آن را گزارش می‌کند.	اصول احتمالات و قوانین مرتبط با وراثت صفات ارثی را در حل مسائل ژنتیک به کار می‌گیرد. ضمن گزارش ساختار مولکول‌های وراثتی عملکرد آنها را در ارتباط با فرد و گونه تحلیل می‌کند. سازوکارهای تغییر و حفظ گونه‌ها را در طول زمان، تحلیل و گزارش می‌کند. اثر بعضی عوامل را در تغییر خزانه ژنی در یک جمعیت پیش‌بینی و گزارش می‌کند. با مطالعه یک بیماری، سازوکارهای مقابله با عوامل بیماری‌زا و ضرورت شکل‌گیری آنها را پیش‌بینی و گزارش می‌کند. نتایج مراحل رشد و نمو تخم در جانداران را تحلیل می‌کند.

## اجزای بسته آموزشی مرتبط با کتاب

۱ راهنمای معلم

۲ فیلم‌های آموزشی و کمک آموزشی بارگذاری شده برای دوره ضمن خدمت مجازی

۳ کتاب کار

۴ محتوای پشتیبان تحت وب در سایت گروه زیست‌شناسی

معلمان گرامی! جهت آشنایی بیشتر با مباحث کتاب درسی و روش‌های آموزشی آنها می‌توانید از توضیحات هر یک از مؤلفان که در دوره ضمن خدمت مجازی ارائه شده است، استفاده کنید. در عین حال در کنار این فیلم‌ها بخش‌های کوچک کمک آموزشی نیز قرار داده شده است که می‌تواند به عنوان ابزارهای کمک آموزشی در کنار بقیه اجزای بسته به شما کمک کند.

## رویکردهای آموزشی مد نظر در برنامه زیست‌شناسی

در طراحی آموزشی و سازمان‌دهی محتوای کتاب دو رویکرد مهم مد نظر بوده است:

■ رویکرد زمینه محور

■ رویکرد پژوهش محور

### آموزش با رویکرد زمینه‌محور

زمینه‌محور بودن ویژگی‌ای است که در همه انواع آموزش باید به دنبال آن باشیم. وقتی پزشکی در رادیو از یک بیماری حرف می‌زند که ما یا یکی از عزیزانمان درگیر آن بیماری است، تمام هوش و حواسمان را به رادیو می‌دهیم تا از گفته‌های این پزشک چیزی یاد بگیریم که به کارمان می‌آید و شدیداً در زمان حال و یا آینده به آن نیاز داریم؛ چون گفته‌های پزشک در آن زمینه‌ای است که با زندگی ما در ارتباط است. این قاعده در تمام آموزش‌های رسمی هم جاری است.

هنگامی که می‌خواهیم مفهومی را در یک موضوع درسی آموزش دهیم، تأثیر تلاشمان دوجندان می‌شود. این امر زمانی تحقق می‌یابد که دانش‌آموزان بتوانند برای آنچه یاد می‌گیرند، دلیل و معنایی در محیط اطرافشان بیابند یا در یک جمله احساس کنند آنچه یاد می‌گیرند به زندگی آنان ارتباط دارد. همان‌طور که گفته شد این امر خاص دانش‌آموز نیست، بلکه هر یادگیرنده‌ای اگر برای آنچه می‌آموزد دلیلی در ارتباط با زندگی و محیط روزانه‌اش بیابد، بهتر یاد می‌گیرد؛ برای مثال مشکل او را حل کند و در عمل فایده‌آموختنش را در زندگی احساس کند. به زبان ساده احساس کند که آنچه می‌آموزد در زندگی روزانه به دردش می‌خورد.

هیچ نوع آموزشی نمی‌تواند در خلأ اتفاق بیفتد. هر آموزشی نیازمند بافت و زمینه خاص خود است تا برای یادگیرنده معنادار شود. درست مثل اینکه رانندگی، خیاطی، مکانیکی و آشپزی یاد می‌گیریم تا از آنها استفاده کنیم، درس علوم تجربی نیز شامل محتوا، موضوع‌ها و مفاهیمی است که می‌تواند به محیط زندگی یادگیرنده وصل شود. این شیوه کار از ایده‌هایی که مفاهیم و موضوعات را در موقعیت‌های اصلی و واقعی آنها به کار می‌گیرد استفاده می‌کند و باعث می‌شود دانش‌آموزان حاصل یادگیری را به محیط واقعی زندگی بکشانند و از آن در عمل بهره بگیرند. شیوه یادگیری‌ای که به این ویژگی توجه خاص دارد آموزش «زمینه محور» خوانده می‌شود و می‌تواند زمینه آموزش همه موضوعات درسی قرار بگیرد.

**ویژگی رویکرد زمینه محور :** در رویکرد زمینه محور یا تماتیک، اصل این است که آموزش مفاهیم علمی در زمینه زندگی روزمره فراگیران اتفاق می‌افتد. این رویکرد از این بابت تماتیک نامیده می‌شود که تم‌ها (Themes) یا موضوع‌های مربوط به زندگی، زمینه آموزش قرار می‌گیرند و مفاهیم علمی در ارتباط با این موضوع‌ها طرح می‌شوند. در این فرایند فراگیران با موضوع، احساس نزدیکی و آشنایی می‌کنند و انگیزه بیشتری برای یادگیری پیدا می‌کنند. زمانی که موضوع‌ها و زمینه‌های یادگیری دانش‌آموزان از بطن زندگی روزمره آنان اخذ می‌شود، آنها در فرایند یادگیری و در عمل با موضوع (Theme) درگیر می‌شوند و در ارتباط با آن موضوعات علمی آموخته‌های خود را به کار می‌گیرند و این به معنای به کارگیری و ارائه علوم و موضوعات و مفاهیم علمی در موقعیت و مکان‌های آشنا و مناسب کودک است. به این ترتیب یادگیری برای آنان مفید و معنادار و به اصطلاح به درد بخور می‌شود؛ برای مثال یادگیری مفاهیمی در رابطه با اصطکاک زمانی مفید است که یادگیرنده مفاهیم را در قضاوت در مورد کفش مناسب پیاده‌روی، تاثیر مناسب برف برای ماشین، رفع مشکل دری که در باز و بسته شدن صدا می‌دهد و یا موارد مرتبطی که با آن درگیر است، بیاموزد.

این رویکرد بر این واقعیت تأکید دارد که یادگیری با شخصیت و احساساتی که مخاطب (فراگیر) از خود نشان می‌دهد ارتباط دارد. در این فرایند تجربه‌های یادگیری از تعامل با محیط یادگیری کسب می‌شود و ساخت و ساز شخصی دانش‌هنگامی به‌واقع اتفاق می‌افتد که بین آنچه دانش‌آموز در زمان حال می‌داند و آنچه در ارتباط با محیط کسب می‌کند تعاملی روی دهد (تأثیر زمینه و محیط بر یادگیری).

این رویکرد، بسیاری از حوزه‌های برنامه درسی را به هم پیوند می‌زند و یکپارچه می‌کند. در صورتی که این امر اتفاق افتد، آموخته‌های فراگیر پراکنده نیستند و از یک انسجام درونی برخوردار می‌شوند. به این دلیل رویکرد زمینه‌محور، بستر خوبی برای پیشرفت تدریجی سواد علمی نوآموزان همراه با افزایش توانایی خواندن و نوشتن آنهاست.

رویکرد زمینه‌محور یادگیری را به فرایندی لذت‌بخش، نشاط‌آور و پُر فایده تبدیل می‌کند. در رویکرد زمینه‌محور، معلم به وجوه مختلف و محیط‌های مختلف یادگیری (کلاس، آزمایشگاه، خانه،

مزرعه گندم، زمین ورزش آشیخ‌خانه و غذاهای روزانه و ... ) نظر دارد. این روش کار به وی اجازه می‌دهد تا از محیط‌های یادگیری متنوعی استفاده کند (اجتماعی، فرهنگی، فیزیکی و روحی) که دستیابی به پیامدهای یادگیری را ممکن می‌سازند.

آموزش زمینه محور اهمیت و لزوم یادگیری را به فراگیر می‌چشاند. معلم مفاهیم را با مثال و مصداق‌هایی که از محیط زندگی فراگیر می‌گیرد آموزش می‌دهد؛ برای مثال در علوم تجربی در موضوع‌هایی مثل جانور، گیاه، آهن‌ربا، آب و خاک و سنگ، مثال‌های مربوطه از محیط زندگی کودک گرفته می‌شود و او در همان فضا پرورش می‌یابد؛ به عنوان مثال وقتی آموزش از جانوران و یا گیاهان صحبت می‌کند تا دانش فراگیر را در این زمینه‌ها زیاده‌تر کند، جانور برای کودک آشناست و مثال‌ها از خود کودک و در ارتباط با محیط آشنای او آورده می‌شود و در نهایت حاصل کار و تعامل دانش‌آموزان با یکدیگر و با معلم، فراگیر را به درک دانشی می‌رساند که خود در تعامل با محیط زندگی‌اش کسب کرده است، متناسب با نیازهای اوست و امری از بالا به پایین نیست.

اعتقاد بر این است که این شیوه یادگیری باعث شود تا فراگیر، آموزش را به محیط عادی و روزمره زندگی خود بکشد. بدیهی است زمانی که فراگیر بین آموخته‌ها و نیازهای روزمره ارتباط تنگاتنگی می‌بیند، انگیزه یادگیری او بیشتر، میزان مشارکت وی در فرایند یادگیری زیاده‌تر و دامنه آموخته‌های وی وسیع‌تر می‌شود. رویکرد زمینه‌محور از مهارت‌هایی که در رویکرد فرایندمحور مورد تأکید است و یا روش‌هایی که در رویکرد پژوهش‌محور استفاده می‌شود بهره می‌جوید و نه تنها مغایرتی با این روش‌ها ندارد بلکه بر پرورش توانایی‌هایی که مورد تأکید رویکرد پژوهش‌محور یا مهارت‌محور است، نیز تمرکز دارد، و آنها را به کار می‌گیرد تا یادگیری را برای یادگیرنده معنادار، مرتبط با زندگی روزمره وی و کاربردی کند.

### آموزش زمینه محور به طور خلاصه دارای ویژگی‌های زیر است :

- ارتباط فراوان با زندگی فراگیران دارد.
- انسجام درونی دارد، یکپارچه و مرتبط با هدف‌های آموزشی است و در آن، اهداف نگرشی، مهارتی و دانشی در محیطی اجتماعی و خلاق در یک زمینه آموزشی یکپارچه می‌شوند.
- قابلیت عمیق شدن دارد : در یک زمینه آموزشی به جای درگیر شدن با گستره یک موضوع، به عمق آن می‌پردازد تا یادگیری مؤثر و پربازده شود.
- نقاط اتصال خوبی به موضوع‌های مختلف دارد : این نقاط اتصال از یک سو پوشش به حوزه محتوایی آموزش را در برمی‌گیرند و از سوی دیگر به خواست‌های برنامه درسی ملی و دیگر اسناد بالادستی و انتظارات سازمان‌ها و نهادهای گوناگون توجه می‌کند و در عین حال لازم است به ظرفیت

متقابل حوزه‌های یادگیری مثل زبان، مطالعات اجتماعی، خلاقیت و هنر، دین و اخلاق عنایت داشته باشد و با حوزه‌های یادگیری مشترک بین دروس اتصال داشته باشد.

### فعالیت‌های آموزش زمینه محور

با توجه به ویژگی آموزش زمینه محور، هر فعالیتی که پیشنهاد می‌کنید باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

■ در ارتباط با زندگی روزمره دانش آموز باشد (رویکرد مسئله محور؛ مثال: مشکل کم‌آبی، محیط‌زیستی، انرژی، محاسبات روزمره در خرید، کارهای بانکی، و...).

■ قابل تجربه و آزمایش باشد. به کودک کمک کند تا با بروز خلاقیت‌های خود کشف کند، اختراع کند و به ایده‌های نو بیندیشد. این فعالیت‌ها قلب یادگیری مفهومی هستند (رویکرد پژوهش محور؛ معرفی فعالیت‌های پژوهشی در ارتباط با مسئله طرح شده. (مثال: مسئله آلودگی محیط‌زیست، کم‌آبی، صرفه‌جویی در انرژی، محاسبات روزمره، کارهای بانکی، ارتباطات روزمره با اجتماع، و...).

■ کاربرد داشته باشد. مفاهیم و اطلاعاتی که نهاده شده است دانش آموز را به تصور یک آینده مجازی می‌کشاند (ارتباط بین تئوری و عمل). تصور شغلی که در ارتباط با مسئله (مثال: مشکل کم‌آبی) / حل مسئله (مثال: ارائه راه‌حل‌هایی برای حل مشکل کم‌آبی از طریق برخورد مناسب با مسئله).

■ تا حد امکان دانش آموز را به کار گروهی تشویق کند. یادگیری مشارکتی و تعاملی مقدمه یادگیری مفهومی پایدار است (یادگیری مشارکتی؛ انجام پژوهش‌ها و یا جمع‌آوری اطلاعات به صورت گروهی و تعامل در مورد یافته‌ها و تجزیه و تحلیل آنها).

■ از نتایج آموخته‌ها استفاده کند. به عبارت دیگر موقعیت‌های جدیدی فراهم کند که دانش آموز بتواند آموخته‌ها را در آن موقعیت‌ها نیز به کار گیرد (پژوهش علم در عمل؛ مثال: انجام فعالیت‌هایی در مدرسه یا خانه برای حفاظت از آب / جلوگیری از آلودگی آب / صرفه‌جویی در مصرف آب و...).

### پرسش‌هایی که در آموزش زمینه محور باید به آن پاسخ داد

■ در هنگام برنامه‌ریزی برای تدریس، پرسش‌های زیر می‌تواند میزان پابندی به هدف‌های آموزش زمینه محور را ارزیابی کند. بدیهی است هر چه تعداد پاسخ‌های مثبت بیشتر باشد آموزش به رویکرد زمینه محور نزدیک‌تر است.

■ آیا مفاهیمی که آموزش می‌دهید از محیط زندگی دانش آموز گرفته شده است؟ به عبارتی برای وی آشنا است؟

■ آیا مثال‌ها از زندگی روزمره دانش آموز گرفته شده است؟

■ آیا مفاهیم بر اساس دانش فعلی دانش آموز بنا نهاده شده است؟  
 ■ آیا مثال‌ها و تمرین‌ها شامل موقعیت‌های حل مسئله واقعی است که دانش آموز با آنها آشنا و درگیر است؟  
 ■ آیا مثال‌ها و تمرین‌ها نگرشی در دانش آموز برای اینکه بگوید «من باید این را یاد بگیرم» ایجاد می‌کند.  
 ■ آیا دانش آموزان خودشان اطلاعات را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌کنند تا مفاهیم را بیاموزند؟  
 ■ آیا به دانش آموزان فرصت داده می‌شود تا اطلاعاتی را که جمع‌آوری کرده‌اند تجزیه و تحلیل کنند؟  
 ■ آیا فعالیت‌های آموزشی، دانش آموزان را به کاربرد مفاهیم و اطلاعات در زمینه‌های مفید و مرتبط با زندگی‌شان مثل تصور آینده (مثل آینده شغلی) و مکان‌های ناآشنا (مثل محیط‌های کاری و کارگاه‌ها) تشویق می‌کند؟  
 ■ آیا دانش آموزان به کار در گروه‌های تعاملی که طی آن گفت‌وگوهای مهم در می‌گیرد و ایده‌ها رد و بدل می‌شوند و تصمیم‌گیری می‌شود شرکت می‌کنند؟  
 ■ آیا درس‌ها، تمرین‌ها و آزمایش‌ها توان خواندن و نوشتن و مهارت‌های ارتباطی دیگر، به غیر از استدلال‌های علمی را پرورش می‌دهد؟

### آموزش با رویکرد پژوهش محور

آموزش پژوهش محور در علوم، رویکردی است که از درک شیوه یادگیری دانش آموز، ماهیت پژوهش علم و تأکید بر مفاهیم مهمی که باید آموخته شود نشئت می‌گیرد، و بر این باور استوار است که دانش آموز به واقع آن چیزی را می‌آموزد که خود درک می‌کند و نه آنچه دیگران به او منتقل می‌کنند. این رویکرد قبل از اینکه یک فرایند یادگیری مصنوعی باشد که انگیزه آن بر اساس رضایت از پاداش است، به عمق یادگیری می‌پردازد و انگیزه آن رضایت از یادگیری و درک شخصی است. آموزش پژوهش محور به کمیت اطلاعات حفظ شده تأکید ندارد و ایده‌ها یا مفاهیم با رشد سنی یادگیرنده عمیق‌تر می‌شود.

آموزش پژوهش محور بر تجارب و پژوهش‌هایی که درک بسیار شفافی از چگونگی یادگیری دانش آموز ارائه می‌دهد استوار است. این تجارب بیان می‌کند که کنجکاوی طبیعی دانش آموزان، حداقل بخشی از آن، برای شناخت دنیای طبیعی اطراف آنان است که از طریق توجه به الگوها و ارتباط‌ها در تجاربشان و در تعامل با دیگران ارضا می‌شود. دانش آموزان دانش و درک خود را از طریق انعکاس تجاربشان می‌سازند. این شیوه کار در بعضی مواقع باعث درک نادرست از واقعیات می‌شود، گرچه حاصل تفکر منطقی است. مثلاً بسیاری از دانش آموزان (و حتی بزرگسالان) هنوز فکر می‌کنند سایه زمین باعث پیدایش فازهای مختلف ماه می‌شود. تجربه روزمره دانش آموز نشان می‌دهد که وقتی چیزی تابش نور را سد کند سایه درست می‌شود که این امر در مورد زمین هم صدق می‌کند که نور خورشید به آن می‌تابد و زمین مسیر نور خورشید

را سد می‌کند. این تفکر منطقی است، اما درست نیست و به دلیل کمبود تجارب و سابقه ذهنی در این موارد است. آموزش علوم به دنبال بسط تجارب دانش‌آموزان به هدف درک درست و علمی جهان اطراف است. **ماهیت پژوهش در علوم** : مبنای دیگر آموزش پژوهش محور درک فرایند پژوهش علمی است. این مراحل به صورت مراحلی که دانشمندان در کارهایشان دنبال می‌کنند ارائه می‌شود. اما باید متوجه بود که این مراحل گام‌هایی نیست که باید دنبال شود بلکه مجموعه مراحلی است که فرایند را هدایت می‌کند. برای دانش‌آموزان با **مرحله اکتشاف** آغاز می‌شود که در آن دانش‌آموزان با پدیده‌ای که باید مطالعه کنند آشنا می‌شوند. به دنبال آن **مرحله تحقیق** آغاز می‌شود که ممکن است خود از چندین بخش تشکیل شود. **مراحل رفت و برگشتی** این مرحله نشان می‌دهد که این، یک فرایند خطی نیست. در پژوهش علمی، چه دانش‌آموز پژوهشگر باشد و چه یک دانشمند، مراحل کار بسیار پیچیده است و مرتب رفت و برگشت دارد و کارها باید مجدداً بررسی شوند. برای مثال اگر حاصل آزمایش‌ها فرضیه دانش‌آموزان را تأیید نکند لازم است آنان پیش‌بینی و یا پرسش خود را تغییر دهند و دوباره از ابتدا تجربه جدیدی را شروع کنند. اگر طراحی آزمایش‌ها جواب ندهد باید آزمایش مجددی طرح شود، اگر به نتیجه‌ای متفاوت با نتیجه گروه دیگر رسیدند لازم می‌شود هر دو گروه کار خود را بازبینی کنند. در مرحله سوم نتایج آزمایش‌ها در کلاس باید تجزیه و تحلیل شود و به یک نتیجه‌گیری نهایی برسد. در مرحله چهارم دانش‌آموزان نتایج کار خود (یافته‌ها و درک جدید) را به گروه وسیع‌تری از مخاطبان اعلام می‌کنند.

در اینجا دو نتیجه نهایی وجود دارد : اول اینکه بر اساس موضوع مورد نظر و ماهیت پژوهشی که طرح شده معلم ممکن است مراحل متفاوت دیگری پیشنهاد کند. دوم اینکه یک مرحله هیچ‌گاه همه مراحل را شامل نمی‌شود. یعنی در این روش با یک گام نمی‌توان مسیر چند گام را پیمود.

یک چارچوب برای آموزش پژوهش محور می‌تواند به صورت مراحل بی‌درپی زیر باشد :

طرح پرسش، مناظره، مشارکت، ثبت، بازتاب‌دادن، به اشتراک گذاشتن، درگیر کردن.

و یا طرح پرسش‌هایی مثل :

مشکل من کجاست؟ پرسش من چیست؟ دانش من در این مورد چیست؟ چه چیز جالب است؟

## طراحی و هدایت پژوهش در علوم

### ۱ نقشه و طراحی

پرسش من چیست؟ چه می‌خواهم بدانم؟ چگونه خواهم فهمید؟

### ۲ اجرا

چه مشاهده می‌کنم؟ آیا از ابزار درستی استفاده می‌کنم؟ تا چه اندازه جزئیات کار را ثبت می‌کنم؟

### ۳ سازماندهی و تحلیل اطلاعات

اطلاعات را چگونه سازمان دهی کنم؟ چه الگویی می بینم؟ چه ارتباطی وجود دارد؟ این چه معنایی دارد؟

### ۴ نتیجه گیری

چه ادعایی می توانم ارائه کنم؟ چه شواهدی دارم؟ چه چیز دیگری باید بدانم؟

### ۵ فرموله کردن یک پرسش جدید

چه پرسشی از قبل هنوز بی پاسخ مانده؟ چه پرسش تازه ای برایم طرح شده؟ چگونه می توانم بفهمم؟

### ۶ نتیجه گیری نهایی

از تمام پژوهش ها چه یاد گرفتیم؟

چه شواهدی برای پشتیبانی ایده هایمان داریم؟

### ۷ تبادل نظر با مخاطبان دیگر

من می خواهم به دیگران چه بگویم؟ چگونه بگویم؟ چه مواردی را باید حتماً بگویم؟

### تذکر :

یک واحد یادگیری یا بخشی از یک واحد یادگیری ممکن است قبل از رسیدن به نتیجه شامل چند مرحله آزمایش باشد. یک واحد یادگیری به ندرت ممکن است شامل همه اجزای طراحی و انجام مراحل این نمودار باشد.

**محتوای پایه علوم :** پرسشی که همواره مطرح است این است که : در پایه های مختلف دانش آموزان چه مفاهیم معینی را باید بیاموزند؟ انتظار چه سطحی از یادگیری منطقی است؟ چه اطلاعاتی اساسی است؟ پاسخ معمول به این پرسش ها به استانداردهای منطقه یا کشور مربوط می شود. اما به طور مشخص به ویژگی ها و پس زمینه های منطقه و نیز علایق معلم و دانش آموز وابسته است. به طور مثال موضوعات زیست محیطی (اکوسیستم) مورد علاقه همه دانش آموزان است اما انتخاب سیستم خاص بستگی به منطقه مورد علاقه و محیط زندگی دانش آموز دارد. آیا دانش آموز نزدیک اقیانوس زندگی می کند یا پارکی در نزدیکی خانه و مدرسه وجود دارد؟ در موضوعات اجتماعی این فرایند می تواند در مدل رویدادها / وقایع جاری در قالب مسئله های باز پاسخی که دانش آموزان قادر به بررسی و مطالعه آن در شرایط واقعی هستند، صورت گیرد.



**اصول مهم رویکرد پژوهش محور چیست؟** آموزش پژوهش محور در کلاس های مختلف متفاوت است. موارد بسیار متعدد و متفاوتی برای سازگار کردن دانش، مهارت و علایق معلم و دانش آموزان وجود دارد. این روش ها برای اولین بار در حوزه علوم تجربی مطرح شد ولی بعداً با تعدیل هایی در سایر موضوعات درسی نیز مورد استفاده قرار گرفت. قابل ذکر است که آموزش پژوهش محور در حوزه های مختلف گام های متفاوتی دارد. برای مثال پژوهش در تاریخ یا برخی موضوعات اجتماعی گام تجربه مستقیم را ندارد و یا در علوم تجربی تجربه مستقیم هسته مرکزی آموزش علوم تجربی است.

در این رویکرد دانش آموز باید اولاً پرسش یا مسئله محوری کار را بداند و نسبت به آن احساس مالکیت کند، یعنی احساس کند پرسشی که طرح می کند پرسش خودش است. ثانیاً دانش آموزان نیازمند آن هستند که مهارت های مرتبط با حل مسئله در حوزه آموزشی ذی ربط را کسب کرده باشد. برای مثال در علوم تجربی برای اینکه دانش آموز بتواند پژوهش های علمی را انجام دهد باید مهارت هایی مانند مهارت مشاهده، کار با ابزار، توانایی در استدلال، تعامل با دیگران، نوشتن برای خود و برای دیگران و... است. این رویکرد در موضوعات تاریخی یا اجتماعی ناظر به مهارت کاوش تاریخی، تحلیل داده های تاریخی، درک الگوهای رفتاری، شناسایی شواهد معتبر، درک دیدگاه های دیگر، استنباط، مشاهده (مستقیم، غیر مستقیم، مشاهده مشارکتی) و... است که در قالب پروژه های خدماتی و تولیدی، کاوشگری مشارکتی اجرا می شود. در اجرای پروژه ها استفاده از منابع دست دوم آموزش تجارب دست اول را کامل می کند، علاوه بر آن یادگیری معمولاً حاصل یک فعالیت گروهی است.

**اهمیت ملاحظات آموزشی در آموزش پژوهش محور:** علاوه بر اصولی که در طراحی برنامه آموزش پژوهش محور لازم است در نظر گرفته شود، موارد مهمی نیز در روش های آموزش باید لحاظ شود که به شرح زیر است:

۱. سازمان دهی کلاس (فضای فیزیکی کلاس)
۲. فرهنگ حاکم بر کلاس
۳. هنر بحث و گفت وگو
۴. استفاده از تجارب و ایده های قبلی دانش آموزان
۵. گفت وگویی گروهی
۶. هدایت دانش آموزان در یادداشت برداری/ یادداشت گروهی، یادداشت کلاسی

- استراتژی‌های خاص در آموزش پژوهش محور
- هدایت دانش‌آموزان در هنگام طراحی تحقیق
- کمک به دانش‌آموزان در تحلیل حاصل کار برای رسیدن به یک نتیجه معتبر
- مقایسه و تقابل با «حقایق پذیرفته شده»
- سنجش تکوینی (رشد دهنده)

## برخی از روش‌های آموزشی

در بررسی اسناد سایر کشورها برای تولید راهنمای معلم بعد از دهه ۱۳۷۰ مدل‌های متمایز آموزشی را می‌توان متناسب با مفروضات مطرح‌شده در آموزش موقعیت محور شناسایی کرد. در ذیل برخی از این مدل‌ها معرفی می‌شود.

معلمان گرامی می‌توانند با مطالعه این مدل‌ها بسته به نیاز، شرایط و موضوع درسی از هر یک از اینها استفاده کنند.

- آموزش به روش کلاس معکوس
- آموزش با مدل ۵E/VE
- مدل آموزشی ۵ت

### آموزش به روش کلاس معکوس (Flipped Classroom)

تعریف سنتی از کلاس معکوس این‌گونه است :

■ کلاس معکوس جایی است که فیلم‌های ویدئویی جایگزین تدریس مستقیم می‌شوند.

■ این موضوع باعث می‌شود دانش‌آموزان زمان اختصاصی پیدا کنند تا با معلم خود روی فعالیت‌های کلیدی یادگیری به فعالیت بپردازند.

■ این‌گونه از کلاس، «معکوس» نامیده می‌شود، چون آنچه قبلاً کار کلاسی یا سخنرانی محسوب می‌شد در خانه و از طریق ویدئوهای معلم ساخته و انجام می‌شود و آنچه پیش‌تر تکلیف منزل نامیده می‌شد، یعنی همان مسائل و تکالیف، در کلاس درس انجام می‌شود.

کلاس معکوس در منابع علمی و معتبر با تعاریف تقریباً مشابهی شناخته می‌شود. در وهله اول، این پدیده را یک راهبرد (استراتژی) آموزشی (strategy instructional) یا یک الگو (model) برای تدریس و یادگیری می‌دانند که مبتنی بر یک گزاره کلی است :

در یادگیری معکوس، ساختارهای سنتی و متداول فرایند یادگیری وارونه می‌شود و در یک کلام آنچه بیشتر به صورت متداول در کلاس درس انجام می‌شد به خانه محول می‌شود و فرایندهایی که بیشتر دانش‌آموزان در منزل انجام می‌دادند به کلاس درس منتقل می‌شود. در یک کلاس معکوس، دانش‌آموزان محتوای آموزشی را پیش از آمدن به کلاس از طریق فیلم‌های آموزشی (معمولاً برخط/آنلاین) ضبط شده توسط معلم مشاهده می‌کنند و با آمادگی و آشنایی نسبی از موضوع، به کلاس درس می‌آیند و زمان کلاس درس به انجام فعالیت‌هایی که قبلاً با نام «تکلیف منزل» شناخته می‌شد اختصاص می‌یابد و معلم این امکان را دارد تا زمان محدود کلاس درس را به جای ارائه سخنرانی و تدریس محتوا، به تعامل با دانش‌آموزان، حل فعالیت‌های مشارکتی و تعاملی به‌ویژه در سطوح بالای هرم یادگیری اختصاص دهد. به عبارت دیگر در الگوی کلاس معکوس علاوه بر شیوه ارائه محتوا، نقش‌های سنتی معلم، دانش‌آموز و محتوای آموزشی هم دستخوش تحول فراوان و بنیادی می‌شود.

### ویژگی‌های کلاس معکوس :

- وسیله‌ای برای افزایش زمان تعامل و تماس فردی بین دانش‌آموز و معلم
- محیطی که در آن دانش‌آموز مسئولیت یادگیری خود را عهده‌دار می‌شود.
- تلفیقی از تدریس مستقیم با یادگیری برساختی (ساخت گرایانه)
- کلاسی که در آن دانش‌آموزانی به دلیل بیماری یا فعالیت‌های فوق برنامه مانند شرکت در سفرهای ورزشی یا اردوها از درس عقب نمانند.
- کلاسی که در آن محتوا به‌طور مستمر به‌منظور بازبینی و اصلاح، آرشیو و نگهداری می‌شود.
- کلاسی که در آن تمام دانش‌آموزان در فرایند یادگیری، دخالت و مشارکت می‌کنند.
- محلی که تمام دانش‌آموزان می‌توانند آموزشی فردی (یعنی آموزش مبتنی بر نیازها و ویژگی‌های فردی خود) دریافت دارند.

### آموزش با مدل ۵E/۷E

مدل «۵E» یا به عبارتی «۷E» مدل آموزشی است که بر اساس رویکرد ساخت گرایانه در فرایند یادگیری طراحی شده است و در آن فراگیران هر دانش جدیدی را بر پایه دانش فعلی خود می‌سازند. این مدل برای هر سنی و در هر موضوع درسی قابل استفاده است. هر مرحله در این مدل یک فاز یادگیری را شرح می‌دهد و به معلم و دانش‌آموز امکان می‌دهد با فعالیت‌های مشترک، بر دانش فعلی خود دانش جدید را بنا نهند.

این مراحل عبارت‌اند از :

**درگیر کردن (Engage):** تحریک کنجکاوی و علاقه، قراردادن آموزش در یک زمینه معنادار، طرح پرسش برای تحقیق – آشکار ساختن ایده‌ها و باورهای فعلی دانش‌آموزان – فعالیت یا متون در مدل‌های چندگانه برای پژوهش و یا برانگیختن انگیزه‌ها، طرح پرسش، تحریک دانش‌آموزان به طرح پرسش‌هایشان به هر روش ممکن مثل نوشتن، نمایش، بازی کردن و... به گونه‌ای که معلم ایده‌های دانش‌آموزان را کشف کند و بتواند در مورد جهت‌دادن‌ها تصمیم‌گیری کند. نوعی سنجش تشخیصی است.

**کشف کردن (Explore):** بسط تجارب از پدیده‌ها یا مفاهیمی که پاسخ پرسش‌های دانش‌آموز منجر به کشف آن می‌شود، ایده‌های آنان را بیان می‌کند. ایده‌های آنان را آزمایش می‌کند، مسائل را بررسی یا حل می‌کند. برای تجربه پدیده‌ها، پژوهش‌هایی مطرح می‌کند، از طریق مشاهده و اندازه‌گیری ایده‌ها را می‌آزماید و به پرسش‌ها پاسخ می‌دهد. پژوهش‌هایی در زمینه مواد نوشته شده مثل روزنامه‌ها و مقالات انجام می‌دهد که به قضاوت در مورد اعتبار منابع می‌پردازد و نیز پایایی ایده‌های علمی‌ای که در نوشته‌ها طرح شده است بررسی می‌کند.

**شرح دادن (Explain):** معرفی ابزار مفهومی که برای تفسیر شواهد و بیان پدیده‌ها و ساخت مدل‌های چندگانه بر اساس توجیه ادعاهای طرح شده بر پایه شواهد جمع‌آوری شده، مقایسه توضیحاتی که دانش‌آموزان و گروه‌های مختلف ارائه می‌کنند، در نظر گرفتن توضیحات علمی موجود، آنچه دانش‌آموزان می‌خوانند یا معلم شرح می‌دهد تا بتوان به مفاهیم جدید دسترسی پیدا کرد، گفت‌وگو در گروه‌های کوچک برای بیان توضیحات، مقایسه ایده‌ها که شواهد را به پدیده‌ها مربوط می‌سازد، نوشته‌ها و نقاشی‌های فردی و گروهی برای بیان شفاف ایده‌های کسب‌شده.

سنجش تکوینی برای بازخورد به معلم تا برنامه کاری‌اش را بر اساس میزان آموخته‌ها و مهارت‌های کسب‌شده توسط دانش‌آموزان، طراحی کند (مثلاً تهیه یک پوستر، ارائه به‌صورت پاورپوینت، نقاشی، نوشته، درگیر کردن مخاطبان برای شفاف‌سازی یک ایده و...)

**به مشارکت گذاشتن (Elaborate):** استفاده و کاربرد مفاهیم و تشریح آن در زمینه جدید به بررسی کاربرد هدف عام آن. ثبت و توسعه توصیفات و درک استفاده و تلفیق کردن آن در فعالیت‌های نوشتاری، نموداری، ریاضی، پژوهش‌های دانش‌آموزی، تمرین‌ها و تکالیف دانش‌آموزی، به مشارکت گذاشتن ایده‌ها به صورت‌های مختلف، به عبارتی آموخته‌ها را در زمینه‌های جدید به صورت‌های مختلف به کار گیرد.

**ارزشیابی (Evaluate):** فراهم آوردن فرصت‌هایی برای دانش‌آموزان تا ایده‌هایشان را بررسی کنند و در مهارت‌ها و آموخته‌ها بازتاب دهند. نشان دادن شواهدی برای اثبات تغییر ایده‌ها و باورهای دانش‌آموزان. پاسخ به پرسش‌هایی که احتمالاً در بخش اول کار «درگیری» هم طرح شده است. بازتاب تغییراتی که در فاز درگیری و توصیف (۲ و ۱) پیش می‌آید و ارزشیابی برای کمک به دانش‌آموزان تا از آنچه در فرایند یادگیری‌شان اتفاق می‌افتد آگاه باشند و به فراشناخت برسند و بتوانند فرایند یادگیری خود را کنترل کنند. به دلیل موفقیت این شیوه در عمل، این مراحل به VE توسعه داده شده است. در این مدل مرحله اول به دو بخش استخراج (Elicit) و درگیر کردن تقسیم شده‌اند. در این مرحله بر تجارب اولیه دانش‌آموزان تأکید بیشتری می‌شود و آن زیربنای گام‌های بعدی آموزش دانسته می‌شود. تفاوت دیگر در اضافه کردن مرحله تعمیم دادن (Extend) است که در مدل قبلی، فقط شرایط حال را در نظر می‌گیرد در حالی که در مدل جدید یادگیری به شرایط پیش‌بینی‌شده نیز تعمیم داده می‌شود. مشابه مدل بالا مدل «۵» به صورت مقاله‌ای در مجله رشد زیست‌شناسی شماره ۵۵ در سال ۱۳۹۱ چاپ شده است که در زیر خلاصه آن نوشته شده است.

### مدل آموزشی ۵

«مدل آموزشی ۵» از سال‌های دهه ۱۹۸۰ در تولید مواد درسی جدید و نیز در آموزش ضمن خدمت معلمان پیوسته مورد استفاده بوده است. این مدل به ترتیب از این مراحل تشکیل شده است: ترغیب، تحقیق، توضیح، تعمیق و تصحیح. هر مرحله، عملکرد خاص خود را دارد و به انسجام آموزش معلم و تنظیم درک بهتر دانش علمی فناورانه، مهارت‌ها و نگرش‌ها کمک می‌کند.

**مراحل مختلف مدل ۵:** مدل ۵، همان‌گونه که از نامش پیدا است، از پنج مرحله متوالی تشکیل شده است که همگی با حرف «ت» آغاز می‌شوند. اکنون به توضیح بیشتر درباره هر یک از مراحل مدل ۵، می‌پردازیم. این مراحل را می‌توان در طراحی مواد درسی دوره‌های مختلف تحصیلی برای یک واحد درسی یا برای همه فعالیت‌های طول سال تحصیلی به کار برد.

**۱ ترغیب:** در این مرحله، دانش‌آموز با فعالیتی آموزشی درگیر می‌شود، یعنی ذهن او بر شیء، مسئله، موقعیت یا رویداد، متمرکز می‌شود. او طی این فعالیت‌ها، بین دانسته‌های قبلی خود ارتباط برقرار می‌کند، بدفهمی‌های خود را آشکار می‌کند و نقص‌های شناختی را کاهش می‌دهد. پرسیدن سؤال، تعریف مسئله، نشان دادن رویدادی جالب و قراردادن دانش‌آموز در موقعیت مسئله‌ای غامض، همه راه‌هایی برای درگیر کردن دانش‌آموزان با موضوع و جلب توجه آنان

هستند. نقش معلم در این مرحله، ترغیب و شناسایی دانسته‌های پیشین دانش‌آموزان است. نتیجه مرحله «ترغیب»، درگیر کردن دانش‌آموزان با فعالیت(های) هدفدار آموزشی است. در اینجا منظور از «فعالیت»، هم فعالیت ذهنی و هم فعالیت بدنی است.

۲ تحقیق: پس از آنکه دانش‌آموزان در مرحله «ترغیب»، درگیر فعالیت‌هایی شدند، باید در اندیشه‌های خود به جست‌وجو بپردازند. در این مرحله، فعالیت‌هایی تحقیقی برای آنان طراحی می‌شوند تا دانش‌آموزان درون کلاس تجربه‌هایی مشترک و واقعی داشته باشند و براساس آنها به مفاهیم، فرایندها و مهارت‌ها برسند. در این مرحله می‌توان از نرم‌افزارهای آموزشی استفاده کرد، اما این نرم‌افزارها باید با دقت طراحی شده باشند، به طوری که بتوانند به گونه‌ای سیستمی و منظم، مفاهیم علمی دقیق را ارائه کنند. دانش‌آموزان طی این مرحله، وقت دارند تا به بررسی اشیا، رویدادها یا موقعیت‌ها بپردازند. دانش‌آموزان در نتیجه درگیری ذهنی و جسمی در فعالیت‌ها، روابطی برقرار می‌کنند، الگوهای را مشاهده، متغیرهایی را شناسایی و همچنین در مورد رویدادها، سؤال می‌کنند. نقش معلم در این مرحله، تسهیل‌کننده یا راهنمایی‌کننده است. معلم فعالیت را شروع می‌کند و به دانش‌آموزان وقت و فرصت می‌دهد تا هر دانش‌آموز براساس اندیشه خود به بررسی اشیا، مواد و موقعیت‌ها بپردازد. معلم ممکن است دانش‌آموزان را هنگامی که به بازسازی توضیحات خود می‌پردازند، راهنمایی کند.

۳ توضیح: منظور از «توضیح» آشکارکردن، قابل درک کردن و روشن کردن مفاهیم، فرایندها یا مهارت‌ها است. در این مرحله، معلم توجه دانش‌آموزان را به جنبه‌های ویژه مرحله «ترغیب» و تجربه‌های «تحقیق» جلب می‌کند. نخست، معلم از دانش‌آموزان می‌خواهد که توضیحات خود را ارائه دهند. دوم، معلم توضیحات علمی را به روش مستقیم، صریح و رسمی ارائه می‌کند. کلید این مرحله ارائه مفاهیم، فرایندها یا مهارت‌ها به صورت خلاصه، ساده، روشن و مستقیم و رفتن به مرحله بعدی است. معلمان انواعی از فنون و راهبردها را برای توضیح در اختیار دارند. آنان معمولاً زبانی توضیح می‌دهند، ولی تعدادی از راهبردهای دیگر هم مانند ویدئو، فیلم و درس‌افزار وجود دارند و به کمک آنها می‌آیند. در پایان، دانش‌آموزان باید بتوانند تجربه‌های تحقیقی خود را با اصطلاحات عمومی، توضیح دهند.

۴ تعمیق: پس از آنکه دانش‌آموزان مرحله «تحقیق» را پشت سر گذاشتند و در مرحله «توضیح» با اصطلاحات آشنا شدند، باید برای تحکیم یادگیری، آنان را در تجربه‌های بیشتر درگیر کرد تا مفاهیم، فرایندها و مهارت‌ها را عمیق‌تر درک کنند. این مرحله، انتقال مفاهیم را به موقعیت‌های مشابه و جدید، تسهیل می‌کند. در برخی موارد، در این مرحله دانش‌آموزان، هنوز دچار

بدهمی‌اند. مرحله «تعمیق»، فرصتی برای تعمیق یادگیری فراهم می‌کند. آدري شامپین (۱۹۸۷) توضیح روشنی از این مرحله دارد:

دانش‌آموزان طی مرحله «تعمیق»، برای جست‌وجوی اطلاعات در بحث‌ها و فعالیت‌هایی درگیر می‌شوند. هدف گروه، شناسایی و اجرای تعداد اندکی رویکرد محتمل در تکلیف است. دانش‌آموزان طی بحث گروهی رویکردهای خود را نسبت به مفاهیم یادگرفته‌شده، ارائه می‌دهند و از آنها دفاع می‌کنند. نتیجه این بحث، شناسایی بهتر مفهوم و نیز شناسایی و جمع‌آوری اطلاعات لازم برای تکمیل آن مفهوم است. چرخه یادگیری رو به اطلاعات خارج از دایره کلاس، بسته نیست. دانش‌آموزان از یکدیگر، از معلم، از مواد چاپی، متخصصان و پایگاه‌های داده‌های الکترونیک و نیز از آزمایش‌هایی که انجام می‌دهند، اطلاعاتی به دست می‌آورند. این، پایگاه اطلاعات نامیده می‌شود. هر یک از دانش‌آموزان در نتیجه شرکت در بحث‌های گروهی، می‌توانند براساس مفهوم مورد بررسی، پایگاه اطلاعات و راهبردهای ممکن برای رقابت را عمق بدهند (ص ۸۲).

توجه داشته باشید که تعامل بین دانش‌آموزان، فقط قسمتی از فرایند «تعمیق» است. بحث گروهی و یادگیری مشارکتی برای دانش‌آموزان، موقعیت‌هایی را فراهم می‌کند تا آنها درک خود را از موضوع بیان کنند و بازخورد دیگران را که به سطح درکشان بسیار نزدیک هستند، دریافت کنند.

**۵ تصحیح:** این موقعیتی مهم برای دانش‌آموزان است که مهارت‌هایی را که به دست آورده‌اند، در ارزیابی درک خود استفاده کنند. به علاوه، باید از توضیحات خود، بازخورد داشته باشند. ارزیابی غیررسمی را می‌توان در آغاز یا در طول مراحل ۵، انجام داد. معلم می‌تواند ارزیابی رسمی را پس از مرحله تعمیق، انجام دهد. معلم باید به عنوان مواد آموزشی عملی، به برون‌ده آموزش نیز دست یابد. در این مرحله، معلم ارزشیابی را مدیریت می‌کند تا به میزان درک هر یک از دانش‌آموزان دست یابد.

از سال‌های آخر دهه ۱۹۸۰ بدین سو، سازمان مطالعات برنامه‌های درسی علوم زیستی برای تولید مواد درسی خود و نیز آموزش معلمان، فقط از مدل آموزشی ۵، استفاده کرده است. این مدل دارای ترکیبی از برنامه‌ها، واحدها و درس‌ها است.

یادگیری، دغدغه مشترک<sup>۱</sup>: شاید بتوان گفت مسئله یادگیری یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مشترک آموزشگران در سراسر جهان است. به عبارت دیگر درست است که نظام‌های آموزشی در انتخاب اهداف، اولویت‌ها و محتوای آموزشی ممکن است با هم تفاوت‌های چشمگیر داشته باشند، اما همگی در این نقطه اشتراک نظر دارند که در هر حال باید فرایند یاددهی/یادگیری به گونه‌ای شکل گیرد که برای دانش‌آموزان

۱- این متن و مبحث الگوی سه‌ضلعی ارتقای یادگیری از مطالب ویژه نامه یاددهم استخراج شده که توسط دکتر امانی مدیرکل دفتر برنامه‌ریزی و تألیف

کتاب‌های درسی نگارش شده است.

فضایی پراکنجه و آکنده از احساس لذت، احساس موفقیت، و احساس مفید بودن به وجود آورد. معمولاً از چنین یادگیری مطلوبی با توصیفاتی همچون یادگیری مؤثر، یادگیری فعال و یادگیری رشددهنده یاد می‌شود. بسیاری از مشکلات به‌ظاهر فردی دانش‌آموزان در عرصه یادگیری که موجب افت تحصیلی ایشان می‌شود، ریشه در عدم شکل‌گیری یک فرایند صحیح یاددهی/ یادگیری در سطح مدرسه و کلاس درس دارد. به عبارت دیگر، هدایت صحیح دانش‌آموزان دارای استعداد های برتر از یک سو و جبران نقاط ضعف دانش‌آموزان نیازمند ترمیم از سوی دیگر، هر دو در بستر یک فضای یاددهی/ یادگیری مطلوب و با دقت طراحی شده ممکن است. چنین فضایی می‌تواند به رشد و پیشرفت تمامی دانش‌آموزان، در هر موقعیتی که قرار دارند، بینجامد.

توجه به احیای کارکردهای آموزشی کلاس درس از جنبه دیگری هم حائز اهمیت فراوان است. واقعیت این است که امروز بسیاری از مدرسه‌ها به صرف کلاس درس تقلیل پیدا کرده‌اند. یعنی دانش‌آموزان وقتی به مدرسه می‌آیند، تقریباً مستقیماً به کلاس درس می‌روند و سپس به خانه بازمی‌گردند. به عبارت دیگر چون بیشتر مدارس فاقد برنامه‌های غیررسمی و غیرکلاسی، از قبیل فعالیت‌های آزاد، پرورشی، ورزشی، نمایش، سرود و دیگر فعالیت‌هایی که به جو مدرسه هویت خاصی می‌دهد هستند، حضور در کلاس، تقریباً همه زمان حضور در مدرسه را به خود اختصاص می‌دهد. حال که چنین است باید راه‌هایی را جست‌وجو کرد که کلاس درس، بیش از پیش سبب رشد و ارتقای بیشتر دانش‌آموزان شود. اما پژوهش‌های مرتبط با فضای حاکم بر کلاس‌های درس چنین چشم‌اندازی را آشکار نمی‌سازد. نتایج پژوهشی که در کلاس‌های درسی پنج استان ایران انجام شده نشان می‌دهد که نحوه اداره کلاس‌های درسی ایران، مشخصه‌هایی دارد که کاملاً تکرار می‌شوند. این مشخصه‌ها عبارت‌اند از:

- ۱ دانش‌آموزان در کلاس‌ها، معمولاً ساکت می‌نشینند.
- ۲ اداره کلاس، بیشتر بر عهده معلم است و او تسلط کاملی بر همه فعالیت‌های کلاسی دارد.
- ۳ بسیاری از برنامه‌های کلاس به برنامه‌های حافظه‌مدار معطوف می‌شود و در عمل، به‌خاطر سپردن آنچه معلم در فرایند یادگیری روی آنها تأکید می‌کند بسیار اهمیت دارد.
- ۴ معلمان عمدتاً از روش‌های دستوری استفاده می‌کنند؛ یعنی خیلی وقت‌ها از دانش‌آموزان می‌خواهند کارهای معینی را انجام دهند و این خواسته خود را به‌طور مستقیم ابراز و بیان می‌کنند!
- ۵ معمولاً از دانش‌آموزان خواسته نمی‌شود آنچه را که یاد گرفته‌اند در موقعیت‌های جدیدی به کار ببرند یا تعمیم دهند.
- ۶ معلمان، اغلب، فرایند یاددهی/ یادگیری را بر اساس شیوه‌ای که کتاب درسی ارائه کرده است اجرا می‌کنند.



اگر مجموعه نتایج فوق و نیز نتایج پژوهش‌های دیگر را مدنظر قرار دهیم، به نظر می‌رسد نیازمند راه‌حلی هستیم که از طریق آن فرایند یاددهی/یادگیری را چه در کلاس درس و چه بیرون از آن احیا کنیم و فضای مدرسه‌ای موجود را به فضایی پویا و رشد‌دهنده ارتقا دهیم تا نتایج بهتری را به دست آوریم.

این موضوع در سه سند تحولی مهم نظام آموزشی ایران که در سال‌های اخیر تولید شده‌اند یعنی کتاب مبانی نظری تحول بنیادین در نظام تعلیم و تربیت رسمی عمومی جمهوری اسلامی ایران، سند تحول بنیادین آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران مورد توجه قرار گرفته است.

در کتاب مبانی نظری تحول بنیادین در نظام تعلیم و تربیت رسمی عمومی جمهوری اسلامی ایران بر اهمیت «درک و اصلاح مداوم موقعیت خود توسط یادگیرنده» تأکید شده است و «تدارک موقعیت‌های یادگیری و فرصت‌های تربیتی که امکان به‌کارگیری و پرورش ظرفیت شناختی را از طریق فعالیت و تلاش متری فراهم کند» از ویژگی‌های مهم نظام تربیتی مطلوب ذکر شده است (ص ۳۵۱ و ۳۷۶). در این کتاب تأکید شده است که مدرسه باید فرصت‌های یادگیری ساده و رشد‌دهنده‌ای را در چارچوب اهداف متعال خود برای دانش‌آموزان تدارک ببیند: «ایجاد فضایی هدفمند از تجربیات و اشکال واقعی حیات طیب با تدارک مجموعه‌ای از موقعیت‌ها، فرصت حرکت رشد‌یابنده و تعالی بخش برای متریان، به این معنا که تجربیات مدرسه‌ای باید شکل ساده شده (و نه پیچیده)‌ای از تجربه حیات طیب باشد» (ص ۳۶۰). در سند تحول بنیادین آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران نیز «ارتقای اثربخشی و افزایش کارایی در نظام تعلیم و تربیت رسمی عمومی» از اهداف کلان آموزش و پرورش برشمرده شده است (هدف کلان شماره ۷). در این سند همچنین به «بهره‌مندی فزون‌تر از روش‌های فعال، خلاق و تعالی‌بخش» در طراحی، تدوین و اجرای برنامه درسی به‌عنوان یک راهکار اساسی اشاره شده است (فصل ۷، راهکار ۱-۱).

در برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران به‌طور مبسوط‌تر به موضوع یادگیری و کیفیت آن پرداخته شده است. در فصل سوم این سند با عنوان کلی «اصول ناظر بر برنامه‌های درسی و تربیتی» دو اصل به‌طور مستقیم به چگونگی شکل‌گیری فرایند یاددهی/یادگیری اشاره می‌کنند:

اصل ۳-۳: اعتبار نقش یادگیرنده: برنامه‌های درسی و تربیتی باید به نقش فعال، داوطلبانه و آگاهانه دانش‌آموز در فرایند یاددهی/یادگیری و تربیت‌پذیری توجه نماید و زمینه تقویت و توسعه روحیه پرسشگری، پژوهشگری، خلاقیت و کارآفرینی را در وی فراهم سازد. (ص ۹)

اصل ۳-۹: یادگیری مادام‌العمر: برنامه‌های درسی و تربیتی باید زمینه کسب شایستگی‌ها و مهارت‌های لازم برای استمرار و معنادارشدن یادگیری و پیوستگی تجارب یادگیری در زندگی را برای دانش‌آموزان تأمین کند (ص ۱۰).

در بخش ۴-۴ این سند نیز ذیل عنوان «رویکرد و جهت‌گیری کلی یاددهی/یادگیری» چنین ذکر شده است.

۱ یاددهی/یادگیری فرایندی زمینه‌ساز برای ابراز گرایش‌های فطری، شناخت موقعیت یادگیرنده و اصلاح مداوم آن است.

۲ یادگیری حاصل تعامل خلاق، هدفمند و فعال یادگیرنده با محیط‌های متنوع یادگیری است.

۳ دیدگاه دانش‌آموزان را به‌طور معنادار نسبت به ارتباط با خود، خداوند، دیگران و مخلوقات، تحت تأثیر قرار دهد.

در قسمت ۴-۶ همین بخش تأکید شده است که محیط یادگیری باید از صفاتی مانند منعطف، پویا، برانگیزاننده و غنی برای پاسخگویی به نیازها، علایق و ویژگی‌های دانش‌آموزان برخوردار باشد و زمینه بهبود موقعیت ایشان و ارتقای کیفیت فرایند یاددهی/یادگیری را فراهم آورد (ص ۱۳).

برنامه درسی ملی همچنین در الگوی هدف‌گذاری به ماتریسی اشاره می‌کند که از یک سو دربرگیرنده پنج عنصر تعقل، ایمان، علم، عمل و اخلاق است و از سوی دیگر شامل چهار عرصه: رابطه با خویش، رابطه با خداوند متعال، رابطه با خلق خدا یعنی سایر انسان‌ها و رابطه با خلقت الهی یعنی سایر مخلوقات و طبیعت است و تأکید می‌کند که در طراحی و تدوین برنامه‌ها باید این الگو مورد استفاده قرار گیرد.

فراتر از همه مطالب فوق، برنامه درسی ملی ایران در فصل نهم با تأکید بر این موضوع که راهبردهای یاددهی/یادگیری باید بتواند زمینه لازم را برای تحقق اهداف برنامه درسی و تربیتی در راستای شکوفایی فطرت و دستیابی به مراتبی از حیات طیبه تدارک ببیند، برای تحقق این مهم علاوه بر اصول ناظر به برنامه‌های درسی و تربیتی، «اصول حاکم بر راهبردهای یاددهی/یادگیری» را به شرح زیر در ۹ بند ارائه می‌کند:

۱ امکان درک و تفسیر پدیده‌ها، وقایع و روابط را در موقعیت‌های واقعی زندگی تدارک ببیند، به‌گونه‌ای که شرایط را برای درک و تصمیم‌گیری در مورد مسائلی که دانش‌آموزان در موقعیت‌های مختلف با آن مواجه می‌شوند با رعایت نظام معیار اسلامی فراهم کند.

۲ انگیزه دانش‌آموزان را از طریق کاوشگری در تلاش مداوم برای یافتن پاسخ پرسش‌هایی درباره پدیده‌ها، وقایع و روابط آنها شکوفا و تقویت کند.

۳ امکان درک و تفسیر قوانین کلی حاکم بر هستی و رابطه‌های علت و معلولی یا وابستگی پدیده‌ها را همراه با افزایش بصیرت در دانش‌آموزان فراهم کند.

۴ فرصت‌هایی را تدارک ببیند که شایستگی‌های کسب‌شده در فواصل زمانی توسط دانش‌آموز مرور و تصمیماتی برای تعدیل، بازنگری یا ادامه مسیر یادگیری توسط او اخذ شود.

۵ فرصت لازم برای پیوند نظر و عمل، تلفیق دانش و تجربیات پیشین با یادگیری‌های جدید را

به صورت یکپارچه و معنادار جهت تحقق ظرفیت‌های وجودی دانش‌آموزان و توسعه شایستگی‌ها فراهم کند.

۶ با بهره‌مندی فزون‌تر از روش‌های فعال، خلاق و تعالی‌بخش و با سازمان‌دهی نوآورانه و خلاق فرایند جمع‌آوری و انباشت حقایق، زمینه ساختن علم و معرفت را فراهم کند.

۷ صرفاً به انتقال دانش محدود نشود، بلکه زمینه تولید علم از سوی دانش‌آموزان را با تأکید بر مشارکت آنان در مفهوم، تدارک ببیند.

۸ زمینه تعامل مؤثر دانش‌آموزان را با معلم، همسالان و انواع محیط‌های یادگیری فراهم کند.

۹ زمینه بهره‌گیری هوشمندانه از فناوری‌های نوین آموزشی را فراهم کند و استفاده از آنها را با نگاه تقویتی و تکمیلی با توانمندسازی (نه نگاه جایگزینی و واگذاری) دنبال کند.

در کنار تأکیدات فوق که کم‌وبیش در اسناد آموزش و پرورش کشورهای مختلف با تفاوت‌هایی اندک تکرار شده است، رشته‌های تخصصی ذیل عنوان کلی علوم تربیتی مانند برنامه‌ریزی درسی، تکنولوژی آموزشی، روانشناسی تربیتی، پداگوژی و حتی فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز در زمینه موضوع یادگیری/یادگیری مباحث مسبوطی را مطرح کرده‌اند و هر یک فهرستی بلند بالا از یافته‌های خود را به شکل توصیفی یا تجویزی و توصیه‌ای در اختیار آموزشگران قرار داده‌اند و از ایشان انتظار دارند که هنگام تدریس آنها را سرلوحه کار خود قرار دهند. گروهی بر لزوم توجه به نظریه‌های یادگیری در هنگام تدریس بای می‌فشارند و گروهی دیگر بر اهمیت به کارگیری الگوهای تدریس در هنگام نوشتن طرح درس تأکید می‌کنند. تأکید بر سطوح رشد شناختی، اهمیت عنصر ارزشیابی، توجه به تفاوت‌های فردی و بسیاری تأکیدات دیگر در همین راستا انجام می‌شود.

بدیهی است جامعه عمل پوشاندن به تمامی تأکیدات فوق در فضایی پراکنده و غیرمنسجم ممکن نیست و نتیجه‌ای جز سردرگمی در پی ندارد. به نظر می‌رسد ما امروز بیش از هر زمان دیگر نیازمند الگویی هستیم که امکان در کنار هم نشستن و توجه هم‌زمان به یافته‌های فوق را فراهم کند و بدین ترتیب برای آموزشگران آرامش به ارمغان آورد. الگوی سه ضلعی (مثلی) ارتقای یادگیری، با چنین دیدگاهی و بر اساس تجربه زیسته ارائه‌کننده در طی سه دهه تدریس، مطالعه، پژوهش و آموزش معلمان تدوین شده است و می‌کوشد که با ارائه یک ترسیم هندسی، عناصر گوناگون مؤثر در تدریس را در فضایی هماهنگ و نظام‌مند در کنار هم بنشاند و امکان توجه هم‌زمان به آنها را بی‌غفلت از دیگری فراهم سازد. این الگو از سویی یک راهنمای عمل برای معلمان در اختیار آنان می‌گذارد و از سوی دیگر یک چک لیست برای سنجش کیفیت تدریس برای کنشگران عرصه تعلیم و تربیت به‌دست می‌دهد.

## الگوی سه ضلعی ارتقای یادگیری<sup>۱</sup>

این الگو همان طور که از نام آن برمی آید دارای سه ضلع اصلی است. اولین و مهم ترین ضلع الگو که قاعده مثلث را تشکیل می دهد، طراحی آموزشی است. این ضلع دربرگیرنده مهم ترین اقدامات و مراقبت هایی است که به شکل گیری فرایند مؤثر یادگیری منجر می شوند. دومین ضلع تأکید بر استفاده از رسانه های پرشمار در فرایند یادگیری و سومین ضلع تأکید بر اهمیت ارائه آموخته ها به عنوان برون داد یادگیری توسط دانش آموزان است.



### ضلع اول، طراحی آموزشی :

برای هر واحد یادگیری نیازمند یک طراحی آموزشی هستیم. اگر یادگیری را سیر و سفری از مبدأ به مقصدی معین تصور کنیم، اولین گام در به کارگیری این مدل، ترسیم نقشه حرکت یا طراحی مسیری است که یادگیرنده در فرایند یادگیری باید ببیماید. به عبارت دیگر طراحی آموزشی به منزله تعیین فعالیت های یادگیری است که در مجموع به رشد دانش آموز منجر می شود. گاهی این فعالیت یادگیری را می توان بر اساس روشی که کتاب درسی پیشنهاد می کند شروع کرد و پیش رفت. این روش، در صورتی که کتاب درسی با رعایت اصول یاددهی/ یادگیری تدوین شده باشد و با شرایط و فضای محیط سازگار باشد تصمیم خوبی است ولی لزوماً بهترین راه نیست. تفاوت طراحی آموزشی با تهیه طرح درس این است که در طراحی آموزشی یک واحد یادگیری که ممکن است تدریس آن چندین جلسه آموزشی را به خود اختصاص دهد، موضوع کار

است، در حالی که تهیه طرح درس معمولاً اقدامی محدودتر است و برای یک جلسه درس تنظیم می شود. مهم ترین اقدامات و مراقبت هایی که در یک طراحی آموزشی باید مورد توجه طراحان باشد عبارت اند از :

۱ هدف از جنس شایستگی : اولین گام برای اینکه بتوان فرایند یاددهی/ یادگیری رشددهنده ای به وجود آورد شروع از انتهاست؛ یعنی باید پایان یادگیری را دید و مشخص کرد که دانش آموز پس از پشت سر گذاشتن این واحد یادگیری باید به چه شایستگی هایی برسد. به عبارت دیگر قرار است چه صلاحیت ها، صفات و توانمندی هایی در او به وجود آید و انتظار می رود به چه نوع تولید ذهنی یا فکری برسد و چه توانمندی هایی را از خودش نشان دهد؛ اینها باید آشکار باشند. پس از تعیین هدف واحد یادگیری، یک طراحی آموزشی خوب دارای ملاک ها و مشخصه هایی است که در ادامه آنها را مرور می کنیم :

۲ طراحی دقیق، رشددهنده، تدریجی، سیر منطقی، پله های ارزشمند و قابل دستیابی : سپس باید تصویری از مسیری که قرار است دانش آموز ببیند رسم کنیم؛ یعنی مشخص کنیم وقتی دانش آموزی درسی را می آموزد قرار است چه پله هایی را ببیند. این پله ها، سناریوی یادگیری یا طراحی آموزشی هستند که معلم می خواهد به اجرا درآورد. منظور از پله ها مجموعه فعالیت هایی است که برای کلاس درس پیش بینی می شود. این پله ها باید به گونه ای طراحی شوند که نه آن قدر زیاد و بلند باشند که دانش آموز در پیمودن آنها احساس ناتوانی کند و نه آن قدر کوتاه و کم تعداد باشند که دانش آموز احساس کند با بالا رفتن از آنها کار مهمی انجام نداده است و آنها را پیش پا افتاده تلقی کند. بدین ترتیب، تعدد این پله ها و توالی آنها بسیار مهم است.

۳ یک شروع خوب : اینکه یک درس چگونه شروع شود و در این شروع، چه کاری باید کرد که فعالیت یادگیری بسیار جذاب باشد بسیار مهم است، زیرا، اولین قدم در یادگیری این است که دانش آموز به موضوع جذب شود؛ یک چشم انداز در پیش رویش گشوده شود تا بداند دارد چه چیزی را یاد می گیرد؛ قرار است به کجا برسد و این یادگیری در زندگی، به چه درد او می خورد. بنابراین باید مسئله ارتباط مطالب درسی با زندگی و مفید بودنشان، برای دانش آموزان ترسیم شود. بدین ترتیب، اولین پله این است که مشخص کنیم دانش آموزان را با چه نوع فعالیتی می توان با مسئله درگیر کرد و هوش و حواسشان را به مسئله جلب کرد تا احساس کنند می خواهند این مسیر را ادامه دهند.

۴ توجه به پیش دانسته ها : دومین پله توجه به پیش دانسته های دانش آموزان است. اگر به پیش دانسته ها توجه شود وقت دوباره ای صرف تولید آنها نمی شود که هم برای دانش آموزان کسالت آور باشد و هم بخشی از زمان یادگیری را به خود اختصاص دهد و وقت را هدر دهد. معلم می تواند پیش دانسته های دانش آموزان را در کلاس احصا کند تا ببیند اگر آنها در این پیش دانسته ها با هم اشتراک ندارند با فعالیتی که تدارک می بیند، آنها را به اشتراک بگذارد و نقطه شروعشان در یادگیری را با هم یکی کند.

## ۵ انتخاب الگوی تدریس: الگوهای تدریس در واقع حاصل تجربیات موفق معلمان هستند که به صورتی

قابل تعمیم در می آیند و از آنها می توان برای تدریس موضوعات مختلف درسی استفاده کرد. گاهی انتخاب درست یک الگو در موفقیت تدریس بسیار مؤثر است؛ مثلاً وقتی می خواهیم به دانش آموزان مفاهیم اخلاقی را با تأکید بر شفاف سازی ارزش ها آموزش دهیم، ممکن است انتخاب الگویی مانند محاکم قضایی، به تدریس جذابیت و کارایی خاصی ببخشد و روند یادگیری را تسهیل کند. در یک طراحی آموزشی طولانی و چند مرحله ای، گاهی لازم است از چند الگوی تدریس در موقعیت های مختلف استفاده کرد. بسیاری از معلمان به دلیل عدم آشنایی کامل با الگوهای تدریس متنوع، از الگوهای کم شماری استفاده می کنند و فضای تدریس ایشان تکراری و کسالت آور می شود. گاهی هم به دلیل آشنایی سطحی با الگوهای تدریس، آنها را به صورت ناقص و غیر حرفه ای اجرا می کنند. در حالی که اجرای حرفه ای الگوهای متنوع تدریس بر جذابیت کار و مؤثر بودن تدریس می افزاید.

## ۶ یادگیری فعال، تولید مفهوم توسط یادگیرنده: نکته دیگری که در طراحی آموزشی باید به آن توجه

شود این است که مشخص شود فعالیت ها چگونه به «تولید مفهوم» توسط دانش آموزان می انجامند. آیا معلم، در انجام فعالیت ها، بچه ها را در نقش دریافت کننده مفهوم قرار می دهد یا تولید کننده مفهوم؟ زیرا ممکن است معلم مفهومی را مستقیماً توضیح دهد و دانش آموزان دریافت کننده آن باشند؛ اما ممکن است معلم همین مفهوم را به گونه ای ارائه کند که آنها با انجام فعالیت های ذهنی، فعالیت های عملی و مطالعه منابع مناسب یادگیری، خود به مفهوم سازی و تولید مفهوم بپردازند. حتی خواندن یک متن علمی و گفت و گو درباره آن یک یادگیری فعال به شمار می آید. چون دانش آموز به واسطه درک و فهم خود در مسیر آموزش حرکت و از متن، مفهوم سازی می کند و بدین ترتیب یک یادگیرنده فعال به شمار می آید. شاید بتوان گفت مهم ترین دستاورد نظریه یادگیری ساختن گرایی همین تأکید بر تولید مفهوم و یادگیری فعال توسط یادگیرنده می باشد.

## ۷ یادگیری مشارکتی، اجتماعی و گروهی: یادگیری مشارکتی هم بخشی از یک سناریوی یادگیری

خوب است. در یک طراحی آموزشی متعادل، حجم فعالیت های گروهی همچون بحث و گفت و گو، انجام فعالیت های عملی گروهی، و حتی امتحان گروهی در کنار فعالیت های انفرادی قابل توجه و در اولویت است. یادگیری مشارکتی نیز از تأکیدات اصلی نظریه ساختن گرایی به شمار می آید.

## ۸ سطوح بالای عملکرد یادگیری: یک تحقیق نشان داده است که عموماً سطح فعالیت هایی که معلمان

از دانش آموزان می خواهند انجام دهند، در سطوح پایین یادگیری انجام می شود. مثلاً وقتی معلمی از دانش آموزان می خواهد درباره موضوعی اطلاعات جمع آوری کنند، آنها معمولاً این اطلاعات را در سطح اولیه و صرفاً از یک منبع به دست می آورند و ارائه می دهند. حتی گاهی فعالیت ها در همین حد هم انجام نمی شود و کار سطحی تری انجام می شود؛ مثلاً دانش آموزان بی آنکه حتی در اینترنت هم

جست‌وجوی دقیقی انجام دهند، فقط با گرفتن یک پرینت کارشان را ارائه می‌دهند. گو اینکه اگر دانش‌آموزان جمع‌آوری اطلاعات را به‌خوبی هم انجام دهند، باز هم در صورت ارائه عینی اطلاعات، در سطح اول و کف یادگیری قرار دارند. توجه به سطوح بالاتر یادگیری به این معناست که معلم، مثلاً وقتی دانش‌آموزان مشغول جمع‌آوری اطلاعات هستند، از آنها بخواهد اطلاعات را از نظر طبقه‌بندی اطلاعات و توصیف و تبیین آنها به شیوه‌های خلاقانه و نوآورانه تحلیل کنند و اعتبار منابعی را که به آنها استناد کرده‌اند ارزیابی کنند. این‌گونه اقدامات توجه به سطوح بالاتر یادگیری را نشان می‌دهد و در سایر فعالیت‌های یادگیری و موضوعات و مسائل مختلف باید مورد توجه قرار گیرد.

نکته مهمی که باید به آن توجه کرد این است که گاهی معلم در تمریناتی که به دانش‌آموزان می‌دهد مسئله‌ای را پیچیده‌تر مطرح می‌کند. این کار، لزوماً دانش‌آموز را به سطوح بالاتر یادگیری نمی‌برد، بلکه صرفاً سطح دشواری مطلب را بیشتر می‌کند و این روش مطلوبی نیست چون بر احساس موفقیت دانش‌آموزان تأثیر منفی می‌گذارد. مثلاً معلم ریاضی، کسر مرکبی را می‌دهد و از دانش‌آموزان می‌خواهد که آن را ساده کنند. این سطح اول یادگیری است. حال اگر این معلم طبقات کسر را بیشتر کند دانش‌آموزانش را به سطوح بالاتر یادگیری نبرده است، بلکه فقط مسئله را برای آنان دشوارتر کرده است. در حالی که او می‌توانست از دانش‌آموزان بخواهد، برای یک مسئله، یک کسر بنویسند و از این طریق آنها را به سطح بالاتری ارتقا دهد. همچنین می‌توانست، در یک سطح بالاتر، یک عدد کسری به آنها بدهد و بخواهد که برای این کسر یک مسئله بنویسند. بنابراین، بالا بردن سطح یادگیری جزو هدف‌های مهم آموزش است و نباید آن را با دشوار کردن یادگیری، یکی تصور کرد.

توجه به این نکته که دانش‌آموزان باید رشد کنند و از سطح اولیه یادگیری تکنیک‌ها و دانش به سطوح بالاتر یادگیری، از جمله تجزیه و تحلیل اطلاعات و همچنین ترکیب کردن آنها بروند در تمام دروس لازم است و از اهمیت بسیاری برخوردار است. برای طبقه‌بندی سطوح رشد شناختی، روش‌های مختلفی به رسمیت شناخته می‌شود و معلمان با انتخاب‌های گوناگونی روبه‌رو هستند. این طبقه‌بندی ممکن است مانند آنچه در الگوی مطالعه «تیمز» به‌کار می‌رود، دارای سه سطح دانش مروری، دانش کاربردی و دانش ترکیبی باشد. یا ممکن است سطوح پنج‌گانه «بلوم» در نظر گرفته شود. همچنین ممکن است سطوح بلوم جدید که شاگردان او در سال ۲۰۰۰ برای هزاره سوم ارائه کردند مورد نظر قرار گیرد. بدین ترتیب این مهم نیست که چه نوع طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ بلکه مهم این است که توجه کنیم دانش‌آموزان در کف یادگیری باقی نمانند و فعالیت‌های معلم سطوح بالاتر یادگیری را نشانه‌روی کرده باشد. به عبارت دیگر، معلم هرگز نباید به سطوح پایین یادگیری راضی باشد و تنها خشنود باشد که دانش‌آموزان او توانسته‌اند مطلبی را حفظ کنند و آن را بیان کنند.

**۹** **کاربست آموخته‌ها در موقعیت جدید:** ارتباط با زندگی، یعنی استفاده از فعالیت‌هایی در طراحی آموزشی که موضوع درس را به زندگی ارتباط می‌دهند. کاربست آموخته‌ها در موقعیت جدید، توجه به وجه کاربردی و مفید بودن یادگیری است. ایجاد این توانایی در دانش‌آموزان که بتوانند چند دقیقه درباره اهمیت موضوع درس صحبت کنند، برای کاربردهای آن مثال‌هایی بزنند و دیگران را نسبت به مفید و ضروری بودن آموختن این واحد یادگیری متقاعد کنند نشانه‌ای از تحقق این امر به شمار می‌آید.

**۱۰** **توجه به تفاوت‌های فردی در یادگیری:** وجود تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان با یکدیگر در زمینه انواع هوش، سبک یادگیری، استعداد تحصیلی، بستر فرهنگی و اجتماعی خانواده، زبان مادری، میزان دانسته‌های قبلی، بدفهمی‌ها و به ویژه علایق و توانمندی‌های گوناگون سبب می‌شود که یک نسخه واحد برای همگان بهترین نتیجه را به همراه نداشته باشد. از این رو لازم است در طراحی آموزشی وجود فعالیت‌های موازی و انعطاف‌پذیر پیش‌بینی شود. برای دستیابی به یک هدف آموزشی همیشه راه‌های متنوعی در پیش روی ماست و در یک طراحی آموزشی مطلوب به این امر توجه می‌شود. ارائه بازنمایی‌های مختلف یک مطلب و مطرح کردن مسائل باز پاسخ که امکان ورود به یک موضوع از جواب گوناگون را فراهم می‌کند نمونه‌هایی از توجه به تفاوت‌های یادگیری به شمار می‌آید.

**۱۱** **رویکرد تلفیقی:** برای استفاده از رویکرد تلفیقی دلایل بیشماری وجود دارد و مزایای این رویکرد در بهبود کیفیت، سرعت و گستره یادگیری و پاسخگویی به نیاز فراگیران محل مناقشه نیست. در طراحی آموزشی با بهره‌گیری از رویکرد تلفیقی، مرزهای بین ساحت‌های شش گانه رشد و تربیت یعنی ساحت دینی و اخلاقی، ساحت علمی و فناوریانه، ساحت اجتماعی و سیاسی، ساحت زیستی و بدنی، ساحت اقتصادی و حرفه‌ای، و ساحت زیبایی‌شناسی و هنری کم‌رنگ می‌شود و امکان پوشش دادن به دو یا چند حوزه تربیت و یادگیری در یک زمان فراهم می‌شود. از بین روش‌های مختلف تلفیق، استفاده از یادگیری زمینه‌محور و رویکرد تماتیک در سازمان‌دهی محتوای یادگیری از روش‌های پیشرفته برنامه‌ریزی درسی به‌شمار می‌آید. در این نوع طراحی آموزشی یک موضوع مناسب و دارای قابلیت کافی به‌عنوان تم یا زمینه یادگیری در مرکز قرار می‌گیرد و پیرامون آن مباحث مختلف مرتبط با آن بسط داده می‌شود. موضوعی که به عنوان تم انتخاب می‌شود باید دارای اجزای منسجم مفهومی درونی و بازوهای ارتباطی بیرونی کافی و قابلیت عمق‌بخشی باشد. مثلاً در زمینه آموزش محیط‌زیست، آب یک تم مناسب است. همچنین در ساحت آموزش‌های اخلاقی، حق الناس قابلیت ارائه به‌صورت تماتیک را دارد.

**۱۲** **جلوه ارائه و ارزشیابی:** ترسیم برون‌دادهای مورد انتظار در قالب جملاتی از جنس شایستگی و روشنگری درباره جایگاه مطلوبی که یادگیرنده در پایان فرایند یادگیری باید بدان دست یابد از دیگر



مشخصه‌های یک طراحی آموزشی کامل است و به دانش‌آموزان احساس آرامش می‌دهد. این کار در دوره غلبه و تسلط اهداف رفتاری بر فضای یادگیری هم انجام می‌شد اما تفاوت آن در نوع بینشی بود که بر تدوین اهداف آموزشی به صورت محدودکننده و مکانیکی در آن زمان حاکم بود.

**۱۳** فعالیت‌های خارج از کلاس، کلاس معکوس: آخرین نکته‌ای که در این باب خیلی مهم است، توجه به فعالیت‌های بیرون از کلاس است. معلم نباید در طراحی خود فقط به درون کلاس بیندیشد بلکه باید مسیری را برای ادامه یادگیری در بیرون کلاس ترسیم کند، در عین حالی که دقیقاً به سناریوی داخل کلاس مربوط می‌شود. این موضع با عنوان کلاس معکوس در سال‌های اخیر مورد توجه عمیق متخصصان تکنولوژی آموزشی قرار گرفته است و ضمن مدیریت زمان یادگیری، زمینه تحقق اهدافی مانند یادگیری مادام‌العمر را فراهم می‌کند. کلاس معکوس در ضلع سوم الگو نیز مجدداً مورد تأکید قرار می‌گیرد.

**۱۴** فراشناخت: در پایان فرایند یادگیری، مناسب است که یادگیرندگان نگاهی از فراز به سیر و سفر خود در مسیر یادگیری این درس بیندازند و چگونگی حرکت خود را در این مسیر بازشناسی و تحلیل کنند. سپس راهی را به سوی ادامه یادگیری در آینده پیشنهاد کنند. اگر هدف از یادگیری، تبدیل دانش‌آموز به یادگیرنده مادام‌العمر است، چنین امری ضرورت تام دارد.

### ضلع دوم، رسانه‌های آموزشی پرشمار (بسته آموزشی به جای کتاب درسی):

در گذشته، گفتار شفاهی معلم، جزوات آموزشی و گاهی کتاب درسی تنها رسانه آموزشی در هر کلاس درس بود و دانش‌آموز و معلم رسانه دیگری در اختیار نداشتند؛ اما در سال‌های اخیر امکاناتی فراهم شده است که با استفاده از آنها می‌توان کلاس‌های درس را بسیار متنوع‌تر اداره کرد. امروزه این امری بدیهی انگاشته می‌شود که اولین قدم برای داشتن یک کلاس فعال و پرتأثیر آن است که از سمت یادگیری تک‌رسانه‌ای به سوی رسانه‌های یادگیری پرشمارتر حرکت کنیم.

**۱** سبک‌های یادگیری: تمامی دانش‌آموزان از نظر سبک‌های یادگیری یکسان نیستند، لذا توجه به سبک‌های یادگیری دیداری، شنیداری و جنبشی در کلاس درس لازم است. استفاده از رسانه‌های آموزشی گوناگون این امکان را فراهم می‌سازد که هر دانش‌آموز از رسانه‌ای بیشترین بهره یادگیری را بگیرد که با آن سازگاری بیشتری دارد. اصولاً پشتیبانی متقابل رسانه‌های یادگیری از یکدیگر به هم افزایی و سینرژی منجر می‌شود؛ مثلاً اگر در کنار یک متن علمی، یک فیلم آموزشی هم نمایش داده شود، تأثیرگذاری آن بسیار بیشتر از به کارگیری هر یک از این دو به تنهایی است.

**۲** تنوع حداکثری: رسانه‌هایی مثل فیلم‌های آموزشی، پاورپوینت‌های فعال، فایل‌های تصویری و صوتی،

متن‌های آموزشی گوناگون، صفحات گرافیک اطلاع‌رسان (اینفوگرافیک) و غیره، همه و همه از رسانه‌های پشتیبان کلاس و مدرسه محسوب می‌شوند و ما همه آنها را جزو رسانه‌های یادگیری به‌شمار می‌آوریم. رسانه‌های مکتوب همچون دایرةالمعارف‌ها، مجلات، کتاب‌های موضوعی، کتاب‌های مرجع، پوسترها و چارت‌ها و رسانه‌های غیر مکتوب مانند فایل‌های صوتی، تصاویر، برنامه‌های تلویزیونی، فیلم‌های آموزشی، نرم‌افزارهای کامپیوتری، و اخیراً اپلیکیشن‌های موبایل، همگی رسانه‌های یادگیری هستند. خوشبختانه در سال‌های اخیر برای پشتیبانی از کلاس درس ابزارها، امکانات و تجهیزات بسیاری به بازار آمده است. برای مثال فیلم‌های فراوانی برای آموزش درس‌ها تولید شده به طوری که حتی گاهی تدریس یک درس منوط به داشتن فیلم آموزشی است. یا در بعضی از دروس، طرح درس بر مبنای نمایش فیلم گذاشته شده و بعضی از سایت‌های اینترنتی مشخصاً برای پشتیبانی از آموزش و کلاس درس طراحی شده‌اند. وزارت آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران برای این کار به خصوص تولید فیلم‌های آموزشی اقدامات خوبی انجام داده است و اکنون، قطعه‌های فراوانی وجود دارند که معلمان برای بهبود کیفیت فرایند تدریس می‌توانند از آنها استفاده کنند.

**۳ مهارت‌های جست‌وجو :** در چنین فضایی، معلمینی که مهارتشان ارتقا پیدا کرده است، می‌توانند نه‌تنها خود از رایانه و فضای اینترنت برای جست‌وجوهای هدفدار استفاده کنند، بلکه با آموزش دانش‌آموزان نیز می‌توانند کمک کنند که ایشان نقش فعالی در ارتقای یادگیری ایفا کنند. این موضوع در ضلع سوم نیز مورد اشاره قرار می‌گیرد.

**۴ تولید رسانه‌های خود ساخته :** استفاده از امکانات مذکور، نباید نقش معلمان در تولید رسانه‌های یادگیری را کم‌رنگ کند؛ بلکه معلم خودش هم می‌تواند موضوعی را انتخاب کند و درباره آن دست به تولید بزند، یعنی در عین اینکه انتخاب رسانه‌های یادگیری امری مطلوب است، اما دستکاری این قطعات و تولید قطعات آموزشی خودساخته نیز ضرورت دارد. این کار مستلزم کسب توانمندی‌هایی است که قبلاً برای معلمان مطرح نبوده است. توانایی کار با نرم‌افزارهای صوتی و تصویری مختلف و تولید کارهای ساده با شرکت در یک دوره فشرده آموزشی و انداختن خود به عرصه عمل، ممکن است. تولید رسانه‌ها هم به‌صورت فردی و هم به‌صورت کار گروهی قابل انجام است.

**۵ به اشتراک گذاشتن :** معلمان می‌توانند تولیداتی را که برای کلاس‌های درس خود تدارک دیده‌اند از طریق شبکه‌هایی که در اختیار دارند اشاعه دهند و به اشتراک بگذارند تا مورد استفاده دیگران نیز واقع شود. برای مثال وقتی معلمی یک نقشه مفهومی جالب و جذاب یا یک گرافیک اطلاع‌رسان را تهیه می‌کند، یا از انجام یک آزمایش فیلم می‌گیرد، می‌تواند آن را در فضای مجازی بارگذاری کند تا معلمان دیگر از آن استفاده کنند.

### ضلع سوم، ارائه آموخته‌ها توسط دانش‌آموزان :

ضلع سوم مثلث ارتقای یادگیری، تأکید بر عرضه حاصل و برون‌داد یادگیری و ایجاد فرصت ارائه آموخته‌ها (Presentation) توسط دانش‌آموزان است. منظور از ارائه این است که دانش‌آموز دستاوردهای میانی یا نهایی خود از سیر و سفر یادگیری را نمایش دهد و به مؤثرترین شکل ممکن در اختیار دیگران بگذارد.

**۱** ارائه به‌منزله هدف و روش : اگر یک فرایند یادگیری به دستیابی به مطلبی قابل ارائه منجر شد، می‌توان آن را یک یادگیری موفقیت‌آمیز تلقی کرد. باید تأکید کرد که ارائه آموخته‌های دانش‌آموز در سطح مدرسه، هم از نظر روشی و هم از نظر هدفی دارای اهمیت ویژه است و موجب احیای فرایند آموزش و عینیت‌بخشی به هدف یادگیری می‌شود. از این رو، باید بر ارائه بسیار تأکید کرد. اگر در فضای مدرسه، به ارائه دانش‌آموزان اهمیت داده شود، دانش‌آموزان به این فضا دلبسته و علاقه‌مند می‌شوند و احساس آزادی عمل می‌کنند.

دانش‌آموزانی که در مدرسه با فرصت‌های متعدد برای ارائه روبه‌رو می‌شوند رشد می‌کنند، به خودباوری و اعتماد به نفس می‌رسند، نسبت به آموخته‌ها احساس مالکیت پیدا می‌کنند و این امر موجب انگیزه مضاعف آنها در جهت یادگیری می‌شود. یک ارائه موفق، در یک کلام موجب احساس موفقیت در یادگیرنده می‌شود و بر اساس یک ضرب‌المثل انگلیسی، هیچ چیز مانند موفقیت، موفقیت بعدی را نمی‌آفریند.

**۲** سیمای مدرسه حامی ارائه : در محیط یادگیری باید از جنبه‌های مختلف به فضای حامی ارائه یاری رساند. اختصاص زمان به ارائه دانش‌آموزان، از ارائه یک دقیقه‌ای تا ارائه یک‌ساعته، توجه به ارائه فردی، گروهی، و حتی کلاسی (مانند سرودی که کل دانش‌آموزان یک کلاس یا مدرسه آن را اجرا می‌کنند)، تنوع در قالب ارائه (مثلاً متنی که دانش‌آموزی می‌نویسد و به دیوار کلاس یا راهروی مدرسه می‌زند یا بین دانش‌آموزان مدرسه آن را توزیع می‌کند، یا انشا و شعری که دانش‌آموزی در کلاس آن را می‌خواند، یا یک قطعه نمایشی که دانش‌آموزان آن را اجرا می‌کنند، یا فیلمی که با امکانات اولیه تولید شده است و به نمایش در می‌آید و غیره) از جمله اقدامات یک مدرسه حامی ارائه است. اگر مدرسه‌ای درست روی ارائه دانش‌آموزی کار کند، فضای آن مدرسه با گذشته تفاوت چشمگیری پیدا خواهد کرد، به‌طوری که هنگام ورود به آن، جلوه‌های گوناگون ارائه در جاهای مختلف دیده می‌شود. بدین ترتیب، هم دیوار کلاس‌ها و راهروهای مدرسه و هم فضای آنها، از قالب‌های مختلف ارائه دانش‌آموزی، پر می‌شود.

**۳** ترکیب فکوره مهارت‌ها : به‌طور کلی، ارائه فعالیتی است که از ترکیب مهارت‌های مختلف دانش‌آموزان (مهارت‌های مکتوب، مهارت‌های هنری و مهارت‌های خلاقانه) به‌وجود می‌آید و زمینه‌ای است برای اینکه آنها بتوانند استعدادهای نهفته خود را آشکار سازند. بنابراین ارائه ماهیتی کاملاً تلفیقی و بسیار سازنده و رشددهنده دارد. جنبه هدفی ارائه از همین ماهیت نشئت می‌گیرد. نوع ارائه

دانش‌آموز باید فکوره باشد، یعنی عناصری مانند خلاقیت، هنر، استفاده از رسانه‌های متنوع و استفاده از فنون سواد رسانه‌ای را در برگیرد. هنگام ارائه همیشه از دانش‌آموزان پرسیده می‌شود که چگونه می‌توانند یک مطلب یا موضوع را به صورتی جدید به دوستانشان عرضه کنند و این عرصه نوآوری و خلاقیت است.

**۴ تضمین یادگیری:** پژوهشی با عنوان (Visible Learning) نشان می‌دهد چگونه فعالیت‌های مختلف، می‌توانند به ارتقای سطح عملکرد دانش‌آموزان، منجر شوند. در این پژوهش، تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان تحلیل شده است. از بین بیش از صد عاملی که در این پژوهش نقش آنها مورد تحلیل قرار گرفته «ارائه» یا قرارگرفتن دانش‌آموز در موقعیتی که بتواند کار خود را به دیگران عرضه کند، از بالاترین ضریب تأثیر در پیشرفت تحصیلی آنها برخوردار بوده است. بدین ترتیب هر طراحی آموزشی که به نوعی ارائه دانش‌آموز در آن وجود داشته باشد تضمینی است بر اینکه دانش‌آموز به پیشرفت قابل قبولی دست می‌یابد. ضرب‌المثلی در حوزه‌های علمی ما وجود دارد که می‌گوید: «اگر می‌خواهید چیزی را خوب یاد بگیرید باید آن را تدریس کنید»؛ ارائه هم در واقع یک نوع تدریس دانش‌آموز و در اختیار گذاشتن یافته‌های خود برای دیگران است.

**۵ کلاس معکوس:** ارائه به شکل جالبی هم به کلاس معکوس (وارون) نیز ربط پیدا می‌کند. چون در کلاس معکوس، چرخه‌ای از یادگیری توسط معلم در کلاس درس سازمان‌دهی می‌شود و در بیرون از کلاس تا مرحله دستیابی به نتایج توسط دانش‌آموز دنبال می‌شود، سپس مجموعه آموخته‌های هر دانش‌آموز (انفرادی یا گروهی) به ارائه‌ای منجر می‌شود که او یافته‌های خود را با دیگران به اشتراک می‌گذارد. بدین ترتیب، هر ارائه‌ای خود یک رسانه یادگیری برای سایر دانش‌آموزان محسوب می‌شود.

**۶ ارزشیابی:** باید تأکید کرد که «ارائه» معتبرترین ابزار ارزشیابی یادگیری محسوب می‌شود و با رویکردهای ارزشیابی در خدمت یادگیری سازگاری فراوان دارد. هنگامی که دانش‌آموزی یافته‌های خود را ارائه می‌کند، در واقع سطح کیفی فرایندی که پیموده و فراورده‌هایی را که به دست آورده است در معرض قضاوت دیگران قرار می‌دهد. از این طریق می‌توان درباره ادامه مسیر او، جنبه‌هایی که نیازمند بهبود یا ترمیم هستند و عرصه‌هایی که قابلیت سرمایه‌گذاری و شکوفایی دارند آشکار می‌شود و بازخوردهای رشددهنده‌ای فراهم می‌شود.

بدین ترتیب اضلاع این مثلث، یعنی طراحی آموزشی کارآمد، رسانه‌های یادگیری پرشمار و ارائه، فضایی به وجود می‌آورند که همه دانش‌آموزان می‌توانند در آن به خوبی رشد کنند.

## ارزشیابی از آموخته‌های دانش‌آموزان

از آنجایی که ارزشیابی از درس جزئی از مراحل آموزش و یادگیری است، روش‌های ارزشیابی پیشنهادی زیر که توسط بیشتر معلمان در کلاس نیز اجرا می‌شود می‌تواند در ارزشیابی آنچه دانش‌آموزان در هر جلسه و کل جلسات درس در طول سال یاد گرفته‌اند، مفید واقع شود.

**۱** **ارائه آموخته‌ها و گزارش فعالیت‌ها:** دانش‌آموزان با برنامه‌ریزی معلم می‌توانند بعضی آموخته‌های خود را به صورت سمینار در کلاس ارائه دهند یا نتایج انجام فعالیت‌های کتاب را که قرار است گزارش آن را تهیه کنند، به صورت‌های مختلف در کلاس ارائه دهند. این ارائه می‌تواند به صورت پرده نگار، پوستر، روزنامه دیواری یا مقاله باشد. معلم با در نظر گرفتن موارد مختلف، ارزیابی خود را از ارائه دانش‌آموز به صورت فهرست و ارسسی تهیه و جمع‌بندی آن را در دفتر ثبت نمرات وارد می‌کند.

**۲** **مشاهده کارهای عملی دانش‌آموزان:** در حین برگزاری آزمایشگاه یا انجام فعالیت‌ها به صورت فردی یا گروهی ضمن در نظر داشتن میزان فعالیت دانش‌آموزان، چک‌لیست‌هایی نیز تهیه می‌شود که در حین برگزاری آزمایش و پس از آن پر می‌شود و مطابق آنها نمراتی به دانش‌آموز تعلق می‌گیرد که در دفتر ثبت نمرات ثبت می‌شود.

**۳** **پرسش کلاسی:** در هر جلسه بخشی از وقت کلاس به آن اختصاص داده شود و در آن از مباحث تدریس‌شده یا ارائه‌شده توسط دانش‌آموزان در جلسه گذشته سؤالاتی به صورت شفاهی از تعدادی از دانش‌آموزان پرسیده شود. با توجه به پاسخ و میزان آمادگی و آشنایی دانش‌آموز، نمره‌ای به آن داده می‌شود که توسط معلم در دفتر ثبت نمرات ثبت می‌شود.

**۴** **کوئیز:** بی‌اطلاع دانش‌آموزان، می‌توان آزمون کتبی کوتاهی را برگزار کرد که در آن، دانش‌آموزان به دو یا سه سؤال مطرح‌شده، پاسخ دهند. نمره کسب‌شده در این کوئیزها نیز در دفتر ثبت نمرات ثبت می‌شود.

**۵** **آزمون پایان فصل:** پس از اتمام هر یک از فصل‌های کتاب با هماهنگی دانش‌آموزان می‌توان آن را برگزار کرد که به صورت کتبی طراحی و در مدت زمان مشخص‌شده‌ای برگزار می‌شود که این نمره نیز در دفتر ثبت می‌شود.

**۶** **نمره مستمر دانش‌آموزان:** با جمع‌بندی نمرات شفاهی، کوئیز، پایان فصل، مشاهده کار عملی، ارائه دانش‌آموز و ...، همراه با نظر دبیر در مورد دانش‌آموز که در طول سال تحصیلی به دست آمده است، نمره‌ای به عنوان مستمر اول و دوم در کارنامه ثبت می‌شود که حداکثر آن ۲۰ نمره است.

۷ **امتحان میان سال و پایان سال :** مطابق با بارم‌بندی پیشنهادی دفتر از بخش‌هایی از کتاب، آزمون ۲۰ نمره‌ای طراحی و طبق برنامه و زمان مشخص شده، اجرا می‌شود که پس از تصحیح اوراق، نمره کسب شده دانش‌آموز به عنوان نمره میان سال و پایان سال در کارنامه، ثبت می‌شود.

۸ **جمع‌بندی ارزشیابی در کارنامه دانش‌آموز :** با توجه به دستورالعمل معاونت آموزش دوره دوم متوسطه مبنی بر اعمال ضریب (۱-۲-۳-۴) به ترتیب برای ( مستمر اول، آزمون نیمسال، مستمر دوم، آزمون پایان سال) نمرات مختلف ثبت شده توسط دبیر برای هر دانش‌آموز در این ضرایب ضرب و سپس تقسیم بر ۸ می‌شود که دانش‌آموز در صورت کسب نمره ۱۰ در این درس قبول محسوب می‌شود.

### بارم‌بندی درس زیست‌شناسی ۳ پایه دوازدهم

ارزشیابی مستمر : معلم آن را بر اساس بررسی فعالیت‌های گروهی یا انفرادی دانش‌آموزان در کلاس یا خارج از کلاس و در طول سال تحصیلی انجام می‌دهد. این ارزشیابی بر اساس مشاهدات معلم و تعامل بین معلم و دانش‌آموز در هنگام انجام هر فعالیت یا بر اساس پرسش‌های کتبی و شفاهی انجام می‌شود. نمره این ارزشیابی برای هر نوبت (نوبت اول سال و نوبت دوم سال) ۲۰ نمره است.

ارزشیابی پایانی : در دو نوبت به صورت آزمون کتبی انجام می‌شود. در نوبت اول ۲۰ نمره آن از قسمت اول کتاب (تا صفحه ۶۲) طراحی شود. در نوبت دوم ۲۰ نمره از تمام کتاب مطابق با جدول زیر طراحی شود :

بارم‌بندی زیست‌شناسی ۳ پایه دوازدهم — نوبت اول و دوم		
فصل و عنوان	نوبت اول (۲۰ نمره)	نوبت پایانی (آزمون‌های نهایی خرداد، شهریور و دی) (۲۰ نمره)
فصل ۱- مولکول‌های اطلاعاتی	۶ نمره	۲/۵ نمره
فصل ۲- جریان اطلاعات در یاخته	۵ نمره	۲/۵ نمره
فصل ۳- جریان اطلاعات در نسل‌ها	۴ نمره	۲/۵ نمره
فصل ۴- تغییر در اطلاعات وراثتی	۵ نمره	۲/۵ نمره
فصل ۵- تأمین انرژی در یاخته		۲/۵ نمره
فصل ۶- تأمین انرژی برای ساختن مواد آلی		۲/۵ نمره
فصل ۷- فناوری‌های نوین زیستی		۲/۵ نمره
فصل ۸- رفتارهای جانوران		۲/۵ نمره
جمع	۲۰ نمره	۲۰ نمره

### نکات قابل توجه :

- ۱ در همه امتحانات، نمرات هر فصل می تواند نیم نمره (۵/۰) نسبت به بارم فوق تغییر کند.
- ۲ از مطالب مربوط به بیشتر بدانید، واژه شناسی، پاورقی ها و پیوست های آخر کتاب در آزمون ها سؤال طراحی نشود.
- ۳ برخلاف کتاب های زیست شناسی ۱ و ۲، برای فعالیت های کتاب زیست شناسی ۳ بارم جداگانه ای در نظر گرفته نشده است. طراحان محترم فعالیت ها و نتایج آنها را نیز در طراحی سؤال هر فصل مدنظر قرار دهند.

# فصل اول

مولکول‌های اطلاعاتی



## ایده‌های کلیدی

- ساختار و عملکرد
- روابط و الگوها
- پایداری، تغییر و زمان
- اندازه‌گیری

## پیامدهای شایستگی محور

- با درکی که از مولکول‌های اطلاعاتی (دنا، رنا، پروتئین‌ها) پیدا می‌کند، از آن برای شناخت بیشتر خود و اجزای درونی یاخته‌های بدن استفاده خواهد کرد.
- ضمن آشنایی با آزمایش‌های انجام‌شده در رابطه با مولکول‌های اطلاعاتی، شایستگی خود را در انجام آزمایش‌های مشابه افزایش دهد.
- با مقایسه انواع مولکول‌های اطلاعاتی به‌ویژه دنا و رنا، شباهت‌ها و تفاوت‌های آنها را در فهرستی آماده، و علت تفاوت آنها را گزارش کند.
- با پی‌بردن به شباهت دنا، رنا و پروتئین‌ها در همه موجودات زنده به‌وجود نظم و یگانگی در طبیعت پی می‌برد.
- ضمن آشنایی با ساختار پروتئین‌ها و انواع آن، به اهمیت آنها در بدن موجود زنده پی می‌برد و شرایط لازم برای حفظ و کارکرد صحیح آنها را مهیا می‌سازد.
- با آشنایی با دانشمندان و محققانی که در این رابطه کار کرده‌اند به اطلاعات خود در تاریخ علم می‌افزاید و مهارت خود را در انجام پژوهش‌ها به‌روش عملی افزایش می‌دهد.

## پرسش‌های اساسی

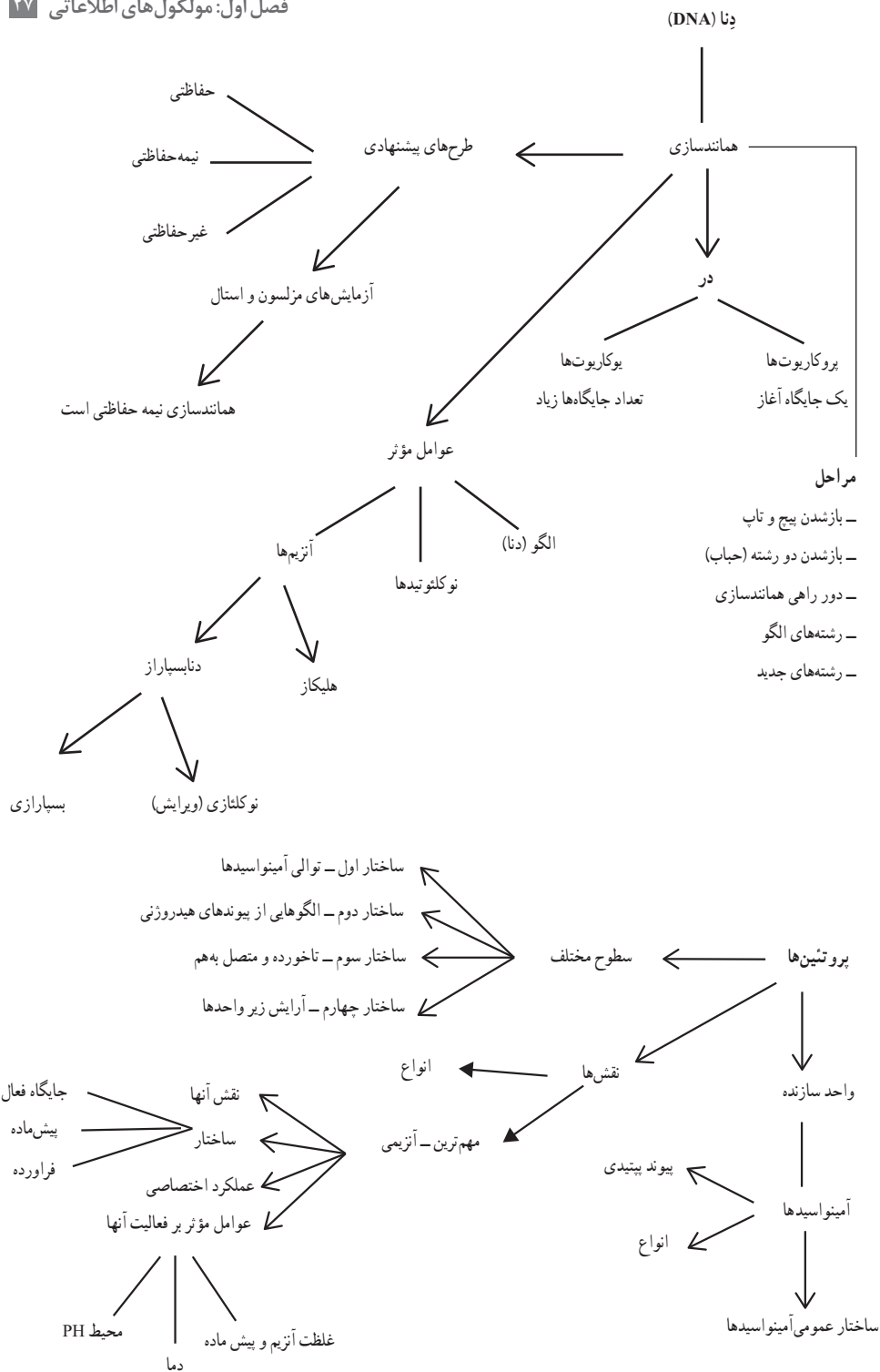
- انواع نوکلئیک اسیدها چه هستند و هر کدام چه اجزایی دارند؟
- عامل اصلی انتقال صفات وراثتی چیست؟ چگونه به این پاسخ رسیدند؟
- دنا و رنا چه تفاوت‌هایی با هم دارند؟

- برای پی بردن به ساختار مولکولی دنا چه تلاش‌هایی انجام شد؟
- مدل واتسون و کریک چه نکات کلیدی ای را در برداشت؟
- انواع رنا در باخته چه هستند و هر کدام چه وظیفه‌ای بر عهده دارند؟
- ژن چیست؟
- طرح‌های مختلف پیشنهادشده برای همانندسازی دنا چه بودند؟ و کدام یک تأیید شد؟
- عوامل مؤثر در همانندسازی چه هستند؟
- در همانندسازی چه اتفاقاتی رخ می‌دهد؟
- آنزیم‌های مؤثر در همانندسازی چه هستند؟
- فعالیت‌های آنزیم دنا‌سپاراز چه هستند؟
- همانندسازی در پیش‌هسته‌ای‌ها و هوهسته‌ای‌ها چه تفاوتی دارد؟
- ساختار عمومی آمینواسیدها چگونه است؟
- پیوند پپتیدی بین آمینواسیدها چگونه تشکیل می‌شود؟
- آیا همه آمینواسیدهای شرکت کننده در ساختار پروتئین‌ها باید همراه مواد غذایی وارد بدن شوند؟
- منظور از ساختارهای اول تا چهارم پروتئین‌ها چیست؟
- پروتئین‌ها در بدن چه نقش‌هایی دارند؟
- نقش آنزیم‌ها در انجام واکنش‌های سوخت‌وسازی چیست؟
- علت اختصاصی بودن آنزیم چیست؟
- چه عواملی بر فعالیت آنزیم‌ها مؤثر هستند؟

## مهارت‌های کلیدی

مهارت اساسی: به کارگیری روش علمی، توانایی انجام کار عملی، تولید اطلاعات علمی  
خرده مهارت‌ها: حل مسئله، طراحی آزمایش، مشاهده اندازه‌گیری، گزارش نویسی، ارائه گزارش  
به روش‌های مختلف، برقراری ارتباط، تحلیل نمودار، تحقیق کتابخانه‌ای (کاغذی و دیجیتال)، استدلال و  
استنتاج





## روش‌های تدریس و آموزش

با توجه به ماهیت مباحث این فصل، اکثر دبیران ترجیح می‌دهند از روش‌های سنتی سخنرانی و پرسش و پاسخ استفاده کنند و در نهایت خلاصه‌ای از مطلب را روی تخته بیاورند، تعدادی از تصاویر را رسم کنند و تعدادی را به صورت‌های مختلف نمایش دهند. ولی استفاده از روش‌های پیشنهادی زیر می‌تواند آموزش و تدریس را بهتر و فرصت بیشتری را برای معلم و دانش‌آموز فراهم کند تا یادگیری مؤثر و عمیق‌تری صورت پذیرد.

### روش‌های پیشنهادی

استفاده از روش آموزشی کلاس معکوس مناسب است. برای اجرای آن می‌توان از داده‌ها و ابزارهای زیر استفاده کرد :

■ سفارش به دانش‌آموزان برای خواندن درس قبل از کلاس  
■ فیلم آموزش مباحث توسط معلم تهیه می‌شود و از جلسات قبل آن را در اختیار دانش‌آموزان قرار دهیم.  
■ تهیه تصاویر متعدد از مولکول‌های اطلاعاتی و فرایندهای مرتبط با آنها که قبلاً در اختیار دانش‌آموزان قرار می‌گیرد.

■ دانش‌آموزان پس از مشاهده و مطالعه موارد فوق، در کلاس حاضر می‌شوند و در کلاس فقط به رفع اشکال و تکمیل یادگیری می‌پردازند.

■ سعی شود مثلث ارتقای یادگیری مد نظر قرار گیرد :

طراحی آموزشی مطلوب / رسانه‌های پرشمار / ارائه مطلوب آموخته‌ها (برون‌داد)

روش دیگری که در کنار روش سنتی قابل استفاده است این است که با توجه به فراوانی منابع تصاویر، فیلم، انیمیشن و... در این زمینه از دانش‌آموزان بخواهیم درباره بعضی از مباحث موارد زیر را اجرا کنند :

۱ قبل از کلاس، درس را مطالعه کنند.

۲ از متن درس کلمات کلیدی را استخراج کنند.

۳ با استفاده از کلمات کلیدی، در منابع مختلف جست‌وجو کرده و اطلاعاتی را جمع‌آوری کنند.

۴ ضمن دسته‌بندی و خلاصه کردن مطالب، گزارشی را تهیه و در کلاس ارائه کنند.

۵ معلم در حین ارائه، اشکالات ارائه‌کننده و بقیه حضار را تصحیح می‌کند.

## دانستنی‌هایی برای معلم

### نوکلئوزوم یوکاریوتی

هر سلول در بدن ما محتوی مقدار زیادی دنا است. ژنوم انسان (مجموع طول کروموزوم‌های مختلف) تقریباً  $3 \times 10^9$  bp (= جفت باز) طول دارد. از آنجایی که ما به‌عنوان موجودات دیپلوئیدی دو نسخه از هر کروموزوم را در هر سلول سوماتیکی داریم، کل دنا ی موجود در هر سلول  $6 \times 10^9$  bp است. طول کلی ژنوم به‌ازای طول هر جفت باز  $33 \text{ nm}$ ، تقریباً  $2/1$  متر است. چگونه می‌توان چنین طولی را در هسته ۵ تا  $10$  میکرومتری جای داد. پاسخ این است که دنا به‌خاطر همراهی گروهی از پروتئین‌ها به‌نام نوکلئوزوم که باعث پیچ‌خوردگی در آن می‌شوند، بسیار متراکم می‌گردد. در مرحله اینترفاز ماده ژنتیکی (با پروتئین‌های متصل به‌آن) در سراسر هسته به‌صورت کروماتین و بی‌پیچ‌خوردگی پراکنده است. با شروع میتوز، کروماتین به‌میزان زیادی متراکم می‌شود و در طول پروفاز این فشردگی‌ها باعث ظهور کروموزم‌ها می‌شود. این فشردگی‌ها می‌تواند طول دنا را تا  $10^4$  هزار بار کاهش دهد.

### دنا ی خطی و حلقوی

در ابتدا می‌پنداشتند تمامی مولکول‌های دنا خطی‌اند و دو انتهای آزاد دارند. در واقع، کروموزم‌های سلول‌های یوکاریوتی هر کدام شامل یک مولکول دنا ی (بسیار بزرگ) هستند. اما امروزه می‌دانیم، برخی دنا‌ها حلقوی هستند. به‌عنوان مثال، ویروس کوچک دنا دار میمون ( $SV40$ ) دارای یک دنا ی دو رشته‌ای حلقوی است که از حدود ۵ هزار جفت‌باز (نوکلئوتید) تشکیل شده است. همچنین کروموزم‌های بیشتر (نه‌تمام آنها) باکتری‌ها حلقوی است؛ *E. coli* دارای یک کروموزوم حلقوی است که تقریباً ۵ میلیون جفت‌باز می‌شود. علاوه بر این، بیشتر باکتری‌ها دارای عناصر ژنتیکی هستند که به‌طور مستقل همانندسازی می‌کنند. این عناصر پلاسمید نامیده می‌شوند. عموماً مولکول‌های دنا حلقوی هستند.

جالب توجه اینکه برخی مولکول‌های دنا گاهی اوقات خطی و گاهی حلقوی هستند. مهم‌ترین مثال در این زمینه، باکتریوفاژ  $\lambda$  است که ویروس‌کشنده *E. coli* است. ژنوم فاژ  $\lambda$  در ذرات ویرون به‌صورت مولکول دو رشته‌ای خطی است ولی، هنگامی که ژنوم  $\lambda$  به‌داخل سلول *E. coli* تزریق می‌شود، در طول زمان آلودگی، دنا به‌صورت حلقوی درمی‌آید. این اتفاق با جفت‌شدن بازها در نواحی تک‌رشته‌ای که در دو انتهای دنا قرار دارند و دارای توالی‌های مکمل هستند، رخ می‌دهد. این نواحی انتهاهای چسبیده نامیده می‌شوند.

## مبدأ یا جایگاه آغاز همانندسازی

محل‌هایی از مارییج مضاعف که ابتدا در آنجا دو رشته از یکدیگر جدا می‌شوند، مبدأ همانندسازی نامیده می‌شود که به‌طور معمول به‌وسیله توالی‌های خاص نوکلئوتیدی مشخص می‌شود. در سلول‌های ساده‌ای نظیر باکتری‌ها یا مخمر، مبدأ همانندسازی تقریباً ۱۰° جفت نوکلئوتید طول دارد؛ آنها متشکل از توالی‌های دنا هستند که پروتئین‌های آغازگر را جذب می‌کنند و علاوه بر آن از قطعات دنا برای تشکیل شده‌اند که به‌آسانی از هم باز نمی‌شوند؛ همان‌گونه که می‌دانید جفت باز A-T توسط پیوندهای هیدروژنی کمتری نسبت به جفت C-G کنار هم نگه داشته می‌شوند. بنابراین دنا غنی از جفت باز A-T نسبتاً راحت‌تر از هم جدا می‌شوند و قطعات غنی از A-T معمولاً در مبدأ همانندسازی یافت می‌شوند.

یک ژنوم باکتریایی که از یک مولکول دنا حلقوی با چند میلیون جفت نوکلئوتید تشکیل شده است دارای یک مبدأ همانندسازی است. ژنوم انسانی بسیار بزرگ‌تر است و تقریباً ۱۰ هزار مبدأ همانندسازی دارد. در سلول‌های انسانی، آغاز همانندسازی دنا در مکان‌های متعدد با هم، سبب کوتاه‌تر شدن بیش از اندازه زمان مورد نیاز برای کپی‌برداری کل ژنوم می‌شود.

## کروموزوم‌های یوکاریوتی در هر چرخه سلولی دقیقاً یک مرتبه همانندسازی می‌کنند.

همان‌طوری که می‌دانید وقایعی که برای تقسیم سلول‌های یوکاریوتی لازم‌اند، در زمان‌های مجزایی از چرخه سلولی اتفاق می‌افتند. همانندسازی دنا کروموزومی تنها در طی فاز S چرخه سلولی صورت می‌پذیرد. در این فاصله زمانی تمامی دنا سلولی دقیقاً یک مرتبه مضاعف می‌شود. در نقاطی از کروموزوم که همانندسازی به‌طور کامل صورت نگرفته باشد، بین کروموزوم‌های دختری اتصالات نامناسبی دیده می‌شود. جداسازی این کروموزوم‌ها سبب شکست یا حذف کروموزومی می‌شود.

همانندسازی دنا می‌تواند نتایج وخیمی نیز داشته باشد و موجب افزایش تعداد کپی‌های مناطق ویژه‌ای از ژنوم شود. افزایش در کپی ژن‌های تنظیمی حتی به اندازه یک یا دو کپی، سبب ایجاد نقص در فرایندهای بیان ژن، تقسیم سلولی و یا نقص در پاسخ به سیگنال‌های محیطی می‌شود. بنابراین ضروری است هر جفت باز در هر کروموزوم، یک و تنها یک مرتبه، هنگامی که سلول در مرحله تقسیم سلولی است، همانندسازی شود. ضرورت تنها یک مرتبه همانندسازی شدن دنا چالش ویژه‌ای برای کروموزوم‌های یوکاریوتی است، چون این کروموزوم‌ها دارای چندین مبدأ همانندسازی هستند. نخست اینکه تعداد کافی از نقاط شروع همانندسازی باید فعال شوند تا اطمینان حاصل شود که هر کروموزوم در طی مرحله S به‌طور کامل همانندسازی می‌شود. عموماً نیازی نیست که تمامی نقاط شروع همانندسازی موجود در کروموزوم برای همانندسازی آن فعال شوند، اما اگر تعداد کمی از آنها فعال شوند، برخی مناطق موجود در ژنوم از همانندسازی فرار می‌کنند.

دوم اینکه ممکن است تعدادی از نقاط شروع همانندسازی در یک چرخه تقسیم سلولی مورد استفاده قرار نگیرند، ولی هیچ کدام از نقاط شروع همانندسازی نمی‌توانند بعد از اتمام همانندسازی دوباره فعالیت خود را شروع کنند. بنابراین اگر یک مبدأ همانندسازی سبب همانندسازی خود شود و یا به وسیله چنگال همانندسازی مربوط به مبدأ همانندسازی مجاور خود همانندسازی شود، تا شروع تقسیم سلولی در دور بعدی چرخه سلولی باید غیرفعال باقی بماند. اگر چنین نشود، در یک چرخه سلولی دِنای موجود در ناحیه شروع همانندسازی می‌تواند تا دو مرتبه همانندسازی شود.

### نقش‌های متفاوت دِنای پلی‌مرازها

برای انجام همانندسازی وجود دنا بسیار لازم است و برای ایفای نقش اصلی در همانندسازی به صورت صحیح و مؤثر ژنوم، نیاز است که سلول دِنای پلی‌مرازهای گوناگون و تخصصی داشته باشد. به عنوان مثال *E. coli* حداقل دارای ۵ نوع دِنای پلی‌مراز است که از طریق خواص آنزیمی، ترکیب زیرواحدها و فراوانی، از یکدیگر قابل تشخیص هستند. دِنای پلی‌مراز III (دِنای POL III) آنزیم اصلی دخیل در همانندسازی کروموزوم است. ژنوم کامل *E. coli* دارای ۴/۶ مگا باز است که توسط دو چنگال همانندسازی، همانندسازی می‌شود، بنابراین دِنای پلی‌مراز III باید توانایی پیش‌روندگی بالایی داشته باشد. هماهنگ با این نیازمندی‌ها، دِنای پلی‌مراز III معمولاً کمپلکس بزرگی است که توانایی پیشبرد بالایی دارد. این کمپلکس را هولوآنزیم دِنای پلی‌مراز III می‌نامند. در عوض، دِنای پلی‌مراز I برای برداشتن پرایمرهایی به کار می‌رود که در ابتدای ساخت دِنای استفاده می‌شوند. به همین دلیل این نوع دِنای پلی‌مراز دارای ۵' اگزونوکلئاز است. با این ویژگی دِنای پلی‌مراز I می‌تواند رِنا و یا دِنای را از قسمت بالا دست ناحیه ساخت دِنای بردارد. برخلاف دِنای پلی‌مراز III، دِنای پلی‌مراز I فاقد پیشبرد بالایی است، از این رو در هر اتصال، تنها قادر به افزودن ۲۰ تا ۱۰۰ نوکلئوتید است. این خصوصیت دِنای پلی‌مراز در برداشت پرایمرهای رِنا و همانندسازی دِنای در محل شکاف بسیار مناسب است.

چون هم دِنای پلی‌مراز I و هم دِنای پلی‌مراز III در همانندسازی نقش دارند، هر دو آنزیم باید بسیار دقیق باشند، به همین دلیل هر دو دارای خاصیت اگزونوکلئازی هستند که با آن فعالیت تصحیح را انجام می‌دهند. سه دِنای پلی‌مراز دیگر در *E. coli* وجود دارند که در ترمیم دِنای نقش دارند، ولی فاقد فعالیت‌های تصحیحی هستند.

سلول‌های یوکاریوتی نیز دارای چندین نوع دِنای پلی‌مراز هستند و عموماً در سلول بیش از پانزده نوع از آن وجود دارد. البته سه نوع از آنها برای مضاعف کردن ژنوم ضروری هستند که عبارت‌اند از: دِنای پلی‌مراز دلتا ( $\delta$ )، دِنای پلی‌مراز اپسیلون ( $\epsilon$ ) و دِنای پلی‌مراز آلفا ( $\alpha$ ) پریماز. هر یک از این دِنای پلی‌مرازهای یوکاریوتی دارای چندین زیرواحد هستند.



دِنا پلی مرا آلفا ( $\alpha$ ) پریماز به طور ویژه در آغاز ساخت رشته‌های جدید دِنا دخالت دارد. این مجموعه پروتئینی چهار زیر واحدی، دارای دو زیر واحد دِنا پلی‌مراز آلفا و دو زیر واحد پریماز است. بلافاصله بعد از ساخت رِنا ی پرایمر توسط پریماز، دِنا پلی‌مراز آلفا ساخت دِنا را آغاز می‌کند. دِنا پلی‌مراز آلفا پریماز به سبب پیش‌روندگی نسبتاً پایین، به سرعت به وسیله دِنا پلی‌مرازهای دلتا ( $\delta$ ) و اپسیلون ( $\epsilon$ ) که پیش‌روندگی بسیار بالایی دارند، جایگزین می‌شوند. مراحل جایگزینی دِنا پلی‌مراز آلفا پریماز با دِنا پلی‌مراز دلتا ( $\delta$ ) و اپسیلون ( $\epsilon$ ) را تعویض پلی‌مراز می‌نامند که به عملکرد سه دِنا پلی‌مراز یوکاریوتی در چنگال همانندسازی منجر می‌شود. نظیر سلول‌های باکتریایی، سایر دِنا پلی‌مرازهای یوکاریوتی در ترمیم دِنا نقش دارند.

### پروتئین‌های دخیل در همانندسازی

برای پیشبرد سنتز دِنا، ماریپچ مضاعف باید در جلوی چنگال همانندسازی باز شود، به طوری که دئو کسی ریونوکلئوزیدهای تری فسفات بتوانند با رشته الگو جفت باز تشکیل دهند.

دو نوع پروتئین دِنا هلیکاز و پروتئین‌های متصل‌شونده به تک‌رشته، با همکاری هم این وظیفه را انجام می‌دهند. در جلوی هر ماشین همانندسازی، هلیکاز وجود دارد، پروتئینی که با استفاده از انرژی حاصل از هیدرولیز ATP، به سرعت در طول دِنا حرکت و ماریپچ مضاعف را باز می‌کند. پروتئین متصل‌شونده به تک‌رشته به دِنا ی تک‌رشته‌ای که توسط فعالیت هلیکاز به وجود می‌آید، متصل می‌شود و به طور موقت از جفت‌شدن مجدد بازها جلوگیری می‌کند و آن را در شکل طوری حفظ می‌کند که دِنا بتواند به آسانی به عنوان الگو برای دِنا پلی‌مراز به کار رود.

پروتئین همانندسازی دیگری به نام گیره لغزنده، (Sliding clump) دِنا پلی‌مراز را به طور محکم متصل به دِنا ی الگو نگه می‌دارد، در حالی که رشته دِنا ی جدید در حال سنتز است. بی‌وجود این گیرنده، اکثر مولکول‌های دِنا پلی‌مراز، قبل از جدا شدن از دِنا ی الگو، تنها رشته کوتاهی از نوکلئوتیدها را سنتز خواهند کرد. گیره لغزنده، حلقه‌ای را دور ماریپچ دِنا تشکیل می‌دهد و با اتصال محکم به دِنا پلی‌مراز این امکان را فراهم می‌کند تا دِنا پلی‌مراز بی‌جدا شدن از دِنا در طول رشته الگو حرکت کند و دِنا ی جدیدی را سنتز کند.

### تاخوردگی پروتئین‌ها

پروتئین‌ها در اثر تاخوردگی، شکل فضایی را می‌گیرند که دارای پایین‌ترین سطح انرژی است. هر نوع پروتئین دارای ساختار سه‌بعدی خاص خود است که به وسیله توالی آمینواسیدهای آن در زنجیره پلی‌پپتیدی مشخص می‌شود. یک پروتئین معمولاً به صورتی تا می‌خورد که شکل حاصل دارای حداقل انرژی آزاد (G) باشد. تاخوردگی پروتئین‌ها با استفاده از پروتئین‌های بسیار خالص در شرایط آزمایشگاهی

مورد مطالعه قرار گرفته است. به وسیلهٔ تیمار با محلول‌هایی که برهم‌کنش‌های غیر کووالان نگه‌دارندهٔ زنجیره‌ها را می‌شکنند، می‌توان یک پروتئین را از حالت تاخوردۀ خارج و یا به عبارتی واسرشته کرد. این تیمار، پروتئین را به یک زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی قابل انعطاف که شکل طبیعی خود را از دست داده است، تبدیل می‌کند. زمانی که محلول واسرشت‌کننده را از محیط حذف کنیم، پروتئین معمولاً به‌طور خودبه‌خود تاخوردگی پیدا می‌کند و یا بازسرشت می‌شود و شکل فضایی اولیهٔ خود را به‌دست می‌آورد (شکل ۷-۴ ص ۱۳۹ البرتس). این حقیقت که پروتئین واسرشته‌شده می‌تواند به‌خودی‌خود مجدداً به‌درستی تا بخورد و شکل فضایی اولیه را به‌وجود آورد، نشان می‌دهد که همهٔ اطلاعات لازم برای تعیین شکل سه‌بعدی خاص هر پروتئین در توالی آمینواسیدهای آن نهفته است.

هر پروتئین به‌طور طبیعی به‌صورت یک شکل فضایی پایدار تا می‌خورد. با این حال، این شکل فضایی زمانی که پروتئین با سایر مولکول‌های داخل سلولی برهم‌کنش می‌کند، به‌تدریج تغییر می‌یابد. این تغییر در شکل، اغلب برای عملکرد پروتئین ضروری است.

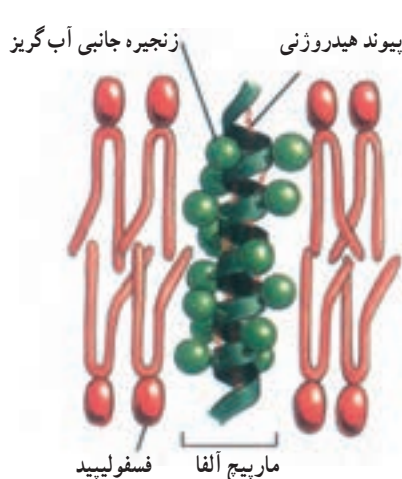
هنگامی که پروتئین‌ها به‌طور نامناسب تاخوردۀ شوند، گاهی اوقات تجمعاتی را ایجاد می‌کنند که به‌سلول یا حتی بافت آسیب وارد می‌کنند. تجمعات پروتئینی، مسئول چندین بیماری آسیب‌رسان به‌نورون، از جمله بیماری آلزایمر و بیماری‌های تنینگتون هستند.

بیماری پریونی نظیری فلج گوسفندی (scrapie) یا بیماری جنون گاوی (BSE) و بیماری تحلیل‌کننده مغز در انسان (CJD) نیز توسط تجمعات پروتئینی ایجاد می‌شوند. پروتئین پریون (PrP) در اثر بدتاخوردن به‌شکلی در می‌آید که آن را به‌عنوان یک عامل عفونی می‌توان در نظر گرفت، زیرا می‌تواند پروتئین‌های پریونی را که به‌طور صحیح تاخوردۀ اند، به‌شکل فضایی غیرطبیعی تبدیل کند. این عمل باعث می‌شود شکل بد تاخوردۀ PrP به‌سرعت از یک سلول مغزی به‌سلول دیگر منتشر شود و باعث مرگ جانور یا انسان آلوده شود.

یک زنجیرهٔ پروتئینی بی‌کمک خارجی می‌تواند به‌شکل فضایی صحیح خود تا بخورد، اما در یک سلول زنده، پروتئین‌های خاصی به‌نام چاپرون‌های مولکولی به‌تاخوردگی پروتئین‌ها کمک می‌کنند. این پروتئین‌ها به‌زنجیره‌هایی که اندکی تاخوردگی پیدا کرده‌اند متصل می‌شوند و کمک می‌کنند تا آنها در راستای مسیری که از لحاظ انرژی‌تیک مناسب است، تاخوردگی پیدا کنند. چاپرون‌ها در شرایط شلوغ سیتوپلاسم ضروری و حیاتی هستند، زیرا آنها از ارتباط نامناسب زنجیره‌های پلی‌پپتیدی تازه‌سنتز شده با مولکول‌های دیگر جلوگیری می‌کنند. به‌هر حال، ساختار سه‌بعدی نهایی پروتئین‌ها توسط توالی آمینواسیدها مشخص می‌شود و چاپرون‌ها فقط تاخوردگی را مطمئن‌تر و کاراتر می‌کنند.

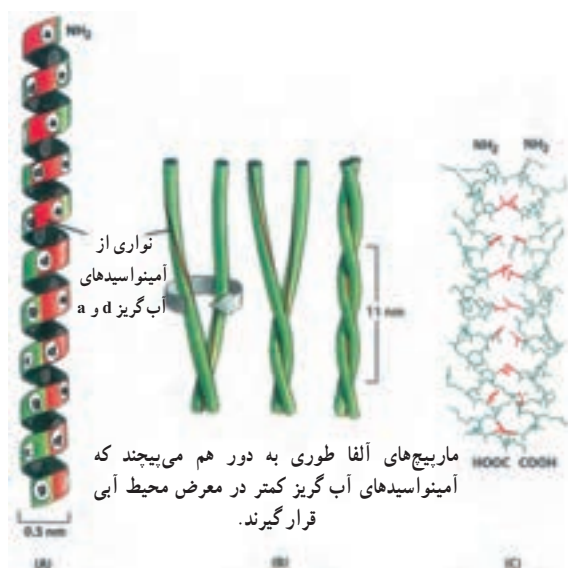
## مارپیچ آلفا

نواحی کوتاه مارپیچ آلفا به‌ویژه در پروتئین‌های غشای سلولی نظیر پروتئین‌های انتقالی و گیرنده‌ها فراوان



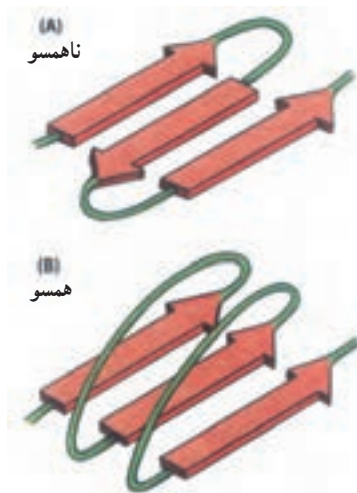
هستند. بخش‌هایی از پروتئین‌های غشایی که از عرض دولایه لیپیدی عبور می‌کنند، معمولاً ساختار مارپیچ آلفا داشته و اساساً از آمینواسیدهایی که زنجیره جانبی غیر قطبی دارند تشکیل می‌شوند. ستون اصلی آن، که آب‌دوست است، دارای پیوندهای هیدروژنی در خود ساختار مارپیچ آلفا است و توسط زنجیره‌های جانبی غیرقطبی از محیط لیپیدی آب‌گریز غشاء جدا می‌شود (شکل).

گاهی اوقات دو (یا سه) مارپیچ آلفا دور یکدیگر می‌پیچند و ساختار پایداری خاصی به‌نام پیچ‌درپیچ (coiled-coil) را تشکیل می‌دهند. این ساختار زمانی شکل می‌گیرد که مارپیچ‌های آلفا بیشتر زنجیره‌های جانبی غیرقطبی (آب‌گریز) را در یک سمت داشته باشند. بنابراین دور یکدیگر می‌پیچند تا



مارپیچ‌های آلفا طوری به دور هم می‌پیچند که آمینواسیدهای آب‌گریز کمتر در معرض محیط آبی قرار گیرند.

زنجیره‌های جانبی در هم فرو روند و تماس با محیط آبی سیتوزول در آنها به‌حداقل برسد (شکل). ساختارهای طولی و استوانه‌ای پیچ‌درپیچ، شبکه‌های ساختمانی برای بسیاری از پروتئین‌های طولی را ایجاد می‌کنند. مثلاً آلفا کراتین که فیبرهای درون سلولی را برای تقویت لایه خارجی پوست ایجاد می‌کند و میوزین که پروتئین مسئول در انقباض ماهیچه‌هاست، چنین ساختاری دارند.



### صفحات بتا

ساختارهای سختی را در مرکز بسیاری از پروتئین‌ها تشکیل می‌دهند.

صفحات بتا زمانی ایجاد می‌شوند که پیوندهای هیدروژنی بین قطعاتی از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی کنار هم به وجود می‌آیند. وقتی صفحه بتا از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی مجاور هم جهت تشکیل شده باشد (از انتهای N به انتهای C) آن را صفحه بتای همسو می‌نامند. اما زمانی که صفحه بتای از تاخوردگی یک رشته پلی‌پپتیدی به عقب و جلوی خود تشکیل شده باشد بدین معنی که جهت هر بخش زنجیره، مخالف جهت زنجیره‌های مجاور در ساختار صفحه بتا باشد، آن را صفحه بتا ناهمسو می‌نامند.

(شکل). هر دو نوع صفحه بتا ساختارهای صفحه‌ای و بسیار محکمی ایجاد می‌کنند و مرکز بسیاری از پروتئین‌ها را تشکیل می‌دهند.

ساختارهای دوم، ساختاری اصلی در ساختار پروتئین‌ها هستند. ساختارهای دوم آرایش‌های فضایی پایداری هستند. در این ساختار قطعات زنجیره پلی‌پپتیدی توسط پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های آمیدی و کربونیلی اسکلت کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و غالباً دارای الگوهای ساختاری تکرارشونده هستند. یک پلی‌پپتید بنا به توالی آن، ممکن است دارای انواع متفاوت ساختار دوم در قسمت‌های مختلف زنجیره باشد. ساختارهای دوم اصلی مارپیچ آلفا ( $\alpha$ )، صفحه بتا ( $\beta$ ) و یک پیچ U شکل کوتاه بتا ( $\beta$ ) هستند. در مورد قسمت‌هایی از پلی‌پپتید که به شکل این ساختارها نیستند ولی در هر صورت دارای شکل پایدار و مشخص‌اند گفته می‌شود که دارای ساختار نامنظم هستند. واژه کلاف نامنظم (random coil) به قسمت‌هایی از زنجیره پلی‌پپتید اطلاق می‌شود که بسیار منعطف‌اند و ساختار سب‌بعدی ثابتی ندارند. در یک پروتئین معمول ۶۰ درصد از زنجیره پلی‌پپتیدی به صورت مارپیچ‌های  $\alpha$  و صفحات  $\beta$  وجود دارد و بقیه مولکول به شکل ساختارهای نامنظم، کلاف و پیچ است. بنابراین مارپیچ‌های  $\alpha$  و صفحات  $\beta$  ساختارهای اصلی درونی در اغلب پروتئین‌ها هستند که آنها را شکل می‌دهند.

پروتئین‌هایی که به گونه‌ای دیگر تا خورده‌اند در بروز بیماری‌ها دخالت دارند.

شواهد اخیر نشانگر آن‌اند که ممکن است یک پروتئین در نتیجه جهش‌ها، تغییرات ایجاد شده به واسطه

برقراری پیوندهای کووالان نامناسب بعد از ساخت پروتئین یا به دلایلی که تاکنون مشخص نشده‌اند، به ساختار سه‌بعدی دیگری تا بخورد. این گونه تاخوردگی ناجور، نه تنها به از دست دادن عملکرد طبیعی پروتئین منجر می‌شود، بلکه آن را در معرض تجزیه پروتئولیتیک قرار می‌دهد. با این همه، هنگامی که تجزیه به صورت کامل انجام نشود یا سرعت تجزیه کمتر از سرعت انجام تاخوردگی ناجور باشد، تجمع پروتئین‌هایی با تاخوردگی ناجور یا قطعات ناشی از تجزیه آن، سبب بروز بیماری‌های تخریبی خاصی می‌شود. مشخصه این بیماری‌ها وجود تجمعی بی‌نظم از پروتئین‌های غیر محلول که در هم پیچ خورده‌اند، به نام پلاک، در اندام‌های مختلف مثل کبد و مغز است.

بیماری‌های تخریبی عصبی (نورودژنراتیو)، مثل بیماری آلزایمر و پارکینسون در انسان و بیماری جنون گاوی نیز از این نوع بیماری‌ها هستند.

**داروهای ضد سرطانی و ضد ویروسی که همانندسازی دنا را تحت تأثیر قرار می‌دهند.**

به علت نقش محوری‌ای که همانندسازی دنا در جریان تقسیم سلول دارد، هدف اصلی برای تهیه داروهای شیمیایی جلوگیری‌کننده از رشد تومورها در نظر گرفته شده است. انواع مختلف داروها برای مراحل مختلف همانندسازی دنا طراحی شده‌اند. از معمول‌ترین داروهای شیمیایی می‌توان عاملی را نام برد که ساخت زیستی نوکلئوتیدها را که پیش‌ساز ساخت دنا هستند، تحت تأثیر قرار می‌دهند. بدین ترتیب باعث می‌شوند تا دناپلیمراز به منظور انجام فعالیت خود با کمبود واحدهای سازنده روبه‌رو شود. به عنوان مثال داروی ۵-فلوئورو یوراسیل (۵-Fu) و ۶-مرکاپتوپورین (MP - ۶) آنالوگ‌هایی از نوکلئوتیدها هستند که ساخت نوکلئوتیدهای پورین و پیریمیدین را مهار می‌کنند. ۵-Fu از عوامل اصلی است که در درمان سرطان کلونورکتال به کار می‌رود. این دارو همچنین در درمان سرطان‌های معده و پانکراس نیز استفاده می‌شود. سایر داروهای ضد سرطان، ساخت دنا را مستقیم‌تر مورد هدف قرار می‌دهند. سیتوزین آرابینوزید (Arac) یک آنالوگ دئوکسی سیتوزین است که بعد از تبدیل به نوکلئوزیدتری فسفات به جای dCTP در ساخت دنا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## پاسخ به بعضی سؤالات و ابهامات در مورد فصل یک

### ■ آزمایش‌های گریفیت با آنفلوآنزا چه ارتباطی داشت؟

هدف اولیه گریفیت، کشف واکسنی برای آنفلوآنزا بود و در آن زمان تصور می‌کردند عامل بیماری آنفلوآنزا باکتری استرپتوکوکوس نومونیا است. گریفیت با آزمایش‌های خود نتوانست واکسنی را کشف کند، ولی از آزمایش‌ها نتیجه‌ای گرفت که عامل صفات می‌تواند از موجودی به موجود دیگر منتقل شوند.

### ■ آزمایش‌های ایوری و همکارانش :

همه آزمایش‌های ذکر شده مربوط به ایوری نیست، بعضی از آنها را همکارانش در همان آزمایشگاه یا در آزمایشگاه دیگری انجام دادند.

### ■ درباره پیوند فسفودی استر :

تعریف قدیمی در کتاب‌های زیست‌شناسی غلط بوده است. وقتی گفته می‌شود دی استر یعنی دو پیوند استری باید نشان داده شود. در شیمی وقتی الکل با اسید در کنار هم قرار گیرند، استر تشکیل

می‌شود و پیوند بین آنها را استری گویند که به این صورت نشان داده می‌شود:  $\text{O} \parallel \text{C}-\text{O}-$  وقتی به جای

کربن فسفر قرار گیرد به آن فسفو استر می‌گویند:  $\text{O} \parallel \text{P}-\text{O}-$  و اگر به این صورت باشند:  $\text{O} \parallel \text{P}-\text{O}-$  به آن فسفودی استر گفته می‌شود.

بنابراین پیوند فسفودی استر که دو نوکلئوتید را به هم متصل می‌کند در واقع قند یک نوکلئوتید را به قند نوکلئوتید دیگر متصل می‌کند و اگر بگویید فسفات یک نوکلئوتید را به قند نوکلئوتید دیگر وصل می‌کند اشتباه است.

### ■ درباره جدول صفحه ۶؛ بیشتر بدانید :

ستون آخر درست است و نسبت آنها نباید یک شود، مگر اینکه استثنائاً درصد هر چهار نوع نوکلئوتید در موجودی مثل ذرت مساوی شود. هدف از قرارداد این ستون این است که همه نسبت‌ها

$$\text{برابر یک نمی‌شود فقط } \frac{A+G}{T+C} \text{ یا } \frac{T+G}{A+C} \text{ همیشه یک می‌شوند.}$$

### ■ درباره انواع رنا :

موارد گفته شده ۳ نوع اصلی رنا هستند. علاوه بر اینها تعدادی رناهای کوچک نیز داریم که فقط به بعضی از نقش‌های آنها اشاره شده است. لزومی به نام بردن از آنها دیده نشد.

### ■ درباره آنزیم هلیکاز :

دنا شبیه زردبان پیچ خورده است. این پیچ‌ها و دو رشته را آنزیم هلیکاز، از هم باز می‌کند ولی اگر پیچ‌های بیشتری در آن داشته باشیم، مثلاً به صورت کلاف درهم پیچیده باشد باز کردن آنها توسط آنزیم دیگری مثل توپوایزومراز انجام می‌شود.

### ■ دربارهٔ اندازهٔ حباب‌های همانندسازی :

در شکل ۱۴، حباب‌ها با اندازهٔ متفاوت نشان داده شده‌اند، در صورتی که هم‌زمان همانندسازی را شروع کرده‌اند. چرا؟ علت این تفاوت سرعت متفاوت آنزیم‌ها است. سرعت آنزیم در هر حباب به عوامل مختلفی بستگی دارد. مثل نوع جفت‌بازها که اگر بیشتر AT باشند زودتر از هم باز می‌شوند و اگر CG باشند دیرتر این اتفاق می‌افتد. وجود بعضی از عوامل مثل باقی‌ماندهٔ هیستون‌ها هم می‌تواند جلوی سرعت آنزیم را بگیرد.

### ■ در مورد ساختارهای سوم و چهارم :

در کتاب درسی برای ساختار سوم میوگلوبین و برای ساختار چهارم هموگلوبین ذکر شده است. میوگلوبین یک زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی با ۱۵۳ آمینواسید است که در بخشی از آن یک گروه هم قرار دارد. هم ساختاری پورفیرینی (Porphyrin) به صورت چهارحلقه‌ای آلی است که در مرکز آن یک اتم آهن قرار گرفته است. هموگلوبین ۴ زنجیره از دو نوع متفاوت آلفا و بتا دارد که زنجیرهٔ بتا ۱۴۶ و زنجیرهٔ آلفا ۱۴۱ آمینواسید دارد و هر کدام یک گروه هم دارند.

## پاسخ فعالیت‌های فصل ۱

### فعالیت ۱

انجام این فعالیت به عهدهٔ دانش‌آموز است، ولی برای راهنمایی می‌تواند از چند مفتول یا سیم‌های مسی با پوشش‌های رنگی استفاده کند.

ابتدا آنها را به صورت خطی نشان می‌دهد (ساختار اول).

سپس به صورت فرم مارپیچ و صفحه‌ای در می‌آورد (ساختار دوم).

مارپیچ‌ها و صفحات را با هم یا جداگانه در کنار هم قرار می‌دهد (ساختار سوم).

تعدادی مارپیچ و صفحه را به رنگ‌های متفاوت در کنار هم قرار می‌دهد و ساختارهای متفاوتی را نشان می‌دهد (ساختار چهارم).

### فعالیت ۲

الف) تب بالا (بالتر از ۴۰ درجه) ممکن است آنزیم‌ها را غیرفعال کند، بنابراین عملکرد آنها در سلول و بدن مختل می‌شود. عمل نکردن آنزیم‌ها ممکن است باعث غیرفعال شدن دستگاه‌های بدن و حتی مرگ شود.

ب) برای غیرفعال کردن دائمی آنزیم‌ها از دمای بالا استفاده می‌شود، ولی برای غیرفعال کردن موقتی و برگشت‌پذیر برای مدتی از دمای پایین استفاده می‌کنند.

## فصل دوم

جریان اطلاعات در یاخته



## ایده‌های کلیدی

- ساختار، عملکرد
- روابط و الگوها
- پایداری تغییر و زمان
- اندازه‌گیری

## پیامدهای شایستگی محور

- باور کند که اطلاعات در یاخته جریان پیدا می‌کند و از آن برای شناخت ساختار ژن‌ها استفاده می‌کند.
- با اطلاع از نحوه رونویسی از ژن‌ها، به علت بعضی پدیده‌های مؤثر بر رونویسی پی می‌برد.
- با آگاهی از نحوه ساخت پروتئین‌ها می‌تواند با مراحل پروتئین‌سازی آشنا شوند.
- با مقایسه بین رفتارهای مختلف ژن‌ها در یاخته‌های مختلف، علت بروز یا عدم بروز آنها را دریابند.

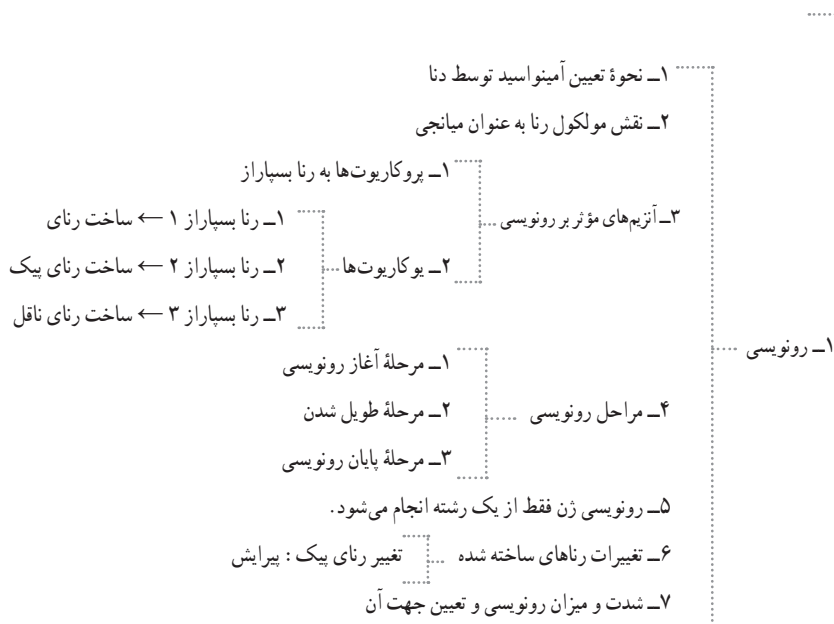
## پرسش‌های اساسی

- رابطه بین ژن و پروتئین چیست؟
- چه عاملی ارتباط بین ژن و پروتئین را برقرار می‌کند؟
- ساخت رناها چگونه انجام می‌شود؟
- رناهای حاصل پس از ساخت چه تغییراتی می‌کنند و چگونه به بخش‌های مربوط خودشان می‌روند؟
- زبان نوکلئیک اسیدی چگونه به پپتیدی یا پلی پپتیدی تبدیل می‌شوند؟
- عوامل مؤثر در فرایند ترجمه کدام‌اند و هر یک از این عوامل چگونه ساخته می‌شوند؟
- مراحل مختلف ترجمه کدام‌اند و هر یک چه فرایندی را دنبال می‌کنند؟
- سرعت پروتئین‌سازی چگونه کنترل می‌شود؟
- محل پروتئین‌سازی در یاخته کجاست؟
- بیان ژن چگونه انجام می‌شود و عوامل مؤثر بر آن در یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها چیست؟
- تنظیم مثبت و منفی رونویسی چیست و چه تفاوتی با هم دارند؟
- تنظیم رونویسی در یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها چه تفاوت و شباهت‌هایی با هم دارند؟

## مفاهیم کلیدی

کم‌خونی داسی‌شکل، دنا، نوکلئوتید، رنا، ژن، آمینواسید، پلی‌پپتید، رونویسی، رنا بسپاراز، راه‌انداز، مرحله آغاز رونویسی، مرحله طویل شدن، مرحله پایان رونویسی، رشته الگوی دنا، حباب رونویسی، توالی پایان رونویسی، رشته رمزگذار، پیرایش، میانه، بیان، رنا نابالغ (اولیه)، رنا بالغ، ترجمه، رمز پایان، رمز آغاز، رمزه، رنا ناقل، رنا پیک، رنا رنانتی، ATP، پادرمزه، رناتن، جایگاه‌های E و P و A، مرحله آغاز ترجمه، مرحله طویل شدن، مرحله پایان ترجمه، عوامل آزادکننده، کریچه، کافنده تن، تنظیم بیان ژن، اشریشیا کلاهی، لاکتوز، تنظیم منفی رونویسی، مهارکننده، اپراتور، تنظیم مثبت رونویسی، مالتوز، فعال‌کننده، جایگاه اتصال فعال‌کننده، راکیزه، دیسه، عوامل رونویسی، توالی افزاینده، فام‌تن.

## نقشه مفهومی







گفتار ۱، رونویسی، گفتار ۲، ترجمه و گفتار ۳، تنظیم بیان ژن

## روش تدریس

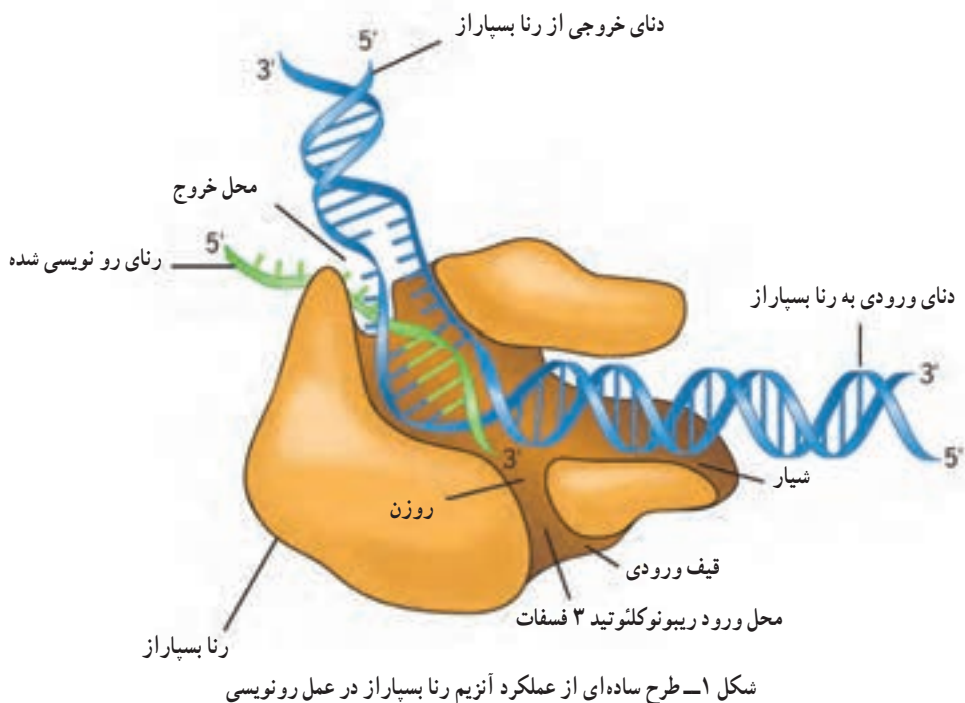
استفاده از روش آموزشی کلاس معکوس مناسب است و برای اجرای آن می‌توان از داده‌ها و ابزارهای زیر استفاده کرد :

- سفارش به دانش‌آموزان برای پیش‌مطالعه درس پیش از کلاس
  - تهیه تصاویر متناسب با فرایندهای رونویسی و ترجمه و تنظیم بیان ژن و در اختیار قراردادن آنها پیش از کلاس
  - تهیه فیلم‌های مناسب و مفهوم درباره فرایندهای رونویسی ترجمه و تنظیم بیان ژن و در اختیار قراردادن آنها قبل از کلاس
  - دانش‌آموزان پس از مشاهده و مطالعه موارد فوق در کلاس حاضر می‌شوند و در کلاس فقط به رفع اشکال و تکمیل یادگیری می‌پردازند.
  - از مثلث ارتقای یادگیری برای تقویت یادگیری استفاده شود.
- طراحی آموزشی مطلوب، رسانه‌های پرشمار، ارائه مطلوب آموخته‌ها (برون‌داد)

## دانستنی‌هایی برای معلم

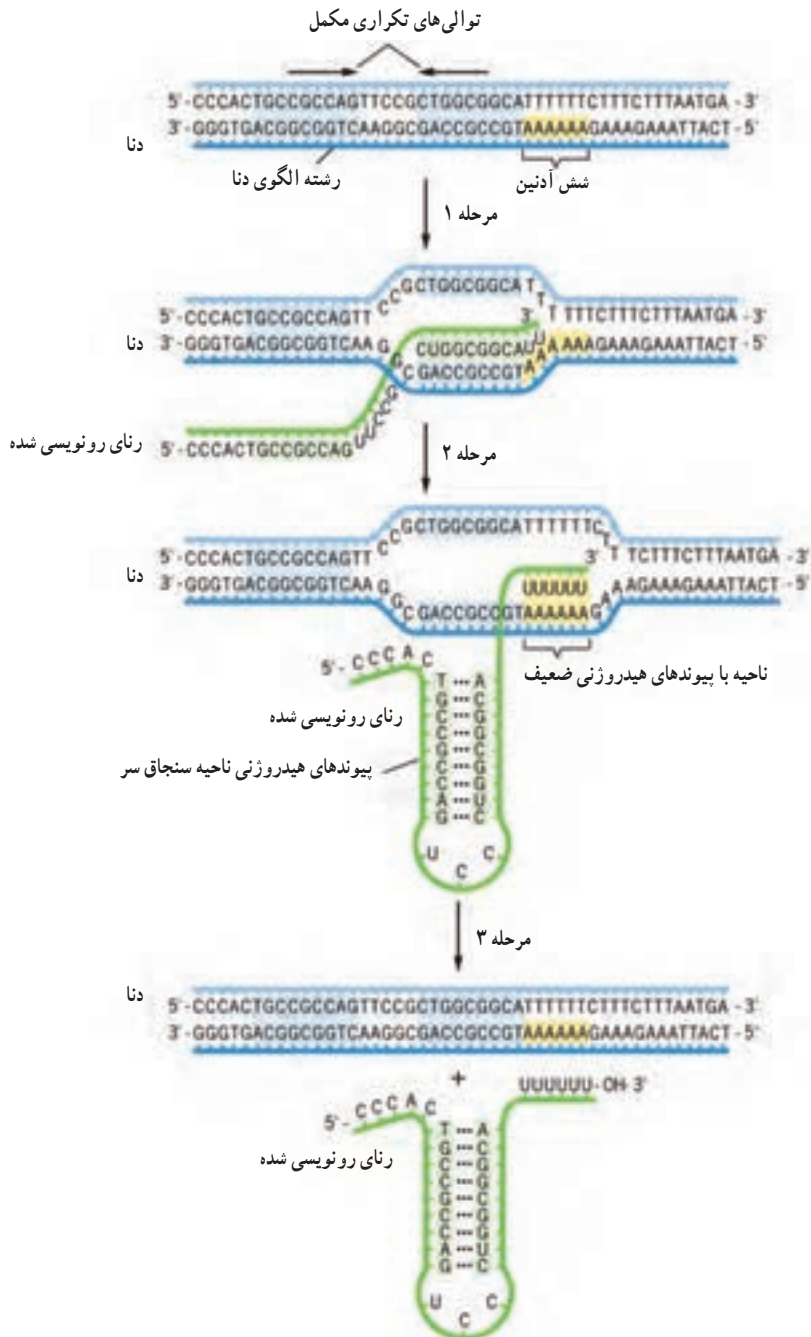
### رونویسی پروکاریوت‌ها

آنزیم رنا بسیار از مؤثر در رونویسی (مثلاً در E.coli) از ۵ پلی‌پپتید تشکیل شده است که دو تای آنها یکسان‌اند ( $\alpha, \beta, \beta', \sigma$ ). زیر واحد بتا ( $\beta$ ) دارای جایگاه اتصال ریبونوکلئوتید ۳ فسفات است و زیر واحد  $\beta'$  محل اتصال دنا الگو را دارد. این آنزیم‌ها ابتدا زنجیره‌های کوتاهی می‌سازند که شامل ۲ تا ۹ نوکلئوتید است و سپس جدا می‌شوند. ساخت ناقص این زنجیره‌ها تا زمانی انجام می‌شود که زنجیره‌هایی با طول ۱۰ یا بیشتر نوکلئوتید ساخته شود. این آنزیم‌ها توالی‌های ویژه‌ای را پیش از جایگاه آغاز رونویسی شناسایی می‌کنند که به توالی راه‌انداز مشهورند. این توالی‌ها در محدوده ۱۰ و ۳۵ جفت نوکلئوتید پیش از جایگاه آغاز قرار دارند و با وجود مشابهت در بخش‌هایی، در بقیه قسمت‌ها تفاوت دارند (شکل ۱).



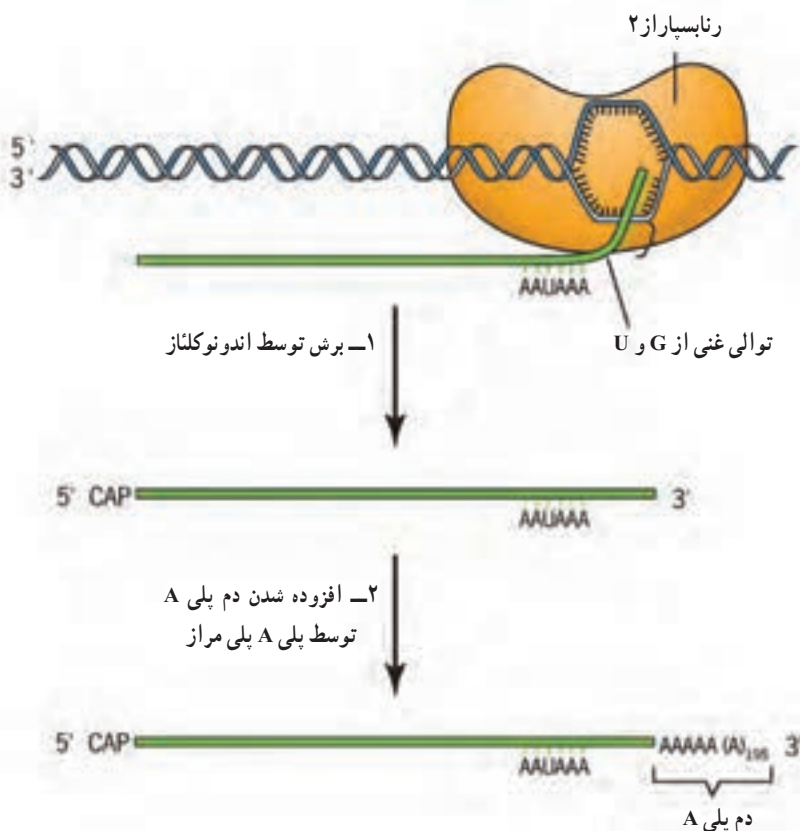
در حين رونويسي بخش‌های قبل از محل رونويسي در حال بسته شدن و بخش‌های بعدی در حال باز شدن است. طول متوسط اين حباب در *E. coli* حدود ۱۸ جفت نوكلئوتيد است و سرعت رشد آن حدود ۴۰ نوكلئوتيد در ثانيه است.

پايان رونويسي در اين باكتري، در مواردی به كمك پروتئين‌های خاص و در مواردی توسط توالی‌های غنی از CG انجام می‌شود. حضور تعداد زیادی جفت باز CG باعث ايجاد ساختار سنجاق سر می‌شود. اين ساختار موجب تأخير در حركت رنا بسياراز می‌شود و طويل شدن رنا را متوقف می‌كند. (شکل ۲)



### رونویسی در یوکاریوت‌ها

رونویسی در یوکاریوت‌ها توسط سه نوع آنزیم انجام می‌شود، ولی برای رونویسی نیازمند همکاری پروتئین‌های عوامل رونویسی هستند. رنا بسپاراز ۱ در هستک قرار دارد و در ساخت زیرواحدهای رنای رنانتی به جز زیرواحد 5S، دخالت دارد. رونویسی در یوکاریوت‌ها علاوه بر ساخت رنای پیک، رنانتی و ناقل، منجر به ساخت رناهای کوچک دیگری هم می‌شود که اعمال مختلفی انجام می‌دهند. رنا بسپاراز ۲ برای شروع رونویسی به عوامل رونویسی اساسی نیازمند است. پروتئین‌های دیگری نیز جزو عوامل رونویسی هستند که به کمک توالی‌های تنظیمی به نام افزایشده‌ها و خاموشگرها میزان رونویسی را تنظیم می‌کنند. (شکل ۳)



شکل ۳- نحوه پایان رونویسی در یوکاریوت‌ها



راه اندازهای رنا بسپاراز ۱ و ۲ در بالادست ژن قرار دارند، ولی بعضی راه اندازهای رنا بسپاراز ۳ در پایین دست (فرو دست) ژن قرار دارند و بنابراین هنگام رونویسی از ژن، این راه اندازها هم مورد رونویسی قرار می گیرند.

### ژن های پیوسته و ناپیوسته

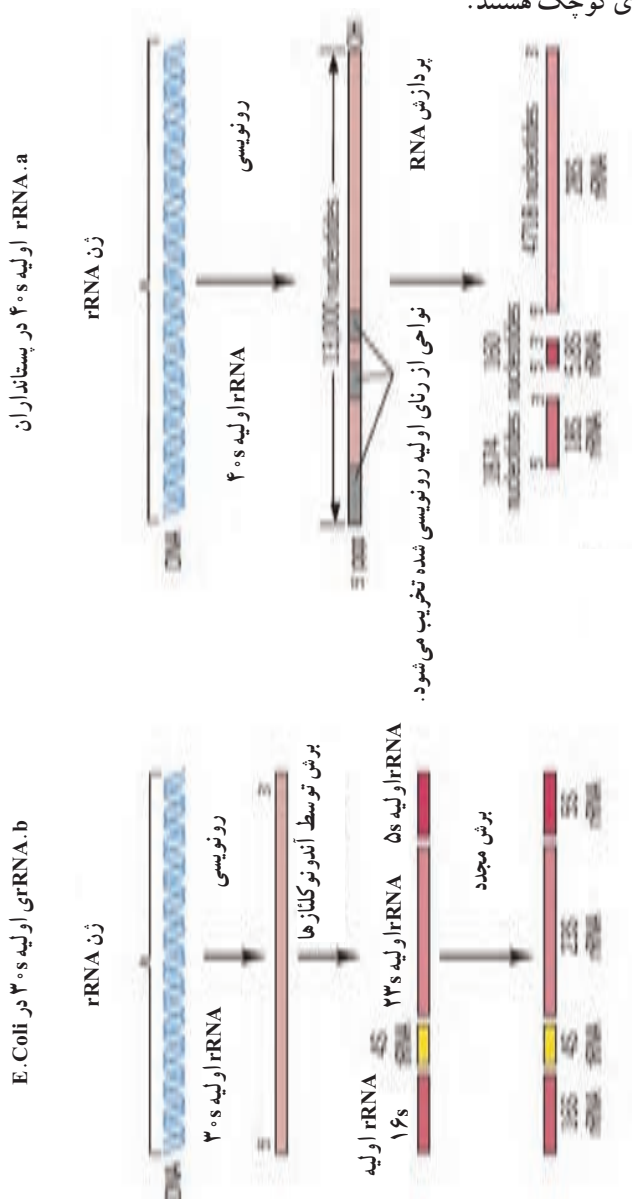
در مطالعاتی که روی ژن های یوکاریوتی به ویژه جانداران پیشرفته تر انجام شد، مشخص شده که تعداد ژن های ناپیوسته بیشتر از ژن های پیوسته است. در بعضی ژن ها تعداد توالی های اینترون (میان) زیاد و بعضی کم ولی با نوکلئوتید زیاد هستند. مثلاً ژن کلاژن مرغ حداقل ۵۰ اینترون دارند. این ژن که حدود ۳۷ هزار جفت نوکلئوتید دارد، در نهایت به رنای پیکی تبدیل می شود که فقط ۴۶۰۰ نوکلئوتید دارد. در مواردی هم ممکن است اینترون به تعداد کم ولی طویل باشد. مثلاً نوعی ژن دارای اینترونی است که طول آن در حدود ۷۰ هزار جفت نوکلئوتید است. در انسان نوعی ژن که جهش در آن موجب دیستروفی عضلانی دوشن می شود، ۲/۵ میلیون جفت باز دارد و در آن ۷۸ اینترون وجود دارد. (شکل ۴)

انواع رنا بسپارازها در یوکاریوت ها، محل حضور و محصولات آنها		
محصول	محل	آنزیم
رناهای ریبوزومی به جز رنای ۵S	هسته	RNA polymerase I
رنای پیک نابالغ هسته ای	هستک	RNA polymerase II
و سایر رناهای کوچک هسته ای	هستک	RNA polymerase III
رناهای کوچک	هسته (گیاهان)	RNA polymerase IV
بعضی رناهای کوچک دیگر	هسته (گیاهان)	RNA polymerase V

### اهمیت میانه ها (اینترون ها)

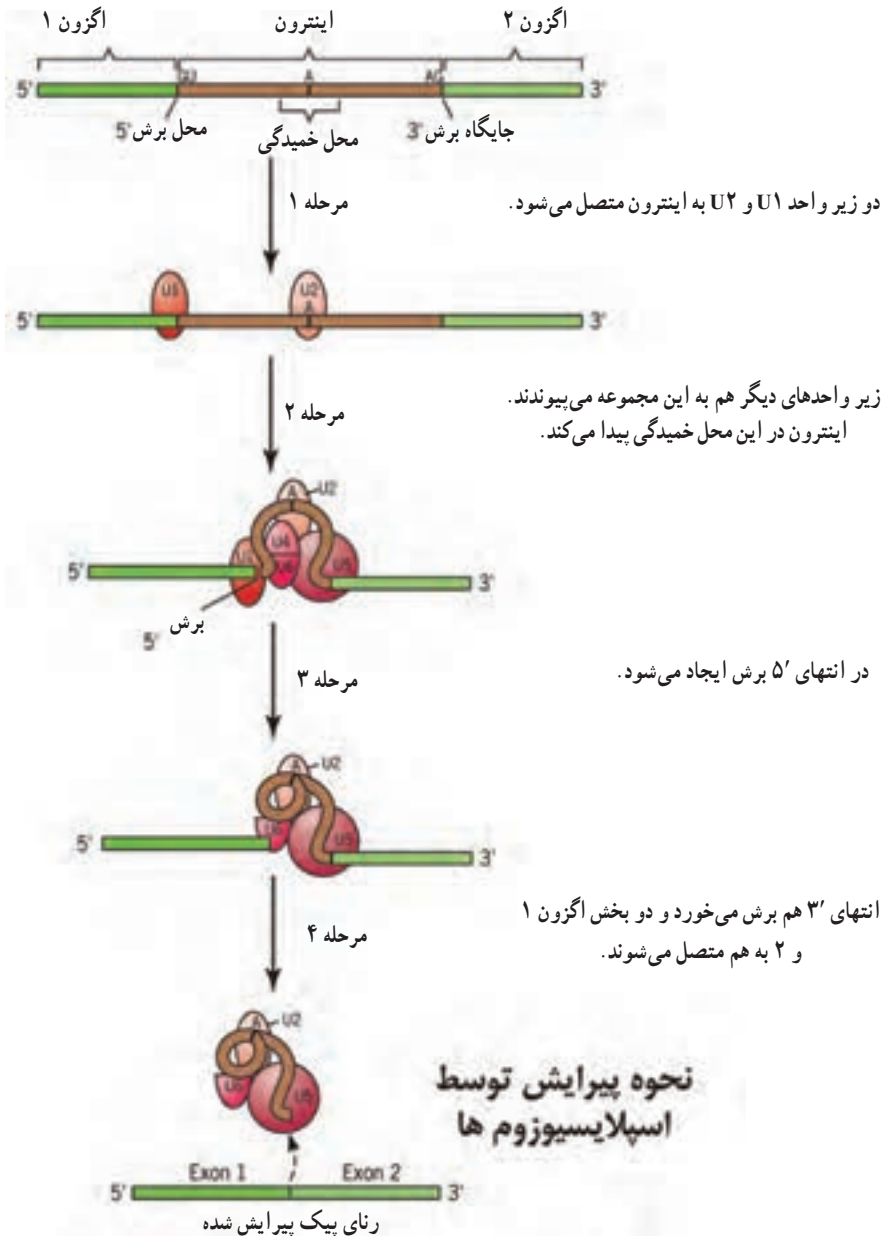
به علت تفاوت در تعداد و ساختار اینترون ها نقش های حیاتی اینترون ها چندان مشخص نیست. بعضی معتقد به نقش تنظیمی اینترون ها در بیان ژن ها هستند. رونویسی از ژن های دارای اینترون بیشتر یا بزرگ تر زمان بیشتری نسبت به ژن های فاقد اینترون می برد، بنابراین محصول آنها هم کمتر خواهد بود. از طرفی مطالعات نشان داده که سرعت تجمع جهش های جدید در اینترون ها بیشتر از اگزونهاست. این مسئله بیانگر آن است که اولاً اهمیت اینترون ها چندان زیاد نیست و ثانیاً می تواند به عنوان بخش های جهش گیر عمل کنند. از طرفی اینترون ها ممکن است با افزایش میزان نوترکیبی قطعات حاصل، منجر به تنوع شوند. در این حالت اینترون ها می توانند چندین محصول برای یک ژن فراهم کنند. در مجموع به نظر می رسد جداسدن اینترون های رنای ناقل با برش های دقیق آنزیم های اندونوکلازی انجام می شود و اتصال اجزا

توسط لیگاز انجام می‌شود. اینترون‌های پیش‌ساز بعضی رنای‌های ریبوزومی هم به صورت خود کانالیتیکی حذف می‌شوند. (شکل ۴) این واکنش‌ها توسط عملکرد آنزیمی خود رنای‌ها انجام می‌شود. اینترون رنای‌های پیک اولیه توسط مجموعهٔ ریبونوکلئوپروتئینی به نام اسپلایسوزوم‌ها انجام می‌شود. این ساختارها از جهاتی شبیه ریبوزوم‌های کوچک هستند.

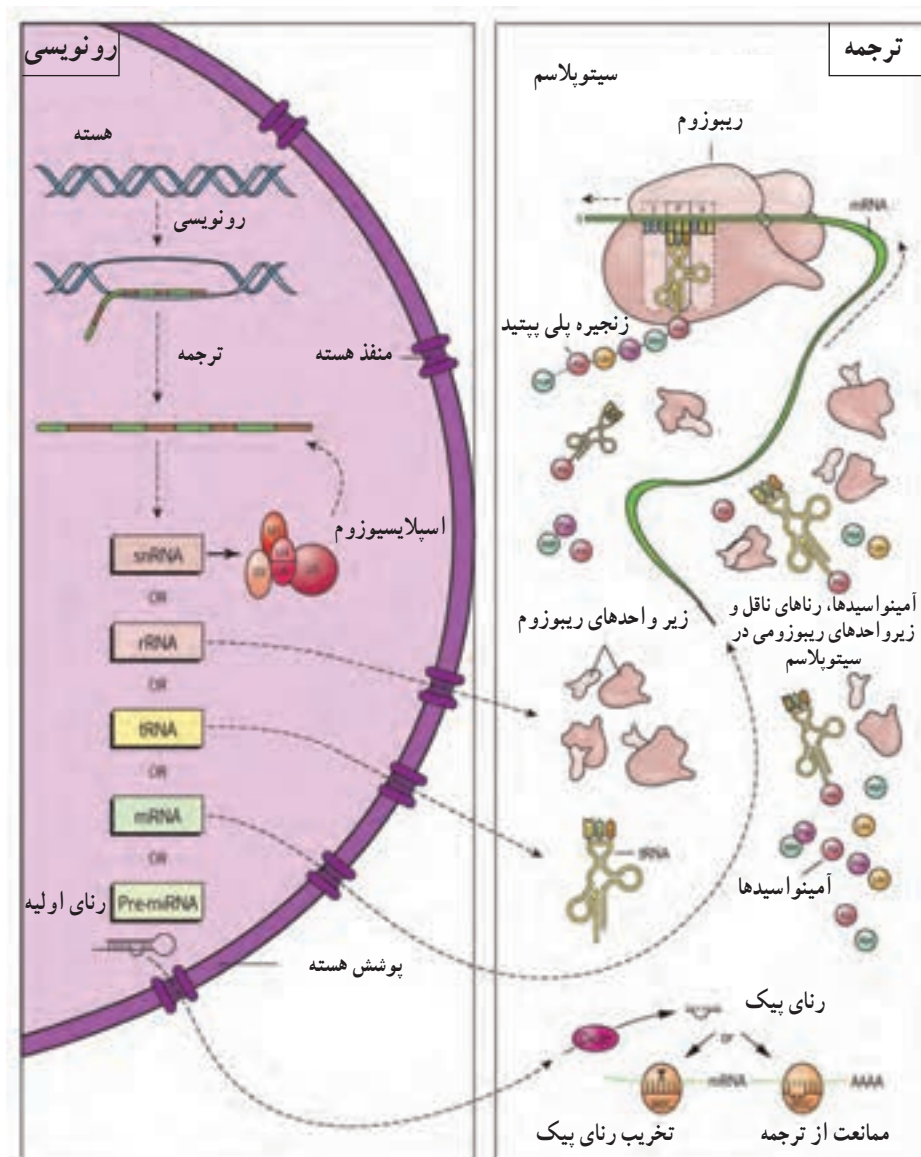


شکل ۴- نحوهٔ تشکیل و تغییرات رنای ریبوزومی، a: استاندارد، b: *E. coli*.

در پایان باید گفت اینترون‌ها حدود  $\frac{1}{4}$  ژنوم انسان را تشکیل می‌دهند. تعداد بسیار کمی از ژن‌های پروکاریوتی هم دارای توالی‌های اینترونی هستند. (شکل ۵)



شکل ۵- نحوه پیرایش توسط اسپلایسیوزوم‌ها



شکل ۶- رونویسی انواع رنا و سرنوشت آنها

### بیماری کم خونی داسی شکل

هموگلوبین دارای ۴ زنجیره پلی پپتیدی است که دوه دو مشابه اند. هموگلوبین در افراد بالغ دارای دو زنجیره آلفا با تعداد ۱۴۱ آمینواسید و دو زنجیره بتا با ۱۴۶ آمینواسید است. نوع این زنجیره ها در طی تکوین جنین تا تولد و بلوغ فرق می کند ولی در فرد بالغ شامل زنجیره آلفا و بتا است.

ششمین آمینواسید زنجیرهٔ بتا در افراد سالم گلو تامیک اسید است، ولی در افراد مبتلا به کم‌خونی داسی‌شکل، آمینواسید والین است. این تغییر تک‌آمینواسیدی در نتیجهٔ جایگزینی یک نوکلئوتید T با A در ژن است.

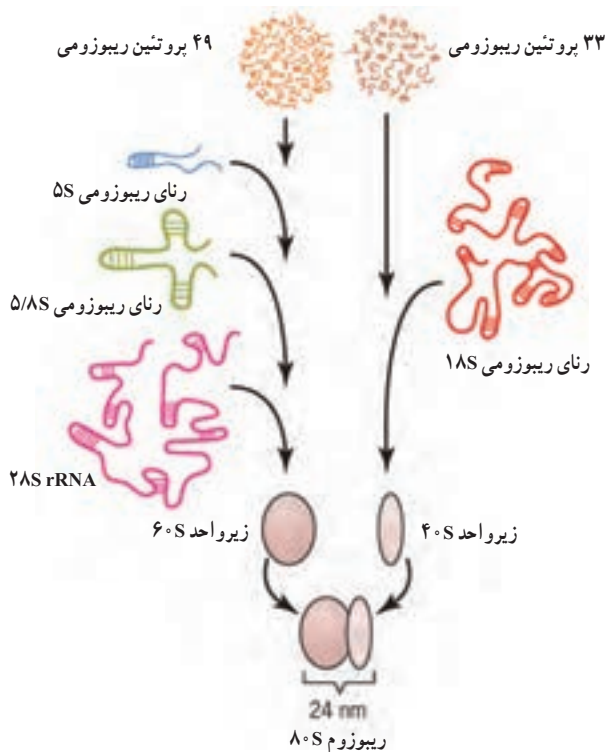
### اجزای لازم برای ترجمه

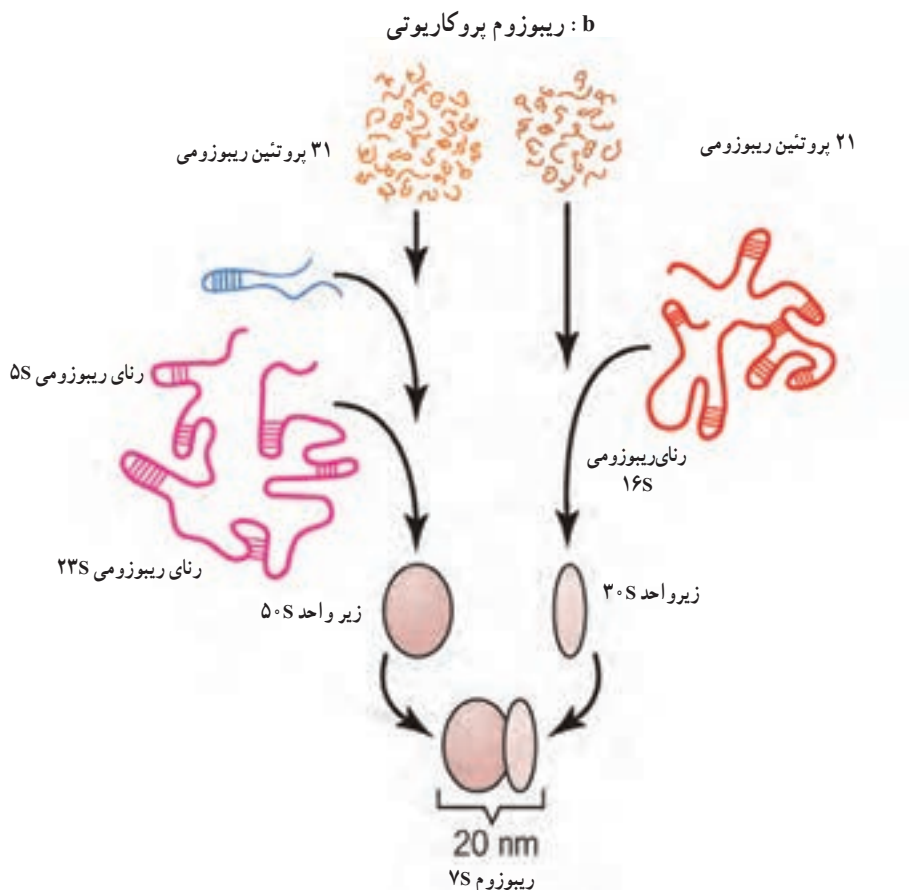
برای ترجمهٔ مجموعه‌ای از عوامل شامل ریبوزوم‌ها، حداقل ۲۰ آنزیم متصل‌کننده آمینواسیدها، ۴۰ تا ۶۰ مولکول مختلف رنای ناقل و تعداد زیادی پروتئین محلول دخالت دارد.

### ریبوزوم

یکی از اجزای مهم یاخته‌ها ریبوزوم‌ها هستند. در *E. coli* تقریباً ۲۵ درصد وزن خشک را ریبوزوم‌ها تشکیل می‌دهند. ریبوزوم تقریباً نیمی از پروتئین و نیمی از RNA تشکیل شده است. دو زیرواحد ریبوزوم هنگام ترجمه، کامل و در پایان آن از هم جدا می‌شوند و اجزای ریبوزوم به صورت شکل ۷ به هم می‌پیوندند و ریبوزوم کامل را ایجاد می‌کنند.

#### a: ریبوزوم یوکاریوتی





شکل ۷- نحوه تشکیل ریبوزوم. a : ریبوزوم یوکاریوتی، b : ریبوزوم پروکاریوتی

### رناي ناقل

رناي ناقل مسئول انتقال آمینواسیدها است. اتصال آمینواسید به رناي ناقل توسط بخش کربوکسیل آمینواسیدها به هیدورکسیل رناي ناقل انجام می‌شود. آنزیم اتصال‌دهنده، آمینواسیل - tRNA سنتاز است. حداقل یک نوع از این آنزیم برای هر نوع آمینواسید در یاخته وجود دارد. برای اتصال آمینواسید به رناي ناقل نیاز به ATP است.

رناي ناقل در ابتدا به صورت رشته‌های بلندتری ساخته می‌شود ولی پس از ساخت مورد تغییرات مختلفی از جمله برش، پیرایش و متیلاسیون قرار می‌گیرد. در این نوع رنا، نوکلئوتیدهای غیرمعمول نیز ایجاد می‌شود. در شکل صفحه بعد این نوکلئوتیدهای غیرمعمول و ساختار رناي ناقل نشان داده شده است. رناهای مختلف از محل آنتی کدون (پادرمزه) مورد شناسایی آنزیم آمینواسیل - tRNA سنتاز مناسب قرار می‌گیرد. (شکل ۸)



شکل ۸- ساختار رنای ناقل

### ترجمه

ترجمه در پروکاریوت‌ها توسط عوامل مختلفی آغاز می‌شود و به پایان می‌رسد. رنای ناقل آغازگر مورد استفاده به صورتی است که گروه آمین در آمینواسید متیونین، توسط یک گروه فرمیل مسدود شده است. کدون آغاز در این جانداران AUG و گاهی GUG است. در ابتدا پروتئینی به نام عامل آغازی ۳ به زیر واحد ۳۰S ریبوزوم متصل و به کدون آغاز هدایت می‌شود. سپس عامل آغازی ۲ با هدایت رنای ناقل حامل متیونین به همراه عامل آغازی ۱ و GTP به این مجموعه ملحق می‌شود. زیر واحد ۵۰S ریبوزوم به این عوامل اضافه می‌شود. در این حالت عوامل آغازی و GDP از مجموعه جدا می‌شوند.

در یوکاریوت‌ها شروع ترجمه پیچیده‌تر است و شامل چندین عامل آغازی است. ضمناً رنای ناقل حامل متیونین، فرمیله نیست. مجموعه عوامل آغازی به همراه زیر واحد کوچک ریبوزوم ۴۰S در طول رنای پیک حرکت می‌کنند تا به نخستین کدون آغاز برسند. در این حالت عوامل آغازگر جدا می‌شوند و زیر واحد بزرگ ۶۰S ریبوزوم به مجموعه متصل و ترجمه آغاز می‌شود.

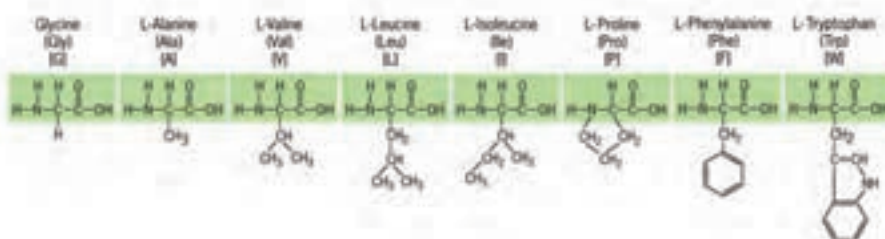
افزوده شدن رنای ناقل به مجموعه و رشد زنجیره آمینواسیدها بسیار و سریع انجام می‌شود. مثلاً در E. coli هر آمینواسید حدود ۵٪ ثانیه برای اتصال زمان می‌برد و یک پلی‌پپتید ۳۰۰ آمینواسیدی در مدت ۱۵ ثانیه ساخته می‌شود.

پایان ترجمه توسط عوامل پروتئینی آزادکننده انجام می‌شود. این عوامل در پروکاریوت‌ها دارای دو عامل و در یوکاریوت‌ها شامل یک عامل است.

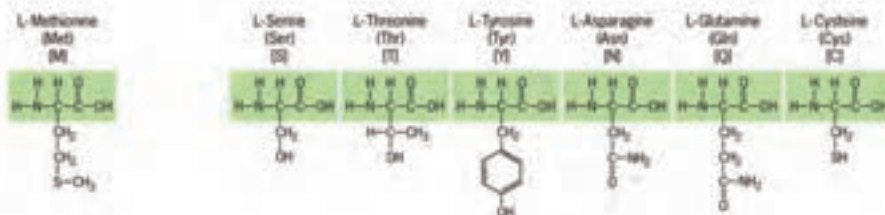
کدون‌ها (رمزها) تقریباً در جانداران مشابه‌اند. البته بعضی انواع کدون‌ها مثلاً در میتوکندری بعضی جانداران با پستانداران تفاوت دارد. مثلاً UGA که کدون پایان است در میتوکندری، تریپتوفان را کد می‌کند، یا مثلاً AUA کدون متیونین است. AGA و AGG کدون‌های پایان هستند.

### طبقه‌بندی انواع آمینواسیدها بر اساس گروه جانبی

#### ۱- گروه جانبی آبگریز یا غیر قطبی

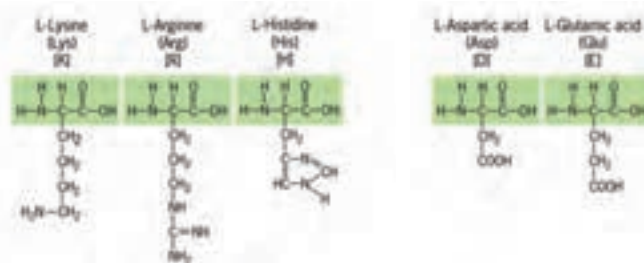


#### ۲- گروه جانبی آب‌دوست یا قطبی



#### ۴- گروه جانبی بازی

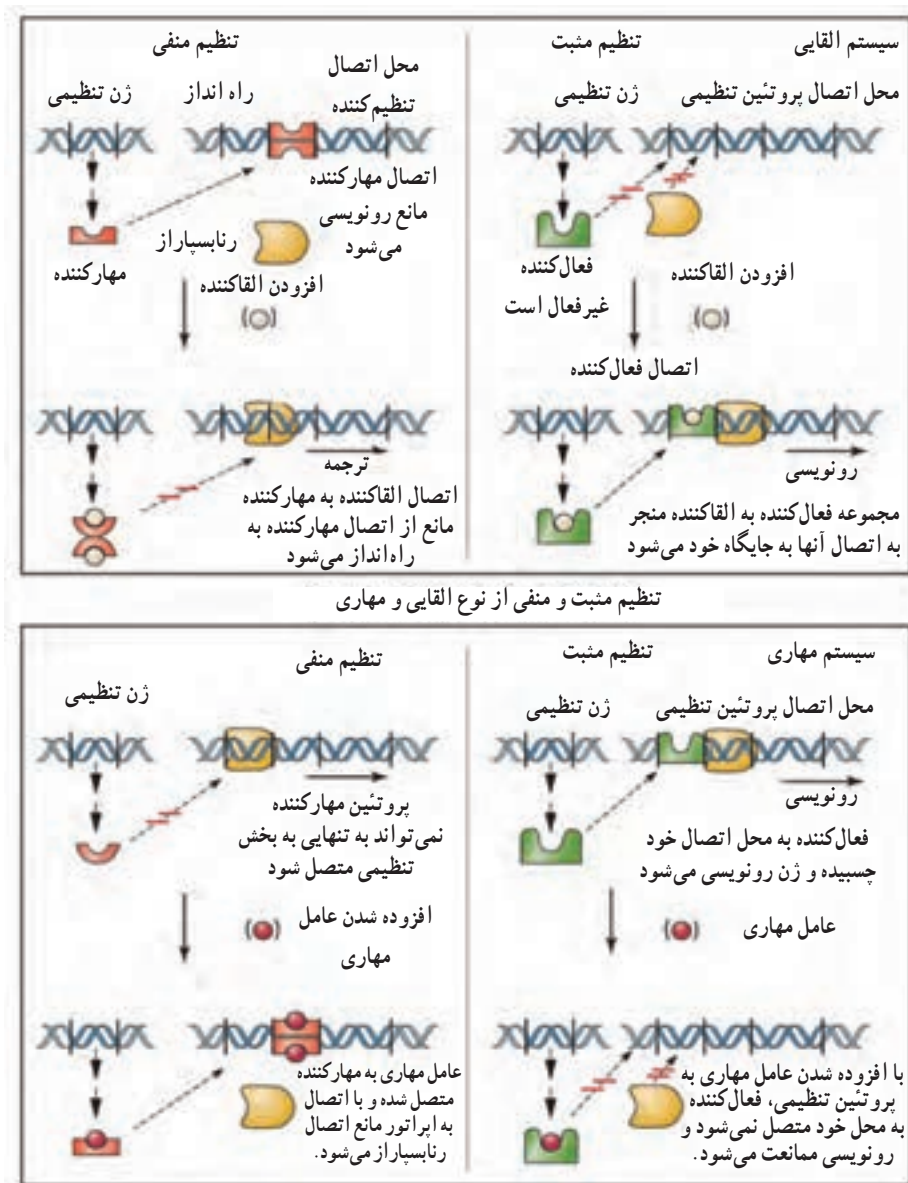
#### ۳- گروه جانبی اسیدی





## تنظیم بیان ژن

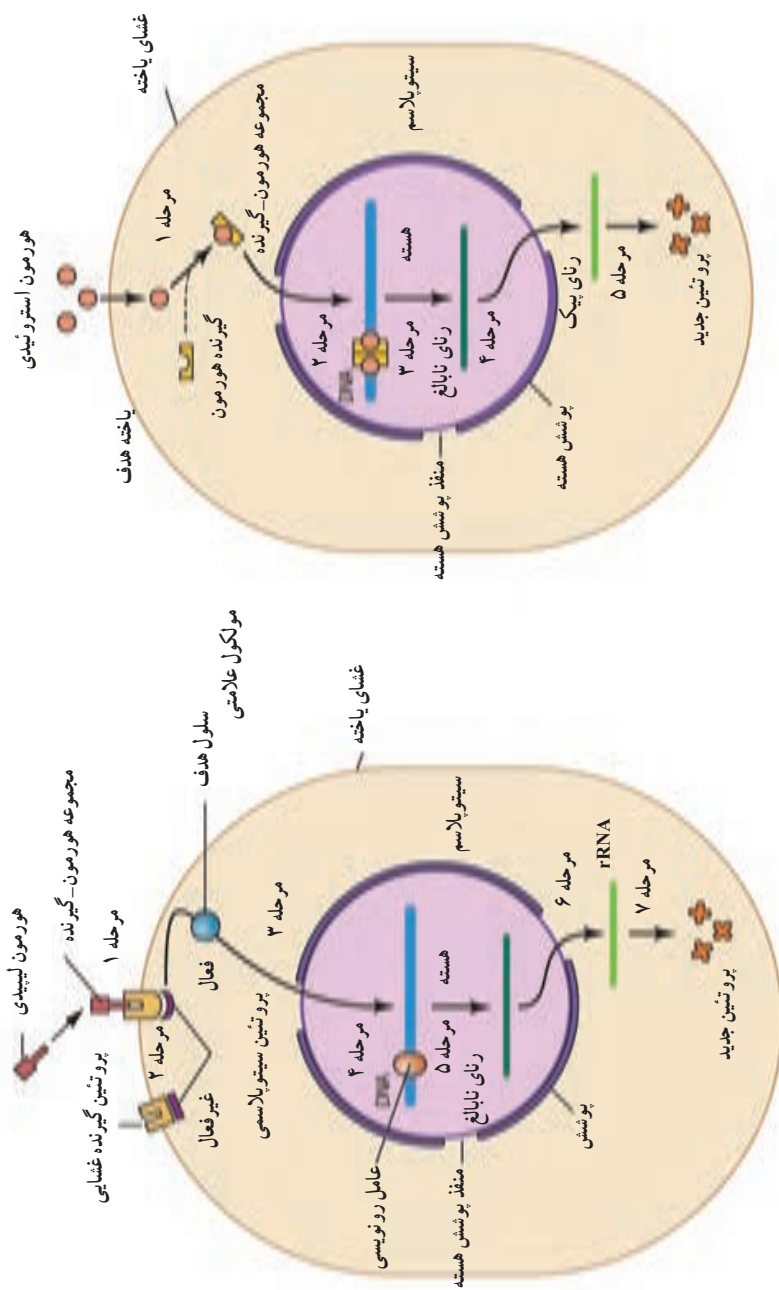
تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها به صورت منفی و مثبت و هر یک نیز به دو صورت مهاري و القايي است. تفاوت‌های عملکردی هر کدام در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹- نحوه تنظیم مثبت و منفی القایی و مهاري در پروکاریوت‌ها

علاوه بر موارد بالا در پروکاریوت‌ها ممکن است تنظیم بیان ژن با تغییر در کارایی عملکرد ریبوزوم‌ها در هنگام ترجمه نیز رخ دهد. در این حالت یک ایران ۳ ژنی، به نسبت‌های متفاوتی از هر محصول تولید می‌کند. مثال دیگر نیز مهار ترجمهٔ رنای پیک توسط یکی از محصولات خود آن است. یعنی پلی‌پپتید حاصل از یک رنای پیک، مانع ترجمهٔ پلی‌پپتیدهای بعدی توسط آن رنای پیک شود.

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده و متنوع است. این عملکرد در مراحل مختلف نمو جانداران مؤثر است و می‌تواند منجر به تمایز شود. این تنظیم‌ها می‌تواند از تغییرات ساختاری کروموزوم‌ها تا کمیت تولید محصولات پروتئینی را دربرگیرد که برای درک بهتر می‌توانید به کتب مرجع در این زمینه مراجعه کنید. یاخته‌های یوکاریوتی در مجموع باید بتوانند علایم را از درون یا محیط اطراف دریافت کرده و به بخش‌های تنظیمی بیان ژن برسانند که مستلزم عبور از بخش‌ها و لایه‌های مختلف یاخته و غشاهاست. برای عبور از هر یک از این موانع، یاخته‌ها نیازمند عوامل انتقالی ویژه هستند. شکل ۱۰ نحوهٔ اثر هورمون‌های استروئیدی و پپتیدی بر یاخته‌های هدف و اثر آنها بر بیان ژن را نشان می‌دهند.



شکل ۱۰- نحوه اثر هورمون استروئیدی و تیروئیدی بر یاخته‌های هدف

# فصل سوم

انتقال اطلاعات در نسل‌ها

## ایده‌های کلیدی

- ساختار و عملکرد
- روابط و الگوها
- پایداری، تغییر و زمان
- اندازه‌گیری

## پیامدهای شایستگی محور

### ساختار و عملکرد

- بین ساختار و عمل ارتباط برقرار کند.
- بتواند مدلی از نحوه عملکرد زن‌ها بسازد.
- بعضی از رویدادهای مرتبط با زن‌ها را در زندگی روزمره، (مثل گروه خون) از نظر علمی تحلیل کند.
- بتواند اثرات نامطلوب برخی از رفتارها (مثل ازدواج‌های خویشاوندی) را تحلیل کند.
- بتواند برای پیشگیری از تولد نوزادانی با بیماری‌های ژنتیک راهکارهایی ارائه دهد.

### روابط و الگوها

- چگونگی ارتباط بین ژنوتیپ و فنوتیپ را نشان دهد.
- وجوه مشترک نحوه عملکرد زن‌ها را استخراج و مدل‌سازی کند.
- فنوتیپ و ژنوتیپ زاده‌ها را بر اساس ژنوتیپ والدین پیش‌بینی کند.
- برای چگونگی توضیح یک ویژگی معمول یا غیرمعمول در یک موجود زنده، راهکاری ارائه دهد.

## پایداری، تغییر و زمان

■ علت توارث صفات و پایداری آنها را در نسل‌های بی‌دری توضیح دهد.

## اندازه‌گیری

■ تغییر در مقدار فراوردهٔ ژن چه اثری بر فنوتیپ جاندار دارد؟

## پرسش‌های اساسی

■ ارتباط بین بخش‌های مختلف بدن در تراز مولکول (دنا)، سلول و ترازهای بالاتر چگونه صورت می‌گیرد؟

■ ژن‌ها چگونه ویژگی‌های یک فرد را کنترل می‌کنند؟

■ صفات چگونه از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند؟

■ چگونه می‌توان صفات فرزندان را براساس صفات نسل یا نسل‌های قبل توضیح داد؟

■ چگونه می‌توان صفات نسل بعد را براساس صفات والدین پیش‌بینی کرد؟

## مهارت‌های کلیدی

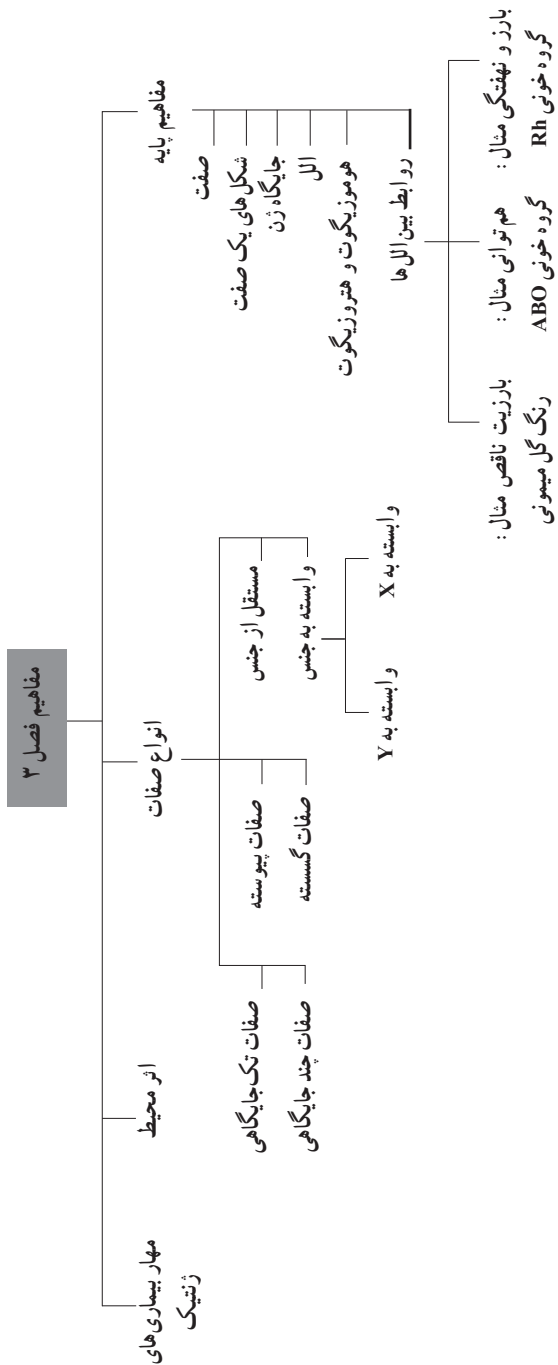
■ برقراری ارتباط

■ تحلیل نمودار

■ تحقیق کتابخانه‌ای (کاغذی و دیجیتال)

■ استدلال و استنتاج

## شبکه مفهومی



## روش تدریس

سازمان‌دهی محتوا در این فصل در مقایسه با کتاب‌های درسی نظام آموزشی قبل تفاوت آشکاری دارد و مبتنی بر روش‌های نوین تدریس ژنتیک است.

به طور کلی ژنتیک را می‌توان به دو صورت درس داد. یکی آن است که ابتدا ژنتیک کلاسیک را مطرح کنیم و بعد ژنتیک مولکولی را. دیگری بر عکس است، به این صورت که مفاهیم ژنتیک کلاسیک بعد از مولکولی مطرح می‌شوند.

با توجه به اینکه در پایه دوازدهم دانش‌آموز ابتدا مفاهیم ژنتیک مولکولی را فرامی‌گیرد و بعد به مبحث کلاسیک وارد می‌شود، ترجیح داده شد براساس شیوه‌های امروزی، مفاهیم ژنتیک کلاسیک بر پایه آموخته‌های مولکولی توضیح داده شوند. به این ترتیب دانش‌آموز ارتباط نزدیک‌تری را میان این دو موضوع می‌یابد و کاربرد آموخته‌هایش را از فصول قبل در توضیح پدیده‌های بیان شده در این فصل خواهد دید (مثل گروه‌های خونی).

## مثلث ارتقای یادگیری

همان‌گونه که می‌دانیم اضلاع مثلث ارتقای یادگیری عبارت‌اند از طراحی آموزشی، رسانه‌های پرشمار آموزشی، و ارائه آموخته‌ها توسط دانش‌آموزان. در ادامه اضلاع این مثلث را با هم مرور می‌کنیم.

## ۱. طراحی آموزشی

طراحی آموزشی خود به عوامل متعددی وابسته است که از میان آنها می‌توان به عوامل زیر اشاره کرد. الف) موضوع درس: موضوع وراثت و ژنتیک غالباً برای دانش‌آموزان جذاب است. دانش‌آموزان کنجکاوی‌های زیادی در این خصوص دارند. برای ایجاد انگیزه می‌توانید از این کنجکاوی‌ها و پیش‌زمینه‌ها استفاده کنید.



ب) **سطح علمی کلاس :** این فصل با تأکید بر پرهیز از حفظیات نوشته شده است و مبتنی بر رابطه ساده ژن – پروتئین است. می توان تنها با یادآوری همین رابطه به عنوان پیش نیاز، طرح درس را به جلو برد. بنابراین نباید نگران پیش نیازهای علمی کلاس بود چون به پیش نیازهای خاصی نیاز ندارد. روند ارائه مفاهیم هم به گونه ای است که وارد جزئیات نمی شود. به همین علت انتظار می رود همه دانش آموزان با روند تدریس همراه باشند.

ج) **تعداد دانش آموزان :** لزوماً تعداد دانش آموزان زیاد، مشکل ساز نیست. چیزی که کار را دشوار می کند همگن نبودن کلاس است. از گروه بندی استفاده کنید. در هر گروه دانش آموزانی از سطوح علمی مختلف را در کنار هم قرار دهید و فعالیت هایی را به آنها واگذار کنید.

د) **زمان تدریس :** محتوا و مثال های کتاب نسبت به قبل کمتر به نظر می رسند، اما برای درک مفاهیم پایه کاملاً کفایت می کنند. بنابراین لازم نیست زمان تدریس این فصل را با کتاب های نظام قدیم مقایسه کنید و نگران کمبود وقت باشید. اساساً یکی از اهداف تغییر در سازمان دهی محتوا هم همین بوده است. تجربه های قبل نشان داده بود که در نظام های قبلی تسلط بر مباحث ژنتیک به زمانی بیشتر از آنچه که پیش بینی شده بود نیاز داشت. اما در روند فعلی مباحث به گونه ای ارائه شده است که این اشکال را برطرف کند.

ه) **امکانات در اختیار :** این فصل در مقایسه با سایر فصل ها به امکانات کمتری نیاز دارد. (چون به مکانیسم های پیچیده و جزئیات اشاره نشده) از جدول بندی و دسته بندی استفاده کنید.

## ۲. رسانه های پر شمار آموزشی

در میان انواع رسانه ها، تخته سیاه را فراموش نکنید. ارائه درس فقط با پاورپوینت و ابزارهای نوین همیشه خوب نیست.

## ۳. ارائه آموخته ها توسط دانش آموزان

فرصت های ارائه را به دور از اضطراب ارزشیابی شدن فراهم کنید. از این ارائه ها بازخورد بگیرید و روند کار «خود» را ارزشیابی کنید.

## دانش‌های برای معلم

### ارتباط فصل با چهار ویژگی زیست‌شناسی نوین

در این فصل نیز مانند سایر فصول، ارتباط با زیست‌شناسی نوین را می‌توان یافت.

#### ۱ کل‌نگری

- توجه به ارتباطات بین اجزا، یکی از ابعاد کل‌نگری است.
- گرچه شناخت هر ژن مهم است، اما اکنون به ارتباط بین ژن‌ها و اثرات آنها بر یکدیگر توجه ویژه‌ای می‌شود.
- در این فصل به اثر محیط پرداخته شده است. زیست‌شناسی نوین جانداران را سامانه‌هایی می‌داند که با محیط خود ارتباط دارند و بر شناخت این ارتباطات تأکید می‌کند.

#### ۲ نگرش بین‌رشته‌ای

دانش ژنتیک نه تنها پیونددهنده رشته‌های مختلف زیست‌شناسی با یکدیگر است، بلکه از علوم دیگر مثل شیمی و فیزیک نیز بهره می‌جوید.

#### ۳ فناوری‌های نوین

بی‌تردید ژنتیک پیشرفت خود را مدیون فناوری‌های پیشرفته آزمایشگاهی و نیز فناوری اطلاعات و ارتباطات است.

#### ۴ اخلاق زیستی

می‌توان به ملاحظات اخلاقی در پیش‌بینی‌های ژنتیک اشاره کرد. اگر جنینی که در رحم است به بیماری صعب‌العلاجی مبتلاست، چه باید کرد؟ آیا برای کنترل یک بیماری مجاز هستیم که از ازدواج بین افراد جلوگیری کنیم؟

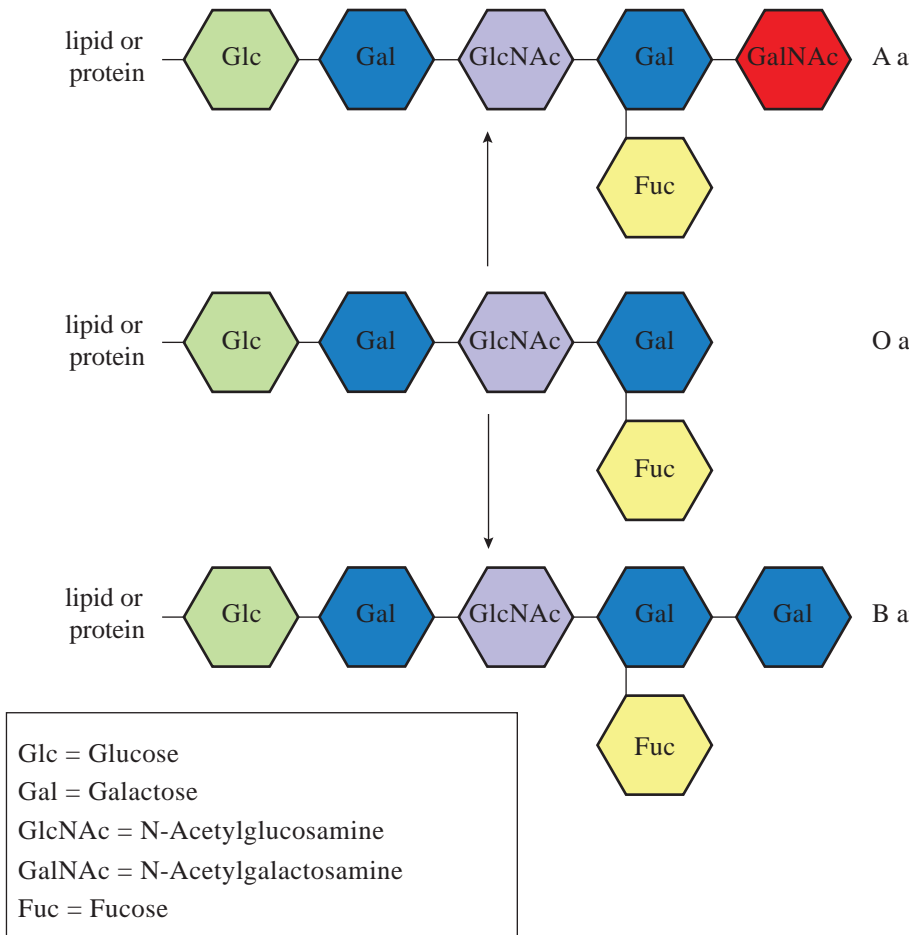
### گروه‌های خونی

کشف گروه‌های خونی در آستانه ورود به قرن حاضر رخ داد. کارل لندشتاینر، دانشمند اتریشی، سیستم گروه‌های خونی ABO را در سال ۱۹۰۰ کشف کرد. این سیستم در ابتدا شامل سه گروه خونی A، B و O بود تا اینکه دو سال بعد گروه خونی AB توسط همکاران لندشتاینر کشف شد. در سال ۱۹۳۷ لندشتاینر موفق به کشف آنتی ژن رزوس شد. او برنده جایزه نوبل ۱۹۳۰ در فیزیولوژی و پزشکی است.

#### اساس مولکولی سیستم گروه خونی ABO

آنتی‌ژن‌های A و B زنجیره‌های قندی‌اند که به یک آنتی‌ژن کربوهیدراتی دیگر با نام H متصل‌اند (شکل ۱).

آنتی ژن H محصول ژن دیگری است که روی کروموزوم ۱۹ قرار دارد. بنابراین توارث آن مستقل از توارث ژن های ABO است که روی کروموزوم ۹ قرار دارد.



شکل ۱- آنتی ژن های ABO

آنتی ژن A زمانی تولید می شود که قند ان- استیل گالاکتوز آمین به زنجیره الیگوساکاریدی آنتی ژن H منتقل شود. این انتقال را آنزیم ان- استیل گالاکتوز آمینیل ترانسفراز کاتالیز می کند. ژن این آنزیم همان ال A است. به همین ترتیب ال B آنزیم د- گالاکتوزیل ترانسفراز را می سازد که قند د- گالاکتوز را به زنجیره الیگوساکاریدی آنتی ژن H منتقل می کند. ال O، پروتئینی را کد می کند که غیر فعال است و عملکرد آنزیمی ندارد.

### اساس مولکولی سیستم گروه خونی Rh

واقعیت این است که Rh سیستم پیچیده‌ای است. تاکنون نظریه‌های مختلفی برای ژن‌های مسئول آن ارائه شده است. بر مبنای نظریه fisher-Race سه جایگاه ژنی بسیار نزدیک به هم برای Rh وجود دارد. این جایگاه‌ها چنان به هم نزدیک‌اند که کراسینگ اور بین آنها رخ نمی‌دهد و با هم منتقل می‌شوند. هر جایگاه ال‌های مخصوص به خود را دارد که عبارت‌اند از: Dd، Cc و Ee.

آنچه در کتاب درسی، و سایر کتاب‌های مقدماتی، آورده می‌شود مدل ساده شده‌ای از این نظریه است که به سادگی Rh را نتیجه دو ال D و d می‌داند. منظور از d، یک ژن جهش یافته D یا فقدان ژن D است که در این صورت، d یک ژن «فرضی» خواهد بود. ژنوتیپ‌ها از این قرارند.

D-positive Haplotypes	D-negative Haplotypes
<b>R1:</b> RHD + RHCE alleles (DCe)	<b>r<sup>+</sup>:</b> Absent/mutated RHD + RHCE alleles (dCe)
<b>R2:</b> RHD + RHcE alleles (DcE)	<b>r<sup>''</sup>:</b> Absent/mutated RHD + RHcE alleles (dcE)
<b>R0:</b> RHD + RHce alleles (Dce)	<b>r:</b> Absent/mutated RHD + RHce alleles (dce)
<b>Rz:</b> RHD + RHCE alleles (DCE)	<b>r<sup>Y</sup>:</b> Absent/mutated RHD + RHCE alleles (dCE)

صفات وابسته به جنس، ژن‌های محدود به جنس و ژن‌های متأثر از جنس صفاتی را که جایگاه ژنی آنها در یکی از دو کروموزوم جنسی قرار داشته باشد وابسته به جنس می‌گویند. این ژن‌ها ممکن است در هر دو جنس یا یکی از دو جنس (ژن‌های وابسته به Y) موجود باشند. ژن‌های محدود به جنس آنهایی هستند که در هر دو جنس موجودند اما فقط در یکی بیان می‌شوند و در دیگر خاموش‌اند. این ژن‌ها مسئول تفاوت بین نر و ماده‌اند (گرچه همه تفاوت‌ها را شامل نمی‌شوند). ژن‌های تحت تأثیر جنس آنهایی هستند که در جنس‌های متفاوت به طریقه متفاوتی بیان می‌شوند مثل طاسی. ال طاسی در زنان به صورت مغلوب ولی در مردان به صورت غالب رفتار می‌کند.

## صفات چندجایگاهی

در صفات تک جایگاهی با انتقال الل یک صفت، آن صفت منتقل می‌شود اما در صفات چندجایگاهی، الل‌هایی از چند جایگاه باید منتقل شوند که ممکن است هر کدام روی کروموزوم‌های جداگانه‌ای قرار داشته باشند. از آنجا که جور شدن کروموزوم‌ها مستقل از یکدیگر است لذا همه الل‌ها با هم لزوماً منتقل نمی‌شوند و به این ترتیب صفت موردنظر به نسل بعد منتقل نخواهد شد.

هر چه تعداد جایگاه‌های کنترل‌کننده یک صفت افزایش یابد، اثر محیط در بروز آن صفت بیشتر می‌شود. البته این صفات به میزان نفوذپذیری ژن و اثرپذیری محیطی آن هم بستگی دارد.

صفات چند جایگاهی را صفات کمی نیز می‌نامند. علت این نام‌گذاری، آن است که این صفات قابل اندازه‌گیری هستند. مثلاً وزن بدن با گرم یا کیلوگرم اندازه‌گیری می‌شود. طول عمر با روز، ماه یا سال اندازه‌گیری می‌شود. در مقابل، صفات تک جایگاهی ژنی معمولاً از نوع «یا این یا آن» هستند. رنگ بال شب پره فلقلی انگلیسی صفتی تک ژنی است. بال‌ها یا روشن‌اند یا تیره، اما اندازه آنها صفتی کمی است. اندازه براساس مقیاسی پیوسته سنجیده می‌شود و تحت تأثیر چند ژن است. ژن‌هایی را که بر صفات کمی اثر می‌کنند، جایگاه‌های صفات کمی یا QTL می‌نامند.

QTL‌ها نظیر دیگر انواع ژن‌ها در بیشتر جمعیت‌ها متغیرند. شواهد دال بر این گوناگونی، از آزمایش‌های انتخاب مصنوعی آمده‌اند. در این آزمایش‌ها، پرورش‌دهندگان با زادآوری انتخابی، یک جمعیت گیاهی یا جانوری را تغییر می‌دهند. مثلاً اگر پرورش‌دهنده‌ای بخواهد جوجه‌های بزرگ‌تر داشته باشد، فقط به بزرگ‌ترین مرغ‌ها و خروس‌ها در هر نسل اجازه آمیزش می‌دهد. مرغ و خروس‌هایی که جنه متوسط یا کوچک دارند اجازه زادآوری نخواهند داشت. اگر آمیزش‌های کنترل شده چند نسل ادامه یابد، آن‌گاه فراوانی الل‌های مسبب اندازه بدن بزرگ‌تر افزایش می‌یابند و از فراوانی الل‌های دیگر کاسته خواهد شد. پرورش‌دهندگان، صدها بار انتخاب مصنوعی را انجام داده‌اند. نتیجه معمول این است که انتخاب مصنوعی می‌تواند عملاً هر صفت کمی را تغییر دهد. گوناگونی ژنتیک در جمعیت‌ها، به پرورش‌دهندگان امکان می‌دهد که خزانه ژنی جمعیت را تغییر دهند. این گوناگونی، همچنین به جمعیت‌ها امکان می‌دهد که با تغییرات محیط سازگار شوند.

صفات کمی در جمعیت‌های انسانی نیز گوناگون‌اند. بدیهی‌ترین مدرک برای این ادعا این است که خویشاوندان به یکدیگر بیشتر شبیه‌اند تا به افرادی که با آنها خویشاوندی ندارند. خویشاوندان، الل‌های مشترکی دارند که بر قد، شکل سر، پیگماتاسیون و دیگر صفات کمی مؤثرند. احتمال وجود الل‌های یکسان در خویشاوندان نزدیک بیشتر است و از این رو شباهت بیشتری بین آنان دیده می‌شود. خویشاوندان دور، احتمالاً الل‌های مشترک کمتری دارند و شباهت کمتری را نشان می‌دهند. الل‌های مشترک و محیط‌های مشترک هر دو در ایجاد شباهت میان خویشاوندان شرکت دارند. افراد خانواده، از رژیم غذایی و مراقبت‌های بهداشتی یکسانی برخوردارند و شرایط خانه برای آنان یکسان است. معمولاً والدین آنان یکسان است و در مدارس یکسانی حاضر می‌شوند. آنان نگرش‌های مشابهی را در باب تمرینات، روابط اجتماعی، مطالعه و ورزش دارند. در نتیجه تشابه اعضای خانواده، بخشی به علت ژنتیک است و بخشی به علت محیط مشترک آنان.

### نفوذ ژن

گاهی یک ژن در یک فرد بروز نمی‌کند و یا گاهی در افراد مختلف به صورت‌های مختلف بروز می‌کند. به عبارت دیگر این نوع ژن‌ها در بعضی افراد اثرات بالینی خود را آشکار می‌کنند اما در برخی دیگر بروز نمی‌کنند و پنهان می‌مانند.

صفت چند انگشتی مثالی از نفوذ ژن را فراهم می‌کند. در همه افرادی که ژن مسئول چند انگشتی را دارند انگشتان اضافی به یک صورت مشاهده نمی‌شود.

### پاسخ فعالیت‌های فصل ۳

#### فعالیت ۱

مربع پانت را رسم می‌کنیم:

گامت‌ها	O
A	AO گروه خونی A
B	BO گروه خونی B

#### فعالیت ۲

ژن نمود مرد  $X^HY$  و ژن نمود زن  $X^hX^h$  است. مربع پانت را رسم می‌کنیم:

گامت‌ها	$X^H$	Y
$X^h$	$X^HX^h$ دختر ناقل	$X^HY$ پسر سالم

## فصل چهارم

تغییر در اطلاعات وراثتی



## ایده‌های کلیدی

- ساختار و عملکرد
- روابط و الگوها
- پایداری، تغییر و زمان
- اندازه‌گیری

## پیامدهای شایستگی محور

### ساختار و عملکرد

- علتی برای شباهت‌ها و تفاوت‌ها میان افراد یک جمعیت ارائه دهد.
- علت گوناگونی جانداران را در سطح مولکولی توضیح دهد.
- بتواند مدلی از خزانه ژن یک جاندار فرضی بسازد و به کمک آن، پایداری فراوانی ال‌ها را در نسل‌های بعدی نشان دهد.

■ اهمیت حفظ گونه‌های در حال انقراض را تحلیل کند.

- علتی (علت‌هایی) زیست‌شناختی برای لزوم پاسداری از تنوع زیستی و آفریده‌های پروردگار ارائه دهد.
- بتواند اثرات نامطلوب برخی از رفتارها (مثل شکار حیوانات در معرض انقراض) را تحلیل کند.

### روابط و الگوها

- رابطه‌ای بین تغییرات سبک زندگی و بیماری‌های دنیای امروز برقرار کند.

### پایداری، تغییر و زمان

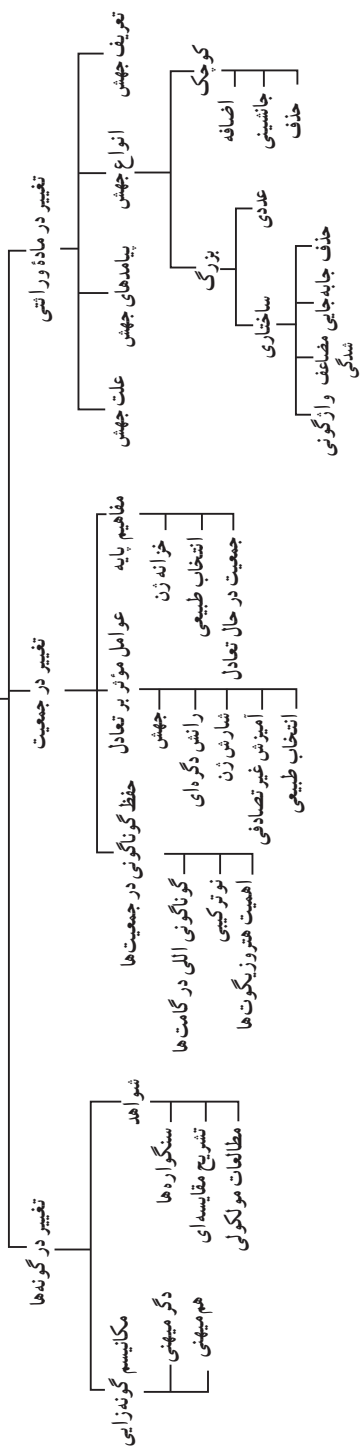
- علت تغییرات جانداران را در نسل‌های پی‌درپی توضیح دهد.
  - نقش عوامل محیطی از جمله تغذیه را در پایداری دنا تحلیل کند.
  - علت مقاوم شدن باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها را تحلیل کند.
- ### اندازه‌گیری
- عوامل تغییر ساختار ژنی جمعیت را شناسایی کند و میزان اثر آنها را مشخص کند.

## پرسش‌های اساسی

- چگونه ممکن است دنا ی سالم در فردی، تغییر کند و به بیماری‌هایی چون سرطان منجر شود؟
- تغییر در دنا چه مزایا و معایبی دارد؟
- چگونه یک جمعیت به تغییرات محیط پاسخ می‌دهد؟
- گونه‌ها چگونه تغییر می‌کنند؟

## مهارت‌های کلیدی

- برقراری ارتباط
- تحلیل نمودار
- تحقیق کتابخانه‌ای (کاغذی و دیجیتال)
- استدلال و استنتاج



## روش تدریس

## مثلث ارتقای یادگیری

همان گونه که می‌دانیم سه ضلع مثلث ارتقای یادگیری عبارت‌اند از طراحی آموزشی، رسانه‌های پرشمار آموزشی، و ارائه آموخته‌ها توسط دانش‌آموزان. در فصل سه نیز این مثلث را بررسی می‌کنیم.

## ۱- طراحی آموزشی

طراحی آموزشی خود به عوامل متعددی وابسته است که از میان آنها می‌توان به عوامل زیر اشاره کرد: **الف) موضوع درس:** موضوع این درس تغییر در ماده وراثتی است و به موضوعاتی چون گونه‌زایی می‌پردازد. سعی بسیار شده است تا از ارائه مطالبی که برای دانش‌آموز پرسش‌انگیز است و در عین حال پاسخ قانع‌کننده‌ای برای آن نیست، پرهیز شود. اما به هر حال دانش‌آموزان کنجکاوند. باید به کنجکاوی آنها از زبان علم تجربی پاسخ داد. در پاسخ به آن دسته از سؤالاتی که ممکن است در محدوده علم تجربی قرار نگیرد باید «محدودیت داشتن علم تجربی» را یادآوری کنیم. در نخستین فصل کتاب زیست‌شناسی دهم چنین محدودیت‌هایی تشریح شده‌اند. باید یادآوری کنیم که زیست‌شناسی می‌کوشد به‌عنوان یکی از شاخه‌های علوم تجربی، با «ابزارهایی که در اختیار دارد» به رازهای آفرینش پی ببرد، و نمی‌تواند پاسخ همه پرسش‌ها را فراهم کند. بنابراین پاسخ این دسته از سؤالات را باید از منابع دیگر بیابیم. در طرح درس خود به این موضوع توجه داشته باشید.

**ب) سطح علمی کلاس:** اگر سطح علمی کلاس اجازه می‌دهد می‌توانید علت جهش را با جزئیات بیشتری (که به درس‌های شیمی و فیزیک ارتباط پیدا می‌کند)، بیان کنید تا از ارتباط بین شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی نمونه‌های بیشتری ببینند.

**ج) تعداد دانش‌آموزان:** لزوماً تعداد دانش‌آموزان زیاد، مشکل‌ساز نیست. چیزی که کار را دشوار می‌کند همگن نبودن کلاس است. از گروه‌بندی استفاده کنید. در هر گروه دانش‌آموزانی از سطوح علمی مختلف را در کنار هم قرار دهید و فعالیت‌هایی را به آنها واگذار کنید.

**د) زمان تدریس:** با توجه به پرسش‌خیز بودن موضوع فصل، پرسش‌های احتمالی دانش‌آموزان را مدیریت کنید تا همچنان طبق بودجه‌بندی زمانی خود پیش بروید. در عین حال توجه داشته باشید که موضوعات ژنتیک برای دانش‌آموزان معمولاً جذاب‌اند و پرسش و پاسخ‌هایی که رخ خواهد داد، می‌تواند آنان را علاقه‌مندتر سازد.

## هـ) امکانات در اختیار

این فصل در مقایسه با سایر فصل‌ها به امکانات کمتری نیاز دارد. (چون به مکانیسم‌های پیچیده و جزئیات اشاره نشده)؛ از جدول‌بندی و دسته‌بندی استفاده کنید.

### ۲- رسانه‌های پرشمار آموزشی

در میان انواع رسانه‌ها، تخته‌سیاه را فراموش نکنید. ارائه درس فقط با پاورپوینت و ابزارهای نوین همیشه خوب نیست.

### ۳- ارائه آموخته‌ها توسط دانش‌آموزان

فرصت‌های ارائه را به دور از اضطراب ارزشیابی شدن فراهم کنید. از این ارائه‌ها بازخورد بگیرید و روند کار «خود» را ارزشیابی کنید.

## دانشتنی‌هایی برای معلم

### گوناگونی در جانداران

هیچ دو جاننداری را نمی‌توان یافت که دقیقاً شبیه هم باشند. حتی افراد متعلق به یک گونه، در آناتومی، رفتار و ژن‌ها با یکدیگر تفاوت دارند.

همان‌گونه که چارلز داروین تقریباً در ۱۶۰ سال پیش اشاره کرد، گوناگونی‌هایی (Variation) که در میان افراد دیده می‌شود، ماده خام تکامل است. گوناگونی، همان چیزی است که به جمعیت‌ها امکان می‌دهد تا با شرایط محیطی جدید سازگاری حاصل کنند. گوناگونی، همان چیزی است که باعث می‌شود آدمی بتواند جمعیت‌های مختلف گیاهی و دامی را برای ازدیاد صفات مورد نظر به‌طور انتخابی زادآوری کند. در این فصل با این پرسش‌ها روبه‌رو هستیم: تفاوت‌های بین افراد از کجا آمده‌اند؟ نیروهایی که بر گوناگونی اثر می‌کنند کدام‌اند؟ اگر گوناگونی نبود، دنیای جانداران شبیه چه بود؟ در ادامه سعی شده است مثال‌های بیشتری نسبت به کتاب درسی آورده شود. آنچه که در پی می‌آید، از کتاب زیست‌شناسی با رویکرد مولکولی از انتشارات فاطمی گرفته شده است.

### جمعیت‌ها و خزانه‌های ژنی

تکامل را این‌گونه تعریف می‌کنند: تغییر در جمعیت‌ها در طول زمان. اما این زمان چقدر است؟ زیست‌شناسان معمولاً با دو مقیاس زمانی برای تکامل مواجه‌اند. تکامل خُرد عبارت است از تغییر در درون یک گونه که ممکن است طی ده‌ها یا صدها نسل به وقوع بپیوندد. تکامل کلان معمولاً با دوره‌های

بسیار طولانی‌تری سروکار دارد و منشأ گونه‌های جدید را شامل می‌شود. شاخه‌ای از زیست‌شناسی که تکامل خُرد را مطالعه می‌کند، ژنتیک جمعیت نام دارد. ژنتیک‌دانان جمعیت، از قوانین مندل در وراثت، آنالیز بیوشیمیایی ژن‌ها و پروتئین‌ها، مدل‌های ریاضی، و دیگر تکنیک‌ها استفاده می‌کنند تا تکامل خُرد را درک کنند.

یکی از مفاهیم اساسی در ژنتیک جمعیت، خزانه ژنی است. خزانه ژن شامل تمام ژن‌های یک جمعیت محلی از یک جاندار است. مثلاً اگر جمعیتی از گیاهان تماماً شامل گیاهان گل ارغوانی باشد آن‌گاه، خزانه ژن آن شامل تعداد زیادی از ال‌هایی خواهد بود که گل‌های ارغوانی تولید می‌کنند و به هیچ وجه اللی که گل سفید تولید می‌کند در آن یافت نخواهد شد. در این صورت، فراوانی ال گل ارغوانی عبارت است از ۱۰۰ درصد و فراوانی اللی که گل سفید تولید می‌کند برابر است با صفر درصد. همچنین این امکان وجود دارد که در یک خزانه ژن هر دو ال موجود باشند. مثلاً خزانه ژن یک جمعیت ممکن است ۷۰ درصد ال گل ارغوانی و ۳۰ درصد ال گل سفید داشته باشد. جمعیت دیگری از همین گونه ممکن است ۵۰ درصد ال گل ارغوانی و ۵۰ درصد ال گل سفید داشته باشد. در هر مورد، مجموع فراوانی دو ال ۱۰۰ درصد خواهد بود.

توجه داشته باشید که خزانه ژن مربوط است به یک جمعیت، نه تمام یک گونه. جاندارانی که متعلق به یک گونه‌اند و همگی در یک ناحیه جغرافیایی زندگی می‌کنند، جمعیت محلی را تشکیل می‌دهند. جانداران یک جمعیت محلی، با یکدیگر آمیزش می‌کنند. از آنجا که همه آنان محیط مشترکی دارند، تحت فشارهای یکسانی از جانب انتخاب طبیعی قرار دارند. به همین علت، جمعیت محلی، واحد تکامل است. ژنتیک جمعیت، توجه خود را به خزانه‌های ژن جمعیت‌های محلی معطوف می‌دارد.

### گوناگونی ژنتیک

همه انسان‌ها، اعضای یک گونه‌اند؛ اما هیچ دو نفری دقیقاً شبیه به هم نیستند. شباهت‌ها و تفاوت‌های بسیاری در میان مردم دیده می‌شود. مثلاً رنگ چشم و گروه خونی در میان افراد هوموساپینس متفاوت است. تفاوت در این صفات، به علت تفاوت‌های ژنتیک است. خزانه ژن آدمی ال‌های گوناگونی دارد که بر گروه خون و بسیاری از صفات دیگر اثر می‌گذارند. گونه‌های دیگر نیز در خزانه ژنی خود گوناگونی دارند. مثلاً درختان سیب هم متعلق به یک گونه‌اند، اما میوه‌هایی که درختان مختلف تولید می‌کنند ممکن است سرخ یا زرد، سفت یا نرم، شیرین یا ترش، بزرگ یا کوچک باشند. بخشی از علت این تفاوت‌ها، گوناگونی ژنتیک است. وقتی برای ژن یک صفت، دو یا تعداد بیشتری ال در خزانه ژن موجود باشد، می‌گویند جمعیت برای آن صفت پلی‌مورفیک (چند شکل) است.

مشاهده توالی‌های پروتئین و توالی‌های DNA در خزانه‌های ژنی تعداد زیادی از گونه‌ها، دانشمندان را به این نتیجه رسانده است که تقریباً همه جمعیت‌های بزرگی که تولیدمثل جنسی دارند، در خزانه‌های ژنی خود از گوناگونی زیادی برخوردارند. این گوناگونی چقدر است؟ به طور معمول، حدود ۵٪ درصد از بازهای DNA متغیر است. کروموزوم‌های د. ملانوگاستر از ۱۶۵ میلیون جفت باز تشکیل شده‌اند. بنابراین تقریباً یک میلیون جایگاه نوکلئوتیدی در میان مگس‌های میوه متفاوت است. ژنوم آدمی، گوناگونی کمتری نسبت به مگس میوه دارد. ۹۹/۹ درصد ژنوم دو فرد مختلف یکسان است. این یعنی آنکه انتظار می‌رود در ۳ میلیارد جفت باز ژنوم آدمی، ۳ میلیون جایگاه نوکلئوتیدی متغیر وجود داشته باشد. سرچشمه اول همه این گوناگونی‌ها، جهش است. دومین سرچشمه، ترکیبی ال‌ها طی میوز است. به یاد داشته باشیم که کراسینگ اور و جور شدن مستقل در میوز، ترکیبات جدیدی از ال‌ها را ایجاد می‌کند.

همه گوناگونی‌های ژنتیک بر جاندار اثرگذار نیستند. از آنجا که کد ژنتیک مترادف دارد، بعضی از جهش‌هایی که باعث تغییر یک نوکلئوتید می‌شوند، توالی آمینواسیدی را تغییر نمی‌دهند، مثلاً کدون‌های CAG و CAA در mRNA هر دو آمینواسید گلوتامین را تعیین می‌کنند. این بدان معنی است که ممکن است دو نفر که ژن‌هایی با تفاوت اندک دارند، پروتئین‌هایی یکسان داشته باشند. بسیاری از جهش‌هایی که در نواحی غیر رمزگردان و غیرتنظیم‌کننده DNA رخ می‌دهد، هیچ اثری بر جاندار ندارند. همچنین بعضی از جهش‌ها، تغییر آمینواسیدی را باعث می‌شود که هیچ اثری بر کار پروتئین ندارد. مثلاً تغییر کدون AAA به AAG آمینواسید آرژینین را جانشین لایزین خواهد کرد. این دو آمینواسید، گروه‌های R مشابهی دارند که می‌توانند در یک پروتئین تقریباً جانشین یکدیگر شوند. احتمال می‌رود که بسیاری از خزانه‌های ژنی، چنین پلی مورفیسم‌های پنهانی را در بر داشته باشند.

### مدل هاردی — واینبرگ

گاهی دانشمندان برای درک طبیعت از مدل‌های ساده استفاده می‌کنند. ژنتیک‌دانان جمعیت، از مدل هاردی — واینبرگ استفاده می‌کنند تا مدل‌های ریاضی خزانه ژنی را ایده‌آل کنند. این مدل را در سال ۱۹۰۸ ریاضیدانی به نام گادفری ه. هاردی و پزشکی به نام ویلهلم واینبرگ ارائه کردند. آنان برای فراوانی‌های الی در خزانه‌های ژنی، رابطه ریاضی ساده‌ای را کشف کردند. درک آنان از این رابطه تا به امروز نیز همچنان به عنوان بخش بنیادی ژنتیک جمعیت باقی مانده است.

مدل هاردی — واینبرگ چند فرض دارد که باعث ساده شدن کار می‌شود. این فرض‌ها در جدول ۱ آمده است.

## جدول ۱- فرضیات مدل هاردی - واینبرگ

■ جاندار دیپلوئید است.	■ تولیدمثل، جنسی است.
■ نسل ها هم پوشانی ندارند.	■ گامت ها به طور تصادفی ملحق می شوند.
■ اندازه جمعیت بسیار بزرگ است.	■ مهاجرت ناچیز است.
■ جهش ناچیز است.	■ انتخاب طبیعی عمل نمی کند.

حال فرض کنید که در این جمعیت فرضی، دو الل وجود دارد که بر رنگ گل اثر می گذارند. بعضی از گامت های این جمعیت اللی را حمل می کنند که گل های ارغوانی تولید می کند. هر نسل از گیاهان با نمونه برداری تصادفی از خزانه گامت ها ایجاد شده اند. منظور از نمونه برداری تصادفی چیست؟ فرض کنید به خزانه ای بینهایت بزرگ از گامت ها دست یافته اید. دو گامت را به طور تصادفی بیرون بکشید و آنها را با هم ادغام کنید تا زیگوت دیپلوئید تشکیل شود. این فرایند را بارها و بارها تکرار کنید. آن قدر گامت ها را ادغام کنید تا تمام زیگوت های لازم برای تشکیل نسل جدید فراهم شود.

هر بار که در نتیجه نمونه برداری تصادفی، دو الل برای گل های ارغوانی به دست آید، ژنوتیپ هوموزیگوس تشکیل می شود. هر بار که دو الل برای گل های سفید به دست آید، ژنوتیپ هوموزیگوس دیگری تشکیل می شود. هر بار که در نتیجه نمونه برداری، یک الل برای گل های ارغوانی و یک الل برای گل های سفید به دست آید، ژنوتیپ هتروزیگوس ایجاد می شود.

گرچه محاسبات عددی در کتاب دوازدهم مورد نظر نبوده است ولی ذکر مدل هاردی - واینبرگ برای تسلط بیشتر بر موضوع، مناسب به نظر می رسد. مدل هاردی - واینبرگ، رابطه ساده ای را بین فراوانی های اللی در خزانه گامتی و فراوانی های ژنوتیپی در نسل بعد پیشنهاد می کند. اگر فراوانی الل گل های ارغوانی را با  $p$  و فراوانی الل گل های سفید را با  $q$  نشان دهیم، و داشته باشیم  $p+q=1$ ، آن گاه در نسل بعد، فراوانی گیاهانی که برای الل مسبب گل های ارغوانی هوموزیگوس اند،  $p^2$  خواهد بود. همچنین فراوانی گیاهانی که برای الل مسبب گل های سفید هوموزیگوس اند  $q^2$  خواهد بود. فراوانی گیاهان هتروزیگوس برابر خواهد بود با  $2pq$ . مدل هاردی - واینبرگ شما را قادر می سازد که از فراوانی های اللی برای محاسبه همه فراوانی های ژنوتیپی استفاده کنید. این، اولین نتیجه مهم مدل هاردی - واینبرگ است.

دومین نتیجه مهم مدل هاردی - واینبرگ این است که فراوانی های اللی با گذشت زمان ثابت اند. براساس فرض های این مدل، فراوانی گل های ارغوانی نسل اندر نسل ثابت می ماند. اگر خزانه ژن پلی مورفیک باشد، پلی مورفیک خواهد ماند. بنابراین گوناگونی ژنتیک ناپدید نمی شود، این نتیجه گیری، چارلز داروین را شگفت زده می کرد، چون او چیزی از قوانین مندل درباره وراثت نمی دانست. داروین فکر می کرد که



آمیختگی صفات در توارث باعث می‌شود گوناگونی ژنتیک در جمعیت از بین برود. این تفکر داروین، مشکل جدی برای تئوری او در باب تکامل به وسیله انتخاب طبیعی ایجاد می‌کرد؛ چون این تئوری به گوناگونی ژنتیک نیاز دارد. مدل هاردی - واینبرگ نشان داد که تحت شرایط ساده، بی دخالت نیروهای تکاملی، گوناگونی ژنتیک تمایل دارد که در جمعیت‌ها باقی بماند.

به خاطر داشته باشید که مدل هاردی - واینبرگ بسیار ایده‌آل شده است. هیچ جمعیتی نیست که همه فرض‌های این مدل را دقیقاً داشته باشد. با وجود این، مدل برای مطالعه و تفکر پیرامون خزانه‌های ژنی، ایزاری سودمند است. غالباً مشاهده می‌شود که فراوانی اللی جمعیت‌ها نسل اندر نسل ثابت است. فراوانی‌های ژنوتیپی غالباً به نسبت‌هایی که این مدل پیش‌بینی می‌کند، بسیار نزدیک‌اند. پیش‌بینی‌های مدل هاردی - واینبرگ با دنیای واقعی سازگاری خوبی رانشان می‌دهند؛ هرچند که فرض‌های آن تماماً واقع‌گرایانه نیستند.

### اثر انتخاب طبیعی

یکی از مهم‌ترین عواملی که خزانه‌های ژنی را تغییر می‌دهد، انتخاب طبیعی است. یکی از شناخته‌شده‌ترین مثال‌ها در باب انتخاب طبیعی، عبارت است از مثال شب‌پره‌های فلفلی انگلستان (بیستون بتولاریا). این شب‌پره در شب پرواز می‌کند و در طول روز روی تنه درختان به استراحت می‌پردازد. مطالعه مجموعه‌های جمع‌آوری شده موجود در موزه نشان می‌دهد که در سال ۱۸۵۰، بیشتر شب‌پره‌های فلفلی در نواحی مرکزی انگلستان، بال‌هایی به رنگ روشن داشتند. تعداد شب‌پره‌هایی که بال‌های تیره داشتند کم بود. در آن زمان، خزانه ژنی حاوی تقریباً ۹۵ درصد الل رنگ روشن و ۵ درصد الل رنگ تیره بود. در سال ۱۹۰۰، این وضعیت برعکس شد. تقریباً همه شب‌پره‌ها تیره بودند و شب‌پره‌های روشن به تعداد بسیار اندک یافت می‌شدند. خزانه ژنی این گونه در ۵۰ نسل به‌طور چشمگیری تغییر کرد. فرضیه ژنتیک دانان برای این تغییر شدید این است که انتخاب طبیعی و تغییرات محیطی مسئول بروز چنین رویدادی هستند. قبل از سال ۱۸۵۰، تنه درختان از گل‌سنگ‌هایی به رنگ روشن پوشیده شده بود. پروانه‌هایی که رنگ روشن داشتند روی درختانی به رنگ روشن مخفی می‌شدند. این استتار، آنان را در برابر شکار شدن توسط پرندگان محافظت می‌کرد. بعد از سال ۱۸۵۰، صنعتی شدن باعث آلودگی‌های زیاد در انگلستان شد. آلودگی، گل‌سنگ‌ها را کشت و بدین ترتیب تنه تیره درختان را نمایان ساخت. پروانه‌هایی که رنگ روشن داشتند روی درختانی استراحت می‌کردند که اکنون تیره رنگ بودند. بنابراین به آسانی شکار پرندگان می‌شدند. در محیط جدید، پروانه‌های تیره بهتر استتار می‌شدند. انتخاب طبیعی فراوانی‌ها را در خزانه ژنی تغییر داد و به جمعیت کمک کرد تا خود را با محیط تغییر یافته سازگار کند.

مثال شناخته شده دیگر از انتخاب طبیعی، سلول‌های داسی‌شکل ناشی از پلی‌مورفیسم هموگلوبین انسانی است. هموگلوبین، پروتئینی است که در سلول‌های قرمز خون قرار دارد و اکسیژن را به سراسر بدن حمل می‌کند. بیشتر مردم هموگلوبین طبیعی دارند، اما شکل دیگری هم از هموگلوبین وجود دارد که فقط در یک آمینواسید متفاوت است. این تفاوت آمینواسیدی در نتیجه تغییر در یک نوکلئوتید DNA حاصل آمده است. آنانی که برای این الل متفاوت، که الل سلول داسی‌شکل نامیده می‌شود، هموزیگوت هستند، با مشکلاتی جدی در سلامت خود مواجه‌اند. هموگلوبین این افراد نمی‌تواند وظیفه خود را در حمل اکسیژن به بافت‌ها به نحو احسن انجام دهد. تحت شرایط خاص، سلول‌های قرمز آنان شکل طبیعی خود را از دست می‌دهد؛ به این ترتیب که سلول‌های قرمز آنان به جای آنکه شکل معمول دونات مانند داشته باشند، داسی‌شکل خواهند شد. افراد هموزیگوت با سلول‌های داسی‌شکل، کم‌خون هستند، به این معنی که تعداد سلول‌های قرمز خون آنها کافی نیست. علی‌رغم آثار بد آن، فراوانی الل سلول داسی‌شکل در بعضی از نواحی آفریقا زیاد است و به ۲۰ درصد می‌رسد. چرا باید چنین الل مضر این قدر فراوان باشد؟

ج. ب. س. هال دین که یک ژنتیک‌دان جمعیت است، اولین کسی بود که علتی را برای فراوانی زیاد الل سلول داسی‌شکل در آفریقا پیشنهاد کرد. او دریافت که الل سلول داسی‌شکل در جاهایی بیشترین فراوان را دارد که مردم در آنجا با انگل مولد مالاریا آلوده شده‌اند.

### اثر جهش

یکی دیگر از عواملی که می‌تواند فراوانی‌های اللی را تغییر دهد، جهش است. جهش‌ها با آهنگی بسیار آهسته به‌طور خود به خود رخ می‌دهند. معمولاً جهش‌ها از اشتباهات کوچک طی همانندسازی DNA ناشی می‌شوند. بیشتر جهش‌ها بر افراد حامل آنها اثرات بدی به‌جای می‌گذارند یا اینکه هیچ اثری ندارند، اما بعضی از جهش‌های نادر سودمندند. آنهایی که سودمندند به وسیله انتخاب طبیعی برگزیده می‌شوند و فراوانی آنها به تدریج در خزانه ژن افزایش می‌یابد. مثلاً الل‌های جهش‌یافته‌ای که باعث مقاومت نسبت به حشره‌کش‌ها می‌شوند، به سرعت در جمعیت مگس‌ها منتشر می‌شود.

### اثر رانش ژنتیک

همه عواملی که بر خزانه ژنی جمعیت‌های بزرگ تأثیر می‌گذارند، بر جمعیت‌های کوچک نیز اثر می‌کنند. علاوه بر آنها، جمعیت‌های کوچک تحت اثر رانش ژنتیک هستند. رانش ژنتیک عبارت است از تغییر تصادفی در فراوانی‌های اللی. رانش ژنتیک در جمعیت‌های کوچک اثر قابل توجهی دارد، اما اثر آن در جمعیت‌های بزرگ، اندک است.

برای درک این موضوع که چرا رانش ژنتیک بر جمعیت‌های کوچک بیشتر اثر می‌کند تا جمعیت‌های بزرگ، آزمایش پرتاب سکه را در نظر بگیرید. اگر سکه را هزار بار پرتاب کنید، منصفانه است اگر انتظار داشته باشیم ۵۰۰ بار رو بیاید و ۵۰۰ بار پشت. در این آزمایش بسیار نامحتمل است که ۳۰۰ بار رو بیاید و ۷۰۰ بار پشت. اگر سکه را فقط ۱۰ بار پرتاب کنید، ممکن است ۵ بار رو بیاید و ۵ بار پشت، اما باز هم منصفانه است اگر انتظار داشته باشیم ۴ بار رو بیاید و ۶ بار پشت، یا حتی ۳ بار رو بیاید و ۷ بار پشت. نتایج آزمایش هزار بار پرتاب سکه به مقادیر مورد انتظار نزدیک‌تر خواهد بود، اما نتایج آزمایش ۱۰ بار پرتاب سکه، ممکن است به علت شانس از نسبت‌های مورد انتظار دور باشد. خزانه ژن ممکن است تحت تأثیر همین نوع اثر شانس قرار گیرد. جمعیتی را در نظر بگیرید که آمیزش تصادفی دارد و در آن هیچ‌گونه انتخاب طبیعی صورت نمی‌گیرد. برای جمعیت‌های بزرگ، خزانه ژن بارها نمونه‌برداری می‌شود تا نسل بعد را تشکیل دهد. در صدها یا هزاران نمونه، این احتمال وجود دارد که فراوانی‌های اللی در نسل فرزندان، به فراوانی‌های اللی در خزانه گامتی بسیار نزدیک باشد. از طرف دیگر، در جمعیت‌های کوچک، خزانه گامتی فقط چندبار نمونه‌برداری می‌شود. از این رو فراوانی‌های اللی در نسل فرزندان ممکن است با فراوانی‌های اللی در خزانه گامتی بسیار متفاوت باشد و علت آن فقط شانس است. در بعضی از جمعیت‌ها، فراوانی‌های اللی از نسلی به نسل دیگر به‌طور تصادفی تغییر می‌کند، اما در جمعیت‌های بزرگ نسل اندر نسل هیچ تغییری در فراوانی‌های اللی مشاهده نمی‌شود یا اگر هم شود اندک است.

در جمعیت‌های کوچک رانش ژنتیک علاوه بر آنکه باعث تغییر تصادفی در فراوانی‌های اللی می‌شود، می‌تواند باعث از بین رفتن تدریجی گوناگونی در خزانه ژنی شود. در طول زمان، رانش ژنتیک، فراوانی هتروزیگوت‌ها را کاهش می‌دهد. افزایش تدریجی هوموزیگوسیت را درون آمیزی می‌نامند.

جمعیت‌هایی که در هر نسل فقط به چند جاندار محدودند سرانجام بسیار درون‌زاد (خالص) می‌شوند. مثلاً کرکس کالیفرنیا یا یوزپلنگ ایرانی، که از تعداد آن کاسته شده است، گونه‌ای در معرض خطر است. از آنجا که فقط تعداد کمی از این جانور وجود دارد، همه آمیزش‌ها به خویشاوندان نزدیک منحصر شده است. این جمعیت به شدت درون‌زاد است. در شدیدترین حالت، اگر جمعیتی در هر نسل فقط دو فرد داشته باشد، ژنوم آن بعد از گذشت ۲۰ نسل به‌طور کامل هوموزیگوس خواهد شد.

جمعیت‌های بزرگ هم ممکن است درون‌زاد شوند، به شرطی که یک گلوگاه جمعیتی موجود باشد. منظور از گلوگاه این است که در چند نسل تعداد جانداران به‌طور چشمگیری کاهش یابد. گاو میش آمریکایی که نام معمولی آن بوفالو است در قرن ۱۹، به علت شکار شدن، از چنین گلوگاهی عبور کرده است. اکنون، بوفالوها محافظت می‌شوند. تعداد آنها افزایش یافته است، اما گلوگاه جمعیتی اثر خود

را بر جمعیت‌های بوفالو بر جای نهاده است و آنان را تا اندازه‌ای درون‌زاد کرده است. درون‌آمیزی ممکن است اثرات بدی بر جمعیت داشته باشد. بیشتر خزانه‌های ژنی ال‌های مغلوبی دارند که تک‌نسخه آنها در حالت هتروزیگوت بی‌ضرر است، اما در حالت هوموزیگوس مضر یا حتی کشنده‌اند. تخمین زده می‌شود که انسان هفت ال‌ل دارد که در حالت هوموزیگوس کشنده‌اند. درون‌آمیزی فراوانی، این‌گونه ال‌های مضر و کشنده را افزایش می‌دهد. به علت افزایش در هوموزیگوس بودن ال‌های مغلوب مضر، جمعیت‌های درون‌زاد با افت درون‌آمیزی مواجه‌اند. به این معنی که زایایی و بقای آنان در مقایسه با جمعیت‌های غیر درون‌زاد، کاهش می‌یابد. بعضی از جمعیت‌های انسانی جدا شده (ایزوله شده) نسبتاً درون‌زادند و فراوانی بیماری‌های ارثی در آنان بالاست. جانورانی که در باغ وحش نگهداری می‌شوند، گونه‌های در معرض خطر، و بعضی از نژادهای ثبت شده جانوران با افت درون‌آمیزی مواجه‌اند چون جمعیت‌های آنان کوچک است. به منظور کاهش درون‌آمیزی، پرورش‌دهندگان غالباً سعی می‌کنند در جمعیت‌های کنترل شده، آمیزش‌ها را بین دو جانور که دورترین خویشاوندی را دارند انجام دهند.

درون‌آمیزی یک جنبه سودمند هم دارد. ژنتیک‌دانان موفق شده‌اند که در موش، مگس میوه و دیگر جانداران معمول آزمایشگاهی با آمیزش برادرها و خواهرها نسل‌اندرو نسل دودمان‌های به شدت هوموزیگوس تولید کنند. در دست داشتن جاندارانی که از نظر ژنتیک یکسان‌اند، امکان تکرار آزمایش را با دقتی زیاد فراهم می‌کند. همچنین آزمایشگاه‌های مختلف را قادر می‌سازد که از مواد آزمایشگاهی یکسانی بهره‌برداری کنند.

فرضیه هال‌دین این بود که در بعضی محیط‌ها ال‌ل سلول داسی‌شکل یک مزیت به‌شمار می‌آید، چون می‌تواند افراد حامل این ال‌ل را در مقابل مالاریا محافظت کند. پژوهش‌ها این فرضیه را تأیید می‌کنند. افراد هوموزیگوت برای ال‌ل سالم هموگلوبین، کم‌خونی ندارند، اما می‌توانند مالاریا بگیرند. افراد هوموزیگوت برای ال‌ل سلول داسی‌شکل کم‌خونی دارند، اما نسبت به مالاریا مقاوم‌اند. افراد هتروزیگوت که یک ال‌ل سالم و یک ال‌ل سلول داسی‌شکل دارند، به مالاریا مقاوم‌اند، اما کمی کم‌خونی دارند. در جایی که مالاریا شایع است، انتخاب طبیعی به نفع هتروزیگوت‌ها عمل می‌کند، و هر دو ال‌ل را در جمعیت حفظ می‌کند.

### اثر شارش ژن

انتخاب طبیعی، عامل اصلی ایجاد تغییرات در خزانه ژنی جمعیت‌های بزرگ است، اما عوامل متعدد دیگری هم می‌توانند باعث تغییر شوند. مثلاً گاهی جانوران مسافت‌های طولانی را می‌پیمایند و از جایی

به جای دیگر مهاجرت می کنند. اگر آنان در جای جدید موفق شوند که جفتی بیابند، آن گاه ممکن است فراوانی های الی در خزانه ژنی محلی تغییر یابد. حتی ممکن است آنان الی های جدیدی را به جمعیت جدید خود وارد کنند. گامت های بسیاری از گیاهان و جانوران آبی نیز متحرک اند و می توانند خزانه های ژنی را در فواصل دور تحت تأثیر قرار دهند. برای توصیف آثار مهاجرت بین خزانه های ژنی از اصطلاح شارش ژن استفاده می کنند. اگر شارش ژن در نسل های متمادی ادامه پیدا کند، آن گاه باعث می شود تا خزانه ژنی جمعیت هایی که از نظر جغرافیایی جدا هستند، به یکدیگر شبیه شوند.

جدول ۲- مکانیسم های اصلی ای که بر خزانه ژنی تأثیر می گذارند.

مکانیسم	تأثیر بر خزانه ژنی
انتخاب طبیعی	افزایش موفقیت تولیدمثلی به افزایش فراوانی الی می انجامد. کاهش موفقیت تولیدمثلی، به کاهش فراوانی الی منجر می شود.
رائش ژنتیک	تغییرات تصادفی در جمعیت های کوچک
شارش ژن	تغییر در خزانه ژنی به علت مهاجرت افراد بین جمعیت ها
جهش	تبدیل مستقیم یک ال به ال دیگر

یکی دیگر از عواملی که می تواند فراوانی های الی را تغییر دهد، جهش است. جهش ها با آهنگی بسیار آهسته به طور خود به خود رخ می دهند. معمولاً جهش ها از اشتباهات کوچک طی همانندسازی DNA ناشی می شوند. بیشتر جهش ها بر افراد حامل آنها اثرات بدی به جای می گذارند یا اینکه هیچ اثری ندارند اما بعضی از جهش های نادر سودمندند. آنهایی که سودمندند به وسیله انتخاب طبیعی برگزیده می شوند و فراوانی آنها به تدریج در خزانه ژن افزایش می یابد. مثلاً الی های جهش یافته ای که باعث مقاومت نسبت به حشره کش ها می شوند، به سرعت در جمعیت مگس ها منتشر می شود.

نزدیک ترین خویشاوندان، دوقلوهای همسان هستند. تمام ژنوم هسته ای آنها یکسان است. دوقلوهای همسان از یک تخمک لقاح یافته ناشی شده اند که در مراحل اولیه ی رویانی به دو رویان تقسیم شده است. دوقلوهای ناهمسان به طور متوسط فقط در نیمی از الی ها مشترک هستند و شباهت آنان به یکدیگر، از شباهت خواهرها و برادرهای معمولی بیشتر نیست. دوقلوهای ناهمسان از دو تخمک لقاح یافته که در یک زمان نمایافته اند، حاصل شده اند. ژنتیک دانان با مقایسه این دونوع دوقلو می توانند به پاسخ پرسش هایی درباره اهمیت نسبی ژنتیک و عوامل محیطی درباره صفات کمی گوناگون در انسان دست یابند. اگر در تعیین یک فنوتیپ ژن ها مهم تر باشند، آن گاه به طور متوسط دوقلوهای همسان در مقایسه با دوقلوهای ناهمسان شباهت بیشتری به یکدیگر خواهند داشت. اگر محیط مهم تر باشد، آن گاه به طور متوسط دوقلوهای همسان به اندازه

دوقلوهای ناهمسان به یکدیگر شبیه خواهند بود. مطالعات انجام شده روی دوقلوها نشان داده است که برای بسیاری از صفات آناتومیکی عوامل ژنتیک از اهمیت بیشتری برخوردارند. برای بسیاری از صفات رفتاری اهمیت عوامل محیطی بیشتر است.

بعضی از دانشمندان بر این تصورند که گوناگونی در هوش انسان عمدتاً به عوامل ژنتیک بستگی دارد. این گونه ادعاها، جای بحث دارند. در بعضی از مطالعاتی که به ارائه چنین ادعاهایی منجر شده‌اند، آن قدر تعداد افراد مطالعه شده اندک بوده که برای به دست آمدن نتیجه‌ای دقیق کافی نبوده است. بعضی دیگر، فقط دوقلوهایی را مورد مطالعه قرار داده‌اند که به فرزندخواندگی پذیرفته شده‌اند و در خانه‌هایی متفاوت رشد کرده‌اند. از نظر اصولی، این امکان وجود دارد که با مطالعه دوقلوهای همسانی که در محیط‌های مختلف بزرگ شده‌اند بتوان اهمیت عوامل ژنتیک را تخمین زد، اما در عمل در این گونه مطالعات، مشکلات زیادی به چشم می‌خورد. حتی اگر دوقلوها به فرزندخواندگی پذیرفته شوند، باز هم والدین و محیط‌های اوایل کودکی برای آنان مشترک بوده است. مثلاً، اگر مادر در حین بارداری سیگار بکشد یا الکل بنوشد، هر دو جنین تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. همچنین خانه‌های دوقلوهایی که به طور جداگانه به فرزندخواندگی پذیرفته شده‌اند، گاهی چندان متفاوت نیست. بعضی از دوقلوهایی که جدا از یکدیگر بزرگ شده‌اند و پژوهش روی آنان صورت گرفته است، در همسایگی هم زندگی می‌کردند و به یک مدرسه می‌رفتند، در نتیجه عوامل محیطی مشترک باعث می‌شوند تا دوقلوها صرف نظر از آثار ژنتیک بیشتر به یکدیگر شبیه باشند.

دولت دانمارک، از شهروندان این کشور اطلاعات مشروحی را مانند تاریخ‌های تولد، مرگ، ازدواج و دوقلوزایی ثبت می‌کند. پژوهشگران از این اطلاعات برای مطالعه درجه دخالت عوامل ژنتیک در تعیین میزان طول عمر و دیگر صفات استفاده می‌کنند. مطالعه داده‌های ثبت شده از چند هزار دوقلوی وفات یافته نشان می‌دهد که دوقلوهای همسان از نظر طول عمر کمی بیشتر به هم شبیه‌اند تا دوقلوهای ناهمسان. موارد مرگ و میر نوزادی و کودکی از این آنالیز مستثنا شده بودند. نتایج حاکی از آن‌اند که حدود ۲۰ درصد گوناگونی در طول عمر، ناشی از عوامل ژنتیک‌اند. ۸۰ درصد بقیه، از عوامل محیطی ناشی می‌شوند.

## فصل پنجم

از ماده به انرژی

## ایده کلیدی

- ساختار و عملکرد
- روابط و الگوها
- پایداری، تغییر و زمان
- اندازه گیری

## پیامدهای شایستگی محور

- دانش آموزان فرایندهای تأمین انرژی از ماده را در جانداران گزارش می کنند و می توانند نتایج آن را در بهبود سلامت خود و نیز تولید محصول به کار برند.
- ایده هایی برای پژوهش درباره به کارگیری این فرایند در تولید محصول ارائه می کنند و در صورت امکان آنها را انجام می دهند.

## پرسش های اساسی

- چه فرایندهایی در دنیای حیات برای تأمین انرژی از ماده در مصرف کنندگان وجود دارد؟ به عبارتی غذاهایی که می خوریم چگونه در بدن ما به انرژی تبدیل می شوند؟
- چه عواملی بر فرایندهای تأمین انرژی از ماده تأثیر می گذارند؟
- شکل رایج انرژی در بدن جانداران چیست؟
- چه اندامکی در تأمین انرژی نقش دارد؟ این اندامک چه ویژگی هایی دارد؟
- تنفس یاخته ای چیست و چه انواعی دارد؟
- تنفس یاخته ای چه ارتباطی با سلامت ما دارد؟

## مفاهیم کلیدی

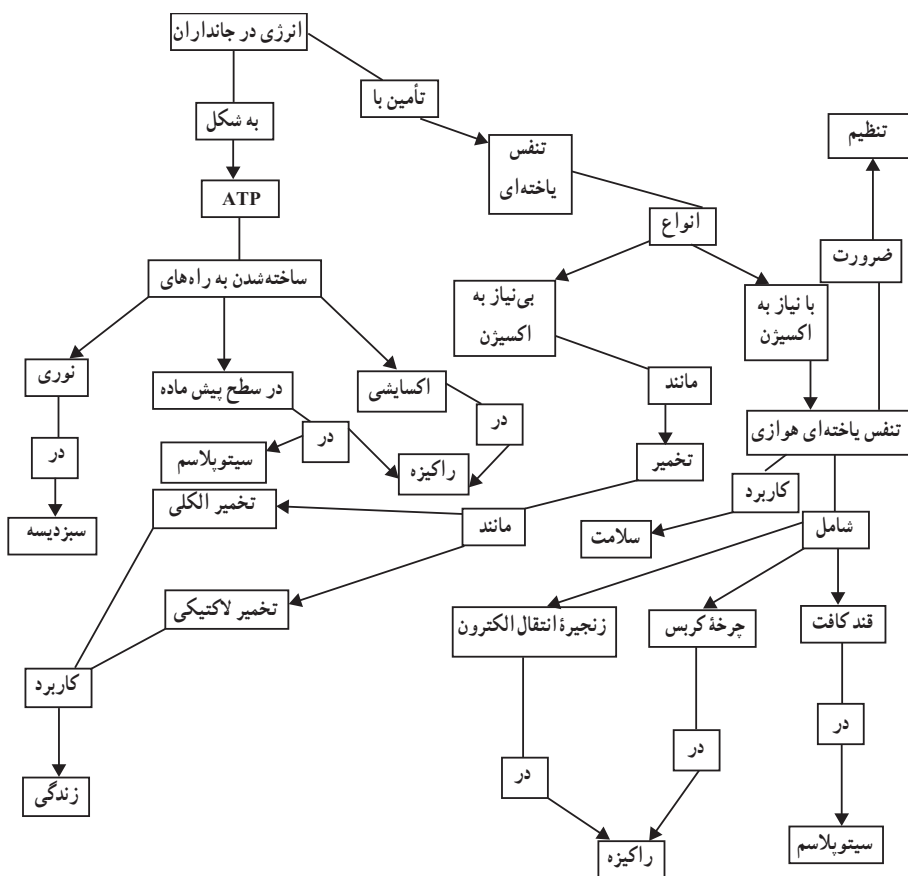
تنفس یاخته ای، قندکافت، چرخه کربس، زنجیره انتقال الکترون، تنظیم تنفس، تخمیر، سلامت بدن



## مهارت های کلیدی

مهارت های تفکر مانند پیش بینی، استدلال، مقایسه، گزارش نویسی، طراحی آزمایش و پژوهش علمی.

## نقشه مفهومی



## کفتار ۱: تأمین انرژی

آغاز آموزش از پیش دانسته‌ها و تجارب دانش‌آموزان. دانش‌آموزان براساس آنچه در پایه‌های گذشته در کتاب‌های زیست‌شناسی و علوم تجربی آموخته‌اند، می‌دانند که برای همه فعالیت‌های حیاتی که در بدن انجام می‌شود به انرژی نیاز داریم. بنابراین می‌توانید آموزش را با پرسش‌هایی مربوط به آنچه قبلاً در این باره آموخته‌اند، آغاز کنید.

آنها به‌طور مشخص با واکنش کلی تنفس و در کتاب زیست‌شناسی ۱ پایه دهم در فصل تبدلات گازی آشنا شده‌اند. انتظار داریم که دانش‌آموزان به‌ضرورت تنفس و علت نیاز به اکسیژن پی‌برده باشند. در آنجا آموختند که انرژی مواد مغذی، مثل گلوکز در مولکول‌های ATP ذخیره می‌شود. همچنین در کتاب زیست‌شناسی ۲ پایه یازدهم در فصل دستگاه حرکتی، آموختند که انرژی مورد نیاز برای انقباض ماهیچه‌ها از ATP به‌دست می‌آید.

پس از آن پرسش‌های صفحه عنوان فصل، یا پرسش‌های مشابه را از دانش‌آموزان بپرسید. از دانش‌آموزان بخواهید آنچه را درباره انرژی می‌دانند (انواع انرژی، نیاز به انرژی، تأمین انرژی، منابع انرژی و...)، در برگه‌ای یادداشت کنند. این دانسته‌ها می‌تواند آموخته‌های آنها از فیزیک را نیز دربرگیرد. از آنها بخواهید پرسش‌هایی را بنویسند که درباره چگونگی تأمین انرژی در بدن موجودات زنده از جمله انسان دارند. به عبارتی آنچه را می‌دانند و آنچه را می‌خواهند بدانند، یادداشت کنند.

### تنفس یاخته‌ای

سعی کنید تا دانش‌آموزان واکنش کلی تنفس یاخته‌ای را به خاطر آورند. با کمک آنها این واکنش را بنویسید. توجه داشته باشید که در اینجا موازنه واکنش مورد نظر نیست، بلکه کافی است که دانش‌آموزان واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌های واکنش را نام ببرند. حتی فرمول شیمیایی قند و آب نیز مد نظر نیست؛ گرچه با توجه به مفاهیمی که دانش‌آموزان در شیمی آموخته‌اند، انتظار می‌رود که تعدادی از دانش‌آموزان این واکنش را به‌صورت موازنه شده و با فرمول درست بنویسند.

### ATP مولکول پرا انرژی

برای توضیح مولکول ATP توجه دانش‌آموزان را به شکل ۱ جلب کنید و از آنها بخواهید که درک

خود از شکل را ارائه دهند. با توجه به مطالبی که در فصل ۱ همین کتاب دربارهٔ نوکلئوتیدها آموخته‌اند، انتظار داریم که دانش‌آموزان به‌خوبی ساختار ATP را توضیح دهند. با توجه به شکل ۲ به آنها کمک کنید تا چگونگی ذخیره‌شدن انرژی را در ATP توضیح دهند.

از دانش‌آموزان دربارهٔ ساخته شدن ATP پرسید. از آنها بخواهید با توجه به اینکه ATP نوکلئوتیدی است که فسفات به آن اضافه شده است، بگویند که منشأ این گروه‌های فسفات چیست. یا به‌سادگی از آنها بخواهید یک مثال از ساخته شدن ATP ارائه دهند. انتظار داریم که تعدادی از دانش‌آموزان به‌ساخته شدن ATP در ماهیچه اشاره کنند. در صورتی که امکان استفاده از رایانه دارید، صفحهٔ مربوط به این مثال را در کتاب زیست‌شناسی ۲ به دانش‌آموزان نشان دهید و از آنها بخواهید که آن را مطالعه کنند.

با توجه به اینکه در همین کتاب در فصل ۱ مفهوم پیش ماده توضیح داده شده است، انتظار داریم اگر دانش‌آموزان بخواهند برای این راه یا روش ساخته شدن ATP، نامی انتخاب کنند، کلمهٔ پیش ماده در آن باشد. برای تکمیل آموزش این روش از ساخته شدن ATP، توجه دانش‌آموزان را به شکل ۳ جلب کنید. سپس دو روش دیگر یعنی ساخته شدن اکسایشی و نوری را فقط معرفی کنید. اجازه دهید چگونگی انجام این دو روش پریشی باشد که در ذهن دانش‌آموزان بماند، تا در جای مناسب به پاسخ آن دست یابند.

#### بیشتر بدانید

ارتباط با شیمی، برای یادآوری مفهوم کاهش و اکسایش و کربوهیدرات‌ها برای یادآوری آمده‌اند.

## دانستنی‌های معلم

### انواع تنفس یاخته‌ای

تأمین انرژی از مواد مغذی در جانداران به راه‌های متفاوتی انجام می‌شود. تخمیر (fermentation): تجزیهٔ بخشی از قندها یا ترکیبات دیگر است که بی‌نیاز به اکسیژن انجام می‌شود. تنفس هوازی (aerobic respiration): اکسیژن نیز در کنار موادی مانند گلوکز مصرف می‌شود. تنفس بی‌هوازی (anaerobic respiration): در این نوع تنفس به‌جای اکسیژن، ترکیبات دیگری گیرندهٔ نهایی الکترون هستند.

در این فصل برای سادگی مطلب و به این علت که به تنفس بی‌هوازی نپرداخته‌ایم به‌طور ساده، تنفس را در دو حالت با استفاده از اکسیژن و بی‌استفاده از آن مطرح کرده‌ایم.

## مراحل کلی تنفس یاخته‌ای هوازی

این مراحل را به‌طور کلی می‌توان در مراحل گلیکولیز، اکسایش پیرووات، چرخه کربس و زنجیره انتقال الکترون تقسیم‌بندی کرد. مسلماً چنین تقسیم‌بندی‌هایی، واقعی نیستند و فقط برای تسهیل یادگیری انجام می‌شوند، بنابراین طرح پرسش‌هایی مانند اینکه در مرحله اول چه اتفاقی می‌افتد، نادرست و غیر مجاز است.

### زیستن با اکسیژن

دانش‌آموزان می‌دانند که یاخته‌های ما انرژی مورد نیاز خود را از مواد مغذی مانند گلوکز تأمین می‌کنند. از آنها بپرسید انرژی مثلاً از گلوکز چگونه تأمین می‌شود. انتظار داریم در پاسخ، به واکنش کلی تنفس یاخته‌ای اشاره کنند. آنها را هدایت کنید تا به این نتیجه برسند که انرژی گلوکز به یک باره آزاد نمی‌شود، بلکه این اتفاق در واکنش‌های متفاوت و به‌صورت مرحله‌ای رخ می‌دهد.

می‌توانید مراحل تنفس یاخته‌ای را به‌صورت قندکافت، چرخه کربس و زنجیره انتقال الکترون روی تابلو یادداشت کنید و سپس مرحله به مرحله با همراهی دانش‌آموزان آموزش آنها را ارائه دهید.

برای آموزش قندکافت از دانش‌آموزان بخواهید که به شکل ۴ توجه و آن را ترسیم کنند. از شماره‌گذاری مراحل خودداری کنید، مثلاً نپرسید که مرحله اول، دوم یا... چیست. برای چنین شکل‌هایی این پرسش بی‌معنی است، زیرا چنین مراحل عملاً وجود ندارند. دانش‌آموزان یا شما می‌توانید این واکنش‌ها را شماره‌گذاری کنید، اما توجه داشته باشید که شماره‌گذاری فقط برای آسان کردن یادگیری است و نه دست مایه‌ای برای طرح پرسش‌های حافظه مدار.

دانش‌آموزان با مطالعه این قسمت می‌آموزند که فسفات‌دار شدن سطح انرژی مولکول‌ها را افزایش می‌دهد و در واقع انرژی مورد نیاز برای فعال‌سازی واکنش تأمین می‌شود. همان‌طور که آمده است، علاوه بر پیرووات، مولکول‌های حامل الکترون و ATP نیز تشکیل می‌شود.

## دانستنی‌های معلم

### واکنش‌های گلیکولیز

۱ گروه فسفات از ATP به گلوکز منتقل و گلوکز ۶- فسفات تشکیل می‌شود. واکنش‌گری گلوکز ۶- فسفات از گلوکز بیشتر است. همچنین گلوکز فسفات درون یاخته می‌ماند، زیرا عبور گلوکز فسفات از غشای یاخته آسان نیست.

۲ گلوکز ۶- فسفات به ایزومر خود یعنی فروکتوز ۶- فسفات تبدیل می‌شود.

۳ فروکتوز ۶- فسفات با گرفتن یک فسفات از ATP به فروکتوز ۱-۶ بیس فسفات تبدیل می‌شود.

این واکنش با یکی از آنزیم‌های کلیدی قند کافت، به نام فسفوفروکتوکیناز تسهیل می‌شود و از نقاط تنظیم سرعت گلیکولیز است.

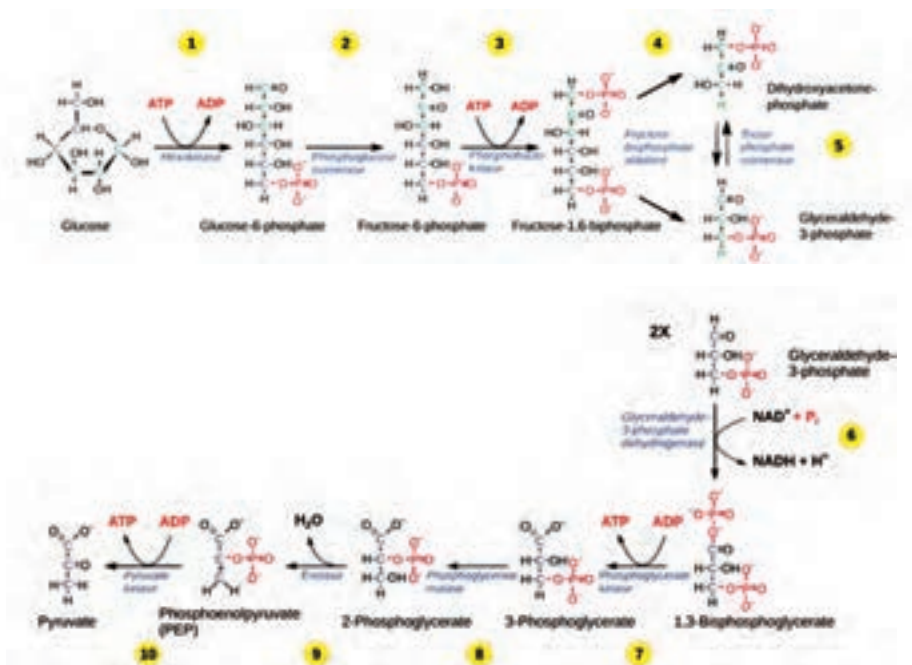
۴ فروکتوز ۱-۶ بیس فسفات به دو قند سه کربنی، یعنی دی‌هیدروکسی استن فسفات و گلیسرآلدئید ۳-فسفات تجزیه می‌شود. این دو ایزومر یکدیگرند، اما فقط گلیسرآلدئید ۳-فسفات می‌تواند وارد مرحله بعد شود.

۵ دی‌هیدروکسی استن فسفات به گلیسرآلدئید ۳-فسفات تبدیل می‌شود. مقدار این دو مولکول در حالت تعادل است، اما در نهایت همه دی‌هیدروکسی استن فسفات به گلیسرآلدئید ۳-فسفات تبدیل می‌شود. ۶ دو نیمه واکنش به طور هم‌زمان انجام می‌شوند. در یکی گلیسرآلدئید ۳-فسفات، اکسید می‌شود و در دیگری  $\text{NAD}^+$  به  $\text{NADH}^+$  و  $\text{H}^+$  کاهش می‌یابد. واکنش به طور کلی انرژی‌زا است. این انرژی به مصرف سفریله شدن مولکول و تشکیل ۱،۳-بیس فسفوگلیسرات (اسید) می‌رسد.

۷ ۱،۳-بیس فسفوگلیسرات یکی از گروه‌های فسفاتش را به  $\text{ADP}$  می‌دهد. در نتیجه ضمن تشکیل  $\text{ATP}$ ، به ۳-فسفوگلیسرات تبدیل می‌شود.

۸ ۳-فسفوگلیسرات به ایزومرش، یعنی ۲-فسفوگلیسرات تبدیل می‌شود.

۹ ۲-فسفوگلیسرات یک مولکول آب از دست می‌دهد و به فسفوانول پیرووات تبدیل می‌شود. ( $\text{PEP}$ )  $\text{PEP}$  مولکول ناپایداری است و گروه فسفاتش را در پایان قندکافت از دست می‌دهد.



$\text{NAD}^+$  مولکول حامل الکترون و در واقع کوآنزیمی مشتق شده از ویتامین نیاسین است. این مولکول با گرفتن و از دست دادن الکترون به سادگی به دو حالت اکسایش و کاهش وجود دارد. در این تبدیل آنزیم‌های دهیدروژناز عمل می‌کنند. این آنزیم‌ها یک جفت الکترون و یک جفت پروتون را از پیش ماده (مثلاً گلوکز) بر می‌دارند و آن را اکسید می‌کنند. آنزیم دو الکترون را همراه با یک پروتون به کوآنزیم خود، یعنی  $\text{NAD}^+$  منتقل می‌کند. پروتون دیگر در محیط رها می‌شود.

### واژه شناسی

قند کافت، واژه مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه Glycolysis است. Glyco قند و Lysis به معنی تجزیه و شکافتن است.

### پرسش‌های احتمالی

چرا ترکیبات در قند کافت، فسفاته می‌شوند؟ فسفریله شدن کارکردهای متفاوتی دارد؛ مثلاً سبب تجمع قند می‌شود و وجود گروه‌های فسفات از برگشت گلوکز از طریق ناقل هایشان جلوگیری می‌کند. یکی دیگر از نتایج فسفریله شدن کاهش انرژی مورد نیاز برای فعال سازی است.

### راکیزه مقصد پیرووات

در این مبحث دانش‌آموزان ضمن مطالعه سرنوشت پیرووات با ساختار راکیزه آشنا می‌شوند. از دانش‌آموزان بخواهید با توجه به شکل ۵، ساختار راکیزه را توضیح دهند. توجه داشته باشید که هدف از شکل ۵- ب توضیح ساختار یاخته گیاهی نیست و فقط به منظور تأکید به این موضوع که گیاهان نیز راکیزه دارند، آمده است.

توجه دانش‌آموزان را به شکل ۶ جلب کنید و از آنها بخواهید تا اتفاقی را که برای پیرووات می‌افتد با توجه به همین شکل توضیح دهند.

## دانستنی‌های معلم

### اکسایش پیرووات

پیرووات مولکولی باردار است، بنابراین در یاخته‌های یوکاریوتی باید از طریق انتقال فعال و با کمک یک پروتئین ناقل وارد میتوکندری شود. بعد از آن مجموعه‌ای از چندین آنزیم (مجموعه پیرووات دهیدروژناز) واکنش‌های بعدی را تسهیل می‌کند. گروه کربوکسیل پیرووات ( $-\text{COO}^-$ ) که کاملاً اکسایش یافته و انرژی

شیمیایی ناچیزی دارد، به صورت مولکول کربن دی اکسید رها می شود. بخش دو کربنی باقی مانده، استات ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) را تشکیل می دهد که شکل یونی استیک اسید است. الکترون ها به  $\text{NAD}^+$  منتقل می شوند و انرژی در  $\text{NADH}$  ذخیره می شود. سرانجام کوآنزیم آ (CoA) که ترکیبی سولفات دار و از مشتقات ویتامین B است، از طریق گوگردش به استات متصل و استیل کوآنزیم آ را تشکیل می دهد که انرژی پتانسیل بالایی دارد. این مولکول، برای اکسایش بیشتر، گروه استیل خود را به سیتریک اسید می دهد که آغازکننده چرخه کربس است.

### پرسش های احتمالی

هر راکیزه در یاخته های بدن ما چند مولکول دنا دارد؟

تعداد دنا در راکیزه های یاخته های متفاوت فرق می کند. تعداد متوسط این مولکول ها را ۵ عدد برای هر راکیزه گزارش کرده اند. در بعضی یاخته های انسانی مانند یاخته تخم هر راکیزه فقط یک مولکول دنا ی حلقوی دارد، گرچه یاخته تخم دارای بیشترین تعداد راکیزه است.

### اصلاح کج فهمی

با توجه به اینکه دانش آموزان در پایه های قبل با مفهوم تولیدکنندگی گیاهان آشنا شده اند، شاید این برداشت نادرست را داشته باشند که در یاخته های گیاهی تنفس انجام نمی شود. شکل ۵- ب به رفع این کج فهمی کمک می کند.

### بیشتر بدانید

ارتباط بین تغییر در مولکول با حالت اکسایش و کاهش را نشان می دهد.

## گفتار ۲: اکسایش بیشتر

نتیجه نهایی واکنش‌هایی که با مولکول گلوکز آغاز شد، استیل کوآنزیم A است که وارد چرخه کربس می‌شود. این چرخه را برای درک فرایند کلی به‌طور ساده نمایش داده‌ایم.

### چرخه کربس

از دانش‌آموزان بخواهید شکل ۷ را نگاه کنند. سپس به آنها فرصت دهید متن درس را بخوانند. از آنها بخواهید آنچه را از شکل در می‌یابند، به بیان خود ارائه دهند. در این قسمت دانش‌آموزان با ترکیب نوکلئوتیددار دیگری که حامل الکترون است آشنا می‌شوند. توجه دانش‌آموزان را به این موضوع جلب کنید که تجزیه مولکول به یک باره انجام نمی‌شود و مولکول‌های کربن دی‌اکسید به تدریج جدا و خارج می‌شوند. در اینجا دومین مرحله از تنفس یاخته‌ای به پایان می‌رسد. مرحله آخر با زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری‌ها ارتباط دارد.

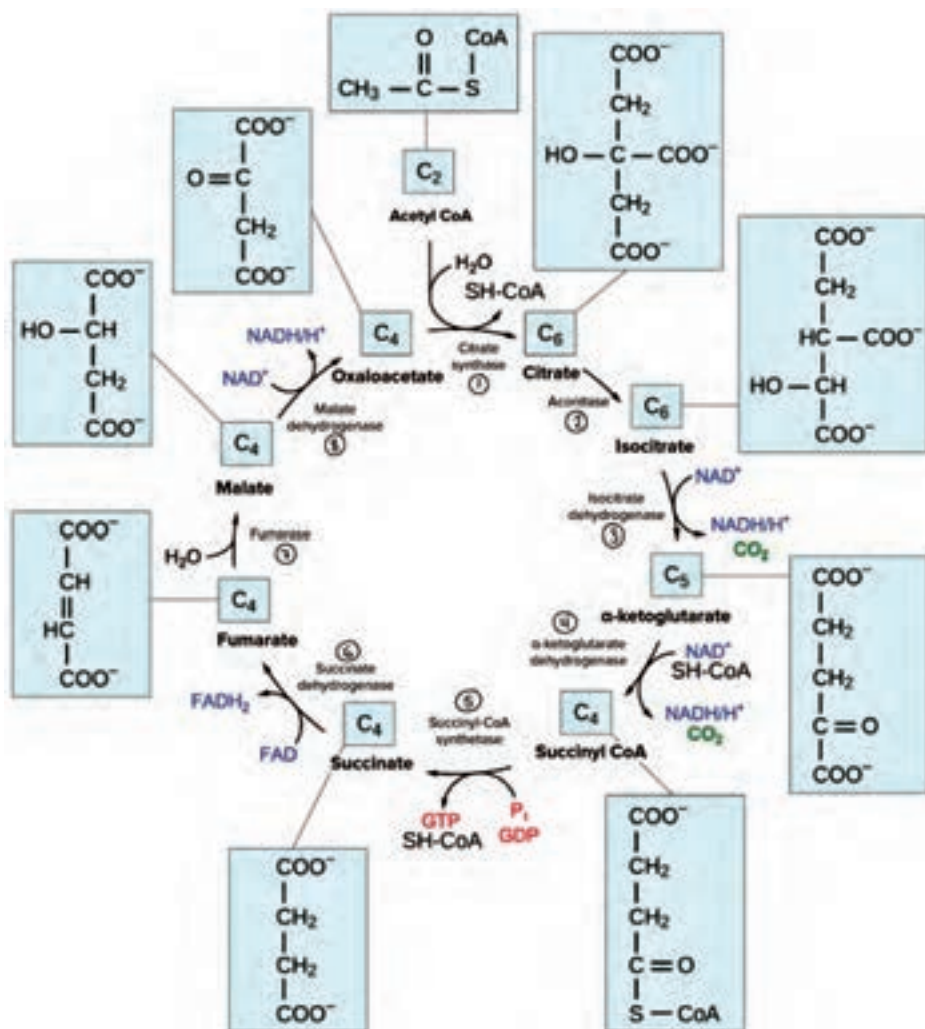
در ادامه ترسیمی از این چرخه ارائه شده است. توجه داشته باشید که سطح انتظار یادگیری دانش‌آموزان از چرخه کربس همانی است که در کتاب درسی آمده است، اما در صورتی که تشخیص می‌دهید دانش‌آموزان علاقه‌مند هستند و برای اینکه دانش‌آموزان درکی از پیچیدگی این چرخه داشته باشند، می‌توانید این تصویر یا تصویرهای مشابه را به آنها نشان دهید، بی‌اینکه آن را آموزش دهید. در این تصویر می‌توانید توجه دانش‌آموزان را به این موضوع جلب کنید که تعداد اندکی ATP ساخته می‌شود، بنابراین لازم است تاراهی برای تأمین ATP بیشتر برای تأمین نیاز انرژی جانداران پریاخته‌ای وجود داشته باشد.

## دانستنی‌های معلم

### واکنش‌های چرخه کربس

چرخه کربس، چرخه سیتریک اسید هم نامیده می‌شود؛ زیرا اولین ترکیبی است که بعد از ورود استیل کوآنزیم A به چرخه تشکیل می‌شود. سیتریک اسید ترکیبی ۶ کربنی است. در چرخه کربس از انرژی حاصل از اکسایش اتم‌های کربن که به‌صورت  $\text{CO}_2$  آزاد می‌شوند، در هر چرخه یک مولکول ATP از ADP تشکیل می‌شود. بیشترین بخش انرژی آزاد شده در این چرخه برای ایجاد NADH و  $\text{FADH}_2$  مصرف می‌شود.





### تشکیل ATP بیشتر

از دانش‌آموزان پرسید حاصل تنفس باخته‌ای چیست. انتظار داریم که پاسخ آنها مبتنی بر نیاز به انرژی باشد. توجه دانش‌آموزان را به این نکته جلب کنید که ATP‌های ساخته شده تا به اینجا نیاز انرژی بدن را تأمین نمی‌کند، بنابراین باید راهی برای تأمین انرژی بیشتر از مواد مغذی باشد. به آنها بگویید که مولکول‌های حامل الکترون نیز می‌توانند در تأمین ATP نقش داشته باشند. با این مقدمه وارد بحث بعدی شوید.

## زنجیره انتقال الکترون

از دانش آموزان بخواهید به شکل ۸ توجه کنند و چیزی را که از شکل در می‌یابند به بیان خود توضیح دهند. از آنها بخواهید توضیح دهند چه اتفاقی در بستره رخ می‌دهد. آنها باید به تشکیل آب و ATP اشاره کنند. با توجه به اینکه دانش آموزان پدیده انتشار را در سال دهم آموخته‌اند از آنها بپرسید آیا انتظار دارند که اتم‌های هیدروژن به بستره برگردند. در اینجا آنزیم ATP ساز را به عنوان راه عبور پروتون‌ها مطرح کنید. از آنها بخواهید که «بیشتر بدانید» مربوط به این آنزیم را مطالعه کنند؛ گرچه طرح پرسش برای ارزشیابی از آن ممنوع است.

سپس بخواهید متن را بخوانند و خلاصه‌ای از عملکرد و ماهیت زنجیره انتقال الکترون بنویسند. پس از آن، از آنها بخواهید که فعالیت ۲ را انجام دهند. در پاسخ به قسمت الف، آنها باید به اکسایش مولکول‌های حامل الکترون در این زنجیره اشاره کنند.

در پاسخ به قسمت ب، باید به این نکته بپردازند که چین‌خوردگی‌ها به افزایش سطح و در نتیجه امکان وجود بیشتر زنجیره‌های انتقال الکترون می‌انجامد.

## دانستنی‌های معلم

### مجموعه‌های زنجیره انتقال الکترون

در زنجیره انتقال الکترون، مولکول‌های الکترون را از مولکول‌های قبلی می‌گیرند و به مولکول‌های بعدی می‌دهند. بیشتر این مولکول‌ها در چهار مجموعه‌اند که با اعداد رومی I تا IV نشان داده می‌شوند. همه این مجموعه‌ها در غشای داخلی میتوکندری قرار دارند و در واقع آنزیم‌اند. این مجموعه‌ها عمدتاً از پروتئین‌ها تشکیل شده‌اند.

**مجموعه I:**  $\text{NADH}$  دهیدروژناز نیز نامیده می‌شود. این مجموعه الکترون‌ها را از  $\text{NADH}$  می‌گیرد. مولکول‌های حامل الکترون در این مجموعه شامل کوفاکتور فلاوین مونونوکلوئید (FMN) و چند پروتئین آهن – گوگردی است. این مجموعه الکترون‌ها را به یوبی کوئینین منتقل می‌کند. به ازای هر جفت الکترون که از این مجموعه عبور می‌کند، چهار پروتون از بستره به فضای بین دو غشا پمپ می‌شود.

یوبی کوئینین یک مولکول حامل الکترون و کوچک است که در لیپید قابل حل است و در غشای داخلی قرار دارد. اتصال محکمی با پروتئین‌ها ندارد و بنابراین می‌تواند آزادانه در غشای فسفولیپیدی جابه‌جا شود.

**مجموعه II:** سوکسینات دهیدروژناز. در این مجموعه سوکسینات اکسایش می‌یابد. در این مجموعه  $\text{FADH}_2$  و گروهی از پروتئین‌های آهن – گوگردی عمل می‌کنند و الکترون‌ها را به یوبی کوئینین می‌دهند. این مجموعه پروتونی را پمپ نمی‌کند.

**مجموعه III :** مجموعه سیتوکروم  $bc_1$  . این مجموعه یوبی کوئینین کاهش یافته را اکسایش می کند و الکترون ها را از طریق هسته پروتئین های آهن - گوگردی خود، دو نوع سیتوکروم  $b$  ( $b_{565}$  و  $b_{560}$ ) و سیتوکروم  $c_1$  متصل به غشا به سیتوکروم  $c$  می دهد. در این مجموعه به ازای یک جفت الکترون، چهار پروتون منتقل می شود.

سیتوکروم  $c$  یک پروتئین کوچک است که اتصال سستی به سطح خارجی غشای داخلی دارد و به عنوان یک حامل (carrier) متحرک برای انتقال الکترون ها بین مجموعه های III و IV عمل می کند.

**مجموعه IV :** سیتوکروم  $c$  اکسیداز. این مجموعه شامل دو هسته مس ( $Cu_A$  و  $Cu_B$ ) و سیتوکروم های  $a$  و  $a_3$  است. مجموعه IV اکسیداز انتهایی است و چهار الکترون برای کاهش اکسیژن به دو مولکول آب فراهم می آورد. به ازای هر جفت الکترون دو پروتون را پمپ می کند.

**سیتوکروم :** سیتوکروم ها، پروتئین هایی دارای حلقه پورفیرینی اند که در ساختار آن آهن یا گروه هم وجود دارد. آهن در این ترکیبات از حالت فریک (آهن سه بار مثبت) به فروس (آهن دو بار مثبت) تبدیل می شود و در نتیجه می تواند الکترون بدهند یا بگیرند. البته انتقال الکترون بدون انتقال پروتون است. انواعی از سیتوکروم براساس سطح انرژی الکترونی که انتقال می دهند و نیز ساختار پروتئینی، وجود دارد. پروتئین های آهن - گوگردی نیز در زنجیره انتقال الکترون وجود دارد. این پروتئین ها ساختار هم ندارند. بیشتر بدانید ویتامین های **B** و **تنفس یاخته ای** برای جلب توجه دانش آموزان به اهمیت تغذیه مناسب و سالم در کارکرد درست مغز تنظیم شده است.

### بازده انرژیایی تنفس یاخته ای

در اینجا دانش آموزان به این مفهوم کلی پی می برند که میزان ATP تشکیل شده در تنفس یاخته ای عدد ثابتی نیست. یکی از راه های تعیین این مقدار در آزمایشگاه و براساس شرایط تعیین شده آزمایشگاهی است. همچنین میزان تشکیل ATP در یاخته های متفاوت و در شرایط متفاوت فرق می کند.

### تنظیم تنفس یاخته ای : تولید اقتصادی

سرعت تنفس یاخته ای به میزان نیاز یاخته ها و جاندار بستگی دارد و یکی از راه های تنظیم آن موازنه بین ATP و ADP است. همچنین توجه دانش آموزان در اینجا به این مطلب جلب می شود که قندها تنها منبع انرژی نیستند و مواد دیگری نیز می توانند به این مصرف برسند. از این فرصت برای جلب توجه دانش آموزان به اهمیت تغذیه متنوع و استفاده مناسب از مواد مغذی استفاده کنید. در پاسخ به فعالیت ۳، دانش آموزان در واقع نقشه مفهومی را براساس آنچه آموخته اند، ترسیم می کنند.

در پاسخ به فعالیت ۴، دانش‌آموزان باید با توجه به واکنش کلی تنفس، آب تولیدشده در این واکنش را مطرح کنند، گرچه به این نکته توجه داشته باشید که حتی مواد خشک نیز مقداری آب دارند.

## دانستنی‌های معلم

### تنظیم تولید ATP

ATP مولکولی ناپایدار است و اگر به مقدار بیش از نیاز ساخته شود و تجمع یابد، خود به خود به ADP تبدیل می‌شود، بنابراین منطقی است که ساخته شدن آن در بدن متناسب با نیاز بدن به این مولکول تنظیم شود. در صورت نیاز به این مولکول، گلوکز به سرعت تجزیه می‌شود و اگر نیاز نباشد سرعت تجزیه گلوکز کاهش می‌یابد.

**اثر محصولات واکنش‌های تنفسی:** تنظیم هر واکنشی با تنظیم فعالیت آنزیم‌های دخیل در آن واکنش انجام می‌شود، به‌ویژه فعالیت آنزیم‌هایی که در تسهیل مسیری نقش دارند که به سادگی قابل برگشت نیست. اتصال تنظیم‌کننده به آنزیم با تغییر در ساختار آنزیم، سبب کاهش یا افزایش فعالیت آنزیم می‌شود. ATP، ADP و NADH مثال‌هایی از مولکول‌هایی‌اند که آنزیم‌های تنفس یاخته‌ای را تنظیم می‌کنند. مثلاً اگر ATP فراوان باشد به عنوان علامت توقف تنفس یاخته‌ای عمل می‌کند.

**تنظیم میزان ورود قند به یاخته:** گلوکز در حضور انسولین و به واسطه یک ناقل پروتئینی به یاخته منتقل می‌شود که در ریزکیسه‌هایی (vesicles) درون یاخته وجود دارد. با اتصال انسولین به گیرنده انسولین در غشای یاخته، علائمی به یاخته منتقل و سبب اتصال ریزکیسه‌های دارای ناقل گلوکز، به غشای یاخته و در نتیجه ورود گلوکز از طریق پروتئین ناقل می‌شود.

**تأثیر هورمون‌های تیروئیدی:** این هورمون‌ها از طریق تأثیر بر ژن‌ها و یا به‌طور مستقیم با تأثیر بر میتوکندری‌ها در تنفس یاخته‌ای نقش دارند.

### بیشتر بدانید

اگر کربوهیدرات‌ها کافی نباشند، برای جلب توجه دانش‌آموزان به اهمیت تغذیه متناسب و نیز راه‌های پیش‌بینی شده برای تأمین انرژی مورد نیاز در صورت در اختیار نبودن کربوهیدرات‌ها، تنظیم شده است.

### پرسش‌های احتمالی دانش‌آموزان

آیا ATP‌ای که در راکتیزه ساخته می‌شود، همان‌جا می‌ماند؟ ATP ساخته شده در میتوکندری به خارج از آن منتقل می‌شود و برای این کار نیز انرژی مصرف می‌شود.

### اصلاح کج فهمی

چربی‌ها انرژی بیشتری ایجاد می‌کنند، بنابراین چربی‌ها برای انجام تنفس یاخته‌ای مناسب‌ترند. ممکن است دانش‌آموزان شنیده باشند که به‌ازای هر گرم گلوکز حدود ۴/۵ کیلوکالری انرژی، در حالی که به‌ازای هر گرم چربی حدود ۹ کیلوکالری انرژی به‌دست می‌آید، بنابراین چربی‌ها منبع بهتری برای انرژی هستند. توجه دانش‌آموزان را به این مسئله جلب کنید که نقش چربی‌ها حفاظت است و در ارتباط با تأمین انرژی نقش ذخیره انرژی دارد. اگر میزان کالری دریافتی ما بیش از میزان نیاز باشد، قندها برای ساختن چربی‌ها و به عبارتی ذخیره انرژی به کار می‌روند. همچنین ورود چربی‌ها به تنفس یاخته‌ای به سادگی ورود گلوکز نیست و باید واکنش‌های دیگری انجام شود.

در حالت معمول گلوکزی که از طریق روده‌ها جذب و وارد گردش خون می‌شود، مسیر تنفس یاخته‌ای را طی می‌کند. در حالتی که قند خون کاهش می‌یابد، ذخیره گلیکوژن کبد، تجزیه و قند خون را تأمین می‌کند. در فعالیت‌های بدنی و نیاز بالا به انرژی و نیز گرسنگی‌ها ذخیره‌های چربی مصرف می‌شوند. در گرسنگی‌ها و سوء تغذیه‌های شدید، بدن برای تأمین انرژی به سراغ پروتئین‌ها می‌رود.

### گفتار ۳: زیستن مستقل از اکسیژن

در این گفتار به راه‌های دیگر تأمین انرژی می‌پردازیم. می‌توانید از دانش‌آموزان بپرسید که سرکه چگونه تولید می‌شود یا اینکه توجه آنها را به فرایند تهیه خمیر نان جلب کنید. در ساده‌ترین حالت می‌توانید دانش‌آموزان را با پرسش‌هایی که در ابتدای این گفتار آمده است، مواجه کنید. دانش‌آموزان با مخمرها و تخمیر نان در سال‌های قبل در درس علوم و به‌طور مشخص در پایه هشتم آشنا شده‌اند.

در این گفتار می‌توانید با ارائه مثال‌هایی مانند ورآمدن خمیر نان، سرکه‌سازی و ماست‌بندی، انواع و اهمیت تخمیر در زندگی را مطرح کنید و تخمیر الکلی و لاکتیکی را آموزش دهید. توجه داشته باشید که انواعی از باکتری‌ها در فرایندهای تخمیر نقش دارند.

**تخمیر در گیاهان:** شاید دانش‌آموزان چنین تجربه‌ای داشته‌اند که آبیاری فراوان گیاه سبب مرگ گیاه می‌شود. از آنها بپرسید چرا اگر بیش از حد نیاز به گیاه آب بدهیم، گیاه پژمرده می‌شود و از بین می‌رود. اگر چنین گیاهی را از خاک خارج کنیم، می‌بینیم که ریشه‌ها پوسیده‌اند. در واقع آبیاری فراوان سبب جانشین شدن هوای خاک با آب می‌شود. کمبود اکسیژن سبب به‌راه افتادن واکنش‌های تخمیری و تغییر pH خاک و در نتیجه نامناسب شدن شرایط برای زیست یاخته‌ها می‌شود.

## پرسش‌های احتمالی دانش‌آموزان چرا بعضی گیاهان در آب زنده می‌مانند؟

در صورتی که چنین پرسشی از سوی دانش‌آموزان در کلاس مطرح شد، به آنها کمک کنید تا آنچه را در کتاب زیست‌شناسی ۱ در پایه دهم خوانده‌اند، به یادآورند. آنها در پایه دهم، برش‌هایی از بافت نرم آکنه‌ای دیده‌اند که دارای حفرات فراوان هواست. همچنین با شش ریشه در درخت حرا آشنا شده‌اند. بنابراین انتظار داریم حداقل تعدادی از دانش‌آموزان به این موارد اشاره کنند. همچنین تجربه نگهداری بعضی گیاهان در آب، به پاسخ این پرسش کمک می‌کند. اگر به چنین گیاهانی توجه کنید، می‌بینید که به‌طور مرتب ریشه‌های جدید تشکیل و جانشین ریشه‌های از بین رفته می‌شود.

می‌دانیم از نمک برای نگهداری خوراکی‌ها و ضدعفونی کردن استفاده می‌شود. چرا در تهیه خیارشور نمک به‌کار می‌رود، اما در کتاب درسی آمده است که در این فرایند تخمیر لاکتیکی نقش دارد؟

لاکتیک اسید باکتری‌ها (LAB)، انواعی از باکتری‌ها هستند که با تخمیر لاکتیکی در آماده‌شدن خیارشور نقش دارند. این باکتری‌ها در مقدار مشخصی از نمک می‌توانند زنده بمانند و فعالیت کنند. اگر نمک زیاد باشد، مخمرهای نمک دوست رشد می‌کنند و از سرعت تخمیر لاکتیکی کم می‌شود. اگر نمک کم باشد باکتری‌هایی رشد می‌کنند که سبب لیز شدن و تخریب خیار می‌شوند. انواعی از باکتری‌ها و از جمله لاکتیک اسید باکتری‌ها و مخمرها روی خیار وجود دارند که تعدادی از آنها حتی بعد از شست‌وشو روی خیار باقی می‌مانند. مخمرها مواد مغذی مورد نیاز لاکتیک اسید باکتری‌ها را فراهم می‌کنند. در فرایند آماده‌سازی خیارشور، به‌علت افزایش این میکروارگانیسم‌ها، فرایند رقابت مانع از فعالیت باکتری‌های دیگر می‌شود. مژه ترش خیارشور به علت تشکیل لاکتیک اسید در فرایند تولید خیارشور است.

## سلامت بدن : پاداکسنده‌ها

هدف از ارائه این محتوا پرداختن به مباحث کاربردی در سلامت و مرتبط با تنفس یاخته‌ای است. با توجه به مخاطبان که در معرض استفاده از الکل به دلایل متفاوت قرار دارند، پرداختن به شیوه علمی به این موضوع می‌تواند در پیشگیری از گرایش آنها به الکل مؤثر باشد.

دانش‌آموزان درباره رادیکال‌های آزاد و پاداکسنده در کتاب‌های شیمی خود مطالبی خوانده‌اند. همچنین در زیست‌شناسی دهم آموختند که بعضی ترکیبات رنگی در گیاهان پاداکسنده‌اند و در پیشگیری از سرطان نقش دارند.

آموزش این مفاهیم را می‌توانید با پرسش از دانش‌آموزان درباره پاداکسنده‌ها و رادیکال‌های آزاد آغاز کنید. به عبارتی از پیش دانسته‌های دانش‌آموزان استفاده کنید.

با توجه به زمان بندی آموزش فصل، دو جلسه قبل از رسیدن به این موضوع، از دانش آموزان بخواهید که متن را مطالعه و پرسش های احتمالی را که برایشان مطرح می شود بنویسند. بعضی از این پرسش ها را به عنوان موضوعی برای ارائه انتخاب کنند و به صورت گروهی، مطالب کوتاهی را با مراجعه به منابع متفاوت از جمله مثلاً پزشک متخصص آماده کنند و در کلاس به شیوه دلخواه ارائه دهند.

## دانستنی های معلم

### رادیکال های آزاد و آنتی اکسیدان ها

دیدیم که در فرایند تنفس یاخته ای هوازی، الکترون ها نهایتاً به اکسیژن می رسند. این فرایند بی خطر نیست. اکسیژن مولکولی دی رادیکال است، و تمایل به گرفتن دو الکترون دارد. بنابراین می تواند در واکنش با مولکول های دیگر رادیکال آزاد ایجاد کند.

گاه پیش می آید که مولکول اکسیژن با گرفتن یک الکترون به رادیکال آنیون سوپراکسید ( $O_2^*$ ) تبدیل می شود. این رادیکال می تواند به پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) و یا به رادیکال هیدروکسیل ( $HO^*$ ) تبدیل شود. رادیکال های آزاد کمبود الکترونی خود را با حمله به مولکول های دیگر و گرفتن الکترون ها از آنها جبران می کنند.

رادیکال های آزاد به ساختارهای زیستی حمله می کنند و سبب تخریب آنها می شوند. در بدن علاوه بر سیستم های آزمیمی که برای مقابله با رادیکال های آزاد وجود دارد، آنتی اکسیدان ها نیز در خنثی سازی این مولکول ها عمل می کنند. آنتی اکسیدان ها به رادیکال های آزاد الکترون می دهند.

آنتی اکسیدان ها مولکول هایی اند که در واکنش با رادیکال های آزاد مانع از عملکرد مخرب آنها بر یاخته می شوند. ویتامین E، ویتامین C و بتا کاروتن از این آنتی اکسیدان ها هستند.

رادیکال های آزاد در ایجاد سرطان نقش دارند، بنابراین مصرف میوه ها و سبزیجات تازه به علت داشتن آنتی اکسیدان می توانند در پیشگیری از سرطان مؤثر باشند.

### مهارکننده های ساخته شدن اکسایشی ATP (مهارکننده های زنجیره انتقال الکترون)

موادی مانند سیانید و کربن مونواکسید با اتصال قوی به مرکز آهن – مس در سیتوکروم C اکسیداز (مجموعه IV) سبب توقف انتقال الکترون می شوند.

آنتی بیوتیک الیگومایسین با تأثیر بر آنزیم ATP ساز باکتریایی، مانع شارش پروتون ها از این آنزیم می شوند.

### پرسش های احتمالی دانش آموزان

آیا رادیکال های آزاد هیچ عملکرد مفیدی برای بدن ندارند؟ رادیکال های آزاد در حفظ سلامت

ما نقش دارند. مثلاً یاخته‌های ایمنی بدن با استفاده از رادیکال‌های آزاد باکتری‌ها را می‌کشند، بنابراین مهم این است که رادیکال‌های آزاد از حدی بیشتر نشوند.

### چه چیزهایی سبب افزایش رادیکال‌های آزاد می‌شوند؟

افزایش رادیکال‌های آزاد در بدن، وضعیتی را ایجاد می‌کند که تنش اکسیداتیو نامیده می‌شود. هوای آلوده، دود سیگار، الکل و افزایش قند خون از عواملی‌اند که در ایجاد این تنش نقش دارند.

آیا دانه میوه‌هایی مانند سیب، سیانید دارند و خوردن آنها سبب مسمومیت می‌شود؟ دانه گیاهانی مانند سیب، بادام، هلو دارای سیانوگلیکوزید هستند که طی گوارش در بدن، سیانید آزاد می‌کنند. این ترکیب در این گیاهان آمیگدالین نامیده می‌شود. با توجه به تعداد اندک دانه‌های سیب، مقدار سیانیدی که تشکیل می‌شود، بسیار کمتر از آنی است که برای فرد مشکلی ایجاد کند. همچنین بدن می‌تواند این مقدار اندک را تجزیه کند. اما اگر مقدار آن زیاد باشد، می‌تواند باعث مسمومیت شود.

### اصلاح کج فهمی

مخمرها می‌توانند در الکل زنده بمانند.

الکل حاصل فرایند کسب انرژی در مخمرهاست، بنابراین ممکن است دانش‌آموزان به این نتیجه برسند که مخمرها می‌توانند در الکل زنده بمانند، در حالی که الکل برای این جانداران نیز مرگ‌آور و مضر است. به‌طوری که آستانه تحمل الکل در مخمرها حدود ۱۲ درصد الکل در محیط زندگی آنهاست. با توجه به نقش آنتی‌اکسیدان‌ها، مصرف فراوان آنتی‌اکسیدان‌ها به‌ویژه به شکل مکمل‌های غذایی، برای سلامت ما خطری ندارد.

در بعضی موارد آنتی‌اکسیدان‌ها، الکترون‌هایی را که به رادیکال‌های آزاد داده‌اند با گرفتن الکترون از مولکول‌های دیگر جبران می‌کنند و به‌عبارتی خود باعث آسیب به ساختارهای زیستی می‌شوند، بنابراین زیاده‌روی در مصرف این ترکیبات به‌ویژه در قالب مکمل‌های غذایی می‌تواند تنش اکسیداتیو ایجاد کند.

### تکالیف عملکردی

- گزارش‌هایی درباره ارتباط سلامت و تنفس یاخته‌ای ارائه دهند.
- نقشه‌های مفهومی برای مفاهیم و فرایندهایی که در این فصل آموخته‌اند و خلاصه‌هایی به زبان خود ارائه دهند که نشان‌دهنده درک آنها از مفاهیم علمی فصل باشد.
- طرح‌هایی برای پژوهش در ارتباط با مفاهیم و موضوعات این فصل ارائه دهند.



## پاسخ فعالیت های فصل ۵

### فعالیت ۱

پاسخ دانش آموزان به این فعالیت باید ساخته شدن در سطح پیش ماده باشد، زیرا گروه فسفات از ترکیب فسفات دار تامین می شود. این پرسش توجه و دقت دانش آموزان را در یادگیری مفهوم ساخته شدن در سطح پیش ماده می سنجد.

### فعالیت ۲

الف) توضیح دانش آموز باید در بردارنده مفهوم نیاز تغییر درجه اکسایش ترکیبات (گرفتن و از دست دادن الکترون) باشد.  
ب) چین خوردگی غشا، سطح را برای قرار گرفتن زنجیره های بیشتر، در حجم محدود، افزایش می دهد.

### فعالیت ۳

این فعالیت براساس علاقه، امکانات و توانایی دانش آموزان به شیوه های متفاوت قابل اجراست که به درک عمیق مباحث این فصل کمک می کند.

### فعالیت ۴

دانش آموزان در پاسخ به این پرسش باید به تولید آب از طریق تنفس یاخته ای اشاره کنند.

## فصل ششم

از انرژی به ماده

## ایده کلیدی

- ساختار و عملکرد
- روابط و الگوها
- پایداری، تغییر و زمان
- اندازه‌گیری

## پیامدهای شایستگی محور

- دانش‌آموزان فرایند فتوسنتز را به‌عنوان فرایندی برای تأمین انرژی برای جانداران گزارش می‌کنند و از نتایج آن در حفظ و بهبود فضاهای سبز بهره می‌برند.
- با درک مفهوم تولیدکنندگی ایده‌هایی برای پژوهش دربارهٔ به کارگیری و بهبود این فرایند در زندگی ارائه و در صورت امکان آن را عملی می‌کنند.

## پرسش‌های اساسی

- چه سازوکارهایی در دنیای حیات برای ماده‌سازی و ذخیرهٔ انرژی در آن وجود دارد؟
- فتوسنتزکنندگان چه ساختار(هایی) برای ماده‌سازی با استفاده از انرژی نور دارند؟
- سامانه‌های درگیر در فتوسنتز چه ویژگی‌هایی دارند؟
- چه اندامکی در فتوسنتز نقش دارد؟ این اندامک چه ویژگی‌هایی دارد؟
- عوامل محیطی چه تأثیری بر فتوسنتز دارند؟
- چه سازش‌هایی در مسیر تثبیت کربن وابسته به شرایط محیط شکل گرفته است؟
- آیا تولیدکنندگی فقط در حضور نور انجام می‌شود؟

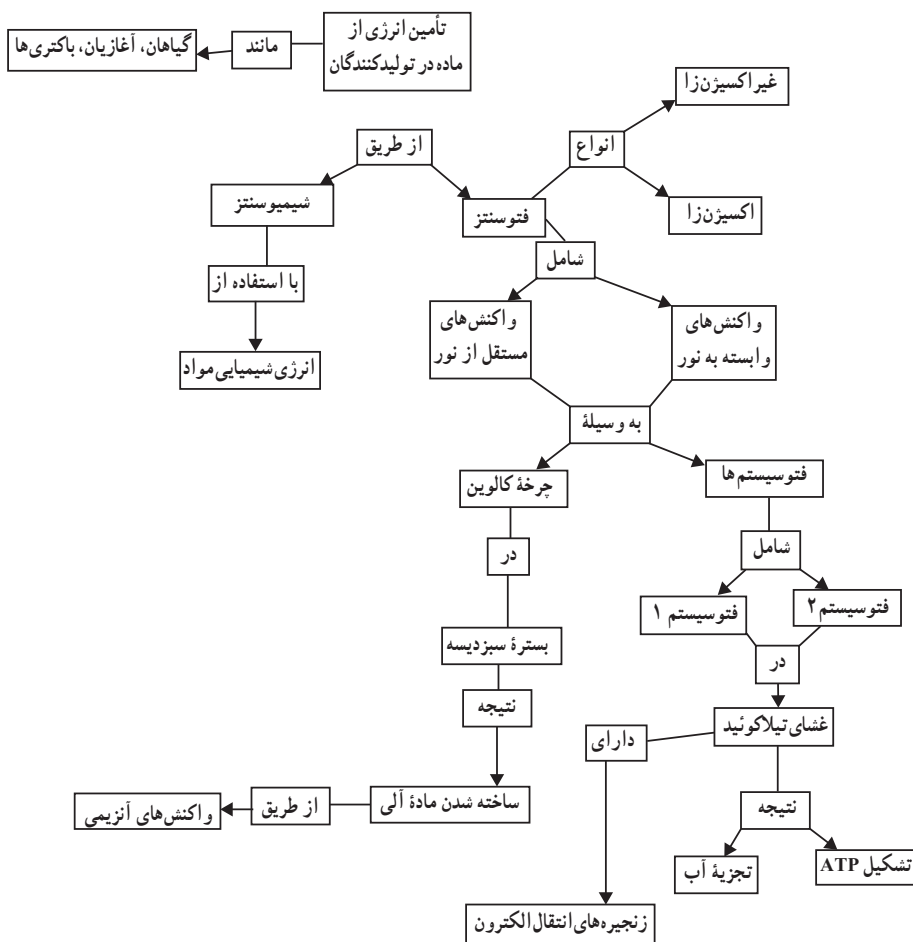
## مفاهیم کلیدی

فتوسنتز، فتوسیستم، واکنش‌های وابسته به نور، واکنش‌های مستقل از نور، زنجیره‌های انتقال الکترون، عوامل مؤثر بر فتوسنتز، انواع فتوسنتز، تنفس نوری، شیمیوسنتز

## مهارت‌های کلیدی

مهارت‌های تفکر مانند پیش‌بینی، استدلال، مقایسه، گزارش‌نویسی، طراحی آزمایش و پژوهش

## نقشه مفهومی



## گفتار ۱: فتوستنز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

### برگ ساختار تخصص یافته برای فتوستنز

آغاز آموزش از پیش‌دانسته‌ها و تجارب دانش‌آموزان.

دانش‌آموزان با مفهوم فتوستنز و تولیدکنندگی در کتاب علوم تجربی ششم ابتدایی و نیز کتاب علوم تجربی پایه نهم آشنا شده‌اند. دانش‌آموزان ساختار میکروسکوپی برگ را در علوم تجربی پایه نهم مطالعه کرده‌اند. آنها با سبزینه و اینکه گیاهان می‌توانند نشاسته بسازند در دوره ابتدایی آشنا شده و فعالیتی پیرامون آن انجام داده‌اند (بررسی وجود نشاسته در برگ گیاه شمعدانی).

دانش‌آموزان در کتاب زیست شناسی ۱، فصل «از یاخته تا گیاه» با سبزدیسه به‌عنوان اندامکی که در آن سبزینه وجود دارد، آشنا شده‌اند. همچنین از همین کتاب می‌دانند که کاروتنوئیدها یکی دیگر از انواع رنگیزه‌هایی است که در گیاهان وجود دارند. همچنین با انواع انرژی در کتاب‌های علوم تجربی، شیمی و فیزیک آشنا شده‌اند و مفهوم تبدیل انرژی را می‌دانند. بنابراین می‌توانید آموزش را با پرسش‌هایی از چنین مواردی آغاز کنید. مناسب است از دانش‌آموزان بخواهید تا درک خود از مفهوم فتوستنز را بیان کنند. این بیان می‌تواند مبتنی بر ارائه طرحی از این فرایند با استفاده از ترسیم شکل، گزاره‌های کوتاه و یا نقشه‌های مفهومی باشد. می‌توانید پرسش‌هایی مانند پرسش‌های زیر را در کلاس مطرح کنید:

- چرا به گیاهان تولیدکننده می‌گویند؟ براساس زنجیره‌های غذایی، جانوران به گیاهان (فتوستنزکنندگان) وابسته‌اند. چه توضیحی برای این پدیده دارید؟
  - چرا گیاهان در تاریکی از بین می‌روند؟ نور چه نقشی در زندگی گیاهان دارد؟
  - چه چیزهایی درباره سبزدیسه/ سبزینه می‌دانید؟
  - چرا برگ بیشترین نقش را در فتوستنز دارد؟ برگ چه ویژگی‌ها و ساختاری دارد؟ از برگ چه می‌دانید؟
  - منظور از تبدیل انرژی چیست؟ برای تبدیل انرژی به چه ساختارها یا سازوکارهایی نیاز داریم؟
  - چه مثال‌هایی از تبدیل انرژی می‌شناسید؟
- این پرسش‌ها و پرسش‌هایی مانند آن، می‌تواند شروع خوبی برای پرداختن به مفهومی انتزاعی، مانند فتوستنز باشد. در صورت امکان فعالیت‌های زیر نیز می‌تواند برای شروع آموزش این فصل مناسب باشد.
- برش‌گیری از مقطع عرضی برگ و مشاهده آن با میکروسکوپ

■ مشاهده کلروپلاست‌ها در باخته‌های رویوست برگ (روزنه‌ای براساس رنگ سبز)

■ مشاهده پویانمایی‌های کوتاه درباره ساختار برگ و فتوسنتز در گیاهان.

توصیه می‌شود از دو یا سه جلسه قبل از آغاز آموزش، فصل را تقسیم‌بندی و براساس دانسته‌های دانش‌آموزان تکالیفی را به منظور مطالعه عمیق طراحی کنید و در تاریخ‌های مناسب و مرتبط، این تکالیف را از آنها بخواهید تا آموزش را مبتنی بر دانسته‌ها و علم دانش‌آموزان قرار دهید.

در سازمان‌دهی محتوا، بعد از معرفی کوتاهی از فتوسنتز، محتوایی مربوط به برگ ارائه داده‌ایم. چنین چیشی، مبتنی بر این منطق است که امکان مشاهده برگ به سادگی وجود دارد و می‌تواند نقطه شروع مناسبی برای جلب توجه دانش‌آموزان و ایجاد انگیزه برای یادگیری فرایند فتوسنتز باشد.

از دانش‌آموزان بخواهید واکنش کلی فتوسنتز را توضیح دهند و با تنفس مقایسه کنند. از آنها بخواهید نظر خود را درباره چگونگی تبدیل انرژی نوری به شیمیایی بیان کنند. احتمالاً به ضرورت وجود ساختارهایی که این کار در آنها انجام می‌شود، اشاره کنند.

انتظار داریم بعضی به ضرورت وجود سبزینه برای این کار و نیز سبزینه اشاره کنند. با استفاده از سخنان دانش‌آموزان مطرح کنید که معمولاً برگ بیشترین سبزینه و سبزینه را دارد. سپس از آنها بخواهید به شکل ۱ توجه کنند. از آنها بخواهید که با استفاده از متن قسمت‌های متفاوت برگ را توضیح دهند. دانش‌آموزان این واژه‌ها را می‌شناسند.

با طرح پرسش توجه آنها را به تفاوت‌های ساختاری این برش‌ها جلب کنید. دانسته‌های دانش‌آموزان را جمع‌بندی و اشتباهات آنها را تصحیح کنید.

## اصلاح کج فهمی

در این شکل در برگ الف، روزنه‌ای دیده نمی‌شود. شاید دانش‌آموزان تصور کنند که برگ الف، در سطح رویی خود هیچ روزنه‌ای ندارد. به دانش‌آموزان بگویید که این برش فقط قسمت کوچکی از برگ و نه همه آن را نشان می‌دهد، و تأکید این شکل بر تفاوت حضور روزنه‌ها در سطح رویی این دو گیاه است. در گیاه ب، تفاوتی از جنبه تعداد روزنه‌ها در سطح رویی و زیرین وجود ندارد در حالی که در برگ الف تعداد روزنه‌ها در سطح زیرین بیشتر از سطح رویی است.

## مفهوم تولیدکنندگی در زیست‌شناسی

تولیدکننده در نگاه زیستی به جاندار گفته می‌شود که می‌تواند از موادغیرآلی، ماده آلی بسازد. گاهی دانش‌آموزان این مفهوم را با مفهوم تولیدکنندگی در اقتصاد اشتباه می‌گیرند. مثلاً اگر گفته می‌شود زنبور عسل، عسل تولید می‌کند، به این معنی نیست که در زیست‌شناسی این جاندار به عنوان جاندار تولیدکننده شناخته شود.

## انواع میانبرگ

براساس طرز قرار گرفتن یاخته‌های نرم‌آکنه‌ای سه نوع میانبرگ در گیاهان تعریف شده است. میانبرگ همگن: میانبرگ دارای یاخته‌های مشابه است و فضاهای بین یاخته‌ای فراوان دارد. این نوع میانبرگ در گیاهان تک لپه وجود دارد که هر دو سطح برگ، نور تقریباً یکسانی دریافت می‌کنند. شکل ۱-ب این نوع میانبرگ را نشان می‌دهد.

میانبرگ ناهمگن متقارن: در این نوع، یاخته‌های اسفنجی بین دو لایه از یاخته‌های نرده‌ای قرار می‌گیرند. برگ‌های مسن اکالیپتوس از این نوع‌اند. این نمونه در کتاب نیامده است. میانبرگ نامتقارن: رایج‌ترین نوع میانبرگ است و در برگ‌هایی دیده می‌شود که به‌طور افقی قرار می‌گیرند و بنابراین، سطح رویی بیشتر از سطح زیرین در معرض تابش خورشید قرار دارد.

## بیشتر بدانید گوناگونی شکل برگ‌ها

هدف از این بیشتر بدانید، جلب توجه دانش‌آموزان به تنوع شکل ظاهری برگ‌ها به‌منظور علاقه‌مند کردن آنها به تشخیص گیاهان براساس شکل برگ است. در صورت امکان می‌توانید فعالیتی مبتنی بر عکاسی از برگ درختان طراحی و از آن برای علاقه‌مند کردن دانش‌آموزان به گیاهان، استفاده کنید.

در ادامه از دانش‌آموزان بخواهید تا با توجه به شکل ۲ اجزای سبزدیسه را توضیح دهند. از آنها بخواهید تا متن کتاب را بخوانند و یافته‌های خود را فهرست کنند. می‌توانید با پرسش‌هایی مانند «سبزدیسه چه ساختاری دارد، چه رنگیزه‌هایی در سبزدیسه وجود دارد و...» به افزایش دقت متن خوانی آنها کمک کنید. با توجه به شکل ۳، از دانش‌آموزان بخواهید به طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی دقت و با توجه به شکل دامنه حداکثر جذب هر نوع رنگیزه را خودشان مشخص کنند.

## واژه‌شناسی

تیلاکوئید (thylakoid) به معنی کیسه است.

## پرسش‌های احتمالی

آیا سبزدیسه می‌تواند مستقل از یاخته زنده بماند؟

در آزمایشگاه با فراهم کردن شرایط این امکان وجود دارد، اما به‌طور طبیعی حیات سبزدیسه وابسته به یاخته است.

چه تعداد دنا در سبزدیسه وجود دارد؟

تعداد دنا در سبزدیسه در برگ‌های جوان با برگ‌های مسن فرق می‌کند. در برگ‌های جوان ۱۰۰ نسخه و در برگ‌های مسن ۱۰ تا ۱۵ نسخه دنا گزارش شده است.

## فتوسیستم : سامانه تبدیل انرژی

با توجه به اینکه دانش‌آموزان با عملکرد سبزدیسه به عنوان ساختاری (سامانه‌ای) برای تبدیل انرژی آشنا شده‌اند، در اینجا به تشریح فتوسیستم‌های ۱ و ۲ بپردازید. سپس از آنها بخواهید تا متن مربوط را مطالعه کنند و یافته‌های خود را با جمله‌ها و عبارت‌های کوتاه بنویسند. می‌توانید از شکل‌های ترسیمی برای توضیح فتوسیستم‌ها بهره ببرید.

## بیشتر بدانید

طیف الکترومغناطیس : برای یادآوری آنچه در فیزیک مطالعه کرده‌اند، آمده است.  
ساختار سبزینه : برای جلب توجه دانش‌آموزان به یکسانی‌ها در طبیعت ارائه شده است. این یکسانی‌ها به استخراج الگوها کمک می‌کند.

## دانستنی‌های معلم

هر فتوسیستم شامل چندین مولکول سبزینه است که بیشتر آنها آنتن (antenna) یا گیرنده نور را می‌سازند. گیرنده نور خورشید را به بخش درونی فتوسیستم (core complex) هدایت می‌کند. درون این بخش مرکز واکنش قرار دارد و در آنجا انرژی نور به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود. سبزینه در آنتن به پروتئینی به نام پلی‌پپتیدهای مجموعه جمع‌کننده نور (light harvesting complex polypeptides) متصل است. این مجموعه پروتئینی - رنگزهای در غشا گسترده‌اند و قرارگیری سبزینه‌ها به گونه‌ای است که بیشترین کارایی در انتقال انرژی بین مولکول‌های رنگز را دارند.

مجموعه‌های جمع‌کننده نور دو نوع سبزینه a و سبزینه b به نسبت ۳ به ۱ دارند. در مجموعه‌ها کاروتنوئیدها نیز وجود دارند. دو پروتئین D1 و D2 در مرکز واکنش قرار دارند.



## پرسش‌های احتمالی

آیا همه جاندارانی که فتوسنتز می‌کنند، هر دو فتوسیستم یک و دو را دارند؟ گیاهان، جلبک‌ها و سیانوباکتری‌ها هر دو فتوسیستم را دارند، اما باکتری‌های فتوسنتز کننده دیگر فقط یک نوع فتوسیستم را دارند.

در باکتری‌های ارغوانی، الکترونی که سبزینه (باکتریوکلروفیل/سبزینه باکتریایی) در مرکز واکنش از دست می‌دهد از طریق یک زنجیره انتقال الکترون دوباره به آن برمی‌گردد. انرژی رهاسده برای تولید شیب الکتروشیمیایی عرض غشایی مصرف می‌شود و نتیجه آن ساخته شدن ATP است.

## گفتار ۲: واکنش‌های فتوسنتزی

### واکنش‌های وابسته به نور، واکنش‌های تیلاکوئیدی

در این گفتار دانش‌آموزان را با این پرسش مواجه کنید که با تابش نور به برگ / کلروفیل چه اتفاقی رخ می‌دهد. از آنها بخواهید که شکل ۴ را مطالعه کنند و دریافت خود از شکل را بنویسند. از بعضی دانش‌آموزان بخواهید که آنچه را نوشته‌اند، با صدای بلند بخوانند. نکات کلیدی صحبت‌های دانش‌آموزان را روی تابلو بنویسید. از دیگر دانش‌آموزان بخواهید در صورت داشتن موضوع یا نکته متفاوت، آن را بیان کنند. صحبت‌های دانش‌آموزان را جمع‌بندی و موضوع ایجاد الکترون برانگیخته را آموزش دهید. سپس با استفاده از شکل ۵ و ۶ زنجیره‌های انتقال الکترون و رویدادها در تیلاکوئید از جمله تجزیه نوری آب را آموزش دهید. برای آموزش این بخش استفاده از پویانمایی‌های کوتاه پیشنهاد می‌شود. بعد از ارائه از دانش‌آموزان بخواهید تا متن درس را مطالعه کنند و نتیجه را با گزاره‌های کوتاه بنویسند.

### ساخته شدن ATP در فتوسنتز

این فرایند همانند آن چیزی است که در راکتور رخ می‌دهد، بنابراین انتظار داریم در صورتی که دانش‌آموزان این رویداد را در فصل قبل یاد گرفته‌اند، بتوانند آن را در اینجا توضیح دهند. در اینجا از دانش‌آموزان بخواهید تا این فرایند را در تنفس و فتوسنتز مقایسه و تفاوت‌ها و شباهت‌های آن را بیان کنند.

### واکنش‌های مستقل از نور؛ واکنش‌های تثبیت کربن

آنچه در اینجا اهمیت دارد، ماهیت تدریجی ساخته شدن مولکول آلی در چرخه کالوین است که می‌تواند از شباهت‌های چرخه‌های بیوشیمیایی در جانداران از جمله چرخه کربس باشد. دانش‌شیمی دانش‌آموزان را به کار گیرید و از آنها بخواهید تفاوت عدد اکسایش کربن در مولکول  $\text{CO}_2$  و مولکول قند را بیان کنند.

وقایع خلاصه‌شده چرخه کالوین را با توجه دادن دانش‌آموزان به شکل ۷ توضیح دهید.

## دانشتنی‌های معلم

## واکنش‌های چرخه کالوین

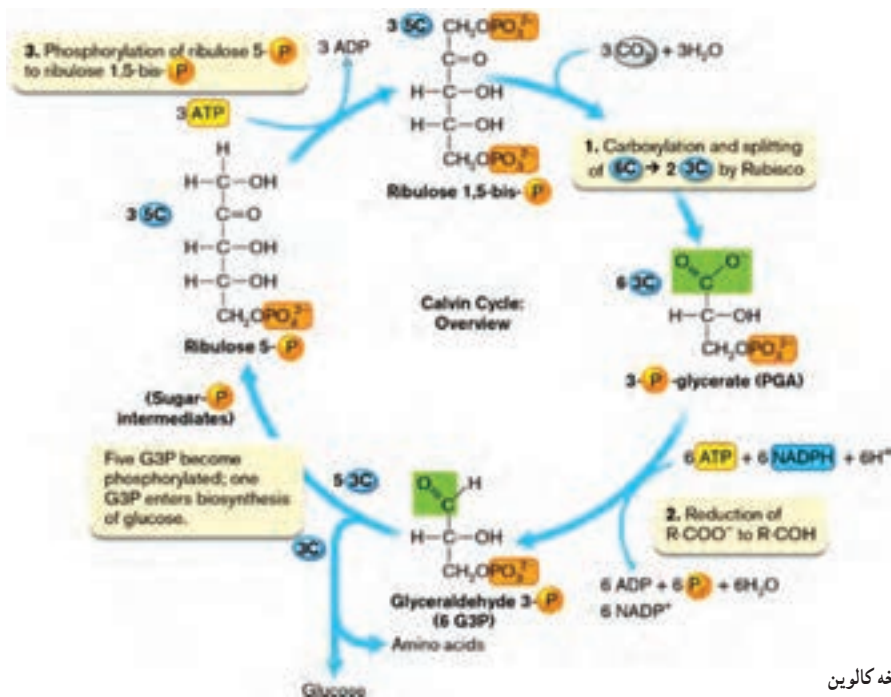
این واکنش‌ها با استفاده از کربن دی اکسید دارای کربن رادیواکتیو (کربن ۱۴) بررسی و شناسایی شده است. برای این کار گیاه را در اتمسفری با کربن دی اکسید با کربن ۱۴ و در معرض تابش نور قرار دادند و در فواصل زمانی مشخص کربن رادیواکتیو را در فراورده‌های حاصل ردیابی کردند.

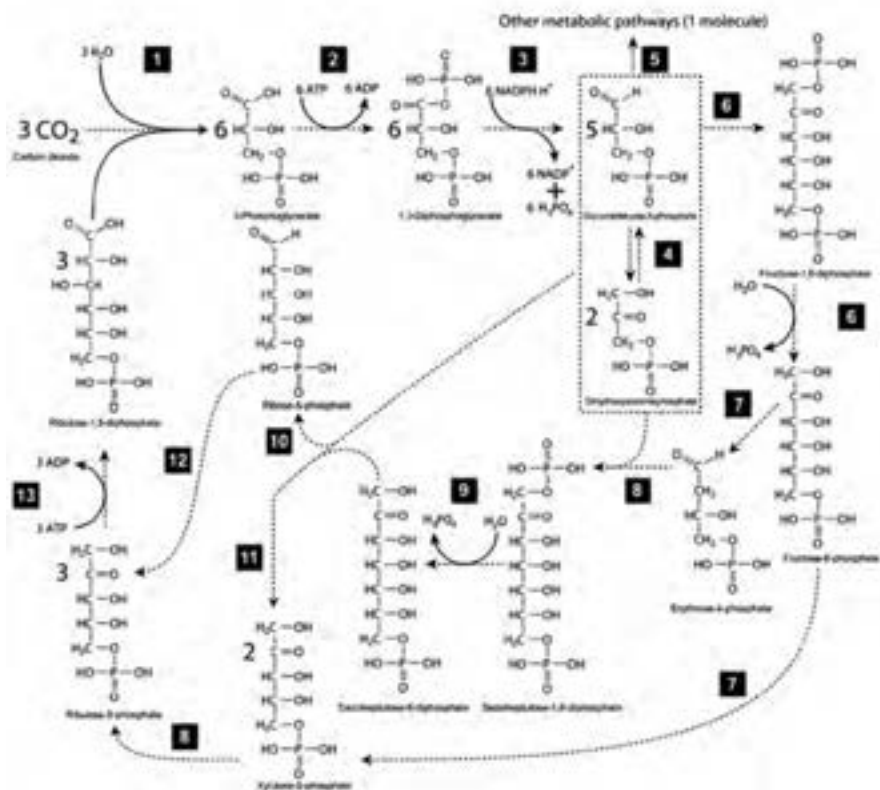
بر این اساس اولین ماده پایدار در چرخه کالوین ۳- فسفوگلیسریک اسید است. همان طور که در متن کتاب درسی آمده است کربن دی اکسید با ریبولوز ۱-۵- بیس فسفات ترکیب می‌شود. ابتدا ماده حد واسطه ناپایدار (فسفوگلوکونیک اسید) تشکیل می‌شود که از آن دو مولکول ۳- فسفوگلیسریک اسید ایجاد می‌شود.

۳- فسفوگلیسریک اسید با مصرف یک ATP، یک گروه فسفات می‌گیرد و به ۱-۳ بیس فسفوگلیسریک اسید تبدیل می‌شود.

۱-۳ بیس فسفوگلیسریک اسید با مصرف  $\text{NADPH}_2$  به گلیسرآلدهید ۳- فسفات تبدیل می‌شود. در این واکنش یک گروه فسفات آزاد می‌شود.

یک ششم مولکول‌های این قند سه کربنه برای ساختن قندهای دیگر به مصرف می‌رسد. تبدیل این قند سه کربنی به قندهای دیگر در واکنش‌های آنزیمی و بی‌نیاز به انرژی انجام می‌شود.





بازسازی ریبولوز بیس فسفات در چرخه کالوین

### تشکیل قند شش کربنی از قند سه کربنی

بخشی از گلیسرآلدئید<sup>۳</sup> فسفات تحت تأثیر آنزیم ایزومراز به دی هیدروکسی استون فسفات که قندی سه کربنی است تبدیل می شود.

از ترکیب این دو قند با هم ، فروکتوز ۱-۶- بیس فسفات که قندی ۶ کربنی است، به وجود می آید. فروکتوز بیس فسفات با اثر آنزیم فسفاتاز، یک فسفات خود را از دست می دهد و فروکتوز ۶- فسفات ایجاد می شود. بخشی از مولکول های فروکتوز ۶- فسفات در اثر آنزیم ایزومراز به گلوکوز ۶- فسفات تبدیل می شود. کربوهیدرات هایی مانند ساکارز و نشاسته از این مولکول ها ساخته می شوند.

### اثر محیط بر فتوسنتز

از دانش‌آموزان بخواهید تا فعالیت ۴ را بررسی کنند و به آن پاسخ دهند. انتظار داریم با مطالعه نمودار به این نتیجه برسند که افزایش اکسیژن سبب کاهش میزان فتوسنتز می‌شود. پاسخ این فعالیت مقدمه‌ای برای ورود به گفتار ۳ و معرفی مسیرهای دیگر برای فتوسنتز در گیاهان است. می‌توانید با توجه به سطح کلاس و پذیرش آنها، عوامل مؤثر بر فتوسنتز را بیش از آنچه در کتاب آمده است، ارائه دهید، با از دانش‌آموزان بخواهید تا پژوهش‌هایی در این باره طراحی و در صورت تمایل اجرا کنند.

### اصلاح کج فهمی

#### گیاهان در روز تنفس نمی‌کنند

شاید دانش‌آموزان تصور کنند که گیاهان در روز تنفس نمی‌کنند. توجه آنها را به این مسئله جلب کنید که تنفس انرژی موردنیاز برای فعالیت‌های زیستی را فراهم می‌کند.

### گفتار ۳: فتوسنتز در شرایط دشوار

دانش‌آموزان در سال دهم با نقش روزنه‌ها در تنظیم میزان آب گیاه آشنا شده‌اند و می‌دانند که در صورت باز ماندن روزنه‌ها بخشی از آب گیاه به صورت بخار خارج می‌شود (شکل ۸). آنها عوامل مؤثر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها را در سال دهم خوانده‌اند. از آنها بپرسید در صورت بسته ماندن روزنه‌ها چه تغییری در میزان اکسیژن و کربن دی‌اکسید در فضاهای درون برگ گیاه  $C_4$  رخ می‌دهد. دانش‌آموزان در پاسخ به این پرسش باید در نظر داشته باشند که تنفس یاخته‌ای در گیاه نیز انجام می‌شود. در صورتی که در پاسخ به این پرسش مشکل داشته باشند، توجه آنها را به شکل ۹ جلب کنید تا از آن برای توضیح خود استفاده کنند.

تنفس نوری را به عنوان فرایندی که حاصل این شرایط است توضیح دهید. سعی کنید با پرسش‌هایی ذهن دانش‌آموزان را به سمت وجود راه‌هایی برای پیشگیری از تنفس نوری در گیاهان هدایت کنید؛ مثلاً به آنها بگویید گیاهانی که در مناطقی با تابش نور شدید و در معرض خشکی زندگی می‌کنند، نیز با این مشکل مواجه هستند. آیا این گیاهان نیز تنفس نوری دارند. توجه آنها را به این نکته جلب کنید که تنفس نوری سبب خروج کربن دی‌اکسید از مسیر تولید ماده آلی می‌شود. از آنها بپرسید آیا همه گیاهان تنفس نوری دارند؟ با این مقدمه وارد مبحث گیاهان  $C_4$  شوید.

برای توضیح مسیر فتوسنتزی  $C_4$  می‌توانید ابتدا از دانش‌آموزان بخواهید که به شکل ۱۱- ب توجه کنند و درک خود از این شکل را ارائه دهند.

انتظار داریم دانش‌آموزان به سادگی به این درک برسند که تقسیم‌بندی فتوسنتز در این گیاهان در جهت کاهش تنفس نوری انجام شده است.

سپس از دانش‌آموزان بخواهید محتوای مربوط به گیاهان  $C_4$  را مطالعه و درک خود را با استفاده از واژه‌های کلیدی و به صورت روند نما یا نقشه مفهومی به طور گروهی ترسیم کنند.

برای آموزش گیاهان CAM مشکلات مربوط به محیط‌هایی را که این گیاهان در آن قرار دارند عنوان کنید، آنها به این نکته پی می‌برند که یکی از راه‌ها برای کاهش تبخیر آب، تقسیم زمانی فرایند فتوسنتز است.

با مطالعه متن مربوط به این گیاهان، از آنها بخواهید تا به شکل ۱۱ - پ توجه کنند.

برای جمع‌بندی آموخته‌ها از آنها بخواهید تا فتوسنتز در این سه نوع گیاه را با هم مقایسه کند و نتایج را با گزاره‌های کوتاه بنویسند.

با توجه به اطلاعات پرسش ۱- الف، گیاه ب، فتوسنتز CAM دارد، زیرا در این گیاهان اسیدی که در طول شب ساخته شده است در طول روز برای چرخه کالوین به کار می‌رود.

در پاسخ به پرسش ۱- ب، انتظار داریم که دانش‌آموزان به ویژگی‌های ساختاری برگ گیاهان  $C_4$  و  $C_3$  استناد کنند و پیشنهاد دهند که با استفاده از برش‌گیری، مقاطع عرضی از برگ آنها را تهیه و با میکروسکوپ مشاهده کنند.

دانش‌آموزان در پاسخ به پرسش ۲، باید از مهارت نمودارخوانی برخوردار باشند. از نمودار ۱ به این نتیجه می‌رسیم که در صورتی که کربن دی‌اکسید محیط بیشتر باشد، میزان فتوسنتز گیاهان  $C_3$  بیشتر است. اثر کربن دی‌اکسید با توجه به تأثیری است که این ماده در جبران اثر تنفس نوری دارد.

بر اساس نمودار ۲، به علت اثر نور بر تنفس نوری، گیاهان  $C_3$  عملکرد ضعیف‌تری نسبت به گیاهان  $C_4$  دارند.

## دانستنی معلم

### تثبیت کربن در فتوسنتز مسیر $C_4$

فسفوانول پذیرنده کربن دی‌اکسید است. واکنش ترکیب کربن دی‌اکسید با این اسید با اثر آنزیم پیکربوکسیلاز انجام می‌شود و نتیجه آن اگرالواستیک اسید (چهارکربنی) است. این واکنش در سبزدیسه یاخته‌های میانبرگ انجام می‌شود. اگرالواستیک اسید با اثر آنزیم مالیک دهیدروژناز و مصرف  $NADPH_2$  به مالیک اسید تبدیل می‌شود.

در بعضی گیاهان اگرالواستیک اسید از سبزدیسه خارج و در سیتوپلاسم یاخته‌های مزوفیلی با مصرف گلوتامیک اسید به آسپارتیک اسید تبدیل می‌شود.

مالیک اسید و یا آسپارتیک اسید از یاخته‌های مزوفیلی خارج و وارد یاخته‌های غلاف آوندی می‌شوند. مالیک اسید با از دست دادن کربن دی‌اکسید، مولکول NADP را کاهش و  $\text{NADPH}_2$  و پیروویک اسید تولید می‌کند. کربن دی‌اکسید وارد چرخه کالوین در سبز دیسه یاخته‌های غلاف آوندی می‌شود. مولکول پیروویک اسید نیز از یاخته‌های غلاف آوندی به یاخته میانبرگ برمی‌گردد و در سبز دیسه این یاخته‌ها با مصرف ATP فسفوانول پیروویک اسید تولید می‌کند.

در گیاهانی که آسپارتیک اسید تولید می‌شود، این اسید با از دست دادن کریوکسیل و کاهش NADP به  $\text{NADPH}_2$ ، آلانین تولید می‌کند. از آلانین در واکنشی دیگر، پیروویک اسید تولید می‌شود. سبز دیسه‌های یاخته‌های غلاف آوندی گیاهان  $\text{C}_4$ ، فتوسیستم دو بسیار اندک است. شیب پروتون که تولید ATP را به راه می‌اندازد، به وسیله مسیر چرخه‌ای الکترون در اطراف فتوسیستم یک ایجاد می‌شود.

### تثبیت کربن در فتوستنتز مسیر CAM

در این مسیر نیز از اگزالواستیک اسید، مالیک اسید تولید می‌شود و واکنش‌های آنزیمی همانند گیاهان  $\text{C}_4$  انجام می‌شود، با این تفاوت که در این گیاهان تقسیم‌بندی زمانی ایجاد شده است.

### واکنش‌های تنفس نوری

تنفس گیاه در نور شامل تنفس عادی است که در شب و روز به‌طور یکسان انجام می‌شود و نیز تنفسی است که منشأ کربن دی‌اکسید دفع شده در آن، واکنش‌های چرخه کریس نیست. این بخش از تنفس گیاه در شب انجام نمی‌شود.

بنابراین تنفس گیاه در نور شامل تنفس عادی گیاه یا همان تنفس در تاریکی، و تنفس نوری است. در گیاهان  $\text{C}_4$  تراکم‌های بالای اکسیژن یا پایین کربن دی‌اکسید عامل تحریک تنفس نوری‌اند.

در تنفس نوری با فعالیت اکسیژنازی آنزیم ریبولوزیس فسفات کریوکسیلاز- اکسیژناز، اکسیژن با ریبولوز بیس فسفات ترکیب و دو ماده ۲- فسفوگلیکولیک اسید و ۳- فسفوگلیسرک اسید تشکیل می‌شوند.

۲- فسفوگلیکولیک اسید، با از دست دادن فسفات به گلیکولیک اسید تبدیل می‌شود. گلیکولیک اسید از سبز دیسه خارج و وارد پراکسی زوم می‌شود. در آنجا با گرفتن اکسیژن به گلی‌اوکسیلیک اسید تبدیل و از این ماده، گلیسین تشکیل می‌شود. گلیسین از پراکسی زوم خارج و به میتو کندری وارد می‌شود. دو مولکول گلیسین در این اندامک با هم ترکیب می‌شوند و یک مولکول کربن دی‌اکسید از دست می‌دهند و در نهایت سرین تشکیل می‌شود. سرین از میتو کندری خارج می‌شود و در تشکیل قندها به کار می‌رود.

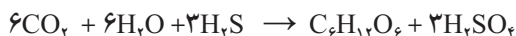
## جانداران فتوسنتز کننده دیگر

این مبحث برای توجه دادن دانش آموزان به عمومیت تولیدکنندگی ارائه شده است. شاید دانش آموزان تصور کنند که تولیدکنندگی ویژه گیاهان است. در اینجا با انواعی از گروه‌های جانداران آشنا می‌شوند که تولیدکننده‌اند.

در اینجا به علت محدودیت‌های زمان و حجم به ناچار فقط به ارائه مختصری از انواع دیگر تولیدکنندگان پرداخته‌ایم. در صورت مناسب بودن شرایط قبل از پرداختن به این موضوع می‌توانید از دانش آموزان بخواهید تا اطلاعاتی دربارهٔ شیوه‌ها و روش‌های متفاوت تولیدکنندگی در دنیای زنده جمع‌آوری و ارائه کنند.

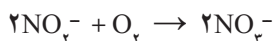
### شیمیوسنتز

باکتری‌های شیمیوسنتزکننده در بدن کرم‌های لوله‌ای، با اکسایش هیدروژن سولفید، کربن دی‌اکسید و اکسیژن را با هم ترکیب، و قند تولید می‌کنند.



واکنش‌های انجام شده در تثبیت نیتروژن

تثبیت نیتروژن فرایند تبدیل آمونیاک (آمونوم) به نیتريت و سپس به نترات است. این فرایند هوازی است و انواعی از باکتری‌های تولیدکننده و آرکی باکتری‌ها آن را انجام می‌دهند. واکنش‌های زیر نوعی از این واکنش‌ها هستند:



### پرسش‌های احتمالی

#### آیا گیاهان CAM تنفس نوری دارند؟

تنفس نوری در این گیاهان رخ می‌دهد، اما با تقسیم‌بندی زمانی، مراحل فتوسنتز در شب و روز به حداقل می‌رسد.

#### آیا تنفس نوری در گیاهان C<sub>4</sub> اصلاً رخ نمی‌دهد؟

تقسیم‌بندی مکانی فتوسنتز، احتمال رویداد تنفس نوری را به حداقل می‌رساند.

اگر گیاهان C<sub>4</sub> تنفس نوری ندارند، چرا این گیاهان در زمین بیشتر نشده‌اند و اکثریت قریب به اتفاق گیاهان C<sub>3</sub> هستند؟

در گیاهان C<sub>4</sub> سازوکارهای بیوشیمیایی برای مهار تنفس نوری وجود دارد، اما در فتوسنتز C<sub>4</sub> به انرژی ورودی بیشتری نیاز است. در بازتولید فسفوانول پیرووات ATP مصرف می‌شود. از طرفی در گیاه C<sub>4</sub> ساختارهای تخصص یافته‌تری در مقایسه با گیاهان C<sub>3</sub> ساخته می‌شود.

## تکالیف عملکردی

- نقشه‌های مفهومی برای مفاهیم و فرایندهایی که در این فصل آموخته‌اند، و خلاصه‌هایی به زبان خود ارائه می‌دهند که نشان‌دهنده درک آنها از مفاهیم علمی فصل باشد.
- فرایند فتوسنتز و ساختارهای درگیر در آن را گزارش می‌کنند.
- طرح‌هایی برای پژوهش در ارتباط با مفاهیم و موضوعات این فصل ارائه دهند.

## پاسخ فعالیت‌های فصل ۶

### فعالیت ۱

انتظار داریم دانش‌آموزان در پاسخ به این پرسش، از آموخته‌های خود در مبحث حواس (بینایی) بهره ببرند و در پاسخ خود، به عدم جذب، بازتاب و یا عبور آن از برگ اشاره کنند.

### فعالیت ۲

دانش‌آموزان در مقایسه به اهمیت سبزینه a و b در فتوسنتزی می‌برند. مقایسه این دو نمودار نشان می‌دهد که طیف عملکردی فتوسنتز با طیف جذبی این دو رنگریزه بیشترین مطابقت را دارد.

### فعالیت ۳

این فعالیت به بکارگیری روش علمی می‌پردازد.

الف) تجمع باکتری‌های هوازی در بخش‌هایی از رشته جلبکی نشان‌دهنده بیشتر بودن اکسیژن در این مناطق است. به عبارتی اگر تولید اکسیژن در طول رشته یکسان باشد، باکتری‌ها باید پراکنش یکنواختی داشته باشند برای درستی این نتیجه‌گیری می‌توان از آزمایش شاهد استفاده کرد، مثلاً از یک طیف نور استفاده کرد.

ب) با توجه به طیف جذبی سبزینه (بنفش-آبی، نارنجی-قرمز) تراکم بیشتر اکسیژن در محدوده این طیف‌ها می‌توانیم این نتیجه‌گیری را درست بدانیم.

### فعالیت ۴

برای پاسخ به این فعالیت لازم است که دانش‌آموزان به هر سه مسیر فتوسنتزی اشراف داشته باشند. همچنین ویژگی‌های ساختاری را بدانند.



# فصل هفتم

فناوری‌های نوین زیستی

## ایده‌های کلیدی

- ساختار و عملکرد
- روابط و الگوها
- پایداری، تغییر و زمان
- اندازه‌گیری

## پیامدهای شایستگی محور

- ضمن آشنایی با اصول اولیه فناوری‌های نوین زیستی، درک مفاهیم و فرایندهای مرتبط، روش‌ها و کاربرد بعضی از این فرایندها را گزارش کند.
- با توجه به اهمیت فناوری‌های نوین زیستی در عصر حاضر و پیشرفت سریع علم در این زمینه، درک صحیحی از این فناوری و کاربرد آن در زندگی فردی و اجتماعی به‌دست آورد.
- با اصول اخلاقی کاربرد این فناوری آشنا شده و به آن متعهد باشد.
- نقش و اهمیت کاربرد زیست فناوری را در فرایندهایی مثل مهندسی پروتئین و بافت درک و تحلیل کند.
- نحوه انتقال و اتصال ژن خارجی را در فرایند مهندسی ژنتیک درک کند.
- تغییرات ایجادشده در ساختارهای مولکولی را در طول فرایند مهندسی ژنتیک درک و گزارش کند.
- نوع تغییرات و تمایز یاخته‌های بنیادی را در فرایند رشد و نمو گزارش کند.
- تغییرات ایجادشده در یاخته‌های بدن فرد بیمار را در ژن درمانی گزارش و تحلیل کند.

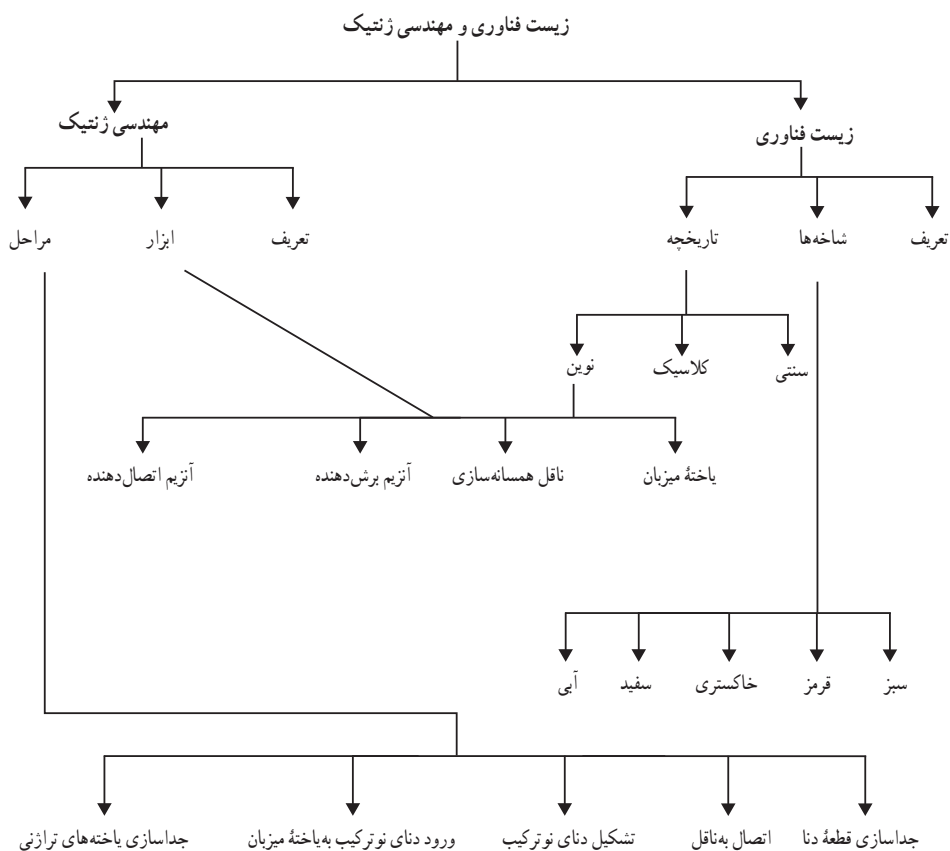
## پرسش‌های اساسی

- زیست فناوری چیست و در گذر زمان چه تغییراتی داشته است؟
- مهندسی ژنتیک از چه مراحل تشکیل شده است؟
- ابزار مورد نیاز مهندسی ژنتیک و فرایندهای آن چگونه هستند؟
- هدف از پایداری پروتئین‌ها چیست و به چه روش‌هایی انجام می‌شود؟
- منظور از مهندسی بافت چیست و چه کاربردهایی دارد؟
- نقش و کاربرد یاخته‌های بنیادی در بدن موجود زنده و همچنین مهندسی ژنتیک چیست؟
- انواع کاربردهای زیست فناوری در زندگی چیست و چگونه انجام می‌شوند؟
- رابطه اخلاق و زیست فناوری چیست و چرا اهمیت دارد؟

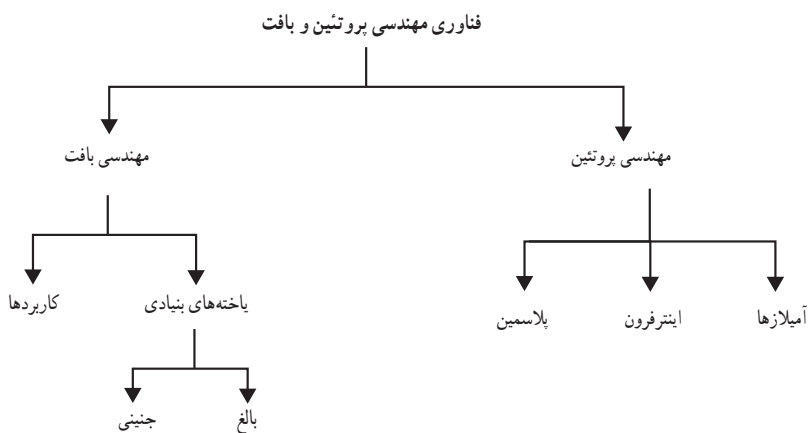
## مهارت‌های کلیدی

- توصیف و مقایسه
- استنتاج
- تحلیل فرایندها
- تحقیق کتابخانه‌ای و دیجیتال

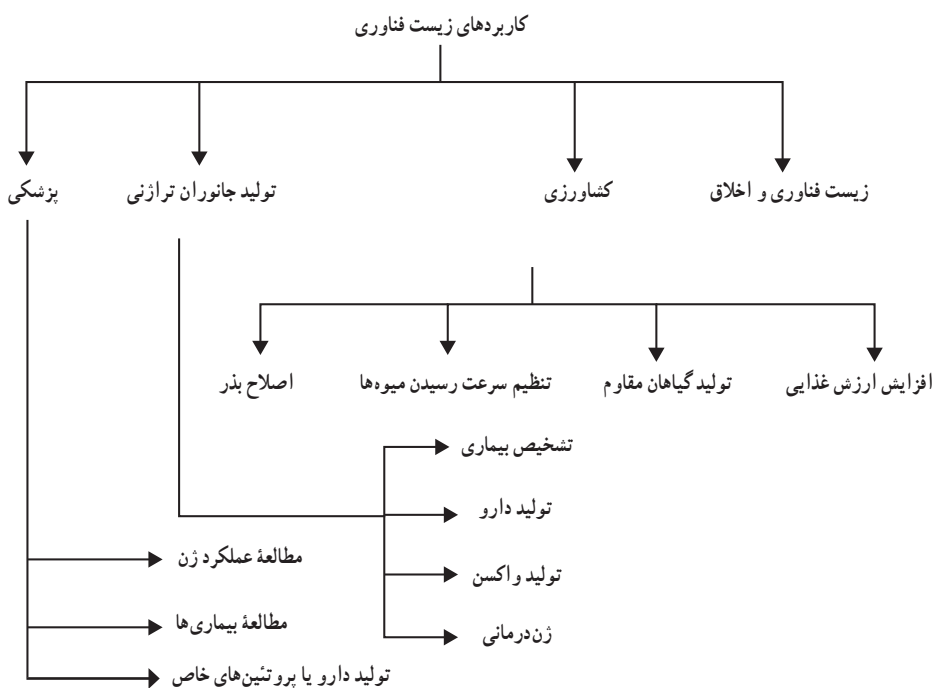
## گفتار ۱: زیست فناوری و مهندسی ژنتیک



## گفتار ۲ : فناوری مهندسی پروتئین و بافت



## گفتار ۳ : کاربردهای زیست فناوری



■ قبل از شروع این فصل لازم است معلم از محتوای آموزشی مرتبط با آن در کتاب‌های علوم متوسطه اول به خصوص پایه هشتم و همچنین کتاب‌های زیست‌شناسی پایه‌های دهم و یازدهم اطلاعات کامل داشته باشد. آگاهی و اشراف کامل به محتوای فصل اول زیست‌شناسی ۱ (پایه دهم) برای تدریس موفق این فصل بسیار مهم است.

■ ارزشیابی آغازین و اطلاع از پیش دانسته‌های دانش‌آموزان کمک شایانی به معلم در این زمینه می‌کند. بهتر است در ابتدای درس با روش بارش مغزی برای مشارکت هر چه بیشتر دانش‌آموزان شروع کنید. در چنین شرایطی از توجه و همراهی بیشتر آنها در طول فرایند تدریس بهره زیادی خواهید برد. ■ از دانش‌آموزان بخواهید خود آنان به تولید نقشه‌های مفهومی بپردازند. نقشه‌های تولید شده آنها ممکن است با نقشه مفهومی کتاب راهنما متفاوت باشند و براساس پیش دانسته‌ها و روابط و الگوهایی که در ذهن آنها شکل گرفته تهیه شده باشد، لذا شما می‌توانید با مشاهده و بررسی نقشه‌های تولیدشده به تشخیص روابط بین مفاهیم توسط آنها و کج فهمی‌های احتمالی آنان پی ببرید. این روش به شما فرصت تشخیص و اصلاح کج فهمی‌ها را خواهد داد.

■ می‌توانید با ایجاد فرصت‌های بازدید از مراکز تحقیقاتی زیست‌فناوری، علاقه‌مندی و همچنین ارتباط و درک بیشتر مفاهیم و کاربردهای آن را در دانش‌آموزان فراهم کنید.

■ از دانش‌آموزان بخواهید با تحقیق در مورد انواع کاربردهای زیست‌فناوری، (با تأکید بر ایران) و گزارش آن در کلاس به هر چه غنی‌تر و فعال کردن تدریس کمک کنند.

■ طراحی فرایندهای مهندسی ژنتیک به صورت مرحله به مرحله و در جای مناسب به تفهیم محتوا کمک زیادی می‌کند.

■ سعی کنید مثلث ارتقای یادگیری را مد نظر قرار دهید: طراحی آموزشی، رسانه‌های پرشمار و ارائه مطلوب آموخته‌ها (برون داد)

## گفتار ۱: زیست فناوری و مهندسی ژنتیک

آموزش، از یادآوری پیش دانسته‌ها و تجارب آنها شروع می‌شود. دانش‌آموزان تا این پایه و شروع این فصل آموخته‌اند که :

- ژن بخشی از مولکول دنا و حاوی اطلاعات وراثتی است.
  - بعضی از جهش‌ها می‌توانند در میزان یا ساختار محصول نهایی ژن تغییراتی ایجاد کنند.
  - برای هر نوع واکنش زیستی حداقل وجود یک آنزیم لازم است.
  - بین نوکلئوتیدهای یک رشته دنا پیوند فسفودی استر وجود دارد.
  - بعضی از انواع دنا حلقوی هستند.
  - بین نوکلئوتیدهای دو رشته دنا روابط مکملی و پیوند هیدروژنی وجود دارد.
  - فرایند همانندسازی دنا توسط آنزیم‌های متعدد و با استفاده از نوکلئوتیدها به عنوان پیش‌ساز و طبق روابط مکملی صورت می‌گیرد.
  - غشای پلاسمایی یاخته از دو لایه فسفولیپید و پروتئین ساخته شده است و درشت مولکول‌ها نمی‌توانند به راحتی از آن عبور کنند.
  - پادزیست مولکولی است که در شرایط خاص منجر به مرگ یاخته می‌شود.
- برای شروع تدریس می‌توان پرسش‌های زیر را مطرح کرد :
- ژن چیست؟
  - انواع جهش را نام ببرید. هر یک چه تأثیری بر مقدار یا عملکرد محصول نهایی خواهد داشت؟
  - در مورد فناوری‌های نوین زیستی چه می‌دانید؟
  - از مطالبی که در پایه‌های هشتم و دهم خوانده‌اید چه چیزهایی به یاد دارید؟
  - آیا با روش درست کردن سرکه و ماست آشنایی دارید؟
  - خمیرمایه چیست و چرا آن را به خمیر نان اضافه می‌کنند؟
- از پاسخ‌هایی که دانش‌آموزان به سؤال‌های مطرح شده می‌دهند واژه‌های کلیدی را استخراج کنید و روی تابلو بنویسید.

با روش سنتی تهیه سرکه و ماست و پنیر شروع کنید و مفهوم زیست فناوری را به ساده ترین شکل توضیح دهید. اجازه دهید دانش آموزان خود به این مفهوم دست یابند و به این نتیجه برسند که هر گونه فعالیتی که منجر به بهبود کیفیت و یا تولید یک محصول جدید توسط موجودات زنده شود در زمره زیست فناوری قرار می گیرد. بنابراین زیست فناوری الزاماً فقط شامل فعالیت های مولکولی پیشرفته نمی شود.

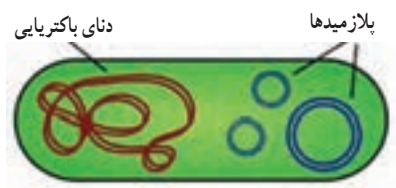
دانش آموزان از سال های قبل به یاد دارند هر کدام از گونه های جانداران دارای خزانه ژنی مشخصی است. با یادآوری این مفهوم می توانید مبحث تراژنی را شروع کنید. دانش آموزان می دانند با توجه به مفاهیم ژنوم و خزانه ژنی، هر جاندار دارای صفات مشخصی است، لذا ایجاد یک صفت جدید به دو صورت ممکن است: جهش در ژن های موجود و یا انتقال ژن از ژنوم یک فرد به فرد جدید.

در این قسمت درس، بر انتقال ژن تأکید کنید و از دانش آموزان بخواهید نظرات خود را درباره انتقال ژن بیان کنند. با استفاده از پیش دانسته های آنان در مورد ساختار دنا، نوکلئوتیدها فرایند همانندسازی و آزیم های آن، شما قادر خواهید بود فرایند مهندسی ژنتیک را آموزش دهید. اجازه دهید در هر یک از مراحل، خود آنها فرایند را پیش بینی کنند و به نتیجه برسند و شما با دادن واژه های کلیدی و هدایت فکری آنها در نتیجه گیری صحیح نقش داشته باشید. در چنین شرایطی دانش آموز همانند یک محقق که در آزمایشگاه در حال آزمون و خطاست، در ذهن خود فرضیه می نویسد، آزمایش طراحی می کند و نتیجه می گیرد. فراموش نکنید که رسم مراحل روی تابلو در یادگیری خیلی مؤثر است. گاهی طراحی اشکال به صورت فرایندی و مرحله به مرحله، خیلی بهتر از فیلم ها و انیمیشن های آموزشی است.

## دانستنی هایی برای معلم

### پلازمید

پلازمید طبیعی یک مولکول دنا، دو رشته ای معمولاً حلقوی است که می تواند به طور مستقل از کروموزوم باکتری همانندسازی کند. البته در بعضی سویه های باکتریایی پلازمیدها می توانند خطی باشند. اندازه پلازمیدها از یک تا بیش از هزار کیلو جفت باز می تواند متفاوت باشد. تعداد پلازمیدها از یک نوع می تواند بین یک تا هزاران عدد در یک یاخته باکتری باشد.



شکل ۱- یاخته باکتری حاوی پلازمید را نشان می دهد.

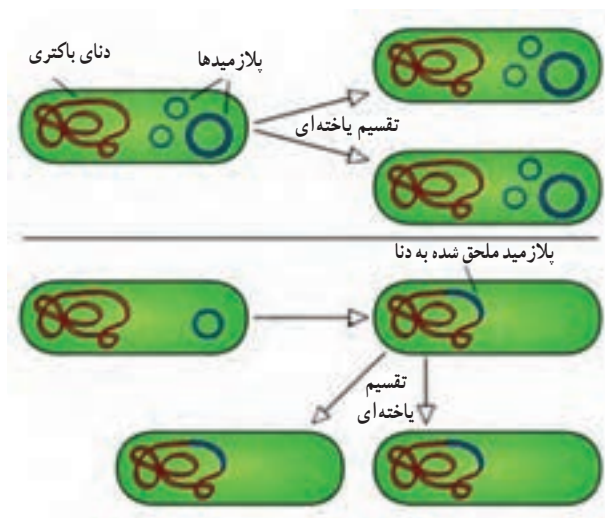


## انواع پلازمید

### دسته‌بندی پلازمیدها بر اساس توانایی ورود به ژنوم میزبان

۱ پلازمیدهایی که توانایی وارد شدن به درون کروموزوم میزبان را نداشته و به‌طور کاملاً مستقل همانندسازی می‌کنند.

۲ پلازمیدهایی که می‌توانند به درون کروموزوم میزبان وارد شوند و به آنها اپی زوم نیز گفته می‌شود، بنابراین اپی زوم، پلازمیدی است که گاهی اوقات می‌تواند درون سیتوپلاسم و کاملاً مستقل از کروموزوم باکتری باشد، در حالی که در زمان دیگر می‌تواند به درون کروموزوم باکتری وارد شود.



شکل ۲- دو نوع پلازمید باکتریایی: پلازمید مستقل (بالا) و اپی زوم (پایین)

### دسته‌بندی پلازمیدها بر اساس توانایی انتقال یافتن

۱ پلازمیدهایی که توانایی انتقال به سایر سلول‌ها را دارند و می‌توانند فرایند هم‌یوگی (conjugative plasmid) را انجام دهند.

۲ پلازمیدهایی که توانایی انتقال به سایر سلول‌ها را ندارند و نمی‌توانند فرایند هم‌یوگی (non-conjugative plasmid) را انجام دهند.

## دسته‌بندی پلازمیدها بر اساس عملکرد

طبقه‌بندی بر اساس عملکرد، دسته‌بندی‌ای است که بسیار معمول است و بر این اساس پنج دسته پلازمید وجود دارد :

- ۱ پلازمیدهای جنسی : توانایی هم‌یوگی را دارند.
  - ۲ پلازمیدهای مقاومتی : ژن‌هایی را حمل می‌کنند که مقاومت علیه آنتی‌بیوتیک‌ها یا سموم را باعث می‌شوند.
  - ۳ پلازمید Col : ژن‌های تولیدکنندهٔ باکتریوسین‌ها را حمل می‌کنند. باکتریوسین‌ها پروتئین‌هایی هستند که سایر باکتری‌ها و نه میزبان حامل را از بین می‌برند.
  - ۴ پلازمیدهای تجزیه‌کننده : توانایی تجزیهٔ مواد غیر معمول مثل تولوئن یا اسید سالیسیلیک را دارند.
  - ۵ پلازمیدهای تهاجمی : باکتری حامل را به یک عامل بیماری‌زا یا پاتوژن تبدیل می‌کنند.
- با تغییراتی که در توالی پلازمیدها ایجاد می‌کنند، صفات خاصی در آنها به وجود می‌آید که در مهندسی ژنتیک می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. چنانچه مبدأ همانندسازی دو پلازمید از یک منشأ باشد هنگام ورود به یاخته با هم رقابت می‌کنند و فقط یکی از آنها وارد می‌شود، اما اگر منشأ مبدأ همانندسازی آنها متفاوت باشد هر دو می‌توانند وارد یاختهٔ باکتری شوند. این مسئله در همسانه‌سازی اهمیت زیادی دارد. اندازهٔ ژنی که به وسیلهٔ پلازمید دریافت می‌شود در حدود ۱۰ کیلو باز است و پلازمیدها معمولاً ژن‌های بزرگ‌تر از آن را نمی‌توانند تکثیر کنند.

## باکتریوفازها

ویروس‌های حاوی دنا تک‌رشته‌ای هستند که به باکتری‌ها حمله می‌کنند و آنها را از بین می‌برند. مزیت فازها را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد :

- ۱ امکان همسانه‌سازی قطعات دنا تا ۲۳ کیلو باز توسط فاز وجود دارد.
- ۲ به‌خاطر داشتن پروتئین‌های خاص، قدرت نفوذ بسیار مؤثر و اختصاصی دارند.
- ۳ بیان ژن در آنها پایدارتر است.
- ۴ فاز لامبدا به‌اشتریشیا کلی حمله می‌کند و کارایی آلوده‌سازی بسیار بالاتری نسبت به پلازمید دارد.
- ۵ دارای راه‌اندازهای خاص هستند که به‌خوبی توسط یاخته‌های میزبان شناخته می‌شوند.
- ۶ قدرت تکثیر ژنوم خود را در نسخه‌های بسیار زیاد دارند.
- ۷ در داخل ژنوم خود مناطقی برای کنترل و افزایش نسخه‌برداری دارند.

## آنزیم‌های مورد نیاز در مهندسی ژنتیک

■ نوکلئازها شامل اگزونوکلئازها و اندونوکلئازها

■ لیگازها

■ پلیمرازها

■ آنزیم‌های تعدیل‌کننده

■ توپوایزومرازها

به‌طور کلی آنزیم‌های مورد استفاده در فرایند مهندسی ژنتیک را آنزیم‌های تغییردهندهٔ دنا می‌گویند و در بین آنها آنزیم‌های برش‌دهنده (از نوع اندونوکلئازها) و آنزیم‌های اتصال‌دهنده (لیگازها) بیشترین کاربرد را دارند. آنزیم‌های برش‌دهنده یا اندونوکلئازها به آنزیم‌هایی گفته می‌شوند که توالی‌های نوکلئوتیدی خاصی را در مولکول دنا تشخیص می‌دهند و برش می‌زنند. تاکنون سه گروه متفاوت از این آنزیم‌ها به نام‌های ۱ و ۲ و ۳ شناسایی شده است. این آنزیم‌ها را براساس شاخص‌های متعددی دسته‌بندی می‌کنند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از :

■ براساس نوع انتهای ایجادشدهٔ دنا بعد از برش (برش با انتهای صاف و برش با انتهای چسبیده)

■ براساس تعداد بازهای مورد شناسایی

■ براساس حساسیت به متیل‌گذاری

## ژن‌های نشانگر

به این دلیل که ورود دنا ی خارجی به درون تمام یاخته‌های میزبان صورت نمی‌گیرد و جداسازی یاخته‌های تراژنی از سایر یاخته‌ها مشکل است، بهترین کار استفاده از نشانگرهای انتخابی است.

۱ ژن‌های نشانگر مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها : مهم‌ترین ژن‌های نشانگر هستند. تاکنون از

ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌های متعددی نظیر کانامایسین، آمپی‌سیلین، جنتامایسین، استرپتومایسین، کلرامفنیکل، تتراسایکلین و... استفاده شده است. اگر یاخته ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک را داشته باشد، آنزیمی را رمز خواهد کرد که آنتی‌بیوتیک را خنثی می‌کند. با توجه به اینکه ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها از نظر ایمنی غذایی در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند، نوع ژن‌گزینش‌گر باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد. کانامایسین فراوان‌ترین نشان‌گر گزینش‌گر قابل استفاده در محصولات تراژنی است.

۲ ژن‌های نشانگر مقاومت به علف‌کش‌ها : این ژن‌ها قابلیت زنده ماندن در برابر علف‌کش‌ها را به یاخته می‌دهند و در انتخاب یاخته‌های تراژنی گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳ ژن‌های نشانگر گزارشگر : این ژن‌ها بلافاصله در یاخته تراژنی بیان می‌شوند. از موارد کاربرد

ژن‌های نشانگر گزارشگر می‌توان به بررسی زمان، مکان و میزان بیان ژن مورد نظر با استفاده از راه‌انداز ژن اصلی و اتصال آن به ژن گزارشگر و مطالعه تأثیر عوامل مختلف بر راه‌انداز ژن مورد بررسی و نحوه کنترل بیان آن اشاره کرد. قبل از انتقال ژن باید ژن‌های نشانگر نیز با ژن مورد نظر در پلازمید جاسازی شوند.

### ورود دناى نو ترکیب به درون یاخته میزبان

برای ورود دناى نو ترکیب به درون یاخته میزبان از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود. با توجه به شکلی که در کتاب آمده است، اگر باکتری در غلظت‌های مشخصی از کاتیون‌های دو ظرفیتی مثل کلسیم تیمار داده شود، نسبت به دناى نو ترکیب نفوذپذیر می‌شود. در چنین شرایطی دناى نو ترکیب از منافذ ایجاد شده در دیواره باکتری به درون آن راه می‌یابد. همچنین اگر مخلوطی از باکتری و دناى نو ترکیب را که در یخ قرار دارد به‌طور ناگهانی شوک حرارتی دهیم (۴۲ درجه سلسیوس) و بلافاصله به یخ برگردانیم، دناى نو ترکیب به درون باکتری نفوذ می‌کند. نفوذ دناى نو ترکیب به درون یاخته میزبان را می‌توان به روش‌های شوک الکتریکی نیز انجام داد.

به‌طور کلی روش‌های انتقال ژن به موجودات زنده را در دو گروه اساسی مبتنی بر ناقل و روش‌های مستقیم طبقه‌بندی می‌کنند. در روش‌های مبتنی بر ناقل، انتقال دنا از طریق پلازمید یا فاژ صورت می‌گیرد. روش‌های انتقال مستقیم شامل روش‌های فیزیکی و شیمیایی می‌شود.

### روش‌های فیزیکی

**انتقال ژن به روش بمباران ذره‌ای (تفنگ ژنی):** این روش مهم‌ترین و کاراترین روش انتقال مستقیم ژن برای تراریزش انواع مختلفی از موجودات زنده است و به‌خصوص درباره گیاهان بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این روش از ریزیرتابه‌ها برای فرستادن دنا به درون یاخته‌های زنده استفاده می‌شود.

**انتقال ژن به روش الکتروپوریشن:** وقتی بافت‌های گیاهی تحت تأثیر پالس‌های الکتریکی قوی در مدت خیلی کوتاه قرار می‌گیرند، غشای پلاسمایی شکسته می‌شود و قابلیت نفوذ آن به دنا و رنا افزایش می‌یابد.

**انتقال ژن به روش درشت تزریقی:** در این روش محلول حاوی ۵ تا ۱۰ میکرولیتر از دنا به وسیله یک میکروپیپت به داخل بافت تزریق می‌شود. این روش در گیاهان کاربرد دارد.

**انتقال ژن به روش الکتروفورز:** در این روش یاخته‌های میزبان و دنا در میدان الکتریکی قرار می‌گیرند به‌طوری که مولکول‌های دنا به سمت یاخته هدف حرکت می‌کنند و به داخل آن وارد می‌شوند و نهایتاً به ژنوم یا اندامک هدف می‌رسند.

انتقال ژن با ایجاد شکاف‌های ریز در یاخته میزبان : این روش به کمک لیزر انجام می‌شود. با استفاده از لیزر منافذ ریزی در دیواره سلول گیاهی ایجاد می‌شود که دنا از آن وارد می‌شود. انتقال ژن با استفاده از امواج فراصوت : نمونه در بافر خاص حاوی پلازمید نو ترکیب قرار می‌گیرد و در معرض پالس‌هایی با قدرت ۵ وات بر سانتی متر مربع به مدت ۳۰ دقیقه قرار می‌گیرند.

### روش‌های شیمیایی

انتقال ژن با استفاده از پلی اتیلن گلیکول : غشاهای یاخته‌ای و مولکول‌های دنا بار الکتریکی منفی دارند و این امر باعث کندی جذب دنا می‌شود. پلی اتیلن گلیکول آب دوست است و به دلیل جذب مولکول‌های آب آزاد، دافعه را به حداقل می‌رساند. این ماده همچنین از طریق حفاظت از دنا در مقابل نوکلئازها و افزایش خاصیت نفوذپذیری غشای یاخته باعث تسهیل جذب دنا می‌شود. انتقال ژن با استفاده از لیپوزوم : وزیکول‌های غشایی مصنوعی هستند که از فسفولیپیدها ساخته شده‌اند. از موارد استفاده از آنها می‌توان به انتقال داروها، واکسن‌ها و دنا اشاره کرد.

## کفزار ۲: فناوری مهندسی پروتئین و بافت

آموزش، از یادآوری پیش‌دانسته‌ها و تجارب آنها شروع می‌شود. دانش‌آموزان تا این پایه و شروع این فصل آموخته‌اند که :

- پروتئین‌ها از واحدهایی به نام آمینواسید ساخته شده‌اند که با پیوند پپتیدی به یکدیگر اتصال دارند.
- پروتئین‌ها ممکن است از یک یا چند زیر واحد ساخته شده باشند.
- پروتئین‌ها ساختارهای متعددی دارند و عملکرد هر پروتئین ارتباط تنگاتنگی با ساختار فضایی آن دارد.
- ساختار فضایی طبیعی هر پروتئین به توالی آمینواسیدهای آن بستگی دارد که از روی ژن آن پروتئین رمز می‌شود.

- ساختار فضایی پروتئین‌ها تحت تأثیر عواملی مثل گرما، تغییرات اسیدیته و... دستخوش تغییر می‌شود.
- به مجموعه یاخته‌های هم شکل که به طور هماهنگ کار معینی را انجام می‌دهند بافت گفته می‌شود.
- همه یاخته‌های بدن از یک یاخته اولیه به وجود آمده‌اند که در فرایند تمایز دچار تغییرات ساختاری و عملکردی شده‌اند.

- یاخته‌های بنیادی، یاخته‌های تمایز نیافته‌ای هستند که قدرت تکثیر و تمایز زیادی دارند.

برای شروع تدریس می‌توان پرسش‌های زیر را مطرح کرد :

- توالی آمینواسیدها در ساختمان اول پروتئین‌ها بر چه اساسی صورت می‌گیرد؟

■ بین شکل و عمل پروتئین چه رابطه‌ای وجود دارد و چگونه؟  
 ■ وظیفه آنزیم چیست و چگونه نقش خود را ایفا می‌کند؟  
 ■ منظور از مهندسی پروتئین و بافت چیست؟  
 ■ تمایز با رشد و نمو چه فرقی دارد؟  
 ■ چرا سرعت تکثیر یاخته‌ها در محیط‌های کشت بسیار متفاوت است و بعضی از یاخته‌ها به‌سختی در محیط کشت تکثیر می‌شوند؟

■ یاخته بنیادی چیست؟ آیا انواع یاخته‌های بنیادی را به‌یاد دارید؟  
 ■ به‌نظر شما آیا آدمی قادر است به کمک فناوری‌های نوین زیستی، پروتئین یا بافت دلخواه خود را بسازد که از نظر عملکردی نیز پاسخگوی نیاز بدن باشد؟  
 با توجه به اینکه عنوان گفتار با واژه مهندسی شروع شده است، می‌توان تدریس را با این واژه و مفهوم آن شروع کرد. بدین صورت که مهندسی کردن به‌صورت عام یعنی چه؟ و یک مهندس چه کاری انجام می‌دهد؟ سپس وارد بحث اصلی شوید و مهندسی پروتئین را مطرح کنید.

برای تفهیم هر چه بیشتر محتوا از یک تغییر ژنتیکی که منجر به تغییر ساختاری و عملکردی پروتئین شده است مثال بزنید. تغییر پروتئین هموگلوبین در بیماری کم‌خونی داسی‌شکل که دانش‌آموزان قبلاً نیز با آن آشنا شده‌اند مثال خوبی است. در نظر داشته باشید در این قسمت بحث حتماً بر تفاوت‌های بین آمینواسیدها از نظر ساختاری و میزان قطبیت تأکید کنید. زیرا جایگزینی آمینواسیدهای با خصلت متفاوت در ساختار اول پروتئین، منجر به تغییرات شکل فضایی و در نتیجه عملکرد پروتئین می‌شود. اما مهم است در اینجا اشاره کنید که در فرایند مهندسی پروتئین هر نوع جایگزینی در توالی ممکن نیست، لذا جایگزینی‌هایی مورد قبول هستند که نه تنها بر عملکرد پروتئین تأثیر منفی ندارند بلکه در شرایط خاص منجر به افزایش کیفیت آنها نیز می‌شوند.

نکته مهم دیگر این است که یادآوری کنیم ساختارهای پروتئینی و به‌خصوص آنزیم‌ها در شرایط خاص دستخوش تغییر می‌شوند. مثلاً در دماهای بالا و تغییرات pH، ساختار پروتئین‌ها تغییر می‌کند و در نتیجه فعالیت آنها کم یا کاملاً غیرفعال می‌شوند. زیرا در چنین محیط‌هایی پیوندهای موجود در مولکول‌ها، به‌خصوص در ساختارهای سوم و در صورت داشتن ساختار چهارم تغییر می‌کند. همچنین کاربرد فرایند مهندسی پروتئین در رابطه با آنزیم‌ها می‌تواند عملکرد آنزیمی آنها را بهبود بخشد؛ مثلاً منجر به افزایش سرعت واکنش، افزایش تمایل آنزیم به پیش‌ماده و... شود.

برای ورود به مبحث مهندسی بافت بهتر است از یادآوری یاخته‌های بنیادی شروع کنید. دانش‌آموزان می‌دانند که در بدن انواع یاخته‌های بنیادی وجود دارد. در اینجا لازم است سه مفهوم رشد، نمو و تمایز

در کلاس به بحث و گفت‌وگو گذاشته شود. بسیاری از دانش‌آموزان تعاریف این مفاهیم را می‌دانند ولی کج‌فهمی در این مفاهیم زیاد است. آوردن مثال برای هر مفهوم را به عهده دانش‌آموزان بگذارید و مثال‌های آنان را روی تابلو بنویسید. سپس از آنان بخواهید دلایل خود را شرح دهند و اشتباهات آنها را به کمک خودشان تصحیح کنید. هدف از این کار، رسیدن به درک درستی از مفهوم تمایز است. وقتی از این موضوع اطمینان حاصل شد، می‌توانید با طرح پرسش‌های از پیش برنامه‌ریزی شده، مهندسی بافت را شروع کنید.

## دانشتهای برای معلم

**نیمه عمر پروتئین :** نیمه عمر پروتئین‌ها تحت شرایط طبیعی از چند دقیقه تا چند ساعت متغیر است. این تفاوت در پایداری هم به میزان تشکیل پیوندهای دی‌سولفیدی و هم به حضور آمینواسیدهای خاص در انتهای آمین بستگی دارد. به‌عنوان مثال زمانی که آمینواسیدهای معینی به انتهای آمین آتریم بتاگلوکوزیداز اضافه شود، طول عمر پروتئین اصلاح شده از حدود ۲ دقیقه به بیش از ۲۰ ساعت افزایش می‌یابد. آمینواسیدهای افزودنی را که احتمال پایداری ذاتی یک پروتئین را بالا می‌برند می‌توان به راحتی در ژن‌های کلون شده قرار داد.

**افزایش پایداری پروتئین :** معمولاً برای ایجاد پایداری در پروتئین مورد نظر، حضور فقط یک آمینواسید اضافی در انتهای آمین آن کافی است. پروتئین‌هایی که عمر طولانی دارند می‌توانند در سلول تجمع پیدا کنند و مقدار محصول را افزایش دهند. این پدیده هم در یوکاریوت‌ها و هم در پروکاریوت‌ها دیده می‌شود. برخلاف وجود آمینواسیدها در انتهای آمین توالی که پایداری پروتئین را افزایش می‌دهند، توالی‌های آمینواسیدی در داخل پروتئین وجود دارند که آن را به تجزیه پروتئولیتیک حساس تر می‌کنند. این مناطق از پروتئین که به آنها توالی‌های PEST گفته می‌شود، غنی از پرولین (P)، گلوتامیک اسید (E)، سرین (S) و ترونین (T) هستند. این توالی‌ها اغلب، و نه همیشه، در مجاورت توده‌ای از آمینواسیدهای دارای بار مثبت هستند و به منظور نشانه‌گذاری پروتئین‌ها برای تجزیه در داخل سلول به کار می‌روند. می‌توان پایداری یک پروتئین را با دست‌کاری ژنتیکی در مناطق PEST افزایش داد. واضح است این دست‌کاری‌ها در عملکرد پروتئین مورد نظر تغییر ایجاد نخواهد کرد.

**آمیلاز :** این آنزیم در بدن انسان در بزاق، ترشحات لوزالمعده و روده باریک یافت می‌شود. این آنزیم باعث تجزیه زنجیره‌های پلی‌ساکارید مانند نشاسته به اجزای کوچک‌تر و دی‌ساکاریدهایی مانند مالتوز می‌شود و نقش مهمی در هضم کربوهیدرات‌ها دارد. سایر بافت‌ها نیز تا حدودی فعالیت آمیلازی دارند، مثل : تخمدان‌ها، روده باریک و بزرگ و عضلات مخطط.

## انواع آمیلاز

۱ آلفا آمیلاز (اندو آمیلاز) یا آمیلاز حیوانی که در انسان هم وجود دارد. این آمیلاز از وسط بر زنجیره پلی ساکاریدی اثر می کند و آن را می شکند.

۲ بتا آمیلاز (اگزو آمیلاز) که مخصوص گیاهان و باکتری ها است و از انتهای زنجیره پلی ساکاریدی عمل می کند.

دو ایزو آنزیم عمده آمیلاز مربوط به پانکراس و غدد بزاقی است. آمیلاز به طور طبیعی از سلول های ترشحی برون ریز لوزالمعده به مجرای لوزالمعده و سپس دوازدهه ترشح می شود و در روده، نشاسته را به قندهای ساده تر تجزیه می کند. آلفا آمیلاز موجود در بزاق، نشاسته را به طور جزئی تجزیه می کند؛ چون مدت توقف غذا در دهان ناچیز است ولی قسمت عمده فعالیت این آنزیم مربوط به آمیلاز لوزالمعده است. pH مطلوب برای این آنزیم حدود ۷ است.

آنزیم های هیدرولیز کننده نشاسته: آنزیم های بسیاری برای تجزیه نشاسته در دسترس هستند، از جمله آنها:

۱ آلفا آمیلازها یا اگزو آمیلازها: نشاسته را در موقعیت  $\alpha$ -۱,۴ زنجیره پلیمری تجزیه می کنند.

۲ بتا آمیلازها یا اندو آمیلازها: مالتوز یا مالتوتریوز را از انتهای غیر احیا کننده جدا می کنند.

۳ گلو کو آمیلاز یا آمیلو گلو کوزیداز: مالتوز را به دو مولکول گلوکز تقسیم می کنند.

۴ پولولانازها: پیوندهای  $\alpha$ -۱,۶ ترجیحاً پولولان<sup>۱</sup> و همچنین آمیلوپکتین را تجزیه می کنند.

۵ ایزو آمیلازها: پیوندهای  $\alpha$ -۱,۶ آمیلوپکتین را با سرعت بالاتری نسبت به پولولان تجزیه می کنند.

آمیلازها آنزیم هایی هستند که نشاسته را هیدرولیز می کنند. آمیلازها از مهم ترین آنزیم ها در زیست فناوری محسوب می شوند و اهمیت آمیلازها به علت کاربرد گسترده این آنزیم ها است که از جنس های باسیلوس به دست می آید.

بسیاری از گیاهان، جانوران و میکروارگانیسم ها توانایی تولید آنزیم آمیلاز را دارند ولی این آنزیم با منشأ میکروبی دارای مصارف صنعتی است. در این بین، جنس باسیلوس طیف گسترده ای از آنزیم آمیلاز را تولید می کند که کاربرد مهمی در صنعت دارد. تولید آنزیم آمیلاز به عواملی از جمله سویه ها، ترکیب محیط کشت، روش کشت، رشد سلول و زمان گرماگذاری بستگی دارد.

آمیلازها، یکی از مهم ترین آنزیم های عمده صنعتی هستند که حدود ۲۵ درصد از بازار جهانی آنزیم ها را به خود اختصاص می دهند. از مهم ترین کاربردهای آنزیم آمیلاز در صنایع مختلف می توان به مواردی از جمله نساجی، صنایع تولید کننده شوینده ها، کاغذسازی، داروسازی و صنایع غذایی مانند شیرین سازی

۱- پولولان (Pullulan) یک ترکیب شیمیایی با فرمول  $(C_6H_{10}O_5)_n$  است و شکل ظاهری آن، به صورت پودر سفید است.



و فراوری نشاسته اعم از تهیه شربت‌های فروکتوز، گلوکز و آب میوه‌ها اشاره کرد. تحقیقات بسیاری در ارتباط با کاربرد آنزیم‌های آمیلولیتیک تولید شده توسط اعضای جنس باسیلوس، در زمینه‌های مهم تولید قند، صنایع غذایی، شوینده‌ها انجام شده است. گستردگی کاربرد آنزیم‌های آمیلولیتیک، موجب می‌شود که تحقیقات برای مشخص شدن ویژگی‌های آنزیم‌ها همچنان ادامه داشته باشد.

آلفا آمیلازها، اندوآمیلازهایی هستند که هیدرولیز مهم و اولیه نشاسته به الیگوساکاریدهای کوتاه‌تر را از طریق شکست پیوندهای گلیکوزیدی  $\alpha$ -۱,۴ کاتالیز می‌کند. ویژگی‌های آلفا آمیلازها مثل مقاومت نسبت به گرما و pH باید با کاربردهای آن متناسب باشد بنابراین گستردگی کاربرد آنزیم‌ها، موجب شده است که تحقیقات برای مشخص شدن ویژگی‌های آنزیم‌ها ادامه داشته باشد. نرخ هیدرولیز نشاسته، توسط آلفا آمیلاز وابسته به شرایطی همچون دما، منشأ پیش ماده، غلظت پیش ماده، غلظت آنزیم، وجود یا نبود یون کلسیم است.

اغلب میکروارگانیسم‌ها آنزیم‌هایی را که یک واکنش را هدایت می‌کنند می‌توانند تولید کنند. در هنگام شناسایی یک میکروارگانیسم مولد یک آنزیم مطلوب، برای تبدیل آن به یک سویه مناسب در مقیاس تجاری چند مرحله وجود دارد که ضروری است. در اولین مرحله به یک سویه صنعتی خوب که بتواند مقدار زیادی آنزیم با تراکم بالا تولید کند نیاز است. در مرحله بعد باید بتوان مهار کاتالیتیکی را کاهش داد یا آن را رفع کرد که برای انجام این کار می‌توان از تغییرات ژنتیکی و بهینه‌سازی محیط استفاده کرد.

آلفا آمیلازها توسط تعداد زیادی از باکتری‌ها و قارچ‌ها تولید می‌شوند. یکی از مهم‌ترین سویه‌های صنعتی که در حال حاضر توسط شرکت‌های تولید کننده آلفا آمیلاز استفاده می‌شود Termamyl LC است. این سویه از گونه باسیلوس لیکنی فورمیس (*Bacillus licheniformis*) است که با استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک توانستند چهار جهش روی ژن آلفا آمیلاز آن ایجاد کنند و در نتیجه باعث شده است که پایداری آنزیم تولیدشده در دما و pH بالا و غلظت پایین کلسیم بیشتر شده است.

**کاربرد آمیلاز در محصولات صنایع آرد و نان:** آلفا آمیلاز قارچی مشهورترین آنزیم مورد استفاده در صنایع وابسته به آرد و پر استفاده‌ترین آنزیم در صنایع پخت نان‌های حجیم است. امروزه آلفا آمیلازها در سطح جهان کاربرد گسترده‌ای دارند و یکی از مهم‌ترین اصلاح کننده‌های آرد به‌منظور افزایش حجم نان مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی این آنزیم با تبدیل نشاسته آرد به قند قابل استفاده برای مخمر، فعالیت تخمیری را افزایش می‌دهند و گاز مناسبی جهت افزایش حجم، تولید می‌کنند. این آنزیم به‌طور کامل در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  (دمای معمولی فر) غیرفعال می‌شود و به پروتئین قابل هضم برای دستگاه گوارش تبدیل می‌شود و آنزیمی است که از میکروارگانیسم طبیعی تهیه شده و هیچ‌گونه تغییرات ژنتیکی در آن به‌وجود نیامده است. آلفا آمیلاز بیشترین حجم آنزیم در بین آنزیم‌های تشکیل دهنده بهبود دهنده‌های نان را در سراسر جهان به‌خود اختصاص داده و باعث افزایش حجم، ایجاد ظاهری مطلوب و بویی دلپذیر در نان تولیدی می‌شود.

## کاربرد آمیلاز در نساجی

آهارزدایی پارچه : در تولید پارچه، دوک نخ در طی بافت تحت فشار مکانیکی زیادی قرار دارد. استفاده از چسب، نشاسته یا آهارزنی، نخ دوک را محکم می‌کند، از پاره شدن نخ در اثر فشار ماشین بافندگی و همچنین از ایجاد الکتریسیته ساکن جلوگیری می‌کند. با این حال برای فراوری بعدی پارچه (رنگ آمیزی، شست و شوی شیمیایی و پرداخت زدن) نشاسته باید کاملاً زدوده شود. امروزه آنزیم‌های آمیلاز در عملیات آهارگیری به کار برده می‌شوند. آنزیم‌های آمیلاز، آهار نشاسته را بی‌آسیب به سلولز، تجزیه می‌کنند. روش‌های آهارزدایی مداوم که به پایداری آلفا آمیلازها در دمای بالا بستگی دارد، شیوه‌ای اساسی برای زدودن آهار است. لازم به یادآوری است که در روش‌های دیگر آهارگیری، از مواد اکسیدکننده و یا اسید استفاده می‌شود که در استحکام کالای پنبه‌ای اثر منفی می‌گذارد. تجزیه کامل نشاسته به کمک آمیلاز منجر به تشکیل گلوکز می‌شود که قابل حل در آب است.

کاربرد آمیلاز در صنایع غذایی مهم‌ترین پلی‌ساکاریدی که در صنایع غذایی استفاده می‌شود، نشاسته است. تولید آنزیمی گلوکز با استفاده از آنزیم آمیلاز به دست آمده از باسیلوس سوبتیلیس و آمیلوگلوکوزیداز حاصل از آسپرژیلوس، جایگزین روش‌های قدیمی هیدرولیز اسیدی شده است سرعت عمل، عدم آلودگی و امکان تولید دکستروز در مقیاس صنعتی از مزایای عمده روش آنزیمی است. البته با پیشرفت فناوری دمای نو ترکیب، امکان تولید آنزیم‌های میکروبی پایدار در دمای بالا جهت هیدرولیز آنزیمی و بالطبع تولید صنعتی و گسترده گلوکز فراهم شده است. همچنین با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز می‌توان نشاسته را به شربت‌هایی با معادل دکستروز پایین تبدیل کرد. اگر علاوه بر این آنزیم از آنزیم‌های گلوکو آمیلاز و گلوکز ایزومراز نیز استفاده شود، می‌توان محصولی با شیرینی معادل ساکارز به نام HFCS تولید کرد. فروکتوز نیز یک ماده شیرین کننده است که در بسیاری از محصولات غذایی عمده‌تاً به عنوان جایگزین ساکارز (شکر معمولی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از دلایل افزایش محبوبیت فروکتوز در کارخانه‌های ساخت مواد غذایی، در دسترس بودن مقدار زیاد نشاسته غلات است که با روش آنزیمی، در مقیاس صنعتی به فروکتوز تبدیل می‌شود.

یک منبع ارزان تر و جایگزین فروکتوز ممکن است فروکتان باشد که کربوهیدرات ذخیره‌ای در بسیاری از گیاهان است. فروکتان‌ها، پلیمرهای مولتی فروکتوز (پلی فروکتوز) هستند که می‌توانند به صورت آنزیمی یا شیمیایی هیدرولیز شوند تا فروکتوز به دست آید.

فروکتان‌های گیاهی، شیرین هستند، اما آنزیم‌هایی که بتوانند زنجیره‌های گلیکوزیدی آنها را از بین ببرند در دستگاه گوارش انسان وجود ندارند. در نتیجه، فروکتان‌ها اجزای غذایی کم کالری هستند. از این خاصیت برای تولید شیرین کننده‌های کم کالری طبیعی در صنایع غذایی – بهداشتی استفاده می‌شود که آن را به صورت آنزیمی در بیوراکتورها تولید می‌کنند. در میان باسیل‌ها، پseudomonas و streptococcus با کمک آنزیم‌های خارج سلولی، شکر را به فروکتان‌های باکتریایی تبدیل می‌کنند.

## آشنایی با مفاهیم پایه در مهندسی بافت

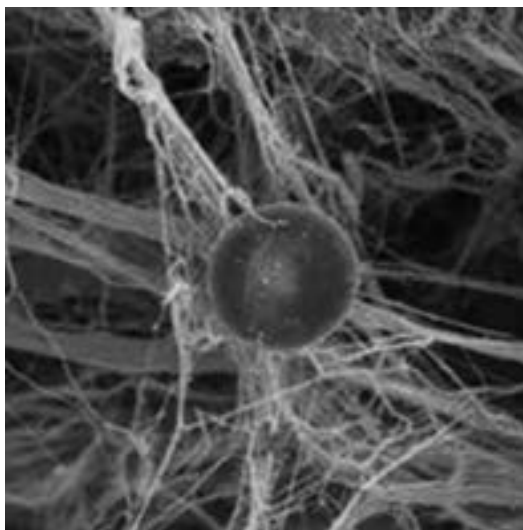
**مفهوم مهندسی بافت:** همان‌طور که از نام مهندسی بافت پیداست، ما به دنبال مهندسی کردن بافت‌های زنده هستیم، بنابراین قبل از هر چیز باید دانست منظور از مهندسی چیست و برای تحقق آن، چه اطلاعاتی لازم است. تعریف کلی مهندسی در هر شاخه‌ای از علم، آن است که هندسه و در واقع مختصات و ویژگی‌های هدف مورد نظر شناخته شود و براساس آن، طراحی و سپس ساخت انجام گیرد، بنابراین در مهندسی بافت باید بافت مورد نظر به خوبی شناخته شود تا براساس خصوصیات مختلف آن مهندسی صورت گیرد، بنابراین در یک جمله می‌توان گفت: «مهندسی بافت یعنی ادای طبیعت را درآوردن (Bio-mimicking) و شرایط درون تنی (In vivo) را در بیرون بدن (In vitro) تقلید کردن.»

**شناخت بافت:** بدن انسان دارای ساختاری سلسله مراتبی است و در پایین‌ترین سطح از واحدهای زنده و مستقلی به نام یاخته، ساخته شده است، یاخته‌ها، بافت‌ها را تشکیل می‌دهند، مجموع چند بافت یک اندام را می‌سازد و نهایتاً چند اندام یک دستگاه را به وجود می‌آورند و بدن مجموعه‌ای از این دستگاه‌هاست. اما هر بافت از بدن، خود دارای ساختاری سلسله مراتبی است و از چندین سطح تشکیل شده است که از مقیاس ماکروسکوپی (محدوده سانتی متری) آغاز می‌شود و تا سطح مولکولی (محدوده نانومتری) ادامه می‌یابد. کوچک‌ترین سطحی را که عملکرد اساسی بافت از آن ناشی می‌شود زیر واحد عملکردی (functional subunit) گویند که معمولاً در مقیاس حدوداً ۱۰۰ میکرومتر است، در حالی که یاخته‌های مختلف اندازه‌ای در حدود ۱۰ میکرومتر دارند، بنابراین یاخته‌ها در ریزمحیطی (microenvironment) قرار گرفته‌اند که در مقیاس کوچک‌تر از آن عملکرد بافت مشاهده نمی‌شود و اگر بخواهیم شرایط محیط زندگی یاخته در بدن را بشناسیم باید درک صحیحی از این زیستگاه (niche) یاخته پیدا کنیم و این مفهوم دقیق‌تر مهندسی بافت است؛ «تقلید کردن ریزمحیط طبیعی یاخته با تمام پیچیدگی‌هایش توسط فنون‌های مهندسی.»

## ریز محیط یاخته

ریز محیط یا همان محل زندگی یاخته، محیطی شلوغ و پر رفت‌وآمد، با رمز و رازهایی است که هنوز بسیاری از آنها شناخته نشده‌اند و در میان آنها دو عامل مهم توجه عمده تحقیقات را به خود جلب کرده‌اند. یکی از این دو، بستری است که سلول روی آن قرار دارد، این بستر را زمینه خارج یاخته‌ای (Extracellular Matrix) می‌نامند که به‌طور عمده از پروتئین‌ها، پروتئوگلیکان‌ها و پلی ساکاریدها ساخته شده است. دومین عاملی که در تعیین بسیاری از رفتارهای حیاتی یاخته نقش دارد، بیومولکول‌های فعالی هستند که در محیط زیستی اطراف یاخته به حالت محلول وجود دارند و پیام‌هایی را به مرکز فرماندهی یاخته (هسته) می‌فرستند و از این طریق رفتار یاخته را تحت کنترل دارند. این بیومولکول‌ها شامل پروتئین‌های کوچکی

چون فاکتورهای رشد (Growth Factors)، استروئیدها و هورمون‌ها می‌شوند که از این میان، فاکتورهای رشد از همه مهم‌تر و عمده تحقیقات بر آنها متمرکز شده است.



شکل ۱- سلول‌ها در بدن روی بستری به نام زمینه خارج یاخته‌ای قرار دارند.

**مفهوم داربست:** پیش از این گفتیم که یاخته‌ها در بدن روی بستری آرام گرفته‌اند که زمینه خارج یاخته‌ای نامیده می‌شود، بنابراین اولین قدم در مهندسی بافت آن است که بستری مشابه با آن بسازیم که یاخته روی آن احساس آرامش کند و آن را بیگانه نداند. در واقع باید یاخته را فریب دهیم تا پاسخ منفی نشان ندهد و فعالیت طبیعی خود را به درستی انجام دهد. پس اولین نکته‌ای که در ساختن بستر باید رعایت کنیم آن است که جنس مواد سازنده آن کاملاً زیست سازگار (Biocompatible) باشد و برای یاخته سمی نباشد. ماده‌ای که چنین خصوصیتی داشته باشد، زیست ماده (Biomaterial) نامیده می‌شود. نکته مهم دیگر این است که بستری که برای یاخته ساخته می‌شود بایستی سازه‌ای سه بعدی و متخلخل باشد و حفرات آن کاملاً به هم پیوسته باشند. علت وجود چنین تخلخلی آن است که یاخته‌ها بتوانند درون بستر رفت و آمد (مهاجرت) کنند و نیز امکان رسیدن مواد غذایی به درون بستر و دفع مواد زائد از آن وجود داشته باشد. این سازه را می‌توان به داربست (Scaffold) ساختمانی و یاخته‌ها را می‌توان به آجرها تشبیه کرد. همان طور که برای بنای ساختمان لازم است ابتدا اسکلتی سه بعدی ساخته شود و سپس آجرها در آن جاسازی شوند، برای ساخت یک بافت نیز لازم است یاخته‌ها درون فضایی سه بعدی و متخلخل که «داربست» نامیده می‌شود جاسازی شوند.

نکته قابل توجه آن است که این سازه کاملاً موقتی است و قرار نیست که جزئی از بافت نهایی باشد. بلکه

تنها در نقش ایزاری است که به باخته‌ها این امکان را می‌دهد که با قرار گرفتن در شرایط فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مناسب، زمینه خارج باخته‌ای طبیعی خود را در فضایی سه بعدی تولید کنند و بافت مورد نظر را به تدریج بسازند. بنابراین ماده سازنده داربست باید علاوه بر زیست سازگاری، زیست تخریب پذیر (biodegradable) هم باشد تا به مرور زمان، هم زمان با شکل گیری بافت جدید و با سرعتی هماهنگ با آن تخریب شود. داربست‌ها می‌توانند طبیعی و یا مصنوعی باشند. داربست‌های مصنوعی را می‌توان با استفاده از تکنیک‌های مهندسی مواد (به خصوص مهندسی پلیمر) به اشکال مختلف تهیه کرد.

**مراحل فرایند مهندسی بافت :** فرایند کلی مهندسی بافت به زبان ساده در شکل زیر نشان داده شده است :



شکل ۴- مراحل مهندسی بافت

ابتدا داربست به شکل مورد نیاز ساخته می‌شود. سپس یاخته‌های مربوط به بافت هدف (مثلاً فیبروبلاست برای پوست) به تعداد کافی روی آن کشت داده می‌شوند. کشت یاخته در یک سرم بیولوژیکی (محیط کشت) که حاوی مواد مغذی لازم برای رشد و حیات آن است انجام می‌گیرد. حضور فاکتورهای رشد در محیط کشت برای دریافت یک پاسخ مناسب از یاخته‌ها و کمک به رفتار بهتر آنها ضروری است. پس از گذشت زمان کافی، یاخته‌ها در تمام فضای داربست جاسازی می‌شوند و یک سازه سه بعدی محتوی یاخته به دست می‌آید که آماده کاشت در بدن است. این کامپوزیت توسط جراح در ناحیه‌ای از بدن که دچار ضایعه شده است کاشته می‌شود و فضای آسیب دیده را پر می‌کند. با رگ‌زایی و نفوذ مویرگ‌های اطراف به داخل داربست، مواد غذایی و اکسیژن به یاخته‌ها رسانده می‌شود و مواد زائد حاصل از متابولیسم آنها دفع می‌شود و به این ترتیب با گذشت زمان یاخته‌ها شروع به ساخت زمینه خارج باخته‌ای طبیعی خود و ساخت بافت جدید می‌کنند و داربست نیز هم‌زمان با تشکیل بافت جدید به مرور زمان تخریب می‌شود، تا اینکه با شکل گیری کامل بافت، به کلی از بین می‌رود. در نهایت بافت جدید با بافت طبیعی مجاور خود در هم آمیخته و کاملاً یکپارچه می‌شود.

### موش گوش پشت : اولین پروژه موفق مهندسی بافت

پروفسور لنگر و دکتر وکنتی برای نخستین بار، داربستی پلیمری به شکل گوش انسان ساختند و یاخته‌های غضروف (کندروسیت) را روی آن کشت دادند و سپس آن را به یک موش آزمایشگاهی پیوند زدند. این پیوند کاملاً موفقیت‌آمیز بود به گونه‌ای که گوش پیوندی به خوبی با بافت اطراف خود یکپارچه شد و هیچ اثری از پس زدن آن مشاهده نشد. به این ترتیب موشی که گوش انسان را به پشت داشت، به نمادی از مهندسی بافت تبدیل شد.



شکل ۵- موش گوش پشت، نمادی از مهندسی بافت

بعدها همین روش برای تهیه گوش از یاخته‌های غضروف و سپس پیوند آن به انسان انجام شد و برای جایگزینی گوش‌های آسیب دیده مجروحان جنگی مورد استفاده قرار گرفت.

## یاخته‌های بنیادی و مهندسی بافت

یکی از چالش‌های مهم در مهندسی بافت، عدم دسترسی کافی به منابع یاخته‌ای مورد نیاز است. در واقع برای ساخت هر بافتی از بدن، تعداد زیادی از یاخته‌های اختصاصی آن بافت مورد نیاز است و این در حالی است که یاخته‌هایی که از بافت‌های بالغ بدن جدا می‌شوند، اغلب توانایی تکثیر به مقدار لازم را ندارند، بنابراین دسترسی به منابع یاخته‌ای از بدن با قابلیت تکثیر زیاد ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. یاخته‌های بنیادی به سبب خصوصیات منحصر به فرد خود، گزینه‌های بسیار مناسبی برای رفع این مشکل هستند. دو ویژگی مهم یاخته‌های بنیادی، آنها را از دیگر یاخته‌های بدن متمایز ساخته است: (۱) خود نوزایی

(Self-renewal) یعنی توانایی زایش و تکثیر به باخته‌های مشابه خود آن هم به تعداد بسیار زیاد و (۲) تمایز (Differentiation) یعنی قابلیت تبدیل شدن به انواع باخته‌های سازندهٔ بافت‌های انسان. باخته‌های بنیادی کاملاً هوشمند هستند و به انواع پیام‌هایی که از محیط اطراف دریافت می‌کنند پاسخ نشان می‌دهند و یکی از سرنوشت‌های چهارگانهٔ خود را انتخاب می‌کنند: خودنوزایی، تمایز، عدم تغییر وضعیت (Quiescence) و حتی مرگ برنامه‌ریزی شده (Apoptosis). بنابراین با شناخت و کنترل عوامل مؤثر بر رفتار باختهٔ بنیادی می‌توان آنها را به سرنوشت دلخواه هدایت کرد. این شاخه از پزشکی تحت عنوان «مهندسی باخته‌های بنیادی» شناخته می‌شود.

### گفتار ۳: کاربردهای زیست فناوری

آموزش از یادآوری پیش‌دانسته‌ها و تجارب آنها شروع می‌شود. دانش‌آموزان تا این پایه و شروع این فصل آموخته‌اند که:

■ بعضی از پروتئین‌ها به صورت مولکول پیش‌ساز ساخته می‌شوند و به کمک آنزیم‌های ویژه‌ای به پروتئین فعال تبدیل می‌شوند.

■ بعضی از پروتئین‌ها دارای ساختار چهارم هستند. یعنی از چند زیرواحد ساخته شده‌اند و به کمک پروتئین‌های دیگر به ساختار نهایی و فعال خود می‌رسند.

■ در بعضی از بیماران مبتلا به دیابت مقاومت به انسولین وجود دارد و به همین دلیل به انسولین پاسخ مناسب نمی‌دهند.

■ ویروس مولد بیماری ایدز می‌تواند مدتی در باخته‌های بدن مخفی بماند و در این مدت احتمال انتقال ویروس به سایر افراد وجود دارد.

برای شروع تدریس می‌توان پرسش‌های زیر را مطرح کرد:

■ چرا کاربرد روش‌های کشاورزی نوین میزان تنوع ژنتیکی محصولات را کاهش می‌دهد؟

■ کاهش تنوع محصولات کشاورزی چه عواقبی دارد؟

■ مصرف آفت‌کش چه تهدیدی برای زیست بوم و موجودات زنده دارد؟

■ آیا انواع بیماری دیابت را به یاد دارید؟

■ چرا گاهی واکسن‌ها خطرناک هستند؟

■ چرا نمی‌توان تمام مراحل ساخت یک دارو یا واکسن نو ترکیب را در باکتری انجام داد؟

■ آیا می‌توان ژن جهش یافته را درمان کرد؟

■ چه ارتباطی بین اخلاق و فناوری‌های نوین زیستی وجود دارد؟

این گفتار دربارهٔ بعضی کاربردهای زیست فناوری تدوین شده است. گفتارهای قبلی فصل، مقدمه‌ای برای تدریس این گفتار هستند و یادگیری مفاهیم و فرایندهای مطرح شدهٔ آنها در درک صحیح مطالب این گفتار نقش بسزایی دارد.

پیشنهاد می‌شود بعد از پایان گفتار دوم این فصل، از دانش‌آموزان بخواهید دربارهٔ کاربردهای زیست فناوری تحقیق کنند. می‌توان تدریس را با ارائهٔ مثال‌هایی که دانش‌آموزان مطرح می‌کنند شروع کرد. انواع کاربردهایی را که آنها مثال می‌زنند در کلاس به بحث بگذارید و از آنها بخواهید توضیح دهند که چگونه چنین فرایندی ممکن است. دانش‌آموزان با پیش‌دانسته‌هایی که از گفتارهای قبلی دارند مطالبی را عنوان خواهند کرد و خواهید دید که توانسته‌اند بخشی از فرایند را درست تشریح کنند و بسیاری از احتمالات آنها درست است.

دربارهٔ تهیهٔ گیاهان مقاوم به آفت، دانش‌آموزان باید به درک درستی از عملکرد سم در لولهٔ گوارش حشره برسند. همچنین ممکن است دانش‌آموزان بپرسند که چرا باکتری از خاک وارد گیاه نمی‌شود و آن را مقاوم نمی‌کند؟ و یا اینکه اگر حشره بعد از خوردن گیاه مقاوم شده می‌میرد پس مقاوم‌سازی گیاه چه فایده‌ای دارد؟ برای جلوگیری از کج‌فهمی لازم است بر ساختار گیاه و مسیر جذب مواد از خاک، یادآوری صورت بگیرد و همچنین تأکید شود که حشره با خوردن کمی از گیاه مقاوم شده می‌میرد و به دو دلیل سطح آسیب کمتر است. یکی کاهش جمعیت آفت و دیگر اینکه خوردن کمی از گیاه مقاوم شده، آن را از بین نمی‌برد و در اینجا منظور از آسیب، یک گیاه نیست بلکه میزان آسیب به طور کلی در سطح مزرعه کمتر می‌شود و در نتیجه میزان محصول افزایش می‌یابد.

در مورد تهیهٔ انسولین از منابع حیوانی مثل گاو و خوک لازم است یادآوری کنید که مقدار انسولین به دست آمده از لوزالمعده و یا خون جانور زیاد نیست؛ بنابراین برای تأمین انسولین مورد نیاز بیماران لازم است که حیوانات زیادی مورد استفاده قرار بگیرند. همچنین توالی آمینواسیدهای انسولین حیوانی با انسولین انسانی متفاوت است و باعث می‌شود که عملکرد ضعیف‌تری در بدن انسان داشته باشد و همچنین در بعضی افراد هم باعث بروز واکنش‌های آلرژیک می‌شود.

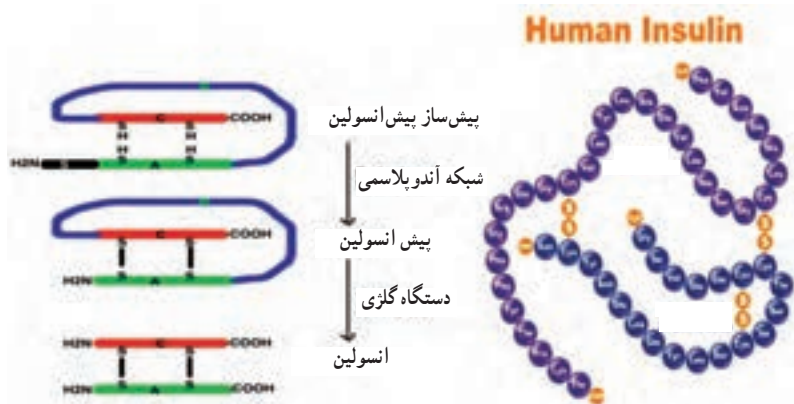
توجه داشته باشید که دانش‌آموزان نباید به این نتیجه برسند که زنجیره‌های A و B انسولین از روی دو ژن متفاوت ساخته می‌شوند. در واقع توالی‌های A و C و B پیش انسولین همه از روی یک ژن ساخته شده‌اند که در مراحل بعدی قسمت C زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی حذف می‌شود، اما در فرایند تولید انسولین نو ترکیب بخش‌های رمزگردان زنجیره‌های A و B ژن انسولین به صورت مصنوعی تهیه و به صورت جداگانه در پلازمیدهای متفاوتی جاسازی می‌شوند و پس از انتقال به باکتری‌های مجزا، بیان و ترجمه می‌شوند.



## دانشتنی‌هایی برای معلم

### انسولین نو ترکیب

این ماده که به عنوان یک دارو برای درمان افراد دیابتی استفاده می‌شود تا سال ۱۹۸۲ از غدهٔ لوزالمعدهٔ حیوانات استخراج می‌شد. پس از آن محققان موفق به تولید انسولین نو ترکیب انسانی در اشریشیا کلی و ساکارومایسز سروزیه شدند. انسولین در یاخته‌های بتای لوزالمعده به صورت پری پروانسولین ساخته می‌شود و سپس به پروانسولین تبدیل می‌شود و در دستگاه گلزی ذخیره می‌شود. وقتی که محرک آن وجود داشته باشد پروانسولین به وسیلهٔ پروتئازهای متصل به غشا، به ۳ زنجیرهٔ پلی پپتیدی (A, B, C) تجزیه می‌شود. زنجیره‌های A و B به وسیلهٔ ۳ پیوند دی سولفیدی به هم متصل می‌شوند و انسولین فعال را تشکیل می‌دهند. زنجیرهٔ C آزاد و تجزیه می‌شود.



شکل ۶- فرایند تبدیل پیش ساز انسولین به انسولین فعال (چپ) و انسولین فعال انسانی (راست)

### روش سنتی تولید انسولین

در روش سنتی، انسولین از پانکراس خوک یا گاو با استفاده از ۱- بوتانول استخراج می‌شد. انسولین را به وسیلهٔ نمک Zn رسوب دهی می‌کردند که به راحتی متبلور و سپس به وسیلهٔ ژل کروماتوگرافی تخلیص می‌شد. یکی از مشکلات اصلی تولید انسولین به وسیلهٔ روش سنتی این بود که انسولین تهیه شده از یک خوک یا گاو نیاز یک انسان بیمار را به ترتیب فقط تا ۳ و ۱۰ روز پوشش می‌داد. علاوه بر این انسولین انسانی با انسولین خوک و گاو در یک یا دو آمینواسید متفاوت بود که گاهی اوقات منجر به بروز واکنش‌های آلرژیک در بدن بیماران می‌شد. به طور موقت مشکل آلرژیک بودن انسولین حیوانی به وسیلهٔ کربوکسی پپتیداز Y که آلانین موجود در انتهای کربوکسیل انسولین را با تریونین جابه‌جا می‌کرد حل شد. سنتز شیمیایی انسولین در سال ۱۹۶۴ در چین و آلمان صورت گرفت ولی ثابت شد که از لحاظ اقتصادی غیر عملی است.

روش بیولوژیکی تولید انسولین : دو روش تولید انسولین نو ترکیب

۱ تولید شیمیایی ژن زنجیره‌های A و B انسولین و جاسازی آنها در دو گروه ناقل و انتقال آن به دو گروه باکتری متفاوت

۲ تخلیص mRNA حاصل از ژن انسولین و رونویسی معکوس و تولید cDNA (complementary) و جاسازی آن در یک گروه ناقل و انتقال آن به یک گروه باکتری

تولید انسولین نو ترکیب با روش تولید شیمیایی دنا

■ گام اول : در این روش ابتدا با دئوکسی ریبونوکلئوتیدها ژن تولید انسولین را تولید می‌کنند، طوری که دو سر آن مطابق با الگوی برش آنزیم برش دهنده باشد.

■ گام دوم : برش پلازمید توسط آنزیم‌های برش دهنده

■ گام سوم : اتصال ژن ساخته شده به پلازمید توسط آنزیم لیگاز

■ گام چهارم : جاسازی یکی از قطعات زیر قبل از ژن تولید انسولین در ناقل

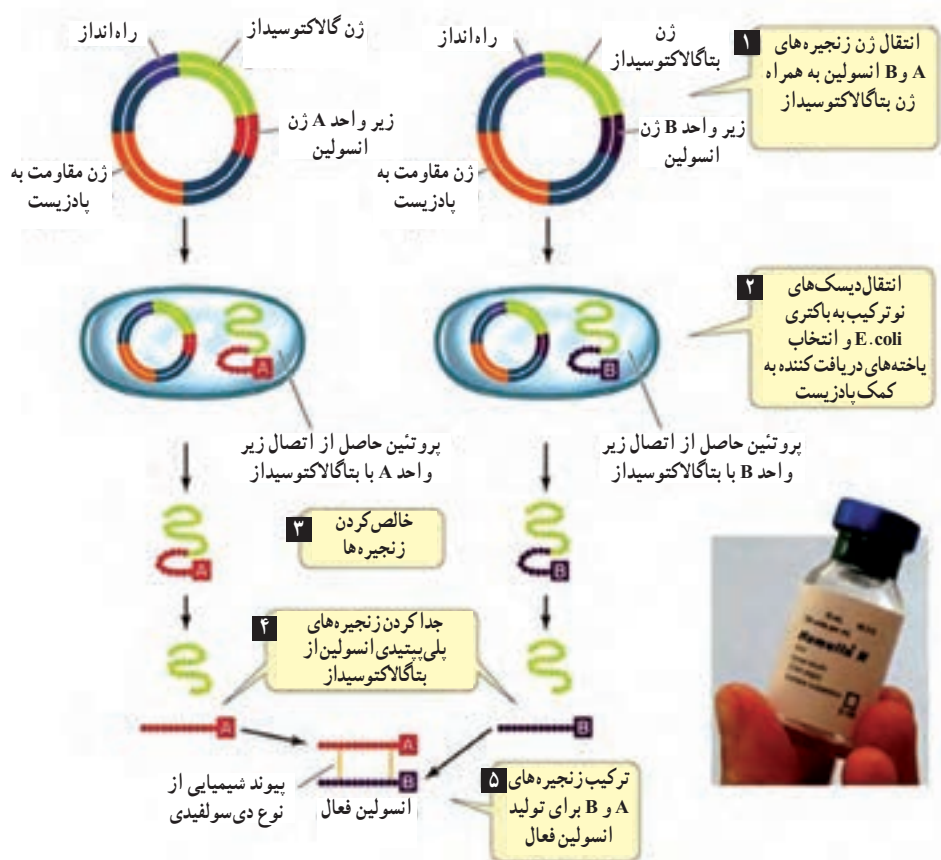
– یک قطعه DNA اپران لاکتوز شامل اپراتور و راه انداز و ۱۰۰۶ کدون لازم برای ساختن بتاگالاکتوزیداز.

– یک قطعه DNA اپران تریپتوفان شامل اپراتور و راه انداز و ۱۹۰ کدون لازم برای ساختن تریپتوفان.

■ در مراحل بعدی ژن رمز کننده آمینواسید متیونین را برای نشان دار کردن جایگاه برش، بعد از ژن بتاگالاکتوزیداز قرار می‌دهند.

پس ترتیب قرار گرفتن ژن‌ها در ناقل به این صورت است که ابتدا ژن بتا گالاکتوزیداز و پس از آن توالی رمز کننده متیونین و در آخر هم ژن ساخته شده برای تولید انسولین قرار می‌گیرند.

پس از بیان دنا ی نو ترکیب توسط باکتری، زنجیره‌های انسولین به متیونین و بتا گالاکتوزیداز متصل است. این ترکیب باید تحت تیمار سیانوژن بروماید قرار بگیرد. سیانوژن بروماید از جایگاه متیونین برش می‌زند و زنجیره‌های انسولین را از متیونین و بتاگالاکتوزیداز جدا می‌کند. سپس زنجیره‌های انسولین تحت اثر اسید سولفوریک قرار می‌گیرند تا بنیان‌های سولفات به زنجیره‌های انسولین متصل شود و در مرحله آخر محصول در معرض اکسیژن هوا قرار می‌گیرد و با اکسید شدن بنیان‌های سولفات، پیوندهای دی سولفیدی بین دو زنجیره A, B برقرار می‌شود و مولکول انسولین کامل می‌شود. انسولین تولید شده با روش کروماتوگرافی از محیط خالص می‌شود.



شکل ۷- فرایند تولید انسولین نو ترکیب انسانی ( شکل کتاب درسی ساده شده این شکل است ).

### تولید انسولین نو ترکیب با cDNA

در این روش ابتدا باید رنای کامل از یاخته‌های بتای لوزالمعده جدا شود. با توجه به اینکه mRNA در انتهای خود دارای دم پلی A است می‌توان آن را از رناهای دیگر جدا کرد؛ سپس با استفاده از آنزیم رونوشت بردار معکوس از روی آن، cDNA را تولید کرد. در نتیجه یک هیبرید cDNA – mRNA به دست می‌آید. در مرحله بعد mRNA از cDNA جدا می‌شود و یک رشته cDNA به دست می‌آید. برای قرار دادن این cDNA در پلازمید باید آن را دو رشته‌ای کرد، پس رشته مکمل این cDNA هم ساخته می‌شود. دناهای دو رشته‌ای ساخته شده برای ورود به ناقل مناسب است. سرانجام به انتهای ۵ cDNA یک توالی AUG که اسید آمینه متیونین را کد می‌کند اضافه می‌شود تا محلی برای برش بتاگالاکتوزیداز از پروانسولین فراهم کند.

■ قابل ذکر است که در صورت تفهیم محتوای گفتارهای اول و دوم فصل، آموزش گفتار سوم چالش زیادی ندارد. توصیه می‌شود برای کاربردهای مطرح شده در این گفتار و همچنین کاربردهای مشابه با آنان، از دانش آموزان بخواهید در زمینه مورد علاقه خود تحقیق کنند و در کلاس درس گزارش دهند. می‌توانید فرایند کاربرد زیست فناوری در تشخیص زودهنگام بیماری ایدز، تولید واکسن‌ها، محصولات کشاورزی و جانوران تراژنی را پیشنهاد کنید.

## فصل هشتم

رفتارهای جانوری

## ایده‌های کلیدی

- ساختار و عملکرد
- روابط و الگوها
- پایداری، تغییر و زمان
- اندازه‌گیری

## پیامدهای شایستگی محور

- رفتار ژنی (غریزی) را با رفتار حاصل از یادگیری مقایسه کند.
- چگونگی کشف غریزی بودن رفتارها را براساس یک پژوهش علمی گزارش کند.
- انواع یادگیری و اثر آنها را بر نمونه‌هایی از رفتارهای جانوران مقایسه کند.
- هزینه و فایده را در نمونه‌هایی از رفتارهای جانوران مقایسه کند.
- علت رفتار دگرخواهی را در نمونه‌هایی از جانوران بیان و آنها را مقایسه کند.
- درباره چگونگی و علت رفتارهای جانوران فرضیه‌سازی کند.
- با بررسی رفتارهای نمونه‌هایی از جانوران ایرانی به حفظ محیط زیست توجه کند.

## پرسش‌های اساسی

- اساس و منشأ رفتارهای گوناگون در جانوران چیست؟
- انواع یادگیری‌ها کدام‌اند و چه نقشی در رفتارهای جانوران ایفا می‌کنند؟
- پژوهشگران چگونه درباره رفتارهای گوناگون جانوران پژوهش انجام داده‌اند؟
- انتخاب طبیعی با چه سازوکاری بر رفتارهای جانوران اثر می‌گذارد؟
- رفتارهای گوناگون جانوران چگونه انجام می‌شوند؟
- جانوران در زندگی گروهی کدام رفتارها را نشان می‌دهند؟

## تکالیف عملکردی بر اساس مهارت‌های کلیدی

- انجام گفت‌وگو و نتیجه‌گیری از بحث برای پاسخ به پرسش‌ها
- بررسی و مقایسه تصویرهای کتاب و بیان نتیجه
- تهیه نقشه مفهومی از درس
- تمرین فرضیه‌سازی در بررسی پژوهش‌های انجام شده درباره رفتار
- مقایسه اطلاعات داده‌ها و نتیجه‌گیری‌های مربوط به رفتارها

## نقشه مفهومی

### رفتارهای جانوران

#### انتخاب طبیعی و رفتار





ارتباط و زندگی گروهی

ارتباط بین جانوران

راه‌های ایجاد ارتباط

علت ایجاد ارتباط

چگونگی ارتباط در زنبورهای عسل

فایده‌های زندگی گروهی

کاهش احتمال شکار شدن

دسترسی بیشتر به منابع (منابع غذایی)

موفقیت بیشتر در شکار

تقسیم کار در اجتماع مورچه‌های برگ بر

نقش رفتار

در دگرخواهی

زندگی گروهی

نفع فردی (پرنده‌های یاری‌گر)

کسب تجربه برای نگهداری از زاده‌ها

به‌دست آوردن قلمرو و احتمال زادآوری

انتقال ژن‌های مشترک از طریق خویشاوندان به نسل بعد (زنبورهای عسل و میرکات‌ها)

بقای فرد با اشتراک گروهی در غذا (خفاش خون‌آشام)

## روش آموزش

یک راهبرد کلی پیشنهادی براساس روش کلاس معکوس این است که از دانش‌آموزان بخواهید، مطالب هر جلسه آموزش را از قبل بخوانند و در جلسه آموزش بیشتر روی مطالب دشوار و اشکال‌های دانش‌آموزان تمرکز کنید. به این ترتیب به آنها کمک می‌کنید که در درک مطالب علمی، مستقل‌تر عمل کنند. می‌توانید از دانش‌آموزان بخواهید بخش‌هایی از درس را در کلاس در گروه‌های چند نفری مطالعه و درباره آن گفت‌وگو کنند؛ در مرحله نخست از هم‌کلاسی‌هایشان در گروه کمک بگیرند و بعد به کمک شما ابهام‌ها را برطرف کنند؛ از دانش‌آموزان بخواهید خودشان یادداشت بردارند و از دادن جزوه اکیداً خودداری کنید. در هر جلسه آموزشی زمان کوتاهی را به تکرار اصطلاح‌های علمی، اختصاص دهید. از دانش‌آموزان بخواهید، فهرستی را از آنها تهیه و توضیح کوتاهی درباره آن‌ها ارائه کنند.

هنگام آموزش شاید لازم باشد از دانش‌آموزان بخواهید مطلب را از روی کتاب درسی بخوانند. بهتر است آنان این کار را در گروه انجام دهند و شما پرسش‌هایی را آماده کنید تا به آنها پاسخ دهند. به کمک دانش‌آموزان دسته‌بندی مطالب را براساس نقشه مفهومی درس یا دسته‌بندی مورد نظر خود روی تابلو بنویسید. توجه داشته باشید نوشتن تدریجی این مطالب، فراگیری را آسان‌تر می‌کند و بر ارائه یک‌باره مطالب که هنگام استفاده از پاورپوینت رخ می‌دهد، ترجیح دارد.

**ارتباط مطالب فصل با پیش‌دانسته‌های دانش‌آموزان:** پیش‌نیازهای مربوط به برخی مطالب درس در پایه‌های قبلی آورده شده است.

■ دانش‌آموزان با تفاوت‌های ظاهری جانوران نر و ماده یعنی ثانویه جنسی، در علوم پایه هشتم آشنا شده‌اند. بنابراین هنگام آموزش می‌توانید از آنها بخواهید نمونه‌هایی از این تفاوت‌ها بین جانوران را بیان کنند.

■ دانش‌آموزان با مفهوم محرک، پاسخ جانداران به محرک‌ها و نقش دستگاه عصبی در پاسخ به محرک‌ها در پایه هشتم و یازدهم آشنا شده‌اند.

■ دانش‌آموزان درباره اثر محرک‌ها بر گیاهان در کتاب زیست‌شناسی ۲ مطالبی آموخته‌اند. در این فصل فقط به رفتار جانوران پرداخته شده است. اشاره به این موضوع در ابتدای آموزش فصل لازم به نظر می‌رسد.

■ در صفحه ۴۸ همین کتاب، دانش‌آموزان با مفهوم جهش آشنا می‌شوند که برای درک موضوع غیرفعال شدن ژن B در رفتار مادرانه است.

■ در صفحه ۵۳ همین کتاب دانش‌آموزان با مفهوم انتخاب طبیعی آشنا می‌شوند.

**توضیح درباره تصویر ابتدای فصل:** پرواز گروهی، سریع و موجی شکل سارها (و برخی دیگر از پرنده‌ها)، شکل‌های جالبی را در آسمان ایجاد می‌کند و هماهنگی هر یک از پرنده‌ها با گروه، در این حرکت دسته‌جمعی، نشانه‌ای از هوشمندی جانوران و عظمت خالق آنهاست. به نظر می‌رسد این رفتار برای فرار از شکارچی‌ها انجام می‌شود. متن کتاب درسی نیز به موضوع پرواز و مهاجرت می‌پردازد و برخی ابعاد شناخته شده مهاجرت از جمله مسیریابی و جهت‌یابی پرنده‌ها را توضیح می‌دهد. می‌توانید برای شروع درس، از دانش‌آموزان بخواهید تجربه‌های خود از نمونه‌هایی از رفتارهای جانوران را بیان کنند.

**چرا به رفتارشناسی پرداخته‌ایم؟** اخباری که دربارهٔ بدرفتاری با جانوران در کشور ما منتشر می‌شوند، نشان می‌دهند برخی افراد در کشور ما نسبت به محیط‌زیست و به‌ویژه جانوران نگرش درستی ندارند. یکی از اهداف این فصل معرفی برخی از جانوران کشورمان و برخی رفتارهای آنهاست. امیدواریم در پرتو آشنایی با جانوران ایرانی، آینده‌سازان کشور نگرش مثبت‌تر و رفتار بهتری را با جانوران داشته باشند. علاوه بر آن برخی رفتارها مانند رفتار دگرخواهی به اشتراک گذاشتن غذا در خفاش‌های خون‌آشام، نشانه‌ای از وجود قانون نانوشته در بین جانوران برای کمک به حفظ بقای افراد هم‌نوع خود است. درحالی‌که اغلب، خفاش‌های خون‌آشام را سمبل خشونت و وحشت می‌دانند. بررسی چنین رفتارهایی می‌تواند نگرش تازه‌ای به جانوران را در دانش‌آموزان ایجاد کند. از این‌رو در برنامهٔ زیست‌شناسی دورهٔ متوسطه، پرداختن به رفتارشناسی جانوران در میان موضوع‌های گوناگون قلمرو زیست‌شناسی اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. از سوی دیگر در پایهٔ دوازدهم موضوع انتخاب طبیعی و اثر آن بر صفات و ویژگی‌های بدنی مطرح شده است. رفتارها نیز بخشی از هویت جانوران‌اند که انتخاب طبیعی بر آنها نیز اثر دارد. بنابراین پرداختن به اثر انتخاب طبیعی بر رفتارهای جانوران نیز موضوعی مهم در بررسی و شناخت جانوران است.

**انتخاب جانوران برای بررسی در این فصل:** سعی کرده‌ایم مثال‌های لازم در بررسی رفتارهای جانوران را از میان جانوران آشنا برای دانش‌آموزان (مانند انتخاب جفت در طاووس، ارتباط در زنبور عسل) و به‌ویژه جانورانی که در ایران زندگی می‌کنند، گونه‌هایی از کاکایی، خرس قهوه‌ای، قوی فریادکش و لاک‌پشت متقارعی انتخاب کنیم.

**معرفی کلی مطالب فصل:** در گفتار نخست با بیان یک مثال و ایجاد سؤال در ذهن دانش‌آموز دربارهٔ منشأ و اساس یک رفتار (رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی)، برای پاسخ به سؤال، پژوهشی را

دربارهٔ ارتباط ژن و رفتار معرفی کرده‌ایم که در آن با غیرفعال کردن یک ژن، رفتار جانور تحت تأثیر قرار می‌گیرد (رفتار مادرانه در موش). پس از بررسی اساس رفتار یعنی ژن و یادگیری، موضوع برهم‌کنش غریزه و یادگیری بیان شده است که هدف آن سازگار شدن جانور با تغییرات محیط است. با طرح این موضوع مطالب این گفتار به گفتار دوم که موضوع آن بررسی برخی رفتارهای جانوران از دیدگاه انتخاب طبیعی است، پیوند می‌خورد. در گفتار سوم نیز ارتباط در جانداران، زندگی گروهی و رفتارهای مرتبط با آن با دیدگاه انتخاب طبیعی بررسی می‌شود.

**چرا فصل رفتارشناسی فقط به رفتار جانوران می‌پردازد؟ پاسخ به محرک از ویژگی‌های جانداران است.** برای مثال آغازی تک‌سلولی مانند اوگلنا نسبت به نور واکنش مثبت دارد و به سمت منبع نوری که دارای شدت مناسب است، شنا می‌کند. گیاهان به سمت نور گرایش دارند و علاوه بر آن به محرک‌های دیگر محیطی مثل جاذبه و لمس نیز واکنش نشان می‌دهند. این محرک‌ها بر رشد و نمو آنها تأثیر می‌گذارند. وقتی دانش‌آموز تعریف رفتار را می‌آموزد ممکن است بپرسد، چرا در فصل رفتارشناسی فقط به رفتار جانوران پرداخته شده است؟ پاسخ آن است که علم رفتارشناسی اساساً رفتار جانوران را بررسی می‌کند. زیرا مثلاً در حال حاضر می‌توان یادگیری را در جانوران مورد بررسی و آزمایش قرار داد ولی دربارهٔ گیاهان و یا آغازیان پژوهش‌های قابل طرح در کتاب درسی انجام نشده است.

## فعالیت‌های فصل

فعالیت‌های طراحی شده در فصل نقش‌های متعددی دارند. برخی فعالیت‌ها برای تمرین، عمق بخشیدن و تثبیت یادگیری مطالب درس طراحی شده‌اند، مانند فعالیت ۱؛ علاوه بر آن برخی فعالیت‌ها برای گسترش مفاهیم و کاربرد آنها در محیط پیرامون دانش‌آموز و برخی برای تمرین مراحل روش پژوهش علمی مانند فعالیت ۴ طراحی شده‌اند که در آن دانش‌آموزان فرضیه‌سازی را تمرین می‌کنند.

■ مطالب درس همراه با پرسش‌هایی در متن آن ارائه شده‌اند، دبیران می‌توانند از این پرسش‌ها و نظایر آنها که خود طراحی می‌کنند، برای فعال کردن بیشتر ذهن دانش‌آموزان هنگام آموزش درس استفاده کنند.

■ هنگام بیان تعریف رفتار، بهتر است از محرک‌هایی که به رفتارهای گوناگون جانوران مربوط‌اند مانند محرک بو که به رفتارهای تولیدمثلی مثل جلب جفت مربوط است و یا تغییر طول روز که با مهاجرت ارتباط دارد، مثال‌هایی را برای دانش‌آموزان بیان کنید.

■ در معرفی انواع یادگیری سعی شده نمونه‌هایی از این یادگیری‌ها در محیط طبیعی هم آورده شود. می‌توانید از دانش‌آموزان بخواهید نمونه‌هایی را که در محیط خود مشاهده کرده‌اند، بیان کنند.

■ برای تقویت علاقهٔ دانش‌آموزان به فعالیت علمی و آشنایی آنها با تاریخ علم و رفتارشناسی و پژوهشگرانی که در زمینهٔ رفتارشناسی فعالیت کرده و در شکل‌گیری این شاخه علمی سهیم بوده‌اند، مطالبی

در قالب «بیشتر بدانید» ارائه شده است. لازم است دبیران ضمن آموزش مطالب فصل، توجه دانش‌آموزان را به آن بخش‌ها جلب کنند و در صورت امکان درباره آنها در کلاس گفت‌وگویی ترتیب دهند.

### تکالیف عملکردی

نمونه‌هایی از تکالیف عملکردی برای هریک از گفتارهای فصل ارائه می‌شود :

#### گفتار ۱

■ با ارائه مثال‌هایی از رفتارهای جانوران، یادگیری براساس شرطی شدن کلاسیک و شرطی شدن فعال را با هم مقایسه کند.

■ ویژگی‌های خوگیری و شرطی شدن فعال را با هم مقایسه کند.

#### گفتار ۲

■ هزینه‌ها و فایده‌ها را در رفتار قلمروطلبی یک پرندۀ آوازخوان مقایسه کند.

■ با بیان یک مثال نقش یک صفت ثانویه جنسی را در انتخاب جفت جانوران توضیح دهد.

#### گفتار ۳

■ رفتار دگرخواهی را در زنبور عسل کارگر و خفاش‌های خون‌آشام مقایسه کند.

■ مفاهیم آموخته شده در این گفتار را به صورت نقشه مفهومی ارائه دهد.

## دانستنی‌هایی برای معلم

در این بخش مفاهیمی از درس به طور گسترده‌تر ارائه شده‌اند. همچنین پرسش‌های احتمالی که ممکن است برای دانش‌آموزان به وجود بیاید نیز طرح و پاسخ داده شده‌اند. برخی بدفهمی‌های احتمالی نیز توضیح داده شده‌اند.

**تاریخچه علم رفتارشناسی :** آدمی از دیرباز با جانوران ارتباط داشته است. او جانوران را شکار یا اهلی کرده است. در هنر و ادبیات کشور ما آثار پرشماری وجود دارد که جانوران به شکلی در آنها نقش دارند. امروزه علاقه‌مندی به دانستن درباره جانوران و رفتار آنها افزایش چشمگیری یافته است. فیلم‌های مستندی که درباره جانوران به‌ویژه جانوران ایران از تلویزیون پخش می‌شود، این موضوع را تأیید می‌کند. علم مطالعه رفتار جانوران در زیست‌شناسی تاریخچه طولانی ندارد. داروین از نخستین کسانی بود که نشان داد چگونه برخی از الگوهای رفتاری در جانوران در اثر فرایند انتخاب طبیعی به نفع جانور عمل می‌کنند. الگوهای رفتاری هم مانند ساختارهای بدنی در طی انتخاب طبیعی، انتخاب می‌شوند. مطالعه‌های

اولیه درباره رفتار جانوران در روان‌شناسی انجام شده است. روان‌شناسی مقایسه‌ای در پی یافتن قوانین عمومی رفتار و تعمیم آنها به گونه‌های مختلف جانوران از جمله انسان بود. پژوهش‌های نخستین بر استنباط تکیه داشتند و بعدها آزمون‌های عملی و تکرارپذیر درباره رفتارهای گونه‌های محدودی از جانوران انجام شد. این روش به این علت که فاقد دیدگاه تکاملی بود، مورد انتقاد قرار گرفت. پس از آن پژوهشگران به پژوهش‌های مقایسه‌ای دقیق‌تر و حتی پژوهش درباره رفتار جانوران در محیط طبیعی روی آوردند. رفتارشناسان اولیه با تحلیل گام به گام رفتار جانوران در طبیعت به این نتیجه رسیدند که رفتارها همواره براساس الگوی معینی ظاهر می‌شوند و قابل پیش‌بینی‌اند.

اتولوژی (Ethology) یا رفتارشناسی هدف، توصیف رفتار یک جانور در زیستگاه طبیعی خود است. مبنای علم رفتارشناسی این بود که ویژگی‌های رفتاری جانوران قابل جداسازی و اندازه‌گیری‌اند و تاریخچه‌ای تکاملی دارند. سوسیوبیولوژی نیز علمی است که به مطالعه رفتارهای اجتماعی جانوران می‌پردازد. بیشتر پژوهش‌های این سه گروه پژوهشگران را می‌توان در رشته اکولوژی رفتاری جای داد. در اکولوژی رفتاری تأکید بر این است که افراد چگونه عمل کنند تا حداکثر بازدهی از فعالیت آنان حاصل شود.

**رفتارهای ذاتی یا غریزی:** رفتاری غریزی، توانایی جانور برای انجام یک رفتار در نخستین برخورد با محرک برانگیزاننده آن است. رفتارهای غریزی رفتارهایی‌اند که لازم نیست جانور آنها را یاد بگیرد یا تمرین کند. برای مثال بزاق سگ در نخستین برخورد با غذا ترشح می‌شود. رفتارهای ذاتی معمولاً به عملکردهای اساسی در زندگی جاندار مانند غذا‌یابی و نگهداری از فرزندان مربوط‌اند. لانه‌سازی پرندگان و تنیدن تار عنکبوت نمونه‌هایی از رفتارهای غریزی هستند که اگر به درستی انجام نشوند، بقا و احتمال تولیدمثل این جانوران به خطر می‌افتد. بازتاب‌ها در انسان نیز رفتارهایی ذاتی‌اند که در پاسخ به محرکی مشخص روی می‌دهند. برای مثال نوزاد انسان، جسمی مانند انگشت مادر را که در کف دست او قرار می‌گیرد محکم نگه می‌دارد. از آنجا که این واکنش ذاتی است، نوزاد بر آن کنترلی ندارد. رفتارهای ذاتی برای جانورانی که هرگز والدین خود را نمی‌شناسند، اهمیت و ارزش بیشتری دارد. این جانوران بلافاصله پس از خروج از تخم و ورود به محیط بیرون به ناچار رفتارهایی ویژه و درست از خود بروز می‌دهند. در جانورانی با ساختار بدنی پیچیده‌تر و طول عمر بیشتر که تحت مراقبت والدین نیز قرار می‌گیرند و موقعیت‌هایی برای بروز برخوردهای متقابل اجتماعی دارند، رفتارهایی بروز می‌کند که با یادگیری بهبود می‌یابند. بیشتر رفتارهای انسان آموختنی هستند و از تجربه تأثیر می‌پذیرند.

**رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی:** جوجه کاکایی برای دریافت غذا به منقار پرنده والد نوک می‌زند. سپس جوجه، نوک والد را می‌گیرد و آن را پایین می‌آورد. نوک زدن محرکی برای والد است و والد در پاسخ، بخشی از غذای خورده شده را که در چینه‌دان به طور موقت ذخیره شده است، برمی‌گرداند تا جوجه آن را بخورد. والد باقی‌مانده غذا را دوباره فرو می‌بلعد.



**برهم کنش والدین و فرزندان:** برهم کنش والدین و فرزندان برای ایجاد رفتار اجتماعی در فرزندان ضروری است. هری هارلو روان‌شناس دو مادر مصنوعی را که از قابی سیمی ساخته شده بودند در اختیار نوزاد میمون بی‌مادر قرار داد. یکی از مادرها روکشی پارچه‌ای داشت و دیگری بی‌روکش بود. نوزاد مادر پارچه‌ای را انتخاب کرد و بیشتر در کنار آن بود، حتی وقتی بودن با مادر بی‌روکش به دریافت غذا منجر می‌شد. این آزمایش نشان می‌دهد تماس لمسی بیش از غذا بر پیوند اجتماعی اثر دارد.

شکل ۱- نوزاد میمون مادر مصنوعی روکش دار را انتخاب می‌کند.

اگر نوزاد میمون از تماس اجتماعی طبیعی محروم شود، به‌طور طبیعی رشد نخواهد کرد. بررسی نوزادان انسان محروم از مادر نیز لزوم وجود مادری ثابت را برای رشد و تحول روانی طبیعی در نوزاد نشان می‌دهد. پژوهش‌های اخیر نیاز زیستی‌زاده‌ها به تحریک‌هایی را که در آغاز زندگی و در برهم کنش با والدین رخ می‌دهد نشان می‌دهند. موش‌های مادر پس از تولد، نوزادشان را می‌لیسند. این تحریک، آزادسازی پپتیدی را در مغز نوزاد مهار می‌کند که می‌تواند از رشد طبیعی آن جلوگیری کند. نوزادهایی که تحریک لمسی طبیعی دریافت می‌کنند در مغز خود، گیرنده‌های بیشتری برای هورمون‌های گلوکوکورتیکوئیدی مانند کورتیزول دارند و بنابراین تحمل بیشتری برای استرس دارند و طول عمر یاخته‌های مغز آنها نیز بیشتر است. در انسان وزن نوزادان نارس که ماساژ داده می‌شوند، به سرعت افزایش پیدا می‌کند. این بررسی‌ها نشان می‌دهند اساس نیاز به برهم کنش اجتماعی طبیعی در مغز قرار دارد و تماس لمسی و انواع دیگر ارتباط بین والدین و فرزندان برای رشد بدنی و رفتاری طبیعی فرزندان اهمیت دارند.

**ژن و رفتار:** ژن‌ها همان‌طور که برساخت‌وساز و ویژگی‌های ساختاری جانور اثر دارند بر رفتار آن نیز تأثیر دارند. مثلاً برخی پرنده‌های دانه‌خوار دانه‌های کوچک و برخی دیگر دانه‌های بزرگ‌تر را می‌خورند. ژن‌ها ساختار منقار این پرنده‌ها را متناسب با نوع خاصی از دانه‌ها تعیین کرده‌اند. انتظار می‌رود ژن‌ها که ایجاد و رشد سازوکار هورمونی و عصبی را تنظیم می‌کنند بر رفتار جانور نیز تأثیر بگذارند. نخستین پژوهش‌ها نشان دادند تفاوت‌های رفتاری افراد، حاصل تفاوت‌های ژنتیکی آنهاست. از جمله

این پژوهش‌ها بررسی رفتار لانه‌سازی جانوران دو رگه بود. برای بررسی اساس ژنتیکی رفتار لانه‌سازی جانوران دو رگه، دو گونه مرغ عشق انتخاب شدند. مرغ عشق‌ها طوطی‌های کوچک سبز و صورتی آفریقایی هستند که در حفره‌های تنه درختان لانه می‌سازند. چند گونه نزدیک و خویشاوند از جنس *Agapornis* به روش‌های متفاوت لانه می‌سازند. مرغ عشق‌ها برگ‌های بزرگ درختان را با منقار خود به شکل نوارهای باریک می‌برند و آنها را به شکل کاسه به هم می‌بافند. یکی از این گونه‌ها، نوارها را با نوک و دیگری با قراردادن آنها در میان پرهای نزدیک دم (کفل خود) خود به محل لانه‌سازی حمل می‌کند. نوارهایی که دو گونه پرند می‌برند، طول یکسانی ندارند. دو رگه‌های حاصل از آمیزش این دو گونه، نوارهای کاغذ (که به جای برگ درخت در اختیارشان قرار دادند) به اندازه‌ای میان اندازه‌های نوارهای والدین می‌پریدند؛ آنها نوارها را به درستی در میان پرهایشان قرار نمی‌دادند و هنگام راه رفتن و پرواز، نوارها بیرون می‌آمدند. تقریباً پس از سه سال دو رگه‌ها یاد گرفتند نوارها را با منقار خود حمل کنند. البته آنها همچنان قبل از پرواز سر خود را به طرف دُشمن می‌چرخاندند. این آزمایش‌ها نشان دادند لانه‌سازی این مرغ عشق‌های دو رگه، حالت میانه رفتار والدین آنهاست، بنابراین این رفتار ممکن است اساسی ژنی داشته باشد.

**رفتار مادرانه در موش و نقش ژن FosB:** پژوهش با استفاده از دانش زیست‌شناسی مولکولی امکان تشخیص ژن یا ژن‌های مربوط به رفتار ویژه‌ای را فراهم کرد. ژن FosB یکی از اعضای خانواده عوامل رونویسی Fos است. این ژن پروتئینی را رمزگذاری می‌کند که به عنوان تنظیم‌کننده تکثیر، تمایز و تغییر شکل سلول‌ها عمل می‌کند. بیان ژن‌های خانواده عوامل رونویسی FosB با محرک‌های محیطی القا می‌شوند تا پاسخ‌های عصبی سازگارانه نورونی را برانگیزند. در موش با ایجاد جهش غیرفعال‌کننده در ژن FosB، شواهدی به دست آمده است که اعضای خانواده FosB، واسطه این پاسخ‌ها هستند. موش‌هایی که ژن FosB آنها جهش یافته‌اند، به طور آشکاری در توانایی پرورش فرزندان نقص دارند ولی از نظر عملکردهای حسی و شناختی طبیعی هستند. این نقص احتمالاً ناشی از نبودن FosB در ناحیه پری‌اپتیک هیپوتالاموس است که در پرورش فرزندان نقش حیاتی دارد. این مشاهدات مطرح می‌کنند که یک فاکتور رونویسی، یک رفتار پیچیده را با اثر بر یک مدار نورونی ویژه کنترل می‌کند. همچنین این شواهد نشان می‌دهند پرورش نوزادان در پستانداران یک جزء ژنی دارد. به نظر می‌رسد عدم توجه موش‌های مادر در اثر زنجیره‌ای از واکنش‌ها رخ می‌دهد. وقتی موش‌های مادر در ابتدا نوزادان را واری می‌کنند، اطلاعاتی از حواس بویایی، شنوایی و لامسه به هیپوتالاموس آنها ارسال می‌شود؛ جایی که ال‌های FosB فعال‌اند. این ال‌ها دستور ساخت پروتئینی را می‌دهند که آنزیم‌ها و ژن‌های دیگری را فعال می‌کند که بر یاخته‌های عصبی (نورون‌های) هیپوتالاموس اثر می‌گذارند. در نتیجه این فرایندها، موش‌های ماده رفتار مراقبت مادری نشان می‌دهند. اگر ال‌های FosB فعال نباشند، این فرایندها متوقف می‌شود و رفتار مادرانه انجام نمی‌شود. در



این حالت موش مادر نوزادان را وارسی می‌کند، ولی بعد آنها را نادیده می‌گیرد و رفتار محافظت‌کننده و مادرانه را نشان نمی‌دهد.

بررسی برهم‌کنش زن‌ها و محیط: برهم‌کنش زن‌ها و محیط را با مقایسه رفتار دوقلوهای یکسان انسان می‌توان مشاهده کرد. این دوقلوها، در محیط‌های یکسان پرورش یافته‌اند و با بلافاصله پس از تولد از هم جدا شده و در محیط‌های متفاوت بزرگ شده‌اند. این بررسی‌ها شباهت‌هایی را در ویژگی‌های شخصیتی دوقلوهایی که در محیط‌های کاملاً متفاوت رشد کرده‌اند، نشان می‌دهد. این شباهت‌ها نقش زن در رفتار، حتی رفتار انسان را نشان دادند؛ اگرچه اهمیت نسبی زن در برابر محیط هنوز موضوعی بحث‌برانگیز است. نقش‌پذیری: نقش‌پذیری ایجاد پاسخ رفتاری دیرپا در زاده‌های جانوران به فردی خاص یا حتی یک جسم است که در زمان کوتاهی پس از تولد آنها انجام می‌شود. در نقش‌پذیری، زاده‌های برخی جانوران هنگام رشد با برهم‌کنش با والدین خود با آنها پیوندهایی برقرار می‌کنند که برای بقای فرزندان لازم است و رفتارهای اجتماعی آنها را در آینده شکل می‌دهد. مثلاً نقش‌پذیری جوجه‌ها طی چند ساعت پس از خروج از تخم انجام می‌شود. جوجه‌ها از مادر خود هیچ شناخت ذاتی‌ای ندارند و نخستین فرد و یا حتی جسم نزدیک خود را که از آنها دور می‌شود دنبال می‌کنند. آزمایش با جوجه‌هایی که در انکوباتور پرورش یافتند نشان داد، آنها به انسان نقش‌پذیری پیدا می‌کنند و آن را دنبال می‌کنند و مادر زیستی خود را نمی‌شناسند. افزون بر محرک‌های دیداری، محرک‌های شنیداری نیز در نقش‌پذیری اثر دارند. مثلاً برخی جوجه‌اردک‌ها به سمت منبع صدا هم حرکت می‌کنند.

چرا نقش‌پذیری یادگیری است؟ در نقش‌پذیری رفتار ثابت در یک جانور جوان از طریق روبه‌رو کردن آن با یک محرک ایجاد می‌شود و جانور با چیزی در محیط، پیوند تشکیل می‌دهد. نقش‌پذیری را یک فرایند یادگیری خاص می‌دانند که به کمک آن جوجه‌های پرندگان پریکوشال، با چهرهٔ مادری (mother figure) پیوند برقرار می‌سازند. جوجه‌های پرندگان پریکوشال (Precocial) مانند شترمرغ، جوجه‌هایی‌اند که پس از شکافتن پوسته راه می‌روند و در لانه نمی‌مانند و آمادهٔ فعالیت به دنیا می‌آیند و مستقل‌اند. در مقابل پرندگان التریشال (altricial)، به معنی نوزاد ناقص یا زودرس)، پرندگانی مانند دارکوب و بیشتر پرندگان آوازخوان کوچک‌اند که جوجه‌های آنها برای زنده ماندن، نیاز به مراقبت‌های فراوان والدین دارند.

وجود زمان حساس و برگشت‌ناپذیری، نقش‌پذیری را خاص می‌کند. در نقش‌پذیری، مغز جانور با تجربهٔ یادگیری تطابق پیدا می‌کند. انتخاب طبیعی نیز به نفع تکامل مغز جانوری است که نقش‌پذیر شده است و مادر خود را دنبال و دستورهای او را اجرا می‌کند، زیرا این رفتار به بقای فرد کمک می‌کند.

آیا نقش‌پذیری در انسان نیز انجام می‌شود؟ تشکیل نخستین پیوندهای اجتماعی در انسان با نقش‌پذیری شباهت‌هایی دارد. تشکیل نخستین پیوند نوزاد با مادر برای توانایی تشکیل دوستی‌های ماندگار و ارتباط‌های

عاطفی بعدی در زندگی اهمیت دارد. نوزادانی که مجبور بوده‌اند این ارتباط را با افراد مختلف ایجاد کنند و نه یک فرد واحد، از آسیب‌های عاطفی ناشی از کاهش توانایی در تشکیل پیوند با افراد دیگر رنج می‌برند. در برخی کشورها برای پیشگیری از این آسیب‌ها، والدین کودکان و نوزادانی که زمانی طولانی در بیمارستان بستری هستند، اجازه دارند مدت بیشتری را با آنها سپری کنند.

**خوگیری:** خوگیری برخلاف انواع دیگر یادگیری‌ها با کسب پاسخ جدید همراه نیست و موجب حذف پاسخ قبلی می‌شود. خوگیری فرایند مهمی است که رفتار جانور را با محیط آن منطبق می‌کند، زیرا واکنش در مقابل محرک‌هایی که پیامد نداشته باشند، به سازشی منجر می‌شود که در شکل‌گیری رفتار جانوران جوان اهمیت زیادی دارد.

**تفاوت خوگیری و سازش حسی:** فرایند خوگیری (Habituation) ممکن است با سازش حسی اشتباه گرفته شود. سازش حسی (Sensory Adaptation) معمولاً پدیدهٔ زودگذری است و اگر جانور تحریک نشود، واکنش برمی‌گردد. استفاده از خوگیری دربارهٔ حس نکردن لباس روی بدن درست نیست. خوگیری یک ویژگی دستگاه عصبی مرکزی است و نه اندام حسی. در خوگیری، گیرنده‌های حسی به تحریک پاسخ می‌دهند اما مراکز پایین تر از مغز، پیام‌ها را از گیرنده‌ها به قشر مغز منتقل نمی‌کنند. در سازش حسی، سلول‌های گیرنده خودشان به تحریک مداوم پاسخ نمی‌دهند و پیام نمی‌فرستند.

### یادگیری ارتباطی

رفتار جانور به ظرفیتی برای تشخیص محرک نیاز دارد. محرک نوعی از اطلاعات دربارهٔ محیط است که یک گیرندهٔ حسی در بدن جانور آن را تشخیص و جانور به آن پاسخ می‌دهد. ساختار دستگاه عصبی جانور انواع محرک‌هایی را که آن می‌تواند تشخیص دهد و نوع پاسخ را تعیین می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند جانوران می‌توانند یاد بگیرند بین دو محرک (ویژگی) محیطی ویژه ارتباط برقرار کنند. مثلاً کبوترها می‌توانند صدا را با خطر و با رنگ را با غذا مرتبط کنند. اما آنها نمی‌توانند صدا را با رنگ مرتبط کنند. این مشاهده‌ها چه معنایی دارند؟ به نظر می‌رسد رشد و نمو سازمان دستگاه عصبی کبوتر، شکل‌گیری ارتباط بین محرک‌های محیطی را محدود می‌کند. این محدودیت خاص پرنده‌ها نیست. موش صحرایی نیز می‌تواند غذاهایی را که موجب بیماری می‌شوند از بوی آنها تشخیص دهد و از خوردن آنها اجتناب کند. اما این جانور نمی‌تواند با دیدن غذا، بیماری‌زا بودن آن را تشخیص دهد.

برای یادگیری اغلب لازم است بین تجربیات جانور ارتباط ایجاد شود. برای مثال زاغ کبود فعالیت ۲ صفحهٔ ۱۱۲ کتاب درسی، پروانهٔ موناکی را بلعیده است که رنگ درخشانی دارد. پروانهٔ موناک از گیاه استبرق (Milk weed) تغذیه می‌کند و مواد آن در بدن پروانه تجمع می‌یابند. این مواد بلافاصله پس از فرو دادن پروانه موجب تهوع زاغ کبود می‌شوند. پس از چنین تجربه‌هایی، زاغ کبود از شکار پروانهٔ موناک و

پروانه شبیه به آن خودداری می‌کند. توانایی ایجاد ارتباط بین یک ویژگی (مانند رنگ) با ویژگی دیگر (مانند مزه نامطلوب) یادگیری ارتباطی نام دارد. یادگیری ارتباطی شامل شرطی شدن کلاسیک و شرطی شدن فعال است.

**شرطی‌سازی کلاسیک:** شرطی‌سازی کلاسیک بازتاب‌ها و تأثیر تجارب یادگیری بر آنها را توضیح می‌دهد. بازتاب، رابطه بین یک پاسخ ماهیچه‌ای یا غده‌ای و محرکی است که از طریق تأثیرگذاری بر یکی از اندام‌های حسی آن پاسخ را تولید می‌کند. مانند تنگ شدن مردمک چشم در برابر نور، ترشح بزاق دهان در نتیجه قرار گرفتن غذا در دهان و عطسه در اثر وارد شدن ذرات گردوغبار به داخل بینی. در این مثال‌ها نور، غذا و گردوغبار محرک و تنگ شدن مردمک چشم، ترشح بزاق دهان و عطسه کردن پاسخ به این محرک‌هاست. رفتارهای بازتابی را رفتارهای پاسخگر می‌نامند، زیرا جاندار از طریق رفتار بازتابی به محرک‌های مشخص پاسخ می‌دهد و بی‌آنها رفتار پاسخگر ظاهر نمی‌شود. همه افراد یک گونه هنگام تولد، بازتاب‌ها را به‌طور یکسان به ارث می‌برند. اما تجارب یادگیری بر بازتاب‌ها تأثیر می‌گذارند. این رفتارها معمولاً غیر ارادی و با عواطف گوناگون مانند ترس، خشم، لذت و درد همراه‌اند. بازتاب‌ها برای جانوران ارزش حیاتی دارند. ترشح بزاق پس از قرار گرفتن غذا در دهان، جویدن و بلع و گوارش آن را آسان می‌کند و عطسه بینی را از گردوغبار پاک می‌کند. پاولف در پژوهش‌های خود درباره بازتاب‌ها، فرایند جانشین‌سازی محرک را کشف کرد. در این فرایند محرکی که ابتدا در ایجاد یک پاسخ بازتابی بی‌اثر است، در نتیجه همراه شدن با محرک اصلی بر انگیزه آن پاسخ، خاصیت محرک اصلی را کسب می‌کند. پاولف با انجام جراحی در گلو و غده بزاقی دهان سگ و متصل کردن لوله به آن غده، میزان ترشح بزاق جانور را در شرایط گوناگون آزمایشگاهی اندازه‌گیری کرد. پاولف از صدای زنگ که در ایجاد پاسخ ترشح بزاق بی‌اثر است، قبل از دادن غذا به جانور استفاده کرد. پاسخ جانور به صدای زنگ در ابتدا کنجکاوانه است اما بزاق ترشح نمی‌شود. در شرطی شدن کلاسیک یادگیری با جانشین شدن محرک بی‌اثر به جای محرک برانگیزنده پاسخ، انجام می‌شود. به این ترتیب رفتار بالقوه جانور تغییر می‌کند و جانور عملکرد آموخته شده را بروز می‌دهد. مثلاً وقتی جانوری برای نخستین بار و به‌طور اتفاقی با یک جانور مهاجم برخورد و با آن مبارزه می‌کند، واکنش‌های هیجانی نیرومندی در آن بروز می‌کند که در نتیجه آنها جانور با بیشترین توان خود با جانور مهاجم مقابله می‌کند تا جان سالم به در برد. این جانور پاسخ‌های بدنی همراه ترس را نیز تجربه می‌کند. پاسخ‌های جانور با محرک دیداری جانور مهاجم شرطی می‌شوند. وقتی جانور دوباره با جانور مهاجم برخورد می‌کند، مهاجم یک محرک شرطی است که پاسخ‌های ترس و هیجان را در آن ایجاد می‌کند. این پاسخ‌ها جانور را برای مقابله مؤثر با جانور مهاجم و یا فرار آماده می‌کنند و آن را از خطر نابودی می‌رهانند.

شرطی سازی کلاسیک (بازتاب شرطی) در طبیعت : به ندرت می توان بازتاب شرطی را در طبیعت با درجه خلوص نوع آزمایشگاهی آن یافت. زنبورها رنگ گل را فقط با پاداش شهد آن تداعی نمی کنند، بلکه آنها موقعیت گل ها را در ارتباط با کندوی خود و زمان حداکثر ترشح شهد نیز می آموزند. آزمایش های پاولف در محیطی بسیار کنترل شده، نشان دادند سگ ها در قبال یک محرک خاص، بیش از یک واکنش آموخته اند. سگ گرسنه ای که با کار پاولف آشنا بود، قبل از خود او وارد اتاق می شد و روی سکوی آزمایش می پرید و همه علامت های مورد انتظار را نشان می داد.

فرایند شرطی سازی کلاسیک بیشتر به تبیین بازتاب های ساده اثری می پردازد، اما در اداره امور مربوط به رفتار انسان و توضیح پدیده های روانی او، نقش اساسی دارد. از آنجا که بازتاب ها بیشتر جنبه غیرارادی و هیجانی دارند، بسیاری از واکنش های ترس و اضطراب انسان که پایه بسیاری از مشکلات روانی اند، از این فرایند سرچشمه می گیرند. مثلاً پس از یک حادثه ناگوار رانندگی، حتی با یادآوری آن حالت، ترس و اضطراب هنگام حادثه، به فرد دست می دهد. فروشندگان کالاها نیز با تزئین کالاهای خود با محرک های جالب و یا فروشندگان زیبا و سالم از شرطی سازی برای افزایش فروش خود بهره می برند.

شرطی شدن فعال : شرطی شدن فعال، فرایند شرطی سازی رفتارهای غیربازتابی یا رفتار کنشگر را توضیح می دهد. رفتار فعال یا کنشگر، رفتاری است که از جانور سر می زند و جانور از طریق آن بر محیط اثر می گذارد تا نتایج یا پیامدهایی را ایجاد کند. رفتار کنشگر رفتاری خودانگیخته است که هیچ محرک پیشایند معینی را به عنوان محرک مولد آن نمی توان مشخص کرد، مانند سخن گفتن، راه رفتن. این رفتارها برخلاف رفتار پاسخگو در شرطی سازی کلاسیک، به وسیله محرک ها فراخوانده نمی شود، بلکه رفتاری است که از جاندار صادر می شود. موشی که در جعبه اسکینر قرار می گیرد، رفتارهای کنشگر زیادی انجام می دهد، مثلاً جانور روی پاهایش بلند می شود، جاهای مختلف درون جعبه را بو می کشد، سعی می کند از دیوارهای آن بالا برود. همه این رفتارها خودانگیخته و غیر بازتابی اند و ضمن انجام آنها جانور به طور تصادفی اهرم درون قفس را فشار می دهد و از آزمایشگر غذا دریافت می کند. پس از چند بار دریافت غذا، دفعات فشار دادن اهرم، افزایش قابل توجهی می یابد. بنابراین در شرطی سازی کنشگر بعد از رفتار، محرک یا رویدادی ارائه می شود که احتمال رفتار مورد نظر را افزایش می دهد. این فرایند تقویت نام دارد و محرک ارائه شده محرک تقویت کننده است. دریافت محرک تقویت کننده به انجام رفتار وابسته است و سبب شرطی شدن رفتار می شود. با شرطی شدن، رفتار نیرومند می شود یعنی از نظر فراوانی تعداد دفعات وقوع، مقدار و احتمال وقوع افزایش پیدا می کند. نیرومند شدن رفتار ایجاد تغییر در رفتار بالقوه ای است که در اثر تجربه حاصل می شود. محرک تقویت کننده ممکن است به تقویت مثبت و یا منفی منجر شود. تقویت کننده مثبت محرکی است که فرد می کوشد تا از طریق انجام رفتار کنشگر آن را به دست آورد و تقویت کننده منفی یا

محرك آزارنده، محرکی است که فرد با انجام رفتاری کنشگر از آن پرهیز یا تماس خود را با آن قطع می کند. در آزمایش دیگری وقتی موش اهرم را فشار می داد، جریان الکتریکی که به کف فلزی جعبه متصل بود، قطع می شد. در این حالت موش با تقویت منفی آموخت که برای قطع جریان الکتریکی باید اهرم را فشار دهد. حال اگر در این آزمایش شرایط طوری باشد که وقتی موش اهرم را فشار می دهد، به آن شوک وارد شود، به تدریج احتمال فشار اهرم از سوی موش کاهش می یابد. در این حالت موش تنبیه شده است. تفاوت تنبیه و تقویت منفی در این است که هدف تنبیه کاهش احتمال رفتار پس از دریافت محرك آزارنده است ولی هدف تقویت منفی افزایش احتمال رفتار سپس حذف محرك آزارنده است.

**شناخت و حل مسئله در جانوران :** در کشور ژاپن، گروهی از پژوهشگران رفتار نوعی از میمون ها به نام مکاک را مشاهده می کردند. پژوهشگران مقداری سیب زمینی شیرین و گندم در اختیار میمون ها قرار دادند. پژوهشگران مشاهده کردند یکی از میمون های جوان برای برطرف کردن ماسه از روی سیب زمینی ها، آنها را در آب می شوید. سپس هم بازی های این میمون این رفتار را تقلید کردند و پس از مدتی این رفتار در بین این میمون ها به جز میمون های پیر که توان یادگیری نداشتند، رواج یافت. چند سال بعد پژوهشگران مشاهده کردند همان میمون جوان، گندم ها را در دست می گیرد و دست خود را در آب فرو می برد تا ماسه ها پایین بروند و او بتواند گندم های شناور در آب را جمع آوری کند؛ پس از مدتی این کار هم در بین میمون ها رواج یافت. رفتار جالب توجه شامپانزه ها که شناخت و تفکر آنها را نشان می دهد، این است که هنگام آلوده شدن به انگلی خاص، برگ های گیاهان دارویی را می خورند.

رفتار حل مسئله ویژه نخستین ها نیست و در جانوران دیگر نیز دیده می شود. سمور دریایی (sea otter) از تکه ای سنگ به عنوان سندان برای کوبیدن صدف و شکستن آن استفاده می کند. جانور، سنگ مناسب برای این کار را نیز مدت ها نگه می دارد (شکل زیر). رفتار حل مسئله در حشرات هم دیده شده است.



شکل ۲- سمور دریایی در حال شکستن صدف

**حل مسئله و بینش :** بینش حاصل درک موقعیت یادگیری به عنوان یک کل یکپارچه و از طریق روابط اجزای تشکیل دهنده مسئله مورد نظر در موقعیت یادگیری است. جانور در حل مسئله از طریق بینش، ناگهان به روابط بین اجزای مسئله پی می برد. درک این روابط وقتی صورت می گیرد که جانور از لحاظ ذهنی تغییر کرده یا مواد را از نو سازمان داده باشد. در مسیر کشف این روابط، جانور به جنبه های ضروری مسئله توجه و از جنبه های نامربوط چشم پوشی می کند. بینش مانند سایر انواع یادگیری به تجربه وابسته است. تجارب پیشین، یادگیری حل مسئله از راه بینش را آسان می کند اما برای اینکه مسئله ای حل شود، جانور باید از تجارب گذشته به روش درست استفاده کند. برای افزایش احتمال ایجاد بینش در یادگیرنده، باید در موقعیت یادگیری، همه جنبه های لازم مسئله و روابط میان اجزا برای یادگیرنده قابل مشاهده باشند. هنگام حل مسئله از راه بینش، رفتار کوشش و خطا نیز انجام می شود و یادگیرنده فعالیت های ناموفقی نیز انجام می دهد. کوشش های بعدی برای پاسخ متفاوت، با تغییر روش در پاسخ دادن دنبال می شود. این تغییر اغلب سریع و ناگهانی ایجاد می شود.

**نقش یادگیری و کسب تجربه در مهاجرت سارها :** سارها از مناطق تولیدمثلی به مناطق زمستان گذرانی مهاجرت می کنند. در یک بررسی سارهای مهاجر در نیمه مسیر مهاجرت در هلند به اسارت درآمدند و به سوئیس منتقل و در آنجا آزاد شدند. سارهای مسن تر مسیر درست مهاجرت را انتخاب و به محل زمستان گذرانی در بریتانیا پرواز کردند (پیکان های آبی رنگ در شکل زیر) ولی سارهای جوان بی تجربه مهاجرت، در همان جهت قبلی، به اسپانیا پرواز کردند (پیکان های قرمز رنگ). این بررسی نشان می دهد سارهای باتجربه می توانند ناوبری (Navigation) کنند و مسیر درست را تشخیص دهند، در حالی که سارهای جوان فقط می توانند جهت یابی (Orientation) کنند. جهت یابی مانند استفاده از قطب نما و ناوبری مانند استفاده از قطب نما به همراه نقشه است.



شکل ۳- بررسی مهاجرت سارهای جوان و مسن

**رفتار دگرخواهی و انتخاب خویشاوند :** در نظر داروین جانوران باید خودخواهانه رفتار و سعی کنند بیشترین زاده‌ها را داشته باشند، اما برخی جانوران برای زنده ماندن افراد دیگر گروهی که در آن زندگی می‌کنند، خود را قربانی می‌کنند. در این جانوران انتخاب طبیعی در سطح گروه عمل می‌کند نه طبق نظر داروین در سطح افراد. در سال ۱۹۶۴ همیلتون نظریه‌ای را مطرح کرد که براساس آن، فرد ممکن است رفتار دگرخواهانه‌ای را بروز دهد که نتیجه آن افزایش تعداد ال‌های ویژه‌ای در خزانه ژنی گروه باشد و نه افزایش تعداد زاده‌های خود. این ال‌ها در بین همه خویشاوندان و در نسل‌های آینده نیز وجود خواهند داشت. از آنجا که جانورانی که نسبت خویشاوندی نزدیکی دارند، در ژن‌های بیشتری شریک هستند، رفتار دگرخواهی هم در آنها بیشتر است. براساس نظریه همیلتون تعداد نسبی ال‌های یک فرد یا با فرایند تولیدمثلی خود فرد یا افراد خویشاوند به نسل‌های بعد منتقل می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهند جانوران می‌توانند خویشاوندان دور و نزدیک را از هم تشخیص دهند.

**انواع دگرخواهی :** نوعی از رفتار دگرخواهی به نام انتخاب خویشاوند در میان زنبورهای عسل وجود دارد. در این الگو خویشاوندان برای دگرخواهی انتخاب می‌شوند. می‌دانید در کندوی زنبورهای عسل فقط ملکه زادآوری انجام می‌دهد و کارگرها، زنبورهای ماده‌ای هستند که تخمدان‌های آنها فاقد عملکرد است و نمی‌توانند زادآوری کنند. زنبورهای نر هاپلوئید و زنبورهای ماده دیپلوئید هستند. براساس الگوی انتخاب خویشاوند، سهم ال‌های زنبورهای کارگر در نسل‌های بعد حتی بیشتر از وقتی است که خودشان تولیدمثل کنند. این پدیده چگونه رخ می‌دهد؟ اگر زنبورهای کارگر خودشان تولیدمثل کنند، فقط در نیمی از ال‌ها با زاده‌هایشان اشتراک دارند؛ زیرا نیم دیگر ال‌های زاده‌ها پدری‌اند. درحالی‌که این زنبورها با خواهرهای خود یعنی زاده‌های ماده ملکه ال‌های مشترک بیشتری دارند؛ زیرا با این فرض که فقط یک نر ملکه را بارور کرده باشد، هریک از زاده‌های ماده به‌طور متوسط نیمی از ال‌های ملکه و همه ال‌های پدری را دریافت کرده‌اند، بنابراین بر اساس الگوی انتخاب خویشاوند، زنبورهای کارگر با کمک کردن به ملکه و پرورش خواهرهایشان که برخی از آنها ملکه‌های آینده هم هستند، سهم بیشتری در ال‌های نسل بعد خواهند داشت. سهم بیشتر در ال‌های نسل بعد، مزیت رفتار انتخاب خویشاوند و علت برگزیده شدن این رفتار بر اثر انتخاب طبیعی است.

در دگرخواهی دوسویه جانوران با یکدیگر گروه همکاری تشکیل می‌دهند. این رفتار در خفاش‌های خون‌خوار دیده می‌شود. خفاش‌هایی که این رفتار دگرخواهی را انجام می‌دهند لزوماً خویشاوند نیستند. رفتار دگرخواهی دوسویه که در اثر انتخاب طبیعی برگزیده شده، به بقای این خفاش‌ها منجر می‌شود.





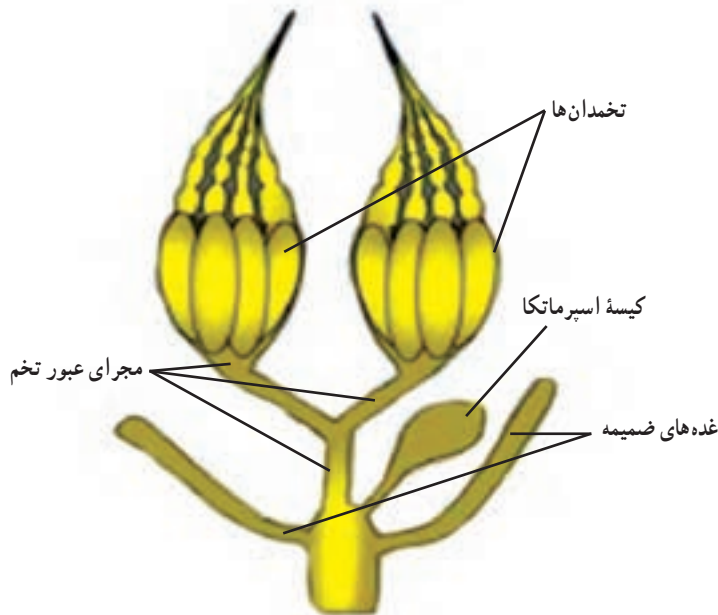
شکل ۴- رفتار دگرخواهی در خفاش خون آشام

اسپرماتوفور: در برخی از گونه‌های حشرات یاخته جنسی نر درون کیسه‌ای به نام اسپرماتوفور قرار دارد که هنگام جفت‌گیری به جانور ماده انتقال داده می‌شود. در طی تاریخ تکامل با روی آوردن حشرات از آب به خشکی، اسپرماتوفور کاربرد زیادی پیدا کرد. معمولاً اسپرم‌ها در اسپرماتاکای (کیسه‌ای ویژه برای ذخیره یاخته‌های جنسی نر) حشره ماده و به تعداد زیادی ذخیره می‌شوند که بیشتر از یک تخمک را بارور می‌کنند.



شکل ۵- الف) جیرجیرک مورمون ماده خم شده و مواد مغذی همراه کیسه دارای یاخته‌های جنسی نر (Sp) را می‌خورد. یاخته‌های جنسی نر درون اسپرماتوفور (A) و نزدیک اندام جنسی جانور قرار دارند.





شکل ۵-ب) دستگاه تولیدمثل حشره ماده

### فعالیت‌های پیشنهادی

برای بررسی یادگیری دانش‌آموزان از فعالیت‌های پیشنهادی زیر می‌توانید استفاده کنید.  
پرسش‌هایی با روش علمی درباره مهاجرت کبوتر خانگی :

- فرضیه پژوهشگران در آزمایش بررسی جهت‌یابی کبوتر خانگی چه بود؟
- آزمایش کنترلی پژوهشگران، در آزمایش بررسی جهت‌یابی کبوتر خانگی چه باید باشد؟
- پرسش درباره غذایابی بهینه در خرچنگ ساحلی :

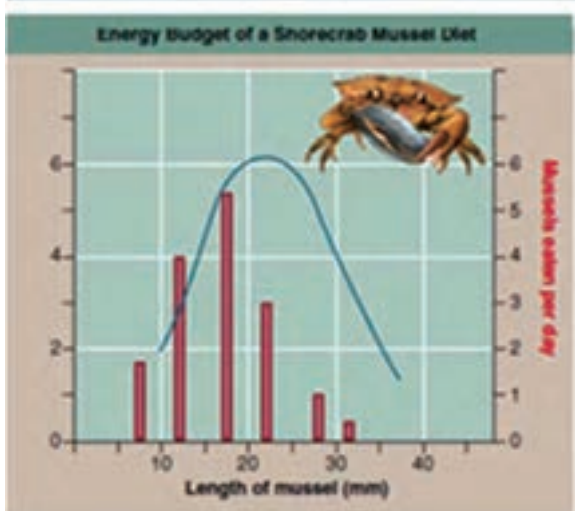
■ پژوهشگری رفتار غذایابی خرچنگ ساحلی را بررسی و نتایج را در نمودار صفحه بعد نشان داده است. منحنی آبی رنگ غذایابی بهینه پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد و نمودار ستونی قرمز رنگ مربوط به عملکرد واقعی خرچنگ است. با استفاده از نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱ در ازای بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین صدف‌هایی را که خرچنگ خورده است بنویسید.

۲ در ازای صدف‌هایی را بنویسید که خرچنگ آنها را بیشتر خورده است.

۳ در ازای بهینه صدفی که بیشترین انرژی را دارد، چند میلی‌متر است؟

۴ کدام عوامل موجب تفاوت قله نمودار غذایابی بهینه با آنچه در عمل رخ داده شده‌اند؟



تعداد صدف خورده شده در هر روز

درازای صدف (mm)

## پاسخ فعالیت‌های فصل ۸

### فعالیت ۱

الف) در شکل‌های ۱ تا ۳، ابتدا مترسک پرنده‌ها را می‌ترساند ولی پس از مدتی آنها متوجه می‌شوند، مترسک به آنها آسیبی نمی‌رساند. پرنده‌ها به آن خو می‌گیرند و دیگر مترسک کارایی ندارد.

ب) قوطی‌های فلزی با ورزش باد تکان می‌خورند و صدا ایجاد می‌کنند و موجب ترس پرنده‌ها می‌شوند. از آنجا که این محرک دائمی نیست، استفاده از مترسک را مؤثرتر می‌کند.

## فعالیت ۲

براساس یادگیری شرطی شدن فعال، احساس مزه نامطلوب که به تهوع پرنده منجر می‌شود، تنبیهی است که با تکرار آن، پرنده می‌آموزد از خوردن این پروانه‌ها اجتناب کند.

## فعالیت ۳

الف) حرکت مداوم آب موجب خوگیری جانور ولی تماس موجب پاسخ می‌شود.  
ب) رام‌کنندگان به جانوران می‌آموزند رفتار ویژه‌ای، به دریافت پاداش یا تنبیه منجر می‌شود.

## فعالیت ۴

الف) بیرون انداختن پوسته تخم برای حفاظت از شکارچی انجام می‌شود.  
ب) پژوهشگر با این کار تخم‌ها را به دو گروه آزمایشی و کنترلی تقسیم کرد.

## فعالیت ۵

با توجه به اینکه در آزمایشگاه عوامل محیطی تغییری نکرده‌اند، این رفتار جانور ژنی است.

## فعالیت ۶

هر پرنده تنها دو چشم برای یافتن غذا و آگاهی از بروز خطر دارد، اما با پیوستن به یک دسته از پرنده‌ها هر پرنده‌ای می‌تواند او را به سمت غذایی راهنمایی یا از وجود خطری آگاه کند.  
نمودار نشان می‌دهد با افزایش تعداد پرنده‌ها در گروه، موفقیت شکارچی برای شکار آنها کاهش پیدا می‌کند.

معلمان محترم و صاحب نظران گرامی می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از

طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴/۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار (Email)

talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دفترتالیف کتاب های درسی عمومی و متوسط نظری