



Molecular
Biology

Robert F. Weaver

زیست شناسی مولکولی ویور

جلد اول - ویراست پنجم 2012

مترجمین:

علیرضا امیری نودیجه، لیلا بدیعی، ملیحه داوری
شمیلا درویشعلیپورآستانه، محمد صابری انوار، محبوبه ضیائی، سمیرا قائد محمدی
سولماز منیری، وحیده هدایتی، محمدرضا علیوند، سید حسامالدین حجازی
(دانشجویان دکتری ژنتیک مولکولی پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری)

زیر نظر:

دکتر مصطفی مطلبی - دکتر زهرا سهیلا سهیلی

استادیار بیوشیمی

استاد ژنتیک مولکولی

(پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک)

مگزین شناسی

۱۳۹۲

درباره نویسنده



راب ویور در شهر توپکا در ایالت کانزاس متولد شد و در شهر آرلینگتون در ایالت ویرجینیا بزرگ شد. وی مدرک لیسانس خود را در سال ۱۹۶۴ در رشته‌ی شیمی از دانشگاه ووستر در شهر ووستر از ایالت آهایو اخذ نمود. مدرک دکترای بیوشیمی خود را نیز در سال ۱۹۶۹ از دانشگاه دوک دریافت کرد و سپس به مدت دو سال مشغول دوره‌ی پژوهشی فوق‌دکتری در دانشگاه کالیفرنیا در شهر سانتا رسیسکو بود که در آن‌جا او به همراه ویلیام جی راتر ساختار RNA پلیمرازهای یوکاریوتی را مورد مطالعه قرار داد.

او در سال ۱۹۷۱ به‌عنوان استادیار بیوشیمی به هیئت علمی دانشگاه کانزاس پیوست. سپس به درجه‌ی دانشیاری ارتقاء یافت و پس از آن در سال ۱۹۸۱ به درجه‌ی استاد تمامی نائل گشت. در سال ۱۹۸۴، او مدیر گروه بیوشیمی شد و در این مقام خدمت کرد تا این‌که در سال ۱۹۹۵ به سمت معاونت دانشکده‌ی علوم پایه دست یافت.

پروفسور ویور در حال حاضر رئیس بخش گروه‌های علوم و ریاضیات در این دانشکده می‌باشد. این دانشکده سرپرستی ده گروه و برنامه‌ی مختلف را به عهده دارد. او به‌عنوان استاد علوم زیستی مولکولی، دروسی در حوزه‌ی زیست‌شناسی مولکولی مقدماتی و زیست‌شناسی مولکولی سرطان را تدریس می‌کند. دانشجویان دوره‌ی کارشناسی و بالاتر در پژوهشی درباره‌ی زیست‌شناسی مولکولی باکولوویروسی که کرم صدپا را آلوده می‌کند در آزمایشگاه تحقیقاتی او شرکت داشته‌اند.

پروفسور ویور نویسنده‌ی مقالات علمی فراوانی است که همگی حاصل پژوهش‌هایی با حمایت مالی از سوی موسسه‌های علمی سلامت، بنیاد ملی علوم و انجمن سرطان آمریکا می‌باشند. او همچنین دو کتاب درسی در زمینه‌ی ژنتیک را به‌طور مشترک به رشته‌ی تحریر درآورده است و دو مقاله درباره‌ی زیست‌شناسی مولکولی را در مجله‌ی *National Geographic* به چاپ رسانده است. او به‌عنوان پژوهشگر انجمن سرطان آمریکا، مدت دو سال، یک سال در شهر زوریخ در کشور سوئیس و یک سال در شهر آکسفورد در کشور انگلیس، مشغول تحقیق در آزمایشگاه‌های اروپا بوده است.

WWW.KOPIR

مقدمه اساتید

در سال ۱۸۹۵ گرکور مندل^۱ قوانین وراثت را کشف کرد و زیست‌شناسی را به یک علم دقیق مبدل ساخت همچنان‌که قابل برابری و هم‌تراز علوم شیمی و فیزیک باشد. اگرچه جامعه‌ی علمی نتوانست به فوریت، اهمیت کشف او را درک کند تا این‌که در سال ۱۹۰۰، کورنر^۲، دوریز^۳ و ترمارک^۴ این کار را انجام دادند. در قرن بیستم بسیاری از دانشمندان سعی کردند تا از طبیعت توصیفی علوم به سمت آشکارسازی علت‌ها و ارتباطات عملکردی حرکت کنند. در هر حال، چهار قانون اصلی مندل در ژنتیک، تکاملی در زیست‌شناسی ایجاد کرد که به زیست‌شناسان نشان داد وقت آن است که مشاهدات خود را کمی کنند و ارتباطات علت و معلولی را جستجو نمایند.

قوانین ژنتیک مندلی با قوانین ترمودینامیک قابل مقایسه بودند و بنابراین بسیاری از فیزیک‌دانان را به تحقیقات زیست‌شناسی فراخواندند. مثلاً فیزیک‌دان آلمانی ماکس دلبروچ^۵ که نخستین تحقیقات خود را در فضاوردی و فیزیک کوآنتوم انجام داده بود، در اواخر سال ۱۹۳۶ به سمت مطالعه‌ی قوانین پایداری در توارث ارگانسیم‌های ساده‌ای مثل ویروس‌های باکتریایی، باکتریوفاژها، و میریان آن‌ها یعنی باکتری‌ها روی آورد.

این جالب است که دقت کیم در آن زمان هنوز شیمی و خصوصاً بیوشیمی برای مشارکت در این زمینه‌ی جدید آماده نبود؛ زمینه‌ای که بعداً زیست‌شناسی مولکولی خوانده شد. پس از آن قوانین ترمودینامیک ارائه شده، به خوبی جایگاه خود را در علم شیمی و بیوشیمی پیدا کردند. علم شیمی به طور کلی بر روی ساختن مولکول‌های جدید یعنی پلیمرهای زیستی متمرکز شد. بنابراین پلیمرهای زیستی شانس کوچکی پیدا کردند که به‌عنوان حاملین محافظه‌کار اطلاعات ژنتیکی شناخته شوند. درک نقش آنزیم‌ها این نظریه را حمایت کرد و شمار آنزیم‌های شناخته شده هر روز بیشتر شد. با این وجود مهم‌ترین سؤال که چگونه اطلاعات وراثتی در سلول ذخیره می‌شوند، پاسخ داده نشد و DNA به‌طور جدی مورد توجه قرار نگرفت. چطور یک هتروپلیمر با فقط چهار نوع مونومر مختلف می‌توانست ویژگی‌های بسیاری از ژن‌ها را توضیح دهد؟ در سال ۱۹۴۴ آوری^۶ نشان داد که نقش DNA در تغییرات ژنتیک باکتری چیست. ادامه‌ی کار بر عده‌ی متخصصین فیزیولوژی بود که اولین سرنخ‌ها را برای این سؤال مهم پیدا کنند.

اروین شرودینگر^۷ در کتاب "What is the life?" خود در سال ۱۹۴۳ یک کد ژنتیکی را که شبیه الفبای مرس^۸ بود، پیشنهاد کرد. ایده‌ی شرودینگر مورد توجه قرار نگرفت تا این‌که در سال‌های بعد زمانی که ضبط صوت‌های معمولی در دسترس عموم قرار گرفتند، پیشنهاد ایشان مورد توجه قرار گرفت (یک ترادف خطی از یک تعداد اندک از عناصر). آزمایشات چیس^۹ و هرشی^{۱۰} از این انتقال اطلاعات ژنتیکی به‌وسیله‌ی DNA، خیلی بیشتر حمایت کرد (۱۹۵۱) و سرانجام وقتی واتسون و کریک ساختمان DNA را آشکار ساختند، طبیعت حفظ و نگهداری اطلاعات به کرات در تئوری‌های مختلف بحث شد.

همان‌طور که ماکرومولکول‌های حیاتی (اسیدنوکلئیک‌ها و پروتئین‌ها) موضوع کشفیات شدند، زیست‌شناسی مولکولی و بیوشیمی موضوعات غالب علمی گشتند. اکنون دانشمندان بیوشیمی از صمیم قلب در وی زیست‌شناسی مولکولی ایستاده‌اند که مفهوم آن بیوشیمی مرتبط با DNA و بیان آن به پروتئین‌هاست (برگرفته از:

(The Evolution of Molecular Biology, EMBO Reports, Vol 5, No. 6, 2004).

- 1- Gregor mendel
- 2- Correns
- 3- Devries
- 4- Tschermak
- 5- Max Delbrück
- 6- Oswald Avery
- 7- Ervin Schrodinger
- 8- Morse code
- 9- Chase
- 10- Hershey

Robert F. Weaver استاد بازنشسته دپارتمان علوم زیستی مولکولی از دانشگاه کانزاس کتاب زیست‌شناسی مولکولی را به‌عنوان یک دوره‌ی مقدماتی در زیست‌شناسی مولکولی به رشته‌ی تحریر درآورد. رابرت ویور آموزش علوم را با تأکید بر استراتژی‌های آزمایشی و داده‌های حاصل از آن‌ها مؤثر می‌شمارد و نه اینکه صرفاً به نتایج آزمایشات توجه شود.

مترجمان در انتخاب کتاب زیست‌شناسی مولکولی، نحوه‌ی تفکر و نگرش بنیادی نویسنده به مفاهیم علمی را مورد تقدیر قرار داده و برای اشاعه‌ی این نوع نگرش در آموزش مفاهیم پایه‌ای، اقدام به ترجمه نمودند. مترجمان امید دارند دانش‌پژوهان جوان از ترجمه‌ی پیش‌رو، بهره‌برده و در مطالعه‌ی فرآیندها و تلاش‌های منجر به اکتشاف متحول‌کننده‌ی زیست‌شناسی مولکولی، توانایی و استعداد قابل ستایش آن‌ها شکوفاتر گردد.

با وجود تمامی سعی و دقت به‌کار رفته در مراحل مختلف، مطمئناً این کتاب بدون اشکال نمی‌باشد. لذا از همه‌ی خوانندگان محترم تقاضا داریم در جهت رفع اشکالات احتمالی ناخواسته و بهبود کیفیت این کتاب ما را از راهنمایی‌های ارزنده‌ی خود بهره‌مند نمایند.

دکتر مصطفی مطلبی

دکتر زهرا - سهیلا سهیلی

بهار ۱۳۹۲

ای رستخیز ناگهان وی رحمت بی منتها

خورشید را حاجب تویی امید را واجب تویی

ای آتشی افروخته در بیشه‌ی اندیشه‌ها

مطلب تویی، طالب تویی، هم منتها هم مبتدا

به نظر می‌رسد، با روند رو به رشد از درک ماهیت ژن‌ها به عنوان واحدهای اطلاعاتی مجزا بر روی ساختار DNA، توجه دانشمندان و محققان علوم زیستی در رشته‌های مختلف ژنتیک و بیوشیمی و ... به شناسایی ژن‌ها، مطالعه‌ی ساختار و عملکرد آن‌ها و همچنین کشف مکانیسم‌های دخیل در تنظیم و کنترل بیان ژن‌ها در سطح مولکولی معطوف گشته است؛ بدین ترتیب رشته‌ی کاربردی دیگری در حوزه‌ی زیست‌شناسی به نام زیست‌شناسی مولکولی ظهور کرد که هر روزه حجم قابل توجهی از اطلاعات و یافته‌های جدید مولکولی به آن اضافه می‌گردد به طوری که تاکنون کتاب‌های بسیاری در این حوزه در سراسر دنیا به رشته‌ی تحریر درآمده است.

به جرأت می‌توان گفت که کتاب "Molecular Biology" نوشته‌ی Robert F. Weaver از معدود کتب موجود در رشته‌ی زیست‌شناسی مولکولی است که با نگرشی کاملاً متفاوت و جدید به شرح و تفصیل مفاهیم علمی می‌پردازد. در این کتاب، پروفیسور ویور ضمن معرفی و تشریح مفاهیم زیست‌شناسی مولکولی، آزمایشات تجربی صورت گرفته در مسیر رسیدن به آن مفاهیم را نیز به طور کامل ارائه کرده است. بدین ترتیب، خواننده در جریان مطالعه‌ی هر مبحث این کتاب، در یک سیر تاریخی با محققان فعال در آن زمینه همراه شده و با درک آزمایشات تجربی انجام گرفته و نتایج حاصل از آن‌ها به کشف مفاهیم مولکولی موردنظر ناائل می‌گردد. از ویژگی‌های ممتاز دیگر این کتاب نسبت به کتاب‌های مشابه، این است که خواننده‌ی هوشمند، در کنار دریافت اطلاعات تخصصی دقیق و مستند، می‌تواند در جریان مسیر درست و مرحله به مرحله‌ی پژوهش نیز قرار گیرد. بی‌شک چنین رویکردی، هم در امر تدریس و هم در یادگیری مفاهیم علمی بسیار سودمند، کاربردی و در عین حال جذاب خواهد بود. به همین دلیل و نیز به منظور بهره‌مندی هر چه بیشتر از این کتاب ارزشمند بر آن شدیم که آن را ترجمه کرده و در دسترس دانشجویان و محققان جوان زیست‌شناسی قرار دهیم.

ترجمه‌ی حاضر، برگردان جدیدترین نسخه (ویرایش پنجم، ۲۰۱۱) از کتاب "Molecular Biology" با عنوان فارسی "زیست‌شناسی مولکولی ویور" می‌باشد. ویرایش جدید این کتاب در ۸ بخش و ۲۵ فصل نگارش شده است که پس از ارائه‌ی مطالب مقدماتی و مروری در چهار فصل نخست و شرح برخی از کاربردی‌ترین تکنیک‌های مولکولی در زیست‌شناسی مولکولی در فصل ۵، به طور جامع تمامی مباحث مولکولی را با استناد به مقالات علمی مرتبط و یافته‌های جدید هر مبحث در بر می‌گیرد. در ترجمه‌ی این کتاب، با توجه به سنگین بودن برخی از مفاهیم آن، سعی شد تا ضمن حفظ و رعایت امانت‌داری کتاب، انتقال مفاهیم علمی به شیوه‌ای روان و قابل درک برای خواننده صورت گیرد. مطمئناً این کار عاری از اشکال نیست لذا مشتاقانه پذیرای انتقادات و پیشنهادات سازنده‌ی اساتید محترم و دانشجویان گرامی در جهت بهبود و غنی‌سازی هر چه بیشتر این کتاب در چاپ‌های بعدی خواهیم بود. جهت دریافت نقطه نظرات، اشکالات و ابهامات و پاسخگویی به سؤالات احتمالی خوانندگان کتاب دو آدرس الکترونیک زیر، به نمایندگی از گروه ترجمه معرفی می‌گردد.

Maliheh_Davari@yahoo.com

Reza_110amiri@yahoo.com

ترجمه‌ی این کتاب میسر نمی‌شد جز در سایه‌ی لطف الهی و مساعدت و همکاری اساتید بزرگواری که در این کار همراه ما بودند. در پایان برخود لازم می‌دانیم که از زحمات و مساعدت‌های شبانه‌روزی همکاران انتشارات خانه‌ی زیست‌شناسی برای چاپ این کتاب کمال تشکر را به جا آوریم.

گروه مترجمین - بهار ۱۳۹۲

پیشگفتار نویسنده

یکی از هیجان‌انگیزترین تجربیات من در دوران تحصیل، مربوط به درس زیست‌شناسی مولکولی مقدماتی در مقطع دبیرستان بود. استاد من از هیچ کتاب مرجعی استفاده نمی‌کرد، اما ما موظف بودیم که مستقیماً مقالات علمی را مطالعه نماییم. این روش ما را به چالش وا می‌داشت اما من دریافتم که روبرو شدن با چالش‌ها و مشکلات موجود و سپس درک نه فقط نتایج حاصل، بلکه چگونگی دستیابی به شواهدی در تأیید این نتایج، به شدت ارضاء‌کننده است.

با شروع تدریس درس زیست‌شناسی مولکولی، من چنین رویکردی را سرلوحه‌ی کار خود قرار دادم، اما در عین حال تلاش کردم که این چالش‌ها را در سطحی قابل درک برای دانشجویان دوره‌ی لیسانس مطرح نمایم. به این منظور، تمرکز کار را بر روی مهم‌ترین آزمایشات موجود در هر مقاله و شرح دقیق آن‌ها در کلاس قرار دادم و جهت مصورسازی مطالب ارائه شده از تصاویر دستی و فتوکپی‌های موجود استفاده نمودم.

این شیوه‌ی تدریس جواب داد و دانشجویان از آن لذت می‌بردند، اما من به دنبال کتابی بودم که مفاهیم زیست‌شناسی مولکولی همراه با آزمایشاتی که منجر به آن مفاهیم گردیدند، در آن ارائه شده باشد و دارای توضیحات روشنی باشد که ارتباط بین آزمایشات انجام شده و مفاهیم علمی را به خوبی به دانشجویان نشان دهند. بنابراین، سرانجام به این نتیجه رسیدم که بهترین راه دستیابی به یک چنین کتابی این است که خودم آن را تألیف کنم. پیش از این، من در نگارش یک کتاب موفق به نام ژنتیک مقدماتی به عنوان نویسنده همکاری داشته‌ام که در آن نیز تا جایی که سطح علمی کتاب اجازه می‌داد از رویکرد طرح آزمایشات تجربی استفاده کردم. این تجربه برای من انگیزه‌ای شد تا شخصاً یک کتاب کامل را به رشته‌ی تحریر درآورم و هر مبحث را در قالب یک ماجراجویی برای کشف آن طرح نمایم.

پیکربندی کتاب

کتاب با ۴ فصل مقدماتی آغاز می‌گردد که برای اکثر دانشجویان، جنبه‌ی مروری دارند. فصل ۱ به تاریخچه‌ی مختصری از علم ژنتیک اختصاص دارد. فصل ۲ به بحث پیرامون ساختار و خصوصیات شیمیایی DNA می‌پردازد. فصل ۳، مروری کلی بر مبحث بیان ژن می‌باشد و فصل ۴، کلیات و اصول روش همسانه‌سازی ژن را بحث می‌کند. تمامی این مباحث، موضوعاتی هستند که اکثر دانشجویان زیست‌شناسی مولکولی قبلاً در درس ژنتیک مقدماتی آموخته‌اند. با این حال، ممکن است برخی از دانشجویان زیست‌شناسی مولکولی مایل باشند تا نگاهی بر این مفاهیم داشته باشند و شاید لازم باشد که درک خود از آن مفاهیم را بازبینی نمایند. من در کلاس، به‌طور خاص به این فصول نمی‌پردازم، در عوض، به دانشجویان پیشنهاد می‌دهم در صورتی که به توضیحات بیشتری پیرامون مباحث ارائه شده در ۴ فصل نخست نیاز دارند، می‌توانند آن‌ها را به بحث گذارند. به لحاظ علمی، نگارش این ۴ فصل نسبت به مابقی کتاب در سطح پایه‌ای تری انجام گرفته است.

در فصل ۵، تعدادی از تکنیک‌های متداول مورد استفاده توسط زیست‌شناسان مولکولی شرح داده می‌شود. گنجاندن تمامی تکنیک‌های به کار رفته در این کتاب در یک فصل امکان‌پذیر نبود، بنابراین من تلاش کردم تا متداول‌ترین آن‌ها و در تعدادی از موارد، تکنیک‌های ارزشمندی که در جای دیگری از کتاب ذکر نشدند را در این فصل قرار دهم. در تدریس این درس، من فصل ۵ را به صورتی که در کتاب ارائه شده تدریس نمی‌کنم. بلکه، زمانی که در طول فصول بعدی ما با تکنیکی مواجه شدیم، من دانشجویان را به این فصل ارجاع می‌دهم. با این روش، یادگیری تکنیک‌ها برای دانشجویان خسته‌کننده نخواهد بود؛ ضمن این که مفاهیم علمی ورای برخی از این تکنیک‌ها نسبتاً سنگین و پیشرفته بوده و درک دانشجویان از آن‌ها پس از کسب مهارت و تجربه‌ی بیشتر در زیست‌شناسی مولکولی بسیار عمیق‌تر می‌گردد.

فصول ۶ الی ۹ به بحث فرآیند رونویسی در باکتری‌ها می‌پردازند. در فصل ۶، سیستم رونویسی پایه شامل پروموتورها، خاتمه‌دهنده‌ها و RNA پلیمراز معرفی شده و چگونگی آغاز، طویل شدن و خاتمه یافتن رونوشت‌ها ارائه می‌شود. فصل ۷، کنترل رونویسی در سه اپرون مختلف را توضیح می‌دهد، سپس فصل ۸ به این بحث می‌پردازد که چگونه باکتری‌ها و فازهای آن‌ها، رونویسی بسیاری از ژن‌ها را در یک زمان، اغلب از طریق استفاده از فاکتورهای سیگمای متناوب کنترل می‌کنند. در فصل ۹،

میان کنش بین پروتئین‌های متصل شونده به DNA، اکثراً شامل پروتئین‌های مارپیچ-دور-مارپیچ، و DNA هدفشان در باکتری‌ها بحث می‌شود.

در فصول ۱۰ الی ۱۳، بحث کنترل رونویسی در یوکاریوت‌ها ارائه می‌شود. فصل ۱۰ به معرفی سه RNA پلیمراز یوکاریوتی و پروموتورهای مورد شناسایی آن‌ها می‌پردازد. فصل ۱۱، عوامل عمومی رونویسی را معرفی می‌کند که با سه RNA پلیمراز همکاری می‌کنند و به الگوی واحد پروتئین متصل شونده به جعبه‌ی TATA که در انجام رونویسی توسط هر سه پلیمراز مشارکت دارد، اشاره می‌کند. در فصل ۱۲، عملکرد عوامل رونویسی مختص ژن یا فعال‌کننده‌ها توضیح داده می‌شوند. همچنین این فصل، ساختارهای چندین فعال‌کننده را به عنوان نمونه به تصویر کشیده و چگونگی میان‌کنش آن‌ها با DNA هدفشان را نشان می‌دهد. فصل ۱۳، ساختار کروماتین یوکاریوتی را شرح داده و چگونگی میان‌کنش فعال‌کننده‌ها و خاموش‌کننده‌ها با کمک فعال‌کننده‌ها و کمک‌مهارکننده‌ها جهت تغییر هیستون‌ها و در نتیجه فعال یا مهار کردن رونویسی را نشان می‌دهد.

در فصول ۱۴ الی ۱۶، برخی از رویدادهای پس از رونویسی که در یوکاریوت‌ها رخ می‌دهند، معرفی می‌شوند. در فصل ۱۴ فرآیند پیرایش RNA بحث می‌گردد. فصل ۱۵، مراحل پلی‌آدنیل شدن و کلاهیگذاری را شرح می‌دهد و فصل ۱۶، مجموعه‌ای جالب از دیگر رویدادهای پس از رونویسی شامل پردازش tRNA و rRNA، پیرایش ترنس و ویرایش RNA را معرفی می‌کند. در این فصل همچنین چهار نوع کنترل بیان ژن در سطح پس از رونویسی شامل (۱) تداخل RNA؛ (۲) تعدیل و تنظیم پایداری mRNA (با استفاده از mRNA می‌گیرنده‌ی ترنسفرین به عنوان یک مثال برجسته؛ (۳) کنترل توسط ریزRNAها و (۴) کنترل ترانسپوزون‌ها در سلول‌های زایشی توسط RNAهای میان‌کنش دهنده با Piwi (piRNAs) مورد بحث قرار می‌گیرند.

فصول ۱۷ الی ۱۹ به شرح فرآیند ترجمه در هر دو سلول‌های باکتریایی و یوکاریوتی می‌پردازند. در فصل ۱۷ مباحث شروع ترجمه شامل کنترل ترجمه در مرحله‌ی شروع مطرح می‌گردد. فصل ۱۸، چگونگی طویل شدن پلی‌پپتیدها با تأکید بر بحث طویل‌سازی در باکتری‌ها را نشان می‌دهد. در فصل ۱۹، جزئیات ساختار و عملکرد دو بازیگر اصلی در ترجمه یعنی ریبوزوم‌ها و tRNA ارائه می‌گردد.

فصول ۲۰ الی ۲۳، مکانیسم‌های همانندسازی DNA، نوترکیبی و جابه‌جایی را شرح می‌دهند. فصل ۲۰ به معرفی مکانیسم‌های پایه‌ی همانندسازی و ترمیم DNA و برخی از پروتئین‌های دخیل در همانندسازی (شامل DNA پلیمرازها) اختصاص یافته است. فصل ۲۱، جزئیات مراحل شروع، طویل‌سازی و خاتمه‌ی همانندسازی DNA در باکتری‌ها و یوکاریوت‌ها را ارائه می‌کند. در فصول ۲۲ و ۲۳، بازآرایی‌های DNA که به‌طور طبیعی در سلول‌ها رخ می‌دهند را شرح می‌دهند. فصل ۲۲ به بحث نوترکیبی هومولوگ و فصل ۲۳ به بحث ترانسپوزیشن (جابه‌جایی) می‌پردازند.

در فصول ۲۴ و ۲۵، مفاهیم ژنومیکس، پروتئومیکس و بیوانفورماتیکس ارائه می‌شوند. فصل ۲۴ با شرح یک داستان قدیمی در مورد همسانه‌سازی موقعیتی ژن بیماری هانتینگتون آغاز می‌گردد و این داستان قهرمانانه را با سهولت نسبی انجام همسانه‌سازی موقعیتی با ژنوم انسان (و دیگر ژنوم‌ها) مقایسه می‌کند. فصل ۱۵ به شرح مباحث ژنومیکس عملکردی (ترنسکریپتومیکس)، پروتئومیکس و بیوانفورماتیکس می‌پردازد.

مباحث جدید در ویرایش پنجم

بارزترین تغییر در ویرایش پنجم، تقسیم فصل ۲۴ قبلی (ژنومیکس، پروتئومیکس و بیوانفورماتیکس) به دو فصل می‌باشد. قبلاً این فصل، بلندترین فصل کتاب بود و از آن‌جا که این حوزه‌ی علمی به‌شدت در حال رشد است، لذا تقسیم آن به دو فصل مجزا اجتناب‌ناپذیر بود. فصل ۲۴ جدید به ژنومیکس کلاسیک یعنی تعیین توالی و مقایسه‌ی ژنوم‌ها می‌پردازد. موضوعات جدید در فصل ۲۴ شامل آنالیز شباهت بین ژنوم‌های شامپانزه و انسان و نگاهی بر شباهت نزدیک‌تر بین ژنوم‌های نئاندرتال‌ها و انسان امروزی شامل شواهد اخیر از درون زادآوری بین انسان‌ها و نئاندرتال‌ها می‌باشند. این فصل همچنین شامل مطالب به روزی از حوزه‌ی جدید زیست‌شناسی سینتتیک (مصنوع دست بشر = Synthetic Biology) است که به‌واسطه‌ی مطالعات ژنومی بر روی

میکروارگانیسم‌ها ایجاد گردید و حاوی گزارشی از موفقیت اخیر کریگ ونتر و همکاران در ایجاد یک سلول مایکوپلاسمای زنده با یک ژنوم مصنوعی می‌باشد.

فصل ۲۵ به بررسی حوزه‌های علمی مرتبط با ژنومیکس شامل ژنومیکس عملکردی، پروتئومیکس و بیوانفورماتیکس می‌پردازد. مباحث جدید در فصل ۲۵ شامل کاربردهای جدید تکنیک‌های ChIP-chip و ChIP-seq - مورد آخر با استفاده از نسل جدید تعیین توالی DNA؛ اسپکترومتری جرمی جدایی در اثر برخورد، که برای تعیین توالی پروتئین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ و برچسب‌های میل ترکیبی کدکننده ایزوتوپ (ICATs) و نشان‌دار کردن پایدار ایزوتوپی توسط اسیدآمینها (SILAC) برای کمی کردن اسپکترومتری جرمی (MS) می‌باشند. MS کمی به‌نوبه‌ی خود انجام پروتئومیکس مقایسه‌ای را ممکن می‌سازد که به کمک آن غلظت شمار زیادی از پروتئین‌ها در گونه‌های مختلف قابل قیاس خواهد بود.

در ویرایش پنجم، تمامی فصول به غیر از فصل‌های مقدماتی به روز شده‌اند. در اینجا برخی از تغییرات مهم ذکر می‌گردد:

فصل ۵: این فصل، تکنیک‌های تعیین توالی DNA با ظرفیت بالا (نسل جدید تعیین توالی) را معرفی می‌کند. این تکنیک‌ها، حوزه‌ی ژنومیکس را متحول کرده‌اند. رسوب‌دهی کروماتین با استفاده از آنتی‌بادی (ChIP) و سنجش هیبرید دوگانه‌ی مخمری به‌خاطر کاربردهای وسیعی که دارند به فصل ۵ منتقل شده‌اند. عملکرد و کاربرد انرژی‌های الکترون‌های بتا از منابع ^{35}S ، ^{14}C ، ^3H و ^{32}P اضافه شده است و تکنیک فلوروگرافی که اطلاعات مربوط به نشر انرژی‌های سطوح پایین‌تر را جمع‌آوری می‌کند، بحث می‌شود.

فصل ۶: در این فصل، بحث FRET-ALEX (FRET با برانگیختگی لیزر تناوبی) همراه با شرح چگونگی کاربرد این تکنیک برای تأیید (۱) مدل رها شدن تصادفی چرخه‌ی بیکن (۲) فرضیه‌ی جنجالی شرح رونویسی بی‌ثمر اضافه شده است. همچنین در این فصل، مطالب به روز شده‌ی ساختار کمپلکس طولانی‌سازی باکتریایی شامل بحث مدل دو حالتی برای افزودن نوکلئوتید ارائه می‌گردد.

فصل ۷: بحث ریوسوئیچ در mRNA ژن *glmS* باکتری *B. Subtilis* را معرفی می‌کند که در آن محصول نهایی ژن از طریق تحریک mRNA برای تخریب خودش، بیان ژن را خاموش می‌کند. همچنین در این فصل، یک ریپوزیم سرچکشی به‌عنوان یک ریوسوئیچ احتمالی در پستانداران که ممکن است از طریق مکانیسم مشابهی عمل کند، معرفی می‌شود.

فصل ۸: در این فصل، مفاهیم فاکتورهای ضد سیگما و فاکتورهای ضد ضد سیگما را به‌عنوان کنترل‌کننده‌های رونویسی در طول اسپورزایی *B. Subtilis* ذکر می‌شوند.

فصل ۹: این فصل بر طبیعت پویای ساختار پروتئین تأکید کرده و به این نکته می‌پردازد که یک ساختار کریستالی معین تنها یکی از بی‌شمار ساختارهای فضایی متفاوت و محتمل برای یک پروتئین را ارائه می‌دهد.

فصل ۱۰: در این فصل، مطالعه‌ی جدید گروه روگر کورنبرگ ارائه می‌شود که در آن حلقه‌ی آغازگر RNA پلیمراز II به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده‌ی کلیدی در انجام رونویسی اختصاصی شناسایی شد. همراه با آن بحثی در مورد چگونگی عملکرد آنزیم در تشخیص ریبونوکلئوتیدها و دزوکسی ریبونوکلئوتیدها از یکدیگر عنوان می‌شود. همچنین این فصل به معرفی مفاهیم پروموتور مرکزی و پروموتور جانبی می‌پردازد که در آن، پروموتور مرکزی حاوی هر نوع ترکیبی از عنصر تشخیصی TFIIIB، جعبه‌ی TATA، توالی آغازکننده، عنصر پروموتوری پایین‌دستی، عنصر مرکزی پایین‌دستی و عنصر موتیف ده بوده، و پروموتور جانبی حاوی عناصر پروموتوری بالادستی می‌باشد.

فصل ۱۱: در این فصل، مفهوم TAF‌های مرکزی - شامل انواع مرتبط با کمپلکس‌های پیش‌آغازین دسته‌ی II در دامنه‌ی وسیعی از یوکاریوت‌ها - مطرح می‌گردد و نام‌گذاری جدید (TAF1-TAF13) معرفی می‌شود که جایگزین نام قدیمی و گیج‌کننده‌ی قبلی که براساس وزن مولکولی (مانند TAF₂₅₀) تعیین شده بود، می‌گردد. همچنین این فصل آزمایشی را توصیف می‌کند که اهمیت TFIIIB در تنظیم جایگاه شروع رونویسی را نشان می‌دهد. همچنین نشان می‌دهد که یک مکانیسم مشابه در آرکئی‌ها به‌کار گرفته می‌شود که از هومولوگ TFIIIB استفاده می‌کند که به‌عنوان فاکتور رونویسی B شناخته می‌شود.

فصل ۱۲: در این فصل تکنیک‌های به‌دست آوردن ساختار فضایی کروموزوم (3C) معرفی شده و چگونگی استفاده از آن برای تعیین حلقوی شدن DNA بین یک تشدیدکننده و یک آغازگر نشان داده شده است. همچنین در این فصل مفهوم نقش‌گذاری طی گامت‌زایی

- تست‌های انیمیشنی
- لینک‌های وب
- سرفصل مطالب به صورت پاورپوینت
- پاسخ سؤالات آخر هر فصل

برای اساتید: www.mhhe.com/weaver5e

وبسایت کتاب زیست شناسی مولکولی قدرت تدریس و موارد کمک آموزشی را برای اساتید و دانش آموزان افزایش می‌دهد. اساتید می‌توانند از موارد زیر استفاده کنند:

- بانک سؤالات تستی و گزینه‌های نرم‌افزاری با تست‌های آنلاین EZ، نسخه‌ی روزمره و یا به صورت سند Word.



- پاسخ به سؤالات آخر فصل
- فایل پاورپوینت از سرفصل مطالب
- مرکز نمایش تصویری McGraw-Hill

مرکز نمایش تصویری McGraw-Hill



دستورالعمل ساختاری مواد در هر کجا، هر زمان و هر طور که شما بخواهید! مرکز نمایش تصویری یک کتابخانه‌ی دیجیتال آن‌لاین است که حاوی سرمایه‌های با ارزشی مانند عکس، کارهای هنری، پاورپوینت، انیمیشن و انواع دیگر رسانه‌ها می‌باشد که می‌توان از آن‌ها برای تهیه‌ی سخنرانی‌های کارآمدتر، تهیه‌ی تست‌ها و کوئیزهای دیداری، وبسایت‌های آموزشی، یا عوامل حمایت‌کننده‌ی چاپی جذاب استفاده کرد.

گزینه‌ها



شما در حال مطالعه‌ی این کتاب هستید، بنابراین چرا بر محتویات آن احاطه نداشته باشید؟ در مرکز نشر McGraw-Hill Custom، ما به شما کمک خواهیم کرد تا یک متن ایده‌آل - آن‌چه که همیشه تصور می‌کرده‌اید - را به سرعت و به راحتی تهیه کنید. با داشتن ۲۰ سال تجربه در انتشار رسمی اکنون با تجربه شده‌ایم. اما در عین حال ما در McGraw-Hill، راه‌ها و ابزارهای جدید و خلاقانه‌ای را برای تهیه‌ی ارزش‌های ساده‌تر برای اضافه کردن به کتاب‌ها ارائه خواهیم کرد.

کتاب‌های الکترونیکی

به سمت پاکیزگی (سبز بودن)... چیزی است که این روزها در ذهن همه است. این امر نه تنها برای حفاظت از درختان است بلکه برای حفظ سرمایه‌ی مادی نیز مهم می‌باشد. کتاب‌های الکترونیکی McGraw-Hill که با قیمت بسیار پایین در دسترس هستند، از لحاظ اقتصادی به صرفه بوده و جایگزین کتاب‌های چاپی سنتی هستند. بنابراین شما بدین طریق هم به محیط زیست ... و هم به کیف پول خود کمک می‌کنید. برای جزئیات بیشتر به www.mhhe.com/ebooks مراجعه کنید.

فهرست کلی مطالب

بخش I	مقدمه	بخش V	حوادث پس از رونویسی
فصل ۱	یک تاریخچه‌ی مختصر	فصل ۱۴	پردازش RNA (بخش اول): پیرایش
فصل ۲	ماهیت مولکولی ژن‌ها	فصل ۱۵	پردازش RNA (بخش دوم): کلاهیگذاری و پلی‌آدنیل شدن
فصل ۳	مقدمه‌ای بر عملکرد ژنی	فصل ۱۶	سایر حوادث پردازش‌کننده‌ی RNA و تنظیم پس از رونویسی بیان ژن
بخش II	روش‌های زیست‌شناسی مولکولی	بخش VI	ترجمه
فصل ۴	روش‌های همسانه‌سازی مولکولی	فصل ۱۷	مکانیسم ترجمه (بخش اول): آغاز ترجمه
فصل ۵	ابزارهای مولکولی برای مطالعه‌ی ژن‌ها و فعالیت ژنی	فصل ۱۸	مکانیسم ترجمه (بخش دوم): طویل شدن و فائمه
بخش III	رونویسی در باکتری‌ها	فصل ۱۹	ریبوزوم‌ها و RNA ی ناقل
فصل ۶	مکانیسم رونویسی در باکتری‌ها	بخش VII	همانندسازی DNA، نوترکیبی و ترانسپوزیشن (جابه‌جایی)
فصل ۷	اپرون‌ها: کنترلی مناسب برای رونویسی در باکتری‌ها	فصل ۲۰	همانندسازی، آسیب‌دیدگی و ترمیم DNA
فصل ۸	تضییقات عمده در رونویسی باکتری‌ها	فصل ۲۱	همانندسازی DNA (بخش دوم): مزئیات مکانیسم
فصل ۹	میان‌کنش‌های DNA - پروتئین در باکتری‌ها	فصل ۲۲	نوترکیبی هم‌مولوک
بخش IV	رونویسی در یوکاریوت‌ها	فصل ۲۳	ترانسپوزیشن
فصل ۱۰	RNA پلیمازهای یوکاریوتی و پرموت‌های آن‌ها	بخش VIII	ژنوم‌ها
فصل ۱۱	عوامل عمومی رونویسی در یوکاریوت‌ها	فصل ۲۴	مقدمه‌ای بر ژنومیکس: تعیین توالی DNA در مقیاس ژنومی
فصل ۱۲	فعال‌کننده‌های رونویسی در یوکاریوت‌ها	فصل ۲۵	ژنومیکس (بخش دوم): ژنومیکس عملکردی، پروتئومیکس و بیوانفورماتیکس
فصل ۱۳	سافت‌ار کروماتین و اثرات آن بر رونویسی	واژه‌نامه	
		نمایه	

فهرست مطالب

بخش I

مقدمه

فصل ۱ یک تاریخچه‌ی مختصر ۱

- ۱-۱ ژنتیک انتقال ۲
- قوانین توارث مندل ۲
- نظریه‌ی کروموزومی توارث ۴
- نوترکیبی ژنتیکی و تعیین نقشه ۵
- شواهد فیزیکی برای نوترکیبی ۶
- ۲-۱ ژنتیک مولکولی ۶
- کشف DNA ۶
- ارتباط بین ژن‌ها و پروتئین‌ها ۷
- فعالیت‌های ژن‌ها ۷
- ۳-۱ قلمروی سه‌گانه‌ی حیات ۱۱

فصل ۲ ماهیت مولکولی ژن‌ها ۱۵

- ۱-۲ ماهیت ماده‌ی ژنتیکی ۱۵
- تراریختی در باکتری‌ها ۱۶
- ماهیت شیمیایی پلی‌نوکلئوتیدها ۱۹
- ۲-۲ ساختار DNA ۲۲
- تجربیات آزمایشگاهی ۲۳
- مارپیچ دورشته‌ای ۲۴
- ۳-۲ ژن‌های ساخته شده از RNA ۲۷
- ۴-۲ شیمی فیزیک اسید نوکلئیک‌ها ۲۷
- انواع ساختارهای DNA ۲۸
- مولکول‌های DNA با اندازه‌ها و اشکال متنوع ۳۲

فصل ۳ مقدمه‌ای بر عملکرد ژنی ۳۷

- ۱-۳ اطلاعات ذخیره‌ای ۳۸
- مروری بر بیان ژن ۳۸
- ساختار پروتئین ۳۹
- عملکرد پروتئین ۴۳
- کشف RNA پیامبر ۴۵
- رونویسی ۴۷
- ترجمه ۵۰
- ۲-۳ همانندسازی ۵۵
- ۳-۳ جیش‌ها ۵۶
- بیماری سلول داسی شکل ۵۶

بخش II

روش‌های زیست‌شناسی مولکولی

فصل ۴ روش‌های همسانه‌سازی مولکولی ۶۱

- ۱-۴ همسانه‌سازی ژنی ۶۲

نقش اندونوکلازهای محدودگر ۶۲

ناقل‌ها ۶۶

شناسایی یک کلون خاص توسط یک کاوشگر اختصاصی

همسانه‌سازی cDNA ۷۳

ازدیاد سریع دو انتهای Cdna ۷۷

۲-۴ واکنش زنجیره‌ای پلیمراز ۷۸

PCR استاندارد ۷۸

استفاده از PCR رونوشت‌بردار معکوس (RT-PCR) در

همسانه‌سازی cDNA ۷۹

کادر ۱-۴ آیا پارک ژوراسیک چیزی بیشتر از یک

رؤیایردازی است؟ ۸۰

PCR در زمان واقعی ۸۱

۳-۴ روش‌های بیان ژن‌های کلون شده ۸۲

ناقل‌های بیانی ۸۳

سایر ناقل‌های یوکاریوتی ۹۰

استفاده از پلاسمید Ti برای انتقال ژن‌ها به گیاهان ۹۰

فصل ۵ ابزارهای مولکولی برای مطالعه‌ی

ژن‌ها و فعالیت ژنی ۹۵

۱-۵ جداسازی مولکولی ۹۶

الکتروفورز بر روی ژل ۹۶

ژل الکتروفورز دوبعدی ۹۹

کروماتوگرافی تعویض یونی ۱۰۱

کروماتوگرافی ژل فیلتراسیون ۱۰۲

کروماتوگرافی تمایلی ۱۰۲

۲-۵ ردیاب‌های نشان‌دار شده ۱۰۳

خودپرتونگاری ۱۰۴

نصیرسازی فسفری ۱۰۵

سمارش سنتیلاسیون مایع ۱۰۶

ردیاب‌های غیرادیواکتیو ۱۰۶

۳-۵ استفاده از دورگه‌سازی اسیدنوکلئیکی ۱۰۷

لکه‌گذاری سادین: شناسایی قطعات خاصی از DNA ۱۰۷

انگشت نگاری DNA و DNA تایپینگ ۱۰۹

کاربردهای انگشت نگاری DNA و DNA تایپینگ در

پزشکی قانونی ۱۰۹

دورگه‌سازی درجا: جایابی ژن‌ها در کروموزوم‌ها ۱۱۲

لکه‌گذاری‌های ایمنی (لکه‌گذاری‌های وسترن) ۱۱۳

۴-۵ تعیین توالی DNA و نقشه‌برداری فیزیکی ۱۱۴

روش توالی‌یابی خاتمه‌ی زنجیره‌ی سنگر ۱۱۴

توالی‌یابی DNA اتومات ۱۱۶

توالی‌یابی با ظرفیت بالا ۱۱۸

نقشه‌برداری با آنزیم محدودگر ۱۲۰

۵-۵ مهندسی پروتئین با ژن‌های کلون شده:

جیش‌زایی هدفمند ۱۲۳

۶-۵ نقشه‌برداری و کمی‌سازی رونوشت‌ها ۱۲۵

لکه‌گذاری نوردن ۱۲۵

نقشه‌برداری SI ۱۲۶

بسط آغازگر ۱۲۹

- رونویسی منقطع و رونویسی مجموعه‌ی ژنی فاقد G ۱۳۰
 ۷-۵ اندازه‌گیری مقادیر رونویسی در شرایط *in vivo* ۱۳۲
 رونویسی ممتد هسته‌ای ۱۳۲
 رونویسی از ژن گزارش‌گر ۱۳۳
 اندازه‌گیری تجمع پروتئینی در شرایط *in vivo* ۱۳۶
 ۸-۵ سنجش میان‌کنش‌های DNA-پروتئین ۱۳۶
 اتصال به فیلتر ۱۳۶
 اختلاف حرکت در ژل ۱۳۷
 ردپانگاری DNase ۱۳۸
 ردپانگاری DMS و سایر روش‌های ردپانگاری ۱۳۸
 رسوبدهی کروماتین با استفاده از آنتی‌بادی (ChIP) ۱۴۱
 ۹-۵ سنجش میان‌کنش‌های پروتئین-پروتئین ۱۴۲
 ۱۰-۵ تشخیص توالی‌هایی از RNA که با سایر مولکول‌ها میان‌کنش می‌نمایند ۱۴۴
 SELEX ۱۴۴
 SELEX عملکردی ۱۴۴
 ۱۱-۵ ناک‌اوت‌ها و ترانسژنیک‌ها ۱۴۵
 موش‌های ناک‌اوت ۱۴۵
 موش‌های ترانسژنیک ۱۴۷

بخش III

رونویسی در باکتری‌ها

- فصل ۶ مکانیسم (رونویسی در باکتری‌ها) ۵۵**
 ۱-۶ ساختمان RNA پلیمراز ۱۵۵
 سیگما (σ)، فاکتوری با عملکرد اختصاصی ۱۵۷
 ۲-۶ پروموتورها ۱۵۷
 اتصال RNA پلیمراز به پروموتورها ۱۵۷
 ساختار پروموتور ۱۶۰
 ۳-۶ شروع رونویسی ۱۶۲
 سیگما، شروع رونویسی را تحریک می‌کند ۱۶۳
 استفاده مجدد از فاکتور σ ۱۶۴
 مدل تصادفی در چرخه‌ی σ ۱۶۵
 ذوب شدن موضعی DNA در ناحیه‌ی پروموتور ۱۷۰
 رهاسازی پروموتوری ۱۷۴
 ساختمان و عملکرد σ ۱۷۸
 نقش زیرواحد α در تشخیص عنصر بالادستی ۱۸۲
 ۴-۶ طول‌سازی ۱۸۵
 عملکردهای هسته‌ی پلیمراز در طول‌سازی ۱۸۵
 ساختار کمپلکس طول‌سازی ۱۸۷
 ۵-۶ خاتمه‌ی رونویسی ۲۰۰
 خاتمه‌دهندگی غیروابسته به Rho ۲۰۰
 خاتمه‌دهندگی وابسته به Rho ۲۰۵

فصل ۷ اپرون‌ها: کنترلی مناسب برای

(رونویسی در باکتری‌ها) ۲۱۵

- ۱-۷ اپرون *lac* ۲۱۶
 کنترل منفی اپرون *lac* ۲۱۷
 کشف اپرون ۲۱۸

- میان‌کنش‌های مهارکننده-اپراتور ۲۲۲
 مکانیسم مهار ۲۲۳
 کنترل مثبت اپرون *lac* ۲۲۶
 مکانیسم عملکرد CAP ۲۲۸
 ۲-۷ اپرون *ara* (آرابینوز) ۲۲۳
 حلقه‌ی مهار اپرون *ara* ۲۲۳
 شواهدی برای حلقه‌ی مهار اپرون *ara* ۲۲۵
 خود-تنظیمی *araC-ara* ۲۲۷
 ۳-۷ اپرون تربیتوفان ۲۳۷
 نقش تربیتوفان در کنترل منفی اپرون *trp* ۲۳۷
 کنترل اپرون *trp* از طریق تضعیف‌کنندگی ۲۳۸
 غلبه بر تضعیف‌کنندگی ۲۳۹
 ۴-۷ ریبوسوئیک‌ها ۲۴۲

فصل ۸ تغییرات عمده در (رونویسی باکتری‌ها) ۲۵۱

- ۱-۸ تغییر فاکتور سیگما ۲۵۱
 عفونت فاژی ۲۵۲
 اسپورزایی ۲۵۴
 ژن‌هایی با چندین پروموتور ۲۵۷
 دیگر تغییرات فاکتور سیگما ۲۵۸
 فاکتورهای ضدسیگما ۲۵۹
 ۲-۸ RNA پلیمراز کد شده در فاز T7 ۲۵۹
 ۳-۸ آلودگی *E. coli* با فاز لامبدا ۲۶۰
 تولیدمثل لیتیک فاز λ ۲۶۱
 تثبیت مرحله‌ی لیزوژنی ۲۷۰
 خودتنظیمی ژن *ci* در طی مرحله‌ی لیزوژنی ۲۷۲
 تعیین سرنوشت آلودگی با فاز لامبدا: لیز شدن یا لیزوژنی القای لیزوژن ۲۷۷

فصل ۹ میان‌کنش‌های DNA - پروتئین در

باکتری‌ها ۲۸۵

- ۱-۹ خانواده‌ی مهارکننده‌های لامبدا ۲۸۶
 ردیابی اختصاصیت اتصال به وسیله‌ی جهش‌زایی هدفمند ۲۸۶
 کادر ۱-۹ کریستالوگرافی اشعه‌ی X ۲۸۸
 آنالیز میان‌کنش‌های مهارکننده-اپراتور لامبدا با قدرت تفکیک بالا ۲۹۳
 آنالیز میان‌کنش‌های مهارکننده-اپراتور فاز ۴۳۴ با قدرت تفکیک بالا ۲۹۷
 ۲-۹ مهارکننده‌ی *trp* ۲۹۹
 نقش تربیتوفان ۲۹۹
 ۳-۹ ملاحظات کلی در میان‌کنش‌های پروتئین-DNA ۳۰۱
 توانمندی پیوندهای هیدروژنی در چهار جفت‌باز مختلف ۳۰۱
 اهمیت پروتئین‌های مولتی‌مری متصل‌شونده به DNA ۳۰۲
 ۴-۹ پروتئین‌های متصل‌شونده به DNA: عملکرد با فاصله ۳۰۳

- اپرون گالاگتوز (*gal*) ۳۰۳
 اپراتورهای دوتایی لامبدا ۳۰۳
 تشدیدکننده‌ها ۳۰۵