

۲۰۱۶  
نودیش



# زیست‌شناسی سلولی و مولکولی

۱

www.ketab

ترجمه:

دکتر جواد محمدنژاد

استادیار بیوشیمی بالینی دانشگاه تهران

دکتر محمد پاژنگ

استادیار بیوشیمی دانشگاه شهیدمدنی آذربایجان

دکتر یعقوب پاژنگ

استادیار بیوشیمی دانشگاه ارومیه

دکتر مهدی ایمانی

استادیار بیوشیمی دانشگاه ارومیه

نسمیه صادقی

دانشجوی دکترای تخصصی بیوتکنولوژی پزشکی انستیتو پاستور

با مقدمه و نظارت:

دکتر پروین پاسالار

استاد بیوشیمی بالینی دانشگاه علوم پزشکی تهران

عنوان و نام پدیدآور : زیست‌شناسی سلولی و مولکولی لویش/هاروی اف. لودیش... [و دیگران] : ترجمه جواد محمدنژاد... [و دیگران] ۱ با مقدمه و نظارت پروین پاسالار.  
تهران: اندیشه رفیع، ۱۳۹۵-  
۲ ج.؛ مصور(رنگی)، جدول(رنگی)، نمودار(رنگی).  
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۹۸۷-۶۸۱-۰۰۰۰  
وضعیت فهرست نویسی: فیا  
پادداشت: عنوان اصلی: Molecular cell biology, 8th ed, 2016.  
پادداشت: نویسنده هاروی لویش، اروالد برک، کریس. کس، مانی کرگر، مینو پ. اسکات.  
پادداشت: ترجمه جواد محمدنژاد، محمد یازنگ، یعقوب یازنگ، مهدی ایمانی، سمیه صادقی.  
پادداشت: کتابخانه.  
موضوع: پاخته‌شناسی  
موضوع: Cytology  
موضوع: زیست‌شناسی مولکولی.  
موضوع: Molecular biology  
موضوع: لویش، هاروی اف.  
موضوع: Lodish, Harvey F.  
پادداشت: محمدنژاد آرو، جواد، ۱۳۵۸ - مترجم  
پادداشت: پاسالار، پروین، ۱۳۳۳ - مقدمه‌نویس  
رده بندی کنگره: QH۵۸۱/۲/۹۵ ۱۳۹۵  
رده بندی دیویی: ۵۷۱/۴  
شماره کتابشناسی ملی: ۳۳۸۲۵۳۳

عنوان و نام پدیدآور

مشخصات نشر

مشخصات ظاهری

شابک

وضعیت فهرست نویسی

پادداشت

پادداشت

پادداشت

پادداشت

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

اندیشه رفیع  
ناشر کتاب علوم پزشکی



|                        |                                                                                      |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| نام کتاب:              | زیست‌شناسی سلولی و مولکولی لویش ۲۰۱۶ (جلد اول)                                       |
| با مقدمه و نظارت:      | دکتر پروین پاسالار                                                                   |
| ترجمه:                 | جواد محمد نژاد - دکتر محمد یازنگ<br>دکتر یعقوب یازنگ - دکتر مهدی ایمانی - سمیه صادقی |
| ناشر:                  | انتشارات اندیشه رفیع                                                                 |
| حروفچینی و صفحه‌آرایی: | محمد بهمنی                                                                           |
| طراح داخل متن:         | فاطمه نویدی                                                                          |
| نوبت چاپ:              | ۱۳۹۵ - ۱                                                                             |
| شمارگان:               | ۲۰۰                                                                                  |
| لیتوگرافی:             | ندای دانش                                                                            |
| چاپ:                   | منصور                                                                                |
| شابک:                  | ۹۸۷-۹۶۴-۹۸۷-۶۸۱-۰۰۰۰                                                                 |
| بها:                   | ۶۰۰۰ تومان                                                                           |

دفتر مرکزی: اندیشه رفیع

خیابان انقلاب - خیابان ۱۲ فروردین - خیابان شهدای ژاندارمری  
مقابل اداره پست - ساختمان ۱۲۶ - طبقه دوم - تلفکس: ۶۶۹۵۰۳۹۳  
تلفن: ۶۶۹۷۰۵۱۷ - ۶۶۹۷۰۵۱۸ - ۶۶۹۷۱۴۱۴

www.andisherafi.com

info@andishe-rafi.com

مدیریت

|                    |                                        |
|--------------------|----------------------------------------|
| نمایندگی های فروش: | بابل                                   |
|                    | کتابسرای اندیشه                        |
|                    | مشهد                                   |
|                    | کتابفروشی مجد دانش                     |
|                    | معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد  |
|                    | کتابفروشی جهاد دانشگاهی                |
|                    | تبریز                                  |
|                    | کتابفروشی شیرنگ                        |
|                    | کتابفروشی بابک                         |
|                    | شیراز                                  |
|                    | کتابفروشی جمالی                        |
|                    | معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شیراز |
|                    | کرمان                                  |
|                    | کتابفروشی پایروس                       |
|                    | ارومیه                                 |
|                    | کتابفروشی شهر کتاب پزشکی               |
|                    | اردبیل                                 |
|                    | کتابکده خیام                           |
|                    | اهواز                                  |
|                    | کتابفروشی رشد                          |
|                    | خرم‌آباد                               |
|                    | کتابفروشی نشر و قلم                    |
|                    | زاهدان                                 |
|                    | کتاب پزشکی اطباء                       |
|                    | دانش                                   |
|                    | کتابفروشی جلالی                        |
|                    | ایلام                                  |
|                    | کتابفروشی فانوس اندیشه                 |
|                    | بهرکرد                                 |
|                    | کتابفروشی کالج                         |
|                    | قزوین                                  |
|                    | کتابفروشی حکیم                         |
|                    | کاشان                                  |
|                    | کتابخانه کتاب (بوک)                    |
|                    | همدان                                  |
|                    | کتابفروشی دانشجو                       |
|                    | یاسوج                                  |
|                    | خانه کتاب                              |
|                    | یزد                                    |
|                    | کتابفروشی آرمان                        |
|                    | اصفهان                                 |
|                    | کتابفروشی کیا                          |
|                    | کتابفروشی پارسا                        |
|                    | ایلام                                  |
|                    | کتابفروشی رشد                          |
|                    | کرمانشاه                               |
|                    | کتابفروشی دانشمند                      |
|                    | زنجان                                  |
|                    | کتابفروشی کسری                         |
|                    | رشت                                    |
|                    | کتابفروشی مژده                         |
|                    | بروجرد                                 |
|                    | کتابفروشی ولایت                        |
|                    | بندرعباس                               |
|                    | کتابفروشی سروش                         |
|                    | چهرم                                   |
|                    | کتابفروشی کلبه کتاب                    |
|                    | سنندج                                  |
|                    | کتابفروشی دانشمند                      |
|                    | ساری                                   |
|                    | کتاب علوم پزشکی                        |

# درباره مؤلفین

**هاروی لودیش** پروفیسور بیولوژی و پروفیسور مهندسی زیستی در انستیتو تکنولوژی ماساچوست (MIT) و عضو انستیتوی ویتهد برای تحقیقات زیست پزشکی است. دکتر لودیش همچنین عضو آکادمی ملی علوم آمریکاست. وی رئیس (۲۰۰۴) انجمن بیولوژی سلولی آمریکا هم بود. کارهای او بیشتر بر روی فیزیولوژی غشای سلول، به خصوص بیوسنتز بسیاری از پروتئین‌های سطح سلولی و کلونینگ و آنالیز عملکردی بسیاری از پروتئین‌های گیرنده‌ای سطح سلولی مثل گیرنده‌های اریتروپوئیتین و  $TGF-\beta$  متمرکز است. آزمایشگاه او همچنین بر روی سلول‌های بنیادی خونساز مطالعه کرده و پروتئین‌های جدیدی را کشف کرده که باعث تمایز این سلول‌ها می‌شود. دکتر لودیش، بیولوژی سلولی و بیوتکنولوژی را در مقاطع تحصیلات تکمیلی تدریس می‌کند.



**رنولد برک** پروفیسور بیولوژی سلولی در بخش میکروبیولوژی، ایمونولوژی و ژنتیک مولکولی دانشگاه UCLA، و عضو انستیتوی بیولوژی مولکولی در دانشگاه کالیفرنیا (لوس آنجلس) می‌باشد. دکتر برک همچنین عضو آکادمی ملی علوم آمریکاست. او یکی از کاشفان اولیه پیرایش RNA و مکانیسم‌های کنترل ژن در ویروس‌هاست. آزمایشگاه او بر روی برهمکنش‌های مولکولی که شروع رونویسی را در سلول‌های پستانداران تنظیم می‌کند، به خصوص فاکتورهای رونویسی که توسط آنکوژن‌ها و سرکوبگران تومور تنظیم می‌شوند، به بیولوژی سلولی هسته را در مقاطع تحصیلات تکمیلی و بیوشیمی را در مقطع کارشناسی تدریس می‌کند.



**کریس ا. کیسر** پروفیسور و مدیر گروه بخش بیولوژی در انستیتو تکنولوژی ماساچوست است. آزمایشگاه او از روش‌های ژنتیکی و بیولوژی سلولی برای فهم فرایندهای پایه‌ای چگونگی سنتز غشاهای جدید و پروتئین‌های ترشحی و چگونگی تاخوردن و خیره شدن آنها در مسیرهای ترشحی استفاده می‌کند. دکتر کیسر یکی از مدرسین برجسته در MIT بوده. ژنتیک را مدت‌های مدیدی در مقاطع تحصیلات تکمیلی تدریس می‌کند.



**مانتی کریگر** پروفیسور در بخش بیولوژی انستیتو تکنولوژی ماساچوست و عضو بوردا انستیتوی MIT و هاروارد است. او همچنین عضو آکادمی ملی علوم است. او به خاطر تدریس عالی بیولوژی و فیزیولوژی انسانی و همچنین بیولوژی سلولی، جوایز متعددی را کسب کرده است. آزمایشگاه او بر روی ترافیک غشایی در دستگاه گلزی کار کرده و پروتئین‌های گیرنده‌ای مهم در انتقال کلسترول به درون و بیرون سلول‌ها مثل گیرنده HDL را کلون و تعیین ویژگی کرده است.



**آنتونی بریتچر** پروفیسور بیولوژی سلولی در دانشگاه کرنل و عضو انستیتوی بیولوژی سلولی و مولکولی کرنل می‌باشد. آزمایشگاه او به خاطر جداسازی و تعیین ویژگی ترکیبات جدیدی از سیتواسکلت اکتین و بررسی اعمال زیستی این ترکیبات در ارتباط با قطبیت و ترافیک غشایی مشهور است. آزمایشگاه او برای این امر، روش‌های بیوشیمیایی، ژنتیکی و بیولوژی سلولی را در دو مدل سلول‌های اپی‌تلیال مهره‌داران و مخمر جوانه‌زن به کار می‌برد. دکتر بریتچر بیولوژی سلولی را برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی در دانشگاه کرنل تدریس می‌کند.



**هیدیه پلواخ** پروفیسور بیولوژی در انستیتو تکنولوژی ماساچوست بوده و عضو انستیتوی وایتهد برای تحقیقات زیست پزشکی است. دکتر پلواخ یکی از محققین در زمینه رفتار سیستم ایمنی می‌باشد. دکتر پلواخ بیولوژی را برای دانشجویان هاروارد و MIT تدریس می‌کند.



**آنجلیکا آمون** پروفیسور بیولوژی در انستیتوی تکنولوژی ماساچوست بوده و همچنین عضو انستیتوی کخ برای تحقیقات جامع سرطان و محقق در انستیتو پزشکی هوارد می‌باشد. او همچنین عضو آکادمی ملی علوم است. آزمایشگاه او بر روی سیستم‌های مولکولی که در جداسدن کروموزوم‌ها به هنگام میتوز و میوز نقش دارند و در نتیجه منجر به آنوپلوئیدی، بکثیر سلولی و سرطان می‌شوند مطالعه می‌کند. دکتر آمون دروس بیولوژی سلولی و ژنتیک را در مقاطع تحصیلات تکمیلی تدریس می‌کند.



**کلسی مارتین** پروفیسور بیوشیمی و روان‌شناسی در دانشکده پزشکی دانشگاه کالیفرنیا، لس‌آنجلس می‌باشد. او مدیر گروه بخش بیوشیمی نیز هست. آزمایشگاه او مسیرهای را مطالعه می‌کند که در آن تغییرات بین ارتباطات نورونی در مغز در ایجاد حافظه بلندمدت مشارکت می‌کنند. ایده‌ای که پلاستیسیته نورون نامیده می‌شود. او در حال بررسی سلولی و مولکولی مطالعات خود می‌باشد. دکتر مارتین اصول پایه‌ای علوم اعصاب را برای دانشجویان کارشناسی، تحصیلات تکمیلی، دانشجویان دندانپزشکی و پزشکی تدریس می‌کند.



بنام ایزد دانا و توانا

کتاب زیست‌شناسی سلولی و مولکولی لودیش که به قلم پروفیسور هاروی لودیش یکی از اساتید ممتاز دانشگاه MIT نگاشته شده است بی‌شک به همراه کتاب بیولوژی سلولی آلبرتس از معتبرترین منابع بیولوژی سلولی و مولکولی است با این تفاوت که بُعد بیوشیمیایی و سلولی آن بیشتر است. به عبارت دیگر کتاب لودیش به خوبی توانسته است مرزهای مشترک بیولوژی سلولی و بیوشیمی را به تصویر بکشد بخصوص در مباحثی مثل غشاء، انتقال پیام، حمل و نقل وزیکولی و اسکلت سلولی، سیستم عصبی و ایمنی. این امر به خوبی هویدا است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب نگارش آن به زبان ساده است ضروری که خواننده به سهولت می‌تواند درک بسیار عمیقی از مباحث سلولی و مولکولی پیدا کند. جود اشکال متنوع و ساده و قابل فهم از ویژگی‌های دیگر این کتاب است. بنابراین این کتاب را به دانشجویان عزیز و بخصوص آن دسته از عزیزانی که خواستار یادگیری عمیق‌تر از بیولوژی سلولی و مولکولی هستند توصیه می‌کنم. ترجمه سلیس و روان همکاران جماد آقایان دکتر جواد محمدنژاد، دکتر محمد پاژنگ، دکتر یعقوب پاژنگ، دکتر مهدی املی، خانم سمیه صادقی که از متخصصین علوم بیوشیمی و بیوتکنولوژی هستند به گونه‌ای است که نه تنها دانشجویان مرتبط با علوم سلولی و مولکولی، بلکه همه همکاران عزیز می‌توانند در تدریس و پژوهش از این کتاب بهره کامل ببرند.

دکتر پروین پادشاه

استاد بیوشیمی بالینی دانشگاه علوم پزشکی تهران

# مقدمه مترجمین

## بسمه تعالی

سپاس و ستایش بی‌منتها خدای را سزااست که انسان را آفرید و اسما بر وی تعلیم نمود، به زیور علم و معرفت بیاراست و به واسطه آن، تاج لقد کرمتا بر تارک او نهاد. اولین آیت نازل به رسول خاتم را با اقرار آغاز نمود و قلم را در حمایت و گوند خویش قرار داد. حکیمی که انوار هدایت خویش را بر عموم کائنات تابان گردانید، پرتو فیض عمیم را در همه موجودات پدیدار ساخت و هر موجودی را به کمال لایق آن رهبری فرمود. حال که به فضل و عنایت خداوند رحمان، موافقه به ترجمه کتاب معروف «**بیولوژی سلولی و مولکولی لودیش ۲۰۱۶**» شده‌ایم وظیفه خود می‌دانیم در مورد این کتاب عالی، خدمت خوانندگان عزیز بیان نماییم.

بیولوژی سلولی و مولکولی از جمله شاخه‌های نوین بیولوژی و پزشکی است که همچون شاخه‌های دیگر علوم همواره به نتایجی نوین می‌رسد. پیشرفت‌های اخیر در زمینه این علم و علوم وابسته به آن همانند **بیوشیمی و ایمونولوژی** به قدری سریع چشم‌گیر بود، که اطلاعات گذشته ما در برابر آن حقیر می‌نماید. پیشرفت‌های اخیر در حوزه **بیوانفورماتیک، DNA نوترکیب، میکروسکوپی، پروتئومیکس** و به خصوص سلول‌های بنیادی و تمایز ناشی از تحقیقات بنیادین در حوزه بیولوژی سلولی و مولکولی و بیوشیمی است. در کشور عزیزمان ایران نیز پیشرفت‌های زیادی در حوزه بیولوژی سلولی و مولکولی و به خصوص در حوزه تولید داروهای نوترکیب، کیت‌های تشخیصی و سلول‌های بنیادی صورت گرفته است. ولی با همه این پیشرفت‌ها، هنوز اطلاعات ما در مورد تکامل، تمایز، سرطان و عملکرد مغز ناچیز است. شاید این انگیزه‌ای برای خرید کتاب عزیز باشد تا در تحقیقات این بخش‌ها سهیم شوند.

کتاب بیولوژی سلولی و مولکولی لودیش در بسیاری از دانشگاه‌های جهان به عنوان منبع مرجع تلقی می‌شود. در ایران نیز بسیاری از اساتید از آن برای تدریس در مقاطع مختلف استفاده می‌کنند. بنابراین مطالعه این کتاب را به دانشجویان علوم زیستی و پزشکی توصیه می‌کنیم.

گروه مترجمین که از متخصصین رشته بیوشیمی، بیوشیمی بالینی و بیوتکنولوژی می‌باشند سعی کرده‌اند در ترجمه این کتاب امانت‌دار باشند اما اذعان می‌دارند که ترجمه این کتاب خالی از ایراد نیست بنابراین ذکر نواقص احتمالی این کتاب اعم از علمی و املائی مزید امتنان خواهد بود (ارسال به [javadbiochem@gmail.com](mailto:javadbiochem@gmail.com)). در پایان از مسئولین و دست‌اندرکاران انتشارات اندیشه رفیع و به خصوص جناب آقایان رنجبر و ابراهیمی و همچنین تایپست برجسته کتاب جناب آقای بهمنی که بحق کتاب‌هایی که ایشان تایپ و صفحه‌آرایی کرده‌اند بی‌نظیر می‌باشد کمال تشکر را داریم.

گروه مترجمین

پاییز ۱۳۹۵

# فهرست مطالب

|                                                                               |                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| فصل ۱ - مولکول‌ها، سلول‌ها و موجودات زنده مدل ۱۱                              | ۵-۳. رمزگشایی mRNA توسط tRNAها ۲۴۷                                   |
| ۱-۱. مولکول‌های حیات ۱۵                                                       | ۵-۴. ساخت مرحله به مرحله پروتئین‌ها بر روی ریبوزوم‌ها ۲۵۴            |
| ۱-۲. ساختار و عملکرد سلول پروکاریوتی ۲۲                                       | ۵-۵. همانندسازی DNA ۲۶۵                                              |
| ۱-۳. ساختار و عملکرد سلول یوکاریوتی ۲۶                                        | ۵-۶. تعمیر و نوترکیبی DNA ۲۷۳                                        |
| ۱-۴. ارگانیسم‌های مدل یوکاریوتی تک‌سلولی ۳۴                                   | ۵-۷. ویروس‌ها: انگل‌های سیستم ژنتیکی سلول ۲۸۶                        |
| ۱-۵. ساختار جانوران چندسلولی، تمایز و ارگانیسم‌های مدل ۴۰                     |                                                                      |
| فصل ۲ - ساختارهای شیمیایی ۴۹                                                  | فصل ۶ - تکنیک‌های ژنتیک مولکولی ۲۹۷                                  |
| ۲-۱. پیوندهای کربان و میانکنش‌های غیرکوالان ۵۰                                | ۶-۱. بررسی ژنتیکی جهش‌ها برای شناسایی و مطالعه ژن‌ها ۲۹۹             |
| ۲-۲. واحدهای ساختاری شیمیایی سلول‌ها ۶۳                                       | ۶-۲. کلون کردن DNA و تعیین خصوصیات آن ۳۱۲                            |
| ۲-۳. واکنش‌های شیمیایی و تعادل شیمیایی ۷۶                                     | ۶-۳. استفاده از قطعات DNA کلون شده برای مطالعه بیان ژن ۳۲۸           |
| ۲-۴. انرژتیک بیوشیمیایی ۸۳                                                    | ۶-۴. شناسایی و موقعیت‌یابی ژن‌های بیمار برای انسان ۳۳۸               |
| فصل ۳ - ساختار و عملکرد پروتئین ۹۵                                            | ۶-۵. غیرفعالسازی عملکرد ژن‌های خاص در یوکاریوت‌ها ۳۴۶                |
| ۳-۱. سطوح ساختاری در پروتئین‌ها ۹۱                                            |                                                                      |
| ۳-۲. تا خوردگی پروتئین ۱۱۲                                                    | فصل ۷ - ساختار غشاهای زیستی ۳۵۹                                      |
| ۳-۳. اتصال پروتئین و کاتالیز آنزیمی ۱۱۵                                       | ۷-۱. غشاهای زیستی: ترکیب لیپیدی و سازمان‌یابی ساختاری ۳۶۱            |
| ۳-۴. تنظیم عملکرد پروتئین ۳۷                                                  | ۷-۲. پروتئین‌های غشایی: ساختار و عملکردهای پایه ۳۷۵                  |
| ۳-۵. خالص‌سازی، شناسایی و تعیین خصوصیات پروتئین‌ها ۱۴۹                        | ۷-۳. فسفولیپیدها، اسفنگولیپیدها و کلسترول: سنتز و حرکت درون سلول ۳۸۷ |
| ۳-۶. پروتئومیکس ۱۷۰                                                           |                                                                      |
| فصل ۴ - کشت، مشاهده و آشفته‌سازی سلول‌ها ۱۷۶                                  | فصل ۸ - ژن‌ها، ژنومیکس و کروموزوم‌ها ۳۹۵                             |
| ۴-۱. رشد و مطالعه سلول‌ها در محیط کشت ۱۷۸                                     | ۸-۱. ساختار ژن‌های یوکاریوتی ۳۹۷                                     |
| ۴-۲. میکروسکوپ نوری: کاوش ساختار سلولی و مکان‌یابی پروتئین‌های درون سلولی ۱۹۰ | ۸-۲. سازمان‌یابی کروموزومی ژن‌ها و DNA غیر رمزگردان ۴۰۶              |
| ۴-۳. میکروسکوپی الکترونی: تصویربرداری با کیفیت بالا ۲۱۲                       | ۸-۳. عناصر DNA قابل انتقال (متحرک) ۴۱۱                               |
| ۴-۴. تخلیص اندامک‌های سلولی ۲۱۸                                               | ۸-۴. ژنومیکس: آنالیز ساختار و بیان ژن در پهنه ژنومی ۴۲۶              |
| فصل ۵ - مکانیسم‌های پایه‌ای ژنتیک مولکولی ۲۲۵                                 | ۸-۵. سازمان‌دهی ساختاری کروموزوم‌های یوکاریوتی ۴۳۲                   |
| ۵-۱. ساختار اسیدهای نوکلئیک ۲۲۸                                               | ۸-۷. ریخت‌شناسی و عناصر عملکردی کروموزوم‌های یوکاریوتی ۴۵۰           |
| ۵-۲. رونویسی از ژن‌های رمزدهی‌کننده پروتئین و تشکیل mRNA عملکردی ۲۳۷          |                                                                      |



## فصل ۱۱ - انتقال یون‌ها و مولکول‌های کوچک از

غشاء ..... ۶۱۴

۱۱-۱. مرور کلی بر انتقال غشایی ..... ۶۱۶

۱۱-۲. انتقال تسهیل شده گلوکز و آب ..... ۶۱۹

۱۱-۳. پمپ‌های مصرف‌کننده ATP و محیط یونی داخل

سلولی ..... ۶۲۸

۱۱-۴. کانال‌های یونی بدون دریچه و پتانسیل استراحت

غشا ..... ۶۴۲

۱۱-۵. هم‌انتقالی توسط ناقل‌های همسو و ناهمسو ..... ۶۵۲

۱۱-۶. انتقال ترانس سلولی ..... ۶۵۹

## فصل ۱۲ - انرژی و سبب سلولی ..... ۶۶۶

۱۲-۱. مرحله اول کسب انرژی از گلوکز: گلیکولیز ..... ۶۶۸

۱۲-۲. ساختار و عملکرد میتوکندری ..... ۶۷۵

۱۲-۳. چرخه اسید سیتریک و اکسیداسیون اسید چرب ..... ۶۹۱

۱۲-۴. زنجیره انتقال الکترون و ایجاد نیروی محرکه

پروتونی ..... ۶۹۸

۱۲-۵. تبدیل نیروی محرکه پروتون به سنتز ATP ..... ۷۱۵

۱۲-۶. فتوسنتز و رنگیزه‌های جذب‌کننده نور ..... ۷۲۶

۱۲-۷. آنالیز مولکولی فتوسیستم‌ها ..... ۷۳۵

۱۲-۸. متابولیسم  $CO_2$  در فتوسنتز ..... ۷۴۳

## واژه‌نامه ..... ۷۵۲

## فصل ۹ - کنترل بیان ژن در سطح رونویسی ..... ۴۶۲

۹-۱. کنترل بیان ژن در باکتری ..... ۴۶۵

۹-۲. مروری بر کنترل ژن‌های یوکاریوتی ..... ۴۷۵

۹-۳. پروموتورهای RNA پلیمراز II و فاکتورهای عمومی

رونویسی ..... ۴۸۴

۹-۴. توالی‌های تنظیمی در ژن‌های کدکننده پروتئین و

پروتئین‌هایی که برای عملکرد آنها لازم هستند ..... ۴۹۱

۹-۵. مکانیسم‌های مولکولی مهار و فعال‌سازی

رونویسی ..... ۵۰۹

۹-۶. تنظیم فعالیت عوامل رونویسی ..... ۵۱۹

۹-۷. تنظیم اپی‌ژنتیکی رونویسی ..... ۵۲۷

۹-۸. سایر سیستم‌های رونویسی یوکاریوتی ..... ۵۳۷

## فصل ۱۰ - کنترل پس از رونویسی ژن ..... ۵۴۲

۱۰-۱. پردازش پیش mRNA یوکاریوتی ..... ۵۴۶

۱۰-۲. تنظیم پردازش پیش mRNA ..... ۵۶۶

۱۰-۳. انتقال mRNA از عرض هسته ..... ۵۷۵

۱۰-۴. مکانیسم‌های سیتوپلاسمی کنترل بعد از

رونویسی ..... ۵۸۱

۱۰-۵. پردازش rRNA و tRNA ..... ۶۰۲